

## 「セントラル個別空調システム」研究会報告

### 第 1 章

#### 研究の目的と範囲

##### (1) はじめに

建築の冷暖房負荷を処理し、快適な室内温湿度環境を整える空気調和設備システムは、大別すると次の2通りの方式がある。

1つは、すでに100年以上の歴史を有する空気調和機（以降、空調機）と熱源機器システムを組み合わせた、いわゆるセントラル空調機方式である。

もう1つは、パッケージ型空気調和機（以降、パッケージ空調機）という比較的新しい空調機方式で、一体型、セパレート型、水冷式、空冷式、水熱源方式、空気熱源方式など、時代の移り変わりとともに、需要や用途に合わせて多彩なシステムが開発され、使い分けされている。

1982年に、我が国で革新的な空調システムが開発された。それがマルチパッケージ型空気調和機（以降、ビル用マルチ）である。1台の室外機に複数台の室内機が接続され、しかも室内機は個別に冷暖房が自由にできるという空調の歴史上で画期的な発明である。

ビル用マルチが開発された初期の段階では、室内機と室外機をつなぐ冷媒配管の物理的な制約条件が厳しく、3,000m<sup>2</sup>ぐらいまでの建築空調システムと考えられていた。しかし、ビル用マルチメーカー各社の開発競争と努力は驚異的な技術的進歩をもたらし、昨今は50,000m<sup>2</sup>を超える建築設備として採用できるようになった。今や、日本の

空調方式の主流はビル用マルチ方式となっている。

客観的情勢を認識する1つの指標として、空気調和・衛生工学会の「便覧」における両方式の位置づけを俯瞰してみる。

第13版（2001年出版）では、空調機に関して「第2巻 汎用機器・空調機器 第5章 空気調和機（p.536～559）」のなかで、パッケージ空調機方式については「5・4パッケージ型空気調和機（p.542～559）」が取り上げられている。10年以上前から、すでに空調機の「便覧」における位置づけは、いわゆるエアハン・ファンコイルを含めて、わずか6ページであり、かたやパッケージ空調機方式は17ページであった。

直近の第14版（2010年出版）では、「第11章 パッケージ型空気調和機（p.321～361）」「第12章 空気調和機（p.363～369）」となっており、パッケージ空調機方式は、記述が40ページと2倍以上に増えている。かたや、空調機方式は6ページと変わらず、10年間で新たに付け加える技術開発が特段見られなかったものと思われる。「便覧」という学術的・技術的文献を例にとり、客観的に両方式の置かれている状況を見ても、最近の新築建築設備のシステム方式として、ビル用マルチの躍進が如実に表れている。

##### (2) ビジネスモデルの相異点

セントラル空調機方式は、100年以上前に米国

で開発された。その当時のハノーバーナショナル銀行の空調機概念図を技術歴史書で見ると、現代の空調機との主な相異点は、加湿器が存在しないだけである。冷熱源としては、吸収式冷凍機が用いられていた。

1982年に我が国で開発されたビル用マルチは国内を席卷し、西欧、東欧、米国まで、その技術を進出させている。かたや、セントラル空調機方式は国内のシェアをビル用マルチに譲るだけの状態が続いている。この状況には、それ相応の理由があるはずで、両方式のビジネスモデルの差異も、その原因と考えられる。

#### ①セントラル空調機方式のビジネスモデル

システムの各要素をなす空調機・ファン・ポンプ・冷凍機・ボイラ・ヒートポンプ熱源・冷却塔・ダクト・配管・制御などについて、それぞれの製造業者や施工者が全く別の主体として存在する。それぞれの主体で、省エネ性能・施工性・経済性・制御性などについて、別々に改善の努力が行われている。

しかし、全体をシステムとしてオーガナイズして開発する主体は、存在しない。約100年で、主たる機能として加湿器だけが発明された主因は、このビジネスモデルの特徴が弱点となっている。

#### ②ビル用マルチ方式のビジネスモデル

日本で発明された、我が国が世界に誇る数少ない固有の空調技術である。なぜこの空調機器システムが、日夜進歩を続けながら国内でのシェアを伸ばすとともに、世界へ進出することができたのかは次の3点にあると思われる。

##### ①完結した空調システム

ビル用マルチ方式は、各パーツを1つの主体がオーガナイズして開発している。メーカー単独でシステムを改善・開発することができるから、日進月歩の結果をもたらすことができる。

##### ②複数社の競争が存在

複数のメーカーが存在すること自体が、競争原理を生み出す。使い勝手・省エネ・経済性などの面で各社の開発競争が継続している。

##### ③設計・施工能力がある（将来の懸念）

現在でも、小規模の建築設備ではビル用マルチ方式メーカーのみで設計・施工し、メンテナンスも一貫して行っている。この経験と実績を積み上げて実力をつければ将来、大規模な建築設備にまで進出してくることは容易に想定できる。

建築工事の業態・ビジネスモデルにまで変革をもたらす可能性を日々増大させているのが現状である。

#### (3)ビル用マルチ方式の機能的利便性（ユーザーの要求を満たすことを目的とする）

ユーザーが空調方式を決定する際には、確実な空調（必要な個別の冷暖房）ができることを前提に、経済性・環境性などを考慮して決める。しかし、機能的利便性の観点から自然な流れでビル用マルチ方式が採用されている。以下に主要なポイントを記す。

- A. 同時に個別冷暖房できる（予想できない内部発熱や、日射で冷房負荷が生じることがある）
- B. 執務者が自由に、発停・温度制御できる（日曜でも運転管理者は出勤不要）
- C. 簡易課金機能が準備されている（ビルオーナーにとって、課金はビジネス）
- D. 各フロアに機械室が不要（貸室面積を増大。ビルオーナー判断の決定打）

#### (4)研究の範囲

本委員会では、ビル用マルチ方式が機能的に優位とされている上記A～Dの特性を兼ね備えた空調方式を「セントラル個別空調方式」と定義し、その実現の可能性を研究する。その結果をまとめて、新セントラル空調方式の発注仕様の原案を作成することまでを研究の範囲とする。

セントラル空調方式は、都市の未利用エネルギーの有効活用やコジェネレーションの排熱活用では不可欠な技術である。また、我が国の地域冷暖房施設から供給されている冷水・温水・蒸気を用いて空調するためにも、セントラル空調方式は必須の技術である。

ビル用マルチ方式との比較の中で、省エネルギー性能・空気質・経済性などの検討も行き、これらの面でも有効な技術を確立する必要がある（外

気冷房対応型パッケージシステムはすでに開発済みで、性能評価報告が空調学会大会講演で発表されている。

しかし現在、これらの面で比較検討してもビル用マルチ方式には複数の開発主体が存在するが、セントラル空調方式には熱源システムと空調機システム全体を開発する主体が存在しない。このような現況では、研究委員会の中で比較検討をしても、机上の検討にとどまらざるをえない。

本委員会で実行すべきことは、ユーザーが求める機能的利便性（A～D）をセントラル空調方式に取り入れる試みである。この機能的利便性の決定的な差異からビル用マルチ方式にシェアを奪われているため、セントラル空調機でこの機能的利便性（A～D）の壁を乗り越える第一歩を踏み出すことが肝要である。

よって、本委員会では熱源システムまで踏み込んだセントラル空調機システムの研究は行わない。課題の解決条件を明快にするため、空調機に供給される冷水・温水が建物まで供給されているDHCのケースを想定する。

（一社）日本熱供給事業協会の技術シンポジウム（2013年10月24日）では、約40%の熱供給会社が需要家の一部から個別方式（ビル用マルチ方式等）への転換を打診されているという報告があ

った。

この状況は、セントラル空調方式の危機的状況を示している。仙台・東京・名古屋・大阪・福岡の各都市で、高層ビルから見える建物の屋上にあるのはほとんどがビル用マルチの屋外機である。わずかに残る冷却塔は錆が目立ち、数年後には新品のビル用マルチ方式の屋外機に替わっていることが容易に想像できる。

しかし、空調機システムを提供する側には、ユーザーが最も重視する課題A～Dに対する認識が伝わらず、問題意識が明確でないため解決に向かうことはなかった。それゆえに、本委員会は、この目前の懸案を解消するための第一歩を踏み出す最初の機会と位置づける。

今後に残る課題としては、空調機システムの技術的進歩を促すためのビジネスモデルを構築することである。本研究範囲はDHCを前提条件とした空調機側だけの改善提案であり、熱源システムまで含めた空調機システムを開発するためには、システム全体をオーガナイズできる主体が必要となる。

現在の建築設備業界の中で、新しいビジネスモデルを構築することは、長年続いてきたさまざまな条件を勘案しなければならない難しい問題である。

## 第2章

### 空気調和機とビル用マルチの歴史と現況

図一1に、空気調和機（AHU）およびビル用マルチ（VRV）の年間出荷台数の推移を示す（ビル用マルチは室外機ベースの出荷台数）。

ビル用マルチが着実に出荷台数を伸ばしているのに対し、セントラル方式のAHUは1990年ごろより明らかに減っており、最近ではピーク時の2分の1以下にまで下がってきているといった現況である。また、図一2は、ビル用マルチの販売が開始された1982年（昭和57年）と2000年（平成12

年）のセントラル空調とビル用マルチ（パッケージ空調機）の採用比率である。中型・大型ビルにおいて程度の差はあってもセントラル空調方式からビル用マルチ方式に置き換わっている様子がわかる。この章では、その歴史について社会背景、技術の変遷に絡めて詳しく解説する。

ビル用マルチ型空調システムは、通称「ビルマル」と呼ばれ、1982年に登場、販売が開始された。1979（昭和54）年、オイルショックによる大幅

※AHUの出荷台数は日本冷凍空調工業会の統計より。  
 VRV, GHP マルチ (GHP×85%) の出荷台数はダイキン工業調べによる。

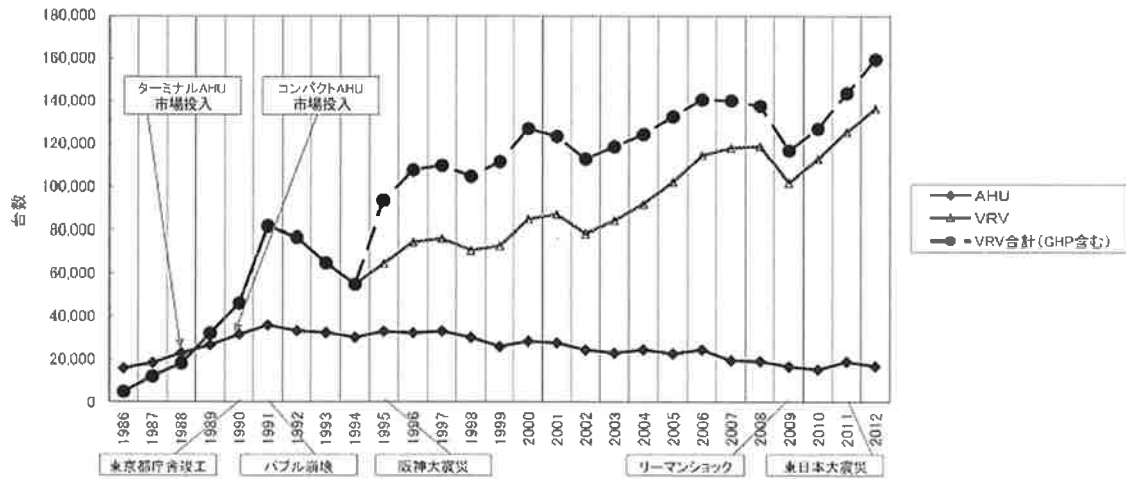


図-1 VRV (ビル用マルチ)

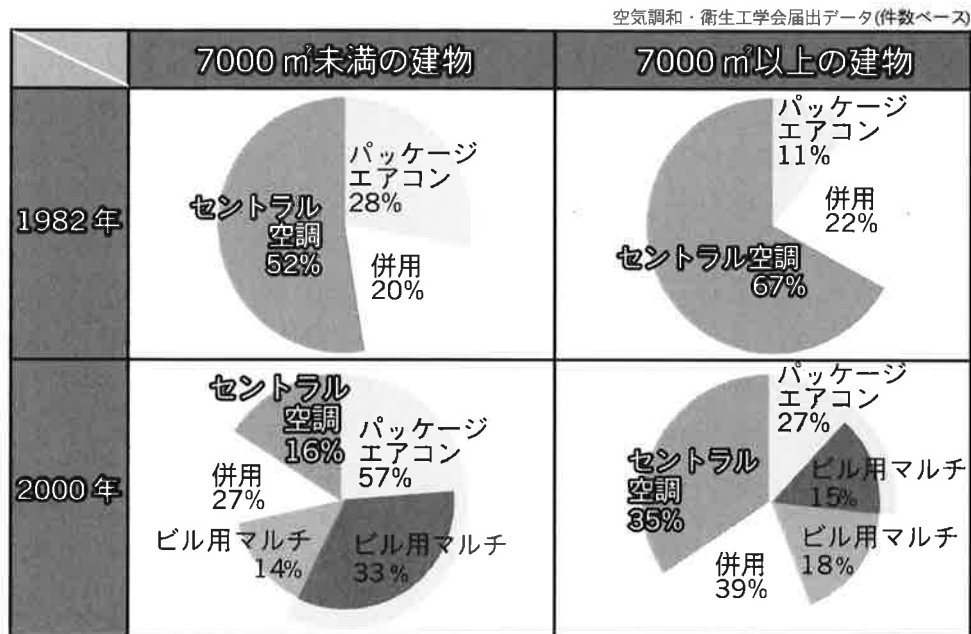


図-2 規模別採用空調方式の変遷

な石油価格高騰のため、産業界は省エネルギーや代替エネルギーへの対応が急務となっていた。その年の6月には「エネルギーの使用の合理化等に関する法律(省エネ法)」が公布され、空調機メーカーはこぞって空調機のエネルギー効率向上への取り組みを強化していた。

業務用空調機業界では、小規模な建物を対象として、店舗や事務所用のパッケージ空調機が開発

され、品種・品揃え・省エネ性能等、メーカー間の商品開発競争が激化していた。一方、大規模な建物では、設計事務所や空調設備業者を中心に、セントラル空調システムが確立され、変流量(VWV)や変風量(VAV)等の省エネルギー対策も進んでいた。また、東京をはじめとした大都市圏にて地域冷暖房が急速に普及していった。しかし中小規模のビルを考えたときに、空調機もシ

システムも確立されたものがなく、省エネルギー化もほとんど進んでいなかった。

このような社会情勢を背景に、「中小規模ビルにマッチした新しい空調機」「省エネ時代に適合した新しい空調機」が必要というニーズよりビル用マルチは生まれた。

当時目指した商品のコンセプトは、

- ・対象建物は200～1,500m<sup>2</sup>で、8階建て程度にも対応できるマルチ空調システム
- ・必要な時に必要な部屋だけを冷暖房できる個別空調機
- ・機器の高効率化を図り、熱搬送動力を削減した、従来方式より大幅な省エネルギーシステム
- ・天井埋込カセット形に代表される、床スペースを使わない省スペース形室内機
- ・操作・管理が容易で安全であること
- ・設計・施工がしやすいこと

とはいえ、当時のビル用マルチは5馬力の室外機に2.5馬力の室内機を2台接続するという構成で、圧縮機はアンロード制御、冷媒配管も端末分岐方式と呼ばれる画一的な方式に限定され、冷媒配管長は最大50mまでと、中小ビル向けの空調機

の域を出るものではなかった。

1986年ごろ、ちょうど一般化し始めたインバータ技術を導入し、ビル用マルチは飛躍的な進化を遂げることになる。インバータ圧縮機と電子膨張弁による冷媒制御技術により、異容量の室内機を複数台接続して個別に運転できるという画期的なシステムで、マイコンによる自動制御や2芯の連絡配線を使ったデータ通信など、最新の技術が搭載された。

これを機に、ビル用マルチは中小規模ビルだけのシステムから、大規模ビルにも適用できるシステムとして、ユニットの大容量化や冷媒配管の長尺化が進む。1989年には100m、2001年には120mと年々長尺化し、現在では165mにまでアップしている（図-3）。

現在のビル用マルチの特長的な機能は以下のとおりである。

- ・室内機ごとに冷暖房を選べる冷暖フリーシステム
- ・夜間電力を利用できる氷蓄熱システム
- ・既存の冷媒配管を流用し、洗浄不要で簡単に機器入れ替えができる更新シリーズ

	1982年 (昭和57年)	1987年 (昭和62年)	1989年 (平成1年)	1996年 (平成8年)	2001年 (平成13年)	2013年 (平成25年)
1系統 容量	ビル用マルチ 5 HP	EXシリーズ 8, 10 HP	EXIIシリーズ 5, 8, 10 HP	EX21シリーズ 13~34 HP	Ve-upシリーズ RFC401C 5~42 HP	Ve-upIVシリーズ RFC410A 5~54 HP
配管長	50m	70m	100m	100m	120m	165m
高低差	30m	40m	50m	50m	50m	50m(改装で90m)
最小 運転容量	2.5 HP	1.6 HP	0.8 HP	0.8 HP	0.8 HP	0.8 HP
室内機 接続台数	2台	6台	8台	32台	32台	64台
低外気 冷房限界	20℃	10℃	0℃	-5℃	-5℃	-5℃
COP (10HP)	3.30/ 3.07	3.05/ 3.02	3.00	2.69	3.21	3.63

図-3 ビル用マルチ技術の革新（A社技術資料より）