

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おける空気調和設備等の
適切な運用管理手法の研究

令和2年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 林 基哉

令和3（2021）年5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における空気調和設備等の
適切な運用管理手法の研究

令和2年度 総括・分担研究報告書

研究代表者	林 基哉	北海道大学大学院	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
	柳 宇	工学院大学	教授
	長谷川兼一	秋田県立大学	教授
	中野 淳太	東海大学	准教授
	菊田 弘輝	北海道大学	准教授
	李 時桓	信州大学	助教
研究協力者	金 勲	国立保健医療科学院	上席主任研究官
	小林 健一	国立保健医療科学院	上席主任研究官
	鍵 直樹	東京工業大学	准教授
	東 賢一	近畿大学	准教授
	齋藤 敬子	日本建築衛生管理教育センター	
	関内 健治	全国ビルメンテナンス協会	
	谷川 力	ペストコントロール協会	

令和3年（2021）年5月

目 次

I. 総括研究報告	-----	p. 1
建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究 林基哉		
II. 分担研究報告		
1. 空気環境の調整に関する空調設備の現状調査	-----	p. 9
中野淳太、長谷川兼一、菊田弘輝		
2. 空気環境不適合率上昇に関する事務所建築の調査と分析	-----	p. 19
開原典子、柳宇、中野淳太、李時桓、長谷川兼一、菊田弘輝、林基哉 金勲、鍵直樹、東賢一、小林健一		
3. 個別方式空調と中央方式空調における室内空気環境の数値計算による 事例的検討	-----	p. 29
李時桓		
4. 個別空調方式の影響調査	-----	p. 33
中野淳太		
5. 基準不適合率上昇に関する分析 —個別空調における冬期及び夏期の室内空気環境の不適合性	-----	p. 43
林基哉、開原典子、柳宇、長谷川兼一、中野淳太、李時桓、 鍵直樹、東賢一、小林健一、金勲		
6. 中央方式と個別方式における室内空気環境及び感染リスクの比較	-----	p. 49
柳宇		
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	-----	p. 61

建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究

研究代表者 林 基哉 北海道大学大学院 教授

研究要旨

本研究では、個別空調方式に特化した空気環境管理手法の確立と行政指導等を行う際のマニュアルを目指して、4つの研究を行い、建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法に資する科学的根拠を示す。

部会①は、個別空調における現状調査による建築物衛生法を踏まえた類型化と管理者や行政指導における課題を整理することで、中央空調方式と個別空調方式の違いによる課題を整理する。

部会②は、不適率上昇に関する調査により個別空調方式の管理方式や管理実態及び室内環境の差を明らかにし不適率上昇について分析する。

部会③と④は、個別空調方式に特化した空気環境管理手法の確立を目指し、管理手法に基づいた行政指導等を行う際のマニュアルを作成しその効果について調査する。以上により、管理者側、自治体側、双方に不足している情報を整備し、今後増えると予測される個別空調への効率的な行政指導等を行うことが可能となる。また、個別空調を備えた建物の空気環境が改善されることで、特定建築物全体の空気環境が改善され（不適率の上昇が抑えられ）、シックビルディング症候群を防除することができることが期待される。

R2年度の研究によって、以下の知見が得られた。個別空調方式の建物や個別空調と中央管理の併用の建物は、中央管理のみの建物に比べて年間一次エネルギー消費量が小さくなる傾向がある。これは、個別空調方式では、必要な空間のみを空調換気することが出来ることが要因であると考えられる。しかし、個別空調は外気の影響を受けやすく建物内に環境の差が生じやすいとともに、建物による差も生じやすい可能性がある。従って、個別空調方式の衛生管理において、室内環境の分布や変化に着目した評価が重要になる。行政報告例の不適率と比較すると、個別空調方式では、換気と加湿の制御が十分ではない場合が多く、室内粒径別浮遊粒子濃度においても高い値を示す場合がある。浮遊微生物の測定結果と併せて考えると、個別空調を採用した室内の粒子状物質のろ過性能が劣っている傾向がある。調査研究を継続し、個別空調の特質を踏まえた、衛生管理、行政指導に関する効果的な手法を検討する。

研究分担者

開原 典子 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
中野 淳太 東海大学
菊田 弘輝 北海道大学大学院
李 時桓 信州大学

研究協力者

金 勲 国立保健医療科学院
小林 健一 国立保健医療科学院
東 賢一 近畿大学
鍵 直樹 東京工業大学
齋藤 敬子 日本建築衛生管理教育センター
関内 健治 全国ビルメンテナンス協会
谷川 力 日本ペストコントロール協会

A. 研究目的

特定建築物における建築物環境衛生管理基準のうち、相対湿度、温度、二酸化炭素の不適合率が近年、上昇傾向にある。既往の研究「H29-R1「建築物環境衛生管理基準の検証に関する研究」により、その要因として、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、省エネルギーを目的とした換気回数の減少があることを示すとともに、個別空調方式の使用が拡大してきたことも不適合率の上昇の要因の一つであることを示してきた。

既往研究「H29-R1「建築物環境衛生管理基準の検証に関する研究」により行った空気環境測定者

へのアンケート調査と自治体の建築物の衛生管理担当者へのヒアリング調査からは、個別空調の管理の難しさや立入検査時の難しさが指摘されるとともに、実態調査からは、室内空間のムラが大きいことが指摘された。個別空調の急速な普及に伴う運用管理手法の情報は不足している状況にあり、今般、より効率的な監視指導が求められるなか、個別空調方式に特化した空気環境管理手法の確立とその管理手法に基づいた行政指導等を行う際のマニュアルの検討が急務である。

本研究班では、これまでの特定建築物に関する既往研究で行った室内空気環境の測定データの蓄積がある。これらの中央一括管理方式のデータは、個別空調方式を用いて形成される室内空気環境の

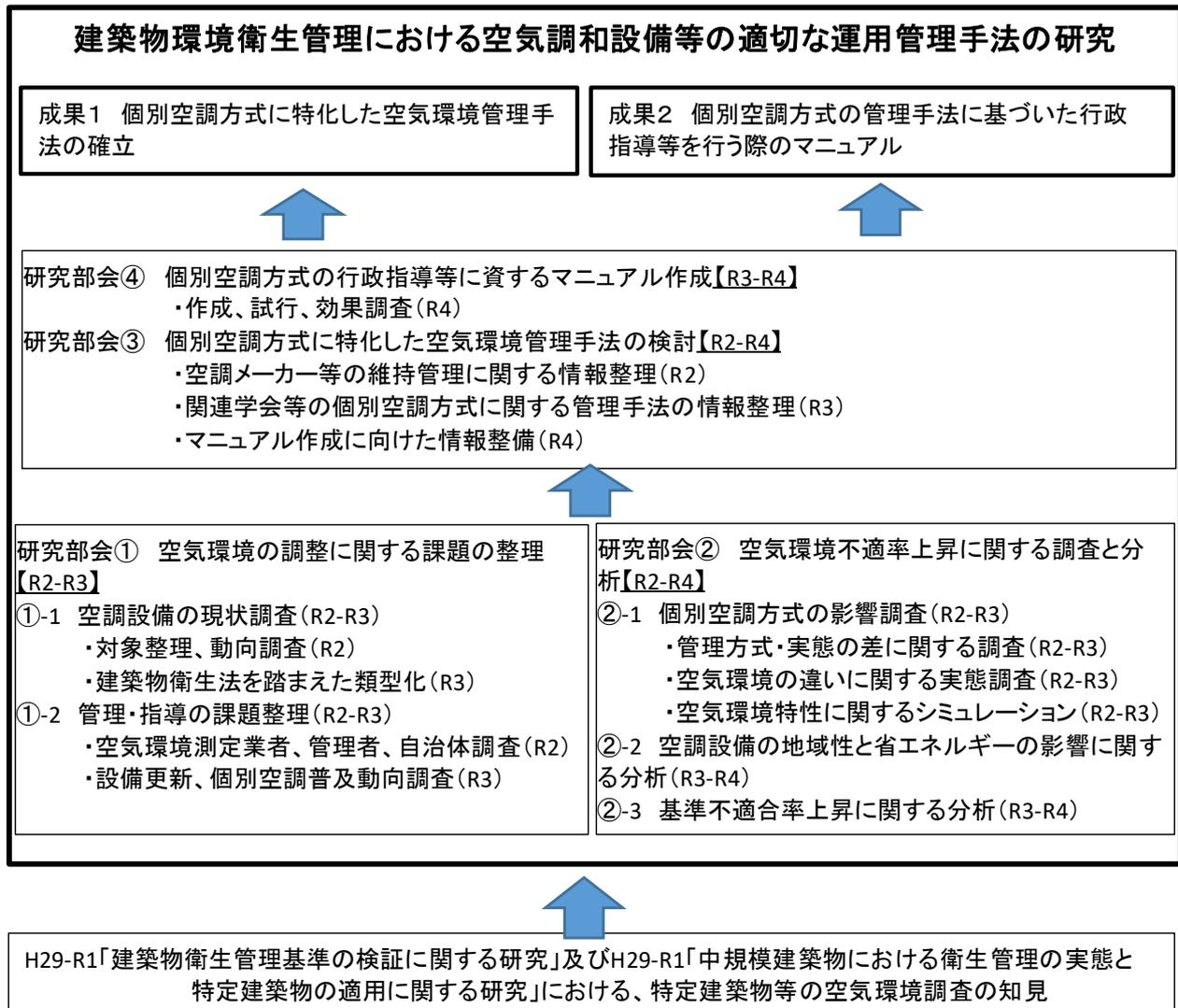


図1 研究の構造

比較対象として利用可能である。また、本研究は、自治体、ビルメンテナンス業の実情を踏まえた調査が必要であるが、本研究班では、公益財団法人日本建築衛生管理教育センター、公益社団法人全国ビルメンテナンス協会との共同や、建築物の衛生管理担当者との連携を行いながら、急速に普及する個別空調に関する現場に必要な情報を収集・整備することが可能である。

本研究は、3年間の研究期間で、中央空調方式と個別空調方式の設備の違い等に着目した特定建築物における空気環境調整の課題整理と、近年の建築物環境衛生管理基準の不適合率上昇との関連を分析し、個別空調方式に特化した空気環境管理手法の確立を目指すとともに、その管理手法に基づき、行政指導等を行う際のマニュアルの検討を行い、建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法に資する科学的根拠を示す。

B. 研究方法

本研究班「建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究」は、①空気環境の調整に関する課題の整理、②基準不適合率上昇に関する調査と分析、③個別空調方式に特化した空気環境管理手法、④個別空調方式の行政指導に資するマニュアル作成の4つの研究部会から構成される。その具体的な研究計画及び方法を以下に示す。

B1. 空気環境の調整に関する課題の整理【R2-R3】

本部会では、空気環境の調整に関する課題を整理するために、空調機器の現状調査を行い類型化するとともに、実態に応じた監視指導の課題を明らかにする。

B1-1. 空調設備の現状調査（中野/長谷川/菊田）

令和2年度は、本研究で対象とする個別空調方式の整理を行うとともに、空調設備メーカーに対する空調機器の種類や販売状況および開発動向に関するヒアリングを行う。令和3年度は、令和2年度に引き続き、空調設備メーカー調査を行うとともに、建築物衛生法の定義を踏まえて、類型化を行う。

B1-2. 管理・指導の課題整理（開原/ビル管/ビ

ルメン/自治体（東京都・福岡等）

令和2年度は、空気環境測定業者、管理者、自治体の立入検査等を行う職員へのヒアリングとアンケート調査を行い個別空調に関する行政指導等の課題を明らかにする。なお、調査にあたっては、日本建築衛生管理教育センター、全国ビルメンテナンス協会の協力を得る。令和3年度は、令和2年度に行った自治体調査の中から、立入検査等に同行し、指導時の課題等の情報を収集するとともに、提出された設備の変更情報から自治体の個別空調の普及動向の調査を行う。

B2. 空気環境不適合率上昇に関する調査と分析【R2-R4】

本部会では、空調方式の類型化を踏まえた空気環境の実態調査を行い、不適合率上昇の機序を解明する。

B2-1. 個別空調方式の影響調査（真菌・細菌：柳、放射・熱的分布・温熱指標：中野、建物設備・断熱性能：菊田、数値実験（CFD）：李、維持管理：開原/長谷川/李）

令和2年度は、用途や地域性を踏まえるとともに空調設備方式の違いにより20件程度を対象に、中央空調方式と個別空調方式の管理方式および管理実態の差に関する調査と、空気環境の違いに関する実測調査（空気環境の管理項目、浮遊真菌・細菌、PM2.5等）を行う。実測調査では、空気環境の時間変動、空間分布を明らかにする。また、実測調査の結果を利用して、空調方式による時間変動、空間分布に関するシミュレーションを行う。

令和3年度は、令和2年度と同様の方法で調査と測定および分析を継続し、個別空調の普及が基準不適合率上昇に与えている可能性とその機序を明らかにする。

B2-2. 空調設備の地域性と省エネルギーの影響に関する分析（菊田）

令和3年度は、令和2年度に行った調査物件の結果を用いて、地域性の観点から、個別空調方式を用いた場合の省エネルギー効果に関する分析を行う。令和4年度は、令和3年度に引き続き、分析を行う。

B2-3 基準不適合率上昇に関する分析（林）

令和3年度は、個別空調方式に特化した管理手法や行政指導の改善が不適率改善に与える効果を推定する。令和4年度は、令和3年度に続き、分析を行う。

B3. 個別空調方式に特化した空気環境管理手法の検討【R3-R4】(柳)

本部会では、空調設備メーカーの維持管理情報収集と整理、機器のマニュアル・建物マニュアルの入手と整理、関連学会の情報整理を行うとともに、部会①および②の結果を踏まえて、空気環境の管理手法の案を作成する。

令和2年度は、部会①の空調設備の類型化と連携し、空調設備メーカーの個別空調方式に関する機器の維持管理マニュアルを入手し、その情報を整理する。令和3年度は、関連の学会情報から、個別空調方式の管理手法に関する情報を整理する。令和4年度は、部会①の管理・指導の課題整理と連携し、個別空調方式に特化した空気環境管理手法について、管理者用、行政担当者用等のレベルに分けたマニュアル作成に向けた情報整備を行う。

B4. 個別空調方式の行政指導等に資するマニュアル作成【R4】(全員(とりまとめ開原))

本部会では、管理手法、様式の共通化、事例調査、パターン解析等を踏まえて、個別空調方式の行政指導に資するマニュアル案の作成を行う。令和4年度は、部会①～③までの一連の成果を踏まえて、個別空調方式の行政指導マニュアル案を作成し、自治体職員への試行と効果に関するヒアリングを行う。

C. 研究結果

C1. 空気環境の調整に関する課題の整理

個別空調設備に関する現状の把握および課題抽出を目的とし、個別空調に関わる業種をビル管理業、設備製造業、総合建設業(設備設計部門)の3つに分け、1社ずつヒアリング調査を行った。個別空調方式の管理マニュアルを作成していく上で、「個別空調方式」という大きな分類のみでは整理しきれない機器性能や管理実態の差異があることが示唆された。組み合わせられている換気設備や加湿設備の仕様の実態を明らかにし、中

分類を検討することが望ましいと考えられる。

2017～2020年の夏季と冬季において、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件にて行った調査の再分析を行い、空気環境不適合率上昇における個別空調方式の影響を調査した。PAC+換気方式は外気の影響を大きく受け、特に相対湿度は不適合となる範囲まで分布しやすい傾向にあることがわかった。空気温度および気流速度については、衛生管理基準の範囲を超えることはまれであった。ISO17772-1による評価結果からは、PAC+換気方式において総合評価およびPMVの評価がカテゴリI～N/Aまで広く分布していることがわかった。これは、同一空間内でもインテリアとペリメータの空気温度および平均放射温度の差が大きくなる傾向にあるためであった。また、冬季の上下温度分布も中央方式より大きくなりやすいことが確認された。以上を総合すると、換気を伴う個別空調方式は外気湿度の影響を受けやすく、同一空間内の高さ方向および水平方向の環境に分布が生じやすいことがわかった。また、同じ空調方式でも建物による差が生じやすいと言える。衛生管理において、個別空調方式では室内環境分布に着目した評価が重要になると考えられる。

事務所建築物を対象に、空調方式に着目した延床面積や空調設備、エネルギー消費量等の動向を把握することを目的とし、一般社団法人建築設備技術者協会が提供している、建築設備情報年鑑・竣工設備データベース「ELPAC」を用いた。これは、47都道府県の建築物の管理者等を対象にアンケート用紙を配布して行われた独自調査データである。分析にあたり、非住宅建築物の省エネルギー基準の変遷²⁾から竣工年度に基づき、建築物を1984～1998年度、1999～2012年度、2013～2018年度の3つのグループに分類した。

各空調方式の延床面積や空調設備、エネルギー消費量等の動向の把握を行い、以下を把握することができた。

- 竣工年度が新しくなるにつれて「個別空調方式」の空調設備を導入する建築物が増加している。

- 加湿設備は「気化式」のものが大半である。「不明・なし」の割合が高く、設計時の加湿に対する配慮が重要であるといえる。
- 「中央管理方式」を導入している建築物において、「個別空調方式」「個別空調方式+中央管理方式」を導入している建築物よりも年間一次エネルギー消費量が大きくなる。

今後は、件数が増加している「個別空調方式」を導入している建築物に着目した、室内空気環境やエネルギー消費量等に関するさらなる分析に取り組む必要がある。

C2. 空気環境不適合率上昇に関する調査と分析

建築物衛生法によって管理されない建物も含めて、平時の事務所ビルにおける室内温湿度の再解析を行った。約 60 件の事務所ビルの夏期と冬期の測定結果より、平時の場合、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 m²の中規模ビルや 2,000 m²未満の小規模ビルであっても、調整可能であることが示唆された。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平時の事務所ビルの低湿度環境の傾向を示しているといつてよい。今後、感染症対策による個別空調の運用管理手法の変化も含めて情報整備を進める必要があると思われる。また、空気環境の調整に関する課題を整理するために、空調機器の現状調査を行い類型化するとともに、感染症対策等の緊急時の情報も含めた管理手法に関する情報の整理が望まれている。

特定建築物で最も多い事務所ビルに注目して、衛生環境と健康影響の実態に関する基礎情報を入手するために、特定建築物に関する行政報告例の分析、特定建築物及び中規模建築物の空気環境を中心とした実態調査を行った。山形県から沖縄県までの全国の事務所 42 件の夏期及び冬期の 5 日間の執務時間帯の室内空気環境測定データを用いて、室内空気環境の特性、建築物環境衛生管理基準の適合状況に関する分析を行った結果、以下の知見を得た。

- 執務時間内の室内空気環境変化については、

冬期の温度、絶対湿度、冬期と夏期の CO₂ 濃度に上昇傾向がみられる。

- 事務所ビル毎の温度、湿度、CO₂ 濃度、PMV 概算値については、冬期の温度が高いほど相対湿度が低い傾向が伺えるとともに、PMV は温度に依存している。
- 対象全体の不適時間率については、温度は冬期 1%夏期 26%、相対湿度は冬期 65%夏期 19%、CO₂ 濃度は冬期 39%夏期 43%であった。
- 行政報告例の不適率と比較すると、中小規模で個別空調が多い対象では、換気と加湿の制御が十分ではない場合が多いことが要因として挙げられる。

C3. 個別空調方式に特化した空気環境管理手法の検討

既往研究 1「(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 26~28 年度厚生労働科学研究費補助金(健康安全・危機管理対策総合研究事業))と、既往研究 2「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, 平成 29~令和 1 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)」の調査結果を用い、空調方式別の視点から中央方式空調システム(中央方式)と個別方式空調システム(個別方式)を採用した建築物の室内環境を比較した結果、下記の事柄が分かった。

- 温度：季節と空調方式を問わず、室内温度は建築物衛生法の管理基準値を満足した。また、個別方式の温度設定が居住者に任せているため、中央方式に比べると冬期に 0.5℃高く、夏期に 0.4℃低くなっている。
- 相対湿度：夏期では建築物衛生法の管理基準値を満足したが、冬期では空調方式を問わず、40%を下回った。また、冬期では個別方式より中央方式の方が 5%程度高かった。
- CO₂ 濃度：季節を問わず何れの方式においても、室内濃度の中央値が 1000ppm を下回った。
- 浮遊微生物：季節を問わず室内浮遊細菌濃度

が建築学会の維持管理基準値の 500cfu/m³ を満足した。また、中央方式に比べ、個別方式の方が高い値を示した。一方、浮遊真菌については、夏期の個別方式の室内濃度の中央値が 50cfu/m³ を上回ったが、ほかは当該基準を満足した。

- 浮遊粒子：季節を問わず、中央方式より個別方式の室内粒径別浮遊粒子濃度が高い値を示した。浮遊微生物の測定結果と併せて考えると、個別方式を採用した室内の粒子状物質のろ過性能が劣っている。

また、個別方式空調と中央方式空調における感染性エアロゾルに起因する感染リスクの比較を行った。個別方式空調機のフィルタが標準仕様 (MERV 1) の場合の感染確率は、一般に中性能フィルタ (MERV12 以上) が備えられる中央方式空調の場合に比べ約 2 倍高くなる。従って、個別方式の空調機 (パッケージエアコン) のフィルタを中性能 (MERV12 以上) にグレードアップすることが望ましい。

空調方式の違いによる室内環境の違いについて、セントラル空調と個別空調を併用した場合、各空調方式を単体で使用した場合を対象に、CFD 解析による検討を行った。セントラル空調と個別空調を併用した場合について解析を行った結果、セントラル空調のみでは吹出口、風向等の位置関係により温度ムラが生じてしまうが、個別空調を使用することでこの問題を解消することが可能である。空調温度設定、風量設定が等しい場合でも、空調方式の違いによる温度ムラに差が生じた。セントラル空調のみを使用した場合は、気流の滞留などにより温度ムラが生じてしまい、室内温度分布を一定に保とうと制御をかけてもある程度の誤差が生じてしまった。これに比べて、個別空調を使用することで、熱源の局所排気などが行われ、居室の利用数が減少した場合でも室温の制御が容易になると考えられる。

D. 結論

R2 年度の研究によって、以下の知見が得られた。個別空調方式の建物や個別空調と中央管理の併用

の建物は、中央管理のみの建物に比べて年間一次エネルギー消費量が小さくなる傾向がある。これは、個別空調方式では、必要な空間のみを空調換気することが出来ることが要因であると考えられる。しかし、個別空調は外気の影響を受けやすく建物内に環境の差が生じやすいとともに、建物間の差も生じやすい可能性がある。従って、個別空調方式の衛生管理において、室内環境の分布や変化に着目した評価が重要になる。行政報告例の不適合率と比較すると、個別空調方式では、換気と加湿の制御が十分ではない場合が多く、室内粒径別浮遊粒子濃度においても高い値を示す場合がある。浮遊微生物の測定結果と併せて考えると、個別空調を採用した室内の粒子状物質のろ過性能が劣っている傾向がある。調査研究を継続し、個別空調の特長を踏まえた、衛生管理、行政指導に関する効果的な手法を検討する。

E. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 総説

なし

3. 書籍

なし

4. 学会発表

- 1) 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 6 冬期及び夏期の室内空気環境の不適合性. 令和 2 年度空気調和・衛生工学会大会 (オンライン); 2020 年 9 月. 令和元年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集.
- 2) 開原 典子, 金 勲, 小林 健一, 林 基哉, 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 7 夏期及び冬期の室内温湿度の実態. 令和 2 年度空気調和・衛生工学

会大会（オンライン）；2020年9月．令和元年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集．

- 3) 金 勲, 小林 健一, 開原 典子, 柳 宇, 鍵 直樹, 東 賢一, 長谷川 兼一, 中野 淳太, 李 時桓, 林 基哉. 事務所建築の室内空気環境管理に関する調査 その8 冷暖房期における二酸化炭素濃度の連続測定結果. 令和2年度空気調和・衛生工学会大会（オンライン）；2020年9月．令和元年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集．
- 4) 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. 事務所建築の室内空気環境管理に関する調査 その9 建築物衛生法とISO 17772-1による室内温熱環境評価の比較. 令和2年度空気調和・衛生工学会大会（オンライン）；2020年9月．令和元年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集．

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

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

建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究
空気環境の調整に関する空調設備の現状調査

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 長谷川 兼一 秋田県立大学 システム科学技術学部 教授
研究分担者 菊田 弘輝 北海道大学 大学院工学研究院 准教授

研究要旨

個別空調設備に関する現状の把握および課題抽出を目的とし、個別空調に関わる業種をビル管理業、設備製造業、総合建設業（設備設計部門）の3つに分け、1社ずつヒアリング調査を行った。個別空調方式の管理マニュアルを作成していく上で、「個別空調方式」という大きな分類のみでは整理しきれない機器性能や管理実態の差異があることが示唆された。組み合わせられている換気設備や加湿設備の仕様の実態を明らかにし、中分類を検討することが望ましいと考えられる。

各空調方式の延床面積や空調設備、エネルギー消費量等の動向の把握するために、建築設備情報年鑑・竣工設備データベース「ELPAC」（一般社団法人 建築設備技術者協会）を用いて分析し、以下のことがわかった。①建築物の竣工年度が新しくなるにつれて「個別空調方式」の空調設備を導入する件数が増加している。②加湿方式としては、「気化式」を用いる場合が大半であるが、「不明・なし」と回答する割合が高く、運用時や設計時において加湿に対する意識が低いことが窺える。③「中央管理方式」を導入している建築物は、「個別空調方式」「個別空調方式+中央管理方式」を導入している建築物よりも年間一次エネルギー消費量が大きくなる傾向がある。

A. 研究目的

A1. 空調設備の現状調査

個別空調設備に関する現状の把握および課題抽出を目的とし、ヒアリング調査を行った。ハードウェアとしての設備機器、設備設計および管理の実態調査に主眼を置くこととした。

A2. 事務所建築の空調設備とエネルギー消費量の動向分析

人は、1日の9割の時間を建築物の中で過ごすといわれる¹⁾。そのため、不適切な室内環境に滞在することによる健康への悪影響を防除するために、建築物の維持・管理が重要となる。我が国では、1970年に「建築物衛生法」が施行されて以降、建築物における衛生的な環境の確保が優先事項とされている。2003年4月には建築物衛生法

関連政省令が一部改正され、滞在者の暴露環境要因の一つである空気環境において、より一層の管理が求められるようになった。この改正により、空調設備において「中央管理方式」を導入している特定建築物のみならず、「個別空調方式」も維持・管理の対象となった。また、建築物の運用時のエネルギー消費量の削減を目的として、「建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律」

（以下、省エネ法）が制定されている。これらの法律や関連する政令・告示を基に、建築設備の性能向上やエネルギー消費量の削減が日々図られている。

そこで本研究では、事務所建築物を対象に、空調方式に着目した延床面積や空調設備、エネルギー

一消費量等の動向を把握することを目的としている。

B. 研究方法

B1. 空調設備の現状調査

個別空調に関わる業種をビル管理業、設備製造業、総合建設業（設備設計部門）の3つに分け、1社ずつヒアリング調査を行った。業種ごとに作成した質問シートを事前に送付し、その内容について約1時間のヒアリングを行った。

- ・ビル管理業 A社：2020年10月14日10:00～
- ・設備製造業 B社：2020年12月25日09:30～
- ・総合建設業 C社：2021年1月12日10:30～

B2. 事務所建築の空調設備とエネルギー消費量の動向分析

一般社団法人 建築設備技術者協会が提供している、建築設備情報年鑑・竣工設備データベース「ELPAC」を用いた。これは、47都道府県の建築物の管理者等を対象にアンケート用紙を配布して行われた独自調査データである。分析にあたり、非住宅建築物の省エネルギー基準の変遷²⁾から竣工年度に基づき、建築物を1984～1998年度、1999～2012年度、2013～2018年度の3つのグループに分類した。

本研究で用いるデータは、空調設備の冷熱源・温熱源それぞれの主熱源方式が記載されており、空調方式の分類が可能な968件である。表1に地域区分と建物種別、工事種類それぞれで見たデータの内訳を示す。地域区分で見ると関東・中部、建物種別では貸しビルが多い。また、工事種類では新築の建築物の件数が多くあった。

表2に空調方式の分類を示す。各建築物の空調設備の冷熱源、温熱源の主熱源方式のデータに着目し、厚生労働省が発表している「建築物における維持管理マニュアル³⁾」等を参考に、導入されている空調設備を「個別空調方式」「中央管理方式」「個別空調方式+中央管理方式」^{注)}の3種類に分類した。

表1 データ内訳

a)地域区分

竣工年度	寒冷地	関東・中部	近畿以西	計
1984～1998 ^{※)}	29	376	157	562
1999～2012	29	187	77	293
2013～2018	10	69	32	111
計	68	632	266	966

※) 不明2件

b)建物種別

竣工年度	自社ビル	貸しビル	自社兼貸しビル	官公庁舎	その他	計
1984～1998 ^{※)}	143	312	33	65	9	562
1999～2012	96	126	35	34	2	293
2013～2018	50	35	9	15	2	111
計	289	473	77	114	13	966

※) 不明2件

c)工事種類

竣工年度	新築	増築	改築	計
1984～1998 ^{※)}	325	3	11	339
1999～2012	261	5	27	293
2013～2018	101	6	4	111
計	687	14	42	743

※) 不明225件

表2 空調方式の分類

熱源	空調方式	地域熱供給	電動式	ガス・油燃焼式
冷熱源	中央管理方式	冷水	冷専チラー(水冷・空冷)	吸収式冷凍機(温水・蒸気・排熱利用)
	個別空調方式		冷専パッケージ(水冷・空冷)	
温熱源	中央管理方式	温水 蒸気	電気ボイラー	ボイラー(温水・蒸気)
	個別空調方式		電気ヒーター	ファンヒーター
冷温熱源	中央管理方式		ヒートポンプチラー(水冷・空冷)	冷温水発生機(直燃吸収式・排熱投入型)
	個別空調方式		空冷ヒートポンプマルチパッケージ 小型水冷パッケージ	ガスエンジン駆動 ディーゼルエンジン駆動 ヒートポンプパッケージ

C. 研究結果

C1. 空調設備の現状調査

C1.1. 個別空調の管理・設置実態

(1) 関わっている中でもっとも多い空調・換気方式

*ア) 中央冷暖房・中央換気方式、イ) 個別冷暖房・中央換気方式、ウ) 個別冷暖房・個別換気方式(全熱交換器あり)、エ) 個別冷暖房・個別換気方式(全熱交換器なし)の中から選択

- ・管理業： イ、ウ
- ・製造業： 方式別の出荷台数は不明である。一般論として、イ、エが多く、エが最もリーズナブルである。ウが省エネや環境管理の面で推奨される。
- ・建設業： 用途によって異なる。

オフィスー 大型超高層はアで、1テナント1空調機になる。中小規模はイウで、2000年代から1テナント1外気処理パッケージとすることが多い。搬送動力削減のため、個別分散外調機とする。加湿機能は、全熱交換器に持たせる。直膨コイル付き全熱交換器は冷暖可能で、浸透膜式(気化式)加湿機能を有する。

商業ー 百貨店はアで中央式オールダクトとする。大規模モールはイで、セントラルの外調機を採用する。中規模施設もイ。

都市部を中心に、申請時の図面審査が厳密化しており、加湿要件を満たす設計が前提となっている。地方では全熱交換器にコイルを持たせず、形だけの気化式加湿とする場合もある。

(2) 空調・換気方式別の割合と地域特性

- ・管理業： 東京都23区内の地域冷暖房のあるエリアではアが多く、外資系テナントはアとイが多い。アは古い建物に多く、温度ムラが問題となりやすい。エは昔多かったタイプである。外資系企業は1年を通じて冷房の需要が高く、特に地域冷暖房のエリアでは個別のパッケージ空調を追加している。
- ・製造業： 東北以北は、寒冷地対応が必要になる。沖縄では湿度管理が課題となる。
- ・建設業： 主に北海道や日本海側の寒冷地で対応が必要になる。暖房はセントラル式(ガス熱

源の温水)が基本となる。寒冷地でも空冷HPの個別空調が増えている。海の側では塩害対策が必要となり、室外機は耐塩仕様を選択する。セントラル式では除塩フィルタ(中性能)を使用するが、個別空調は危機寿命と共に交換する。

C1.2. 室内循環機について

(1) フィルタの種類

*ア) 粗じん用フィルタ(標準仕様)、イ) 粗じん用フィルタ(標準仕様)+中性能フィルタ(オプション)

- ・管理業： イが多い。中性能フィルタは、比色法で60~65%を目安に交換している。粗じん用フィルタの洗浄頻度は、平均すると年4回程度である(契約形態にもよる)。中性能フィルタの交換頻度は、差圧で判断するが、年1回程度が多い(契約形態にもよる)。
- ・建設業： イが多く、C社では外気処理側にイが標準で入っている。病院は中高性能を使用。室内側にフィルタを入れる設計としても、入らないことが多い。コロナ禍で、室内機に中性能(高性能型)フィルタを入れて欲しいとの要望が増えた。

(2) 室内機の運転管理

- ・管理業： 中央方式は中央管理、個別方式は居住者に任せている。中央式の場合、室温やペリメータとインテリアの温度不均一に関する苦情が多い。居住者が室温調節できる個別空調では、クレームはない。入居時にレイアウトを確認し、間仕切り壁などで温度分布が生じる場合はパッケージの増設などをアドバイスしている。冷暖房フリー(同時運転可能)の要望が高い。新型コロナウイルス感染症を契機に、相対湿度40%以上とするニーズが多い。階別では、複合ビルの低層階のCO2濃度が低く、高層階が高い。
- ・建設業： 中央方式は中央管理、個別方式は居住者に任せている。外気処理パッケージは不感帯があり、15-19℃の外気はそのまま入ってきてしまう。(梅雨時期の高さ、冬場の低さ)。梅雨は湿度の高い外気、冬(3-4月)は乾燥した暖かい空気となり、湿度の苦情が多い。冬季に湿度を上げてカーテンウォールで結露することもある。

(3) COVID-19の影響

- ・管理業： 建築基準法に基づいた設計物件が多い(20 m³/h)ため、厚生労働省が推奨している30 m³/hに引き上げるリクエストがある。既存設備では対応が難しい。捕集性能の高いフィルタ性能による対応や、外付けのUV殺菌の導入に積極的である。テナント側から空気環境測定結果の開示を求められることが増えてきている。
- ・建設業： オフィスでは換気量増加の要望があり、手動設定で運用している。施工中の建築物では、コロナ対策モードで運転できるようにプレ換気とクリーンナップ換気モードを追加している。映画館のルーフトップパッケージに紫外線殺菌を搭載する例もある。オフィスでの紫外線殺菌機能はまだ事例がない。

C1.3. 全熱交換器について

- ・管理業： 主に粗じん用フィルタを採用し、年4回程程度の洗浄をしている。中間期は、停止している場合とバイパス運転を行っている場合がある。テナントが入居する際に、停止させると外気導入ができなくなることを指導しているが、夏期や冬期に給気にあたると不快を感じ、止めてしまうケースがある。また、利用者がモードの違いを理解していないことが多く、夏や冬には全熱交換モード、春秋は換気モードにするよう依頼している。
- ・建設業： 中間期はバイパス運転をしている。フィルタを通してため、花粉やPM2.5は除去している。

C1.3. ビル管理業への追加ヒアリング項目

(1) 空調換気方式による維持管理の手間の差

中央方式は機械室でできるので、メンテしやすい。個別方式はテナントに入りづらく、また数が多く分散しているため、メンテに手間がかかる。テナント立ち会いになるため、スケジュール調整が困難である。また、現場で清掃ができないため、予備フィルタと交換して別の場所で清掃するなどが必要となる。

人のいる時間帯に空気環境測定を行うことを伝えており、不在時調査の要望は受けていない。

(2) 空調換気方式による空気環境基準適合状況

方式別による差はない。むしろ、運用によって差が生じる。AHUの場合、VAV制御時に湿度制御が難しい。

低層階が飲食店の場合、加湿不足になりやすい。上層階は、CO₂が不適合になりやすい。

空気環境測定も行っているため、不具合がある場合はオーナーや居住者にアドバイスをしている。暖房時に最高設定温度になっていることはないが、冷房時に18℃設定になっており、結露が生じている場合などはアドバイスをしている。

(3) マニュアルについて

維持管理について、独自のマニュアルを使用している。厚生労働省関連のマニュアルや通達を必ず確認し、自社のマニュアルを反映している。また、空気調和・衛生工学会の関連資料を参考にしている。

ドレンパンについて、実現可能な管理方法を示してほしい。また、高齢者にもわかりやすいマニュアルがのぞまれる。文書ばかりではなく、絵解きや動画像などがあるとよい。

(4) 個別空調の増加に伴う変化

機器が分散されており、天井裏に設置されているため、点検が煩雑になっている。また、加湿不足に関する相談が増えている。

間仕切りされた空間で、同系統の冷暖房フリーに関する要望がある。

C1.4. 設備製造業への追加ヒアリング項目

(1) 湿度管理の技術動向

家庭用エアコンには湿度センサが搭載されているが、VRFにはない。湿度制御は成り行きとなっている。コロナの影響もあり、調湿製品をアピールしていく計画である。現状は気化式が多い。住宅内ではセントラル空調に、事務所建築では各部屋の端末に加湿ユニットを設置する。

給水は、水道水直結であり、タンクに少しづつためて行く。定期的に排水し、水がたまる期間を最長でも24時間として細菌対策をしている。

遠心破碎加湿方式は、風呂での温水ミスト技術を応用したものである。遠心力で水を微粒子にし、空気を昇温させることで加湿している。回転数で湿度の制御も可能である。

(2) 換気機能の技術動向

在室状況に応じて換気量を選択できるオンデマンド換気機能を搭載した製品を計画している。

(3) 空気清浄・除菌機能の技術動向

空気清浄機能は、製品の設計要素に入っていない。対応が必要となるのは、外気の粉塵濃度が高い場所のみで、通常の建物は需要がない。除菌機能は今後の製品で考えている。

(4) 不均一温熱環境への対策

VRF の製品設計で対応することはない。吹き出し気流が 5m まで到達する商品はあるが、それよりも天井が高い場合は、別の空調方式の検討が必要になる。

(5) 制御手法（個別制御、グループ制御）の動向

個別もグループも可能である。機器寿命延命のためのローテーション制御もある。

位置情報検知や CO2 モニタリングと組み合わせた制御技術を開発している。

(6) 省エネルギー対策

APF を向上させるため、熱交換器やモーターの高効率化などが地道に行われている。換気との組み合わせが重要である。

(7) メンテナンス

IoT による故障検知機能は、モデルチェンジの度に地道なアップデートを行っている。

ドレンパンやタンクの点検のしやすさに関しては、特に改良は行われていない。

(8) ユーザーからの要望

室外機のコンパクト化に対する要望が高い。小ささのため、上吹室外機よりもから横吹室外機が望まれる。

C1.5. 総合建設業への追加ヒアリング項目

(1) 湿度管理における設計上の工夫

- ・中央方式：テナントごとに代表湿度計（天井面 or レタダクト）があり、全体で制御している。エリアごとではない。小部屋（VIP）は、個別にウェットマスターなどを設置している。
- ・個別方式：直膨コイル外調機を採用し、暖房時に加湿二方弁を制御して加湿している。都内の物件では、外調機を使用しないものはない。

・個別空調機は湿度がのりにくいため、標準機能だけでは不足する。カタログ値としての加湿能力はあるが、実際は飽和効率が変わる。空気を加熱していない場合、室温は満足できても加湿が不十分となる。この状態の運転時間が長い。個別にウェットマスターを追加し、自然室温の空気でも加湿できるようにしている。

・個別空調機でも建物が大型化している。大型ビルのブースター加湿器は 10 件中 1 件のみである。

(2) 別システム換気設備と組み合わせる時の工夫

・セントラル方式では、飽和効率の高い加湿器を 2 段持って、段数制御を行う。ピークの効率だけで運転すると水を流しっぱなしになってしまうため、段数制御で部分負荷に対応している。2000 年代から、大手設計事務所でも採用されるようになってきている。

(3) 不均一温熱環境への対策

システムアネモは拡散性が良いが、天井カセット式は、対応できないと割り切っている。

ペリメータにはブリーズライン吹き出し口を採用し、ブラインドが揺れないように、冷房時と暖房時の気流到達距離を調整している。

吹き抜けは、床吹き出し方法や床暖房など、別方式を検討する。

(4) 制御仕様のパターン

外気処理と室内負荷処理で分けており、外気処理はエンドユーザーに触らせない。室内は、リモコンセンサをエンドユーザーに解放している。占有部出入り口に制御パネルを設置する場合や、スマホ操作で制御できるものもある。

直膨全熱交換器のリモコンは給気温度表示のため、室温表示と間違えやすい。換気を切ってしまう場合もあるため、ビル管理者が操作する。機械警備と連動させたタイムスケジュールとすることもある。管理技術者がおらず、全熱交換器機能みの場合は、シール等で指示しつつ解放している。

C2. 事務所建築の空調設備とエネルギー消費量の動向分析

C2.1. 空調方式の動向

図1に空調方式の動向を示す。1984~1998年度に竣工した建築物は「中央管理方式」が導入されている割合が高いが、竣工年度が新しくなるにつれてその割合は減少していった。「個別空調方式」「個別空調方式+中央管理方式」を導入している建築物の割合は、竣工年度が新しくなるにつれて増加している。

C2.2. 延床面積・空調機械室合計面積の動向

図2に延床面積・空調機械室合計面積の動向を示す。「個別空調方式」を導入している建築物の多くが、事務所建築の特定建築物の要件である延床面積3,000m²を超過しており、竣工年度が新しくなるにつれ、より大きな延床面積の建築物でも「個別空調方式」が導入されるようになってきている。空調機械室合計面積に関しては、年度が新しくなるにつれて減少傾向にある。「中央管理方式」「個別空調方式+中央管理方式」は、「個別空調方式」を導入している建築物よりも大きな延床面積の建築物を中心に導入され、空調機械室合計面積は年々大きくなっている。

C2.3. 加湿方式の動向

図3にペリメータゾーン・インテリアゾーンそれぞれの加湿方式の動向を示す。すべての空調方式、竣工年度の建物においても「気化式」の加湿設備が大半を占めている。データの記載が無く「不明・なし」とした割合は、ペリメータゾーンにおいて半分以上、インテリアゾーンでは11.5~55.5%の割合を占めている。これら全てを加湿設備が導入されていない「なし」とみなした場合、冬期の低湿度環境の要因となっている可能性が考えられる。また、設計時における加湿に対する配慮が重要であるといえる。

C2.4. 外気供給関連の動向

図4にペリメータゾーン・インテリアゾーンそれぞれの外気供給方式、図5に外気処理フィルターの動向を示す。外気供給方式において、「個別空調方式」で「個別（全熱交換器付き）」、「中央管理方式」では「空調機混合処理（各階毎）」、「個別

空調方式+中央管理方式」では「外調機（各階毎）」の割合が高い。外気処理フィルターにおいては、「個別空調方式」で「粗塵のみ」、「中央管理方式」では「中性能（比色法50~80%）」、「個別空調方式+中央管理方式」では「粗塵のみ」の割合が高くなった。「中央管理方式」のデータに着目すると、「中性能（比色法50~80%）」の割合はペリメータゾーンよりもインテリアゾーンにおけるデータの方が年度を問わず高く、「粗塵のみ」の割合は低くなっている。

図6に竣工年度別に、インテリアゾーンにおける延床面積と外気供給割合の関係を示す。多くは外気供給割合が10~40%となり、100%に近い建築物もあった。外気供給割合が100%に近いデータを除くと、「中央管理方式」において40%を超過するデータが比較的多く見られた。また、延床面積との明確な関係、竣工年度ごとの特徴も見られなかった。

C2.5. エネルギー消費量の動向

図7に空調方式別に、延床面積と年間一次エネルギー消費量の関係を、図8に空調方式ごとの詳細を示す。分析に用いた年間一次エネルギー消費量は、建築物全体で年間に消費されたものである。すべての空調方式のデータにおいて強い正の相関がみられ、延床面積が大きい建築物ほど多くのエネルギーを消費している結果となった。同規模の建築物のデータに着目すると、「中央管理方式」を導入している建築物のエネルギー消費量が「個別空調方式」「個別空調方式+中央管理方式」を導入している建築物のものよりも大きくなる傾向が把握できた。

また、空調方式ごとの詳細を見ると、同規模でも竣工年度が新しい建築物ほどエネルギー消費量が小さくなる傾向が把握できた。

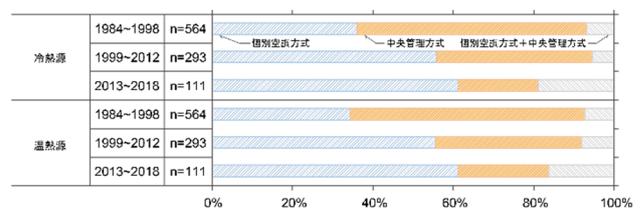


図1 空調方式の動向

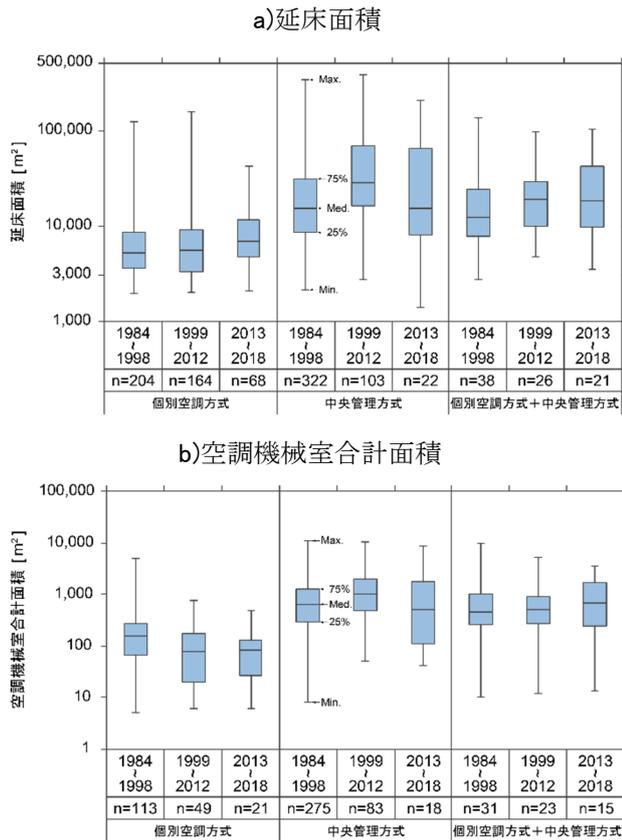


図2 延床面積・空調機械室合計面積の動向

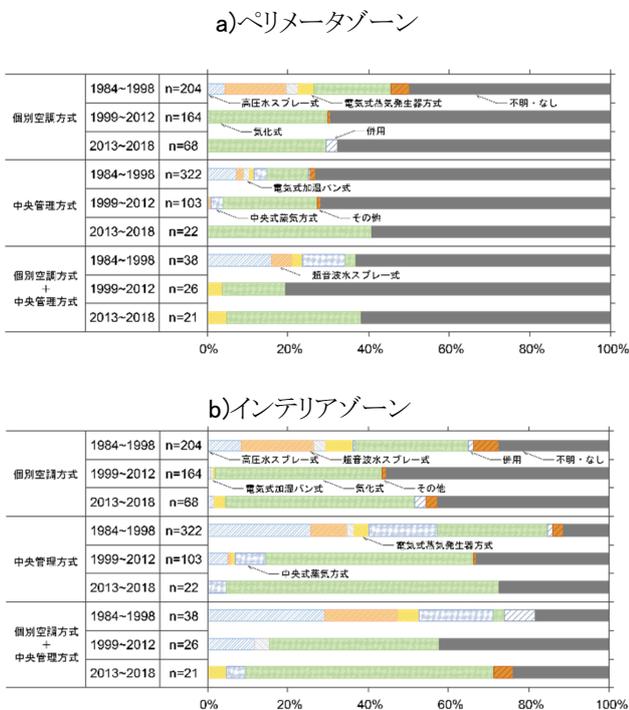


図3 加湿設備の動向

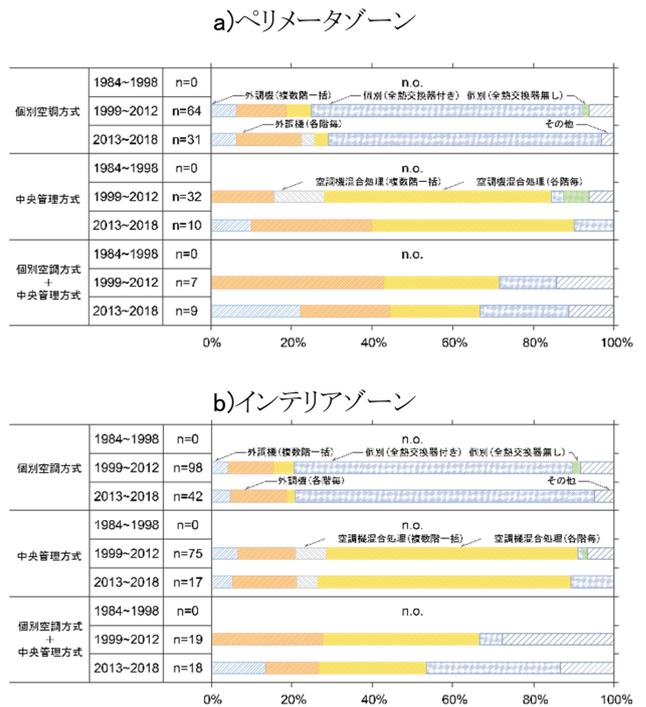


図4 外気供給方式の動向

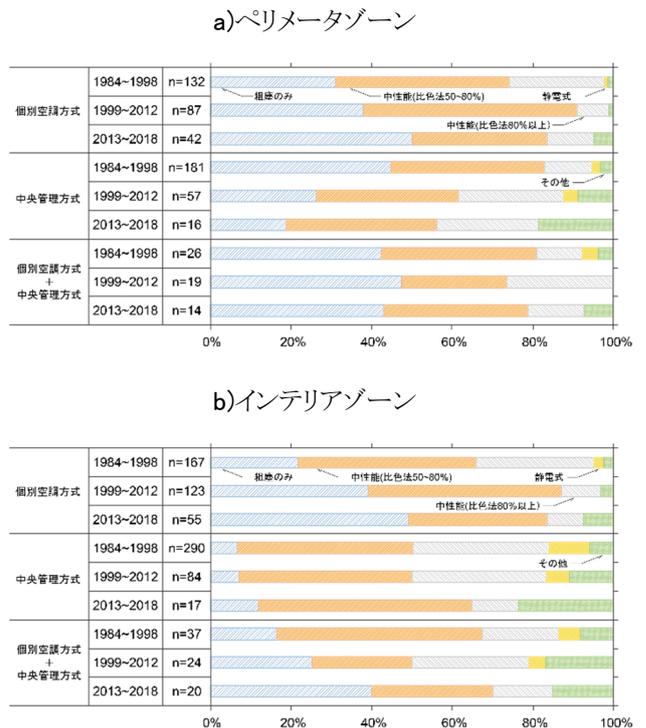


図5 外気処理フィルターの動向

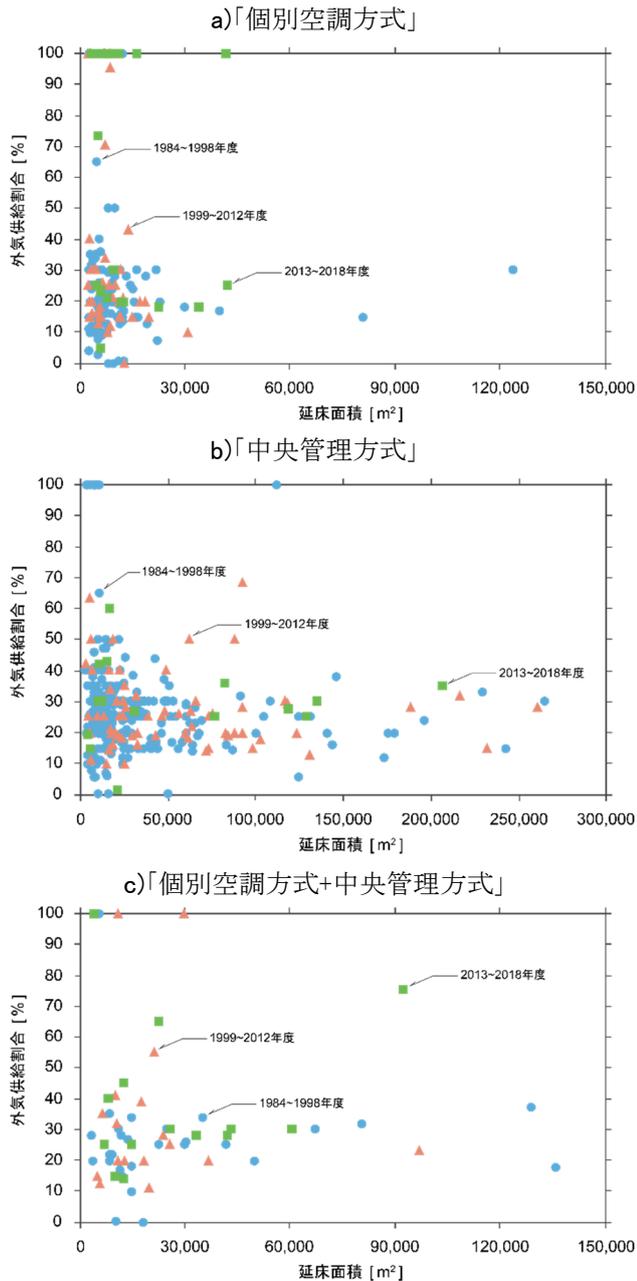


図 6 外気供給割合の動向(インテリアゾーン)

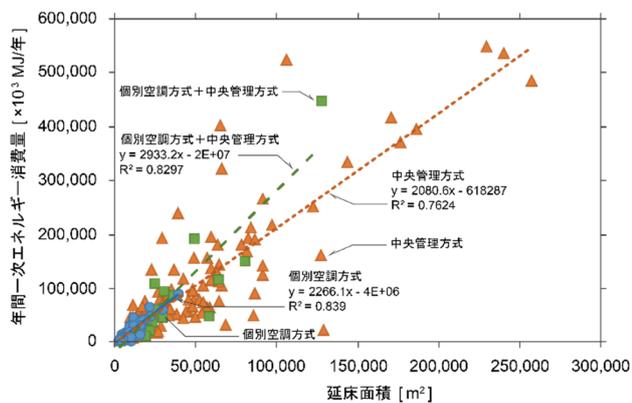


図 7 年間一次エネルギー消費量の動向(全体)

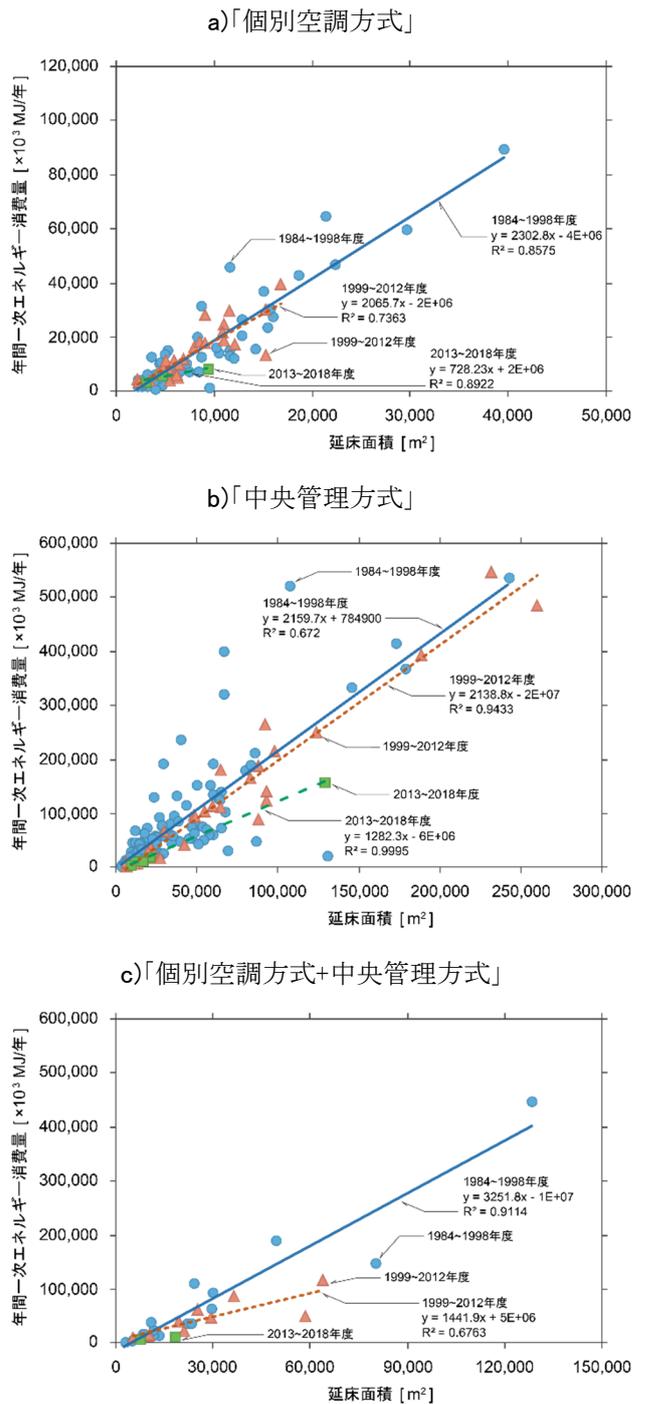


図 8 年間一次エネルギー消費量の動向(詳細)

D. 考察

D1. 空調設備の現状調査

総合建設業のC社は大手5社の一つであり、手がけている建築物は比較的グレードの高いものである。個別空調方式でも必ず外調機や全熱交換器に加湿機能を付加するなど、空気環境管理基準を満たす設計がなされている。また、設備製造業の最新技術動向において、加湿機能を強化させた製品も出てきている。

一方で、様々なグレードの建物を扱うビル管理業のヒアリングからは、建物による空調設備仕様や運用実態の違いが見えてくる。また、2017～2020年度に行った中規模ビルの実態調査では、個別空調方式で全熱交換器を介さない換気と組み合わせている建築物も少なからず見られた。

「個別空調方式」という大きな分類の中にも、組み合わせられている換気設備や加湿設備の仕様によって、衛生管理の状況は大きく変わると考えられる。

E. 結論

個別空調方式の管理マニュアルを作成していく上で、「個別空調方式」という大きな分類のみでは整理しきれない機器性能や管理実態の差異があることが示唆された。組み合わせられている換気設備や加湿設備の仕様の実態を明らかにし、中分類を検討することが望ましいと考えられる。

各空調方式の延床面積や空調設備、エネルギー消費量等の動向の把握を行い、以下を把握することができた。①竣工年度が新しくなるにつれて「個別空調方式」の空調設備を導入する建築物が増加している。②加湿方式は「気化式」のものが大半である。「不明・なし」の割合が高く、運用時や設計時の加湿に対する意識が低いことが窺える。③「中央管理方式」を導入している建築物は、「個別空調方式」「個別空調方式+中央管理方式」を導入している建築物よりも年間一次エネルギー消費量が大きくなる傾向がある。今後は、件数が増加している「個別空調方式」を導入している建築物に着目した、室内空気環境やエネルギー消費量等に関するさらなる分析に取り組む必要がある。

<注釈>

注)「個別空調方式」は、中央熱源を持たずに熱源と空気調和機とが一体となっているか、室内ユニットと熱源ユニットが冷媒配管で接続されているかのいずれかの場合で、各々の機器単体での運転制御が可能な方式とされている。「中央管理方式」は、各居室に供給する空気を中央管理室等で一元的に制御可能な方式である。「個別空調方式+中央管理方式」は、「個別空調方式」と「中央管理方式」を併用している場合の空調方式を指す。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

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) 塩津弥佳, 吉澤晋, 池田耕一, 野崎淳夫: 生活時間調査による屋内滞在時間量と活動量 室内空気汚染物質に対する曝露量評価に関する基礎的研究 その1, 日本建築学会計画系論文集第63巻 第511号, 45-52, 1998年.
- 2) 国土交通省: 省エネルギー基準改正の概要, <https://www.mlit.go.jp/common/0011012880.pdf>
- 3) 厚生労働省: 建築物における維持管理マニュアル,

<https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/seikatsu-eisei09/03.html>

建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究
 空気環境不適合率上昇に関する事務所建築の調査と分析

研究分担者	開原 典子	国立保健医療科学院 生活環境研究部	主任研究官
研究分担者	柳 宇	工学院大学 建築学部	教授
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	李 時桓	信州大学 学術研究院工学系	助教
研究分担者	長谷川兼一	秋田県立大学システム 科学技術学部	教授
研究分担者	菊田 弘輝	北海道大学 大学院工学研究院	准教授
研究代表者	林 基哉	北海道大学 大学院工学研究院	教授
研究協力者	金 勲	国立保健医療科学院 生活環境研究部	上席主任研究官
研究協力者	鍵 直樹	東京工業大学 環境・社会理工学院	教授
研究協力者	東 賢一	近畿大学 医学部	准教授
研究協力者	小林 健一	国立保健医療科学院 医療・福祉サービス研究部	上席主任研究官

研究要旨

建築物衛生法によって管理されない建物も含めて、平時の事務所ビルにおける室内温湿度の再解析を行った。約 60 件の事務所ビルの夏期と冬期の測定結果より、平時の場合、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 m²の中規模ビルや 2,000 m²未満の小規模ビルであっても、調整可能であることが示唆された。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平時の事務所ビルの低湿度環境の傾向を示しているといつてよい。今後、感染症対策による個別空調の運用管理手法の変化も含めて情報整備を進める必要があると思われる。また、空気環境の調整に関する課題を整理するために、空調機器の現状調査を行い類型化するとともに、感染症対策等の緊急時の情報も含めた管理手法に関する情報の整理が望まれている。

A. 研究目的

個別空調の急速な普及に伴い、効果的な指導助言に資する運用管理手法の情報は不足していることから、本研究部会では、空調方式の類型化を踏まえた空気環境の実態調査を行い、不適合率上昇の機序を解明することを目指している。具体的には、不適率上昇に関する調査により個別空調方式の管理方式や管理実態及び室内環境の差を明らかにすることで、不適率上昇の分析を行い、これら

の結果を個別空調方式に特化した空気環境管理手法の確立や管理手法に基づいた行政指導等を行う際のマニュアル作成のための礎とする。

A1. 事務所建築の室内温湿度¹⁾

これまでに、約 40 件の事務所ビルの夏期と冬期の温湿度を調査した結果²⁾ から、建築物衛生法によって管理されない建物において、温度は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

されていること、相対湿度は冬期に基準を下回りその管理と運用に課題があることを示している。調査物件を約 20 件追加し、室内温湿度の特性の分析に資するデータを整備することを目的としている。

A2. 空調換気設備と維持管理

A1 により調査を行った事務所建築を対象に、空調換気設備と維持管理に管理の状況を把握することを目的としている。

B. 研究方法

B1. 事務所建築の室内温湿度¹⁾

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ている。測定は、2019 年 8 月から 9 月と 2020 年 1 月から 2 月に行われたものであり、その結果を再分析している。

B2. 空調換気設備と維持管理

公益社団法人全国ビルメンテナンス協会の協力の下、令和 2 年度までに、「特定建築物及び中規模建築物における室内環境と建築物利用者の健康に関する調査」^{注1)}において、「温度・湿度・CO₂ 測定 (1 台設置)」を実施した会員企業を対象として建物の空調設備と維持管理に関する質問紙調査を行った。

以下に質問項目を示す。

- I 【測定場所について】CO₂測定機器を設置する場所と状況について、教えてください。
- 問1 測定室について、該当する番号を一つ選んで○をつけてください。
1. 前回と同じ
 2. 前回と異なる
- ※【2. 前回と異なる】と回答した方にうかがいます。測定場所は、どのような部屋ですか。()
- 問2 測定対象室の状況について、以下の項目に数値を記入してください。
1. 床面積：約 () m²
 2. コロナ前の在室人数：約 () 人
 3. コロナ後の在室人数：約 () 人
 4. 入居階数：() 階
- 問3 測定対象室の空調方式について、該当する番号を一つ選んで○をつけてください。
1. 中央方式
 2. 個別方式
 3. 中央・個別併用方式
 4. わからない
- ※【1.～3.の空調運転している」と回答した方にうかがいます】
- i 温度・湿度の設定について、場所や数値を記入してください。
 - a. 温湿度測定位置 ()
 - b. 測定期間中の温湿度設定値：温度 () °C、湿度 () %
 - ii 居室で操作できるものについて、該当する記号をすべて選んで○をつけてください。
 - a. 無
 - b. モード設定 (自動・暖房・冷房・送風)
 - c. 風量設定
 - d. 温度設定
 - e. 湿度設定
 - f. その他 ()
- 問4 測定対象室の空調制御について、該当する番号を一つ選んで○をつけ、運転時間等の運用方法を記入してください。
1. 個別制御 ()
 2. グループ制御 ()
 3. パターン制御 ()
 4. その他 ()
 5. わからない ()
- 問5 測定対象室の換気設備について、該当する番号を一つ選んで○をつけてください。
1. 第1種換気
 2. 第2種換気
 3. 第3種換気
 4. わからない
- 問6 測定対象室の換気量について、以下の項目に数値や内容を記入してください。
1. 設計換気量 () m³/h または換気回数 () 回/h
 2. CO₂制御 () ppm
 3. その他のデマンドコントロール ()
 4. わからない ()
- 問7 熱回収の有無について、該当する番号を一つ選んで○をつけてください。
1. 無
 2. 有
 3. わからない
- 問8 加湿装置等について、該当する番号すべてを選び○をつけてください。
1. 無
 2. 空調設備に組み込まれている (別々の機器でも同じ測定対象室にある場合を含む)
 3. ポータブル加湿器
 4. その他 ()
- ※【2.の空調設備に組み込まれている」と回答した方にうかがいます】
- 加湿方式について、該当する記号を一つ選んで○をつけてください。
- a. 気化式
 - b. 蒸気式
 - c. 水噴霧式
 - d. ハイブリット式
 - e. その他 ()
 - f. わからない
- 問9 空調機等のフィルタの使用について、該当する番号に○をつけ、備え付けている機器の種類 (空調機、換気設備等) を記入してください。
1. 無 ()
 2. プレフィルタ ()
 3. 中性能フィルタ ()
 4. 高性能フィルタ ()
 5. わからない ()
- II 維持管理
- 問10 職場での新型コロナウイルス感染症対策について、該当する番号すべてに○をつけ、その項目の数値や運転時間等の運用方法を記入してください。(複数回答)
1. 換気量増加 ()
 2. フィルタメンテ・交換 ()
 3. CO₂モニタリング ()
 4. 温度のモニタリング ()
 5. 相対湿度のモニタリング ()
 6. 勤務形態 ()
 7. その他 ()
- 問11 個別空調方式について、以下の項目を記入してください。
1. 維持管理しやすい点 ()
 2. 維持管理で苦慮する点 ()
 3. よくある不具合 ()
 4. 自治体等立入検査での指摘事項 ()
 5. その他 ()

C. 研究結果

C1. 事務所建築の室内温湿度¹⁾

(1) 分析対象建物

調査建物は、表 1 に示す 23 件（建物 1 と建物 2 は同一のため）であった。本報告では、事務所ビルのみ 18 件を分析対象とする。建物 2、5、7、13、22、23 は、図に結果を示すものの、本報の分析対象から除く。なお、夏期について建物 12、15、18、24、冬期について建物 5 と 16 が欠測であった。調査建物の所在地は、北海道、福島県、埼玉県、東京都など、14 都道府県であった。これらの建物の多くは、省エネルギー基準の地域区分の 6 地域に属する。調査建物には、建築物衛生法によって管理されない 2,000 m²以上 3,000 m²未満の中規模建築物（4 件）と 2,000 m²未満の小規模建築物（9 件）を含んでいる（特定建築物は、建物 4、11、15、17、21～23 である。うち、分析対象は 5 件）。これらの建物の空調のほとんどは、個別方式であった。竣工年について、無回答もあるものの 1960 年代から 2010 年代までを含んでおり、1990 年代のものが約 3 割、次いで 1980 年代、2000 年代、2010 年代のものがそれぞれ約 1 割であった。使用形態としては、自社使用約 6 割、テナントビル約 4 割であった。

(2) 室内温湿度の概況

図 1 に、空調が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²⁾ 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²⁾ 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、既報²⁾ と同様に、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。

(3) 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³⁾ 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³⁾ 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³⁾ 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。

(4) 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³⁾ 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

表1 建物概要

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。

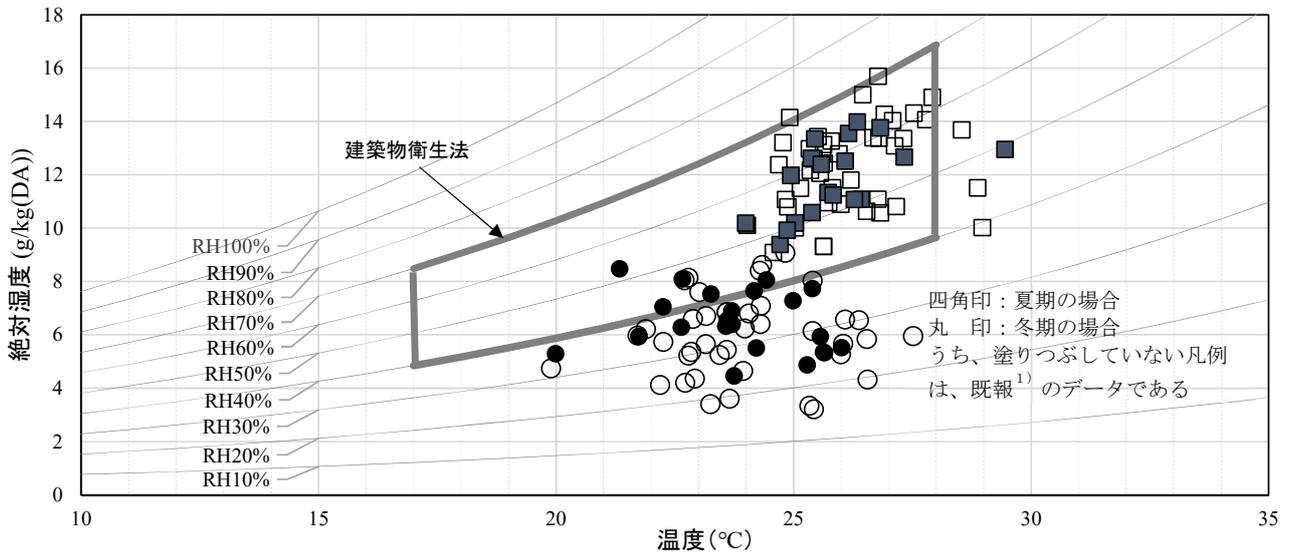


図1 室内温湿度の概況(9時から17時まで, 5日間の平均値)

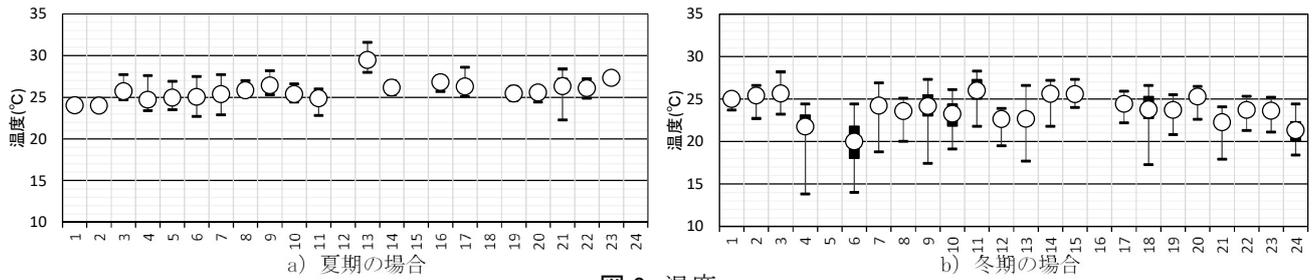


図2 温度

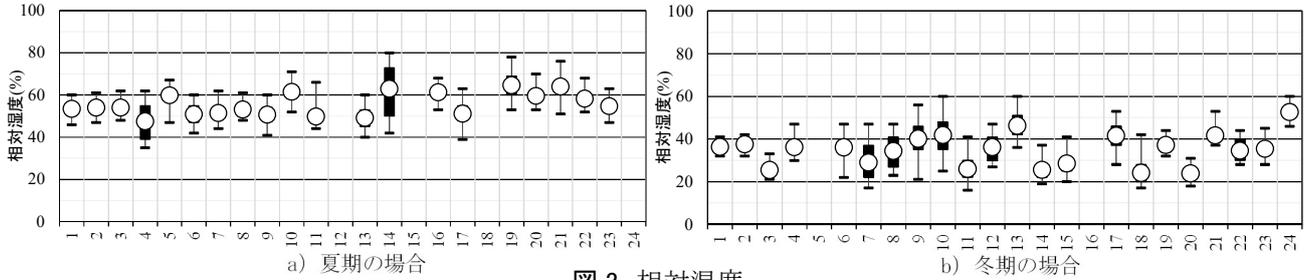


図3 相対湿度

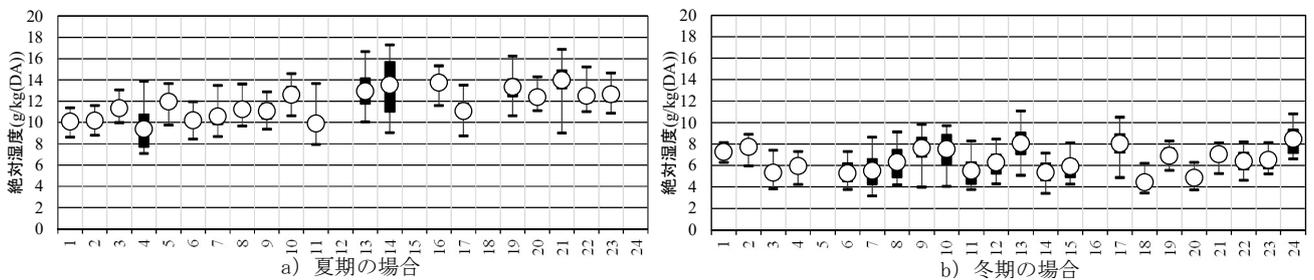


図4 絶対湿度

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%

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³⁾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。

C2. 空調換気設備と維持管理

調査は 2021 年 2 月から 3 月にかけて 55 件の企業に対し実施された。調査対象室は、前回までに調査を行った場所と同じであるという回答を得ている。各質問に対する回答は、以下の通りであった。

図 5 に調査対象室の床面積の回答を示す。対象の 42% (23 件) が 100 m²未満、100 m²以上 200 m²未満が 25% (14 件)、200 m²以上 300 m²未満が 16% (9 件)、300 m²以上が 11% (6 件)、無回答が 6% (3 件) という内訳であった。

図 6 にコロナ前後の在室人数の回答を示す。コロナ前より在室人数が減っている 35%、同じ 65%であった。

図 7 に対象室の空調方式の回答を示す。個別方式が 73%と最も多く、次いで、中央・個別併用方式 11%、中央方式 7%の順であった。

図 8 に対象室の温度設定値の回答を示す。設定値としては、24℃以上 25℃未満が 23% (12 件) と最も多く、次いで、25℃以上 26℃未満 19%、22℃以上 23℃未満・23℃以上 24℃未満・26℃以上 27℃未満がそれぞれ 10%等の順であった。

図 9 に対象室の湿度設定値の回答を示す。不明や無回答を合わせると 70% (36 件) となり、湿度の管理状態を把握していないと思われる。設定値を把握している場合にも、40%以上 50%未満および 50%以上 60%未満がそれぞれ 10% (5 件)、40%未満 6% (3 件)、60%以上 2% (1 件) であった。

図 10 に対象室で操作可能な空調に関する設定の回答 (複数回答) を示す。最も多いのは、モー

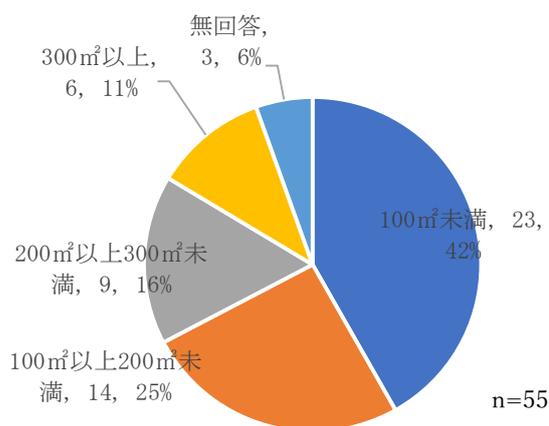


図 5 対象室の床面積

ド設定 (自動・暖房・冷房・送風) 33% (44 件)、次いで、温度設定 32% (43 件)、風量設定 29% (39 件) の順であった。湿度設定について、4% (5 件) が室内で操作可能であると回答している。

図 11 に対象室の空調制御に関する回答を示す。最も多いのは個別制御 72% (42 件) であった。わからないという回答もみうけられるものの、グループ制御やパターン制御を行っている場合が含まれている。

図 12 に対象室の換気設備の回答を示す。最も多いのは第 1 種換気 35% (19 件)、次いで、第 3 種換気 22% (12 件)、第 2 種換気 7% (4 件) であった。わからないとの回答も 27% (15 件) ある。図には示さないものの、換気量について、CO₂制御していると回答の対象室も 4 件含まれていた。このように、どのような仕組みで換気量が設定されているのかわかっているという回答がある一方で、わからないという回答も 40 件あった。

図 13 に対象室の熱回収の有無の回答を示す。熱回収が無いとの回答が 34% (19 件)、有るとの回答が 24% (13 件)、わからないとの回答が 40% (22 件) であった。

図 14 に加湿装置等の設置状況 (複数回答) の回答を示す。加湿設備等が無いが 27% (17 件)、空調設備組み込みが 16% (10 件)、ポータブル加湿器 52% (32 件) であった。

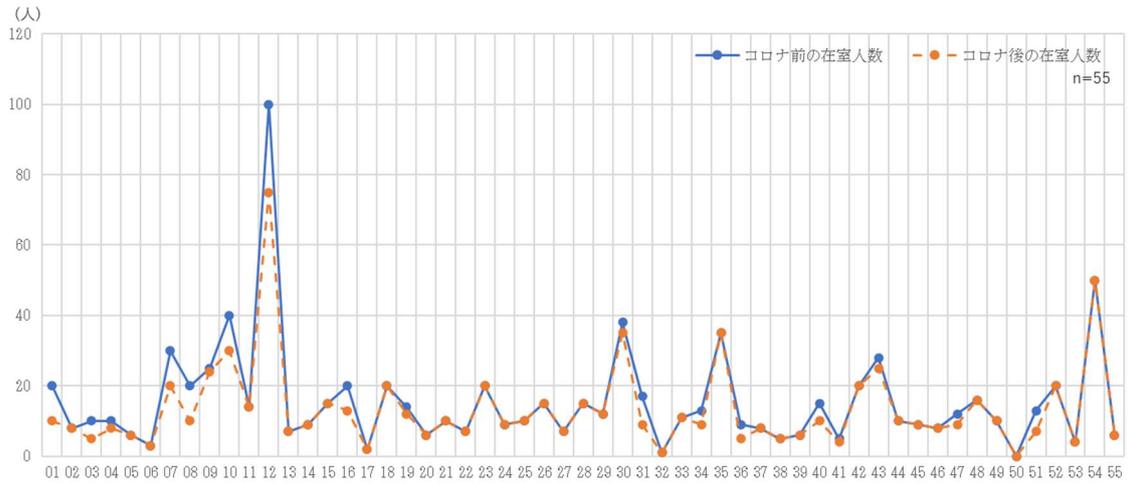


図6 感染症対策前後の在室人数の比較

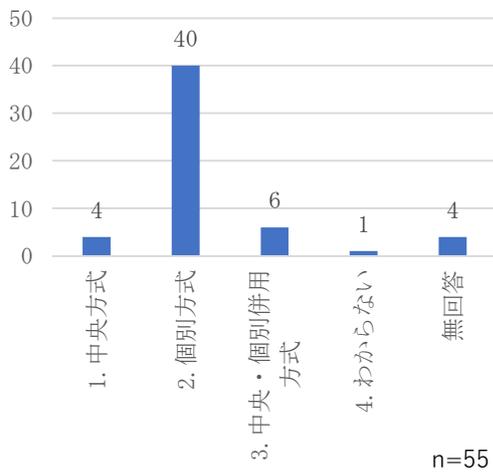


図7 対象室の空調方式

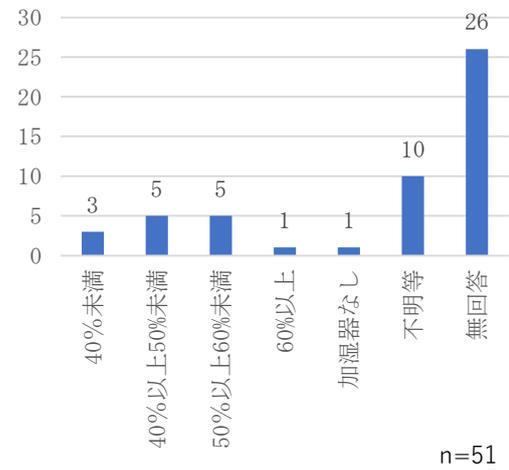


図9 対象室の湿度設定値

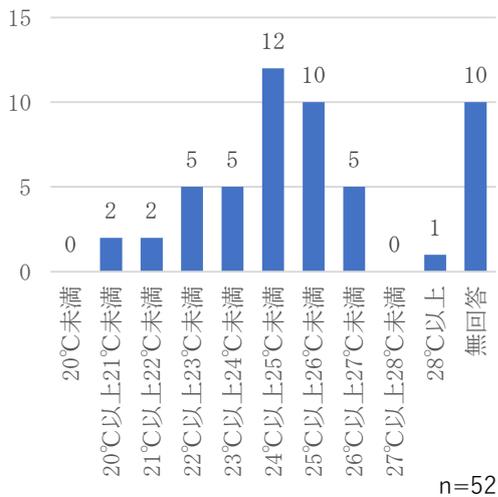


図8 対象室の温度設定値

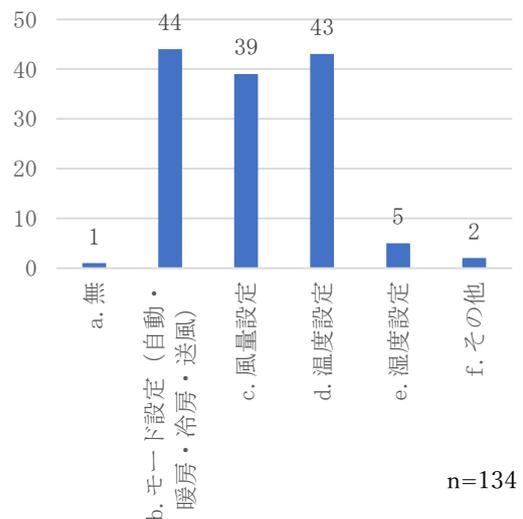


図10 居室で操作可能な空調設定(複数回答)

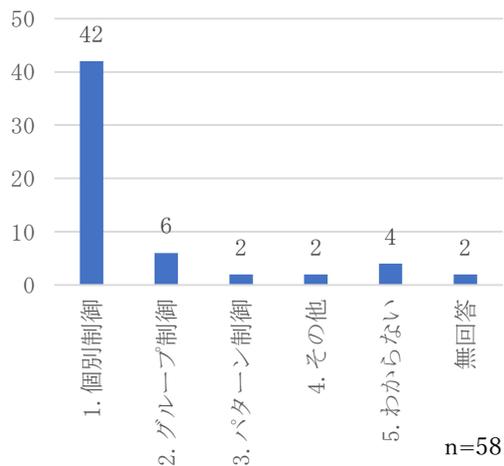


図 11 対象室の空調制御(3件複数回答)

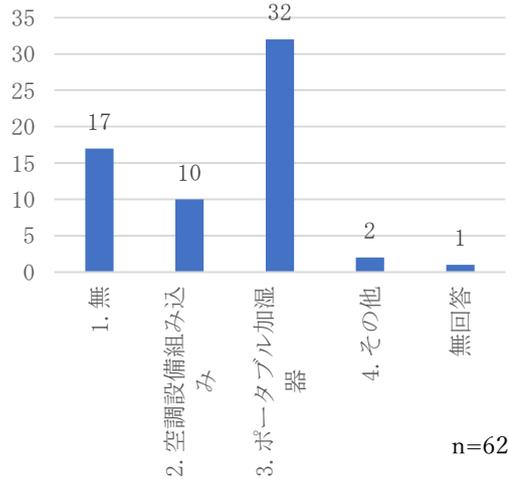


図 14 加湿装置等の設置状況(複数回答)

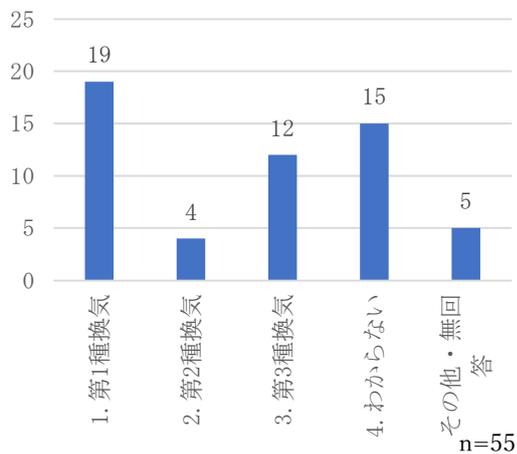


図 12 対象室の換気設備

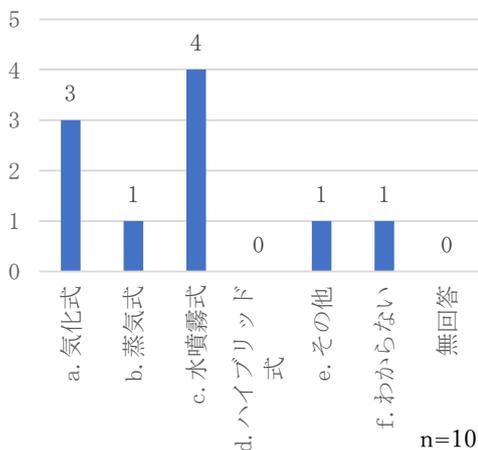


図 15 加湿方式

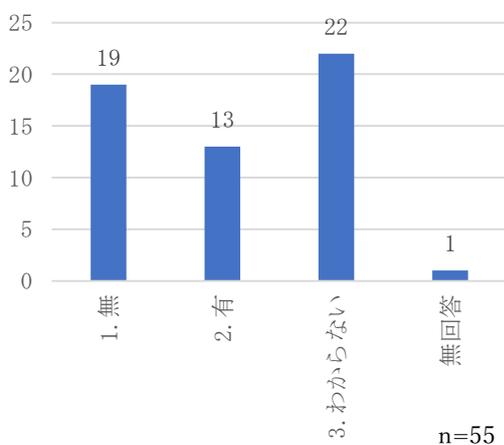


図 13 対象室の熱回収の有無

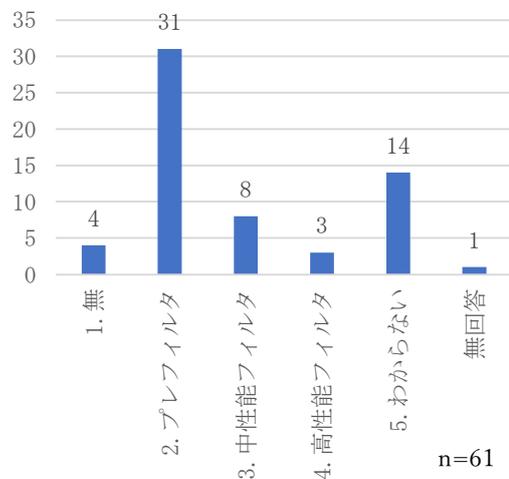


図 16 空調機等のフィルタ(複数回答)

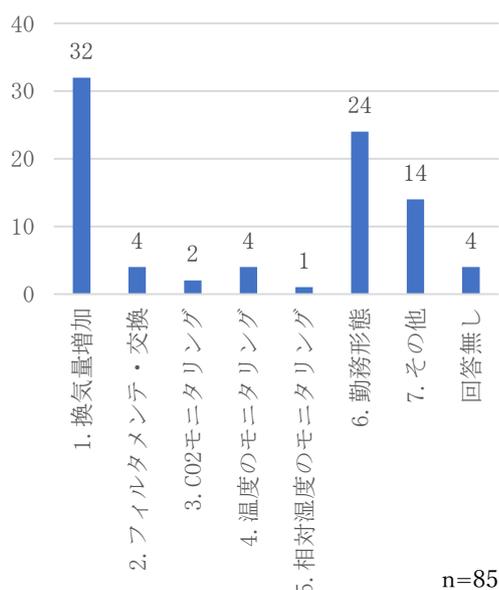


図 17 感染症対策(複数回答)

図 15 に加湿装置等がある場合に空調設備に組み込まれている場合(ただし、別々の機器でも同じ対象室にある場合を含む)の加湿方式の回答を示す。最も多いのが水噴霧式 4 件、次いで気化式 3 件、蒸気式 1 件、その他とわからないがそれぞれ 1 件ずつであった。

図 16 に空調機等のフィルタ(複数回答)の回答を示す。最も多いのはプレフィルタ 31 件、次いで、中世能フィルタ 8 件、高性能フィルタ 3 件、無しが 4 件、わからないが 14 件、無回答が 1 件であった。

図 17 に新型コロナウイルス感染症対策の回答を示す。最も多いのは換気量を増やす 32 件、次いで、勤務形態 24 件、フィルタのメンテ交換・温度のモニタリングがそれぞれ 4 件、CO₂のモニタリングが 2 件、相対湿度のモニタリングが 1 件、その他の対策が 14 件、回答なしが 4 件であった。

このように、調査対象について空調換気設備と、維持管理や換気量の推定に必要な情報等および緊急時の運用に関する情報を集積した。

D. 考察

事務所ビル約 60 件の夏期と冬期の測定結果より、平時の場合、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 m²の中規模ビルや 2,000 m²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、冬期の相対湿度の平時の結果は、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平時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、感染症対策による個別空調の運用管理手法の変化も含めて情報整備を進める必要があると思われる。

E. 結論

建築物衛生法によって管理されない建物も含めて、平時の事務所ビルにおける室内温湿度の調査を行い、COVID-19 等感染症対策が行われる前の事務所ビルの実態を捉えるデータを再解析した。今後、感染症対策による空調設備等の運用管理手法の変化も含めて、COVID-19 等感染症対策後の室内環境調査データの分析が必要である。また、空気環境の調整に関する課題を整理するために、空調機器の現状調査を行い類型化するとともに、感染症対策等の緊急時の情報も含めた管理手法に関する情報の整理が望まれている。

<注釈>

注 1) これまでに協力の研究とは、厚生労働科学研究「建築物衛生管理基準の検証に関する研究(研究代表者:林 基哉)」及び「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)」において、建築物利用者の健康状態や職場環境等の基本情報を得ることを目的として行ったフェーズ 1 からフェーズ 3 までの調査を示す。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

- 1) 開原 典子, 金 勲, 小林 健一, 林 基哉, 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7 夏期及び冬期の室内温湿度の実態. 令和2年度空気調和・衛生工学会大会(オンライン); 2020年9月. 令和元年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集.

- 3) 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

G. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む)

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) 開原 典子, 金 勲, 小林 健一, 林 基哉, 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7 夏期及び冬期の室内温湿度の実態. 令和2年度空気調和・衛生工学会大会(オンライン); 2020年9月. 令和元年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集.
- 2) 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.

建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究
個別方式空調と中央方式空調における室内空気環境の数値計算による事例的検討

研究分担者 李 時桓 信州大学 学術研究院工学系 助教

研究要旨

個別空調の使用率拡大に伴い、立入検査時の難しさや運用管理手法の情報不足が課題として挙げられ、より効率的な監視指導が求められている。そこで、個別空調に関する知見を深めるために、CFD解析を利用し、オフィス空間モデルに対する空調方式の違いによる室内空間の影響についてパターン検討を行った。検討は二段階で行われ、始めに各空調方式（セントラル空調、個別空調、マルチエアコン、セントラル+個別空調）を使用した場合の温度環境や気流環境について把握し、次に人体周辺を目標温度に維持するための最適吹出温度・流速を逆解析により検討した。結果から、個別空調を使用することで、熱源の局所排気などが確認され、室環境の制御が容易になると考えられる。

A. 研究目的

近年、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、省エネルギーを目的とした換気回数の減少があることが要因となり、特定建築物における建築物環境衛生管理基準のうち、相対湿度、温度、二酸化炭素濃度の不適合率が上昇傾向にある。要因の一つとして個別空調方式の使用が拡大してきたことも考えられるが、個別空調の管理の難しさや立入検査時の難しさが指摘されるとともに、実態調査からは、室内のムラが大きいことが指摘された。個別空調の急速な普及に伴う運用管理手法の情報は不足している状況にあり、より効率的な監視指導が求められている。そこで、個別空調方式に特化した空気環境管理手法の確立とその管理手法に基づいた行政指導等を行う際のマニュアルの検討を目的とする。

B. 研究方法

B1. セントラル空調と個別空調を併用した場合

空調方式の違いによる室内環境の違いについて、CFD解析による検討を行った。オフィスビ

ルなどの室内空間を対象とし、図 1-1 に解析領域概要、図 1-2 に人体周辺領域概要を示す。空調方式の違いとしてセントラル空調方式のみ、セントラル空調方式と個別空調方式の併用の 2 パターンで検討した。また、座位での作業を想定した人体モデル 20 体を一定間隔で配置し、発熱モデルとして人体モデルの他に PC を想定した。ここで、個別空調は各人体モデルのデスク前方から空調を行うものとする。

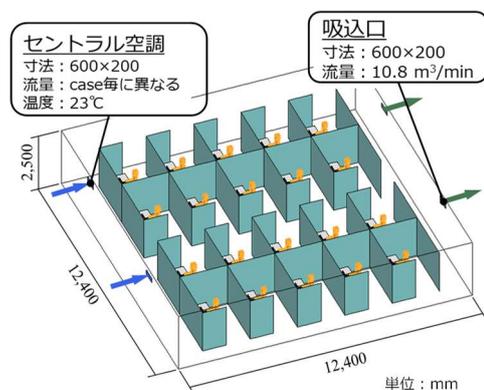


図 1-1 解析領域概要

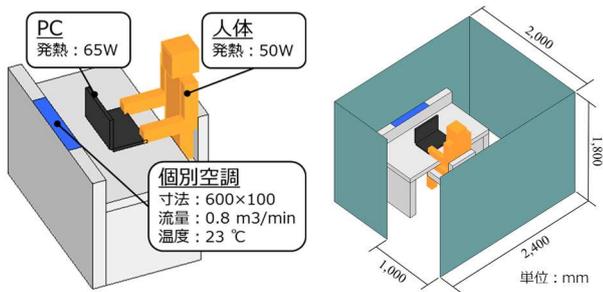


図 1-2 人体周辺領域概要

表 1-1 解析条件

時間項	定常解析 ($t=\infty$)
メッシュ数	5,000,000
吸込口	流量 : 10.8 m ³ /min
吹出口	流量 : 10.8 m ³ /min 温度 : 23 °C, 相対湿度 : 60%

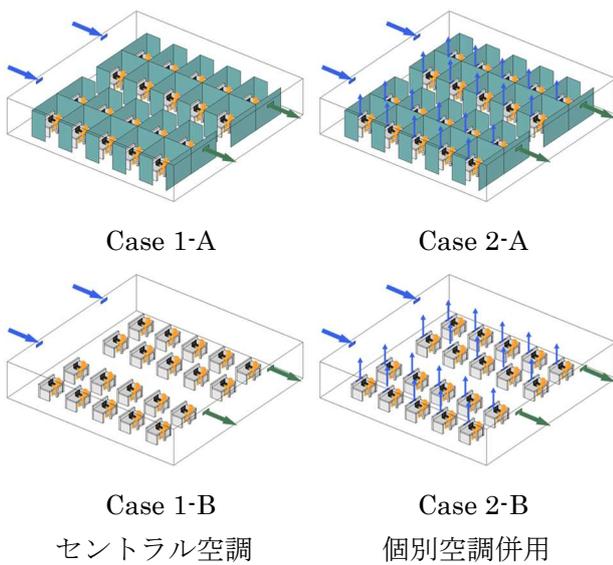


図 1-3 検討ケース

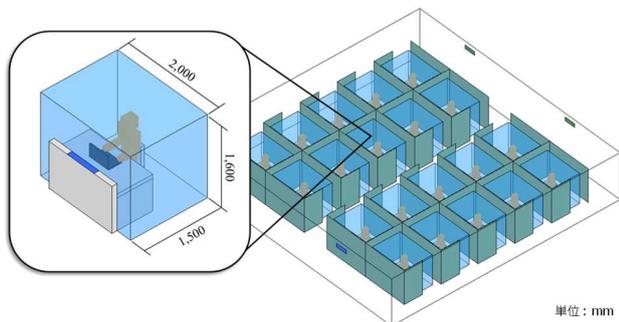


図 1-4 ターゲットゾーン概要

表 2-1 解析条件

時間項	定常解析 ($t=\infty$)
メッシュ数	1,000,000
吸込口	流量 : 10m ³ /min
吹出口	流量 : 10.8 m ³ /min 温度 : 20 °C, 相対湿度 : 60%

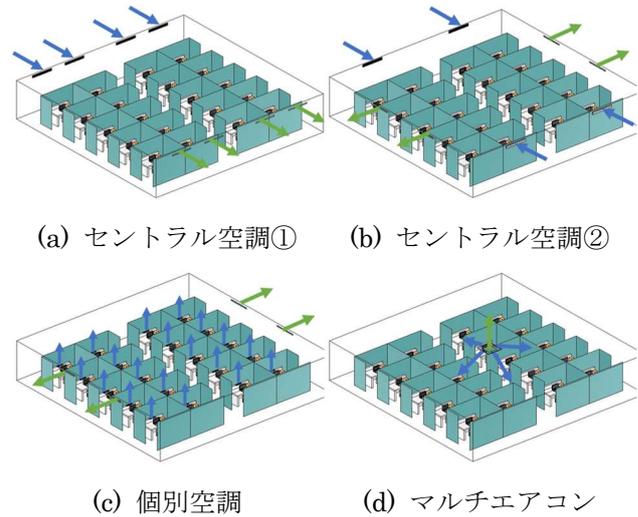


図 2-2 検討ケース

表 1-1 に解析条件, 図 1-3 に解析検討ケースを示す。検討ケースは前述した空調方式の違いによる物の他, 人体周辺のパーティションの有無による違いについても検討する。

また, 人体周辺の温度を一定にするために逆解析を行った。図 1-4 にターゲットゾーン概要を示す。各人体の周辺に対し, 表記の寸法でターゲットゾーンを設定し, そのゾーンが空間平均で 25°C となるように逆解析による予測を行った。逆解析の条件を満たす場合の各吹出口の温度について算出した。

B2. 各空調方式を単体で使用した場合

前述した解析と同様のモデルを利用して, 空調方式をそれぞれ単体で利用した場合の室環境の違いについて検討した。表 2-1 に解析条件を示す。前章で利用した解析モデルと同様のもので検討を行った。

図 2-2 に検討ケースを示す。検討はセントラル空調 2 パターン, 個別空調, マルチエアコンについて行った。

C. 研究結果

C1. セントラル空調と個別空調を併用した場合

(1) 空調方式による比較 (パーティションあり)

図 1-5 に平面温度分布 ($z = 0.8 \text{ m}$) を示す。空調温度設定, 風量設定が等しい場合でも, 空調方式の違いによる温度ムラに差が生じた。セントラル空調のみを使用した場合, 吹出口からの距離が大きくなるにつれて温度が高くなっていることが確認できる。これに対して, 個別空調を併用した場合は, 室内空間が均一な温度に保たれていることが確認できる。

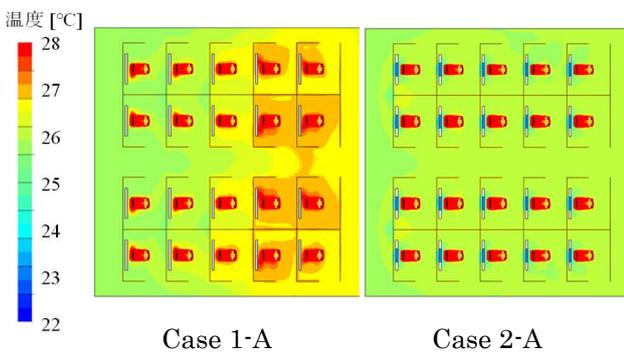


図 1-5 平面温度分布 ($z = 0.8 \text{ m}$)

図 1-6 に断面温度分布 ($y = 2.0 \text{ m}$), 図 7 に断面気流速度分布 ($y = 2.0 \text{ m}$) を示す。セントラル空調のみを使用した場合, 吹出口からの距離が大きくなるにしたがって, 発熱部からの熱が十分に排熱されていないことが確認できる。このことから, 平面温度分布のムラが生じていると考えられる。図 1-7 から前方の座席で気流が滞ってしまい, 後方の座席まで均一に行きわたっていないことが確認できる。

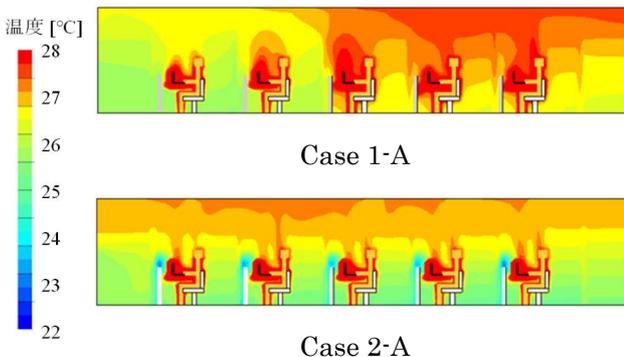


図 1-6 断面温度分布 ($y = 2.0 \text{ m}$)

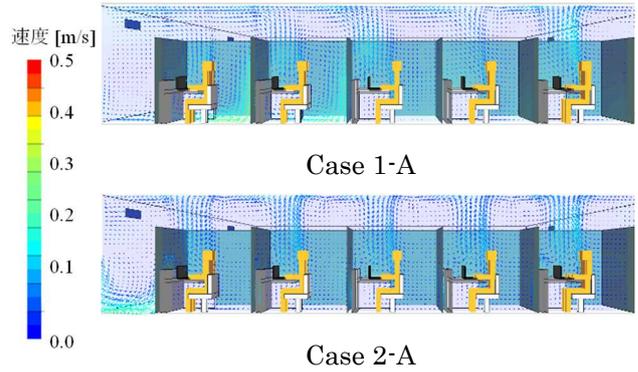


図 1-7 断面気流速度分布 ($y = 2.0 \text{ m}$)

(2) 空調方式による比較 (パーティションなし)

図 1-8 に平面温度分布 ($z = 0.8 \text{ m}$) を示す。パーティションがなしの場合は, ケース毎に大きな差は見られず, 概ね一定の温度に保たれていることが確認できる。

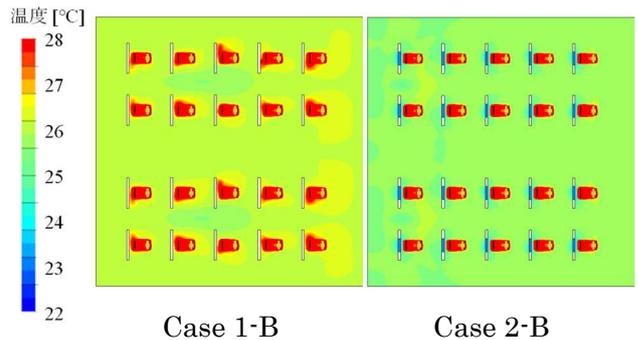


図 1-8 平面温度分布 ($z = 0.8 \text{ m}$)

(3) 逆解析での比較

逆解析の結果, セントラル空調のみの場合では, 吹出温度が 21.8°C , 個別空調併用の場合は, 吹出温度が 21.6°C (個別空調), 18.7°C (セントラル空調) であった。また, この条件での平面温度分布 ($z = 0.8 \text{ m}$) を図 1-9 に示す。Case1-A について, 吹出口の温度変化により各人体の周辺温度は概ね目標値に近づいたが, 前方と後方でわずかに温度差が生じた。これに対し, Case2-A ではセントラル空調の吹出口温度が前方に対して影響しているが, 各人体の周辺温度は均一に保たれている結果となった。このとき, Case1-A ではターゲット内の平均温度は 25.2°C , ターゲット毎の温度差は最大 2.7°C , Case2-A ではターゲット内の平均

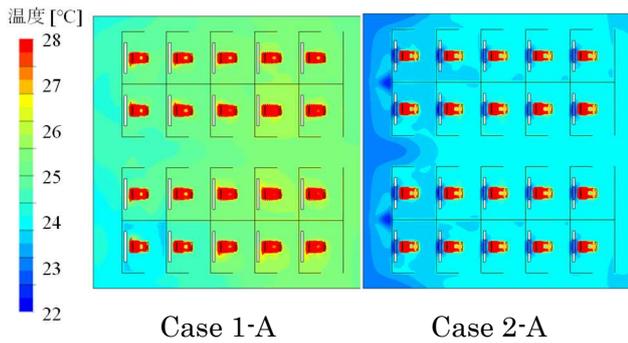


図 1-9 平面温度分布 ($z = 0.8 \text{ m}$)

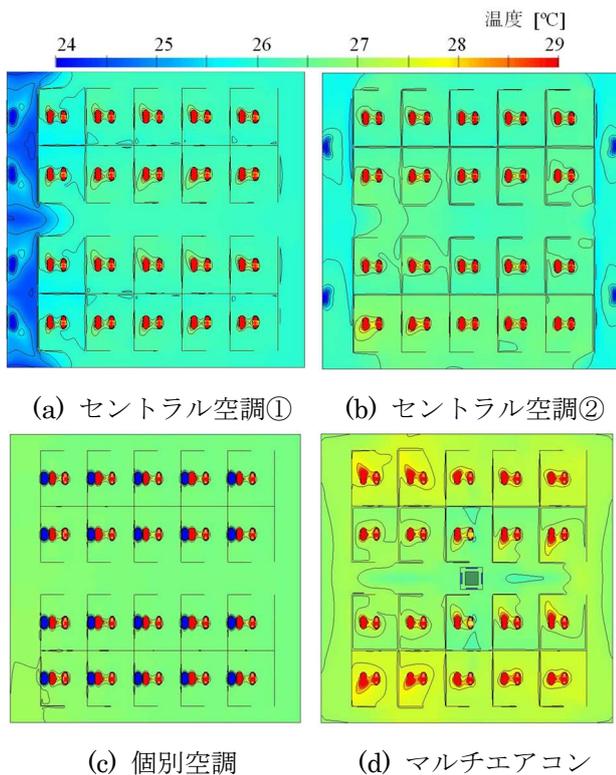


図 2-3 検討ケース

温度は 24.5°C ，ターゲット毎の温度差は 0.1°C 以下であった。

C2. 各空調方式を単体で使用した場合

図 2-3 に解析結果の平面温度分布 ($Z = 1\text{m}$) を示す。(a)セントラル空調①から極度な温度ムラが確認された，(b) セントラル空調②から吹出・吸込口の位置関係を変えることにより改善はされたが，在室者がいない空間での温度低下が確認された。また，(c)マルチエアコンでは吹出口の向きに伴って温度ムラが確認された。これらに比べ，(b)個別

空調では熱源の局所排熱が効率的に行われているため，室全体で温度が一定に制御されている結果となった。個別空調は在室者が少ない場合でも安定的に室温を維持できると考えられる。

D. 考察

セントラル空調と個別空調を併用した場合について解析を行った結果，セントラル空調のみでは吹出口，風向等の位置関係により温度ムラが生じてしまうが，個別空調を使用することでこの問題を解消することが可能である。

E. 結論

空調温度設定，風量設定が等しい場合でも，空調方式の違いによる温度ムラに差が生じた。セントラル空調のみを使用した場合には，気流の滞留などにより温度ムラが生じてしまい，室内温度分布を一定に保とうと制御をかけてもある程度の誤差が生じてしまった。これに比べて，個別空調を使用することで，熱源の局所排気などが行われ，居室の利用数が減少した場合でも室環境の制御が容易になると考えられる。

F. 研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
なし

G. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

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

建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究
個別空調方式の影響調査

研究分担者 中野 淳太 東海大学 工学部建築学科 准教授

研究要旨

2017～2020年の夏季と冬季において、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 件にて行った調査の再分析を行い、空気環境不適合率上昇における個別空調方式の影響を調査した。PAC+換気方式は外気の影響を大きく受け、特に相対湿度は不適合となる範囲まで分布しやすい傾向にあることがわかった。空気温度および気流速度については、衛生管理基準の範囲を超えることはまれであった。ISO17772-1 による評価結果からは、PAC+換気方式において総合評価および PMV の評価がカテゴリ I～N/A まで広く分布していることがわかった。これは、同一空間内でもインテリアとペリメータの空気温度および平均放射温度の差が大きくなる傾向にあるためであった。また、冬季の上下温度分布も中央方式より大きくなりやすいことが確認された。以上を総合すると、換気を伴う個別空調方式は外気湿度の影響を受けやすく、同一空間内の高さ方向および水平方向の環境に分布が生じやすいことがわかった。また、同じ空調方式でも建物間の差が生じやすいと言える。衛生管理において、個別空調方式では室内環境分布に着目した評価が重要になると考えられる。

A. 研究目的

R2 年度は COVID-19 の感染拡大により、事務所建築における新規の実測調査が困難となった。そこで、2017～2020年の夏季と冬季に行った調査の再分析を行い、空気環境不適合率上昇における個別空調方式の影響を調査した。

B. 研究方法

調査は 2017～2020年の夏季と冬季に行い、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 件を対象とした。測定対象建物の詳細を表 1 に示す。規模に応じて特定建築物と 3,000 m²以下の建築物、空調方式は中央方式と個別方式（PAC）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。

これらの測定結果について、建築物衛生法の管理基準および ISO17772-1¹⁾により評価を行った。ISO17772-1 は、2017 年に制定された基準で、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。温熱環境については、PPD（予測不満足者率）、ドラフト、上下温度分布、および非対称放射について不満足者率により推奨値を示している。温熱環境に関するカテゴリ別不満足者率推奨値を表 2 に示す。

C. 研究結果

C1. 空調方式による分類

計 104 点の測定結果を 2 つの季節(夏季・冬季) および 3 つの空調方式に分類して分析を行った。分類別の測定点数を図 1 に示す。最も多いのは換気のある個別空調方式(PAC+換気)で 66 件であった。次に多かったのは中央方式(中央)の 30 件で、換気のない個別空調方式(PAC)は 8 点であった。PAC は他の分類と比較して件数が少ないため、参考データとして扱う。

C2. 全測定点の測定結果

測定時の外気温に対する高さ 1.1m の室温を図 2 に示す。分布は、外気温 20℃を境に夏季と冬季の 2 群に分かれていた。冬季の中央方式の室温は外気温と比例関係が見られたが、PAC と PAC+換気は相関が見られなかった。特に PAC+換気は、21.5~27.7℃の範囲で室温が広く分布していた。夏季はいずれの空調方式も外気温と室温に相関はなく、外気と無関係に室温が制御されている実態が明らかになった。

測定時の外気湿度に対する高さ 1.1m の室内絶対湿度を図 3 に示す。外気絶対湿度が 10 g/kg' 以下となる冬季は、加湿や人体からの発湿により概ね室内絶対湿度が外気を上回っていた。夏季は除湿により室内の絶対湿度が低くなっており、いずれの季節も空調方式による差は小さかった。空気温度、相対湿度、気流速度、平均放射温度に関する全測定点の結果を比較した。夏季結果を図 4 に、冬季結果を図 5 に示す。X 軸の測定点の下にあるマーカーは空調方式を、添え字の i はインテリア、p はペリメータを示す。また、空気温度、相対湿度、気流速度については衛生管理基準値を赤線で示す。

C3. 建築物衛生法管理基準の適合状況

全測定点における建築物衛生法管理基準(以下、衛生管理基準)の適合状況を図 6 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。季節および建物分類による適合状況を図 7 に示す。空気温度で不適合となったのは夏季に 28℃を超えた 2 点のみであった。図 4 で確認すると、いずれも測定空間面積が 44m² の小規模オフィス F01 で、PAC+換気であった。

夏季に相対湿度が不適合となったのは PAC+換気の特定建築物 A03 の 2 点のみで、外気相対湿度が 90%を超えている条件であった。冬季の相対湿度は 68%と全体的に不適合率が高く、特に PAC+換気では 81%が不適合となっていた。

PAC+換気方式が外気条件の影響を受けやすく、特に相対湿度は不適合となる範囲まで変化しやすい傾向にあることがわかった。

C4. ISO 17772-1 による評価結果

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 および PPD を求めた。着衣量は夏季 0.5 clo、冬季は 1.0 clo とした。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。

全測定点のカテゴリ評価結果を図 8 に示す。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、季節および空調方式の種別に分けて行うが、PAC の調査件数は他の方式と比べて極端に少ないため、参考値として示す。

季節および空調方式の種別による各項目のカテゴリ評価を図 9 に示す。総合評価では、PAC+換気がいずれの季節も I~N/A まで広く評価が分布していることがわかった。中央方式も夏季は同様の傾向が見られるものの、冬季はカテゴリ II と III のみで、一定の範囲内に環境調整されていた。PMV は総合評価とほぼ同等の分布となっていた

が、PAC+換気のカテゴリ I 評価の割合が高くなっていった。夏季の上下温度分布は 1 点を除いて全て I 評価であったが、冬季の PAC+換気では I 評価は 28%に激減しており、38%が IV 評価となっていた。夏季のドラフトは、いずれの空調方式も約 6 割が I 評価であった。冬季の中央方式は I 評価が 87.5%まで上昇していたが、PAC+換気では 53%と微減していた。

夏季における全測定点の PMV 評価結果を図 10 に示す。カテゴリ II に相当する±0.5 の値を太線で示している。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 11 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。

高さ 0.1m の空気温度に対する高さ 1.1m の空気温度を図 12 に示す。高さ 1.1m の空気温度は 0.1m よりも高い傾向にあり、23℃以下で温度差が大きくなる傾向にあった。特に PAC+換気方式は分布が大きく、冬季の中央式の平均温度差が 1.0℃に対し、冬季の PAC+換気方式は 2.6℃であった。

C5. インテリアとペリメータの環境の差

同一空間内のインテリアを基準としたペリメータとの環境の差を図 13 に示す。PAC の結果は省略し、中央式と PAC+換気の比較を行っている。

相対湿度、絶対湿度および気流速度については、空調方式による差は見られなかった。しかし、空気温度と平均放射温度については、PAC+換気の分布が広く、結果的に PMV の値も分布が広がっていることがわかった。

E. 結論

PAC+換気方式は外気の影響を大きく受け、特に相対湿度は不適合となる範囲まで分布しやすい傾向にあることがわかった。空気温度および気流速度については、衛生管理基準の範囲を超えることはまれであった。

ISO17772-1 による評価結果からは、PAC+換気方式において総合評価および PMV の評価がカテゴリ I~N/A まで広く分布していることがわかった。これは、同一空間内でもインテリアとペリメータの空気温度および平均放射温度の差が大きくなる傾向にあるためであった。また、冬季の上下温度分布も中央方式より大きくなりやすいことが確認された。

以上を総合すると、換気を伴う個別空調方式は外気湿度の影響を受けやすく、同一空間内の高さ方向および水平方向の環境に分布が生じやすいことがわかった。また、同じ空調方式でも建物間の差が生じやすいと言える。

衛生管理において、個別空調方式では室内環境分布に着目した評価が重要になると考えられる。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

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) ISO: ISO7726 Ergonomics of the thermal environment -- Instruments for measuring physical quantities, 1998

表1 調査対象建築物

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 冬	2018/8/23 2018/1/10	1F	328	2.8	個別式 (PAC+換気)
		2F			409	2.8	個別式 (PAC+換気)	
		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)

表 2 ISO17772-1 の温熱環境に関するカテゴリ別推奨値(不満足者率)

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			

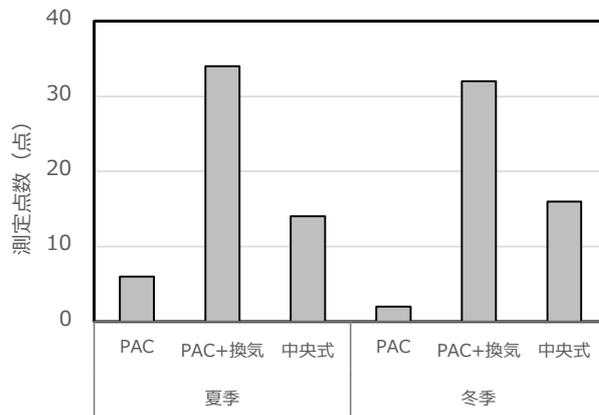


図 1 建物分類別測定点数

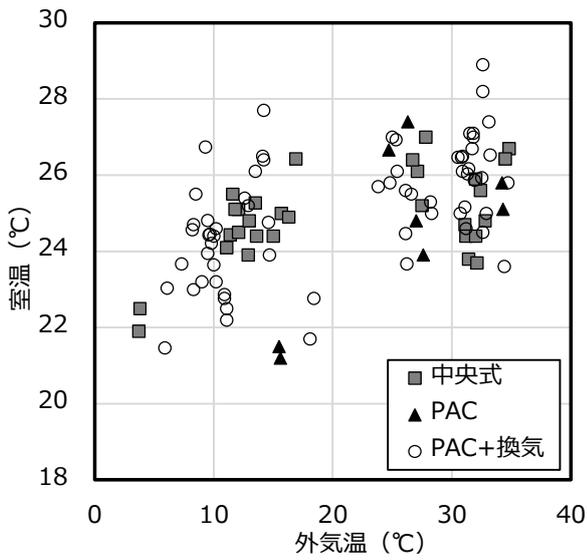


図 2 外気温と室温

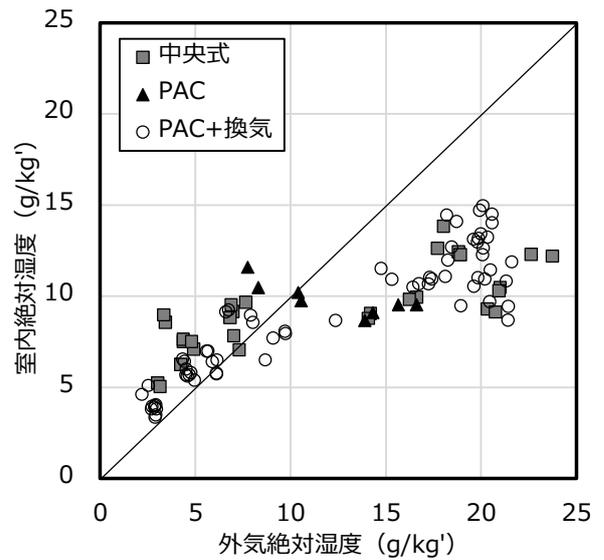


図 3 外気絶対湿度と室内絶対湿度

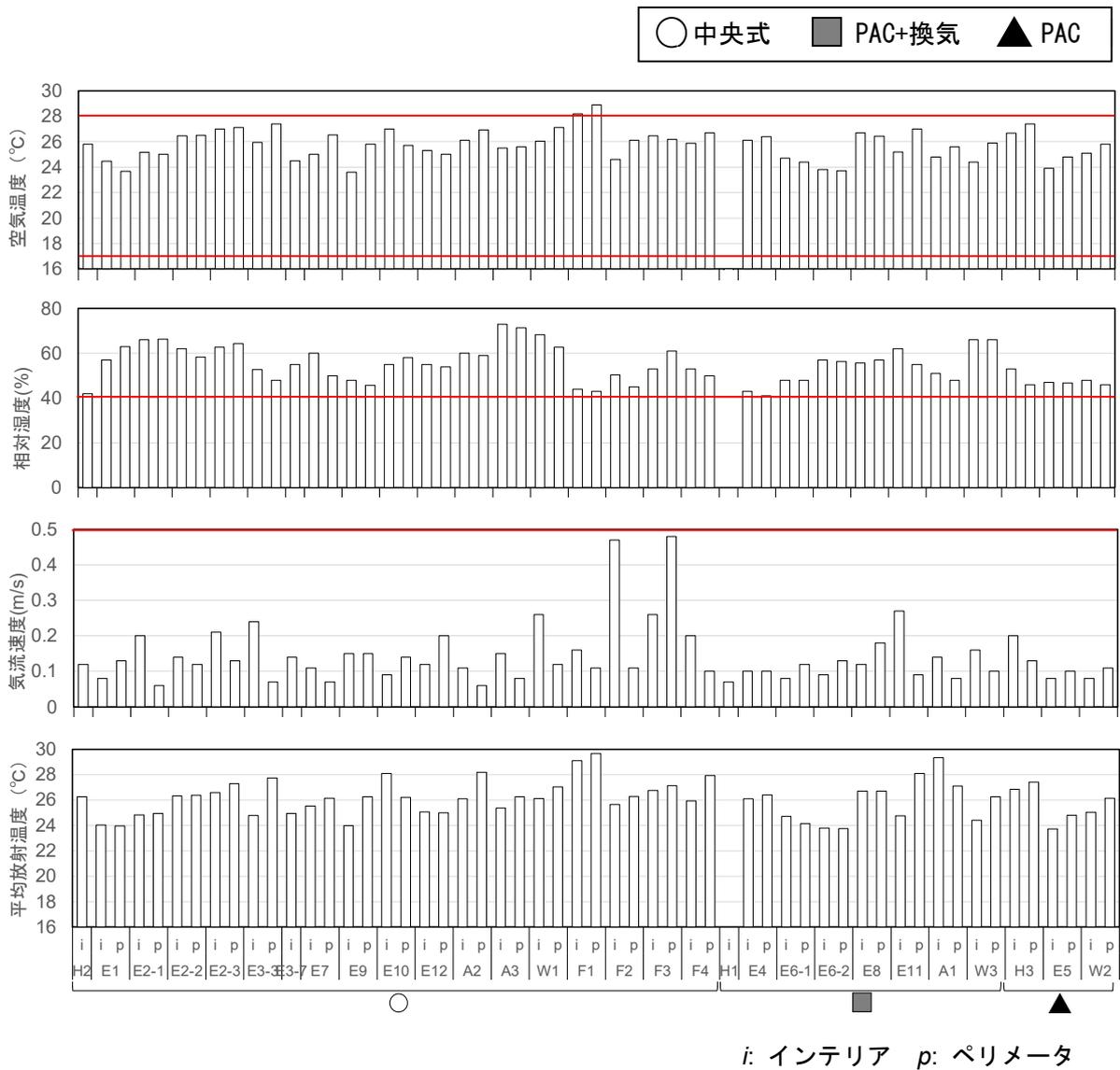


図4 夏季測定結果(上:空気温度、中:相対湿度、下:気流速度)

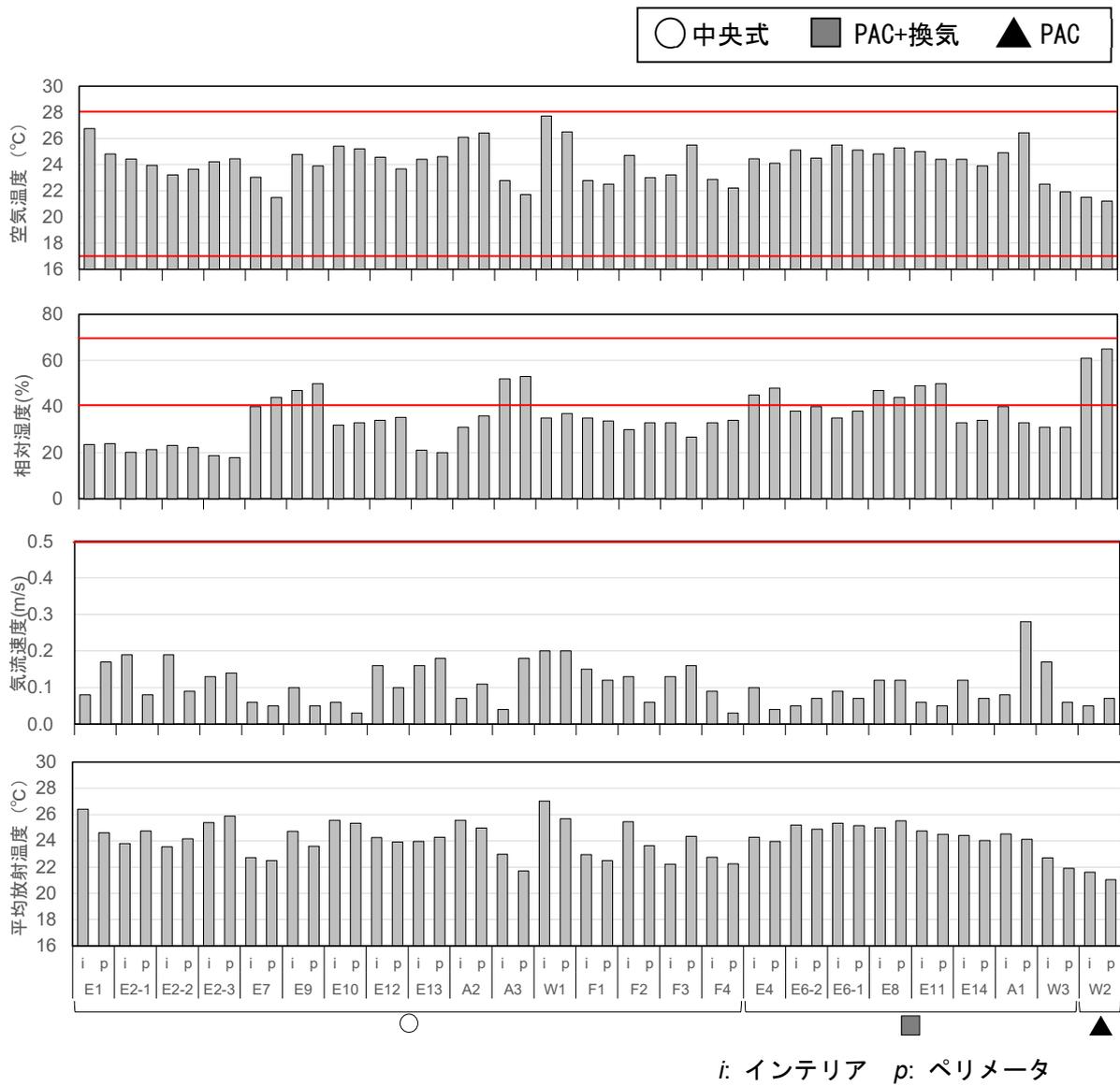


図5 冬季測定結果(上:空気温度、中:相对湿度、下:気流速度)

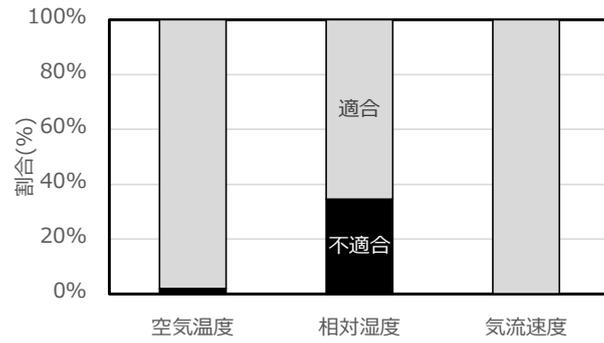


図 6 衛生管理基準の適合状況(通年)

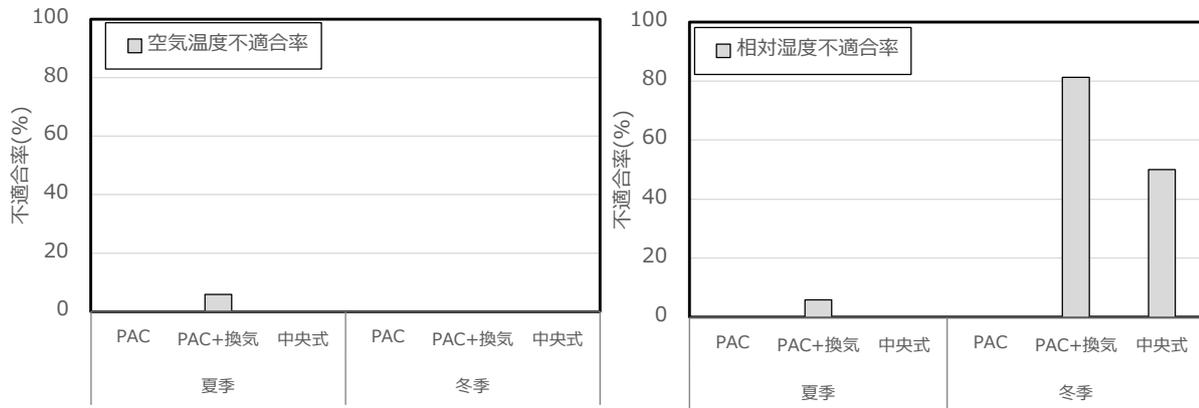


図 7 衛生管理基準の建物分類別適合状況(左: 空気温度、右: 相対湿度)

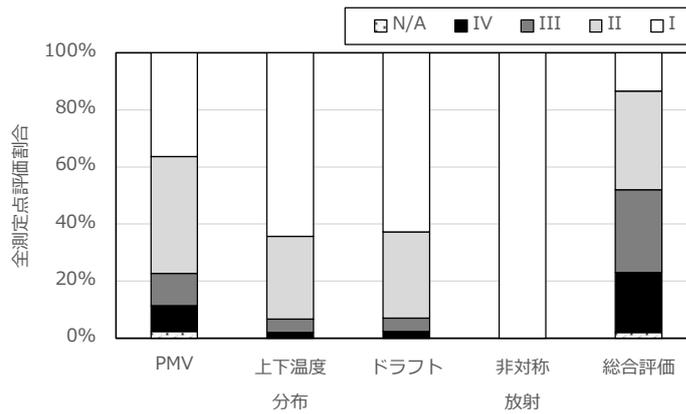


図 8 ISO17772-1 による評価結果

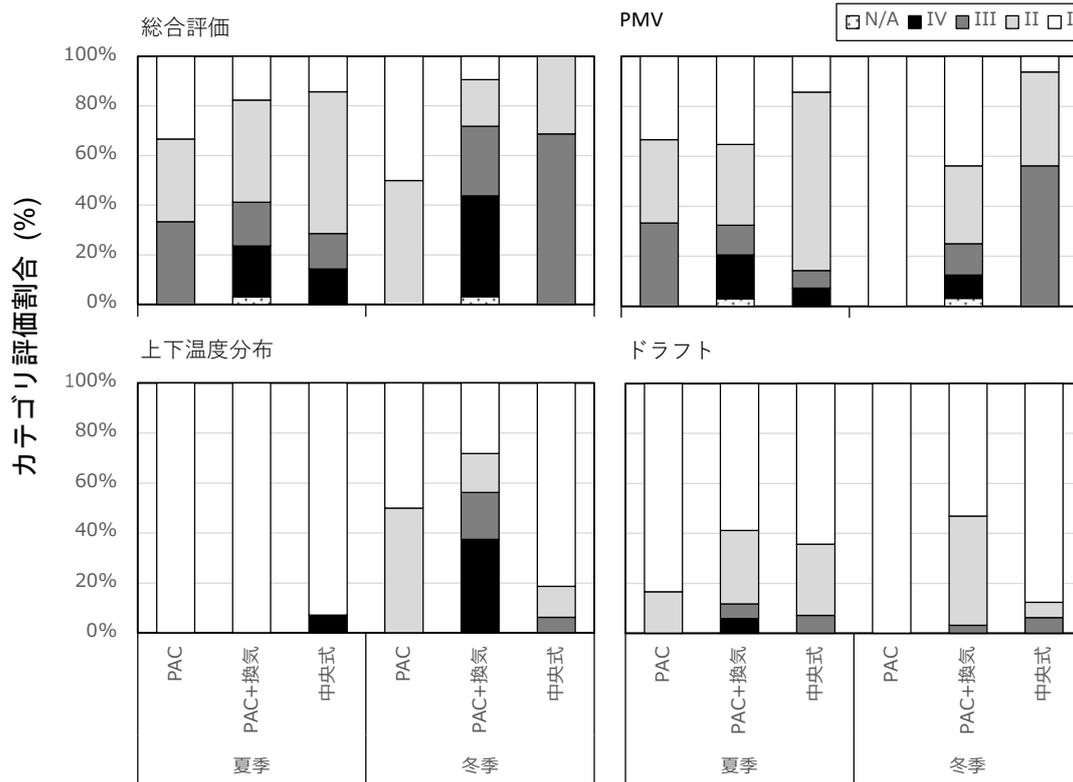


図9 ISO17772-1による建物分類別評価結果

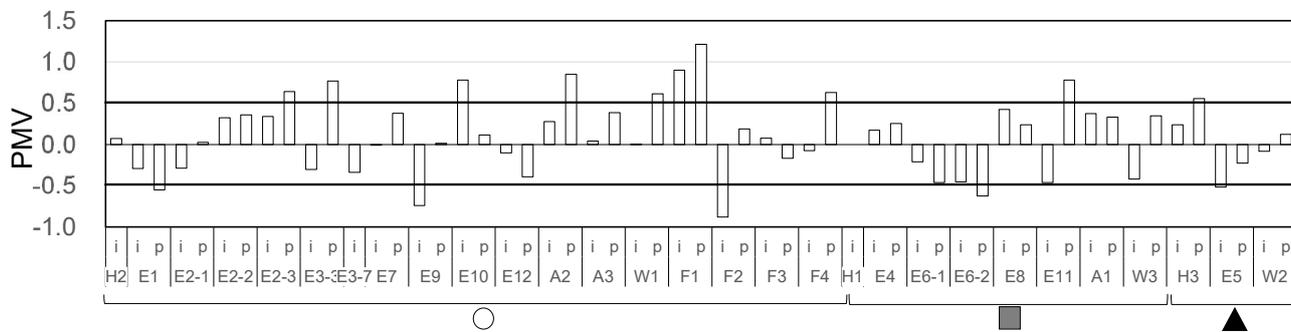


図10 夏季PMV測定結果

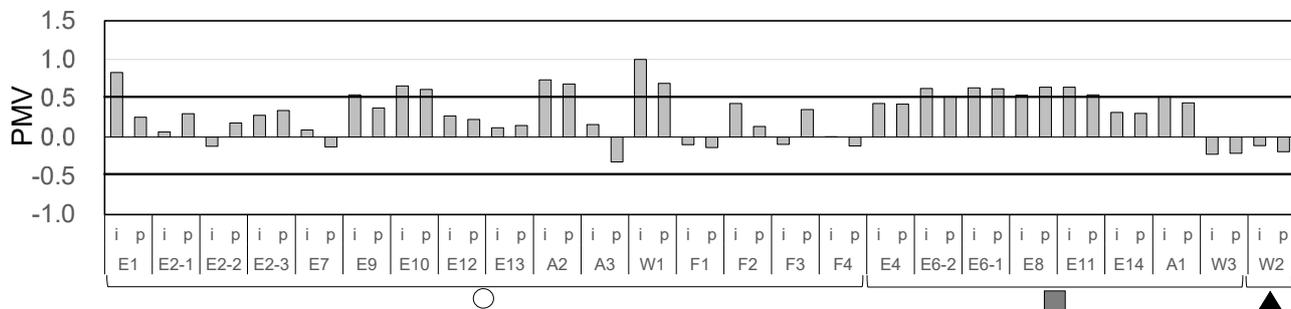


図11 冬季PMV測定結果

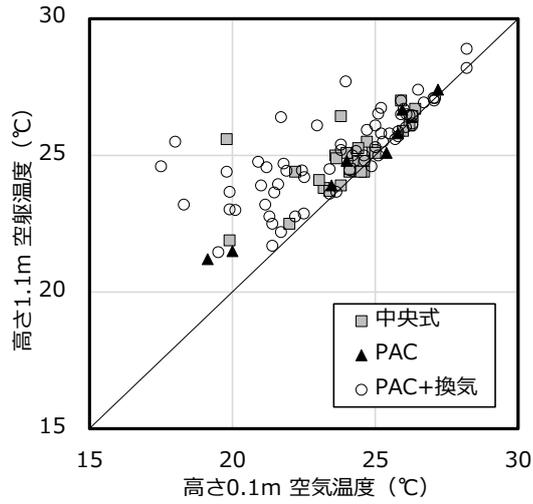


図 12 高さ 0.1m の空気温度に対する高さ 1.1m の空気温度

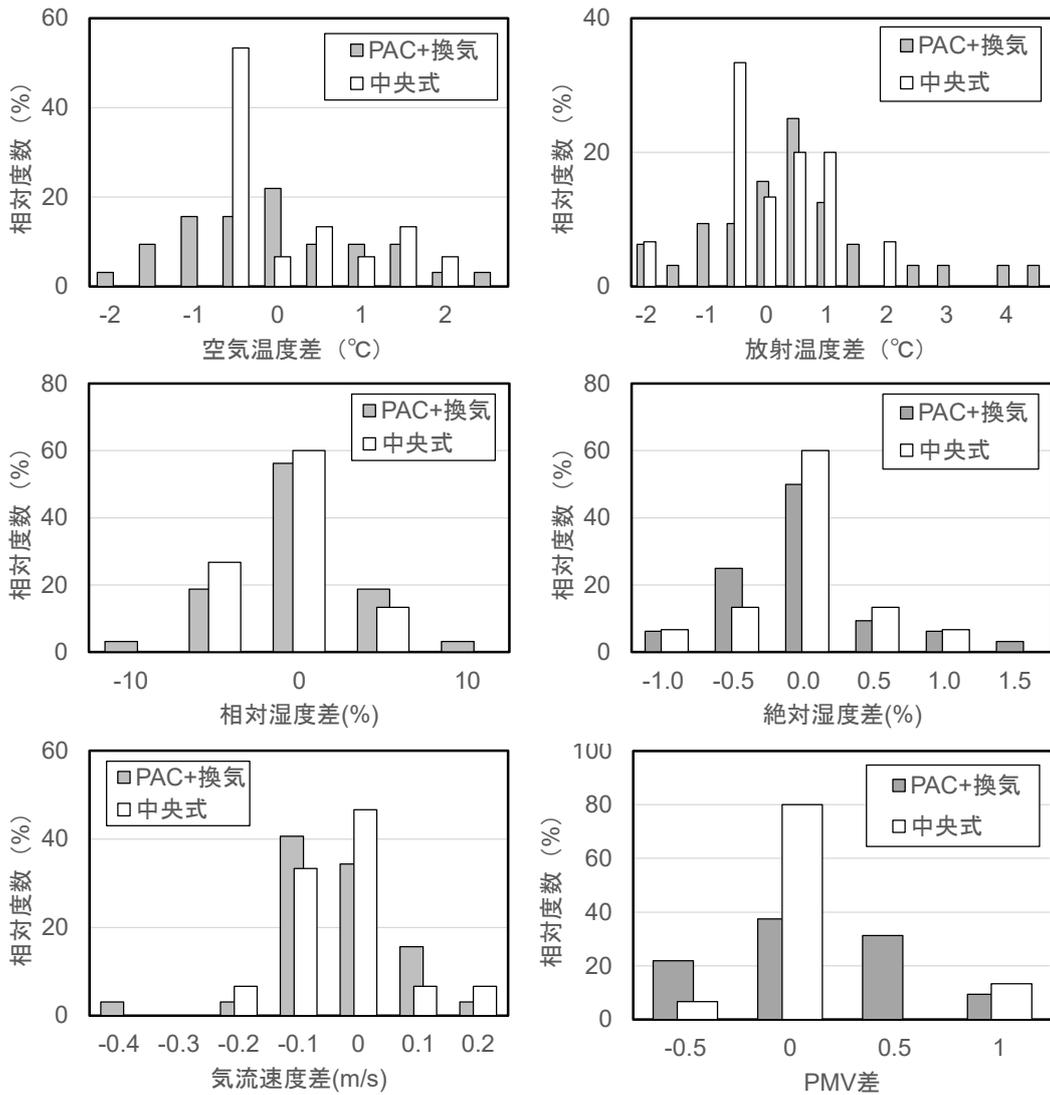


図 13 インテリアを基準としたペリメータとの環境の差

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

建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究
基準不適合率上昇に関する分析
—個別空調における冬期及び夏期の室内空気環境の不適合性—

研究代表者	林 基哉	北海道大学 大学院工学研究院	教授
研究分担者	開原 典子	国立保健医療科学院 生活環境研究部	主任研究官
研究分担者	柳 宇	工学院大学 建築学部	教授
研究分担者	長谷川兼一	秋田県立大学 システム科学技術学部	教授
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	李 時桓	信州大学 学術研究院工学系	准教授
研究協力者	鍵 直樹	東京工業大学 環境・社会理工学院	教授
研究協力者	東 賢一	近畿大学 医学部	准教授
研究協力者	小林 健一	国立保健医療科学院 医療・福祉サービス研究部	上席主任研究官
研究協力者	金 勲	国立保健医療科学院 生活環境研究部	上席主任研究官

研究要旨

特定建築物で最も多い事務所ビルに注目して、衛生環境と健康影響の実態に関する基礎情報を入手するために、特定建築物に関する行政報告例の分析、特定建築物及び中規模建築物の空気環境を中心とした実態調査を行った。山形県から沖縄県までの全国の事務所 42 件の夏期及び冬期の 5 日間の執務時間帯の室内空気環境測定データを用いて、室内空気環境の特性、建築物環境衛生管理基準の適合状況に関する分析を行った結果、以下の知見を得た。

- ① 執務時間内の室内空気環境変化については、冬期の温度、絶対湿度、冬期と夏期の CO₂ 濃度に上昇傾向がみられる。
- ② 事務所ビル毎の温度、湿度、CO₂ 濃度、PMV 概算値については、冬期の温度が高いほど相対湿度が低い傾向が伺えるとともに、PMV は温度に依存している。
- ③ 対象全体の不適時間率については、温度は冬期 1%夏期 26%、相対湿度は冬期 65%夏期 19%、CO₂ 濃度は冬期 39%夏期 43%であった。
- ④ 行政報告例の不適合率と比較すると、中小規模で個別空調が多い対象では、換気と加湿の制御が十分ではない場合が多いことが要因として挙げられる。

A. 研究目的

1960 年代の建築物の大型化や高層化に伴って、建築物の衛生環境に起因する健康影響が指摘された¹⁾。1970 年に「建築物における衛生環境の確保に関する法律（建築物衛生法）」^{注1}が制定

され、空調、給水等について建築物環境衛生管理基準（以下、基準値）が定められた。建築物衛生法では、興行所、百貨店、集会場、図書館、博物館、美術館、遊技場、店舗、事務所、学校、旅館の特定用途に使用される建築物を「特定建築物」

とし、自治体の立入検査等の監視指導対象として
いる。制定後の建築物の省エネルギー化、シック
ハウス問題等に対応するため、2002年に政省令
改正が行われ特定建築物の対象、空調・換気設備
の対象、空気環境の管理項目の追加などの見直し
が行われた²⁾。

行政報告例における建築物環境衛生管理基準に
対する不適合率は、給水関係については低下又は安
定しているのに対し、図1に示すように、空気環
境項目の温度、湿度、二酸化炭素濃度は、1999
年以降持続的に上昇している^{3)、4)}。空気環境の
維持は、シックビル症候群、ウイルス感染症等の
建築物起因の健康影響を防除する基本である。不
適合率上昇の原因解明と、有効な改善策が急務とな
っている。

特定建築物で最も多い事務所ビルに注目して、
衛生環境と健康影響の実態に関する基礎情報を入
手するために、特定建築物に関する行政報告例の
分析、特定建築物及び中規模建築物の空気環境を
中心とした実態調査を行った。山形県から沖縄県
までの全国の事務所42件の夏期及び冬期の5日
間の執務時間帯の室内空気環境測定データを用い
て、室内空気環境の特性、建築物環境衛生管理基
準の適合状況に関する分析を行った。

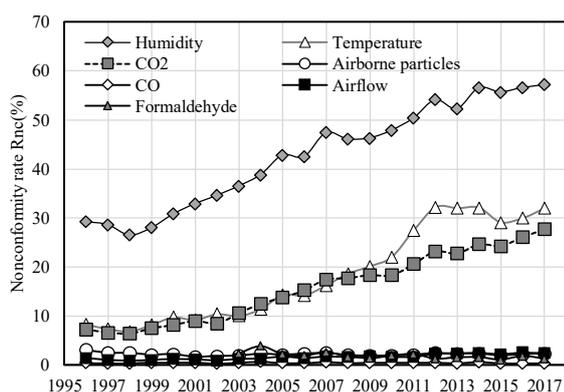


図1 特定建築物の空気環境基準不適合率

B. 研究方法

事務所ビルに、温湿度・CO₂濃度測定器(T&D
社 CO₂ Recorder Tr-76Ui)を郵送し、5分間隔で
2週間、夏期と冬期(2018年8~9月と2019年1
月)に測定した。対象は、小規模(2000 m²未満)

33件、中規模7件、特定建築物(3000 m²以上)2
件で、空調方式は個別式34件、中央・個別併用5
件、中央式3件、5日間の執務時間帯(9時~17
時)のデータを用いて分析した⁴⁾。なお、冬期の
CO₂濃度が非常に高い(平均5826ppm)対象は分
析対象から除外した。

C. 研究結果

図2に、一時間平均値を用い算出した、対象全
体の平均と標準偏差の時間推移を示す。なお、図
中の点線は、基準値及び基準値から算出した絶対
湿度の値を示す。温度(Temp.(deg-C))は、冬期には
執務時間内で2deg程度の上昇がみられるが、夏期
には変化が少なかった。また、標準偏差は冬期の方
が大きい。相対湿度(Humidity(RH%))は、冬期
夏期ともに変化が少ない。標準偏差は、冬期の方
が大きい。絶対湿度(Humidity(g/kg'))は、冬期に
0.8g/kg'の上昇がみられる。CO₂濃度(CO₂
conc.(ppm))は、冬期夏期とも、執務時間の9~5時
の間に200ppm程度の上昇がみられる。

図3に、建物ごとの平均と標準偏差を、温度と
相対湿度について示す。また、基準の範囲を点線
で示す。冬期の温度は、基準範囲内であるが、相対
湿度は大半40RH%を下回っている。冬期の相対
湿度は、温度に対して負の相関が伺える。夏期の
温度は、一部で28℃を超えており、相対湿度は、
一部が70RH%を超えた。

図4に、温度と絶対湿度を示す。温度基準(17
-28℃)と相対湿度基準(40-70RH%)から算出
した絶対湿度(4.8-16.8 g/kg')と温度基準を点
線で示す。冬期の絶対湿度は一部範囲外にあり、
夏期の温度は一部範囲外にある。

図5に示すように、二酸化炭素濃度は、冬期夏
期とも基準値(1000ppm)を超える場合がある。

図6に、温度とPMVを示す。PMVは、温度、
相対湿度の測定値を用い、仮定(放射温度=測定
温度、CLO値0.7、風速0.01 m/s、MET値1.2)
の下で算出した。温度と相対湿度の基準から算出
したPMVの範囲を点線で示す。PMVは温度に大
略依存し、夏期に一部が範囲を超えた。

図7~12に、全対象の一時間平均値の頻度分布

及び累積頻度分布を示す。同図中に、基準値における累積頻度の数値を示す。

図7~10に示す、温度及び相対湿度については、大略正規分布に近い分布となっており、図11,12に示す、CO₂濃度は、大略ワイブル分布に近い分布になっている。なお、東京都と大阪府の立ち入り検査時のデータにおいても、同様の分布形状が

みられた⁴⁾。

図7に示す冬期の温度は、ほとんどが基準範囲内であった。17℃未満が1%と少ないが、28℃以上が6%であった。図8に示す夏期の温度は、17℃未満はないが、28℃以上が26%であった。

図9に示す冬期の相対湿度は、40RH%未満が65%であった。

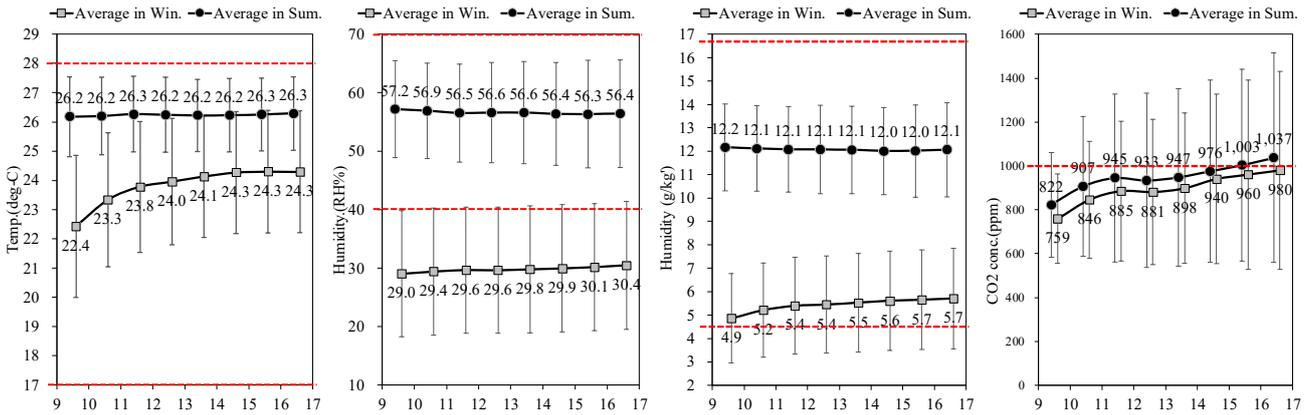


図2 執務時間帯の時間毎の変化(温度、相対湿度、絶対湿度、CO₂濃度の平均と標準偏差)

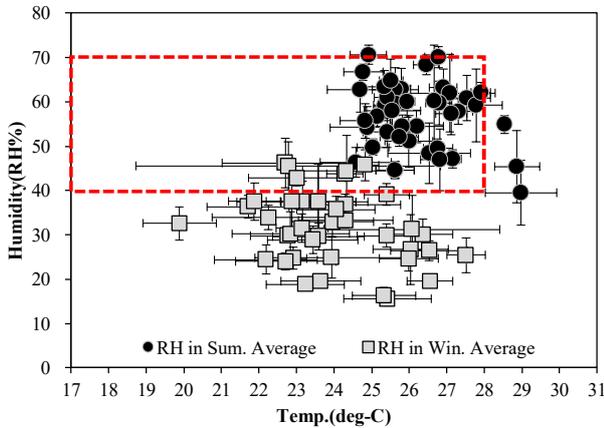


図3 温度と相対湿度(平均・標準偏差)

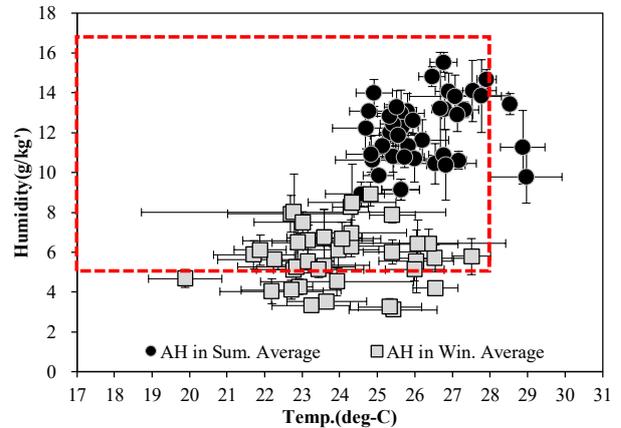


図4 温度と絶対湿度(平均・標準偏差)

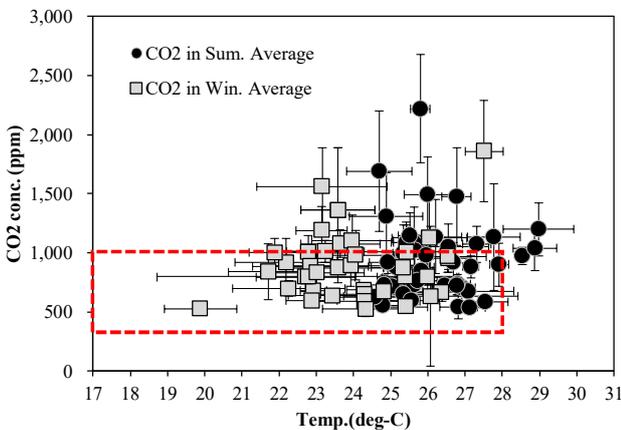


図5 温度とCO₂濃度(平均・標準偏差)

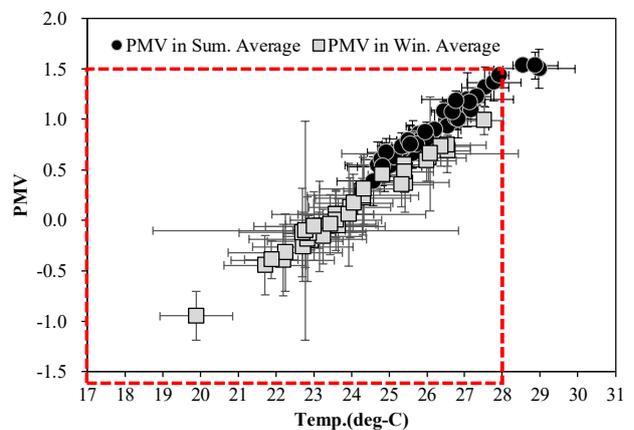


図6 温度とPMV(平均・標準偏差)

図 10 に示す夏期の相対湿度は、40RH%未満が 1%であり少ないが、70RH%以上が 19%であった。

図 11 に示す冬期の CO₂ 濃度は、1000ppm 以上が 39%であった。図 12 に示す夏期の CO₂ 濃度は、1000ppm 以上が 34%であった。

図 13 に、基準及び基準から算出した絶対湿度及び仮定の下で算出した PMV の値に対する不適率を示す。ここで示す不適率は、5 日間の執務時間における不適時間率であるため、行政報告例の不適率とは定義が異なる。行政報告例の不適率は、特定建築物に対する自治体の立入検査と報告聴取に基づいて、自治体が判断する不適な特定建築物の割合である。ただし、立入検査及び報告聴取の基になる定期的空気環境測定も、基本的には執務

時間内に行われているため、ある程度の比較は可能であると考えられる。本調査の CO₂ 濃度不適率は 40 %であり、2017 年度の行政報告例の不適率は 28%より高い。温度の不適率は冬期が 1%であるが、夏期が 26%で行政報告例の 32%と概ね近い。相対湿度は、冬期が 65%で夏期が 19%である。冬期の不適率は、行政報告例の不適率 57%より若干高い。絶対湿度の不適率は、冬期に 1%、夏期に 16%である。相対湿度の場合よりも不適率が低い理由として、冬期については温度が、基準値(17℃)よりも大幅に高いこと、夏期については、冷房に伴う除湿の影響によると考えられる。仮定の下に算出した PMV の不適率は、冬期は 0%、夏期は 11%である。この PMV 計算値は、温度に依存し

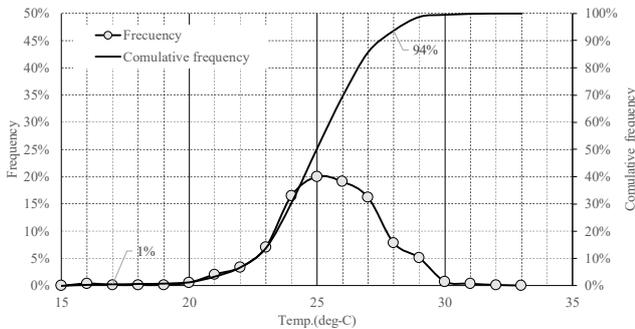


図 7 温度の頻度分布(冬期)

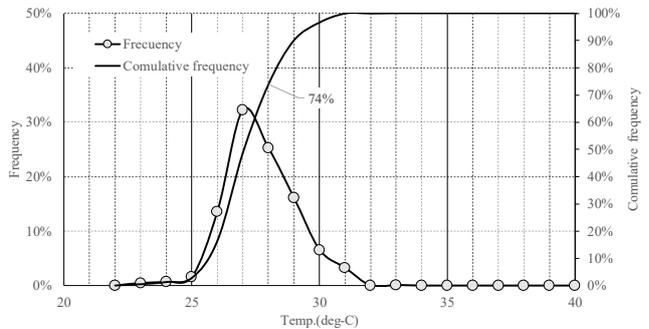


図 8 温度の頻度分布(夏期)

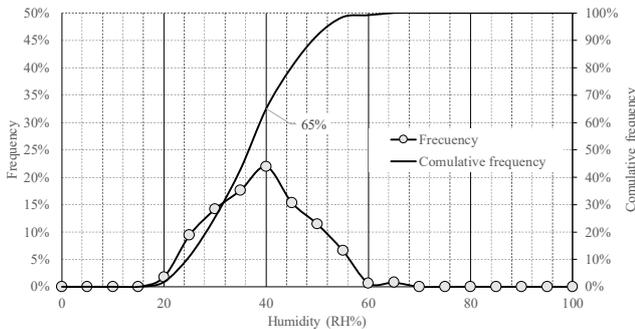


図 9 相対湿度の頻度分布(冬期)

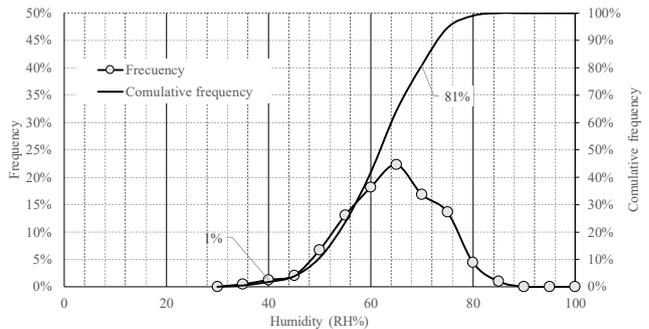


図 10 相対湿度の頻度分布(夏期)

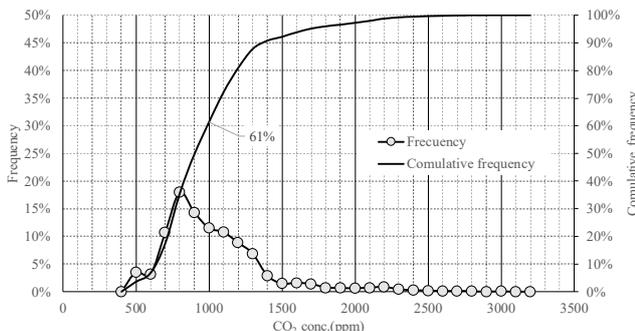


図 11 CO₂ 濃度の頻度分布(冬期)

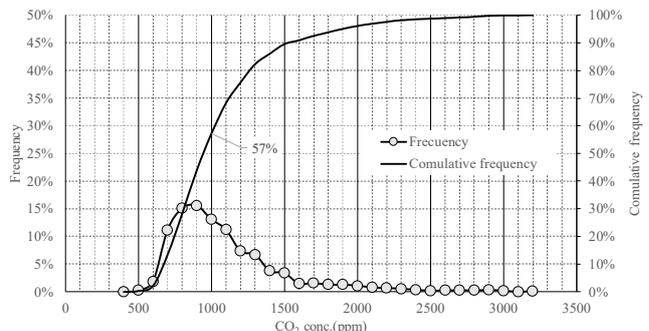


図 12 CO₂ 濃度の頻度分布(夏期)

ており、温度の不適率に対応した結果となっている。ただし、PMVが±0.5を基準とすれば、不適率は冬期2%、夏期88%となる。

図14に、特定建築物に関する行政報告例の不適率との関係を示す。行政報告例の不適率に対する比は、夏期と冬期のCO2濃度、冬期の相対湿度で1.0を超えている。対象の事務所ビルは中小規模で個別空調が多く、特定建築物の場合よりも換気と加湿の制御が十分ではないことが要因として考えられる。

D. 結論

全国の事務所42件の夏期及び冬期の5日間の執務時間帯の室内空気環境測定データを用いて、室内空気環境の特性、建築物環境衛生管理基準の適合状況に関する分析を行い以下の結果を得た。

- ① 執務時間内の室内空気環境変化については、冬期の温度、絶対湿度、冬期と夏期のCO2濃度に上昇傾向がみられる。
- ② 事務所ビル毎の温度、湿度、CO2濃度、PMV概算値については、冬期の温度が高いほど相対湿度が低い傾向が伺えるとともに、PMVは温度に依存している。

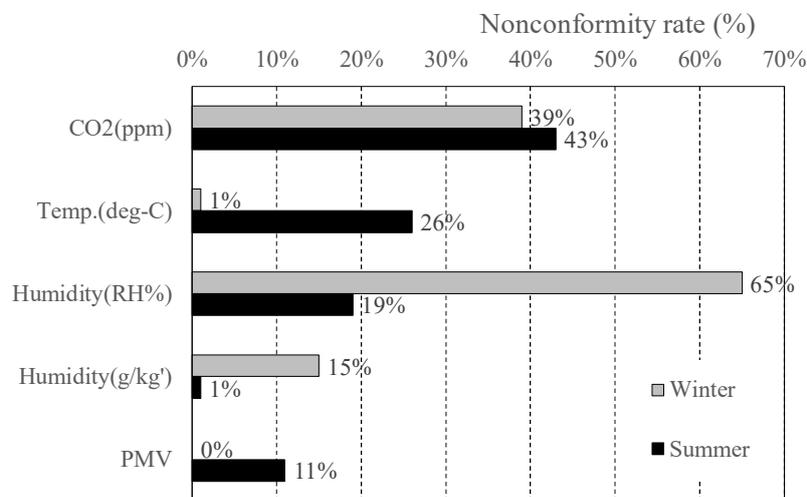


図13 基準に対する不適率(冬期・夏期)

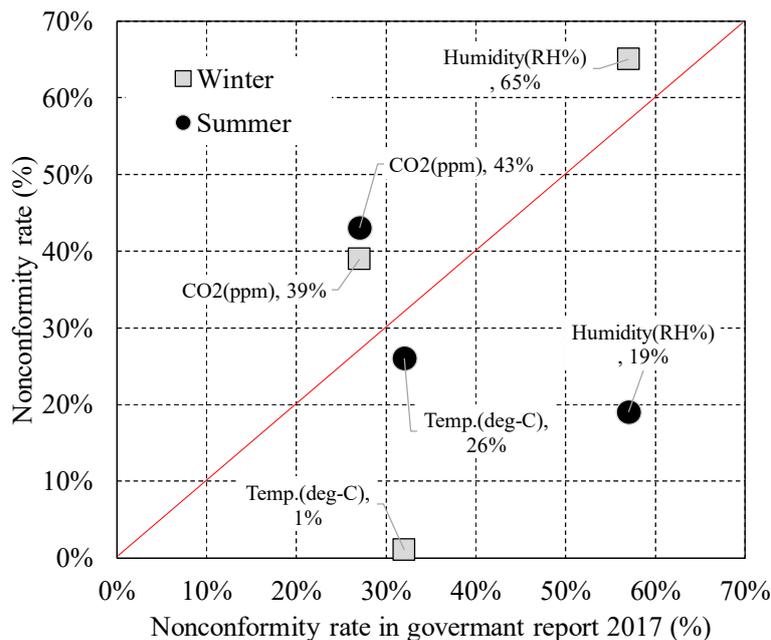


図14 行政報告例不適率との関係

- ③ 対象全体の不適時間率については、温度は冬期 1%夏期 26%、相対湿度は冬期 65%夏期 19%、CO₂濃度は冬期 39%夏期 43%であった。
- ④ 行政報告例の不適率と比較すると、中小規模で個別空調が多い対象では、換気と加湿の制御が十分ではない場合が多いことが要因として挙げられる。

<注釈>

注1)「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)(略称:建築物衛生法)において、建築物における衛生的な環境の確保を図り、もって公衆衛生の向上及び増進に資することを目的として、多数の者が使用し、又は利用する建築物の維持管理に関して、環境衛生上必要な事項等が定められている。空気環境については、温度:17~28℃、相対湿度:40%~70%、CO₂濃度:1000ppm以下などが定められている。

<参考文献>

- 1) 古谷章介:ビル管理法(1971),pp.15-19,帝国地方行政学会
- 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
- 3) 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,pp.19-26
- 4) 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 No.764 PP.1011-1018(2019)
- 5) 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1~3 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.45-60.

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

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

建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究
中央方式と個別方式における室内空気環境及び感染リスクの比較

研究分担者 柳 宇 工学院大学 建築学部 教授

研究要旨

本研究は、既往研究 1「(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 26～28 年度厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）」と、既往研究 2「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、平成 29～令和 1 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）」の調査結果を用い、空調方式別の視点から中央方式空調システム（中央方式）と個別方式空調システム（個別方式）を採用した建築物の室内環境を比較した結果、下記の事柄が分かった。

- ① 温度：季節と空調方式を問わず、室内温度は建築物衛生法の管理基準値を満足した。また、個別方式の温度設定が居住者に任せているため、中央方式に比べると冬期に 0.5℃高く、夏期に 0.4℃低くなっている。
- ② 相対湿度：夏期では建築物衛生法の管理基準値を満足したが、冬期では空調方式を問わず、40%を下回った。また、冬期では個別方式より中央方式の方が 5%程度高かった。
- ③ CO₂濃度：季節を問わず何れの方式においても、室内濃度の中央値が 1000ppm を下回った。
- ④ 浮遊微生物：季節を問わず室内浮遊細菌濃度が建築学会の維持管理基準値の 500cfu/m³ を満足した。また、中央方式に比べ、個別方式の方が高い値を示した。一方、浮遊真菌については、夏期の個別方式の室内濃度の中央値が 50cfu/m³ を上回ったが、ほかは当該基準を満足した。
- ⑤ 浮遊粒子：季節を問わず、中央方式より個別方式の室内粒径別浮遊粒子濃度が高い値を示した。浮遊微生物の測定結果と併せて考えると、個別方式を採用した室内の粒子状物質のろ過性能が劣っている。

また、個別方式空調と中央方式空調における感染性エアロゾルに起因する感染リスクの比較を行った。個別方式空調機のフィルタが標準仕様（MERV 1）の場合の感染確率は、一般に中性能フィルタ（MERV12 以上）が備えられる中央方式空調の場合に比べ約 2 倍高くなる。従って、個別方式の空調機（パッケージエアコン）のフィルタを中性能（MERV12 以上）にグレードアップすることが望ましい。

A. 研究目的

今年度では、H26 年度～R1 年度に行った個別方式と中央方式空調を有するオフィスビル室内空気環境に関する測定結果を解析し、個別空調方式

における室内環境の特徴を把握することを目的としている。また、猛威を振り続けている新型コロナ感染症において、個別空調方式における感染性エアロゾル粒子の対策方策を検討した。

B. 研究方法

B1. 個別方式空調と中央方式空調における室内空気環境の比較

(1) 調査対象

本研究では、以下に示す 2 つの既往研究の調査結果を用い、空調方式別の視点から中央方式空調システム（中央方式）と個別方式空調システム（個別方式）を採用した建築物の室内空気環境を比較した。

既往研究 1：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 26～28 年度厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）

既往研究 2：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、平成 29～令和 1 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）

調査期間は 2013 年 8 月 23 日から 2020 年 2 月 13 日までの 7 年半であった。東京、大阪、北海道、福岡、愛知の特定建築物、中規模ビル延べ 138 室を対象とした。2013 年夏期から 2016 年夏期までは特定建築物、2017 年夏期から 2020 年冬期までは中規模ビルを主に調査した。測定対象ビルの建築と空調・換気設備の概要を表 1、測定対象の空調・換気システムの分類を図 1～3 に示す。本研究では、図 1 に示す方式を中央方式、図 2 と図 3 に示す方式を個別方式として解析を行った。

(2) 調査項目と測定方法

測定は立ち入り測定と 2 週間の連続測定の 2 種類とした。立入調査時では、IAQ モニター（KANOMAX 製）を用いた温度、相対湿度、CO₂ 濃度の測定、パーティクルカウンタ（AIRY 製）を用いた粒径別浮遊粒子濃度の測定、バイオサンプラー（ミドリ安全製）を用いた浮遊細菌と浮遊真菌の測定を行った。浮遊微粒子の粒径は ≥ 0.3 から $\geq 5.0\mu\text{m}$ の 6 段階である。浮遊細菌の測定に SCD 培地、浮遊真菌の測定に DG18 培地を用いた。

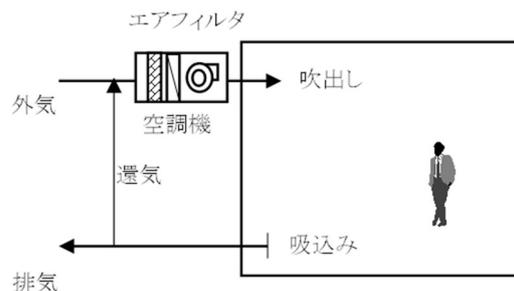


図 1 中央冷暖房・中央換気方式

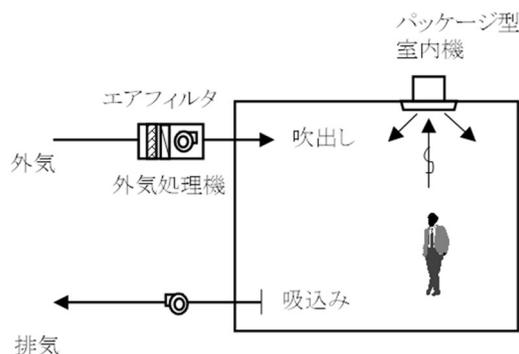


図 2 個別冷暖房・中央換気方式

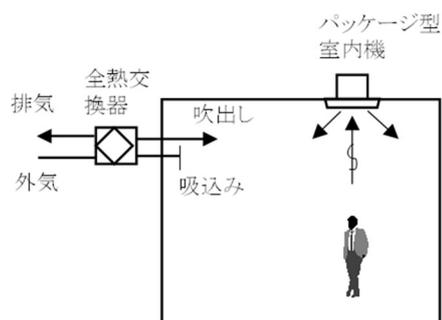


図 3 個別冷暖房・個別換気方式

B2. 個別方式空調と中央方式空調における感染リスクの比較

室内における新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の感染経路の一つであるエアロゾル感染の対策として、換気による希釈とフィルタによるろ過が有効である。本研究では、中央方式と個別方式における感染確率の比較を行い、個別方式空調における感染対策方を検討した。

表1 測定対象建築と空調・換気設備概要

測定日	対象物件ID	地域	空調方式	対象床面積(m ²)	測定時在室者人数(測定者)	一人当たりの面積(m ²)	天候	特定建築物			
2013年 夏期											
2013/8/23	T-01	東京	中央式	737	36	20.5	曇り/雨	○			
2013/9/10	O-01	大阪	個別+外調機	246	19	12.9	晴	○			
	O-02		個別	610	20	30.5	晴	○			
	O-03		個別+中央(全熱交換器+外調機)	454	29	15.7	晴	○			
2013/9/11	O-04		個別+中央(FCU+外調機)	137	4	34.2	晴	○			
2014年 冬期											
2014/2/21	T-01	東京	中央式(システム天井)	737	51	14.5	曇り/雨	○			
2014/2/26	O-01	大阪	個別+外調機	246	20	12.3	晴	○			
	O-02		個別	610	17	35.9	晴	○			
	O-03		個別+中央(全熱交換器+外調機)	454	41	11.1	晴	○			
	O-04		個別+中央(FCU+外調機)	137	6	22.8	晴	○			
2015年 夏期											
2015/6/18	T-01	東京	中央方式(AHU+ダクト)	737	70	10.5	曇り/雨	○			
2015/10/8	T-01		中央方式(AHU+ダクト)	737	57	12.9	曇り	○			
2015/8/20	T002		中央方式(AHU+ダクト)	922	75	12.3	雨	○			
2015/10/20	T002		中央方式(AHU+ダクト)	922	90	10.2	曇り	○			
2015/8/20	T003		個別方式(PAC)	92	4	23.0	曇り	○			
2015/10/20	T003		個別方式(PAC)	92	11	8.4	曇り	○			
2015/8/20	T004		4F	個別方式(PAC)	422	50	8.4	曇り	○		
					645	45	14.3				
2015/10/20	T004		4F	個別方式(PAC)	422	22	19.2	曇り	○		
					1	65	0.0				
2015/10/8	T005		2F	中央方式(AHU+ダクト)	1152	100	11.5	曇り	○		
					3F	1152	39			29.5	
2015/8/5	O001		大阪	中央方式(AHU+ダクト)	194	5	38.8	晴	○		
2015/10/2	O001			中央方式(AHU+ダクト)	194	6	32.3	晴	○		
2015/8/5	O002			個別方式(PAC)	119	5	23.8	晴	○		
2015/10/1	O002			個別方式(PAC)	119	4	29.8	雨	○		
2015/10/1	O003			1F	個別方式(PAC)	186	8	23.3	雨	○	
						2F	186	8			23.3
						4F	186	18			10.3
		5F				186	18	10.3			
		119				14	8.5				
2015/10/1	O004	中央方式(AHU+ダクト)		119	8	14.9	雨	○			
			119	11	10.8						
			253	34	7.4						
2015/10/2	O005	中央方式(AHU+ダクト)	207	26	9.7	晴	○				
			316	70	3.6						
			316	76	3.3						
			217	19	13.3						
			922	78	11.8						
2016/1/15	T005	東京	中央方式(AHU+ダクト)	922	78	11.8	晴/曇り	○			
2015/12/22	T006		個別方式(PAC+HEX)	92	7	13.1	晴	○			
2015/12/22	T017		中央方式(AHU+ダクト)	737	60	12.3	晴	○			
2016/1/15	T-18		山側	個別方式(PAC+HEX)	422	16	26.4	曇り/晴	○		
					海側	645	58			11.1	
2015/12/22	T019		2F	中央方式(AHU+ダクト)	1152	120	9.6	晴	○		
					3F	1152	41			28.1	
					1F	180	22			8.2	
2016/2/23	O002		7F	中央方式(AHU+ダクト)	248	36	6.9	曇り	○		
					9F	200	26			7.7	
		90			12	7.5					
2016/2/24	O003	2F-1	中央方式(AHU+ダクト)	148	21	7.0	曇り	○			
				2F-2	109	12			9.1		
				5F	119	8			14.9		
	O004	1F	個別方式(PAC+HEX)	253	41	6.2	曇り	○			
				207	34	7.4					
O005	2F	中央方式(AHU+ダクト)	316	44	4.7	曇り	○				
			3F	316	66			4.8			
			4F	217	21			10.3			
			5F	194	10			19.4			
2016/2/23	O006	中央方式(AHU+ダクト)	56	9	6.2	曇り	○				
			169	9	18.8						
			178	14	12.7						
			244	16	15.3						
			180	22	8.2						

表1 測定対象建築と空調・換気設備概要(つづき 1)

測定日	対象物件ID	地域	空調方式	対象床面積(m ²)	測定時在室者人数(測定者)	一人当たりの面積(m ²)	天候	特定建築物	
2016年 夏期									
2016/8/2	T005	東京	中央方式(AHU+ダクト)	922	63	14.6	曇り	○	
	T006		個別方式(PAC+HEX)	92	11	8.4	曇り	○	
	T017		中央方式(AHU+ダクト)	737	70	10.5	曇り	○	
2016/8/3	T018		山側 海側	個別方式(PAC+HEX)	422	24	17.6	曇り	○
					645	58	11.1		
2016/8/3	T019		2F 3F	中央方式(AHU+ダクト)	1152	121	9.5	曇り	○
					1152	40	28.8		
2016/8/9	O002		1F 7F 9F	中央方式(AHU+ダクト)	180	21	8.6	晴	○
					248	39	6.4		
					200	18	11.1		
2016/8/8	O003	2F-1 2F-2 5F	中央方式(AHU+ダクト)	90	10	9.0	晴	○	
				148	12	12.3			
				109	16	6.8			
2016/8/8	O004		個別方式(PAC+HEX)	119	11	10.8	晴	○	
2016/8/9	O005	1F 2F 3F 4F 5F	中央方式(AHU+ダクト)	253	40	6.3	晴	○	
				207	28	7.4			
				316	51	6.2			
				316	59	5.4			
				217	22	9.9			
2016/8/9	O008	1F 2F 4F 5F	個別方式(PAC+HEX)	56	14	4.0	晴	○	
				169	8	21.1			
				178	10	17.8			
				244	7	34.9			
2017年 夏期									
2017/8/25	H01	北海道	中央式(AHU+ダクト)	200	11(6)	11.8	-		
	H02	北海道	個別方式(PAC+換気装置)	25	0(3)	8.3	-		
	H03	北海道	個別方式(PAC)	75	5(5)	7.5	-		
2018年 冬期									
2018/1/10	E01 E02	東京	個別方式(PAC+換気装置)	118	12(7)	6.2	晴	○	
				328	22(7)	11.3	晴		
			個別方式(PAC+外調機+換気装置)	409	22(7)	14.1	晴		
				614	33(8)	15.0	晴		
2018/3/5	W01 W02	大阪	個別方式(PAC+換気装置)	124	6(5)	11.3	雨		
			個別方式(PAC)換気なし	109	12(5)	6.4	雨		
2018年 夏期									
2018/9/18	E01	東京	個別方式(PAC+換気装置)	118	5(5)	11.8	晴	○	
2018/8/23	E02		個別方式(PAC+外調機)	328	21(3)	13.7	晴		
				409	21(3)	17.0			
				614	27(9)	17.1			
				169	12(7)	8.9			
2018/9/18	E03		個別方式(PAC+換気装置)	1178	77(6)	14.2	晴	○	
	E04		中央式(外調機)	133	10(5)	8.9	晴	○	
2018/8/27	F01 F02 F03		福岡	個別方式(PAC)換気なし	44	1(8)	4.9	曇り	
				個別方式(PAC+換気装置)	93	7(4)	8.5	曇/雨	
				個別方式(PAC+換気装置)	122	4(3)	17.4	晴	
2018/8/28	F04 W01	福岡	個別方式(PAC+換気装置)	383	10(5)	25.5	晴	○	
			個別方式(PAC+換気装置)	124	2(6)	15.5	晴		
2018/8/29	W02 W03	大阪	個別方式(PAC)換気なし	109	12(4)	6.8	晴		
			中央式(外調機+PAC)	193	15(4)	10.2	晴	○	
2019年 冬期									
2018/12/19	E03 E04 E05	東京	個別方式(PAC+換気装置)	169	8(8)	10.6	晴		
			中央式(外調機)	1178	76(7)	14.2	晴	○	
			個別方式(PAC)換気なし	133	12(8)	6.7	晴	○	
2018/12/18	E06	神奈川	中央式(外調機)	204	13(8)	9.7	晴		
			123	9(8)	7.2				
2019/1/10	F01 F02 F03 F04 W03	福岡	個別方式(PAC+換気装置)	44	1(7)	5.5	—		
			個別方式(PAC+換気装置)	93	6(3)	10.3	—		
			個別方式(PAC+換気装置)	122	11(3)	8.7	—		
			個別方式(PAC+換気装置)	383	14(4)	21.3	—	○	
		大阪	中央式(外調機+PAC)	193	26(3)	6.7	—	○	
2019年 夏期									
2019/8/2	E06	神奈川	中央式(外調機)	204	19(4)	8.9	晴		
			123	9(8)	7.2	晴			
2019/8/1	E07 E08 E09	東京	個別方式(PAC+換気装置)	55	3(5)	6.9	晴		
			中央式(外調機)	1050	150(5)	6.8	晴	○	
			個別方式(PAC+換気装置)	92.4	9(5)	6.6	晴		
2019/8/27	E10 E11	東京	個別方式(PAC+換気装置)	93	11(4)	6.2	晴		
			中央式(外調機)	196	2(3)	39.2	晴		
2019/8/29	A01 A02	愛知	個別方式(PAC+換気装置)	110	12(3)	7.3	晴		
			個別方式(PAC+換気装置)	96	3(6)	10.7	晴	○	
2019/8/30	A02 A03	愛知	中央式(外調機)	176	12(6)	9.8	曇り		
			個別方式(PAC+換気装置)	266	15(4)	14.0	雨	○	

表1 測定対象建築と空調・換気設備概要(つづき 2)

測定日	対象物件ID	地域	空調方式	対象床面積(m ²)	測定時在室者人数(測定者)	一人当たりの面積(m ²)	天候	特定建築物
2020年 冬期								
2020/1/15	E07	東京	個別方式(PAC+換気装置)	55	3(5)	6.9	雨	
2020/2/17	E08		中央式(外調機)	1050	98(6)	10.1	晴	○
2020/2/14	E09		個別方式(PAC+換気装置)	92	11(6)	5.4	曇り	
2020/2/21	E10		個別方式(PAC+換気装置)	93	11(6)	5.5	晴	
2020/2/17	E11		中央式(外調機)	196	5(6)	17.8	晴	
2020/1/15	E12		個別方式(PAC+換気装置)	110	9(7)	6.9	曇り	
2020/2/21	E13	群馬	個別方式(PAC+換気装置)	330	21(5)	12.7	晴	
	E14	東京	中央式(外調機)	1350	102(6)	12.5	晴	○
2020/2/13	A01	愛知	中央式(外調機)	96	7(6)	7.4	曇り	○
	A02		個別方式(PAC+換気装置)	176	9(6)	11.7	曇り	
	A03		個別方式(PAC+換気装置)	266	13(6)	14.0	晴	○

*換気装置は稼働を問わず記載している。

*人数(測定者)は立ち入り調査時の在室者数を示す。

*天候は立ち入り調査時の天候を示す。

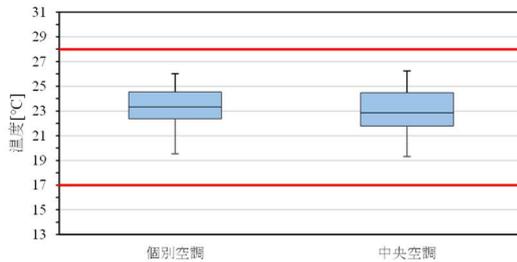


図4 冬期の室内温度四等分値

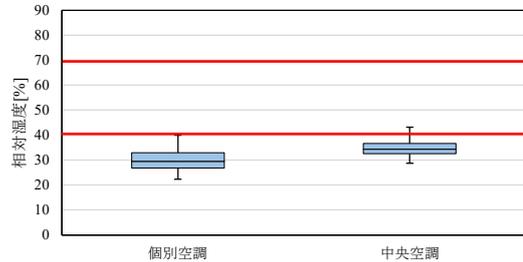


図6 冬期の室内相対湿度四等分値

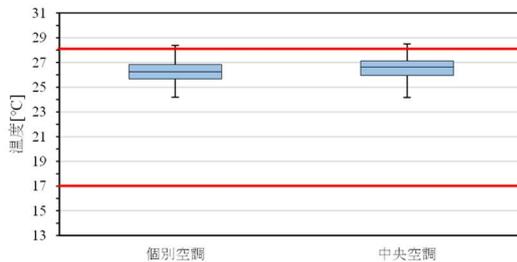


図5 夏期の室内温度四等分値

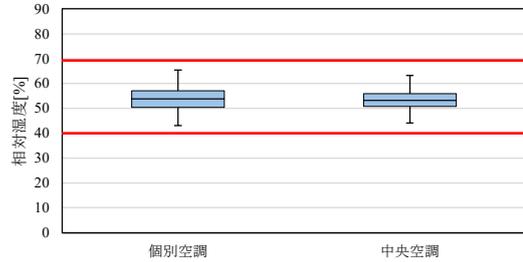


図7 夏期の室内相対湿度四等分値

C. 研究結果および考察

C1. 個別方式空調と中央方式空調における室内空気環境の比較

(1) 温度

図4と図5に空調方式別による冬期と夏期の室内温度の四等分値(最大値、75%タイル値、中央値、25%タイル値、最小値、以後同)を示す。夏期の最大値を示すビルを除けば、すべてが建築物衛生法の管理基準値を満足した。夏期に始業時の室内温度が28℃をわずかながら上回った。

中央値については、冬期の個別空調で23.3℃、

中央空調で22.8℃、夏期の中小規模で26.2℃、特定建築物で26.6℃であった。個別方式の温度設定が居住者に任せているため、中央方式に比べると冬期に0.5℃高く、夏期に0.4℃低くなっている。

(2) 相対湿度

図6と図7に空調方式別による冬期と夏期の室内相対湿度の四等分値を示す。冬期では、40%を上回った中央方式のビルがみられたが総じて建築物衛生法の管理基準値の下限值40%を下回った。

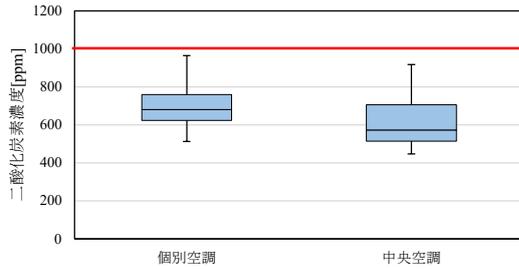


図 8 冬期の室内 CO₂ 濃度四等分値

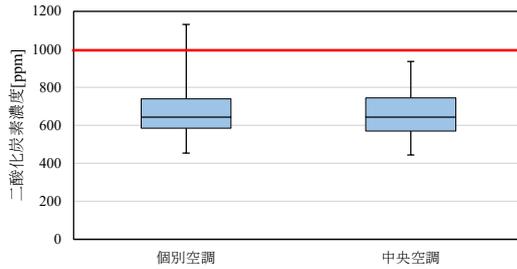


図 9 夏期の室内 CO₂ 濃度四等分値

中央値については、冬期の個別空調で 29.4%、中央空調で 34.3%であり、中央方式が 5%高かった。一方、夏期では個別空調で 53.9%、中央空調では 53.3%であり、ほぼ同じであった。

(3) CO₂ 濃度

図 8 と図 9 に空調方式別による冬期と夏期の室内 CO₂ 濃度の四等分値を示す。建築物衛生法の管理基準値 1000ppm を超えた個別方式のビルがあったが、総じて 1000ppm を下回った。

中央値については、冬期の個別空調で 680ppm、中央空調で 573ppm であり、中央方式の方が約 100ppm 低かった。一方、夏期では個別空調で 644ppm、中央空調で 643ppm であり、ほぼ同じであった。

(4) 浮遊微生物

1) 浮遊細菌

図 10 と図 11 に空調方式別による冬期と夏期の室内浮遊細菌濃度の四等分値を示す。建築物衛生法に浮遊微生物に関する管理基準が定められていないが、日本建築学会ではオフィスビルの浮遊

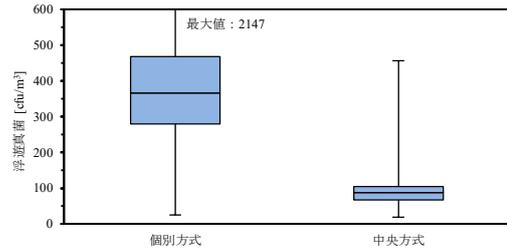


図 10 冬期の室内浮遊細菌濃度四等分値

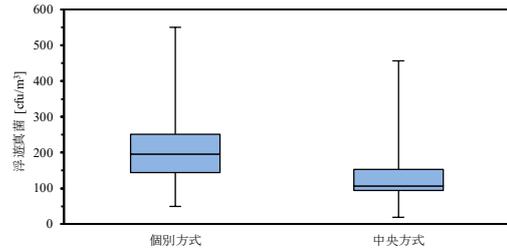


図 11 夏期の室内浮遊細菌濃度四等分値

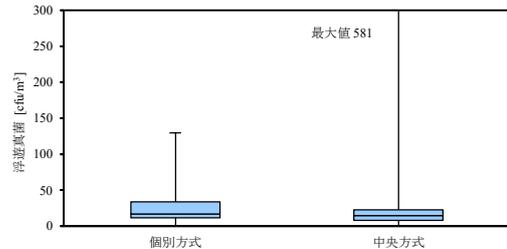


図 12 冬期の室内浮遊真菌濃度四等分値

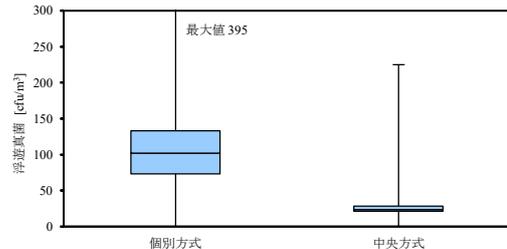


図 13 夏期の室内浮遊真菌濃度四等分値

細菌濃度を 500cfu/m³ 以下との維持管理基準がある。中央値は何れも 500cfu/m³ を下回っているが、冬期と夏期ともに中央方式より個別方式の室内浮遊細菌濃度が高くなっている。また、個別方式では夏期より冬期の方は室内濃度が高かった。

2) 浮遊真菌

図 12 と図 13 に空調方式別による冬期と夏期

の室内浮遊真菌濃度の四等分値を示す。日本建築学会の室内浮遊真菌維持管理基準を 50cfu/m^3 と定めている。夏期の個別方式の室内濃度の中央値が 50cfu/m^3 を上回った。

(5) 浮遊微粒子

図14と図15に空調方式別による冬期と夏期の室内粒径別浮遊粒子濃度の四等分値を示す。季節を問わず、中央方式より個別方式の室内粒径別浮遊粒子濃度が高い値を示した。これは、室内浮遊粒子をろ過するためのフィルタの性能の差異によるものと推察された。

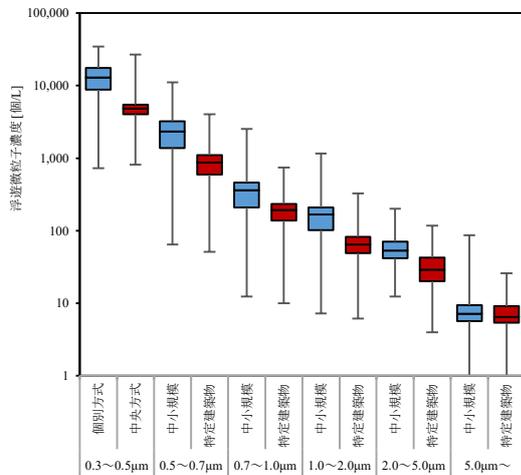


図14 冬期の室内浮遊粒子濃度四等分値

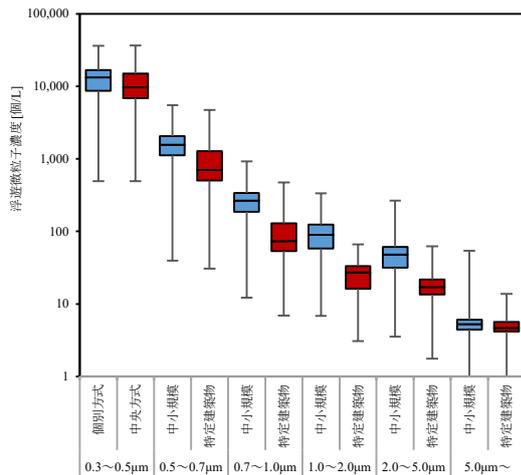


図15 夏期の室内浮遊粒子濃度四等分値

C2. 個別方式空調と中央方式空調における感染リスクの比較

(1) 室内汚染物質濃度の構成機構

中央方式空調を有する室内エアロゾル粒子の濃度はマスバランスにより式(1)と式(2)より表される。

$$C = C_s + \frac{M}{Q} (1 - e^{-\frac{Q}{V}t}) \quad (1)$$

$$C_s = \frac{(Q_o C_o + Q_r C) \times (1 - \eta)}{Q} \quad (2)$$

- C : 室内汚染物質濃度 [個/ m^3]
- C_s : 給気中汚染物質濃度 [個/ m^3]
- C_o : 外気中汚染物質濃度 [個/ m^3]
- M : 室内汚染発生量 [個/h]
- Q : 送風量 [m^3/h]
- Q_o : 外気量 [m^3/h]
- Q_r : 還気量 [m^3/h]
- V : 室容積 [m^3]
- t : 経過時間 [h]
- η : 空調機中エアフィルタの捕集率 [-]

感染リスクを低減することは、室内空气中汚染物質濃度 C を下げることであり、その方法としてフィルタのろ過による給気濃度 C_s の低減、発生量 M の抑制、換気量 Q の増加による希釈である。以下に、フィルタによるろ過、換気による希釈について検討を行った。

(2) エアフィルタによるろ過

エアフィルタは主として、粒子が大きいほど効果が大きくなる慣性衝突、粒子が小さいほど効果が大きくなる拡散、およびさざぎりと静電気のメカニズムにより、フィルタろ材近傍の浮遊粒子を捕集するが、 $0.2\mu\text{m}$ 前後の粒子に対する総合的な捕集率が最も低くなる。表2にASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 米国暖房冷凍空調学会) 基準に基づく粒径別浮遊粒子に対する

エアフィルタの捕集率を示す¹⁾。表中の E1~E3 の 3 グループはそれぞれの対象粒径を 0.3~1.0 μm 、1.0~3.0 μm 、3.0~10 μm を表している²⁾。

中央方式の空調機には一般的に中性能エアフィルタが使用されている。比色法 (NBS 法、JIS9908:2001) 60%、75%、90%、95%の中性能エアフィルタはそれぞれ MERV11、12、13、14

(MERV: Minimum efficiency reporting values, 粒径別最小捕集率報告値) に相当する³⁾。捕集性能 MERV12 以上のフィルタは、呼吸器系由来の感染性エアロゾル粒径の<5-10 μm ⁴⁻⁹⁾の大きい飛沫核に対し 90%以上の捕集率を示す。

一方、パッケージエアコンのような個別方式の空調機には一般に標準仕様として質量法 50%程度の粗塵用フィルタしか備えられておらず、感染性エアロゾルに対する捕集率は 20%以下になる。

表2 粒径別最小捕集率報告値(MERV)

MERV	0.3-1.0 μm	1.0-3.0 μm	3.0-10 μm	質量法	比色法
1	n/a	n/a	E3<20	<65	-
2	n/a	n/a	E3<20	65	-
3	n/a	n/a	E3<20	70	-
4	n/a	n/a	E3<20	75	-
5	n/a	n/a	20 \leq E3	80	-
6	n/a	n/a	35 \leq E3	80	-
7	n/a	n/a	50 \leq E3	90	40
8	n/a	20 \leq E ₂	70 \leq E3	90	40
9	n/a	35 \leq E ₂	75 \leq E3		50
10	n/a	50 \leq E ₂	80 \leq E3		50
11	20 \leq E ₁	65 \leq E ₂	85 \leq E3		60
12	35 \leq E ₁	80 \leq E ₂	90 \leq E3		75
13	50 \leq E ₁	85 \leq E ₂	90 \leq E3		90
14	75 \leq E ₁	90 \leq E ₂	95 \leq E3		95
15	85 \leq E ₁	90 \leq E ₂	95 \leq E3		98
16	95 \leq E ₁	95 \leq E ₂	95 \leq E3		-

n/a: not available

(3) 換気

飛沫中の活性物質粒子の粒径の殆どは<5-10 μm であること、10 μm 以下の粒子の沈降速度は 0.003m/s 以下であり、空調・換気設備が運転する室内の気流によって容易に遠くまで (最終は還気口) 運ばれることから、換気量の確保と適正な室内気流計画によって SARS-CoV-2 を含んだエアロゾルを制御することは可能であることが分かる。

WHO では、換気回数が 2 ACH (Air Change per Hour、回/h) 以下の場合、非隔離病室で勤務していた臨床スタッフの間の皮膚テストのツベルクリン反応率は高くなると報告している^{10、11)}。

換気量と感染リスク (確率) の関係について Wells-Riley モデルがある。Wells は¹²⁾、換気が一定で室内の空気が完全混合の状態の場合、肺結核の空気感染の確率がポアソン分布に従うとしている。また、閉鎖空間では 1 quanta の感染核を各被感染者が吸入した場合に平均的 63.2% (1-e⁻¹) が感染し、式 (3) により感染リスク (確率) が推定可能であるとしている。Quanta は quantum の複数形で、量を表すラテン語である。Wells は Quanta を最小感染単位と定義した。

$$P_i = \frac{C}{S} = 1 - e^{-\frac{Iqpt}{Q}} \quad (3)$$

P_i : 感染確率 [-]

C : 新たな感染者数 [人]

S : 感受者宿主数 [人]

I : 感染者数 [人]

Q : 室換気量 [m^3/s]

q : 発生量 [quanta/s]

p : 一人当たり呼吸量 [$\text{m}^3/(\text{人}\cdot\text{s})$]

t : 曝露時間 [s]

感染のリスクを下げるために、式 (3) 中の換気量 Q を増やす必要がある。また、中央方式空調のオフィスビルなどの場合、省エネを図るため、還気を取るの是一般的である (図 1)。この場合、空調機内のフィルタの捕集率が高ければ、室内から還気中の感染性エアロゾルの濃度を低減させることができる。

Dai ら¹³⁾は、これまで報告されている MERS、SARS-CoV-1、Influenza、Measles の R_0 値と quanta 値を用いた解析では、SARS-CoV-2 の quanta は 14~48h⁻¹ であるとしている。図 16 に図中に示す条件で求めた感染確率 (式 3 中の P_i) と換気回数 (ACH) の関係を示す。換気量が多ければ多い

ほど、感染確率が指数関数的に低くなることが分かる。

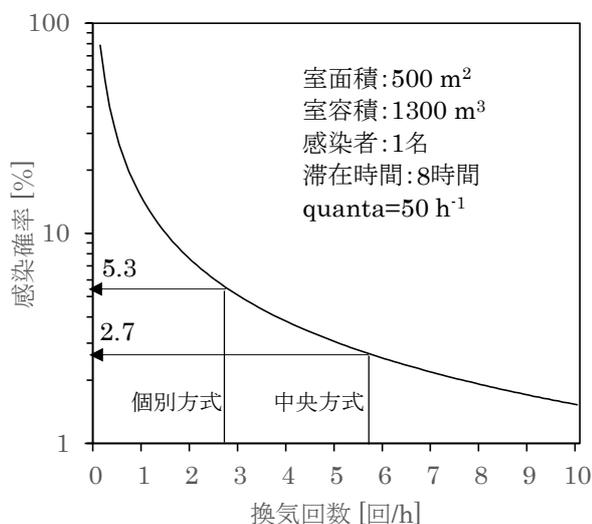


図16 感染確率と換気量の関係

中央方式空調を有する一般のオフィスビルでは、換気回数は2回/h程度、循環送風量は6回/h（外気の2回/hを含む）程度である。仮に、MERV12（表2）に相当する中性能フィルタ（比色法75%）を用いれば、感染性エアロゾルの捕集率が90%になり（前出）、清浄な空気の相当換気回数は5.6回/h（ $2+4 \times 0.9$ ）になるため、quantaが 50h^{-1} であっても、その感染確率は2.7%になると予想される（図16）。

個別方式については、外調機を用いる中央換気・個別冷暖房方式があるが（図2）、外調機に備えられているフィルタは外気中粒子状物質のろ過に有効であるが、還気を取らないため室内の感染者から発生する感染性エアロゾル濃度の低減に寄与しない。図3に個別冷暖房・個別換気方式では、前述した通り、標準仕様として一般に室内機に質量法50%程度の粗塵用フィルタが使用されている。この場合の捕集性能はMERV1に相当し、感染性エアロゾルに対する捕集率が20%以下になり、循環風量が中央式と同じである場合の相当換気回数は2.8回/h（ $2+4 \times 0.2=2.8$ ）になるため、感染確率は前述した中央方式の約2倍の5.3%になると予想される（図16）。感染症対策の視点からパッケージエアコンのフィルタをオプション仕様の中

性能フィルタにグレードアップすることが望ましい。

D. 結論

D1. 個別空調方式と中央空調方式の室内環境の比較

2014年～2019年度におけるオフィスビル計138室の調査結果を空調方式別で解析した結果下記の事柄が分かった。

① 温度：季節と空調方式を問わず、室内温度は建築物衛生法の管理基準値を満足した。また、個別方式の温度設定が居住者に任せているため、中央方式に比べると冬期に 0.5°C 高く、夏期に 0.4°C 低くなっている。

② 相対湿度：夏期では建築物衛生法の管理基準値を満足したが、冬期では空調方式を問わず、40%を下回った。また、冬期では個別方式より中央方式の方が5%程度高かった。

③ CO_2 濃度：季節を問わず何れの方式においても、室内濃度の中央値が1000ppmを下回った。

④ 浮遊微生物：季節を問わず室内浮遊細菌濃度が建築学会の維持管理基準値の $500\text{cfu}/\text{m}^3$ を満足した。また、中央方式に比べ、個別方式の方が高い値を示した。

一方、浮遊真菌については、夏期の個別方式の室内濃度の中央値が $50\text{cfu}/\text{m}^3$ を上回ったが、ほかは当該基準を満足した。

⑤ 浮遊粒子：季節を問わず、中央方式より個別方式の室内粒径別浮遊粒子濃度が高い値を示した。浮遊微生物の測定結果と併せて考えると、個別方式を採用した室内の粒子状物質のろ過性能が劣っている。

D2. 個別方式空調と中央方式空調における感染リスクの比較

個別方式空調と中央方式空調における感染性エアロゾルに起因する感染リスクの比較を行った。個別方式空調機のフィルタが標準仕様（MERV1）の場合の感染確率は、一般に中性能フィルタ（MERV12以上）が備えられる中央方式空調の場合に比べ約2倍高くなる。従って、個別方式の

空調機（パッケージエアコン）のフィルタを中性能（MERV12以上）にグレードアップすることが望ましい。

E. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Motoya Hayashi, U Yanagi, Kenichi Azuma, Naoki Kagi, Masayuki Ogata, Shoichi Morimoto, Hirofumi Hayama, Taro Mori, Koki Kikuta, Shin-ich Tanabe, Takashi Kurabuchi, Hiromi Yamada, Kenichi Kobayashi, Hoon Kim and Noriko Kaihara. Measures against COVID-19 concerning Summer Indoor Environment in Japan. *Japan Architectural Review*, Volume 3, Issue 4, 2020
<https://doi.org/10.1002/2475-8876.12183>
- 2) Kenichi Azum, U Yanagi, Naoki Kagi, Hoon Kim, Masayuki Ogata and Motoya Hayashi, 2020. Environmental factors involved in SARS-CoV-2 transmission: effect and role of indoor environmental quality in the strategy for COVID-19 infection control. *Environmental Health and Preventive Medicine*, Volume 3, Issue 4, 2020
<https://doi.org/10.1186/s12199-020-00904-2>
- 3) 柳 宇：ウイルス感染拡大を抑えるために設備技術者ができることー感染とその制御, BE 建築設備, 第 71 巻, 第 7 号, pp.14-20, 2020
- 4) 柳 宇：建築環境における SARS-CoV-2 の挙動とその対策方法, ビルと環境, 第 170 号, pp.21-35, 2020
- 5) 柳 宇：空調・換気・UVGI による感染性エアロゾルの対策, 空気清浄, 第 58 巻, 第 3 号, pp.26-33, 2020
2. 学会発表
- 1) 林基哉, 小林健一, 金 勲, 開原典子, 島崎大, 柳 宇, 長谷川兼一, 東賢一, 鍵直樹, 中野淳太, 樺田尚樹：建築物の環境衛生管理の実態に関する全国調査 その 1 事務所建築の空気環境不適率, 第 79 回日本公衆衛生学会総会抄録, p.480, 2020
- 2) 斎藤敬子, 島崎大, 林基哉, 開原典子, 金 勲, 中野淳太, 鍵直樹, 東賢一, 長谷川兼一, 柳 宇, 小林健一, 樺田尚樹：建築物の環境衛生管理の実態に関する全国調査 その 2 空気環境測定に関する実態調査, 第 79 回日本公衆衛生学会総会抄録, p.480, 2020
- 3) 開原典子, 金 勲, 東賢一, 柳 宇, 鍵直樹, 長谷川兼一, 中野淳太, 島崎大, 樺田尚樹, 斎藤敬子, 小林健一, 林基哉：建築物の環境衛生管理の実態に関する全国調査 その 3 室内湿度の実態と課題, 第 79 回日本公衆衛生学会総会抄録, p.480, 2020
- 4) 金 勲, 小林健一, 開原典子, 島崎大, 林基哉, 東賢一, 柳 宇, 鍵直樹, 長谷川兼一, 樺田尚樹, 中野淳太, 斎藤敬子：建築物の環境衛生管理の実態に関する全国調査 その 4 冷暖房期の CO2 濃度と換気の実態, 第 79 回日本公衆衛生学会総会抄録, p.480, 2020
- 5) 中野淳太, 鍵直樹, 柳 宇, 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：建築物の環境衛生管理の実態に関する全国調査 その 5 中小規模・特定建築物の温熱環境, 第 79 回日本公衆衛生学会総会抄録, p.481, 2020
- 6) 鍵直樹, 柳 宇, 金 勲, 東賢一, 中野淳太, 島崎大, 小林健一, 長谷川兼一, 開原典子, 斎藤敬子, 樺田尚樹, 林基哉：建築物の環境衛生管理の実態に関する全国調査 その 6 室内 PM2.5 濃度の実態, 第 79 回日本公衆衛生学会総会抄録, p.481, 2020
- 7) 東賢一, 鍵直樹, 柳 宇, 金 勲, 中野淳太, 長谷川兼一, 島崎大, 開原典子, 樺田尚樹, 林基哉, 小林健一：建築物の環境衛生管理の実態に関する全国調査 その 7 ビル関連病と室内環境, 第 79 回日本公衆衛生学会総会抄録, p.481, 2020
- 8) 長谷川兼一, 東賢一, 鍵直樹, 柳 宇, 金 勲, 中野淳太, 島崎大, 開原典子, 樺田尚樹,

林基哉，小林健一：建築物の環境衛生管理の実態に関する全国調査 その 8 建築規模と執務者の曝露環境，第 79 回日本公衆衛生学会総会抄録，p.481，2020

- 9) 島崎大，開原典子，金 勲，小林健一，林基哉，斎藤敬子，中野淳太，鍵直樹，東賢一，長谷川兼一，柳 宇，樺田尚樹：建築物の環境衛生管理の実態に関する全国調査 その 9 給水管理状況と課題，第 79 回日本公衆衛生学会総会抄録，p.482，2020
- 10) 柳 宇，鍵直樹，金 勲，野淳太，中東賢一，長谷川兼一，島崎大，開原典子，樺田尚樹，林基哉，小林健一：建築物の環境衛生管理の実態に関する全国調査 その 10 中小規模と特定建築物の比較，第 79 回日本公衆衛生学会総会抄録，p.482，2020

F. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

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) ANSI/ASHRAE Standard 52.2-2017. Method of Testing General Ventilation Air-Cleaning Devices for Removal Efficiency by Particle Size. 2018
- 2) NIOSH. Filtration and Air-Cleaning Systems to Protect Building Environments. 2003
- 3) 大垣豊：各国の一般換気用エアフィルタの規格にける捕集率の比較に関する指針（JACA No.53），空気清浄，第 56 巻，第 1 号，pp.36-40，2018
- 4) Chao CYH, Wan MP, Morawska L, et al. Characterization of expiration air jets and droplet size distributions immediately at the mouth opening. *J Aerosol Sci.* 2009; 40: 122-133.
- 5) Papineni RS, Rosenthal FS. The size distribution of droplets in the exhaled breath of healthy human subjects. *J Aerosol Med.* 1997; 10: 105-116.
- 6) Edwards DA, Man JC, Brand P, et al. Inhaling to mitigate exhaled bioaerosols. *PNAS.* 2004; 101: pp.17383-17388, 2004
- 7) Fang M, Lau APS, Chan CK, et al. Aerodynamic properties of biohazardous aerosols in hospitals. *Hong Kong Med J.* 2008; 14: 26-28.
- 8) Fabian P, McDevitt JJ, DeHaan WH, et al. Influenza virus in human exhaled breath: an observational study. *PLoS ONE.* 2008; 3: e2691.
- 9) Morawska L, Johnson GR, Ristovski ZD, et al. Size distribution and sites of origin of droplets expelled from the human respiratory tract during expiratory activities. *J Aerosol Sci.* 2009; 40: 256-269.
- 10) WHO. Natural ventilation for infection control in health-care settings. 2009. ISBN 978 92 4 154785 7
- 11) Menzies D, Fanning A, Yuan L,

FitzGerald JM. Hospital ventilation and risk for tuberculous infection in Canadian health care workers. *Ann Internal Med.* 133 (10), pp.779–789, 2000

- 12) Wells WF: Airborne Contagion and Air Hygiene. An Ecological Study of Droplet Infections. Harvard University Press , Cambridge, 1955.
- 13) Dai H, Zhao B. Association of the infection probability of COVID-19 with ventilation rates in confined spaces. *Building Simulation*, volume 13, pp.1321–1327, 2020

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おける空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究

研究成果の刊行に関する一覧表

論文発表

なし

総説

なし

書籍

なし

学会発表

- 1) 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6 冬期及び夏期の室内空気環境の不適合性. 令和2年度空気調和・衛生工学会大会（オンライン）; 2020年9月. 令和元年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集.
- 2) 開原 典子, 金 勲, 小林 健一, 林 基哉, 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7 夏期及び冬期の室内温湿度の実態. 令和2年度空気調和・衛生工学会大会（オンライン）; 2020年9月. 令和元年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集.
- 3) 金 勲, 小林 健一, 開原 典子, 柳 宇, 鍵 直樹, 東 賢一, 長谷川 兼一, 中野 淳太, 李 時桓, 林 基哉. 事務所建築の室内空気環境管理に関する調査 その8 冷暖房期における二酸化炭素濃度の連続測定結果. 令和2年度空気調和・衛生工学会大会（オンライン）; 2020年9月. 令和元年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集.
- 4) 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. 事務所建築の室内空気環境管理に関する調査 その9 建築物衛生法とISO 17772-1による室内温熱環境評価の比較. 令和2年度空気調和・衛生工学会大会（オンライン）; 2020年9月. 令和元年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集.

令和3年2月15日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 北海道大学
所属研究機関長 職名 総長
氏名 寶金清博



次の職員の令和2年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
2. 研究課題名 建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究
3. 研究者名 (所属部局・職名) 大学院工学研究院・教授
(氏名・フリガナ) 林 基哉・ハヤシ モトヤ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
人を対象とする医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査の場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」や「臨床研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

令和3年3月29日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立保健医療科学院

所属研究機関長 職名 院長

氏名 宮寄 雅則 印



次の職員の令和2年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

- 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
- 研究課題名 建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究
- 研究者名 (所属部局・職名) 生活環境研究部・主任研究官
(氏名・フリガナ) 開原 典子・カイハラ ノリコ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
人を対象とする医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」や「臨床研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

令和3年4月9日

機関名 工学院大学
 所属研究機関長 職名 学長
 氏名 伊藤 慎一郎

次の職員の令和2年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

- 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
- 研究課題名 建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究
- 研究者名 (所属部署・職名) 建築学部・教授
 (氏名・フリガナ) 柳 宇・ヤナギ ウ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
人を対象とする医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」や「臨床研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
 ・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

令和3年3月30日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 公立大学法人秋田

所属研究機関長 職名 理事長

氏名 小林 淳一

次の職員の令和2年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

- 1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
- 2. 研究課題名 建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究
- 3. 研究者名 (所属部局・職名) システム科学技術学部 建築環境システム学科 教授
(氏名・フリガナ) 長谷川 兼一 (ハセガワ ケンイチ)

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
人を対象とする医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	秋田県立大学	<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」や「臨床研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

2021年 4月7日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 東海大学

所属研究機関長 職名 学長

氏名 山田 清志

次の職員の令和2年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
2. 研究課題名 建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究
3. 研究者名 (所属部署・職名) 工学部・准教授
(氏名・フリガナ) 中野 淳太・ナカノ ジュンタ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
人を対象とする医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査の場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」や「臨床研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

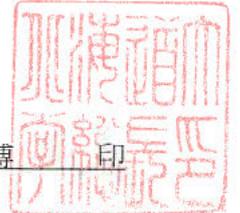
令和3年2月15日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 北海道大学

所属研究機関長 職名 総長

氏名 寶金 清博



次の職員の令和2年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

- 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業
- 研究課題名 建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究
- 研究者名 (所属部局・職名) 大学院工学研究院・准教授
(氏名・フリガナ) 菊田 弘輝・キクタ コウキ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
人を対象とする医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査に場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」や「臨床研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する口にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

令和3年 4月 7日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立大学法人信州大

所属研究機関長 職名 学長

氏名 濱田 州博

次の職員の令和 2年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 健康安全・危機管理対策総合研究事業（令和2年度）
2. 研究課題名 「建築物衛生管理基準の検証に関する研究」
3. 研究者名 （所属部局・職名） 学術研究院工学系・助教
（氏名・フリガナ） 李 時桓（イ シファン）

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入（※1）		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査（※2）
ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
人を対象とする医学系研究に関する倫理指針（※3）	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称：)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

（※1）当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他（特記事項）

（※2）未審査に場合は、その理由を記載すること。

（※3）廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」や「臨床研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

（留意事項） ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。