

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3年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 林 基哉

令和4（2022）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3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	北海道大学大学院	准教授
	李 時桓	名古屋大学大学院	准教授
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4年（2022）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. 個別空調方式の類型化	-----	p. 9
中野淳太		
2. 竣工設備データベース「ELPAC」を用いた6地域の事務所建築の 空調設備とエネルギー消費量の動向分析	-----	p. 23
長谷川兼一		
3. 管理・指導の課題整理	-----	p. 29
開原典子		
4. 個別空調方式の室内空気環境の実態調査	-----	p. 39
柳宇		
5. 空調設備の地域性と省エネルギーの影響に関する分析	-----	p. 51
菊田弘輝		
6. 個別方式におけるろ過清浄向上方法の検証	-----	p. 61
柳宇		
7. 室内空気・熱環境に対する数値計算による事例検討	-----	p. 71
李時桓		
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	-----	p. 75

厚生労働科学研究費補助金（健康安全・危機管理対策総合研究事業）
総括研究報告書

建築物環境衛生管理に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のマニュアル作成のため、適切な運用管理手法に資する科学的根拠を示す。個別空調の現状調査に基づく類型化と管理者や行政指導の課題を整理し、中央空調方式と個別空調方式の違いを整理する。不適率上昇に関する調査により各方式の管理実態及び室内環境の差を明らかにする。空気環境管理手法及び行政指導等のマニュアルを作成する。以上により、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。

R2年度の研究では、以下の知見が得られた。個別空調方式は中央管理に比べ年間一次エネルギー消費量が小さくなる傾向があるが、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。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、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。個別空調のろ過性能が劣っている傾向がある。

R3年度は、以下の研究を行った。個別空調方式を類型化し、その特徴（施工性、コスト、建築スペース、操作性、維持管理等）を整理した。ELPACを用いた空調設備とエネルギー消費量に関する分析により個別空調の特徴を明らかにした。また、個別空調の室内空気環境の調査によって、COVID-19下における運用と空気環境、エネルギー消費に関する分析を行い、空気環境やエネルギー消費が多様になりやすいことを確認した。また、個別空調方式に特化した空気環境管理手法の検討の基礎として、個別空調におけるろ過清浄方法の検討、空調方式による室内空気環境の際に関するCFD解析モデルの構築とモデル計算を行った。

次年度は、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まとめる。

研究分担者	研究協力者
開原 典子 国立保健医療科学院	金 勲 国立保健医療科学院
柳 宇 工学院大学	小林 健一 国立保健医療科学院
長谷川兼一 秋田県立大学	東 賢一 近畿大学
中野 淳太 東海大学	鍵 直樹 東京工業大学
菊田 弘輝 北海道大学大学院	齋藤 敬子 日本建築衛生管理教育センター
李 時桓 名古屋大学大学院	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

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注目した特定建築

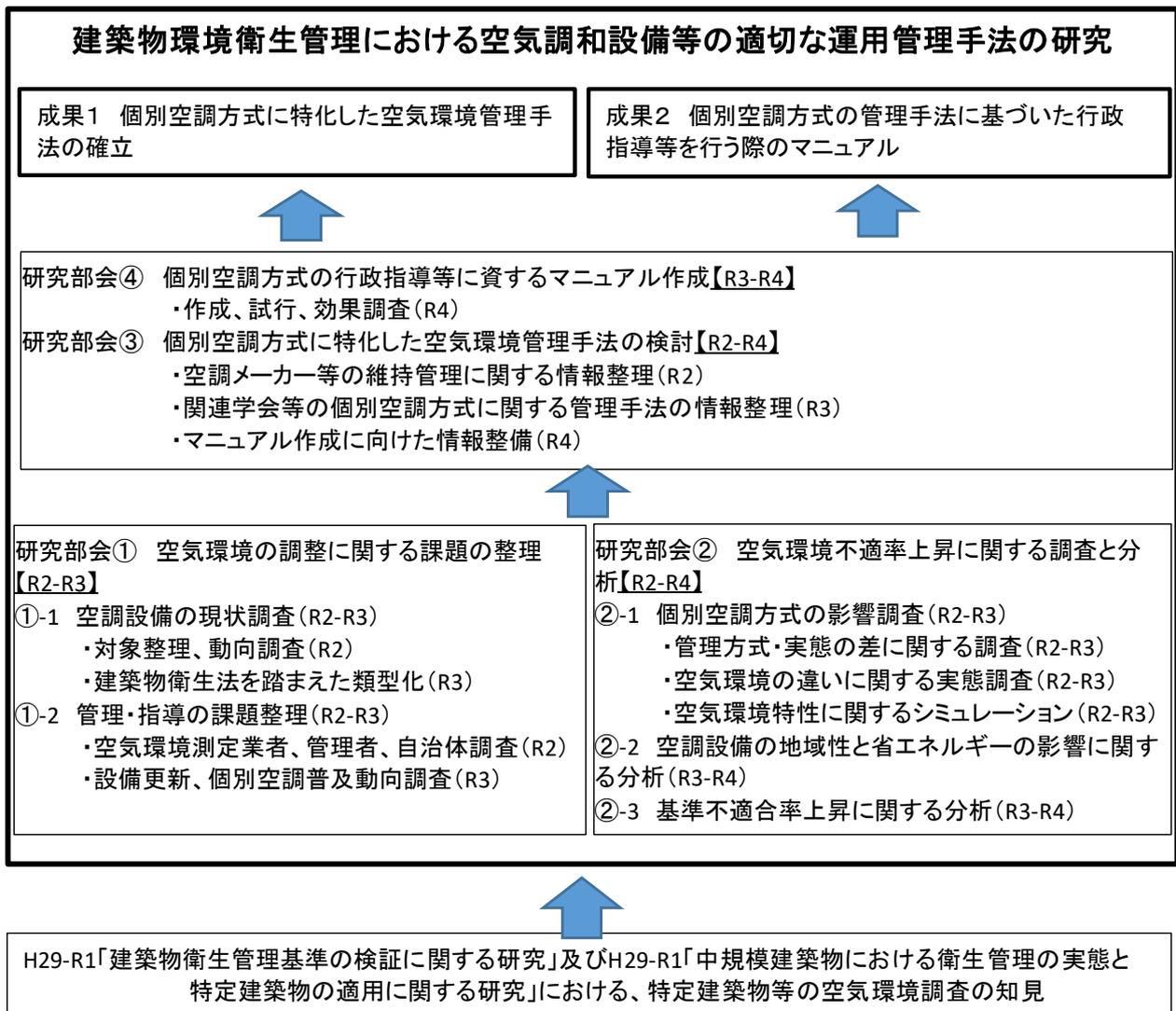


図1 研究の構造

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、立入検査等と同行し、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

個別空調方式の類型化

個別空調方式では、熱源・熱交換器・送風機・制御装置等が一体となったパッケージ型空調機(パッケージエアコン)が用いられる。熱源側の熱交換器と利用側の熱交換器が1つのユニットに内蔵された一体型と、別ユニットに分けられた分離型がある。分離型では、熱源側のユニットが室外機、利用側が室内機と呼ばれ、両者は冷媒配管で接続されている。家庭用エアコンでは室内機と室外機が1対1で接続されているタイプが一般的であるが、多くの室内機が必要となる事務所建築等では、室外機1台に複数の室内機を接続できるマルチタイプ(ビル用マルチエアコン)が用いられる。部屋ごとやゾーンごとに室内機が設置されるため、個別分散空調方式とも言われる。パッケージ型空調機には以下のような特徴が挙げられる。

- 施工が簡単であり、設備費も比較的安価である。
- 機械室が不要になるため、建物内スペースが有効活用できる。

- ユニットごとの発停や設定温度の操作が可能である。
- 集中制御機器により、分散配置されたユニットの運転状況を集中的に管理することも可能である。

上記の利点に加え、近年の機器性能の向上や利便性の観点から、大規模な建物でも採用事例が増えてきている。

竣工設備データベース「ELPAC」を用いた6地域の事務所建築の空調設備とエネルギー消費量の動向分析

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)を用いて分析した。本研究では建築物データが多い6地域の事務所建築に着目した。その結果、以下のことがわかった。①竣工年度が新しくなるにつれて「個別空調方式」「個別空調方式+中央管理方式」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。「未導入」の割合は不明であるが、「個別空調方式」の方が相対的には「データなし・未導入」の割合が高いため、冬期の低湿度環境の形成の要因になっている可能性がある。③「年代を経るに従って原単位の中央値が小さくなる傾向が見られる。これは、設備機器の高効率化が進んでいることと整合していると推察できる。また、空調方式で比較すると、「中央管理方式」の方が原単位は若干小さい。

維持管理・行政指導に関する課題の整理

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空調設備と維持管理に関する質問紙調査を行い、COVID-19等感染症対策が行われる前と感染症対策が行われた後で、困難な状態に陥っていないか等を把握した。平時と比較してCOVID-19の感染拡大後は、感染対策として行っている窓開け換気により、空調設備を用いた室内の温熱環境調整が難しくなっていると

考えられた。

今後、詳細な分析が必要であるものの、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。

C2. 空気環境不適合率上昇に関する調査と分析 個別空調方式の室内空気環境の実態調査

この十数年間で温度、相対湿度、二酸化炭素(CO₂)濃度の不適合率が上昇し続けており、個別方式空調が建築物衛生法の適応対象になったことがその一因であるといわれている。現在では、個別方式空調がビルの規模を問わず多く採用されてきている。居住者による個別運転ができるなどの長所がある一方、その運転実態と室内微生物、温湿度、CO₂濃度などの空気質に関する実態が把握されているとは言えない現状である。

ここでは、主として室内温湿度、CO₂濃度、浮遊微粒子、浮遊細菌・真菌に関する実態を把握するために行った調査の結果について報告する。

本研究では、冬期におけるオフィスビルの室内温湿度、CO₂濃度、粒径別浮遊粒子濃度、浮遊細菌濃度、浮遊真菌濃度の測定結果について述べた。本研究より下記の事柄が分かった。

- ① 温度については、何れも建築物衛生法管理基準値下限値の18℃を上回った。AビルとCビルは一般に用いられている設計値よりそれぞれ3℃と1.5℃が高かった。それは室内低湿度の原因になっている。Aビルにおいては、設定温度を22℃に下げれば、ほぼ40%を満足できるようになる。
- ② 相対湿度については、Cビルが常に40%を大きく上回った。AとBビルはほとんどすべてが40%を下回った。それは温度が高めであるほか、多くの外気量による湿気のロスにも一因がある。

- ③ CO₂濃度については、Covid-19 流行期間中のこともあって、何れのビルはかなり低い濃度で運用されている。これも冬期低湿の一因になっている。相対湿度を改善するために、ウォームビズの励行による室内設定温度を22℃、外気量について1000ppmを維持する前提で、外気を取り入れすぎないようにすることが重要である。
- ④ $\leq 1\mu\text{m}$ の浮遊粒子濃度は、エアフィルタの捕集性能の差による室内濃度の差が顕著にみられた。一方、 $\geq 1\mu\text{m}$ の浮遊粒子濃度は、在室者の活動などに影響されるため、在室者数最も低いCビルは低い値を示した。SARS-CoV-2の粒径が $1\mu\text{m}$ 以上のものも多いため、感染症流行期間中に補助設備としての空気清浄機を活用することは有効である。
- ⑤ 室内の浮遊細菌と浮遊真菌濃度はおおむね日本建築学会の管理基準値を満足したが、Bビルの吹出口中に高濃度の浮遊真菌が検出されたことから、空気搬送系内に真菌の汚染源があることが示唆された。

空調設備の地域性と省エネルギーの影響に関する分析

空調設備の地域性と省エネルギーの影響に関する分析において、クラスター感染が発生した複数の事例を対象として、空調換気設備調査と室内空気環境測定を行い、感染対策における空調換気設備の問題点を挙げ、改善点を示した。また、標準的な事務所のモデルを設定し、個別空調方式と中央管理方式における空調用の一次エネルギー消費量を計算し、比較した。

得られた知見を以下に示す。1. 就業人数の増加によりCO₂濃度は概ね上昇するため、コールセンター事業者側はクラスター感染対策として就業人数の適正管理が必要である。2. 空調換気運転時には、十分な換気量を確保するために、それぞれの地域性や周辺環境等に応じて、適切な窓開け換気を行うことが必要である。3. サーキュレーターを使用する際には、空調換気によって換気量が十分に確保された状態で使用することが望ましい。

4. クラスター感染発生時に建物の CO₂ 濃度制御が十分に機能していなかった可能性があり、更なる検証が必要である。5. APF と COP が同じ条件で計算した結果、個別熱源方式は中央熱源方式に比べ約 45%の省エネルギー効果が期待できる。6. 北海道と沖縄を除く 45 都府県の県庁所在地を対象とした個別熱源方式において、トップランナーの温暖地仕様であれば、空調用で 200MJ/(m²・年)前後に抑えられる。

C3. 個別空調方式に特化した空気環境管理手法の検討

個別方式におけるろ過清浄向上方法の検証

昨年度は、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、浮遊粒子について季節を問わず、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すことが明らかになった。また、浮遊微生物の測定結果からも、個別方式を採用した室内の浮遊粒子状物質に対するろ過性能が劣っているが強く示唆された。

今年度は、Covid-19 の拡大により 9 月末までに 2 回の緊急事態宣言が出されたため、実態調査が遅れている。現在 12 月中旬から東京と北海道の実態調査を行うことになっている。ここでは、現時点まで行った個別方式を有するビルにおける浮遊粒子濃度の低減策に関する検討の結果を報告する。

個別方式室内機のフィルタが中性能にアップグレードができれば、中央方式と同等な捕集性能を有することが実証された。アップグレードができない場合、HEPA フィルタ付きのポータブル空気清浄機で適用床面積の条件を満足すれば粒径別浮遊粒子濃度を低下させることが実証された。

室内空気・熱環境に対する数値計算による事例検討

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（数値流体解析）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、始めに空調方式による室内環境の違いについて、現場調査を行い、数値解析の境界条件を得る。次に人体周辺（タスク域）を目標温度に維持有無と共に、アンビエント域における温度・流速環境を検討する。検討結果から、現状の空調・換気方式の使用により、室環境の制御が容易になるのか考察した。

D. 結論

個別空調方式を類型化し、その特徴（施工性、コスト、建築スペース、操作性、維持管理等）を整理した。ELPAC を用いた空調設備とエネルギー消費量に関する分析により個別空調の特徴を明らかにした。また、個別空調の室内空気環境の調査によって、COVID-19 下における運用と空気環境、エネルギー消費に関する分析を行い、空気環境やエネルギー消費が多様になりやすいことを確認した。また、個別空調方式に特化した空気環境管理手法の検討の基礎として、個別空調におけるろ過清浄方法の検討、空調方式による室内空気環境の際に関する CFD 解析モデルの構築とモデル計算を行った。

次年度は、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まとめる。

E. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 柳 宇：エアフィルタ，空気清浄機，紫外線殺菌照射（UVGI），ビルと環境，No.173，pp.18-24，2021.
- 2) 柳 宇：ウイルス感染拡大を抑えるために設備設計者ができること，MET，第 32 号，pp.4-9，2021.
- 3) Motoya Hayashi, State of Poor Ventilation and Indoor Air Environment in Buildings - Environmental Hypersensitivity from Perspective of a Building Environmental

Hygiene Researcher -, Indoor Environment, Vol25, No1, pp.1-8, 2022.

- 4) 林基哉, 室内環境における新型コロナウイルスの性質と感染対策, ビルと環境, No.173, pp.1-9, 2022.
- 5) 林基哉, 新型コロナウイルス感染症対策のための二酸化炭素濃度の測定と換気制御, ビルと環境, No.174, pp.1-9, 2022.
- 6) Takashi Kurabuchi, U. Yanagi, Masayuki Ogata, Masayuki Otsuka, Naoki Kagi, Yoshihide Yamamoto, Motoya Hayashi and Shinichi Tanabe, Operation of air-conditioning and sanitary equipment for SARS-CoV-2 infectious disease control. Japan Architectural Review, 4, 423-434, 2021. <https://doi.org/10.1002/2475-8876.12238>
- 7) 林基哉, 我が国における新型コロナウイルス感染症に対する建築環境対策, 空気調和・衛生工学 第95巻, pp.381-388, 2021.05

2. 学会発表

- 1) 渡邊健介, 柳 宇, 殷 睿: HEPA フィルタ付きの空気清浄機による大空間空気浄化性能の実証, 2021 年室内環境学会学術大会講演用要旨集, pp.82-83, 2021.
- 2) 殷 睿, 柳 宇, 渡邊健介: COVID-19 に関する自宅療養のリスク低減方法の実証, 2021 年室内環境学会学術大会講演用要旨集, pp.80-81, 2021.
- 3) 山崎佑基, 菊田弘輝, 玉村壮太, 林基哉, 室内環境が新型コロナウイルスの空気感染に与える影響に関する実験法, 日本建築学会大会梗概集, 2021.9
- 4) 松永崇孝, 菊田弘輝, 吉住佳子, 林基哉, 学校教室を対象とした新型コロナウイルス感染症対策における換気と空気清浄の効果検証, 日本建築学会大会梗概集, 2021.9

- 5) Kenichi AZUMA, Naoki KAGI, U YANAGI, Hoon KIM, Noriko KAIHARA, Motoya HAYASHI, Haruki OSAWA. Effects of suspended particles, chemicals, and airborne microorganisms in indoor air on building - related symptoms: a longitudinal study in air - conditioned office buildings. Healthy Buildings 2021 – Europe Proceedings of the 17th International Healthy Buildings Conference 21-23 June 2021; ISSN: 2387-4295 (SINTEF Proceedings (online)). ISBN: 978-82-536-1728-2 (pdf). SINTEF Proceedings no 9. Paper5.2.
- 6) 開原典子, 島崎大, 齋藤敬子, 金勲, 東賢一, 中野淳太, 樺田尚樹, 柳宇, 鍵直樹, 長谷川兼一, 建築物の環境衛生管理の実態に関する全国調査 その 11 中規模建築物の環境衛生管理の実態. 第 80 回日本公衆衛生学会総会; 2021.12; 東京 (ハイブリッド). 抄録集 P-21-12. p. 488.

3. 総説

- 1) 開原典子. 行政の動き 特定建築物の不適率の状況. ビルと環境2021.9; 174: 44-9.
- 2) 開原典子. COVID-19対策と熱中症対策を両立させる換気と冷房. 公衆衛生 2021; 85(7): 477-82.

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
個別空調方式の類型化

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

空建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行令及び同施行規則が平成 14 年に改正された（平成 15 年 4 月施行）。特定建築物の空気調和設備については、中央管理方式に限らず、個別管理方式についても、室内空気環境を良好に保つために維持管理が必要となっている。

中央管理方式とは、各居室に供給する空気を中央管理室等で一元的に制御する方式である。空調設備の特徴として中央熱源方式が採用されることが一般的であり、冷凍機・ボイラー等の熱源を機械室に集中的に設置し、冷温水を建物全体の空調機に供給する形となっている。一方、個別管理方式は部屋ごと、または空調ユニットごとに設定温度の変更や発停が可能な個別空調方式が採用されている。居住者による環境調節の自由度が高まる一方、室内空気環境維持の観点からは中央管理方式と異なる手法が必要となる。個別空調方式の特徴を整理し、管理上の注意点をまとめた。

A. 研究目的

建築物における衛生的環境の確保に関する法律施行令及び同施行規則が平成 14 年に改正された（平成 15 年 4 月施行）。特定建築物の空気調和設備については、中央管理方式に限らず、個別管理方式についても、室内空気環境を良好に保つために維持管理が必要となっている。

中央管理方式とは、各居室に供給する空気を中央管理室等で一元的に制御する方式である。空調設備の特徴として中央熱源方式が採用されることが一般的であり、冷凍機・ボイラー等の熱源を機械室に集中的に設置し、冷温水を建物全体の空調機に供給する形となっている。一方、個別管理方式は部屋ごと、または空調ユニットごとに設定温度の変更や発停が可能な個別空調方式が採用されている。居住者による環境調節の自由度が高まる一方、室内空気環境維持の観点からは中央管理方式と異なる手法が必要となる。

本章では、個別空調方式の特徴を整理し、管理

上の注意点をまとめていく。

B. 研究方法

C. 研究結果

C1. 個別空調方式

C1.1. 概要

個別空調方式では、熱源・熱交換器・送風機・制御装置等が一体となったパッケージ型空調機（パッケージエアコン）が用いられる。熱源側の熱交換器と利用側の熱交換器が 1 つのユニットに内蔵された一体型と、別ユニットに分けられた分離型がある。分離型では、熱源側のユニットが室外機、利用側が室内機と呼ばれ、両者は冷媒配管で接続されている。家庭用エアコンでは室内機と室外機が 1 対 1 で接続されているタイプが一般的であるが、多くの室内機が必要となる事務所建築等では、室外機 1 台に複数の室内機を接続できるマルチタイプ（ビル用マルチエアコン）が用いられる。部屋

ごとやゾーンごとに室内機が設置されるため、個別分散空調方式とも言われる。パッケージ型空調機には以下のような特徴が挙げられる：

- ・施工が簡単であり、設備費も比較的安価である。
- ・機械室が不要になるため、建物内スペースが有効活用できる。
- ・ユニットごとの発停や設定温度の操作が可能である。
- ・集中制御機器により、分散配置されたユニットの運転状況を集中的に管理することも可能である。

上記の利点に加え、近年の機器性能の向上や利便性の観点から、大規模な建物でも採用事例が増えてきている。

C1.2. 室内機形状

1) 天井埋め込みカセット型

店舗や事務所で最も用いられている機種である。室中央の天井に設置できるため、室内温度分布が均一になりやすい。

2) 壁掛形

家庭用エアコンによく見られる。壁表面に取り付けて隠蔽しないため、据え付け工事が容易である。天井のふとこがない箇所などに設置される。

3) 床置き型

室内の床に設置するため、据え付け工事が容易である。直接吹き出し型とダクト吹き出し型がある。

4) 天吊り型

室内の隅部の天井に吊り下げするため、床のスペースを有効活用でき、据え付け工事も容易である。後付け用に使われることもある。

5) 天井隠蔽ダクト型

天井内に設置し、ダクトを接続して吹き出しと吸い込みを行う。天井内に隠蔽するため、空調機が目立たない意匠上の利点はあるが、点検口が必要になる。

C2. 個別空調における換気

パッケージ型空調機は吸い込み口から室内の空

気を取り入れ、フィルタを通した後にコイルで熱交換し、吹き出し口から室内に給気している。空気温度調節機能は持っているものの、機内で室内空気を循環させているのみであり、新鮮外気の供給機能はない。建築物衛生法の空気環境衛生管理基準を満たすには、特別に換気機能を持たせた機種を除き、換気のための設備が別途必要となる。以下に個別空調と組み合わせることの多い換気方式を示す。

換気設備の運転状況を在室者が直接操作できるものを個別換気方式、中央管理室等で一元的に管理するものを中央換気方式とする。

C2.1. 直接外気導入換気（個別換気方式）

給気ファンで外気を直接室内に導入し、排気ファンで室内空気を排気する方式である。温湿度を調整していない外気を室内に供給するため、室内温湿度は外気の影響を受ける。温湿度調整済みの室内空気を排気して外気と入れ替えることになるため、冷暖房エネルギーの損失も大きい。

吹き出し口付近に在室者がいる場合、吹き出し気流により夏には暑さ、冬には寒さによる不快を感じることもある。在室者が操作できる場所に換気のスイッチがあると、不快さのため換気運転を止められてしまい、空気環境が維持できなくなる場合がある。吹き出し口近傍には座席を配置しない等の対策が求められる。

C2.2. 熱交換換気（個別換気方式）

全熱交換器を介して室内排気から潜熱と顕熱を回収し、取入れ外気に戻しながら換気を行う方式である。直接外気を導入する場合と比べて室内温湿度の変化を軽減させ、換気による熱損失を削減することができる。ただし、全熱交換器は、温湿度を制御することはできないため、外気と室温の差が大きくなる冬季は、吹き出し口近傍で寒さを感じることもある。

在室者が操作できる場所に換気のスイッチがあると、不快さのため換気運転を止められてしまい、空気環境が維持できなくなる場合がある。また、一般にはまだ全熱交換器の認知度が低いため、そ

の役割と空気環境維持における換気の重要性を利用者に周知することが望まれる。

C2.3. 外気処理換気（中央換気方式）

外気処理用空調機（外調機）や外気処理ユニットにより、温湿度および清浄度を調整した外気を室内に給気する。温湿度の制御ができるため、換気による室内温湿度の変動を最小限に抑えた空気環境の維持管理が可能である。1 台の外気処理専用空調機で建物全室にダクト経由で処理済み外気を供給する場合や、小型の外気処理ユニットを各部屋に設置する場合がある。設備が複雑になるため、主に中央管理室等で管理される。

C3. 個別空調における湿度管理

パッケージ型空調機では、操作パネルで設定された室温を満たすように制御が行われている。冷房時は内蔵の冷却コイルにより空気を冷やすため、冷却による除湿が可能である。しかし、湿度はあくまでも室温を制御した結果の成り行きであり、湿度制御ができるわけではない。また、給水配管に接続されていない室内機には基本的に加湿機能はなく、加湿のための設備が別途必要になる。以下に個別空調と組み合わせることの多い加湿方式を示す。

C3.1. 加湿方式

加湿装置を機構で分類すると、①気化方式、②水噴霧方式、③蒸気方式、④デシカント除加湿方式の 4 つに大別できる。各方式における加湿装置の種類を以下の表に示す。（便覧 2 巻 p.371）

①気化方式： 水をその温度の水蒸気に気化させて加湿する方式。蒸発を伴うため、加湿により空気温度が下がる。給水中の不純物を放出しない。滴下浸透気化式は水の加熱や加圧のエネルギーが不要なため、事務所等の一般空調に最も多く採用されている。低温高湿になるほど加湿量が少なくなる。

②水噴霧方式： 微細な水滴を直接空気に噴霧する方式。蒸発を伴うため、加湿により空気温度

が下がる。給水中の不純物を放出する。

③蒸気方式： 水を 100℃または 100℃以上の蒸気にして噴霧する方式。加湿後も空気温度は下らない。給水中の不純物を放出しない。蒸気生成に熱が必要となるため、エネルギー消費量が増える。病院、食品工場、製薬工場、電子機器工場など高度な湿度制御が求められる場合に採用される。

④デシカント除加湿方式： 外気中の水蒸気を吸湿剤（デシカント）に吸着させ、加熱により脱着させることで室内給気に加湿を行う。外気の湿度により加湿能力が変わるため、安定的な湿度制御には適さない。

各方式における加湿器の種類および特徴を表 1 および表 2 に示す。

C3.2. 個別空調における加湿器の構成

1) 個別空調ユニット内蔵加湿器

通常の個別空調ユニットでは省略されている機能であるが、オプションとして本体に直接取り付けることができる。主に滴下気化式加湿エレメントを使用する。

2) 全熱交換器内蔵加湿器

全熱交換器に加湿器を組み込み、給気（SA）の加湿を補助する。主に滴下気化式加湿エレメントを使用する。

3) ダクト接続加湿器

外調機等の 2 次側にダクト接続し、加湿を行う。本体に送風機を持たないタイプは、外部からの送風動力が必要になる。送風機を内蔵し、加湿器として単独運転できるタイプもある。加湿方式は、滴下気化式、蒸気式等がある。

4) 外調機内蔵加湿器

外気処理用空調機（外調機）や外気処理ユニットにより加湿を行う。加湿方式は、空調機に準ずるため、多様な方式がありうる。

5) 天井埋設加湿器

天井に埋設し、室内の空気を吸い込み、加湿し

た高湿空気を室内に吹き出す。空調方式や空調機の運転に左右されずに加湿を行える。

C4. 実態調査

C4.1. 調査概要

新型コロナウイルスの影響を受けたため、調査が実施できたのは冬季に入ってからであった。北海道、東北、関東にある事務所建築 7 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。式(1)を用いてグローブ温度から平均放射温度を求めた。

$$\bar{t}_r = \left[(t_g + 273)^4 + \frac{1.1 \cdot 10^8 \cdot v_a^{0.6}}{\varepsilon_g \cdot D^{0.4}} (t_g - t_a) \right]^{0.25} - 273 \quad \dots \text{式(1)}$$

\bar{t}_r : 平均放射温度 [°C]、

D : グローブ球の直径 [m]

t_g : グローブ温度 [°C]

t_a : 空気温度 [°C]

v_a : 気流速度 [m/s]

ε_g : グローブ球の放射率

C4.2. 測定結果

測定結果について、建築物衛生法の管理基準により評価を行った。図中に管理基準値を赤線で示す。また、建物に○がついているもの特定建築物を表している。

空気温度の測定結果を図 17 に示す。全ての測位定点で管理基準値を満たしていた。値の高低には、建物種別、空調方法、地域の影響は見られなかった。

相対湿度の測定結果を図 18 に示す。E17 と H04 で湿度管理基準値を満たしていた以外は、全て下限値を下回っていた。適合していたのは中央式空調のみであった。

気流速度の測定結果を図 19 に示す。全ての測定点で管理基準値を満たしていた。

PMV の測定結果を図 20 に示す。概ね ±0.5 の範囲に収まっていたが、H06 のみ約 0.9 となっており、暖かめの環境となっていた。

C4.3. 特定建築物 E15 のメンテナンス状況に関するヒアリング

E15 は特定建築物であり、かつ PAC+換気方式を採用している。そこで、空調設備のメンテナンス状況についてヒアリングを行った。

<建物の状況>

- ・延床面積 33,000 m²で、オフィス+住居で構成されている。オフィス面積は 22,000 m²で、1フロア当たりの空調エリアは 1,560 m²である。

<空調設備概要>

- ・タスクアンビエント方式が採用されており、タスクユニット (PAC) 6×6 台あたり 1 台のアンビエント用外調機 (PAC+浸透膜式加湿) が設置されている。
- ・アンビエント空調機が照明発熱+外気の処理を行い、タスク空調機が貫流発熱や人体発熱等の変動する負荷に対応する設計となっている。

<空調運用状況>

- ・タスク空調機について、通常は壁面のリモコンに内蔵されたサーモスタットで運用しているが、現在は座席近くのワイヤレス温度センサで制御している。人感センサで on/off の制御をしており、80%が可動、20%が停止。
- ・アンビエント空調機は、吹き出し温度制御 (冷房時 15~16°C) を行っている。不感帯があり、19°C吹き出し温度設定で外気が 19°C以下だと、そのまま外気が入ってきてしまう。20°C設定にすると冬季でも冷房になってしまうため、22°C

設定としている。

- ・不動産系企業は一年を通じて 25℃設定としているところが多い。
- ・7～19 時の時間帯は、アンビエント空調機 1 台あたり運転 2100 m³/h で、40 m²を担当している。
- ・外気冷房の判断はしているが、自然換気も行っているため、CO₂ 制御はしていない。現在はコロナ対応のため、加湿よりも換気量最大化を重視した運用としている。
- ・全熱交換器に組み込んだ浸透膜式加湿で湿度制御を行っている。しかし、冷房時も暖房時も湿度制御が困難である。特に冬季に外気温が低いと湿度がのりにくい。
- ・一般論として、蒸気式加湿は、ボイラーないと使えないため、採用事例は少ない。電気式はランニングコストが高い。天井埋設型の加湿器は採用することも多い。

<メンテナンス状況>

- ・外調機は基準を満たすようにメンテナンスしている。主にドレンパンと室外機の傷みの確認を行っている。
- ・スケールよりもスライムがたまり、ドレンパンがオーバーフローする。水がしみないような塗装を行っている。
- ・ドレンパンの点検はカメラを入れて確認しているが、困難である。通常はゾーンで代表的なものを選択しており、数年で全体の点検を終えら

れるスケジュールとなっている。

- ・加湿エレメントは、毎年洗浄液を使って洗浄している。しかし、3 年で交換が必要であり、気化式エレメント自体が高価である。
- ・国の維持管理マニュアルは指針として与えられていると認識しており、参考にしている。

D. 考察

E. 結論

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

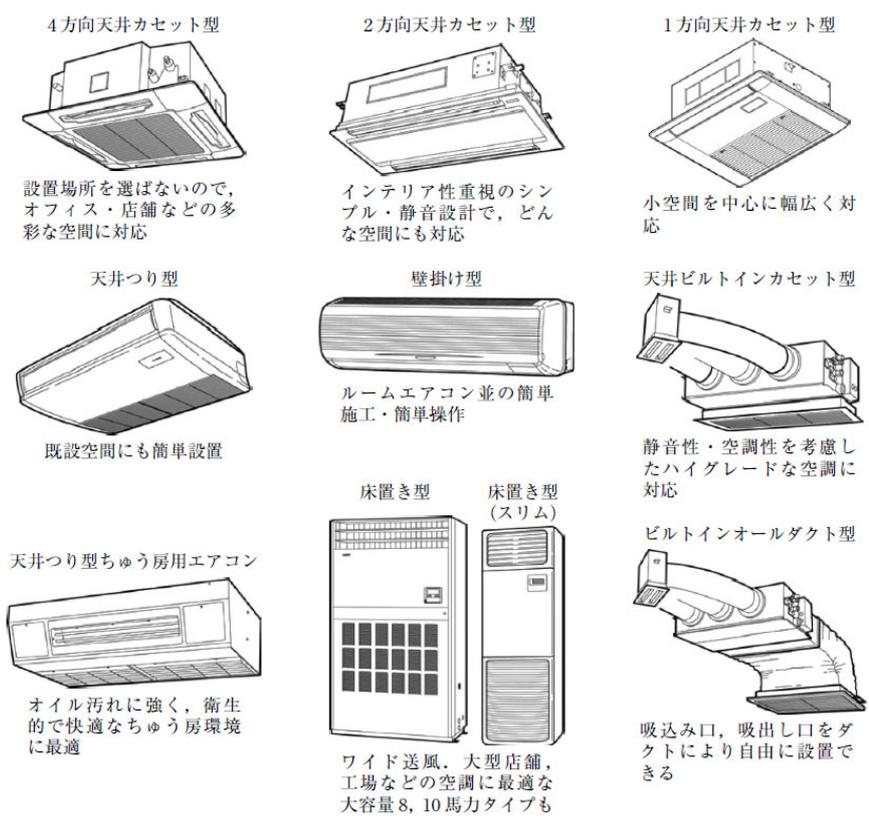


図1 室内機の種類

(空調和・衛生工学会編:空調和・衛生工学便覧(第14版)第2巻、p.343)

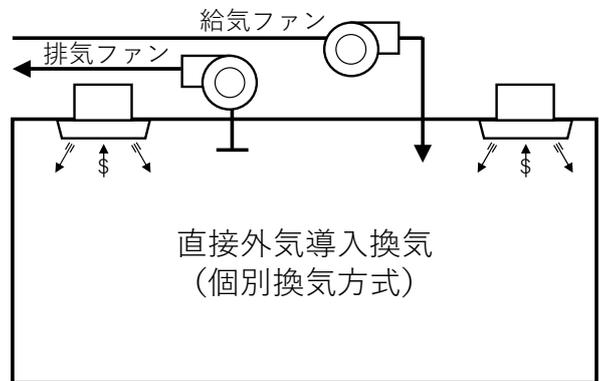


図2 直接外気導入換気概念図

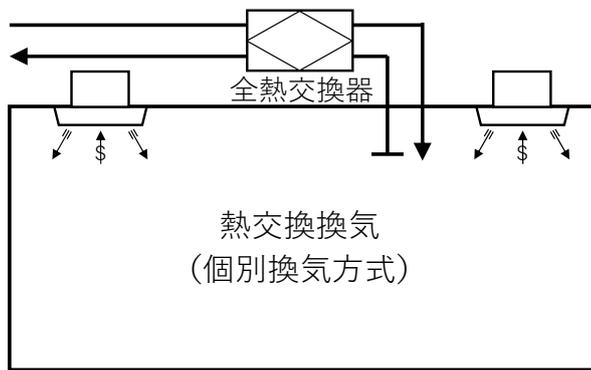


図3 熱交換換気概念図

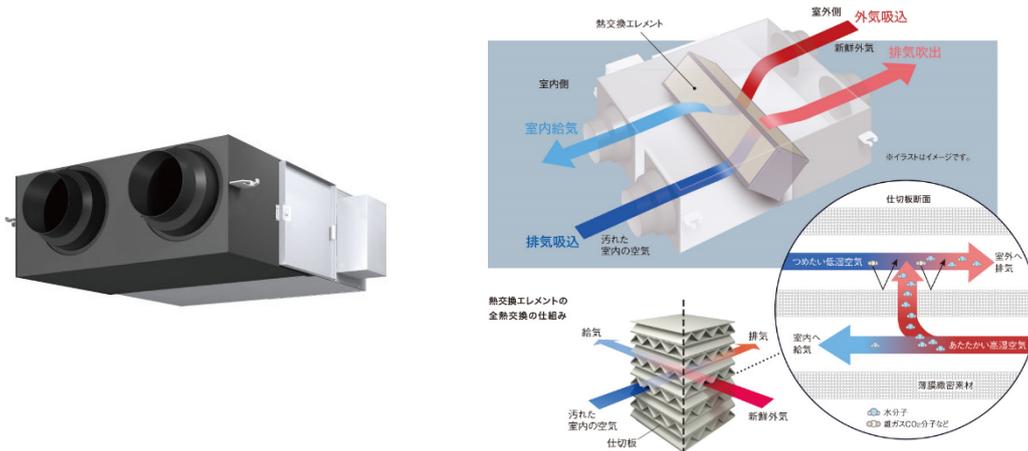


図 4 天井埋込ダクト形全熱交換器とその原理

(<https://www.daikinaircon.com/va/kinou1/lineup/index.html>)

(<https://www.daikinaircon.com/va/kinou1/single/index.html>)

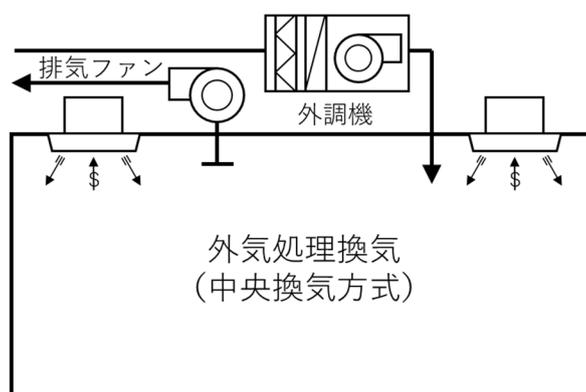


図 4 外気処理換気概念図

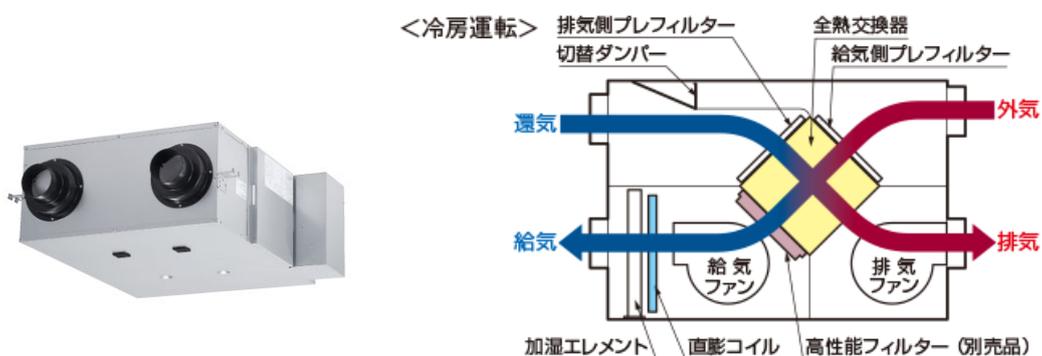


図 6 天井埋込ダクト形外気処理ユニットとその原理

(https://www2.panasonic.biz/ls/air/pac/build/unit_in/in16.html)

表 1 加湿方式とその特徴(その 1)

(空気調和・衛生工学会編 空気調和設備計画設計実務の知識 改定 4 版、p.194、オーム社、2019)

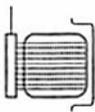
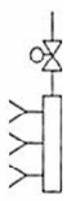
加湿器の種類 項目	気 化 式			水 噴 霧 式				
	滴下式	透過膜式	回転式	高压噴霧式	超音波式	二流体噴霧式	遠心式	
1. 基本構造								
2. 作動原理	上部から加湿材に水を滴下させてぬらし、通風気化させる。	水を通さず水蒸気のみを通す透過膜チューブの内部に水を入れ、外部に通風して気化させる。	吸水性の加湿材を回転してぬらし、通風気化させる。	高压の水をノズルより噴出して霧化させる。	水槽底部の振動子に超音波振動を加え、水を霧化させる。	圧縮空気と水をノズルにより同時に噴出し、霧化させる。	回転円板上の水を遠心力で飛散させて霧化させる。	
3. 粒子性状	高温湿度空気	高温湿度空気	高温湿度空気	平均 40~60 μm の粗い水粒子	平均 10~30 μm の粗い水粒子	平均 5~35 μm の細かい水粒子	平均 30~50 μm の高圧噴霧式より細かい水粒子	
4. 給水有効利用率[%]	30~70	100	70~80	30~50	80~100	80~100	80~100	
5. 制御性 オンオフ 比例 応答性	○(自己制御性あり) × △	○(自己制御性あり) × ×	○ × △	○ × ○	○ ○ ○	○ × ○	○ × ○	
6. 特長	・加湿吸収距離が不要 ・ランニングコストが安い	・加湿吸収距離が不要 ・ランニングコストが安い	・加湿吸収距離が不要 ・ランニングコストが安い	・イニシャルコストが安い	・ランニングコストが安い	・ランニングコストが安い ・大容量	・ランニングコストが安い	
7. 問題点	・加湿材の汚れ ・加湿材表面に微生物が発生するおそれがある。	・透過膜目詰まり ・加湿材表面に微生物が発生するおそれがある。	・加湿材の汚れ ・加湿材表面に微生物が発生するおそれがある。	・給水有効利用率が小さい、加湿吸収距離が大きい(エリミネータが必要)。 ・水中の不純物を空気中に放出 ・ノズルの目詰まり	・加湿水が微生物に汚染されやすい。 ・水中の不純物を空気中に放出 ・大容量のものはイニシャルコストが高い。 ・振動子の寿命 5000~10000 時間	・圧縮空気必要 ・水中の不純物を空気中に放出 ・ノズルの発生騒音 ・ノズルの目詰まり	・水中の不純物を空気中に放出 ・軸受の寿命 20000~30000 時間	
8. 保守点検事項	・シーズンごとに本体メディアアの清掃点検	・シーズンごとに本体の清掃点検	・シーズンごとに水槽および蒸発メディアアの清掃点検	・シーズンごとにノズルの清掃点検	・シーズンごとに振動子および水槽の清掃点検	・シーズンごとにノズルの清掃点検	・1回/月程度の回転盤清掃点検	
9. 適用	・内部発熱の大きい室 ・ランニングコストの安い加湿 【例】美術館、博物館、電算機室など	・加湿水中の塩類、菌あるいは殺菌用遊離塩素などが空気中に飛散してしまさつかええい室(純水器を設置すれば塩類の飛散は防止できる) ・ランニングコストの安い加湿 【例】食品倉庫、繊維、紙加工工場、植物工場など						

表 2 加湿方式とその特徴(その 2)

(空気調和・衛生工学会編 空気調和設備計画設計実務の知識 改定 4 版、p.193、オーム社、2019)

項目	蒸気式				
	直接蒸気スプレー式	間接蒸気スプレー式	電極式	赤外線式	電熱式(パン型・シリンダ型)
1. 基本構造					
2. 作動原理	ボイラから供給される蒸気をそのまま噴霧する。	ボイラからの高圧蒸気を熱源として利用し、二次蒸気を発生させる。	電極間の水をジュール熱で加熱し、蒸気を発生させる。	水槽上部に取り付けた赤外線電熱ヒータの放射熱により、水面を加熱し蒸気を発生させる。発生した蒸気は赤外線により、さらに加熱される。	パン型あるいはシリンダ型の水槽に電熱ヒータを浸し、水を加熱して蒸気を発生させる。
3. 粒子性状	乾燥蒸気、飽和蒸気	飽和蒸気	飽和蒸気	乾燥蒸気	飽和蒸気
4. 給水有効利用率 [%]	100	80~90	80~90	80~90	80~90
5. 制御性 オンオフ 比例 応答性	○ ○ ○	○ ○ ○	○ ○ △	○ ○ ○	○ ○ ○
6. 特長	・無菌でクリーン (ボイラ水処理剤が含まれるおそれがある) ・高精度・乾燥蒸気	・無菌でクリーン (ボイラ水処理剤が含まれない) ・地域熱源蒸気使用可能	・無菌でクリーン ・設置スペース小	・無菌でクリーン ・乾燥蒸気	・無菌でクリーン ・設置スペース小 パン型は安価
7. 問題点	・ボイラ、蒸気配管およびドレン配管必要	・蒸気源、二次蒸気発生器、蒸気配管およびドレン配管必要	・比較的高価 ・電極の寿命 2000~8000 時間	・比較的高価 ・赤外線ランプの寿命 約 6000 時間	・パン型はスケールの付着が多い ・シリンダ型は比較的高価
8. 保守点検事項	・1回/2年程度でノズルの清掃点検	・シーズンごとに加熱タンクの清掃点検 ・1回/5年程度で加熱コイルの清掃点検	・シーズンごとにシリンダの清掃または交換	・シーズンごとに水槽の清掃点検	・シーズンごとに本体の清掃点検
9. 適用	・無菌でクリーンな加湿を必要とする室 ・高精度な湿度制御を必要とする室 ・低温加湿を必要とする室 【例】食品工場、LSI工場、精密機械工場、バイオ研究所、恒温恒湿室、動物舎、クリーンルーム、手術室など				

○：良い・可 △：やや悪い ×：悪い・不可

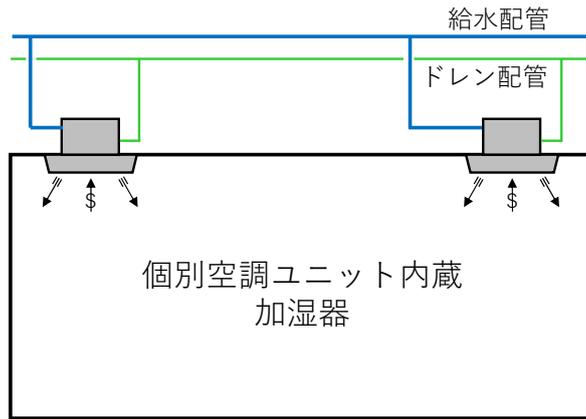


図 7 個別空調ユニット内蔵加湿システムの構成

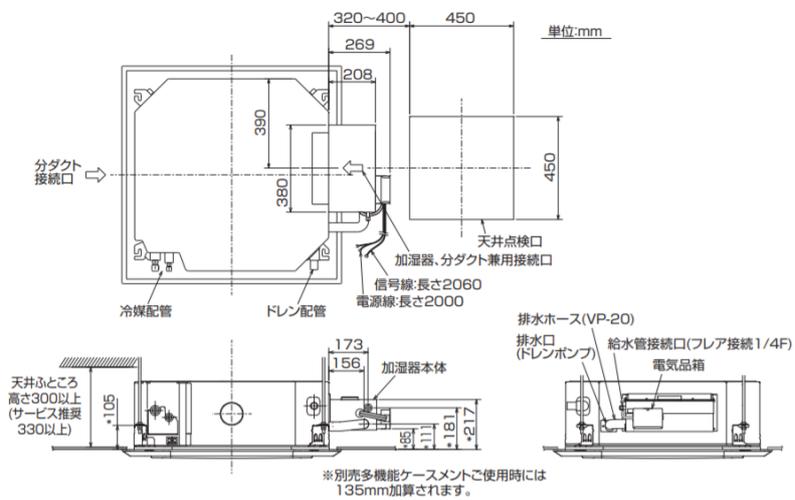


図 8 個別空調ユニット内蔵加湿器の例

(https://dl.mitsubishielectric.co.jp/dl/ldg/wink/ssl/wink_doc/m_contents/wink/PAC_IM/bg79y725h01.pdf)

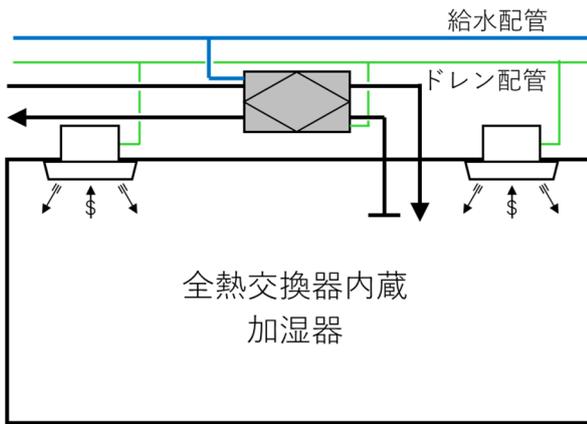


図 9 全熱交換器内蔵加湿システムの構成

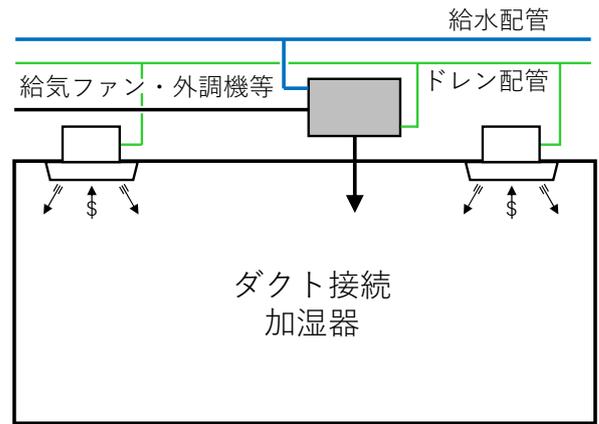


図 11 ダクト接続加湿システムの構成

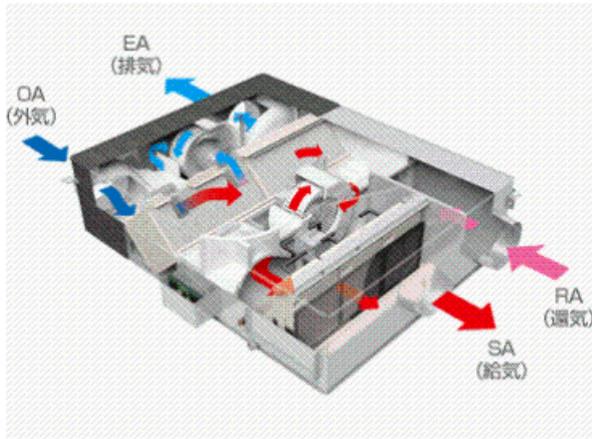


図 10 天井埋設形加湿器付き全熱交換器
<https://www.mitsubishielectric.co.jp/ldg/ja/air/products/culossnay/commercial05/index.html>



図 12 ダクト接続加湿器
<https://www.wetmaster.co.jp/product/vapor/vsc/>

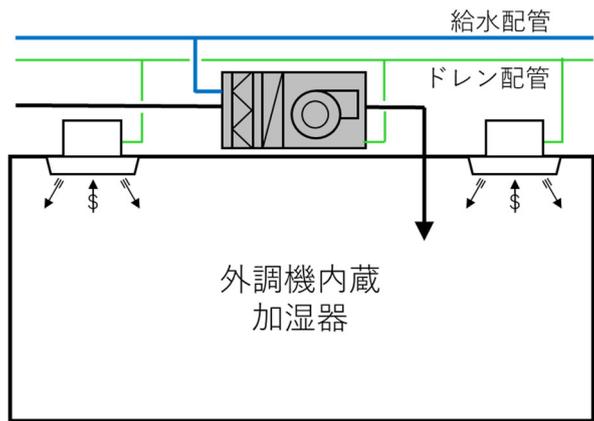


図 13 外調機内蔵加湿システムの構成

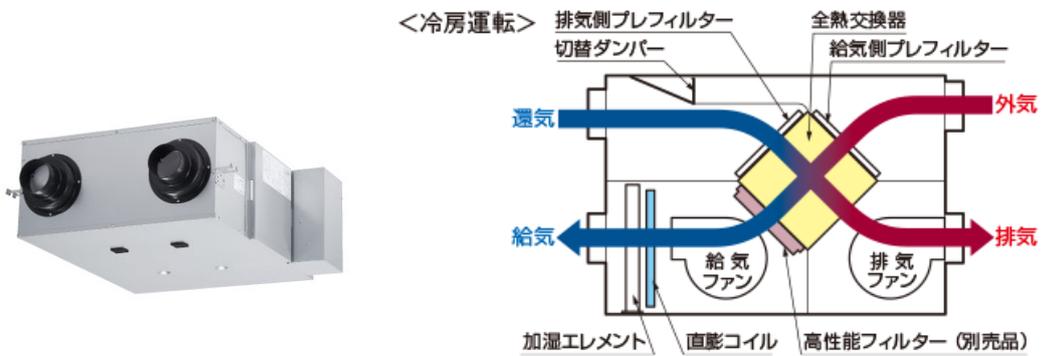


図 14 天井埋込ダクト形外気処理ユニット

(https://www2.panasonic.biz/ls/air/pac/build/unit_in/in16.html)

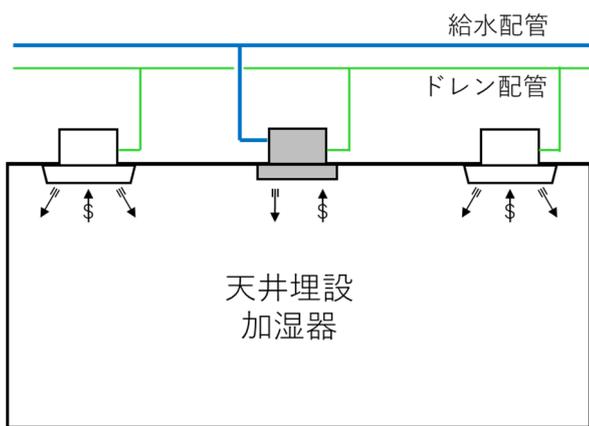


図 15 天井埋設加湿システムの構成



図 16 天井埋設型加湿器

(<https://www.wetmaster.co.jp/product/vapor/vcj/>)

表 1 測定建物概要

コード	地域	都道府県	建物種別	空調方式	測定階	測定位置	測定日時
E15	関東	東京	特定建築物	PAC+換気		中央	2021/12/15 10:35
						窓側	2021/12/15 10:19
E16			3,000m2未満	PAC+換気	1	中央	2021/12/16 10:04
						窓側	2021/12/16 9:48
E17			3,000m2未満	中央式	4	中央	2021/12/16 14:03
						窓側	2021/12/16 14:19
	PAC+換気	3		中央	2021/12/16 14:45		
H04	北海道	札幌	特定建築物	中央式+PAC	5	中央	2021/12/17 14:51
窓側						2021/12/17 15:25	
H05			特定建築物	中央式+PAC	4	中央	2021/12/17 16:51
						窓側	2021/12/17 17:27
H06			3,000m2未満	PAC+換気	2	中央	2022/2/10 11:19
						窓側	2022/2/10 11:48
T01	東北	福島	3,000m2未満	PAC+換気	1	中央	2022/2/8 14:22
						窓側	2022/2/8 14:02

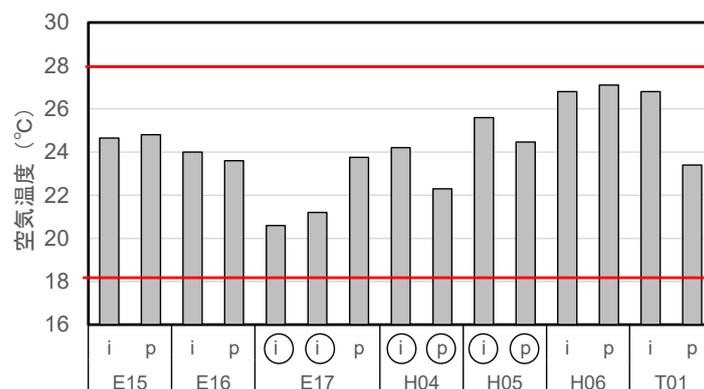


図 17 空気温度測定結果

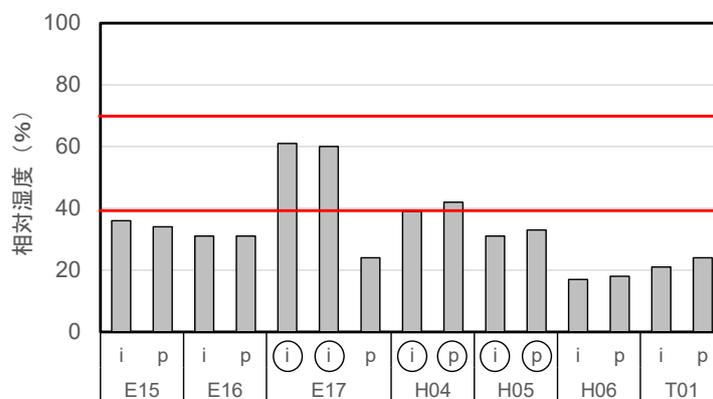


図 18 相対湿度測定結果

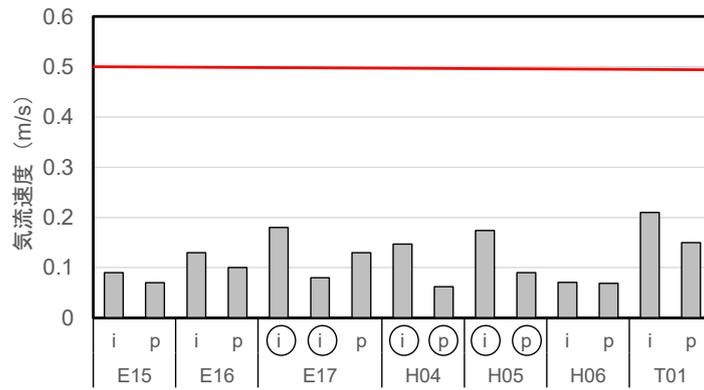


图 19 气流速度测定结果

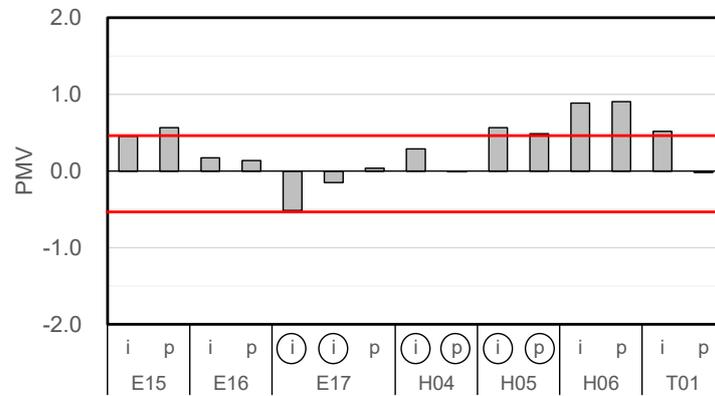


图 20 PMV 测定结果

厚生労働行政推進調査事業費補助金（健康安全・危機管理対策総合）
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
竣工設備データベース「ELPAC」を用いた6地域の事務所建築の
空調設備とエネルギー消費量の動向分析

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

研究要旨

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）を用いて分析した。本研究では建築物データが多い6地域の事務所建築に着目した。その結果、以下のことがわかった。①竣工年度が新しくなるにつれて「個別空調方式」「個別空調方式＋中央管理方式」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。「未導入」の割合は不明であるが、「個別空調方式」の方が相対的には「データなし・未導入」の割合が高いため、冬期の低湿度環境の形成の要因になっている可能性がある。③「年代を経るに従って原単位の中央値が小さくなる傾向が見られる。これは、設備機器の高効率化が進んでいることと整合していると推察できる。また、空調方式で比較すると、「中央管理方式」の方が原単位は若干小さい。

A. 研究目的

建築物の中で人は、1日の9割の時間を過ごすといわれる¹⁾。従って、不適切な室内環境に暴露され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・管理が極めて重要となる。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。特に、カーボンニュートラル社会の実現に向けて、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必須の課題となっている。

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、エネルギー消費量等の動向を把握することを目的とする。なお、本研究で用いる竣工設備データベース「ELPAC」には1,000件程度の情報がまとめられているが、地域による偏りが大きく、省エネルギー地域区分・6地域に位置する建築物の割合が高い。そこで、ここでは6地域の事務所建築のみに着目し、データを分析する。

B. 研究方法

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 件のうち、省エネルギー基準の地域区分で 6 地域に位置するデータとする。表 1 に地域区分と建物種別、工事種類におけるデータの内訳を示す。「関東・中部」「近畿以西」の割合が高いため、このうち 6 地域の建物 (N=964) を分析対象とした。また、工事種類で見ると、全体では新築の建築物の件数が多いことがわかる。

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」⁴⁾の 3 種類に分類した。

C. 研究結果

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る。「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、竣工年度を経るにつれて増加する傾向が顕著に現れている。

2) 延床面積の動向

図 2 に延床面積の動向を示す。全ての年代における各空調方式の延床面積の中央値は、「中央管理方式」が 18,799m²、「個別方式」が 5,482m²、「個別空調方式+中央管理方式」が 13,755m²となっている。図に示す各年代においても、「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ことが

確認できる。「中央管理方式」には年代に変動があるが、全体としては大きな変化はないと考えられる。「個別空調方式+中央管理方式」は「個別空調方式」と同様に、竣工年度が新しくなるにつれて延床面積が大きくなる傾向が見られる。

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」が大半を占めている。データの記載が無く「データなし・未導入」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 9.4~54.7% の割合を占めている。ペリメータゾーンの方が「データなし・未導入」とする割合が高いが、加湿に対する意識が低いことも反映されている可能性がある。また、「未導入」の割合は不明であるが、「個別空調方式」の方が相対的には「データなし・未導入」の割合が高いため、冬期の低湿度環境の形成の要因になっている可能性がある。

4) エネルギー消費量の動向

「ELPAC」に収められているエネルギーデータは各月の熱源別に記載されるとともに、年間合計値としてもまとめられている。年間エネルギー消費量が得られた建築物の件数を表 3 に示す。これを見ると、必ずしも全ての建築物に対してデータが整っている訳ではなく、エネルギーデータが欠落している事例が多いことがわかる。なお、エネルギーデータは一次エネルギー消費量として熱量換算する。

図 4 には、空調方式別に全ての建築物の年間エネルギー消費量原単位を小さいものから順に並べている。寒冷地のデータは極端に少なく、ここで取り上げている 6 地域のデータが相対的に多いことがわかる。また、「個別空調方式」「中央管理方式」のデータが多いが、「中央管理方式」の方が原単位は大きい事例の割合が高い傾向が窺える。これらの建築物それぞれを事例的に捉えて、エネルギー消費量の大小に及ぼす要因を考察することも重要である。

図 5 に、空調方式別・年代別の年間エネルギー消費原単位を示す。「個別空調方式」「個別空調方

式+中央管理方式」では年代を経るに従って原単位の中央値が小さくなる傾向が確認できるが、「2013 年度以降」は数件のみのサンプルであるため、今後のデータ蓄積が必要である。原単位が小さくなることは、設備機器の高効率化が進んでいることと整合していると推察できる。また、「中央管理方式」においても新しい竣工年の建築物群の方が原単位は小さい。空調方式で比較すると、中央値においては大きな差は認められないが、「中央管理方式」の方が原単位は若干小さくなるようである。

D. 結論

6 地域の事務所建築を対象として、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」「個別空調方式+中央管理方式」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。「未導入」の割合は不明であるが、「個別空調方式」の方が相対的には「データなし・未導入」の割合が高いため、冬期の低湿度環境の形成の要因になっている可能性がある。
- ③ 年代を経るに従って原単位の中央値が小さくなる傾向が見られる。これは、設備機器の高効率化が進んでいることと整合していると推察できる。また、空調方式で比較すると、「中央管理方式」の方が原単位は若干小さい。

今後は、採用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。

E. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

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) 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/001012880.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/sei-katsu-eisei09/03.html>

表1 データの内訳

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)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
			冷水	温水	
冷熱源	中央管理方式	冷水	冷凍チャラー(水冷・空冷)	吸収式冷凍機(温水・蒸気・排熱利用)	
	個別空調方式		冷凍パッケージ(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		ヒートポンプチャラー(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	

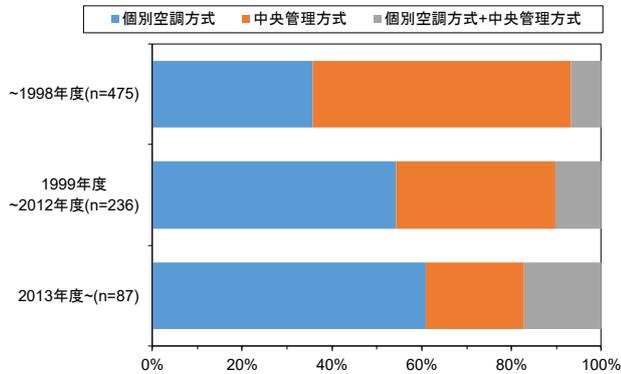


図1 空調方式の動向(6地域)

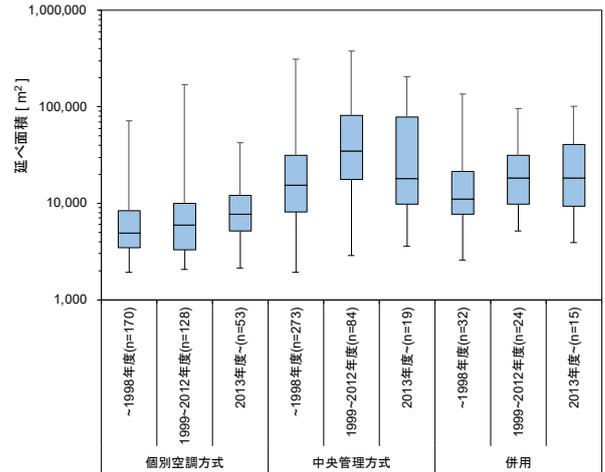
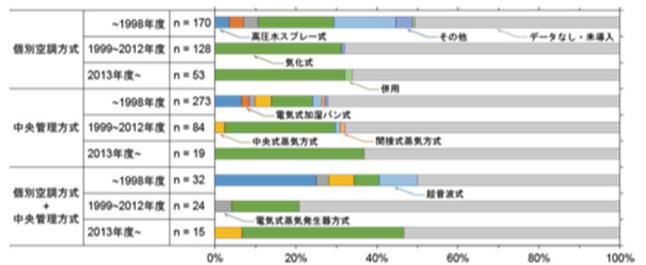


図2 延床面積の動向(6地域)

a)ペリメータゾーン



b)インテリアゾーン

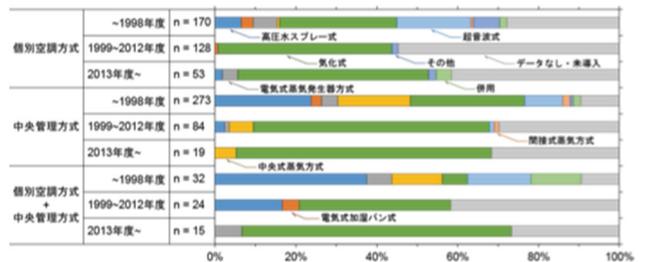
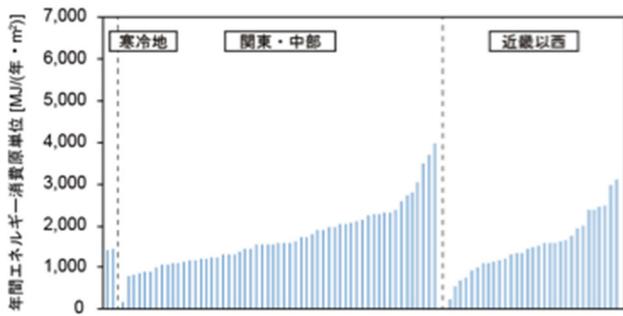


図3 加湿方式の動向(6地域)

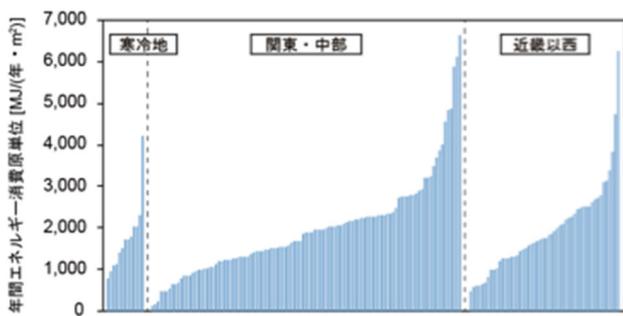
表3 エネルギー-消費量データの内訳

地域区分				
空調方式	寒冷地	関東・中部	近畿以西	計
個別式	2	57	31	90
中央式	13	107	52	172
個別式+中央式	3	17	9	29
計	18	181	92	291

a)個別空調方式



b)中央管理方式



c)個別空調方式+中央管理方式

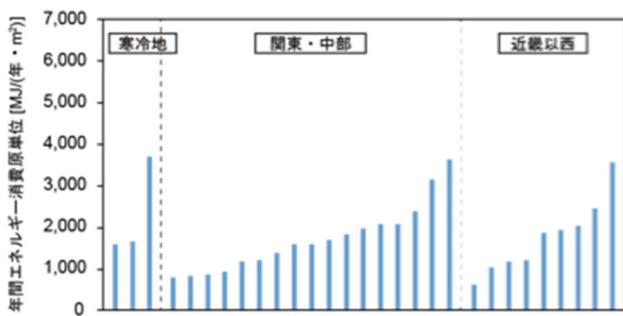


図4 年間エネルギー消費原単位の分布

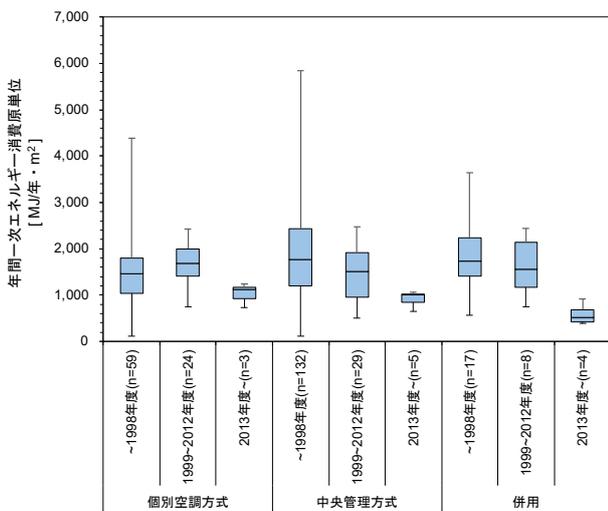


図5 年間エネルギー消費原単位の動向(6 地域)

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
管理・指導の課題整理

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
研究代表者	林 基哉	北海道大学 大学院工学研究院	教授

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空調設備と維持管理に関する質問紙調査を行い、COVID-19 等感染症対策が行われる前と感染症対策が行われた後で、困難な状態に陥っていないか等を把握した。平時と比較して COVID-19 の感染拡大後は、感染対策として行っている窓開け換気により、空調設備を用いた室内の温熱環境調整が難しくなっていると考えられた。

今後、詳細な分析が必要であるものの、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。

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、不適合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、不適合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。

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¹⁾ 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。

これらの平時に行った調査物件に対して、感染症拡大後の空調換気設備と維持管理に管理の状況を把握する。

B. 研究方法

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。

以下に冬期に行った質問項目と夏期に行った質問項目を示す。

C. 研究結果

C1. 冬期の空調換気設備と維持管理²⁾

調査は 2021 年 2 月から 3 月にかけて 55 件の

(冬期の質問項目)

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
【1. 前回と同じ】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 ()

(夏期の質問項目)

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
【1. 前回と同じ】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. 今回の測定期間中の在室人数：平均 約 () 人
2. 床面積：前回と異なる場所の場合のみお答えください。一約 () m²
3. 入居階数：前回と異なる場所の場合のみお答えください。→ () 階

問3 測定対象室の空調運転について、現状や冬期と夏期の違い、困っていること等を記入してください。
1. 設定値について
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・センサのある場所 ()
b. 測定期間中の温湿度設定値：温度 () °C、湿度 () %

2. 運転・維持管理について
冬期(2021年2月)と比べて、異なる点を記入してください。
()

3. 冬期(2021年2月)と比べて、困ったこと・困っていること
a. 温度に関することで、困ったこと・困っていることを記入してください
()

b. 湿度に関することで、困ったこと・困っていることを記入してください
()

c. 換気(窓開け換気も含む)に関することで、困ったこと・困っていることを記入してください
()

d. 結露に関することで、困ったこと・困っていることを記入してください
()

e. 調整・制御性に関することで、困ったこと・困っていることを記入してください
()

f. その他、困ったこと・困っていることを記入してください
()

問4 職場での新型コロナウイルス感染症対策に関して、冬期と比べて異なる点、さらに力を入れていることについて、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5 その他、個別空調方式を含む室内空気環境の調整について、お困りごとなどございましたら、ご自由にご記入ください。
()

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1に調査対象室の床面積の回答を示す。対象の42%（23件）が100㎡未満、100㎡以上200㎡未満が25%（14件）、200㎡以上300㎡未満が16%（9件）、300㎡以上が11%（6件）、無回答が6%（3件）という内訳であった。

図2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3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4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5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6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7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8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

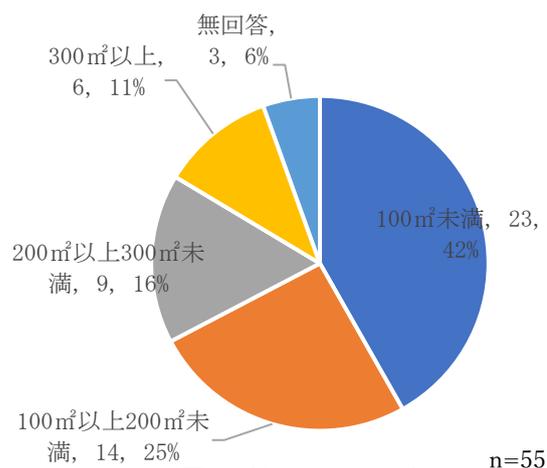


図1 対象室の床面積

n=55

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9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10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11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12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13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・

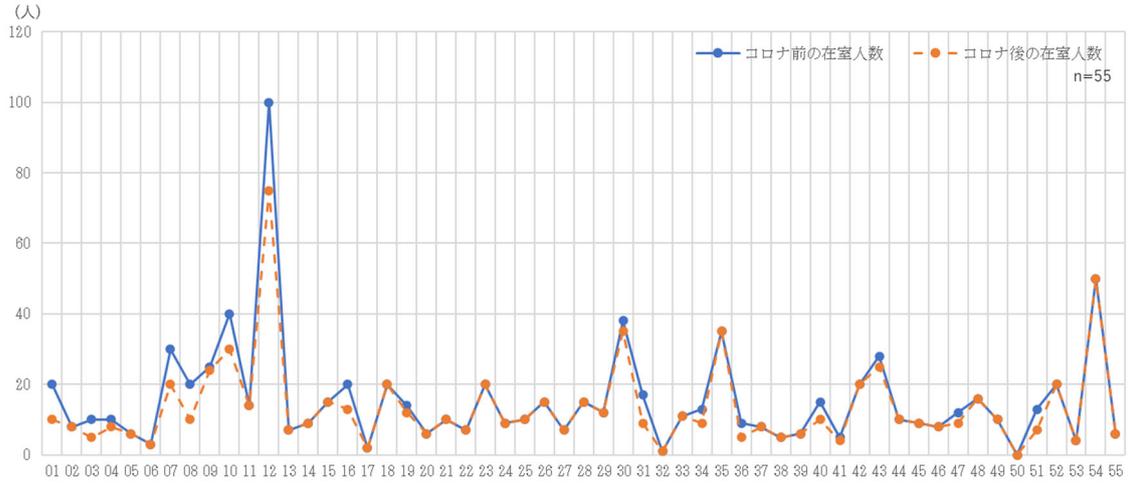


図2 感染症対策前後の在室人数の比較

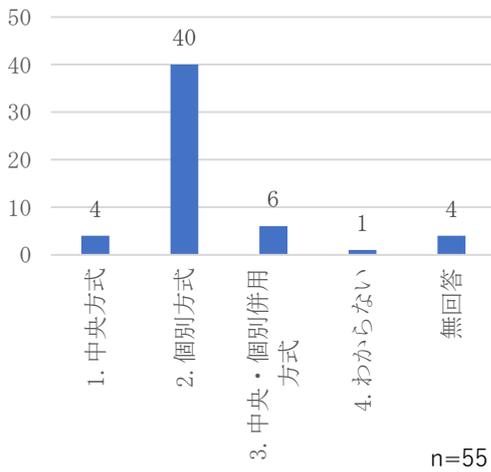


図3 対象室の空調方式

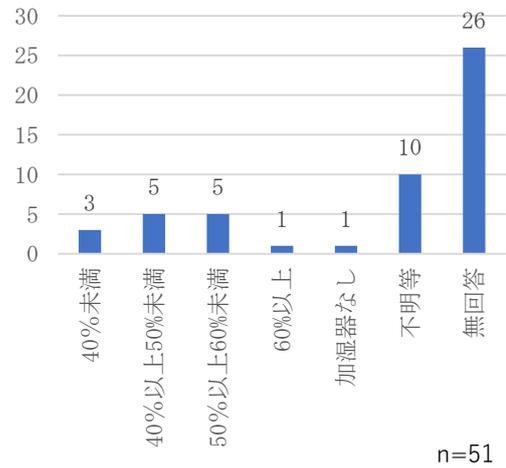


図5 対象室の湿度設定値

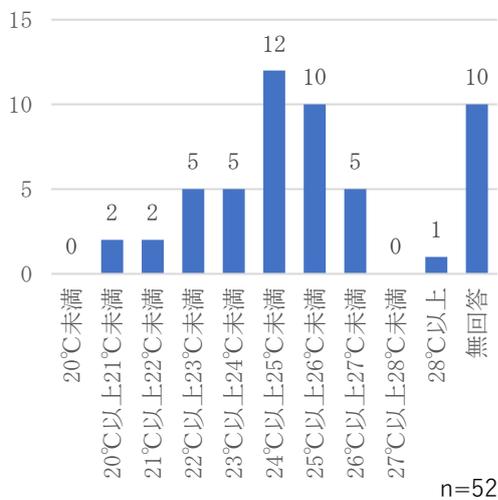


図4 対象室の温度設定値

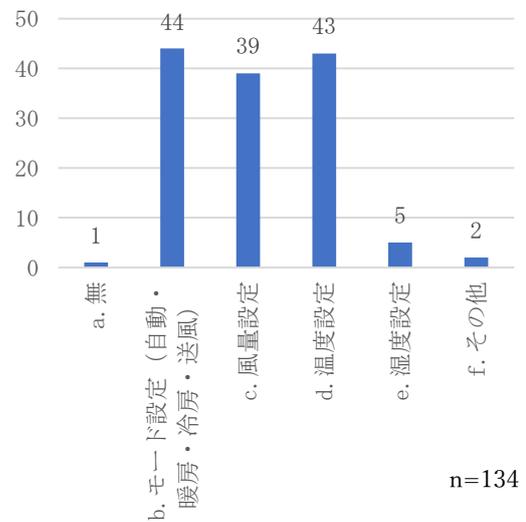


図6 居室で操作可能な空調設定(複数回答)

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。

C2. 夏期の空調換気設備と維持管理

調査は2022年8月に、冬期に行った55件のうち、41件の企業に対し実施された。調査対象室は、冬期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14に対象室の温度設定値の回答を示す。設定値としては、26℃以上27℃未満が22%（9件）で最も多く、次いで、24℃以上25℃未満が17%（7件）および、25℃以上26℃未満が7%等の順であった。窓開け換気等を考慮すると、高めの室温であると推察される。

図15に対象室の湿度設定値の回答を示す。不明や無回答が半数（21件）となった。冬期同様、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、50%以上60%未満、および60%以上がそれぞれ10%（4件）であった。

図16に空調運転・維持管理について、冬期と比べて異なる点の回答を示す。46%（19件）が冬期と比べて異なる点があると回答している。あると回答している場合の自由記述では、換気回数が増えた、空調の設定温度が異なる、個別式のエアコンに変更した、加湿を行わない、湿度が高くなりがち、換気のためにも度を開けているためエアコンが効きにくい、空気清浄機を新たに設置した等の回答があった。

図17に、温度に関して、冬期と比べて困ったことや困っていることの回答を示す。56%（23件）が困ったことや困っていることはないとの回答であったものの、17%（7件）はあるとの回答であった。あると回答している場合の自由記述では、空調吹き出しの位置によって冷房の効果に差がある（同3件）、換気するたびに温度

が上がる（同2件）、局所的に冷えすぎるところがある、室温が変化しやすい、室外機への負荷がかかり過ぎている等の回答があった。

図18に、湿度に関して、冬期と比べて困ったことや困っていることの回答を示す。温度と同様、56%（23件）が困ったことや困っていることはないとの回答であったものの、17%（7件）はあるとの回答であった。あると回答している場合の自由記述では、換気のために外気導入量が多く湿度が60%以上になり高い、換気するたびに湿度が上がる、じめじめして不快（同2件）等の回答があった。

図19に、換気に関して、冬期と比べて困ったことや困っていることの回答を示す。約半数の49%（20件）が困ったことや困っていることはないとの回答であったものの、29%（12件）はあるとの回答であった。あると回答している場合の自由記述では、結露が起こる、窓開けのために温度や湿度が上がってしまう（同2件）、窓を開けていることで温度と湿度が適正にならない、窓を開けているため冷房の効率が悪い、温度と湿度を下げるのに時間がかかる（同2件）等の回答があった。

図20に、結露に関して、冬期と比べて困ったことや困っていることの回答を示す。61%（25件）が困ったことや困っていることはないとの回答であったものの、5%（2件）はあるとの回答であった。あると回答している場合の自由記述では、外気が当たるところは結露が発生する、結露の水滴が落下する等の回答があった。

図21に、調整・制御性に関して、冬期と比べて困ったことや困っていることの回答を示す。56%（23件）が困ったことや困っていることはないとの回答であったものの、7%（3件）はあるとの回答であった。あると回答している場合の自由記述では、温度の調整が難しくなり何度に設定すべきかわからない、場所によって温度変化が大きいので調整が大変、中間期の気温変化時に対応できない等の回答があった。

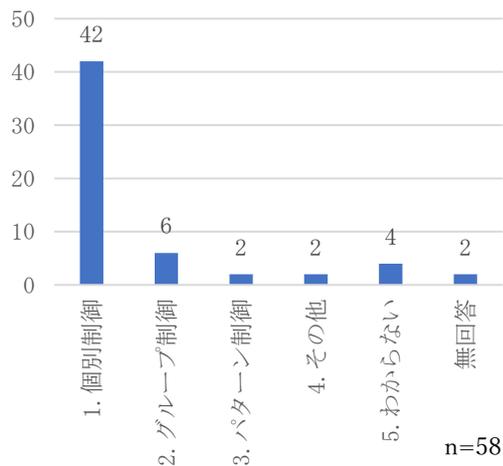


図7 対象室の空調制御(3件複数回答)

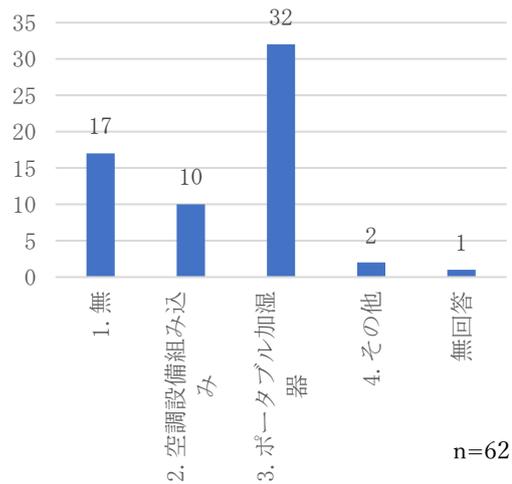


図10 加湿装置等の設置状況(複数回答)

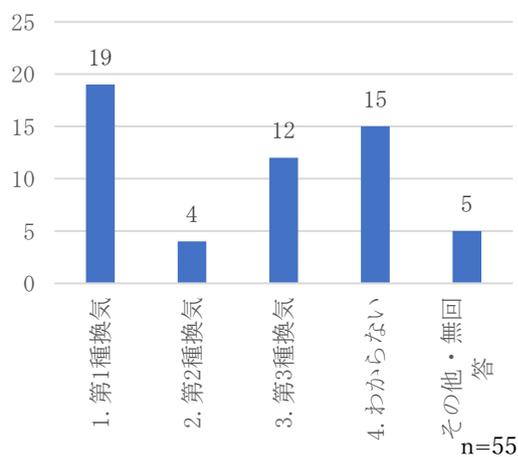


図8 対象室の換気設備

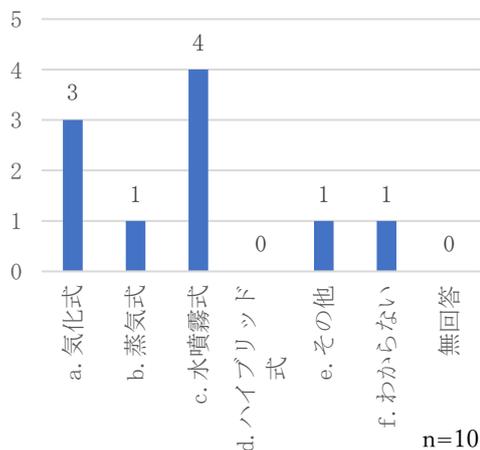


図11 加湿方式

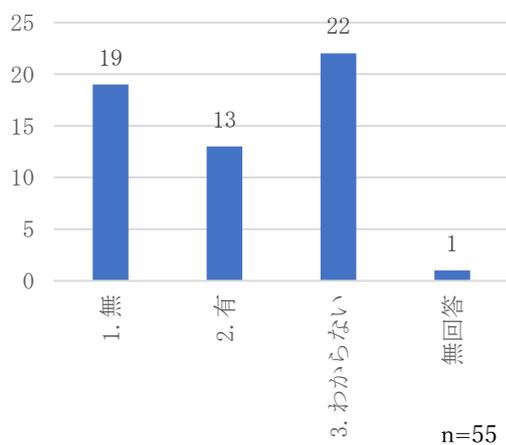


図9 対象室の熱回収の有無

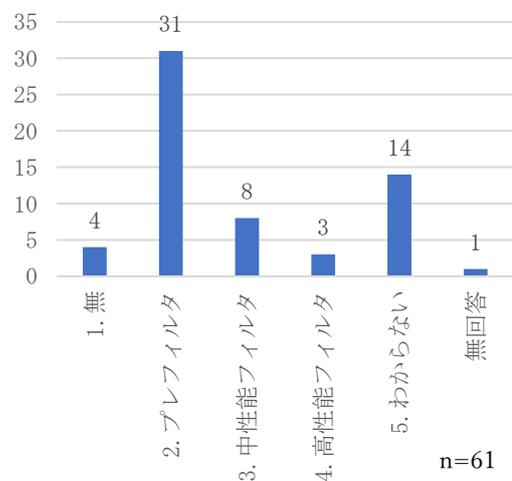


図12 空調機等のフィルタ(複数回答)

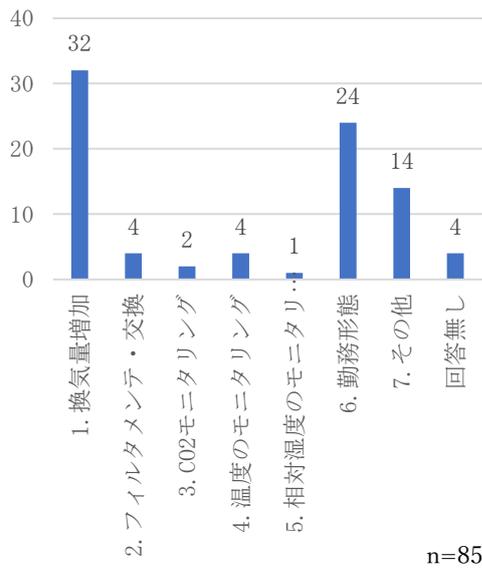


図 13 感染症対策(複数回答)

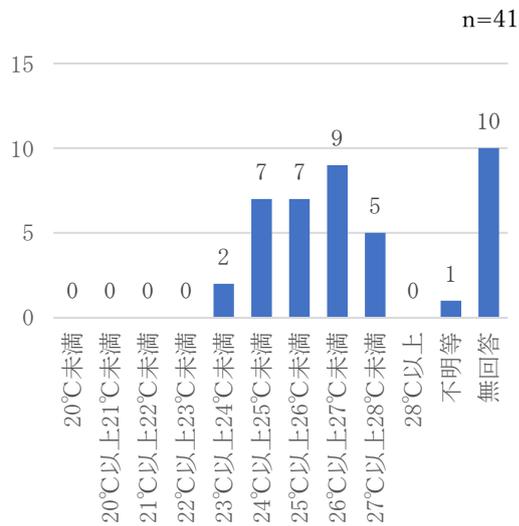


図 14 対象室の温度設定値

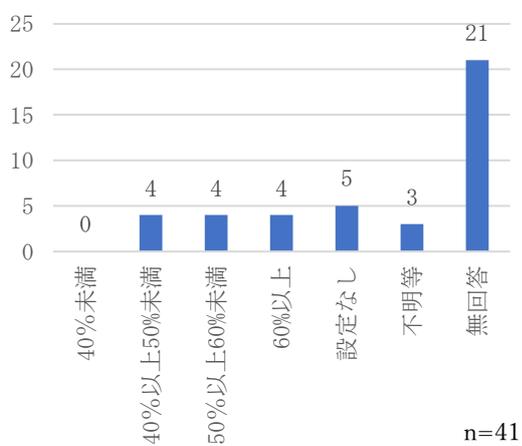


図 15 対象室の湿度設定値

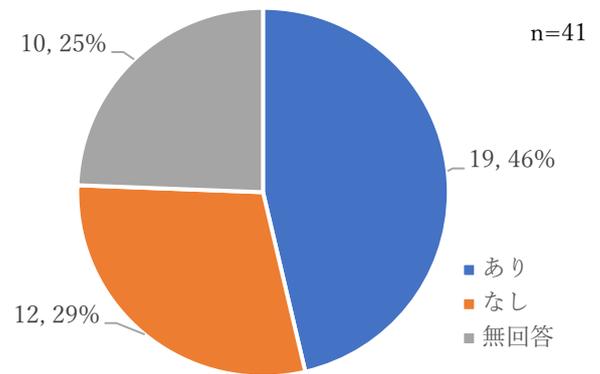


図 16 運転・維持管理 冬期と比べて異なる点

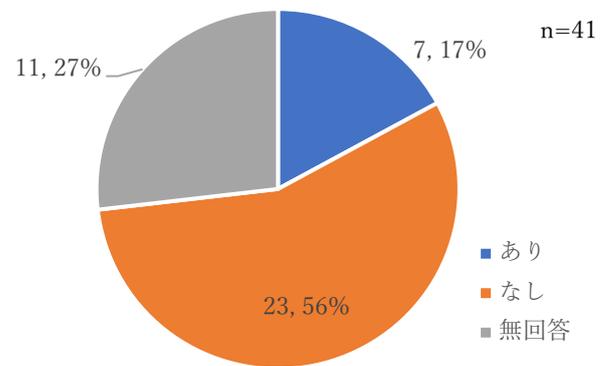


図 17 冬期と比べて困ったことや困っていること(温度)

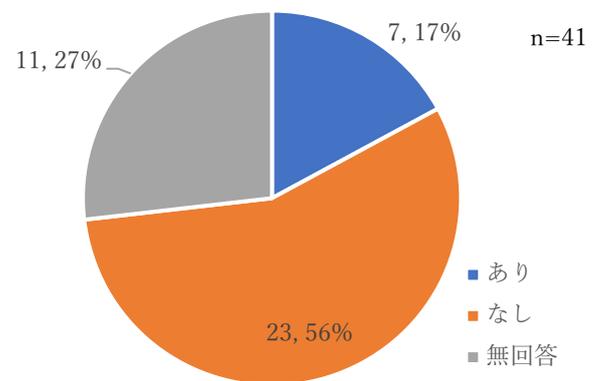


図 18 冬期と比べて困ったことや困っていること(湿度)

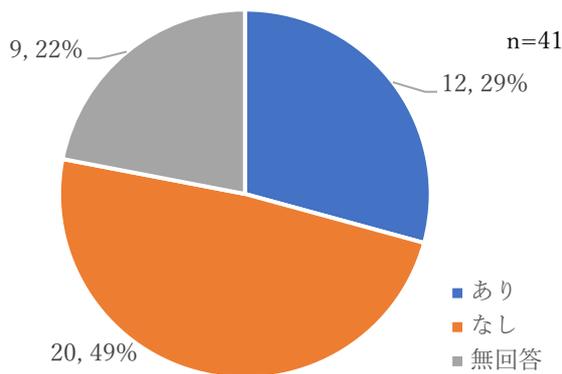


図 19 冬期と比べて困ったことや困っていること(換気)

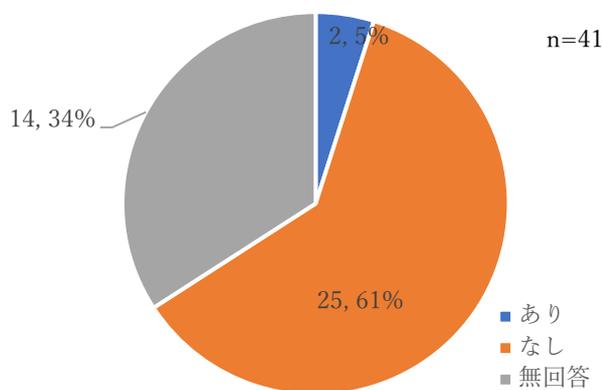


図 20 冬期と比べて困ったことや困っていること(結露)

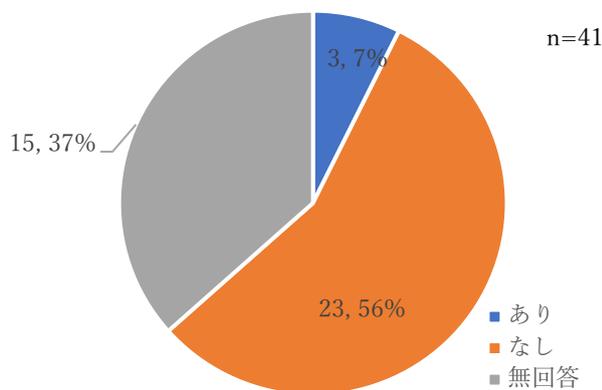


図 21 冬期と比べて困ったことや困っていること(調整・制御性)

D. 考察

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結果、平時と比較して COVID-19 の感染拡大後は、感染対策として行っている窓開け換気により、空調設備を用いた室内の温熱環境調整が難しくなっていると考えられる。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空調設備と維持管理に関する質問紙調査を行い、COVID-19 等感染症対策が行われる前と感染症対策が行われた後で、困難な状態に陥っていないか等を把握した。今後、詳細な分析が必要であるものの、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) Kenichi AZUMA, Naoki KAGI, U YANAGI, Hoon KIM, Noriko KAIHARA, Motoya HAYASHI, Haruki OSAWA. Effects of suspended particles, chemicals, and airborne microorganisms in indoor air on building - related symptoms: a longitudinal study in air - conditioned office buildings. Healthy Buildings 2021 – Europe Proceedings of the 17th International Healthy Buildings Conference 21-23 June 2021; ISSN: 2387-4295 (SINTEF Proceedings (online)). ISBN: 978-82-536-1728-2 (pdf). SINTEF Proceedings no 9. Paper5.2.
- 2) 開原典子, 島崎大, 齋藤敬子, 金勲, 東賢一, 中野淳太, 樺田尚樹, 柳宇, 鍵直樹, 長谷川兼一, 建築物の環境衛生管理の実態に関する全国調査 その 11 中規模建築物の環境衛生管理の実態. 第 80 回日本公衆衛生学会総会 ; 2021.12 ; 東京 (ハイブリッド). 抄録集 P-21-12. p. 488.

3. 総説

- 1) 開原典子. 行政の動き 特定建築物の不適合率の状況. ビルと環境2021.9 ; 174 : 44-9.
- 2) 開原典子. COVID-19対策と熱中症対策を両立させる換気と冷房. 公衆衛生 2021 ; 85 (7) : 477-82.

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, 林 基哉, 小林 健一, 柳宇, 鍵 直樹, 東 賢一, 長谷川 兼一, 中野 淳太, 李 時桓. 事務所建築の室内空気環境管理に関する調査 その 2 室内温湿度の実態. 令和元年度空気調和・衛生工学会大会 ; 2019 年 10 月 ; 札幌. 令和元年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集.
- 2) 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

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

個別空調方式の室内空気環境の実態調査

研究分担者 柳 宇 工学院大学 建築学部 教授

研究要旨

この十数年間で温度、相対湿度、二酸化炭素（CO₂）濃度の不適率が上昇し続けており、個別方式空調が建築物衛生法の適応対象になったことがその一因であるといわれている。現在では、個別方式空調がビルの規模を問わず多く採用されてきている。居住者による個別運転ができるなどの長所がある一方、その運転実態と室内微生物、温湿度、CO₂濃度などの空気質に関する実態が把握されているとは言えない現状である。

ここでは、主として室内温湿度、CO₂濃度、浮遊微粒子、浮遊細菌・真菌に関する実態を把握するために行った調査の結果について報告する。

本研究では、冬期におけるオフィスビルの室内温湿度、CO₂濃度、粒径別浮遊粒子濃度、浮遊細菌濃度、浮遊真菌濃度の測定結果について述べた。

温度については、何れも建築物衛生法管理基準値下限値の18°Cを上回った。AビルとCビルは一般に用いられている設計値よりそれぞれ3°Cと1.5°Cが高かった。それは室内低湿度の原因になっている。Aビルにおいては、設定温度を22°Cに下げれば、ほぼ40%を満足できるようになる。相対湿度については、Cビルが常に40%を大きく上回った。AとBビルはほとんどすべてが40%を下回った。それは温度が高めであるほか、多くの外気量による湿気のロスにも一因がある。CO₂濃度については、Covid-19流行期間中のこともあって、何れのビルはかなり低い濃度で運用されている。これも冬期低湿の一因になっている。相対湿度を改善するために、ウォームビズの励行による室内設定温度を22°C、外気量について1000ppmを維持する前提で、外気を取り入れすぎないようにすることが重要である。≤1μmの浮遊粒子濃度は、エアフィルタの捕集性能の差による室内濃度の差が顕著にみられた。一方、≥1μmの浮遊粒子濃度は、在室者の活動などに影響されるため、在室者数最も低いCビルは低い値を示した。SARS-CoV-2の粒径が1μm以上のものも多いため、感染症流行期間中に補助設備としての空気清浄機を活用することは有効である。室内の浮遊細菌と浮遊真菌濃度はおおむね日本建築学会の管理基準値を満足したが、Bビルの吹出口中に高濃度の浮遊真菌が検出されたことから、空気搬送系内に真菌の汚染源があることが示唆された。

A. 研究目的

この十数年間で温度、相対湿度、二酸化炭素（CO₂）濃度の不適率が上昇し続けており、個別方式空調が建築物衛生法の適応対象になったことがその一因であるといわれている。現在では、個別方式空調がビルの規模を問わず多く採用されてきている。居住者による個別運転ができるなどの長

所がある一方、その運転実態と室内微生物、温湿度、CO₂濃度などの空気質に関する実態が把握されているとは言えない現状である。

ここでは、主として室内温湿度、CO₂濃度、浮遊微粒子、浮遊細菌・真菌に関する実態を把握するために行った調査の結果について報告する。

B. 研究方法

(1) 測定対象ビルの概要

測定対象ビルの概要を表 1 に示す。また、本分担報告書で詳細に報告する A～C ビルの測定対象室の空調と換気方式を図 1～3 に示す。

(2) 測定項目と方法

1) 立ち入り測定

立ち入り測定の項目を浮遊細菌、浮遊真菌、浮遊微粒子とした。浮遊細菌と浮遊真菌の測定にダブルサンプリングを行った。

細菌の培養に SCD 培地、真菌の培養に DG18 培地を用いた。培養条件はそれぞれ 32℃の 2 日間と 25℃の 5 日間であった。

浮遊微粒子の測定に 6 段階（0.3～0.5 μ m, 0.5～0.7 μ m, 0.7～1.0 μ m, 1.0～2.0 μ m, 2.0～5.0 μ m, 0.5 μ m～）の粒径が測定できるパーティクルカウンタを用い、室内と屋外においてそれぞれ 1 分間隔計 30 分間の連続測定を行った。

2) 温湿度・CO₂濃度の連続測定

上記の立ち入り測定が終了した後に、測定対象室に温湿度・CO₂センサーを設置し、5 分間隔計 10 日間の連続測定を行った。

以下に、本分担研究が主担当する A～C ビルの温湿度、CO₂濃度、粒径別浮遊粒子濃度のほか、A～G ビルの浮遊細菌と浮遊真菌濃度の測定結果について報告する。

C. 研究結果

(1) 温湿度

図 4～9 に A～C ビルそれぞれの温度、相対湿度、温度と相対湿度の測定値から求めた絶対湿度の経時変化を示す。図中塗りつぶしている時間帯（9:00～18:00）は平日の就業時間帯を表している。なお、対象ビルの業種によって残業や休日出勤もあった。以下に主として 9:00～18:00 の時間帯における温湿度、絶対湿度の測定結果について述べる。

温度については、A ビルは約 25℃、B ビルは

23～24℃、C ビルは約 22℃で運用されていることを図から読み取れる。A ビルと B ビルは立ち上りに時間がかかるが、日によらずほぼ同様な変動パターンを示している。C ビルは日によって、温度の変動パターンが大きく異なっている。A ビルと B ビルの測定対象室は一般事務室であるが、C ビルは訓練センターの事務室で日によって使用状況が異なると考えられる。

相対湿度については、A ビルは 12 月 17 日に 40%を満たしているが、他の日は 30～40%であった。B ビルは全ての日が 40%を下回っており、最も低かった（約 20%）のは 12 月 23 日であった。C ビルは全ての日が 40%を大きく上回った。

絶対湿度については、A～C ビルのそれぞれの図中に 22℃と 25℃を運用する場合における相対湿度 40%以上に必要な絶対湿度（それぞれ 0.006 と 0.0079kg/kg(DA)）を示している。A ビルは相対湿度 40%を満たしている 12 月 17 日が 0.0079kg/kg(DA)を超えているが、他の日は全て下回っている。B ビルは 12 月 17 日以外の全ての日が 0.0066kg/kg(DA)を下回っている。C ビルは全て 0.0079kg/kg(DA)を超えている。

(2) CO₂濃度

図 10～12 に A～C ビルの CO₂濃度を示す。何れも建築物衛生法の管理基準値 1000ppm を大きく下回った。A ビルはデマンド換気量制御を行っており、800ppm を超えないよう制御されていることを図から読み取れる。

B ビルは 600～800ppm の範囲にあった。B ビルは室内の数か所に CO₂センサーを設置しており、室内 CO₂濃度を常時にモニタリングを行い、必要に応じて換気量を調整していた。

C ビルの室内 CO₂濃度が 500～600ppm であった。C ビルの在室者は 2～3 名で、一人当たりの気積が大きいことが低い CO₂濃度に寄与した。

以上の結果より、Covid-19 流行期間中に換気が積極的に行われたことが窺える。

(3) 粒径別浮遊粒子濃度

図 13~15 に A~C ビルにおける立ち入り時に測定した 30 分間の粒径別浮遊粒子濃度、室内と屋外の $\leq 1\mu\text{m}$ 、 $\geq 1\mu\text{m}$ の浮遊粒子濃度を示す。室内粒径別浮遊粒子濃度の変動が小さく、また何れのビルも屋外濃度より室内濃度が低くなっている。外調機+パッケージ型空調機室内機 (A ビル)、パッケージ型空調機室内機 (B ビル)、エアハンドリングユニット (C ビル) のエアフィルタによるろ過効果が確認された。

図 16 に A~C ビルの粒径別浮遊粒子濃度の四等分値、図 17 に I/O 比の四等分値を示す。図中に粒径別の中央値を併せて示している。 $1\mu\text{m}$ 以下の浮遊粒子濃度の低い順は A ビル、C ビル、B ビルであった。 $1\mu\text{m}$ 以上の粒子濃度については、B ビルが最も高い値を示し、在室者数の少ない C ビルは最も低い値を示した。

I/O 比は何れも 1 以下であったが、 $1\mu\text{m}$ 以下の粒子は A ビルが最も低かった。 $1\mu\text{m}$ 以上の粒子は B ビルが最も高い値を示した。室内濃度と I/O 比の何れにおいても中性能フィルタが備えられていない B ビルは最も高い値を示した。

(4) 浮遊微生物

図 18 と図 19 のそれぞれに各ビルの浮遊細菌濃度と浮遊真菌濃度を示す。図中に日本建築学会のオフィスビルの管理基準値を併せて示している。

室内浮遊細菌濃度については、C ビル 2F を除いた各ビルの室内濃度が基準値の $500\text{cfu}/\text{m}^3$ を満たした。細菌の主な発生源は在室者であることが知られている。C ビルの 2F は小さい工作室であり、浮遊細菌濃度高いのは測定時に在室者が多かったためであると考えられる。

室内浮遊真菌濃度については、A ビル、C ビル 2F が基準値の $50\text{cfu}/\text{m}^3$ を上回った。また、B ビルと C ビルの 3F の給気濃度が室内濃度より高かった。真菌の主な発生源が外気由来であることが知られている。B ビルは外気の影響を受けている

と考えられる。一方、C ビル 3F の AHU には中性能エアフィルタが備えられており、前述した粒径別浮遊粒子濃度が B ビルより低いことから、空気搬送系に真菌の発生源があることが示唆された。

D. 考察

(1) 温湿度

近年温度と相対湿度の不適合率が上昇している。温度に関しては、夏期の高温 (28°C 越え)、相対湿度に関しては冬期の低湿度 (40% を下回る) の問題が存在している。以下に、本研究の測定結果に対する考察を示す。

温度については、対象ビル A、B、C の平日 9:00~18:00 の平均値と標準偏差は下記の通りである。

A ビル : $25.2\pm 0.6^\circ\text{C}$

B ビル : $23.5\pm 1.1^\circ\text{C}$

C ビル : $22.1\pm 1.5^\circ\text{C}$

建築物衛生法の温度の管理基準値は $18\sim 28^\circ\text{C}$ であり、何れのビルはその基準値を満たしている。また、オフィスビルにおける冬期の室内温湿度の設計条件は一般に 22°C と 45% である。それに比べると、A と B ビルはそれぞれ 3°C と 1.5°C 高い。

相対湿度については、対象ビル A、B、C の平日 9:00~18:00 の平均値と標準偏差は下記の通りである。

A ビル : $33\pm 4\%$

B ビル : $30\pm 6.8\%$

C ビル : $61\pm 11\%$

建築物衛生法の温度の管理基準値は 40~70% であり、A と B ビルはその基準値を下回っている。A ビルは 22°C で運用すれば、室内の相対湿度はほぼ 40% を満足するが (図 5)、B ビルは 22°C で運用しても 40% を下回るため (図 7)、加湿量の不足が一因になっていることが示唆された。

(2) CO_2 濃度

CO_2 濃度については、対象ビル A、B、C の平日

9:00~18:00の平均値と標準偏差は下記の通りである。

Aビル：694±40 ppm

Bビル：655±74 ppm

Cビル：563±40 ppm

近年CO₂濃度の不適率も温湿度と同様に上昇しているが、本研究の測定結果ではA、B、Cビルの何れにおいても建築物衛生法管理基準値の1000ppmを大きく下回っている。これはCovid-19流行期間中に積極的に換気が行われたためと考えられる。一方、SARS-CoV-2やインフルエンザウイルスは低湿度環境中にその活性が維持する時間が長くなり、感染リスクが高くなる。冬期に換気量が多いことは湿気のロスに繋がる。冬期の換気と湿度のバランスを取れた運用が重要である。すなわち、冬期において、室内CO₂濃度を1000ppm以下になるように換気量を確保しつつ、室内相対湿度を40%以上に維持することは重要である。

(3) 浮遊粒子と微生物

浮遊微粒子については、本研究測定対象のA、B、Cビルの空調・換気方式が異なっているが、どれも外気濃度より室内濃度が低くなっていることから、空調機内に備えられているエアフィルタによるろ過効果が確認された。また、エアハンドリングユニット外調機（中性能フィルタ）とパッケージ型空調機室内機（粗塵用フィルタ）が備えられているAビル、エアハンドリングユニット（中性能フィルタ）が備えられているCビルの室内 $\leq 1\mu\text{m}$ の浮遊粒子濃度は、パッケージ型空調機室内機（粗塵用フィルタ）しか備えられていないBビルより遥かに低いことは中性能フィルタと粗塵用フィルタの捕集効率の差によるものであると考えられる。

一方、在室者からも多く発生する $\geq 1\mu\text{m}$ の浮遊粒子濃度については、在室者最も少ないCビルの濃度が低くなっている。コロナウイルス感染症流

行期間中に浮遊粒子濃度の低減に補助設備としての空気清浄機を活用することは有効な方法である。図20と図21に、中央熱源・中央換気方式（中性能フィルタ）の大学学習ラウンジにおけるHEPAフィルタ付きの空気清浄機による $\leq 1\mu\text{m}$ と $\geq 1\mu\text{m}$ の浮遊粒子濃度に対する低減効果を示す¹⁾。空気清浄機は有効であることが実証されている。

浮遊細菌については、Cビルの2Fの作業室を除けば、室内濃度は日本建築学会の維持管理基準値500cfu/m³を満たしている。室内の細菌の主な発生源が在室者由来することが知られている。Cビル2Fの作業室は狭く、測定当時在室者数が多かったことが原因であると考えられる。

浮遊真菌については、室内主な発生源が外気由来することが知られている。室内では、AビルとCビルの2Fが日本建築学会の維持管理基準値50cfu/m³を超えていた。Aビルは24時間自然換気を併用しており、Cビル2Fは外気を全熱交換機経由で導入しているため、室内濃度が高くなっているのは外気による影響であると考えられる。一方、BビルとCビルの給気濃度は室内濃度より明確に高くなっていることから、空気搬送系に真菌の汚染源があることが推察された。

E. 結論

本研究では、冬期におけるオフィスビルの室内温湿度、CO₂濃度、粒径別浮遊粒子濃度、浮遊細菌濃度、浮遊真菌濃度の測定結果について述べた。本研究より下記の事柄が分かった。

- ① 温度については、どれも建築物衛生法管理基準値下限値の18℃を上回った。AビルとCビルは一般に用いられている設計値よりそれぞれ3℃と1.5℃が高かった。それは室内低湿度の原因になっている。Aビルにおいては、設定温度を22℃に下げれば、ほぼ40%を満足できるようになる。
- ② 相対湿度については、Cビルが常に40%を大きく上回った。AとBビルはほとんどすべ

てが40%を下回った。それは温度が高めであるほか、多くの外気量による湿気のロスにも一因がある。

- ③ CO₂濃度については、Covid-19 流行期間中のこともあって、何れのビルはかなり低い濃度で運用されている。これも冬期低湿の一因になっている。相対湿度を改善するために、ウォームビズの励行による室内設定温度を22℃、外気量について1000ppmを維持する前提で、外気を取り入れすぎないようにすることが重要である。
- ④ $\leq 1\mu\text{m}$ の浮遊粒子濃度は、エアフィルタの捕集性能の差による室内濃度の差が顕著にみられた。一方、 $\geq 1\mu\text{m}$ の浮遊粒子濃度は、在室者の活動などに影響されるため、在室者数最も低いCビルは低い値を示した。SARS-CoV-2の粒径が $1\mu\text{m}$ 以上のものも多いため、感染症流行期間中に補助設備としての空気清浄機を活用することは有効である。
- ⑤ 室内の浮遊細菌と浮遊真菌濃度はおおむね日本建築学会の管理基準値を満足したが、Bビルの吹出口中に高濃度の浮遊真菌が検出されたことから、空気搬送系内に真菌の汚染源があることが示唆された。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 柳 宇, エアフィルタ, 空気清浄機, 紫外線殺菌照射 (UVGI), ビルと環境, No.173, pp.18-24, 2021.
- 2) 柳 宇, ウイルス感染拡大を抑えるために設備設計者ができること, MET, 第32号, pp.4-9, 2021.
- 3) 渡邊健介, 柳 宇, 殷 睿, HEPA フィルタ付きの空気清浄機による大空間空気浄化性能の実証, 2021年室内環境学会学術大会講演用要旨集, pp.82-83, 2021.
- 4) 殷 睿, 柳 宇, 渡邊健介, COVID-19 に関

する自宅療養のリスク低減方法の実証, 2021年室内環境学会学術大会講演用要旨集, pp.80-81, 2021.

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) 渡邊健介、柳 宇、殷 睿, HEPA フィルタ付きの空気清浄機による大空間空気浄化性能の実証、2021 年室内環境学会学術大会講演用要旨集、pp.82-83、2021.

表 1 測定対象ビルの概要

対象ビル	対象室	所在地	空調・換気方式	フィルタ性能	測定時期
A	事務室	東京都港区	OAHU+PAC	中性能	2022年12月
B	事務室	東京都足立区	PAC+HEX	?	2021年12月
C	事務室	埼玉県さいたま市	AHU	中性能	2021年12月
D	事務室	北海道札幌市	AHU+PAC	中性能	2021年12月
E	事務室	北海道札幌市	AHU+FCU	?	2021年12月
F	事務室	福島県郡山市	PAC+HEX	ロングライフフィルタ	2022年2月
	休憩室		PAC+HEX	ロングライフフィルタ	2022年2月
G	倉庫	北海道札幌市	PAC+HEX	ロングライフフィルタ	2022年2月
	事務室		PAC+HEX	ロングライフフィルタ	2022年2月
	研修室		PAC+HEX	ロングライフフィルタ	2022年2月

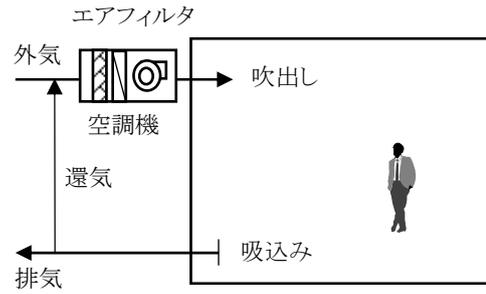


図 3 Cビルの空調・換気方式
(中央熱源・中央換気方式)

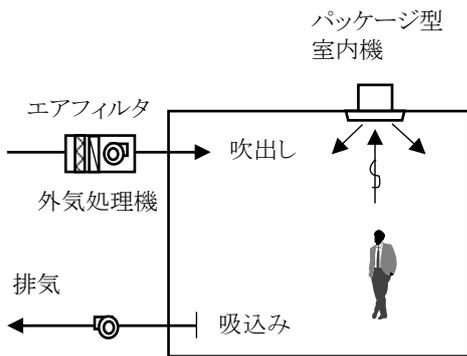


図 1 Aビルの空調・換気方式
(個別熱源・中央換気方式)

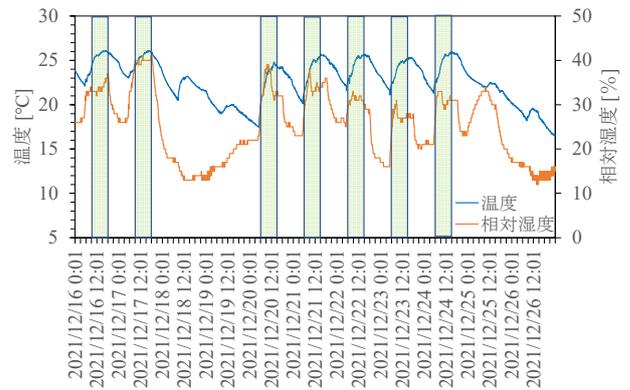


図 4 温湿と相対湿度(Aビル)

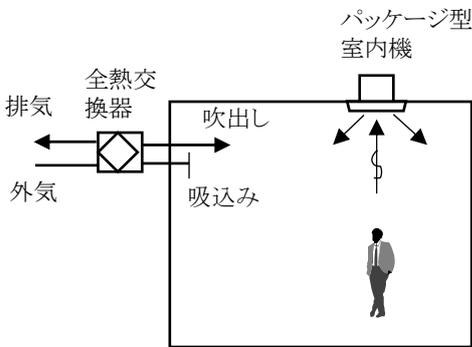


図 2 Bビルの空調・換気方式
(個別熱源・個別換気方式)

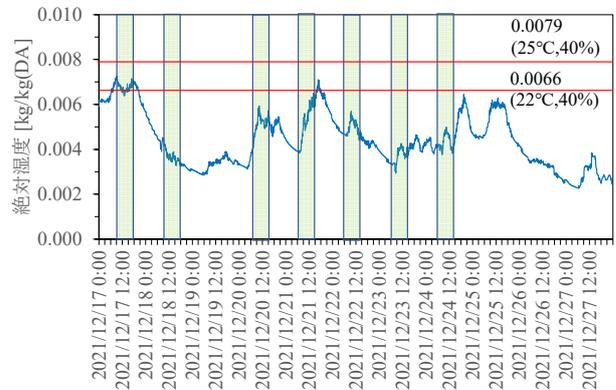


図 5 絶対湿度(Aビル)

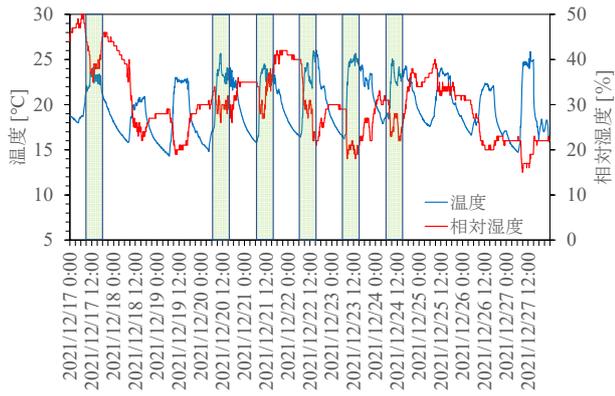


図 6 温湿と相対湿度 (B 빌)

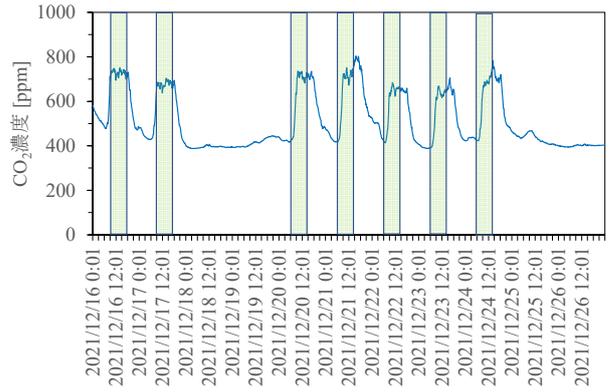


図 10 CO₂ 濃度 (A 빌)

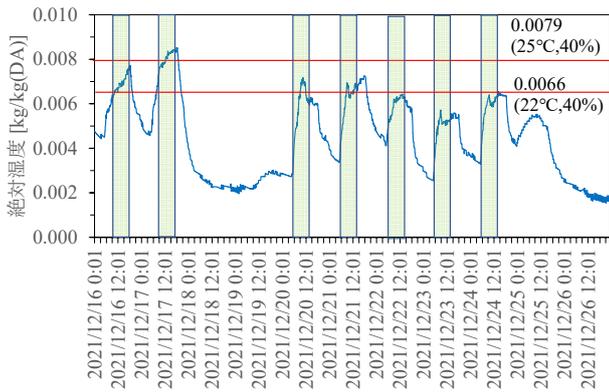


図 7 絶対湿度 (B 빌)

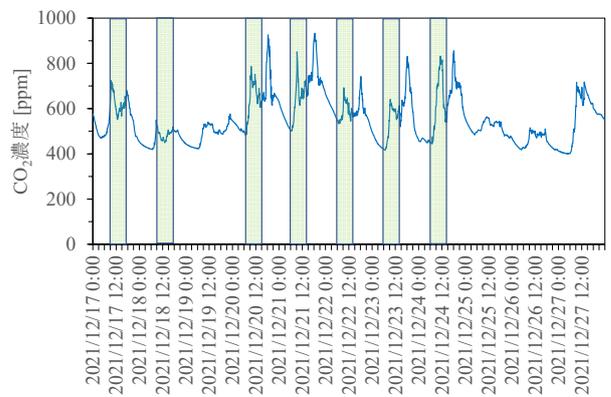


図 11 CO₂ 濃度 (B 빌)

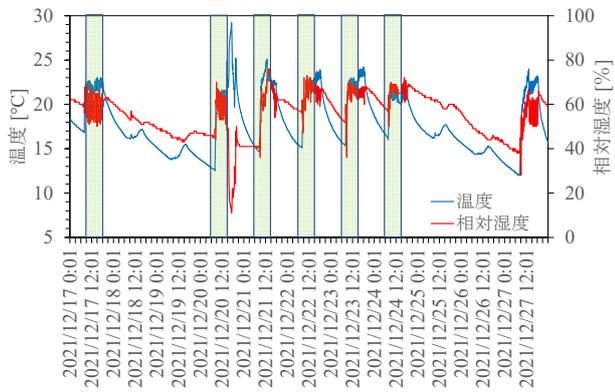


図 8 温湿と相対湿度 (C 빌)

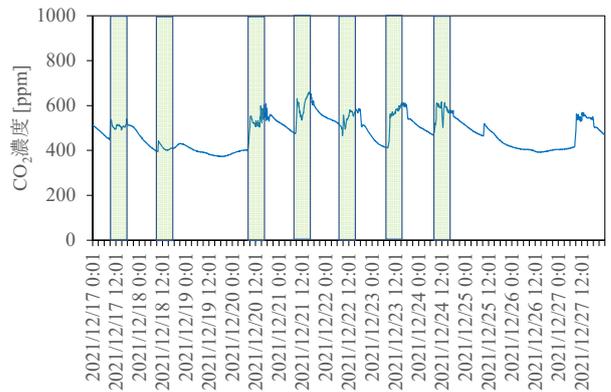


図 12 CO₂ 濃度 (C 빌)

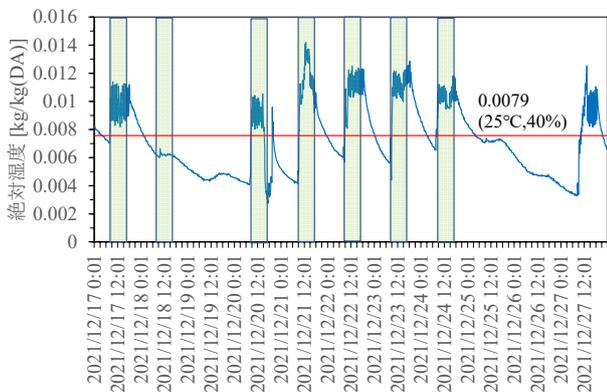
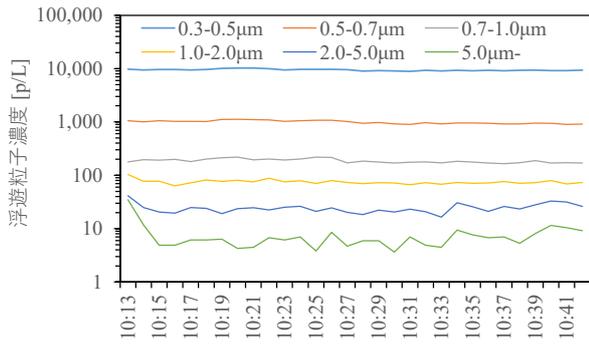
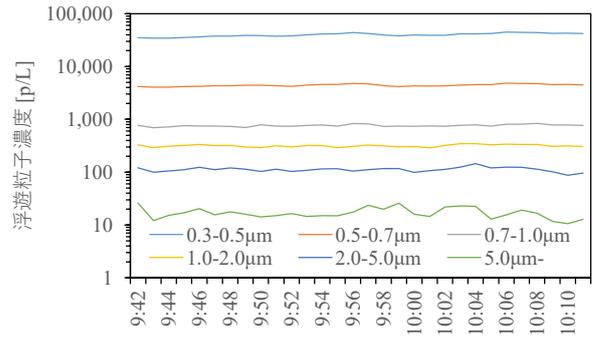


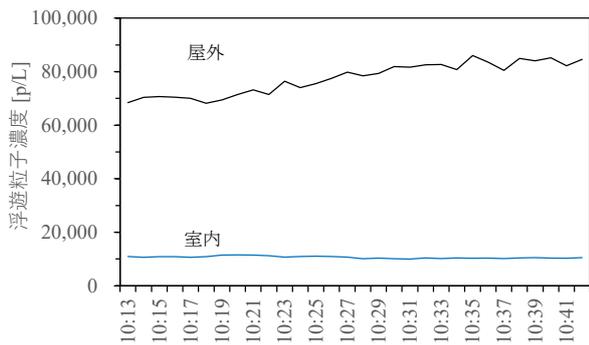
図 9 絶対湿度 (C 빌)



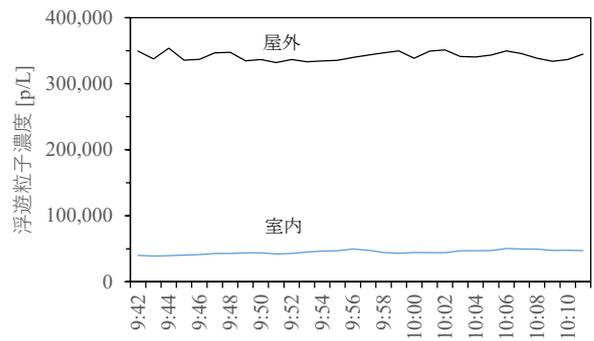
粒径別浮遊粒子濃度



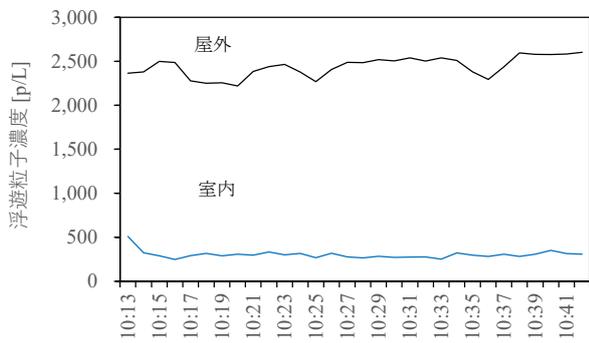
粒径別浮遊粒子濃度



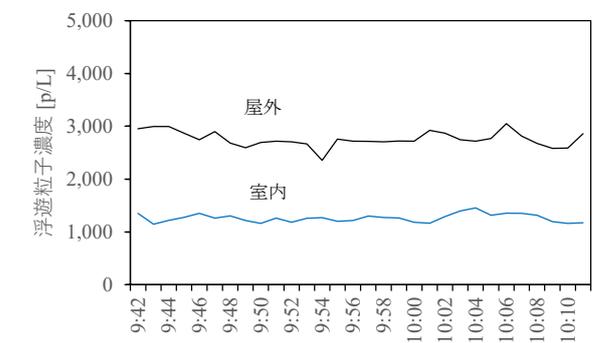
$\geq 1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度



$\geq 1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度



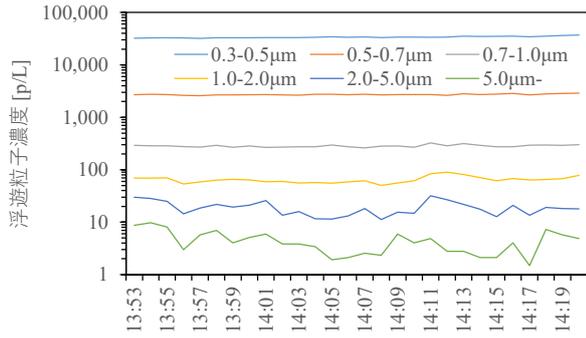
$\geq 1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度



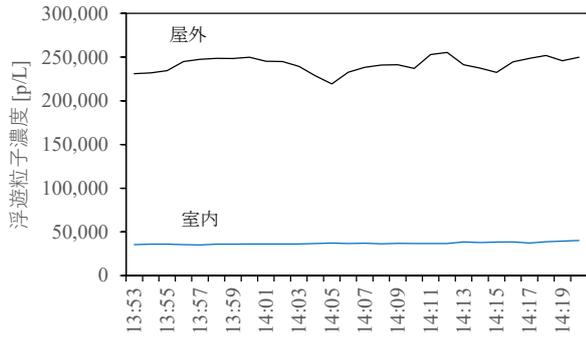
$\geq 1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度

図 13 浮遊粒子濃度(Aビル)

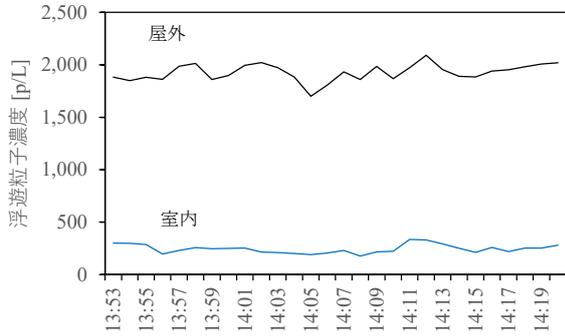
図 14 浮遊粒子濃度(Bビル)



粒径別浮遊粒子濃度



≧1μm 浮遊粒子濃度



≧1μm 浮遊粒子濃度

図 15 粒径別浮遊粒子濃度 (Cビル)

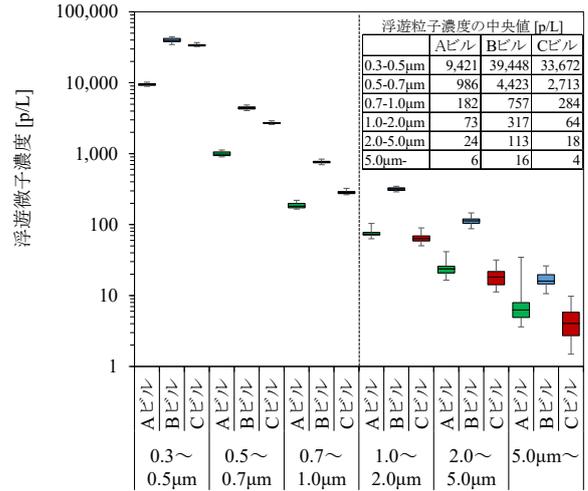


図 16 粒径別浮遊粒子濃度四等分値

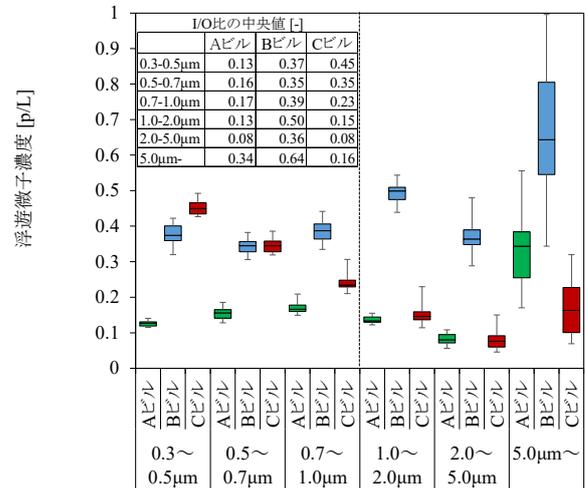


図 17 粒径別浮遊粒子濃度 I/O 比の四等分値

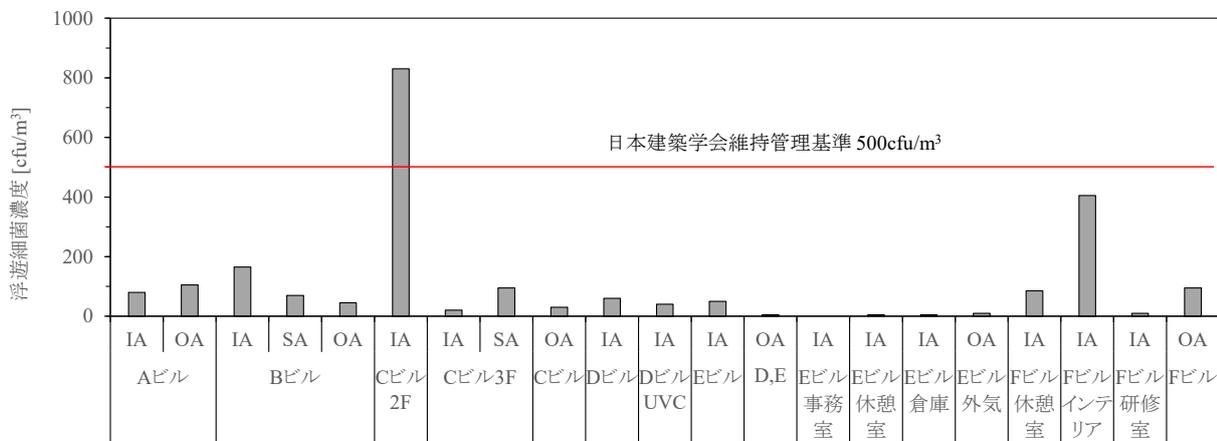


図 18 浮遊細菌濃度

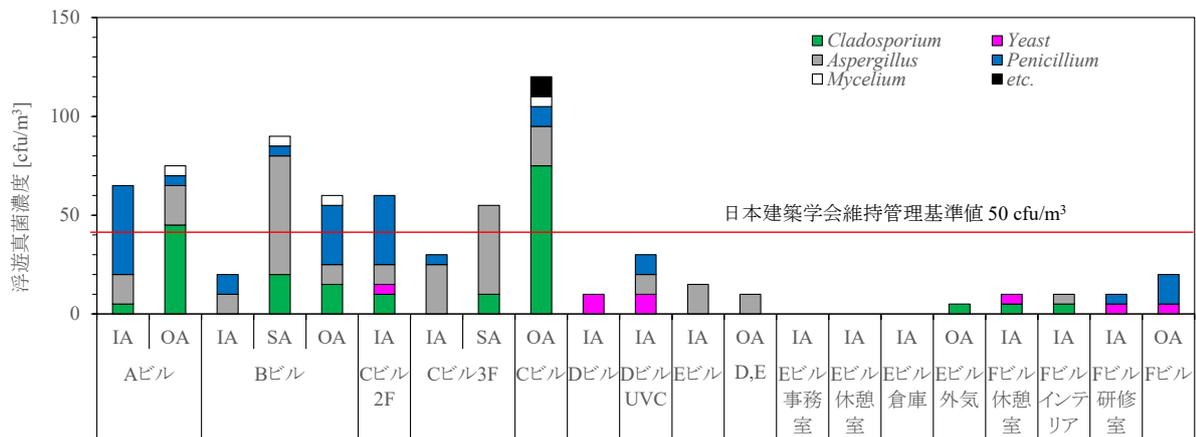


図 19 浮遊真菌濃度

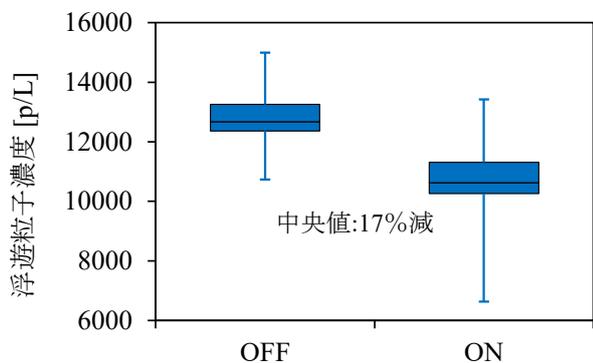


図 20 空気清浄機の効果(≤1μm)

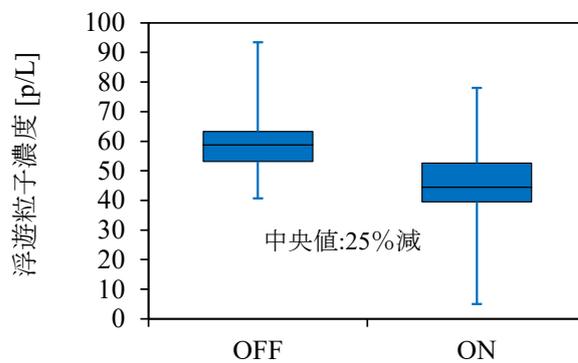


図 21 空気清浄機の効果(≥1μm)

厚生労働行政推進調査事業費補助金（健康安全・危機管理対策総合）
分担研究報告書

建築物環境衛生管理における空調調和設備等の適切な運用管理手法の研究
空調設備の地域性と省エネルギーの影響に関する分析

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

空調設備の地域性と省エネルギーの影響に関する分析において、クラスター感染が発生した複数の事例を対象として、空調換気設備調査と室内空気環境測定を行い、感染対策における空調換気設備の問題点を挙げ、改善点を示した。また、標準的な事務所のモデルを設定し、個別空調方式と中央管理方式における空調用の一次エネルギー消費量を計算し、比較した。

得られた知見を以下に示す。1. 就業人数の増加により CO₂ 濃度は概ね上昇するため、コールセンター事業者側はクラスター感染対策として就業人数の適正管理が必要である。2. 空調換気運転時には、十分な換気量を確保するために、それぞれの地域性や周辺環境等に応じて、適切な窓開け換気を行うことが必要である。3. サーキュレーターを使用する際には、空調換気によって換気量が十分に確保された状態で使用することが望ましい。4. クラスター感染発生時に建物の CO₂ 濃度制御が十分に機能していなかった可能性があり、更なる検証が必要である。5. APF と COP が同じ条件で計算した結果、個別熱源方式は中央熱源方式に比べ約 45% の省エネルギー効果が期待できる。6. 北海道と沖縄を除く 45 都府県の県庁所在地を対象とした個別熱源方式において、トップランナーの温暖地仕様であれば、空調用で 200MJ/(m²・年)前後に抑えられる。

A. 研究目的

A1. 空調設備の地域性に関する影響分析

2019 年 11 月に新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）が中国で確認され、世界保健機関（WHO）は 3 月 11 日にパンデミック相当との認識を示した。日本国内においても 2020 年 1 月中旬から感染者が確認され始め、様々な場所でクラスター感染が発生した。その中でもコールセンターにおけるクラスター感染の発生が続いている。コールセンターは、密閉・密集・密接の状態を避けることが難しく、顧客と長時間に渡って話す必要があることから、エアロゾル感染が発生した可能性がある。そこで、コールセンターを対象として COVID-19 のクラスター感染を防ぐ効果的な方法を検討する必要がある。しかし、定量的な分析に基づいてその方法を定めるための詳細な調査事例は極めて少ない。そのため、クラスター感染事例に共通する

条件を把握し、感染リスクを増大させる要因を減らすことが重要である。

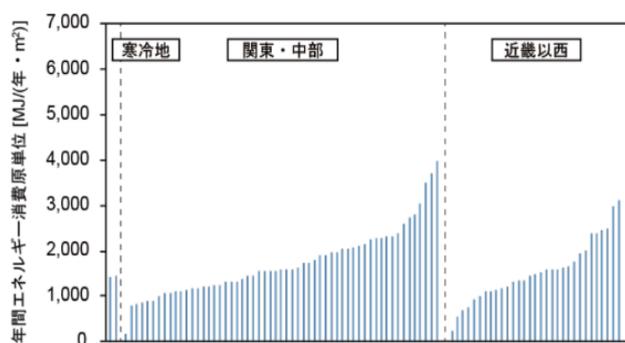
そこで、クラスター感染が発生した複数の事例を対象として、空調換気設備調査と室内空気環境測定を行い、感染対策における空調換気設備の問題点を挙げ、改善点を示すことを目的とする。なお、地域性に関する影響分析を踏まえ、東京と札幌のオフィスビル内のコールセンターにおいて発生したクラスター感染事例を対象とする。

A2. 空調設備の省エネルギーに関する影響分析

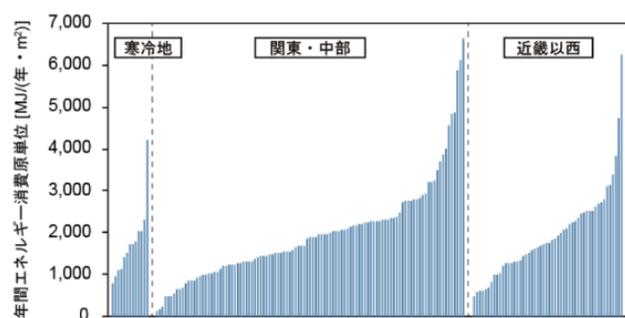
空調設備において、個別空調方式、中央管理方式、ハイブリッド方式に分類することができる^{注1)}。一般社団法人建築設備技術者協会の建築設備情報年鑑・竣工設備データ「ELPAC」を用いた分析（計 291 件）によると、空調以外の要素も含まれているが、個別空調方式の年間エネルギー消費原単位は 1,000～3,000MJ/(年・m²)に対し、中央管理方式

は 1,000~6,000MJ/(年・㎡)と幅広く分布していることが分かる(図1)。地域性や竣工時期(1984~2018年度)の違いは大きい、根本的に設計や運用の考え方も異なるため、各空調方式においてエネルギーを比較することは難しい。

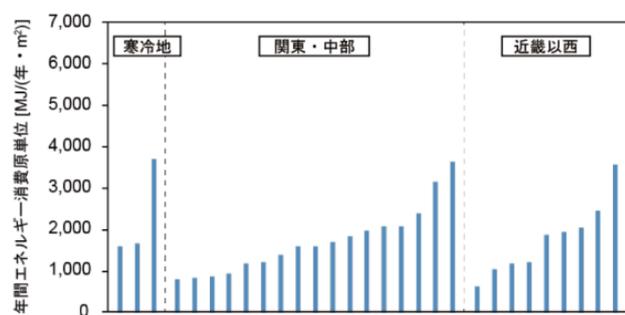
そこで、標準的な中規模事務所のモデルを設定し、個別空調方式と中央管理方式における空調用の一次エネルギー消費量を計算し、比較することを目的とする。なお、省エネルギーに関する影響分析を踏まえ、主に札幌、東京、那覇を対象とする。また、参考として、47都道府県の県庁所在地も合わせて対象とする。



a)個別空調方式



b)中央管理方式



c)ハイブリッド方式

図1 年間エネルギー消費原単位(各空調方式)

B. 研究方法

B1. 調査概要

B1.1. 対象事例

東京と札幌のオフィスビル内のコールセンターにおいて発生したクラスター感染事例を対象とした(表1)。また、対象階の室(Room)構成を示す(図2~5)。各Roomの間は、使用状況に応じて間仕切りが設置され、複数のRoomを一室化して使用することが可能となっている。

事例Aでは、オールフレッシュの外調機から天井吹き出し口を介して給気され、天井チャンバー経由で集中排気されていた。天井チャンバーをフロア全体に一体的に設け、各Room及び通路の間に欄間を設置することで、空間の通気が確保される設計となっている。Room1,2,3は一室として使用されているが、隣室との間に設置されていた欄間は防音のために目張りされ、外部騒音のために窓開けの頻度が低かった。Room4は窓がなく、欄間は目張りされていた。Room5,6,7には、外気が直接供給されず、通路からRoom5の欄間を介して間接的に供給されていた。感染者はRoom1~7で発生したが、Room1,2,3が全体の7割以上であった。

事例Bでは、天井の吹き出し口より、空調機によって外気処理された外気が居室へ給気されていた。居室内の空気は、出入口扉のガラリから廊下に設置されている吸い込み口へ流れ排気されていた。Room1,2でクラスター感染が発生した。また、Room1,2はパーティションによって仕切られていた。

事例Cでは、天井吹き出し口から空気が給気され、天井チャンバー経由で集中排気されていた。また、RAの一部は再循環されていた。窓には開放機能がなく、ドアはセキュリティ機能によって出入り時以外は施錠されていた。一室化されたRoom3~7でクラスター感染が発生し、別テナント使用のRoom2,8,9では感染者が確認されなかった。なお、Room1は休憩所として利用されていた。

事例Dでは、事例Cと同一建物内で発生したクラスター感染事例であり、事例Cと同方式で

室内の空気が供給されており、一室化された Room5～8 でクラスター感染が発生した。また、別テナント使用の Room2～4 では感染者が確認されなかった。

表 1 対象事例概要

事例	A	B	C	D
所在地	東京	札幌	札幌	札幌
クラスター発生時期	5月下旬	8月下旬	5月下旬	9月中旬
陽性者数	約100名	約50名	約80名	約30名
陽性率	約50%	約25%	約35%	約35%
床面積	約750m ²	約700m ²	約600m ²	約300m ²
最大収容人数	約0.34人/m ²	約0.37人/m ²	約0.23人/m ²	約0.35人/m ²
空調換気設備	OHU+EHP CAV	ACU VAV	AHU+PAC VAV CO ₂ 濃度制御	AHU+PAC VAV CO ₂ 濃度制御
窓開け	×	○	×	×
サーキュレーター	○	○	○	○
空気清浄機	○	○	○	○
室内空気環境測定	6/17～6/24(計5点)	10/23～11/10(計9点)	6/18～7/14(計9点)	10/14～10/19(計9点)
換気量(濃度減衰法)	×	×	6/3,6/7	10/21,11/11
過密による換気不足	○	○	○	○
主な特記事項	間仕切りによって外気供給無し・減少		CO ₂ 濃度制御による換気量減少	

OHU:外気処理空調機 EHP:電気式ヒートポンプエアコン ACU:エアチリングユニット
AHU:エアハンドリングユニット PAC:パッケージエアコン CAV:定風量装置 VAV:可変風量装置



図 2 事例 A が発生したコールセンターの室構成
Room1～7 で感染発生、Room1～3 は一室化、Room4～10 はそれぞれ個室化、一部の壁の上部に欄間あり(赤破線)、OHU は 1 系統

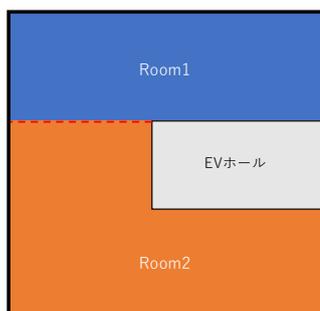


図 3 事例 B が発生したコールセンターの室構成

Room1,2 で感染発生、各ルームはパーティションによって分離(赤破線)、ACU は 1 系統

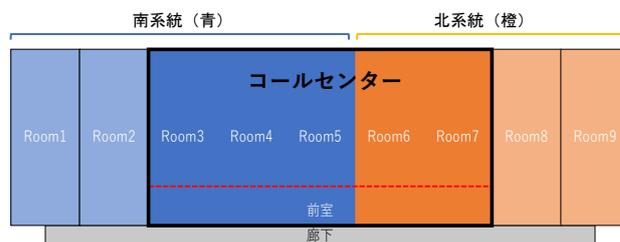


図 4 事例 C が発生したコールセンターの室構成
Room3～7 で感染発生、Room3～7 は一室化、Room2,8,9 は別テナントが使用、Room1 は食事スペースとして利用、前室間に欄間有(赤破線)、AHU は 2 系統(青、橙)

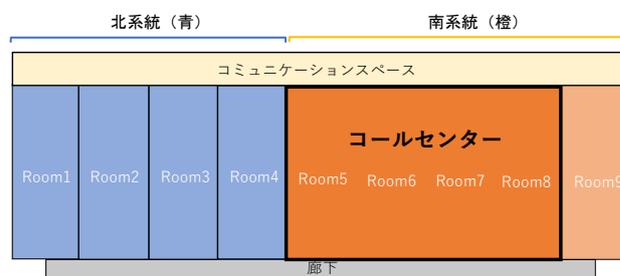


図 5 事例 D が発生したコールセンターの室構成
Room5～8 で感染発生、Room5～8 は一室化、Room2～4 は別テナントが使用、Room1,9は食事スペースとして利用、AHU は 2 系統(青、橙)

B1.2. 空調換気設備調査

コールセンター事業者、建物管理者への空調換気設備に関するヒアリング、図面、ビルエネルギー管理システム (BEMS) のデータを利用し、対象空間の空調換気性状を調査した。

B1.3. 室内空気環境測定

空気環境の実態を把握するため、室内空気環境測定を行った。測定項目は室内温度、相対湿度、CO₂濃度とし、CO₂濃度計 (T&D 製,TR-76Ui) を用いた。測定期間は各事例について 1 週間～3 週間程度とした。また、いくつかの事例ではクラスター感染発生時の空調換気設備の運転状況を再現し、室内の CO₂ 初期濃度を上昇させた後の濃度減衰からトレーサーガス濃度減衰法を用いて換気量を算出した。

B2. 計算概要

B2.1. 計算方法

空調用の一次エネルギー消費量を計算するにあたり、その前提となる熱負荷計算は、SHASE-S 112-2019「冷暖房熱負荷簡易計算法」¹⁾に準拠する。一次エネルギー消費量計算は、“旧省エネ法”のCEC-ACの計算方法である“全負荷相当運転時間(EFH)法”の計算方法に準拠して、個別熱源方式と中央熱源方式に分けて、計算を行う。本計算方法で評価可能な各種省エネルギー手法は、“効果率”に基づき、各項目で評価を行う(表2)。また、APFは地域補正を行う。

表2 計算方法の概要

空調方式	項目	評価対象	計算方法の概要
個別熱源方式	冷房熱源システム消費エネルギー	ビルマルチの室内機及び室外機	評価対象範囲のAPFを入力して、年間熱負荷/APF×(1-効果率)×採用率で計算する。APFは地域により補正を行う。
	暖房熱源システム消費エネルギー	ビルマルチの室内機及び室外機	
中央熱源方式	冷房熱源システム消費エネルギー	熱源機、冷却塔、冷却水ポンプ、1次側冷水ポンプ等	評価対象範囲のシステムCOPを入力して、年間熱負荷/システムCOP×(1-効果率)×採用率で計算する。効果率は空調システム側(外気冷房等)の項目が対象となる。
	暖房熱源システム消費エネルギー	熱源機、1次側温水ポンプなど	
	冷水搬送動力	2次側冷水ポンプ	ポンプ定格容量×EFH×(1-効果率)×採用率
	温水搬送動力	2次側温水ポンプ	
	空調機搬送動力	空調機	ファン定格容量×EFH×(1-効果率)×採用率
FCU動力	FCU等	動力定格容量×EFH×(1-効果率)×採用率	

B2.2. 計算モデル

標準的な中規模事務所のモデルとして、6階建て、基準階は滝沢博「標準問題の提案(オフィス用標準問題)」²⁾を参考とする(図6)。



図6 計算モデル

B2.3. 計算条件

B2.3.1. 地域

札幌、東京、那覇を対象とし、札幌は寒冷地仕様、東京は温暖地仕様、那覇は蒸暑地仕様を標準とする。

B2.3.2. 建物条件

延床面積は4,000 m²、その他エネルギー^{注2)}は5%とする。外壁U値、ガラス仕様(窓タイプ、ガラス種、ブラインド)については、トップランナー相当の高断熱または高遮熱の仕様をそれぞれ設定し、その他に窓面積率やひさしの設定も含めて既往研究³⁾を参考とする。

B2.3.3. 室内条件・空調条件

室内温度は冷房26℃、暖房22℃とする。内部発熱は照明容量10W/m²、コンセント容量15W/m²、在室人員0.2W/m²とする。暖房予熱時間は1時間、外気量は6 m³/(m²・h)(30 m³/(h・人)想定)、全熱交換効率率は60%とする。

B2.3.4. ゾーン設計条件

ゾーンは北、東、南、西のペリメータ、中央のインテリアとし、中間階5層、最上階1層とする。空調方式は個別熱源方式の場合にはペリメータ、インテリアともにPACとする。一方、中央熱源方式の場合にはペリメータがFCU、インテリアがAHUとする。

B2.3.5. 省エネルギー手法の設定

個別熱源方式の場合はAPF、中央熱源方式の場合はCOP(冷熱源、温熱源)を設定する。また、省エネルギー手法のそれぞれの採用率を以下に示す(表3)。

表3 採用率

省エネルギー手法	定義	採用率
VWVシステム	冷房+暖房搬送ポンプへの採用割合	100%
VAVシステム	冷房+暖房搬送ファンへの採用割合	100%
外気冷房システム	冷房容量合計における採用割合	0%
予熱時シャットオフ	暖房容量合計における採用割合	100%
最小外気制御システム	冷房+暖房容量合計における採用割合	0%
全熱交換器システム	冷房+暖房容量合計における採用割合	100%

C. 研究結果

C.1. 調査結果

C.1.1. 事例 A

1人当たりのCO₂呼出量を0.019m³/h、外気のCO₂濃度を400ppmと仮定し、就業時間帯の就業人数と対象空間における平均CO₂濃度を用いて算出した1人当たりの換気量を示す(図7)。機械換気量については、図面に記載されていた外気量OAの設計値から算出した。窓開け換気によって1人当たりの換気量が15m³/h以上増加した。また、満席を想定した場合においては、1人当たりの換気量が厚生労働省が示した必要換気量である30m³/hを下回った。

次に、就業時間帯の平均CO₂濃度と就業人数の関係を示す(図8)。就業人数の増加とともに平均CO₂濃度の上昇が見られた。以上から、クラスター感染対策として就業人数の適正管理を行い、十分な換気量を確保するための適切な窓開け換気を行うことが必要であると考えられる。

平均CO₂濃度の推移を示す(図9)。空調換気は9時~18時で行われており、就業時間帯外では行われていなかった。また、就業時間帯外の平均CO₂濃度が高くなっていた就業日が見られた。就業時間帯外においても空調換気を継続して行い、換気量を確保することが必要であると考えられる。

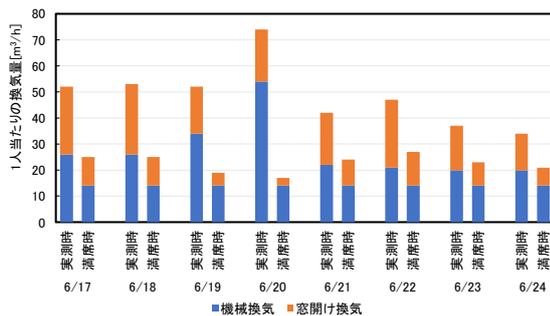


図7 1人当たりの換気量(事例 A)

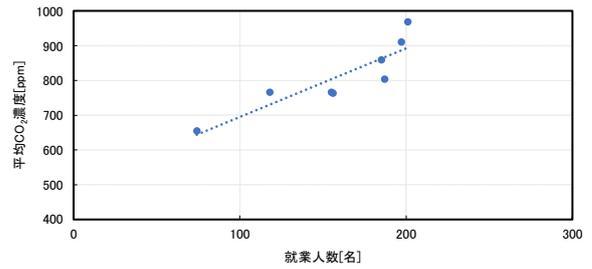


図8 平均CO₂濃度と就業人数の関係(事例 A)

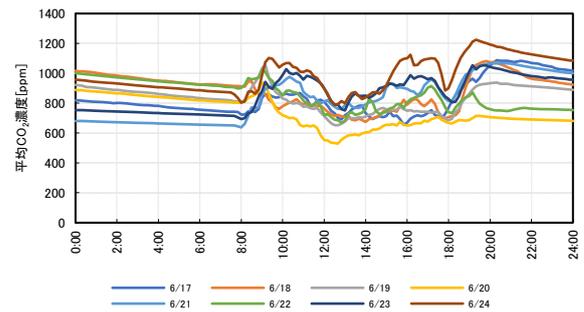


図9 平均CO₂濃度の推移(事例 A)

C1.2. 事例 B

就業時間帯の対象空間における平均CO₂濃度と就業人数の関係を示す(図10)。就業人数の増加とともに平均CO₂濃度が上昇するとは判断できなかった。事例Aと異なり、就業人数に大きな差が見られなかったことが要因であると考えられる。

一人当たりの換気量を示す(図11)。1人当たりの換気量はどの就業日においても40m³/h以上となっており、厚生労働省が示した必要換気量である30m³/hを超えていたことから、1人当たりの換気量は不足していなかったと判断できる。

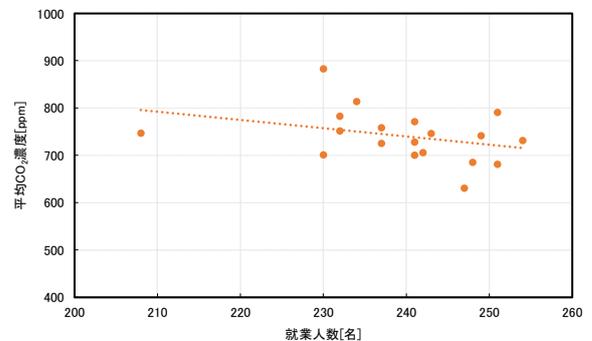


図10 平均CO₂濃度と就業人数の関係(事例 B)

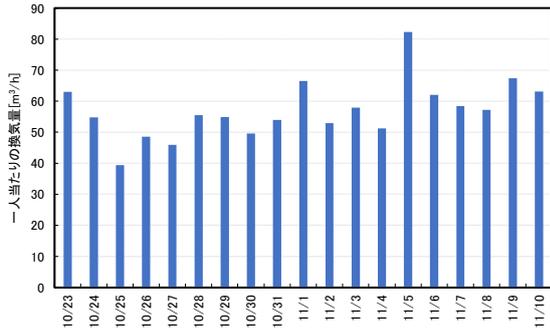


図 11 1人当たりの換気量(事例 B)

C1.3. 事例 C

CO₂濃度の実測値と北系統と南系統の還気 CO₂濃度の BEMS データを示す (図 12)。外気の CO₂濃度を 400ppm と仮定し、室内の CO₂初期濃度を約 1,100ppm まで上げた際の室内外の CO₂濃度差から算出した Room3~7 の外気量 OA は約 3,000m³/h であった。BEMS データでは Room3~7 への給気量 SA は約 10,000m³/h で制御されており、外気量と再循環量の比率は 3:7 となった。これは外調機 AHU の機器表内の給気量 SA と外気量 OA の関係と概ね一致した。また、換気量測定中の還気 CO₂濃度は北系統、南系統ともに室内濃度の実測値に比べ顕著に低くなっている時間帯が確認された。このことから、クラスター感染発生時にも CO₂濃度制御 (還気 RA が 800ppm 以下の場合に外気量を減らす制御、図 13) が十分に機能していなかった可能性がある。設計図には、1つの空調機系統を複数テナントが使用する場合には CO₂濃度制御を無効にすると記載されていたが、感染発生時には CO₂濃度制御が行われていた。一方、空調設計図のデータを用いた濃度計算によって、複数のテナントが使用していても再循環があれば、室間濃度差が大きくなることを確認された。建物管理者は空調換気の運用管理を再度確認する必要があると考えられる。

CO₂濃度と就業人数を示す (図 14、15)。感染対策として空気の攪拌を行い、AHU の系統ごとに間仕切りを設けて二室化したことで、Room3,5、Room6,7 それぞれの濃度差が少なくなった。しかし、7月3日以降に Room6,7 の就業人数が大幅に増加したことで、CO₂濃度が高くなった。以上か

ら、クラスター感染発生時においても換気量が不足していた可能性がある。

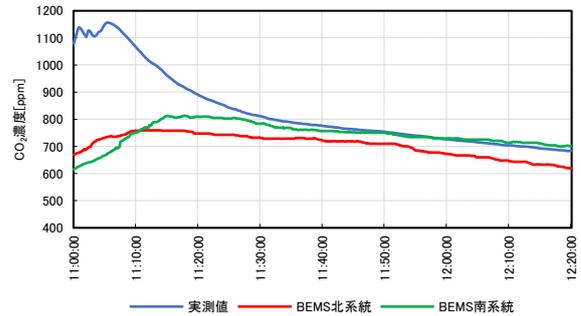


図 12 CO₂濃度の実測値とBEMS データ(事例 C)

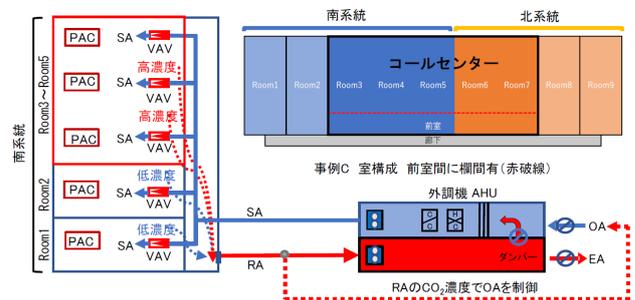


図 13 CO₂濃度制御システム(南系統) (事例 C)

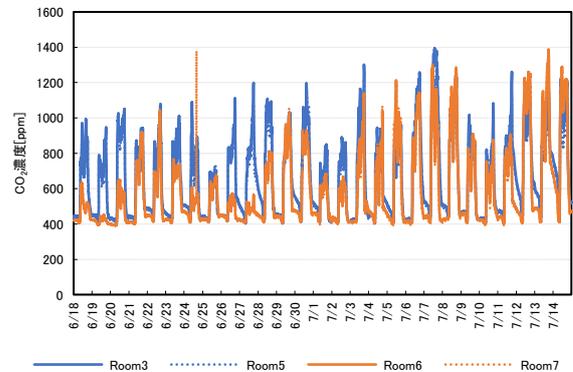


図 14 CO₂濃度(事例 C)

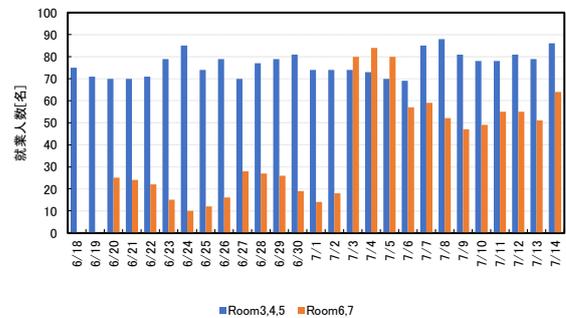


図 15 就業人数(事例 C)

C1.4. 事例 D

就業時間帯の平均 CO₂ 濃度の推移を示す (図 16)。就業日によって平均 CO₂ 濃度に大きな差が生じていた。また、10 月 18 日においては建築基準法によって定められた基準値である 1000ppm を超えている時間帯があった。事例 A と同様に就業人数の適正管理を行うことが必要であると考えられる。

コールセンターの平面を示す (図 17)。コールセンターの平面を「初期感染者ゾーン」、「室中央ゾーン」、「その他ゾーン」と分け、初期感染者のデスク付近で CO₂ ガスを約 20 分間放出した際の各ゾーンにおける CO₂ 濃度の最大値の推移を示す (図 18)。室中央ゾーンでの CO₂ 濃度が高くなった。初期感染者のデスク付近に設置されたサーキュレーター①が室中央付近に向けて使用されていたことで、CO₂ ガスが室中央付近に流れ、室中央付近の CO₂ 濃度が高くなったことが要因であると考えられる。また、室中央エリアに感染者が多く分布していることから、サーキュレーターを一方に向けて使用したことがクラスター感染要因の一つである可能性が指摘される。空調換気によって十分な換気量を確保し、室内の CO₂ 濃度を下げた状態でサーキュレーターを使用することや、HEPA フィルター相当の空気清浄機の増設が必要であると考えられる。

CO₂ 濃度の実測値と南系統の還気 CO₂ 濃度の BEMS データを示す (図 19)。BEMS データと実測値との間で 200ppm 程度の差が生じていた。BEMS データが実際の CO₂ 濃度の値よりも低い値を示すことによって CO₂ 濃度制御が作動することで、外気量 OA が制御され、換気量が不足したことが考えられる。このことから、事例 C と同様にクラスター感染発生時にも室内の CO₂ 濃度制御が十分に機能していなかった可能性がある。

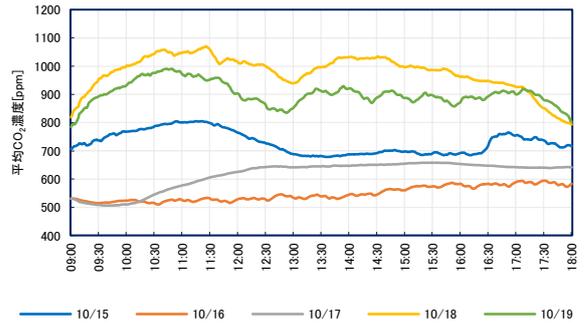


図 16 平均 CO₂ 濃度の推移 (事例 D)

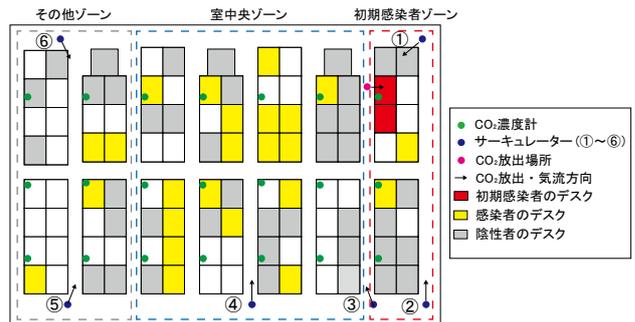


図 17 コールセンターの平面 (事例 D)

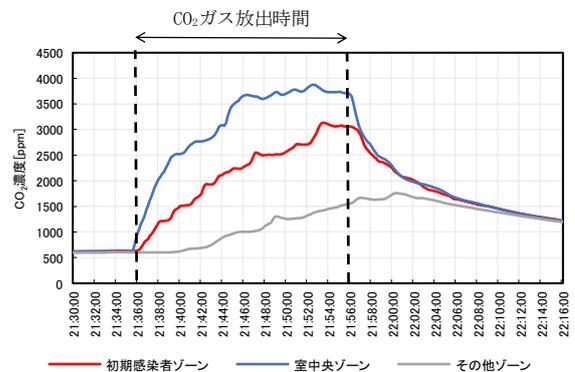


図 18 ゾーンごとの CO₂ 濃度の最大値 (事例 D)

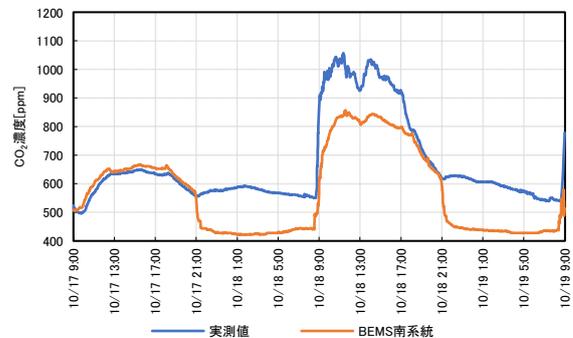


図 19 CO₂ 濃度の実測値と BEMS データ (事例 D)

C.2. 計算結果

C.2.1. 個別・中央比較

個別熱源方式と中央熱源方式における空調用の一次エネルギー消費量を示す(図20)。APF、COPは1.0と仮定する。中央熱源方式の場合、全体の1/3以上を占めることになる搬送系が含まれることで、個別熱源方式よりも一次エネルギー消費量が大幅に増加している。その結果、個別熱源方式は中央熱源方式に比べて省エネルギー効果は約45%削減であることが確認された。

札幌の場合、冷房負荷と暖房負荷が350MJ/(m²・年)前後で概ね一致しているが、APFの地域補正により暖房時の効率低下が影響し、PAC冷房よりもPAC暖房が大きく上回っている。一方、東京や那覇の場合、冷房負荷が主体的であるため、新たに外気冷房システムを採用することで、特に札幌と東京の差は小さくなると考えられる。

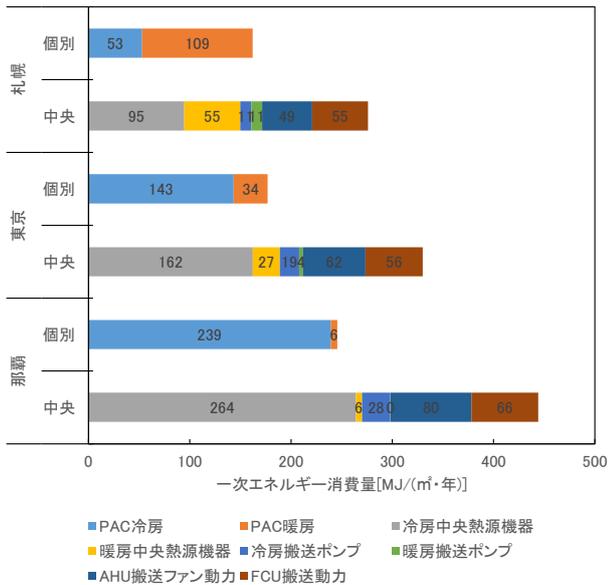


図20 一次エネルギー消費量(個別・中央比較)

C.2.2. APF比較

個別熱源方式におけるAPF毎の空調用の一次エネルギー消費量を示す(図21)。APFが0.7上昇(0.7→1.4)することで、札幌ではPAC暖房、東京・那覇ではPAC冷房の大幅な削減が期待できることが分かる。また、空調システム全体で評価した場合、SCOPは札幌で0.79上昇、東京で0.92上昇、那覇で0.96上昇し、システムの効率化に繋がることが確認された。

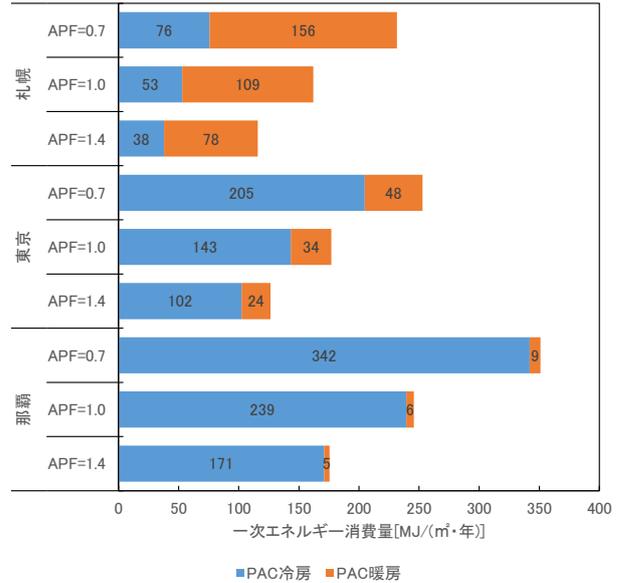


図21 一次エネルギー消費量(APF比較)

C.2.3. 45都市比較

参考までに、東京と同じトップランナーの温暖地仕様とした上で、45都市の個別熱源方式における空調用の一次エネルギー消費量を示す(図22)。

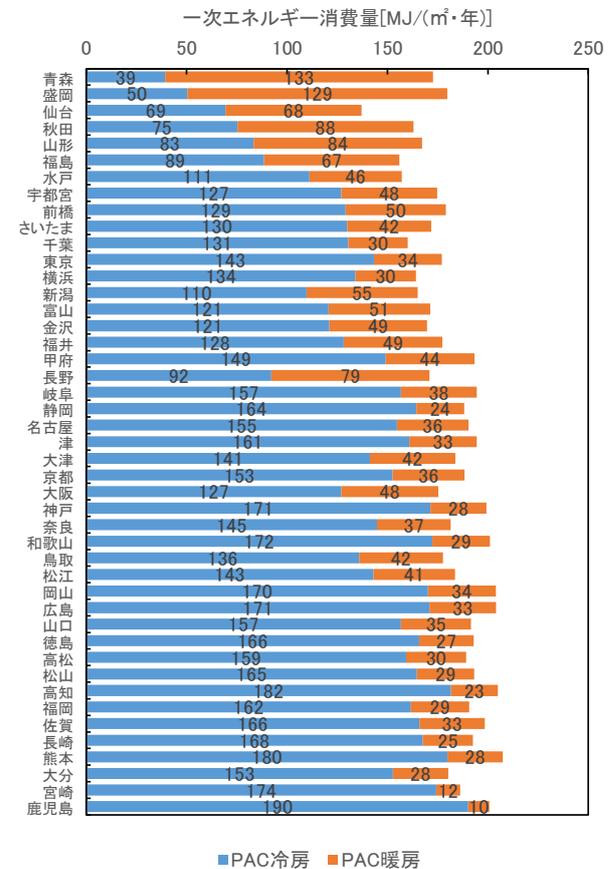


図22 一次エネルギー消費量(45都市比較)

D. 結論

D.1. 空調設備の地域性に関する影響分析

1. 就業人数の増加により CO₂ 濃度は概ね上昇するため、コールセンター事業者側はクラスター感染対策として就業人数の適正管理が必要である。
2. 空調換気運転時においては、十分な換気量を確保するために、それぞれの地域性や周辺環境等に応じて、適切な窓開け換気を行うことが必要である。
3. サーキュレーターを使用する際には、空調換気によって換気量が十分に確保された状態で使用することが望ましい。
4. クラスター感染発生時に建物の CO₂ 濃度制御が十分に機能していなかった可能性があり、更なる検証が必要である。

D.2. 空調設備の省エネルギーに関する影響分析

1. APF と COP が同じ条件で計算した結果、個別熱源方式は中央熱源方式に比べ約 45% の省エネルギー効果が期待できる。
2. 北海道と沖縄を除く 45 都府県の県庁所在地を対象とした個別熱源方式において、トップランナーの温暖地仕様であれば、空調用で 200MJ/(m²・年)前後に抑えられる。

<謝辞>

国立感染症研究所、関係自治体保健所、対象のコールセンター事業者、建物管理者の皆様には多大なるご協力をいただきました。記して謝意を表します。

<注釈>

注1)「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。なお、計算時においては、「個別熱源方式」と「中央熱源方式」と記述する。

注2)ゾーン設計で対象とする室以外のゾーン（廊下やエントランス、社員食堂等）のエネルギー消費量割増しを指す。

E. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

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) 標準化委員会 冷暖房熱負荷簡易計算法改定小委員会:SHASE-S 112-2019「冷暖房熱負荷簡易計算法」, 空気調和・衛生工学会, 2019
- 2) 滝沢博:標準問題の提案(オフィス用標準問題), 日本建築学会環境工学委員会熱分科会第15回シンポジウム, 1984
- 3) 菊田, 石野, 郡ら:冷暖房熱負荷の簡易計算法に関する研究(その3)実験計画法による各種熱負荷の推定法, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.9-12, 2018.9

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
個別方式におけるろ過清浄向上方法の検証

研究分担者 柳 宇 工学院大学 建築学部 教授

研究要旨

昨年度は、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、浮遊粒子について季節を問わず、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すことが明らかになった。また、浮遊微生物の測定結果からも、個別方式を採用した室内の浮遊粒子状物質に対するろ過性能が劣っているが強く示唆された。

今年度は、Covid-19の拡大により9月末までに2回の緊急事態宣言が出されたため、実態調査が遅れている。現在12月中旬から東京と北海道の実態調査を行うことになっている。ここでは、現時点まで行った個別方式を有するビルにおける浮遊粒子濃度の低減策に関する検討の結果を報告する。

個別方式室内機のフィルタが中性能にアップグレードができれば、中央方式と同等な捕集性能を有することが実証された。アップグレードができない場合、HEPAフィルタ付きのポータブル空気清浄機で適用床面積の条件を満足すれば粒径別浮遊粒子濃度を低下させることが実証された。

A. 研究目的

昨年度では、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、浮遊粒子について季節を問わず、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すことが明らかになった。また、浮遊微生物の測定結果からも、個別方式を採用した室内の浮遊粒子状物質に対するろ過性能が劣っているが強く示唆された。

今年度では、Covid-19の拡大により9月末までに2回の緊急事態宣言が出されたため、実態調査が遅れている。現在12月中旬から東京と北海道の実態調査を行うことになっている。ここでは、現時点まで行った個別方式を有するビルにおける浮遊粒子濃度の低減策に関する検討の結果を報告する。

B. 研究方法

B1. 個別方式空調室内機フィルタグレードアップによる対策効果の検討

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、及び遮り、静電気、重力沈降のメカニズムにより、ろ材近傍の浮遊粒子を捕集するが、0.2 μ m前後の粒子に対する総合的な捕集率が最も低い。

図1～3に中央方式と個別方式の概要、表1に粒径別浮遊粒子に対するエアフィルタの捕集率を示す。表中に塗りつぶしている箇所は一般にオフィスビル等の中央方式空調機（エアハンドリングユニット、AHU）に使用される中性能フィルタである。一方、個別方式のパッケージ型空調機には一般に標準仕様として質量法50%程度のフィルタ（MERV1相当）が備えられているが、中には中性能までグレードアップすることができる機種もあ

る。個別方式における室内浮遊粒子濃度の低減に室内機のフィルタをグレードアップすることが有効な対策になる。

B2. 空気清浄機による浄化効果

(1) 空気清浄機の種類と空気浄化原理¹⁾

前述した個別方式の室内機において、フィルタのグレードアップができないものについては、補助設備としての空気清浄機の利用が有効である。

浮遊粒子に対する空気清浄機の浄化性能は主としてろ過式と電気式であるが、ここでは、最も多く使用されているろ過式の捕集率について述べる。室内にポータブル空気清浄機を設置した場合の室内浮遊粒子濃度は式 (1) より表される (マスバランス)。式 (1) の指数項 $q\eta/V$ は換気回数 Q_{nr}/V と同じ次元を持つため、相当換気回数と呼ぶことがある。また、空気清浄機でろ過された空気量を CARD (Clean Air Delivery Rate、清浄空気供給量) と呼ぶ場合がある。

$$C = C_0 e^{-\left(\frac{q\eta}{V} + \frac{Q_{nr}}{V}\right)t} + \frac{Q_{ns} C_{oa}}{q\eta + Q_{nr}} \left(1 - e^{-\left(\frac{q\eta}{V} + \frac{Q_{nr}}{V}\right)t}\right) + \frac{M}{q\eta + Q_{nr}} \left(1 - e^{-\left(\frac{q\eta}{V} + \frac{Q_{nr}}{V}\right)t}\right) \quad (1)$$

M : 室内浮遊粒子発生量 (p/h)、 V : 室容積 (m³)、 Q_{ns} : 自然給気量 (m³/h)、 Q_{nr} : 自然排気量 (m³/h)、 C : 室内浮遊粒子濃度 (p/m³)、 C_{oa} : 外気中浮遊粒子濃度 (p/m³)、 C_0 : 室内浮遊粒子初期濃度 (p/m³)、 η : 空気清浄機捕集率 (-)、 t : 経過時間 (h)、 q : 空気清浄機の処理風量 (m³/h)

フィルタ式空気清浄機のろ過原理はビルなどの空調機に使用されるエアフィルタと同じであるが、空調機に備えられているエアフィルタの場合リークはあるが、ほとんどの給気がエアフィルタを通して室内に供給される。これに対して、空気清浄機は室内の空気を攪拌しながら空気中の浮遊粒子をろ過するしくみとなっている。従って、ろ過式

空気清浄機の浄化性能はフィルタの捕集率 η のみならず、その風量 q と室容積 V にも関係する。ろ過式空気清浄機の空気浄化性能は相当換気回数 $q\eta/V$ で決まる。

(2) 適用床面積^{1、2)}

空気清浄機の浄化性能はその空気清浄機の気流が影響を及ぼす空間によって異なってくる (図 4)。即ち、空気清浄機の性能が適用容積または床面積に関係する。

ここでは、空気清浄機を作動させてから 1 時間後、室内濃度は定常状態 (ここでは、理論的な定常濃度の 95% になる濃度とし、その時点での室内状態を定常状態と見なす) になることを目標とする。仮に、自然換気量 $Q_{ns} = Q_{nr} = 0$ 、室内初期濃度 $C_0 = 0$ とすると、式 (1) より式 (2) と式 (3) が得られる。 q の単位は m³/min である。仮に天井高が 2.6m とすると、式 (3) は式 (4) になる。

$$1 - e^{-\frac{q\eta}{V} \times 60} = 0.95 \quad (2)$$

$$V = 20q \quad (3)$$

$$A = 7.7q \quad (4)$$

図 5 に適用床面積と、空気清浄機の捕集率および送風量との関係を示す。例えば、送風量 5m³/min、捕集率 90% の空気清浄機の適用床面積は約 35m² になる。これは、35m² (91m³) の空気を完全攪拌する前提になっている。実際の場合、空気清浄機の気流性状のほか、室内の家具などの配置で完全攪拌になることはあまりないと考えられる。

(3) 実空間における空気清浄機の適用事例³⁾

1) 空気清浄機の性能

図 6 に床面積 114m² の K 大学学習ラウンジの平面図を示す。図中の A と B の箇所に HEPA フィルタ付きの空気清浄機写真 1) 各 1 台 (空気清浄機 A と B) を設置した。パーティクルカウンタを用いた空気清浄機の捕集率を測定した結果、

0.3 μm 以上の何れの粒径に対しても99.97%以上の捕集率を示すことが確認された。また、AとBの風量 q (モード:中)の実測値はそれぞれ392 m^3/h と408 m^3/h であった(合計800 m^3/h 、13 m^3/min)。その適応床面積は100 m^2 であり(式4)、対象室の114 m^2 と同程度である。

2) 空気清浄機効果の実証方法

空気清浄機による浄化効果とその影響範囲を把握するために、1m間隔の計70点(図7)の粒径別浮遊粒子濃度を空気清浄機OFFとモード中で稼働させた30分後に測定を行った。

C. 研究結果および考察

C1. 個別方式空調室内機フィルタグレードアップによる対策効果

図8と表2にパッケージ型空調機室内機におけるフィルタをグレードアップする前(プレフィルタ)と後(比色法60%、90%)の粒径別浮遊粒子濃度の捕集率を示す⁴⁾。比色法65%フィルタはMERV11、比色法90%はほぼMERV13に相当することが実証された。

また、感染症流行期間中にグレードアップすることがとくに有効な対策になる。これまで、SARS-CoV-2の粒径に関していくつかの測定結果が報告されている。ここではウイルスのcopy数が多い測定結果の粒径分布(<1 μm ND; 1-4 μm 1384 RNA copies/ m^3 (40%); >4 μm 2000 RNA copies/ m^3 (60%))を用いて試算すると、MERV13のフィルタのシングルパスの捕集率は88%になる(=40% \times 85%+60% \times 90%=88%)。

C2. 空気清浄機による浄化効果

図9~11に空気清浄機OFF(上)とON(下)の状態における浮遊粒子濃度の平面分布とその濃度の四等分値を示す。空気清浄機OFFの状態でも、当該室に外調機による全外気運転が行われるが、学習机近辺に0.3-5.0 μm の浮遊粒子濃度の高い域がみられた。一方、空気清浄機を稼働させた30分

後に、対象室全体において粒径別浮遊粒子濃度の低下が確認された。とくに、空気清浄機の近傍では浮遊粒子濃度が著しく低下した。

昨年度の研究で比較した中央方式個別方式空調の室内粒径別浮遊粒子濃度の比較を図12(冬期)と図13(夏期)に示す。空調方式別における浮遊粒子濃度の差においては、空気清浄機の利用により対応できることが分かった。

D. 結論

個別方式室内機のフィルタが中性能にアップグレードができれば、中央方式と同等な捕集性能を有することが実証された。

アップグレードができない場合、HEPAフィルタ付きのポータブル空気清浄機で適用床面積の条件を満足すれば粒径別浮遊粒子濃度を低下させることが実証された。

個別方式室内機のフィルタが中性能にアップグレードができれば、中央方式と同等な捕集性能を有することが実証された。

アップグレードができない場合、HEPAフィルタ付きのポータブル空気清浄機で適用床面積の条件を満足すれば粒径別浮遊粒子濃度を低下させることが実証された。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 柳 宇, エアフィルタ, 空気清浄機, 紫外線殺菌照射(UVGI), ビルと環境, No.173, pp.18-24, 2021.
- 2) 柳 宇, ウイルス感染拡大を抑えるために設備設計者ができること, MET, 第32号, pp.4-9, 2021.
- 3) 渡邊健介, 柳 宇, 殷 睿, HEPAフィルタ付きの空気清浄機による大空間空気浄化性能の実証, 2021年室内環境学会学術大会講演用要旨集, pp.82-83, 2021.
- 4) 殷 睿, 柳 宇, 渡邊健介, COVID-19に関

する自宅療養のリスク低減方法の実証, 2021
年室内環境学会学術大会講演用要旨集,
pp.80-81, 2021.

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) 柳 宇, 空気清浄機, 空気清浄, 第46巻, 第6号, pp.40-45, 2009.
- 2) 柳 宇, 室内空気清浄便覧, オーム社, 2000.
- 3) 渡邊健介, 柳 宇, 殷 睿, HEPA フィルタ付きの空気清浄機による大空間空気浄化性能の実証, 2021年室内環境学会学術大会講演用要旨集, pp.82-83, 2021.
- 4) 古澤明里朱, 倉淵隆, 金政一, 阿式信英, 田口遥樹, 活動に伴う飛沫発生量とその捕集効率に関する研究, 2021年度日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1203-1206.

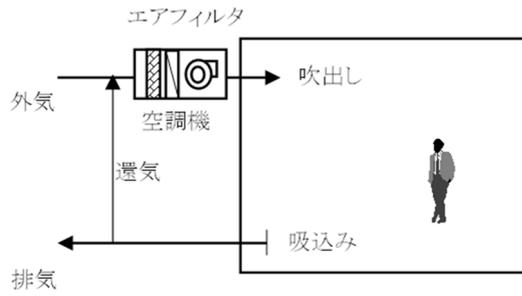


図1 中央冷暖房・中央換気方式

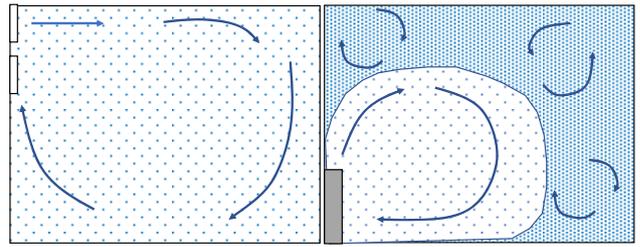


図4 空調用エアフィルタによるろ過(左)と空気清浄機による浄化(右)の違い

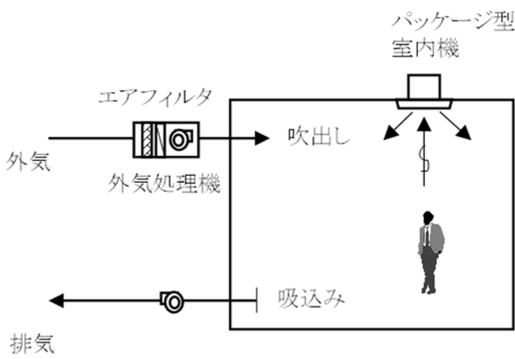


図2 個別冷暖房・中央換気方式

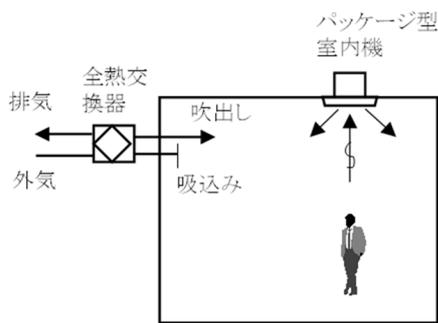


図3 個別冷暖房・個別換気方式

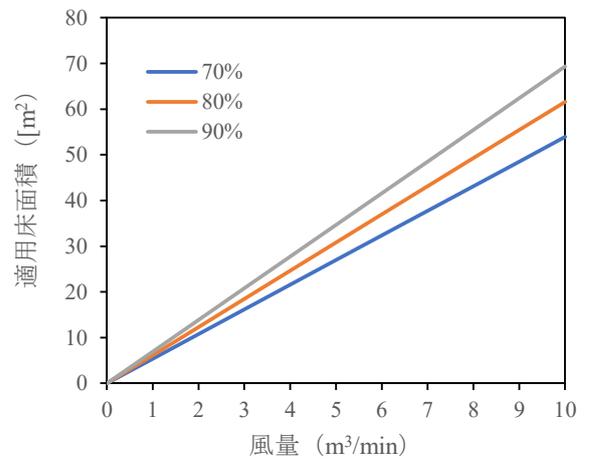


図5 空気清浄機の風量と適用床面積の関係

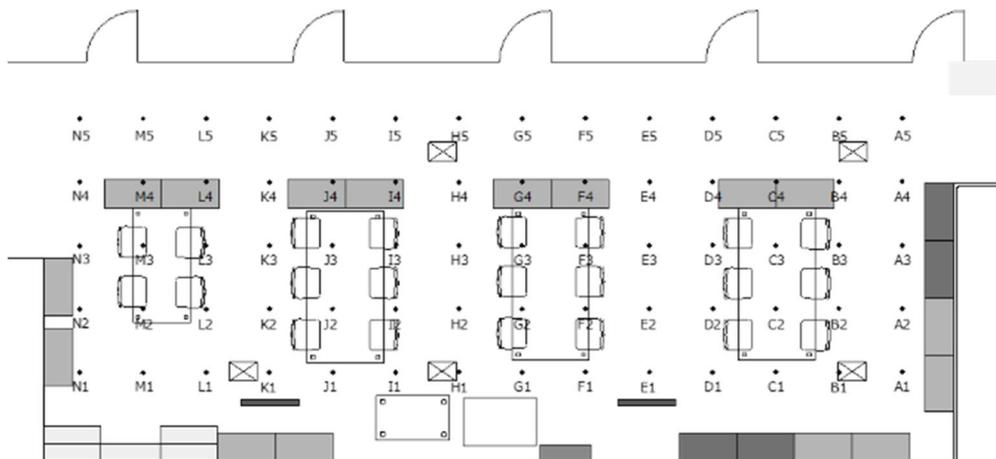


図 6 実証対象の平面図

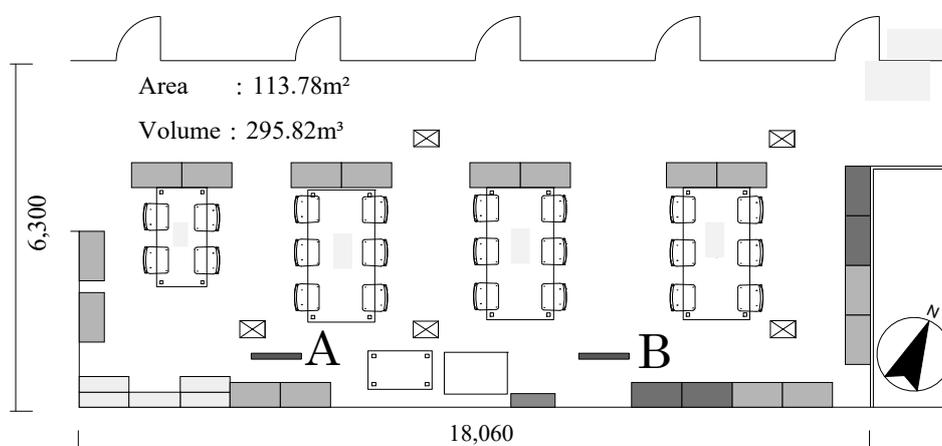


図 7 平面分布測定点

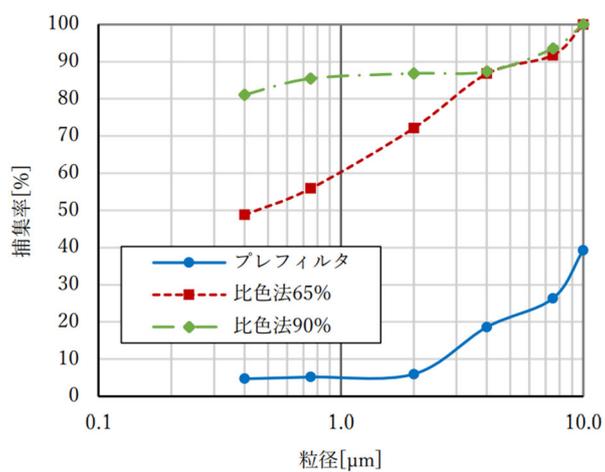


図 8 個別空調室内機 粒径別捕集率

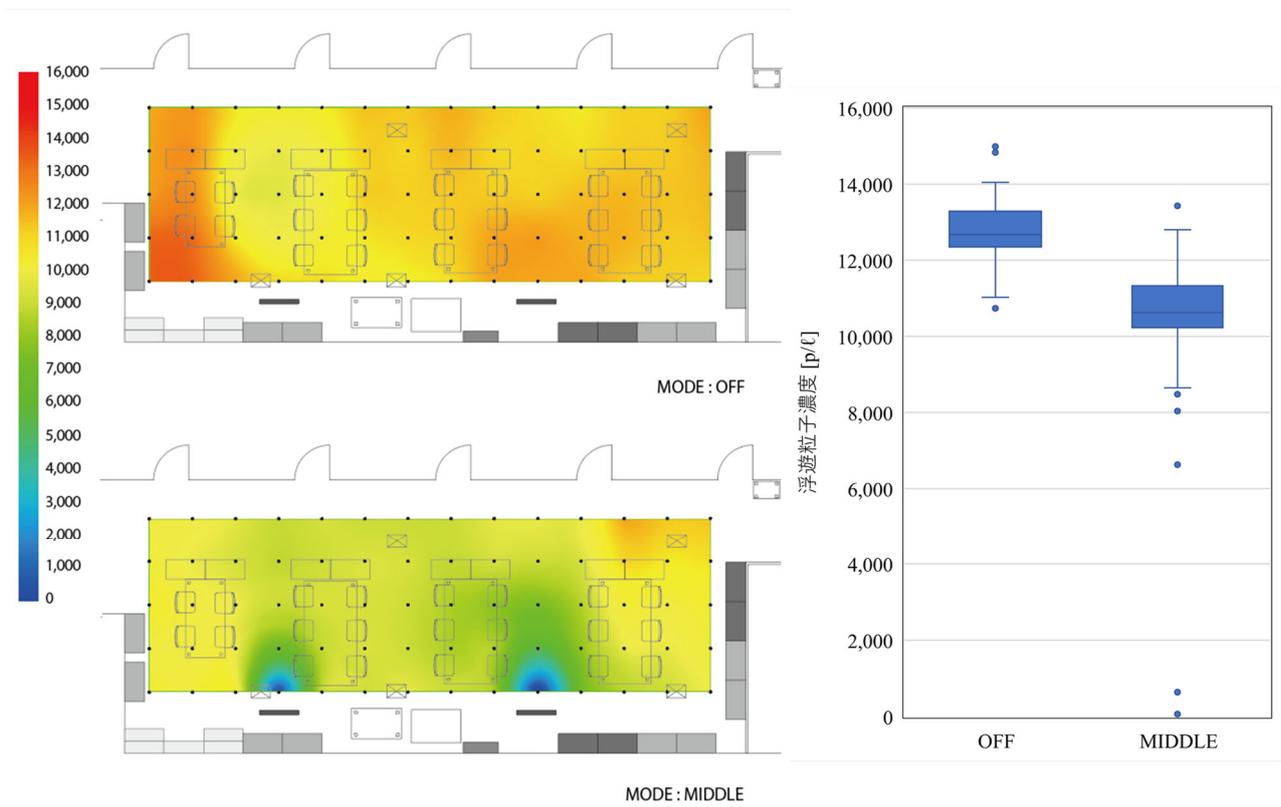


図 9 空気清浄機 OFF(上)と ON(下)の状態における 0.3-1.0 μm 粒子の濃度の平面分布と四等分値

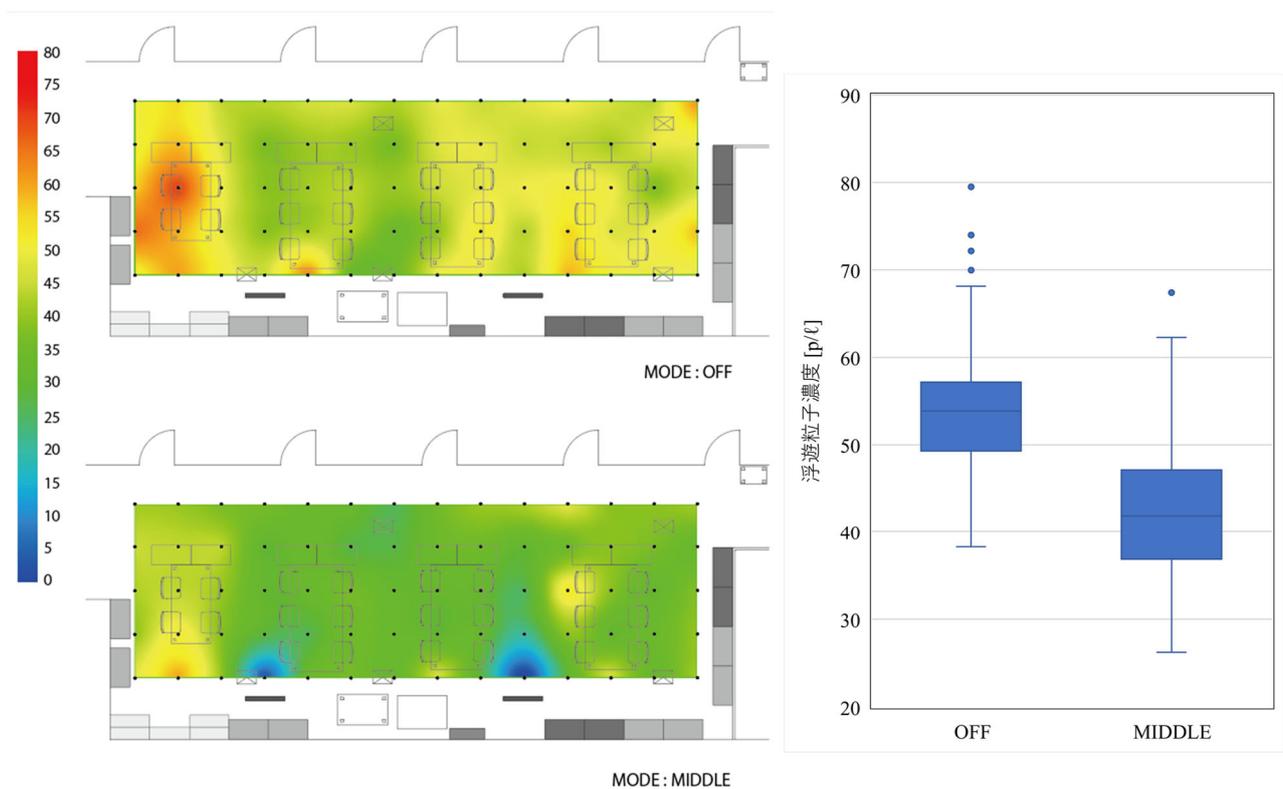


図 10 空気清浄機 OFF(上)と ON(下)の状態における 1.0-5.0 μm 粒子の濃度の平面分布と四等分値

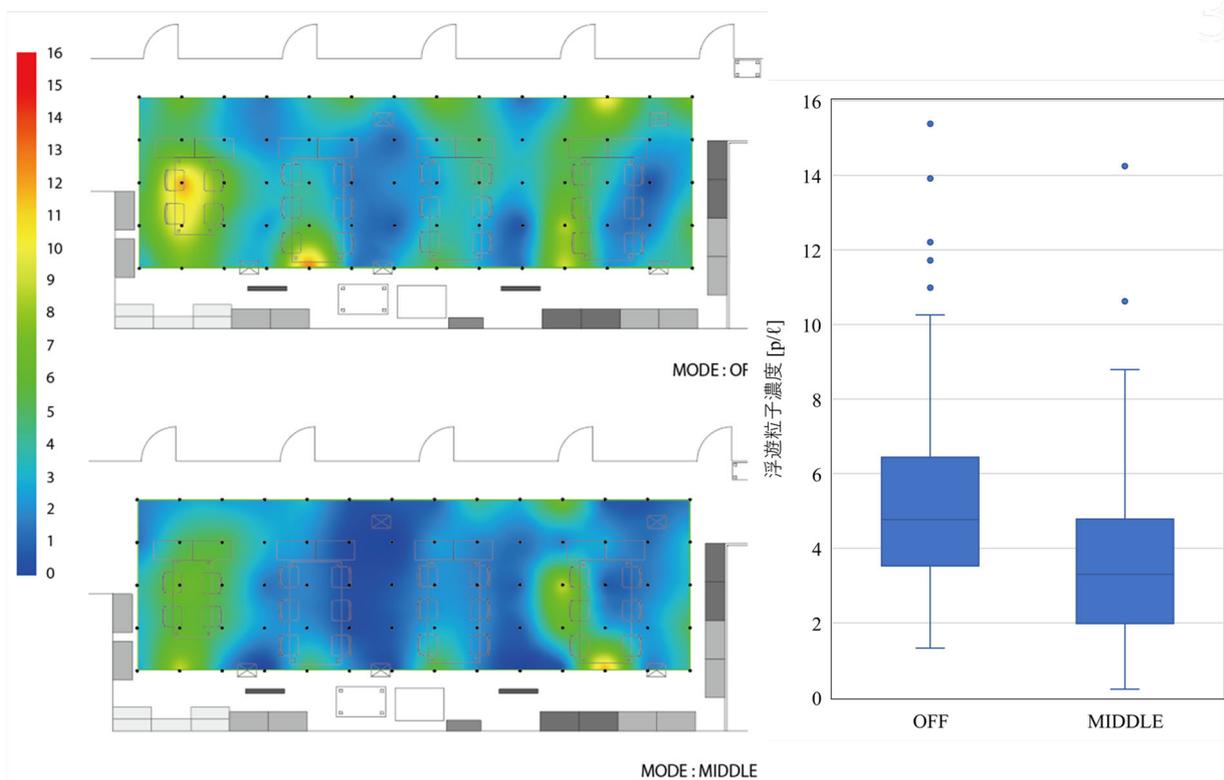


図 11 空気清浄機 OFF(上)とON(下)の状態における 5.0μm 粒子の濃度の平面分布と四分値

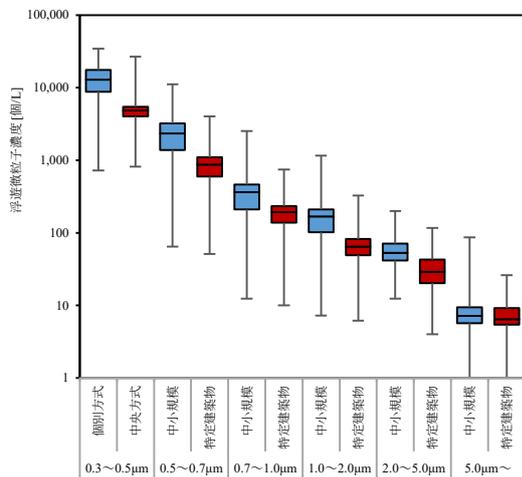


図 12 冬期の室内浮遊粒子濃度四分値

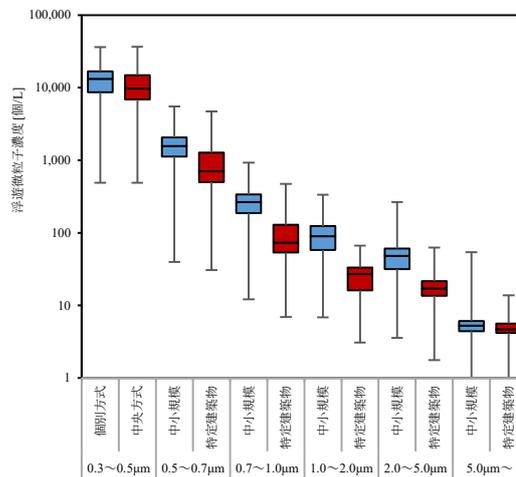


図 13 夏期の室内浮遊粒子濃度四分値

表 1 粒径別最小捕集率報告値 (MERVs) と比色法の捕集率

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 ≤ E3	80	-
6	n/a	n/a	35 ≤ E3	80	-
7	n/a	n/a	50 ≤ E3	90	40
8	n/a	20 ≤ E ₂	70 ≤ E3	90	40
9	n/a	35 ≤ E ₂	75 ≤ E3		50
10	n/a	50 ≤ E ₂	80 ≤ E3		50
11	20 ≤ E ₁	65 ≤ E ₂	85 ≤ E3		60
12	35 ≤ E ₁	80 ≤ E ₂	90 ≤ E3		75
13	50 ≤ E ₁	85 ≤ E ₂	90 ≤ E3		90
14	75 ≤ E ₁	90 ≤ E ₂	95 ≤ E3		95
15	85 ≤ E ₁	90 ≤ E ₂	95 ≤ E3		98
16	95 ≤ E ₁	95 ≤ E ₂	95 ≤ E3		-

n/a: not available,

Source: ASHRAE Standard 52.2-2017.

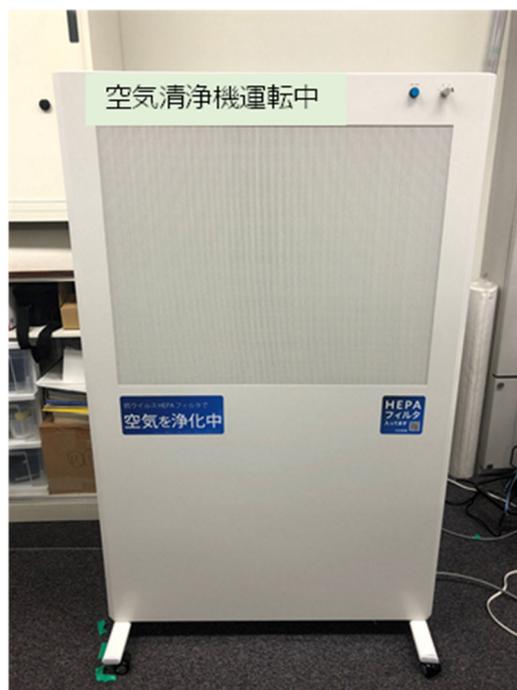


写真 1 空気清浄機の外観

表 2 個別空調室内機 MERV 比較(%)

粒径[μm]	0.3~1	1~3	3~10
MERV13	50 以上	85 以上	90 以上
プレフィルタ	5	6	20
比色法 65%	50	72	88
比色法 90%	82	87	88

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
室内空気・熱環境に対する数値計算による事例検討

研究分担者 李 時桓 国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学大学院環境学研究科 准教授

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（数値流体解析）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、始めに空調方式による室内環境の違いについて、現場調査を行い、数値解析の境界条件を得る。次に人体周辺（タスク域）を目標温度に維持有無と共に、アンビエント域における温度・流速環境を検討する。検討結果から、現状の空調・換気方式の使用により、室環境の制御が容易になるのか考察した。

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生じている。その結果、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であると言われている。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ている。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であり、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最終目的とする。本研究では空調方式による室内環境の違いについて、現場調査と数値解析を行い、人体周辺（タスク域）を目標温度に維持有無に、アンビエント域における温度・流速環境を検討する。

B. 研究方法

(1) 現場調査

空調方式による室内環境の違いについて、現場調査を行う。検討対象建物はJ社事業センターとJ社研修センターであり、図1にそれぞれの建物の外観、図2に建物の内観を示す。本検討では、それぞれの建物のある事務スペースの空調・換気方式を調べ、数値解析の境界条件として活用する。



図1 検討対象建物の外観



図2 検討対象建物の内観

(2) 数値解析による室内空気・熱環境の評価
 検討対象である建物、J社事業センターとJ社研修センターのある事務スペースと対象とし、CFD解析による室内空気・熱環境の評価を行う。

一先ず、J社事業センター（検討モデル1）、J社研修センター（検討モデル2）解析領域をモデル化（図3、図4）する。また、B1章で行った現場調査結果を基に、それぞれの境界条件を表1、表2に纏める。両検討モデルは規模、作業人数、空調方式などが異なり、現状の空調・換気方式の使用により、室環境の制御が容易になるのか考察するのに容易である。

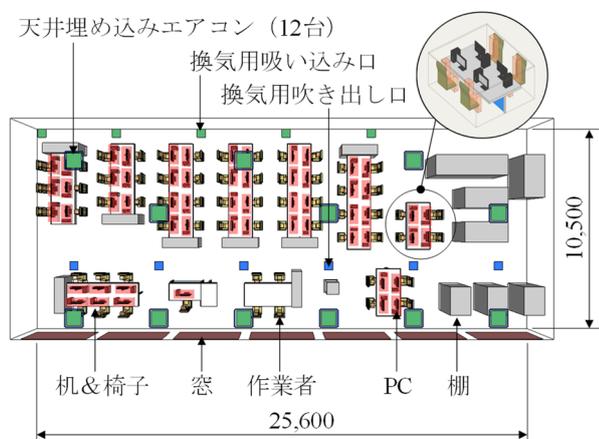


図3 検討モデル1の詳細

数値解析では、夏期（外気温度：35℃）と冬期（外気温度：0℃）に分けて行う。解析領域内の負荷としては、窓から熱取得・損失する伝熱負荷と共に、室内で発熱する座位での作業を想定した人体モデル（70 W/人）とPC（200 W/台）を計算条件として取り組む。換気量は30 m³/(h・人)とし、全熱交換換気システムを使用することを想定する。

乱流モデルは高 Re 数 k-ε モデルを採用し、解析は定常解析（t = ∞）、メッシュ数は検討モデル1で2,000万個、検討モデル2で1,000万個を採用する。

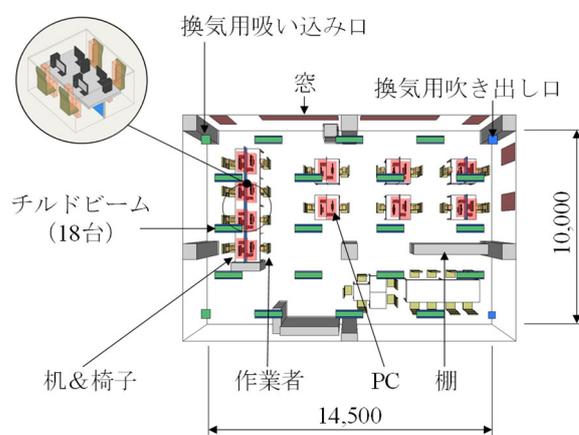


図4 検討モデル2の詳細

表1 解析条件(検討モデル1)

項目	内容
検討領域	25.6(x)×10.5(y)×2.6(z) m
時間項	定常解析 (t = ∞)
メッシュ数	20,000,000 個
エアコン (12台)	吹出口 流量：1,200 m ³ /h (1台あたり) 温度：24℃ (冬期, 夏期) 斜め吹き：60℃ (4-WAY)
	吸込口 流量：1,200 m ³ /h (1台あたり)
換気口 (6台)	流量：315 m ³ /h (1台あたり) 温度：7℃ (冬期), 28℃ (夏期)
人体 (63人)	発熱：70 W/人
PC (63台)	発熱：200 W/台
窓 (7カ所)	外気温度：0℃ (冬期), 35℃ (夏期) 熱貫流率：3.5 W/(m ² ·K)

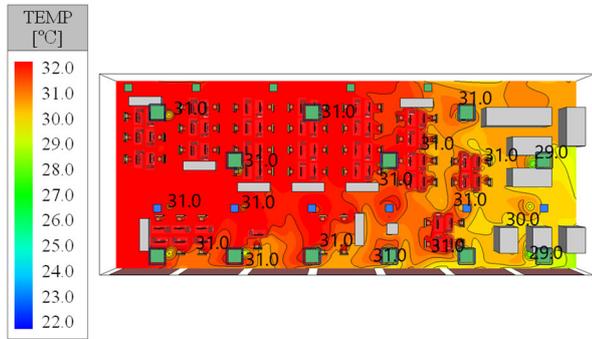
表2 解析条件(検討モデル2)

項目	内容
検討領域	14.5(x)×10.0(y)×2.7(z) m
時間項	定常解析 (t = ∞)
メッシュ数	10,000,000 個
チルドビーム (18台)	吹出口 流量：600 m ³ /h (1台あたり) 温度：24℃ (冬期, 夏期) 斜め吹き：50℃ (2-WAY)
	吸込口 流量：600 m ³ /h (1台あたり)
換気口 (2台)	流量：300 m ³ /h (1台あたり) 温度：7℃ (冬期), 28℃ (夏期)
人体 (20人)	発熱：70 W/人
PC (20台)	発熱：200 W/台
窓 (6カ所)	外気温度：0℃ (冬期), 35℃ (夏期) 熱貫流率：3.5 W/(m ² ·K)

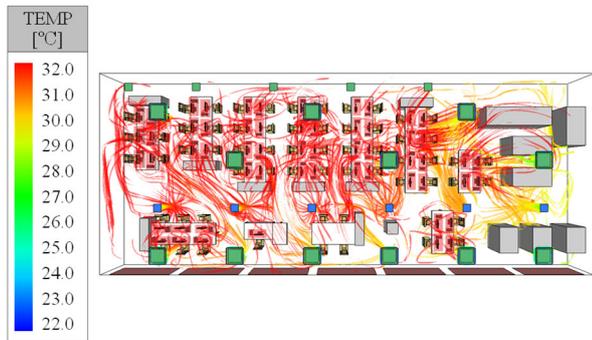
C. 研究結果

図5、図6にJ社事業センター(検討モデル1)とJ社研修センター(検討モデル2)の異なる空調方式(天井埋め込みエアコン、チルドビーム)による解析結果を示す。図に示したものは平面温

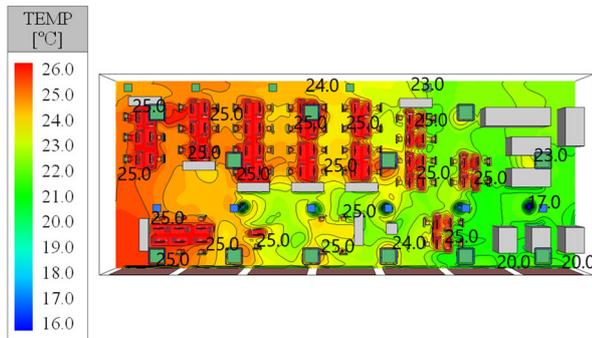
度分布($z=1.2\text{ m}$)と吹き出し口からの流線分布であり、夏期と冬期の両方の計算結果である。結果によると、人体とPCがある領域(タスク域)には設定温度(夏期 26°C 、冬期 22°C)より暑くなり、アンビエント域と異なる結果が得られた。



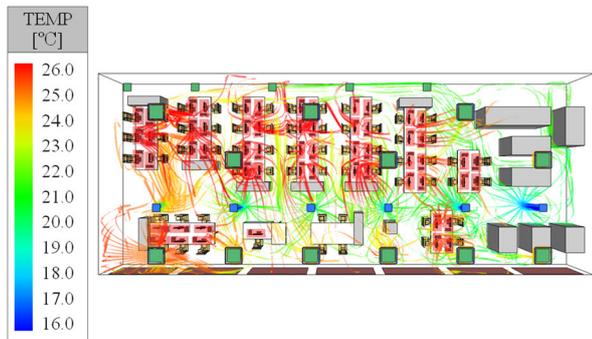
(a) 夏期 ($z=1.2\text{ m}$ 温度分布)



(b) 夏期 (流線分布)

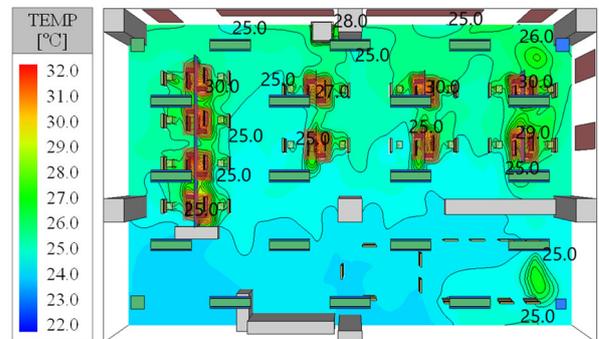


(c) 冬期 ($z=1.2\text{ m}$)

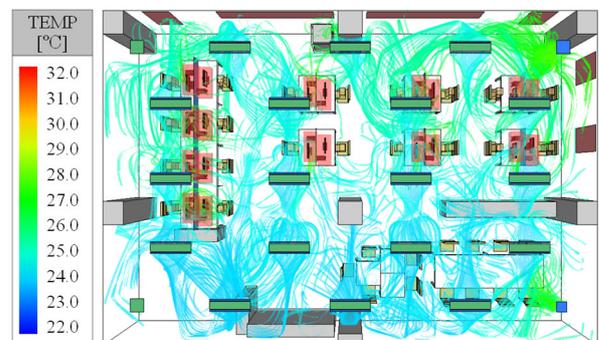


(d) 冬期 (流線分布)

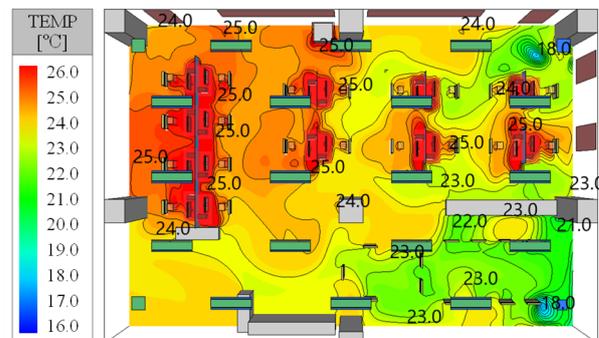
図5 検討モデル1の解析結果



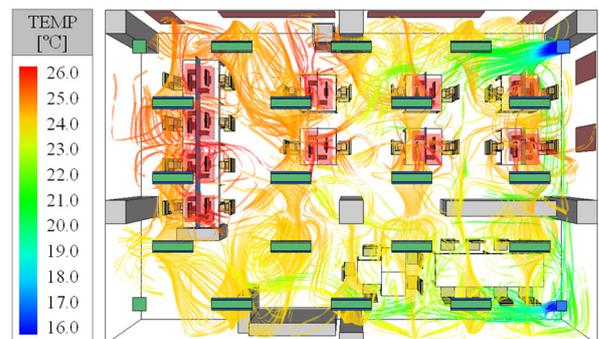
(a) 夏期 ($z=1.2\text{ m}$ 温度分布)



(b) 夏期 (流線分布)



(c) 冬期 ($z=1.2\text{ m}$)



(d) 冬期 (流線分布)

図6 検討モデル2の解析結果

特に、J社事業センター（検討モデル1）は設定温度より約5~6℃、J社研修センター（検討モデル2）は設定温度より約3~4℃程度暑くなり、空調機の吹き出し温度をもっと低く制御する必要があると考えられる。勿論、現在設置されている空調システムの空調温度、風量設定を変更することで改善される可能性もあるが、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る傾向も見られる。この問題に対し、個別空調などを併用することで、室内空間が均一な温度に保たれると考えられる。

D. 結論

今回の検討では、2つの建物の業務スペースに対し、実際運用されているセントラル空調方式の稼働による室内空気・熱環境の評価を行った。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、個別空調を併用することでその問題が解消すると考えられる。

今後、作成した数値解析モデルを用い、多様な条件下における検討を続けていく予定である。

E. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

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

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

- 1) 柳 宇：エアフィルタ，空気清浄機，紫外線殺菌照射（UVGI），ビルと環境，No.173，pp.18-24，2021.
- 2) 柳 宇：ウイルス感染拡大を抑えるために設備設計者ができること，MET，第32号，pp.4-9，2021.
- 3) Motoya Hayashi, State of Poor Ventilation and Indoor Air Environment in Buildings - Environmental Hypersensitivity from Perspective of a Building Environmental Hygiene Researcher -, Indoor Environment, Vol25, No1, pp.1-8, 2022.
- 4) 林基哉，室内環境における新型コロナウイルスの性質と感染対策，ビルと環境，No.173，pp.1-9,2022.
- 5) 林基哉，新型コロナウイルス感染症対策のための二酸化炭素濃度の測定と換気制御，ビルと環境，No.174，pp.1-9，2022.
- 6) Takashi Kurabuchi, U. Yanagi, Masayuki Ogata, Masayuki Otsuka, Naoki Kagi, Yoshihide Yamamoto, Motoya Hayashi and Shinichi Tanabe, Operation of air-conditioning and sanitary equipment for SARS-CoV-2 infectious disease control. Japan Architectural Review, 4, 423-434, 2021. <https://doi.org/10.1002/2475-8876.12238>
- 7) 林基哉，我が国における新型コロナウイルス感染症に対する建築環境対策，空気調和・衛生工学 第95巻，pp.381-388，2021.05

総説

- 1) 開原典子．行政の動き 特定建築物の不適率の状況．ビルと環境2021.9；174：44-9.
- 2) 開原典子．COVID-19対策と熱中症対策を両立させる換気と冷房．公衆衛生 2021；85（7）：477-82.

書籍

なし

学会発表

- 1) 渡邊健介，柳 宇，殷 睿：HEPA フィルタ付きの空気清浄機による大空間空気浄化性能の実証，2021年室内環境学会学術大会講演用要旨集，pp.82-83，2021.
- 2) 殷 睿，柳 宇，渡邊健介：COVID-19に関する自宅療養のリスク低減方法の実証，2021年室

内環境学会学術大会講演用要旨集, pp.80-81, 2021.

- 3) 山崎佑基, 菊田弘輝, 玉村壮太, 林基哉, 室内環境が新型コロナウイルスの空気感染に与える影響に関する実験法, 日本建築学会大会梗概集, 2021.9
- 4) 松永崇孝, 菊田弘輝, 吉住佳子, 林基哉, 学校教室を対象とした新型コロナウイルス感染症対策における換気と空気清浄の効果検証, 日本建築学会大会梗概集, 2021.9
- 5) Kenichi AZUMA, Naoki KAGI, U YANAGI, Hoon KIM, Noriko KAIHARA, Motoya HAYASHI, Haruki OSAWA. Effects of suspended particles, chemicals, and airborne microorganisms in indoor air on building - related symptoms: a longitudinal study in air - conditioned office buildings. Healthy Buildings 2021 – Europe Proceedings of the 17th International Healthy Buildings Conference 21-23 June 2021; ISSN: 2387-4295 (SINTEF Proceedings (online)). ISBN: 978-82-536-1728-2 (pdf). SINTEF Proceedings no 9. Paper5.2.
- 6) 開原典子, 島崎大, 齋藤敬子, 金勲, 東賢一, 中野淳太, 樺田尚樹, 柳宇, 鍵直樹, 長谷川兼一, 建築物の環境衛生管理の実態に関する全国調査 その 11 中規模建築物の環境衛生管理の実態. 第 80 回日本公衆衛生学会総会 ; 2021.12 ; 東京 (ハイブリッド). 抄録集 P-21-12. p. 488.

令和4年3月24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3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) 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)
人を対象とする生命科学・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"/>
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"/>
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」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系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。

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 曽根 智史

次の職員の令和3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) 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)
人を対象とする生命科学・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"/>
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"/>
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」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系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4年4月8日

国立保健医療科学院長 殿

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 (公印省略)

次の職員の令和3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) 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)
人を対象とする生命科学・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"/>
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"/>
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」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系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4年4月4日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 公立大学法人秋田県立大学

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3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) システム科学技術学部 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)
人を対象とする生命科学・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"/>
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"/>
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」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系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。

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 3 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 (現 建築都市学部)・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)
人を対象とする生命科学・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"/>
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"/>
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」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系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4年3月24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3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) 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)
人を対象とする生命科学・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"/>
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"/>
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」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系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4年4月8日

国立保健医療科学院長 殿

機関名 国立大学法人信州大学

所属研究機関長 職名 学長

氏名 中村 宗一郎

次の職員の令和3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) 信州大学学術研究院工学系・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)
人を対象とする生命科学・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"/>
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"/>
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」、「臨床研究に関する倫理指針」、「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」、「人を対象とする医学系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。