

厚生労働科学研究費補助金

健康安全・危機管理対策総合研究事業

建築物環境衛生管理における空気調和設備等の  
適切な運用管理手法の研究

令和2年度～令和4年度 総合・分担研究報告書

研究代表者 林 基哉

令和5（2023）年5月



厚生労働科学研究費補助金

健康安全・危機管理対策総合研究事業

建築物環境衛生管理における空気調和設備等の  
適切な運用管理手法の研究

令和2年度～令和4年度 総合・分担研究報告書

研究代表者	林 基哉	北海道大学大学院	教授
研究分担者	開原 典子	国立保健医療科学院	主任研究官
	柳 宇	工学院大学	教授
	長谷川兼一	秋田県立大学	教授
	中野 淳太	東海大学	准教授
	菊田 弘輝	北海道大学	准教授
	李 時桓	名古屋大学	准教授
研究協力者	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協会	
	谷川 力	ペストコントロール協会	
	金 勲	国立保健医療科学院	
	小林 健一	国立保健医療科学院	
	東 賢一	近畿大学	
	鍵 直樹	東京工業大学	

令和5年（2023）年5月





# 目 次

I. 総合研究報告	-----	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. 個別方式の種類と類型化、個別空調設備の現状調査と課題抽出	-----	p. 13
中野淳太		
2. 管理・指導の課題整理	-----	p. 27
開原典子、柳宇、林基哉		
3. 実測を踏まえた個別空調の温熱環境特性と運用の課題	-----	p. 45
中野淳太		
4. 空気環境不適合率上昇に関する事務所建築の調査と分析	-----	p. 61
柳宇		
5. 空気環境不適合率上昇に関する事務所建築の調査と分析 -温湿度の実態調査-	-----	p. 69
開原典子、柳宇、林基哉、中野淳太、長谷川兼一、菊田弘輝、 李時桓、金勲、鍵直樹、東賢一、小林健一		
6. 基準不適合率上昇に関する分析	-----	p. 75
林基哉		
7. 竣工設備データベース「ELPAC」を用いた事務所建築の 空調設備とエネルギー消費量の動向分析	-----	p. 87
長谷川兼一		

8.	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. 95
	菊田弘輝		
9.	数値計算による空気・熱環境の室内空間分布に関する検討	-----	p. 103
	李時桓		
III.	研究成果の刊行に関する一覧表	-----	p. 109

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 大学院工学研究院 教授

研究要旨

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

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

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

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

本研究によって、以下の知見が得られた。個別空調方式は、在室者がエアコンや換気設備の操作を行う可能性が高いとともに、中央管理による安定した外気調整が行われなため、空気環境の室温差、時間変化及び季節による差が生じやすく、空気環境の不適率を上昇させる可能性が高く、行政報告例の不適率が高い相対湿度、温度、二酸化炭素では、上記の機序が強く関係している。この他に、個別空調方式では、個別換気設備が用いられる場合に、外調機のフィルターに比べてフィルター効果が低いために、室内の浮遊粉じん濃度が高くなる可能性がある。このような、個別空調方式の特性を踏まえた、維持管理手法と、それに基づいた行政指導に関するマニュアル案を作成した。

研究分担者

開原 典子 国立保健医療科学院  
柳 宇 工学院大学  
長谷川兼一 秋田県立大学  
中野 淳太 東海大学  
菊田 弘輝 北海道大学大学院  
李 時桓 信州大学

研究協力者

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  
金 勲 国立保健医療科学院  
小林 健一 国立保健医療科学院  
東 賢一 近畿大学  
鍵 直樹 東京工業大学

## A. 研究目的

特定建築物における建築物環境衛生管理基準のうち、相対湿度、温度、二酸化炭素の不適合率が近年、上昇傾向にある。既往の研究「H29-R1「建築物環境衛生管理基準の検証に関する研究」により、その要因として、建築物の大規模化と用途の複合化により、建築物の衛生管理が複数のテナントによって行われ、中央一括管理ができないこと、省エネルギーを目的とした換気回数の減少があることを示すとともに、個別空調方式の使用が拡大してきたことも不適合率の上昇の要因の一つであることを示してきた。

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

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

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

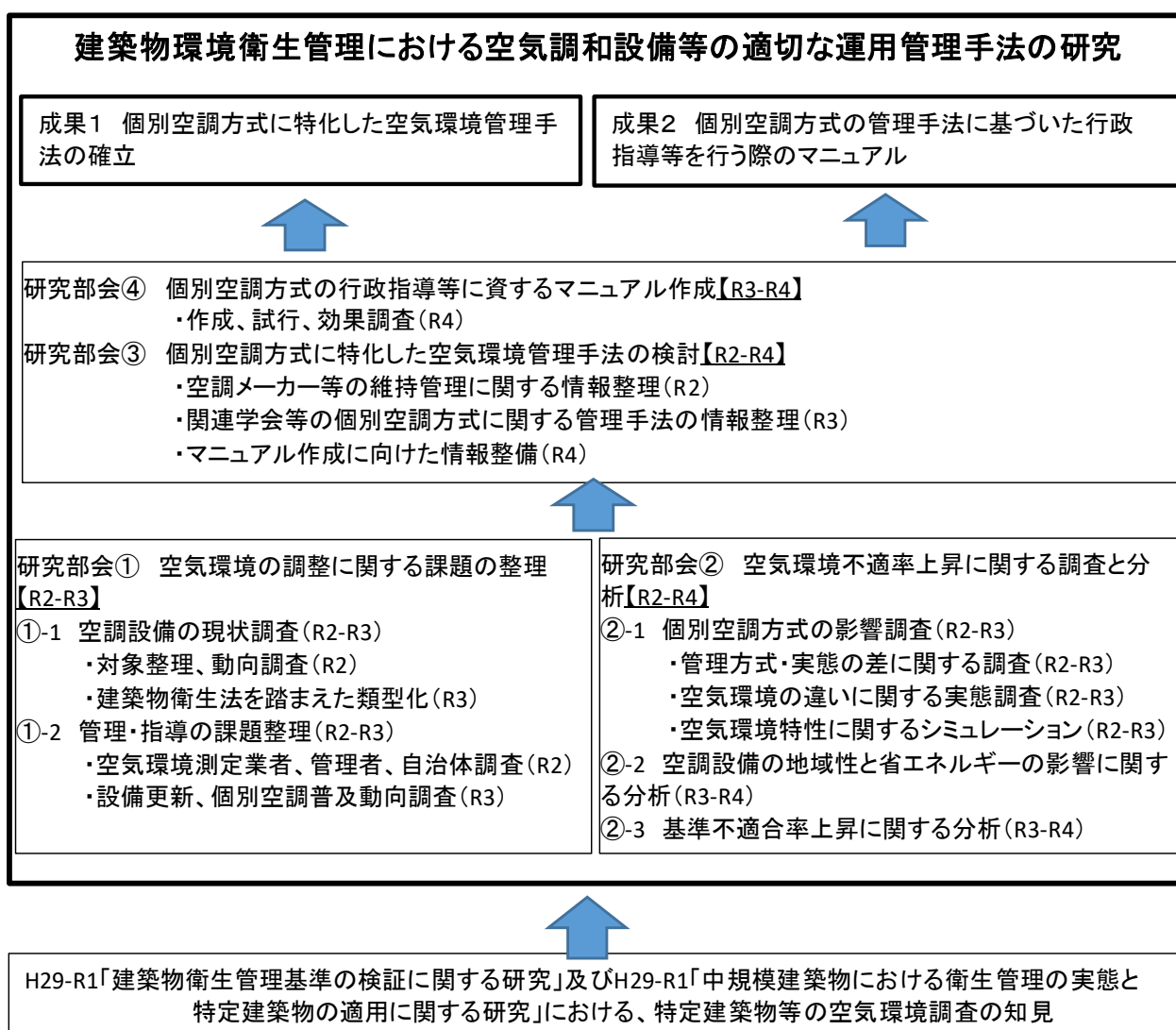


図1 研究の構造

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

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

## B. 研究方法

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

### B1. 空気環境の調整に関する課題の整理【R2-R3】

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

#### B1-1. 空調設備の現状調査（中野/長谷川/菊田）

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

ともに、建築物衛生法の定義を踏まえて、類型化を行う。

#### B1-2. 管理・指導の課題整理（開原/ビル管/ビルメン/自治体（東京都・福岡等））

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

## B2. 空気環境不適合率上昇に関する調査と分析【R2-R4】

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

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

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

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

#### B2-2. 空調設備の地域性と省エネルギーの影響に関する分析（菊田）

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

### B2-3 基準不適合率上昇に関する分析（林）

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

### B3. 個別空調方式に特化した空気環境管理手法の検討【R3-R4】（柳）

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

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

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

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

## C. 研究結果

### C1. 空気環境の調整に関する課題の整理

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

2017～2020年の夏季と冬季において、北海道、東京、埼玉、横浜、名古屋、大阪、福岡にある事務所建築物27件にて行った調査の再分析を行い、空気環境不適合率上昇における個別空調方式の影響を調査した。PAC+換気方式は外気の影響を大きく受け、特に相対湿度は不適合となる範囲まで分布しやすい傾向にあることがわかった。空気温度および気流速度については、衛生管理基準の範囲を超えることはまれであった。ISO17772-1による評価結果からは、PAC+換気方式において総合評価およびPMVの評価がカテゴリI～N/Aまで広く分布していることがわかった。これは、同一空間内でもインテリアとペリメータの空気温度および平均放射温度の差が大きくなる傾向にあるためであった。また、冬季の上下温度分布も中央方式より大きくなりやすいことが確認された。以上を総合すると、換気を伴う個別空調方式は外気湿度の影響を受けやすく、同一空間内の高さ方向および水平方向の環境に分布が生じやすいことがわかった。また、同じ空調方式でも建物間の差が生じやすいと言える。衛生管理において、個別空調方式では室内環境分布に着目した評価が重要になると考えられる。

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

所建築についても着目した。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。

7事務所ビル9執務室の夏期と冬期における室内空気環境の測定結果より、夏期と冬期の室内温度、二酸化炭素濃度、夏期の相対湿度は総じて良好であったが、冬期に8室の相対湿度が40%を下回った。また、1室ではあるが、機械換気を止めており、その室内二酸化炭素濃度の中央値が1200ppm、最大値が1600ppmであった。換気運転を行うように啓発する必要性が示唆された。たばこ煙による室内浮遊微粒子濃度の上昇や、加湿器と考えられる浮遊微粒子と浮遊細菌濃度の異常な上昇がみられたことから、運用時における適切な衛生管理は必要であることが示された。

空調設備の地域性と省エネルギーの影響に関する分析において、個別熱源、中央熱源、ハイブリッド方式において、データベースに基づく機器選定後の熱源機器容量等（設計時、実態）を分析し、比較した。また、個別熱源方式をベースとした上で、シミュレーションに基づく空調用の一次エネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量（運用時、計算）を計算し、比較した。得られた知見を以下に示す。1. 空気調和設備のエネルギー消費性能が向上するにつれて冷暖房ごとの熱源機器容量が小さく、個別熱源は中央熱源に比べて熱源機器容量が大きくなる傾向がある。2. 中央熱源方式は個別熱源方式に比べて約45%の増加に対し、主に搬送系の削減に伴い、

ハイブリッド方式は個別熱源方式に比べて約15%の増加に抑えられる。3. 同じ年間熱負荷の基で、個別熱源方式におけるAPF、省エネルギー手法による削減率を段階的に示し、札幌では特に全熱交換器、東京と那覇では他にも外気冷房システムが省エネルギー化に繋がることを確認された。4. カーボンニュートラルの視点から、個別熱源方式における電力主体とガス主体の一次エネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量を示し、特に札幌は冷熱源に電力、温熱源にガスを選択することで、さらなる省エネルギー効果が期待できる。5. 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/(m<sup>2</sup>・年)前後に抑えられる。

個別空調に特化した行政指導に資する維持管理マニュアル（案）の作成にあたり、「設備業者等による定期点検時の管理者の留意事項」、個別空調方式に特化した立入検査に資する情報として「基本的な指導の流れ」と「立入検査及び報告徴取の事例」について、東京都の事例を紹介した。

また、これまでに「建物の空調設備と維持管理」に関する質問紙調査（夏期・冬期）の結果を報告している。質問紙調査の結果から、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いう回答が得られていることについて、郵送調査において、その実態の一端を捉えるデータを得ることができた。本研究班では、建築物衛生法によって管理されない建物も含めて調査を行っているが、COVID-19による感染症対策の一つである換気対策が行われた際の測定結果から、一部の建物を除いて、二酸化炭素濃度が1,000ppm以下のより外気に近い値となっていることが確認された。一方、湿度は、既往の調査結果よりもさらに低湿度環境となっていることをとらえるデータが得られた。この結果は、「建物の空調設備と維持管理」

に関する質問紙調査（夏期・冬期）の結果の感染症対策に関する行動と符合するものである。COVID-19 の感染症対策としてとられた換気対策や行動変容が、空気調和設備等の運用管理に影響していくのか、継続的に動向を調査し、新たな感染症対策の一助なるべく、今後も調査を継続していくことは重要であると思われる。

## C2. 空気環境不適合率上昇に関する調査と分析

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

- ① 執務時間内の室内空気環境変化については、冬期の温度、絶対湿度、冬期と夏期の CO<sub>2</sub> 濃度に上昇傾向がみられる。
- ② 事務所ビル毎の温度、湿度、CO<sub>2</sub> 濃度、PMV 概算値については、冬期の温度が高いほど相対湿度が低い傾向が伺えるとともに、PMV は温度に依存している。
- ③ 対象全体の不適時間率については、温度は冬期 1%夏期 26%、相対湿度は冬期 65%夏期 19%、CO<sub>2</sub> 濃度は冬期 39%夏期 43%であった。

行政報告例の不適合率と比較すると、中小規模で個別空調が多い対象では、換気と加湿の制御が十分ではない場合が多いことが要因として挙げられる。

COVID-19 パンデミックに際し、政府機関によって換気の必要性が啓発された。夏期の熱中症、冬期の寒さ対策を踏まえた換気対策を示すなど、WHO 等の国外の情報、国内のクラスター調査の知見を踏まえ、日本独自の対策が発信された。また、感染

抑制に必要な換気量、空気の流れに関する定量的な知見が非常に少ないと共に、変異株の流行の影響に関する定量的な推定も困難である中、国立感染症研究所はエアロゾル感染に関する整理を行い、政府の新型コロナウイルス感染症対策分科会は、エアロゾル感染対策として、空気の流れを考慮した効率的な換気方法を示した。これらの対応は、今後の新興再興感染症への対策に影響し、パンデミック時の空調換気運転のあり方、建築設備の設計と維持管理に関する課題を提起した。しかし、COVID-19 のパンデミックに伴って、二酸化炭素濃度の不適合率が急激に低下し、温度の不適合率が上昇した。行政報告例の空気環境不適合率は、COVID-19 パンデミックに伴って、推奨された換気対策による換気量の増加、行動制限に伴う在室者数の減少によって、室内二酸化炭素濃度が低下したと考えられる。また、同様の理由で温度の不適合率が増加したと考えられる。

行政報告例の空気環境不適合率は、相対湿度、温度、二酸化炭素濃度の不適合率は、2019 年まで、基本的な上昇傾向が継続している。2000 年以降、個別空調方式の比率が高まることで、相対湿度、温度、二酸化炭素濃度の不適合率上昇の要因になった可能性がある。個別空調方式では、室毎の制御が行われるために、建物全体の空気環境制御が十分に行われなため、室間差や時間変化が発生する可能性が高い。このために、定期的測定や立入検査において、基準を満たさない結果が増えると考えられる。このような機序によって、報告聴取の増加、省エネルギーの影響、外部環境の変化に加えて、個別空調の普及によって、温度、相対湿度、二酸化炭素濃度の不適合率が上昇したと考えられる。

建築物衛生法によって管理されない建物も含めて、平時の事務所ビルにおける室内温湿度の再解析を行った。約 60 件の事務所ビルの夏期と冬期の測定結果より、平時の場合、温度は、多くの建物が建築物衛生法の基準に近い状況にあり、個別の空調方式を用いている 2,000～3,000 m<sup>2</sup>の中規模ビ



ルや 2,000 m<sup>2</sup>未満の小規模ビルであっても、調整可能であることが示唆された。一方で、冬期の相対湿度の結果は、気化式の加湿設備や空調の個別方式が増えている今般の平時の事務所ビルの低湿度環境の傾向を示しており、既往の研究と同様に、運用に課題があるといえる。本研究班では、COVID-19 の発生から終息までの感染症対策の変化を踏まえて、平時だけでなく、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整理を行ってきているが、空調設備の動向とともに維持管理のあり方についても、継続的に情報を更新していくことが必要であるといえる。

### C3. 個別空調方式に特化した空気環境管理手法の検討

既往研究 1「(建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究, 平成 26~28 年度厚生労働科学研究費補助金(健康安全・危機管理対策総合研究事業))と、既往研究 2「中規模建築物における衛生管理の実態と特定建築物の適用に関する研究, 平成 29~令和 1 年度厚生労働科学研究費補助金(健康安全・危機管理対策総合研究事業)」の調査結果を用い、空調方式別の視点から中央方式空調システム(中央方式)と個別方式空調システム(個別方式)を採用した建築物の室内環境を比較した結果、下記の事柄が分かった。

- 温度：季節と空調方式を問わず、室内温度は建築物衛生法の管理基準値を満足した。また、個別方式の温度設定が居住者に任せているため、中央方式に比べると冬期に 0.5℃高く、夏期に 0.4℃低くなっている。
- 相対湿度：夏期では建築物衛生法の管理基準値を満足したが、冬期では空調方式を問わず、40%を下回った。また、冬期では個別方式より中央方式の方が 5%程度高かった。
- CO<sub>2</sub> 濃度：季節を問わず何れの方式においても、室内濃度の中央値が 1000ppm を下回った。
- 浮遊微生物：季節を問わず室内浮遊細菌濃度が建築学会の維持管理基準値の 500cfu/m<sup>3</sup> を満足した。また、中央方式に比べ、個別方式の

方が高い値を示した。一方、浮遊真菌については、夏期の個別方式の室内濃度の中央値が 50cfu/m<sup>3</sup> を上回ったが、ほかは当該基準を満足した。

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

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

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

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。特に建築物環境衛生管理では「測定点」、「測定時期」が重要なキーワードであり、本研究では CFD

解析（数値流体解析）を用い、オフィス空間における「測定点」、「測定時期」について検討し、現状の空調・換気方式の使用により、室内分布（温度、湿度、CO<sub>2</sub>、気流速度など）を明らかにし、冬期の暖房期間、夏期の冷房期間に対する「測定点」による違いについて考察した。

以上に基づいて、個別空調方式に特化した空気環境管理手法の確立、その管理手法に基づいた行政指導のガイドライン案を作成した。本ガイドラインでは、1章 個別空調方式に特化した維持管理法、2章 個別空調方式に特化した立入検査を示している。1章 個別空調方式に特化した維持管理法では、個別空調方式の特徴で、個別空調の普及の状況近年の動向、個別空調方式の運転と省エネルギー性、個別方式の種類と類型化、室内空気環境の課題を示した上で、個別空調方式に特化した維持管理として、日常の維持管理方法、設備業者等による定期点検、設備業者等による定期点検時の管理者の留意事項を示した。また、その他の留意事項として、個別空調機からの害虫の侵入、感染拡大時の換気の確保について、示した。

#### C4. 個別空調方式の行政指導等に資するマニュアル作成

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った。

マニュアルを用いた自治体職員への試行と効果に関しては、十分な結果が得られていないものの、今後のデジタル技術の導入を見据えた現状の限界と課題に関する記述が必要である等の意見が得られている。

以上に基づいて、個別空調方式に特化した空気環境管理手法の確立、その管理手法に基づいた行政指導のガイドライン案を作成した。本ガイドラインでは、1章 個別空調方式に特化した維持管理法、2章 個別空調方式に特化した立入検査を示している。2章 個別空調方式に特化した立入検査では、個別空調方式の留意点、基本的な指導の流れ、空気環境の測定方法、空気環境測定点の考え方を示し、立入検査及び報告徴取の事例を紹介した。

#### D. 結論

個別空調方式は、在室者がエアコンや換気設備の操作を行う可能性が高いとともに、中央管理による安定した外気調整が行われないために、空気環境の室間差、時間変化及び季節による差が生じやすく、空気環境の不適率を上昇させる可能性が高く、行政報告例の不適率が高い相対湿度、温度、二酸化炭素では、上記の機序が強く関係している。この他に、個別空調方式では、個別換気設備が用いられる場合に、外調機のフィルターに比べてフィルター効果が低いため、室内の浮遊粉じん濃度が高くなる可能性がある。このような、個別空調方式の特性を踏まえた、維持管理手法と、それに基づいた行政指導に関するマニュアル案を作成した。

#### E. 研究発表

##### 1. 論文発表

- 1) Motoya Hayashi, U Yanagi, Yoshinori Honma, Yoshihide Yamamoto, Masayuki Ogata, Koki Kikuta, Naoki Kagi, Shin-ichi Tanabe ; Ventilation Methods against Indoor Aerosol Infection of COVID-19 in Japan ; Atmosphere 14(1) 150-150, 2023.01.10
- 2) 林基哉, 環境工学からの情報発信-予期せぬ事態に専門家がとるべきスタンスとは(<連載> コロナ備忘録), 日本建築学会建築雑誌, p36-39, 2023.01
- 3) 林基哉, 建築物環境衛生研究者からみた環境過敏症 建築物の換気不良と室内空気環境の実態, 室内環境 25, p33-40, 2022
- 4) 林基哉, 【特集】COVID-19 を振り返る 日本政府による新型コロナウイルス感染症のエアロゾル感染対策, 空気清浄 60 巻 5 号, 2023. 01.31
- 5) 赤松大成, 森太郎, 林基哉, 羽山広文, 新型コロナウイルス感染症流行下の寒冷地の学校教室

- における室内環境と換気代替手法の評価, 日本建築学会環境系論文集 Vol.803 p43-49,2023.01
- 6) 金勲,阪東美智子,小林健一,下ノ菌慧,鍵直樹,柳宇,菊田弘輝,林基哉, 接待を伴う飲食店における室内環境と感染症対策 (その1): 建築設備の概要及びコロナ禍における換気運用と感染状況, 日本建築学会環境系論文集 Vol.806 p300-306,2023.04
  - 7) 東 賢一. 室内化学物質汚染の現状と対策. クリーンテクノロジー; 30(2), 41-45, 2020.
  - 8) 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.
  - 9) 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.
  - 10) 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.
  - 11) 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.
  - 12) 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.
  - 13) 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>
  - 14) 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
  - 15) Motoya Hayashi, U Yanagi, Yoshinori Honma, Yoshihide Yamamoto, Masayuki Ogata, Koki Kikuta, Naoki Kagi, Shin-ichi Tanabe ; Ventilation Methods against Indoor Aerosol Infection of COVID-19 in Japan ;Atmosphere 14(1) 150-150, 2023.01.10
  - 16) 林基哉, 環境工学からの情報発信-予期せぬ事態に専門家がとるべきスタンスとは(<連載> コロナ備忘録), 日本建築学会建築雑誌,p36-39,2023.01
  - 17) 林基哉, 建築物環境衛生研究者からみた環境過敏症 建築物の換気不良と室内空気環境の実態,室内環境 25,p33-40,2022
  - 18) 林基哉, 【特集】COVID-19 を振り返る 日本政府による新型コロナウイルス感染症のエアロゾル感染対策, 空気清浄 60 巻 5 号, 2023. 01.31
  - 19) 赤松大成,森太郎,林基哉,羽山広文, 新型コロナウイルス感染症流行下の寒冷地の学校教室における室内環境と換気代替手法の評価, 日本建築学会環境系論文集 Vol.803 p43-49,2023.01
  - 20) 金勲,阪東美智子,小林健一,下ノ菌慧,鍵直樹,柳宇,菊田弘輝,林基哉, 接待を伴う飲食店における室内環境と感染症対策 (その1): 建築設備の概要及びコロナ禍における換気運用と感染状況, 日本建築学会環境系論文集 Vol.806 p300-306,2023.04
  - 21) 柳 宇: コロナウイルス対策として空調・換気設備ができること, 住まいと電気, 第 34, 第 8 号, 5-8. 2022. ISSN 2187-8412.

## 2. 学会発表

- 1) 川崎嵩,菊田弘輝,林基哉,阪東美智子,長谷川兼一,澤地孝男, 新型コロナウイルス感染下における居住リテラシーに関する WEB 調査 そ

- の2 冬期の調査結果,日本建築学会学術講演梗概集,p901-902,2022.07
- 2) 尾方壮行,山本佳嗣,鍵直樹,林基哉,田辺新一, デスクパーティションが呼吸器エアロゾル粒子への曝露に与える影響,日本建築学会学術講演梗概集,p1331-1332,2022.07
  - 3) 金勲,阪東美智子,小林健一,下ノ菌慧,鍵直樹,柳宇,菊田弘輝,林基哉, 接待を伴う飲食店における換気と室内環境 感染症対策に関する実態調査, 日本建築学会学術講演梗概集,p1355-1358,2022.07
  - 4) 山本直輝,菊田弘輝,長谷川麻子,林基哉, 新型コロナウイルス感染症のクラスター感染が発生したコールセンターの空気環境, 日本建築学会学術講演梗概集,p1547-1548,2022.07
  - 5) 赤松大成,森太郎,五宮光,林基哉,羽山広文, 換気方式の異なる室内空間における換気効率の比較, 日本建築学会学術講演梗概集,p2093-2094,2022.07
  - 6) Azuma K, Kagi, N, Yanagi U, Kim H, Hasegawa K, Shimazaki D, Kaihara N, Kunugita N, Hayashi M, Kobayashi, K, Osawa H. Effects of the total floor area of an air-conditioned office building on building-related symptoms: characteristics of winter and summer. The 16th international conference of Indoor Air Quality and Climate, Philadelphia, PA, USA, November 1-5, 2020.
  - 7) 東賢一、鍵直樹、柳宇、金勲、開原典子、林基哉、大澤元毅. オフィスビル労働者のビル関連症状と室内空気汚染物質との関係に関する縦断調査. 第93回日本産業衛生学会, 旭川, 2020年5月13日-16日.
  - 8) 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.
  - 9) 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.
  - 10) 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
  - 11) 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
  - 12) 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.
  - 13) 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.
  - 14) 川崎嵩,菊田弘輝,林基哉,阪東美智子,長谷川兼一,澤地孝男, 新型コロナウイルス感染下における居住リテラシーに関するWEB調査 その2 冬期の調査結果,日本建築学会学術講演梗概集,p901-902,2022.07
  - 15) 尾方壮行,山本佳嗣,鍵直樹,林基哉,田辺新一, デスクパーティションが呼吸器エアロゾル粒子への曝露に与える影響,日本建築学会学術講演梗概集,p1331-1332,2022.07

- 16) 金勲,阪東美智子,小林健一,下ノ菌慧,鍵直樹,柳宇,菊田弘輝,林基哉, 接待を伴う飲食店における換気と室内環境 感染症対策に関する実態調査, 日本建築学会学術講演梗概集,p1355-1358,2022.07
- 17) 山本直輝,菊田弘輝,長谷川麻子,林基哉, 新型コロナウイルス感染症のクラスター感染が発生したコールセンターの空気環境, 日本建築学会学術講演梗概集,p1547-1548,2022.07
- 18) 赤松大成,森太郎,五宮光,林基哉,羽山広文, 換気方式の異なる室内空間における換気効率の比較, 日本建築学会学術講演梗概集,p2093-2094,2022.07
- 19) 柳 宇, 林基哉, 中野淳太, 菊田弘輝, 本間義則, 長谷川兼一: 建築物の空調換気設備と環境衛生の実態 その1 空調・換気方式別における空気環境の比較, 公衆衛生学会, 2022.
- 20) 林基哉, 菊田弘輝, 柳 宇, 中野淳太, 鍵直樹, 長谷川兼一, 東賢一, 本間義規, 小林健一, 阪東美智子, 金 勲, 開原典子: 建築物の空調換気設備と環境衛生の実態 その2 COVID-19 事例における空調換気の調査, 公衆衛生学会, 2022.
- 21) 開原典子, 柳 宇, 林基哉: 建築物における空気調和設備の維持管理に関する調査, 2022 年室内環境学会学術大会講演要旨集, 150-151, 2022.

## **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



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  
個別方式の種類と類型化、個別空調設備の現状調査と課題抽出

研究分担者 中野 淳太 東海大学 建築都市学部建築学科 准教授

研究要旨

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

A. 研究目的

A1. 個別空調設備の現状調査および課題抽出

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

A2. 個別方式の種類と類型化

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。

本報では、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

B1. 個別空調設備の現状調査および課題抽出

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

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

C. 研究結果

C1. 個別空調設備の現状調査および課題抽出

1) 個別空調の管理・設置実態

①関わっている中でもっとも多い空調・換気方式  
\*ア) 中央冷暖房・中央換気方式、イ) 個別冷暖房・中央換気方式、ウ) 個別冷暖房・個別換気方式（全熱交換器あり）、エ) 個別冷暖房・個別換気方式（全熱交換器なし）の中から選択

- ・管理業： イ、ウ
- ・製造業： 方式別の出荷台数は不明である。一般論として、イ、エが多く、エが最もリーズナブルである。ウが省エネや環境管理の面で推奨される。
- ・建設業： 用途によって異なる。  
 オフィスー 大型超高層はアで、1テナント1空調機になる。中小規模はイウで、2000年代から1テナント1外気処理パッケージとすることが多い。搬送動力削減のため、個別分散外調機とする。加湿機能は、全熱交換器に持たせる。直膨コイル付き全熱交換器は冷暖可能で、浸透膜式（気化式）加湿機能を有する。  
 商業ー 百貨店はアで中央式オールダクトとする。大規模モールはイで、セントラルの外調機を採用する。中規模施設もイ。

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

## ②空調・換気方式別の割合と地域特性

- ・管理業： 東京都23区内の地域冷暖房のあるエリアではアが多く、外資系テナントはアとイが多い。アは古い建物に多く、温度ムラが問題となりやすい。エは昔多かったタイプである。外資系企業は1年を通じて冷房の需要が高く、特に地域冷暖房のエリアでは個別のパッケージ空調を追加している。
- ・製造業： 東北以北は、寒冷地対応が必要になる。沖縄では湿度管理が課題となる。
- ・建設業： 主に北海道や日本海側の寒冷地に対応が必要になる。暖房はセントラル式（ガス熱源の温水）が基本となる。寒冷地でも空冷HPの個別空調が増えている。海の側では塩害対策が必要となり、室外機は耐塩仕様を選択する。セントラル式では除塩フィルタ（中性能）を使用するが、個別空調は危機寿命と共に交換する。

## 2) 室内循環機について

### ①フィルタの種類

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

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

### ②室内機の運転管理

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

### ③COVID-19の影響

- ・管理業： 建築基準法に基づいた設計物件が多い（20 m<sup>3</sup>/h）ため、厚生労働省が推奨している30 m<sup>3</sup>/hに引き上げるリクエストがある。既存設備では対応が難しい。捕集性能の高いフィルタ性能による対応や、外付けのUV殺菌の導入



に積極的である。テナント側から空気環境測定結果の開示を求められることが増えてきている。

- ・建設業： オフィスでは換気量増加の要望があり、手動設定で運用している。施工中の建築物では、コロナ対策モードで運転できるようにプレ換気とクリーンナップ換気モードを追加している。映画館のルーフトップパッケージに紫外線殺菌を搭載する例もある。オフィスでの紫外線殺菌機能はまだ事例がない。

### 3) 全熱交換器について

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

### 4) ビル管理業への追加ヒアリング項目

#### ①空調換気方式による維持管理の手間の差

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

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

#### ②空調換気方式による空気環境基準適合状況

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

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

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

#### ③マニュアルについて

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

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

#### ④個別空調の増加に伴う変化

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

間仕切りされた空間で、同系統の冷暖房フリーに関する要望がある。

### 5) 設備製造業への追加ヒアリング項目

#### ①湿度管理の技術動向

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

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

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

#### ②換気機能の技術動向

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

### ③空気清浄・除菌機能の技術動向

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

### ④不均一温熱環境への対策

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

### ⑤制御手法（個別制御、グループ制御）の動向

個別もグループも可能である。機器寿命延命のためのローテーション制御もある。

位置情報検知やCO<sub>2</sub>モニタリングと組み合わせた制御技術を開発している。

### ⑥省エネルギー対策

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

### ⑦メンテナンス

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

ドレンパンやタンクの点検のしやすさに関しては、特に改良は行われていない。

### ⑧ユーザーからの要望

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

## 6) 総合建設業への追加ヒアリング項目

### ①湿度管理における設計上の工夫

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

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

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

### ②別システム換気設備と組み合わせる時の工夫

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

### ③不均一温熱環境への対策

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

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

吹き抜けは、床吹き出し方法や床暖房など、別方式を検討する。

### ④制御仕様のパターン

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

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

## C2. 個別方式の種類と類型化

### C2.1. 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。

### C2.2. 室内機形状

#### (i) 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。

#### (ii) 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。天井のふところがない箇所などに設置される。

#### (iii) 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。

#### (iv) 天吊り型

室内の隅部の天井に吊り下げるため、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。

#### (v) 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。

### C2.3. 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。

#### (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。

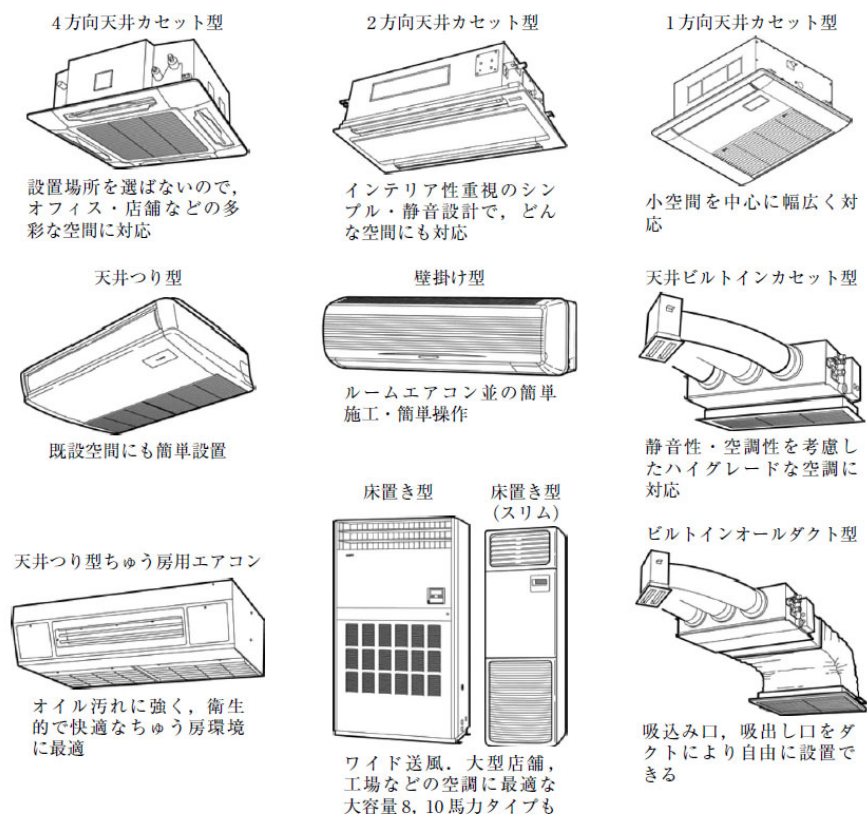


図1 室内機の種類

(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)

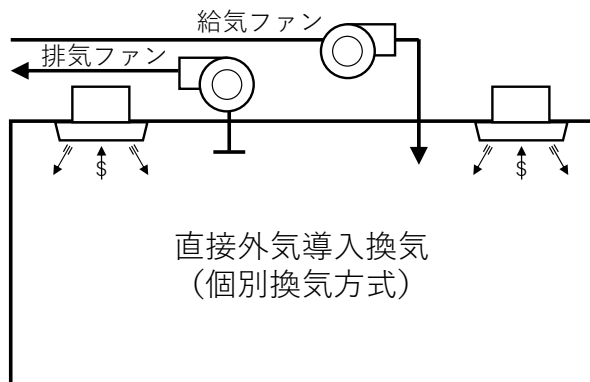


図2 直接外気導入換気概念図

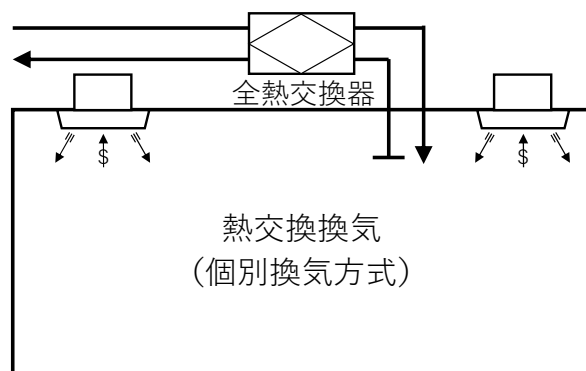


図3 熱交換換気概念図

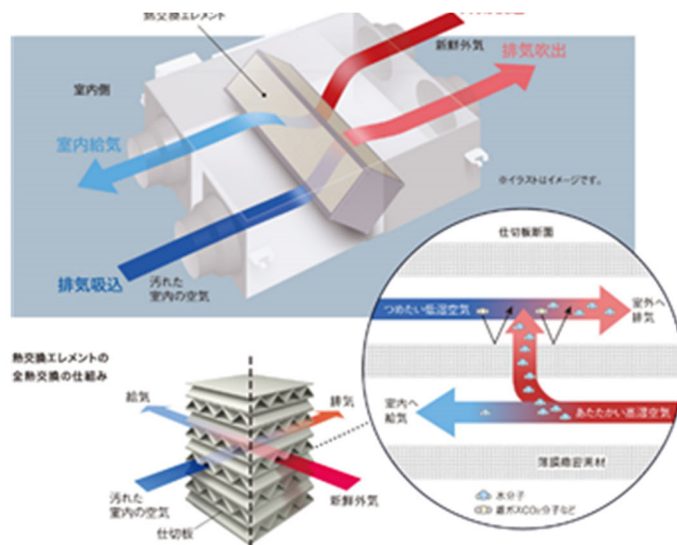


図 4 天井埋込ダクト形全熱交換器とその原理

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

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

### (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いため、その役割と空気環境維持における換気的重要性を利用者に周知することが望まれる。

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。

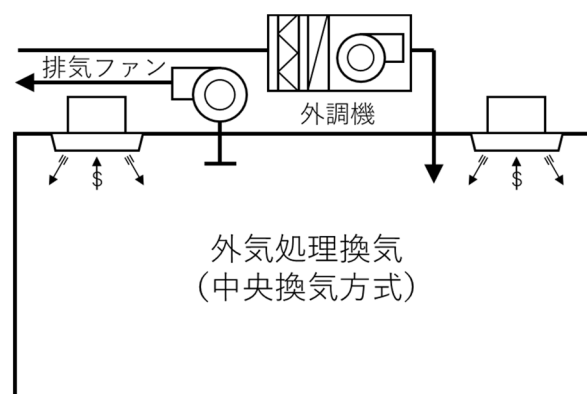


図 5 外気処理換気 の概念図

### (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

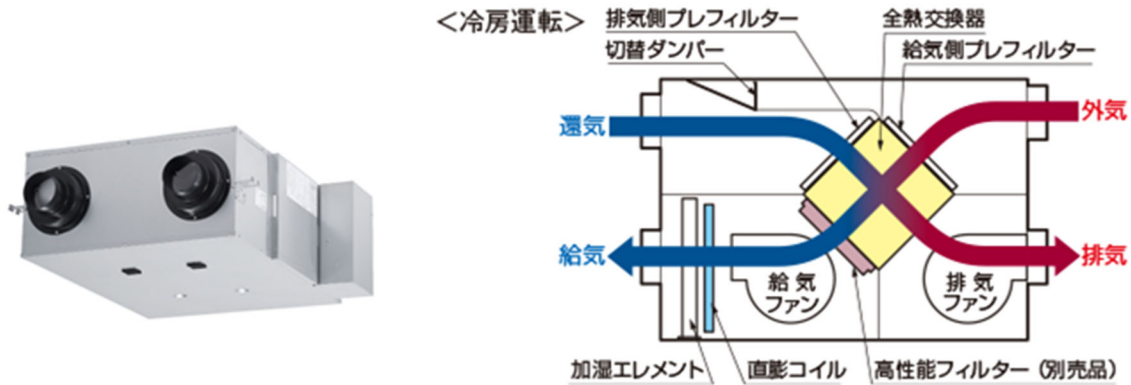


図6 天井埋込ダクト形外気処理ユニットとその原理

([https://www2.panasonic.biz/ls/air/pac/build/unit\\_in/in16.html](https://www2.panasonic.biz/ls/air/pac/build/unit_in/in16.html))

#### C2.4. 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。

##### (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)

##### (i) 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。

##### (ii) 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。

##### (iii) 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がらない。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。

##### (iv) 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。



○：良い・可 △：やや悪い ×：悪い・不可

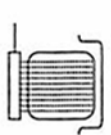
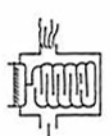




加湿器の種類 項目	気 化 式			水 噴 霧 式		
	滴下式	透過膜式	回転式	超音波式	二流体噴霧式	遠心式
1. 基本構造						
2. 作動原理	上部から加湿材に水を滴下させてぬらし、通風気化させる。	水を通さず水蒸気のみを通す透過膜チューブの内部に水を入れ、外部へ通風して気化させる。	吸水性の加湿材を回転してぬらし、通風気化させる。	水槽底部の振動子に超音波振動を加え、水を霧化させる。	圧縮空気と水をノズルより同時に噴出し、霧化させる。	回転円板上の水を遠心力で飛散させて霧化させる。
3. 粒子性状	高湿度空気	高湿度空気	高湿度空気	平均 10~30 μm の粗い水粒子	平均 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	80~100	80~100	80~100
5. 制御性 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	・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(エリミネーターが必要)。 ・水中の不純物を空気に放出 ・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に放出 ・軸受の寿命 20 000 ~30 000 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メディアアの清掃点検	・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ない室 (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1 加湿方式とその特徴(その1)

○：良い・可 △：やや悪い ×：悪い・不可

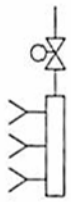




項目	蒸気式				
	直接蒸気スプレー式	間接蒸気スプレー式	電極式	赤外線式	電熱式(パン型・シリンダ型)
1. 基本構造					
2. 作動原理	ボイラから供給される蒸気をそのまま噴霧する。	ボイラからの高圧蒸気を熱源として利用し、二次蒸気を発生させる。	電極間の水をジュール熱で加熱し、蒸気を発生させる。	水槽上部に取り付けた赤外線電熱ヒータの放射熱により、水面を加熱し蒸気を発生させる。発生した蒸気は赤外線により、さらに加熱される。	パン型あるいはシリンダ型の水槽に電熱ヒータを浸し、水を加熱して蒸気を発生させる。
3. 粒子性状	乾燥蒸気、飽和蒸気	飽和蒸気	飽和蒸気	乾燥蒸気	飽和蒸気
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 2 000~8 000 時間	・比較的高価 ・赤外線ランプの寿命 約 6 000 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				

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.194、オーム社、



(2) 個別空調における加湿器の構成

(i) 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。

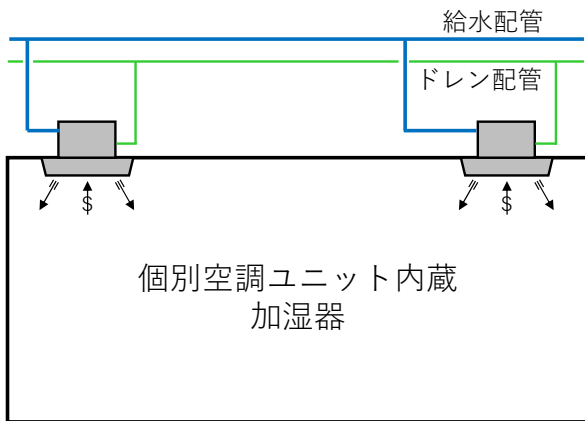


図 7 個別空調ユニット内蔵加湿システムの構成

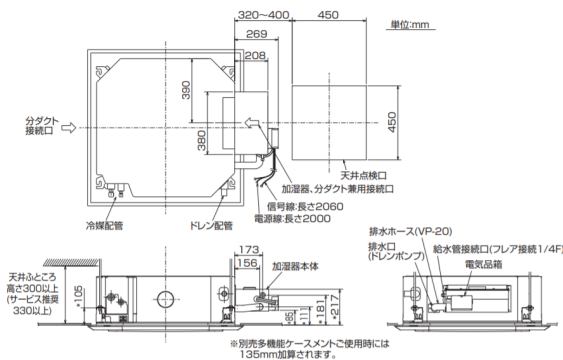


図 8 個別空調ユニット内蔵加湿器の例

([https://dl.mitsubishielectric.co.jp/dl/ldg/wink/ssl/wink\\_doc/m\\_contents/wink/PAC\\_IM/bg79y725h01.pdf](https://dl.mitsubishielectric.co.jp/dl/ldg/wink/ssl/wink_doc/m_contents/wink/PAC_IM/bg79y725h01.pdf))

(ii) 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。

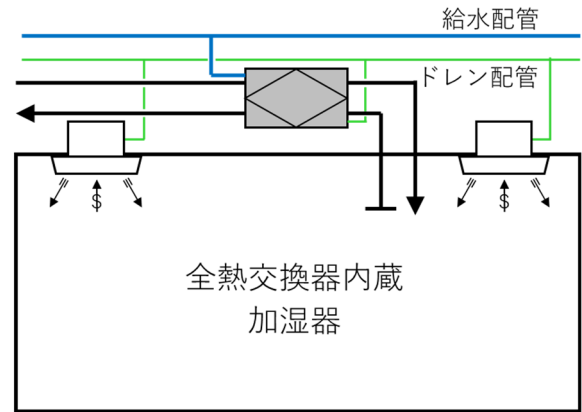


図 9 全熱交換器内蔵加湿システムの構成

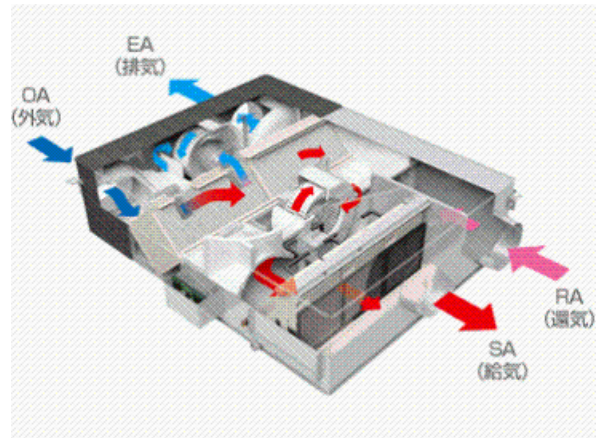


図 10 天井埋設形加湿器付き全熱交換器

(<https://www.mitsubishielectric.co.jp/ldg/ja/air/products/culossnay/commercial05/index.html>)

(iii) 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。

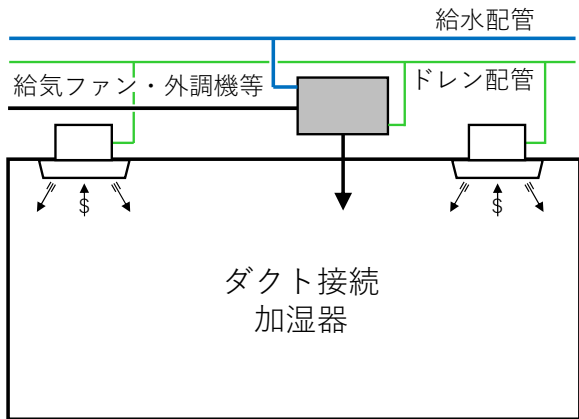


図 11 ダクト接続加湿システムの構成



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

(iv) 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。

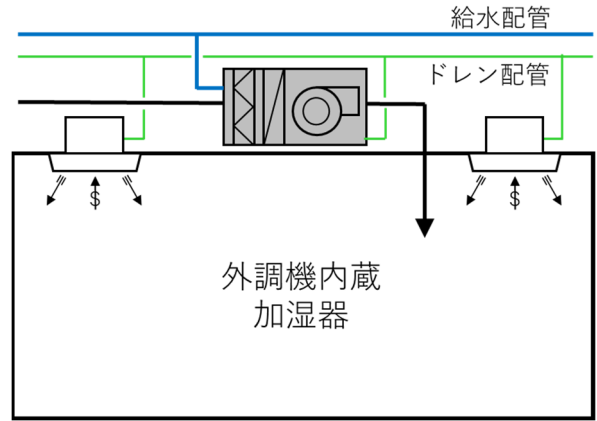


図 13 外調機内蔵加湿システムの構成

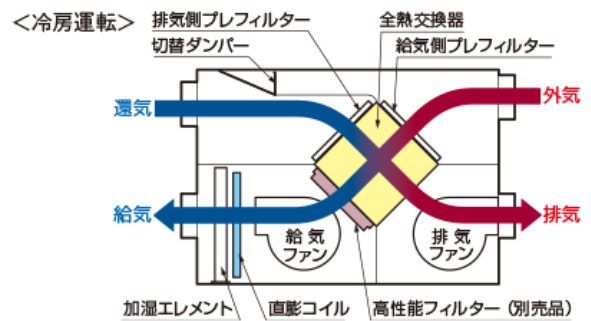


図 14 天井埋込ダクト形外気処理ユニット  
([https://www2.panasonic.biz/ls/air/pac/build/unit\\_in/in16.html](https://www2.panasonic.biz/ls/air/pac/build/unit_in/in16.html))

(v) 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。

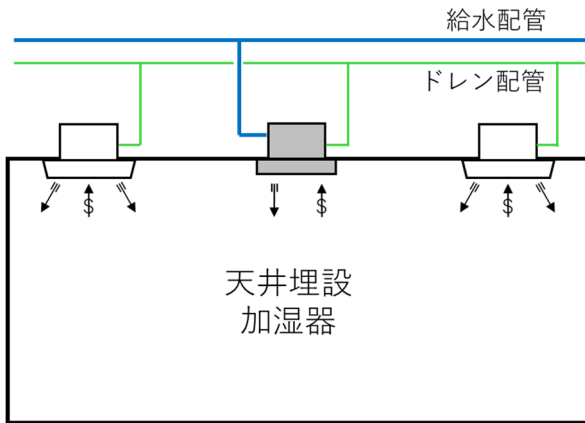


図 15 天井埋設加湿システムの構成



図 16 天井埋設型加湿器

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

D. 考察

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

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

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

E. 結論

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

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし



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

建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究  
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	上席主任研究官
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

個別空調に特化した行政指導に資する維持管理マニュアル（案）の作成にあたり、「設備業者等による定期点検時の管理者の留意事項」、個別空調方式に特化した立入検査に資する情報として「基本的な指導の流れ」と「立入検査及び報告徴取の事例」について、東京都の事例を紹介した。

また、これまでに「建物の空調設備と維持管理」に関する質問紙調査（夏期・冬期）の結果を報告している。質問紙調査の結果から、“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”という回答が得られていることについて、郵送調査において、その実態の一端を捉えるデータを得ることができた。本研究班では、建築物衛生法によって管理されない建物も含めて調査を行っているが、COVID-19 による感染症対策の一つである換気対策が行われた際の測定結果から、一部の建物を除いて、二酸化炭素濃度が 1,000ppm 以下のより外気に近い値となっていることが確認された。一方、湿度は、既往の調査結果よりもさらに低湿度環境となっていることをとらえるデータが得られた。この結果は、「建物の空調設備と維持管理」に関する質問紙調査（夏期・冬期）の結果の感染症対策に関する行動と符合するものである。COVID-19 の感染症対策としてとられた換気対策や行動変容が、空気調和設備等の運用管理に影響していくのか、継続的に動向を調査し、新たな感染症対策の一助なるべく、今後も調査を継続していくことは重要であると思われる。

#### 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、管理者や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整理し、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、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とを目的とする。

#### B. 研究方法

##### B1. 空調換気設備と維持管理に関する調査

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」<sup>注1)</sup>において、「温度・湿度・CO<sub>2</sub>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。

(冬期の質問項目)

I 【測定場所について】CO<sub>2</sub>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、該当する番号一つを選んで○をつけてください。
1. 前回と同じ
2. 前回と異なる
【「2. 前回と異なる」と回答した方にうかがいます。】
測定場所は、どのような部屋ですか。( )

- 問2 測定対象室の状況について、以下の項目に数値を記入してください。
1. 床面積：約( )㎡
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、該当する番号一つを選んで○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( )℃、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を選んで○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、該当する番号一つを選んで○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、該当する番号一つを選んで○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( )m<sup>3</sup>/hまたは換気回数( )回/h
2. CO<sub>2</sub>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、該当する番号一つを選んで○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、該当する記号一つを選んで○をつけてください。
a. 気化式
b. 蒸気式
c. 水噴霧式
d. ハイブリット式
e. その他( )
f. わからない

- 問9 空調機等のフィルタの使用について、該当する番号に○をつけ、備え付けている機器の種類(空調機、換気設備等)を記入してください。
1. 無
2. プレフィルタ( )
3. 中性能フィルタ( )
4. 高性能フィルタ( )
5. わからない

II 維持管理

- 問10 職場での新型コロナウイルス感染症対策について、該当する番号すべてに○をつけ、その項目の数値や運転時間等の運用方法を記入してください。(複数回答)
1. 換気量増加( )
2. フィルタメンテ・交換( )
3. CO<sub>2</sub>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)

CO<sub>2</sub>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、該当する番号一つを選んで○をつけてください。
1. 前回と同じ
2. 前回と異なる
【「2. 前回と異なる」と回答した方にうかがいます。】
測定場所は、どのような部屋ですか。( )

- 問2 測定対象室の状況について、以下の項目に数値を記入してください。
1. 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( )㎡
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( )℃、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. CO<sub>2</sub>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。

## B2. 個別空調に関する自治体の取り組み事例

空気環境測定業者、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った自治体調査の中から、個別空調方式に特化した維持管理に資する情報として「設備業者等による定期点検時の管理者の留意事項」、個別空調方式に特化した立入検査に資する情報として「基本的な指導の流れ」と「立入検査及び報告徴取の事例」について、個別空調方式に特化した空気環境の維持管理・行政指導マニュアル（案）として、その内容を紹介する。

## B3. COVID-19 等感染症対策前後の事務所建築の温熱環境

これまでに「建物の空調設備と維持管理」に関する質問紙調査（夏期・冬期）の結果を報告している。質問紙調査の結果から、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いう回答が得られている。本報では、その質問調査対象について、感染対策後の室内温湿度及び二酸化炭素濃度の測定を行った結果を報告する。

建物の室内の温度、相対湿度、CO<sub>2</sub>（T&D 社、CO<sub>2</sub> Recorder Tr-76Ui を使用）について、5分間隔で2週間の測定を夏期と冬期に行った。測定機器は、設置に関する注意事項をあらかじめ教示した上で、机や棚の上に任意で設置し、建物につき1台とした。結果の分析には、得られた測定データを空調設備が稼働していると思われる日の9時～17時までを5日分用いた。建物の概要については、建築物の管理者または事務所の責任者に対して、主たる用途、延べ床面積、階数、竣工年、所在地、使用形態、周辺環境、設備等を質問紙調査により回答を得ている。2019年8月から9月と2020年1月から2月に行われたもの平時の結果とし、2021年2月と2021年8月から9月に行われたものを感染症対策後として、その結果を再分析する。

## C. 研究結果と考察

### C1. 空調換気設備と維持管理に関する調査

#### C1.1. 冬期の空調換気設備と維持管理

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

図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、CO<sub>2</sub> 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・温度のモニタリングがそれぞれ 4 件、CO<sub>2</sub> 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。

### C1.2.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。

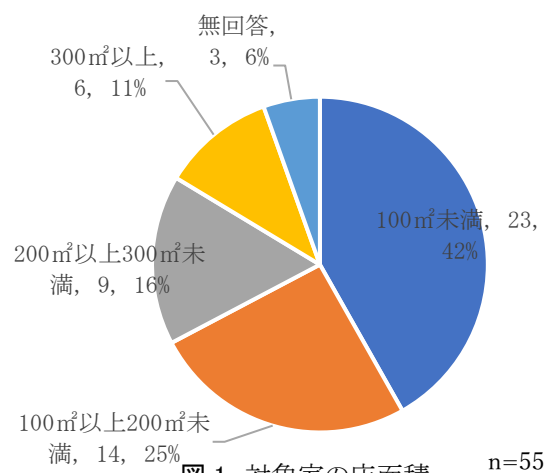


図 1 対象室の床面積 n=55

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、換気の回数が増えた、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が対応できない等の回答があった。

## C2. 個別空調に関する自治体の取り組み事例

指導助言の実績のある東京都健康安全研究センターに、経験と実態に基づき内容の紹介を依頼した。マニュアルとしての取りまとめに関して、今後のデジタル技術の導入を見据えた現状の限界と課題に関する記述が必要である等の意見を得ることができた。

## C3. COVID-19 等感染症対策前後の事務所建築の温熱環境

表 1 に調査建物 55 件の概要を示す。

図 22 に、空調が稼働している日の 9 時から 17 時までの 5 日間の温湿度の平均値を建物ごとに、既報<sup>1~2)</sup>の測定結果と合わせて示す。絶対湿度は、測定値をもとに Goff-Gratch の式より算出している。図より、本報告の対象物件の 9 時から 17 時までの 2021 年冬（2 月）の 5 日間の平均値をみると、温度の場合、既報<sup>1~2)</sup>とほぼ同程度であることが大略的にわかるが、湿度の場合、既報<sup>1~2)</sup>よりもさらに低湿度環境になっているのがわかる。一方、2021 年夏（8 月～9 月）は、温度の場合、既報<sup>1~2)</sup>とほぼ同程度であることが大略的にわかるが、湿度の場合、既報<sup>1~2)</sup>よりもやや高い物件が大略的に多い。

図 23 に、2021 年冬（2 月）の二酸化炭素濃度の結果を建物別に示す。一部の建物を除いて、1,000ppm 以下になっていることがわかる。

図 24 に、2021 年夏（8 月～9 月）の二酸化炭素濃度の結果を図 2 と同様に建物別に示す。こちらも、冬期と同様に、一部の建物を除いて、1,000ppm 以下になっていることがわかる。

このように、二酸化炭素濃度の結果から、2021 年冬は、これまでよりも外気の室内への流入量が多い可能性が示唆されている。

## D. 結論

個別空調に特化した行政指導に資する維持管理マニュアル（案）の作成にあたり、「設備業者等による定期点検時の管理者の留意事項」、個別空調方式に特化した立入検査に資する情報として「基本的な指導の流れ」と「立入検査及び報告徴取の事例」について、東京都の事例を紹介した。

また、これまでに「建物の空調設備と維持管理」に関する質問紙調査(夏期・冬期)の結果を報告している。質問紙調査の結果から、“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”という回答が得られていることについて、郵送調査において、その実態の一端を捉えるデータを得ることができた。本研究班では、建築物衛生法によって管理されない建物も含めて調査を行っているが、COVID-19の換気対策が行われた際の測定結果から、一部の建物を除いて、二酸化炭素濃度が1,000ppm以下のより外気に近い値となっていることが確認された。一方、湿度は、既往の調査結果よりもさらに低湿度環境となっていることをとらえるデータが得られた。この結果は、「建物の空調設備と維持管理」に関する質問紙調査(夏期・冬期)の結果の感染症対策に関する行動と符合するものである。COVID-19の感染症対策としてとられた換気対策や行動変容が、空気調和設備等の運用管理に影響していくのか、継続的に動向を調査し、新たな感染症対策の一助なるべく、今後も調査を継続していくことは重要であると思われる。

#### <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。

#### <謝辞>

空気環境測定業者、自治体の立入検査等を行う職員へのヒアリングにご協力いただいた皆様に感謝申し上げます。また、個別空調に特化した行政指導に資する維持管理マニュアル(案)の作成にあたり、「設備業者等による定期点検時の管理者の留

意事項」、個別空調方式に特化した立入検査に資する情報として「基本的な指導の流れ」と「立入検査及び報告徴取の事例」について、東京都の事例を紹介し、ご助言をいただくとともにご執筆いただいた東京都健康安全研究センター 広域監視部建築物監視指導課 ビル衛生検査担当 総括課長代理 坂下一則氏には、本研究班に惜しみなく、情報を提供いただきました。ここに記して御礼申し上げます。

## E. 研究発表

### 1. 論文発表

なし

### 2. 学会発表

- 1) 開原典子, 柳宇, 林基哉. 建築物における空気調和設備の維持管理に関する調査. 室内環境学会学術大会; 2022.12.1-2; 東京. 同講演要旨集. p.150-151.
- 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

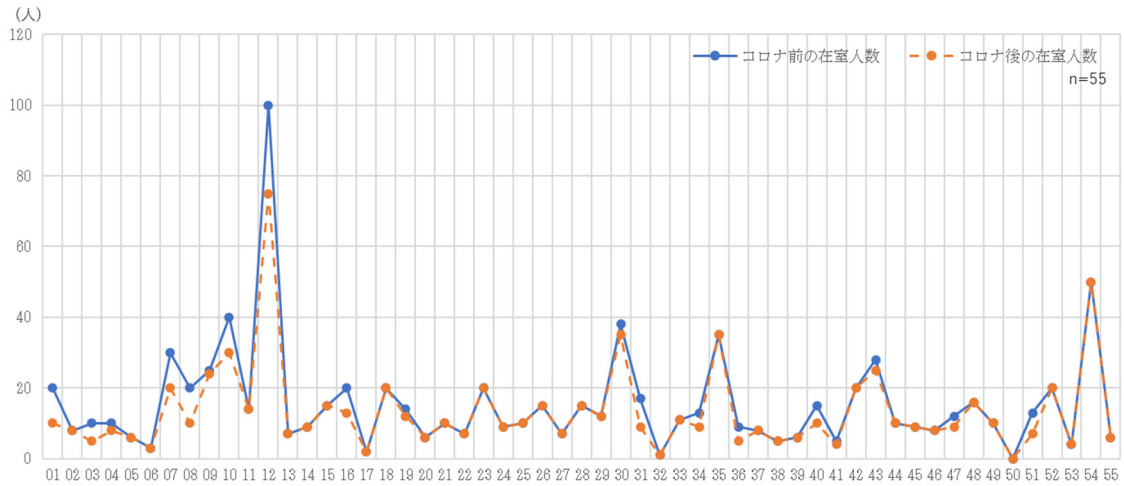


図2 感染症対策前後の在室人数の比較

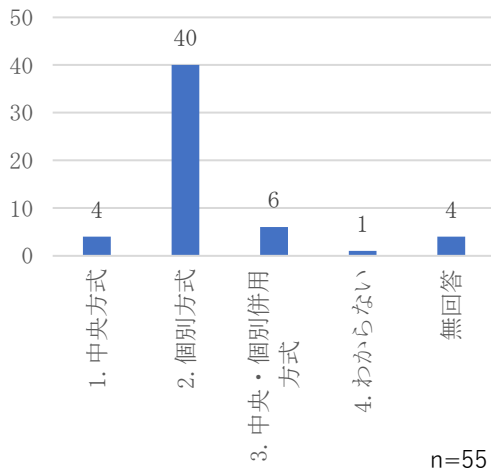


図3 対象室の空調方式

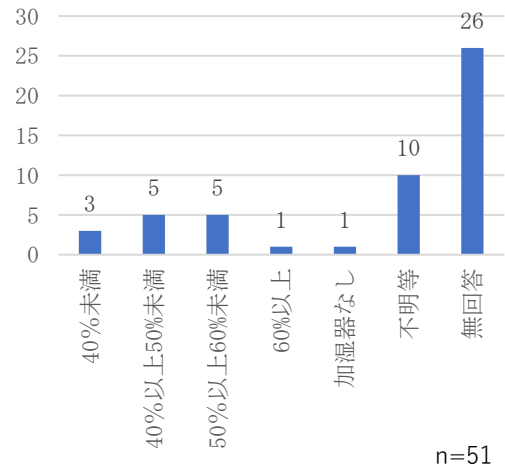


図5 対象室の湿度設定値

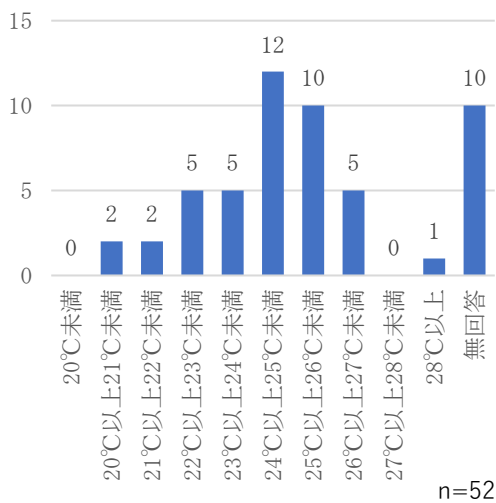


図4 対象室の温度設定値

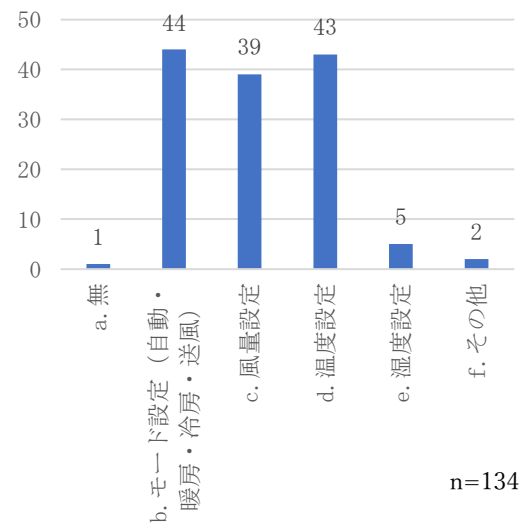


図6 居室で操作可能な空調設定(複数回答)

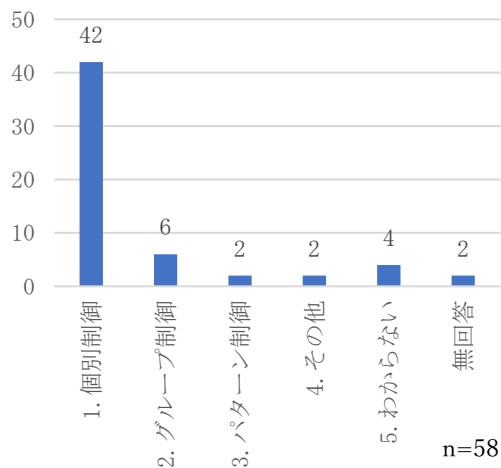


図7 対象室の空調制御(3件複数回答)

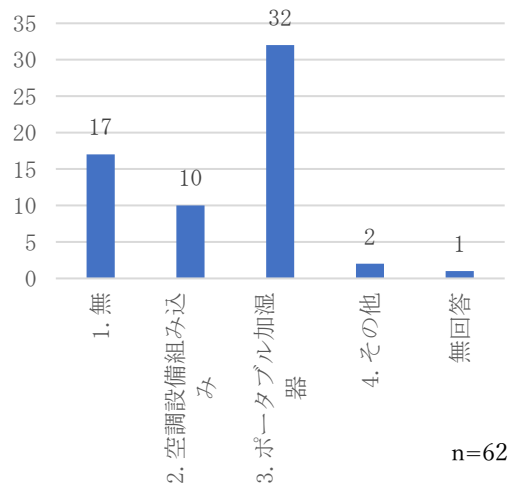


図10 加湿装置等の設置状況(複数回答)

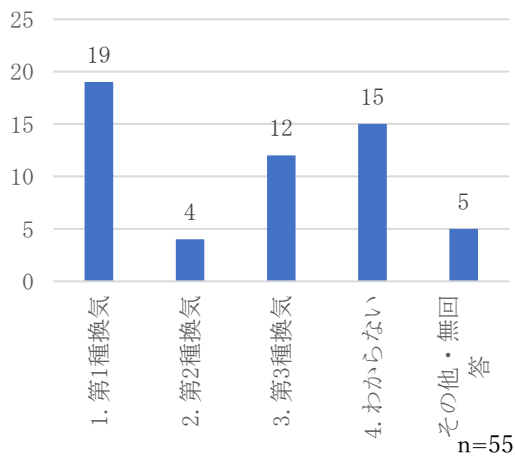


図8 対象室の換気設備

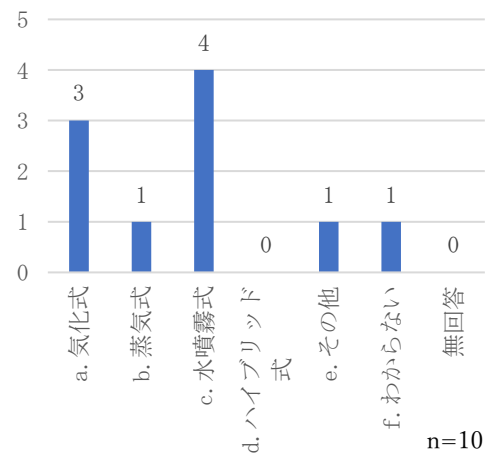


図11 加湿方式

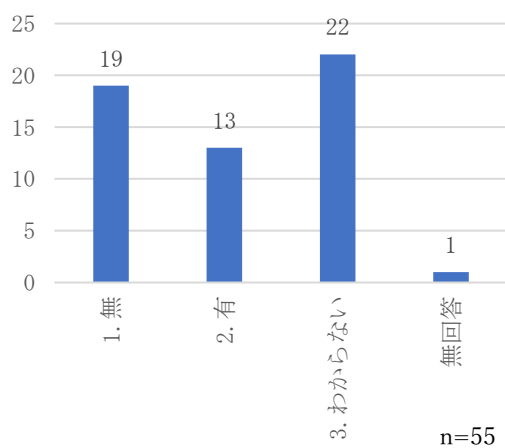


図9 対象室の熱回収の有無

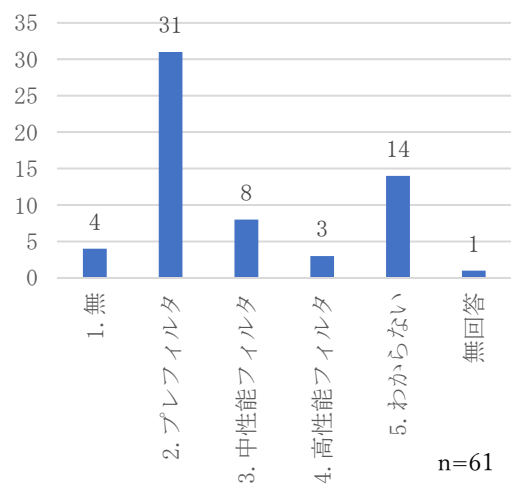


図12 空調機等のフィルタ(複数回答)

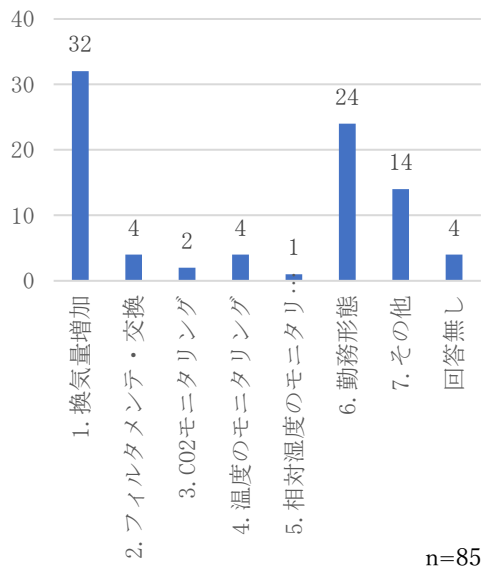


図 13 感染症対策(複数回答)

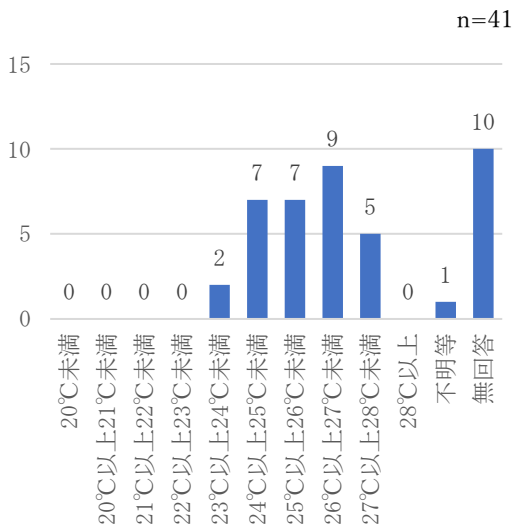


図 14 対象室の温度設定値

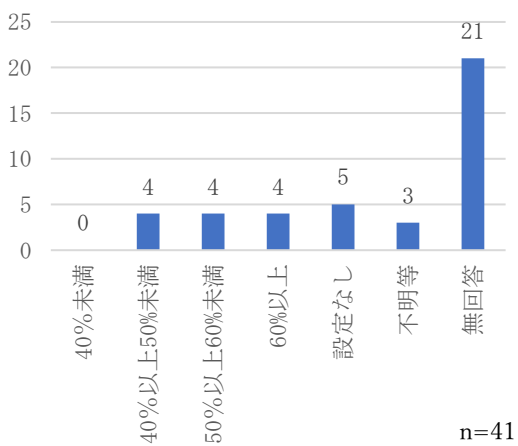


図 15 対象室の湿度設定値

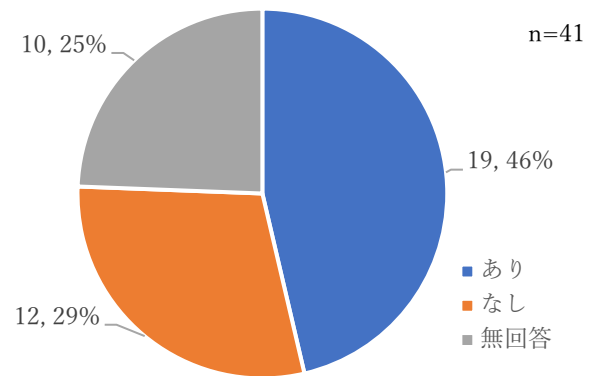


図 16 運転・維持管理 冬期と比べて異なる点

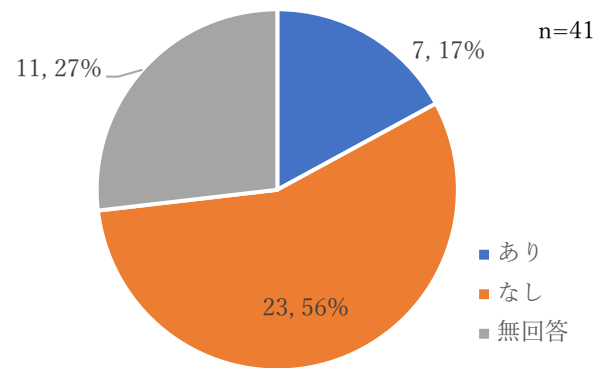


図 17 冬期と比べて困ったことや困っていること(温度)

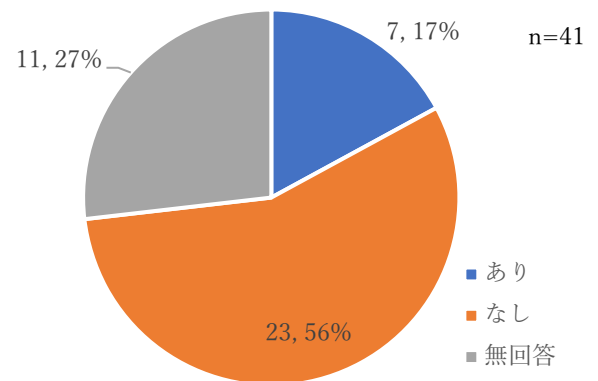


図 18 冬期と比べて困ったことや困っていること(湿度)

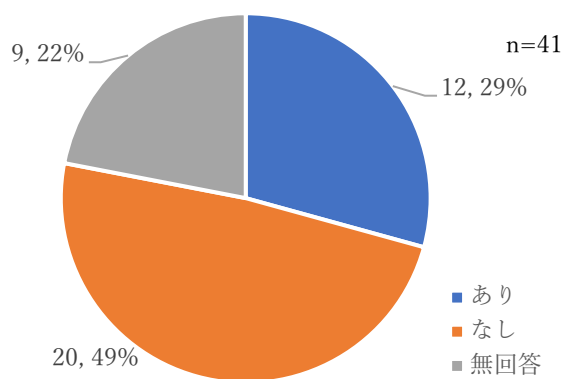


図 19 冬期と比べて困ったことや困っていること(換気)

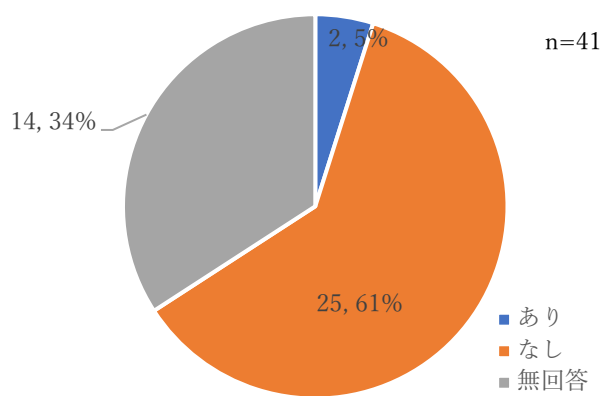


図 20 冬期と比べて困ったことや困っていること(結露)

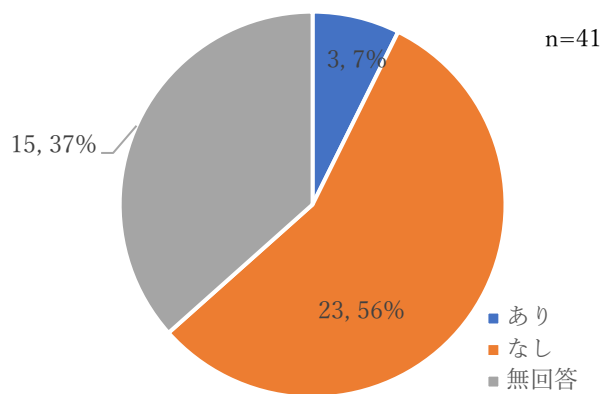


図 21 冬期と比べて困ったことや困っていること(調整・制御性)

## 1.2.3. 設備業者等による定期点検時の管理者の留意事項

空調設備の維持管理は、建築物衛生法の施行規則や厚生労働大臣告示、建築物環境衛生維持管理要領等で規定されている（表 1.2.3.-1）。この規定は、セントラル方式だけでなく、個別空調方式にも適用される。

全熱交換器やパッケージエアコン、ファンコイルユニット等、複数の機器で構成される個別空調方式は、セントラル方式より管理点数が多くなる。また、天井面や天井内等、制約のあるスペースでの作業となるため、維持管理の負担が大きい。点検口が専用部に設置されると、入居者への配慮も必要となる。空調機械室等に機器を集中配置するセントラル方式とは異なる点である。

こうした事情から、個別空調方式の点検やフィルタ交換等を休館日等に集中的に実施することが少ない。その際、建築物衛生法で規定された維持管理を確実に実施する必要がある。

特に、「排水受け」と「加湿装置」は点検頻度が定められており、また、目視での作業が想定されているので、計画的な維持管理が欠かせない。また、加湿装置の清掃方法にも注意が必要である。加湿モジュールを取り外して清掃すると効果的であるが、天井内での漏水リスクを避けるため、設置した状態での作業となることがある。仕様書等も参考にしながら、適切な清掃方法を選択する必要がある。

表 1.2.3.-1 空気調和設備に必要な管理項目

設備名	管理項目	頻度	管理の内容	根拠
加湿装置	清掃	1年以内ごとに1回	加湿モジュール、スプレーノズル、エリミネータ等の清掃 加湿用補給水槽の清掃	規則 告示 要領
	点検	使用開始時及び以後1月以内ごとに1回点検、必要に応じ清掃	加湿材の汚れ、加湿能力、エリミネータ等の汚れ、スプレーノズルの閉塞状況等	
排水受け (ドレンパン)	点検	使用開始時及び以後1月以内ごとに1回点検	汚れ、閉塞状況の有無を点検、必要に応じ清掃	規則
フィルタ	点検 交換	定期	汚れの状況、差圧計の異常の有無、必要に応じ交換	告示
冷温水コイル	点検 洗浄 交換	定期	コイル表面の汚れ等の有無	告示
ダクト・ダンパー 吹出口・吸込口	清掃 点検	定期	吹出口・吸込口の清掃、補修等 ダンパーの作動状況点検 厨房ダクト、グリースフィルタの点検・清掃	告示
送風機・排風機	点検	定期	送風量・排風量の測定 作動状況の点検	告示
自動制御装置	点検	定期	隔測温度計の検出部の障害の有無	告示

規則：建築物衛生法施行規則

告示：厚生労働省告示第119号（平成15年3月25日）

要領：建築物環境衛生維持管理要領（平成20年1月改定）



## 2.2. 基本的な指導の流れ

建築物衛生法では、空気環境の調整、給排水の管理、清掃及びねずみ・昆虫等の防除について管理基準が定められている。この基準に照らし適正に維持管理されているかを確認・指導するのが立入検査である。一般的には、帳簿書類の確認、設備の確認、空気環境測定等の方法で実施される。

### 2.2.1. 個別空調方式での監視指導

個別空調方式は、機器の設置台数が多く、居室の天井内等に設置されるため、詳細な現場確認が困難である。このため、帳簿書類で管理状況を把握することが重要となる。

建築物衛生法では、病原体で居室内部の空気が汚染されることを防止するための措置として、排水受けと加湿装置の定期的な点検・清掃が規定されている。また、厚生労働大臣告示及び建築物環境衛生維持管理要領で点検の箇所と項目が示されている。

一方、事業者の負担軽減を図る簡素合理化の観点から、空調機の排水受け等の点検について、運転条件等、設備の状況に応じた取扱いを認める通知が出されている。

東京都では、当該通知に基づき、空調機のグループ化による点検も可としている。

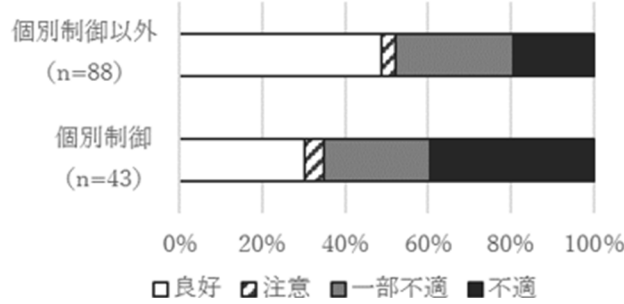
1 加湿装置、排水受けについてレジオネラ属菌等を含むスライム、カビ等の汚れを検知するセンサーがついている場合には、常時センサーが汚れを確認していることから、このことをもって、月1回の点検を実施しているとみなすこととする。

2 単一の建築物内で同一の設置環境下にある空気調和設備については、運転条件や型式別にグループ化した上で、各階毎にその代表設備を目視により点検等することとし、代表設備以外の設備については、給気にカビ臭等の異臭がないか等の確認をもって、加湿装置、排水受けの状況を判断することで差支えない。

（平成27年3月31日付健衛発0331第9号厚生労働省健康局生活衛生課長通知「特定建築物における個別管理方式の空気調和設備の加湿装置及び排水受けの点検等について」）

### 2.2.2. 監視指導の実際

図2.2.2.-1は、東京都ビル衛生検査担当で実施した立入検査での「空調機の清掃・点検」に係る帳簿書類審査の結果である。個別空調方式の不適率が、他の空調方式に比べて高い傾向となっている。個別空調方式は、設置台数が多い、天井内の狭いスペースに設置されている等、清掃・点検が困難なことが影響しているものと思われる。



個別空調方式での帳簿書類審査結果  
(H29.4~R2.1 東京都ビル衛生検査担当調査)

図 2.2.2.-1 東京都ビル衛生検査担当で実施した立入検査での「空調機の清掃・点検」に係る帳簿書類審査の結果

近年、省エネルギー化やスペースの有効活用によるレンタル比の向上要求から、個別空調方式の導入が進んでいる（図 2.2.2.-2）。フロアやゾーンごとに温度や風量を調整できる個別空調方式は、居室の使用実態に応じた運転がしやすい一方、機器の設置台数が多い、天井内等高所の狭いスペースに設置される等、維持管理の困難なケースが少なくない。実態に応じた適切な保守・点検と運転管理が必要である。

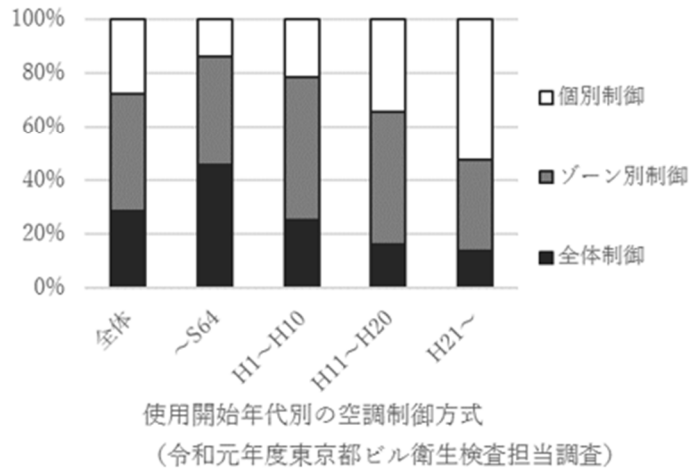


図 2.2.2.-1 使用開始年代別の空調制御方式（令和元年度東京都ビル衛生検査担当調査結果）

平成 27 年の厚生労働省通知で、個別空調方式での加湿装置、排水受けの維持管理について、グループ化して代表機を目視確認する等の手法が示されたが、そもそも目視の困難な機器が少なくない。

一方、汚染リスクは、機器の種類や設置場所によって異なる。加湿装置が組み込まれた機器とそうでない機器の排水受けでは、ドレン水の発生量や発生時期が異なる。加湿装置が組み込まれていても、アフターラン機能で乾燥工程が備わっていれば、汚染リスクは低くなる可能性がある。

多様な空調機器を一律の方法で維持管理するのは困難であり、それぞれの機器の設置状況や汚染リスクに応じた維持管理手法の整理が望まれる。ドレン水の異常を検知する機能が備わっている等、各種センサー等による確認機能があれば、年 1 回程度の詳細点検と管内巡視で総合的に判断する方法も有効と思われる。

## 2.5. 立入検査及び報告徴取の事例

### 2.5.1. 天井内に設置された空調機の維持管理

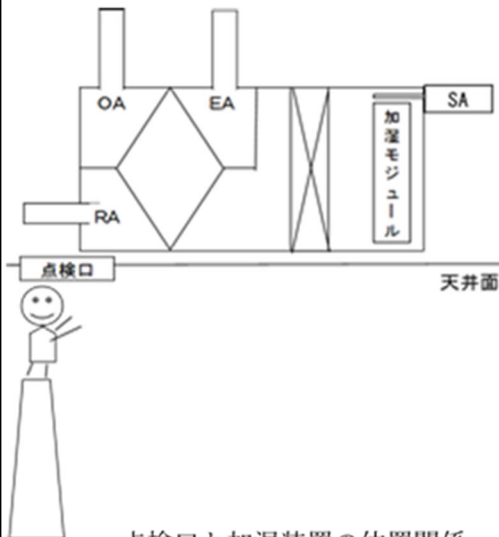
天井内の空調機には、ドレン水や加湿水の漏水を防ぐための高い密閉性が求められる。このため、空調機本体の点検口を容易に開けづらいケースがある。目視点検用の小窓が設置された機器もあるが、確認できる範囲が限定されるので注意が必要である。



### 2.5.2. 点検口の位置・大きさが不適切

天井内に設置された機器の維持管理は、天井面の点検口からアプローチすることになる。この点検口の位置や大きさが不適切な例がある。下図の例では、点検口から離れた位置に加湿モジュールが設置されていたために維持管理が困難であった。天井面の点検口は、アプローチの容易な位置とする必要がある。点検口を複数設置するケースもある。

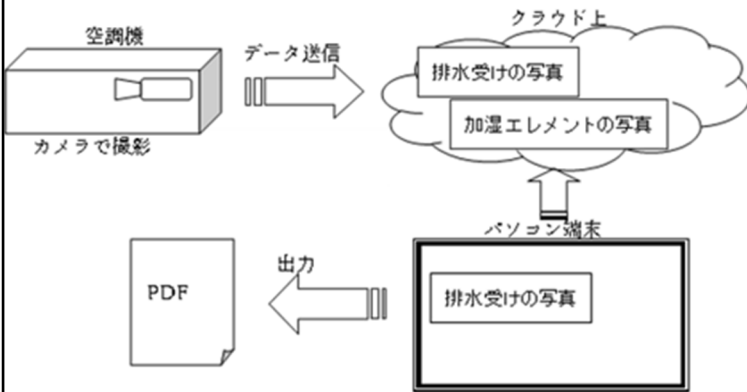
なお、点検口から作業ができない場合、作業員が天井裏に入ることになるが、石膏ボードの破損を防ぐために防護板を敷くなどの対策が必要となる。



### 2.5.3. 内蔵カメラによる点検

空調機内部のカメラによる遠隔監視システムを導入しているビルがある。このシステムは、空調機内部のカメラで、排水受けや加湿エレメントを撮影し、クラウド上で確認するシステムである。ビル管理者はパソコン端末等で画像を確認し、電子データでの出力も可能である。カメラの方向が固定されている

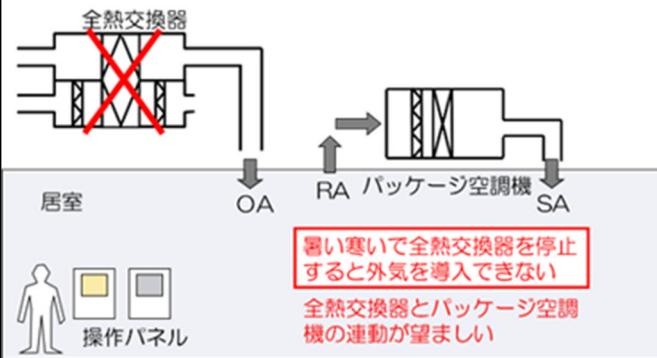
ため、排水受けの一部しか確認できない、異臭や異音等を検知できない等の制約がある。



#### 2.5.4. 不適切な空調制御

<在室者が全熱交換器を停止してしまう>

空調機の発停や温度調整を利用者が任意にできるシステムがある。居室の利用状況に応じた温度設定ができる一方、利用者が操作方法を正しく理解していない場合、換気設備である全熱交換器を停止してしまうことがある。



<全熱交換器からの外気を導入できない>

全熱交換器とパッケージ空調機がダクトで接続されている場合、パッケージ空調機が停止すると外気を十分に導入できない場合がある。温度条件が満たされても、パッケージ空調機は停止せず、送風モードで運転する等、必要な外気量を確保する対策が必要である。

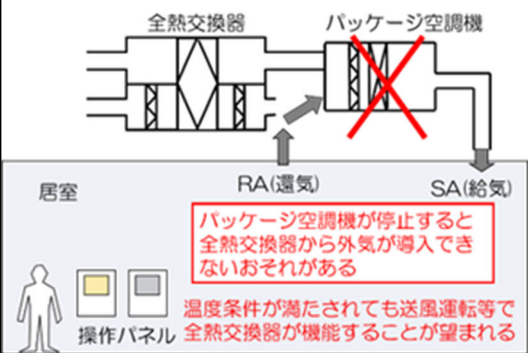


表1 建物概要

	所在地 (都道府県)	主たる用途	延床面積	地上階数	地階数	竣工年月 (西暦年)	空調方式
1	秋田県	その他	2,000㎡未満	2	1	-	個別方式
2	山形県	事務所	2,000㎡未満	3	2	1990年代	中央方式
3	埼玉県	事務所	2,000㎡未満	4	1	2000年代	個別方式
4	埼玉県	事務所	2,000㎡未満	4	1	1980年代	個別方式
5	埼玉県	事務所	2,000㎡未満	7	1	1990年代	個別方式
6	埼玉県	事務所	2,000㎡未満	2	1	1990年代	個別方式
7	東京都	その他	5,000~10,000㎡未満	4	3	2000年代	中央方式
8	東京都	事務所	3,000~5,000㎡未満	9	1	1990年代	個別方式
9	東京都	事務所	50,000㎡以上	27	5	2010年代	中央方式
10	東京都	事務所	10,000~50,000㎡未満	11	1	1990年代	中央方式
11	東京都	事務所	2,000㎡未満	4	1	1990年代	個別方式
12	東京都	事務所	2,000~3,000㎡未満	8	2	1980年代	中央・個別併用方式
13	東京都	事務所	2,000㎡未満	5	2	1990年代	個別方式
14	東京都	事務所	2,000㎡未満	1	2	1980年代	個別方式
15	東京都	事務所	2,000㎡未満	5	1	999	個別方式
16	東京都	事務所	2,000㎡未満	3	3	1990年代	個別方式
17	東京都	事務所	2,000~3,000㎡未満	9	1	-	個別方式
18	東京都	事務所	2,000㎡未満	2	1	1960年代	個別方式
19	東京都	事務所	2,000㎡未満	5	1	1960年代	個別方式
20	東京都	事務所	2,000~3,000㎡未満	6	1	1980年代	個別方式
21	東京都	事務所	2,000~3,000㎡未満	9	1	1970年代	個別方式
22	東京都	事務所	2,000~3,000㎡未満	3	1	-	個別方式
23	東京都	事務所	2,000㎡未満	4	2	1980年代	個別方式
24	東京都	事務所	2,000㎡未満	8	2	-	個別方式
25	東京都	事務所	2,000㎡未満	5	1	1960年代	中央・個別併用方式
26	東京都	事務所	2,000㎡未満	12	1	2000年代	個別方式
27	東京都	事務所	2,000㎡未満	4	1	1990年代	個別方式
28	神奈川県	事務所	2,000㎡未満	3	1	1990年代	個別方式
29	神奈川県	事務所	2,000㎡未満	11	1	2000年代	個別方式
30	神奈川県	その他	2,000㎡未満	10	2	1990年代	個別方式
31	富山県	事務所	2,000㎡未満	3	1	2010年代	個別方式
32	石川県	事務所	3,000~5,000㎡未満	9	2	1990年代	個別方式
33	福井県	事務所	2,000㎡未満	4	1	1990年代	個別方式
34	山梨県	事務所	2,000㎡未満	2	1	1980年代	個別方式
35	岐阜県	事務所	5,000~10,000㎡未満	9	1	1970年代	中央方式
36	岐阜県	事務所	2,000㎡未満	2	1	1980年代	個別方式
37	愛知県	事務所	5,000~10,000㎡未満	9	2	1970年代	中央方式
38	愛知県	事務所	3,000~5,000㎡未満	9	3	1980年代	個別方式
39	大阪府	事務所	2,000㎡未満	4	1	1970年代	個別方式
40	大阪府	事務所	3,000~5,000㎡未満	4	2	-	中央・個別併用方式
41	兵庫県	事務所	10,000~50,000㎡未満	10	2	1990年代	個別方式
42	鳥取県	事務所	2,000㎡未満	1	1	-	個別方式
43	鳥取県	事務所	2,000㎡未満	2	1	1990年代	個別方式
44	福岡県	事務所	2,000㎡未満	2	1	2000年代	個別方式
45	福岡県	事務所	2,000~3,000㎡未満	3	2	-	個別方式
46	福岡県	事務所	2,000㎡未満	8	1	1980年代	個別方式
47	福岡県	事務所	2,000㎡未満	3	2	2000年代	個別方式
48	福岡県	事務所	2,000㎡未満	3	1	2000年代	中央・個別併用方式
49	佐賀県	事務所	2,000㎡未満	2	1	1990年代	個別方式
50	長崎県	事務所	2,000㎡未満	2	3	1990年代	個別方式
51	熊本県	その他	5,000~10,000㎡未満	5	2	1990年代	中央・個別併用方式
52	熊本県	事務所	2,000~3,000㎡未満	6	1	1990年代	中央・個別併用方式
53	鹿児島県	その他	5,000~10,000㎡未満	12	1	1990年代	個別方式
54	沖縄県	事務所	2,000~3,000㎡未満	4	1	1980年代	個別方式
55	沖縄県	事務所	2,000㎡未満	4	1	1990年代	個別方式

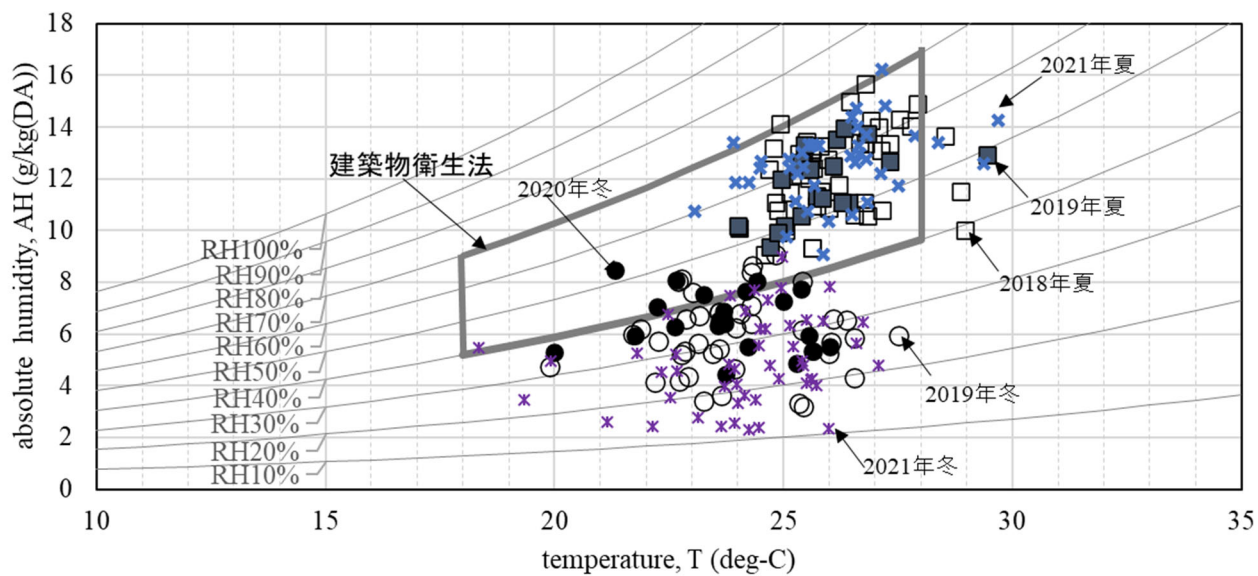


図 22 室内温湿度の概況 (9時から17時まで, 5日間の平均値)

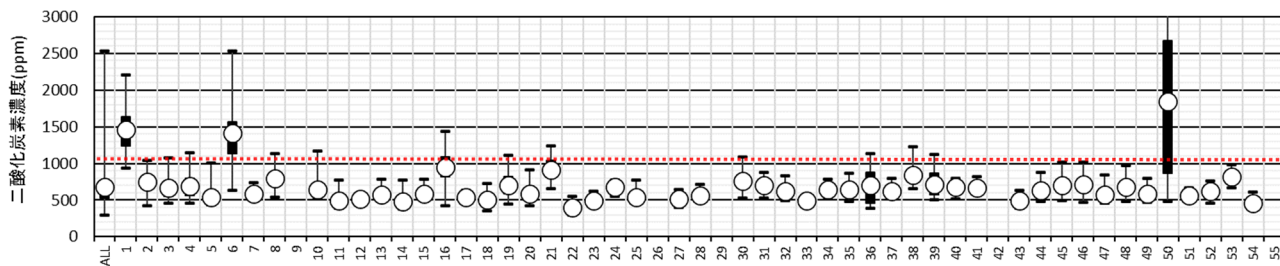


図 23 二酸化炭素濃度 (9時から17時まで, 2021年冬 (2月), 5日間)

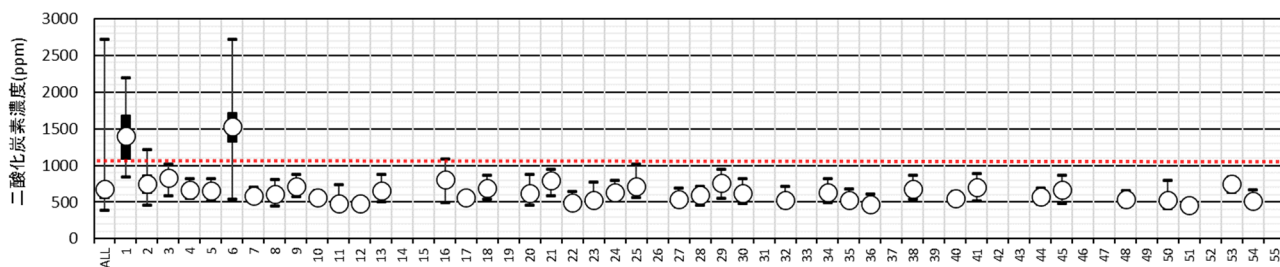


図 24 二酸化炭素濃度 (9時から17時まで, 2021年夏 (8月~9月), 5日間)



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  
実測を踏まえた個別空調の温熱環境特性と運用の課題

研究分担者 中野 淳太 東海大学 建築都市学部建築学科 准教授

研究要旨

2017～2020年の夏季と冬季において、北海道、東京、埼玉、横浜、名古屋、大阪、福岡にある事務所建築物 27 件にて行った調査の再分析を行い、空気環境不適合率上昇における個別空調方式の影響を調査した。PAC+換気方式は外気の影響を大きく受け、特に相対湿度は不適合となる範囲まで分布しやすい傾向にあることがわかった。空気温度および気流速度については、衛生管理基準の範囲を超えることはまれであった。ISO17772-1 による評価結果からは、PAC+換気方式において総合評価および PMV の評価がカテゴリ I～N/A まで広く分布していることがわかった。これは、同一空間内でもインテリアとペリメータの空気温度および平均放射温度の差が大きくなる傾向にあるためであった。また、冬季の上下温度分布も中央方式より大きくなりやすいことが確認された。以上を総合すると、換気を伴う個別空調方式は外気湿度の影響を受けやすく、同一空間内の高さ方向および水平方向の環境に分布が生じやすいことがわかった。また、同じ空調方式でも建物間の差が生じやすいと言える。衛生管理において、個別空調方式では室内環境分布に着目した評価が重要になると考えられる。

A. 研究目的

A1. 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影響調査

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

A2. 個別空調の温熱環境特性と運用の課題

日本全国の事務所建築物における個別空調の室内温熱環境を調査し、運用上の課題を明らかにすることを目的とする。

B. 研究方法

B1. 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影響調査

調査は 2017～2020 年の夏季と冬季に行い、北海道、東京、埼玉、横浜、名古屋、大阪、福岡にある事務所建築物 27 件を対象とした。測定対象建物の詳細を表 1 に示す。規模に応じて特定建築物と 3,000 m<sup>2</sup>以下の建築物、空調方式は中央方式と個別方式（PAC）を交えて選定した。建物によっては、複数階の事務所を測定し、測定点は居住者の滞在する室中央部（インテリア：i）と窓近傍（ペリメータ：p）の 2 点とした。測定高さは、温湿度が床上 0.1m、0.6m、1.1m、1.7m の 4 点、その他の項目は床上 1.1m とした。空気温度、湿度、グローブ温度は 15 分間測定の終了前 30 秒間の平均値、気流速度は 3 分間の平均値を記録した。

これらの測定結果について、建築物衛生法の管理基準および ISO17772-1<sup>1)</sup>により評価を行った。ISO17772-1 は、2017 年に制定された基準で、温熱環境、空気環境、光環境、音環境に関する推奨値

を示している。これらは居住者に期待される室内環境の質のレベル（高、中、ひかえめ、低）に応じて、I~IVのカテゴリに分けられている。温熱環境については、PPD（予測不満足者率）、ドラフト、上下温度分布、および非対称放射について不満足者率により推奨値を示している。温熱環境に関するカテゴリ別不満足者率推奨値を表2に示す。

## B2. 個別空調の温熱環境特性と運用の課題

調査は2017~2022年の夏季と冬季に行い、北海道、東京、埼玉、横浜、名古屋、大阪、福岡にある事務所建築物26件を対象とした。測定対象建物の詳細を表3に示す。規模は特定建築物と3,000㎡以下の建築物に分けてあるが、空調方式はすべて個別方式（PAC）とした。測定方法は、建築物衛生管理基準を満たしつつ、より高い快適性の評価を目的としたASHRAE55-2020基準<sup>2)</sup>に準拠した。建物によっては、複数階の事務所を測定し、測定点は以下の基準で各フロアについて最低2点以上の測定点を設けた。

- ・部屋または空間の中央かつ座席近傍となる点（インテリア）
- ・最も大きな窓の中央から1m以内かつ座席近傍となる点（ペリメータ）

空気温度と相対湿度は、居住域の代表となる以下の4点で15分間記録し、最後の30秒間の平均値を代表値とした。

- ・0.1m くるぶし
- ・0.6m 座位体中心
- ・1.1m 座位頭部・立位体中心
- ・1.7m 立位頭部

各空間の最も大きな窓のある方向を正面とし、高さ1.1mにて上下左右前後の6方向について微小面放射温度を計測した。5分間計測し、最後の30秒の平均を代表値とした。微小面放射温度は、微小平面に入射する放射束が実環境と同等になる均一な黒体閉空間の内表面温度である。逆となる2方向を測定することで、非対称放射温度による不均一環境の局所不快を評価できる。6方向を測定し、重み付け平均をすることで人体の形状

を考慮した平均放射温度を求めることができる。座位の執務者が主であるため、以下の式を用いて平均放射温度を求めた。

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

また、高さ1.1mにて気流速度を3分間計測し、その最大値、平均値、最小値を記録した。

## C. 研究結果

### C1. 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影響調査

#### 1) 空調方式による分類

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

#### 2) 全測定点の測定結果

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

測定時の外気湿度に対する高さ1.1mの室内絶対湿度を図3に示す。外気絶対湿度が10g/kg'以下となる冬季は、加湿や人体からの発湿により概ね室内絶対湿度が外気を上回っていた。夏季は除湿により室内の絶対湿度が低くなっており、いずれの季節も空調方式による差は小さかった。



空気温度、相対湿度、気流速度、平均放射温度に関する全測定点の結果を比較した。夏季結果を図 4 に、冬季結果を図 5 に示す。X 軸の測定点の下にあるマーカーは空調方式を、添え字の i はインテリア、p はペリメータを示す。また、空気温度、相対湿度、気流速度については衛生管理基準値を赤線で示す。

### 3) 建築物衛生法管理基準の適合状況

全測定点における建築物衛生法管理基準（以下、衛生管理基準）の適合状況を図 6 に示す。不適合率で見ると、気流速度は 0%、空気温度は 2%であったのに対し、相対湿度は 35%と最も高かった。季節および建物分類による適合状況を図 7 に示す。空気温度で不適合となったのは夏季に 28℃を超えた 2 点のみであった。図 4 で確認すると、いずれも測定空間面積が 44m<sup>2</sup> の小規模オフィス F01 で、PAC+換気であった。

夏季に相対湿度が不適合となったのは PAC+換気の特定期間 A03 の 2 点のみで、外気相対湿度が 90%を超えている条件であった。冬季の相対湿度は 68%と全体的に不適合率が高く、特に PAC+換気では 81%が不適合となっていた。PAC+換気方式が外気条件の影響を受けやすく、特に相対湿度は不適合となる範囲まで変化しやすい傾向にあることがわかった。

### 4) ISO 17772-1 による評価結果

ISO 基準による評価に当たり、高さ 1.1 m の空気温度、平均放射温度、気流速度の測定結果、代謝量 1.1 met から PMV および PPD を求めた。着衣量は夏季 0.5 clo、冬季は 1.0 clo とした。局所不快感については推奨値がカテゴリ III まで示されているため、上限値を超えた場合は IV 評価とした。PMV の推奨値はカテゴリ IV まで示されているため、上限値を超えた場合は「N/A（不適合）」とした。総合評価は、4 つの評価項目のうち、最も低い評価を適用した。

全測定点のカテゴリ評価結果を図 8 に示す。総合評価のカテゴリ I は 13%、カテゴリ II が最も多い 35%、カテゴリ III と IV がそれぞれ 29%、21%、

評価対象外が 2%となった。衛生管理基準においては、冬季の相対湿度以外は概ね適合していたのに対し、ISO17772-1 による総合評価では、全体の約 1/4 が最も低いレベルまたは不適合に相当することがわかった。

項目別に見ると、全測定点の評価結果で、最もカテゴリ I の評価が低かったのが PMV であった。反対に、非対称放射はすべての測定点でカテゴリ I の評価であった。以下の分析は、季節および空調方式の種別に分けて行うが、PAC の調査件数は他の方式と比べて極端に少ないため、参考値として示す。

季節および空調方式の種別による各項目のカテゴリ評価を図 9 に示す。総合評価では、PAC+換気がいずれの季節も I~N/A まで広く評価が分布していることがわかった。中央方式も夏季は同様の傾向が見られるものの、冬季はカテゴリ II と III のみで、一定の範囲内に環境調整されていた。PMV は総合評価とほぼ同等の分布となっていたが、PAC+換気のカテゴリ I 評価の割合が高くなっていた。夏季の上下温度分布は 1 点を除いて全て I 評価であったが、冬季の PAC+換気では I 評価は 28%に激減しており、38%が IV 評価となっていた。夏季のドラフトは、いずれの空調方式も約 6 割が I 評価であった。冬季の中央方式は I 評価が 87.5%まで上昇していたが、PAC+換気では 53%と微減していた。

夏季における全測定点の PMV 評価結果を図 10 に示す。カテゴリ II に相当する  $\pm 0.5$  の値を太線で示している。カテゴリ I の評価には PMV が  $\pm 0.2$  以内、カテゴリ II には  $\pm 0.5$  以内である必要がある。夏季には  $+0.5$  を超えていたのは、主にペリメータゾーンであった。 $-0.5$  を下回る測定点も見られたが、これらに特定の傾向は見られなかった。冬季における全測定点の PMV 評価結果を図 11 に示す。 $-0.5$  を下回る測定点はなく、 $\pm 0.5$  を逸脱していたのはすべて上限を超えたためであった。

高さ 0.1m の空気温度に対する高さ 1.1m の空気温度を図 12 に示す。高さ 1.1m の空気温度は 0.1m よりも高い傾向にあり、23℃以下で温度差が大きくなる傾向にあった。特に PAC+換気方式は

分布が大きく、冬季の中央式の平均温度差が 1.0℃ に対し、冬季の PAC+換気方式は 2.6℃ であった。

#### 5) インテリアとペリメータの環境の差

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

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

## C2. 個別空調の温熱環境特性と運用の課題

### C2.1. 季節ごとの温熱環境特性

#### C2.1.1. 空気温度

図 14 に高さ 1.1m の空気温度の度数分布を示す。夏季の 1 つの建物を除き、18~28℃ の衛生管理基準を満たしており、夏季平均値が 25.9℃、冬季平均が 24.2℃ であった。

外気温に対する室温を図 15 に示す。夏季に比べ、冬季の方が室温のばらつきが大きくなっていることがわかった。

高さ 0.1m と 1.1m の空気温度差と外気温の関係を図 16 に示す。ASHRAE 55 基準では、くるぶし (0.1m) と座位頭部 (1.1m) の温度差が 3℃ を越えないことを推奨している。夏季は推奨範囲内にあるが、冬季は 3℃ を超える値が見られ、外気温が低いほどその傾向は顕著になった。

#### C2.1.2. 平均放射温度

高さ 1.1m の平均放射温度の度数分布を図 17 に示す。夏季は温度の高い方に、冬季は温度の低い方に広く分布しており、平均値はそれぞれ 27.3℃、23.5℃ であった。

高さ 1.1m の空気温度に対する平均放射温度を図 18 に示す。夏季は平均放射温度が空気温度よりも平均で 1.4℃ 高く、冬季は 0.8℃ 低くなる傾向が見られた。

#### C2.1.3. 相対湿度

高さ 1.1m の相対湿度の度数分布を図 19 に示す。夏季は 1 点を除き、衛生管理基準を満たしており、平均値は 55.1% であった。冬季は測定点の 83% が下限の 40% を下回っており、平均値は 31.4% であった。

図 20 に外気温に対する相対湿度を示す。外気の湿度にかかわらず、外気温が 15℃ 未満になると管理基準値を下回る割合が急激に増加することがわかった。

#### C2.1.4. 気流速度

図 21 に高さ 1.1m の気流速度の度数分布を示す。管理基準値の 0.5 m/s を超えたのは 1 点のみで、その他は基準値を満たしていた。

### C2.2. インテリアとペリメータの環境の差

インテリア (室中央) を基準とし、ペリメータ (窓から 1m 以内) の環境の違いを分析した。

#### C2.2.1. 空気温度

図 22 に高さ 1.1m の空気温度の度数分布を示す。夏季はペリメータでの日射等の影響により、インテリアよりも空気温度が高くなる傾向が見られた。冬季はペリメータの冷えおよび暖房の影響で、インテリアより高い方にも低い方にも分布していた。

高さ 0.1m と 1.1m の空気温度差について、夏季の結果を図 23 に、冬季の結果を図 24 に示す。

夏季はすべての測定点で ASHRAE 55 の基準である 3℃ 以内であったが、ペリメータの上下温度差がやや大きくなる傾向にあった。冬季はどの測定点も足元の温度が低く、1.1m との温度差は最大 7.5℃ まで広く分布していた。インテリアもペリメータも同様に上下温度分布が大きかった。

#### C2.2.2. 平均放射温度

図 25 に高さ 1.1m の平均放射温度差の比較を示す。夏季は、日射の影響によりペリメータで平均放射温度が高くなる傾向にあり、冬季は窓面の

冷却により低くなっていた。空気温度に比べると、夏季と冬季の差が顕著に分かれていた。

### C2.2.3. 湿度

相対湿度は空気温度の影響を受けるため、温度差のある環境の湿度を比較するのに相対湿度は適さない。そのため、高さ 1.1m の絶対湿度をインテリアとペリメータで比較した結果を図 26 に示す。冬季は 0 g/kg が 55% を占めており、インテリアとペリメータの差は小さかった。夏季は分布がやや大きい傾向が見られたものの、1.5 g/kg 以内であった。

### C2.2.4. 気流速度

図 27 に高さ 1.1m の気流速度の比較を示す。冬季はインテリアとペリメータの差が ±0.1 m/s の範囲内であった。夏季も 0.5m/s を超える気流はなかったものの、分布が大きくなる傾向が見られた。

## D. 結論

### D1. 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影響調査

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

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

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

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

### D2. 個別空調の温熱環境特性と運用の課題

日本全国の個別空調を行っている事務所建築物 26 件と対象に夏季と冬季の実測調査を行い、温熱環境特性を分析した。測定方法は、建築物衛生法および ASHRAE55-2020 基準に準拠した。

空気温度は、夏季の 1 つの建物を除き、18~28℃ の衛生管理基準を満たしており、夏季平均値が 25.9℃、冬季平均が 24.2℃ であった。高さ 0.1m と 1.1m の空気温度差について、夏季は ASHRAE55-2020 基準の推奨範囲内であったが、冬季は 3℃ を超える値が見られ、外気温が低いほどその傾向は顕著になった。夏季の平均放射温度は高い方に、冬季は低い方に広く分布しており、平均値はそれぞれ 27.3℃、23.5℃ であった。夏季は平均放射温度が空気温度よりも平均で 1.4℃ 高く、冬季は 0.8℃ 低くなっていた。

夏季の相対湿度は概ね衛生管理基準値を満たしていたが、冬季は測定点の 83% が下限の 40% を下回っており、平均値は 31.4% であった。外気の湿度にかかわらず、外気温が 15℃ 未満になると管理基準値を下回る割合が急激に増加することがわかった。気流速度については、管理基準値の 0.5 m/s を超えたのは 1 点のみで、その他は基準値を満たしていた。

インテリアとペリメータの環境を比較したとき、夏季はペリメータでの日射等の影響により、インテリアよりも空気温度が高くなる傾向が見られた。冬季はペリメータの冷えおよび暖房の影響で、インテリアより高い方にも低い方にも分布していた。冬季はどの測定点も高さ 0.1m の温度が低く、1.1m との温度差は最大 7.5℃ まで広く分布していた。インテリアもペリメータも同様に上下温度分布が大きかった。平均放射温度は、冬季にペリメータが低くて夏季にインテリアが高く、その傾向は空気温度よりも顕著であった。湿度と気流速度については、インテリアとペリメータの差は小さかった。

個別空調の運用上の課題は、まず冬季の湿度管理である。特に外気が 15℃を下回ると不適率が急増する傾向にあり、十分な加湿が不可欠である。空気温度については、高さ 1.1m の管理基準値は満たしているものの、吹き出し口が誘引式ではないために、室内空気との攪拌が不十分である。冬季に高さ 0.1m と 1.1m の上下温度差が大きくなりやすい点に注意が必要である。また、個別空調ではペリメータ負荷処理用の空調系統を備えていないことが多い。放射環境の差をペリメータ近傍のインテリア用個別空調でカバーしようとすると、室内での空気温度の分布が大きくなる要因となる。

全体的な傾向として、個別空調では中央式空調に比べて水平方向および垂直方向の分布を生じやすく、特に冬季にその傾向が顕著になる。衛生管理基準を満たしていても、潜在的な不快の要因となりうる点に配慮する必要がある。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

なし

### 2. 学会発表

なし

## G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

なし

#### <参考文献>

- 1) ISO: ISO7726 Ergonomics of the thermal environment -- Instruments for measuring physical quantities, 1998
- 2) ANSI/ASHRAE Standard 55-2020 "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy", 2020

表 1 調査対象建築物

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

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

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

表 3 個別空調の調査建物概要

地域	都道府県	Code	規模	空調方式	階数	測定日	
						夏季	冬季
北海道	北海道	H02	中規模	PAC+換気	6	2017/8/25	
	北海道	H03	中規模	PAC	2	2022/9/2	2023/1/18
	北海道	H06	中規模	PAC+換気(HEX)	2	2022/2/10	
	北海道	H07	中規模	PAC	2	2022/9/2	2023/1/18
東北	福島	T01	中規模	PAC+換気	1		2022/2/8
	秋田	T02	特定建築物	PAC+換気(HEX)	4,8	2022/9/29	2023/2/14
	秋田	T03	特定建築物	PAC+換気(HEX)	2,5	2022/9/29	2023/2/14
関東	東京	E01	特定建築物	PAC+換気	6	2018/9/18	2018/1/10
	埼玉	E02	中規模	PAC+換気	1,2,3	2018/8/23	2018/1/10
	東京	E03	中規模	PAC+換気	3,7	2018/8/23	
	東京	E05	特定建築物	PAC	1	2018/9/18	
	東京	E07	中規模	PAC+換気		2019/8/1	2020/1/15
	東京	E09	中規模	PAC+換気		2019/8/1	2020/2/14
	東京	E10	中規模	PAC+換気		2019/8/27	2020/2/21
	東京	E12	中規模	PAC+換気		2019/8/27	2020/1/15
	群馬	E13	中規模	PAC+換気	2	2022/8/30	2020/2/21
	東京	E15	特定建築物	PAC+換気	8	2022/8/31	2021/12/15
	埼玉	E16	中規模	PAC+換気(HEX)	2	2022/8/31	2021/12/16
東海	名古屋	A02	中規模	PAC+換気	4	2019/8/30	2020/2/13
	名古屋	A03	特定建築物	PAC+換気		2019/8/30	2020/2/13
近畿	大阪	W01	中規模	PAC+換気	2	2018/8/28	2018/3/5
	大阪	W02	中規模	PAC	2	2018/8/29	2018/3/5
九州	福岡	F01	中規模	PAC+換気	6	2018/8/27	2019/1/11
	福岡	F02	中規模	PAC+換気	2	2018/8/27	2019/1/10
	福岡	F03	中規模	PAC+換気	2	2018/8/27	2019/1/11
	福岡	F04	特定建築物	PAC+換気	4	2018/8/28	2019/1/11

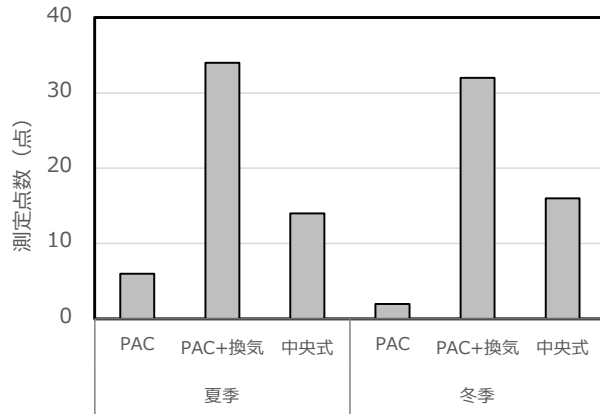


図 1 建物分類別測定点数

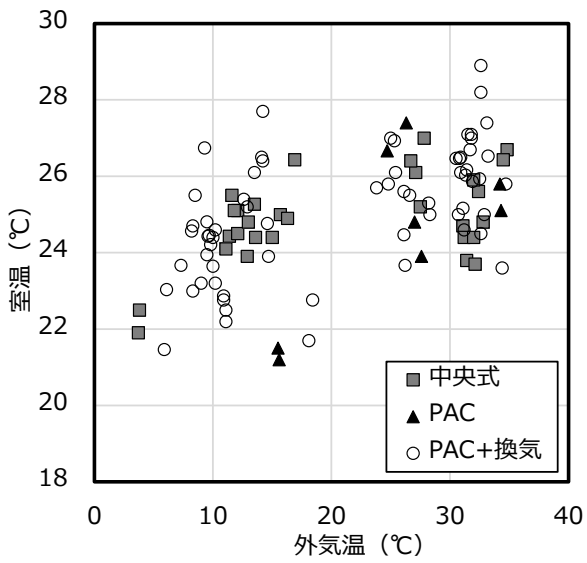


図 2 外気温と室温

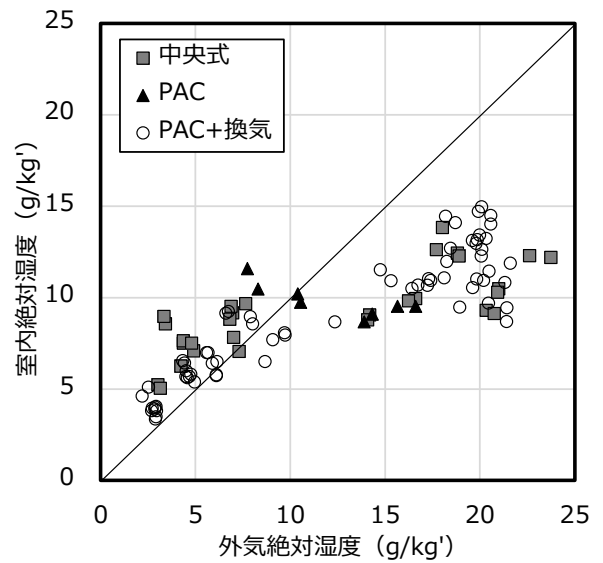


図 3 外気絶対湿度と室内絶対湿度

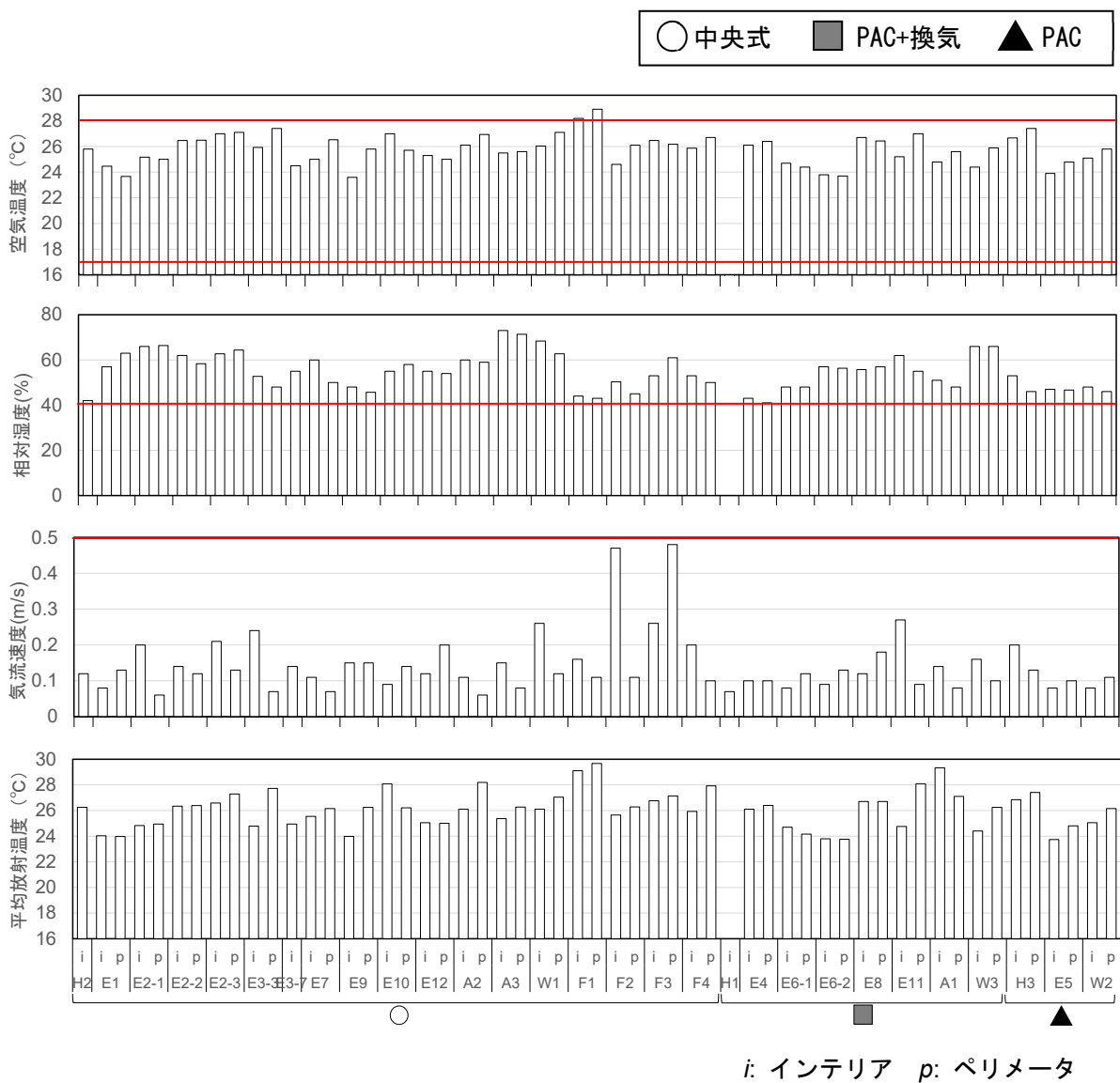


図4 夏季測定結果(上:空気温度、中:相対湿度、下:気流速度)



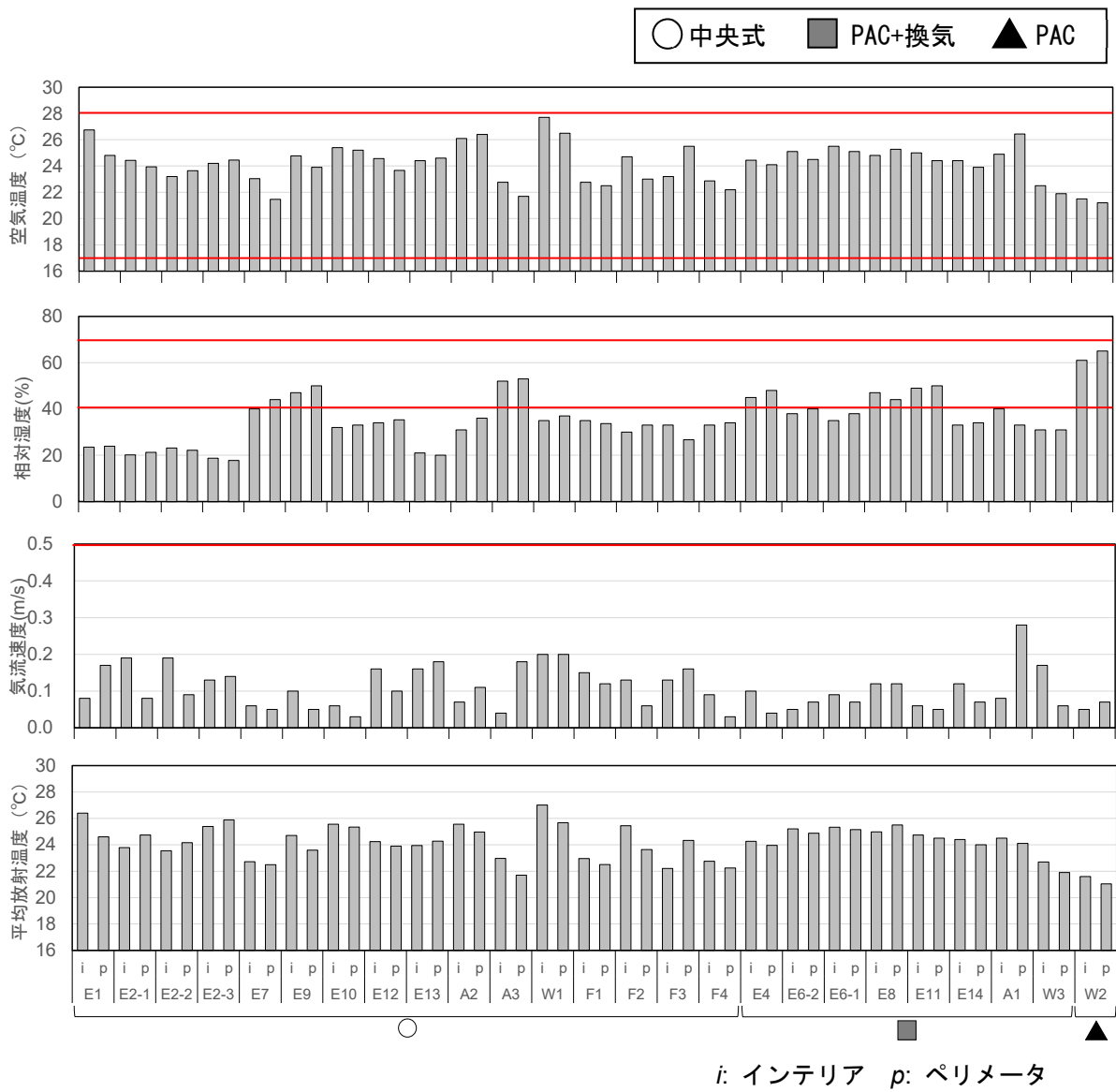


図5 冬季測定結果(上:空気温度、中:相对湿度、下:気流速度)

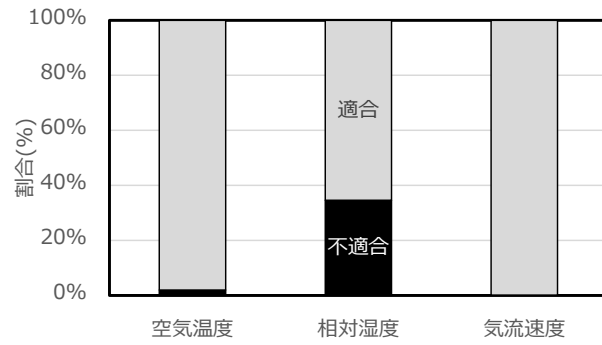


図6 衛生管理基準の適合状況(通年)

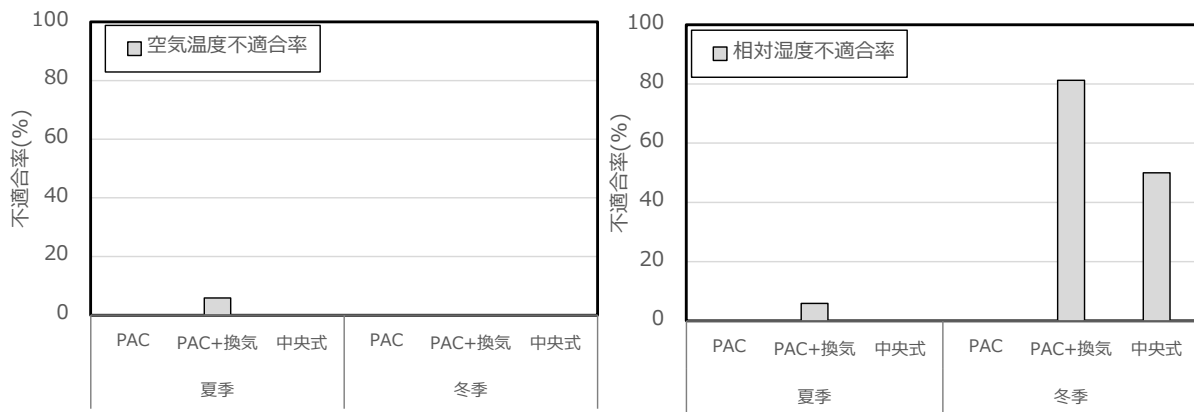


図7 衛生管理基準の建物分類別適合状況(左:空気温度、右:相対湿度)

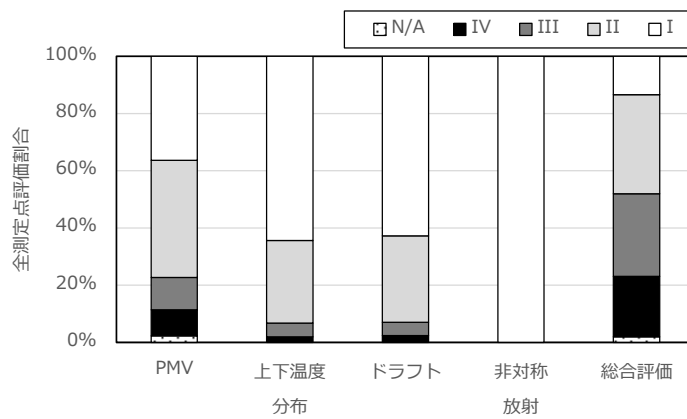


図8 ISO17772-1 による評価結果

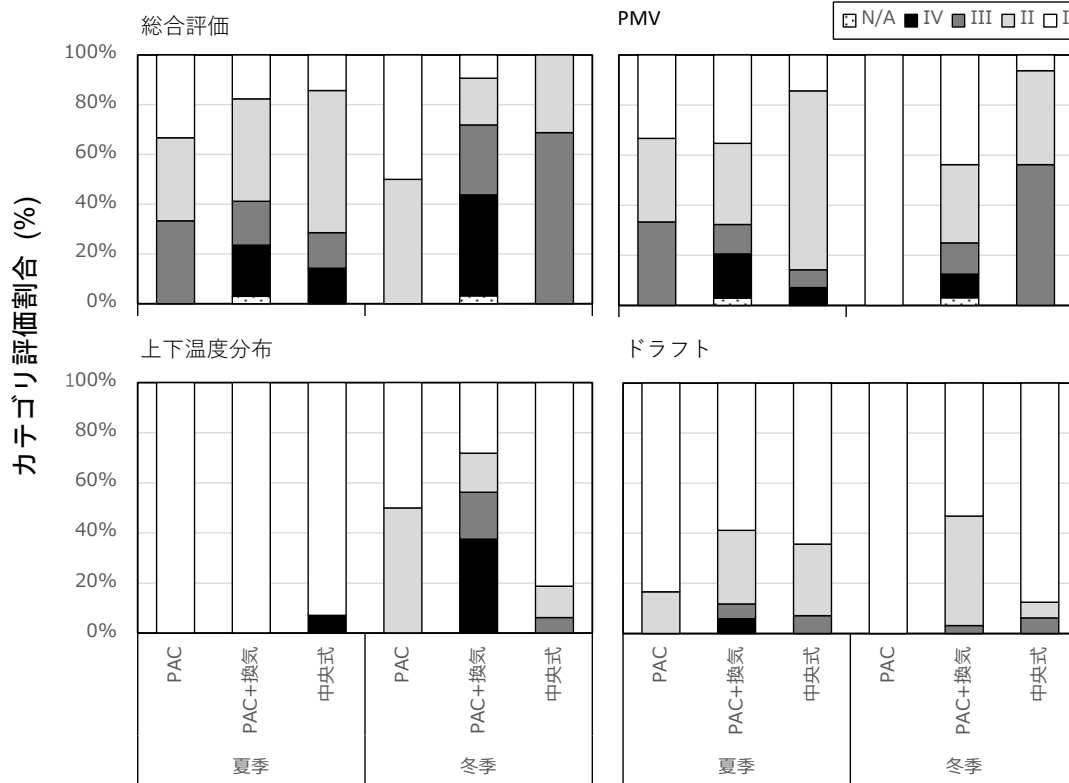


図9 ISO17772-1による建物分類別評価結果

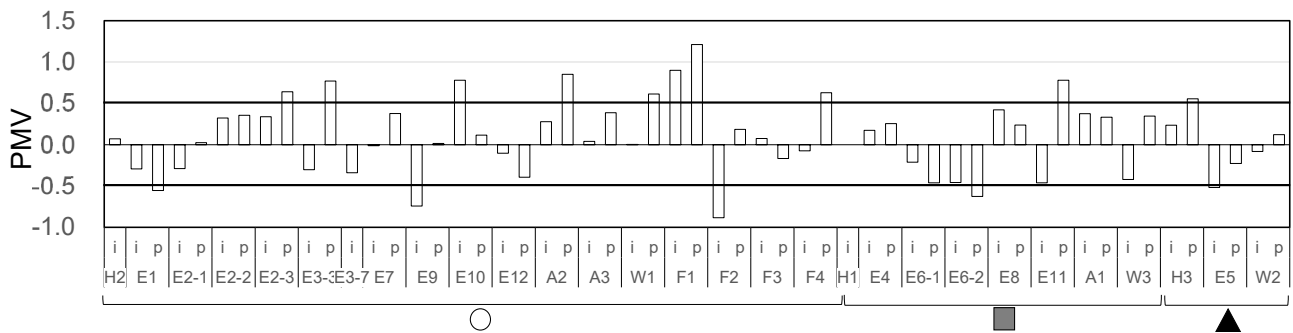


図10 夏季PMV測定結果

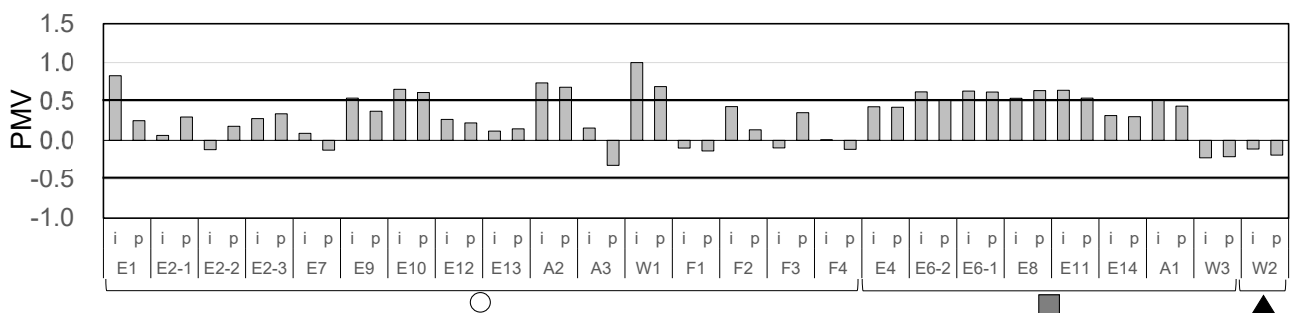


図11 冬季PMV測定結果

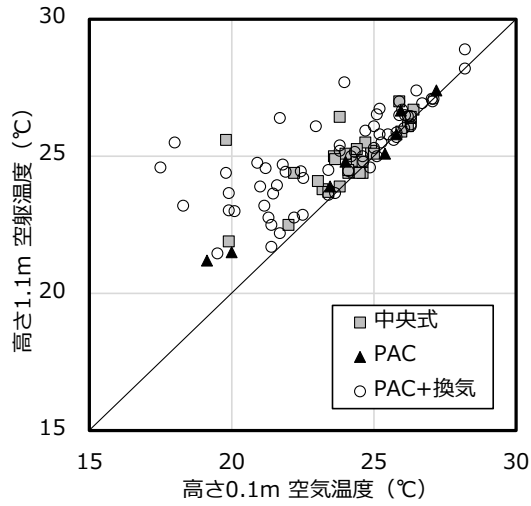


図 12 高さ0.1mの空気温度に対する高さ1.1mの空気温度

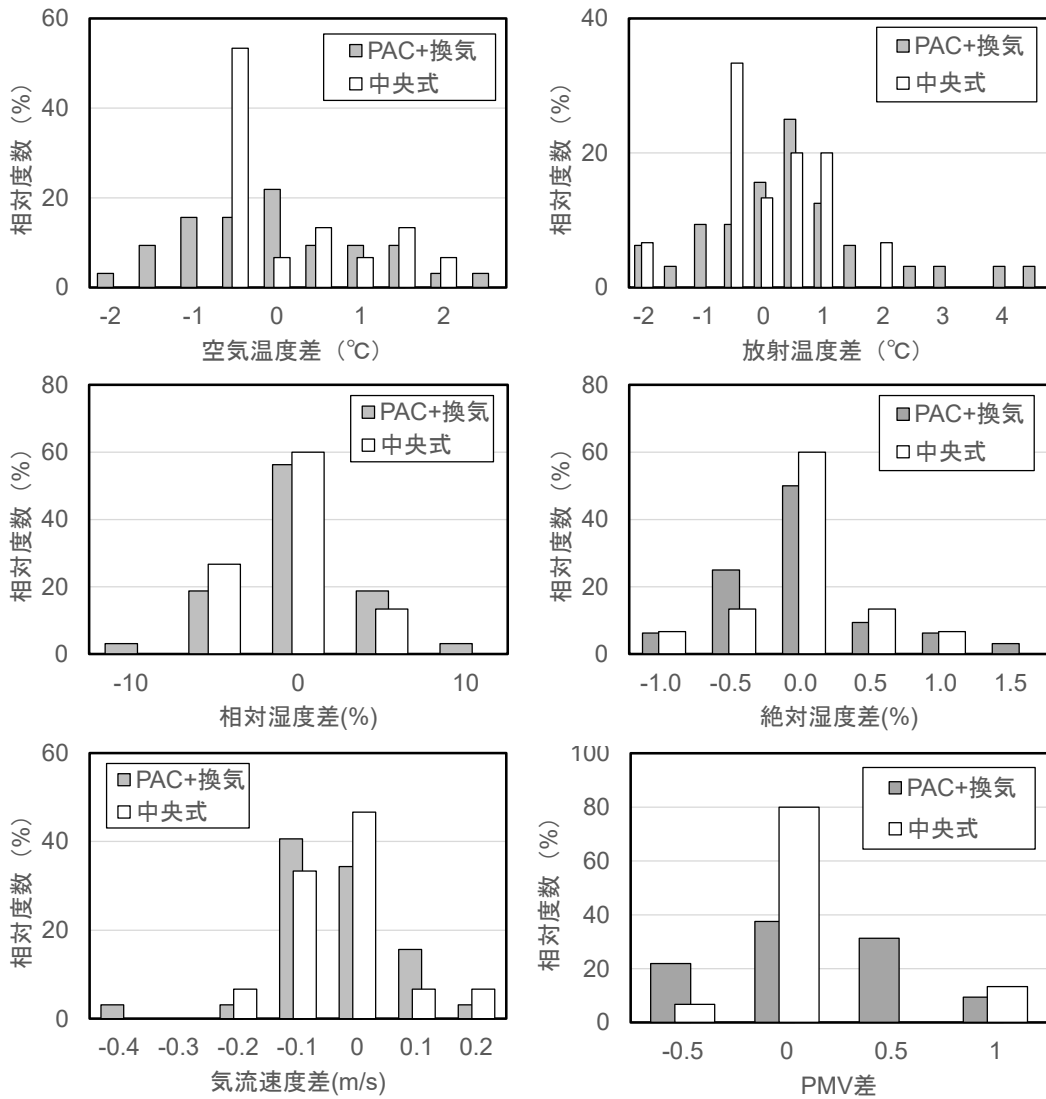


図 13 インテリアを基準としたペリメータとの環境の差

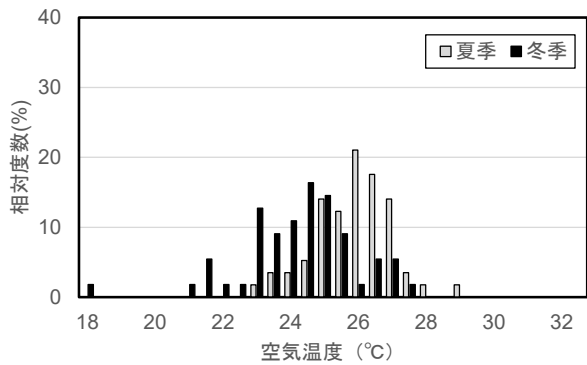


図 14 高さ 1.1m の空気温度度数分布

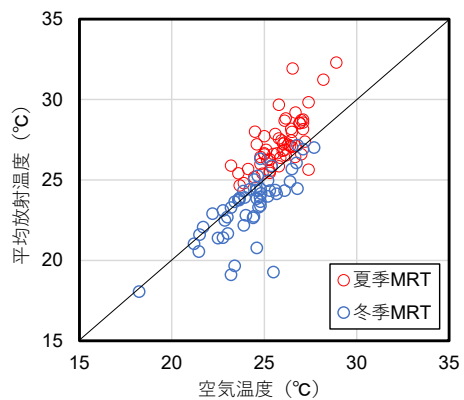


図 18 空気温度に対する平均放射温度

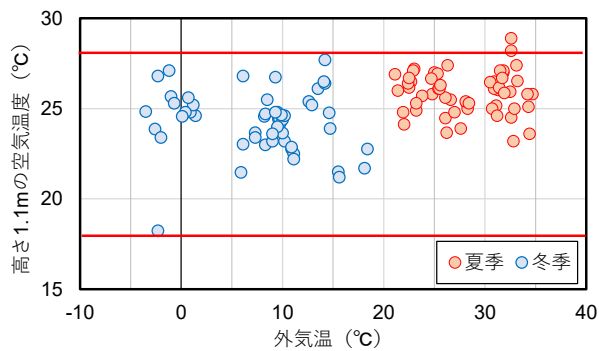


図 15 外気温に対する室内空気温度

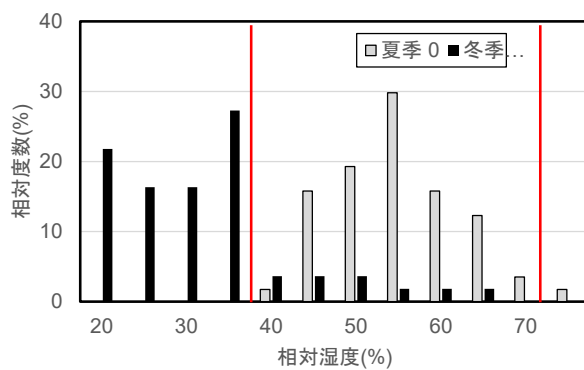


図 19 高さ 1.1m の相対湿度の度数分布

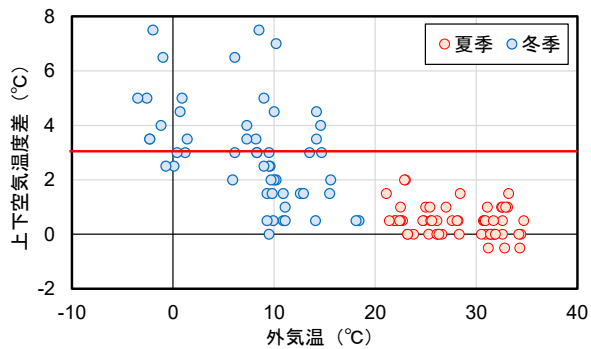


図 16 外気温に対する上下空気温度差

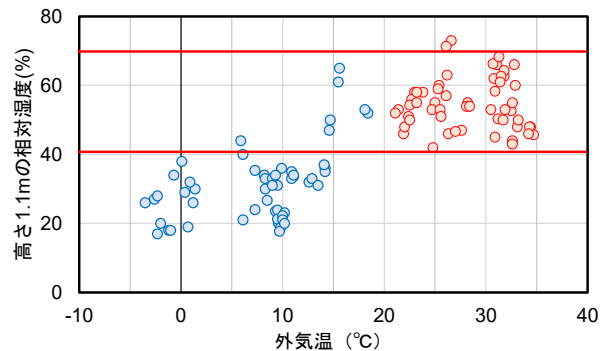


図 20 外気温に対する相対湿度

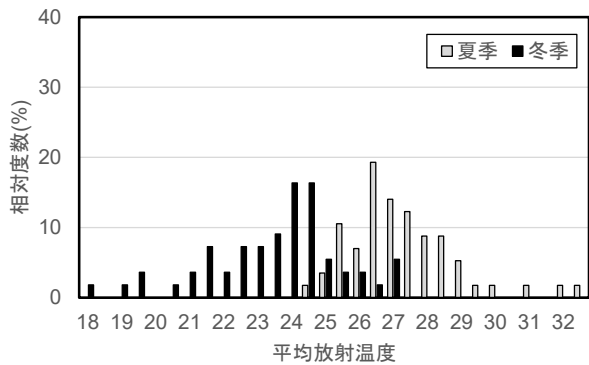


図 17 高さ 1.1m の平均放射温度度数分布

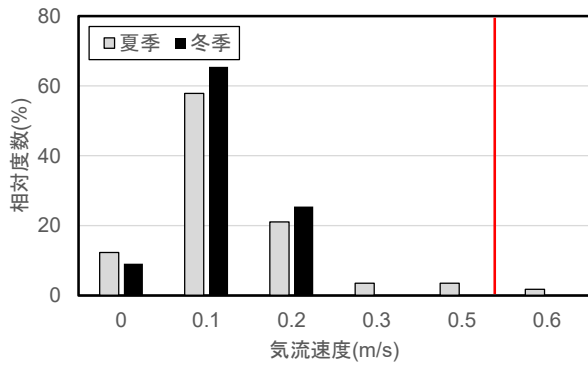


図 21 気流速度の速度分布

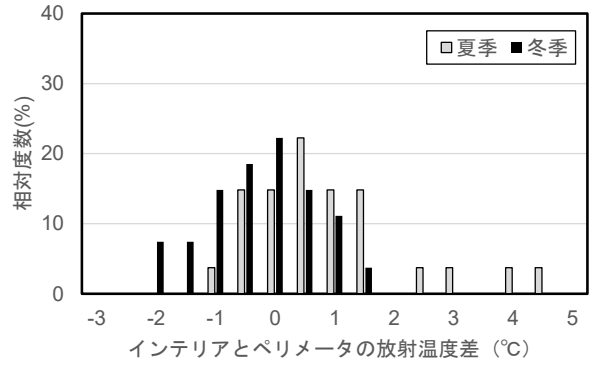


図 25 インテリアとペリメータの平均放射温度差

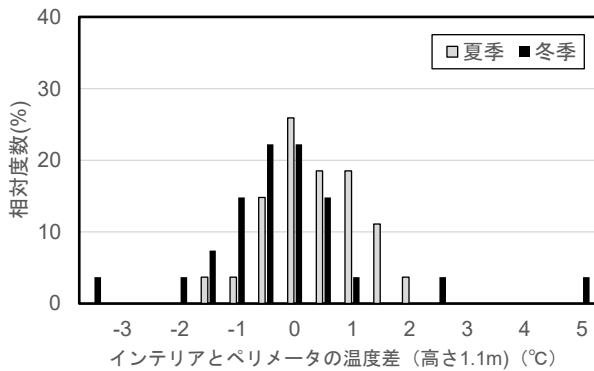


図 22 インテリアとペリメータの空気温度差

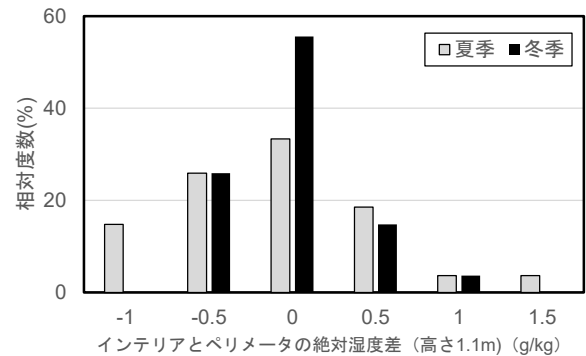


図 26 インテリアとペリメータの絶対湿度差

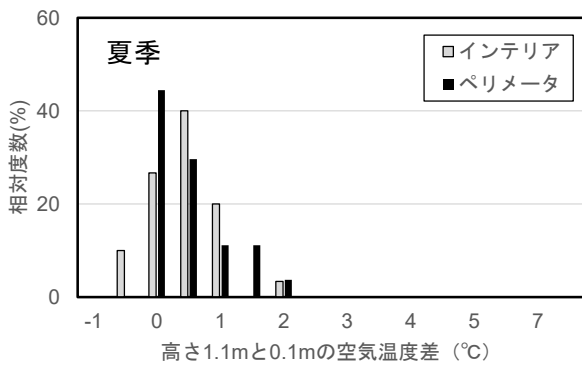


図 23 夏季の高さ 0.1m と 1.1m の上下温度差

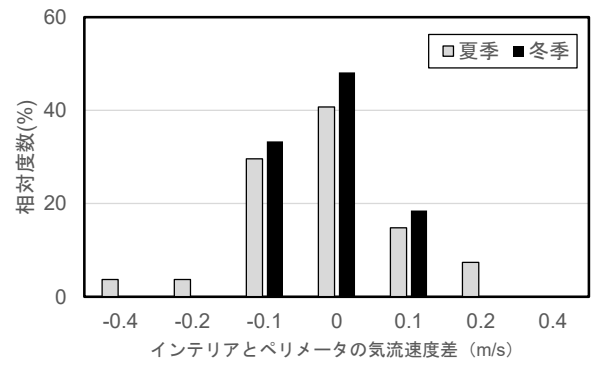


図 27 インテリアとペリメータの気流速度差

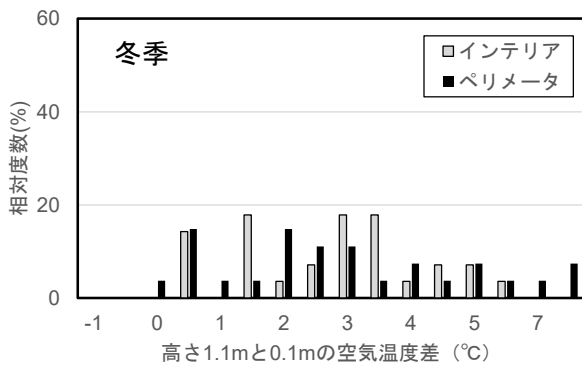


図 24 冬季の高さ 0.1m と 1.1m の上下温度差

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

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

研究分担者 柳 宇 工学院大学 建築学部 教授

研究要旨

7 事務所ビル 9 執務室の夏期と冬期における室内空気環境の測定結果より、夏期と冬期の室内温度、二酸化炭素濃度、夏期の相対湿度は総じて良好であったが、冬期に 8 室の相対湿度が 40% を下回った。また、1 室ではあるが、機械換気を止めており、その室内二酸化炭素濃度の中央値が 1200ppm、最大値が 1600ppm であった。換気運転を行うように啓発する必要性が示唆された。たばこ煙による室内浮遊微粒子濃度の上昇や、加湿器と考えられる浮遊微粒子と浮遊細菌濃度の異常な上昇がみられたことから、運用時における適切な衛生管理は必要であることが示された。

A. 研究目的

本研究は、個別空調・換気方式における室内の温湿度、二酸化炭素濃度、粒径別浮遊微粒子濃度、浮遊細菌濃度、浮遊真菌濃度の実態を把握することを目的としている。

0.5 $\mu$ 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。

B. 研究方法

B1. 測定対象ビルの概要

2021 年 12 月～2023 年 2 月の間の冬期と夏期に、東京都内にある A～C ビル、札幌市内にある D、E ビル、秋田市内にある E ビル（4 階と 8 階）、G ビル（2 階と 5 階）を対象に測定を行った。測定対象ビルの概要を表 1 に示す。A～G ビルの測定対象室の空調と換気方式を図 1～4 に示す。

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	測定日	
					冬期	夏期
A	事務室	東京都港区	OAHU+PAC	中性能	2021年12月	2022年8月
B	事務室	東京都足立区	PAC+HEX	そ應用	2021年12月	2022年8月
C	事務室	埼玉県さいたま市	AHU	中性能	2021年12月	2022年8月
D	事務室	北海道札幌市	PAC+換気扇	そ應用	2023年1月	2022年9月
E	事務室	北海道札幌市	PAC+換気扇	そ應用	2023年1月	2022年9月
F	事務室8F	秋田市	PAC+HEX	そ應用	2023年2月	2022年9月
	事務室4F		PAC+HEX	そ應用		
G	事務室2F	秋田市	OAHU+PAC	中性能	2023年2月	2022年9月
	事務室5F		OAHU+PAC	中性能		

B2. 測定項目と方法

B2.1. 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。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 $^{\circ}$ C の 2 日間と 25 $^{\circ}$ C の 5 日間であった。

浮遊微粒子の測定に 6 段階（0.3～0.5 $\mu$ 、0.5～0.7 $\mu$ m、0.7～1.0 $\mu$ m、1.0～2.0 $\mu$ m、2.0～5.0 $\mu$ m、

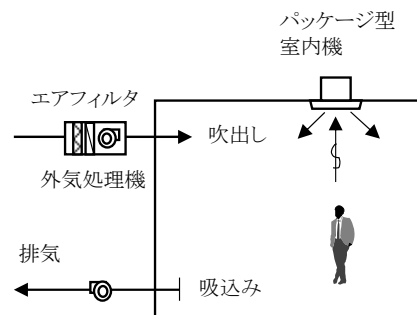


図 1 A、F ビルの空調・換気方式（個別熱源・中央換気方式）

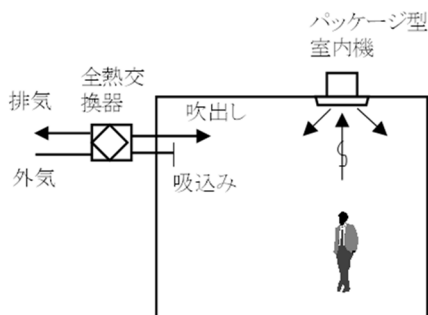


図2 B、Gビルの空調・換気方式  
(個別熱源・個別換気方式)

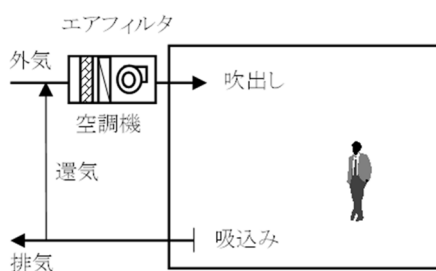


図3 Cビルの空調・換気方式  
(中央熱源・中央換気方式)

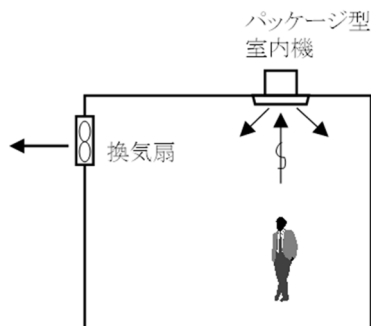


図4 D、Eビルの空調・換気方式  
(個別熱源・個別換気方式)

## B2.2. 温湿度・CO<sub>2</sub>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・CO<sub>2</sub>センサーを設置し、5分間隔の計10日間の連続測定を行った。

## C. 研究結果

### C1. 温湿度・CO<sub>2</sub>濃度

図5~7に各ビルにおける9:00~18:00の温度、相対湿度、CO<sub>2</sub>濃度の測定値から求めた四等分値を示す。

温度について、夏期では建築物衛生法の上限値28℃を上回ったのは、Eビル(11%)とGビル(3%)であった。一方、冬期では建築物衛生法の下限値を下回ったのはGビルの5階であった。それが2月17日の9:00-9:20の時間帯で、当日空調運転開始時間が遅かったためと考えられる。

相対湿度について、夏期では建築物衛生法上限値70%を上回ったのは夏期のCビル(1%)とDビル(5%)であり、総じて良好であった。一方、冬期ではCビルを除けば、他のビルの中央値が全て40%を下回った。測定9対象室のうち8室(約90%)が建築物衛生法の管理基準値を満たしておらず、冬期の低湿度問題が再確認された。

CO<sub>2</sub>濃度について、夏期では建築物衛生法管理基準値1000ppmを上回ったのはEビル(1%)、Fビル(20%)、Gビル(18%)であった。FビルはZEB ready(再生可能エネルギーを除き、基準一次エネルギー消費量から、50%以上の一次エネルギー消費量を削減した建築物)ビルであり、省エネのため換気量がしばしば十分に導入されていないためであると推察される。一方、冬期ではFビル4階の中央値が約1200ppm、最大値は約1600ppmであった。写真1に示す通り、当該室の換気扇スイッチがOFFになっていたため、機械換気が行われていないことが分かった。

### C2. 粒径別浮遊微粒子濃度

図8と図9に各ビルにおける立ち入り時に測定した粒径別浮遊粒子濃度から求めた<1μmと>1μmの浮遊粒子濃度四等分値、図10と図11に<1μmと>1μm浮遊粒子平均濃度のI/O(室内/屋外濃度)比を示す。

<1μm浮遊粒子濃度について、SPSS Ver29を用いたノンパラメトリックMann-Whitney U検定の結果、DビルとGビル5階を除いた他の対象室においては夏期が冬期より有意に高かった( $p<0.001$ )。一方、DビルとGビル5階の対象



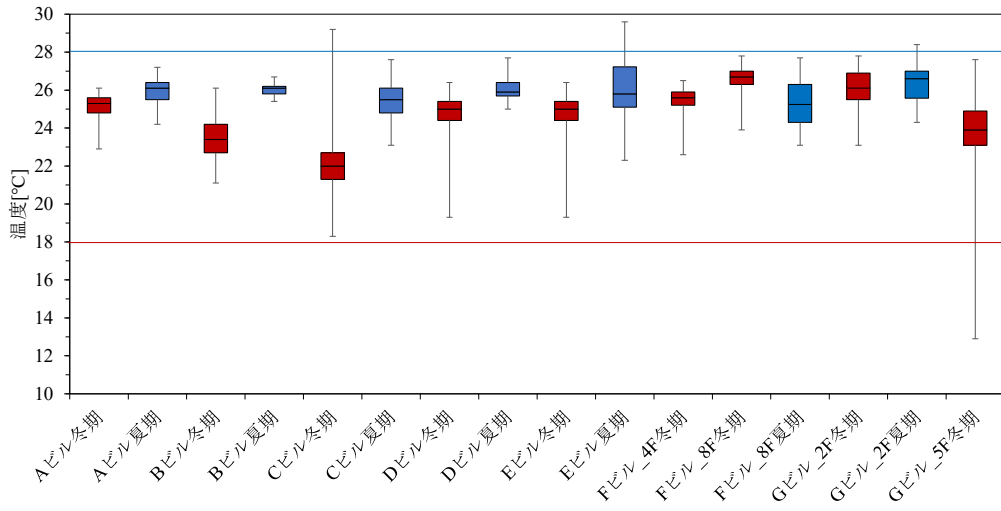


図5 各ビルの冬期と夏期の温度分布

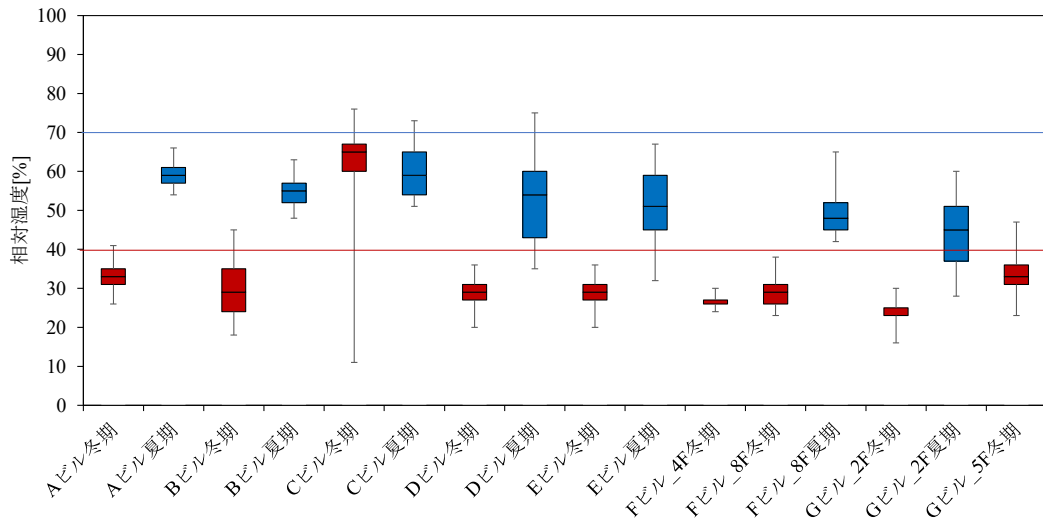


図6 各ビルの冬期と夏期の相対湿度分布

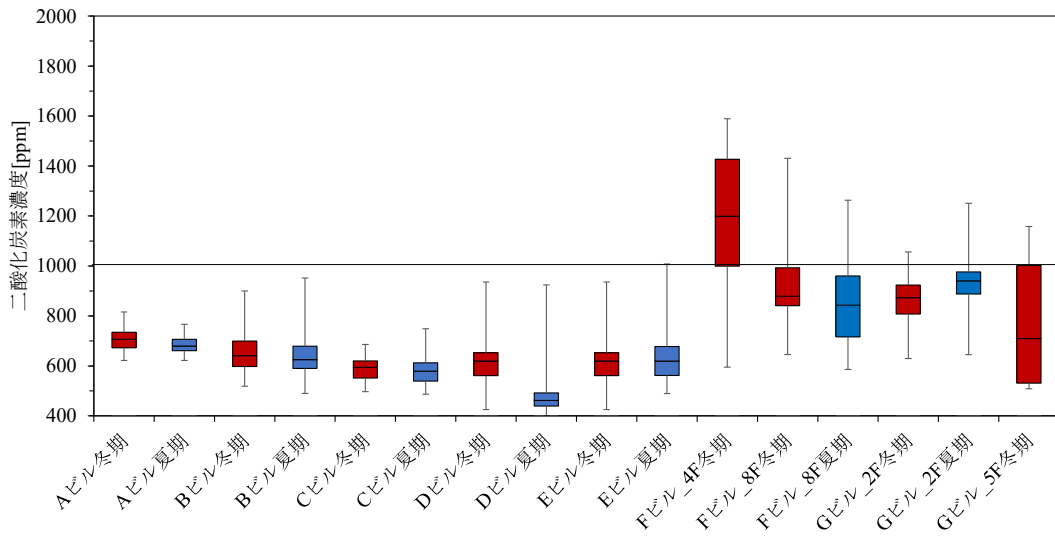


図7 各ビルのCO2濃度分布



写真1 換気扇スイッチ

室は冬期の方が有意に高かった ( $p<0.001$ )。D と E ビルはポータブル加湿器を使用している。G ビル 5 階の I/O 比は 1 より顕著に大きい (図 10)、室内に発生源があることが示唆された。I/O

について、夏期の E ビルの I/O 比は 1 より遥かに高い値を示し、室内に発生源があることが示唆された。測定当日の当該ビルは換気運転を OFF になっており、窓も閉めていた。また、測定対象室 (2 階) のドアが開放されていたため、1 階の喫煙場からのたばこ煙の影響を受けたものと考えられる。なお、冬期の測定時は喫煙場所が外の駐車場に変更したため、I/O 比は 1 より小さい値を示した。上記の冬期 G ビル 5 階と夏期 E ビルを除いた他の対象室の I/O 比概ね 1 以下であった。

>1 $\mu\text{m}$  浮遊粒子濃度について、Mann-Whitney U 検定の結果、D ビルにおいては冬期と夏期の間に有意な差が認められなかった ( $p=0.234$ )。G ビル 5 階は前述した <1 $\mu\text{m}$  の浮遊粒子濃度と同様に、

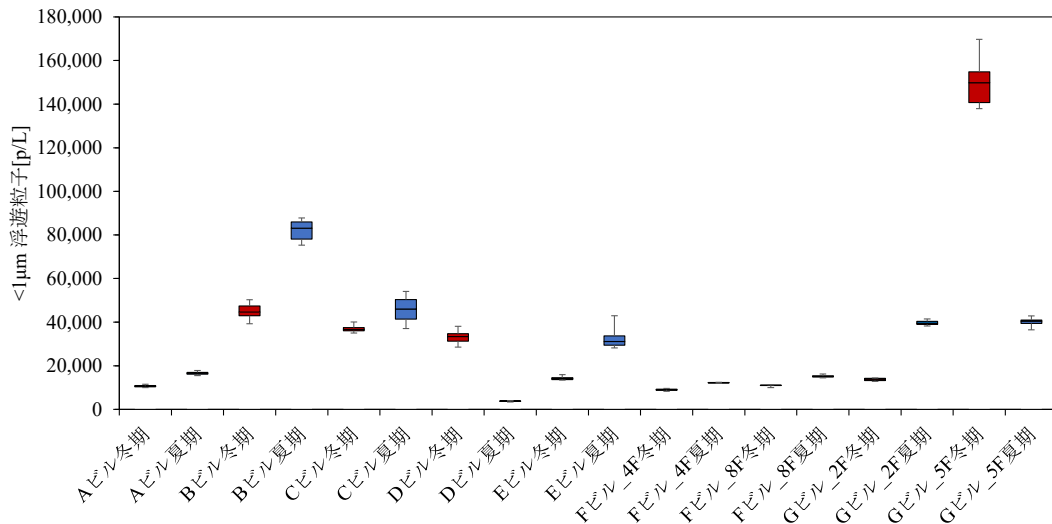


図8 各ビルの<1 $\mu\text{m}$  浮遊粒子濃度分布

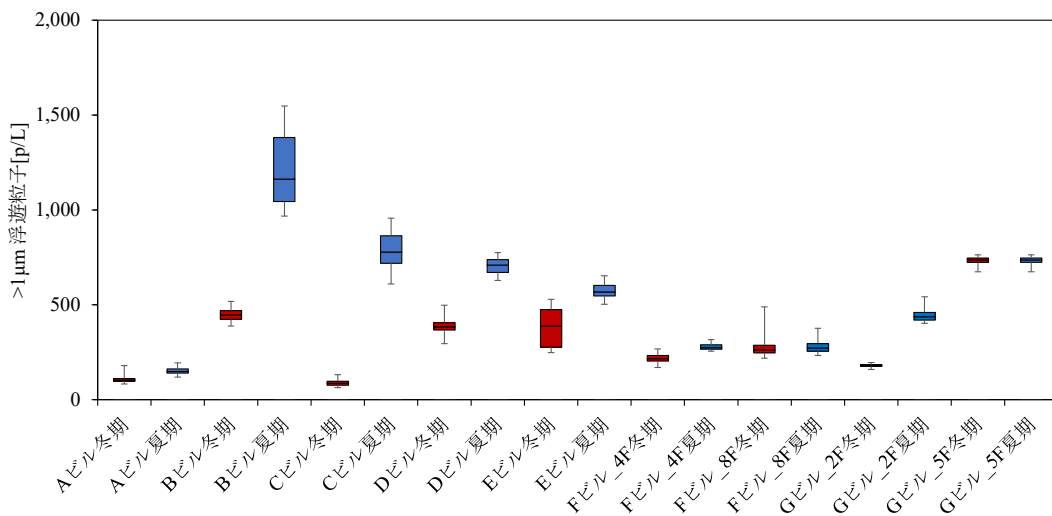


図9 各ビルの>1 $\mu\text{m}$  浮遊粒子濃度分布

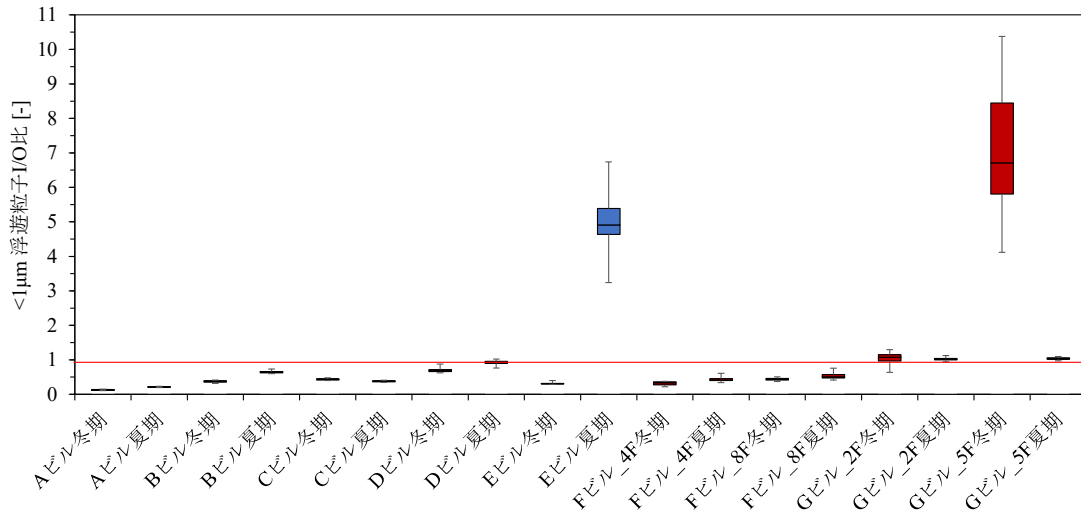


図 10 各ビルの<1μm 浮遊粒子濃度 I/O 比分布

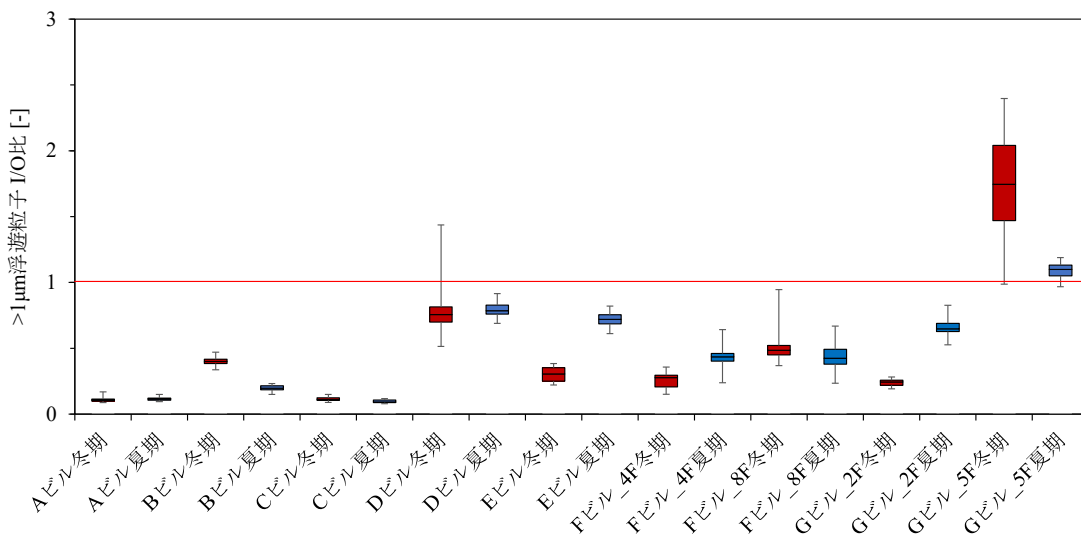


図 11 各ビルの>1μm 浮遊粒子濃度 I/O 比分布

冬期が夏期より有意に高かった ( $p<0.001$ )。I/O 比も 1 より大きかったことから、室内に発生源あることが示唆された。他の全ての対象室の I/O 比は概ね 1 以下であった。

### C3. 浮遊細菌・浮遊真菌

図 12～13 に浮遊細菌と浮遊真菌濃度の分布を示す。図中に日本建築学会 (AIJ) 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、G ビル 5 階が最も高い値を示した ( $1485\text{cfu}/\text{m}^3$ )。他の全ては日本建築学会の管理基準値  $500\text{cfu}/\text{m}^3$  を下回った。また、夏期の室内は屋外より、夏期の外気は冬期の

外気より有意に高かった ( $p<0.05$ )。冬期の室内は屋外より有意に高かったが ( $p<0.05$ )、それは G ビル 5 階が大きく寄与したためである。G ビル 5 階を除けば、冬期と夏期間に有意な差が認められなかった ( $p=0.083$ )。

浮遊真菌について、冬期では日本建築学会の管理基準値の  $50\text{cfu}/\text{m}^3$  を満足した。一方、夏期では A ビルと F ビル 4 階を除いた他の対象室は  $50\text{cfu}/\text{m}^3$  を超えていた。それは、室内真菌濃度が外気濃度より低く、菌叢も似ていることから外気の影響を受けたものと考えられる。また、冬期より夏期の室内と外気濃度が有意に高かった。

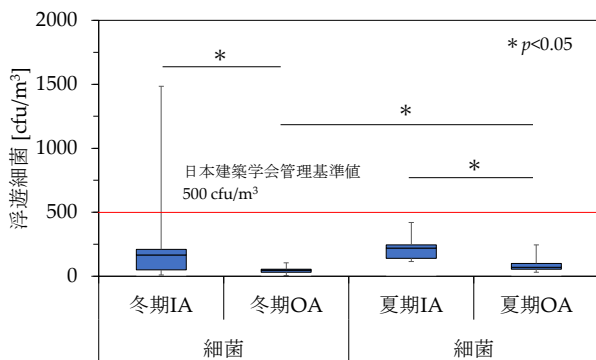


図 12 浮遊細菌濃度の四等分値

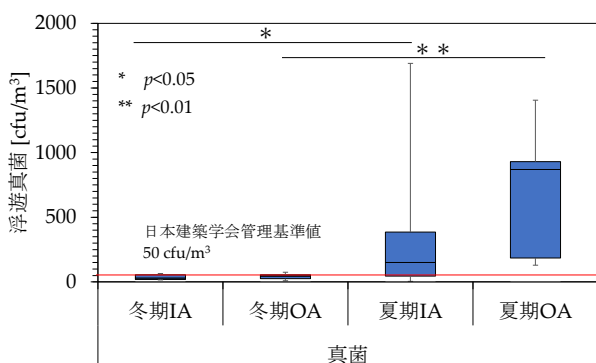


図 13 浮遊真菌濃度の四等分値

#### D. 考察

温度については、各ビルの75%のタイル値が建築物衛生法の管理基準値を満たしており、総じて良好であった。一方、冬期の朝立ち上げ時の低い温度がみられた(Gビル5階)。夏期測定結果では、EビルとGビルの一部時間帯(それぞれ11%と3%)が建築物衛生法管理基準値の上限値28℃を超えていた。Eビルは午後の時間帯でしばしば28~29℃の温度が測定された。Gビルは午後の一部時間帯が28℃を少し超えていた(28.1~28.4℃)。

相対湿度については、冬期に9対象室のうち8室の75%タイル値が40%を下回っており、冬期の低湿度問題が再確認された。

CO<sub>2</sub>濃度については、冬期のFビル4階を除いた他の対象室の中央値が全て建築物衛生法管理基準値の1000 ppmを満たしている。Fビルは機械換気を止めていた。個別空調方式の空調は換気と

連動していないため、換気運転の必要性に関する啓発が重要であることが示唆された。

室内の粒径別浮遊粒子濃度に室内の発生源、フィルタの捕集性能、外気濃度が影響を及ぼす。このことは今回の測定結果からも説明できる。室内の発生源においては、たばこ煙の影響を受けるEビルの<1μm浮遊粒子濃度とI/O比が高い値を示した(夏期)。フィルタの捕集性能において、東京の3ビル(A、B、C)では、昨年冬期と同様に個別換気方式のBビルは最も高い値を示した。外気の影響において、秋田にある道路を挟む向かい側の2ビル(F、G)では、窓開け換気のGビルがFビルより高い値を示した(夏期)。冬期のGビル5階の<1μmの浮遊粒子濃度が異常に高かった。<1μmと>1μm浮遊粒子濃度のI/O比が1より遥かに高いことから、室内に発生源あることが示唆された。

浮遊細菌について、その主な発生源は室内にあることが知られている。前述したCO<sub>2</sub>の測定結果も分かるように、測定対象室の殆どは在室人員密度が低く、また必要な換気量を取り入れているため、室内浮遊細菌濃度は高くなかった。しかし、冬期のGビル5階の浮遊細菌濃度は1485cfu/m<sup>3</sup>であった。前述した浮遊微粒子濃度も異常に高く、I/O比も1より遥かに高いことから、加湿器からの微粒子と細菌の発生があったことが考えられる。既往の厚生労働科学研究の調査では、ポータブル加湿器からの細菌の発生がみとめられた<sup>1)</sup>。そのケースでは、室内中央の浮遊細菌濃度が160cfu/m<sup>3</sup>であるのに対し、加湿器付近の浮遊細菌濃度は2305cfu/m<sup>3</sup>であった。また、次世代シーケンサーを用いた菌叢解析の結果、加湿器内と加湿器付近の空中から*Flavobacterium*属、*Methylobacterium*属、*Mycoplasma*属の細菌が検出されている。

真菌については、その主な発生源は外気であるため、AIJの維持管理基準値50cfu/m<sup>3</sup>より高い濃度示したビルは多かったが、Bビルを除いた他のビルは外気による影響であり、さほど問題ではない。一方、夏期のBビルにおいては室内から異常

に高濃度の耐乾性のアオカビが検出された。クリーニングなどによる室内カビの対策が必要である。

## E. 結論

本研究では、7ビル9室における冬期と夏期の室内温湿度、CO<sub>2</sub>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、EビルとGビルのごく一部時間帯を除けば、建築物衛生法管理基準上限値を満たしている。
- ② 相対湿度について、夏期は総じて良好であったが、冬期は6室全てが40%を下回っており、冬期の低湿度問題が再確認された。
- ③ CO<sub>2</sub>濃度については、総じて良好であったが、冬期のGビル5階は機械換気が行われなかったため、中央値が1200ppm、最大値1600ppmであった。個別方式空調は換気と連動していないため、換気運転を行うように啓発することが必要である。
- ④ 室内粒径別浮遊粒子濃度は室内の発生源、フィルタの捕集性能、外気濃度の影響を受ける。室内に発生源がある場合、フィルタの捕集性能が低い場合、窓開けによる自然換気を行う場合は室内浮遊微粒子濃度が有意に高い。殆どのビルは冬期より夏期の室内浮遊微粒子濃度が有意に高かった ( $p<0.001$ )。一方、冬期の1対象室(Gビル5階)ではあるが、室内浮遊微粒子濃度が異常に高くなっており、浮遊細菌の結果と総合して考えると、加湿器からの微粒子と細菌の発生があったことが考えられる。
- ⑤ 上記のGビル5階を除いた他の対象室内の浮遊細菌濃度は日本建築学会の管理基準値 500 cfu/m<sup>3</sup>を満足した。
- ⑥ 室内浮遊真菌濃度は日本建築学会の管理基準値を超えるビルは少なくなかったが、殆ど外気の影響を受けたためである。一方、夏期のBビルの室内から異常な高濃度の *Penicillium* (アオカビ) が検出されたことか

ら、クリーニングなどによる室内カビの対策が必要である。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) 柳 宇：コロナウイルス対策として空調・換気設備ができること、住まいと電気, 第34,, 第8号, 5-8. 2022. ISSN 2187-8412.

### 2. 学会発表

- 1) 柳 宇, 林基哉, 中野淳太, 菊田弘輝, 本間義則, 長谷川兼一：建築物の空調換気設備と環境衛生の実態 その1 空調・換気方式別における空気環境の比較, 公衆衛生学会, 2022.
- 2) 林基哉, 菊田弘輝, 柳 宇, 中野淳太, 鍵直樹, 長谷川兼一, 東賢一, 本間義規, 小林健一, 阪東美智子, 金 勲, 開原典子：建築物の空調換気設備と環境衛生の実態 その2 COVID-19 事例における空調換気の調査, 公衆衛生学会, 2022.
- 3) 開原典子, 柳 宇, 林基哉：建築物における空気調和設備の維持管理に関する調査, 2022年室内環境学会学術大会講演要旨集, 150-151, 2022.

## 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) 志摩輝治, 柳 宇, 鍵直樹, 金 勲, 東賢一, 大澤元毅：オフィスビルにおける室内浮遊微生物濃度の長期測定 その2, 第34回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集, pp.80-83, 2017.



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

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	上席主任研究官
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
研究分担者	中野 淳太	東海大学 工学部建築学科	准教授
研究分担者	長谷川兼一	秋田県立大学システム 科学技術学部	教授
研究分担者	菊田 弘輝	北海道大学 大学院工学研究院	准教授
研究分担者	李 時桓	名古屋大学大学院環境学研究科	准教授
研究協力者	金 勲	国立保健医療科学院 生活環境研究部	上席主任研究官
研究協力者	鍵 直樹	東京工業大学 環境・社会理工学院	教授
研究協力者	東 賢一	近畿大学 医学部	准教授
研究協力者	小林 健一	国立保健医療科学院 医療・福祉サービス研究部	上席主任研究官

研究要旨

建築物衛生法によって管理されない建物も含めて、平時の事務所ビルにおける室内温湿度の再解析を行った。約 60 件の事務所ビルの夏期と冬期の測定結果より、平時の場合、温度は、多くの建物が建築物衛生法の基準に近い状況にあり、個別の空調方式を用いている 2,000～3,000 m<sup>3</sup>の中規模ビルや 2,000 m<sup>3</sup>未満の小規模ビルであっても、調整可能であることが示唆された。一方で、冬期の相対湿度の結果は、気化式の加湿設備や空調の個別方式が増えている今般の平時の事務所ビルの低湿度環境の傾向を示しており、既往の研究と同様に、運用に課題があるといえる。本研究班では、COVID-19 の発生から終息までの感染症対策の変化を踏まえて、平時だけでなく、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整理を行ってきたが、空調設備の動向とともに維持管理のあり方についても、継続的に情報を更新していくことが必要であるといえる。

A. 研究目的

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

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

A1. 事務所建築の室内温湿度<sup>1)</sup>

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<sup>2)</sup> から、建築物衛生法によって管理されない建物において、温度は夏期および冬期ともに概ね基準に近い状況で良好に管理されていること、相対湿度は冬期に基準を下回り

その管理と運用に課題があることを示している。調査物件を約 20 件追加し、室内温湿度の特性の分析に資するデータを整備することを目的としている。

## B. 研究方法

### B1. 事務所建築の室内温湿度<sup>1)</sup>

建物の室内の温度、相対湿度、CO<sub>2</sub> (T&D 社、CO<sub>2</sub> Recorder Tr-76Ui を使用) について、5 分間隔で 2 週間の測定を夏期と冬期に行った (本報告では温度及び湿度について報告する)。測定機器は、設置に関する注意事項をあらかじめ教示した上で、机や棚の上に任意で設置し、建物につき 1 台とした。結果の分析には、得られた測定データを空調設備が稼働していると思われる日の 9 時～17 時までを 5 日分用いた。建物の概要については、建築物の管理者または事務所の責任者に対して、主たる用途、延べ床面積、階数、竣工年、所在地、使用形態、周辺環境、設備等を質問紙調査により回答を得ている。測定は、2019 年 8 月から 9 月と 2020 年 1 月から 2 月に行われたものであり、その結果を再分析している。

## C. 研究結果

### C1. 事務所建築の室内温湿度<sup>1)</sup>

#### (1) 分析対象建物

調査建物は、表 1 に示す 23 件 (建物 1 と建物 2 は同一のため) であった。本報告では、事務所ビルのみ 18 件を分析対象とする。建物 2、5、7、13、22、23 は、図に結果を示すものの、本報の分析対象から除く。なお、夏期について建物 12、15、18、24、冬期について建物 5 と 16 が欠測であった。調査建物の所在地は、北海道、福島県、埼玉県、東京都など、14 都道府県であった。これらの建物の多くは、省エネルギー基準の地域区分の 6 地域に属する。調査建物には、建築物衛生法によって管理されない 2,000 m<sup>2</sup>以上 3,000 m<sup>2</sup>未満の中規模建築物 (4 件) と 2,000 m<sup>2</sup>未満の小規模建築物 (9 件) を含んでいる (特定建築物は、建物 4、11、15、17、21～23 である。うち、分析対象は 5 件)。これらの建物の空調のほとんどは、個別方式であった。竣工年について、無回答

もあるものの 1960 年代から 2010 年代までを含んでおり、1990 年代のものが約 3 割、次いで 1980 年代、2000 年代、2010 年代のものがそれぞれ約 1 割であった。使用形態としては、自社使用約 6 割、テナントビル約 4 割であった。

#### (2) 室内温湿度の概況

図 1 に、空調が稼働していると思われる日の 9 時から 17 時までの 5 日間の温湿度の平均値を建物ごとに、既報<sup>2)</sup> の測定結果と合わせて示す。図中の凡例は、四角印が夏期、丸印が冬期を示し、それぞれ塗りつぶしのないものが既報<sup>2)</sup> のデータを示している。絶対湿度は、測定値をもとに Goff-Gratch の式より算出している。図より、本報告の対象物件の 9 時から 17 時までの 5 日間の平均値は、既報<sup>2)</sup> と同様に、温度について夏期および冬期ともに概ね基準に近い状況で良好に管理されているものの、相対湿度について冬期に基準を下回るという傾向を示している。

#### (3) 夏期の室内温湿度

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



空気環境基準<sup>3)</sup>に近い状況で管理されている(表2)。このように、夏期については、温湿度ともに建築物衛生法の基準の範囲に近い状況で管理されていることがわかる。

#### (4) 冬期の室内温湿度

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

## D. 考察

### D1. 事務所建築の室内温湿度

事務所ビル約60件の夏期と冬期の測定結果より、平時の場合、温度は、多くの建物が建築物衛生法の基準に近い状況にあり、個別の空調方式を用いている2,000~3,000㎡の中規模ビルや2,000㎡未満の小規模ビルであっても、調整可能であると考えられている。一方で、冬期の相対湿度の平時の結果は、気化式の加湿設備や空調の個

別方式が増えている今般の平時の事務所ビルの低湿度環境の傾向を示しているといつてよいだろう。平時以外の感染症等対策が必要になる場合に備え、個別空調を含めた空気調和衛生設備等の運用管理手法を整備しておく必要がある。

## E. 結論

### D1. 事務所建築の室内温湿度

建築物衛生法によって管理されない建物も含めて、平時の事務所ビルにおける室内温湿度の調査を行い、平時(COVID-19等感染症対策が行われる前)の事務所ビルの実態を捉えるデータを再解析した。調査結果から、平時の場合、温度は、多くの建物が建築物衛生法の基準に近い状況にあり、個別の空調方式を用いている2,000~3,000㎡の中規模ビルや2,000㎡未満の小規模ビルであっても、調整可能であることが示唆されるとともに、相対湿度は、これまでに得られている傾向と同様に、特に冬期に低湿度となり、運用に課題があることが示された。本研究班の中では、COVID-19の発生から終息までの感染症対策の変化を踏まえて、平時だけでなく、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整理を行ってきたが、空調設備の動向とともに維持管理のあり方についても、継続的に情報を更新していくことが必要であるといえる。

#### <注釈>

注1) これまでに協力の研究とは、厚生労働科学研究「建築物衛生管理基準の検証に関する研究(研究代表者:林 基哉)」及び「中規模建築物における衛生管理の実態と特定建築物の適用に関する研究(研究代表者:小林 健一)」において、建築物利用者の健康状態や職場環境等の基本情報を得ることを目的として行ったフェーズ1からフェーズ3までの調査を示す。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

なし

### 2. 学会発表

- 1) 開原 典子, 金 勲, 小林 健一, 林 基哉, 柳 宇, 鍵 直樹, 東 賢一, 長谷川 兼一, 中野 淳太, 李 時桓. 事務所建築の室内空気環境管理に関する調査 その7 夏期及び冬期の室内温湿度の実態. 令和2年度空気調和・衛生工学会大会(オンライン); 2020年9月. 令和元年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集.

- 3) 厚生労働省“建築物における衛生的環境の確保に関する法律(昭和45年法律第20号)”, 2015.3.20

## G. 知的財産権の出願・登録状況(予定を含む)

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

なし

## <参考文献>

- 1) 開原 典子, 金 勲, 小林 健一, 林 基哉, 柳 宇, 鍵 直樹, 東 賢一, 長谷川 兼一, 中野 淳太, 李 時桓. 事務所建築の室内空気環境管理に関する調査 その7 夏期及び冬期の室内温湿度の実態. 令和2年度空気調和・衛生工学会大会(オンライン); 2020年9月. 令和元年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集.
- 2) 開原 典子, 金 勲, 林 基哉, 小林 健一, 柳 宇, 鍵 直樹, 東 賢一, 長谷川 兼一, 中野 淳太, 李 時桓. 事務所建築の室内空気環境管理に関する調査 その2 室内温湿度の実態. 令和元年度空気調和・衛生工学会大会; 2019年10月; 札幌. 令和元年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集.

表 1 建物概要

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

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

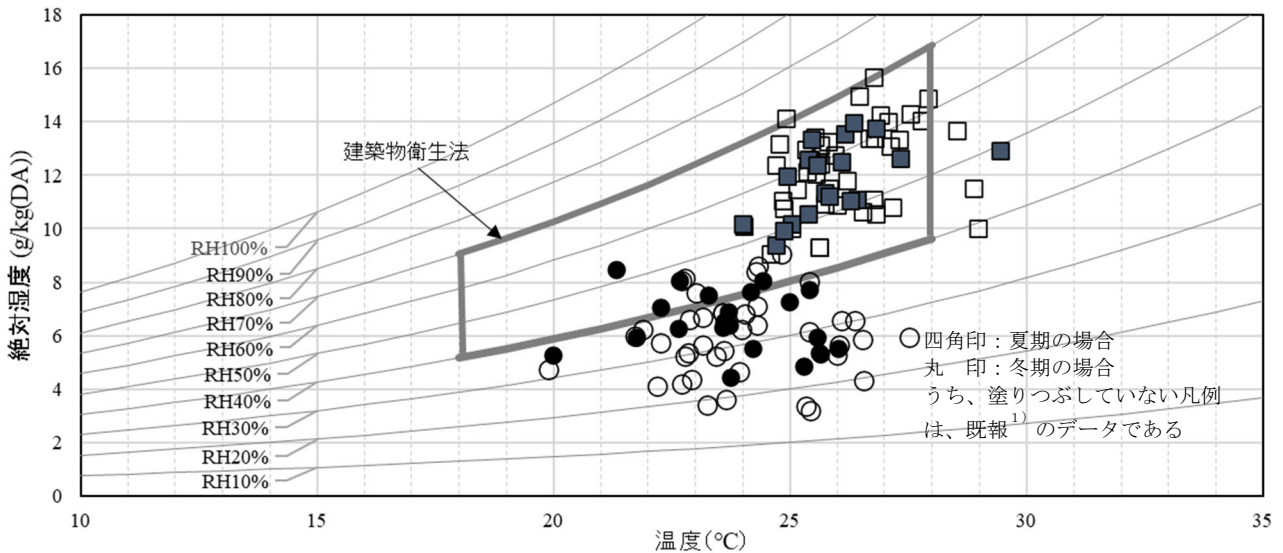


図 1 室内温湿度の概況(9時から17時まで, 5日間の平均値)

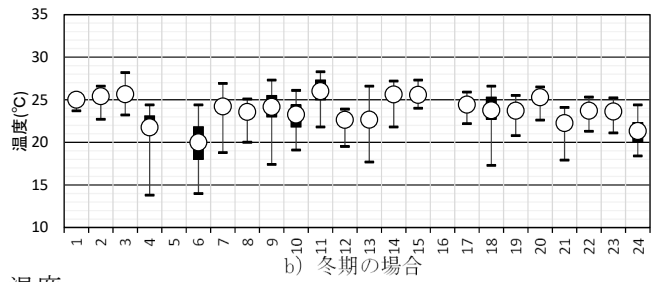
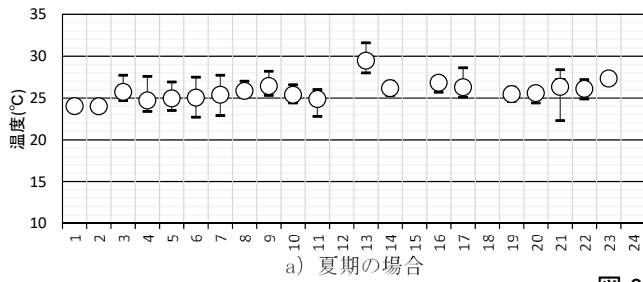


図2 温度

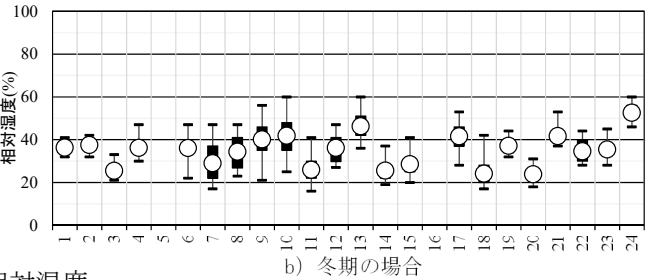
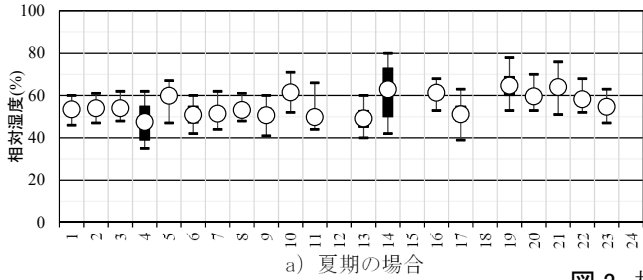


図3 相対湿度

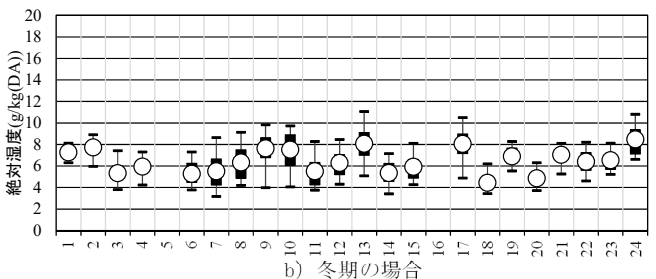
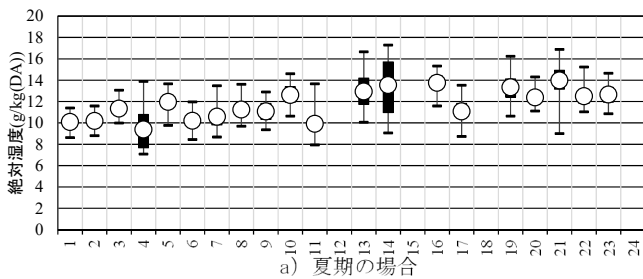


図4 絶対湿度

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

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

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

建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究  
基準不適合率上昇に関する分析

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

COVID-19 パンデミックに際し、政府機関によって換気の必要性が啓発された。夏期の熱中症、冬期の寒さ対策を踏まえた換気対策を示すなど、WHO 等の国外の情報、国内のクラスター調査の知見を踏まえ、日本独自の対策が発信された。また、感染抑制に必要な換気量、空気の流れに関する定量的な知見が非常に少ないと共に、変異株の流行の影響に関する定量的な推定も困難である中、国立感染症研究所はエアロゾル感染に関する整理を行い、政府の新型コロナウイルス感染症対策分科会は、エアロゾル感染対策として、空気の流れを考慮した効率的な換気方法を示した。これらの対応は、今後の新興再興感染症への対策に影響し、パンデミック時の空調換気運転のあり方、建築設備の設計と維持管理に関する課題を提起した。しかし、COVID-19 のパンデミックに伴って、二酸化炭素濃度の不適率が急激に低下し、温度の不適率が上昇した。行政報告例の空気環境不適率は、COVID-19 パンデミックに伴って、推奨された換気対策による換気量の増加、行動制限に伴う在室者数の減少によって、室内二酸化炭素濃度が低下したと考えられる。また、同様の理由で温度の不適率が増加したと考えられる。

行政報告例の空気環境不適率は、相対湿度、温度、二酸化炭素濃度の不適率は、2019 年まで、基本的な上昇傾向が継続している。2000 年以降、個別空調方式の比率が高まるのが、相対湿度、温度、二酸化炭素濃度の不適率上昇の要因になった可能性がある。個別空調方式では、室毎の制御が行われるために、建物全体の空気環境制御が十分に行われなため、室間差や時間変化が発生する可能性が高い。このために、定期的測定や立入検査において、基準を満たさない結果が増えると考えられる。このような機序によって、報告聴取の増加、省エネルギーの影響、外部環境の変化に加えて、個別空調の普及によって、温度、相対湿度、二酸化炭素濃度の不適率が上昇したと考えられる。

A. 研究目的

1960 年代の建築物の大型化や高層化に伴って、建築物の衛生環境の悪化に伴う健康影響が指摘された<sup>1)</sup>。1970 年に「建築物における衛生環境の確保に関する法律（建築物衛生法）」が制定され、空調、給水等について建築物環境衛生管理基準が定められた<sup>2)</sup>。建築物衛生法では、興行所、百貨店、集会場、図書館、博物館、美術館、遊技場、店舗、事務所、学校、旅館の特定用途に使用される建築

物を「特定建築物」とし、自治体の立入検査等の監視指導対象としている。制定後の建築物の省エネルギー化、シックハウス問題等の建築物に係る状況の変化に対応するため、2002 年に政省令改正が行われ特定建築物の対象、空調・換気設備の対象、空気環境の管理項目の追加などの見直しが行われた<sup>2)</sup>。

自治体による立入検査等の結果は、行政報告例としてまとめられている。行政報告例における建

建築物環境衛生管理基準に対する不適率は、給水関係については低下又は安定しているのに対し、空気環境項目の温度、湿度、二酸化炭素濃度は1999年以降持続的に上昇している。給水関係に関する監視指導に比べ、空気環境に関する監視指導については十分な効果が得られていないことが指摘される。空気環境の維持は、シックビル症候群等の建築物に起因する健康影響を防除するための基本であるため、不適率上昇の原因を明らかにし、有効な改善策を示すことが求められている。

これまでに、東、池田らは、行政報告例を分析し、学校と事務所の不適率が高いことを示し、個別空調の普及、省エネルギー意識の高まり、学校における換気頻度の減少等を要因として挙げた<sup>3)</sup>。また、中川らは外気の二酸化炭素濃度上昇を東京都における不適率上昇の要因とした<sup>4)</sup>。また、立入検査に代わって、ビルメンテナンス業による法定検査データを利用する報告徴取が増加していることによって、不適率判断の状況が変化していることが指摘されている<sup>5)</sup>。

省エネルギー等の建築物を取巻く状況の変化の中、建築物の衛生環境を維持するには、建築設備技術、衛生管理、監視指導、制度など、総合的な検討が常に必要であるが、その基礎として行政報告例の特性を把握した上で不適率上昇の機序を明らかにすることが急務となっている。さらに、COVID-19 パンデミックによって、感染抑制のための換気対策などによる室内空気環境の変化が発生していると考えられている。

## B. 研究方法

### B1. COVID-19 パンデミックに伴う室内空気環境対策

COVID-19 パンデミックにともなう我国の室内環境対策に関する通知や知見を整理した。

### B2. 行政報告例の空気環境不適率推移と関連要因

空気環境不適率の上昇要因を明らかにすることを目的に、2021年度までの行政報告例における不

適率の推移を整理し、不適率上昇の関連要因に関する考察を行った。

## C. 研究結果

### C1. 浮遊飛沫感染対策に関するエビデンス整理

2020年1月から、日本における新型コロナウイルス感染症(COVID-19)のクラスター感染が発生し始め、3年以上にわたって感染拡大の波が繰り返されている。感染拡大当初は、新型コロナウイルスの感染経路は、インフルエンザの場合と同様に、接触感染と飛沫感染であると想定し、*通常生活での感染リスクは高くない*としていた。しかし、*初期のクラスター感染の状況から浮遊する飛沫による感染の可能性を検討し、2020年3月には換気が悪い密閉空間をクラスター感染の要因として挙げ、換気の確保を求めた*<sup>6),7),8)</sup>。上記の換気対策の基礎となった調査等について、以下に概要を示す。

#### C1.1. 商業施設等における「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気について(2020年3月30日)<sup>6)</sup>

新型コロナウイルス感染症対策専門家会議の「新型コロナウイルス感染症対策の見解」(2020年3月9日及び3月19日公表)、集団感染が確認された場所で共通する3条件が示されている。

新型コロナウイルス厚生労働省対策本部では、この見解を踏まえ、リスク要因の一つである「換気の悪い密閉空間」を改善するため、多数の人が利用する商業施設等において推奨される換気方法をまとめた。

(ア) 機械換気については、建築物衛生法に基づく必要換気量(一人あたり毎時30m<sup>3</sup>)が確保できていることを確認すること。必要換気量が足りない場合は、一部屋あたりの在室人数を減らすことで、一人あたりの必要換気量を確保すること。

(イ) 窓開け換気については、換気回数を毎時2回以上(30分に一回以上、数分間程度、窓を全開する。)とすること。空気の流れを作るため、

複数の窓がある場合は二方向の壁の窓を開放すること。窓が一つしかない場合はドアを開けること。

### **C1.2. 厚生労働省新型コロナウイルス感染症対策アドバイザーボード（2020年7月30日）**

新型コロナウイルス感染症は、「飛沫感染」及び「接触感染」が主たる感染経路と考えられてきたが、わが国においては、2月に基本方針を策定した頃から、いわゆる「3密」の条件における「飛沫感染」や「接触感染」では説明できない感染経路を指摘し、対策に取り組んできた。「3密」と「大声」に関連する感染経路として、最近になっていわゆる「マイクロ飛沫感染」が世界的にも重要と認識されている。様々な状況証拠から「3密」と「大声」の環境においては、「飛沫感染」や「接触感染」に加えて、「マイクロ飛沫感染」が起りやすいものと考えられている。一方で、屋外を歩いたり、感染対策がとられている店舗での買い物や食事、十分に換気された電車での通勤・通学で、「マイクロ飛沫感染」が起きる可能性は限定的と考えられる。

### **C1.3. 新型コロナウイルス感染症予防のための夏期における室内環境対策-建築衛生分野の研究者からの報告（2020年5月20日）<sup>10)</sup>**

新型コロナウイルスに関連した最新のエビデンスの収集・整理に基づいて、夏期冷房時の換気対策についてまとめた。現時点でのエビデンスからは、換気量等の具体的な基準値を示すことが難しいため、状況に応じて推奨される空調・換気の対策を示している。今回の取りまとめ内容以外に留意すべきことも含めて、以下のような推奨と注意喚起が必要であると考えている。

#### **【すべての室内空間について】**

- i. 新型コロナウイルスの感染防止のためには、換気の確保が必要である。
- ii. 窓等の開放は換気に有効であり、より大きくより長く開放することが望まれる。
- iii. 夏期には、熱中症対策など健康維持のために冷房が必要である。（冬期には、ヒートショ

ック対策など健康維持のために暖房が必要である。）

- iv. 一般のエアコンでは換気が行えないため、機械換気及び窓等の開放が必要である。
- v. 窓等の開放時には、虫や鼠などの衛生動物に対する対策が必要である。

#### **【空調・換気設備を有する場合】**

- vi. 設備の維持点検によって、設計換気量が得られることを確認する。
- vii. 1人当たりの換気量を確保するために、在室人数を制御する。また、在室時間を短くする。
- viii. 空調・換気設備の調整による換気効果の向上、空気清浄器の利用、冬期の加湿器の利用などの対策については、建物用途、空調・換気設備、使用状況に応じた検討が必要である。

### **C1.4. 冬場における「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気について（2020年11月27日）**

**11)**

厚生労働省新型コロナウイルス感染症対策推進本部では、外気温が低い環境下において、新型コロナウイルス感染症のリスク要因の一つである「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気と、室温の低下による健康影響の防止をどのように両立するかについて、推奨される方法をまとめた。

- ① 機械換気について、機械換気設備が設置された商業施設等は、機械換気設備等の外気取り入れ量等を調整することで、必要換気量（一人あたり毎時 30m<sup>3</sup>）を確保しつつ、居室の温度及び相対湿度を 18℃以上かつ 40%以上に維持する。機械換気設備が設置されていない商業施設等、または、機械換気設備等が設けられていても換気量が十分でない商業施設等は、暖房器具を使用しながら窓を開けて、居室の室温 18℃以上かつ相対湿度 40%以上を維持しつつ、適切に換気を行う必要がある。
- ② 窓開け換気について、居室の温度及び相対湿度を 18℃以上かつ 40%以上に維持できる範囲内で、暖房器具を使用しながら、一方向の窓を常

時開けて、連続的に換気を行うこと。また、加湿器を併用することも有効である。

- ③ 居室の温度及び相対湿度を 18℃以上かつ 40% 以上に維持しようとする、窓を十分に開けられない場合は、窓からの換気と併せて、可搬式の空気清浄機を併用することは換気不足を補うために有効であること。空気清浄機は、HEPA フィルタによるろ過式で、かつ、風量が 5m<sup>3</sup>/min 程度以上のものを使用すること。人の居場所から 10 m<sup>2</sup>程度の範囲内に空気清浄機を設置し、空気のおどみを発生させないように外気を取り入れる風向きと空気清浄機の風向きを一致させること。
- ④ 換気の確認については、換気が必要換気量を満たしているかを確認する方法として、室内の二酸化炭素濃度を測定し、その値が 1000ppm を超えないことを監視することも有効である。ただし、窓開け換気に加えて空気清浄機を併用する場合、二酸化炭素濃度測定は空気清浄機の効果を評価することができず、適切な評価方法とはならない。

#### C1.5. 新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) の感染経路について 国立感染症研究所(掲載日:2022年3月28日)<sup>12)</sup>

SARS-CoV-2 は、感染者の鼻や口から放出される感染性ウイルスを含む粒子に、感受性者が曝露されることで感染する。その経路は主に3つあり、①空中に浮遊するウイルスを含むエアロゾルを吸い込むこと(エアロゾル感染)、②ウイルスを含む飛沫が口、鼻、目などの露出した粘膜に付着すること(飛沫感染)、③ウイルスを含む飛沫を直接接触したか、ウイルスが付着したものの表面を触った手指で露出した粘膜を触ること(接触感染)、である<sup>7),8)</sup>。また、感染者との距離が近いほど(概ね1-2メートル以内)感染する可能性が高く、距離が遠いほど(概ね1-2メートル以上)感染する可能性は低くなる<sup>8),9)</sup>。特に換気が悪い環境や密集した室内では、感染者から放出された感染性ウイルス

を含む粒子が空中に漂う時間が長く、また距離も長くなる。こうした環境に感染者が一定時間滞在することで、感染者との距離が遠いにもかかわらず感染が発生した事例が国内外で報告されている<sup>13)-18)</sup>。

#### C1.6. 緊急提言(20220714)における換気対策<sup>19)</sup>

##### C1.6.1. 2つのエアロゾル感染への対策

これまでの換気対策では、換気によって空気中のエアロゾルを排出するために、換気量を確保することが求められたが、この提言では、以下に示すエアロゾル感染の特性を考慮して効率的な換気の実施を求めている。

感染者から放出されるウイルスを含むエアロゾルは、1μm以下の微小なものから100μmを超えるものまで含まれている。大きなエアロゾルは、重力によって落下するが、落下しないエアロゾルは空気中に浮遊する。空気中で水分が蒸発して秒単位の速さで縮小してより浮遊しやすくなる。エアロゾルは咳やくしゃみなどの放出速度が速い場合は前方に飛ぶが、小声での会話やマスク着用時など放出速度が低い場合は、室内気流に乗って運ばれる。特に気流が弱い室内では人体発熱による上昇気流に乗る。しかし、多くの場合は空調や換気等によって気流があるため、その気流に乗って移動する。

このため、感染者の風下では、小さい粒径ばかりではなく大きな粒径のエアロゾルも伝搬する。それに対して、距離が大きい場所では大きな粒径は落下し、小さなエアロゾルは拡散によって薄められる。しかし、換気が悪い場合には、拡散したエアロゾルが空間内で蓄積され、距離にかかわらずエアロゾル濃度が高くなる。このようなエアロゾルの挙動を考慮して、A 大きなエアロゾルが伝搬する風下での感染と B 換気の悪い空間でのエアロゾルの拡散充満による感染の双方に対処する必要がある。



### C1.6.2. エアロゾル感染対策のための効果的な換気方法

エアロゾル感染対策のための効果的な換気方法として、上記の A の対策として空気の流れに配慮すること、上記の B の対策として換気量の確保が必要である。室内でエアロゾル発生が多いエリアから排気し、その反対側から外気を取り入れることで、風下での感染リスクを抑えると同時に、室内のエアロゾル濃度を効率的に抑制することが出来る。このような空気の流れを作るために、厨房換気扇や扇風機を用いて排気し、反対側の窓やドアを利用する。このような空気の流れが作れない場合には、空気清浄機でエアロゾルを捕集する必要がある。

従来指摘されている通り、夏期や冬期には外気の流入による室内環境の悪化に注意する必要がある。室内温湿度、CO<sub>2</sub> 濃度をモニターして、暖冷房、換気を調整することが必要である。

### C1.6.3. 空気の流れを阻害しない飛沫防止対策

飛沫感染防止のために、特にマスクが使用できない場合には飛沫防止境界（パーティションやカーテン等）が必要である。しかし、高いパーティションや天井からのカーテンなどによって、空気の淀みが発生してエアロゾルの濃度が高くなる。空気の淀みが生じないように、パーティションの高さを低くし、空気の流れに沿う方向に設置する必要がある。

### C1.6.4. 施設の特性に応じた留意点

高齢者施設、学校、保育所等の特性に応じた留意点の中で、高齢者施設については空気の流れに関する留意点が以下のように示された。

- ① 望ましい空気の流れは、“エアロゾルを発生させる人⇒ファン(サーキュレータ・扇風機)⇒排気口(換気扇(排気)・窓+ファン)”。ファンはエアロゾルを発生させる人の風下側に設置し、その間には立ち入らないこと。(介護の場合は、介護者(マスク着用)⇒被介護者⇒扇風機⇒排気口[排気扇や窓])

- ② マスクを着用していない有症状者に対し、食事、入浴、口腔介助のように飛沫が飛散する介護を行う場合、フェイスシールドとマスクの二重使用による飛沫対策を行うとともに、大量に発生するエアロゾルに対応できるよう、局所的な換気対策を実施。

- ③ 空気がスムーズに流れるように、ファンの強さや位置を調整。(空気が流れる方向を、スモークテスター、線香、ティッシュや糸などを利用して確認。)

- ④ 二酸化炭素濃度測定器を設置することにより、更衣室、脱衣所、職員休憩室の換気状況を常に確認するとともに、必要に応じて同時に利用する人数を制限。

## C2. 行政報告例の空気環境不適率推移と関連要因

### C2.1. 空気環境不適率の上昇要因に関する分析(20,21)

図 1 に、行政報告例における特定建築物の届出件数、調査数(報告徴取数と立入検査数の合計)の推移を示す。特定建築物数は、全国すべての自治体で増加している。一方、調査数には増加傾向が見られず、調査の頻度は低下している。

図 2 は、給水(注 1)と雑用水(注 2)の各項目の不適率の最大値、平均、最小値を示す。給水は、2002 年の省令改正後に上昇するが、その後低下した。雑用水は省令改正により規定され、その後低下した。また、「排水設備の清掃の実施」、「大清掃の実施」、「ねずみ等の防除の実施」の不適率は 5~14% の範囲でいずれも低下傾向を示した。これらの項目では不適率が安定又は低下している。

図 3 は、空気環境の不適率を示す。湿度、温度、二酸化炭素濃度は不適率が高く 1999 年度以降に継続的な上昇が見られる。また、温度は 2011 年度から 2014 年度に一時的な上昇が見られる。空気環境の不適率の上昇要因として、1999 年の省エネルギー法改正にともなう換気量、設定温湿度の調整、個別空調の普及、2011 年の東日本大震災後の節電に伴う設定温度の調整の影響の可能性が伺える。

特定建築物の空気環境不適率の上昇要因を明らかにするために、2017年までの行政報告例の不適率の実態把握、不適率上昇要因に関する統計解析、外気濃度上昇、省エネルギー等に伴う換気量減少の不適率への影響に関する分析が行われ、以下の結果を得ている。

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

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

特定建築物の外気二酸化炭素濃度の上昇によって室内濃度が上昇し、二酸化炭素濃度の不適率を高める可能性がある。

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

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

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

2018年以降の不適率の推移には、以下のような変化が見られる。相対湿度、温度、二酸化炭素濃度の不適率は、2019年まで、基本的な上昇傾向が継続している。しかし、COVID-19のパンデミックに伴って、二酸化炭素濃度の不適率が急激に低下し、温度の不適率が上昇した。COVID-19パンデミックに伴って、推奨された換気対策による換気

量の増加、行動制限に伴う在室者数の減少によって、室内二酸化炭素濃度が低下したと考えられる。また、同様の理由で温度の不適率が増加したと考えられる。

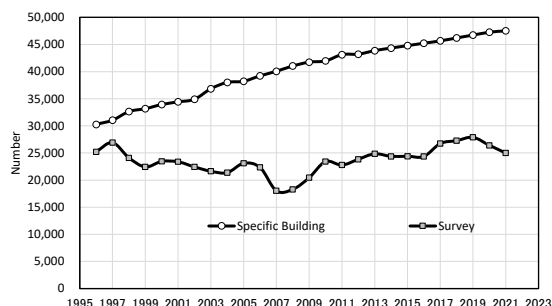


図1 特定建築物数と立入検査数の推移

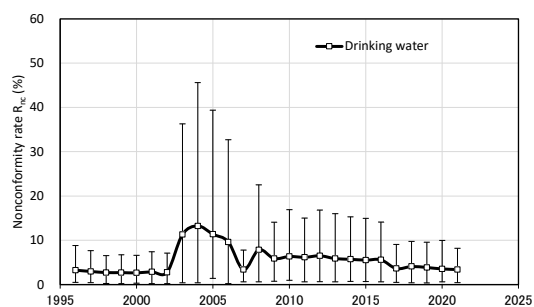


図2 給水に関する不適率の推移(全項目の最大値、平均値、最低値)

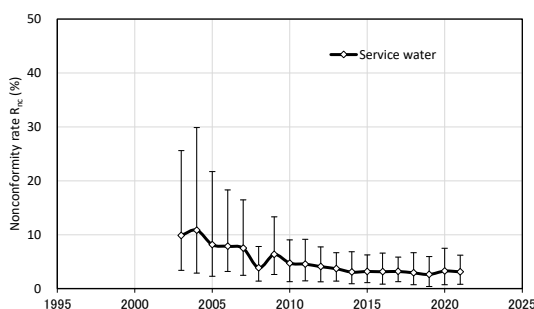


図3 雑用水に関する不適率の推移(全項目の最大値、平均値、最低値)

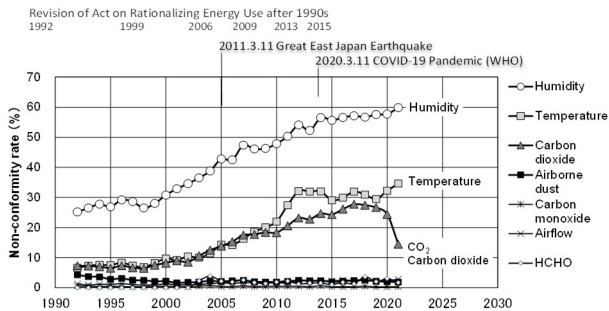


図4 空気環境に関する不適率の推移

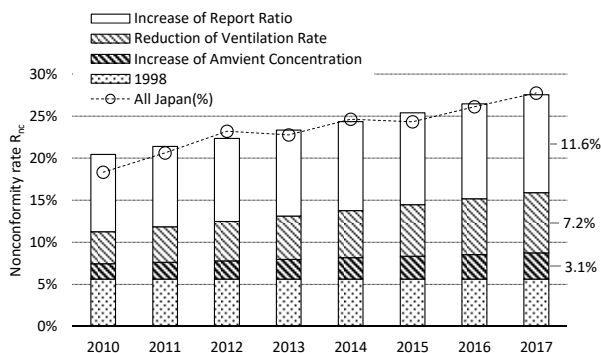


図5 二酸化炭素濃度不適率に関する分析結果

## C2.2. 個別空調の普及と空気環境不適率上昇

1984~2018の竣工設備データベース「ELPAC」を用いた事務所建築の空調設備の動向分析によると、1984~1998年度に竣工した建築物は「中央管理方式」が導入されている割合が高いが、竣工年度が新しくなるにつれてその割合は減少していった。一方、「個別空調方式」「個別空調方式+中央管理方式」を導入している建築物の割合は、竣工年度が新しくなるにつれて増加している。また、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3,000m<sup>2</sup>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。加湿方式については、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。冬期の低湿度環境の要因となっている可能性が考えられる。外気供給方式については、「個別空調方式」で「粗塵のみ」、「中央管理方式」では「中性能（比

色法 50~80%)」、「個別空調方式+中央管理方式」では「粗塵のみ」の割合が高くなっている。

2000年以降、個別空調方式の比率が高まること、相対湿度、温度、二酸化炭素濃度の不適率上昇の要因になった可能性がある。図5に示す二酸化炭素濃度の不適率の分析では、空調方式の変化に関する影響を想定していなかった。個別空調方式では、室毎の制御が行われるために、建物全体の空気環境制御が十分に行われないため、室間差や時間変化が発生する可能性が高い。このために、定期的測定や立入検査において、基準を満たさない結果が増えると考えられる。このような機序によって、報告聴取の増加、省エネルギーの影響、外部環境の変化に加えて、個別空調の普及によって、温度、相対湿度、二酸化炭素濃度の不適率が上昇したと考えられる。

## D. 結論

### D1. COVID-19 パンデミックに伴う室内空気環境対策

COVID-19 パンデミックに際し、政府機関によって換気の必要性が啓発された。夏期の熱中症、冬期の寒さ対策を踏まえた換気対策を示すなど、WHO等の国外の情報、国内のクラスター調査の知見を踏まえ、日本独自の対策が発信された。また、感染抑制に必要な換気量、空気の流れに関する定量的な知見が非常に少ないと共に、変異株の流行の影響に関する定量的な推定も困難である中、国立感染症研究所はエアロゾル感染に関する整理を行い、政府の新型コロナウイルス感染症対策分科会は、エアロゾル感染対策として、空気の流れを考慮した効率的な換気方法を示した。これらの対応は、今後の新興再興感染症への対策に影響し、パンデミック時の空調換気運転のあり方、建築設備の設計と維持管理に関する課題を提起した。

### D2. 行政報告例の空気環境不適率推移と関連要因

2000年以降、個別空調方式の比率が高まること、相対湿度、温度、二酸化炭素濃度の不適率上昇

の要因になった可能性がある。個別空調方式では、室毎の制御が行われるために、建物全体の空気環境制御が十分に行われないため、室間差や時間変化が発生する可能性が高い。このために、定期的測定や立入検査において、基準を満たさない結果が増えると考えられる。このような機序によって、報告聴取の増加、省エネルギーの影響、外部環境の変化に加えて、個別空調の普及が、温度、相対湿度、二酸化炭素濃度の不適率が上昇したと考えられる。

相対湿度、温度、二酸化炭素濃度の不適率は、2019年まで、基本的な上昇傾向が継続している。しかし、COVID-19のパンデミックに伴って、二酸化炭素濃度の不適率が急激に低下し、温度の不適率が上昇した。COVID-19パンデミックに伴って、推奨された換気対策による換気量の増加、行動制限に伴う在室者数の減少によって、室内二酸化炭素濃度が低下したと考えられる。また、同様の理由で温度の不適率が増加したと考えられる。

#### <謝辞>

厚生労働省の新型コロナウイルス感染症対策本部、クラスター対策班、国立感染症研究所、国立保健医療科学院、北海道総合研究機構、自治体・保健所等の新型コロナウイルス感染症対策関係の皆様、日本建築学会、空気調和・衛生工学会、日本臨床環境医学会、建築環境・省エネルギー機構等の新型コロナウイルス感染症対策関係の委員会各位、建築環境衛生管理教育センター等からご助言ご協力をいただきましたことを記して、謝意を表す。

#### <注>

注 1 給水の管理に関する項目：遊離残留塩素の含有率の検査実施、遊離残留塩素の含有率、中央式給湯設備における給湯水の遊離残留塩素含有率の検査実施、中央式給湯設備における給湯水の遊離残留塩素の含有率、水質検査実施、水質基準、中央式給湯設備に

おける給湯水質検査実施、中央式給湯設備における給湯水質基準、貯水槽の清掃、貯湯槽の清掃

注 2 雑用水の管理に関する項目：遊離残留塩素の含有率の査実施、遊離残留塩素の含有率、雑用水の水槽点検、水質検査実施、pH値、臭気、外観、大腸菌群、濁度

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) Motoya Hayashi, U Yanagi, Yoshinori Honma, Yoshihide Yamamoto, Masayuki Ogata, Koki Kikuta, Naoki Kagi, Shin-ichi Tanabe; Ventilation Methods against Indoor Aerosol Infection of COVID-19 in Japan ;Atmosphere 14(1) 150-150, 2023.01.10
- 2) 林基哉, 環境工学からの情報発信-予期せぬ事態に専門家がとるべきスタンスとは(<連載> コロナ備忘録), 日本建築学会建築雑誌, p36-39, 2023.01
- 3) 林基哉, 建築物環境衛生研究者からみた環境過敏症 建築物の換気不良と室内空気環境の実態, 室内環境 25, p33-40, 2022
- 4) 林基哉, 【特集】COVID-19を振り返る 日本政府による新型コロナウイルス感染症のエアロゾル感染対策, 空気清浄 60巻5号, 2023. 01.31
- 5) 赤松大成, 森太郎, 林基哉, 羽山広文, 新型コロナウイルス感染症流行下の寒冷地の学校教室における室内環境と換気代替手法の評価, 日本建築学会環境系論文集 Vol.803 p43-49, 2023.01
- 6) 金勲, 阪東美智子, 小林健一, 下ノ 蘭慧, 鍵直樹, 柳宇, 菊田弘輝, 林基哉, 接待を伴う飲食店における室内環境と感染症対策(その1): 建築設備の概要及びコロナ禍における換気運用と

## 2. 学会発表

- 1) 川崎嵩,菊田弘輝,林基哉,阪東美智子,長谷川兼一,澤地孝男, 新型コロナウイルス感染下における居住リテラシーに関するWEB調査 その2 冬期の調査結果,日本建築学会学術講演梗概集,p901-902,2022.07
- 2) 尾方壮行,山本佳嗣,鍵直樹,林基哉,田辺新一, デスクパーティションが呼吸器エアロゾル粒子への曝露に与える影響,日本建築学会学術講演梗概集,p1331-1332,2022.07
- 3) 金勲,阪東美智子,小林健一,下ノ菌慧,鍵直樹,柳宇,菊田弘輝,林基哉, 接待を伴う飲食店における換気と室内環境 感染症対策に関する実態調査, 日本建築学会学術講演梗概集,p1355-1358,2022.07
- 4) 山本直輝,菊田弘輝,長谷川麻子,林基哉, 新型コロナウイルス感染症のクラスター感染が発生したコールセンターの空気環境, 日本建築学会学術講演梗概集,p1547-1548,2022.07
- 5) 赤松大成,森太郎,五宮光,林基哉,羽山広文, 換気方式の異なる室内空間における換気効率の比較, 日本建築学会学術講演梗概集,p2093-2094,2022.07

## 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) 古谷章介：ビル管理法(1971),pp.15-19,帝国地方行政学会
- 2) 厚生労働省“建築物における衛生的環境の確保に関する法律(昭和 45 年法律第 20 号)”，2015.3.20
- 3) 東賢一，池田耕一，大澤元毅，鍵直樹，柳宇，齊藤秀樹，鎌倉良太. 建築物における衛生環境とその維持管理の実態に関する調査解析. 空気調和・衛生工学会 論文集 37 巻 (2012) 179 号,pp.19-26
- 4) 中川晋也 他、特定建築物における二酸化炭素濃度不適率上昇の原因と対策、東京都健康安全研究センター研究年報 第 62 号,247-251,2011
- 5) 林基哉，開原典子. 建築物衛生管理の監視手法のあり方の提案. 厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合研究事業「建築物環境衛生管理に係る行政監視等に関する研究」，平成 28 年度報告書；pp.53-67, 2017
- 6) 厚生労働省：“商業施設の管理権限者へ向けて「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気の方法”，(2020.04.03)
- 7) 厚生労働省：“熱中症予防に留意した『換気の悪い密閉空間』を改善するための換気について”，(2020.06.17)
- 8) 厚生労働省：“冬場における『換気の悪い密閉空間』を改善するための換気の方法”(2020.11.27)
- 9) 厚生労働省：参考資料 商業施設等における「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気について (2020 年 3 月 30 日)
- 10) Hayashi M, et al. Measures against COVID-19 concerning Summer Indoor Environment in Japan, JAR vol.3 no.4 423-434,2020.10
- 11) 厚生労働省：参考資料 冬場における「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気について (2020 年 11 月 27 日)
- 12) 国立感染症研究所：新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) の感染経路について (2022 年 3 月 28 日)
- 13) World Health Organization (WHO), “Coronavirus disease (COVID-19): How is it transmitted?” (2021); [who.int/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted](https://www.who.int/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted).
- 14) S. Centers for Disease Control and Prevention (CDC), “Scientific brief: SARS-CoV-2 transmission” (2021); [www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/science/science-briefs/sars-cov-2-transmission.html](https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/science/science-briefs/sars-cov-2-transmission.html).
- 15) Jang S, et al. Cluster of Coronavirus Disease Associated with Fitness Dance Classes, South Korea. Emerg Infect Dis. Aug 2020;26(8):1917-20.
- 16) Cai J, et al. Indirect Virus Transmission in Cluster of COVID-19 Cases, Wenzhou, China, 2020. Emerg Infect Dis. 2020 Jun;26(6): 1343-5.
- 17) Katelaris AL, et al. Epidemiologic Evidence for Airborne Transmission of SARS-CoV-2 during Church Singing, Australia, 2020. Emerg Infect Dis. 2021 Jun;27(6):1677-80.
- 18) Toyokawa T, et al. Transmission of SARS-CoV-2 during a 2-h domestic flight to Okinawa, Japan, March 2020. Influenza Other Respir Viruses. 2021 Oct 3.
- 19) Motoya Hayashi, U Yanagi, Yoshinori Honma, Yoshihide Yamamoto, Masayuki Ogata, Koki Kikuta, Naoki Kagi, Shin-ichi Tanabe ; Ventilation Methods against Indoor

Aerosol Infection of COVID-19 in Japan;

Atmosphere 14(1) 150-150, 2023.01.10

- 20) 林基哉、金勲、開原典子、小林健一、鍵直樹、柳宇、東賢一、特定建築物における空気環境不適率に関する分析、日本建築学会環境系論文集 No.764 PP.1011-1018 (2019)
- 21) 林基哉、小林健一、金勲、開原典子、柳宇、鍵直樹、東賢一、長谷川兼一、中野淳太、李時桓. 事務所建築の室内空気環境管理に関する調査 その1~3 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 ; 2019.9.18-20 ; 札幌. pp.45-60.





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ついても着目した。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<sup>1)</sup>。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を抽出したデータも示す。

### 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<sup>2)</sup>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 966 件である。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。地域区分で見ると「関東・中部」「近畿以西」の割合が高く、建物種別では貸しビルが多い。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。このうち 6 地域の建物を分析対象とする際には、798 件を抽出した。

表 2 に空調方式の分類を示す。各建築物の空調設備の冷熱源、温熱源の主熱源方式のデータに着目し、厚生労働省が発表している「建築物における維持管理マニュアル<sup>3)</sup>」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」<sup>注)</sup>の 3 種類に分類した。

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 <sup>※)</sup>	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 <sup>※)</sup>	325	3	11	339
1999~2012	261	5	27	293
2013~2018	101	6	4	111
計	687	14	42	743

※) 不明225件

表 2 空調方式の分類

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

C. 研究結果

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。図 2 に示す 6 地域での動向についても同様であり、2013 年度以降に「個別空調方式」を採用する割合が高くなっていることが確認できる。

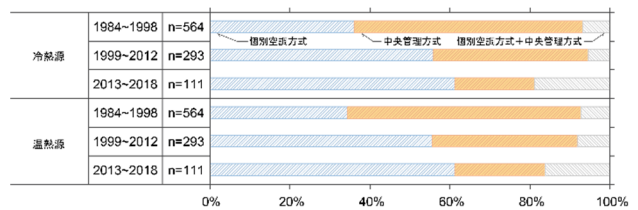


図 1 空調方式の動向

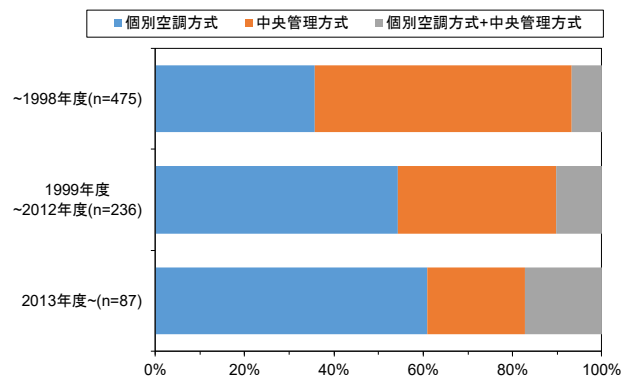


図 2 空調方式の動向(6 地域)

2) 延床面積の動向

図 3 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 18,799m<sup>2</sup>、「個別方式」が 5,482m<sup>2</sup>、「個別空調方式+中央管理方式」が 13,755m<sup>2</sup>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 3,000m<sup>2</sup>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。

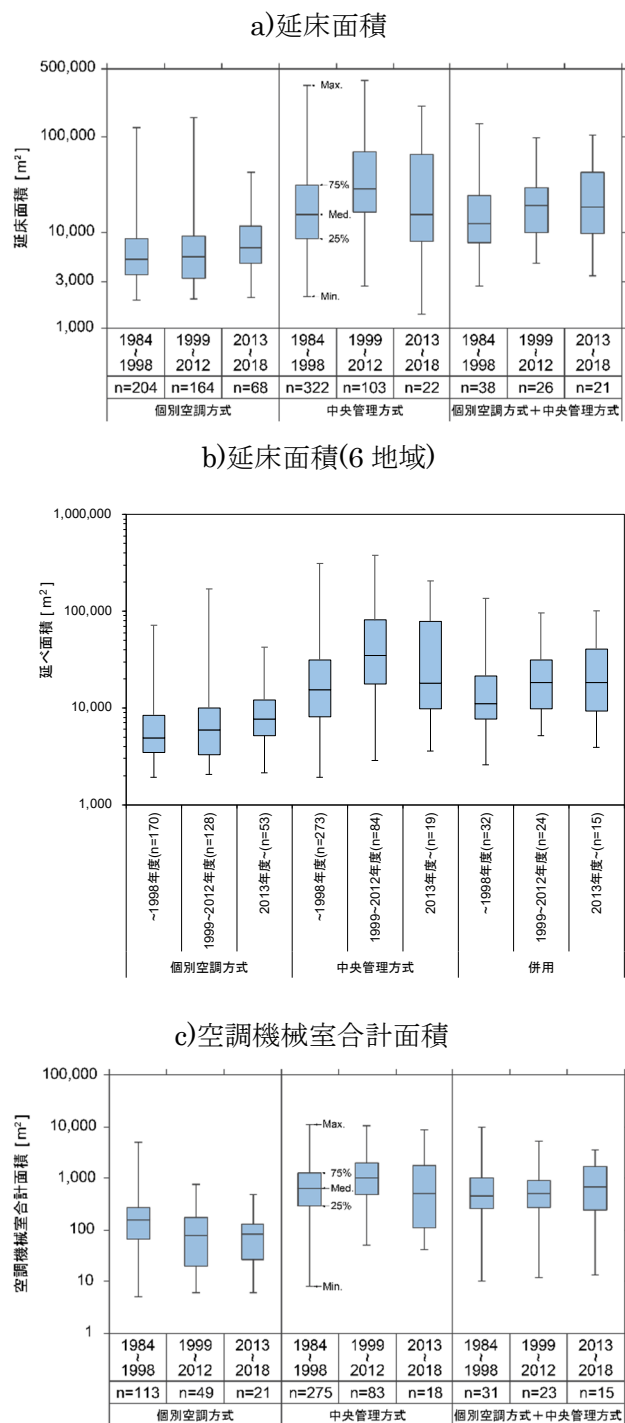


図3 延床面積・空調機械室合計面積の動向

### 3) 加湿方式の動向

図3、図4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1~5割程度を占めている。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。

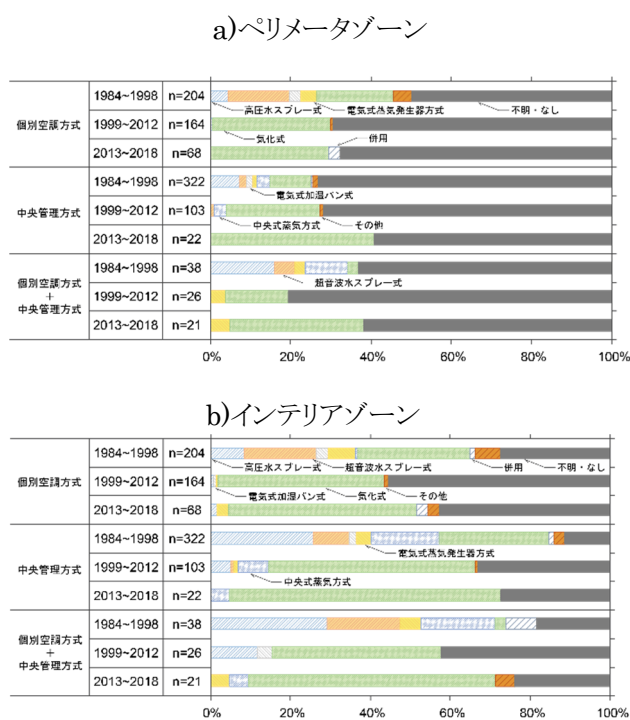
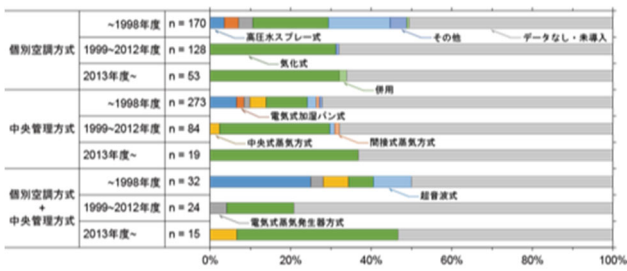


図4 加湿方式の動向

a)ペリメータゾーン



b)インテリアゾーン

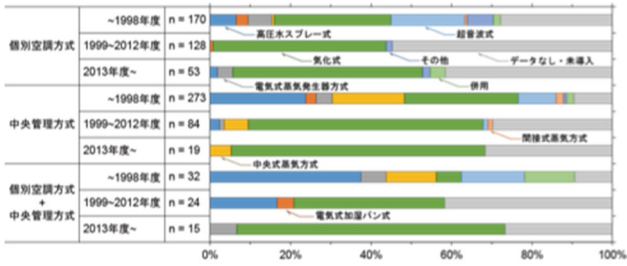


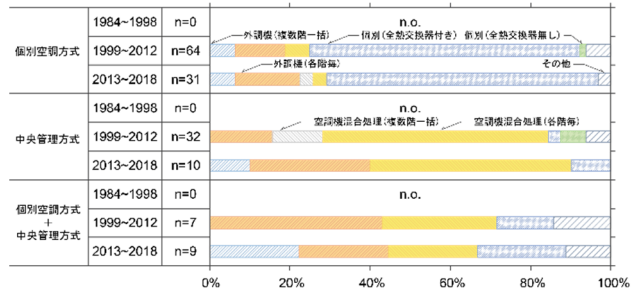
図5 加湿方式の動向(6地域)

4) 外気供給関連の動向

図6にペリメータゾーン・インテリアゾーンそれぞれの外気供給方式、図7に外気処理フィルターの動向を示す。外気供給方式において、「個別空調方式」で「個別(全熱交換器付き)」、「中央管理方式」では「空調機混合処理(各階毎)」、「個別空調方式+中央管理方式」では「外調機(各階毎)」の割合が高い。外気処理フィルターにおいては、「個別空調方式」で「粗塵のみ」、「中央管理方式」では「中性能(比色法50~80%)」、「個別空調方式+中央管理方式」では「粗塵のみ」の割合が高くなった。「中央管理方式」のデータに着目すると、「中性能(比色法50~80%)」の割合はペリメータゾーンよりもインテリアゾーンにおけるデータの方が年度を問わず高く、「粗塵のみ」の割合は低くなっている。

図8に竣工年度別に、インテリアゾーンにおける延床面積と外気供給割合の関係を示す。多くは外気供給割合が10~40%となり、100%に近い建築物もあった。外気供給割合が100%に近いデータを除くと、「中央管理方式」において40%を超過するデータが比較的多く見られた。また、延床面積との明確な関係、竣工年度ごとの特徴も見られなかった。

a)ペリメータゾーン



b)インテリアゾーン

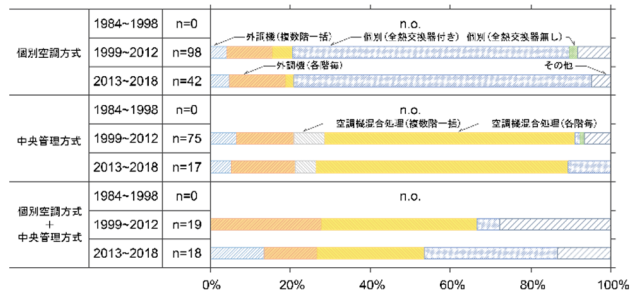
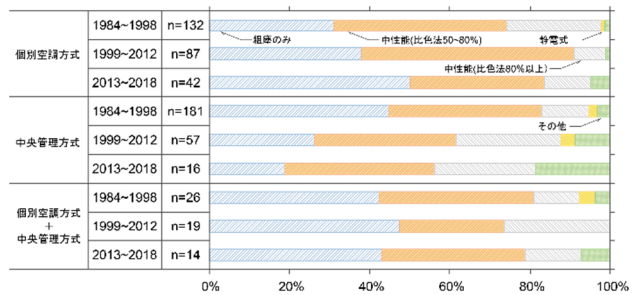


図6 外気供給方式の動向

a)ペリメータゾーン



b)インテリアゾーン

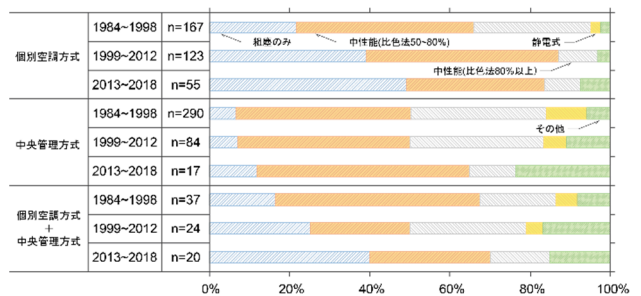


図7 外気処理フィルターの動向

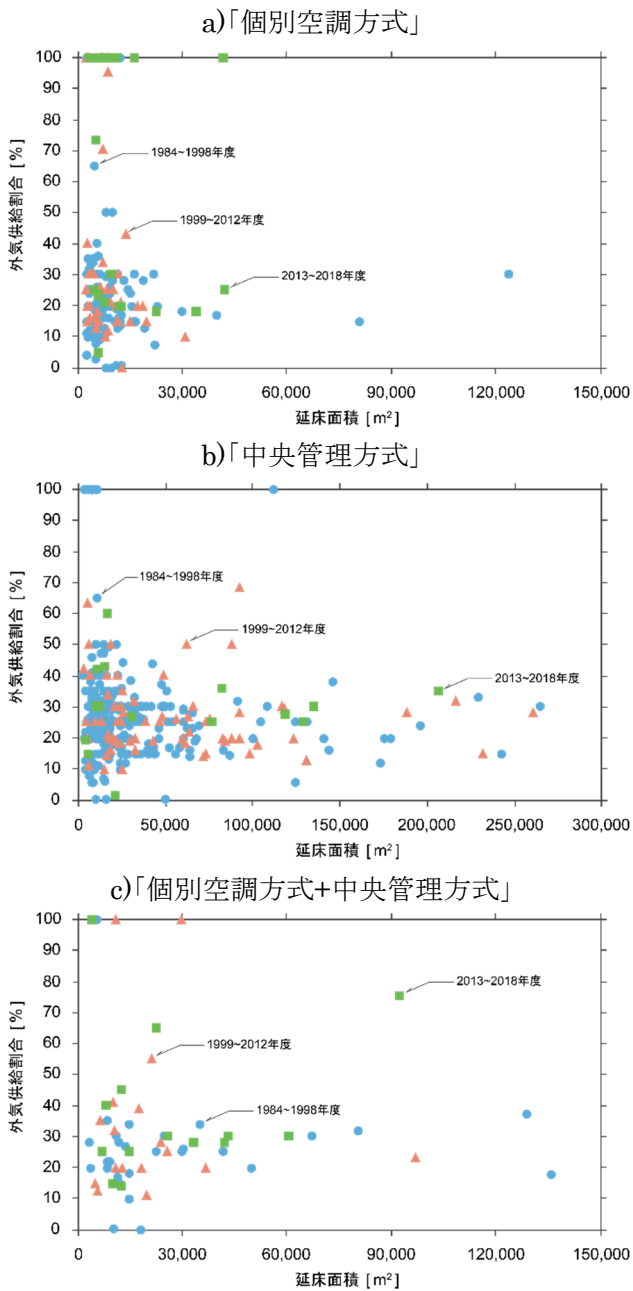


図8 外気供給割合の動向(インテリアゾーン)

5) 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。

表3 エネルギー消費量データの内訳

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

図9に空調方式別に、延床面積と年間一次エネルギー消費量の関係を、図10に空調方式別に示す。分析に用いた年間一次エネルギー消費量は、建築物全体で年間に消費されたものである。すべての空調方式のデータにおいて強い正の相関がみられ、延床面積が大きい建築物ほど多くのエネルギーを消費している結果となった。同規模の建築物のデータに着目すると、「中央管理方式」を導入している建築物のエネルギー消費量が「個別空調方式」「個別空調方式+中央管理方式」を導入している建築物のものよりも大きくなる傾向が把握できた。また、空調方式ごとの詳細を見ると、同規模でも竣工年度が新しい建築物ほどエネルギー消費量が小さくなる傾向が把握できた。

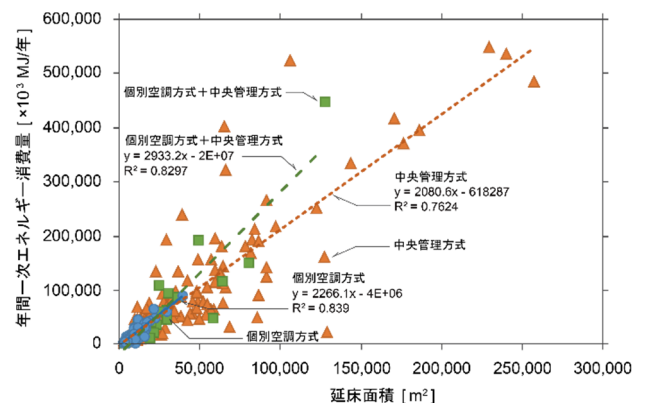
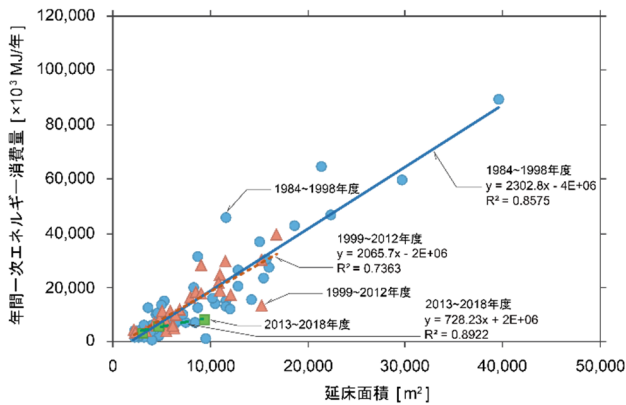


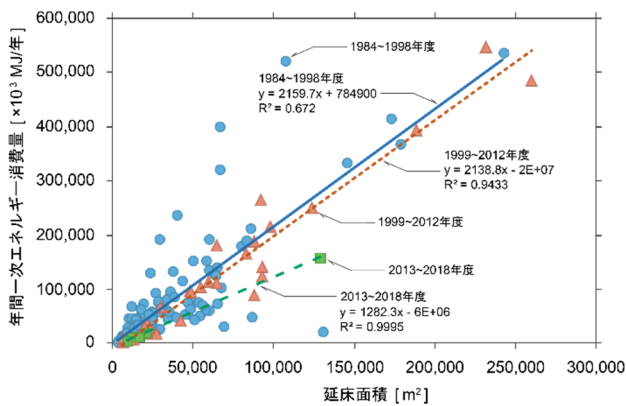
図9 年間一次エネルギー消費量の動向(全体)



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」

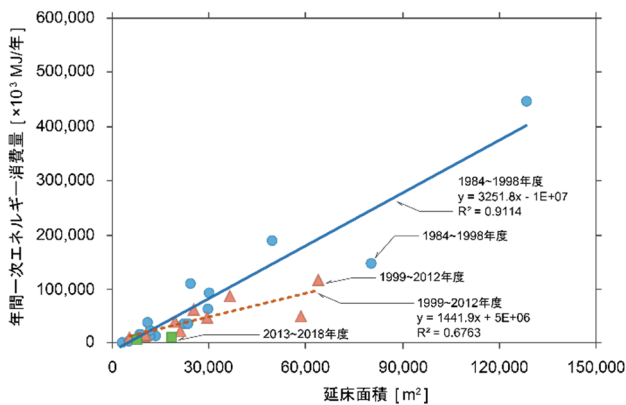
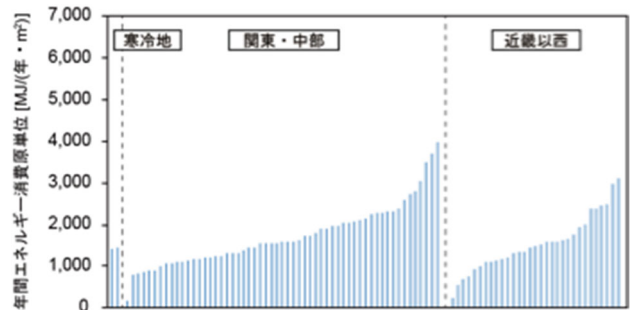


図 10 年間一次エネルギー消費量の動向  
(空調方式別)

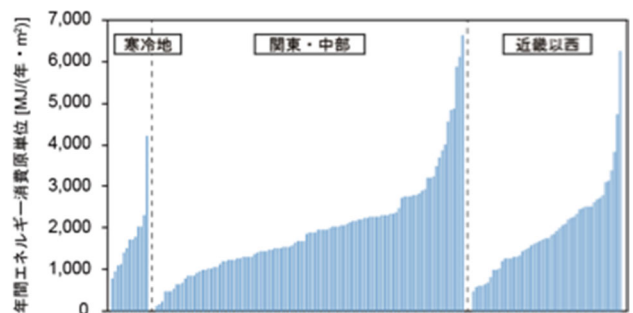
図 11 には、空調方式別に全ての建築物の年間エネルギー消費原単位を小さいものから順に並べている。寒冷地のデータは極端に少なく、ここで取り上げている 6 地域のデータが相対的に多いことがわかる。また、「個別空調方式」「中央管理方式」のデータが多いが、「中央管理方式」の方が原

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。

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

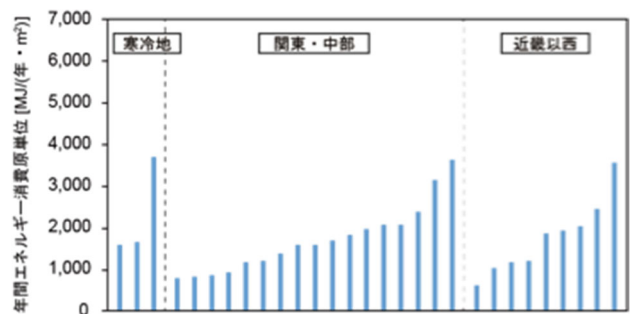


図 11 年間エネルギー消費原単位の分布

図 12 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。

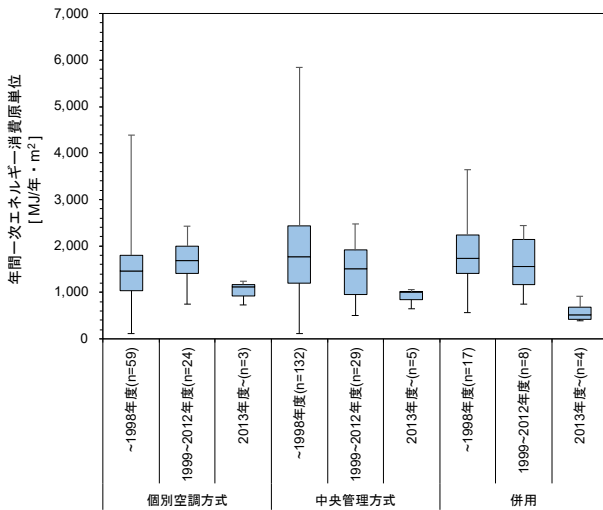


図 12 年間エネルギー消費原単位の動向(6 地域)

## 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。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

なし

### 2. 学会発表

- 1) 小原豪太, 長谷川兼一, 松本真一, 竹内仁哉: 竣工設備データベース「ELPAC」を用いた事務所建築の空調設備とエネルギー消費量の動向に関する考察, 空気調和・衛生工学会東北支部第 10 回学術・技術報告会論文集, pp.9-12, 2021 年 3 月.
- 2) 小原豪太, 長谷川兼一, 松本真一, 竹内仁哉: 竣工設備データベース「ELPAC」を用いた事務所建築の空調設備とエネルギー消費量の動向に関する考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 環境工学, pp.1633-1634, 2021 年 9 月.
- 3) 小原豪太, 長谷川兼一, 松本真一, 竹内仁哉: 竣工設備データベース「ELPAC」を用いた事務所建築の空調設備とエネルギー消費量の動向に関する考察, 日本建築学会東北支部研究報告集, 計画系, 第 84 号, pp.41-44, 2021 年 6 月.

## G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

なし

## <参考文献>

- 1) 塩津弥佳, 吉澤晋, 池田耕一, 野崎淳夫: 生活時間調査による屋内滞在時間量と活動量 室内空気汚染物質に対する曝露量評価に関する基礎的研究 その 1, 日本建築学会計画系論文集第 63 巻 第 511 号, 45-52, 1998 年.
- 2) 国土交通省: 省エネルギー基準改正の概要, <https://www.mlit.go.jp/common/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/seikatsu-eisei09/03.html>



建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究  
空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、個別熱源、中央熱源、ハイブリッド方式において、データベースに基づく機器選定後の熱源機器容量等（設計時、実態）を分析し、比較した。また、個別熱源方式をベースとした上で、シミュレーションに基づく空調用の一次エネルギー消費量と CO<sub>2</sub> 排出量（運用時、計算）を計算し、比較した。

得られた知見を以下に示す。1. 空気調和設備のエネルギー消費性能が向上するにつれて冷暖房ごとの熱源機器容量が小さく、個別熱源は中央熱源に比べて熱源機器容量が大きくなる傾向がある。2. 中央熱源方式は個別熱源方式に比べて約 45%の増加に対し、主に搬送系の削減に伴い、ハイブリッド方式は個別熱源方式に比べて約 15%の増加に抑えられる。3. 同じ年間熱負荷の基で、個別熱源方式における APF、省エネルギー手法による削減率を段階的に示し、札幌では特に全熱交換器、東京と那覇では他にも外気冷房システムが省エネルギー化に繋がることが確認された。4. カーボンニュートラルの観点から、個別熱源方式における電力主体とガス主体の一次エネルギー消費量と CO<sub>2</sub> 排出量を示し、特に札幌は冷熱源に電力、温熱源にガスを選択することで、さらなる省エネルギー効果が期待できる。5. 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/(m<sup>2</sup>・年)前後に抑えられる。

A. 研究目的

2050 年カーボンニュートラル実現に向けて、2030 年度以降新築される住宅・建築物について、ZEH・ZEB<sup>注1)</sup>水準の省エネ性能を確保するとの政府目標が掲げられている。それにより、2024 年度以降、適合義務化が先行している大規模非住宅建築物（延床面積 2,000 m<sup>2</sup>以上）について、各用途の省エネ基準への適合状況等を踏まえ、BEI<sup>注2)</sup>を 0.75~0.85 に引き上げられる。

BEIm<sup>≒</sup>1.0(23 件)と BEIm<sup>≒</sup>0.8(191 件)を比較した関連資料<sup>1)</sup>によると、「事務所等(6 地域)の BEIm に与える影響が大きい設備は、空調設備と照明設備。空調の定格熱源能力と定格熱源効率、照明の定格消費電力に差異がある」と示されている。そのため、今後も段階的に引き上げられる基準を達成することと同時に、

多岐にわたるメリットやデメリットを総合的に判断した上で、適切かつ合理的に空調システムを設計しなければならない。

それに関連し、オフィスビルの設計経験がある機械設備設計者を対象に実施した「熱源・空調設備の設計に関するアンケート調査」<sup>2)</sup>の中で、空調システム<sup>注3)</sup>の決定で重視する項目（上位 5 つまで回答、有効回答 164 件）が示されている。その調査結果（図 1）によると、中央熱源では、環境負荷の低減を重視している設計者が最も多い。一方、個別熱源では、イニシャルコストの削減、メンテナンス・機器更新への配慮を重視している設計者が多く、機器の操作性、省スペース性については、中央熱源に比べて非常に多くなっている。

以上のことから、空調システムの決定要因となりうるコスト、メンテナンスの重要性を考慮する

と、さらなる増加が見込まれる個別熱源において、地域性と省エネルギーの影響に関する分析が必要である。そこで、個別熱源、中央熱源、ハイブリッド方式の傾向の違いとして、データベースに基づく機器選定後の熱源機器容量等（設計時、実態）を分析し、比較することを目的とする。また、個別熱源方式をベースとした上で、シミュレーションに基づく空調用の一次エネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量（運用時、計算）を計算し、比較することを目的とする。

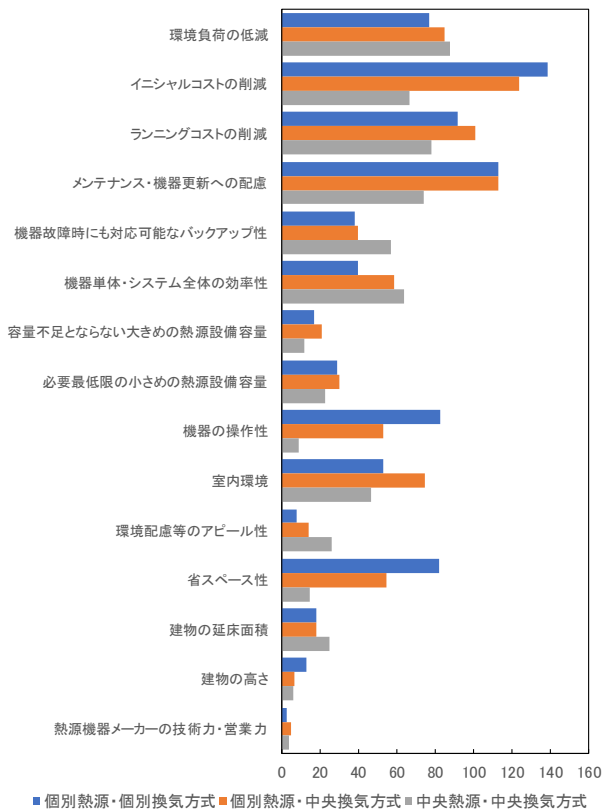


図1 空調システムの決定で重視する項目

## B. 研究方法

### B1. データベース

最新の竣工設備データとして、2017年9月から2023年2月までの空気調和・衛生工学会のA&Sデータを用いる。その際、新築で主に事務用途に該当する110件を対象とする。

## B2. シミュレーション

### 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」<sup>3)</sup>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1)。また、APFは地域補正を行う。

表1 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	採用率
	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)」<sup>4)</sup>を参考とする(図2)。



図2 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 m<sup>2</sup>、その他エネルギー<sup>注 4)</sup>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<sup>5)</sup>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/m<sup>2</sup>、コンセント容量 15W/m<sup>2</sup>、在室人員 0.2W/m<sup>2</sup>とする。暖房予熱時間は 1 時間、外気量は 6 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>・h) (30 m<sup>3</sup>/(h・人)想定)、全熱交換効率は 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を FCU、インテリアを AHU とし、ハイブリッド方式の場合にはペリメータを PAC、インテリアを 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、基準とする省エネルギー手法のそれぞれの採用率を以下に示す（表 2）。

表 2 採用率(基準)

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

### C1. 分析結果

建物規模ごとの熱源方式を示す（図 3）。個別熱源が全体の約 7 割を占め、中小規模の建物で多く採用されている。そこで、6 地域で BEI<sup>注 2)</sup>、空調面積、熱源機器容量のデータが全て揃う 65 件を対象とし、BEI/AC, BEIm/AC と機器選定後の空調面積当たりの熱源機器容量を示す（図 4）。

データの件数自体に差があるものの、いずれの熱源方式においても、空気調和設備のエネルギー消費性能が向上するにつれて冷暖房ごとの熱源機器容量が小さくなっていることが傾向として伺える。その上で、熱源方式の違いとしては、個別熱源は中央熱源に比べて熱源機器容量が大きくなる傾向がある。また、冷房優先で機器が選定されることで、特に暖房時の低負荷運転<sup>注 5)</sup>による効率低下が懸念される。しかし、個別熱源では、屋外機の台数分割、複数の圧縮機の搭載等の工夫がなされた熱源機器の採用等、省エネ性能の向上に繋がる高効率な運転が可能となるため、熱源機器容量が全体的に大きくなっている可能性が考えられる。

それに対し、中央熱源では複合用途であることが大きく影響し、冷房と暖房でそれぞれ機器選定が行われる場合、両者間で熱源機器容量に開きがみられる。なお、該当する 2 件で共通する熱源方式は遠心冷凍機、吸収冷凍機または冷温水機である。次にハイブリッド方式をみると、標準入力法の BEI/AC が特に低い 3 件は ZEB に相当する BEI であることから、個別熱源と中央熱源の特徴を踏まえ、徹底的に省エネルギー化が図られていると考えられる。ちなみに、共通する熱源・空調方式は空冷パッケージ及びルームエアコン・パッケージユニット方式の組合せ、空気熱源ヒートポンプチラー・放射空調（天井）の組合せである。

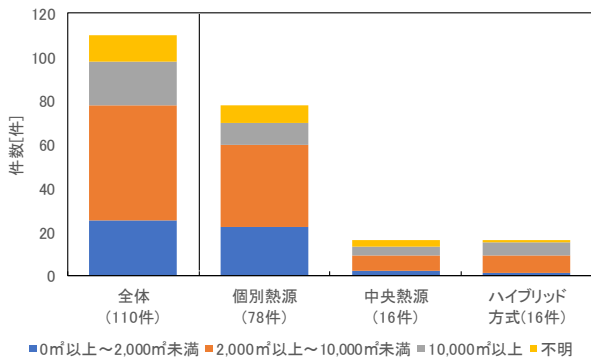
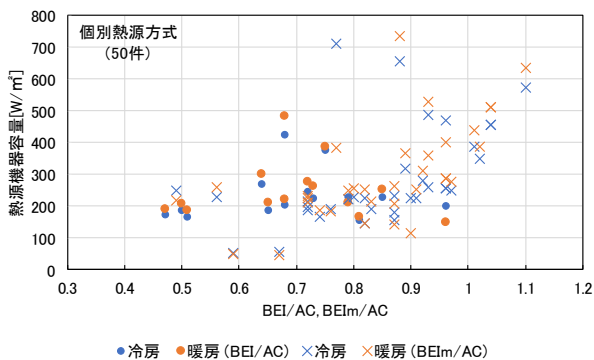
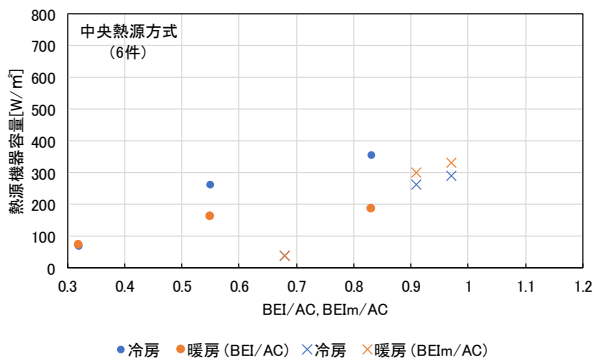


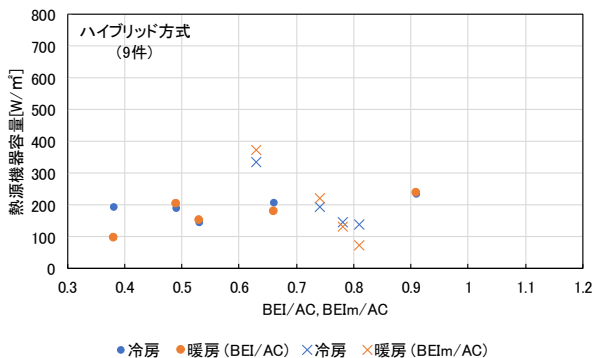
図3 建物規模ごとの熱源方式



a)個別熱源



b)中央熱源



c)ハイブリッド方式

図4 BEI/AC, BEIm/ACと機器選定後の空調面積当たりの熱源機器容量(6地域)

## C2. 計算結果

### C2.1. 比較項目

計算結果に関する比較項目を示す(表3)。

表3 比較項目

項目	ベース	比較
熱源構成	個別	中央 ハイブリッド
APF	1.0	0.7 1.4
省エネルギー手法	基準	(基準から減) 予熱時シャットオフ 全熱交換器システム (基準から増) 外気冷房システム 最小外気制御システム
エネルギー構成源	電力	ガス (併用)
45都市(参考)	東京	県庁所在地(北海道、沖縄を除く)

### C2.2. 熱源構成比較

データベースの研究を踏まえ、個別熱源方式と中央熱源方式に加え、ハイブリッド方式に係る熱源構成比を変更することで、熱源方式ごとの空調の一次エネルギー消費量に与える影響について示す(図5)。なお、特筆ない限り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/(㎡・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。

一方、個別熱源方式のPACはペリメータ(基準階787㎡)、中央熱源方式のAHUはインテリア(基準階428㎡)で、それぞれの対象範囲の規模が異なること、中央熱源方式の搬送系が大幅に削減されること等に伴い、ハイブリッド方式は個別熱源方式に比べて札幌で11%、東京で19%、那覇で18%上回っている程度である。参考までに、空調及び熱源システム全体で評価した効率を示す(表4)。

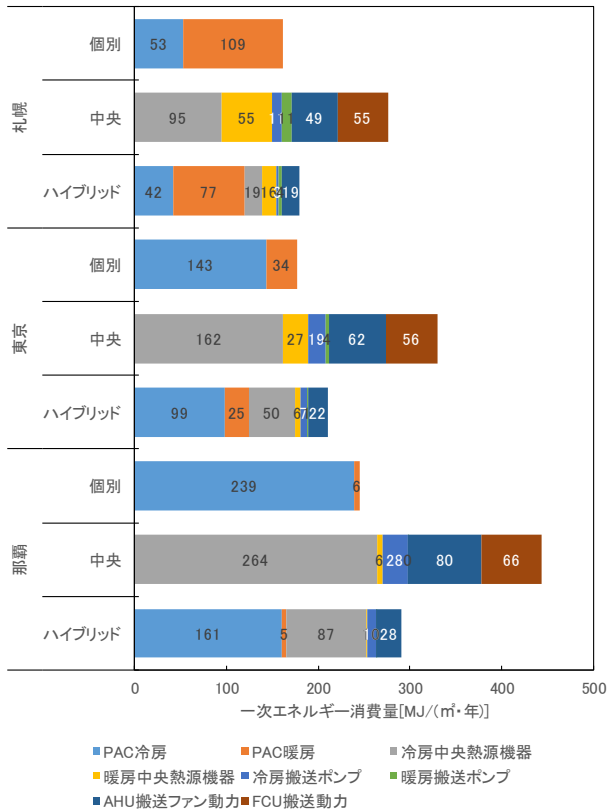


図5 一次エネルギー消費量(熱源構成比較)

表4 SCOP

地域	熱源方式	空調システム全体	熱源システム全体
札幌	個別	1.12	1.12
	中央	0.66	1.22
	ハイブリッド	1.01	1.18
東京	個別	1.32	1.32
	中央	0.71	1.23
	ハイブリッド	1.11	1.29
那覇	個別	1.37	1.37
	中央	0.76	1.25
	ハイブリッド	1.16	1.33

### C2.3. 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6)。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。

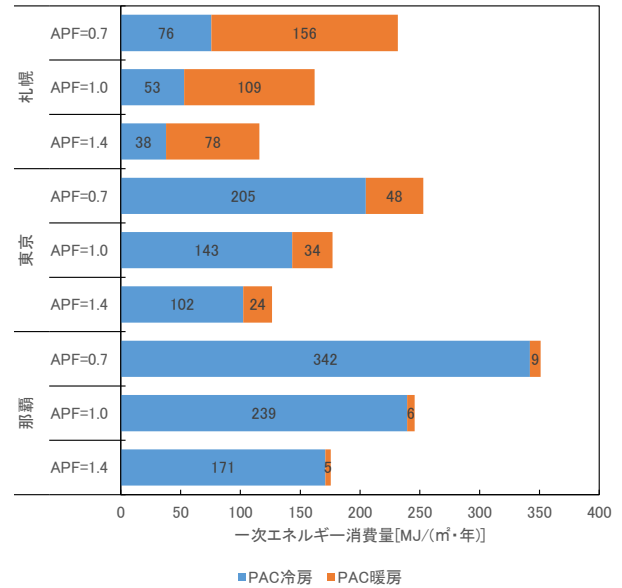


図6 一次エネルギー消費量(APF 比較)

### C2.4. 省エネルギー手法比較

同じ年間熱負荷の基で、基準とする省エネルギー手法から外気冷房システム、最小外気制御システムを増やし、合わせて基準から全熱交換器、予熱時シャットオフを減らした際の影響について示す(図7)。

札幌では寒冷地仕様とはいえ、基準における PAC 暖房の割合が主体的である分、仮に熱回収が可能な全熱交換器を導入せず、1 時間にわたる暖房予熱時に外気を取り入れることで、一次エネルギー消費量の大幅な増加に繋がっているため、これらは有効な省エネルギー手法として位置付けられる。一方、基準からの追加による省エネルギー効果は 16%削減に留まっている。

それに対し、一次エネルギー消費量自体は東京と那覇で大きく異なっているが、省エネルギー手法による削減率としては、概ね同様の傾向を示している。特に PAC 冷房の割合が主体的である分、外気冷房システム等により基準に対して 30%削減が期待できることが分かる。

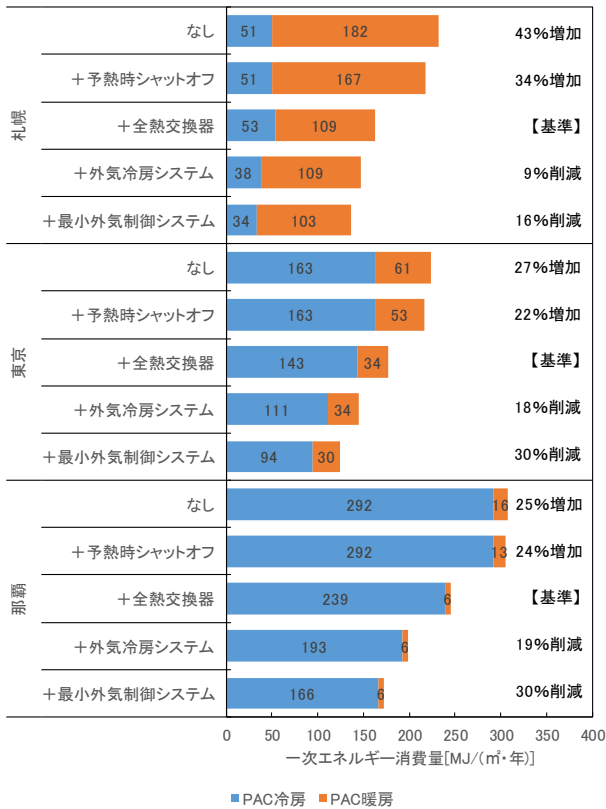


図7 一次エネルギー消費量(省エネルギー手法比較)

### C2.5. エネルギー源構成比較

カーボンニュートラルの視点から、電力・都市ガスに係るエネルギー源構成比を変更することで、個別熱源方式における空調用の一次エネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量に与える影響について示す(図8、9)。電力のCO<sub>2</sub>排出係数は電力会社<sup>注6)</sup>によって異なるが、ここでは0.555kg-CO<sub>2</sub>/kWhのデフォルト<sup>3)</sup>を使用する。また、ガスの換算係数は0.0506t-CO<sub>2</sub>/GJである。

電力主体からガス主体へ変更することで、札幌ではPAC冷房は増加、PAC暖房が減少している。熱源となるEHPは電気モーター、GHPはガスエンジンを使用してコンプレッサーを動かしているため、暖房時に排熱を利用できるGHPの方が一般的に高効率となる。そのため、結果的に一次エネルギー消費量で16%削減、CO<sub>2</sub>排出量で24%削減に繋がっている。また、仮に冷熱源を電力、温熱源をガスで併用した場合には113MJ/(m<sup>2</sup>・年)となるため、さらなる省エネルギー効果が得られる

可能性がある。

一方、東京と那覇ではPAC暖房の割合が少ない分、一次エネルギー消費量では電力主体とガス主体の違いはみられず、PAC冷房が若干増加している程度である。それにより、全体でガスが電力に比べて東京で5%、那覇で3%の増加となるのに対し、CO<sub>2</sub>排出量では逆に東京で6%、那覇で7%の減少となることが確認された。

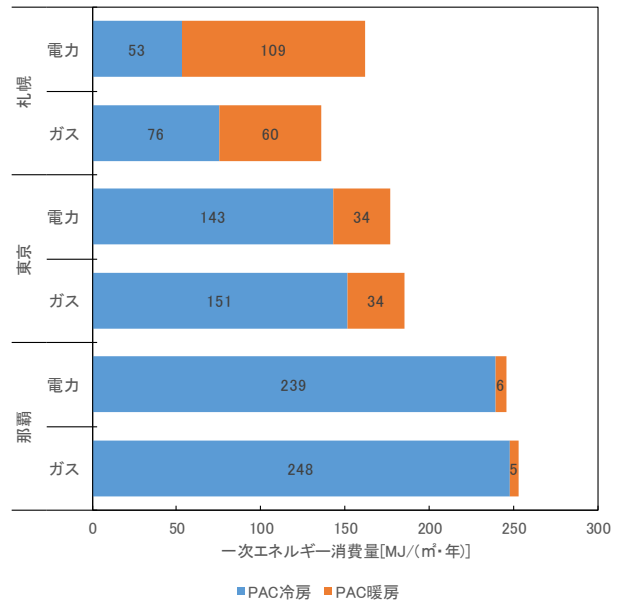


図8 一次エネルギー消費量(エネルギー源構成比較)

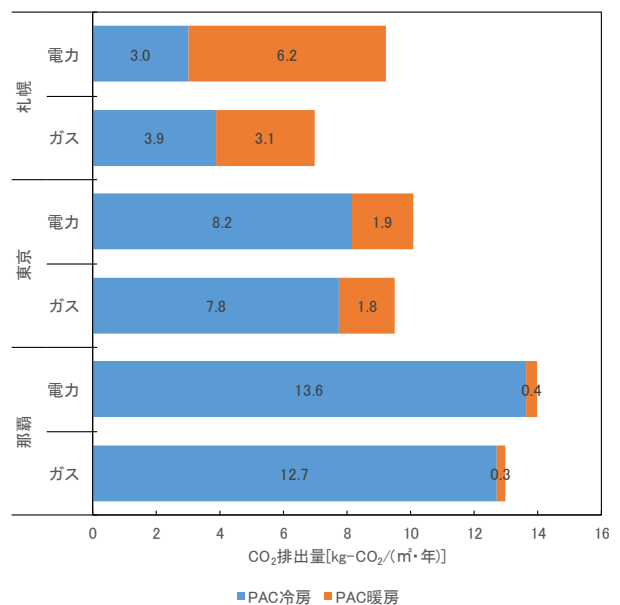


図9 CO<sub>2</sub>排出量(エネルギー源構成比較)



## C2.6. 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 10)。

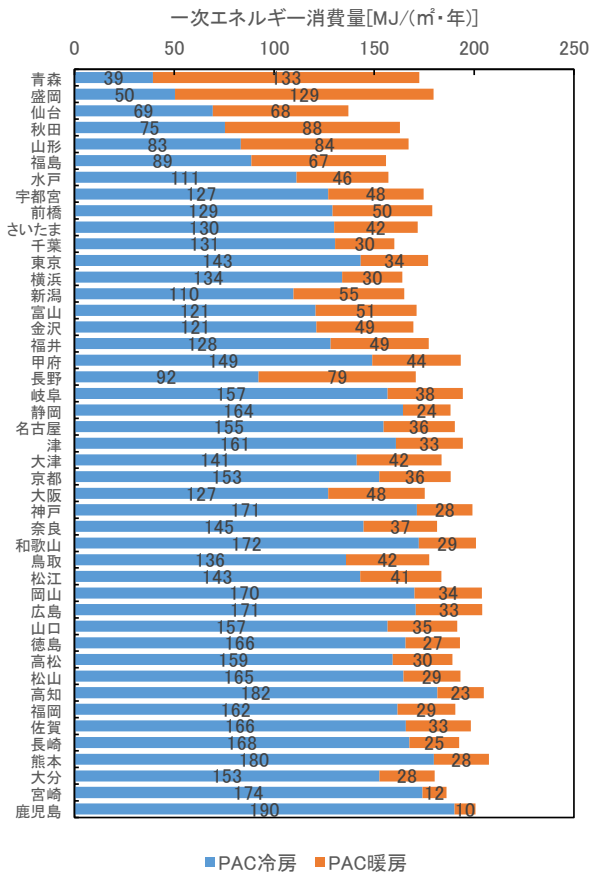


図 10 一次エネルギー消費量(45 都市比較)

## D. 結論

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より得られた知見を以下に示す。

1. 空気調和設備のエネルギー消費性能が向上するにつれて冷暖房ごとの熱源機器容量が小さく、個別熱源は中央熱源に比べて熱源機器容量が大きくなる傾向がある。
2. 中央熱源方式は個別熱源方式に比べて約 45%の増加に対し、主に搬送系の削減に伴い、ハイブリッド方式は個別熱源方式に比べて約 15%の増加に抑えられる。
3. 同じ年間熱負荷の基で、個別熱源方式における APF、省エネルギー手法による削減率を

段階的に示し、札幌では特に全熱交換器、東京と那覇では他にも外気冷房システムが省エネルギー化に繋がることが確認された。

4. カーボンニュートラルの観点から、個別熱源方式における電力主体とガス主体の一次エネルギー消費量と CO<sub>2</sub> 排出量を示し、特に札幌は冷熱源に電力、温熱源にガスを選択することで、さらなる省エネルギー効果が期待できる。
5. 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/(m<sup>2</sup>・年)前後に抑えられる。

### <注釈>

注1) ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス、ネット・ゼロ・エネルギー・ビルの略称である。

注2) 建築物全体のエネルギー消費性能で、設計一次エネルギー消費量を基準一次エネルギー消費量で除した値である。

計算方法：詳細な評価方法の標準入力法 (BEI)、簡易な評価方法のモデル建物法 (BEIm)

設備別：空気調和設備 (AC)、機械換気設備 (V)、照明設備 (L)、給湯設備 (HW)、昇降機 (EV)

注3) ①個別熱源・個別換気方式 (例：パッケージ型空調機・熱交換換気)、②個別熱源・中央換気方式 (例：パッケージ型空調機・外気処理空調機)、③中央熱源・中央換気方式 (例：吸収式冷温水発生機・外気処理空調機) を対象とする。

注4) 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。

注5) 定格能力に対する負荷率が低い状態での運転である。

注6) 温対法に基づく 2021 年度の調整後排出係数は、北海道電力 0.533、東京電力 0.452、沖縄電力 0.706kg-CO<sub>2</sub>/kWh である。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

なし

### 2. 学会発表

なし

## G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

### 1. 特許取得

なし

### 2. 実用新案登録

なし

### 3. その他

なし

## <参考文献>

- 1) 建築物エネルギー消費性能基準等ワーキンググループ・建築物消費性能基準等小委員会：大規模非住宅建築物の省エネ基準の引き上げについて，国土交通省，2022.6.29
- 2) 菊田弘輝，阿部佑平，江藤優太，澤地孝男：熱源機器容量の適正化に向けたオフィスビル設計の実態調査 その1～3，日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学，2023.9(投稿済み)
- 3) 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
- 4) 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
- 5) 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  
数値計算による空気・熱環境の室内空間分布に関する検討

研究分担者 李 時桓 名古屋大学 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。特に建築物環境衛生管理では「測定点」、「測定時期」が重要なキーワードであり、本研究では CFD 解析（数値流体解析）を用い、オフィス空間における「測定点」、「測定時期」について検討することを目的とする。検討結果から、現状の空調・換気方式の使用により、室内分布（温度、湿度、CO<sub>2</sub>、気流速度など）を明らかにし、冬期の暖房期間、夏期の冷房期間に対する「測定点」による違いについて考察した。

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。

本研究では、個別空調方式に特化した空気環境管理手法の確立と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し、室内空間の室内分布（タスク・アンビエント域の温度、湿度、CO<sub>2</sub>、気流速度など）を明らかにする。また、空気環境管理のための「測定点」に注目し、冬期暖房、夏期冷房における測定点による違いを明らかにする。

B. 研究方法

B1. 検討対象モデルの選定

図1に建物の外観・内観を示す。本研究では現場調査を行ったJ社事業センターを本研究の検討対象モデルとする。

B2. 数値解析モデルの作成



図1 検討対象建物(J社事業センター)

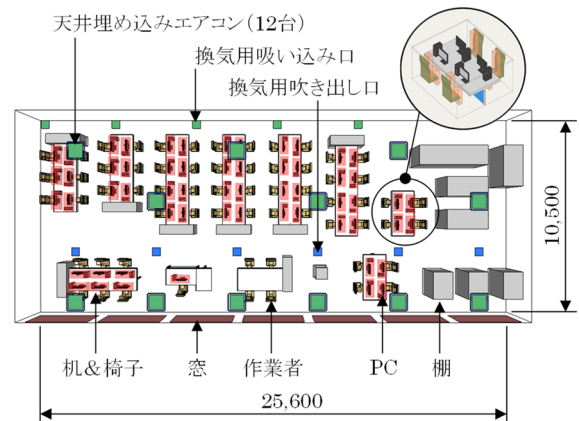


図2 数値解析モデルの詳細

数値解析を行うために検討対象モデルである J 社事業センターの解析領域を数値モデル化 (図 2 参照) する。また、現場調査結果をもとに、数値境界条件を適用 (表 1 参照) する。

数値解析では、夏期冷房時 (外気温度: 31 °C) と冬期暖房時 (外気温度: 0 °C) に分けて行う。室内に設置されたエアコンは天井埋込カセット形 2-WAY 方式であり、気流の吹き出し角度は冷房・暖房時とも下向き 60° と設定する。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 (熱貫流率: 3.5 W/(m<sup>2</sup>·K)) 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。換気量は全熱交換換気システムを使用することで 315 m<sup>3</sup>/(h·台) とし、温度交換効率率は 70% と設定する。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 万個を採用する。

### B3. 空気環境管理のための「測定点」の検討

本研究では空気環境管理のための「測定点」について検討する。そのため、作成した数値解析モデルを用い、居住域の領域を設定する。居住域の領域は ASHRAE<sup>1)</sup>の Breathing zone を参照にして作成 (図 3 参照) し、居住域の領域が夏期 26 °C (外気温度: 31 °C) と冬期 20 °C (外気温度: 0 °C) になるように室内空調機を運転 (逆解析) する。

また、測定領域における温度、湿度、CO<sub>2</sub>、気流速度などの分布を明確にするために、平面上の領域、立面上の領域を区分する。区分した平面上の領域を図 4 に、立面上の領域を図 5 にそれぞれ示す。平面上の領域は 3 つに区分 (Zone A、Zone B、Zone C) とし、Zone A は執務領域 (在室者密度: 高い)、Zone B は共用部 (在室者密度: 少ない)、Zone C は共用部 (換気吹出し口近傍) とする。立面上の領域も 3 つに区分し、床面からの高さ FL+1,800mm、FL+1,200mm、FL+600mm とする。

表 1 数値境界条件

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=∞)
乱流モデル	Standard k-ε turbulence model
メッシュ数	20,000,000 個
エアコン (12 台)	吹出口 流量: 1,200 m <sup>3</sup> /h (1 台当たり) 夏期温度: 居住域 26 °C (逆解析) 冬期温度: 居住域 20 °C (逆解析) 斜め吹き: 60 °C (2-WAY) 吸込口 流量: 1,200 m <sup>3</sup> /h (1 台当たり)
換気口 (6 台)	流量: 315 m <sup>3</sup> /h (1 台当たり) 温度: 温度交換効率 70%適用
人体 (63 人)	発熱: 70 W/人、CO <sub>2</sub> : 20 L/(h·人)
PC (63 台)	発熱: 200 W/台
窓 (7 カ所)	夏期外気温度: 31 °C 冬期外気温度: 0 °C 熱貫流率: 3.5 W/(m <sup>2</sup> ·K)
日射	日射は考慮しない (ブラインドあり)

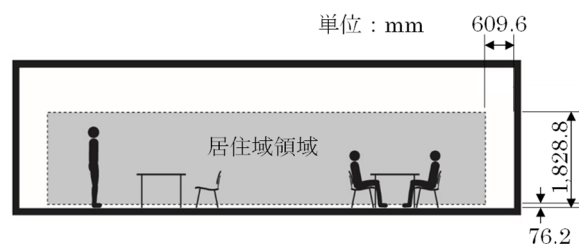


図 3 居住域の領域設定

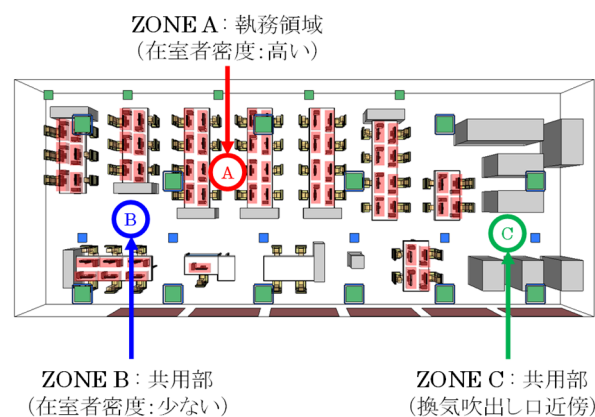


図 4 平面上における測定領域区分

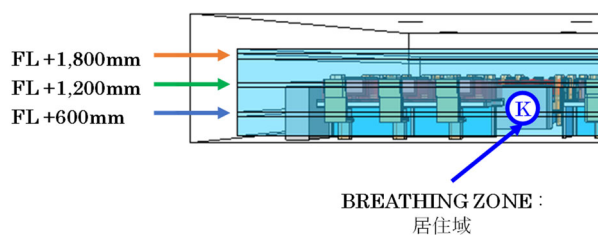


図 5 立面上における測定領域区分

## C. 研究結果

### C1. 夏期冷房時における検討結果

図6、図7に夏期冷房時における検討モデルに対する解析結果(図6:温度分布、図7:CO<sub>2</sub>濃度分布)を示す。居住域の領域が26°Cになるように逆解析を行ったので室内温度分布は26°C前後であるが、人体とPCがある領域(タスク域)には設定温度より暑くなり、アンビエント域と異なる結果が得られた。CO<sub>2</sub>分布は全体的に1,000ppm程度で

あるが、人体とPCがある領域(タスク域)には高く(約1,000~1,360ppm)、換気口がある領域には低い値(約520~880ppm)となった。

図8、図9に平面上の領域と立面上の領域に区分した領域における温度頻度とCO<sub>2</sub>濃度頻度をそれぞれ示す。室内温度は測定場所、高さにより測定誤差が生じる恐れがあり、平面上ではZONE A > ZONE B > 設定温度26°C > ZONE Cの順に温度誤差が生じた。また高さによると、95%信頼区間で

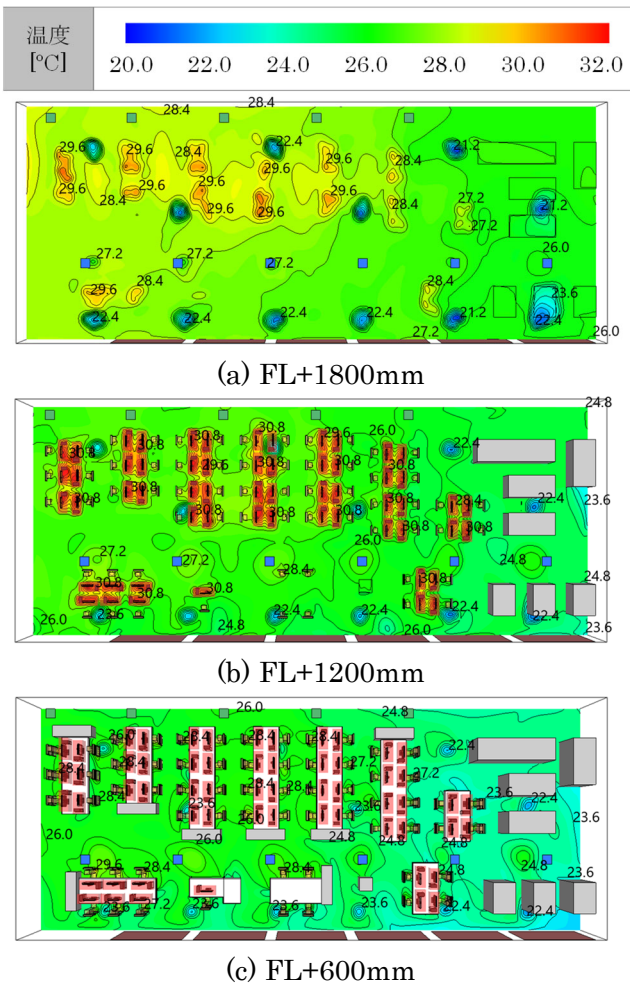


図6 夏期冷房時における温度分布

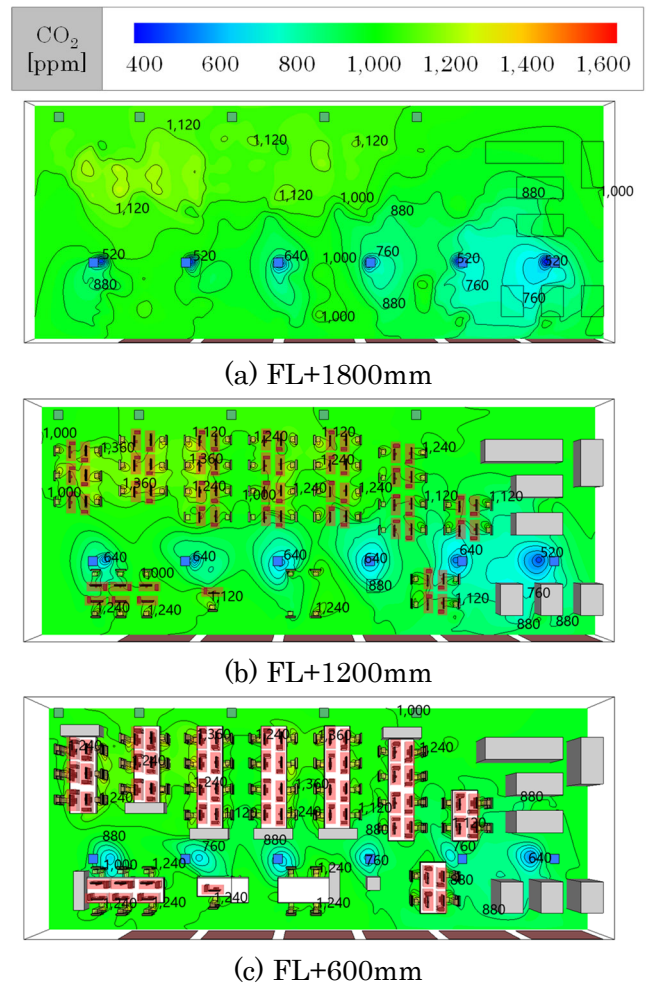
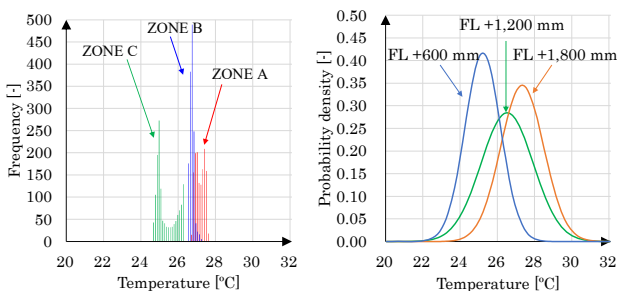
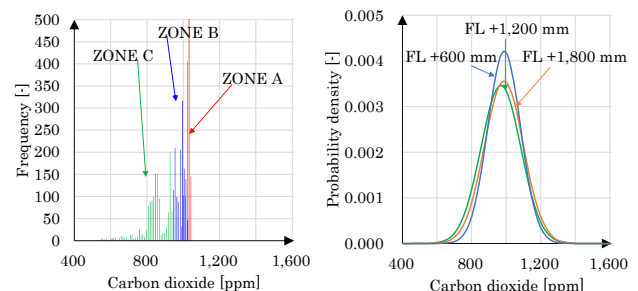


図7 夏期冷房時におけるCO<sub>2</sub>分布



(a) 平面上領域による (b) 立面上領域による

図8 夏期冷房時における温度頻度



(a) 平面上領域による (b) 立面上領域による

図9 夏期冷房時におけるCO<sub>2</sub>頻度



23.3~27.1 °C (FL +600mm)、23.7~29.3 °C (FL +1,200mm)、25.0~29.6 °C (FL +1,800mm) となり、設定温度と測定誤差が少ない高さは 1.2 m であると言える。CO<sub>2</sub> 濃度は、測定場所、高さによらず、測定誤差が少なかった。測定場所によると ZONE A > ZONE B > ZONE C の順であり、高さによると、95%信頼区間で 794~1,173 ppm (FL +600mm)、734~1,195 ppm (FL +1,200mm)、758~1,207 ppm (FL +1,800mm) であった。

## C2. 冬期暖房時における検討結果

図 10、図 11 に冬期暖房時における検討モデルに対する解析結果 (図 10 : 温度分布、図 11 : CO<sub>2</sub> 濃度分布) を示す。居住域の領域が 20 °C になるように逆解析を行ったので室内温度分布は 20 °C 前後であるが、人体と PC がある領域 (タスク域) には約 24.8 °C 以上となり、アンビエント域と異なる結果が得られた。CO<sub>2</sub> 分布は全体的に 1,000 ppm 程度であるが、人体と PC がある領域 (タスク域) に

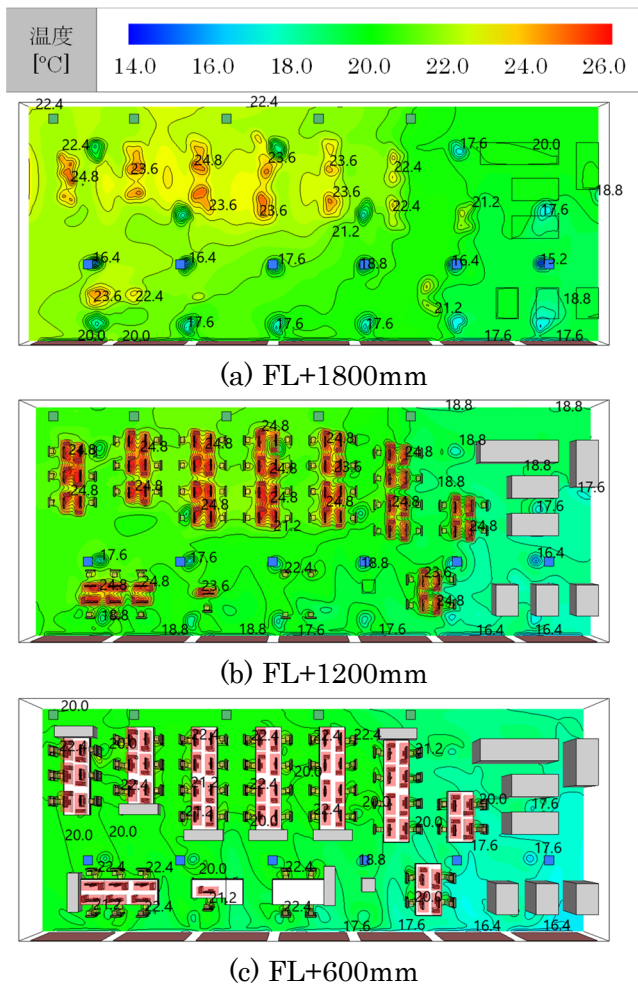


図 10 冬期暖房時における温度分布

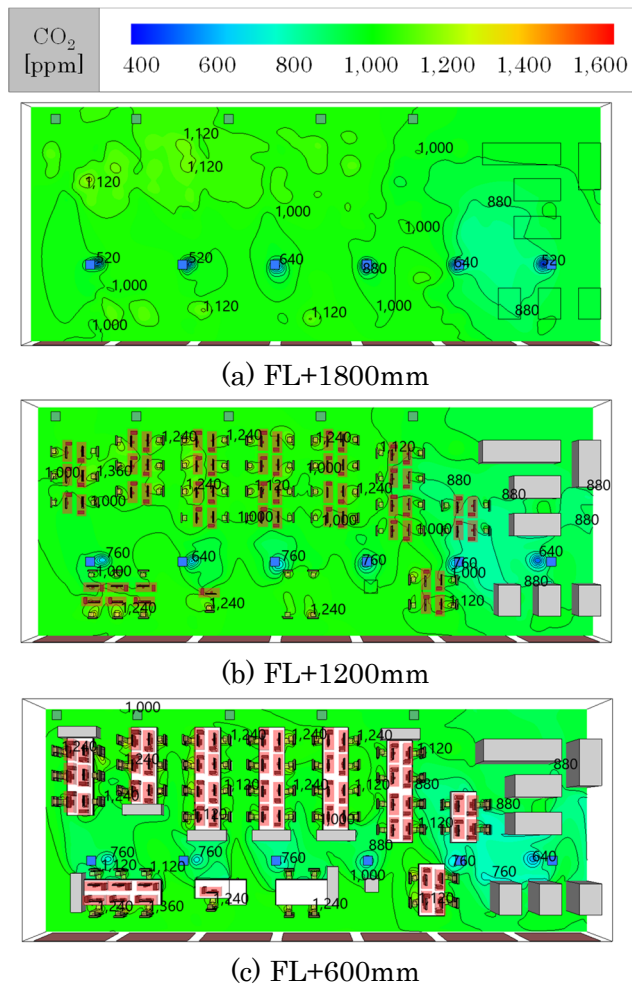


図 11 冬期暖房時における CO<sub>2</sub> 分布

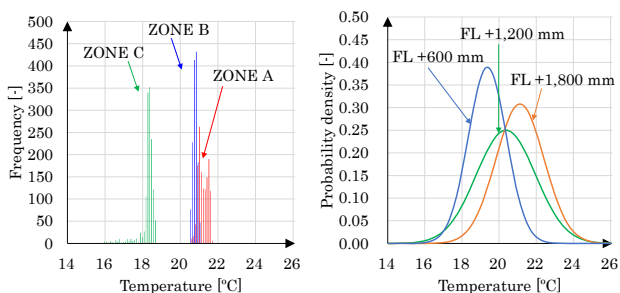


図 12 冬期暖房時における温度頻度

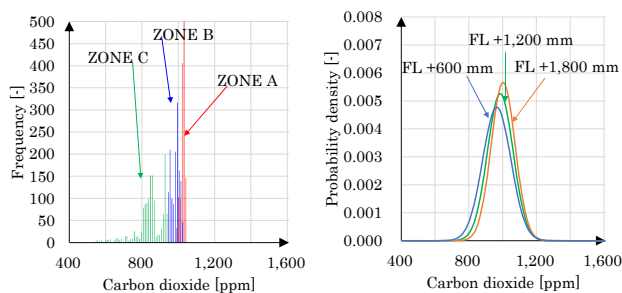


図 13 冬期暖房時における CO<sub>2</sub> 頻度

は高く（約 1,000~1,360 ppm）、換気口がある領域には低い値（約 520~880 ppm）となった。

図 12、図 13 に平面上の領域と立面上の領域に区分した領域における温度頻度と CO<sub>2</sub> 濃度頻度をそれぞれ示す。室内温度は測定場所、高さにより測定誤差が生じる恐れがあり、平面上では ZONE A > ZONE B > 設定温度 20 °C > ZONE C の順に温度誤差が生じた。また高さによると、95%信頼区間で 17.3~21.4 °C (FL +600mm)、17.1~23.5 °C (FL +1,200mm)、18.5~23.7 °C (FL +1,800mm) となり、設定温度と測定誤差が少ない高さは 1.2 m であると言える。CO<sub>2</sub> 濃度は、測定場所、高さによらず、測定誤差が少なかった。測定場所によると ZONE A > ZONE B > ZONE C の順であり、高さによると、95%信頼区間で 794~1,128 ppm (FL +600mm)、830~1,133 ppm (FL +1,200mm)、858~1,139 ppm (FL +1,800mm) であった。

#### D. 結論

今回の検討では、建物の業務スペースに対し、夏期冷房運転時／冬期暖房運転時における室内空間分布（タスク・アンビエント域の温度、湿度、CO<sub>2</sub>、気流速度など）を明らかにした。特に、空気環境管理のための空気・熱環境の「測定点」に注目し、逆解析における数値解析を行い、以下の知見を得た。

- (1) 居住域空間を満足させる空調が行われた時、空気環境管理のための「測定点」は立面上、床面から 1.2 m の高さの領域（居住者に与えられる影響が大きい）が望ましい。
- (2) 居住域空間を満足させる空調が行われた時、空気環境管理のための「測定点」は平面上、共用部（在室者密度：少ない）の領域が望ましい。しかし、執務領域（在室者密度：高い）の領域を満足させるための対策が必要である。
- (3) 温度分布に比べ、CO<sub>2</sub> 濃度分布は位置による測定誤差は少なかった。空気環境管理のための「測定点」は換気の排気口で測定した方が望ましい。

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

なし

##### 2. 学会発表

なし

#### G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

##### 1. 特許取得

なし

##### 2. 実用新案登録

なし

##### 3. その他

なし

#### <参考文献>

- 1) ASHRAE, 2019, ASHRAE Standard 62.1: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, p.1-87.



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) Motoya Hayashi, U Yanagi, Yoshinori Honma, Yoshihide Yamamoto, Masayuki Ogata, Koki Kikuta, Naoki Kagi, Shin-ichi Tanabe ; Ventilation Methods against Indoor Aerosol Infection of COVID-19 in Japan ;Atmosphere 14(1) 150-150, 2023.01.10
- 2) 林基哉, 環境工学からの情報発信・予期せぬ事態に専門家がとるべきスタンスとは(<連載>コロナ備忘録),日本建築学会建築雑誌,p36-39,2023.01
- 3) 林基哉, 建築物環境衛生研究者からみた環境過敏症 建築物の換気不良と室内空気環境の実態, 室内環境 25,p33-40,2022
- 4) 林基哉, 【特集】 COVID-19 を振り返る 日本政府による新型コロナウイルス感染症のエアロゾル感染対策, 空気清浄 60 巻 5 号, 2023. 01.31
- 5) 赤松大成,森太郎,林基哉,羽山広文, 新型コロナウイルス感染症流行下の寒冷地の学校教室における室内環境と換気代替手法の評価, 日本建築学会環境系論文集 Vol.803 p43-49,2023.01
- 6) 金勲,阪東美智子,小林健一,下ノ菌慧,鍵直樹,柳宇,菊田弘輝,林基哉, 接待を伴う飲食店における室内環境と感染症対策（その1）: 建築設備の概要及びコロナ禍における換気運用と感染状況,日本建築学会環境系論文集 Vol.806 p300-306,2023.04
- 7) 東 賢一. 室内化学物質汚染の現状と対策. クリーンテクノロジー; 30(2), 41-45, 2020.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 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.
- 11) 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.
- 12) 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.
- 13) 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>

- 14) 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
- 15) Motoya Hayashi, U Yanagi, Yoshinori Honma, Yoshihide Yamamoto, Masayuki Ogata, Koki Kikuta, Naoki Kagi, Shin-ichi Tanabe ; Ventilation Methods against Indoor Aerosol Infection of COVID-19 in Japan ;Atmosphere 14(1) 150-150, 2023.01.10
- 16) 林基哉, 環境工学からの情報発信-予期せぬ事態に専門家がとるべきスタンスとは(<連載>コロナ備忘録),日本建築学会建築雑誌,p36-39,2023.01
- 17) 林基哉, 建築物環境衛生研究者からみた環境過敏症 建築物の換気不良と室内空気環境の実態, 室内環境 25,p33-40,2022
- 18) 林基哉, 【特集】COVID-19を振り返る 日本政府による新型コロナウイルス感染症のエアロゾル感染対策, 空気清浄 60巻5号, 2023. 01.31
- 19) 赤松大成,森太郎,林基哉,羽山広文, 新型コロナウイルス感染症流行下の寒冷地の学校教室における室内環境と換気代替手法の評価, 日本建築学会環境系論文集 Vol.803 p43-49,2023.01
- 20) 金勲,阪東美智子,小林健一,下ノ菌慧,鍵直樹,柳宇,菊田弘輝,林基哉, 接待を伴う飲食店における室内環境と感染症対策(その1): 建築設備の概要及びコロナ禍における換気運用と感染状況,日本建築学会環境系論文集 Vol.806 p300-306,2023.04
- 21) 柳宇: コロナウイルス対策として空調・換気設備ができること, 住まいと電気, 第34,, 第8号, 5-8. 2022. ISSN 2187-8412.

## 総説

- 1) HAYASHI Motoya, KOBAYASHI Kenichi, KIM Hoon, KAIHARA Noriko. The state of the indoor air environment in buildings and related tasks in Japan 〈Review〉. Journal of the National Institute of Public Health, No.69, 2020.2; pp.63-72.
- 2) 林基哉, 金勲, 開原典子, 小林健一, 鍵直樹, 柳宇, 東賢一. 特定建築物における空気環境不適率の実態. 空気清浄 2020 ; 第57巻第5号 : 14-23.
- 3) 開原典子. 特定建築物における温湿度環境の実態. 空気清浄 2020 ; 第57巻第5号 : 33-7.
- 4) 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.
- 5) 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

該当なし

## 学会発表

- 1) 川崎嵩,菊田弘輝,林基哉,阪東美智子,長谷川兼一,澤地孝男, 新型コロナウイルス感染下におけ



- る居住リテラシーに関する WEB 調査 その 2 冬期の調査結果,日本建築学会学術講演梗概集,p901-902,2022.07
- 2) 尾方壮行,山本佳嗣,鍵直樹,林基哉,田辺新一, デスクパーティションが呼吸器エアロゾル粒子への曝露に与える影響,日本建築学会学術講演梗概集,p1331-1332,2022.07
  - 3) 金勲,阪東美智子,小林健一,下ノ菌慧,鍵直樹,柳宇,菊田弘輝,林基哉, 接待を伴う飲食店における換気と室内環境 感染症対策に関する実態調査, 日本建築学会学術講演梗概集,p1355-1358,2022.07
  - 4) 山本直輝,菊田弘輝,長谷川麻子,林基哉, 新型コロナウイルス感染症のクラスター感染が発生したコールセンターの空気環境, 日本建築学会学術講演梗概集,p1547-1548,2022.07
  - 5) 赤松大成,森太郎,五宮光,林基哉,羽山広文, 換気方式の異なる室内空間における換気効率の比較, 日本建築学会学術講演梗概集,p2093-2094,2022.07
  - 6) Azuma K, Kagi, N, Yanagi U, Kim H, Hasegawa K, Shimazaki D, Kaihara N, Kunugita N, Hayashi M, Kobayashi, K, Osawa H. Effects of the total floor area of an air-conditioned office building on building-related symptoms: characteristics of winter and summer. The 16th international conference of Indoor Air Quality and Climate, Philadelphia, PA, USA, November 1-5, 2020.
  - 7) 東 賢一、鍵 直樹、柳 宇、金 勲、開原典子、林 基哉、大澤元毅. オフィスビル労働者のビル関連症状と室内空気汚染物質との関係に関する縦断調査. 第 93 回日本産業衛生学会, 旭川, 2020 年 5 月 13 日-16 日.
  - 8) 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.
  - 9) 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.
  - 10) 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
  - 11) 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
  - 12) 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.
  - 13) 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.

- 14) 川崎嵩,菊田弘輝,林基哉,阪東美智子,長谷川兼一,澤地孝男, 新型コロナウイルス感染下における居住リテラシーに関するWEB調査 その2 冬期の調査結果,日本建築学会学術講演梗概集,p901-902,2022.07
- 15) 尾方壮行,山本佳嗣,鍵直樹,林基哉,田辺新一, デスクパーティションが呼吸器エアロゾル粒子への曝露に与える影響,日本建築学会学術講演梗概集,p1331-1332,2022.07
- 16) 金勲,阪東美智子,小林健一,下ノ菌慧,鍵直樹,柳宇,菊田弘輝,林基哉, 接待を伴う飲食店における換気と室内環境 感染症対策に関する実態調査, 日本建築学会学術講演梗概集,p1355-1358,2022.07
- 17) 山本直輝,菊田弘輝,長谷川麻子,林基哉, 新型コロナウイルス感染症のクラスター感染が発生したコールセンターの空気環境, 日本建築学会学術講演梗概集,p1547-1548,2022.07
- 18) 赤松大成,森太郎,五宮光,林基哉,羽山広文, 換気方式の異なる室内空間における換気効率の比較, 日本建築学会学術講演梗概集,p2093-2094,2022.07
- 19) 柳 宇, 林基哉, 中野淳太, 菊田弘輝, 本間義則, 長谷川兼一: 建築物の空調換気設備と環境衛生の実態 その1 空調・換気方式別における空気環境の比較, 公衆衛生学会, 2022.
- 20) 林基哉, 菊田弘輝, 柳 宇, 中野淳太, 鍵直樹, 長谷川兼一, 東賢一, 本間義規, 小林健一, 阪東美智子, 金 勲, 開原典子: 建築物の空調換気設備と環境衛生の実態 その2 COVID-19 事例における空調換気の調査, 公衆衛生学会, 2022.
- 21) 開原典子, 柳 宇, 林基哉: 建築物における空気調和設備の維持管理に関する調査, 2022 年室内環境学会学術大会講演要旨集, 150-151, 2022.

# 個別空調方式に特化した空気環境の維持管理・行政指導に 資するマニュアル（案）

厚生労働科学研究費補助金 健康安全・危機管理対策総合研究事業  
建築物環境衛生管理における空気調和設備等の適切な運用管理手法の研究

2023年5月

研究代表者 林基哉

# 目次

はじめに	.....	p. 1
1 章 個別空調方式に特化した維持管理手法	.....	p. 2
1. 1. 個別空調方式の特徴	.....	p. 2
1. 1. 1. 近年の動向		
1. 1. 2. 個別空調方式の運転と省エネルギー性		
1. 1. 3. 個別方式の種類と類型化		
1. 1. 4. 室内空気環境の課題		
1. 2. 個別空調方式に特化した維持管理	.....	p. 29
1. 2. 1. 日常の維持管理方法		
1. 2. 2. メンテナンス業者等による定期点検－機器について－		
1. 2. 3. 設備業者等による定期点検時の管理者の留意事項		
1. 3. その他の留意事項	.....	p. 32
1. 3. 1. 個別空調機からの害虫の侵入		
1. 3. 2. 感染拡大時の換気の確保		
1. 3. 3. 維持管理方法－環境について－		
2 章 個別空調方式に特化した立入検査	.....	p. 36
2. 1. 個別空調方式の留意点	.....	p. 36
2. 2. 基本的な指導の流れ	.....	p. 38
2. 3. 空気環境測定点の考え方	.....	p. 40
2. 4. 立入検査及び報告徴収の事例	.....	p. 42
おわりに	.....	p. 44

## はじめに

建築物衛生法の空気環境基準に対する適合状況が行政報告例によって公表されており、2000年以降、温度、相対湿度、二酸化炭素の含有率（以後、二酸化炭素濃度）の不適合率が上昇した。この要因として、行政報告例において立入検査に対する報告聴取の割合の上昇、空調換気設備の省エネルギー運用の普及、個別空調の普及、外気条件の変化が挙げられている<sup>1)</sup>。

厚生労働科学研究「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」では、個別空調方式に特化した空気環境管理手法の確立、その管理手法に基づいた行政指導のガイドラインを作成するための調査研究が行われた。

本ガイドラインでは、1章 個別空調方式に特化した維持管理法、2章 個別空調方式に特化した立入検査を示している。

1章 個別空調方式に特化した維持管理法では、個別空調方式の特徴で、個別空調の普及の状況近年の動向、個別空調方式の運転と省エネルギー性、個別方式の種類と類型化、室内空気環境の課題を示した上で、個別空調方式に特化した維持管理として、日常の維持管理方法、設備業者等による定期点検、設備業者等による定期点検時の管理者の留意事項を示した。また、その他の留意事項として、個別空調機からの害虫の侵入、感染拡大時の換気の確保について、示している。

2章 個別空調方式に特化した立入検査では、個別空調方式の留意点、基本的な指導の流れ、空気環境の測定方法、空気環境測定点の考え方を示し、立入検査及び報告徴収の事例を紹介した。

2000年以降の特定建築物における空気環境に関する不適合率の上昇は、日本の建築物における室内環境の悪化を背景としている可能性が考えられ、高齢者施設、保育施設、病院等のハイリスク対象の建築物における空気環境の影響が懸念されている。また、COVID-19パンデミックの対策として換気量の確保、夏期及び冬期の室内温熱環境の維持が求められたが、クラスター感染が発生した建築物においては、個別空調方式における空気環境制御の課題も指摘された。

普及が進み代表的な空調方式となった個別空調方式を用いた建築物において、空気環境を改善することは重要な課題である。本ガイドラインを活用いただければ幸いである。

## 参考文献

林基哉、金勲、開原典子、小林健一、鍵直樹、柳宇、東賢一（2019）特定建築物における空気環境不適合率に関する分析 日本建築学会環境系論文集 84（765）： 1011-1018

# 1章 個別空調方式に特化した維持管理手法

## 1.1. 個別空調方式の特徴

### 1.1.1. 近年の動向

#### 1) 竣工設備データベース「ELPAC」を用いた事務所建築の空調設備の動向分析

一般社団法人 建築設備技術者協会が提供している建築設備情報年鑑・竣工設備データベース「ELPAC」には、47都道府県の建築物の管理者等を対象にアンケート調査に基づいた1000件程度の建築設備関連の情報がまとめられている。ここでは、このデータを集計することにより、近年の動向を把握する。

#### (1) 空調方式

図1.1.1-1に空調方式の動向を示す。1984～1998年度に竣工した建築物は「中央管理方式」が導入されている割合が高いが、竣工年度が新しくなるにつれてその割合は減少していった。「個別空調方式」「個別空調方式+中央管理方式」を導入している建築物の割合は、竣工年度が新しくなるにつれて増加している。

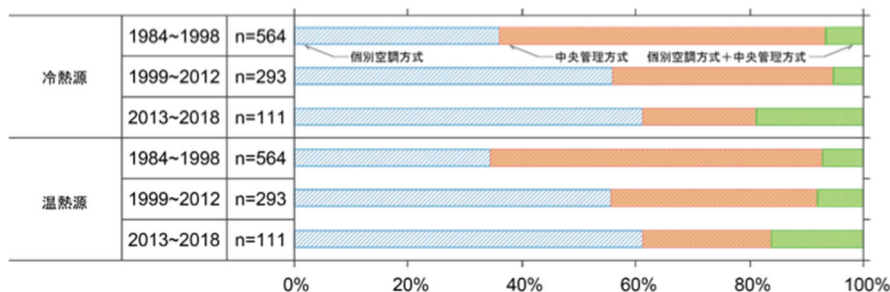


図1.1.1-1 空調方式の動向

#### (2) 延床面積

図1.1.1-2に延床面積・空調機械室合計面積の動向を示す。「個別空調方式」を導入している建築物の多くが、事務所建築の特定建築物の要件である延床面積3,000m<sup>2</sup>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。

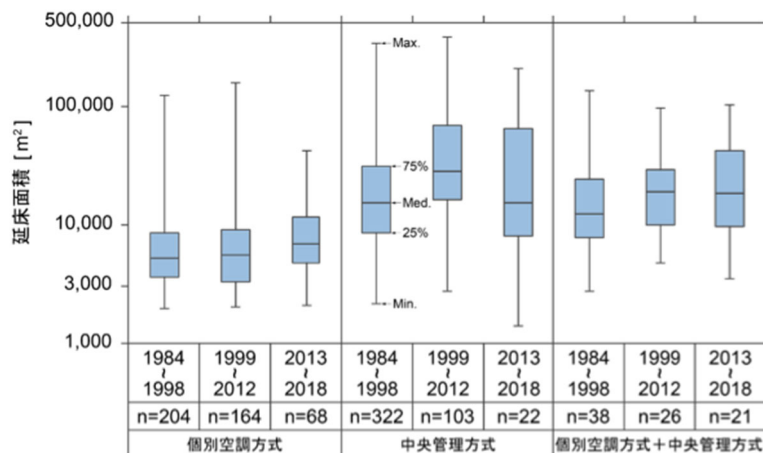


図1.1.1-2 延床面積の動向

#### (3) 加湿方式

図1.1.1-3にペリメータゾーン、図1.1.1-4にインテリアゾーン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「不明・なし」とした割合は、ペリメータゾーンにおいて半分以上、インテリアゾーンでは11.5～55.5%の割合を占めている。これら全てを加湿設備が導入されていない「なし」とみなした場合、冬期の低湿度環境の要因となっている可能性が考えられる。また、設計時における加湿に対する配慮が重要であるといえる。

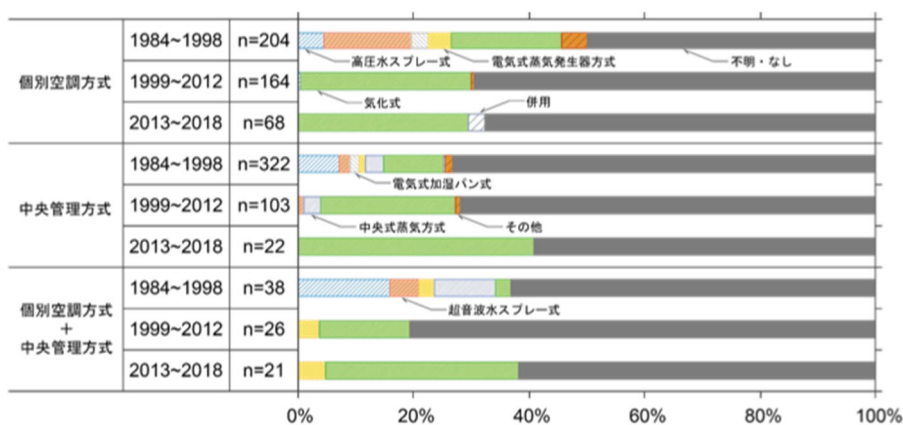


図 1. 1. 1-3 加湿方式（ペリメータゾーン）の動向

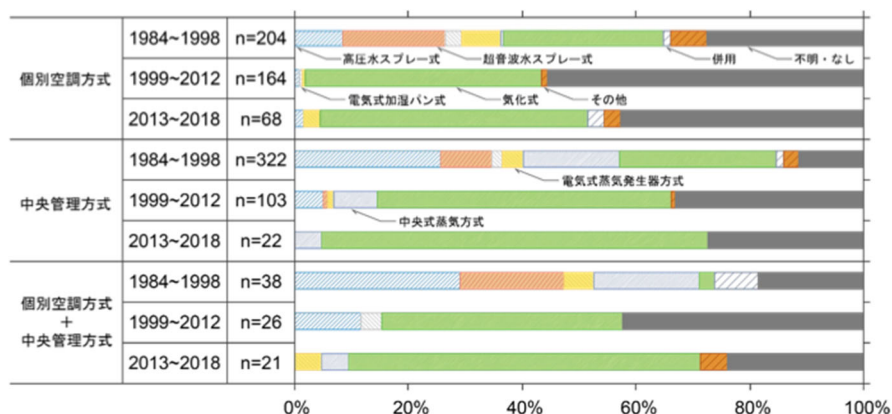


図 1. 1. 1-4 加湿方式（インテリアゾーン）の動向

(4) 外気供給方式

図 1. 1. 1-5 にインテリアゾーンに外気処理フィルターの動向を示す。「個別空調方式」で「粗塵のみ」、「中央管理方式」では「中性能（比色法50~80%)」、「個別空調方式+中央管理方式」では「粗塵のみ」の割合が高くなった。「中央管理方式」のデータに着目すると、「中性能（比色法50~80%)」の割合は、図には示していないがペリメータゾーンよりもインテリアゾーンにおけるデータの方が年度を問わず高く、「粗塵のみ」の割合は低くなっている。

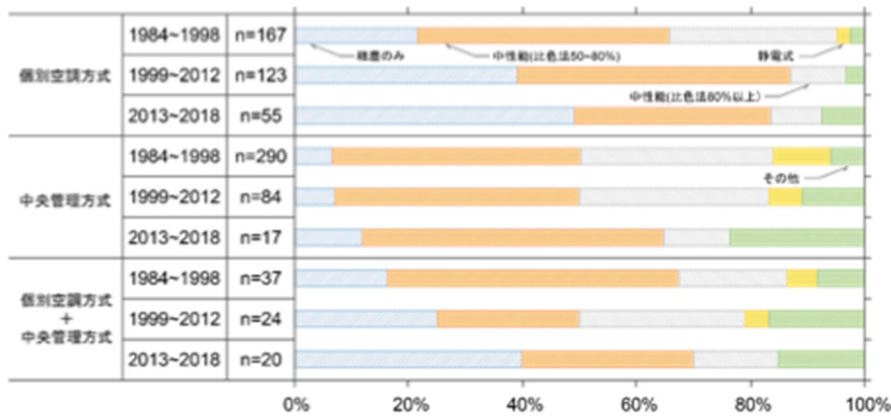


図1. 1. 1-5 外気処理フィルタ（インテリアゾーン）の動向

## 2) 機械設備設計者を対象とした熱源・空調設備の設計に関する実態把握

「個別空調方式」が広く普及している現在、オフィスビルの設計経験がある機械設備設計者を対象に実施した「熱源・空調設備の設計に関するアンケート調査」<sup>1)</sup>の中から、特に「個別空調方式」の設計に関する実態について紹介する。アンケートの有効回答は164件、回答者の実務経験年数は平均22.8年、設計実績の多い地域区分では、東京を含む6地域が123件と最も多い。

### (1) 設計実績の多い建物規模

図1. 1. 1-6に設計実績の多い建物規模を示す。「中央熱源」の建物規模としては10,000㎡以上が最も多く、1/4程度が未だ設計したことがない状況である。それに対し、「個別熱源」の場合、機械設備設計の大半が実務経験を有しており、中規模の2,000㎡以上~10,000㎡未満が2/3を占めている。

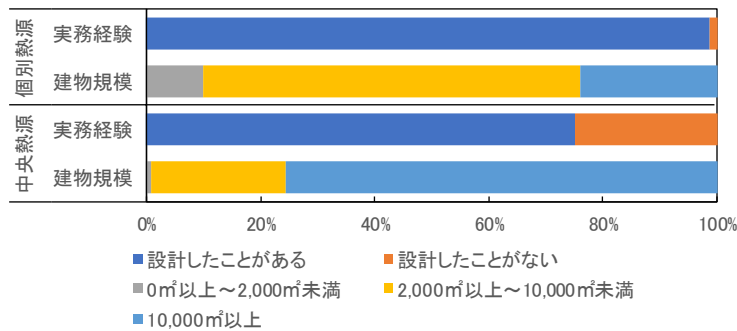


図1. 1. 1-6 設計実績の多い建物規模

### (2) 空調システムの決定で重視する項目

図1. 1. 1-7に空調システムの決定で重視する項目を示す。空調システムは、①個別熱源・個別換気方式（例：パッケージ型空調機・熱交換換気）、②個別熱源・中央換気方式（例：パッケージ型空調機・外気処理空調機）、③中央熱源・中央換気方式（例：吸収式冷温水発生機・外気処理空調機）を対象とし、重視する項目を上位5つまで回答している。その結果、「中央熱源」では、環境負荷の低減を重視している設計者が最も多い。一方、「個別熱源」では、インシャルコストの削減、メンテナンス・機器更新への配慮を重視している設計者が多く、機器の操作性、省スペース性については、「中央熱源」に比べて非常に多くなっている。



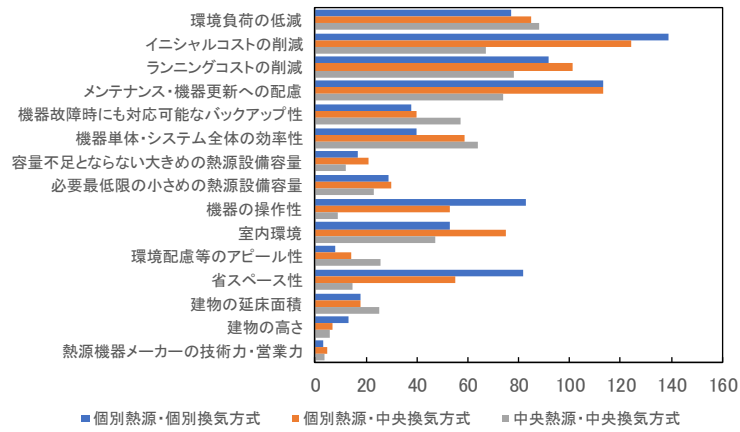


図 1. 1. 1-7 空調システムの決定で重視する項目

【参考文献】

- 1) 菊田弘輝, 阿部佑平, 江藤優太, 澤地孝男: 熱源機器容量の適正化に向けたオフィスビル設計の実態調査 その1~3, 日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学, 2023.9 (投稿済み)

1.1.2. 個別空調方式の運転と省エネルギー性

1) 竣工設備データベース「ELPAC」を用いた事務所建築のエネルギー消費量の動向分析

一般社団法人 建築設備技術者協会が提供している建築設備情報年鑑・竣工設備データベース「ELPAC」を用いて、エネルギー消費量の動向を把握する。

図1. 1. 2-1に空調方式別に、延床面積と年間一次エネルギー消費量の関係を示す。用いた年間一次エネルギー消費量は、建築物全体で年間に消費されたものである。すべての空調方式のデータにおいて強い正の相関がみられ、延床面積が大きい建築物ほど多くのエネルギーを消費している結果となった。同規模の建築物のデータに着目すると、「中央管理方式」を導入している建築物のエネルギー消費量が「個別空調方式」「個別空調方式+中央管理方式」を導入している建築物のものよりも大きくなる傾向が把握できた。

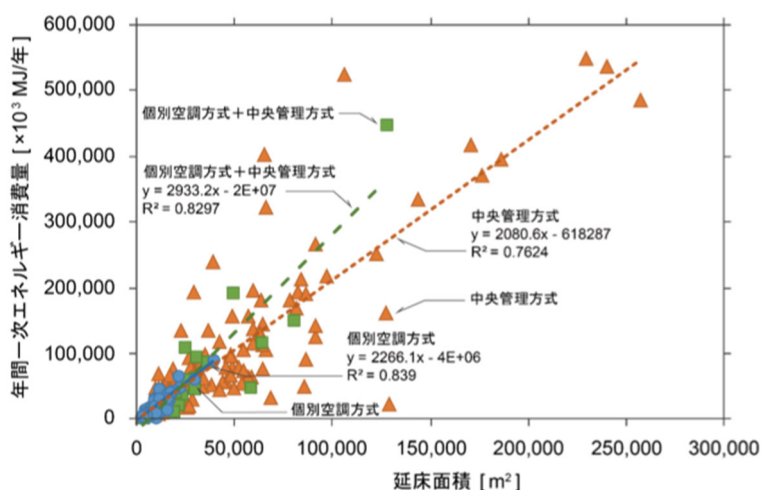


図1. 1. 2-1 年間一次エネルギー消費量の動向

図1. 1. 2-2に、個別空調方式の年間エネルギー消費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（寒冷地、関東・中部、近畿以西）のデータが相対的に多いことがわかる。そこで、図1. 1. 2-3に6地域における空調方式別・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。

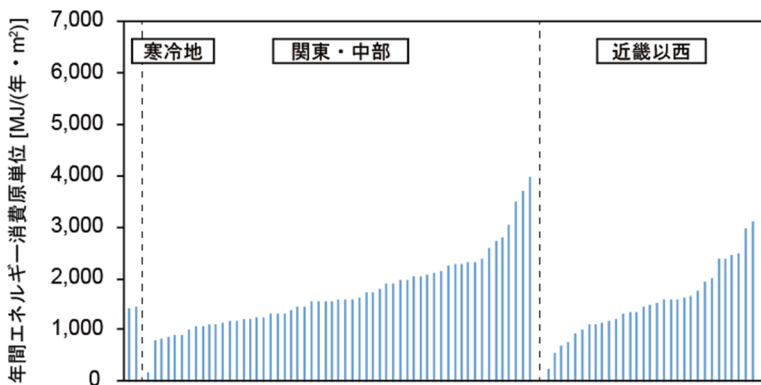


図1. 1. 2-2 個別空調方式における年間エネルギー消費原単位の分布

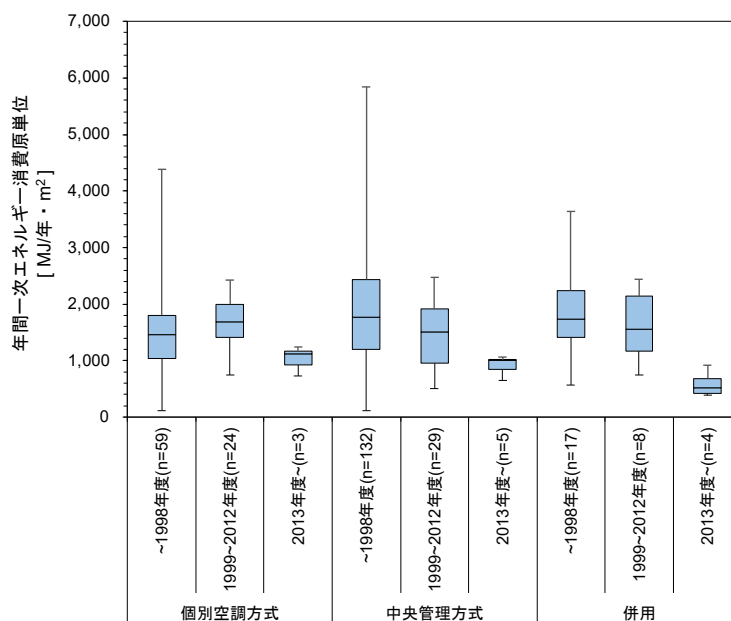


図1. 1. 2-3 年間エネルギー消費原単位 (6地域) の動向

## 2) 機械設備設計者を対象とした熱源・空調設備の設計に関する実態把握

2050年カーボンニュートラル実現に向けて、2030年度以降新築される住宅・建築物について、ZEH・ZEB<sup>注1)</sup>水準の省エネ性能を確保するとの政府目標が掲げられている。それにより、2024年度以降、適合義務化が先行している大規模非住宅建築物（延床面積2,000㎡以上）について、各用途の省エネ基準への適合状況等を踏まえ、BEI<sup>注2)</sup>を0.75~0.85に引き上げられる。

BEI≒1.0 (23件) と BEI≒0.8 (191件) を比較した関連資料<sup>1)</sup>によると、「事務所等 (6地域) の BEI<sub>m</sub> に与える影響が大きい設備は、空調設備と照明設備。空調の定格熱源能力と定格熱源効率、照明の定格消費電力に差異がある」と示されている。そこで、先述のアンケート調査<sup>2)</sup>の中から、特に熱源機器容量の設計に関する実態について紹介する。

図1. 1. 2-4に容量算定後の空調面積あたりの熱源機器容量を示す。回答数の多い東京を含む6地域のみを対象とし、標準的な設計 (ここでは、 $0.6 < BEI \leq 1$ ) の場合、さらにZEBの実務経験のある方は、ZEBの設計 (ここでは、 $0.25 < BEI \leq 0.6$ ) の場合も合わせて、それぞれ熱源機器容量を回答している。その結果、「個別熱源」は「中央熱源」に比べて熱源機器容量が大きくなる傾向がある。また、冷房優先で機器が選定されることで、特に暖房時の低負荷運転<sup>注3)</sup>による効率低下が懸念される。しかし、「個別熱源」では、屋外機の台数分割、複数の圧縮機の搭載等の工夫がなされた熱源機器の採用等、省エネ性能の向上に繋がる高効率な運転が可能となるため、熱源機器容量が全体的に大きくなっている可能性が考えられる。なお、ZEBの設計においては、標準から20%以上の熱源ダウンサイジングに相当する回答となっている。

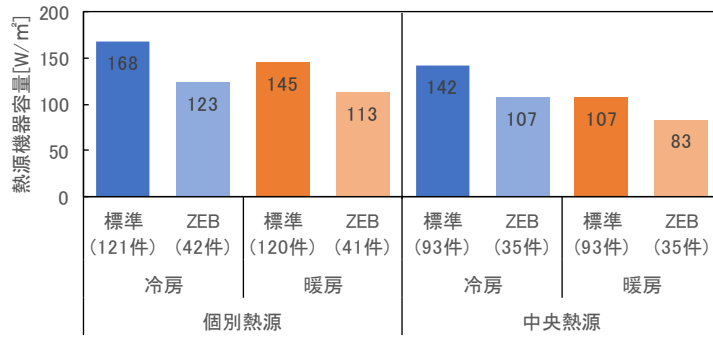


図1. 1. 2-4 容量算定後の空調面積あたりの熱源機器容量 (6地域)

### 3) 竣工設備データベース「A&S」を用いた事務所建築の熱源機器容量の動向分析

さらに最新の竣工設備データとして、2017年9月から2023年2月までの空気調和・衛生工学会のA&Sデータを用いて、近年の動向を把握する。その際、新築で主に事務用途に該当する110件を対象とする。

図1. 1. 2-5に建物規模ごとの熱源方式を示す。図1. 1. 1-1に比べて個別熱源が全体の7割とさらに増加しており、図1. 1. 1-2から変わらず中小規模の建物で多く採用されている。また、6地域で個別熱源を採用した34件を対象とし、図1. 1. 2-6にBEIm/AC<sup>注2)</sup>と機器選定後の空調面積あたりの熱源機器容量を示す。空気調和設備のエネルギー消費性能が向上するにつれて冷暖房ごとの熱源機器容量が小さくなっていることが傾向として伺える。一方、図1. 1. 2-4のような容量算定 (150W/m<sup>2</sup>前後) から図1. 1. 2-6のような機器選定 (200W/m<sup>2</sup>前後) に至る過程において、熱源機器容量を安全側に見込むことが非常に多く、省エネ性能の向上に繋がるような適正な熱源機器容量の設計と同時に、低負荷運転に対応した工夫が重要である。

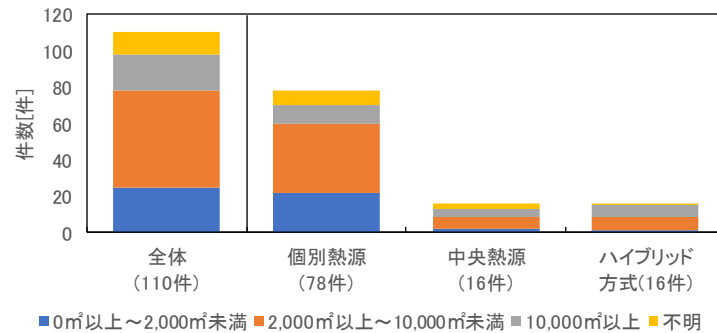


図1. 1. 2-5 建物規模ごとの熱源方式

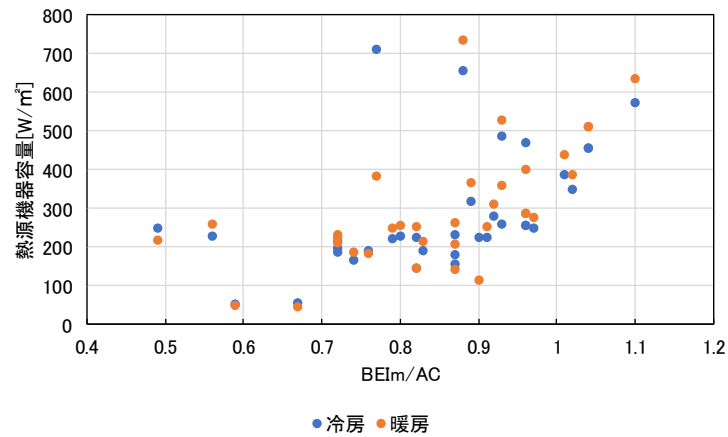


図1. 1. 2-6 BEIm/ACと機器選定後の空調面積当たりの熱源機器容量（6地域・個別熱源）

【注】

- 1) ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス， ネット・ゼロ・エネルギー・ビルの略称である。
- 2) 建築物全体のエネルギー消費性能で，設計一次エネルギー消費量を基準一次エネルギー消費量で除した値である。  
 計算方法：詳細な評価方法の標準入力法（BEI），簡易な評価方法のモデル建物法（BEIm）  
 設備別：空気調和設備（AC），機械換気設備（V），照明設備（L），給湯設備（HW），昇降機（EV）
- 3) 定格能力に対する負荷率が低い状態での運転である。

【参考文献】

- 1) 建築物エネルギー消費性能基準等ワーキンググループ・建築物消費性能基準等小委員会：大規模非住宅建築物の省エネ基準の引き上げについて，国土交通省，2022.6.29
- 2) 菊田弘輝，阿部佑平，江藤優太，澤地孝男：熱源機器容量の適正化に向けたオフィスビル設計の実態調査 その1～3，日本建築学会大会学術講演梗概集 環境工学，2023.9（投稿済み）

### 1.1.3 個別方式の種類と類型化

#### 1) はじめに

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。

一般的に、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することができることを言う。本マニュアルの対象とする個別空調方式は、冷凍機、ボイラ、冷温水発生機等の中央式熱源を持たずに、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（室外機や室外ユニットと呼ぶことがある。）を冷媒配管で接続して、各々の機器単体で運転制御が可能な空気調和設備をいい、パッケージ方式とも呼ぶ。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。

ファンコイルユニット方式は、ユニットごとに発停や吹出し風量の調節が可能であるが、中央式熱源である冷温水発生機等から温水/冷水の供給を受けるため、中央熱源方式の一種であり、本マニュアルでは対象としていない。

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。

#### 2) 個別空調方式

##### (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。

##### (2) 室内機形状

###### (i) 天井埋め込みカセット型

店舗や事務所でも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、部屋の端に設置する壁掛型や床置き型と比較すると、水平方向の室内温度分布を小さくできる。しかし、吹き出し口にアネモのような誘引効果がないため、吹き出し気流が室内空気と混ざりにくい。気流が直接当たる場所では不快感を生じるおそれがある。また、室内機からの給気温度と室温の温度差が大きい冬期には暖気が室上部にたまりやすく、高さ方向の温度分布（上下温度分布）を生じやすい。

###### (ii) 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。天井のふところがない箇所などに設置される。

(iii) 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。

(iv) 天吊り型

室内の隅部の天井に吊り下げるため、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。

(v) 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。

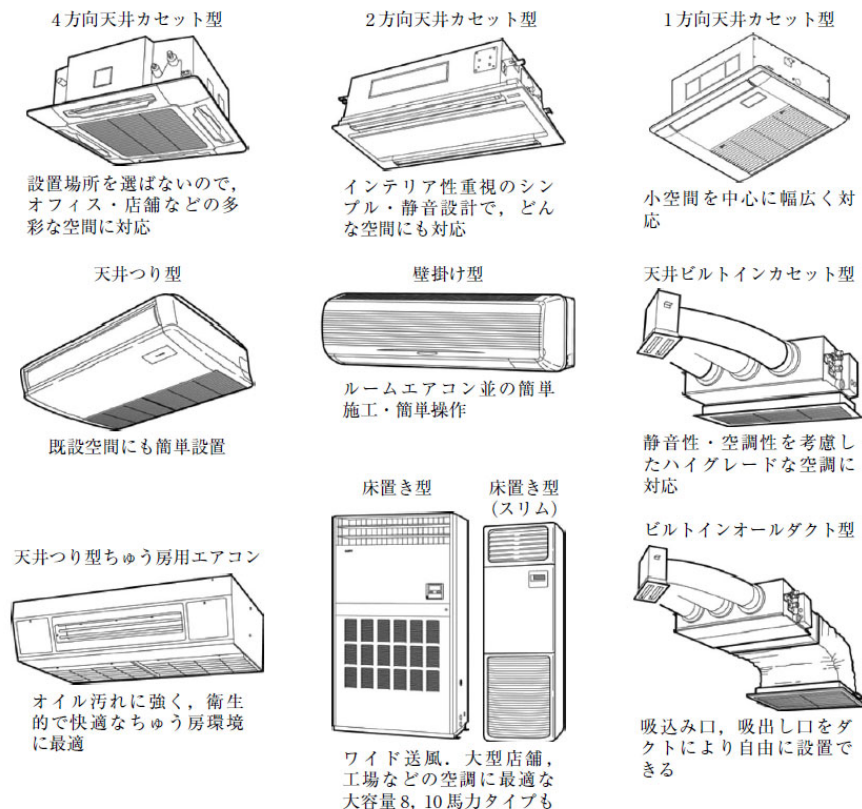


図1. 1. 3-1 室内機の種類<sup>1)</sup>

3) 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。

(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。

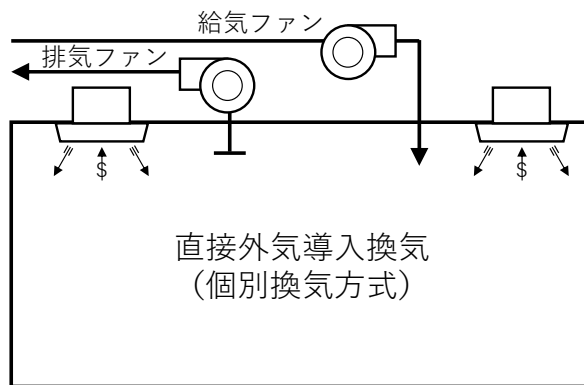


図 1. 1. 3 - 2 直接外気導入換気概念図

(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的重要性を利用者に周知することが望まれる。

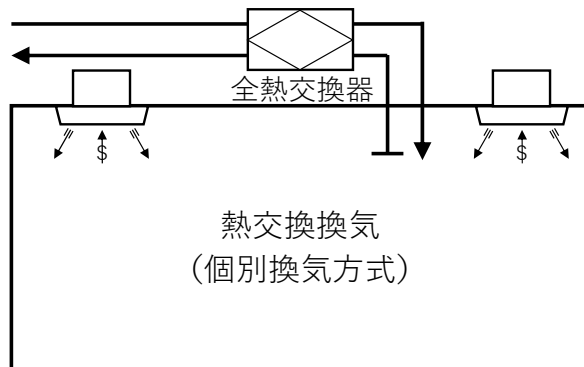


図 1. 1. 3 - 3 熱交換換気概念図



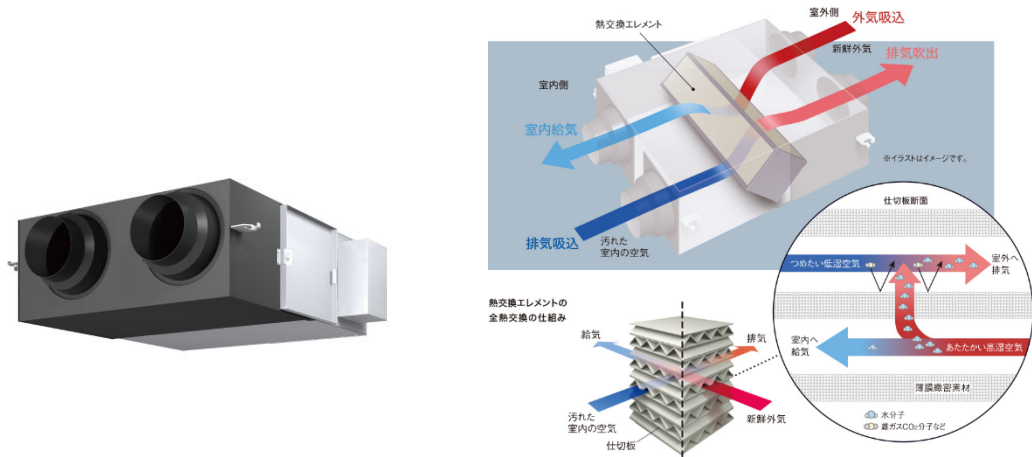


図1. 1. 3-4 天井埋込ダクト形全熱交換器とその原理<sup>2)</sup>

(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。

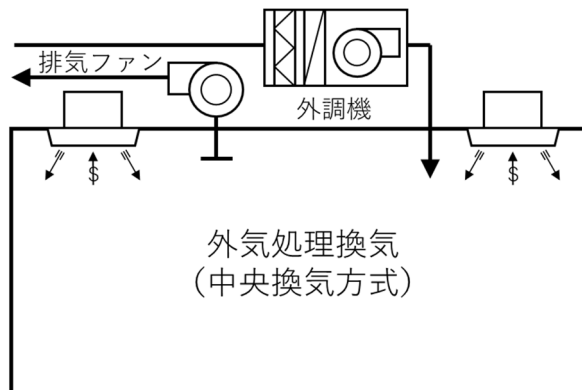


図1. 1. 3-5 外気処理換気概念図

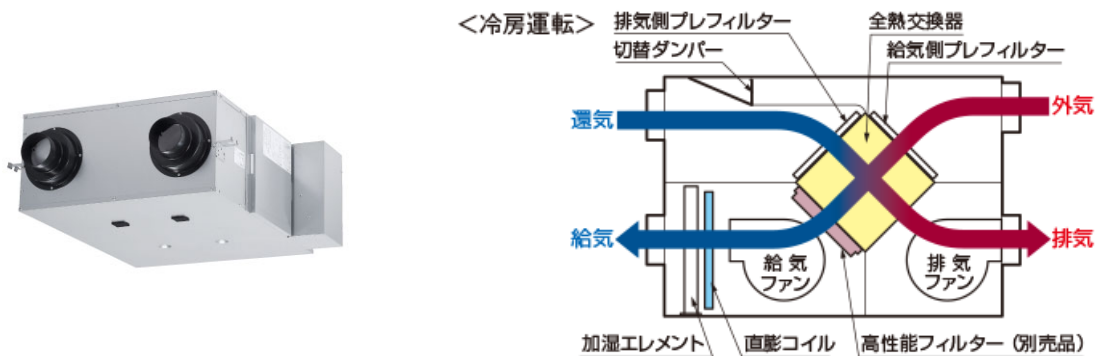


図1. 1. 3-6 天井埋込ダクト形外気処理ユニットとその原理<sup>3)</sup>

#### 4) 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。

##### (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器の種類および特徴を表1.1.3-1および表1.1.3-2に示す。

##### (i) 気化方式

水は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。

##### (ii) 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。

##### (iii) 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。

##### (iv) 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。補助の加湿器が設置される場合が多い。

表1. 1. 3-1 加湿方式とその特徴(その1)<sup>4)</sup>

○: 良い・可 △: やや悪い ×: 悪い・不可

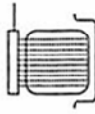





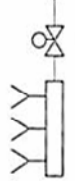
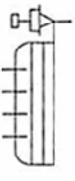


項目	気 化 式			水 噴 霧 式		
	滴下式	透湿膜式	回転式	高压噴霧式	超音波式	二流体噴霧式
1. 基本構造						
2. 作動原理	上部から加湿材に水を滴下させてぬらし、通風風化させる。	水を通さず水蒸気のみを通過させ、透湿膜チューブの内部に水を入れ、外部に通風して気化させる。	吸水性の加湿材を回転してぬらし、通風気化させる。	高压の水をノズルより噴出して霧化させる。	水槽底部の振動子に超音波振動を加え、水を霧化させる。	圧縮空気と水をノズルより同時に噴出し、霧化させる。
3. 粒子性状	高湿度空気	高湿度空気	高湿度空気	平均 40~60 μm の粗い水粒子	平均 10~30 μm の粗い水粒子	平均 5~35 μm の細かい水粒子
4. 給水有効利用率[%]	30~70	100	70~80	30~50	80~100	80~100
5. 制御性 応答性	○(自己制御性あり) × △	○(自己制御性あり) × ×	○ × △	○ × ○	○ ○ ○	○ × ○
6. 特長	・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。	・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。	・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。	・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。
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。	・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。	・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。	・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。	・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。	・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。
8. 保守点検事項	・シーズンごとに蒸発メディアの清掃点検	・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
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	・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	・加湿材中の塩類、菌あるいは殺菌用遊離塩素などが空気中に飛散してもさしつかえない室 (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	・加湿材中の塩類、菌あるいは殺菌用遊離塩素などが空気中に飛散してもさしつかえない室 (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	・加湿材中の塩類、菌あるいは殺菌用遊離塩素などが空気中に飛散してもさしつかえない室 (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	・加湿材中の塩類、菌あるいは殺菌用遊離塩素などが空気中に飛散してもさしつかえない室 (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 1. 1. 3 - 2 加湿方式とその特徴 (その2) <sup>5)</sup>

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	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。	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	飽和蒸気
4. 給水有効利用率 [%]	100	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 ・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	・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

(2) 個別空調における加湿器の構成

(i) 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。

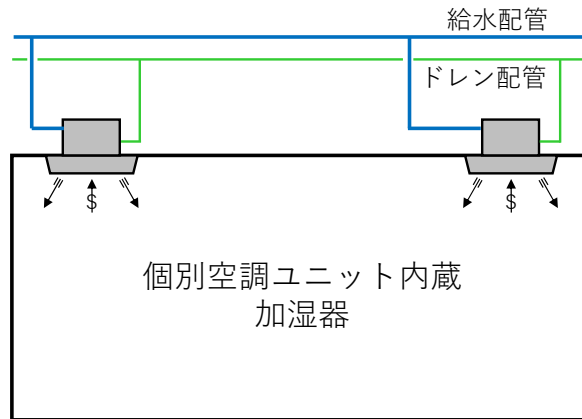


図 1. 1. 3 - 7 個別空調ユニット内蔵加湿システムの構成

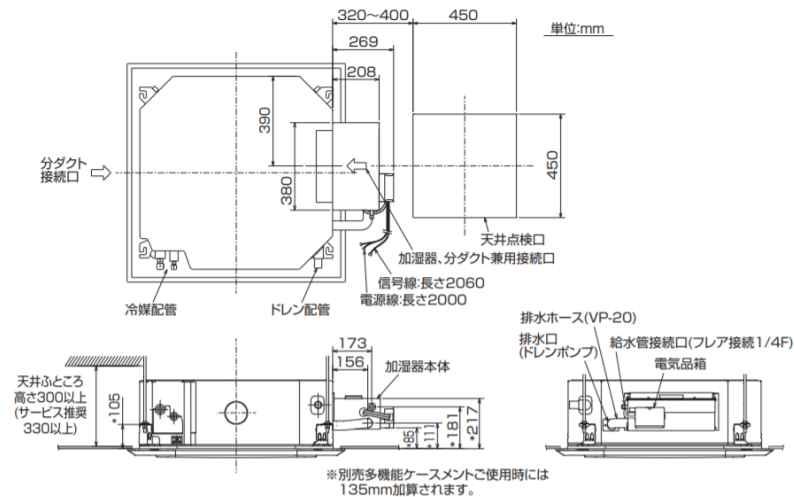


図 1. 1. 3 - 8 個別空調ユニット内蔵加湿器の例<sup>6)</sup>

(ii) 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。

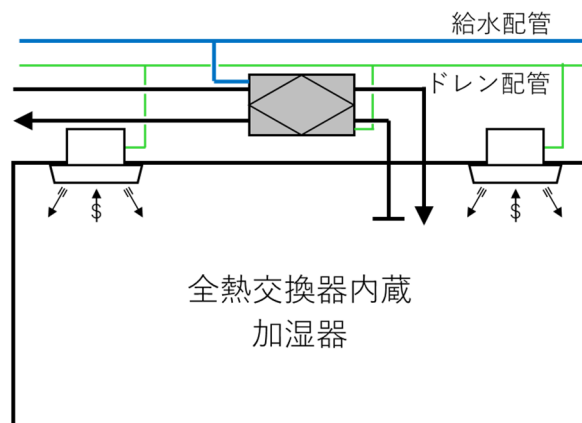


図 1. 1. 3 - 9 全熱交換器内蔵加湿システムの構成

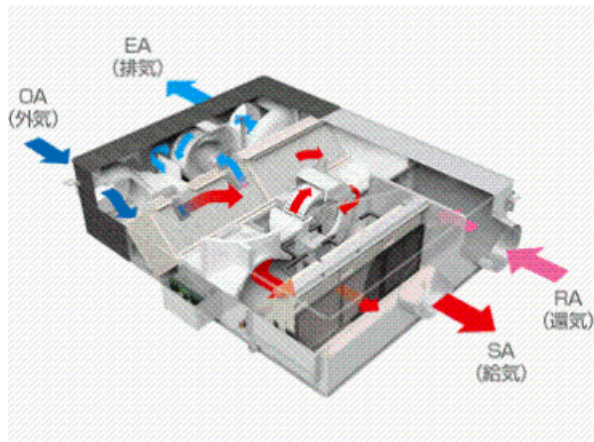


図1. 1. 3-10 天井埋設形加湿器付き全熱交換器<sup>7)</sup>

(iii) 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。

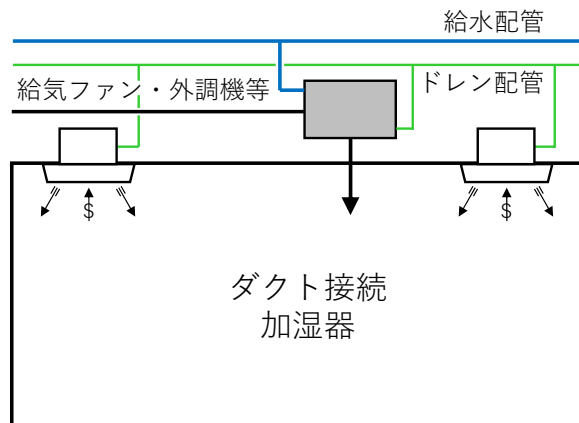


図1. 1. 3-11 ダクト接続加湿システムの構成



図1. 1. 3-12 ダクト接続加湿器<sup>8)</sup>

(iv) 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。

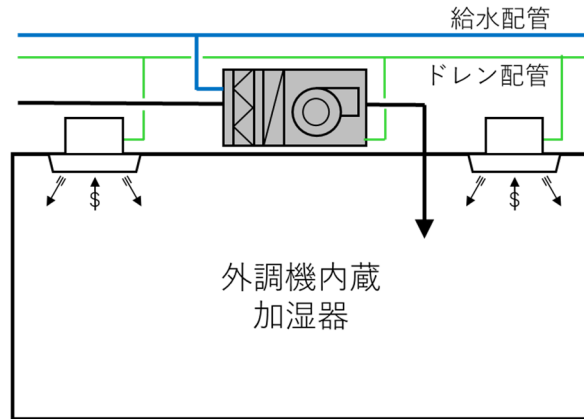


図 1. 1. 3 - 1 3 外調機内蔵加湿システムの構成

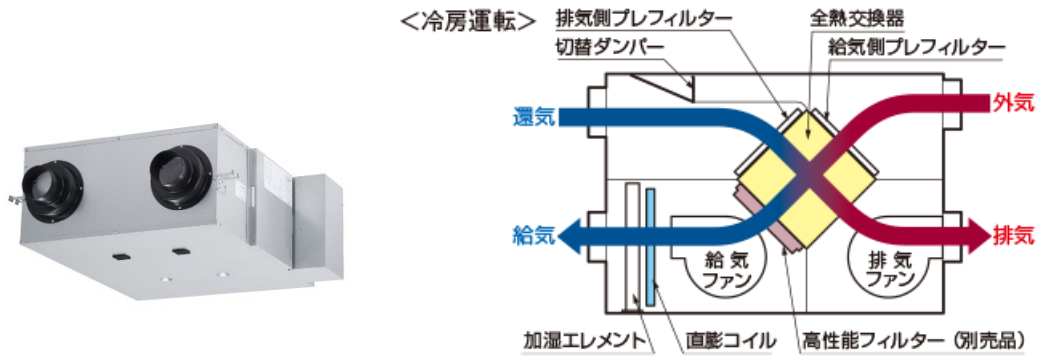


図 1. 1. 3 - 1 4 天井埋込ダクト形外気処理ユニット<sup>9)</sup>

(v) 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。

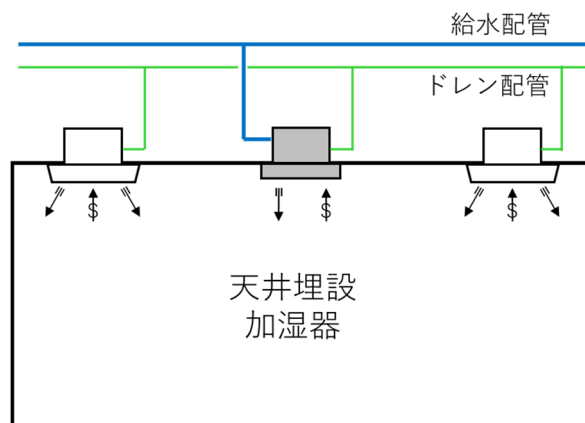


図 1. 1. 3 - 1 5 天井埋設加湿システムの構成



図 1. 1. 3 - 1 6 天井埋設型加湿器<sup>10)</sup>

【参考文献】

- 1) 空気調和・衛生工学会編：空気調和・衛生工学便覧（第14版）第2巻、p.343
- 2) <https://www.daikinaircon.com/va/kinou1/lineup/index.html>  
<https://www.daikinaircon.com/va/kinou1/single/index.html>
- 3) [https://www2.panasonic.biz/ls/air/pac/build/unit\\_in/in16.html](https://www2.panasonic.biz/ls/air/pac/build/unit_in/in16.html)
- 4) 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
- 5) 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
- 6) [https://dl.mitsubishielectric.co.jp/dl/ldg/wink/ssl/wink\\_doc/m\\_contents/wink/PAC\\_IM/bg79y725h01.pdf](https://dl.mitsubishielectric.co.jp/dl/ldg/wink/ssl/wink_doc/m_contents/wink/PAC_IM/bg79y725h01.pdf)
- 7) <https://www.mitsubishielectric.co.jp/ldg/ja/air/products/culosnay/commercial05/index.html>
- 8) <https://www.wetmaster.co.jp/product/vapor/vsc/>
- 9) [https://www2.panasonic.biz/ls/air/pac/build/unit\\_in/in16.html](https://www2.panasonic.biz/ls/air/pac/build/unit_in/in16.html)
- 10) <https://www.wetmaster.co.jp/product/vapor/vcj/>



## 1.1.4 室内空気環境の課題

## 1) 温熱環境

## i) 水平方向の温度ムラ

中央式空調は、建築物全体の空調が一つのシステムとして設計されている。個別空調は室内機が室内のゾーンごとに分散して配置され、多くの場合、発停および設定温度を独立して制御可能な仕様となっている。在室者の環境調節の自由度が高まる反面、設定条件によっては、室内で均一な温熱環境の維持が困難となる場合がある。ペリメータとインテリアの環境の差が大きくなりやすい冬季には、特に注意が必要である。

図1.1.4-1は、日本全国29の個別空調の導入された事務室における57点の測定結果を示す。室中央（インテリア）および窓近傍（ペリメータ）にある席にて測定した空気温度（高さ1.1m）の差を示しており、インテリアが基準となっている。ペリメータの空気温度は、インテリアと比較して冬季にマイナス側、夏季にプラス側に多く分布していることがわかる。一方で、過剰な冷暖房温度設定の影響により、ペリメータ側が夏季に低く、逆に冬季に高くなる点も見られた。温度差は、外気温と室温の差が大きくなる冬に拡大しやすいことがわかる。

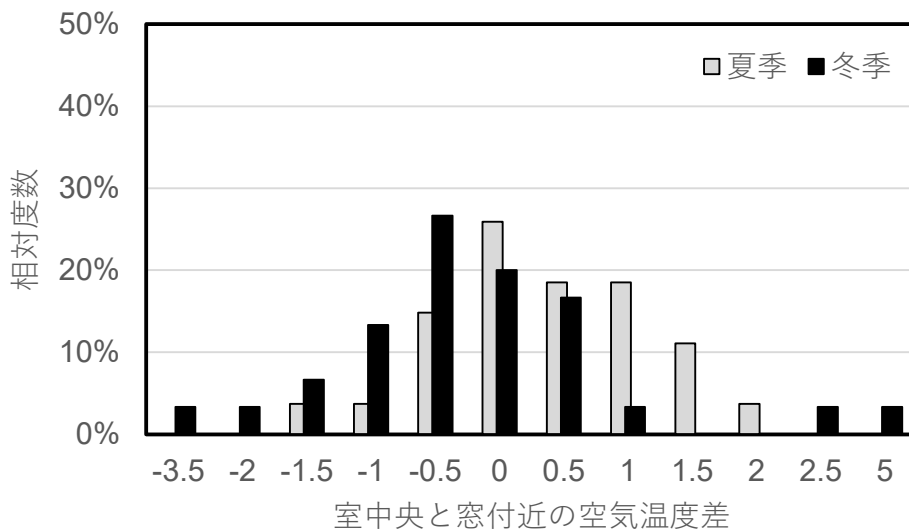


図1.1.4-1 室中央（インテリア）と窓際（ペリメータ）の高さ1.1mにおける空気温度差

## ii) ドラフト（不快な気流）

中央式空調では、丸アネモや角アネモのような室内空気を誘引するふく流吹き出し口が多く採用されている。空調機からの冷風や温風を、誘引された室内空気と混合させることで、室温に近づけた温度で給気することができる。しかし、個別空調の天井カセット型室内機の吹き出し口は、室内空気の誘引を前提としておらず、軸流が残ったまま温風や冷風がそのまま吹き出される。この吹き出し気流が在室者に直接当たる状況では、ドラフト（不快な気流）の要因となる。

## iii) 垂直方向の温度ムラ

室内空気と十分に混合されない室内機からの給気は、空気の温度差から生じる密度差によって冷風の場合は室下部に、温風の場合は室上部にたまりやすくなる。これは頭寒足熱と逆転する温度分布であり、足元は冷えるのに頭はボーっとするという上下温度分布による不快感につながる。米国暖房冷凍空調学会（ASHRAE）の温熱環境基準では、くるぶしと頭の高さの温度差を3℃未満にすることを推奨している。

図1.1.4-2に、個別空調事務室の全国調査における高さ0.1m（座位のくるぶし）と高さ1.1m（座位の頭部）の温度差を示す。高さ0.1mを基準としており、正の値は高さ1.1mの温度が高いことを示している。夏季は温度差0℃が最頻値となっているが、冬季は正の方向に広く分布していることがわかる。部屋の断熱性能が低く、非空調時に室温が大きく下がる場合は上下温度差が拡大しやすく、寒冷地ほどその傾向は顕著になる。衛生管理項目には含まれていないものの、不快感の解消のためには、補助的にサーキュレーターを使って室内空気を攪拌するなどの対策が望まれる。また、冷たい窓面や壁面により室内空気が冷却され、下降気流（コールドドラフト）の発生しやすいペリメータでは、必要に応じて追加の暖房を行うことも考えられる。

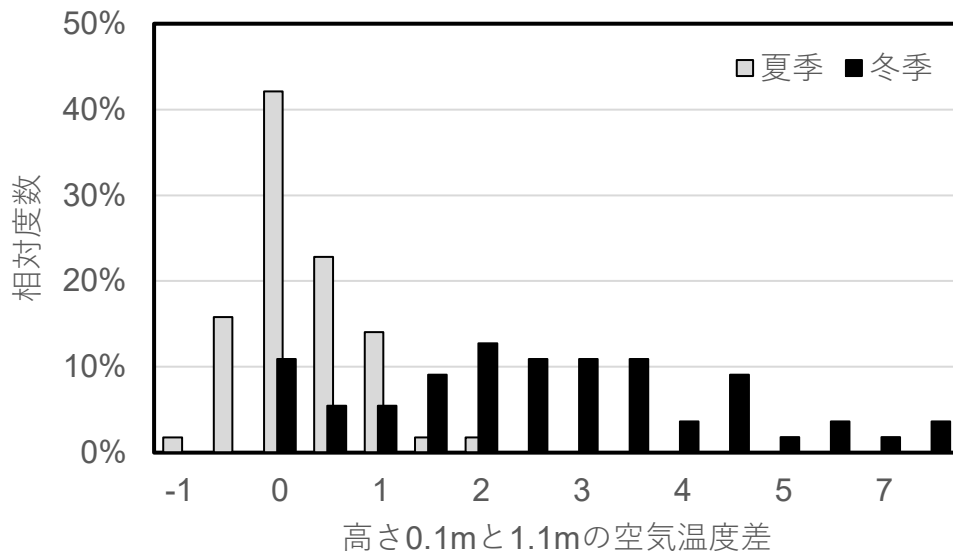


図1.1.4-2 高さ0.1mと1.1mの空気温度差

iv) 冬季の加湿不足

これは個別空調方式に限った課題ではないが、冬季に湿度が40%に満たないケースが多く見られる。図1.1.4-3に全国調査の結果を示すが、冬季の85%が衛生管理基準の40%を満たしていないことがわかる。個別空調は室内機に加湿機能がなく、加湿器を別途設置しているケースが多い。温湿度の制御が連動していないため、想定よりも室温が上がると相対湿度は下がり、加湿が不足しやすい。個別空調方式では、中央式以上に湿度の管理に注意が必要である。

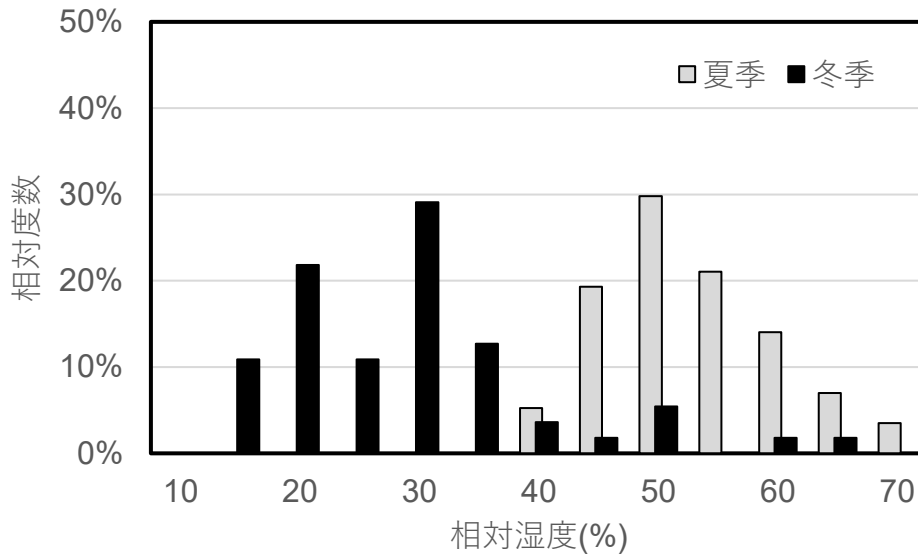


図1.1.4-3 高さ1.1mの相対湿度

2) 室内空気質の実態

(1) 調査対象

2021~2023年の冬期と夏期に、東京、埼玉、札幌、秋田にあるオフィスビル7ビル9室を対象に室内温湿度、二酸化炭素濃度(CO<sub>2</sub>濃度)、浮遊細菌、浮遊真菌、粒径別浮遊微粒子濃度の測定を行った。表1.1.4-1に測定対象ビルの空調・換気設備の概要を示す。ここでは、その測定結果の概要について述べる。

表1.1.4-1 調査対象の空調・換気設備の概要

対象ビル	対象室	所在地	空調・換気方式	フィルタ性能	測定日	
					冬期	夏期
A	事務室	東京都港区	OAHU+PAC	中性能	2021年12月	2022年8月
B	事務室	東京都足立区	PAC+HEX	そ塵用	2021年12月	2022年8月
C	事務室	埼玉県さいたま市	AHU	中性能	2021年12月	2022年8月
D	事務室	北海道札幌市	PAC+換気扇	そ塵用	2023年1月	2022年9月
E	事務室	北海道札幌市	PAC+換気扇	そ塵用	2023年1月	2022年9月
F	事務室8F	秋田市	PAC+HEX	そ塵用	2023年2月	2022年9月
	事務室4F		PAC+HEX	そ塵用		
G	事務室2F	秋田市	OAHU+PAC	中性能	2023年2月	2022年9月
	事務室5F		OAHU+PAC	中性能		

(2) 温度

総じて良好であった。夏期では、建築物衛生法の上限値28℃を上回ったのが、Eビル（11%）とGビル（3%）であった。一方、冬期では建築物衛生法の下限值を下回ったのはGビルの5階であり、それが2月17日の9:00-9:20の時間帯で、当日空調運転開始時間が遅かったためと考えられる。

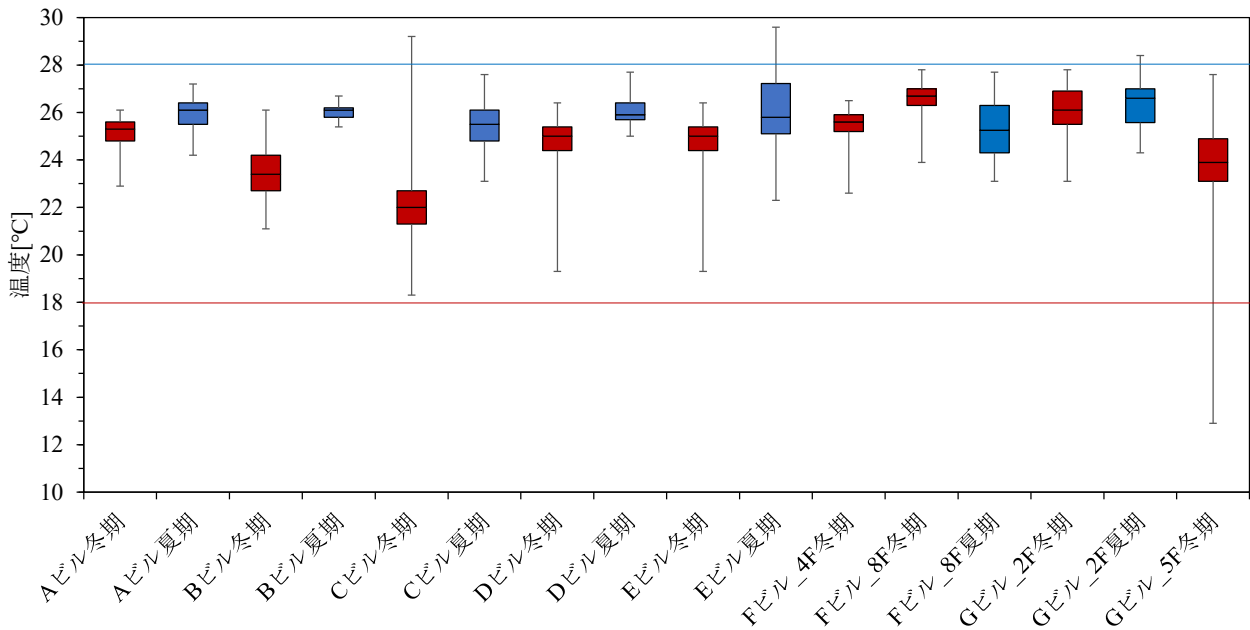


図1. 1. 4-1 夏期と冬期の温度分布（9:00~18:00時間帯のデータを基にまとめた）

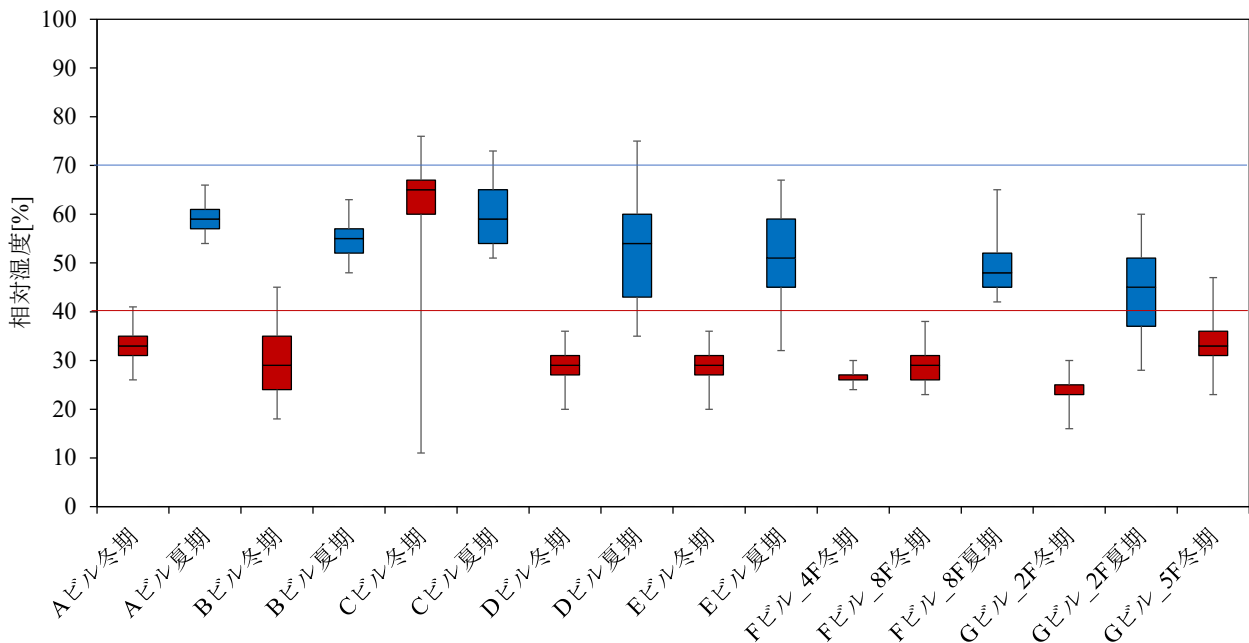


図1. 1. 4-2 夏期と冬期の相対湿度分布（9:00~18:00時間帯のデータを基にまとめた）

(3) 相対湿度

夏期では、建築物衛生法上限値70%を上回ったのは夏期のCビル（1%）とDビル（5%）であり、総じて良好であった。一方、冬期ではCビルを除いた他のビルの中央値が全て40%を下回った。測定9対象室のうち8室（89%）が建築物衛生法の管理基準値を満たしておらず、冬の低湿度問題が再確認された。なお、Cビルは訓練センターのオフィスで、40%を下回った時間帯は夕方であることから、当時仕事終了後で空調（加湿）が止められていたと推察され

る。

(4) 二酸化炭素濃度

夏期では、建築物衛生法管理基準値1000ppmを上回ったのはEビル(1%)、Fビル(20%)、Gビル(18%)であった。FビルはZEB ready(再生可能エネルギーを除き、基準一次エネルギー消費量から、50%以上の一次エネルギー消費量を削減した建築物)ビルである。FビルとGビルは常時に必要な換気量を導入していないことが分かる。一方、冬期ではFビル4階の中央値が約1200ppm、最大値は約1600ppmであった。写真1. 1. 4-1に示す通り、当該室の換気扇スイッチがOFFになっていたため、機械換気が行われていなかった。



写真1. 1. 4-1 換気扇スイッチ

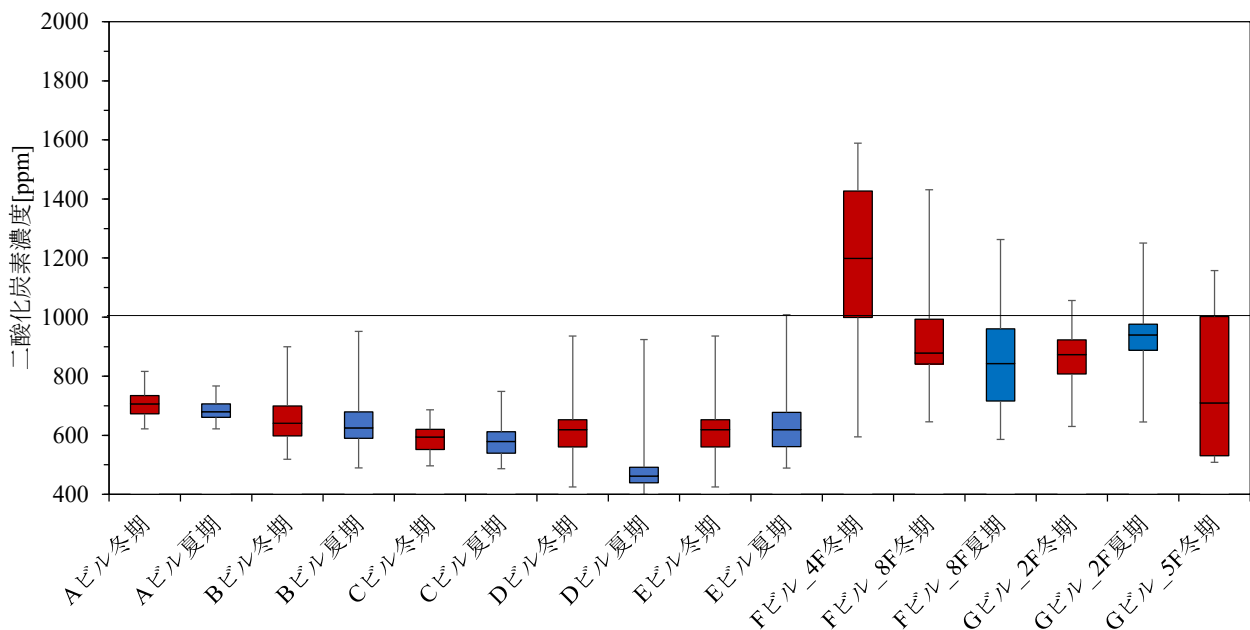


図1. 1. 4-3 夏期と冬期の二酸化炭素濃度分布(9:00~18:00時間帯のデータを基にまとめた)

(5) 浮遊微粒子

<1 $\mu$ m浮遊粒子濃度について、SPSS Ver29を用いたノンパラメトリックMann-Whitney U検定の結果、DビルとGビル5階を除いた他の対象室においては夏期が冬期より有意に高かった(p<0.001)(図1. 1. 4-4)。一方、DビルとGビル5階の対象室は冬期の方が有意に高かった(p<0.001)。DとEビルは写真1. 1. 4-2に示すポータブル加湿器を使用している。Gビル5階のI/O比は1より顕著に大きいため、室内に発生源があることが示唆された。加湿器から微粒子を多く発生することを報告されている。<sup>1)</sup>

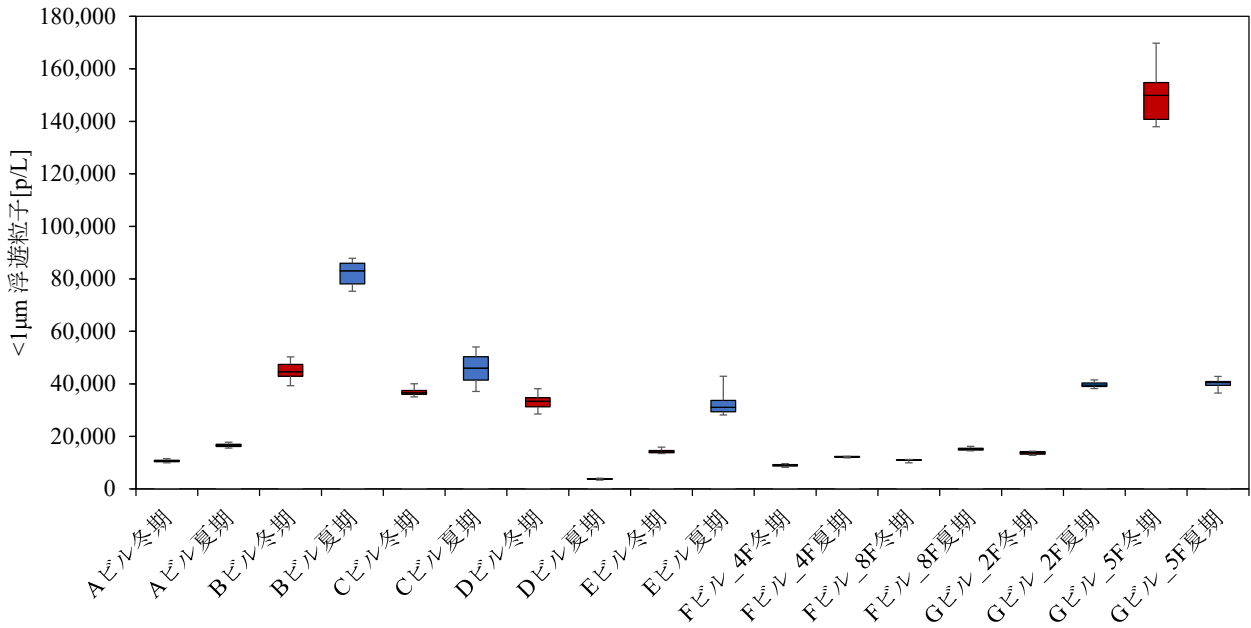


図1. 1. 4-4 夏期と冬期の<1μm浮遊粒子濃度分布



写真1. 1. 4-2 ポータブル加湿器（左：Dビル；右：Dビル、Fビル）

>1μm浮遊粒子濃度について行った検定の結果、DビルとGビル5階を除いた他の対象室においては夏期が冬期より有意に高かった ( $p < 0.001$ ) (図1. 1. 4-5)。Dビルにおいては冬期と夏期間に有意な差が認められなかった ( $p = 0.234$ )。Gビル5階は前述した<1μmの浮遊粒子濃度と同様に、冬期が夏期より有意に高かった ( $p < 0.001$ )。Gビル5階のI/O比も1より大きかったことから、室内に発生源があることが示唆された。なお、他の全ての対象室のI/O比は概ね1以下であった。

室内の粒径別浮遊粒子濃度に室内の発生源、フィルタの捕集性能、外気濃度が影響を及ぼす。このことは今回の測定結果からも説明できる。室内の発生源においては、夏期にたばこ煙の影響を受けるEビルの $<1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度が高い値を示した。フィルタの捕集性能において、東京の3ビル（A、B、C）では、昨年冬期と同様に個別換気方式のBビルは最も高い値を示した。外気の影響において、秋田にある道路を挟む向かい側の2ビル（F、G）では、窓開け換気のGビルがFビルより高い値を示した。冬期のGビル5階の $<1\mu\text{m}$ の浮遊粒子濃度が異常に高かった。 $<1\mu\text{m}$ と $>1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度のI/O比が1より遥かに高いことから、室内に発生源があることが示唆された。

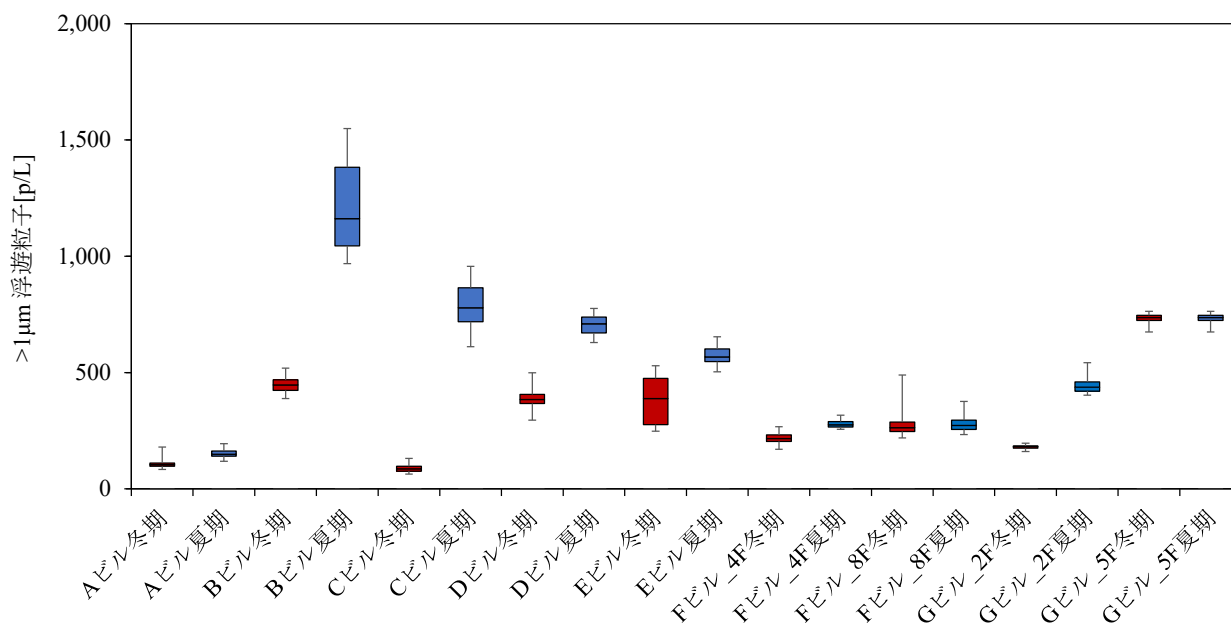


図1. 1. 4-5 夏期と冬期の $<1\mu\text{m}$ 浮遊粒子濃度分布

#### (6) 浮遊細菌・浮遊真菌

浮遊細菌について、その主な発生源は室内にあることが知られている。前述した $\text{CO}_2$ の測定結果も分かるように、測定対象ビルの殆どは必要な換気量を取り入れているため、室内浮遊細菌濃度は高くなかった。しかし、冬期のGビル5階の濃度が $1485\text{cfu}/\text{m}^3$ であり、異常に高かった。前述した浮遊微粒子濃度も異常に高いことから、加湿器からの微粒子と細菌の発生があったことが考えられる。既往の厚生労働科学研究の調査では、ポータブル加湿器からの細菌の発生がみとめられた。そのケースでは、室内中央の浮遊細菌濃度が $160\text{cfu}/\text{m}^3$ であるのに対し、加湿器付近の浮遊細菌濃度は $2305\text{cfu}/\text{m}^3$ であった。また、菌叢解析の結果、加湿器内と加湿器付近の空中から*Flavobacterium*属、*Methylobacterium*属、*Mycoplana*属の細菌が検出されている。<sup>2)</sup>

浮遊真菌については、その主な発生源は外気であるため、AIJの維持管理基準値 $50\text{cfu}/\text{m}^3$ より高い濃度示したビルは多かったが、Bビルを除いた他のビルは外気による影響であり、さほど問題ではない。一方、夏期のBビルにおいては室内から異常に高濃度の耐乾性のアオカビが検出された。クリーニング等の対策が必要である。

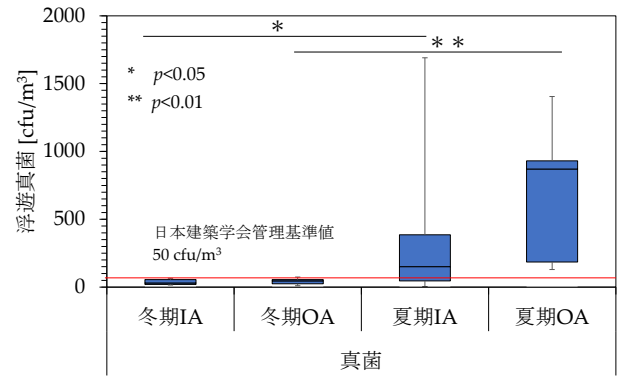
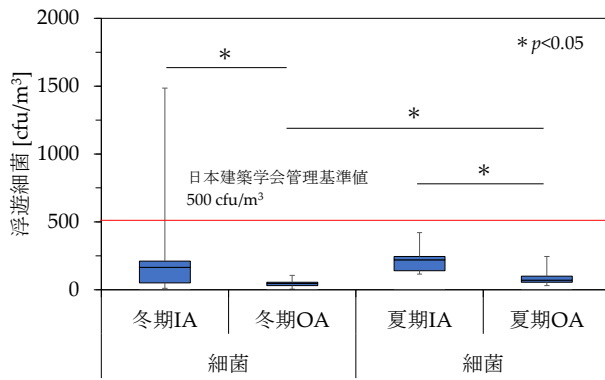


図 1. 1. 4-6 夏期と冬期の浮遊細菌濃度分布

図 1. 1. 4-7 夏期と冬期の浮遊真菌濃度分布

【参考文献】

- 1) Guo K., et al. The impact of using portable humidifiers on airborne particles dispersion in indoor environment. *Journal of Building Engineering*. **2021**, 43,103147. 志摩輝治, 柳 宇, ほか: オフィスビルにおける室内浮遊微生物濃度の長期測定 その2, 第34 回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集, pp.80-83, 2017
- 2) 志摩輝治, 柳 宇, ほか: オフィスビルにおける室内浮遊微生物濃度の長期測定 その2, 第34 回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集, pp.80-83, 2017



## 1.2. 個別空調方式に特化した維持管理

### 1.2.1. 日常の維持管理方法

(引用：日本建築衛生管理教育センター：改訂 特定建築物における建築確認時審査のためのガイドライン，2016年)

【要点】 個別方式の空気調和機の運転制御については、適正に運転管理ができるようにする。

【解説】 個別方式で空調管理する場合、機器の制御方法によっては衛生上必要とされる空気環境を維持できないことがある（表1.2.1-1）。

表1.2.1-1 制御方法を原因とする不良例とその対策

	制御方法を原因とする不良例	対策と解説
1	空調機と外調機（外気処理空調機）が独立した運転制御となっているため、外調機停止による外気不足や加湿不良が生じた。	空調機と外調機を連動させて一定の外気量や循環量を確保する。
2	機器の運転管理が手元操作だけのため、誤操作等によって室内環境が悪化した。	運転停止や温度設定等の操作を中央管理可能に設計上の機器性能を確保する。
3	中間期等に空調機を停止させていたために、室内環境が悪化した。	外気量及び循環量が減少し、粉じん濃度の上昇や低気流による「よどみ感」を生じる。居室利用等には、送風モードを可能とする。

個別方式の空調機の運転管理状況を調査した結果、衛生上必要とされる空気環境が維持されない原因として、以下のことが挙げられた。

1) 管理者が空調機の運転や停止の状況を把握できない。また、各居室の温度、相対湿度の状況を把握できない。

2) 利用者が運転方法に対する「理解不足」のため、適正な操作できない。

空調機の設計能力を適正に発揮するために、設計段階から利用実態を反映した適正な運転管理ができる方法を考慮する必要がある。機器の制御方法における具体的な対策としては、以下の方法を採用することである。

1) 空調機の運転や停止の状況が中央で把握でき、それらの操作が可能、かつ、各居室の温度、相対湿度等の状態が確認できる方式

2) 運転操作が簡単で分かりやすい方式

### 1.2.2 メンテナンス業者等による定期点検－機器について－

【要点】 室内空気質と温熱環境を建築物衛生法に定められている管理基準値を満足するように、中央方式と同様に維持管理されなければならない。

【解説】 個別方式空調設備の室内機は分散されているため、中央方式のように機械室内での点検ができない。そのため、測定技術者による2か月1回の測定結果を参考にし、必要な項目について重点に点検する。

メンテナンス業者定期点検項目と方法を以下に示す。

#### (1) 換気設備

建築物衛生法に定められているCO<sub>2</sub>濃度1000ppm基準値を満たすために、毎時一人当たりの換気量を30m<sup>3</sup>以上にする必要がある。言い換えれば、CO<sub>2</sub>濃度が1000ppm以下になっていれば、その換気量が確保されることになる。CO<sub>2</sub>濃度が1000ppm以上である場合、外気の取り入れ設備（ファン、換気扇）のスイッチがOFFになっていないか、在室人員密度が高すぎないかを確認する。そうでない場合、換気設備の能力が当初設置時の風量を満たしていない可能性がある。この場合、まず換気設備の清掃を行い、換気量が回復するかどうかを確認する。

#### (2) 全熱交換器

熱交換エレメントは、じん埃の付着による目詰まり、目つぶれ、あるいは経年変化による変形、損傷などにより、熱交換効率の低下や、外気量を確保できない状態も起こり得る。従って、エレメントの定期的な点検清掃が必要となる。

熱交換器を必要としない中間期等の場合は、熱交換器の適正な管理のため、バイパスダクト等による換気が行われているかを確認する。

#### (3) 空調機の室内機

個別方式室内の冷房運転時は、空調機内が高湿環境にあり、細菌や真菌の増殖によって好環境になっている。空調機内多種多様な細菌や真菌は生息していることが報告されている。<sup>1)</sup> 必要に応じて、定期的に室内機の洗浄を行う。

#### (4) 室内機のエアフィルタ

室内機のエアフィルタを定期的にクリーニングする。

#### (5) 加湿器

冬期の低湿度問題がしばしば指摘されている。建築物衛生法に定められている相対湿度基準値40%を満たすために、必要な能力を持つ加湿器による加湿が必要である。個別方式空調の加湿方式は、外調機に組み込む場合と室内設置型（ポータブル）で異なる。

外調機に組み込まれる加湿器においては、常に運転しているかを確認する。また、その衛生状態を点検する。

外調機が備えられていない個別方式空調の場合においては、室内にポータブル式加湿器を設置する場合が多い。この場合は空気調和機の運転状況に左右されず、有効な加湿方法といえるが、加湿器の衛生管理も重要である。毎日換水するのみならず、適時に加湿器内を洗浄することも重要である。

#### 【参考文献】

- 1) Watanabe K., Yanagi U, et al. Bacterial communities in various parts of air-conditioning units in 17 Japanese houses. *Microorganisms*. 2022, 10(11), 2246.  
<https://doi.org/10.3390/microorganisms10112246>

## 1.2.3. 設備業者等による定期点検時の管理者の留意事項

空調設備の維持管理は、建築物衛生法の施行規則や厚生労働大臣告示、建築物環境衛生維持管理要領等で規定されている(表1.2.3-1)。この規定は、セントラル方式だけでなく、個別空調方式にも適用される。

全熱交換器やパッケージエアコン、ファンコイルユニット等、複数の機器で構成される個別空調方式は、セントラル方式より管理点数が多くなる。また、天井面や天井内等、制約のあるスペースでの作業となるため、維持管理の負担が大きい。点検口が専用部に設置されると、入居者への配慮も必要となる。空調機械室等に機器を集中配置するセントラル方式とは異なる点である。

こうした事情から、個別空調方式の点検やフィルタ交換等を休館日等に集中的に実施することが少なくない。その際、建築物衛生法で規定された維持管理を確実に実施する必要がある。

特に、「排水受け」と「加湿装置」は点検頻度が定められており、また、目視での作業が想定されているので、計画的な維持管理が欠かせない。また、加湿装置の清掃方法にも注意が必要である。加湿モジュールを取り外して清掃すると効果的であるが、天井内での漏水リスクを避けるため、設置した状態での作業となることがある。仕様書等も参考にしながら、適切な清掃方法を選択する必要がある。

表1.2.3-1 空気調和設備に必要な管理項

設備名	管理項目	頻度	管理の内容	根拠
加湿装置	清掃	1年以内ごとに1回	加湿モジュール、スプレーノズル、エリミネータ等の清掃 加湿用補給水槽の清掃	規則 告示 要領
	点検	使用開始時及び以後1月以内ごとに1回点検、必要に応じ清掃	加湿材の汚れ、加湿能力、エリミネータ等の汚れ、スプレーノズルの閉塞状況等	
排水受け (ドレンパン)	点検	使用開始時及び以後1月以内ごとに1回点検	汚れ、閉塞状況の有無を点検、必要に応じ清掃	規則
フィルタ	点検 交換	定期	汚れの状況、差圧計の異常の有無、必要に応じ交換	告示
冷温水コイル	点検 洗浄 交換	定期	コイル表面の汚れ等の有無	告示
ダクト・ダンパー 吹出口・吸込口	清掃 点検	定期	吹出口・吸込口の清掃、補修等 ダンパーの作動状況点検 厨房ダクト、グリースフィルタの点検・清掃	告示
送風機・排風機	点検	定期	送風量・排風量の測定 作動状況の点検	告示
自動制御装置	点検	定期	隔測温度計の検出部の障害の有無	告示

規則：建築物衛生法施行規則

告示：厚生労働省告示第119号(平成15年3月25日)

要領：建築物環境衛生維持管理要領(平成20年1月改定)

### 1.3. その他の留意事項

#### 1.3.1. 個別空調機からの害虫の侵入

##### エアコン室外機の現状

個別空調・害虫というキーワードで検索しても文献はあまり無いが、個別空調の室外機が置かれているベランダ等の設置個所でのゴキブリ（坂下、2002；中野、2019, 2022）の生息や被害の報告はいくつか知られている。また、室外機は屋外に設置された家電と位置付けられ、ゴキブリ以外にも、テントウムシ、ムカデ、ナメクジ、ヤモリが室外機の基盤に侵入して感電ショートした事例がある（西野・牧野、2018）。室外機の汚損（故障）は室内環境の悪化に直接影響する問題となる。マンションのベランダには植木鉢が置かれることがあるが、その周辺ではクロゴキブリの捕獲数が多いことが報告されている（中野、2019）。これは14階建てマンションの6階における調査であり、地上階ならばゴキブリを含む様々な徘徊性生物の室外機への侵入リスクはさらに高まる可能性がある。

##### エアコンにおけるその他の侵入リスク

ドレンホースはエアコンの室内機で発生した水を排出するための部品である。ドレンホースの出口は屋外にあるため虫の侵入経路になることがあると指摘されている。ドレンホースの直径は約15mmであり、小型の昆虫類はドレンホースを介して室内機へ侵入する可能性がある。ドレンホースはエアコンが排水するためのものであり、完全に防ぐことはできない。侵入を阻止するための商品が多数市場に投入されている。

##### 侵入・定着の可能性の高い室外機設置場所

ベランダは室外機が設置されやすい場所である。先述の通り、ベランダに置かれる植木鉢はゴキブリの生息場所として利用されている可能性がある。植物を育てるために水は定期的には供給される。また、ドレンホースからの排水により水が常に存在する場合にはコバエなどが発生する可能性もある。コバエなどもドレンホースを介して室内機に侵入する可能性がある。ハト（特にカワラバト）は、本来岸壁の割れ目などの高い場所に営巣していた鳥であり、その習性からマンションのベランダ、屋根の下、陸橋などの建造物が格好の営巣場所となり（郭、2010）、室外機下に営巣することがある（奈良、1998）。ベランダにはハト以外の鳥も飛来することがあり、対策システムが検討されている（伊藤ら、2015）。ハトの糞はゴキブリの餌になることが報告されており（中野、2002）、ベランダにおけるゴキブリの繁殖を促進する可能性がある。これらのことから、昆虫類は室外機自体の直接的な汚損（故障）およびドレンホース等を介して屋内に侵入する可能性があり、屋内衛生のためには管理すべき構造と考えらえる。

##### 対策

- ・ 屋内のモニタリング調査・捕獲調査での定期的管理
- ・ 排水ホースの管理
- ・ 室外機を含む周囲の環境整備

##### 【引用文献】

- 1) 伊藤 綾花、芹川 聖一、北園 優希(2015)ベランダにおける害鳥対策システムの開発. 産業応用工学会全国大会. 講演論文集, 34-35.
- 2) 郭 美吟(2010)台湾と日本におけるドバト被害の現状と対策. Kwansai Gakuin policy studies review 12 : 15-45.
- 3) 坂下琢治(2002)ゴキブリ類の家屋周辺における捕獲状況. ペストロジー誌17 : 69-79.
- 4) 中野敬一(2002) 都市屋外のゴキブリ生息調査III—都市公園におけるゴキブリ夜間観察—. ペストロジー学会誌 17 : 21-28.

- 5) 中野敬一(2019) マンションにおけるクロゴキブリのベランダと室内での行動特性. ペストロジー誌34 : 95-99.
- 6) 中野敬一(2022)エアコン清掃後の排水の生物検査の試み. 都市有害背物管理12 : 57.
- 7) 奈良利男 (1998) 鳥害対策 : ハト編. Finex 10(61):36-37.
- 8) 西野裕暁、牧野芳樹 (2018) 生物侵入による故障/事故、その防止方法. REAJ誌40 (4) 188-195.

### 1.3.2. 感染拡大時の換気の確保

COVID-19等の感染症拡大時には、室内空気環境の確実な維持が求められる。COVID-19対策として、換気量の確保、夏期及び冬期の室内温熱環境の維持が求められた<sup>1)~7)</sup>。

換気量の確保については、最低限の換気量が一人当たり毎時30 m<sup>3</sup>とされ、確認の目安として二酸化炭素濃度1000ppmが示された。また、夏期は28℃以下70RH%以下、冬期は18℃以上40RH%以上とすることが求められた。この基準は、建築物衛生法の空気環境基準に対応している。

厚生労働省は、2020年3月30日に、新型コロナウイルス感染症対策専門家会議の見解（令和2年3月9日及び3月19日公表に基づいて「換気の悪い密閉空間」を改善するため、推奨される換気の方法をまとめた。

特定建築物に該当する場合は、空気環境基準に従って維持管理しなければならないが、基準を満たしていない場合は、適切な是正措置を講じる必要がある。特定建築物に該当しない場合においても、空気環境基準に従って当該建築物の維持管理するように努めなければならない。

さらに、換気設備を設計した者や換気の専門業者に依頼し、換気量がどの程度あるかを確認し、一人あたりの必要換気量が確保できるよう、部屋の内部の利用者数の上限を把握するよう努めなければならない。

個別空調方式においては、換気の運転が室毎に制御される場合があるため、以下の点に特に留意する必要がある。

#### a. 換気運転に関する表示

在室者が機械換気を停止するなどの不適切な空調制御が行われないように、また、在室者が機械換気を適切に運転するように、室内のスイッチ等制御表示を適切に行う。例えば、換気のためにエアコンの運転が必要な場合には、エアコンの操作パネルに換気に関する表示を行うなど、の表記が必要である。（2.5.4. 不適切な空調制御 参照）

#### b. 二酸化炭素濃度のモニター

換気の確認のために、二酸化炭素濃度をモニターすることが有効である。在室者が換気不良を即時に検知できることが、感染リスク管理のために有効である。濃度計の精度と管理、設置場所については、留意することが望まれる<sup>7)</sup>。

#### [参考文献]

- 1) 厚生労働省:新型コロナウイルスの集団感染を防ぐために, 2020.03.01, <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000601720.pdf>
- 2) 厚生労働省:建築物における衛生的環境の確保に関する法律(昭和45年法律第20号),2015.3.20
- 3) 林基哉,金勲,開原典子,小林健一,鍵直樹,柳宇,東賢一:特定建築物における空気環境不適率に関する分析,日本建築学会環境系論文集 No.764 PP.1011-1018 (2019)
- 4) 一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構:ポスト COVID-19に向けた建築・設備におけるウイルス感染症対策と省エネルギーの両立 Ver.1, 2022.3.22, [www.jjj-design.org/asset/img/jjj\\_archive/2022/06/COVID-19.pdf](http://www.jjj-design.org/asset/img/jjj_archive/2022/06/COVID-19.pdf)
- 5) 厚生労働省:商業施設の管理権限者へ向けて「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気の方法, 2020.04.03, <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000618969.pdf>
- 6) 厚生労働省:熱中症予防に留意した『換気の悪い密閉空間』を改善するための換気について, 2020.06.17, <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000640917.pdf>
- 7) 厚生労働省:冬場における『換気の悪い密閉空間』を改善するための換気の方法, 2020.11.27, <https://www.mhlw.go.jp/content/10906000/000698848.pdf>

### 1.3.3. 維持管理方法—環境について—

#### (1) 換気量の確保

ここでいう換気量は取り入れ外気量とエアフィルタや空気清浄機などでろ過された清浄な空気量（相当換気量）の合計である。感染症等緊急時においては、換気の悪い空間を避けるために、毎時一人当たり30m<sup>3</sup>の外気を取り入れるようする。その換気量を確保できれば、室内CO<sub>2</sub>濃度が1000ppm以下になる。従って、CO<sub>2</sub>濃度センサーによる室内CO<sub>2</sub>濃度の常時モニタリングを行う。換気設備を稼働しても換気量を確保できない場合、人員密度を適切に管理し、室内CO<sub>2</sub>濃度を1000ppm以下になるようにする。なお、補助設備の空気清浄機を使用する場合、相当換気量が多くなる。なお、CO<sub>2</sub>濃度に影響を与えないことに留意する必要がある。

#### (2) 換気経路の確認

特定建築物では、設計時給気から排気までの気流の流れを適切に設計されている。実際の運用時では、室内レイアウトの変更などで、気流の流れが設計時と異なることがある。この場合、スモックテストなどによる気流の流れを確認する。

#### (3) 室内機エアフィルタのグレードアップ

個別方式空調にパッケージ型空調機が多く使用されている。その室内機の標準仕様としてそ塵用エアフィルタが使用されている。そ塵用エアフィルタは微粒子を殆ど除去できないため、必要に応じてそれを高性能フィルタに替える。なお、機種によってはできないものがあるため、管理技術者やメーカーに確認する。

#### (4) 湿度の適切な管理

室内相対湿度が40%を下回ると、インフルエンザウイルスのみならず、SARS-CoV-2ウイルスも空中での活性を保つ時間が長くなることが報告されている。室内の相対湿度を40~70%の範囲に維持するようにする。実際の場合、冬期における個別方式空調の室内相対湿度を40%以下になっていることが殆どである。冬期の低湿度の対策として、ポータブル加湿器の利用は湿度の向上に寄与するが、加湿器の衛生管理も重要である。毎日換水するのみならず、適時に加湿器内を洗浄することも重要である。

#### 【参考文献】

- 1) Aganovic A, Ber al. Estimating the impact of indoor relative humidity on SARS-CoV-2 airborne transmission risk using a new modification of the Wells-Riley model. Building and Environment, 205 (2021) 108278.

## 2章 個別空調方式に特化した立入検査

### 2.1. 個別空調方式の留意点

【要点】立ち入り検査時に、室内環境が適切に管理されているかを確認する。

【解説】以下に確認すべき項目と確認方法を示す。

まず、測定技術者による2か月以内毎に測定された結果を確認する。一般的に浮遊粉じんと一酸化炭素濃度が建築物衛生管理基準値を満たさないことは殆どない（不適率1%以下）。ここでは、温度、相対湿度、気流速度と二酸化炭素濃度について述べる。

#### （1）温度

建築物衛生法管理基準値の18～28℃を満たしているかを確認する。特定建築物においては、執務時間帯に室内温度は18℃を下回することは殆どない。夏期では、設定温度を28℃にした場合、温度の変動により室内温度が28℃以上になる時間帯が生じる。設定温度を確認し、必要に応じて適正な設定温度に改める。

#### （2）相対湿度

建築物衛生法管理基準値の40～70%℃を満たしているかを確認する。冬期の低湿度問題はしばしば指摘されている。その一因は室内の設定温度が高いことが指摘されている。ウォームビズを励行し、室内設定温度を高くなり過ぎないように啓発する。また、加湿器の上流と下流側の温湿度を同時に測定し、その温湿度を用いて求めた絶対湿度と風量から加湿量を算出し、加湿量が足りているかどうかを確認する。

#### （3）気流

建築物衛生法管理基準値の0.5m/s以下になっているかを確認する。マルチ型パッケージエアコンの室内機の吹出口近傍での気流速度は大きい場合がある。必要に応じて、ルーバーをつける。

#### （4）二酸化炭素濃度

建築物衛生法管理基準値の1000ppm以下を満たしているかを確認する。1000ppmを超えた場合、①換気量不足、②在室人員数が多い、③換気装置運転が停止しているか、当初の性能がでない。これについて、「1.3.2 維持管理方法」の関連箇所を参考する。

【要点】立ち入り検査時に、空調・換気設備が適切に運転しているかを確認する。

【解説】以下に確認すべき項目と確認方法を示す。

#### （1）換気設備運転スイッチ

換気設備運転と空調運転が別々になっているため（写真2.1-1）、換気運転をしているかどうかを確認する。換気運転がOFFになっている場合、それをONにするとともに、在室者に周知する。

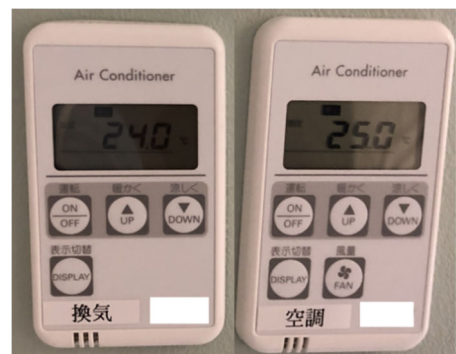


写真2.1-1 換気と空調運転パネル



## (2) 外調機（外気処理空調機）

空調機と外調機が独立した運転制御となっているケースが多い。執務時間帯で外調機が運転しているかを確認する。また、CO<sub>2</sub>センサーによる換気量を制御する場合、そのCO<sub>2</sub>センサーの設置場所は室内のCO<sub>2</sub>濃度を代表する場所であるかを確認する。一般的に室内の平均濃度と考えられる排気ダクト中に接設置する。なお、感染流行期間中においては、CO<sub>2</sub>センサーの設定濃度を外気濃度と同程度に低くし、出来るだけ多くの外気を取り入れる。

また、エアフィルタの目詰まり状況を確認する。

## (3) 全熱交換器

全熱交換機のフィルタの目詰まり状況を確認する。必要に応じて洗浄を行う。また、熱交換器を必要としない中間期の場合、外気は全熱交換器を経由せず、バイパスダクトを介して室内に直接導入しているかを確認する。

## (4) 加湿器

外調機に加湿器が組み込まれている場合、その加湿量が十分であるかを確認する。加湿器の上流と下流側の温湿度を測定すれば、加湿器の下流側と上流側の絶対湿度の差と風量から加湿量を求めることができる。

全熱交換器に加湿器を設置している場合、上記の外調機と同様な方法で加湿状況を確認する。

ファンコイルユニットなど加湿器を設置できない空調設備の場合、補助設備としてポータブル加湿器の活用は有効である。ただし、毎日換水と洗浄を行うことが重要である。とくに、超音波式加湿器の振動子を洗浄しないと、加湿水に細菌が増殖し、加湿の際に生成するミストにより室内汚染の原因になることが報告されている（図2. 1-2）。

毎日振動子を  
洗浄換水する



毎日換水する

図2. 1-2 ポータブル加湿器の例

## 【参考文献】

- 1) 志摩輝治, 柳 宇, 鍵直樹, 金 勲, 東賢一, 大澤元毅: オフィスビルにおける室内浮遊微生物濃度の長期測定 その2, 第34回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集, pp.80-83, 2017

## 2.2. 基本的な指導の流れ

建築物衛生法では、空気環境の調整、給排水の管理、清掃及びねずみ・昆虫等の防除について管理基準が定められている。この基準に照らし適正に維持管理されているかを確認・指導するのが立入検査である。一般的には、帳簿書類の確認、設備の確認、空気環境測定等の方法で実施される。

### 2.2.1. 個別空調方式での監視指導

個別空調方式は、機器の設置台数が多く、居室の天井内等に設置されるため、詳細な現場確認が困難である。このため、帳簿書類で管理状況を把握することが重要となる。

建築物衛生法では、病原体で居室内部の空気が汚染されることを防止するための措置として、排水受け加湿装置の定期的な点検・清掃が規定されている。また、厚生労働大臣告示及び建築物環境衛生維持管理要領で点検の箇所と項目が示されている。

一方、事業者の負担軽減を図る簡素合理化の観点から、空調機の排水受け等の点検について、運転条件等、設備の状況に応じた取扱いを認める通知が出されている。

東京都では、当該通知に基づき、空調機のグループ化による点検も可としている。

1 加湿装置、排水受けについてレジオネラ属菌等を含むスライム、カビ等の汚れを検知するセンサーがついている場合には、常時センサーが汚れを確認していることから、このことをもって、月1回の点検を実施しているとみなすこととする。

2 単一の建築物内で同一の設置環境下にある空気調和設備については、運転条件や型式別にグループ化した上で、各階毎にその代表設備を目視により点検等することとし、代表設備以外の設備については、給気のカビ臭等の異臭がないか等の確認をもって、加湿装置、排水受けの状況を判断することで差支えない。

(平成27年3月31日付健衛発0331第9号厚生労働省健康局生活衛生課長通知「特定建築物における個別管理方式の空気調和設備の加湿装置及び排水受けの点検等について」)

### 2.2.2. 監視指導の実際

図2.2-1は、東京都ビル衛生検査担当で実施した立入検査での「空調機の清掃・点検」に係る帳簿書類審査の結果である。個別空調方式の不適率が、他の空調方式に比べて高い傾向となっている。個別空調方式は、設置台数が多い、天井内の狭いスペースに設置されている等、清掃・点検が困難なことが影響しているものと思われる。

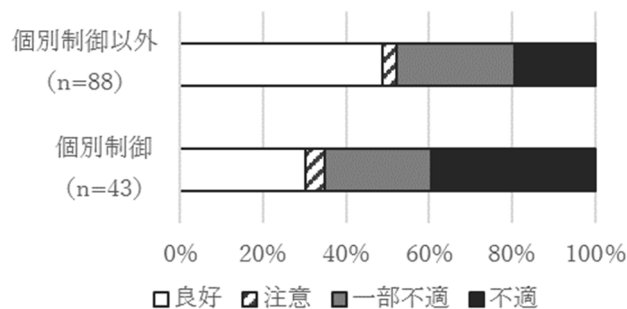


図2.2-1 個別空調方式での帳簿書類審査結果  
(H29.4~R2.1 東京都ビル衛生検査担当調査)

近年、省エネルギー化やスペースの有効活用によるレンタル比の向上要求から、個別空調方式の導入が進んでいる（図2.2-2）。フロアやゾーンごとに温度や風量を調整できる個別空調方式は、居室の使用実態に応じた運転がしやすい一方、機器の設置台数が多い、天井内等高所の狭いスペースに設置される等、維持管理の困難なケースが少なくない。実態に応じた適切な保守・点検と運転管理が必要である。

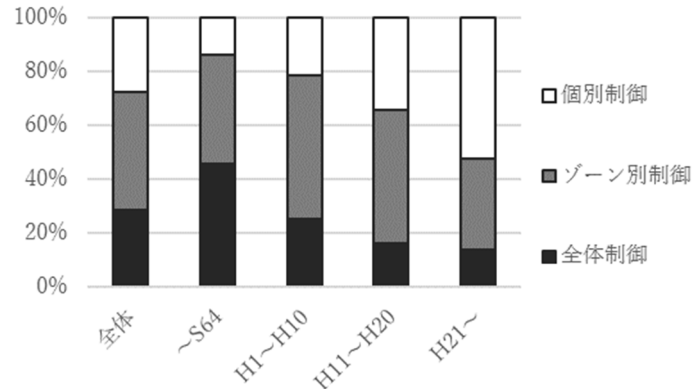


図2.2-2 使用開始年代別の空調制御方式  
(令和元年度東京都ビル衛生検査担当調査)

平成27年の厚生労働省通知で、個別空調方式での加湿装置、排水受けの維持管理について、グループ化して代表機を目視確認する等の手法が示されたが、そもそも目視の困難な機器が少なくない。

一方、汚染リスクは、機器の種類や設置場所によって異なる。加湿装置が組み込まれた機器とそうでない機器の排水受けでは、ドレン水の発生量や発生時期が異なる。加湿装置が組み込まれていても、アフターラン機能で乾燥工程が備わっていれば、汚染リスクは低くなる可能性がある。

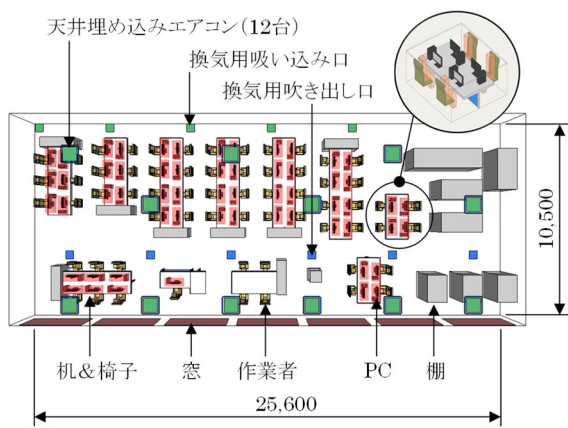
多様な空調機器を一律の方法で維持管理するのは困難であり、それぞれの機器の設置状況や汚染リスクに応じた維持管理手法の整理が望まれる。ドレン水の異常を検知する機能が備わっている等、各種センサー等による確認機能があれば、年1回程度の詳細点検と管内巡視で総合的に判断する方法も有効と思われる。

2.3. 空気環境測定点の考え方

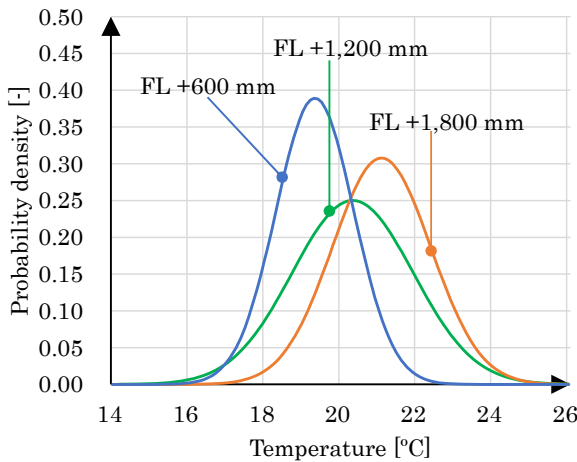
1) 温熱環境

個別空調方式には下記の特徴があり、中央方式と比較して室内の温熱環境の分布が生じやすい状況にある。

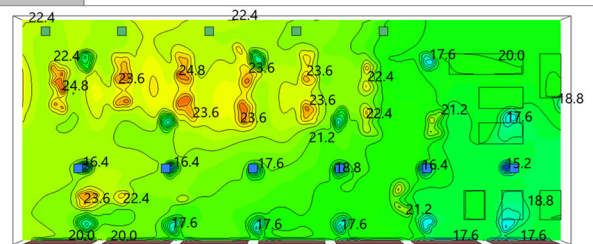
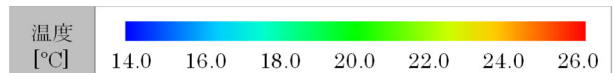
- ・室内機がゾーンごとに異なる設定温度で制御できる。
- ・室内機からの吹き出し気流が室内空気と十分に混合されないため、特に暖房時の温風が室上部にたまり、足元との温度差が大きく（図2.3-1参照）なりやすい。
- ・室内機からの吹き出し気流速度が速いため、在室者に直接当たりやすい。
- ・窓周り（ペリメータ）と室中央（インテリア）が分かれたゾーニングとなっていない場合、温熱環境に差（図2.3-2参照）が生じやすい。



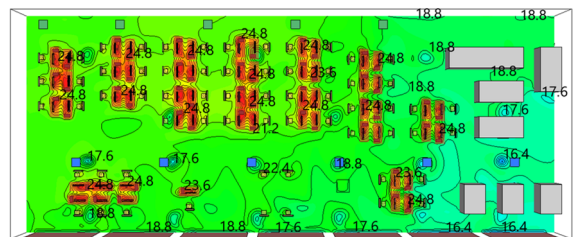
(a) 検討モデル（J社事業センター）



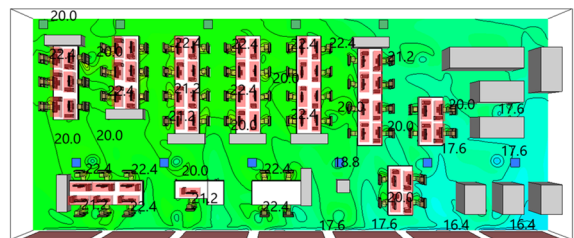
(b) 各平面（FL+600, 1200, 1800mm）の温度密度分布



FL+1800mm



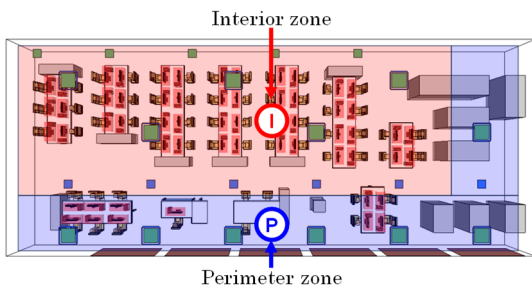
FL+1200mm



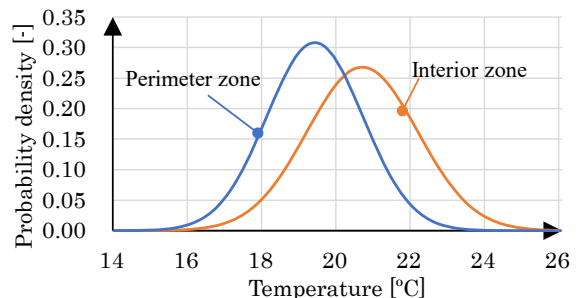
FL+600mm

(c) 各平面（FL+600, 1200, 1800mm）の温度分布

図2.3-1 暖房時の上下温度差（CFD解析例）



(a) 窓周り（ペリメータ）と室中央（インテリア）



(b) FL+1200mmにおけるゾーンごとの温度差

図2.3-2 暖房時における窓周り（ペリメータ）と室中央（インテリア）の温度差（CFD解析例）

室内空気環境の問題点を発見するという観点では、部屋の広さに応じて複数の測定点を選定することが望ましい。

- ・実際に在室者のいる近傍を測定点として選定する。
- ・室中央（インテリア）のみでなく、座席のある窓際（ペリメータ）も測定点に含める。
- ・上下温度分布が認められる場合は、床近傍（高さ0.1m）も測定点に含め、高さ75～150cmとの温度差が著しくないことを確認（図2.3-3参照）し、必要に応じて改善<sup>注1)</sup>を促す。
- ・室内機からの吹き出し気流が、直接在室者に当たっていないことを確認（図2.3-4参照）する。

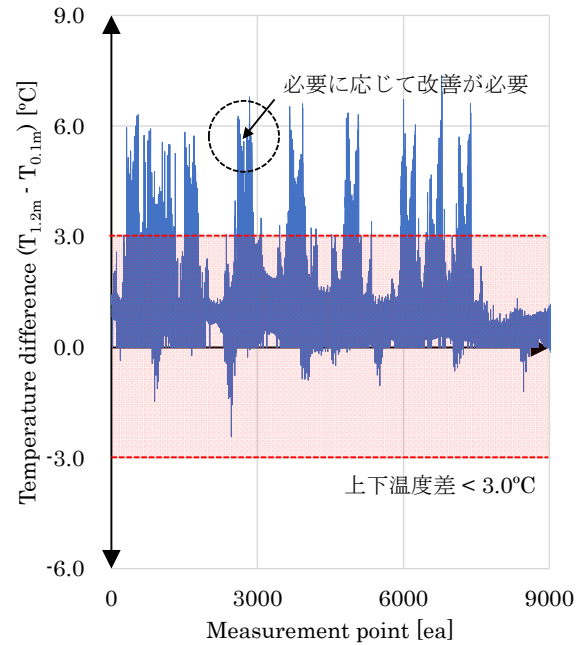
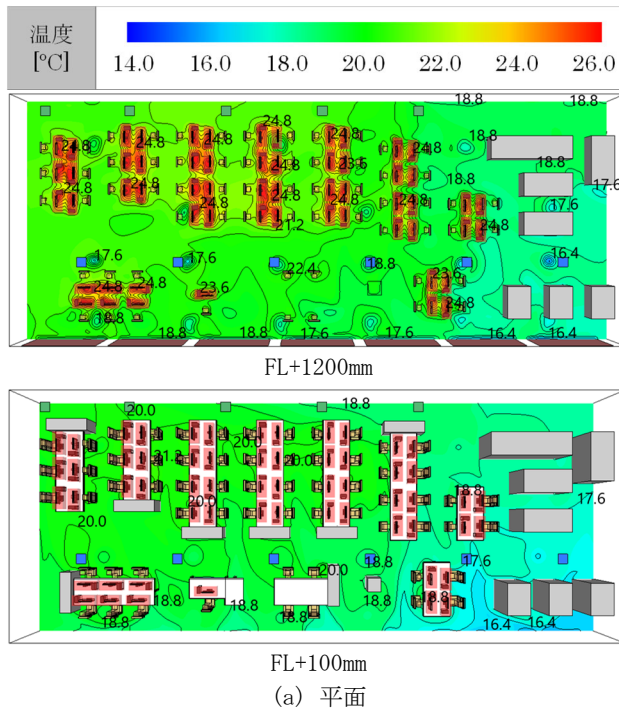


図2.3-3 床近傍（高さ0.1m）と高さ75～150cm（FL+1200mm）との温度差（CFD解析例）

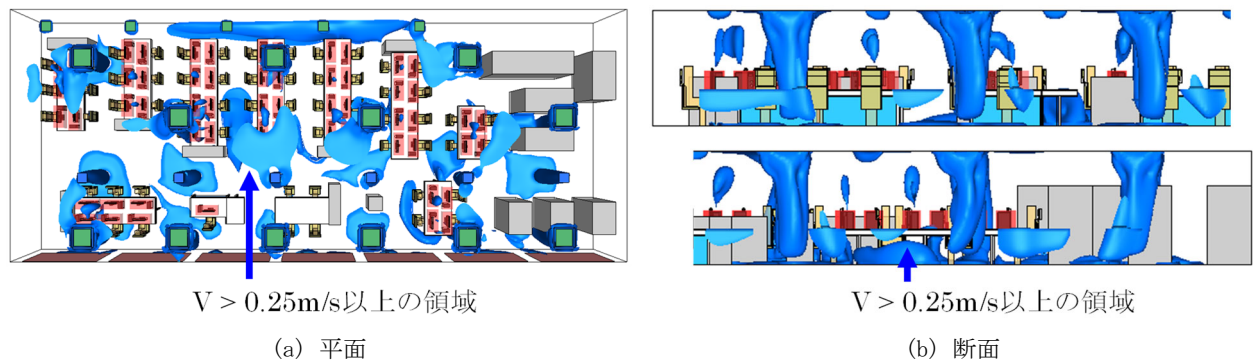


図2.3-4 吹き出し気流によって気流速度が0.25m/s以上になる領域（CFD解析例）

注1) ASHRAE Standard 55-2017<sup>1)</sup>では、在室者のくるぶしの高さとの高さの温度差が3°C以内になることを推薦している。

【参考文献】

- 1) ASHRAE : ANSI/ASHRAE Standard 55-2017, Thermal environmental conditions for human occupancy, 2017



## 2.4. 立入検査及び報告徴取の事例

### 2.4.1. 天井内に設置された空調機の維持管理

天井内の空調機には、ドレン水や加湿水の漏水を防ぐための高い密閉性が求められる。このため、空調機本体の点検口を容易に開けづらいケースがある。目視点検用の小窓が設置された機器もあるが、確認できる範囲が限定されるので注意が必要である。

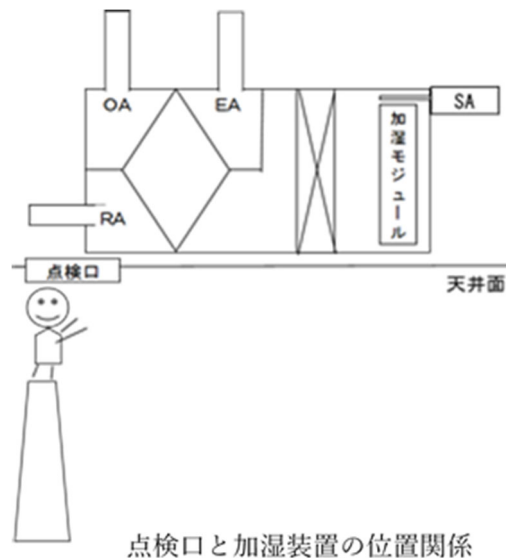


写真2. 4-1 天井内に設置された空調機の例

### 2.4.2. 点検口の位置・大きさが不適切

天井内に設置された機器の維持管理は、天井面の点検口からアプローチすることになる。この点検口の位置や大きさが不適切な例がある。下図の例では、点検口から離れた位置に加湿モジュールが設置されていたために維持管理が困難であった。天井面の点検口は、アプローチの容易な位置とする必要がある。点検口を複数設置するケースもある。

なお、点検口から作業ができない場合、作業員が天井裏に入ることになるが、石膏ボードの破損を防ぐために防護板を敷くなどの対策が必要となる。



点検口と加湿装置の位置関係

図2. 4-1 点検口と加湿装置の位置関係

### 2.4.3. 内蔵カメラによる点検

空調機内部のカメラによる遠隔監視システムを導入しているビルがある。このシステムは、空調機内部のカメラで、排水受けや加湿エレメントを撮影し、クラウド上で確認するシステムである。ビル管理

者はパソコン端末等で画像を確認し、電子データでの出力も可能である。カメラの方向が固定されているため、排水受けの一部しか確認できない、異臭や異音等を検知できない等の制約がある。

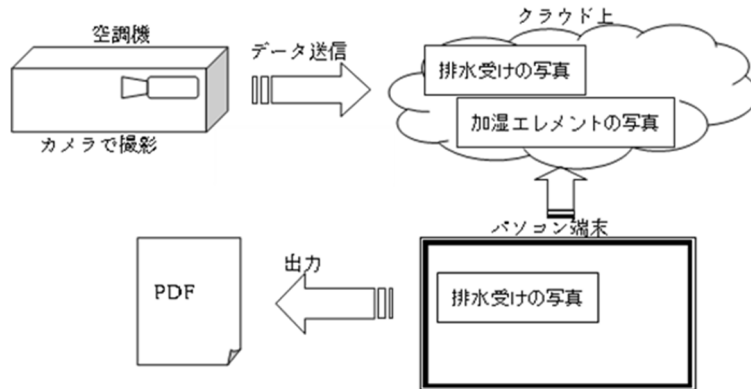


図2. 4-2 空調機内部のカメラによる遠隔監視システムの例

#### 2.4.4. 不適切な空調制御

<在室者が全熱交換器を停止してしまう>

空調機の発停や温度調整を利用者が任意にできるシステムがある。居室の利用状況に応じた温度設定ができる一方、利用者が操作方法を正しく理解していない場合、換気設備である全熱交換器を停止してしまうことがある。

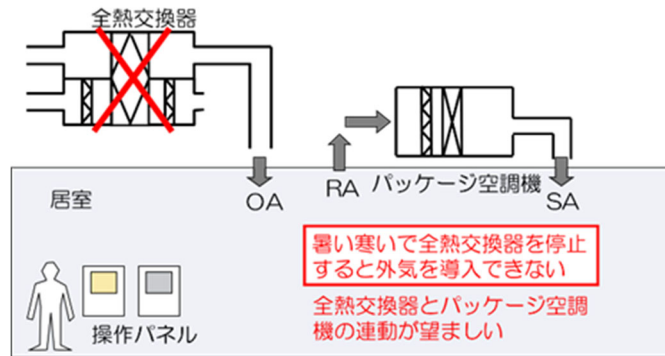


図2. 4-3 在室者が全熱交換器を停止してしまう事例

<全熱交換器からの外気を導入できない>

全熱交換器とパッケージ空調機がダクトで接続されている場合、パッケージ空調機が停止すると外気を十分に導入できない場合がある。温度条件が満たされても、パッケージ空調機は停止せず、送風モードで運転する等、必要な外気量を確保する対策が必要である。

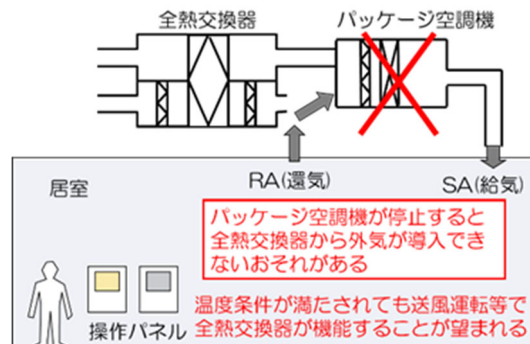


図2. 4-4 外気導入ができなくなってしまう事例

## おわりに

本研究では、個別空調方式の空気環境、維持管理、行政指導に関する実態調査に基づいて、個別空調方式による空気環境の不適率上昇の機序を想定した上で、個別空調に特化した維持管理、行政指導の要点をまとめた。これに基づいて、本マニュアル案を作成した。

今後、本研究の知見が個別空調方式を用いた特定建築物における空気環境の向上に加え、多くの建築物における空気環境の向上に資することが期待される。

本研究では、関係団体、行政のご協力によって行われたことを記し、謝意を表します。

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

2023年5月

研究代表者 林基哉

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	上席主任研究官
研究分担者	柳 宇	工学院大学	教授
研究分担者	長谷川兼一	秋田県立大学	教授
研究分担者	中野 淳太	東海大学	准教授
研究分担者	菊田 弘輝	北海道大学大学院	准教授
研究分担者	李 時桓	名古屋大学大学院	准教授
研究分担者	長谷川麻子	宮城学院女子大学	教授
研究協力者	齋藤 敬子	日本建築衛生管理教育センター	
研究協力者	関内 健治	全国ビルメンテナンス協会	
研究協力者	谷川 力	ペストコントロール協会	
執筆協力者	坂下 一則	東京都健康安全研究センター	