

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

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

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

研究要旨

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

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

A. 研究目的

A1. 空調設備の現状調査

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

A2. 事務所建築の空調設備とエネルギー消費量の動向分析

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

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

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

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

一消費量等の動向を把握することを目的としている。

B. 研究方法

B1. 空調設備の現状調査

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

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

B2. 事務所建築の空調設備とエネルギー消費量の動向分析

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

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

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

表1 データ内訳

a)地域区分

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

※)不明2件

b)建物種別

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

※)不明2件

c)工事種類

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

※)不明225件

表2 空調方式の分類

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

C. 研究結果

C1. 空調設備の現状調査

C1.1. 個別空調の管理・設置実態

(1) 関わっている中でもっとも多い空調・換気方式

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

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

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

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

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

(2) 空調・換気方式別の割合と地域特性

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

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

C1.2. 室内循環機について

(1) フィルタの種類

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

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

(2) 室内機の運転管理

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

(3) COVID-19の影響

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

C1.3. 全熱交換器について

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

C1.3. ビル管理業への追加ヒアリング項目

(1) 空調換気方式による維持管理の手間の差

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

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

(2) 空調換気方式による空気環境基準適合状況

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

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

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

(3) マニュアルについて

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

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

(4) 個別空調の増加に伴う変化

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

間仕切りされた空間で、同系統の冷暖房フリーに関する要望がある。

C1.4. 設備製造業への追加ヒアリング項目

(1) 湿度管理の技術動向

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

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

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

(2) 換気機能の技術動向

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

(3) 空気清浄・除菌機能の技術動向

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

(4) 不均一温熱環境への対策

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

(5) 制御手法（個別制御、グループ制御）の動向

個別もグループも可能である。機器寿命延命のためのローテーション制御もある。

位置情報検知や CO2 モニタリングと組み合わせた制御技術を開発している。

(6) 省エネルギー対策

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

(7) メンテナンス

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

ドレンパンやタンクの点検のしやすさに関しては、特に改良は行われていない。

(8) ユーザーからの要望

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

C1.5. 総合建設業への追加ヒアリング項目

(1) 湿度管理における設計上の工夫

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

・個別空調機は湿度がのりにくいいため、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、全熱交換器機能みの場合は、シール等で指示しつつ解放している。

C2. 事務所建築の空調設備とエネルギー消費量の動向分析

C2.1. 空調方式の動向

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

C2.2. 延床面積・空調機械室合計面積の動向

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

C2.3. 加湿方式の動向

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

C2.4. 外気供給関連の動向

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

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

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

C2.5. エネルギー消費量の動向

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

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

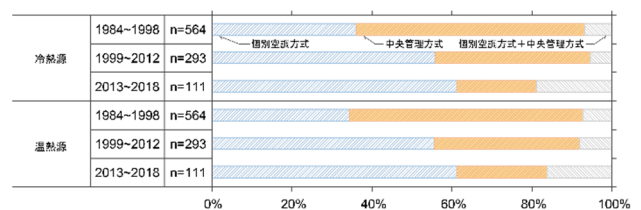


図1 空調方式の動向

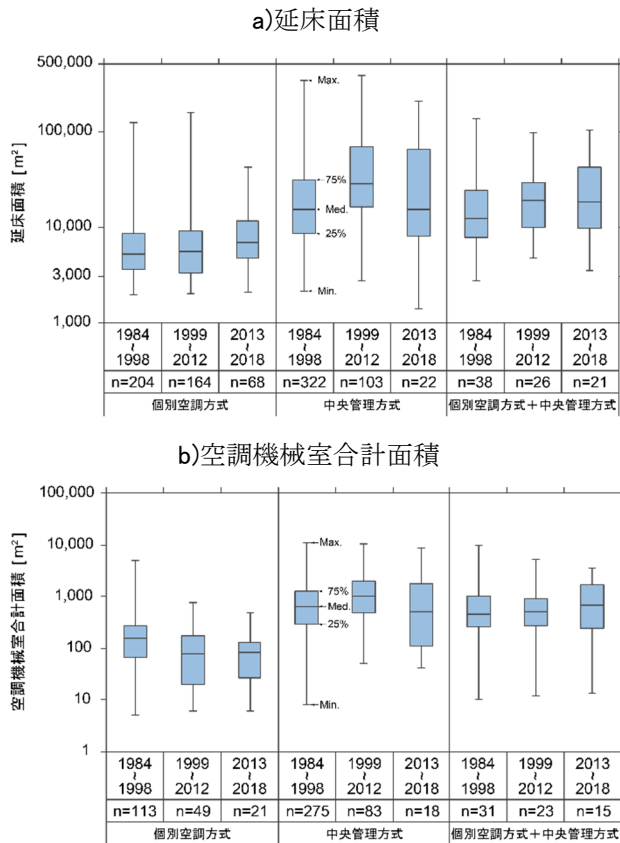


図2 延床面積・空調機械室合計面積の動向

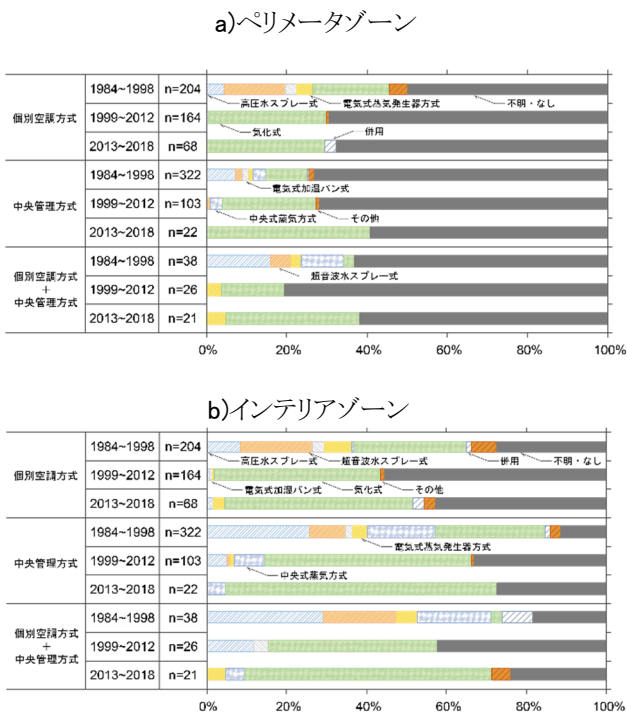


図3 加湿設備の動向

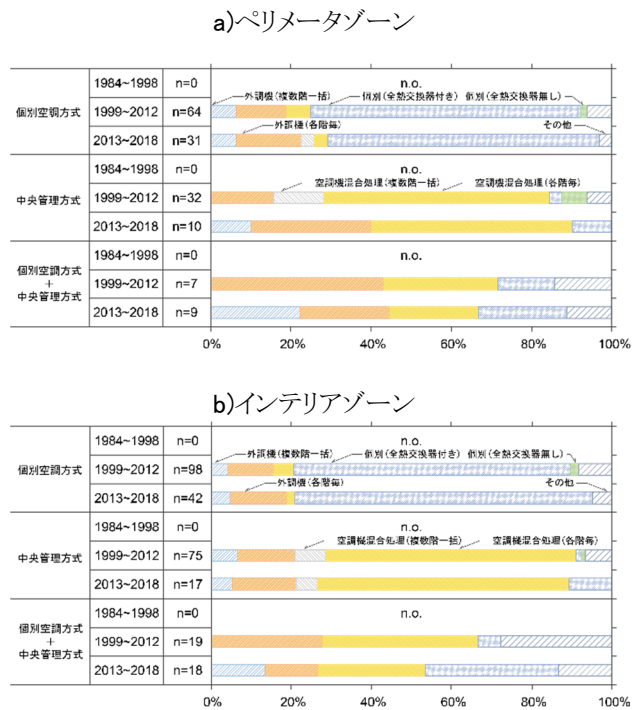


図4 外気供給方式の動向

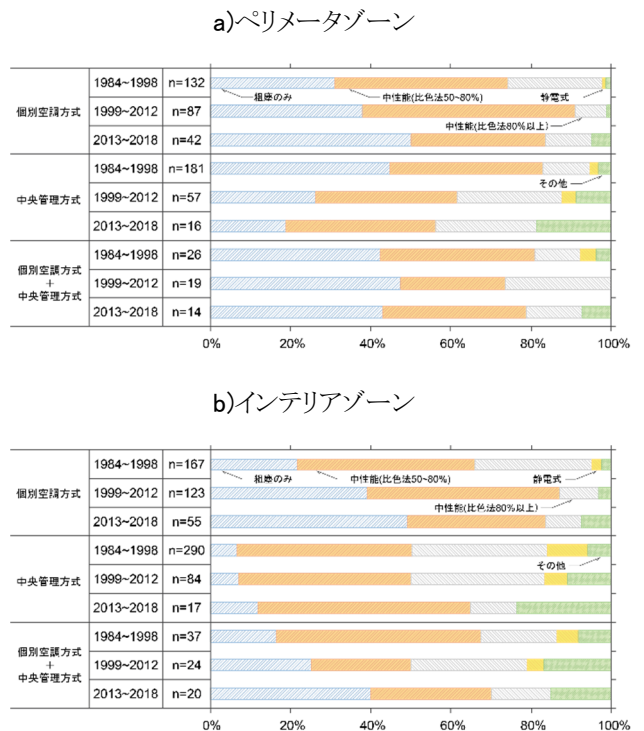


図5 外気処理フィルターの動向

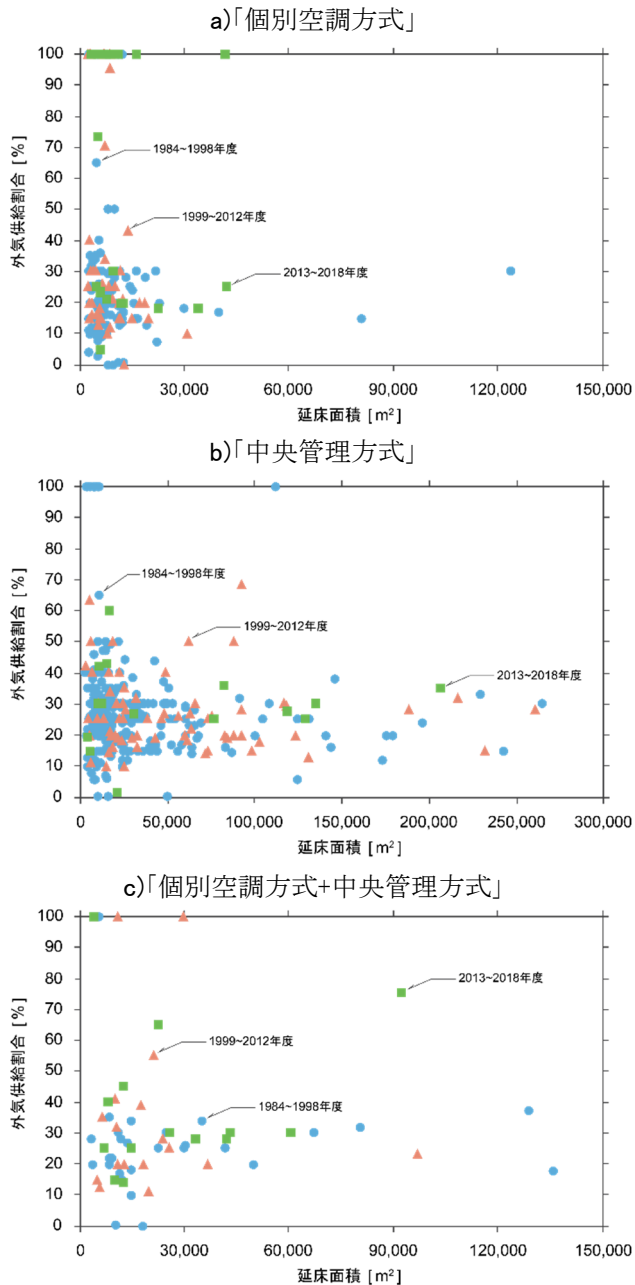


図 6 外気供給割合の動向(インテリアゾーン)

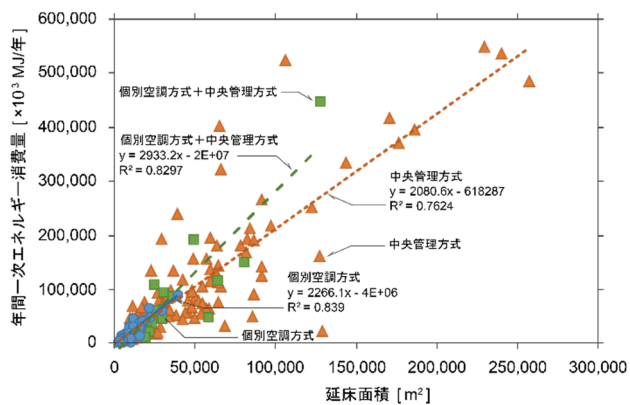


図 7 年間一次エネルギー消費量の動向(全体)

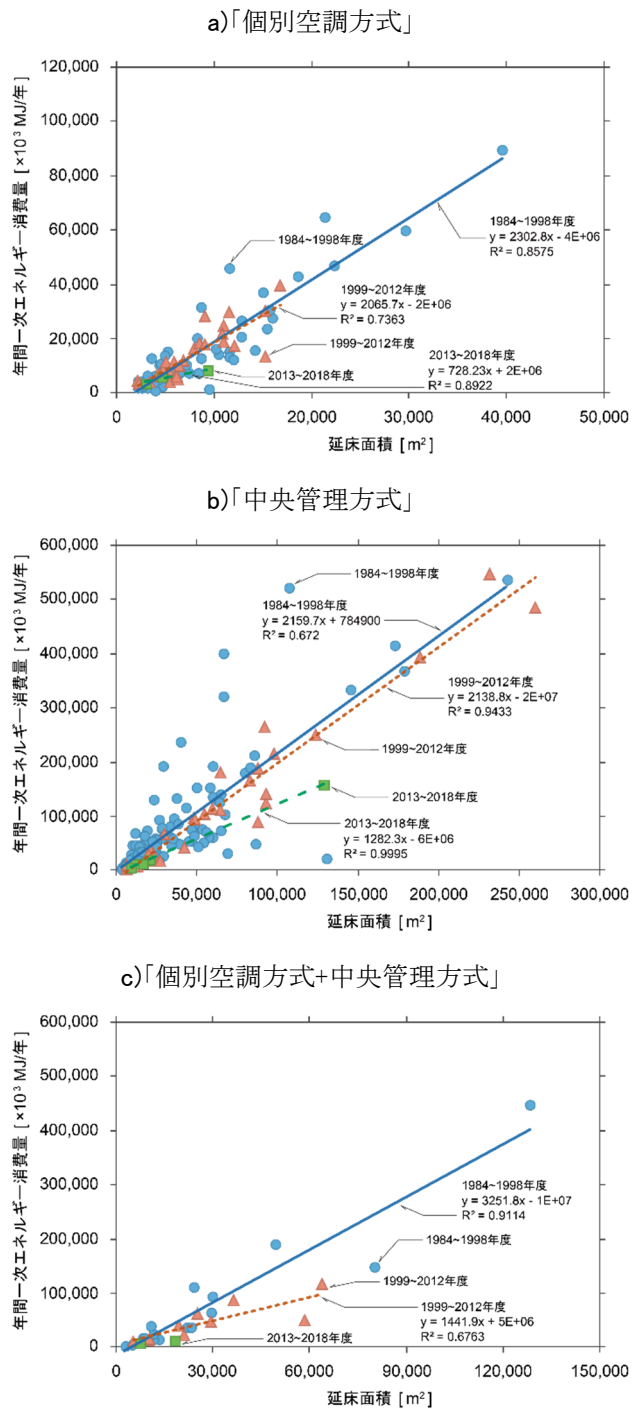


図 8 年間一次エネルギー消費量の動向(詳細)

D. 考察

D1. 空調設備の現状調査

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

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

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

E. 結論

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

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

<注釈>

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

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

<参考文献>

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