

快適性と多様化に対応する空調機器・システムの技術動向

Hitachi Air Conditioning Equipment and Systems Offer Comfortable and Flexible Spaces

境 弘夫* Hiroo Sakai
奥田雅夫** Masao Okuda
松尾一也*** Kazuya Matsuo
千秋隆雄**** Takao Senshū



空調機器・システムへのニーズ 多様化，快適性をコア・キーワードとした顧客のニーズにこたえるための空調機器・システムの開発を行っている。[(a) スクロール冷凍機，(b) 氷蓄熱ユニット，(c) マルチ方式エアコンディショナー，(d) 西池袋熱供給株式会社納め大形吸収冷凍機]

空調機器・システム分野ではインテリジェントビルやコンピュータビルの増加などの時代の変化および価値観の変化に伴う顧客のニーズにこたえるため，多様化と快適性がキーワードとなっている。

これら顧客ニーズに対応して冷熱源機器の主要要素である圧縮機では，小形化，高効率化を進め，ロータリ形，スクロール形，スクリュー形，ターボ形の住み分けをほぼ完成した。今後数年は代替フロン問題への対応が最優先課題となる。パッケージエアコンディショナーでは，マルチ方式(個別空調方式)が主流となり，一つの系統で冷房と暖房を同時に行

えるシリーズを開発した。吸収冷温水機分野でもマルチ方式の開発を行っている。

空調方式では，個別空調方式の増加，地球環境問題を反映した地域冷暖房システムの普及，電力需要平準化のニーズに対応した蓄熱空調システムの増加という傾向があり，それぞれに対応したシステム開発を行った。

これらの開発技術・システムをもとにシミュレーション技法や快適性評価技法を用いた事前評価を行い，顧客ニーズに合った最適なシステム構築に努めている。

* 日立製作所 空調システム事業部 ** 日立製作所 システム事業部 *** 日立製作所 機械研究所 **** 日立製作所 清水工場

1 はじめに

今やわが国のほとんどのビルでは空調設備を完備しており、最近では自動車、産業機械などの生産工場への空調システムの導入が始まっている。この傾向は、住環境や職場環境を生活のしやすい、快適空間に少しでも近づけようとするものである。いろいろな種類の建物と用途に空調システムが導入されるようになってからは、空調システムに要求されるニーズは多種多様になり、また最近、ビルのインテリジェント化に対応して、空調の質についても快適性ということばで代表されるニーズが明確になってきている。

ここでは、冷熱源機器を中心とした空調機器・システムの技術動向と日立製作所の考え方について述べる。

2 冷熱源機器の技術動向

日立製作所は、冷熱源機器開発の流れを大きく二つに設定して多様性と快適性というキーワードに対応しようとしている。

2.1 顧客ニーズに対応した機器の開発

一つの流れは、高性能、高信頼性、低騒音、小形化など顧客ニーズに対応した機器の開発である。冷熱源機器

〔冷凍機、パッケージエアコンディショナー(以下、パッケージエアコンと略す。)] などの主要要素である圧縮機と熱交換器の開発の歴史から今後の技術動向を見ていくことができる(図1)。古くはレシプロ形圧縮機が中・小容量圧縮機の主流であったが、現在では一部を除き高効率なスクロール形とスクリー形で置き代わっている。スクロール形については、現在の生産技術では3.75 kW(単機容量)が上限となっているが、省エネルギーや低騒音などの多くの特徴を持つので容量範囲を拡大する計画である。

スクリー形圧縮機も信頼性の向上と効率改善を行ってきた結果、単機容量で22 kWから45 kWまでをカバーしている。今後、ターボ形圧縮機にない特徴(容量制御のしやすさ、取り出し温度幅の広さなど)を生かして大容量化を図っていく。

ターボ形圧縮機は古くから採用されてきた圧縮機で、冷凍機用途としての流体性能面ではほぼ限界能力を引き出しており、現在100冷凍トン(75 kW相当)から単機容量1万冷凍トン(7,500 kW相当)までをカバーしている。この1万冷凍トン機は世界最大機であり、東京ガス株式会社新宿副都心冷センターで1991年5月から稼動している。

要素技術		'80	'90	機器容量(kW) ⁽¹⁾	技術課題
圧縮機	レシプロ形		'86 ロータリ形	0.4~1.5	●静音化, 高効率化
			'83 スクロール形	~1.1	●容量拡大, 静音化
		'79	スクリー形	22~90	●容量拡大
			ターボ形	75~7,500	●高効率化, インバータ制御
	空気・冷媒熱交換器	'75 プレートフィン(裸管)	スーパースリットフィン(内面溝付き管)	—	●小形化(高性能化) ●冷凍サイクルの効率化
熱交換器	水・冷媒熱交換器	ローフィン管	サーモエクセル管	—	●小形化(高性能化) ●小温度差高熱密度化
	膨張機構	温度式膨張弁	'85 キャピラリチューブ	—	●インバータ制御運転領域拡大 ●冷凍サイクルの高効率化
		'71	電子膨張弁		

注：(1) 機器容量(kW)は1992年10月1日現在の製作範囲を示す(複数台の圧縮機を持つ機器を含める。)
(2) フロン対応の技術課題は共通にある。

図1 ビル空調システム用冷熱源機器の主要な要素技術 冷熱源機器を構成する要素技術についての移り変わりを示す。小形化, 高効率化, 静音化というニーズに合った開発が行われている。

冷凍機に使われる圧縮機に関するこれから数年の最優先課題は、オゾン層破壊に対処するためのフロン問題への対応である。具体的な対応内容についてはこの特集号の別論文「フロン問題に対応した空調機器の開発」を参照されたい。

2.2 空調機器のシステム化

他の一つの流れは空調機器のシステム化への対応である。最近の傾向として、空調機器メーカーがシステムを構成する機器の開発(冷凍機、ファンコイルなど)はもとより、これら機器をつなぐ配管、制御装置を含めた空調システムそのものの開発を担当し、顧客のニーズに対応した一貫した空調システムのコンセプトを提案する方向へと移りつつある(図2)。この考え方に沿った製品にマルチ方式パッケージエアコン(商品名:日立セットフリーFXシリーズ; 1台の室外機に複数台の室内機を接続したもので、室内から任意にON/OFFなどの制御ができる。)や、スルーザウォール形空調機(商品名:アキュレ; カーテンウォールの内側に空調システムを組み込んだもの)がある。いずれも制御装置や室内機などを含めたシステム構成となっており、施工性、運転性、省エネルギー性、保守性などを顧客の立場で設計している。日立製作所の持っているファジィ、ニューロなどの制御技術、空調システム設計・施工技術などを統合してこの流れを今後さらに強化していく予定である。

3 熱源方式の変遷

建物規模や用途に応じて冷凍機などの熱源機器が選択される。熱源方式という視点でみると以下に述べる顕著な傾向があり、それぞれに対応した機器・システムの開発を行っている。

3.1 マルチ方式の台頭

テナントビルや自社ビルにかかわらず任意な空調条件の設定、任意時間の空調運転確保など、個人のニーズを優先する傾向、いわゆる多様化が社会の大きな流れになってきた。この結果、マルチ方式(個別空調方式)パッケージエアコンが中規模ビルにも採用されるようになってきた。顧客、設計事務所などへアンケートを行った結果、マルチ方式がこれからの中・小規模ビルの空調システムの主流になるものと考えている。冷房と暖房を同時に行えるマルチ方式パッケージエアコンを1991年に開発しているが、今後使い勝手とメンテナンス性をさらに改善したシステムの開発を進める計画である。

マルチ方式に対する顧客の評価が高まった結果、ガス、

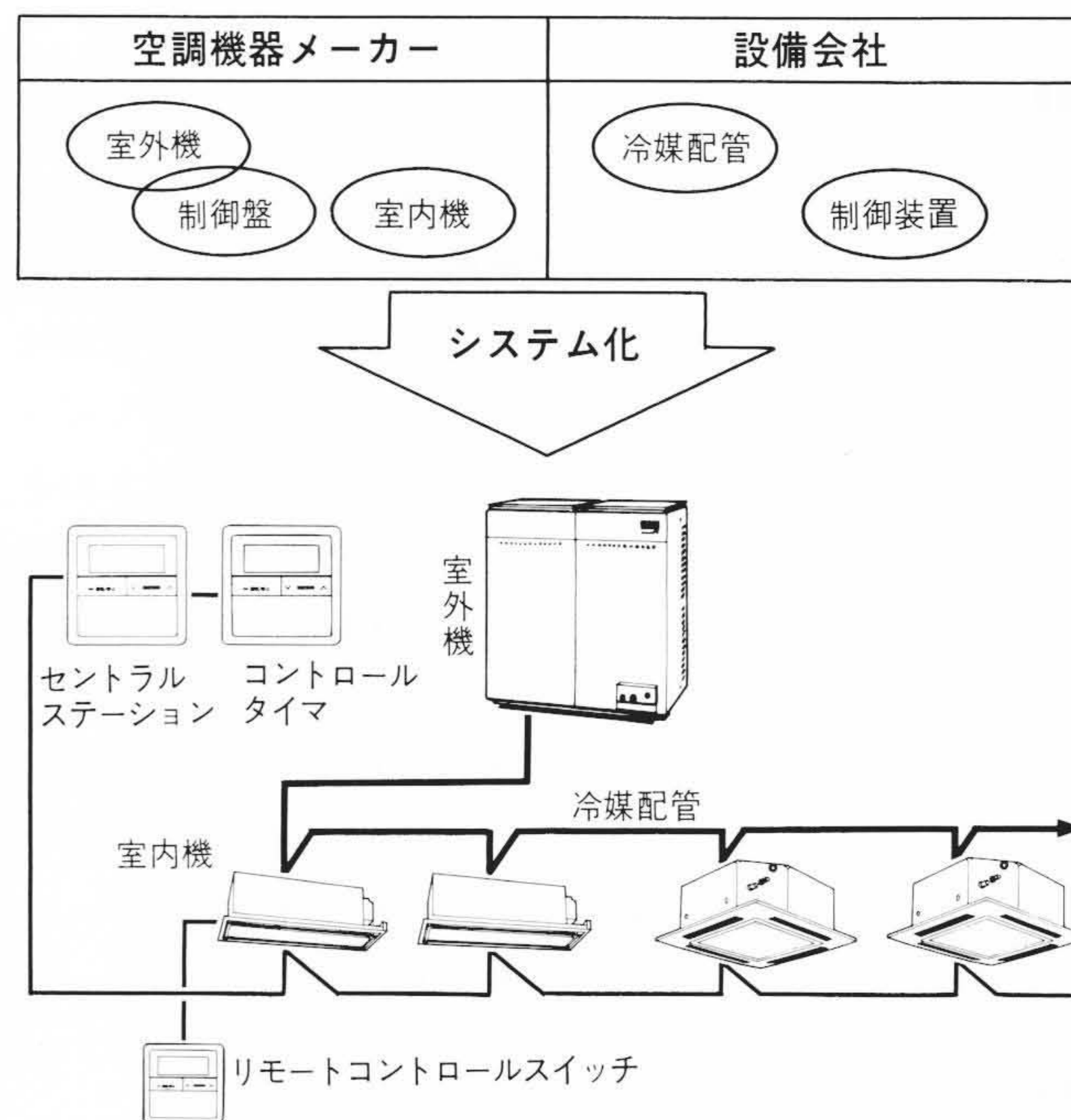


図2 マルチ方式パッケージエアコンに見られるシステム化
空調機器メーカーが冷媒配管や制御システムまで、一つのシステムとして工場で製作し出荷している。

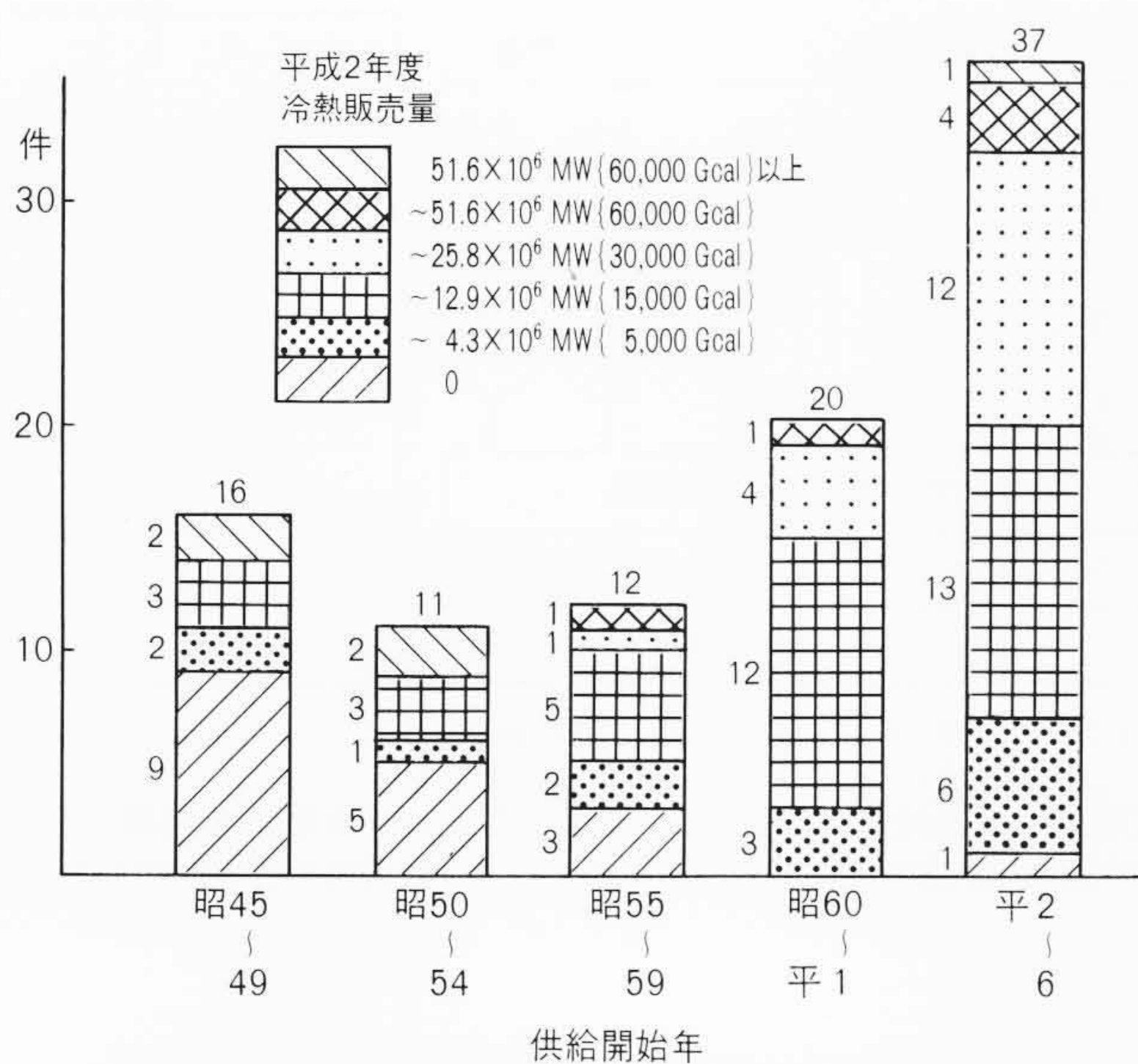
灯油などをエネルギー源とする小形吸収冷温水機分野でもマルチ方式の開発が必要となった。日立製作所はマルチ方式パッケージエアコンの経験とノウハウを生かして、小形吸収冷温水機を室外機とするマルチ方式の開発を行っており、1993年中には商品化する予定である。

3.2 地域冷暖房システムの増加

2番目の動きは都市再開発にリンクした地域冷暖房システムの建設である。地域冷暖房システムは、ビルが個々に熱源機器を持つよりも統合化することによって熱の総合効率を向上させ、さらに運用面でも改善しようとするものである。環境汚染防止のほかに大都市圏でのスペースの有効活用、保守管理を含めたランニングコストの有利性が評価された結果、最近では第三次ブームを迎えて計画や建設が活発に行われている(図3)。

地域冷暖房システムはその公共性のために、システムの信頼性が最も大きな課題であり、制御系、構成機器の信頼性は一般の空調システムよりも高いものが要求される。また同時に、供給熱単価に対する制限から、構成機器はもとよりシステム構成上で省エネルギーや省人化について多くのくふうがなされ、エンジニアリング性の高いシステムとなっている。

日立製作所は、多くの産業プラントでのエンジニアリングから建設までの豊富な経験と地域冷暖房システムの中核をなす冷凍機や監視制御装置の実績を駆使して、顧



注：昭和45年から平成4年2月末日現在までの熱供給事業設備建設の推移を，熱供給開始年月（計画を含む。）で分類して示す。日本熱供給事業協会発行の「熱供給事業者概要」から作成した。

図3 地域冷暖房システム建設の推移 地域冷暖房システムの最近の伸びと，大形化の傾向がわかる。

客のニーズを満足するトータルシステムを提供している。

3.3 蓄熱システムの台頭

他の一つは，昼夜間の電力需要の平準化というニーズに対応した蓄熱システムの台頭である。1988年から年率約25%で蓄熱システムの設置が伸びている。日立製作所は東京電力株式会社との共同研究によって初めて氷蓄熱ユニットを開発するなど，蓄熱システムの開発，普及を強く推進している。

4 建物用途別の空調システムの動向

建物の用途によって，そこで採用される空調システムにはそれぞれの特徴が必要である。日立製作所は，建物の用途からのニーズを反映させた空調機器・システムの開発も行っているので代表例を以下に述べる。なお，詳細内容はこの特集号の別論文を参照されたい。

(1) インテリジェントビル向け空調システム

インテリジェントビルでの空調システムには，

- (a) 24時間機能する。
- (b) OA機器などからの顕熱負荷が大きい。
- (c) OA機器の入れ替えや増設など負荷が変わる。

などの特徴がある。

インテリジェントビルの空調システムでは，24時間対応に対してはマルチ方式パッケージエアコンを，顕熱負荷処理に対しては高顕熱対応パッケージエアコンをそれ

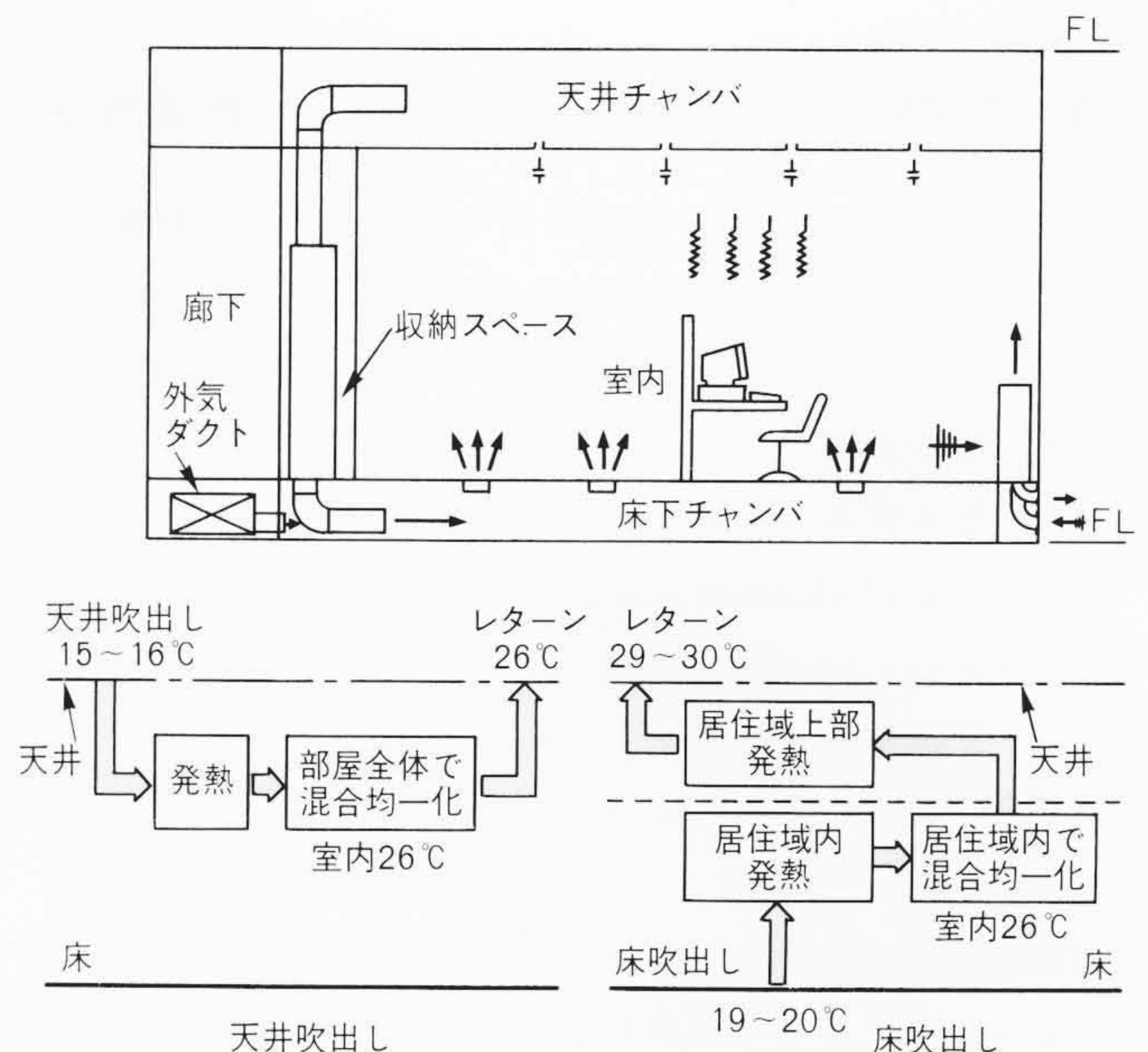


図4 床吹出し空調システム概念 天井吹出し（従来方式）に比べて省エネルギーが図れ，個別空調に近い温度環境を作り出すことができる。

ぞれ開発し，顧客に提案している。さらに，室内で執務している人の快適性を維持し，OA機器などの入れ替えや増設に対応する方式として，床吹出し空調システムを開発した（図4）。

(2) コンピュータビル向け空調システム

銀行，証券会社などの大形コンピュータを設置したコンピュータビルの特徴は，

- (a) 信頼性の高い年間冷房を必要とする。
- (b) コンピュータの発生する顕熱の処理量が多い。
- (c) コンピュータシステムの入れ替え，増設など負荷変化が激しい。

などである。コンピュータビルの設計負荷は約1 kW/m²と，インテリジェントビルの約140 W/m²に比べて著しく大きい特徴がある。

日立製作所は，コンピュータのメーカーそしてユーザーとして，これらのニーズを分析してコンピュータ専用パッケージエアコンを開発している。また，空調システムの信頼性を高めるためのバックアップ用に築造形氷蓄熱方式を開発し，納入している。

(3) 機械工場向け空調システム

職場環境を整備するため，機械工場などの建物にも空調システムを整備する事例が増えてきた。日立製作所は，個々の工場の温熱環境の実態をサーモグラフなどを用いて調べ，経済効率の高い空調システムを計画し，提供している。

5 空調機器・システムの開発を支える評価技法

5.1 シミュレーション技法による空調システム計画

多様化と快適性を満足させる空調機器・システムの開発には種々の評価技法が必要である。日立製作所では、

- (a) ビル空調システムシミュレータ
- (b) ビル省エネルギー評価シミュレータ

〔PAL (Perimeter Annual Load), CEC (Coefficient of Energy Consumption for Airconditioning)〕

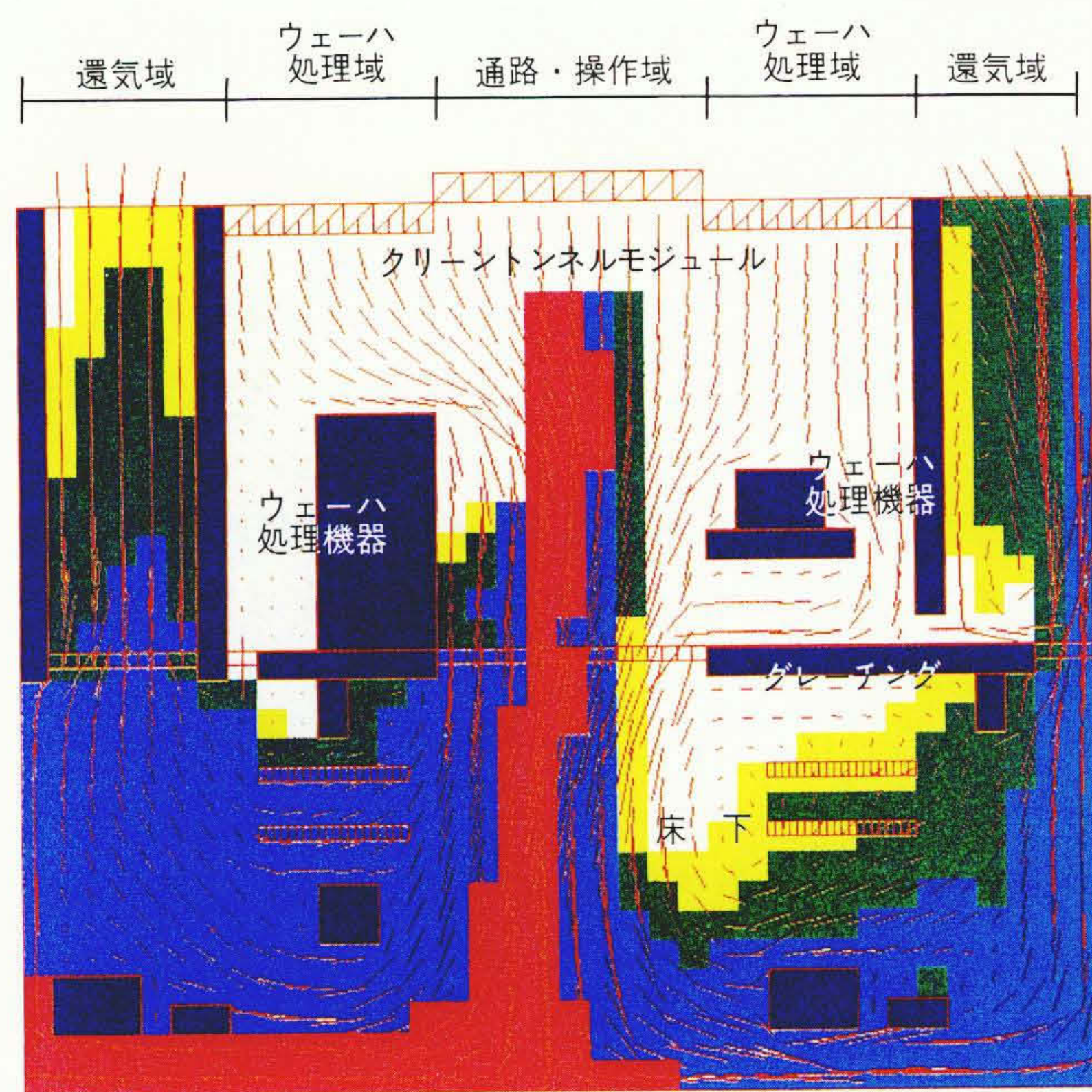
- (c) 気流解析三次元シミュレータ (図5)

などを開発し、活用している。

特に、ビルのインテリジェント化が進むにつれて、ビル内快適環境の維持、省エネルギーの実現、ビルオートメーションシステムとの連携による管理・運営の省力化の実現、システム全体の信頼性向上などが必要となり、いろいろなシミュレータによる事前評価が重要になっている。

5.2 快適性の評価技法

空調システムで要求される快適性を実現するためには、従来の温度と湿度をベースとした空調機器・システムの開発だけでは不十分であることがわかってきた。



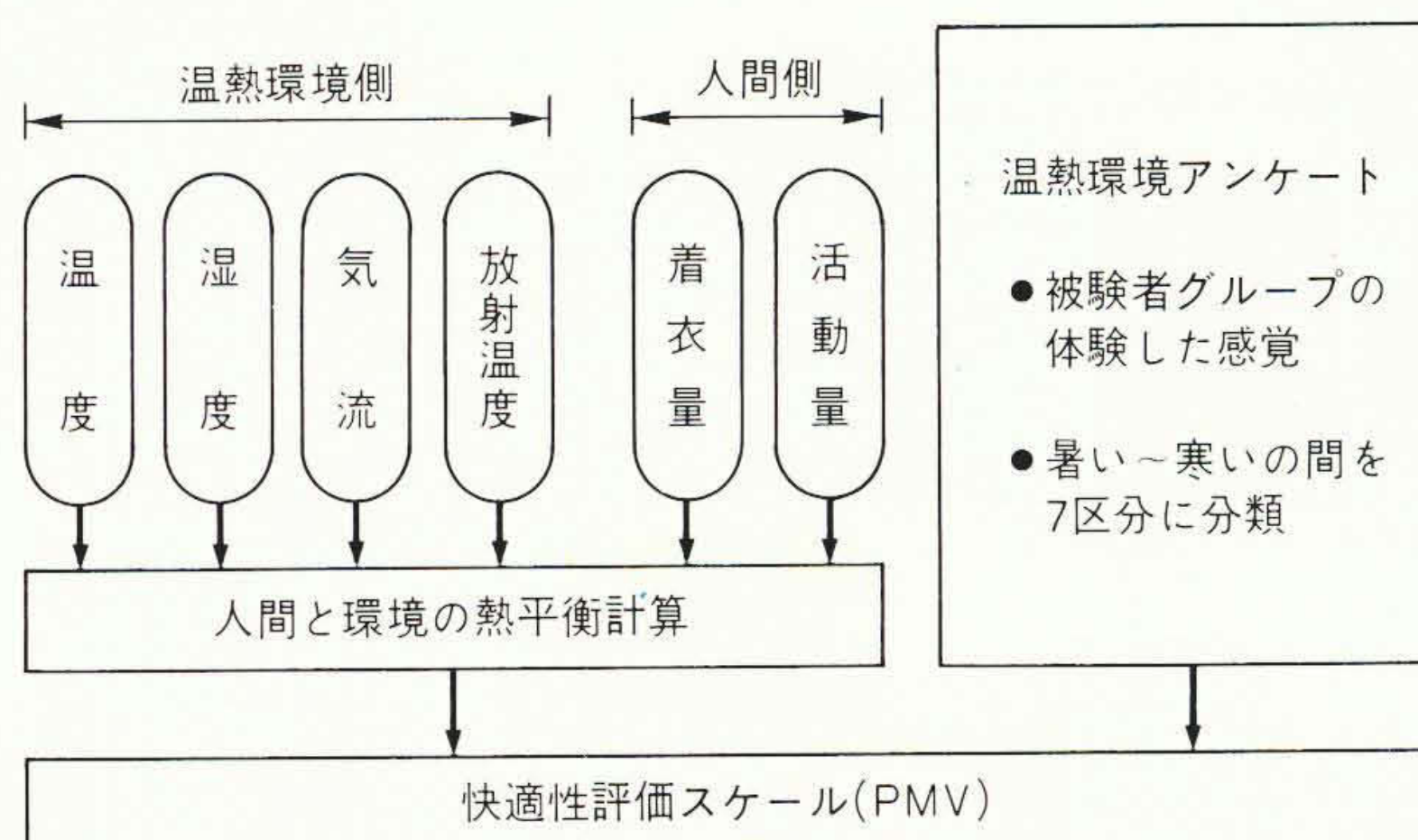
清浄度レベル

赤：1.0=C, 紫：1.0>C=>0.1

青：0.1>C=>0.01, 緑：0.01>C=>0.001

黄：0.001>C>0.0001, 白：0.0001>C=>0.0

図5 気流シミュレーション結果 クリーントンネルモジュールのじんあいを、二次元でシミュレーションしたものを示す。各部の清浄度を設計段階で評価できる。



注：略語説明 PMV (Predicted Mean Vote)

図6 快適性評価技法 温度と湿度以外の因子を考慮した熱平衡計算と居住者のアンケートを用いて、快適性の評価が行われる。

一般に空調システムの設計では温度と湿度を設計因子としているが、ISO-7730の快適性評価スケールPMV (Predicted Mean Vote：予測平均回答)では、図6に示すように温熱環境因子として温度、湿度、風速、放射温度の4因子を、人間側因子として活動量、着衣量の2因子をそれぞれ考慮している。PMVでは人間を発熱体、衣服を断熱材として周囲の環境との熱の授受のバランスを考え、これと温熱アンケートを統計的に結び付けている。このような考え方をを用いて諸因子をパラメータとした実験を行い、快適感と因子の関係を把握することができるようになった。

快適性に関する研究を早くから着手し、温度が高くて風速にゆらぎなどの変化があれば快適性が保たれることも定量的に把握し、ルームエアコンディショナーなどの開発に反映させている。このような考え方をさらに追求して空調機器の開発に快適性を実現する機能を折り込むとともに、空調システムの設計にも反映していく予定である。

6 おわりに

空調機器・システムの技術動向と日立製作所が進めている研究開発の考え方について述べた。多様化と快適性というキーワードの実現には、目的に対応した機器の選定と、システムの開発や建物用途に合ったシステム計画が必要である。また、ここで述べることができなかった周辺技術が補完的にある。日立製作所は、機器メーカーとシステムサプライヤとしての二面性を生かし、社会に貢献する空調システムの技術開発をさらに進めていく考えである。