

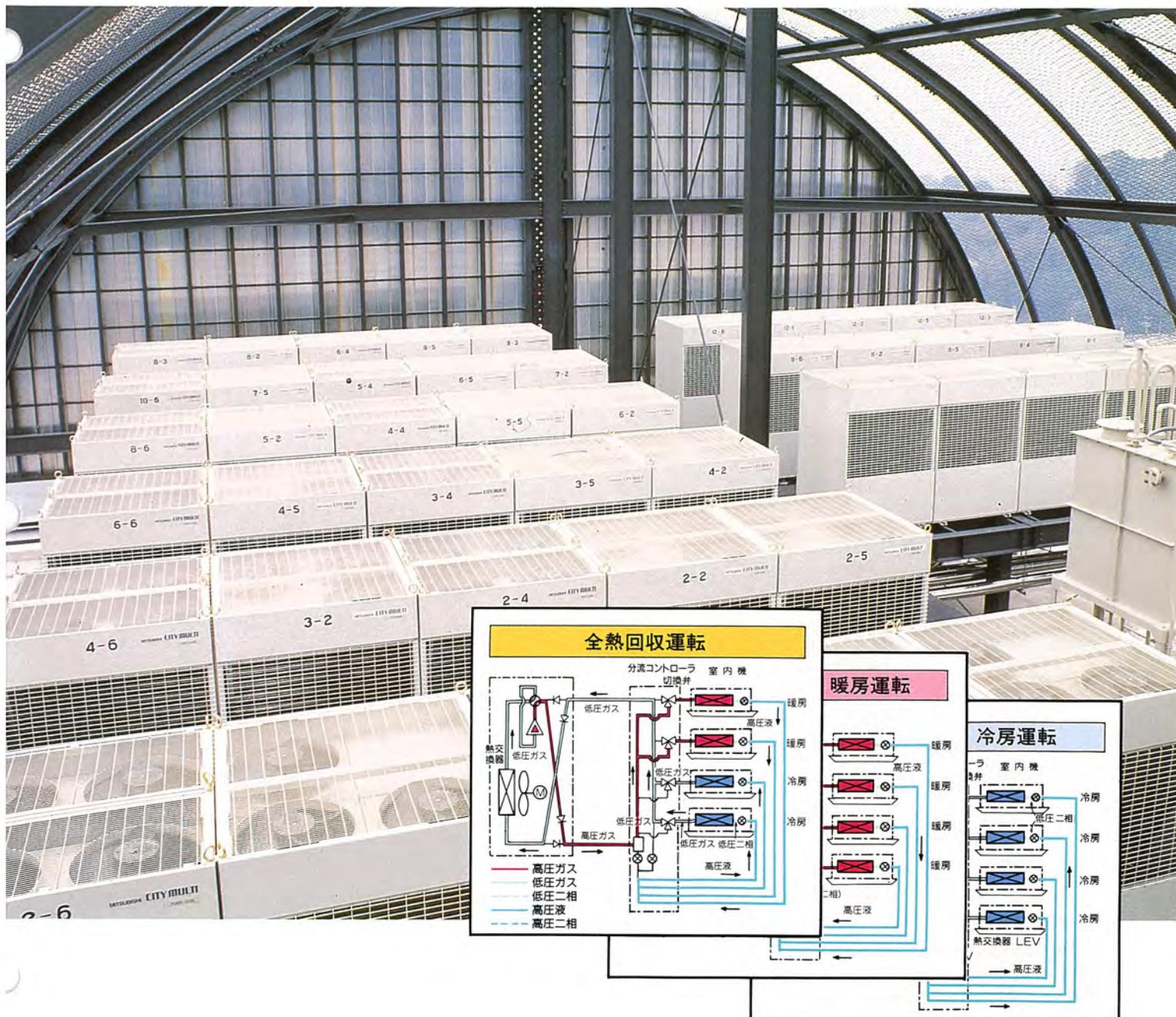
MITSUBISHI

三菱電機技報

5
1991

MITSUBISHI DENKI GIHO Vol.65 No.5

冷凍・空調特集



冷凍・空調特集

目 次

特集論文

冷凍・空調特集に寄せて	1
神谷昭美	
冷凍・空調機器の現状と今後の動向	2
松村恒男	
ビル用マルチエアコン 2管式冷暖同時マルチ R2 シリーズ	5
中村 節・谷 秀一・河西智彦・高田茂生	
大型冷暖同時マルチエアコン“セントラルマルチ”シリーズ	12
渋谷康雄・中村暉典・北内 雄・藤山重生	
マルチエアコンの自律分散協調制御“F-VPM”	17
井上誠司・岡島次郎・松岡文雄	
ビル空調管理システム	22
川島正満	
ニュー P プレナムタイプ パッケージエアコン	30
今西正美・田頭秀明	
大型シングルスクリュー圧縮機搭載チラー	36
橋本公秀・辻 清春・山田一男・杉山邦生	
パッケージ形透湿膜加湿機“CH-EVP”	43
人見不二男・久村幹夫・妹背孝次	
エアマルチ用外気処理ユニット	48
杉野雅彦・小川剛保	
インバータ《ロスナイ》システム	54
篠田公成・内藤 孝・藤城 直・中村俊夫	
ロスナイエアモニター“VL-1200AM”	60
中村裕信・鈴木 正・中村俊夫	
冷蔵庫用ローリングピストン型圧縮機の高効率化	65
幸田利秀・木藤良 善久・平原卓穂・中根和広	

普通論文

九州地方建設局納め平成大堰放流設備制御装置	70
田島基明・丹波光夫・内藤明彦・堀内 健	
中国広東—香港連系用525／420kV 単巻変圧器	76
末永晋一・西 英二・番匠谷 長利	
《MELFANET》計算機接続ファクシミリ配信システムの構築	82
鶴沢 清・堀内哲朗	
分散化を指向したアプリケーション開発支援システム“SWEET II”	87
逢坂 仁・飛山哲幸・稻生紀和・中嶋 昇・藤掛 遼	
EX-AXパソコン オンライン端末分散処理機能“CIMS II／DS<AX>”	92
小出 真・吉田 稔・山崎史江・山崎雄二・五味仁志	
三菱ホームバス・HA システム“HS-200”	96
中武洋一・堤 孝夫・岡部 勇・小林豊博・皆川良司	
高性能32ビット マイクロプロセッサ用キャッシュ コントローラ／メモリ(CCM)	103
木下伊都子・山田 朗・澤井克典・畠 雅之・平木俊行	

特許と新案

MOS 形半導体装置、半導体回路装置	111
ガスプラズマ食刻法	112

スポットライト

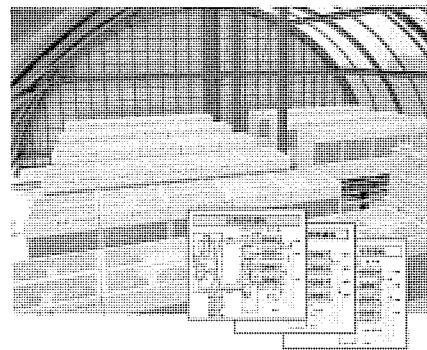
三菱漏電遮断器 New Super NV	109
三菱新系列直流電動機 SN シリーズ	110
店舗用空調機器集中監視制御システム	113
高画質 AV モニター 37C-CZ70	114
VF-B 形汎用高圧真空遮断器《MELVAC シリーズ》	(表 3)

表紙

マルチパッケージによるビル空調

ビル空調用空冷式マルチパッケージとして、三菱電機はこれまでに、シティマルチインバータ Y シリーズ、エアマルチシリーズ、冷暖同時マルチならびにビル空調管理システムなどを続々と市場に登場させ、多様な需要に対応している。

表紙写真は、シティマルチ室外機の集中設置据付例（和歌山市・ニッセイ和歌山ビル納入）と、2管式冷暖同時マルチ R2 の各運転モードの冷媒回路を示す。



三菱電機技報に掲載の技術論文では、国際単位“SI”(SI 第2段階(換算値方式)を基本)を使用しています。

アブストラクト

冷凍・空調機器の現状と今後の動向

松村恒男

三菱電機技報 Vol. 65 · No. 5 · P 2 ~ 4

空調機器を支える技術トレンドを示し、現状の課題となっているエネルギーの電力シフト、フロン代替、IAQ(Indoor Air Quality)と快適性、低騒音化、効率向上、システム化、支援技術を述べる。特に、今日的なフロン問題、エネルギー問題、製品アセスメント、快適性の追求、新鮮保存については、将来に向け技術開発が必要である。冷凍・空調用エネルギーの多様化と快適環境を支える技術とは、人と地球にやさしいものでなければならない。

ビル用マルチエアコン2管式冷暖同時マルチR2シリーズ

中村 節・谷 秀一・河西智彦・高田茂生

三菱電機技報 Vol. 65 · No. 5 · P 5 ~ 11

ビル用マルチエアコンの新シリーズとして、1冷媒回路内の各々の室内機を自在に冷房・暖房運転ができる、かつ室外機と室内機を通常のパッケージエアコンと同じ2本の冷媒配管で接続する2管式冷暖同時マルチR2シリーズを開発した。

今回、新たに開発した冷媒回路と制御方式により、熱回収可能、設備設計の自由度の拡大、快適性向上、省工事の市場ニーズに対応した2管式冷暖同時マルチを実現した。

大型冷暖同時マルチエアコン“セントラルマルチ”シリーズ

渋谷康雄・中村睦典・北内 肇・藤山重生

三菱電機技報 Vol. 65 · No. 5 · P 12 ~ 16

従来、大型空調機の分野では、ダクトで冷温風を各空調ゾーンに分配するセントラルダクト方式が主流であるが、小型パッケージエアコンではマルチ化が進んでいる。一方、冷房負荷の増加などにより、年間冷房の要求が増加している。このような要求に対応する製品として、1台の室外ユニットに複数の室内ユニットを接続でき、さらに各室内ユニットごとに冷房・暖房を自由に選択可能な大型冷暖同時マルチエアコンを開発したので、その概要を紹介する。

マルチエアコンの自律分散協調制御“F-VPM”

井上誠司・岡島次郎・松岡文雄

三菱電機技報 Vol. 65 · No. 5 · P 17 ~ 21

マルチエアコンの自律分散協調制御“F-VPM”(Fuzzy-Vector Pattern Matching)を開発した。これは、圧縮機吐出圧力 P_d と吸入圧力 P_s の二つの情報だけからファジー理論を応用して室外機を自己完結的に制御する手法である。その効果の確認のため、ダイナミック・シミュレーション・プログラムを新規開発した。この制御方法は、3管式、2管式の冷暖同時マルチエアコンにそれぞれ採用、製品化され、設備設計の自由度が大幅に拡大した。

ビル空調管理システム

川島正満

三菱電機技報 Vol. 65 · No. 5 · P 22 ~ 29

インテリジェントビルの増加に伴い、ビル空調に対する要求が年々変化するとともに増加している。この要求に対応するために開発された個別分散型トータルビル空調管理システムの概要を紹介する。また、今回、新規開発されたM-NET搭載機器と、光ネットワークシステムの現状及び今後の計画も併せて紹介する。

ニューPプレナムタイプ パッケージエアコン

今西正美・田頭秀明

三菱電機技報 Vol. 65 · No. 5 · P 30 ~ 35

最近の多様化した市場ニーズに対応するため、新しいメリットを付加し、“ニューPプレナムタイプ パッケージエアコン”を開発した。開発品の特長は、①低騒音エクストラファン搭載及びスクロール圧縮機搭載による低騒音化、②暖房サイクルデフロスト方式採用による暖房時の快適性向上、③冷媒チャージレス方式を採用した省工事性の追求、等であり、さらに多様化した市場ニーズに対応すべく多くの別売部品も準備した。本稿では、その概要について紹介する。

大型シングルスクリュー圧縮機搭載チラー

橋本公秀・辻 清春・山田一男・杉山邦生

三菱電機技報 Vol. 65 · No. 5 · P 36 ~ 42

都市再開発や地域冷暖房の急速な伸長に伴い、大型熱源機の需要が高まっている。こうした状況に対応すべく、フロン規制対象外の冷媒(フロン22)を用い、当社独自のリキッド・インジェクション方式の半密閉シングルスクリュー圧縮機を搭載した大型のチーリングユニットを開発した。この圧縮機の特長を生かし、運転範囲では従来の大型熱源機の代表格であるターボ冷凍機を凌駕するものである。本稿では、当社独自の大型シングルスクリュー圧縮機及びチーリングユニットの開発概要を述べる。

パッケージ形透湿膜加湿機“CH-EVP”

人見不二夫・久村幹夫・妹背孝次

三菱電機技報 Vol. 65 · No. 5 · P 43 ~ 47

近年加湿については、白粉の出ないクリーン性、長寿命及び保守の容易性等に対する要求が高まっている。今回、これらの要求を満足するパッケージ形透湿膜加湿機“CH-EVP”を開発したので、その製品の特長、耐久性及び自己制御性を中心に述べる。その中で、耐久性試験では、加湿エレメントの寿命がトータル加湿量に比例し、空調機組込みの場合7,500時間、今回の単独製品の場合16,000~20,000時間の長寿命になることが確認できた。

エアマルチ用外気処理ユニット

杉野雅彦・小川剛保

三菱電機技報 Vol. 65 · No. 5 · P 48 ~ 53

現在、ビル空調の主流となっているビル用マルチエアコンによる個別分散空調方式のライフサイクルコスト低減、サービス性向上のため“エアマルチ”が開発された。今回、エアマルチ専用の外気処理ユニットを開発し、ビル管理法をクリアする従来の機能に加え、給排気風量や湿度を自己制御する等の高機能化を図り、新たに床置形をラインアップした。ここでは、外気処理ユニットの詳細及びエアマルチシステムについて紹介する。

インバータ《ロスナイ》システム

篠田公成・内藤 孝・藤城 直・中村俊夫

三菱電機技報 Vol. 65 · No. 5 · P 54 ~ 59

空調方式の個別分散化に対応して、換気の個別分散化システムを開発した。このシステムは、インバータを搭載した全熱交換換気機器《ロスナイ》1台で、最大8ゾーンの細分化換気が実現できる。さらに空調機との連動機能、24時間タイマー内蔵による無人運転機能及び《ロスナイ》換気／普通換気の自動切替機能などを持っている。

Abstracts

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 65, No. 5, pp. 30~35 (1991)

The New P Series Plenum-Type Packaged Air Conditioners

by Masami Imanishi & Hideaki Tagashira

This series offers the following features to meet diversifying market needs: Low noise, due to the use of a scroll compressor and an extra fan; improved heating comfort, the result of a heating-cycle defrost function; and a refrigerant system with a precharged refrigerant cycle that requires no additional refrigerant for a low-maintenance lifetime. Many accessory components are also available to provide solutions to builders. The article introduces the P Series.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 65, No. 4, pp. 2~4 (1991)

Technological Trends and Problems in Refrigeration and Air-Conditioning

by Tsuneo Matsumura

The article discusses technological trends supporting air-conditioning equipment, and raises current issues, including the shift to electrical energy, alternatives for chlorofluorocarbons, the improvement of indoor air quality (IAQ), quieter operation, higher efficiencies, and system integration. Particularly urgent problems such as chlorofluorocarbons, energy, environmental-impact assessments, and the demand for greater comfort and the preservation of foodstuffs, call for future technological developments. The diversification of energy sources for refrigeration and air-conditioning and technologies that will support a comfortable environment must be in harmony with human needs.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 65, No. 5, pp. 36~42 (1991)

A Chilling Unit with a Single-Screw Compressor

by Masahide Hashimoto, Kiyoharu Tsuji, Kazuo Yamada & Kunio Sugiyama

Redevelopment work in Japan's urban areas and the growing popularity of air-conditioning and heating equipment in suburban developments has created strong demand for large-capacity heat sources. This chilling unit meets the demand and features a semihermetic single-screw compressor using original liquid-injection technology. The chiller uses Freon 22, a product not limited by CFC restrictions, while the advantages of the compressor makes this unit a superior heat source. The article reports on the development of the large-capacity single-screw compressor and the chilling unit.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 65, No. 5, pp. 5~11 (1991)

2-Pipe Multi-Split-Type Air Conditioners for Simultaneous Cooling and Heating

by Takashi Nakamura, Hidekazu Tani, Tomohiko Kesai & Shigeo Takata

The Multi R2 Series supports simultaneous heating and cooling while retaining the simple two-pipe refrigerant link between indoor and outdoor units similar to that of conventional air conditioners. The equipment has a new refrigerant circuit and control system that improves user comfort and performs heat recovery, and it features simple system design and installation.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 65, No. 5, pp. 43~47 (1991)

The Model CH-EVP Packaged Membrane-Type Humidifier

by Fujio Hitomi, Mikio Kumura & Koji Imose

There is substantial demand for nonmisting humidifiers that are clean and long-running and require minimal maintenance. The Corporation has addressed this emerging market by developing Model CH-EVP, a nonmisting membrane-type packaged humidifier. The article reports on the features and operating life of this product, including its automatic control system. The long-life humidifier element was shown to function for 7,500h in embedded air-conditioning applications and 16,000 ~20,000h under stand-alone use.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 65, No. 5, pp. 12~16 (1991)

The CENTRALMULTI Series Large Split-Type Multi-Package Air-Conditioners for Simultaneous Heating and Cooling

by Yasuo Shibuya, Mutsumi Nakamura, Hajime Kitauchi & Shigeo Fujiyama

Split-type multipackage air-conditioning systems are increasing as an alternative to central forced-air systems for large-scale installations. The article introduces one commercial system in which a single outdoor unit supports multiple compact indoor units. Users can select either heating or cooling functions at any time throughout the year—a convenience for which there is a growing demand.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 65, No. 5, pp. 48~53 (1991)

Outside-Air-Treatment Units for Multi-Unit Split-Type Air-Conditioning Systems

by Masahiko Sugino & Takayasu Ogawa

The Corporation has developed a new line of outside-air-treatment units for its multi-unit split-type individually distributed air conditioners. These units feature automatic control of supply- and exhaust-air volumes and humidity, in addition to the basic capabilities required to satisfy building-construction codes. Along with the ceiling-mounted units, the line-up now includes floor-standing units. The article describes these units in detail and introduces multi-unit split-type air conditioning systems, which have entered wide use due to their low life-cycle cost and easy servicing.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 65, No. 5, pp. 17~21 (1991)

The F-VPM Autonomous Distributed Coordinating Controller for Split-Type Multi-Unit Air-Conditioning Systems

by Seiji Inoue, Jiro Okajima & Fumio Matsuoka

This system determines an appropriate control strategy for the outdoor unit by applying a fuzzy vector pattern-matching algorithm to the discharge and suction pressures at the compressor. The system was tested by dynamic simulation in software, and is now being employed in commercial products. The system supports two- and three-pipe refrigerant networks and simultaneous heating and cooling functions. The control system's autonomous operation simplifies system design.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 65, No. 5, pp. 54~59 (1991)

An Inverter-Type Lossnay System

by Kiminari Shinoda, Takashi Naito, Tadashi Fujishiro & Toshio Nakamura

A ventilation system for individually distributed air-conditioning systems has been developed. The central ventilation unit uses the total heat-exchange capabilities of an inverter-controlled Lossnay for highly diversified ventilation to up to eight zones. The system can operate without supervision either in a slave mode under the control of air-conditioning equipment or operated by a built-in 24h timer, and it automatically switches between Lossnay and bypass modes.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 65, No. 5, pp. 22~29 (1991)

A Building Air-Conditioning System

by Masamichi Kawashima

Intelligent buildings are placing new demands on building air-conditioning systems. The article reports on an "individually distributed" total building air-conditioning system designed to satisfy these requirements, introduces new system equipment using the M-NET optical-fiber network, discusses the state of the art of systems linked by optical-fiber systems, and describes future plans for this technology.

アブストラクト

ロスナイエアモニター “VL-1200AM”

中村裕信・鈴木 正・中村俊夫

三菱電機技報 Vol. 65・No. 5・P 60~64

7種類の空気の状態を表示して、ロスナイ換気でその環境を改善できる部分をロスナイ自動運転で処理を行い、高密閉化住宅での換気の重要性を市場に認知させる目的で、ロスナイエアモニターの開発を行った。ここでは、制御の基本にした考え方や実用試験の結果とモニターを基にした“空気づくり”について紹介する。

分散化を指向したアプリケーション開発支援システム “SWEETII”

逢坂 仁・飛山哲幸・稻生紀和・中嶋 昇・藤掛 道

三菱電機技報 Vol. 65・No. 5・P 87~91

SWEETIIは、事務処理分野向け基幹情報システム開発の生産性向上をねらいとした汎用計算機EXシリーズ向けのシステム製品である。ホストマシンの負荷軽減、優れたマンマシンインターフェースの活用等による設計作業の効率化を図るため、当社AXパソコンをワークステーション(WS)とする設計支援ツール群を新たに開発するとともに、ホスト／WS間の連系機能を追加した。これにより、ホストとWSそれぞれの特長を生かした分散開発環境を実現することができた。

冷蔵庫用ローリングピストン型圧縮機の高効率化

幸田利秀・木藤良 善久・平原卓穂・中根和広

三菱電機技報 Vol. 65・No. 5・P 65~69

冷蔵庫用ローリングピストン型圧縮機は、これまでにも効率改善が図られてきた。しかし、冷蔵庫用圧縮機は高圧縮比で運転されるため、冷媒ガスが過熱されやすく、また、機械損失の割合も大きい。このため、最近では効率改善が限界に近い状況にあった。そこで、解析技術を更に向上し、より詳細な損失分析を行い、性能の限界を追求する研究を行った。その結果、試作圧縮機において、現行機より効率を大幅(約10%)に改善する方策を見出だすことができた。

EX-AXパソコン オンライン端末分散処理機能 “CIMS II／DS AX”

小出 真・吉田 桂・山崎史江・山崎雄二・五味仁志

三菱電機技報 Vol. 65・No. 5・P 92~95

“CIMS II／DS AX”は、MS-DOS搭載のAXパソコン《MAXYシリーズ》を用いてオンライン基幹業務に対して分散処理機能を提供するシステムである。このシステムの特長は、MS-DOS上で多重処理を実現し、拡張メモリを利用することによって分散システムの構築を可能にしたこと及び従来のホスト集中型システムに対し、最も使用頻度が高い画面入出力処理をシステムの変更なしに分散化可能にしたことである。

九州地方建設局納め平成大堰放流設備制御装置

田島基明・丹波光夫・内藤明彦・堀内 健

三菱電機技報 Vol. 65・No. 5・P 70~75

この装置は、大分・福岡県境の山国川に設置された堰放流設備を監視制御するもので、平常時の定水位制御から洪水時の制御まで、ほとんど操作員の介在なしで自動制御を行い、操作員の負担軽減と、総合的な堰設備の管理を行うものである。この装置は、光ファイバによる雷害対策、処理装置の二重化とその自動切替えによる信頼性向上、LAN結合によるワークステーションへの情報提供及び独立した試験・訓練機能など、最新の技術を導入したものである。

三菱ホームバス・HAシステム “HS-200”

中武洋一・堤 孝夫・岡部 勇・小林豊博・皆川良司

三菱電機技報 Vol. 65・No. 5・P 96~102

最近の住宅建築の高級化、及び家電、住宅設備機器のシステム化指向に対応し、また住宅情報制御の核として、関係官庁、業界で推進しているHBS標準化規格が示す技術に準拠した三菱ホームバス・HAシステムを開発、製品化した。ホームテレホン、セキュリティ、テレコントロールの機能と、部屋別の端末機器を制御、モニターするインターフェースユニットにより、階層化したシステムとし、また拡張性と施工性を重視して開発を行った。

中国広東－香港連系用525/420kV 単巻変圧器

末永晋一・西 英二・番匠谷 長利

三菱電機技報 Vol. 65・No. 5・P 76~81

中国と香港を連系する我が国初の525/420kV 単巻変圧器を製作・納入した。本器は、高・低圧とも超高压の巻数分比が非常に小さい特殊単巻変圧器であるが、最近の解析技術を駆使することで技術的課題を克服、信頼性の高い低損失、軽量・コンパクトな変圧器を実現した。将来的には、電力系統の運用上・経済性の観点から、世界各国の超高压送電系統が互いに連系されると考えられ、このようなニーズにこたえていくためにも、今回の変圧器の完成の意義は大きい。

高性能32ビットマイクロプロセッサ用キャッシュコントローラ／メモリ(CCM)

木下伊都子・山田 朗・澤井克典・畠 雅之・平木俊行

三菱電機技報 Vol. 65・No. 5・P 103~108

G_{MICRO}ファミリーの32ビットマイクロプロセッサに最適なコントローラを内蔵し、16K バイトの容量を持った4ウェイセット アソシティブ方式のキャッシュメモリであるM32/CCMを開発した。この製品は、M32マイクロプロセッサ(20MHz動作時)の高速リードアクセスに対してノーウエートでデータを出力できる。また、複数のM32/CCMの並列接続で、キャッシュメモリ容量の拡張が容易に実現できる。

《MELFANET》計算機接続ファクシミリ配信システムの構築

鶴沢 清・堀内哲朗

三菱電機技報 Vol. 65・No. 5・P 82~86

1988年10月から販売開始した三菱ファクシミリメールシステム《MELFANET》は、お客様の御好評を得て順調に出荷されている。今回、ホスト計算機と《MELFANET》を結び、ファクシミリ端末からホスト計算機のデータベースを検索出力したり、ホスト計算機のデータ処理結果をファクシミリに出力したりする“《MELFANET》計算機接続ファクシミリ配信システム”を出荷したので、システム事例をもとにその内容を報告する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 5, pp. 87~91 (1991)

The Sweet II Distributed Application-Development System

by Hitoshi Osaka, Tetsuyuki Tobiyama, Norikazu Inase, Noboru Nakashima & Jun Fujikake

Sweet II provides a high-productivity distributed environment for developing business data-processing applications on EX Series general-purpose computers by using AX-standard personal computers as workstations. Newly developed design-support tools for the AX provide efficient user interfaces for software-design operations and reduce the load on the host computer. Joint functions between the host and workstations are also implemented.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 5, pp. 60~64 (1991)

The VL-1200AM Lossnay Air Monitor

by Hironobu Nakamura, Tadashi Suzuki, & Toshio Nakamura

This indoor air-quality monitoring unit displays seven air-quality parameters and automatically switches on a Lossnay heat-exchange ventilation unit as necessary to maintain an optimum indoor environment. The monitor, expected to increase consumer awareness of ventilation requirements, is intended especially for use in highly enclosed modern dwellings. The article reports on the basic control principles of the monitor, practical testing results, and the design of ventilation systems using the new device.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 5, pp. 92~95 (1991)

The CIMSII/DS AX On-Line Distributed EX and AX Software System

by Makoto Koide, Minoru Yoshida, Fumie Yamazaki, Yuji Yamasaki & Hitoshi Gomi

This system implements a distributed-processing strategy for on-line business data-processing using AX-standard personal computers using MS-DOS. The system provides MS-DOS support for multiplex processing and for distributed processing using expansion memory. Unlike centralized systems, the personal computers can perform processing associated with displayed screens and user I/O using an application program connected to the host system.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 5, pp. 65~69 (1991)

High-Efficiency Rolling-Piston-Type Compressors for Refrigerators

by Toshihide Koda, Yoshihisa Kitora, Takuho Hirahara & Kazuhiro Nakane

Two factors have limited further improvements in the efficiency of rolling-piston-type compressors for refrigerator use. The losses caused by superheating the refrigerant gas under high compression ratios are considerably large. Significant mechanical losses also remain. The authors have developed new equipment designs with a dramatic 10% efficiency improvement over current compressors through the use of better techniques for loss analysis. The new compressors mark a major step toward theoretical efficiency limits.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 5, pp. 96~102 (1991)

The HS-200 Home Bus System

by Yoichi Nakatake, Takao Tsutsumi, Isamu Okabe, Toyohiro Kobayashi & Ryoji Minagawa

The HS-200 is based on the government- and industry-backed HBS standard to support systematic control of household equipment and appliances as the quality of Japan's residential dwellings rises. The hierarchical system provides telephone, telecontrol, and security functions and an interface unit for monitoring and controlling terminal equipment in each room. The system is expandable and easily installed.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 5, pp. 70~75 (1991)

Automatic Dam-Control Apparatus for the Heisei Ozeki Dam, Kyushu Regional Construction Bureau, Ministry of Construction

by Motoaki Tajima, Mitsuo Tamba, Akihiko Naito & Takeshi Horiuchi

This apparatus monitors dam activity and operates control equipment, managing most of the dam equipment so that manual intervention is rarely required and staffing can be reduced. It normally operates to maintain a constant water level behind the dam, and automatically switches into a flood-control mode as needed. An optical-fiber communications network limits lightning damage, a duplex control system with automatic switching enhances overall reliability, and workstations tied to a system LAN can collect operating data, perform tests, and provide support for operator training.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 5, pp. 103~108 (1991)

The M32/CCM Cache Controller and Memory for Use with GMICRO-Family 32-Bit Microprocessors

by Itsuko Kinoshita, Akira Yamada, Katsunori Sawai, Masayuki Hata & Hiraku Toshiyuki

Designed for GMICRO-family 32-bit microprocessors based on the TRON architecture, the M32/CCM cache controller and memory LSI provides 16kB of memory addressed by a four-way set-associative algorithm. The M32/CCM can respond without wait states to high-speed read access by M32 microprocessors operating at 20MHz, and several M32/CCMs can be connected in parallel to yield a larger cache size.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 5, pp. 76~81 (1991)

The Completion of 525/420kV Autotransformers for Connecting Guangdong Province, P.R.C., and Hong Kong

by Shin'ichi Suenaga, Hideji Nishi & Nagatoshi Banjoya

Mitsubishi Electric has manufactured and delivered these autotransformers for power transmission. Improved analytic techniques have helped solve technical problems and achieve high reliability, low loss, light weight, and compact construction in shell-type structures. In addition, these very special EHV transformers feature an extremely low voltage between the high- and low-voltage windings. The development of large-capacity EHV transformers such as these will enable more countries to reap the economic benefits of international EHV links between their power grids.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 65, No. 5, pp. 82~86 (1991)

The MELFANET Computer-Data Facsimile-Delivery System

by Kiyoshi Uzawa & Tetsuro Horiuchi

Users have been satisfied with the many MELFANET facsimile mail systems delivered since sales began in October 1988. The article reports on the capabilities and applications of a newly released facsimile-delivery system consisting of a MELFANET system linked to a host computer. The system allows facsimile terminals to reference databases on the host, and the host to output data on facsimile terminals.

卷頭言

冷凍・空調特集に寄せて

常務取締役
商品事業本部長
神谷 昭美



今年もまた新さくら丸が東京・晴海埠頭から出航した。冷凍・空調・住設・照明の新製品、新技術を満載して、全国17会場を20日間の日程で巡回するユニークな三菱電機洋洋上フェアである。

三菱電機創立70周年を契機としたSHOX'S'90活動（商品事業本部エキスプレス）の一環として、「他社にないものを他社にさきがけて」をスローガンに掲げて開発を推進してきた新商品を、ご高覧いただけると思う。

- 2管式冷暖同時マルチパッケージ
- M-NET 伝送制御ネットワークシステム
- 住宅用エアマルチエアコン
- 静音4方向吹出天井カセット
- 消音型ダクト用換気扇
- 高鮮度セミ多段形アラウンドショーケース など

この特集号では新さくら丸同様最新の製品並びに技術の紹介をする。

さて、冷凍・空調業界は88冷凍年度に販売高2兆円を突破して以来好調な推移を示し、90冷凍年度は2兆4,536億円の史上最高で、前年比8.9%だった。今後も着実な伸長が期待され、いずれ3兆円の大台に乗ることも予想される。ビル建築ブームや住宅着工の伸びに加えて、リニューアルや買替の増加も需要拡大を促進した背景であるが、ビル空

調用マルチパッケージに代表される冷凍・空調機器の新製品、新技術開発がその加速に貢献しているとも言える。

現在、冷凍・空調機器の技術開発は冷媒サイクルや機器・部品にかかるハード技術——例えばスクロール圧縮機、改良型熱交換器、電子膨脹弁、静音タイプ送風機など——のみならず、機器の制御ソフト並びにその施設全体を構成する機器トータルのシステム制御を含めた総合システム技術開発が不可欠のものとなっており、これをユーザーに積極的に提供しなければならない。

例えば空調であればビル全体の空調管理を行い、かつ各部屋個別の快適環境の実現を自律的に制御するなど。

一方、社会的環境にも変化があり、それに対応する技術開発も必要となり、一部には計画の軌道修正も必要であろう。

- 省エネルギー
- 電力需給事情
- IAQ (Indoor Air Quality : 室内空気質)
- 特定フロン規制
- 家電品廃棄物問題 など

ともあれ、今後も「他社にないものを、他社にさきがけて」の旗印を押し立てて三菱電機冷熱軍団がさらに前進することを期待する。

冷凍・空調機器の現状と今後の動向

松村恒男*

1. まえがき

我が国では昨夏は暑く、地球温暖化が急進したわけではあるまいが、冷房によって電力使用量の記録的なピークが話題になった。そして、エアコンはこれまで最高の630万台を販売した。今のところ電機業界は今夏も昨年並と予測しているので、販売サイドでは早期に据付工事が開始されるだろう。

金額面では、'90冷凍年度の冷凍空調機器(家庭用冷蔵庫・飲料用自販機を除く。)の国内販売額は2兆5千億円近く、前年比8.9%増であった。このまま着実に成長すると'93冷凍年度には3兆円弱と予想される。

図1に空調機器と、これを支える技術の流れを示す。1990年代を見ると、圧縮機はレシプロから残りながらも、ロータリ、スクロールへとシフトすることが分かる。フロン代替が現在の課題であるが、脱フロンの時期が早期到来するかもしれない。電子回路・マイコンの活用から、機器のインテリジェント化と異種機器間や社会システムとのネットワーク化を可能とした。快適性が、空気の質が重要な訴求点となった。

市場分野別にトレンドの要点を述べると、次のようになる。
住宅空調：屋内に自然環境を実現する快適、省エネを図る

トータル空調、換気・空気清浄、静音、高効率
ビル空調：ビル内の換気・空気清浄、省スペース、静音、
システム管理対応、蓄熱応用

産業冷熱：専用エアコン、高信頼性

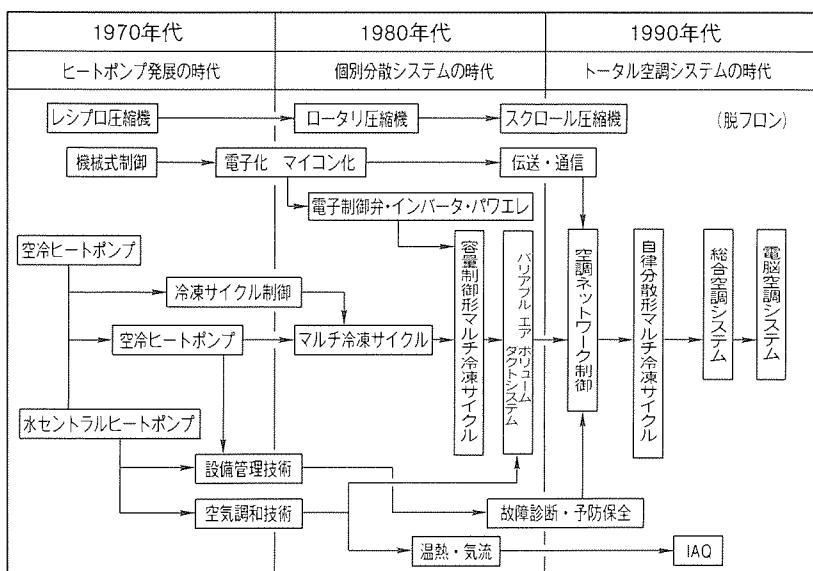


図1. 冷凍・空調機器と技術の流れ

ここで冷凍・空調機器に関して、現状と課題に触れてみよう。

(1) エネルギーの電力シフト

以前から冷房は主として電力に負っていた。暖房についても、現在はヒートポンプの普及から電力依存となっている。したがって、冷暖房エネルギーの電力シフトがますます進むであろう。立地問題や地球温暖化の観点から著しい電力供給量の増加は難しく、国を挙げて省エネ、負荷の平準化、他エネルギーあるいは自然エネルギーとの併用などに取り組む時代となつた。

(2) フロン代替

冷凍・空調機器には地球規模的な技術課題にフロン代替があり、当面はオゾン層破壊の著しいフロンを規制し、企業ごとに先取り姿勢の発表が散見される。冷凍・空調機器にとっては、この数年が大きな転機に当たつた。

(3) IAQと快適性

居住する空調空間の“質”には、人間の生理・心理を大切にしたアメニティ思想が不可欠となった。自然な空気環境を人に提供しようとするIAQ(Indoor Air Quality)が訴求点の製品であり、温度・湿度・気流という従来の要因に加え、着衣量・活動量・時間経過などを含めた感覚を取り込み、より快適性の得られる機器開発が盛んである。

(4) 低騒音化

室内・外における空調騒音を低減する競争は、単に熱交換器や吹出口の形状工夫では達成できない域に達し、振動源・音源から伝達経路を分離する解析が進み、現在では音を音で制する製品が登場している。住環境改善の要求はとどまらず、部屋の天井が低く、家の近隣への距離が短い我が国の事情から、低騒音化の飽くなき戦いが続くことであろう。

(5) 効率向上、システム化

石油ショックを経験して以来、機器そのものの効率向上はかなりの進展をみた。しかし、毎年のように圧縮機・熱交換器・弁・流量制御・送風機・冷媒などの要素面でも新技術は発表され、制御においても高精度・高信頼性・速応答のための電子化やセンシング技術の取り込みで新製品が生まれている。また、システム化による利便性・省エネが様々な形

態で訴求され、購入者には選択の幅が広がり、かつ単なる組合せ使用では得られない効果がかかる。図2はビル用エアコンのプランニングフリー、ネットワークフリーの例である。基本形である冷媒マルチから、冷媒流量と風量を個別にインバータ制御する個別分散空調までをカバーできるシリーズである。

機器はインテリジェント化し、映像化・標準化・高速化などの伝送技術により総合管理されるようになった。

家庭用機器では、個電の時代といわれることがあるように、部屋あるいは使用者ごとに様々なデザインが求められる。エアコンも例外ではなく、複数所有率の高まりに合わせ、インテリア性が重視されてきた。照明器と空調機の複合は、天井のスッキリ感が購入動機であろうし、工事面でも利点がある。

(6) 支援技術

前述したように、このビジネス分野は拡大している。システムの自律分散化への動きが顕著であるし、稼働時の信頼性及び便宜性向上の要求が大きい。一方、広範な知識を所有する技術者が不足している、メンテナンス要員の省力化が望まれる、といった販売や工事面の背景がある。コンピュータの価格が低下し普及したことから、CAD・見積り・システム提案などのソフトが活発に利用されてきている。

電力会社の営業窓口では、住宅用電気機器の機種選択のソフトが運用されている。

これらは顧客との接点の支援であるが、故障診断・寿命予測などの運転管理が次の支援ツールとして進展するであろう。

2. 今日的な主要項目

2.1 フロン問題

オゾン層破壊・地球温暖化などの環境問題から、CFC (Chloro Fluoro Carbon) に続き HCFC (Hydrogenated Chloro Fluoro Carbon) も規制の対象になりつつある。それを用いた機器の生産・使用・廃棄にわたる特定フロンの代替や回収が、業界では大きな課題となっている。特定フロンの低減には冷媒回路の集中化、小内容積化、熱源と熱搬送の分離な

ど、あるいは代替冷媒を採用した回路・制御技術が必要で、代替冷媒の実用化技術開発が実行に移されつつあり、特定フロンの回収装置の製品化もなされてきている。

フロン問題は、今後も世界の動向から政治的に強い影響を受け、代替から廃止へと向かうことも懸念しなければならない。吸収式、ビルマイヤ式などの非フロン空調技術開発が活発化するであろう。

2.2 エネルギー問題

前述のフロンによるオゾン層破壊、CO₂・フロンによる地球温暖化、NO_x・SO_xによる大気汚染などの環境問題から、国際的にフロンの削減・CO₂排出規制が実行される。そのため、研究開発補助・税制優遇・省エネ指導などのエネルギー有効利用には、政府による指導・援助がなされている。

エネルギー源の石油依存からの改善が必要であり、多様なエネルギーの利用を目指して、ハードウェア・システムづくりが進行中である。熱回収・蓄熱・熱搬送・未利用エネルギーでは太陽熱・都市排熱・河川熱などの利用が検討されている。大型プロジェクトでは、広域冷暖房や給湯といった推進も盛んである。コージェネでは排熱利用が給湯のみから冷暖房・給湯へ、石油・ガス冷房では受電容量制限で熱駆動と電気駆動の共存が図られている。ガスエネルギーでは、ガス冷房が推進されている。

これらエネルギー有効利用技術は、活発な動きにあり、これから技術開発が楽しみな分野である。熱回収はパッシブからアクティブへ、自然エネルギー・未利用エネルギーでは現存システムとの共存・補完形、そして熱や電気の形として変換利用されている。蓄熱応用は省エネシステムへ適用、蓄熱機器は水頭熱タイプから小型・低コストが期待できる潜熱タイプの開発へと移行している。

電力エネルギーでは、昼夜・年間の負荷平準化が焦眉の急となり、業務用蓄熱機器の新規な研究開発や評価が行われる一方、新たな蓄熱機器普及策として、昨年11月から家庭用電灯に時間帯別料金が試行された。平準化の効果を出すには、業務用・家庭用ともに蓄熱機器の数量的な拡大が必要で、電

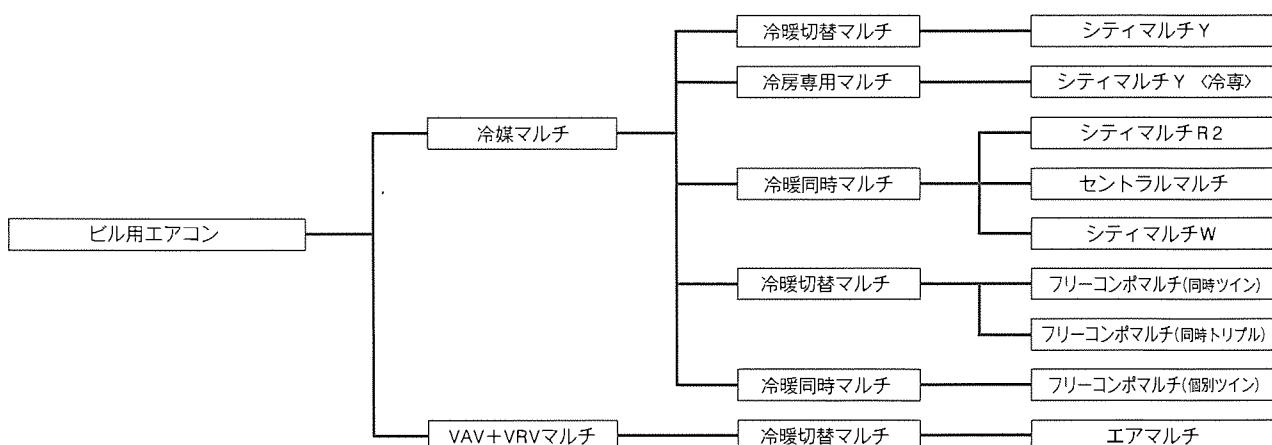


図2. ビル用エアコンのバリエーション例

力会社は注力している。例えば、家庭で制度の適用を受けられる、いわば入場券に相当する蓄熱機器には、これまでの深夜電力制度に対応する温水器や蓄熱暖房機を当てるが、それ以外の蓄熱機器が強く望まれた。目下、エアコン・冷凍冷蔵庫が電力会社と大手機器メーカーとの共同研究機種と決まり、平成4年に向けフィジビリティスタディ、試作が開始されたところである。

2.3 製品アセスメント

これは前項のエネルギー有効利用とも関連深い。機器のライフ、すなわち製造・販売・設置・使用・修理・廃棄の全体にわたり、必要エネルギーが少なく、有害物質・廃棄物がミニマム、資源の再利用が可能といった考えで設計されねばならないというものである。空調機器では家庭用のエアコンが我が国の廃棄処理上の理由から注目されているが、世界的に再資源化の動きが高まりつつあり、数年後にはあらゆる製品がこの思想で検討されることであろう。これまでの材料・構造・製造方法などを見直しする時代になった。

2.4 快適性の追求

現在は感性な快適性が求められる時代である。温熱・気流から着衣量・活動量などを含めた評価が必要になり、音はdB値から音質の改善へ、光・景観を取り込んだ空調、脱臭から香りの操作・添加などへと、製品をカバーする技術スパンは拡大している。

暖房では輻射を活用した製品がこれまで幾つかあったが、今回はフィジカルな快適性と感性の快適性をも備えて登場したのである。

快適性を損なうことなく省エネを達成する、ヒートポンプ式エアコンを構成要素とした暖房機器間のネットワーク(システム)が製品となった。単品にシステム化のための通信機能を装備することで複数の効果が生まれた訳である。空調分野ではこのような開発余地が残されている。

居住環境要因とその重み係数を表1に示す。重み係数は温熱環境が最も大きく、光、空気、音の順である。

住宅の気密性が高くなり、IAQには換気・空気清浄が重要である。換気を経済的に行うには戸外空気を取り入れるが、省エネを考慮した換気でなければならない。省エネを目的とした最近の装置は、運転音の低減や多様化したデザイン、高い捕集効率などが注目される。快適性評価技術が高まった結果であろう。空気清浄は、ここでは室内空気の処理・改善を意味し、臭気の除去や浮遊じんあい(塵埃)を捕捉することである。この種の機能を搭載した空調機器は市場に多数出回っている。

これまでには、いかに感じさせない空調をするかが開発方向であった。分析・評価技術の進歩はゆらぎの概念を生み、生理的な快適性はもとより精神的・総合的な快適性を求めて製品開発される。そこに、環境・条件に応じて人が何をしてほ

表1. 居住環境要因とその重み係数(Kansas Univ.)

1. 音環境	21.9
騒音強度	8.7
高低周期	4.6
雑音	8.6
2. 空気質	23.9
におい	7.5
ほこり	6.5
タバコの煙	9.9
3. 光環境	24.0
明るさ	11.0
輝度	8.0
陰影	5.0
4. 温熱環境	30.2
温度	15.9
湿度	7.1
気流	7.2

しいか、何をするかを探るヒューマンテクノロジーが必要となっている。

2.5 新鮮保存

生活のゆとり・豊かさを反映して、鮮度のよい食材が求められる。流通に携わる業者は鮮度への関心が高く、倉庫・輸送・売り場の機器へはより新鮮保存の機能を望んでいる。例えば、チルド域では精度ある温度制御を要する。長期の冷凍保存のためにも低温が必要、あるいはマグロのように特殊な低温保持を望まれる場合がある。一般に、食品品質の維持にデフロスト中も温度の一定化が、また業務用冷蔵庫や多様な形状をもつショーケースにおいても温度分布の均一化が大切である。

現在では食材の種類・形態が多様化し、保存温度を細分化した機器では対応できないから、業務用では加湿や除湿、殺菌、脱臭、酸素濃度のコントロールが行われ、家庭用冷凍冷蔵庫へも技術波及しているところである。空調機器では更にセンシング技術開発を要するものの、現行の各種センサでは機能を発揮する制御を行っている。しかし、食品の鮮度検知となると、冷凍機器制御の入力となりうる汎用センサがない。グルメ志向の背景から、その開発が待たれる。

3. むすび

今後のエネルギー問題は深刻である。冷凍・空調用のエネルギー源の多様化に向け、技術開発課題も多い。また、豊かな生活・快適な環境という、マーケットのニーズに的確に対応する技術も必要である。それらの製品は廃棄物段階まで、人にやさしい・地球にやさしい技術で包む、そのような企業活動が望まれている。

ビル用マルチエアコン2管式冷暖同時マルチR2シリーズ

中村 節* 高田茂生*
谷 秀一* 河西智彦*

1. まえがき

近年、ビルの空気調和システムは、複合機能形ビルの増加に伴って空調の使用時間帯が異なるため、従来のセントラル方式による空調方式では、省エネルギー性、個別空調性、省スペース性(床利用効率、レンタブル比のアップ)が図れず、パッケージエアコンによる個別分散空調方式が着目されてきている。特にビル機能では、テナントビルを代表に近年にないインテリジェント化が進み、OA機器の一層の普及、情報の国際化、高速化に対応するための24時間運転、危険の分散等ニーズの定着化により、個別分散空調方式が大型ビルにも増加してきている。

一方、空調機のマルチエアコン化による個別分散化は、省エネルギー性、個別空調性、室外機及び配管シャフトの省スペース性、危険の分散等の機能を発揮する反面、室内機ごとの冷房・暖房の要求に対し、個別に対応することができなかった。さらに、建物とその設備のインテリジェント化、居住空間の快適性向上、省エネルギーへの対応が要望されるとともに、OA機器の増減や建物内のレイアウトなどの空調負荷変化にフレキシブルに対応可能な空調システムが強く要望されている。これにこたえるビル用マルチエアコンシステムとして、我々は、室外機と室内機を従来のパッケージエアコンシステムと同じ2本の冷媒配管で接続でき、各々の室内機を自在に冷房・暖房運転ができるビル用マルチエアコン2管式冷暖同時マルチエアコンR2シリーズ(以下“R2シリーズ”という。)を開発したので、その仕様及び特長について報告する。

2. 開発のねらい

最近の空調システムに対するニーズである以下の点を開発のポイントとしている。

- (1) 地球環境保護を背景とした省エネルギーシステム
- (2) インテリジェント化、OA化による年間冷房の要求
- (3) オフィス環境の快適性の追及、各個人の要求による快適環境の自由選択
- (4) オフィスレイアウトの変更による冷暖房負荷変動への追随性
- (5) レンタブルスペースを拡大するための省スペースシステム
- (6) 労働力不足に対応する省工事システム

特に、最近のテナントビルでは設計時点においてテナントが決定していないことが多い、フロアの区画、使用目的などが決まっていないケースが大半である。このような場合、室内機ごとに自由に冷暖房できる冷暖同時マルチエアコンがあれば、最大負荷である冷房時(又は暖房時)の負荷を想定して設計すればよく、計画時点での自由なシステム選定が可能である。

このシリーズは、インテリジェントビル、集合店舗、ホテルなど冷暖房の負荷が同時に発生するあらゆるビルに最適なシステムとして開発した。

3. 製品概要

以下にR2シリーズの製品概要を述べる。R2シリーズの機器構成を図1に、室外機の製品仕様を表1、分流コントローラの製品仕様を表2、室内機及び外気処理ユニットの機種一覧を表3に示す。

R2シリーズは、室外機、室内機、外気処理ユニット及び分流コントローラから構成されている。1台の室外機に、最大10台の室内機を室外機能力の50~150%まで、1台の分流コントローラを経由して接続できる。各ユニット間の接続配管は、通常のパッケージエアコンと同様にすべて2本である。

(1) 室外機

室外機は、前及び後ろから吸い込み、上に向かって吹き出すトップフロータイプであり、高さ、幅、奥行及び意匠を当社のビル用マルチエアコンYシリーズ、F&Sシリーズ、エアマルチシリーズと統一したモジュールサイズとし、連続集中設置が可能な省スペースタイプである。23.3kW(8HP相当)

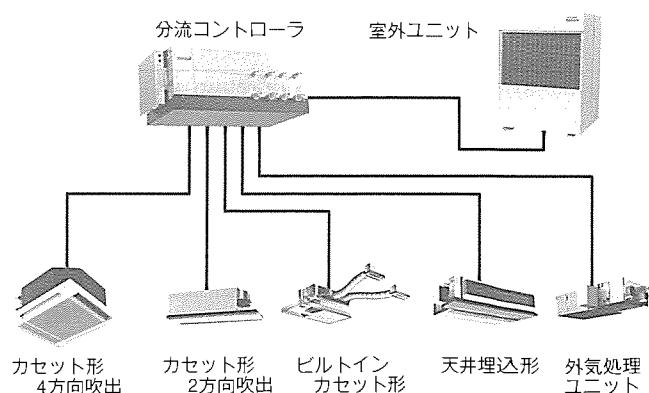


図1. 機器構成

表1. 室外機製品仕様

項目	形名	PURY-200M-A	PURY-250M-A
電源	三相 200V, 50/60Hz		
冷房能力 (kW)	23.26	29.07	
暖房能力 (kW)	26.05	32.56	
圧縮機	形式×台数 全密閉×1		
電動機出力 (kW)	5.5	7.5	
送風機	形式×個数 電動機出力 (kW)	プロペラファン×3 0.05+0.065+0.08	プロペラファン×4 0.055×2+0.065+0.08
	風量 (m³/min)	150	200
冷媒	R22		
外形寸法 (mm)	高さ	1,440	
	幅	990	
	奥行	990	
質量 (kg)		285	310
冷媒配管径 (mm)	低圧側	25.4	28.58
	高圧側	19.05	19.05
冷媒配管長 (m)	相当長 125 (実長100)		
室内外高低差 (m)	50		
室内機	接続可能台数	10台	
	接続可能容量	2.3~14.5kW (0.8~5HP相当品)	
	接続可能総容量	室外機容量の50~100%	

注 上記表示能力は JIS 条件で運転した場合の最大能力

表2. 分流コントローラ製品仕様

項目	形名	CMB-104A	CMB-105A	CMB-106A	CMB-108A	CMB-1010A
電源	三相 200V, 50/60Hz					
分岐口数	4	5	6	8	10	
外形寸法 (mm)	高さ	346				
	幅	800+130(制御箱)	855+130	970+130	1,140+130	1,310+130
	奥行	495 (625…配管部含む。)				
質量 (kg)	51	55	59	67	75	

表3. 室内機・外気処理ユニット機種一覧

容量 (HP相当品)	天吊カセット形		ビルトイン カセット形	天井埋込形	床置形		外気処理 ユニット
	4方向吹出し	2方向吹出し			露出タイプ	埋込タイプ	
2.3kW (0.8)	PLRY-20FM-A	PLRY-20HMD-A	PDRY-20M-A	—	—	—	—
2.9kW (1)	-25FM-A	-25HMD-A	-25M-A	—	PFRY-25MLE	PFRY-25MLR	—
3.7kW (1.25)	-32FM-A	-32HMD-A	-32M-A	—	-32MLE	PFRY-32MLR	GUR-500HD
4.7kW (1.6)	-40FM-A	-40HMD-A	-40M-A	PERY-40M-A	-40MLE	-40MLR	—
5.8kW (2)	-50FM-A	-50HMD-A	-50M-A	-50M-A	-50MLE	-50MLR	-800HD
7.3kW (2.5)	-63FM-A	-63HMD-A	-63M-A	-63M-A	-63MLE	-63MLR	-1000HD
8.3kW (3)	-71FM-A	-71HMD-A	-71M-A	—	—	—	—
9.3kW (3.2)	-80FM-A	-80HMD-A	-80M-A	-80M-A	—	—	—
11.6kW (4)	-100FM-A	-100HMD-A	-100M-A	-100M-A	—	—	—
14.5kW (5)	-125FM-A	-120HMD-A	-120M-A	-120M-A	—	—	—

当品), 29.1kW (10HP相当品) の2機種をそろえている。図2に集中設置例を示す。

(2) 室内機

あらゆるインテリアに対応する20形 2.3kW (0.8HP相当品) から125形 14.5kW (5HP相当品) まで6タイプ44機種をラインアップしている。

(3) 外気処理ユニット(フレッシュマスター)

室内機の一つとして分流コントローラに接続可能。ビル管理法に対応するシステム構築が可能な、外気導入、空気清浄、換気、加湿、及び外気負荷の熱処理機能を持ち、全熱交換器による熱回収運転も行い、またバイパスダンバを標準装備し、中間期における外気冷房運転も可能としている。外気処理ユニット“フレッシュマスター”は処理風量で500m³/h, 800m³/h, 1,000m³/hと3機種をラインアップしている。

(4) 分流コントローラ

分流コントローラは、複数の室内機を1台の室外機に接続するユニットであり、室内機の冷房・暖房モードに対し、冷媒を適正に分配する。接続する室内機の台数に対応して、分歧口の数が選択可能のように4, 5, 6, 8, 10分岐用の5機種がある。図3に外観を、図4に冷媒配管の接続状況を示す。

4. システムの特長

(1) 排熱回収運転による高度な省エネルギー空調

冷房運転の凝縮排熱を室内機の暖房運転に利用して熱回収を行い、また室内機を暖房運転する場合の蒸発吸熱を、室内機の冷房運転に利用することで、同様に熱回収を行い、省エネルギーを図った。

(2) マルチエアコンの冷暖同時

運転を省スペースでシンプルな2管式冷媒回路で実現

室内機1台ごとに冷房、暖房運転が自由に選択でき、しかも冷媒配管はパイプシャフトを最小限にする2管式である。

(3) 冷暖自動運転が可能

各々の室内機で室温に応じて冷暖房モードを室内機が自動的に切り替える冷暖自動運転をビル用マルチエアコンで実現し、居住空間の快適性向上を図り、中間期などの冷暖切替えのわずらわしさを解消した(図5に冷暖自動運転のパターン



図2. トップフロータイプ室外機の集中設置例

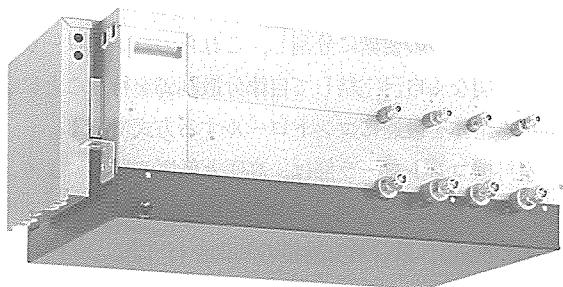


図3. 分流コントローラ

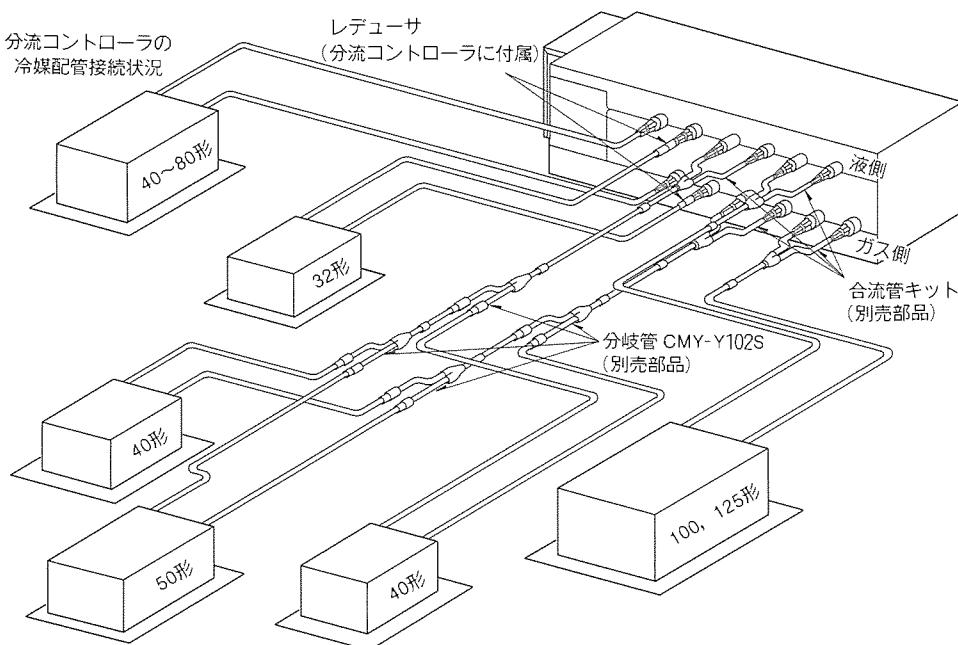


図4. 分流コントローラの冷媒配管接続図

を示す。)。

(4) 設備設計の自由度の拡大

(a) 1台の室外機に、最大10台の室内機を室外機能力の50~150%まで接続可能。

(b) 冷媒配管長は相当長125m(実長100m)、室内外高差50mまで可能。

(c) 室内機、室外機、分流コントローラ、リモコンなどの配線はすべて無極性2線式渡り配線方式によるシンプルな制御配線。

(d) 豊富なビル用エアコン ネットワークシステムにより、グループ運転からホストコンピュータによる大規模な集中制御までシステムアップが可能。

5. 冷媒回路と制御

マルチエアコンとして、従来の冷媒配管方式と同様の2本の配管で室内機と室外機を接続し、室内機1台ごとに冷暖房運転モードを選択可能とするためには、次の冷媒回路と制御技術の確立が必要となる。

(1) 室外機から送られる二相冷媒を各室内機の運転モード(冷房運転、暖房運転)に応じてガス冷媒と液冷媒に分離し、適正に分配する冷媒回路。

(2) 室外機の運転モード(冷房又は暖房運転)を室内機の運転状態から判断する制御技術。

(3) 室外機の熱交換能力を室内機の要求負荷に適正に対応させる制御技術。

(4) 室外機の熱交換器の二相冷媒の乾き度を冷暖房能力比に合わせる制御技術。

R2シリーズは、冷媒回路として独自の2管式冷暖同時冷媒回路“R2冷媒回路”を、制御技術としてファジー理論を応

用したことにより、2管式冷暖同時マルチシステムを実現した。

5.1 冷媒回路の特長

図6、図7に示す冷媒回路について説明する。

5.1.1 室外機

室外機は、圧縮機、油分離器、四方弁、室外熱交換器、室外熱交換器用送風機、ブリッジに組み合わされた4個の逆止弁、アクチュレータ等から構成されている。

圧縮機はインバータ駆動のスクロール圧縮機で、容量制御可能とし、また室外熱交換器の送風機はファンコントローラ付きのモータとして風量制御可能と

し、室外熱交換器は伝熱面積の制御と併せて、室外熱交換器の熱交換量を制御可能とした。

また、4個の逆止弁を設けることで、室外機と分流コントローラを接続する2本の配管を、常に1方向に冷媒が流れるようにし、かつ室外機から分流コントローラへ冷媒が流れる接続配管（以下“高圧管”という。）を常に高圧の冷媒が、分流コントローラから室外機へ冷媒が流れる接続配管（以下“低圧管”という。）を常に低圧の冷媒が流れるようにした。さらに、低圧管を高圧管より配管径を大きくすることで、室外機の制御性の向上と低圧側の圧損の改善を図った。

5.1.2 室内機

室内機は、室内熱交換器、流量制御弁から構成されている。分流コントローラから送られてきた冷媒を、流量制御弁で流量制御を行い、室内熱交換器で蒸発又は凝縮させる。

5.1.3 分流コントローラ

分流コントローラは、気液分離器、サブクール熱交換器1

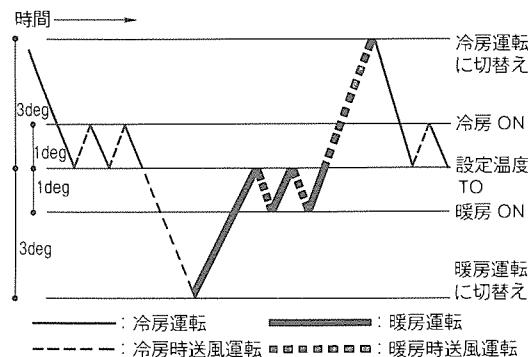


図5. 冷暖自動運転のパターン

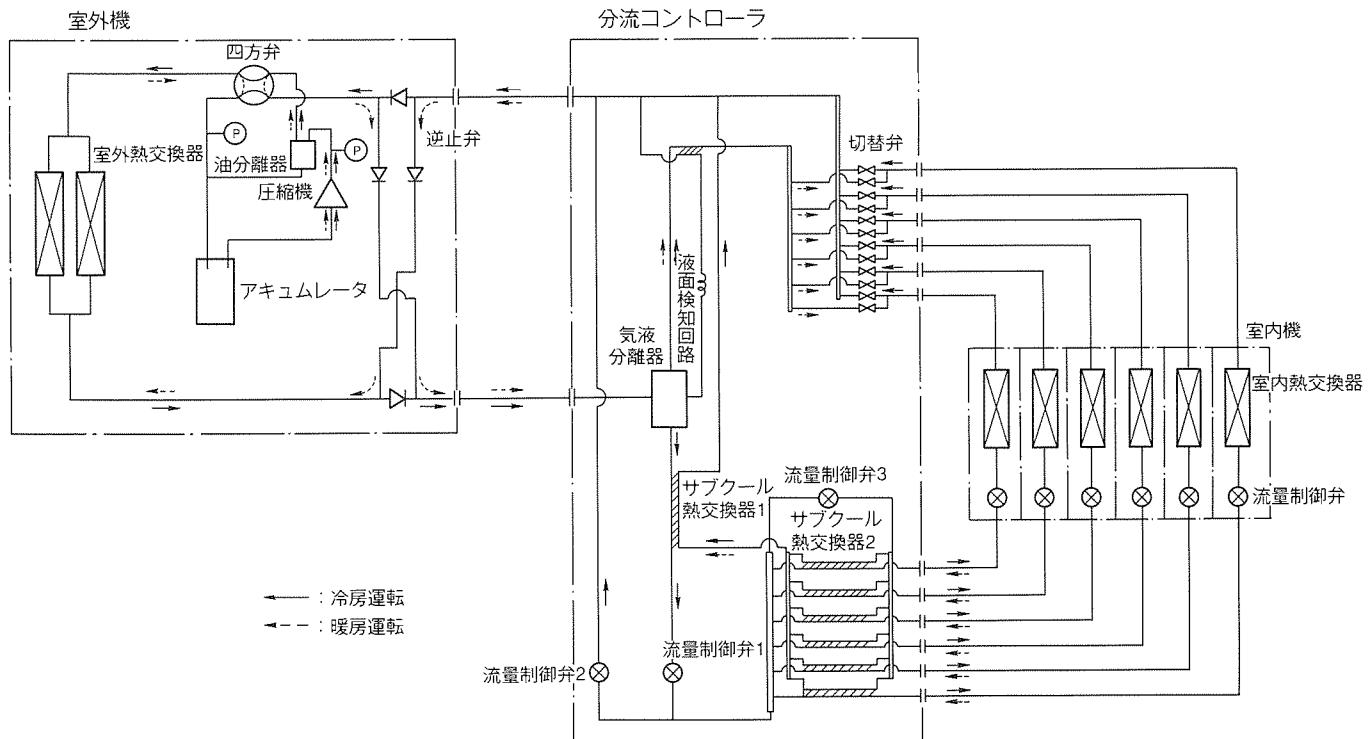


図6. 冷媒回路(冷房運転時、暖房運転時の冷媒の流れ)

及び2,流量制御弁1,2及び3,切替弁等から構成されている。

気液分離器は、冷房主体運転時に室外機から送られてくる気液二相状態の高圧冷媒を、暖房に使用する高圧ガスと冷房に使用する高圧液に分離する機能を持っている。

サブクール熱交換器1及び2は、冷房運転する室内機に供給する液冷媒の過冷却を十分行うために設けたもので、二重管で構成した熱交換器を、気液分離器の下流側（サブクール熱交換器1），及び室内機への各分岐ごと（サブクール熱交換器2）に設けた。

流量制御弁1及び2と切替弁は、室内機の冷房・暖房モードに対し、冷媒を適正に分配するために設けたもので、流量制御弁1及び2は、冷房室内機又は暖房室内機をバイパスする冷媒流量を制御し、切替弁は、室内機を高圧管又は低圧管に切替え接続する。

流量制御弁3は、サブクール熱交換器1及び2の被冷却側の冷媒流量を制御する。

5.2 制御方式

今回、システム制御方式としてファジー理論を応用した制御方式“F2-VPM制御”⁽²⁾を新規開発した。この制御方式は、システムのコントローラを室外機、室内機及び分流コントローラの三つの要素に分割し、これらのコントローラが互いに、相関なく自己完結して自律分散制御を行うことにより、システム全体を最適にコントロールする方式である。

(1) 室外機コントローラ部は、高圧と低圧の圧力により、圧縮機の運転周波数と室外熱交換器の役割（凝縮器又は蒸発器としての機能）、及び熱交換量の制御を行う。

- (2) 室内機コントローラ部は、冷房、暖房モードにかかわらず、各室内機の出入口温度差から冷媒の分配を行い、自己完結形容量制御を行う。
- (3) 分流コントローラ部は、室内機の冷房、暖房の要求に合わせて、液面検知回路によって気液分離器の液面状態を判別し、流量制御弁1、2、3の自己修復制御を行って気液を適正に分離する。

6. 各運転モードでの冷媒の流れ

冷媒回路の運転モードとしては、室内機のモードがすべて冷房の冷房運転、すべて暖房の暖房運転、冷房と暖房が混在している冷暖同時運転に大別できる。さらに、冷暖同時運転は、室外熱交換器が凝縮器として作用している冷房主体運転と、蒸発器として作用している暖房主体運転に分けられる。図6を用いて冷房運転時及び暖房運転時の冷媒の流れを、図7を用いて冷房主体運転時及び暖房主体運転時の冷媒の流れを説明する。

6.1 冷房運転時

図6に冷房運転時の冷媒の流れを実線矢印で示す。圧縮機から吐出された高温高圧のガス冷媒は、油分離器、四方弁を通って、室外熱交換器に流入する。ここで冷媒は、送風機から送られてくる外気と熱交換して凝縮し、高圧の液冷媒となり、逆止弁、高圧管を経て、分流コントローラに流入する。

分流コントローラに流入した高圧の液冷媒は気液分離器を経て、サブクール熱交換器1で、流量制御弁3で減圧された冷却側の低圧二相冷媒と熱交換し、さらに流量制御弁1を経た後、冷房室内機に接続された各分岐と流量制御弁3とに分

流する。分流された液冷媒は、各分岐に設けられたサブクール熱交換器2で、流量制御弁3で減圧された冷却側の低圧二相冷媒と熱交換し、十分に過冷却される。

十分に過冷却のついた液冷媒は、冷房室内機に入り、流量制御弁で減圧されて低圧二相冷媒となり、室内熱交換器で蒸発し、低圧ガスとなって分流コントローラに戻る。

一方、流量制御弁3に分流された液冷媒は、サブクール熱交換器1及び2で高圧液冷媒と熱交換することで低圧ガス冷媒となる。

分流コントローラに戻った低圧ガス冷媒は、低圧管に切替え接続した切替弁を経て、流量制御弁3、サブクール熱交換器1及び2を通じて低圧ガスとなった冷媒と合流し、低圧管を経て室外機に戻る。

さらに、室外機の逆止弁、四方弁、アクチュエータを通じて圧縮機に戻り、冷凍サイクルを形成する。

6.2 暖房運転時

図6に暖房運転時の冷媒の流れを破線矢印で示す。圧縮機から吐出された高温高圧のガス冷媒は、油分離器、四方弁を通じて、逆止弁、高圧管を通じて、分流コントローラに入る。

分流コントローラに入った高温高圧のガス冷媒は、気液分離器、高圧管に切替え接続した切替弁を経て、暖房室内機に流入する。

暖房室内機に流入した高圧ガス冷媒は、室内熱交換器で凝縮し、流量制御弁で少し減圧され高圧と低圧の中間の圧力(以下“中間圧”という。)の液冷媒となり、分流コントローラに戻る。

分流コントローラに戻った液冷媒は、流量制御弁2で中間

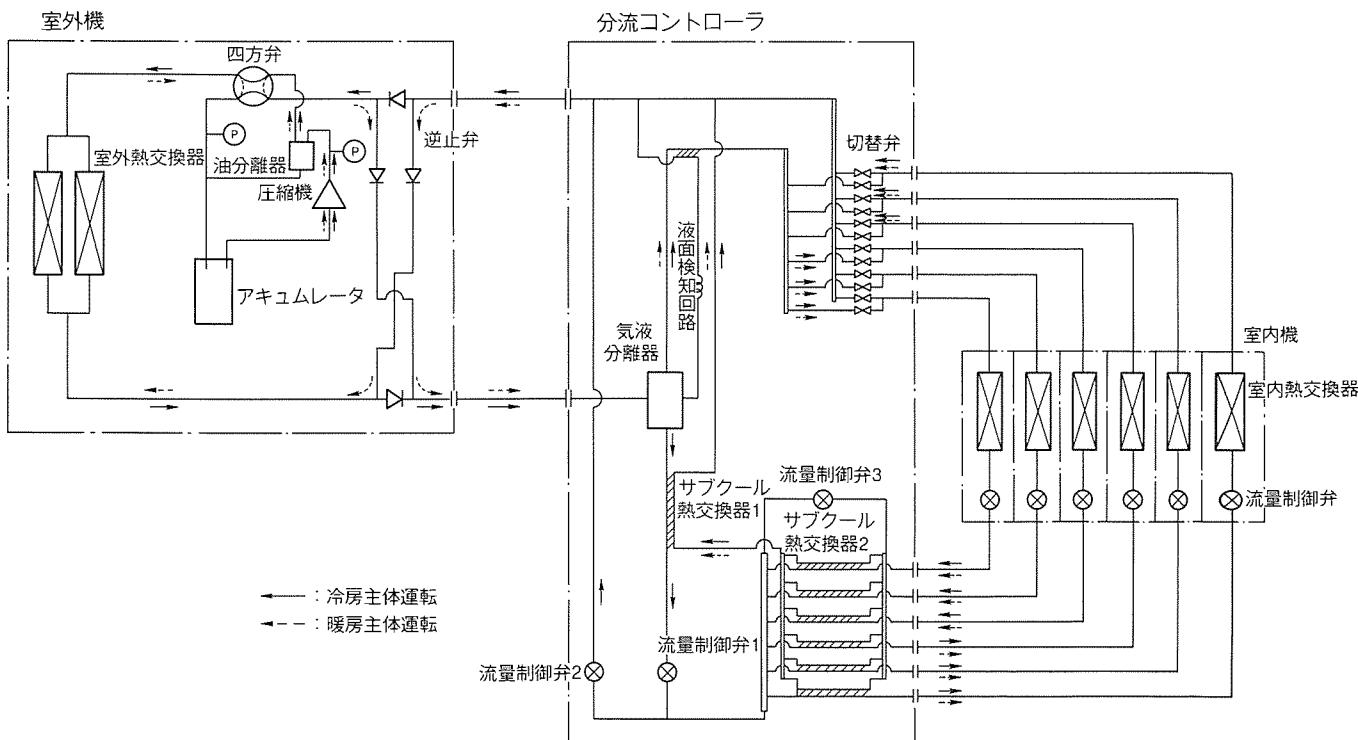


図7. 冷媒回路(冷房主体運転時、暖房主体運転時の冷媒の流れ)

圧から低圧まで減圧され、低圧二相冷媒になり、低圧管を経て室外機に戻る。

室外機に戻った冷媒は、逆止弁を通って室外熱交換器に流入する。ここで冷媒は、送風機から送られてくる外気と熱交換して、蒸発して低圧ガスになり、四方弁、アキュムレータを通って圧縮機に戻り、冷凍サイクルを形成する。

6.3 暖房主体運転時

図7に暖房主体運転時の冷媒の流れを実線矢印で示す。圧縮機から吐出された高温高圧のガス冷媒は、油分離器、四方弁を通って、室外熱交換器に流入する。ここで冷媒は、風量制御された送風機から送られてくる外気と熱交換して、一部凝縮して高圧の気液二相冷媒となり、逆止弁、高圧管を経て分流コントローラに入る。

分流コントローラに入った高圧の気液二相冷媒は、気液分離器で高圧ガスと高圧液に分離される。分離した高圧ガス冷媒は、高圧管に切替え接続した切替弁を経て暖房室内機に流入する。

暖房室内機に流入した高圧ガス冷媒は、室内熱交換器で凝縮し、流量制御弁で少し減圧され中間圧の液冷媒となり、分流コントローラに戻る。

分流コントローラに戻った液冷媒は、各分岐に設けられたサブクール熱交換器2で、流量制御弁3で減圧された冷却側の低圧二相冷媒と熱交換し、過冷却される。

一方、気液分離器で分離された高圧の液冷媒は、サブクール熱交換器1で流量制御弁3で減圧された冷却側の低圧二相冷媒と熱交換し、過冷却される。さらに、流量制御弁1で少し減圧され中間圧の液冷媒となった後、暖房室内機から戻り、サブクール熱交換器2で過冷却された液冷媒と合流した後、冷房室内機に接続された各分岐と流量制御弁3とに分流する。分流された液冷媒は、各分岐に設けられたサブクール熱交換器2で、流量制御弁3で減圧された冷却側の低圧二相冷媒と熱交換し、十分に過冷却される。

十分に過冷却のついた液冷媒は、冷房室内機に入り、流量制御弁で減圧されて低圧二相冷媒となり、室内熱交換器で蒸発し、低圧ガスとなって分流コントローラに戻る。

一方、流量制御弁3に分流された液冷媒は、サブクール熱交換器1及び2で高圧液冷媒と熱交換することで低圧ガス冷媒となる。

分流コントローラに戻った低圧ガス冷媒は、低圧管に切替え接続した切替弁を経て、流量制御弁3、サブクール熱交換器1及び2を通って低圧ガスとなった冷媒と合流し、低圧管を経て室外機に戻る。

さらに、室外機の逆止弁、四方弁、アキュムレータを通って圧縮機に戻り、冷凍サイクルを形成する。

6.4 暖房主体運転時

図7に暖房主体運転時の冷媒の流れを破線矢印で示す。圧縮機から吐出された高温高圧のガス冷媒は、油分離器、四方

弁を通って、逆止弁、高圧管を通って、分流コントローラに入る。

分流コントローラに入った高温高圧のガス冷媒は、気液分離器、高圧管に切替え接続した切替弁を経て、暖房室内機に流入する。暖房室内機に流入した高圧ガス冷媒は、室内熱交換器で凝縮し、流量制御弁で少し減圧されて中間圧の液冷媒となり、分流コントローラに戻る。

分流コントローラに戻った液冷媒は、各分岐に設けられたサブクール熱交換器2で、流量制御弁3で減圧された冷却側の低圧二相冷媒と熱交換し、過冷却される。ここで液冷媒は、冷房室内機に接続された各分岐、流量制御弁2及び流量制御弁3とに分流される。冷房室内機へと分流された液冷媒は、各分岐に設けられたサブクール熱交換器2で、流量制御弁3で減圧された冷却側の低圧二相冷媒と熱交換し、十分に過冷却される。

十分に過冷却のついた液冷媒は、冷房室内機に入り、流量制御弁で減圧されて低圧二相冷媒となり、室内熱交換器で蒸発し、低圧ガスとなって分流コントローラに戻る。

一方、流量制御弁2に分流された液冷媒は、流量制御弁2で中間圧から低圧まで減圧され、低圧二相冷媒になる。また、流量制御弁3に分流された液冷媒は、サブクール熱交換器1及び2で高圧液冷媒と熱交換することで低圧ガス冷媒となる。

冷房室内機から分流コントローラに戻った低圧ガス冷媒は、低圧管に切替え接続した切替弁を経て、流量制御弁3、サブクール熱交換器1及び2を通ってきた低圧ガス冷媒と、さらに流量制御弁2を通ってきた低圧二相冷媒と合流した後、低圧管を経て室外機に戻る。

室外機に戻った低圧二相冷媒は、逆止弁を通って室外熱交換器に流入する。ここで冷媒は、風量制御された送風機から送られてくる外気と熱交換して、蒸発して低圧ガスになり、四方弁、アキュムレータを通って圧縮機に戻り、冷凍サイクルを形成する。

7. 運転特性⁽³⁾

上述した冷媒回路と制御方式での冷暖同時運転時の代表的な特性について報告する。

7.1 暖房主体運転時の運転特性

冷暖同時運転が想定される冬期の室外条件での暖房主体運転時の運転特性について報告する。表4に示す運転条件で暖房主体運転を行い、その運転特性として冷暖房運転比率に対するCOP比と能力比を図8に示す(プロットした点が測定点)。図5は室内機の合計運転容量が一定となる表5の4パ

表4. 標準運転空気条件

室 外	7°CDB / 6°CWB
室 内(冷房)	27°CDB / 19.5°CWB
室 内(暖房)	21°CDB

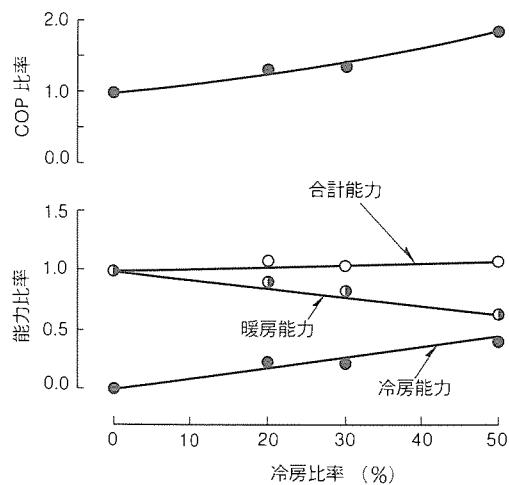


図8. 冷房比率に対するCOPと能力特性(暖房主体運転)

表5. 室内機組合せパターン

冷房比率(%) (冷房運転容量/全運転容量)	暖房比率(%) (暖房運転容量/全運転容量)
0	100
20	80
30	70
50	50

ターンについて能力・COPを測定し、冷房比率(冷房運転容量/全運転容量)に対するそれぞれの比率を示したものである。

図8によると、冷房比率が増加するとはほぼ比例して冷房能力が増加し、暖房能力は減少するが、合計能力としてはほぼ横ばいから微増の傾向が見られる。合計能力が微増するのは、圧縮機の容量すなわち冷媒流量が冷房比率の増加(暖房比率の減少)とともに、配管圧損が減少するためである。また、圧縮機の容量が減少するので、合計能力がほぼ同じでも消費電力は減少し、冷房比率50%のときのCOPは、冷房比率0%のときの約1.8倍となり高い熱回収が達成できている。

7.2 冷房・暖房負荷変化時の過渡特性

表6に示す空気条件の下で、冷房容量13.1kW(4.5HP相当品)と暖房容量23.3kW(8IP相当品)の室内機で起動し、その後、起動から35分経過したときに冷房容量2.3kW(0.8IP相当品)、55分経過したときに冷房容量5.8kW(2HP相当品)の室内機を順次追加した場合の、高圧・低圧の過渡特性を図9に示す。

同図によると、起動時及び室内機台数変化時に、多少圧力

表6. モード切替時空気条件

室外	7°CDB / 6°CWB
室内	24°CDB / 19°CWB

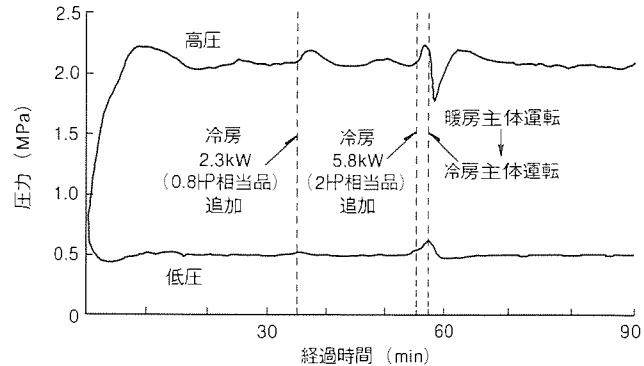


図9. モード切替え時の過渡特性

のオーバーシュートはあるものの、高圧・低圧から圧縮機容量の変化量及び室外熱交換器の熱交換量の変化量を決定する制御により、圧縮機及び室外熱交換器を制御しているので、圧力は目標値(高圧2.06MPa、低圧0.49MPa)に収束している。また、台数変化により、冷房負荷の方が暖房負荷より大きくなると暖房主体運転から冷房主体運転へモードが切り替わるが、圧力はモード変化に対しても上記制御で追従し、目標値に収束している。

8. むすび

以上、今回開発したR2シリーズについて、その仕様及び特長について述べた。

ビル空調市場は、伸長が期待される市場であり、今後とも市場ニーズにこたえるよう一層の努力を重ねていきたい。

参考文献

- (1) 飯島 等、隅田嘉裕、田中直樹、中村 節：冷暖同時マルチエアコンの開発(第2報実験機の運転特性)，平成2年度日本冷凍協会学術講演会(1990)
- (2) 井上誠司、松岡文雄、高田茂生：冷暖同時マルチエアコンの開発(第4報自律分散協調制御)，平成2年度日本冷凍協会学術講演会(1990)
- (3) 中村 節、谷 秀一、河西智彦、飯島 等、松岡文雄：冷暖同時マルチエアコンの開発(第3報試作機の運転特性)，平成2年度日本冷凍協会学術講演会(1990)

大型冷暖同時マルチエアコン“セントラルマルチ”シリーズ

渋谷康雄* 藤山重生*
中村睦典*
北内 肇*

1. まえがき

空調方式の中でパッケージ方式が占める割合を建物の規模別にみると、床面積2,000~5,000m²の中小規模の建物(事務所着工面積の約70%を占める。)ではパッケージ方式が72.2%, 5,000~10,000m²の中規模の建物(事務所着工面積の約13%を占める。)においてもパッケージ方式が39.5%を占めており、中小規模の建物ではパッケージ方式の採用が更に増加している。

また、パッケージエアコンでは、セントラルダクト方式から個別分散方式、さらにはマルチタイプ方式へと近年需要構造が変化しつつある。

このような状況のもとにパッケージエアコンの総需要は、90冷凍年度で90万台に達し、さらに増加の傾向にある。

一方、建物の冷暖房負荷をみると、近年のOA機器の増加、照明の増加によって冷房負荷の増加が著しく、また、建物の高断熱化によって冬期の暖房負荷が減少傾向にあるので大型店舗ビル、事務所ビルなどでは冷房負荷に対する暖房負荷の比率H/Cは0.7~0.3に低下しており、中間期や冬期の冷房の必要性が増加している。OAルームやCAD室がある建物では冬期でも冷房が必要であり、冷暖房負荷が混在する。

当社では、このような需要構造の変化にこたえる製品として大容量マルチエアコンで、しかも、各室内ユニットごとに冷房・暖房を自由に選択できる大型冷暖同時マルチエアコン“セントラルマルチ”を開発したのでその概要について紹介する。

2. 大型冷暖同時マルチエアコン開発の背景

大型冷暖同時マルチエアコンを下記の背景のもとに開発した。

(1) 直膨システム^(注1)は、間接システム^(注2)に比較して、蒸発温度が3℃程度高く、COPで約10%改善され、省エネルギー性に優れている。

(2) 直膨システムは、間接システムのように、ポンプや膨張

(注1) “直膨システム”は、熱交換器で冷媒と空気を直接熱交換し、冷温風を作るシステムで、パッケージエアコンが代表的。

(注2) “間接システム”は、冷媒と水を熱交換して冷温水を作り、冷温水と空気を熱交換して冷温風を作るシステムで、ヒートポンプチラー、ファンコイルのシステムが代表的。

タンクの選定や設置が不要で設備工事が容易、また水質の管理などのメンテナンスも不要なシステムである。

(3) 室内ユニットのマルチ化により、ゾーンごとの個別運転、個別制御が可能となって省エネルギーが図れる。

(4) 1冷媒回路の容量を大きくすることにより、室内ユニットが受け持つ空調ゾーンの合計負荷に対応した熱源機の容量の選定が可能となり、小型複数台の設置に対して熱源機容量の低減が図れる。

(5) 热回収型省エネユニットとして注目されている冷温水同時取り出し形チラー同様の直膨システム化が期待されている。

(6) OA機器、電算機の増加による冷房負荷の増加や、レイアウトの変更に対応可能なフレキシブルな空調システムが要求されている。

3. 製品化における技術的課題と解決策

大型冷暖同時マルチエアコンは、大容量圧縮機と室外熱交換器、複数の室内ユニットで1冷媒回路を構成し、室内ユニットごとに冷房・暖房を自由に選択可能な製品であり、その製品化における技術課題としては以下のものがある。

(1) 室内ユニットは、冷房、暖房及び停止を自由に選択できるので、冷房と暖房が混在する運転を行う場合の室内ユニットでの熱量のアンバランスをいかに調整し、室内ユニットの能力を確保するか。

(2) 大容量の半密閉圧縮機の容量制御は、シリンダアンロードによる多段階容量制御が一般的であり、インバータ圧縮機のようなきめ細かい容量制御ができないので最適な運転容量をいかに決定し、また、小容量運転にいかに対応するか。

(3) 室内ユニット・室外ユニット間の制御情報の伝送を最小限にすることにより、接続可能な室内ユニットの組合せの自由度を拡大したい。

これらの技術課題に対し、圧縮機では容量制御の改善、各室内ユニットの能力確保の方法として、冷房運転に対しては低圧圧力、暖房運転に対しては高圧圧力を目標値に近づける制御方法、室内ユニットの組合せの自由度を拡大する方法としては自律分散制御方法によるアプローチを行った。

3.1 圧縮機

従来のシリンダアンロード機構を持つ半密閉圧縮機の容量制御は、180°位相の異なる2個の気筒を一つのブロックとしてオン／オフするためステップ数が制限される。また、オノロードの気筒数が少なくなるにつれて圧縮機のヒートバラ

ンスがくずれ、吐出ガス温度及び潤滑油温度が上昇するため連続運転可能な範囲が狭くなるという制約があった。

しかし、マルチシステムに使用する圧縮機には小容量運転が不可欠であるので、容量制御機構を改善する必要があった。そこで、このユニットにはシリンダすべてに容量制御機構を付加することにより、1シリンダごとの容量制御を可能とし、容量制御間隔を細かくし、さらに小容量運転時には圧縮機の吸入ガス中に冷媒液をインジェクションして過熱問題を解決した新開発の半密閉圧縮機“MRシリーズ”を搭載している。図1に“MRシリーズ”的圧縮機構造例を示す。

3.2 冷媒制御

ユニットの能力を確保し、安定した運転を行うための膨張弁の制御方法として、蒸発器出口の冷媒を常に二相状態に保つ二相制御方式を取り入れた。これは蒸発器出口の冷媒の乾き度が1以下、つまり、湿りの状態では乾き度の変化に対し、蒸発器の平均熱伝達率の変化が小さく、安定した冷却能力を得られる特長を利用したものである。

蒸発器の出入口の冷媒の温度を検出し、その温度差から出口の冷媒の状態が湿りか乾きかを判定しており、制御を容易にするために膨張弁は電子式膨張弁を採用している。ただし、蒸発器の出口の冷媒の状態は、できるだけ乾き度1に近いことが望ましいので次のような電子式膨張弁の制御を行った。

まず最初に、あらかじめ設定された開度によって一定時間運転した後、膨張弁の出入口の圧力差から出口を湿り状態にできる開度を算出し、その開度に膨張弁を開き、いったん湿り状態にする。その後、徐々に膨張弁を閉制御し、乾き状態を検知した後、再び開制御を行って出口状態を湿りにするこ

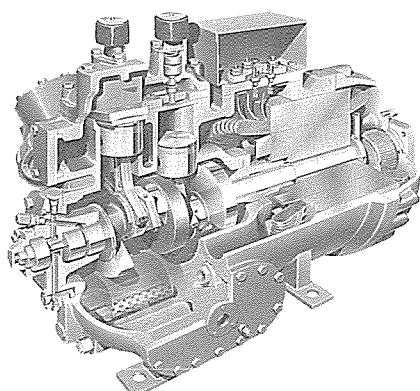


図1.“MRシリーズ”的圧縮機構造

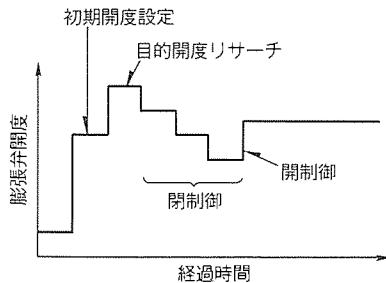


図2. 膨張弁の基本動作

とにより、乾き度が1に近い状態で安定し、蒸発器の能力が十分に発揮される。二相制御方式での電子式膨張弁の基本動作を図2に、実機での運転データを図3に示す。

3.3 アキュムレータ

二相制御方式では蒸発器の出口の冷媒が湿り状態であり、圧縮機に液を戻さないために吸入配管にはアキュムレータが必要となる。このシステムでは、アキュムレータ内に戻ってきた液冷媒を加熱蒸発させるサブクール用熱交換器のほかに、アキュムレータ内で分離された冷媒ガスを加熱し、過熱度を与えるスーパヒート(SH)用熱交換器を設けたアキュムレータを開発することにより、ユニットの運転状態の変化時に起こりがちな液バックを防止でき、圧縮機への吸入冷媒ガスに確実に過熱度を与えるとともに、運転中の余剰冷媒を貯留できる機能(低圧レシーバー)を持たせている。このアキュムレータを使用した回路構成を図4に示す。

3.4 “F-VPM”制御

冷暖同時マルチシステムは、室内ユニットごとに冷房・暖房を自由に選択できるので、室内ユニットの運転モードの組合せは図5に示すように、冷房のみ、冷房主体、冷房=暖房、暖房主体、暖房のみの五つのパターンがある。

冷房と暖房が混在して運転している場合などには、室内ユニット間の熱のアンバランスに対応して室外熱交換器を凝縮器又は蒸発器に調整するとともに、室内ユニットの運転容量に応じた圧縮機の運転容量を決定する必要がある。

また、室内ユニットでの冷房及び暖房能力を確保する手段

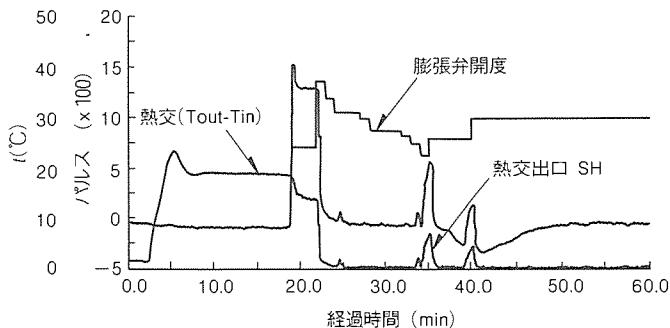


図3. 実機での膨張弁の動作

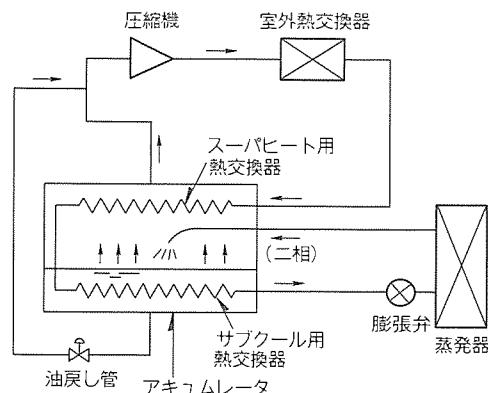


図4. 冷媒回路

として、高圧・低圧を設定した目標値に近づけるように制御する方法を取り入れた。高低圧を変化させうる操作量としては、圧縮機の運転容量と室外熱交換器の能力（伝熱面積と風量）があり、これらの制御方法として、システム全体の制御を圧縮機への吸入圧力(P_S)と吐出圧力(P_d)のみを利用することにより、室内ユニットの能力などを室外ユニットへ通信する必要をなくすとともに、ファジー理論を応用して冷凍サイクルを自己完結的・自律分散協調的に制御しようとする“F-VPM”(Fuzzy-Vector Pattern Matching)制御を開発した。下記にその概要を示す。

システムの任意の時点での運転状態は、あらかじめ設定された高圧・低圧の目標値に対して、図6のP-h線図(モリエル線図)に示した(A)～(I)の9パターンのいずれかのパ

ターンに入る。圧縮機及び室外熱交換器の容量の変化に対しての高圧・低圧の変化を次式を用いて算出し、目標の(E)の状態になるよう各アクチュエータの制御量を決定するものである。なお、システムの運転状態や制約条件に対して、ファジー理論を応用した重み付け係数を設定し、より安定した制御を実現している。

$$\begin{bmatrix} \Delta P_d \\ \Delta P_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & c \\ -b & d \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta Q_{\text{comp}} \\ \Delta A K_e \end{bmatrix}$$

“F-VPM”制御を用いて29.1kW(10HP相当品)の室内ユニットを暖房3台・冷房1台の冷暖混在モードで運転した場合のデータを図7に示す。

4. “セントラルマルチ”シリーズの製品概要

大型冷暖同時マルチエアコン“セントラルマルチ”シリーズは、以上のような技術課題を解決して製品化したもので、室外ユニット、室内ユニット、分岐ユニット、センサキット、リモートコントローラから構成されており、そのシステム構成を図8に示す。

室外ユニット・室内ユニット間には、吐出ガス配管、吸入ガス配管、液管の3本の配管が接続されるが、吐出ガス配管と吸入ガス配管は分岐ユニットを介して、液管はセンサキットを介して室内ユニットに接続される。リモートコントローラからの運転モードの指令に従って分岐ユニット内の電磁弁を切り替えることにより、室内ユニットのガス側配管が吐出ガス配管又は吸入ガス配管に切り替わり、冷房又は暖房運転となる。各室内ユニットは同様に3本の配管に接続されており、室内ユニットごとに冷房・暖房が自由に選択できる。

一方、室外熱交換器では室内ユニットでの熱量のア

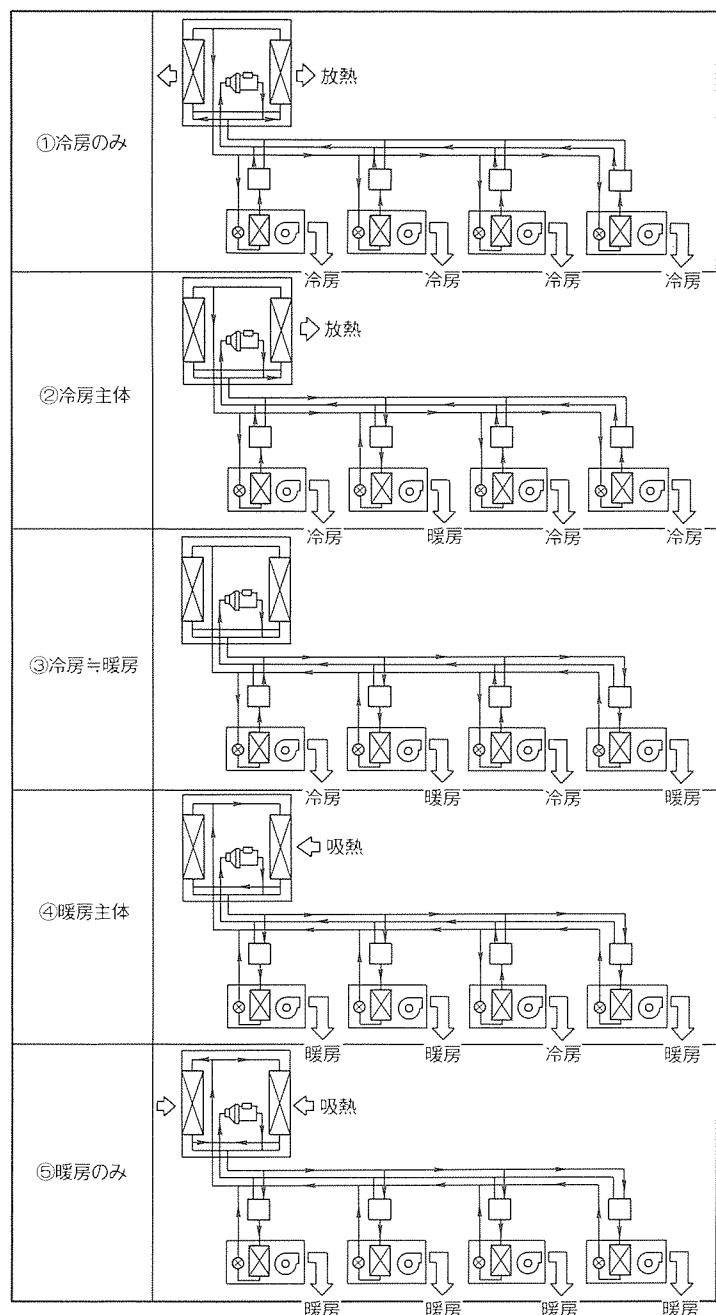


図5. 運転モード

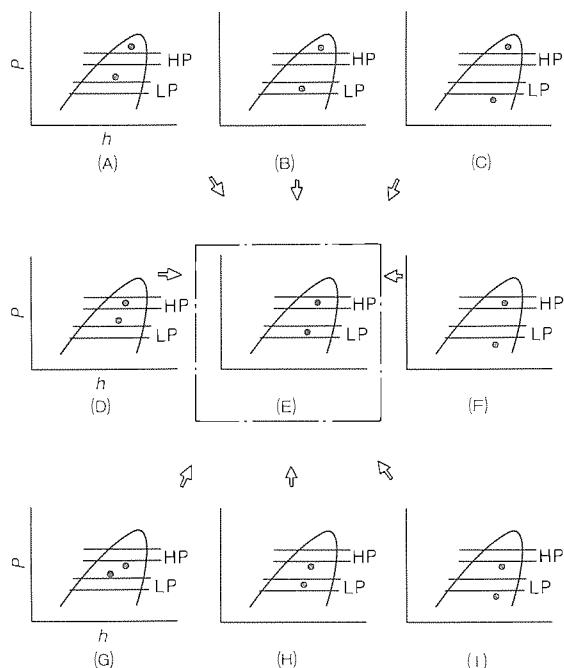


図6. 高圧・低圧の目標ゾーンと運転圧力

ンバランス分に応じた熱量を吸熱又は放熱するので、熱交換器を分割して伝熱面積を変化させるとともに送風量をファンの回転数制御によって変化させるように構成し、熱交換能力の変化幅を大きくしている。

また、圧縮機にはシリンダごとの容量制御可能な新開発のMR型半密閉圧縮機を採用し、小容量運転に対応するために液インジェクション回路を付加している。

“セントラルマルチ”シリーズの特長としては、次のようなものが挙げられる。

(1) 1冷媒系統の容量が大容量のマルチシステムを、他社に先駆けてシリーズ化した。

従来のマルチシステムは、1冷媒系統の容量が最大29.1 kWで構成されているのに対し、このシステムは1冷媒回路が65.1(25), 82.6(30), 116.3(40), 145.3(50) kW(HP相当品)と大容量でしかも、圧縮機1台で構成している。

室外ユニットとしては65.1, 82.6, 116.3, 145.3kWの4機種を、室内ユニットとしてはカセット型125, 140型2

機種、天埋ダクト型125, 140, 200, 250型4機種、床置型にプレナムタイプとダクトタイプにそれぞれ200, 250型計4機種、合計10機種をラインアップしている。室内ユニット、室外ユニットの組合せ例を表1に示す。

なお、1台の室外ユニットに接続できる室内ユニットの最大容量は、室外ユニット容量の150%である。

(2) 室内ユニットごとに冷房・暖房が自由に選択でき、しかも、同時運転ができるので、空調ゾーンの用途やレイアウトの変更時にもフレキシブルに対応ができる。

また、冷房と暖房が混在する場合には冷房室内ユニットで吸熱し、暖房室内ユニットで放熱する熱回収運転となり、それぞれ別個のユニットで空調する場合に比べ大幅な省エネルギーになる。

(3) 設備容量の低減、パイプシャフトの省スペースが図れる。

各空調ゾーンのピーク負荷が時間帯で移動する場合には、そのシステムが受け持つ空調ゾーンのトータル負荷に対応し

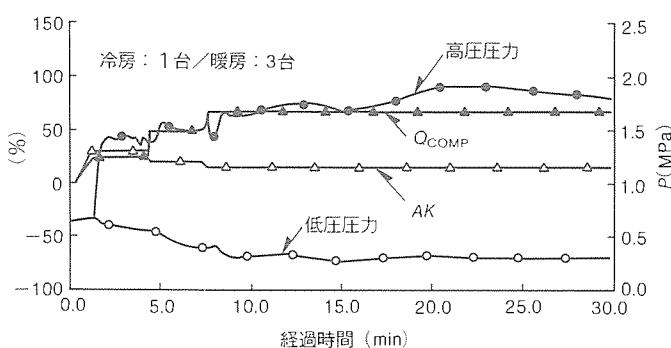


図7. 冷暖同時運転データ

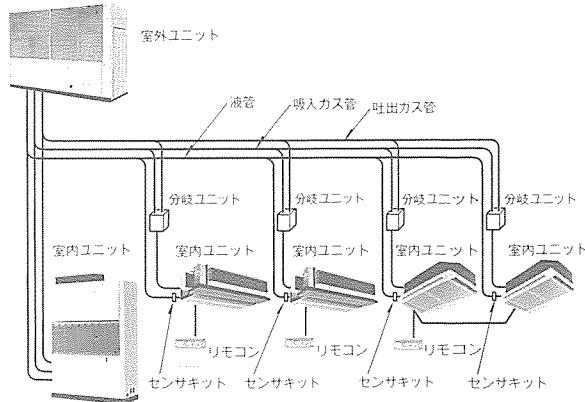


図8. セントラルマルチシステム

表1. 室内・外ユニット組合せ例

室外ユニット形名	カセット		天埋ダクト				床置		リモコン
	PLRM-125FM 14.5kW*	PLRM-140FM 16.3kW*	PERM-125M 14.5kW*	PERM-140M 16.3kW*	PERM-200M 23.3kW*	PERM-250M 29.1kW*	PFRM-200PM・DM 23.3kW*	PFRM-250PM・DM 29.1kW*	
PURM-25A 65.1kW	5	—	5	—	—	—	—	—	5
	—	4	—	4	—	—	—	—	4
	—	—	—	—	3	3	3	3	3
PURM-30A 82.6kW	6(2×3)	—	6(2×3)	—	—	—	—	—	3
	—	5	—	5	—	—	—	—	5
	—	—	—	—	4	—	4	—	4
	—	—	—	—	—	3	—	3	3
PURM-40A 116.3kW	8(2×4)	—	8(2×4)	—	—	—	—	—	4
	—	8(2×4)	—	8(2×4)	—	—	—	—	4
	—	—	—	—	5	—	5	—	5
	—	—	—	—	—	4	—	4	4
PURM-50A 145.3kW	10(2×5)	—	10(2×5)	—	—	—	—	—	5
	—	8(2×4)	—	8(2×4)	—	—	—	—	4
	—	—	—	—	6	—	6	—	6
	—	—	—	—	—	5	—	5	5

注 ()内の2×4は2台ペア運転で4セットを示す。

* 14.5kW(5 HP相当品), 16.3kW(6 HP相当品), 23.3kW(8 HP相当品), 29.1kW(8 HP相当品)

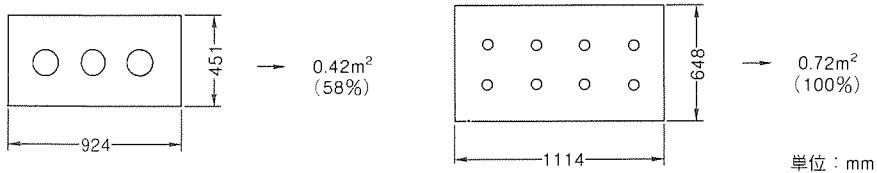


図9. パイプシャフト スペースの比較

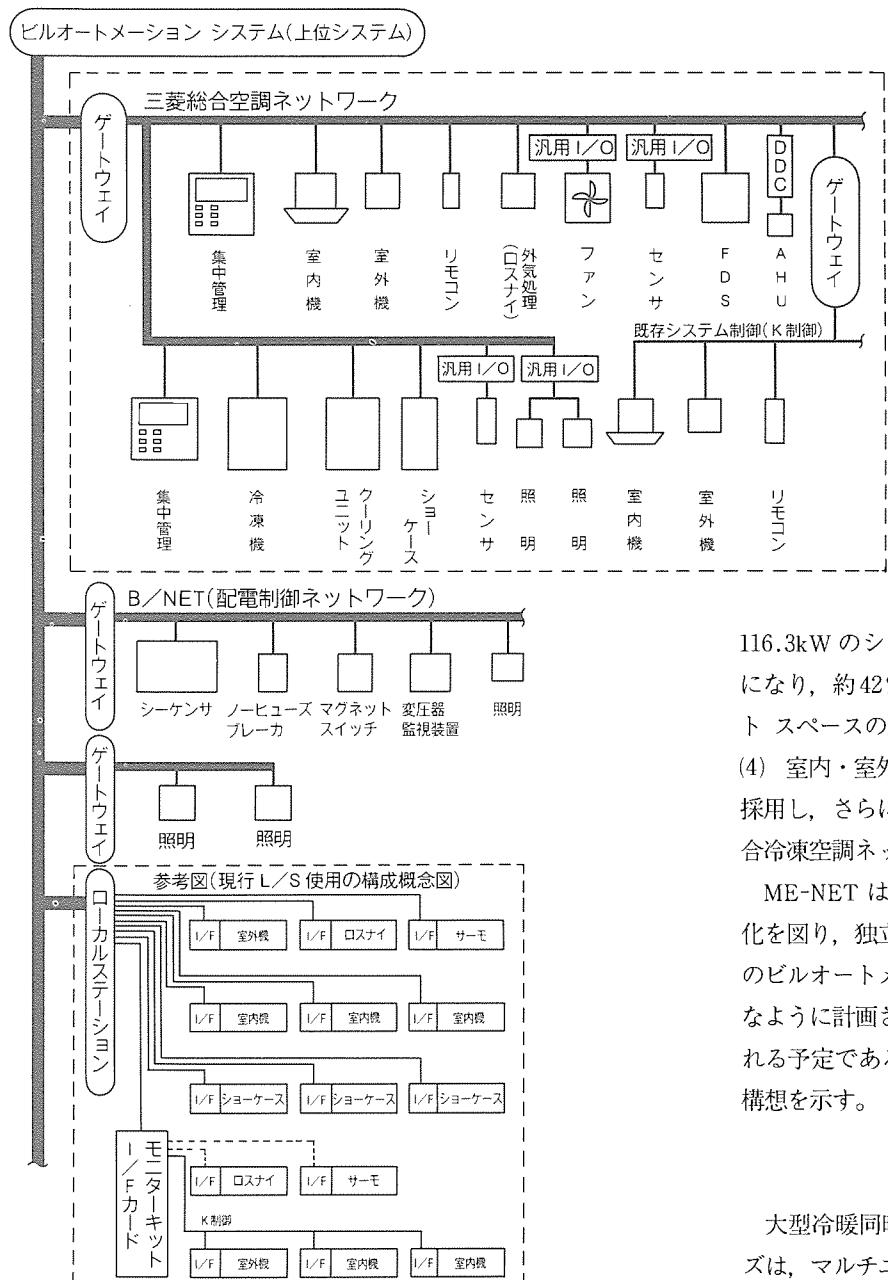


図10. 三菱総合冷凍空調ネットワークの構想

て設備容量を選定できるので、個別分散設置に比べ約10%の容量の低減が図れる。

また、パッケージの個別設置の場合とセントラルマルチの場合についてパイプシャフト スペースを比較すると、29.1 kWのパッケージ4台のシステムに比べ、セントラルマルチ

116.3kWのシステムのパイプシャフト スペースは約58%になり、約42%の省スペースになる。図9にパイプシャフト スペースの比較を示す。

(4) 室内・室外ユニット間の信号線はすべて無極性2線式を採用し、さらに、他機種との信号の統一化を考慮した三菱総合冷凍空調ネットワーク (ME-NET) を採用している。

ME-NETは、冷凍・空調に関する機器の伝送信号の統一化を図り、独立したネットワークを構成するとともに、上位のビルオートメーションなどのサブシステムとして接続可能なように計画されているものであり、今後、各機種に展開される予定である。図10に三菱総合冷凍空調ネットワークの構想を示す。

5. むすび

大型冷暖同時マルチエアコン“セントラルマルチ”シリーズは、マルチエアコンの大容量化、冷暖混在した負荷へフレキシブルな対応を可能とする目的で開発したもので、工場の技術棟などのようにOA機器が多く使用され、しかも、フロア面積が比較的広い建物や試験場所のように、単位面積当たりの負荷の大きな建物、又は、コンベンションホールや、大型店舗向けに需要が見込まれており、さらに室内ユニットのバリエーションを充実させていく所存である。

なお、工場の技術棟に設置した例を図11、図12に示す。

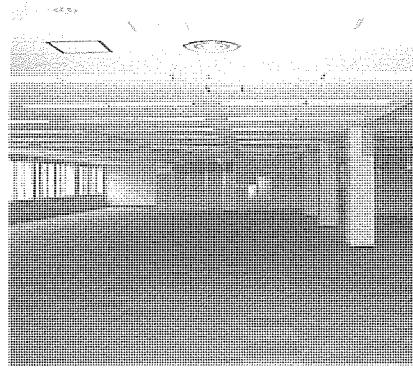


図11. 室内ユニット設置例

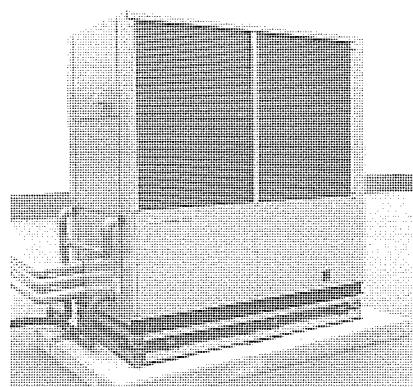


図12. 室外ユニット設置例

マルチエアコンの 自律分散協調制御“F-VPM”[”]

井上誠司*
岡島次郎*
松岡文雄**

1. まえがき

ビル空調用システムとして、個別分散方式のマルチエアコンが広く普及してきている。これは、ビルのテナント化による使用時間帯の多様化に対応した経済性、危険分散による高信頼性及び設備の操作や維持管理が容易であることなどが評価されているためである。ところが、近年、ビルのインテリジェント化やオフィスのOA化に伴って熱負荷が増大してきたため、冬期でも冷房が必要となる状況が発生するようになってきた。また、居住空間の快適性の向上と更なる省エネルギー化などとともに、OA機器の増減や建物内のレイアウトの変更にも柔軟に対応できる空調システムが強く要求され続けている。

このような要求にこたえるために、当社では、1台の室外機に接続された各室内機がそれぞれ自由に冷暖房を選択できる冷暖同時マルチエアコンを開発した(図1)。これには、室外機と室内機を接続する冷媒配管が3本である3管式冷暖同時マルチエアコン《セントラルマルチ》と、室外機と室内機を接続する冷媒配管が2本である2管式冷暖同時マルチエアコン《シティマルチ R2シリーズ》がある。このようなマルチエアコンでは、各室内機は任意に冷房・暖房が選択できるため、その冷暖房負荷の変化に応じてきめ細かく室外機の容量を追従させ、熱負荷をバランスさせてやることが従来にも増して重要な制御上の課題である。

この課題を解決する一手法として、今回新たに開発した自律分散協調制御“F-VPM”(Fuzzy-Vector Pattern Matching)は、従来の制御方式とは異なり、室内機の運転容量にはかわらず空外機の容量制御を自己完結的に行うものである。以下、その内容を紹介する。

2. 冷暖同時マルチエアコンの冷凍サイクル

2.1 3管式冷暖同時マルチエアコン

(1) 構成

図2に3管式冷暖同時マルチエアコンの基本冷媒回路図を示す。この回路は、圧縮機と室外熱交換器からなる室外機と、室内熱交換器からなる室内機群から構成される。室内機と室外機との間は、高压ガス管、低压ガス管及び高压液管の3本の冷媒配管で接続されている。また、各熱交換器には流量制御弁が設けてある。

(2) 動作

暖房運転の室内熱交換器には、高压ガス管に接続された切替弁により、圧縮機から吐出された高压ガスが流入し、ここで凝縮した液は高压液管に流出する。冷房運転の室内熱交換器には、高压液管から液が流入し、ここで蒸発したガスは切替弁によって低压ガス管に流出する。室外熱交換器は、室内熱負荷の不均一を調整する役割を果たし、全体の熱バランスを取るように凝縮器又は蒸発器として使用する。

2.2 2管式冷暖同時マルチエアコン

2.2.1 構成

図3に2管式冷暖同時マルチエアコンの基本冷媒回路図を示す。この回路は、圧縮機と室外熱交換器からなる室外機と、室内熱交換器からなる室内機群及び気液分離器や電磁弁など

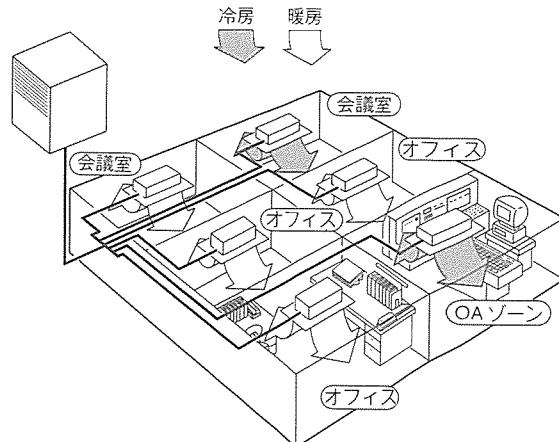


図1. 冷暖同時マルチエアコンの概念

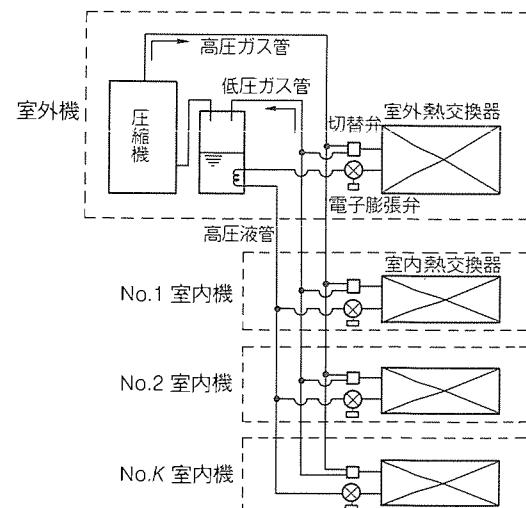


図2. 冷暖同時マルチエアコン(3管式)の基本冷媒回路

をユニット化した分流コントローラとから構成される。室外機と分流コントローラとの間は、従来と同じように2本の冷媒配管で接続されている。さらに、分流コントローラと室内機との間もそれぞれ2本の冷媒配管で接続されている。また、各室内熱交換器及び分流コントローラ内には流量制御弁が設けてある。

2.2.2 動 作

(1) 暖房主体運転

室内機の暖房負荷が冷房負荷よりも大きい暖房主体運転では、圧縮機から吐出した冷媒ガスは暖房運転の室内機に流入し、ここで凝縮液化して流出する。この液冷媒の一部は流量制御弁を通って冷房運転の室内機に流入し、ここで蒸発ガス化して気液分離器に流入する。一方、先ほどの液冷媒の残りは、流量制御弁によって減圧され気液二相状態となって気液分離器に流入する。ここで冷房室内機からのガス冷媒と合流し、室外熱交換器で蒸発したのち圧縮機に吸入される。暖房のみの運転もこれに準ずる。

(2) 冷房主体運転

室内機の冷房負荷が暖房負荷よりも大きい冷房主体運転では、圧縮機から吐出した冷媒ガスは室外機に流入する。ここで一部凝縮液化して気液二相状態となったのち、気液分離器に流入して高圧ガス冷媒と高圧液冷媒に分離される。高圧ガス冷媒は暖房運転の室内機に流入、凝縮液化して流出し、一方の高圧液冷媒と合流したのち、冷房運転の室内機に流入する。この液冷媒は流量制御弁で減圧されたのち、室内熱交換器で蒸発ガス化して圧縮機に吸入される。冷房のみの運転もこれに準ずる。

3. 自律分散協調制御

3.1 室外機の容量制御手法

従来、マルチエアコンの制御は、各室内機の容量や室温などの情報を室外機に送り、この情報に基づいて室外機のコントローラが室外機、室内機両方を制御するという手法であった。ところが、この手法をそのまま踏襲して冷暖同時マルチエアコンを制御しようとすると、様々な容量の室内機がそれぞれ任意に冷房・暖房を選択できるため、その組合せは無数に多くなり、制御が非常に複雑となる。また、室内機と室外

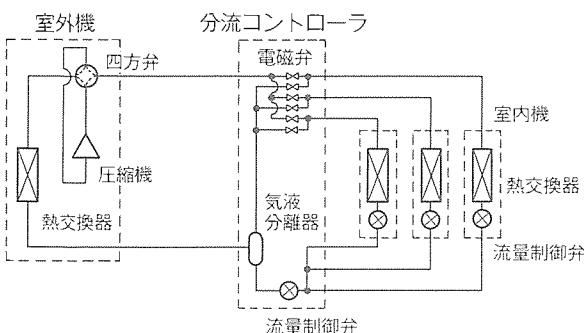


図3. 冷暖同時マルチエアコン(2管式)の基本冷媒回路

機は仕様が完全に一致した機種を使わなくてはならず、負荷の増加や建物内のレイアウトの変更に伴う室内機の増設・変更の際には、システム全体を組み直す必要があるという欠点があった。

このような背景から、今回開発した自律分散協調制御F-VPMは、圧縮機の吐出圧力 P_d と吸入圧力 P_s という二つだけの情報から室外機を自己完結的に制御することによって、マルチエアコンシステム全体の制御を実現しようというものである。

F-VPM制御の考え方の基盤は、次のような空調機の特性の再確認にある。一般に、空調機の運転状態は、モリエル線図上、図4のような台形で表される。ここで、圧縮機の容量 Q_{comp} を ΔQ_{comp} だけ増加させるとこの台形は拡大し(高圧上昇、低圧低下)，逆に ΔQ_{comp} だけ減少させるとこの台形は縮小(高圧低下、低圧上昇)する。また、例えば室外熱交換器が蒸発器の場合、その熱交換量 AK を ΔAK だけ増加させると、この台形は高圧側に平行移動し(高圧上昇、低圧上昇)，逆に ΔAK 減少させるとこの台形は低圧側に平行移動(高圧低下、低圧低下)する(凝縮器の場合はこの逆になる)。これを式で表すと式(1)のようになる。

$$\begin{bmatrix} \Delta P_d \\ \Delta P_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & c \\ -b & d \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta Q_{comp} \\ \Delta AK \end{bmatrix} \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここで ΔP_d 、 ΔP_s はそれぞれ P_d 、 P_s の増加分、 a 、 b 、 c 、 d は定数である。以上のような空調機の特性を把握しておけば、システムの高圧圧力、低圧圧力を室外機側で検知できる圧縮機吐出圧力 P_d と吸入圧力 P_s によってとらえ、圧縮機容量 Q_{comp} と室外熱交換器の熱交換量 AK を操作することによって、システム全体を最適な運転状態(各室内機が適正な冷暖房能力を発揮する図5の中央の状態)に近づけることができる。

3.2 3管式の自律分散協調制御 F-VPM

今回開発した3管式冷暖同時マルチエアコン“セントラルマルチ”は、圧縮機にシリンダアンロード機構を持つ半密閉型圧縮機を採用している。このため、圧縮機の容量制御は段階的にしか行わない。そこで、システム全体の目標高圧及び目標低圧を、ある幅を持った圧力範囲で設定している。すなわち、圧縮機吐出圧力 P_d 及び吸入圧力 P_s が、共にこの目標高圧範囲及び目標低圧範囲に入っているれば最適運転状態にあると考える。

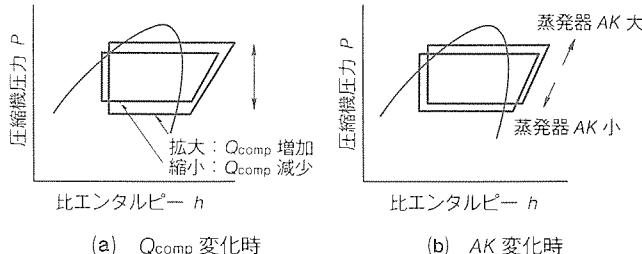


図4. モリエル線図上での運転状態の変化

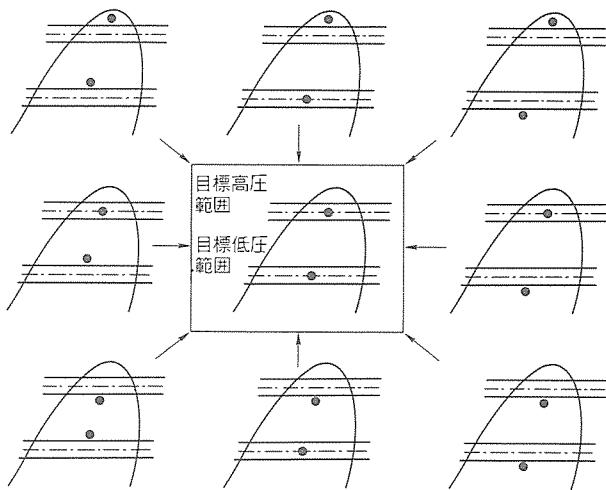


図5. 冷凍サイクルのすべての運転状態

F-VPM制御ではファジー理論を応用して、以下のように日常経験の知識をもとに数項目のルールをあらかじめ設定し、これらに照らし合わせて制御の最適度を評価している。

ルール1：室内熱交換器能力確保のため、 P_d , P_s は目標設定圧力範囲内にする。

ルール2：システムの運転状態は無理なく移行させる。

ルール3：早く立ち上げる。

ルール4：高圧カットは防止する。

ルール5：入力はできるだけ小さくする。

ルール6：冷暖同時運転時には室外熱交換器はなるべく使わないようとする。

ルール7：冷房のみ、暖房のみの運転時には室外熱交換器のファン速は100%にしたい。

例えば、“室内熱交換器能力確保のため、 P_d , P_s は目標設定圧力範囲内にする。”というルール1に対しては、現在の運転状態から制御可能な圧縮機容量の変化幅 ΔQ_{comp} 、室外熱交換器の熱交換能力の変化幅 ΔAK の組合せに対して、 P_d , P_s の値を式(1)によって予測し、この予測値と目標高低圧との差によって評価している。また、“システムの運転状態は無理なく移行させる。”というルール2に対しては、圧縮機の運転容量の変化率及び室外熱交換器の熱交換量の変化率によって評価している。

以上のような評価を運転可能な Q_{comp} , AK の組合せごとに進めていったのち最終的に得られる評価値を比較し、その最大値を与える Q_{comp} , AK の組合せを最適な制御量と判定している。

3.3 2管式の自律分散協調制御 F2-VPM

(Fuzzy 2-Vector Pattern Matching)

今回開発した2管式冷暖同時マルチエアコン《シティマルチ R2シリーズ》は、圧縮機にインバータ駆動のスクロール圧縮機を採用している。また、室外熱交換器の送風機にはファンコントローラが付いている。このため、圧縮機の容量及び室外熱交換器の熱交換能力は無段階に制御可能な点が大き

な特長となっている。そこで、システム全体の目標高圧、目標低圧には幅を持たせていない点が“セントラルマルチ”と異なっている。

現在の運転状態から制御可能な圧縮機の容量 Q_{comp} 、室外熱交換器の熱交換量 AK の組合せは無数にあるため、次のようにして変化幅を決定している。式(1)を ΔQ_{comp} , ΔAK について解くと、

$$\begin{bmatrix} \Delta Q_{\text{comp}} \\ \Delta AK \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & c \\ -b & d \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \Delta P_d \\ \Delta P_s \end{bmatrix} \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

となる。これを、現在の運転状態 P_d , P_s を目標高圧 $P_{d\text{m}}$ 、目標低圧 $P_{s\text{m}}$ にするために必要な圧縮機容量変化幅 ΔQ_{comp} 及び室外熱交換量変化幅 ΔAK を与える式として利用する。ここで求められた変化幅を基に、制御可能な n 通りの ΔQ_{comp} , ΔAK の組合せに対して、3.2節と同様、式(1)によって高圧圧力、低圧圧力がどのように変化するかを予測する。この予測値 $(P_{di}, P_{si}) : i=1 \sim n$ を次のような評価関数を用いて評価する。

$$J_i = 1 - G \cdot \{ \alpha (P_{d\text{m}} - P_{di})^2 + \beta (P_{s\text{m}} - P_{si})^2 \} \quad (i=1 \sim n) \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

ここで、 G は定数、 α , β はそれぞれ高圧圧力、低圧圧力の重み係数である。これは、予測される高圧圧力及び低圧圧力の目標値までの重み付けされた距離を評価している。以下、ファジー理論を応用して日常経験のルールによる評価を行っている点は、先ほどと全く同様である。

4. ダイナミック シミュレーション

以上に述べた自律分散協調制御 F-VPM を冷暖同時マルチエアコンに適用した場合、室内機冷暖房の任意の起動・停止(容量変化)に対して室外機がうまく追従して、システム全体の高圧圧力、低圧圧力が目標値に素早く収束するかどうかを確認する必要がある。このため、マルチエアコンのダイナミック シミュレーション プログラムを新たに開発し、これを用いて動特性解析を行った。

4.1 シミュレーション方法

まず、冷凍サイクルの静特性(圧力、温度の安定ポイント)を求めるために高圧圧力 P_d 及び低圧圧力 P_s を仮定して、各熱交換器で冷媒側と空気側の熱交換量が釣り合うために必要な冷媒循環量を計算する。そして、蒸発器側の合計冷媒循環量と凝縮器側の合計冷媒循環量及び圧縮機からの吐出冷媒循環量が一致するように収束計算する。このようにして計算された安定ポイントと、 Q_{comp} , AK を制御した次の安定ポイントとの間の運転状態の推移を1次遅れの伝達関数で表す。さらに、過去の制御の影響を考慮して重畠操作を行い、時々刻々の高圧圧力、低圧圧力を求める。

4.2 シミュレーション結果(3管式)

表1にシミュレーションの入力条件を示す。室内機の構成は4台とし、ここで取り上げたシミュレーション モデルは

表2に示すように、暖房のみのモードから冷暖同時（暖房主体運転）モードへと10分ごとに切り替わるような変動負荷とした。図6にシミュレーション結果を示す。起動時はファジールール3の“早く立ち上げる。”により、設定圧力範囲内に P_d , P_s を収束させるために Q_{comp} を急上昇させ、即応性が増している様子が示されている。設定圧力範囲内に入つてからは、負荷の大きさに合うような Q_{comp} 値になっており、ルール5の“入力はできるだけ小さくする。”、ルール7の“暖房のみの運転時には室外熱交換器のファン速は100%にしたい。”の効果が表れている。30分からは冷房運転の室内機が1台追加され冷暖同時運転となり、 P_d , P_s 共に上昇するが、ルール6の“冷暖同時運転時には室外熱交換器はなるべく使わないようにする。”により、 AK が0%となり圧力上昇を防止している。

さらに、冷暖同時運転の場合には冷房運転している熱交換器で廃熱を回収し、これを暖房している熱交換器の熱源として有効活用している。これが最も顕著に表れているのは40～50分のときで、暖房2台分の圧縮機入力で暖房2台/冷房1台、計3台分の仕事をしており、廃熱回収による省エネルギーの効果が出ている。

4.3 シミュレーション結果（2管式）

表3にシミュレーションの入力条件を示す。室内機の構成は5台とし、ここで取り上げたシミュレーションモデルは、表4に示すように冷暖同時（冷房主体運転）モードで10分ごとに冷房室内機が1台ずつ停止したのち再起動する変動負荷とした。圧縮機の容量はインバータの運転周波数で表している。式(3)の重み係数は $(\alpha, \beta) = (0.3, 0.7)$ である。

図7にシミュレーション結果を示す。起動時の高圧圧力、低圧圧力は、目標高圧圧力、目標低圧圧力から遠いので、圧

表1. シミュレーション入力条件（3管式）

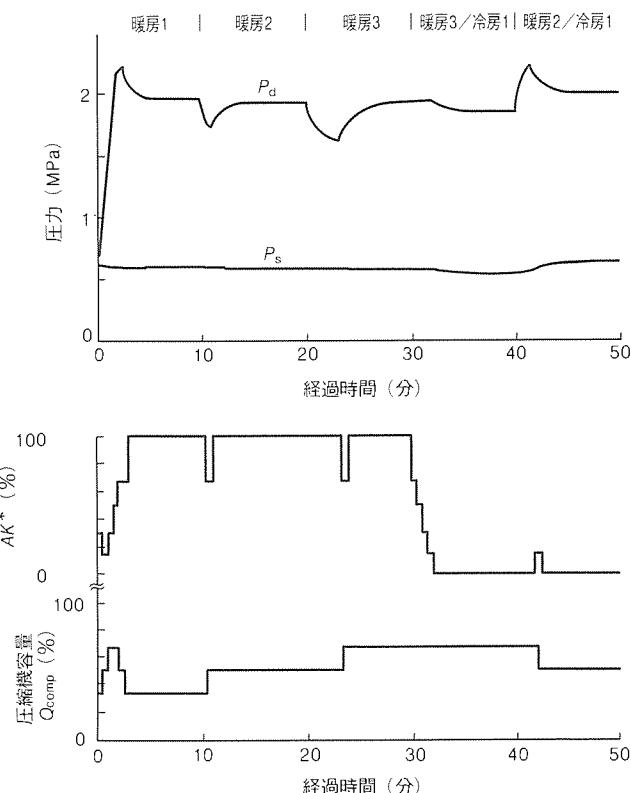
圧縮機	26.1 kW
容量制御段階	0.33, 50, 67, 100 %
室外熱交換器伝熱面積	378.5 m ²
室内熱交換器伝熱面積	45.6 m ² × 4台
外気温度	7 °C
室内温度（暖房）	20 °C
（冷房）	30 °C
目標圧力範囲	
高圧上限値	2.25 MPa
高圧下限値	1.76 MPa
低圧上限値	0.69 MPa
低圧下限値	0.36 MPa
制御時間間隔	30 s
冷媒	R22

表2. シミュレーション モデル（3管式）

経過時間（分）	0～10	10～20	20～30	30～40	40～50
室内熱交換器台数	暖房1	暖房2	暖房3	暖房3 冷房1	暖房2 冷房1

縮機運転周波数の変化幅が大きくなつてファジールール3の“早く立ち上げる。”の効果が表れている。

このことは、室内機の停止及び再起動の直後、一時的に P_d , P_s が目標値から離れたときも同様である。冷房室内機の停止（15分、25分）によって P_d , P_s 共に一時的に低下するが、凝縮器である室外熱交換器の熱交換量 AK を小さくすることによって、モリエル線図上の平行移動を行つて目標値に収束させていることが分かる。圧縮機運転周波数の方は、室内機の運転台数に見合つた値に収束し、 P_d , P_s はいずれ



注* 室外熱交換器の蒸発能力の最大値(100%)に対する値

図6. シミュレーション結果（3管式）

表3. シミュレーション入力条件（2管式）

圧縮機	7.5 kW
運転周波数範囲	30～90 Hz
室外熱交換器伝熱面積	114.9 m ²
室内熱交換器伝熱面積	12.6 m ² × 5台
外気温度	20 °C
室内温度（暖房）	21 °C
（冷房）	27 °C
目標圧力	
高圧	2.10 MPa
低圧	0.50 MPa
制御時間間隔	60 s
冷媒	R22

表4. シミュレーション モデル（2管式）

経過時間（分）	0～15	15～25	25～35	35～45	45～60
室内熱交換器台数	暖房1 冷房4	暖房1 冷房3	暖房1 冷房2	暖房1 冷房3	暖房1 冷房4

の場合も10分以内に目標値に収束していることが分かる。

4.4 起動特性から見た重み係数のチューニング

式(3)における高圧圧力、低圧圧力の重み係数(α 、 β)を幾らにするかによってファジールールの効果(メンバーシップ関数の形)が変わってくる。このチューニングにもシミュレーションを利用し、起動特性から見た最適な重み係数を決定した。図8は表3と同じシミュレーション条件のもと、(α 、 β)を3通りに変えてみた結果を高低圧座標上に表したものである。同図(a)では低圧側の重みが重すぎるため P_s は素早く目標低圧に収束する一方、 P_d の目標高圧への収束が遅い。逆に、(c)では高圧側の重みが重すぎるため P_d は素早く目標高圧に収束するのに対して、 P_s は目標低圧に収束しない。(b)では高圧圧力、低圧圧力の重み係数(α 、 β)のバランスがちょうどよいので、 P_d がややオーバーシュート気味ではあるが、 P_d 、 P_s 共に素早く目標値に収束していることが分かる。

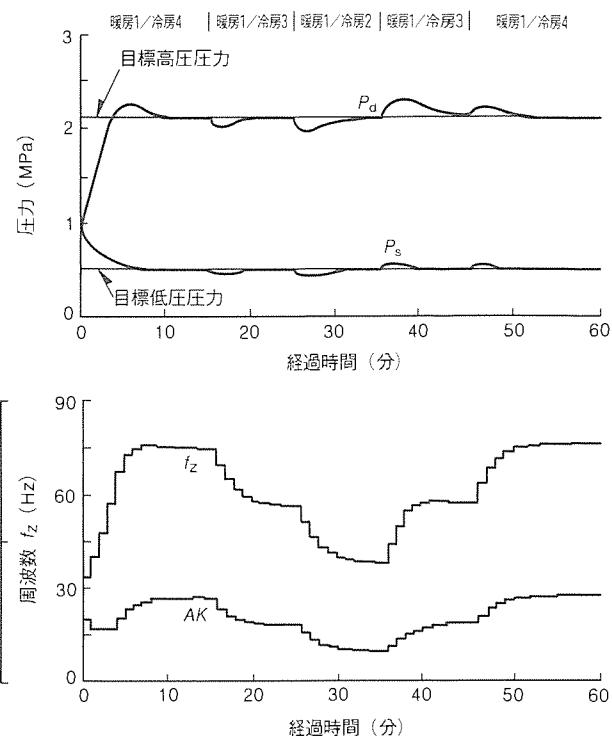
5. むすび

以上、マルチエアコンの自律分散協調制御F-VPMの内容と、その動特性解析のためのシミュレーションについて紹介した。この手法は、室外機側で観測される圧縮機吐出圧力と吸入圧力のみを制御するという極めて簡素な方法にもかかわらず、室内負荷が頻繁に変動するような冷暖同時マルチエアコンの制御にも十分有効な手法である。また、今回の冷暖同時マルチエアコンの開発に当たっては、ダイナミックシミュレーションを行うことによって、制御の効果の確認やチューニングなどの面で製品開発のスピードアップが図られている。

この制御方式は簡素であるにもかかわらず、この導入によって設備設計の自由度が大幅に拡大するだけでなく、室内機の増設や変更にも柔軟に対応できるようになるという有利な特長を持っている。現在のところ、この制御方式を搭載した製品は本稿で紹介した2機種だけであるが、今後も、このような特長を生かし、ファジールールの整理など様々な面から改良を加えて適用機種を拡大し、さらに多くの製品を世に送りだしたいと考えている。

参考文献

- (1) 渋谷康雄、北内 肇、藤山重生、松岡文雄、岡島次郎：大形冷暖同時マルチエアコンの開発、平成2年度日本冷凍協会学術講演会講演論文集
- (2) 岡島次郎、松岡文雄、大熊圭子、渋谷康雄、北内 肇：大形冷暖同時マルチ冷凍サイクルの制御(自律分散協調



注* 室外熱交換器の凝縮能力の最大値(100%)に対する値

図7. シミュレーション結果(2管式)

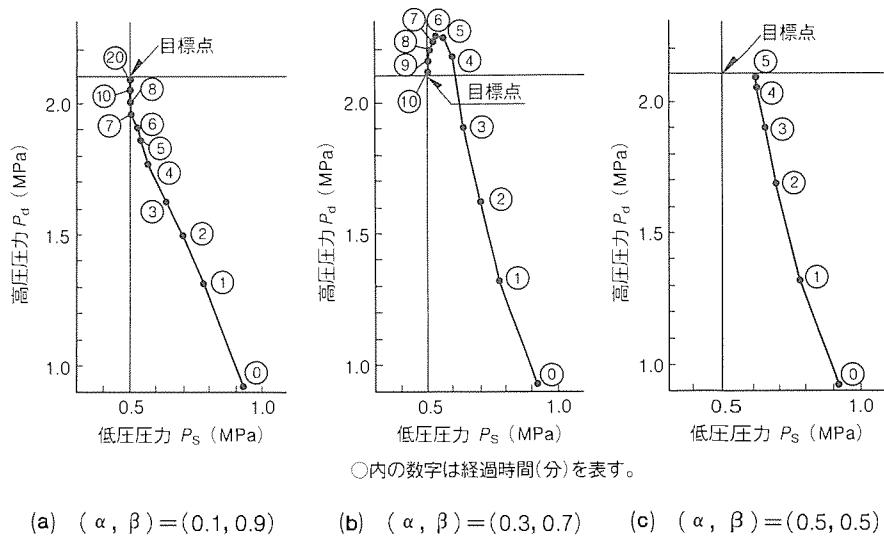


図8. 評価関数の重み係数と運転状態の軌跡

制御), 平成2年度日本冷凍協会学術講演会講演論文集

- (3) 隅田嘉裕、田中直樹、飯島 等、中村 節：冷暖同時マルチエアコンの開発、第1報、シミュレーションによる性能予測、平成2年度日本冷凍協会学術講演会講演論文集
- (4) 中村 節、谷 秀一、河西智彦、飯島 等、松岡文雄：冷暖同時マルチエアコンの開発、第3報、試作機の運転特性、平成2年度日本冷凍協会学術講演会講演論文集
- (5) 井上誠司、松岡文雄、高田茂生：冷暖同時マルチエアコンの開発、第4報(自律分散協調制御)，平成2年度日本冷凍協会学術講演会講演論文集

ビル空調管理システム

川島正満*

1. まえがき

近年インテリジェントビルの増加に伴い、ビル空調に対する要求が年々変化するとともに増加している。また、ビル内の使用形態により、従来のセントラル空調方式では、省エネ・エネルギー性・経済性・利便性が図れないため、個別分散空調方式の採用が増加傾向にある。特にテナントを中心としたビルでは、使用時間帯の相違や使用方法の多様化(パーソナル化・レイアウトフリー)に対応するため、この傾向が一段と強くなっている。

一方、ビル空調システムでは、物件ごとに異なるビルの規模や要求仕様に対し、迅速かつ的確な空調システムを提供するため、システム全体が階層化され、各階層では標準コンポーネントパーツがシリーズ化されていることが必要である。障害に対しては、部分的な故障・異常発生がシステム全体に影響を与えないよう、システム全体で危険分散の思想が統一されていなければならぬ。また、ビル内の空調システムは、ビル管理システムのサブシステムとして機能分化されるとともに、ビル仕様によっては空調システムのみで自立運転されることが望まれている。

本稿では、以上のようなビル空調システムに対応するため開発された個別分散トータル空調システムの、システム機能・標準コンポーネントパーツ・階層化危険分散について紹介する。

また、新たな要求に対応するため、新規開発されたM-NET搭載機器と光ネットワークシステムの現状と今後の計画も併せて紹介する。

2. システムの機能・特長

個別分散空調システムの提供機能と特長を以下にまとめた。

2.1 高品位な空調

- (1) 温度・湿度・CO₂・じんあい・風速の最適制御
- (2) 各空調要因のセンシングと自動連動制御

2.2 建築設計の要求を柔軟に対応

- (1) ビルの規模・使用形態によらず、最適なシステムを効率良くビルトアップできる。
- (2) 部屋のレイアウト、システムパーツの増減等の変更に対し、フレキシブルに対応可能である。

2.3 個々の空調機の統合管理

- (1) ビル運営の形態により、各階・テナント・グループ単位

で空調機器が制御可能である。

- (2) 受変電・セキュリティ等のサブシステムとの連動制御が可能である。
- (3) どんなビル管理システムとも接続が可能である。
- (4) スケジュール・カレンダー・運転時間積算・予冷熱・外調機運動・異常履歴管理・記録等の自立運転制御が可能である。

2.4 危険分散システム

- (1) 各システム コンポーネントパーツを階層化し、各パートが独立動作可能である。
- (2) 部分的異常がシステム全体に影響を与えない。

3. システム構成パート

個別分散トータル空調システムにおける各階層の機能分担を図1に、構成例を図2に示す。

3.1 各階層の機能と構成

- (1) ビル管理システム

ビル全体を管理・制御する中央管理装置で、照明・給排水・衛生・受変電・エレベーター・防災・防犯などサブシステム設備から構成される。

当社ビル管理システムでは、《MELBAS》等がある。

- (2) 空調システムコントローラ

空調システム内の各コントローラ及び空調機器を、トータル管理・監視する空調システムの上位マンマシン インタフェース装置である。また、空調システムを単独で動作させる自立制御装置である。

- (3) ビル管理インターフェース

ビル管理システムと空調システムを接続するインターフェース装置である。接続方式により、シリアル、パラレルの2方式がある。KB-200、300のインターフェース仕様を各々表1、表2に示す。

- (4) 空調システム インタフェース

空調機器群を一定数量ごとに管理する中間通信管理装置で、ビル管理インターフェースと空調リモコン・空調機器を通信で接続する。制御系と計測系に分割管理されている。ビル管理インターフェース、空調システム インタフェース(空調バス)の通信仕様を表3に示す。

- (5) 空調システム(オプション)

空調機器の個別又は小規模の集合で制御・管理する手元コントローラである。ローカルサイドのマンマシン入出力装置

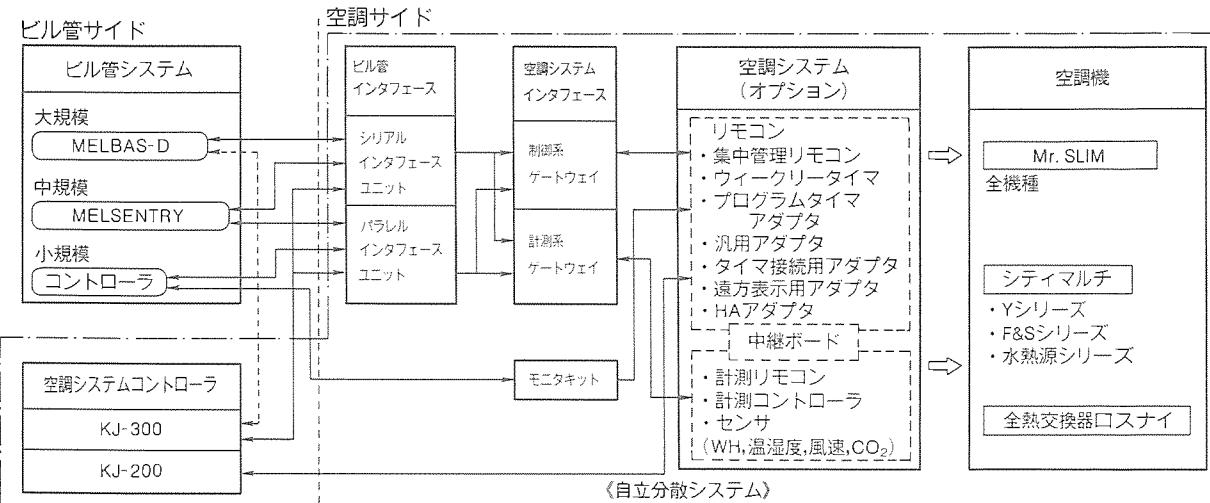


図1. ビル空調管理システムの機能分担

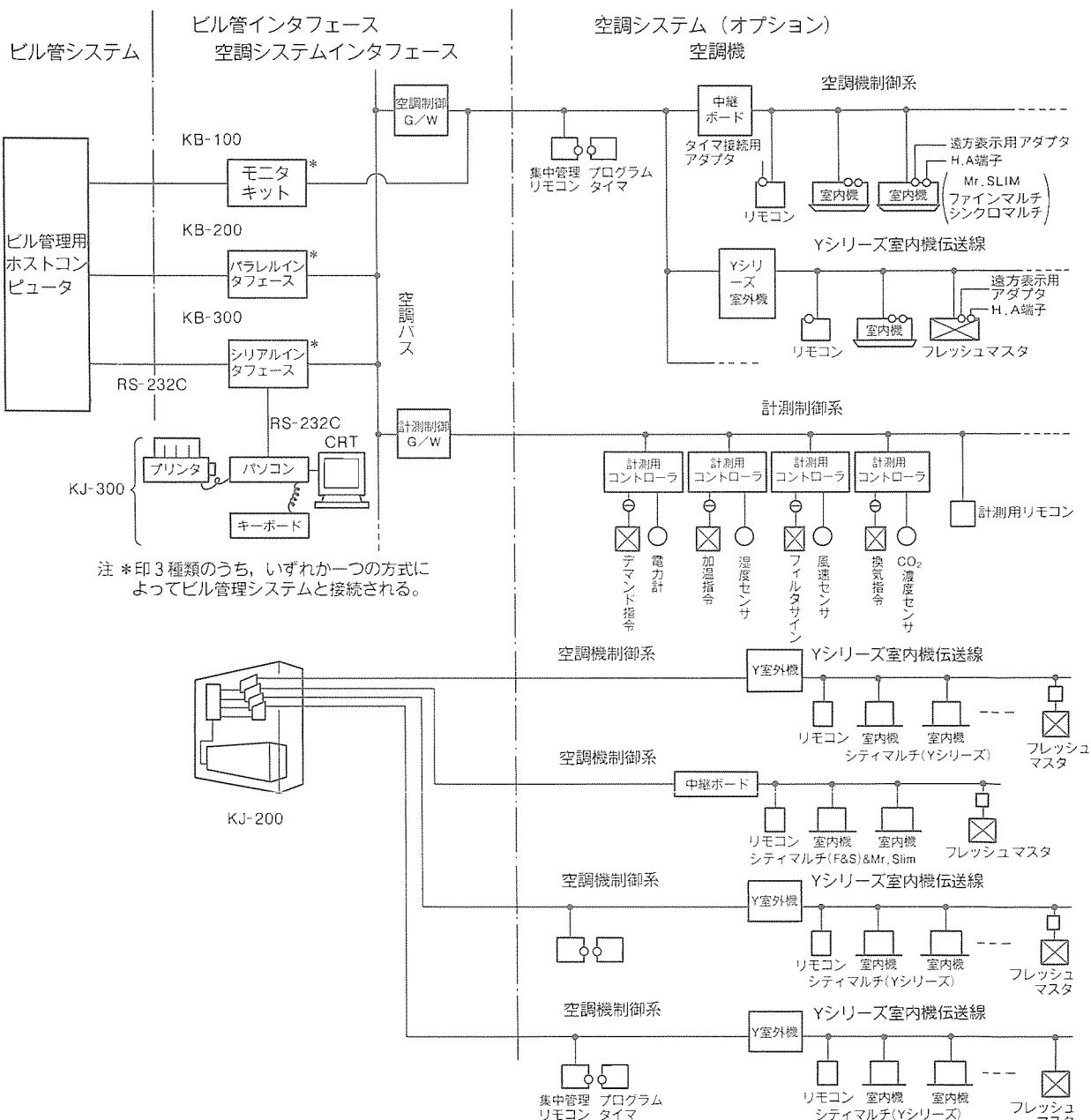


図2. 個別分散空調システムの構成例

表1. KB-200のインターフェース仕様

	入出力仕様	I/O 点数
DI ユニット	DC 12V	8
DO ユニット	無電圧接点	8
AI ユニット	DC 4~20mA DC 1~5 V	4
AO ユニット	DC 4~20mA DC 1~5 V	8

注 パラレルインターフェースユニット1台につき、最大9台のI/Oユニットが接続可能（Max 72点）ただし、AUユニットは1台だけ接続可能

表2. KB-300のインターフェース仕様

インターフェース	通信仕様	
ビル管理システム／シリアルインターフェース	通信回線	25ピン D-SUBコネクタケーブル
	通信方式	全二重線路／半二重通信
	同期方式	調歩同期
	通信制御手順	ポーリング／セレクティング方式 ビル管理システム 制御局 シリアルインターフェース 従属局
	伝送プロトコル	ペーシック手順 JIS X 5002準拠
	RS制御	常時ON
	転送キャラクタ	ASC II 7ビット、パリティ1ビット
	誤り検出方式	垂直(偶数)及び水平(偶数)パリティ
	通信速度	9,600bps
	テキストデータ	Max 256バイト

表3. 通信インターフェース仕様

シリアルインターフェース／各ゲートウェイ (空調バス)	通信回線	2芯 径1.25mm 以上 CPEVケーブル
	通信方式	半二重通信
	同期方式	調歩同期
	通信制御手順	ポーリング／セレクティング方式 シリアルインターフェース 制御局 ゲートウェイ 従属局
	転送キャラクタ	8ビット、パリティ 1ビット
	誤り検出方式	フレームチェック 偶数パリティ
	通信速度	9,600bps
	テキストデータ	Max 22バイト
	伝送距離	実力200m
	接続形態	1:N (N≤80)
ゲートウェイ／空調機器(制御系) 空調センサ(計測系) (K伝送)	変調方式	AMI DUTY50%
	通信回線	2芯 径1.6mm 以上 VVFケーブル
	伝送距離	制御系 Max 200m(室内ユニット50台、リモコン25個) Max 500m(室内ユニット20台、リモコン10個)
	計測系	Max 200m(計測用コントローラ50台) Max 500m(計測用コントローラ20台)
	伝送速度	約200bps
	接続形態	1:N (N≤50)

である。

(6) 空調機

個別分散空調システムに対応可能な空調機機種である。

《ミスタースリム》、《シティマルチYシリーズ》、全熱交換器《ロスナイ》等が接続可能である。

3.2 自立型個別分散空調管理システム

表4. KJ-200の主機能

機能	
個別制御	発停、運転モード(冷房／ドライ／送風／暖房), 手元操作、許可／禁止、温度設定、所定温度設定
設定	編成／解除、名称設定／グループ設定
スケジュール	発停制御、特定日設定
監視	運転状態、異常状態
記録	停電／復電、運転時間積算、異常記録

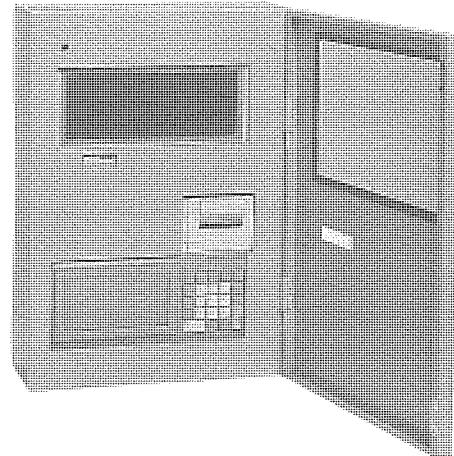


図3. KJ-200の外観

自立型個別分散空調管理システムである

KJ-200, 300の主機能と特長を説明する。

(1) KJ-200

最大200台の空調関連機器を制御・管理できる中小規模ビル用コントローラで、表4に主機能、図3にKJ-200の外観を示す。

個別制御として発停・運転モード・温度設定・風速設定・手元操作等を、グループ単位又は一斉に指令操作可能である。

状態監視として運転状態・異常状態に加え、フィルタ交換、運転積算時間を表示する。スケジュール制御は、グループごとに発停設定ができる。また、週間・年間スケジュール設定による運転も可能である。

記録として小型高速プリンタにより、異常データ・運転積算時間などをプリントアウトできる。

(2) KJ-300

シリアルインターフェースと組み合わせ、最大40台の制御系ゲートウェイを接続し、2,000台の空調機器群を管理・監視することができるとともに、計測系ゲートウェイによる計測データの監視が可能な大規模空調システム用コントローラで、表5に主機能、図4にKJ-300の外観、図5に個別制御基本画面を示す。

表 5 . KJ-300の主機能

機能	
個別制御	発停、運転モード(冷房／ドライ／送風／暖房)、手元操作、許可／禁止、温度設定、(湿度設定)、(CO ₂ 濃度設定)
グループ編成	グループ編成、解除
スケジュール	発停制御、休日、半日、休日指定、運転パターン設定
監視	運転状態、異常状態、計測データ(温度、湿度、CO ₂ 、濃度、電力)、警報状態(フィルタサイン)、運転時間積算(運転、圧縮機)
記録	日報、月報、故障記録、制御変更

オプションによる付加機能	
課金	運転時間積算(運転、圧縮機、補助ヒータ、消費電力計測)、分配演算
自動制御	プリセット、運転制御、予冷暖房、切り忘れ防止、デマンド制御、停復制御、最適制御、積算データ(予熱予冷、外気処理、運転モード、セットバック)

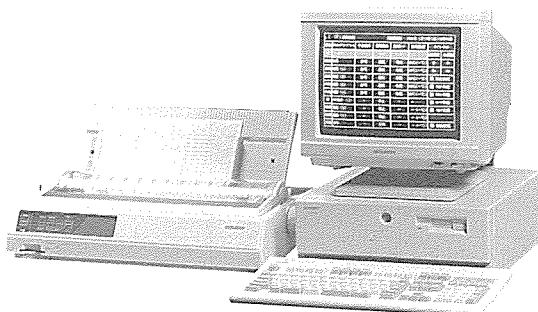


図 4 . KJ-300 マンマシンの外観

個別制御・状態監視・スケジュール・記録は、KJ-200と同等の機能を持っている。KJ-300では、空調機器のグループ編成・解除設定、グループごとの名称設定・変更が可能である(図6)。また、自立制御の特長として、予冷予熱(プリセット)・最適運転制御・外気処理連動制御・異常運動停止制御などの、自動運転による制御・監視も可能である。

予冷予熱制御は、運転スケジュールデータ(図7)をもとに、プリセット値に従って事前立ち上げを実行し、スケジュール時刻において要求空調環境を提供する。

最適運転制御は、外気温度に従って目標温度を自動的に変化させ、提供空調環境を最適となるよう制御する。最適運転制御は、その目的によって省エネルギータイプと、快適タイプを選択できる。

外気処理連動制御は、提供空調環境の対象ブロック内の、空調機と外気処理ユニットの運転を自動的に連動させる。

異常運動停止制御は、火報・受変電・セキュリティ等の設備と連動し、速やかに対象ブロックの空調機器群を停止ホー

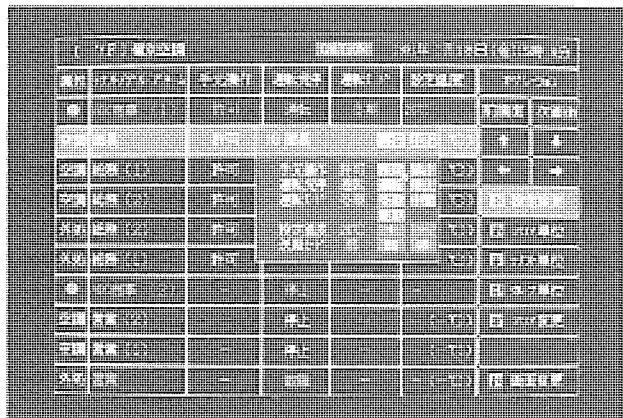


図 5 . 個別制御基本画面

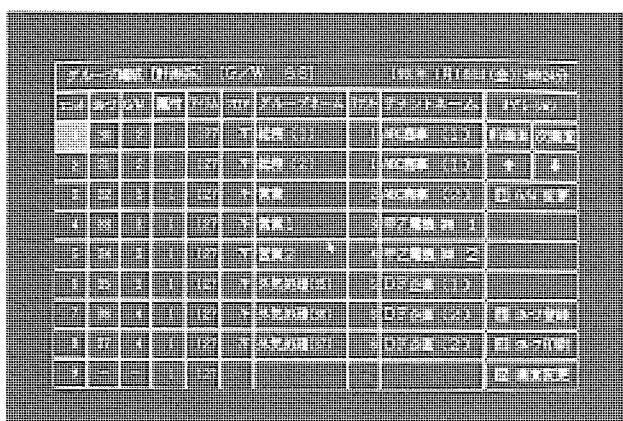


図 6 . グループ編成画面

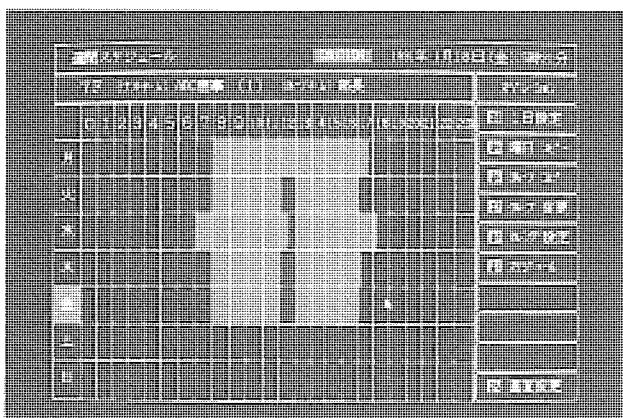


図 7 . スケジュール画面

ルドする。

4. 階層化危険分散

個別分散トータル空調システムでは、单一又は部分的な故障・異常が、システム全体のダウンにつながらないよう、階層化危険分散思想をシステム全体を通じて取り入れている。図8に空調サブシステムの階層化構造を示す。最上位のホストコンピュータ(ビル管理システム)及びマンマシン(KJ-300)とシリアルインターフェース(KB-300)は、RS-232Cによる通信で、シリアルインターフェースと制御・計測ゲート

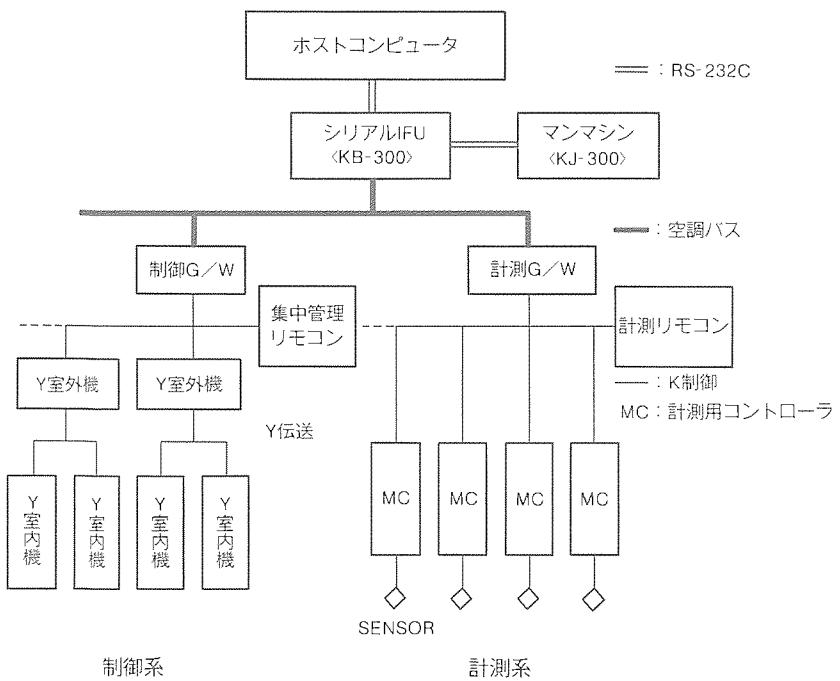


図8. 空調サブシステムの階層化構造

ウェイは、空調バス通信により、各ゲートウェイと空調機器・手元リモコンは、K伝送による通信で接続されている。

各構成要素は、複数に階層化されており、各々の階層で物理的（電気的）に、またソフトウェア的（機能的）にも分離されている。

4.1 単一故障モードとバックアップ

表6に各々構成要素の単独故障による影響を、单一故障モードとしてまとめる。表によって明らかかなように、システム内の単一レベルの故障では、他のシステム内制御装置で支障なく運転操作・モニタが可能である。システムの各階層でバックアップ機能を内蔵し、单一の故障では、システム全体に影響を及ぼさない設計となっている。

4.2 システムダウンモード

前述のように、システム構成要素内の单一及び部分的な故障では、空調システム全体が

表6. 単一故障モード

ビル管	IFU<KB-300>	故障発生箇所					故障発生後の状況	操作・モニタ可能機器			
		マンマシン<KJ-300>	G/W	集中管理リモコン	手元リモコン	ビル管		ビル管	マンマシン	集中管理リモコン	手元リモコン
×							ビル管側全機能不可（タイムスケジュールのダウン直前のデータにより実行）	×	○	○	○
	×						ビル管及びマンマシン側全機能不可	×	×	○	○
		×					マンマシン側全機能不可（タイムスケジュールは、ダウン直前のデータによって実行）	○	×	○	○
			×				ビル管及びマンマシン側の該当G/Wに対する全機能不可	×	×	○	○
				×			集中管理リモコンによるバックアップ操作不可	○	○	×	○
					×		手元リモコン（ローカル）全機能不可	○	○	○	×

注 ×：故障を表す。

表7. システムダウンモード

No.	故障発生のポイント						状況
	ビル管	IFU<KB-300>	マンマシン<KJ-300>	G/W	集中管理リモコン	(手元リモコン)	
1		×			(全数)×	(全数)×	全システムダウン
2	×		×		(全数)×	(全数)×	全システムダウン
3				(全数)×	(全数)×	(全数)×	全システムダウン
4		×			×	×	該当エリアのシステムダウン 同一エリア
5	×		×		×	×	該当エリアのシステムダウン 同一エリア
6				×	×	×	該当エリアのシステムダウン 同一エリア

注 ×：故障を表す。

システムダウンとはならない。
表7にシステム全体のダウン及び部分的システムダウンを起こす故障の組合せ条件をまとめる。ここで、システムダウンとは、コントローラ内の自動制御・監視及び操作者によるシステムコントロールが不可能になる場合とする。

表7から明らかなように、システムダウンの発生条件は、集中管理リモコンと手元リモコンの全数が異常となる場合で、この発生頻度は通常ごく少ない。たとえ集中リモコンと手元リモコンが同一エリアで異常となっても、他のコントローラの異常が重ならなければ、部分的エリアの機能ダウンも発生せず、必ずどこかで操作・制御バックアップできるシステム構成となっている。

5. M-NET 搭載機器

現在の個別分散空調管理システムにおけるパッケージエアコン(PAC)は、PAC専用伝送方式(K伝送)による機種を中心であるが、制御範囲の拡大や工事性に対する新しい要求から、冷凍・空調分野の全般にわたる総合冷凍空調ネットワーク・システム体系“M-NET”が開発され、本体系によるM-NET搭載機器が発売され始めたので、新ネットワークシステムのコンセプト及びネットワークの特長などについて紹介する。

5.1 システムコンセプト

(1) 拡張性や柔軟性に対応できる階層化システム

将来にわたり要求される高度な制御アルゴリズムやきめ細かい制御等の多様なニーズに対応できるシステムを想定し、トップダウン設計されたシステム。

(2) 異機種機器のシステム化が容易なシステム

冷凍分野・空調分野の異機種間接続が可能で、有機的な運動運転が可能なシステム。

(3) 設計思想が統一化されたシステム

操作・表示方法から、システム設定・工事方法まで標準化、共通化されたシステム。

5.2 ネットワークコンセプト

(1) 共通化ネットワーク アーキテクチャ

伝送媒体・伝送プロトコル・伝送コマンドを共有するネットワークアーキテクチャを持つネットワーク。

(2) 高速・大容量に対応できるネットワーク

制御監視コマンドだけでなく、各部温度の監視など予防保全・故障診断などにも対応できる高速大容量伝送可能なネットワーク。

(3) 他システムとの親和性に富むネットワーク

表8. M-NET の仕様

番号	項目	仕様	
		M-NET	K制御
1	伝送スピード	9,600bps 送信数62フレーム/s	200bps 送信数1.3フレーム/s
2	伝送距離	500m	200m
3	伝送媒体	ツイストペア線(シールド線)	ツイストペア線
4	端末数(システム規模)	最大 256台	最大 50台
5	伝送制御手順	CSMA/CD	CSMA/CD
6	トポロジー	渡り配線(バス)	渡り配線(バス)
7	バス結合方式	無極性	無極性
8	データ転送量	最大16バイト	最大2バイト
9	符号形成	AMI	トーンバースト
10	バス接続方式	コンデンサ結合(専用IC)	コンデンサ結合(ハイブリッドIC)

OSI の 7 レイヤ(階層)

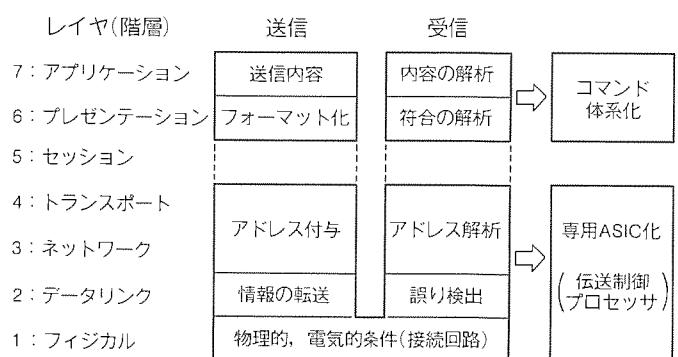


図9. M-NET モデル図

自己のシステムでの独立性と、他システム接続での親和性を兼ね備えたネットワーク。

5.3 主要仕様と技術的特長

5.3.1 主要機能

総合冷凍空調ネットワークシステムの主な仕様を現仕様(K伝送)と比較して表8に示す。伝送距離と端末台数の拡張により、システム規模の大型化に対応している。伝送スピードでは、現仕様の約40倍以上を実現しており、異機種冷凍・空調機器間の接続、他システム(ビル管理システム)との接続、及びメンテナンス・サービス機能の内蔵化で要求される大容量高速化データ伝送に対応している。また、空調機器間配線では不可欠な無極性バス型渡り配線方式を、従来の仕様と同様に採用している。

5.3.2 技術的特長

(1) ネットワーク設計開発の効率化

図9に示すように、OSIモデルの4層以下を専用LSI(ASIC)化しており、データ伝送要素部品が標準化されている。アプリケーションソフト設計では、ネットワークの複雑な伝送制御と独立して開発が可能である。また、同一部品を使用することにより、信頼性の確保やトータル開発効率の向上に効果が得られる。

(2) システム構築の柔軟性

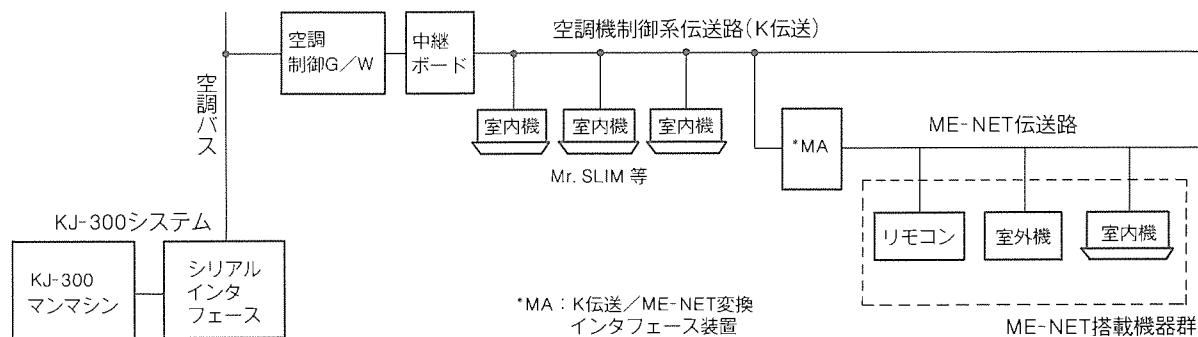


図10. M-NET 機器の取り込み

OSI モデルの 6 ~ 7 層相当レベルでは、共通のコマンド体系が構築されており、すべての冷凍空調機器が共通言語で会話されるよう準備されている。上記特長と併せてソフトレベルでの共通パーツ化も可能である。また、同一機器内の機能モジュールや異機種間での分散化開発が可能である。

5.4 今後の開発計画

図10は、現ビル空調管理システムのM-NET搭載機器の取り込みを示している。現空調システムの空調機器間伝送路には、M-NET搭載機器との整合性をとるために、インターフェース(MA)を設けて対応している。

M-NET搭載機器が、冷熱関連場所で平成2年末から発売開始され、システムを構成する機器は、M-NETのコンセプトに従った品ぞろえを始めた。今後、M-NET搭載機器の品ぞろえが進むに従い、現ビル空調システムをM-NET主体システムに移行させるよう開発を推進させる計画である。

6. 光ネットワークシステム

インテリジェントビルの増加による各システムでの配線数の激増や、設備・装置のインテリジェント化に伴うパワエレ制御技術の導入等により、伝送路環境はますます悪化している。また、システムの多様化は、システムの初期調整やメンテナンス作業を、ますます複雑化している。また、ひとたび障害が発生すると、その原因追求は困難を極める作業となっている。このビル空調システムは、前述のように階層化危険分散やM-NET伝送技術の導入により、伝送及びシステムの信頼性を十分確保しているが、今回、伝送路の電磁環境問題を根本的に解決するため、光ネットワークシステムを開発したのでその概要を紹介する。

6.1 光ネットワークの主仕様と特長

図11は、今回受注したビル空調システム構成で、各階にわたる空調システムインターフェース装置間の空調バスに、光ネットワークシステムを導入している。また、今後KJ-300システムに標準搭載していく予定である。以下、光ネットワークシステムの主仕様と機能について説明する。

6.1.1 光ネットワークシステムの主仕様と機能

この光ネットワークシステムの要素デバイスとして、電気

／光変換コネクタを開発した。この要素デバイスは、1芯(芯)光ファイバを伝送路とし、3ポートの光コネクタ端子によって最大2方向へ光伝送信号を分岐するとともに、分岐光信号を增幅する中継増幅型光双方向通信機能を持っている。この要素デバイス内では、光信号自体をバイパスする機能があるので、電気的要因に関する障害に対してもバックアップされている。3ポートの端子を利用すれば、リング型、バス型又はツリー型の接続形態が可能である。また、現状のソフトウェア及び回路面で、共用可能であるように電気／光変換コネクタの電気的インターフェースは、設計されている。

表9に光ネットワークシステムの主仕様をまとめた。現ビル空調管理システムの空調システムインターフェース装置間伝送仕様(表3)に対しては、上位互換性が保たれている。伝送路接続コネクタは、現地加工性・省工事性に優れているF06型光コネクタ(JIS準拠)を、伝送路光ファイバは省スペース性に優れている420/450 1芯HPCFを採用している。

6.1.2 特長と効果

(1) 小型・低コスト

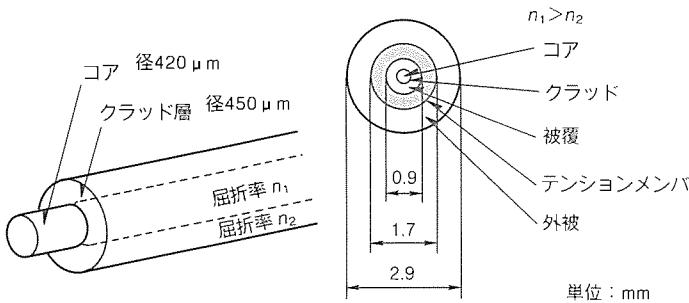
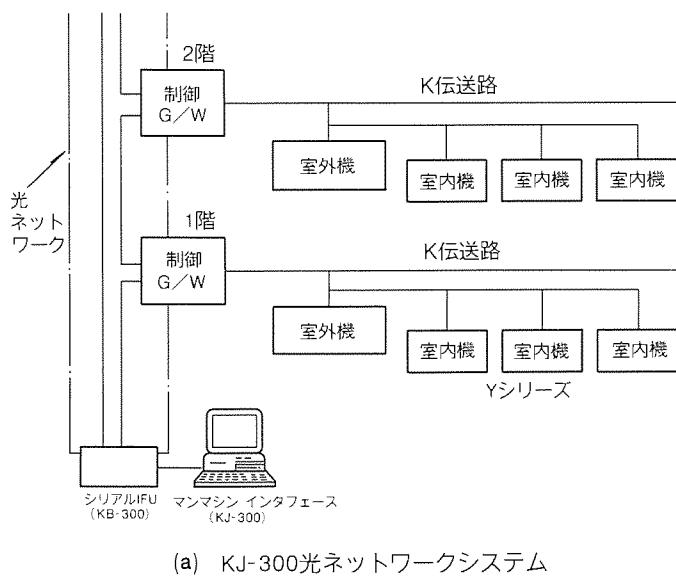
従来この種の光関連デバイスは高価であったが、電気／光変換コネクタを小型・低コスト化してこの問題を解決し、また、システムに必要なG/W数だけ、本電気／光変換コネクタを使用し、どんなシステムでも対応することができるため、システム全体もまた小型・低コストとすることができる。

(2) 高信頼性の実現

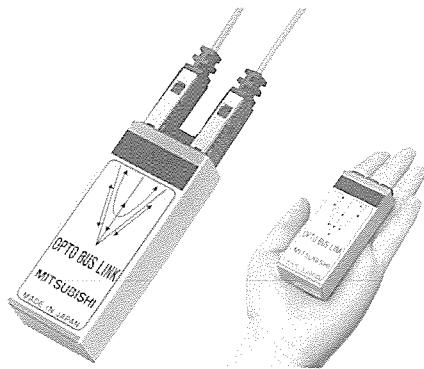
悪化の一途をたどるビル内の伝送路上の電磁障害(EMI環境)の問題を解決するとともに、電気式通信では困難であったリング型接続ができる。また、万一、伝送路上のファイバに障害が発生しても、バス型接続でも動作可能で、システムとして高信頼性を実現している。

(3) 光通信設計が不用

従来の光通信装置では、物件仕様ごとに専用の光設計を必要としていたが、この光システムではシステム仕様の範囲であれば、任意な物件仕様に対し、特別の設計を必要としない。また、電気／光変換コネクタの電気インターフェース部から空調バスをみた場合、電気通信と光通信とを区別することなく取り扱うことが可能で、現状の電気通信方式のリソースを十



(b) 伝送路光ファイバ



(c) 電気／光変換コネクタの外観

図11. 光ネットワークシステム

分活用できる。

(4) 省工事性

光コネクタは、JIS 準拠のF06型コネクタを採用しており、専用治具の併用により、現場作業性を向上させている。

表9. 光ネットワークシステムの主仕様

シス テム 仕 様	最大総伝送距離	1 km
	最大局間距離	200m
	最大接続端末台数	80台
	最大転送速度	9,600bps
	トポロジー	リング型(バス型・ツリー型)
光学 仕 様	光端子	3入出力端子 (F06型光コネクタ: JIS準拠)
	光伝送路用ファイバ	420/450 単芯HPCF
電 気 仕 様	符号化方式	NRZ方式
	物理レベル	論理 0…Vcc±5% 論理 1…0.5~0.5V
	供給電源	DC+5V±5% (単一)

注 *電気仕様とは、光ネットワークとの電気インターフェースを示す。

7. む す び

今回紹介した個別分散トータルビル空調システムは、ビルのインテリジェント化に伴い、今後ますます需要が増大すると思われる。空調システムの基本的なサービスである快適性への要求も高度化・高機能化していくだろう。このような状況の中で、自立型の個別分散システムの特質を生かし、より快適で、省エネルギー・省管理化を図った新サービス機能を開発していくなければならない。

今回新技術として、M-NET搭載機器と光ネットワークシステムを紹介したが、M-NET関連については、M-NETのコンセプトに沿って機器及びコントローラのシリーズ化を強力に推進していかねばならない。また、光ネットワークシステムに代表されるような要素開発も並列に進め、このビル空調システムを機能アップし、進化・改善していかねばならない。

また、今回は、個別分散システムを中心に紹介したが、個別分散空調システムとセントラル空調システムの融合・整合も急務であり、次回の課題としたい。

ビルの規模や要求機能の多様化から生じるシステムの複雑化や、システム構築の自由度から生じる信頼性の問題等につき、今回の開発を更に改善し展開していく計画である。

また、ビル空調の高機能化に伴うビルメンテナンスの複雑化を抑えるため、空調システムの診断ツールやモニタシステムも併せて充実させていく所存である。

ニューPプレナムタイプ パッケージエアコン

今西正美*
田頭秀明*

1. まえがき

近年、空調分野では多様化が進み、各種用途に洗練された空調機器が開発されている。その中でも汎用パッケージエアコンは、様々な空調ニーズに、フレキシブルに対応できるエアコンとして、あらゆる業種に幅広く納入されている。そのため、低騒音化、快適性、省エネ、省工事、高信頼性等が更に求められている。

また、昨今、製造業では、作業改善ニーズに伴う需要が急速に増大しつつあり、工場空調用としてますます採用されている。

このような要求にこたえるため、種々の新メリットを付加し、“ニューPプレナムタイプ パッケージエアコン”を開発したので、その概要について紹介する。

2. 開発のねらい

“ニューPプレナムタイプ パッケージエアコン”開発の着眼点は次のとおりである。

- (1) 新形ファン開発による徹底的な低騒音化
- (2) 独自の暖房サイクルデフロスト方式採用による暖房時の快適性向上
- (3) 冷媒チャージレス方式採用及び室外機の連続集中設置による信頼性向上・省工事性・省スペース化
- (4) スクロール圧縮機、高効率熱交換器（ルーバステアファン）の搭載によるEER（エネルギー消費効率）向上、力率改善、及び低外気時の暖房能力アップ
- (5) あらゆる環境にフィットするソフトデザイン
- (6) 幅広いニーズに対応する別売部品の充実

3. 特長及び仕様

以上の観点から開発したのが汎用パッケージエアコン“ニューPプレナムタイプ パッケージエアコン”であり、室内ユニット外観を図1(a)、室外ユニット外観を(b)に示す。

3.1 低騒音化

3.1.1 大型エクストラファン

ファンを低騒音化するためには、発達する速度境界層をできるだけ抑制し、羽が流れを乱す度合いを低減する必要がある。

特に周速の大きい羽根外周部における境界層の抑制が必要である。このような条件を満足するためには、①そり角の

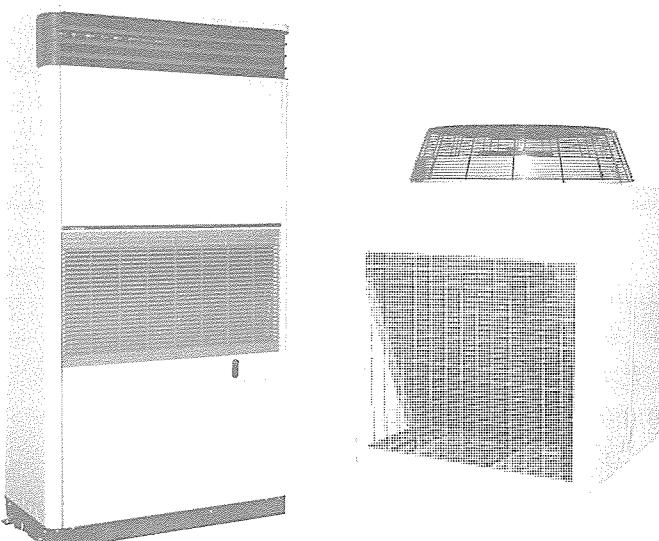
適正化、②羽回転方向への前進角の適正化、③吸込み側への前傾角の適正化、などを検討する必要がある。

従来のエクストラファンは、これらの条件を満足させるために最適化設計を実施しており、最大直径が460mmまで製品化されている。

今回開発した室外ユニットでは、従来のエクストラファンの相似設計を実施し、直径750mmの大型エクストラファンを新たに開発した(図2)。

大型エクストラファンは、材料の軽量化を図るためにプラスチックを採用したが、材料・肉厚を決定するために大型コンピュータによる応力解析を実施して最適肉厚を決定した。図3、図4に計算結果による翼部の応力分布図と変形図を示す。エクストラファンには、回転時に作用する遠心力により、図3に示すような応力分布が生ずる。応力は、ドラムの翼つけ根部（前縁側）とドラム内リブの接合部に集中しており、この部分を補強する必要があると予測できた。図4はエクストラファンの変形状態を示している。ここでは破線は静止時、実線は回転時の状態を示しており、翼先端は、回転時の遠心力の作用により、上方（吹出し側）へ曲げられている。このように計算結果による変形量を基に、特性の変化を予測することができた。

この大型エクストラファンの採用により、従来機種に比べ、平均3ホンの低騒音化を達成した。



(a) 室内ユニット PAH-8PC (b) 室外ユニット PVH-8D
図1. ニューPプレナムタイプ パッケージエアコン外観

3.1.2 室内ユニット

室内ユニットでは、低騒音・低振動のスクロール圧縮機の搭載及びファンケーシングの拡大率と、らせん形状の最適化設計による送風機の搭載により、従来機種に比べ平均3ホンの低騒音化を達成した。

3.2 暖房サイクルデフロスト方式

暖房時の快適性向上のため、“暖房サイクルデフロスト”方式を採用したので、従来方式(リバースサイクル デフロスト)の暖房時のデフロスト中に冷風が出たり、また室温が低下するというような不快感をなくすとともに、デフロスト終了後、瞬時に温風が吹き出るホットスタートが可能となり、より快適な暖房が実現できた。この暖房サイクルデフロスト方式は、図5に示す冷媒回路で構成され、圧縮機吐出側に設けた三方弁の切替えによって、暖房運転状態のままで、着霜した室外側熱交換器にホットガスを送り込み、デフロストを行う方式である。

デフロスト運転は、まず図5三方弁①の切替えによって開始し、吐出ガス冷媒は三方弁①通過後、バイパス回路②によって絞られ、室外側熱交換器③に着霜した霜を溶かすと同時に、自らの顯熱を奪われ、低温低圧のガス冷媒となっ

て、アキュムレータ④を経て圧縮機⑤に戻る。したがって、室内側熱交換器⑥には低温冷媒が流れないので、室内から熱を奪わず、冷風感を与えることもない。また、バイパス回路②には所定の抵抗値を備えた流量制御管を設置し、圧縮機⑤の吐出圧力を $2.4 \times 10^6 \sim 2.55 \times 10^6 \text{ Pa}$ [$23 \sim 25 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$] に高め、圧縮機入力を増大させ、デフロスト能力を高めている。そして、吐出圧力が異常高圧とならぬよう吐出圧力調整弁⑦で制御している。

この暖房サイクルデフロストをモリエル線図上で表すと図6のようになる。破線で示す部分が暖房運転で、実線で示す部分がデフロスト運転である。デフロスト運転時は、常に冷媒は気相状態であり液バックすることはない。

以上のような動作でデフロストを行う暖房サイクルデフロスト方式と従来のリバースサイクル デフロスト方式との室内側吹出し空気温度の比較を図7に示す。従来方式では、デフロスト時冷風を吹き出すため、電気ヒーター等によってカバーしていたが、新方式ではその必要がない。また、デフロスト運転一暖房運転を1サイクルとして、総合暖房能力を

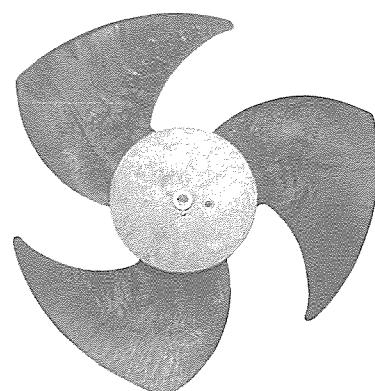


図2. エクストラファン

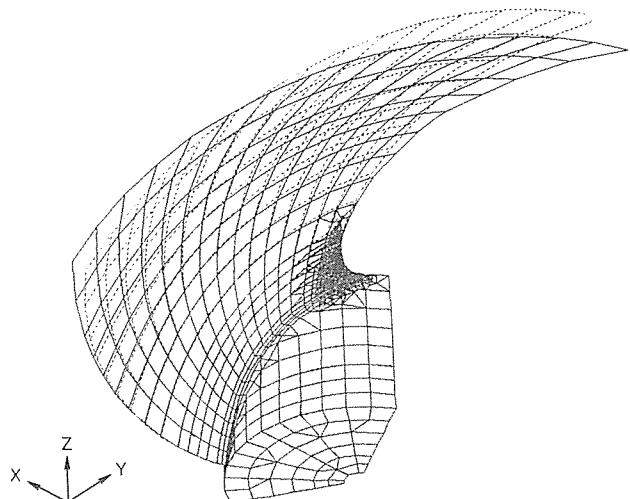


図4. エクストラファンの変形図

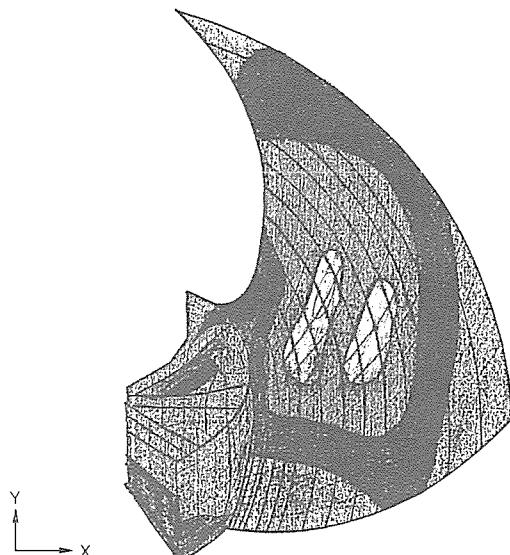


図3. エクストラファンの応力分布

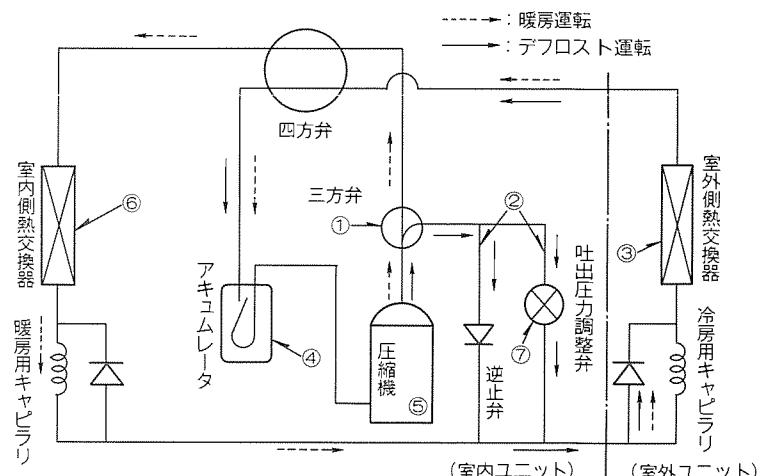


図5. 暖房サイクルデフロスト回路

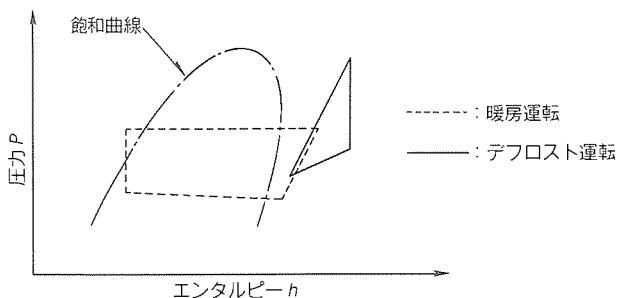


図6. 暖房サイクルのモリエル線図

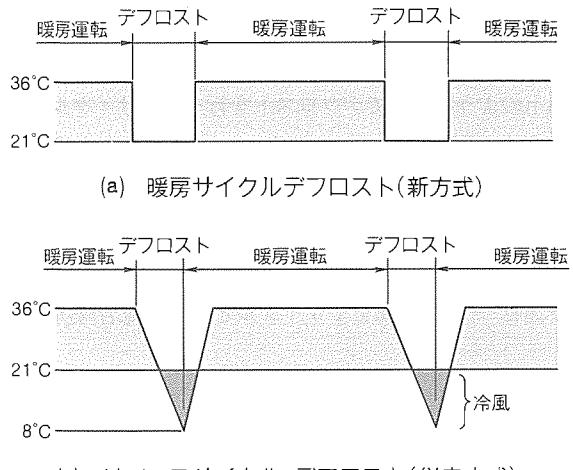


図7. デフロスト時の室内吹出し空気温度

比較すると、新方式は従来方式より約15%改善できている。

さらに、新方式を実証するために、青森県を始め全国数箇所でフィールドテストを実施したが、運転は設定機能に従つて正常であり、トラブルは皆無であった。また、冷風感がないことによる快適性についても高い評価を得た。

図8は、青森県におけるフィールドテスト実施時のデータの一部であるが、外気温度-7°Cにおいても安定した運転を行っており、デフロスト運転を行っていても室内温度は常に安定し快適性を実証するデータが得られている。

3.3 信頼性向上・省工事性・省スペース化

冷媒チャージレス方式の採用により、エアコンの設置工事における面倒な冷媒の充てん、調整の作業を一切不要にし、工事の簡略化・短時間化を図った。しかも、冷媒チャージ量の過不足によるトラブルも未然に防止することができ、工事品質も飛躍的にアップし、省工事性と同時に、信頼性をも大幅に高めた。

また、室外ユニットは、通常集中設置されるケースが多いが、図9に連続集中設置のバリエーションを示す。

今回の新モデルは、2面吸込みトップフロータイプとしたので、ユニット本体は若干サイズアップしたが、据付け必要面積は従来機種の約45%となった。さらに架台等を使用することによって背面密着連続設置も可能とし、省スペース化を図るとともに、据付け性を大幅に向上させた。

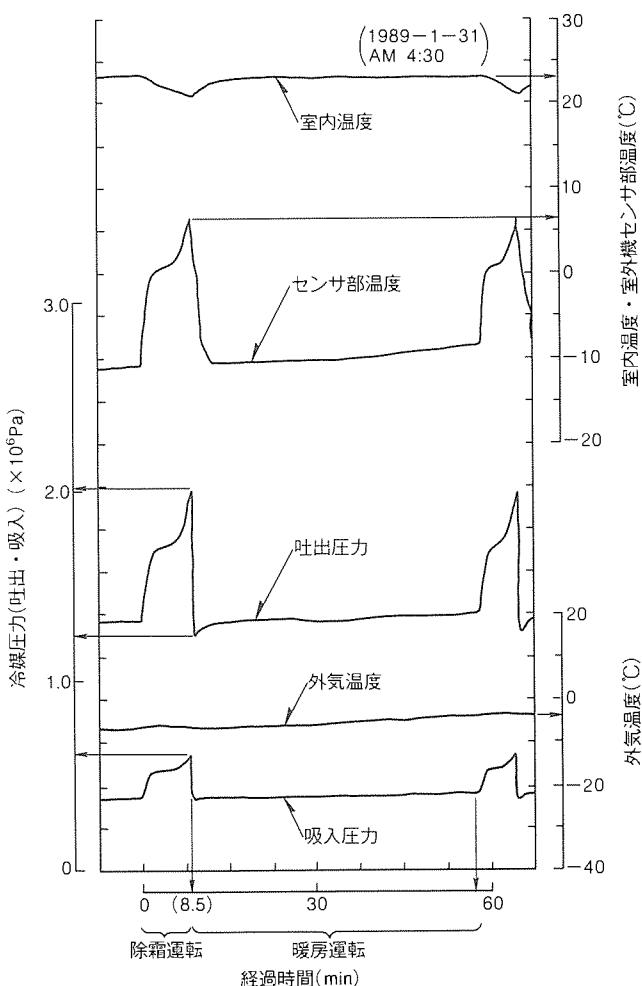


図8. 青森フィールドテスト データ

3.4 高性能化

高効率スクロール圧縮機を搭載し、かつ圧縮機性能が十分発揮できる高効率熱交換器(ルーバステアフィン)を採用し、従来機種に比べEER(エネルギー消費効率)10%アップ、力率の大幅改善を行うと同時に、低外気温時における暖房能力10%アップを達成した。

3.5 室内機のソフトデザイン

OA機器及びオフィス家具等との調和を考慮し、本体両サイドにはカーブを施し、ソフトなイメージを出すとともに、アーバンホワイト、ライトグレー系カラーで落ち着いたデザインとした(平成元年度通商産業省選定グッドデザイン商品に選ばれた。)。

3.6 別売部品の充実

多彩な空調ニーズにこたえるため、260機種に及ぶワイドなオプション機器をラインアップした。一例として、より快適な室内環境を創造する加湿器には、超音波式、高圧スプレー式、水スプレー式、蒸気スプレー式及び透湿膜式など各方式を用意した。特に透湿膜加湿器は水蒸気が自由に入り出しき、水を通さないはっ(撓)水性多孔質のプラスチックフィルム(透湿膜)を採用した。透湿膜の空孔からは、水蒸気のみが室内に供給され、カルシウムなどの水に溶け込んでい

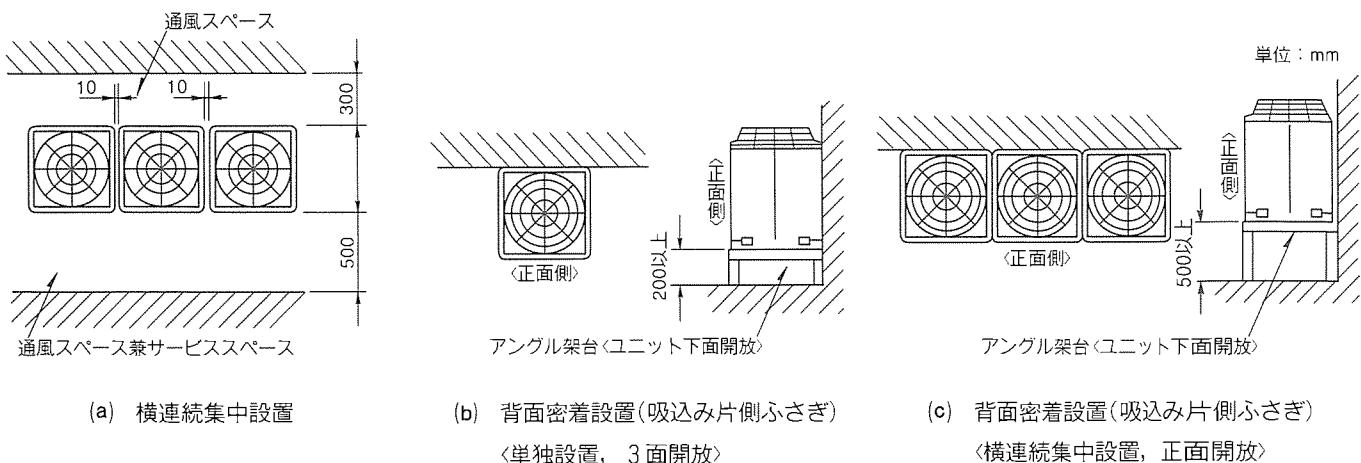


図9. 室外ユニット据付けスペース

表1. 別売品一覧

(1) 室内ユニット別売品一覧

	項 目	部品形名	直吹きタイプ		
			PA(H), PW(H)-□ PC		
			5	8	10
風路部品	外気取入口フランジ	PAC-CP○○GF	11	11	11
加熱器	蒸気ヒーター※2	PAC-CK○○SH	38	39	40
	温水ヒーター※2	PAC-CL○○WH	03	04	05
	電気ヒーター(小容量)	PAC-CK○○EH	01	02	03
	電気ヒーター(大容量)	PAC-CK○○EH	21	22	23
加湿器	超音波式加湿器※3	PAC-CM○○CH	14	14,15,16	14,15,16
	蒸気スプレー式加湿器	PAC-CL○○SS	27	27	27
	ペーパーバン	PAC-CM○○VP	04	05	05
	水スプレー式加湿器(ヘッダー1本)	PAC-CL○○WS	13	13	15
	水スプレー式加湿器(ヘッダー2本)	PAC-CL○○WS	73	73	75
	高压スプレー式加湿器(ヘッダー1本)	PAC-CL○○HPS	37	37	39
	高压スプレー式加湿器(ヘッダー2本)	PAC-CL○○HPS	97	97	99
エアフィルター類	予備フィルター(塩化ビニルハニカム織)	PAC-CQ○○YF	48	49	50
電気部品	エリミネータ	PAC-CM○○EN	27	28	29
	進相コンデンサ※1	※1	※1	※1	※1
	K制御キット	PAC-CQ○○KT	01	01	01
	簡易遠方操作セット	PAC-CQ○○RC	41	41	41
	リモートコントローラ	PAC-CP○○RC	44	44	44
	遠方操作箱	FAC-CP○○RB	42	42	42
電気制御部品	予熱排除回路部品	PAC-CQ○○YH	03	03	03
	遠方表示回路部品	PAC-CQ○○DH	11	11	11
	再起動遅延回路部品※4	PAC-CQ○○KS	06,08	06,08	06,08
	冷暖自動切替部品※5	PAC-CQ○○RG	02	02	02
その他	圧力計	PAC-CP○○PG	39	39	39
	左配管部品※4	PAC-CN○○RP	01,04	02,05	03,06
	木台	PAC-CQ○○MD	20	21	22
	サークル工具	PAC-CQ○○SK	04	04	04
	ガス検知器	PAC-CQ○○GK	05	05	05
	水圧保護開閉器※6	PAC-CP○○WP	45	45	45
	節水弁ポート取出し部品※6	PAC-CP○○RV	48	48	48

注 (1) 別売品の形名は、○○内に表中の2けたの数値を挿入しながら読み替える。

(例：PA(H)-5PC用の蒸気ヒーターの形名はPAC-CK38SHとなる。)

注 (2) 機種形名の□内に馬力数を挿入し読み替える。

注 (3) ※1の部品は組合せ方式としているのでテクニカルマニアルで形名を確認のこと。

※2の部品はヒートポンプタイプ(PAH, PWHシリーズ)には組込めない。

※3の部品は1~4種類の部品の中から選定して組込が可能。

※4の部品は、左側がヒートポンプタイプ用、右側が冷専タイプ用。

※5の部品は、ヒートポンプタイプの専用部品。

※6の部品は水冷式の専用部品。

(2) 室外ユニット別売部品一覧

項目	部品形名	機種形名					
		標準			低騒音		
		PV(H)-□D	PV(H)-□LD	PV(H)-□D	PV(H)-□LD	PV(H)-□D	PV(H)-□LD
		5	8	10	5	8	10
室外ファンコントローラ	PAC-CN○○○CR	28	29	29	31	31	31
防雪フード	PAC-CN○○○○○	PAC-336BD 36TD	35SD 36TD	35SD 36TD	35SD 36TD	37SD 38TD	
室外ドレンパン	PAC-CN○○DP	PAC-929DP	39	39	39	39	40

表2 PAH-PC形(直吹専用形)の仕様

項目	形名※2	PAH-5PC(PVH-5D)	PAH-8PC(PVH-8D)	PAH-10PC(PVH-10D)
冷房能力(kW) [kcal/h] ※1	13.0/14.5 [11,200/12,500]	18.6/20.9 [16,000/18,000]	26.0/29.1 [22,400/25,000]	
暖房能力ヒートポンプ(kW) [kcal/h] ※1	13.4/15.5 [11,500/13,300]	20.3/22.7 [17,500/19,500]	28.5/31.4 [24,500/27,000]	
電源		三相 200V 50/60Hz		
電気特性	消費電力(kW)	冷房 4.34/5.44 暖房 3.94/5.06	6.25/7.83 5.79/7.40	8.53/10.5 8.08/10.3
	全電流(A)	冷房 14.4/16.8 暖房 13.3/15.5	21.3/24.4 20.8/23.1	28.9/33.7 28.5/33.1
	力率(%)	冷房 87/93 暖房 86/94	85/93 80/92	85/90 82/90
	始動電流(A)	105/90	145/125	210/185
圧縮機出力(kW)	3.2	5.5	7.5	
1日の冷凍能力(法定トン)	1.54/1.81	2.39/2.80	3.39/3.97	
送風機出力(kW)	内 0.25	0.32	0.35	
	外 0.085×2	0.45	0.555	
風量(m³/min)	内 Hi43-Lo38	Hi60-Lo50	Hi80-Lo65	
	外 100	170/180	170/180	
標準機外静風圧(Pa)	0	0	0	
外形寸法(mm)	(内)高さ×幅×奥行 1,850×760×485	1,850×980×485	1,850×1,200×485	
	分割できる高さ —	—	—	
	(外)高さ×幅×奥行 1,258×970×345	1,337×970×960	1,337×970×960	
外装(室内ユニット)	マンセル3.4Y 7.7/0.8<アーバンホワイト>			
外装(室外ユニット)	マンセル5Y 8/1			
製品質量(kg)	内 160	190	230	
	外 60	90	100	

注 ※1 の標準能力は JIS B 8615<冷房時室内側吸込空気温度27°CDB, 19.5°CWB, 室外側吸込空気温度35°CDB, 24°CWB, 暖房時室内側吸込空気温度21°CDB, 室外側空気温度7°CDB, 6°CWB>に準じて運転した場合の値を示す。

※2 形名欄の()は室外ユニットの形名

る他の成分は供給されない。このため白粉の飛散等がなく、OA機器や電子機器に障害を発生させないクリーンな加湿を実現した。

工場又はビル等でエアコンを一括して制御したい場合、ビル用エアコンとの組合せ制御をしたい場合には、K制御(無極性多重伝送方式)キットを用意し、液晶リモコン、集中管理リモコンと併用することで、最大50台までの複数ユニットを同時運転、同時コントロールを可能とした。このK制御キットには、各ユニットに室温の計測機能を持つほか、室温設定や運転モード選択などのデータを伝送情報として持っている。したがって、これらの情報を他の設備の運転や管理に使用したり、逆に他の情報を加えてコンピュータから空調設備側にフィードバックされることにより、温度設定やモード選択なども可能となり、工場又はビル全体のシステム制御が

実現できた。

さらに、工場等で中間期、冬期に発熱があり、冷房を実施したい場合には低外気冷房用ファンコントローラを用意した。低外気冷房用ファンコントローラは、サーミスタによって凝縮温度を検知し、凝縮温度を一定に保つため平均電圧を変化させて室外ファンモータの回転数をコントロールする。したがって、外気-5°Cまで冷房運転が可能で、冷房運転期間を長くする需要に対応することができた。

また、ベンシルビル又は近隣騒音の問題で室外ユニットを離れた場所に設置しなければならない場合、受注対応として超延長配管仕様(実長70m、高低差40m)を用意した。室内ユニットにオイルセパレータを設置し、圧縮機から冷媒とともに持ち出される冷凍機油を回収して圧縮機に返すことによって圧縮機の潤滑不良を防止することができた(表1)。

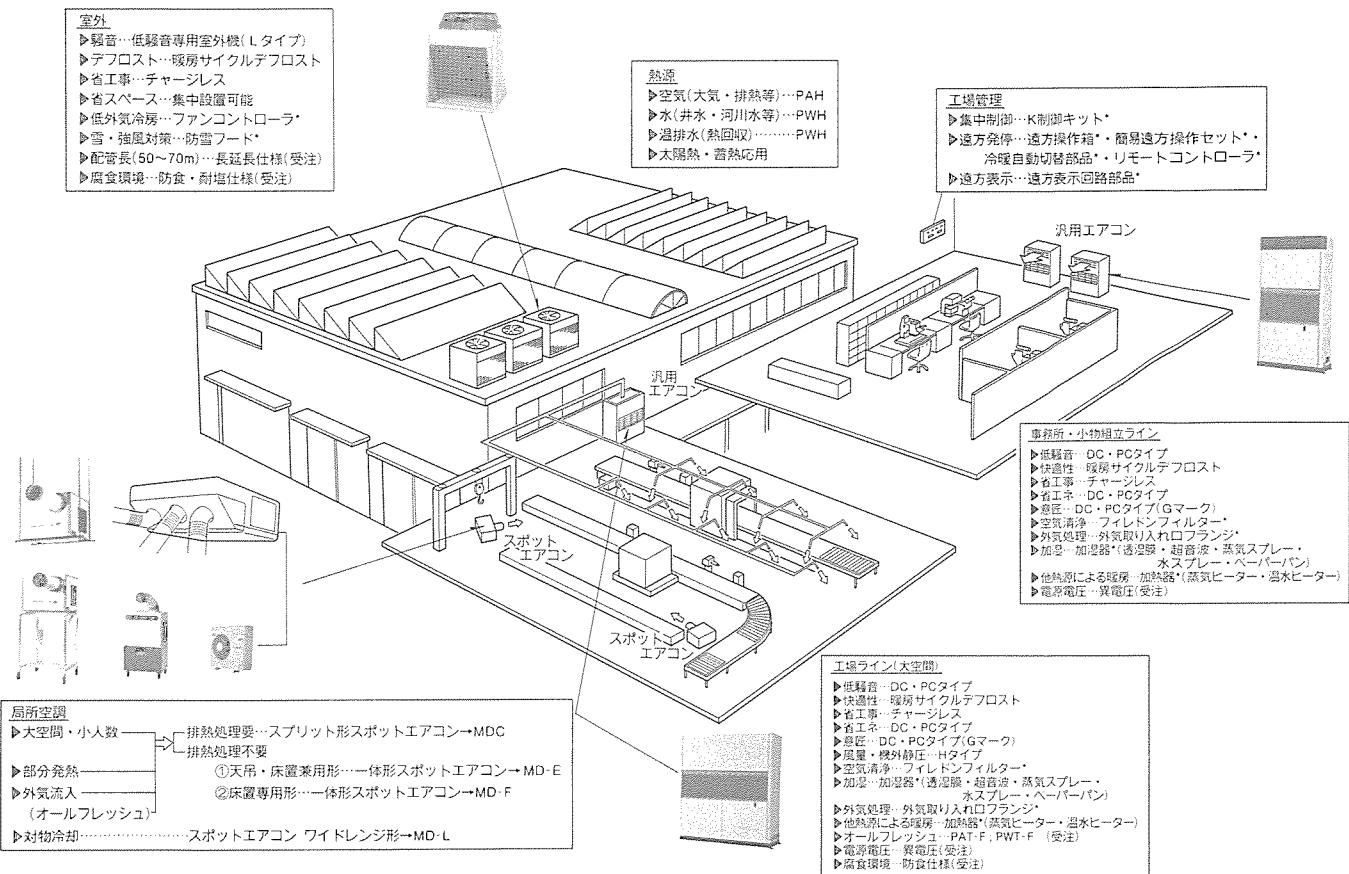


図10. 工場空調システム

3.7 仕 様

製品の概略仕様を表2(空気熱源ヒートポンプ プレナムタイプ)に示す。

4. 工場空調への展開

昨今、製造業における生産現場、工場設備に対し、その環境を整える作業環境改善ニーズが急速に増大しつつあり、工場空調用としての訴求ポイントは、もちろん設備コストが安いこと、工期が短く、工事が簡単なこと、メンテナンスが容易なこと等があげられる。

更に、モデルとして図10の工場空調システム図に示すと

おり、種々の要求機能が必要である。今回開発した“ニューPプレナムタイプパッケージエアコン”では種々の要求に対し、別売部品も含め幅広く、フレキシブルに対応できるようにした。

5. む す び

今回開発した汎用パッケージエアコン“ニューPプレナムタイプパッケージエアコン”的特長及び仕様について述べたが、今後更に多様化する空調ニーズを的確にとらえ、新製品開発に努力する所存である。

大型シングルスクリュー圧縮機搭載チラー

橋本公秀* 杉山邦生*
辻 清春* 山田一男*

1. まえがき

近年，“オゾン層破壊”を始め“温室効果”や“酸性雨”等の地球環境破壊問題が、国際的課題としてクローズアップされている。これらの問題は、水資源及び化石燃料の枯渇問題と合わせ、我々人類の英知を結集して早急に解決しなければならないテーマである。オゾン層破壊に関しては、そのメカニズムの解明とともに、代替フロンの研究開発が進められている。こうしたなか、我が国でも昭和63年5月に国際環境計画(UNEP)でのモントリオール議定書の採択を受けて、“特定物質規制等によるオゾン層の保護に関する法律”が公布・施行され、平成元年7月から特定フロンの規制が開始された。さらに、平成2年6月に行われたロンドン会議において、フロンの削減計画は加速され、西暦2000年には特定フロンを全廃する計画となっている。

一方、大都市を中心として油と電気のベストミックスによる地域冷暖房熱供給事業の伸長が加速されており、ウォーターフロント等の都市再開発が各地で行われ、大型(大容量)熱源機の需要は増加している。また、食品産業や化学工業に代表される産業支援としての熱源機に対する要求も、高精度な温度制御や利用温度範囲の拡大が求められている。そしてエネルギーの有効活用の観点からは、河川水、工業用水、海水、下水処理水、清掃工場などから排熱される100°C未満の排熱のうち、とりわけ活用できていない50°C未満の未利用エネルギーの活用が求められている。

本稿では、以上に述べたような地球環境問題に対応するとともに、大型熱源機に対する種々の要求にこたえるべく開発された大型半密閉シングルスクリュー圧縮機搭載チラーの概要を、当社独特のリキッド インジェクション方式のシング

ルスクリュー圧縮機と合わせて述べる。

2. 大型スクリュー圧縮機

今回開発したリキッド インジェクション方式の大型半密閉シングルスクリュー圧縮機について、その概要及び特徴を述べる。

大型圧縮機分野では、冷媒規制のためターボ圧縮機に代わるものとしてスクリュー圧縮機が注目されている。従来、大型スクリュー圧縮機はターボ圧縮機が使用できない一部の分野(例えば、高圧縮比用)に適用されるケースが多くあったが、ターボ圧縮機の分野でもそれと同等の性能を求められるようになった。

2.1 シングルスクリュー圧縮機の圧縮原理

シングルスクリュー圧縮機の圧縮原理を図1を用いて説明する。

(1) 吸込行程

スクリューロータはケーシングで囲まれており、180°対称に2枚のゲートロータがかみ合っている。スクリューロータが回転するとスクリューロータ歯溝は容積が広がり、冷媒ガスがスクリューロータ歯溝に吸入される。

(2) 圧縮行程

スクリューロータの回転が進み、歯溝容積が最大になったところでゲートロータがかみ合い、歯溝ガスはケーシングとゲートロータによって閉じ込められる。さらに、回転が進むと歯溝容積が小さくなりガスが圧縮される。

(3) 吐出行程

回転が進み圧縮が完了すると同時に、吐出ポートが歯溝に通じガスは吐出される。歯溝容積がゼロになるまで吐出は継続される。

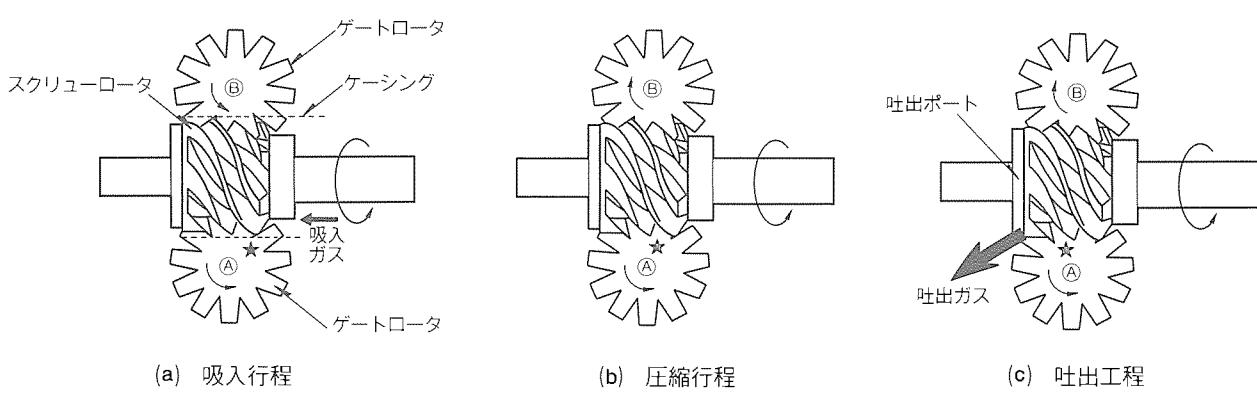


図1. 圧縮原理

この圧縮は、 180° 対称の2枚のゲートロータによって各々同時に行われる。

2.2 シングルスクリュー圧縮機の特徴

リキッド インジェクション方式半密閉シングルスクリュー圧縮機は、回転式固有の種々の特徴のほかに、従来形スクリュー圧縮機に比べて更に高効率、高信頼性、高耐久性、低振動、コンパクト等の優れた特徴を備えている。

(1) リキッド インジェクション方式

スクリュー圧縮機は、各部のすき間からの圧縮ガスの漏れ防止や圧縮機構の潤滑のために、歯溝に多量の油をインジェクションしていた。これをオイル インジェクションと称している。リキッド インジェクションは、オイルをインジェクションする代わりに、凝縮器で液化した冷媒液(リキッド)を歯溝にインジェクションし、潤滑とシールを行う方式である。吐出ガス中に多量の油が混入しない方式なので、オイルセパレータ、オイルクーラー、オイルポンプ等の付帯設備が一切不要になる(図2参照)。

また、歯溝にインジェクションされたリキッドは、その一部が歯溝内で蒸発して圧縮ガスの冷却を行うので加熱運転ではなく、圧縮機焼付きや油・冷媒の熱分解・劣化などのトラブルを解消し、信頼性を向上させることができる。

(2) バランス圧縮

左右のゲートロータで仕切られたスクリューロータ歯溝の圧縮ガスによる半径方向荷重は、完全にバランスしている。また、スクリューロータ両端面を吸入圧力に均圧させることができるために、スクリューロータの軸方向荷重も作用しない。このように、シングルスクリュー圧縮機は、本質的に軸受などの長寿命設計が可能な優れた圧縮機である(図3参照)。

(3) 連続容量制御

スライドバルブを使った吸入ガスバイパス方式により、無段階の容量制御を行うことができる。また、スライドバルブの駆動は高压の凝縮液を利用しておらず、オイルポンプ等の補機がなく取扱いが容易で信頼性の高いものとなっている。

(4) 半密閉構造

このクラスで業界初の半密閉構造を採用しているので、コ

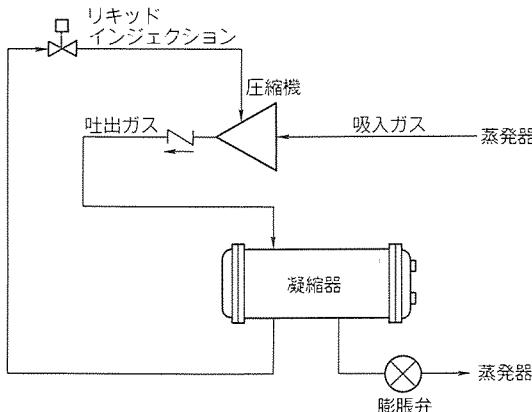


図2. リキッド インジェクション方式

ンパクト・軽量になるとともに軸シールがなくガス漏れの心配がなくなっている。電動機には個別の軸受を設けることにより、オーバハンジ構造では実現できない低振動を達成した。

また、電動機は低圧から高圧(6kV級)まで対応できる。

(5) 高耐久性

シングルスクリュー圧縮機の耐久性は、大略ころがり軸受の寿命とゲートロータのしゅう(摺)動摩擦によって規定される。シングルスクリュー圧縮機は、バランス圧縮によって軸受荷重は極めて小さく、軸受の長寿命設計が可能である。また、ゲートロータには耐摩耗性・摺動性に優れ、高強度のスーパーエンジニアリング プラスチックを採用している。この結果、圧縮機のオーバホール インタバブルは40,000hと、ツインスクリュー圧縮機に比べて圧倒的に長くなり、メンテナンスコストの低減が可能になった。

2.3 大型圧縮機の技術課題と対策

シングルスクリュー圧縮機は、本質的に高信頼性と高耐久性に優れた圧縮機であるが、ターボ領域まで大型化して半密閉形を実現するには、幾つかの技術課題を解決する必要があった。次にその例を紹介する。

(1) モータ冷却

従来小型機では、モータ冷却はサクションガスによる冷却方式を採用してきたが、モータで加熱されたサクションガスは比容積が増大するので冷凍効果を低下させる欠点があり、大型化に伴いその損失は無視できないものとなる。そこで、従来からターボ冷凍機で採用されている凝縮液冷媒による直接冷却方式を採用することとし、活性度の高い冷媒R-22に耐える絶縁材の開発を行った。また、液冷媒に巻線が浸ると絶縁材の寿命が低下するため、巻線が液冷媒に浸らないモータ冷却方式を開発し、採用した。

(2) 低騒音化

圧縮機が大型化すると騒音の放散面積が増大する。したがって、小型機以上に騒音対策に気を付ける必要がある。シングルスクリュー圧縮機の騒音は吐出圧力脈動に起因していることから、この脈動を低減するために、球形の吐出マフラを設け、吐出圧力脈動を低減することで騒音の低減を図った。

(3) 容量制御特性

ターボ冷凍機との同等の容量制御特性を実現するために、

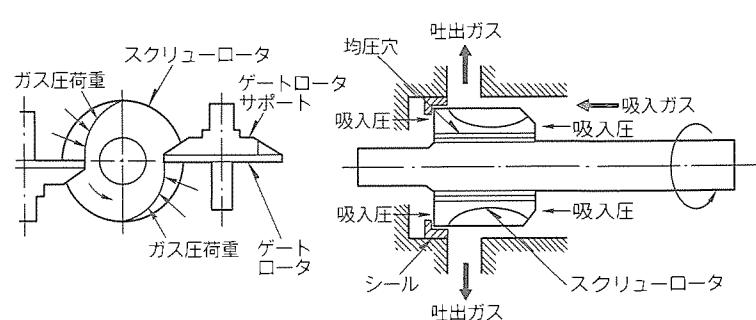
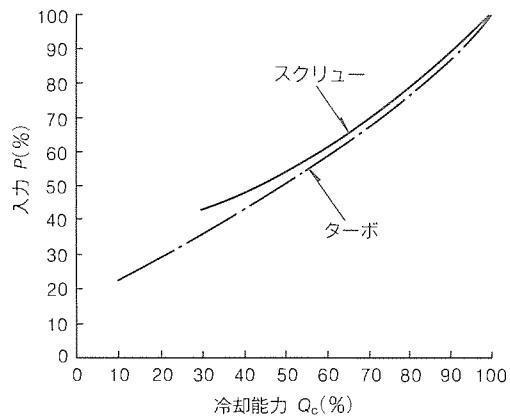


図3. バランス圧縮

最適なスライドバルブの開発が重要な課題であった。まず、スライドバルブは内部容積比を低く設定し、低圧縮比で最高の効率を發揮するようにしたこと、容量制御特性向上にはバイパス圧損を低減するためバイパスポートを大きく開口させる必要があった。また、容量制御とともに吐出面積が減少し、吐出圧損が増大するというスクリュー圧縮機の宿命を打開するため、吐出口の形状設計に工夫を凝らし、吐出圧損の急激な増大を防止した。こうした改善によって、ターボ冷凍機と同等の容量制御特性を実現した(当社比)(図4)。

(4) 高効率

容量制御特性を含めてターボ冷凍機と同等以上の性能を実現することをターゲットに開発した大型スクリュー圧縮機は、低圧縮比領域でもスライドバルブの最適設計と徹底した吸入・吐出圧損の低減を行うことにより、ターボ冷凍機とそん



- (1) 冷水出口温度 : 7°C 一定
 (2) 冷却水入口温度 : 32°C 100% 運転時
 10% アンロードにつき、入口温度 0.5deg.C 降下

図4. 容量制御特性

(遙) 色のない高効率を達成した(図5)。

(5) 高信頼性

高効率達成の最大の課題は、漏れすき間の低減である。主要すき間であるスクリューロータ外周とケーシングのすき間を低減すると性能は向上するが、スクリューロータとケーシングが接触するなど信頼性を低下させることにつながるのでその対策が必要となった。今回、スクリューロータにアブレイダブルコーディングを施すことによって漏れすき間を大幅に低減し、性能の向上とスクリューロータとケーシングの接触・焼き付き防止を同時に実現することができた。

2.4 大型スクリュー圧縮機の構造

大型スクリュー圧縮機の構造を図6に示す。

3. 大型スクリュー搭載チーリングユニット

前章で述べたリキッドインジェクション方式の半密閉シングルスクリュー圧縮機を搭載した大型スクリューチーリング

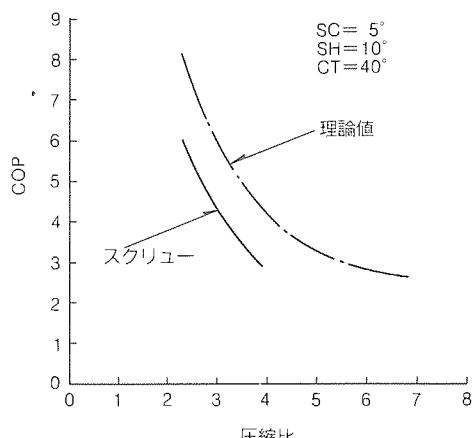


図5. 高効率(COP)

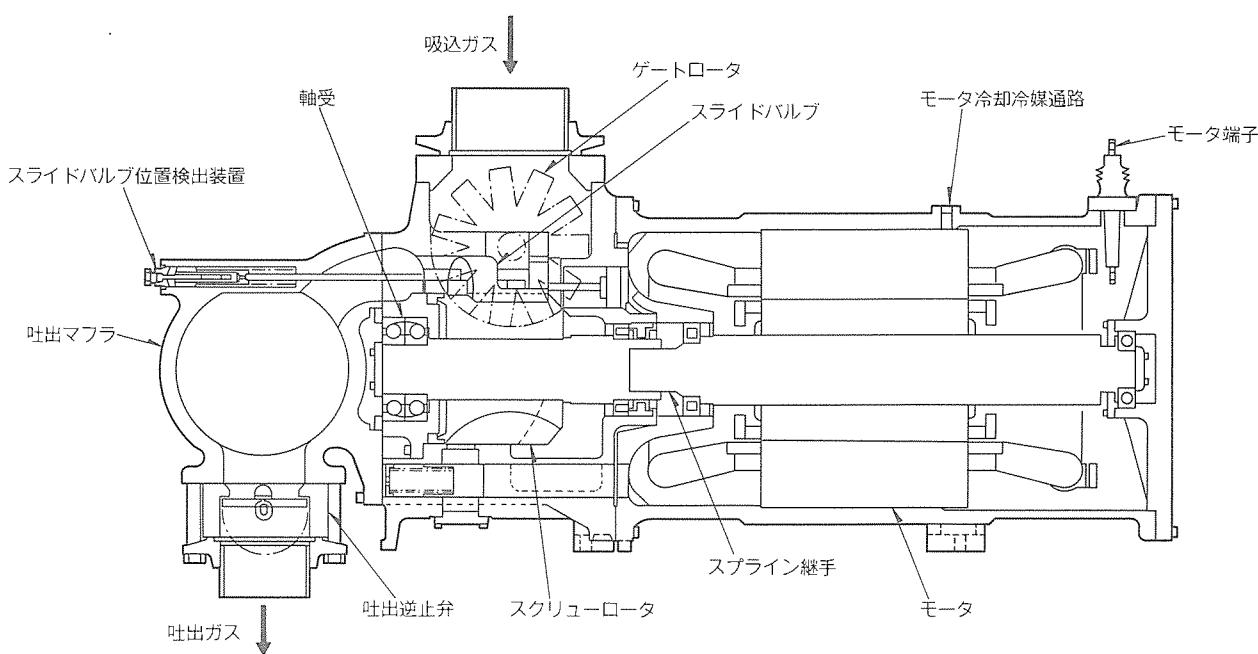


図6. 大型半密閉シングルスクリュー圧縮機

ユニットを開発して製品シリーズ化した。シリーズ化に当たっては、ターボ代替機としての性能(容量、成績係数)面と価格面を考慮して、50Hz/60Hzそれぞれの電源周波数ごとに、“標準シリーズ”と“省エネシリーズ”を設けた。標準シリーズの成績係数は、0.82~0.78kW/USRT、省エネシリーズの成績係数は0.73~0.68kW/USRTで、従来のターボ冷凍機と成績係数は同レベルとしているが、従来のターボ冷凍機やオイルインジェクション方式の開放形スクリュー チリングユニットと比べて、優れた特長があるので以下に紹介する。

3.1 機器構成及び外観

構成機器として、圧縮機はリキッド インジェクション方式の半密閉シングルスクリュー圧縮機、凝縮器及び蒸発器は満液式のシェルアンドチューブ形熱交換器、冷媒流量制御は高圧フロート式の膨脹弁を採用した。“省エネシリーズ”の熱交換器には、高性能の伝熱管を使用して成績係数の向上を図っている。熱交換器は圧縮機の50Hz/60Hzの性能が異なることから、成績係数を同一レベルに合わせるよう熱交換器を50Hz用、60Hz用として個別に設計した。以上のように構成された大型スクリュー チリングユニットの外観を図7に示す(写真は省エネ形CSW-4106EA)。

3.2 特長

(1) 冷媒(R-22使用、特定フロン指定外の冷媒)

従来のターボ冷凍機は、特定フロンに指定されている低圧冷媒のR-11、R-12が使用されてきた。代替フロンが現在検討されているが、性能的には約10%の減少、電動機巻線の耐電圧の信頼性確立(半密閉形の場合には、電動機巻線が冷媒と接するため)、代替フロンは生産量が現状では少ないため高価格となる等の問題がある。大型スクリュー チリングユニットは、従来から使用されてかつ特定フロン指定外の冷媒R-22を使用している。

(2) 高信頼性、高耐久性

2章で述べた圧縮機としての優れた特長により、過熱運転による油・冷媒の熱分解や熱劣化などのトラブルを解消した(リキッド インジェクション方式により、吐出温度は凝縮温度相当の温度となる)。また、バランス圧縮するため軸受の

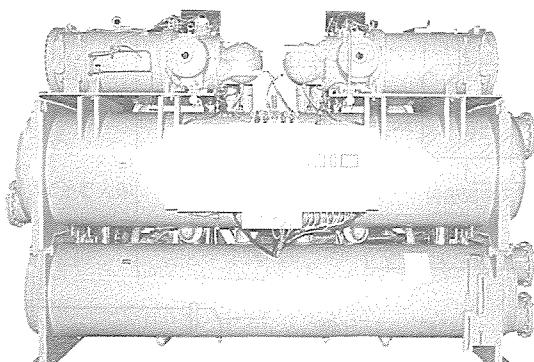


図7. 水冷チリングユニットの外観(CSW-10006EA)

寿命が延長し、圧縮機のオーバホール インタバールは4万時間を目指している。

(3) 広い運転範囲

リキッド インジェクション方式の半密閉シングルスクリュー圧縮機を搭載したことにより、吐出温度が凝縮圧力相当の飽和温度であるため、高温水取り出し(温水60°C取り出し)も可能であり、従来方式と比べて幅広い運転領域を持っている。

(4) 低振動、低騒音

シングルスクリュー圧縮機は回転圧縮機方式であり、スクリューロータ1回転当たり6回の吐出を行うので、吐出ガスの脈動も小さく、低振動である。また、ゲートロータとスクリューロータは非金属接触であるため、高周波音(2kHz以上)がカットされた運転音である。

(5) 連続容量制御

圧縮機は、サクションガスバイパス方式の無段階容量制御機構を標準で内蔵している。温度制御は、出口水温を検知して負荷に応じた連続容量制御運転(100~20%)を自動的に行い、出口水温を一定温度に制御する。

(6) 高圧電源(3kV, 6kV仕様)

半密閉形の電動機巻線は、常時、冷媒と接するため耐冷媒用の特殊ワニス処理が施されている。高電圧仕様(3kV, 6kV)の場合には高度の絶縁技術を要するので、電動機を圧縮機から分離して冷媒と接しないようにしていける開放形圧縮機での対応が一般的に行われている。

開放形圧縮機の場合には、圧縮機と電動機のシャフトシールからの冷媒漏れと毎年の保守点検管理が問題となる。大型スクリュー チリングユニットの圧縮機は、半密閉形で前述の心配はない。電圧の標準仕様は3kVで、6kV, 400Vはオプション対応と幅広い電源仕様に対応することができる。

3.3 要素技術

3.3.1 コンパクト化技術

ユニットの大きさを決定する要素は、圧縮機を除くと熱交換器と冷媒及び油の配管系統である。この項ではこの中から、満液式蒸発器の大きさを最小にするために行った内容とリキッド インジェクション方式の圧縮機の特性を生かした給油システムについて述べる。

(1) 満液式蒸発器の液面均一化

水冷のチリングユニットでは、従来のターボ冷凍機と同様に省エネを追求するに当たり、蒸発器の形態としてはシェルアンドチューブ式の満液式熱交換器を採用している。満液式の熱交換器とは、チューブ内部を冷水が流れ、チューブ周囲の冷媒によって水が冷却される方式の熱交換器である。

今回開発した大型機では、その冷却管の本数は多いものでは1,000本近くとなり、また冷却管の長さも4mある。このように大きな熱交換器では、多数ある冷却管をいかに無駄なく有効に熱交換に寄与させることができるか否かが重要であ

り、その寄与率の大小がそのまま、熱交換器の大きさを左右することになる。

熱交換器内の冷却管の熱交換の寄与率は、いかに多くの本数が冷媒液に浸せき(漬)しているかによる。そして4mもの長い熱交換器になると、熱交換器の長手方向の冷媒液面の均一さが重要なファクターとなる。すなわち、図8(a)に示すように、長手方向1箇所に冷媒ガス出口を設けた場合、ガス出口に近い部分の液面が高くなり、その両サイドにある冷却管は、冷媒ガス霧囲気にあるため熱交換率は低下する。すなわち、冷却管すべてが有効に利用されていない。

そこで、このユニットでは、同図(b)に示したように、蒸発器内部のガス出口までの流路抵抗を長手方向に変化させ、液面を極力均一化させる設計とした。このような設計をすることにより、圧縮機に吸い込まれる冷媒ガスの過熱度は小さくなり、過熱度として1~2deg Kの運転となる。これが可能であるのも搭載している圧縮機が液パックに強いリキッドインジェクション方式のスクリュー圧縮機であることが重要な意味をもっている。

(2) シンプルな給油システム

従来、スクリュー圧縮機は各部のすき間からの圧縮ガスの漏れ防止や圧縮機構の潤滑のために、圧縮行程中のスクリューロータの歯溝に多量の油をインジェクションする必要があった。そのため、その圧縮機から吐出される冷媒と油の混合されたガスから、油を分離及び冷却し、再び圧縮機へ給油する系統が必要であり、ユニットの吐出配管系に大きな内容積をもつオイルセパレータ及びオイルクーラーが必要である。このオイルセパレータとオイルクーラーがユニットの大きさに占める割合はかなり大きいものである。

これに対し、リキッドインジェクション方式のスクリュー圧縮機では、圧縮ガスの漏れ防止を高圧の冷媒液で行っているので、圧縮機には軸受部の潤滑に必要な油量だけでよく、オイルインジェクション方式に比べ格段に少ない量である(圧縮機1台当たりの消費量は1分間に10~20ml前後である。)。

そのため、水冷式のチーリングユニットでは、満液式の蒸発器内の冷媒の一部を取り出し、その冷媒に含まれている油を加熱精製し、軸受部へ必要量を給油するというシンプルなシステムを採用している。これにより、オイルインジェクション方式の圧縮機を搭載したユニットに比べ非常にコンパクトとなり、

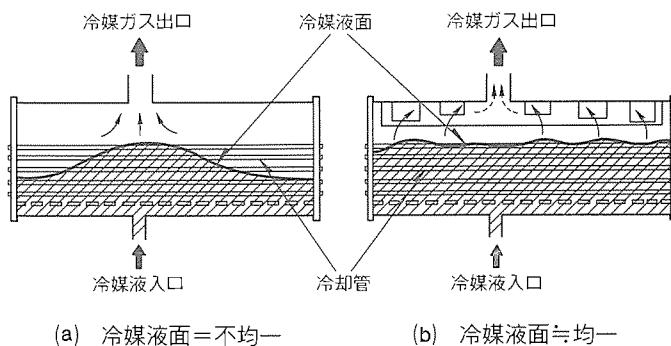
従来、コンパクト性で評価の高かった当社のフロン12を用いたターボ冷凍機と同等の据付け面積で済むスクリューチラーを実現できた。

3.3.2 エコノマイザサイクル

エコノマイザサイクルを、冷凍・空調装置に適用することはよく知られている。特に圧縮比が高いほど、その効果は大きい。近年、省資源・エネルギーの有効利用の観点から、空冷式及びヒートポンプ方式が増加しており、これら的方式にはエコノマイザサイクルが非常に有効である。

一般にエコノマイザサイクルとしては、次の2種類が知られている。一つは、図9に示す高圧冷媒液を第一膨脹弁で中間圧まで膨脹させ、タンクで気液を分離し、この分離した液を再び第2膨脹弁で低圧まで膨脹させ、蒸発器へ送り込むフラッシュタンク方式である。この場合、中間圧で分離されたガスは、圧縮過程中的スクリュー歯溝内へ導かれる。もう一つは、図10に示す高圧液の一部を取り出し膨脹弁で蒸発されることにより、シェル&チューブ式熱交換器で過冷却を行うサブクーラー方式である。この場合も、蒸発した冷媒ガスはスクリュー歯溝内へ導かれる。

性能的には、フラッシュタンク方式の方が、凝縮温度



(a) 冷媒液面=不均一 (b) 冷媒液面=均一

図8. 冷媒液面高さと有効伝熱面積

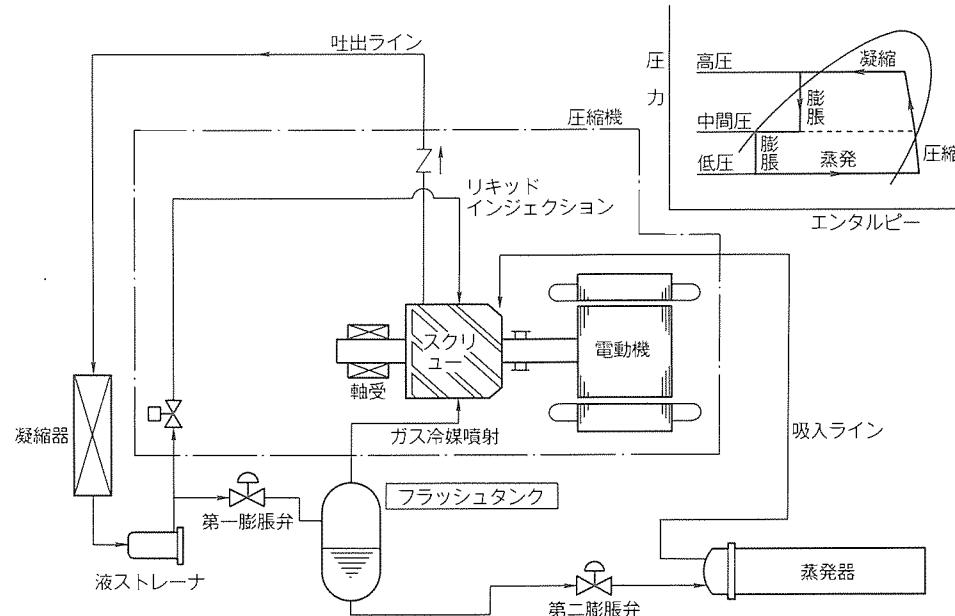


図9. フラッシュタンク方式

331.15K, 蒸発温度 273.15K (圧縮比 5) で約 6 % 優れるが、どちらの方式を採用するかは装置の構成により異なる。例えば、セパレートタイプの空冷ヒートポンプで膨脹弁が屋内機側にある場合は、二相冷媒を均一に分配させるための屋外機側の絞り抵抗による圧損、屋内機と屋外機を接続する配管内の圧損等を考慮することが必要なため、フラッシュタンク方式では、中間圧から膨脹弁を介して冷媒を流すための差圧が十分取れないケースが出てくる。このような場合は、高压液冷媒から冷媒を蒸発させるサブクーラー方式の採用が望ましい。

なお、参考までに 320kW クラスの水冷式ヒートポンプチラーでフラッシュタンクを用いて試験した結果と使用したフラッシュタンクの構造を図11、図12 に示す。このタンクの採用により、設計のねらいどおりの結果が得られたことが分かる。

3.4 製品シリーズと応用製品

大型スクリュー搭載チリングユニットの製品シリーズ容量としては、50Hz 標準形 140~750USRT の 12 機種、省エネ形 150~840USRT の 12 機種、60Hz 標準形 165~900USRT の 12 機種、省エネ形 185~1,010USRT の 12 機種と従来のターボ代替機としての容量をそろえた。

応用製品として、以下幾つかを紹介する。

(1) ブラインクーラー BCL 形 (水冷式)

ブライン温度として +5~+15°C の温度領域をねらった大型スクリュー ブラインクーラーを製品化した。120~640 kW (160~860HP相当品)、50Hz で 12 機種、60Hz で 12 機種で、当社の現行ブラインクーラーの最大出力は 300 kW (400HP相当品) までであったのが、今回、640 kW の大容量まで対応できるようになった。化学工業、食品工業、スケートリンク等の大型プラント用途として需要が見込まれる。

(2) アイシーチラー ISW 形 (水冷式)

低温水温度として +1~+2°C の温度領域をねらった大型スク

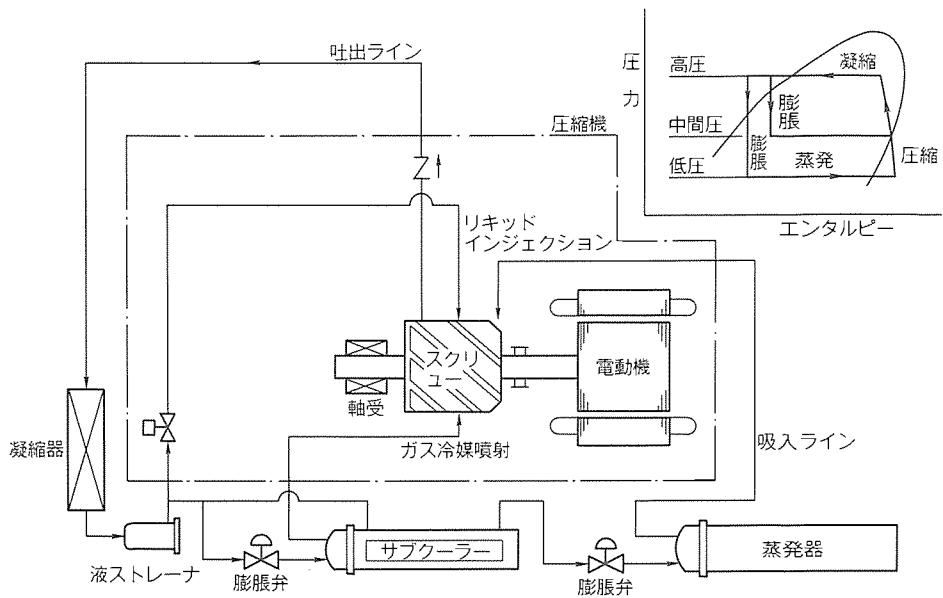


図10. サブクーラー方式

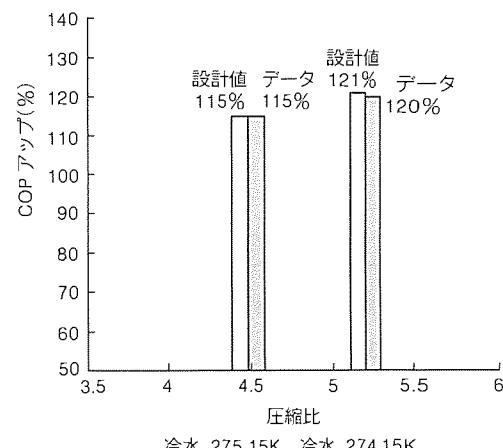


図11. フラッシュタンクによる COP アップ率
(設計値[予測性能]とテストデータの比較)

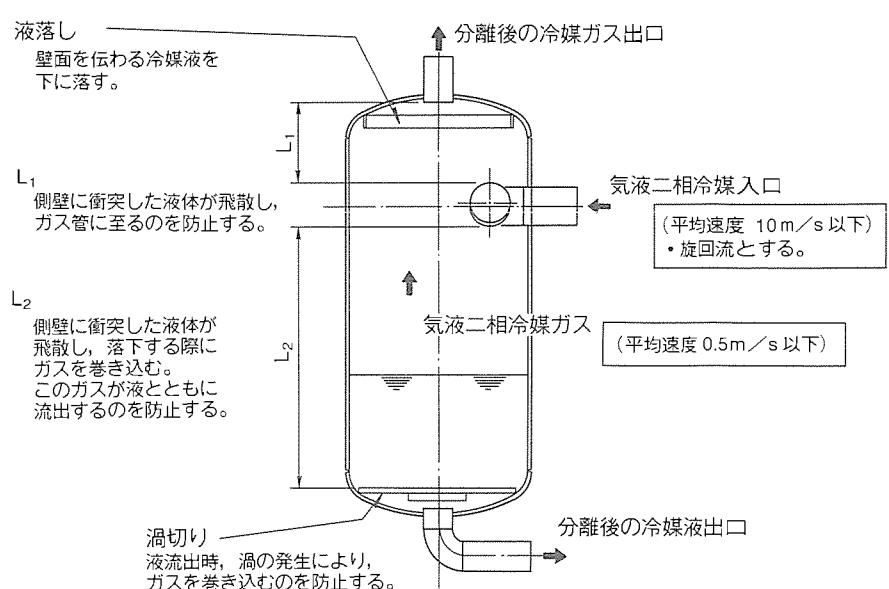
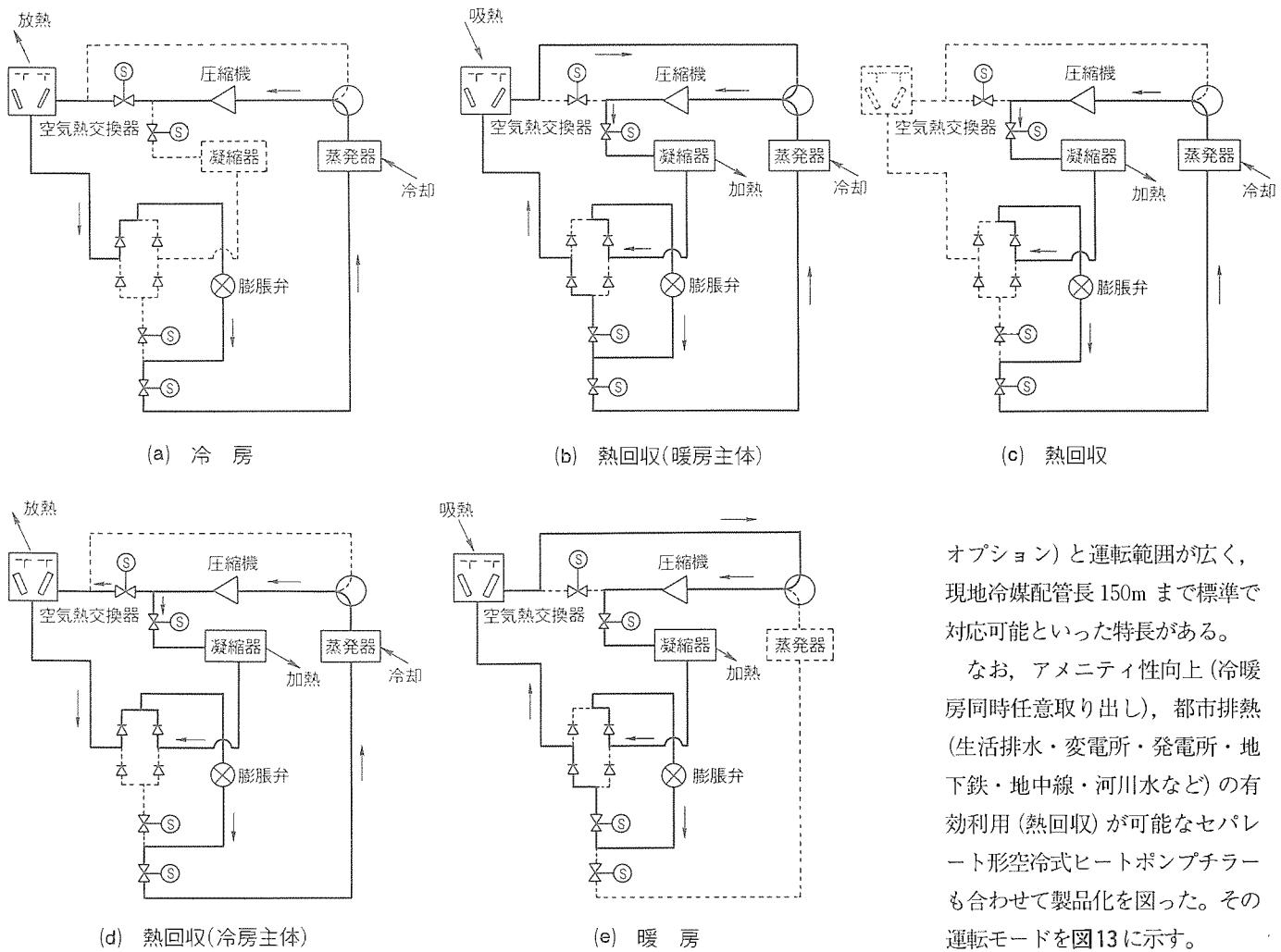


図12. フラッシュタンクの構造



オプション)と運転範囲が広く、現地冷媒配管長150mまで標準で対応可能といった特長がある。

なお、アメニティ性向上(冷暖房同時任意取り出し)、都市排熱(生活排水・変電所・発電所・地下鉄・地中線・河川水など)の有効利用(熱回収)が可能なセパレート形空冷式ヒートポンプチラーも合わせて製品化を図った。その運転モードを図13に示す。

4. むすび

リューアイシーチラーを製品化した。120~320 kW (160~430HP相当品)、50Hzで7機種、60Hzで7機種でいずれも大型圧縮機1台搭載形である。満液式蒸発器の容量をアップさせ、連続容量制御によって蒸発温度を常時0°C以上に維持して凍結させないようにしている。従来方式のアイスバンク方式やブライン方式と比べて、アイスバンク、ブラインタンク、二次熱交換器等のシステム装置が不要となり、大幅な省スペース化が図れる。また、直接低温水(+1~+2°C)が得られるのでブライン方式と比べて20~25%の成績係数(COP)が向上し、ランニングコストが低減する等のメリットがある。

(3) セパレート形空冷式ヒートポンプチラー

空冷式ヒートポンプチラーの需要は、今後更に増加することが予想される。当社も、このたび、136RT~357RT (50Hz) / 164RT~435RT (60Hz) の各7機種をラインアップした。

冷房で外気10~40°C (-10~40°Cはオプション)・冷水4~20°C、暖房で外気-10~20°C・温水35~55°C (35~60°Cは

地球環境破壊やエネルギー危機の問題解決及び都市再開発等に伴う大型熱源機の需要増などの市場ニーズにこたえるべく当社が開発した、大型シングルスクリュー圧縮機搭載チラーについて、当社独特のリキッドインジェクション方式のシングルスクリュー圧縮機の特長を含めてその概要を述べた。冷媒としてR-22を用いたこのユニットは、従来、大型熱源機の代表格であったターボ冷凍機と同等以上の性能・省スペース性を持つとともに、単段で空冷のヒートポンプから低温のブラインクーラーまでの機種群をそろえることができた。

今後、電力負荷の平準化=夜間電力による効率的な蓄熱運転や、未利用エネルギーの活用ということから、種々の温度レベルの排熱からの効率的な熱回収など、熱源機に対する要求もシステム全体の経済的運転の点から、ますますグレードの高いものとなってくるであろう。こうした要求にこたえ社会に貢献すべく、今後も市場ニーズを的確にとらえた製品開発を続けていきたい。

パッケージ形透湿膜加湿機“CH-EVP”

人見不二夫*
久村幹夫**
妹背孝次**

1. まえがき

最近、インテリジェントビル化されたオフィス、クリーンルーム、電算機室及び医療施設等は、室内空気環境の質の向上とともに、空調設備機器の保守性を考慮に入れたLCC（ライフサイクルコスト）の考え方を取り入れられている。特に、空気の湿度コントロールとしての加湿については、白粉（カルキ）の発生がないクリーンな加湿、信頼性、寿命及び保守性等に対する要求が高まっている。

これらの要求を同時に満足する加湿機として、当社独自の透湿膜を応用したパッケージ形透湿膜加湿機（CH-1.8EVP、3.6EVP）を開発したのでここに紹介する。

2. 加湿機の現状と問題点

現状の代表的な加湿方式とその原理、特徴を表1に示す。超音波式は、水槽内の超音波振動子によって粒径1μmほどに霧化させた水滴を空气中で蒸発させて加湿する。この方式では、水滴の中に溶存しているカルキ成分（炭酸カルシウム

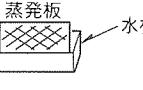
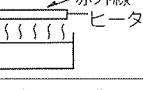
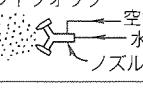
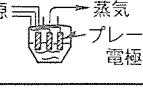
等）による白粉の発生を伴い、電算機室を始めOA化の進んでいるオフィスビルにおいて、この白粉が問題として顕在化しつつある。また、一部加湿水に微生物が発生し、水滴とともに室内に散布されるため、衛生面からの指摘もなされている。

高圧スプレー式は、ノズルから多量の水を噴霧して加湿する方式で、加湿量の割に多量の水を必要とし、噴霧スペース及び落下した水滴の処理が必要となる。

自然蒸発式は、水槽内に親水性の布などを立て、毛細管現象によって吸上げ、ぬ（濡）れた布から水を空气中に蒸発させて加湿する方式や、逆に布を立て掛けた上部から水を噴霧して布を濡らし、空气中に蒸発させて加湿する方式、さらに一部水槽内に浸した布を回転させ、この湿った布に空気を通過させることにより、加湿する方式等がある。これらの自然蒸発式は、白粉の発生がないクリーンな加湿が可能であるが、布に雑菌が繁殖してスライム等が発生し、加湿量が急激に低下することがある。

パン式（電熱式）・赤外線式・電極式は、水を加熱して水

表1. 現状の代表的加湿方式とその特徴

種類	原理	加湿能力 (ℓ/h)	加湿効率	追従性 (制御性)	寿命 (h)	価格	消費電力 5ℓ/h時 (kW)	保守事項	ランニングコスト (指数)	問題点
超音波式		0.4~18	中~大	即時	5,000 中 振動子	高	0.305	シーズンごとに振動子清掃 5,000hで振動子交換	小~中	白粉対策
高圧スプレー式		2.5~300	小	即時	長	安	0.07	シーズンごとにノズル清掃	小	加湿効率小 漏水対策
自然蒸発式		0.2~1.0	大	やや遅い	1,250 短 蒸発板	安	0.01以下	シーズンごとに水槽清掃 シーズンごとに蒸発板交換	小	加湿能力小 加湿エレメント寿命短
パン式		0.4~35	大	やや遅い	短	安	4.0	シーズンごとに水槽清掃 2~3シーズンごとに本体交換	大	水垢対策
赤外線式		2.0~9.0	大	即時	5,000 中 赤外線ヒーター	高	5.0	3か月ごとに水槽清掃 5,000hでヒーター交換	大	保守性の向上 高価
二流体ノズル式		1~18	中~大	即時	長	高	0.75	シーズンごとにノズル交換	中	空気圧・水圧コントロール性の向上 エアコンプレッサ必要、白粉対策
電極式		0.5~78	大	即時	3,000 短~中 電極板	高	5.8	2年ごとにシリンドラ清掃 電極板3年ごとに交換	大	高価 保守性の向上

蒸気を発生させるためクリーンな加湿が可能であるが、ランニングコストが高く、水あか(垢)・カルキ成分が沈着するため保守が煩雑である。

二流体ノズル式は、水と空気を噴霧して加湿する方式であり、エアーコンプレッサが必要で、なおかつ白粉の発生を伴う。

以上のように現状の加湿機は、

- (1) 溶存カルキ成分による白粉の発生
- (2) カルキ成分のたい(堆)積による加湿能力の低下
- (3) 水垢、カルキ成分の沈着により保守が定期的に必要
- (4) 電気代等ランニングコストが高い

などの問題を含んでいる。

そこで、これらの問題を解決する加湿専用機として、パッケージ形透湿膜加湿機を開発した。

3. 透湿膜加湿機の原理及び構成

3.1 透湿膜加湿機の原理

自然蒸発式が持つクリーンな加湿、低いランニングコスト及びシンプルな機構等のメリットを生かしながら、低加湿能力・短寿命というデメリットを克服するためには、水の蒸発面積を大幅に拡大することが必要である。

限られた空間に図1(a)のような水のスライス層を多数保持することができれば、水と空気を分離でき、水の蒸発面積

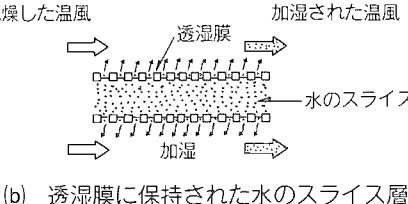
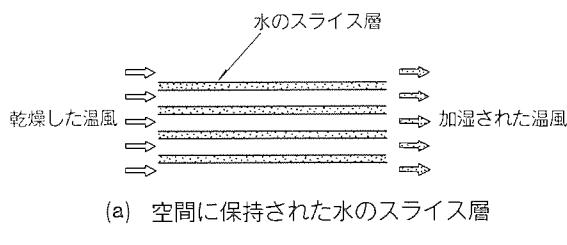


図1. 透湿膜加湿機の原理

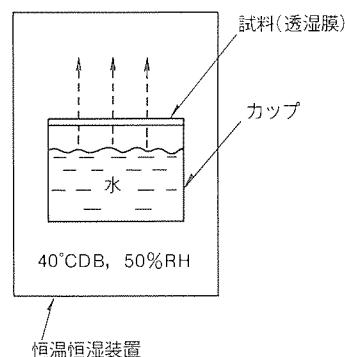


図2. 透湿度測定方法(ウォーター法)

を著しく拡大することが期待できる。この水のスライス層を同図(b)のように、水を通さず水蒸気(気体)のみを通す透湿膜⁽¹⁾で包囲することによって、あたかも空間に水の層を設けたことになり、水は水蒸気となって透湿膜を通して空気側へ拡散して加湿を行う。

透湿膜の特性を表2に示す。透湿度とは、一定時間に単位面積の膜状物質を通過する水蒸気の量をいう。図2に示すようにカップ内に空気層を残して水を入れ、透湿膜でふた(蓋)をして40°CDB, 50%RHの恒温恒湿内に置き、水の減衰量を測定して透湿度を求める。

加湿機に用いた透湿膜は、スキーウェア等通常衣服に用いるものと異なり、特殊加工を行って透湿度を高めている。

3.2 透湿膜加湿機の構成

透湿膜加湿機の基本構成を図3に示す。水通路を形成するスペーサを包み込むように折り曲げてチューブ状の透湿膜(給水口付き)を、空気通路を形成する波板状のセパレータとともにスパイラル状に積層し、枠に給水口とともに固定することによって加湿エレメントを構成した。加湿エレメントへの給水は、加湿エレメント内の水圧を低く保つために給水タンクを用いて開放にした。給水タンクは、給水口上流の電磁弁を開閉するためのフロートスイッチ、フロートスイッチの誤動作防止等のための仕切り壁、フロートスイッチや電磁弁が故障した場合の水漏れを防止するオーバーフローせき

表2. 透湿膜の特性

材料	透湿膜	四つ化エチレン	25 μm
	補強材	ナイロン 6	100 μm
空 孔			10 ⁸ 個/cm ² 以上 (孔径 0.1~1 μm)
透湿度			500g/(m ² ・日)以上 (JIS L 1099)

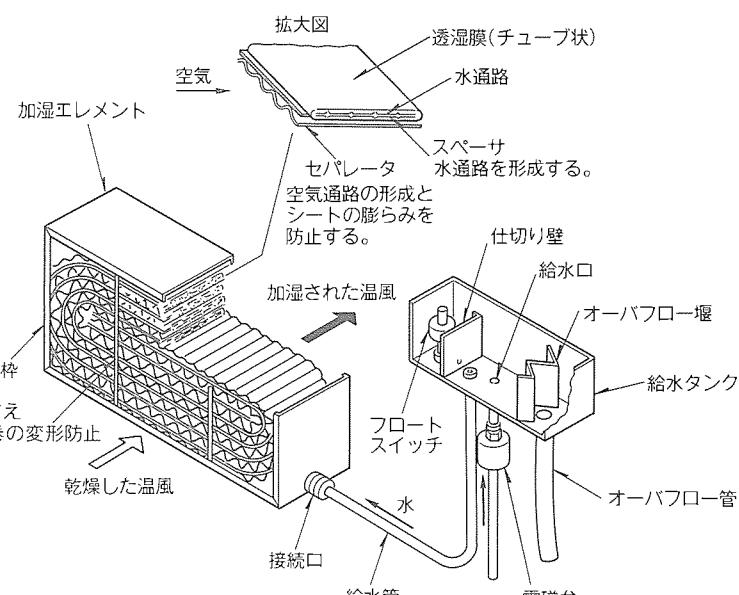


図3. 透湿膜加湿機の基本構成

(堰) 及びオーバーフロー管から構成されている。

オーバーフロー管からの排水は、ドレンパンに流れ、万一、電磁弁が故障して給水状態が続いても十分排水できる口径としている。また、フロートスイッチと電磁弁によって給水タンクの水位をある一定範囲内に保ち、所定の水圧で水を加湿エレメントへ供給している。供給された水は、透湿膜内を進むに従い、透湿膜から水蒸気 (H_2O) のみを空气中へ放出するため、透湿膜内の水に含まれている不純物の濃度が徐々に増してチューブ状透湿膜内の先端部(加湿エレメントの中央部)付近に不純物が析出する。また、チューブ状透湿膜の内容積が大きいため、不純物の析出による寿命への影響は少ない。

4. パッケージ形透湿膜加湿機 (CH-1.8, 3.6EVP)

4.1 設計基本思想

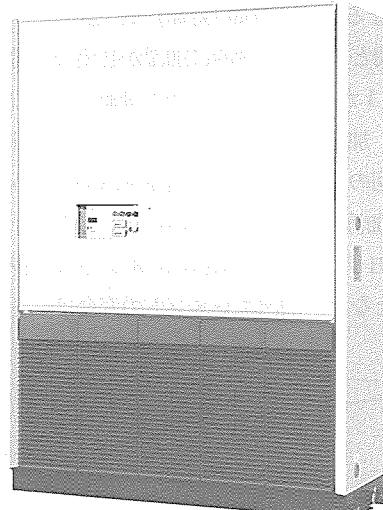


図4. パッケージ形透湿膜加湿機本体の外観

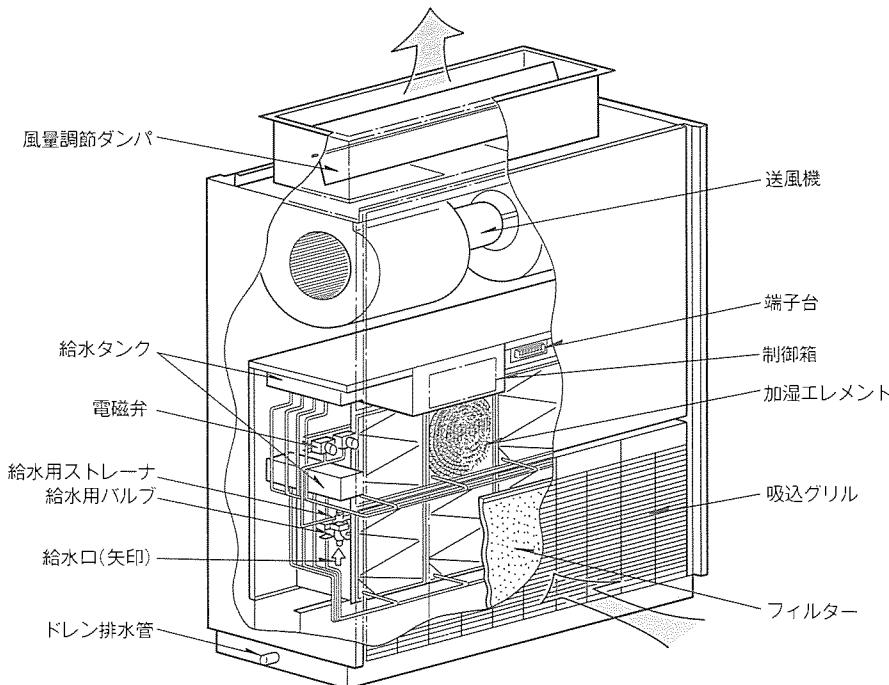


図5. パッケージ形透湿膜加湿機の内部構造(ダクト仕様)

パッケージ形透湿膜加湿機設計の基本思想は、透湿膜加湿方式の特徴を生かして“Simple is Best.”の考えで開発した。具体的な項目を次に述べる。

- (1) 透湿膜加湿方式のシンプルな機構を生かして製品をできるだけ単純化する。
- (2) 製品の信頼性を高め水漏れなど、機外に害を与えない。
- (3) 加湿エレメントのメンテナンスフリーと長寿命のメリットを生かし、製品の保守を極力簡略化する。

4.2 製品仕様

今回、パッケージ形透湿膜加湿機は、容量的に加湿量 1.8kg/h , 3.6kg/h の2機種で各々プレナム仕様(直吹き)とダクト仕様の2機種、合計4機種を開発した。

パッケージ形透湿膜加湿機本体の外観を図4に、ダクト仕様の内部構造を図5に、また、加湿エレメントの外観を図6に示す。製品の外観は、パッケージ形ファンコイルユニットと共に標準化を図っている。室内の空気は、加湿機の吸込みグリルからフィルターを通じて加湿エレメント(1.8形は4個、3.6形は8個)に送られ、送風機で室内に吹き出されている。風量は1.8形で $1,000\text{m}^3/\text{h}$, 3.6形で $2,000\text{m}^3/\text{h}$ である。ダクト仕様ではダクトフランジ部にダンパが設けられ、最大 147Pa [$\pm 5\text{mmAq}$] の機外静圧まで調整が可能である。このパッケージ形透湿膜加湿機の構成部品の中で可動部品は、送風機と電磁弁それにフロートスイッチのみであり、非常にシンプルで信頼性の高い製品である。

透湿膜加湿機は、水が透湿膜で空気と分離され、しかも給水タンクで一度解放にされているため、加湿エレメントにかかる圧力は、落差分の十数cmの安定した水圧のみである。万一、鋭利なもので引っ掛け透湿膜に穴があいても、水は製品下部のドレンパンで受け、製品外部に流れ出ることはない。

4.3 特長

パッケージ形透湿膜加湿機の主な特長を次に述べる。

- (1) クリーン加湿(白粉の発生がない。)

水の中に含まれている不純物(炭

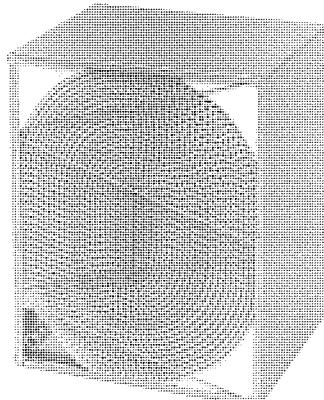


図6. 加湿エレメントの外観

酸カルシウム・酸化けい素・その他)は、透湿膜内に保持され、水蒸気のみが透湿膜を通過して加湿するクリーン加湿。
(2) 加湿エレメントメンテナンスフリー(連続運転で16,000h)

(3) 加湿の自己制御性及び信頼性アップ(通常吹出し空気は、相対湿度が60%前後であり、オーバー加湿によるダクト内の結露の心配がない。)
(4) 自然蒸発式であり省エネ加湿(加熱源なし)

パン式(電熱式)や赤外線式のような加熱源が不要であり、送風するためのファン動力のみの省エネ加湿である。

(5) 加湿効率ほぼ100%(供給水をすべて加湿)

供給水中に含まれている不純物は、すべて透湿膜内に保持されるためにブローの必要がなく、供給水はすべて有効に加湿する。

(6) 雜菌やスライムの発生を抑える(水と空気は透湿膜を介した間接接触である。)

水と空気は透湿膜によって分離されているため、空気中からの菌や養分の供給が少なくカビ・スライム等の発生を抑えられる。

4.4 耐久性及び制御性

4.4.1 耐久性

(1) 加湿エレメントの耐久性試験(実験室)

透湿膜加湿機が長寿命となる要因は、次のとおりである。

(a) チューブ状透湿膜の内容積が大きい

加湿エレメント1個当たりのチューブ状透湿膜の内容積は、3.5ℓと大きく、水に含まれる不純物を多量に保持することができます。また、水に含まれている不純物は、最先端部(加湿エレメント中央部)から堆積するため、水の供給を阻害することができない。さらに、不純物の堆積部からも水が染み込んでいくため多少加湿する。

(b) 加湿表面積が大きい

加湿エレメント1個当たりの加湿表面積は3.4m²と大きく、逆に単位面積当たりの加湿量が少ないため、透湿膜内表面に水垢、スライム等が付着しても加湿量の低下する割合は小さい。

加湿エレメントの連続及び断続(12時間運転、12時間停止)運転の耐久性試験結果を図7に示す。図(a)は、連続運転時間基準での初期加湿量に対する割合、また(b)はトータル加湿量(t)基準での初期加湿量に対する割合を示す。加湿エレメント通過空気は温度が40°Cで、風速が1m/s、水は和歌山市水(水質:蒸発残留物119mg/ℓ)を使用した。

今回の断続運転試験では、温風が常に通過し、加湿エレメントへの水の供給を電磁弁で12時間供給、12時間停止の繰り返し運転を行っている。断続運転のトータル加湿量は、12時間運転時の加湿量と加湿エレメント内の水容積を加えたものが24時間(1日)の加湿量となるため次式で求められる。

$$(断続運転のトータル加湿量) = 0.5 \cdot t \cdot q + v \cdot t / 24$$

ここで、t:連続運転時間

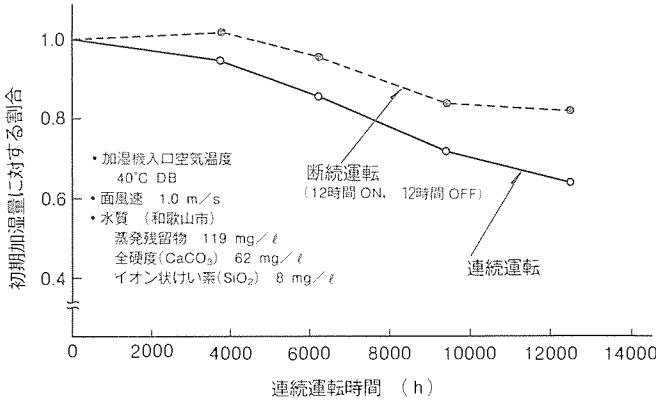
q:単位時間当たりの平均加湿量

v:加湿エレメントの内容積

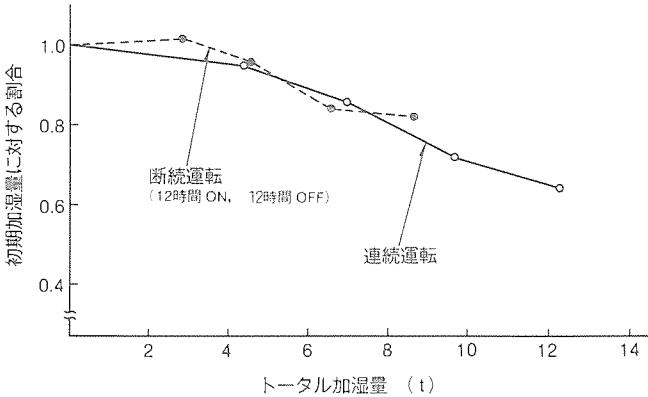
図7(b)のトータル加湿量基準による連続運転と断続運転を比較した場合、トータル加湿量に対する減少量は、ほぼ同一であり、同一の水質であれば加湿エレメントの寿命(初期加湿量の80%になるまでを寿命とする。)は、トータル加湿量で決めることができる(約8t)。さらに、水質を考慮すれば透湿膜加湿エレメントの寿命は、加湿供給水に含まれる不純物のトータル量に関連すると推測される。

今回加湿エレメントの耐久試験は、加湿エレメント通過空気の乾球温度が40°C、風速が1m/sの状態で行った。通常この状態は、空調機に加湿エレメントを組み込み暖房運転時の条件であり、この条件での加湿量は、加湿エレメント1個当たり1.2kg/hとなる。このとき、初期の加湿量に対し、80%の値になるまでの時間(寿命)は、図7(a)から連続運転で7,500時間となる。一般的に加湿が必要な暖房運転を1日に10時間、1か月に25日、5か月運転として1年で1,250時間となり、加湿エレメントの寿命としては、6年となる。

また、今回のパッケージ形透湿膜加湿機のように、室内の空気を直接加湿エレメントに取り入れる場合、例えば23°C DB、45%RHのときの加湿エレメント1個の加湿量は0.45kg/hとなり、加湿エレメントの寿命は、トータル加湿



(a) 運転時間基準



(b) トータル加湿量基準

図7. 透湿膜加湿エレメント耐久性試験

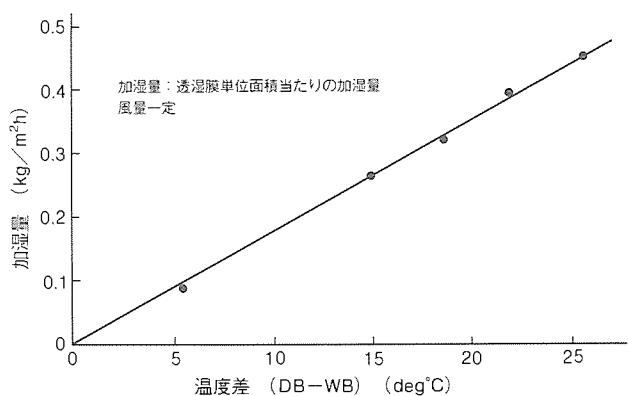


図8. 吸込空気温度差(DB-WB)による加湿量特性

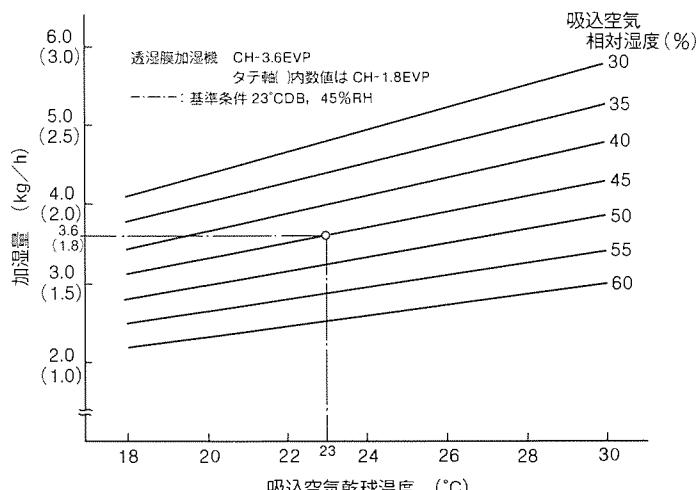


図9. 吸込空気条件変化による加湿量特性

量が同じであるため20,000時間となる。

$$(加湿エレメントの寿命) = 7,500 \times 1.2 / 0.45 = 20,000$$

加湿エレメントの寿命は、吸込空気の温湿度や水質、さらに空気側のゴミの付着等によって影響を受けるが、現状の種々の加湿方式と比べても透湿膜加湿機の寿命は、飛躍的に長いといえる。

(2) パッケージ形透湿膜加湿機の耐久性試験(フィールド)

東京都内の某ビルで、加湿能力及びスライム発生等の確認を目的として、パッケージ形透湿膜加湿機CH-3.6EVP(プレナム仕様)1台を、平成元年4月3日から平成2年5月11日までの、9,444時間の耐久試験(連続運転)を行った。この某ビルは、水質が悪く他の気化式加湿機で種々トラブルを発生していたところである。今回のテストは、加湿供給水を更に活性炭フィルターで脱塩素処理を行い、殺菌効果をなくして連続運転試験を実施した。3,190時間経過後、透湿膜の内面にスライムが発生していたが、加湿量に与える影響は少なく、最終的に基準水質(蒸発残留物120mg/l)での寿命は、16,000時間となり、加湿エレメントの耐久性試験(実験室)結果と大差がなかった。

4.4.2 制御性

自然蒸発式の加湿量は、吸込空気の乾球温度(DB)と湿球

表3. アーバンネット大手町ビル

ビル所有者	NTT都市開発(株)
規模	地下5階、地上22階
延床面積	12万m ²
テナント	大型金融会社
加湿機種	透湿膜加湿機 CH-3.6 EHP
納入台数	18台

温度(WB)の差に比例する。風量を一定にして、空気温度を上げて加湿量を測定した結果を図8に示す。加湿量が、温度差(DB-WB)に比例していることが分かる。

パッケージ形透湿膜加湿機は、室内の空気を直接加湿しているため加湿制御幅が大きい。一例として、乾球温度を18~30°C、相対湿度を30~60%と変化させた場合の加湿能力線図を図9に示す。パッケージ形透湿膜加湿機CH-3.6EVPで、基準条件23°CDB, 45%RHの加湿量は、3.6kg/h<100%>に対し図9に示した条件範囲で2.2kg/h<61%>(18°CDB, 60%RH)~5.75kg/h<160%>(30°CDB, 30%RH)と変化幅の大きいことを示している。また、高温低湿度時の加湿の必要なときに、加湿量が大きく、低温高湿度時の加湿の不要なときに、加湿量が小さくなるという自己制御性を保有している。

5. 納入事例

アーバンネット大手町ビルは、東京大手町の一等地に“国際ファイナンシャルセンター”をコンセプトとして建設され、国内・国外の大型金融会社がテナントとして入居している本格的なインテリジェントオフィスビルであり、ここにクリーン加湿で保守性の優れたパッケージ形透湿膜加湿機の1号機CH-3.6EVP(プレナム仕様)18台を採用いただいた。アーバンネット大手町ビルの概要を表3に示す。

6. むすび

インテリジェントビルにおける快適性の追及とともに、加湿に対する要求が増加してきているが、さらに一般ビルにおいても加湿が空調の基本機能として不可欠の要素になりつつある。

今回、クリーンな加湿、信頼性、寿命及び保守性等の市場要求を満足するために、パッケージ形透湿膜加湿機として大型の加湿機専用製品を開発したが、今後、透湿膜加湿機の機種の充実を図るとともに、空調のトータルシステムの中で加湿を見直し、さらにシステムアップを図っていく所存である。今回の開発に御協力いただいた方々に深く感謝する。

参考文献

- 人見不二夫、大川内幸訓、高橋健造：透湿膜式加湿器、三菱電機技報、61、No.5、367~370 (1987)

エアマルチ用外気処理ユニット

杉野雅彦*
小川剛保*

1. まえがき

ビル空調の流れは昭和50年後半以降、徐々に水式セントラル方式からパッケージエアコンによる個別分散方式へと変遷してきた。このビル用マルチエアコンによる個別分散化は、テナントごとの空調機の個別制御性、機械室やダクトスペースがなくなったことによるレンタル比のアップ、空調機故障時のリスク分散、及びマルチ化による冷媒配管や室外機数の減少という面からは、確かに多くのメリットを持ったものであった。しかし、その反面、空調機の分散化は天井カセット型に代表される室内機の数の増加を招いた。そして、フィルター交換等のメンテナンス費の増加や、天井裏設置であり、かつテナントごとに分かれたことによる空調機のサービス性の悪化(セントラル方式では機械室設置であったが、個別分散方式では居室内に入らねばサービスできない)、さらにサービス時のセキュリティの問題を引き起こした。

そのため、これらの諸問題を解決すべく、建築の1 or 2基準スパンに1台の室内機で個別分散方式を実現し、かつ居室に入ることなく廊下側からサービスが可能な空調方式《エアマルチ》が開発された。

今回、このエアマルチ専用機種として開発された外気処理ユニット《フレッシュマスター》は、ビル管理法をクリアする従来の機能に加え、風量管理や湿度管理を自己制御する等の高機能化を図り、新たに床置型をラインアップした。ここでは、この外気処理ユニットの構成とその動作内容について述べるとともに、エアマルチシステムの設計思想及び快適空調達成の考え方について言及する。

2. エアマルチシステムの設計思想

エアマルチシステムの設計思想・コンセプトとして、大きくは下記3点があげられる。

- (1) LCC(ライフサイクルコスト)の低減。つまり14.5kW(5HP相当品)ないし23.3kW(8HP相当品)単位の室内機で、建物の1 or 2基準スパンのハイグレード空調、しかも個別分散空調を可能とする。
- (2) 居室に入らず廊下側から機器の保守又はサービスが容易にできる構成とする。
- (3) 室内機・外気処理ユニットの風量は、マイコンによる送風機インバータの自動調節とし、従来必要だったダクト抵抗の計算を不要とする。

以上のようなシステム実現のため、次のような機器構成とした。

- (1) 室外機から室内機までは従来のビルマルチ同様冷媒配管で接続され、室内機から先はVAVユニット(図1)による個別制御を行う。メンテナンスが必要な部分は室内機に集約する。
 - (2) VAVユニットの風量は、最小可変静圧制御によって搬送動力が最小となるよう制御するとともに、外気処理ユニットも風速センサ組込みにより、給排気いずれも風量の自動調節を行う。
 - (3) 風量の変化に応じて、冷媒流量をモリニアに追従させるVAV+VRV制御を行う。
 - (4) 廊下側からすべてのサービスを容易にするため、廊下と居室の間に設置できる薄型タイプの床置型室内機と床置型外気処理ユニットの組合せを設ける。
 - (5) テナント内での間仕切り変更への対応を可能とするため、VAVユニットの能力は据付け後も容易に変更が可能とする。
- 以上のように、室外機と室内機間は冷媒配管で接続され、室内機から先はダクトでVAVユニットに接続される、言わばセントラル方式と個別分散方式の折衷空調的なシステムである。そのため、このエアマルチシステムは、次のような特長を持っている。
- (a) 室内機は居室外にあるため水漏れの心配がなく、居室内は低負荷時の低騒音化が図れる。
 - (b) 外気処理ユニット(図2、図3参照)又は《ロスナイ》ユニットが組み込まれている場合は、外気冷房や夜間の排熱運転が可能となる。
 - (c) 1冷媒系統当たりの配管長を短くでき、そのため冷媒充てん量を少なくできる。

3. エアマルチシステム概要

3.1 システム構成機器

床置型室内機と床置型外気処理ユニットの組合せにおける14.5kWシステムの構成を図4に示す。システム構成機器としては、下記の6種類となる。

(1) VAVユニット

室温と設定温度との差温により、室内への供給風量を自動調節する。風量を検出するための風速センサと風量を増減させるための風量調節ダンパーを持っている。1.2kW(0.4HP相当品)から23.3kWまでの能力範囲がある。

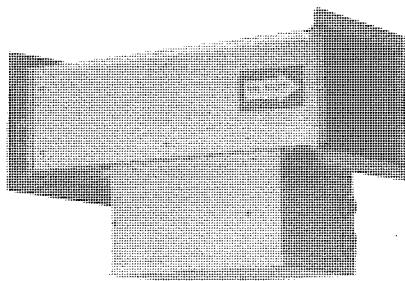


図1. VAVユニット

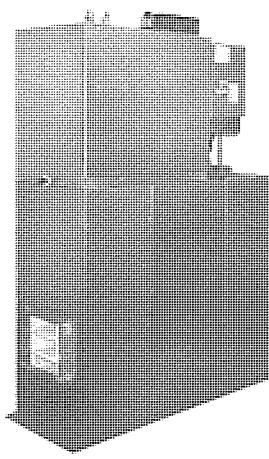


図2. 床置型外気処理ユニット

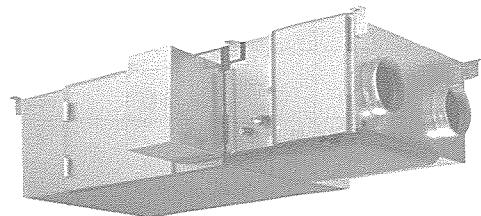


図3. 天埋型外気処理ユニット

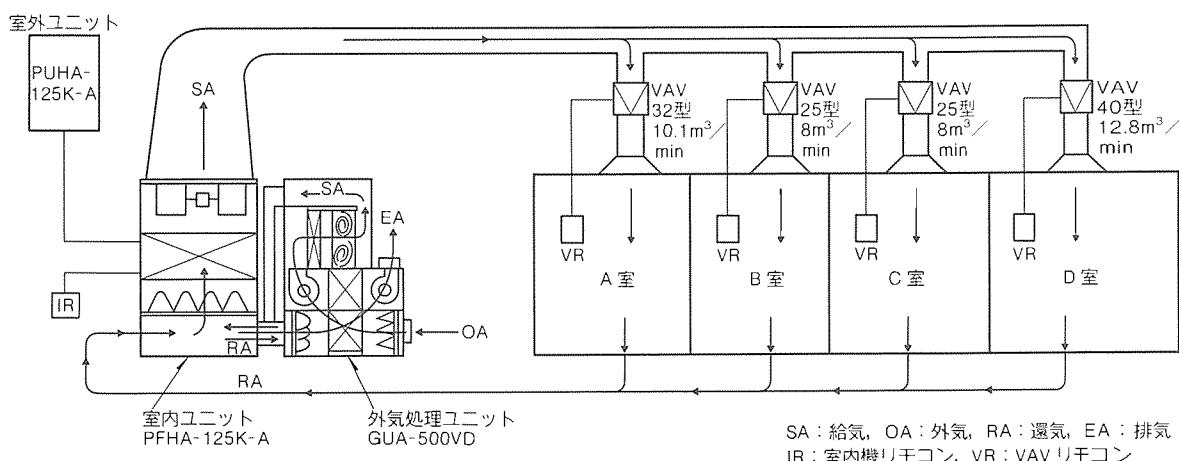


図4. システム構成

(2) VAVリモコン

VAVユニットを制御するためのリモコンで、運転／停止、室温設定スイッチ等がついている。

(3) 室内機

VAVユニットからの風量信号により、ファンモータの回転数をインバータ制御する。天埋型7.3(2.5), 8.3(3), 11.6(4), 14.5, 23.3kW (HP相当品)と床置型11.6, 14.5, 23.3kW (HP相当品)の8種類がある。

(4) 室内機リモコン

室内機を制御するためのリモコンで、運転／停止、運転モード切替え、タイマー、自己診断等のスイッチ等がついている。

(5) 室外機

室内機又は外気処理ユニットと冷媒配管によって接続され、圧縮機をインバータ制御することにより、冷暖房能力の調整を行う。14.5, 23.3, 29.1(10)kW (HP相当品)の3機種がある。

(6) 外気処理ユニット(《ロスナイ》ユニット)

室内機とダクト接続され、換気・熱回収・外気の熱処理・

除じん・湿度調節を行う。VAVユニットの運転台数により給気及び排気風量はインバータ制御による自動調節となる。ただし、《ロスナイ》ユニットには外気の熱処理・湿度調節の機能はない。

外気処理ユニットは天埋型と床置型、《ロスナイ》ユニットは天埋型で、いずれも送風機風量500, 800, 1,000m³/hの3タイプがある。

3.2 動作内容

エアマルチシステムの各運転モードにおける構成機器の運転状態を表1に、外気処理ユニットの風量変化特性を図5に示す。

(1) 暖房運転

暖房負荷(設定温度と室温との差温)により、VAVユニットは室内への供給風量を自動調節するとともに、室内機は風量及び冷媒流量を変化させ、室外機もそれに応じて圧縮機の運転周波数をインバータ制御する。外気処理ユニットは加湿運転(湿度制御)を行う。

(2) 送風運転

VAVユニットにあらかじめ設定された設計風量で送風を

表1. エアマルチシステムの運転モード

リモコンの運転モード	外気温と室温の関係	VAVユニットの運転状態		室内ユニットの運転状態	室外ユニットの運転状態	外気処理ユニットの運転状態		
		サーモ特性	目標風量			換気	換気制御	直膨コイル制御
暖房	—	暖房モード	サーモ特性によって決定	暖房運転でVAV制御	暖房運転でVRV制御	ロスナイ換気	換気量のVAV制御	VRV制御によって内蔵加湿器制御
送風	—	サーモ機能なし	設計風量に固定(100%)	送風運転でVAV制御	停止	ロスナイ換気	換気量のVAV制御	停止
冷房	外気温度 室温 室温-5°C 室温-10°C	冷房モード	サーモ特性によって決定	冷房運転でVAV制御	冷房運転でVRV制御	ロスナイ換気	換気量のVAV制御	冷房運転で未回収熱負荷処理
						バイパス換気		冷房モードで冷媒遮断(送風運転)
						冷房モードで圧縮機停止	換気量は通常の5倍	
換気	外気温度 室温-5°C	サーモ機能なし	最低換気量(最低循環風量)に固定	送風運転でVAV制御	停止	ロスナイ換気 バイパス換気	換気量のVAV制御	停止

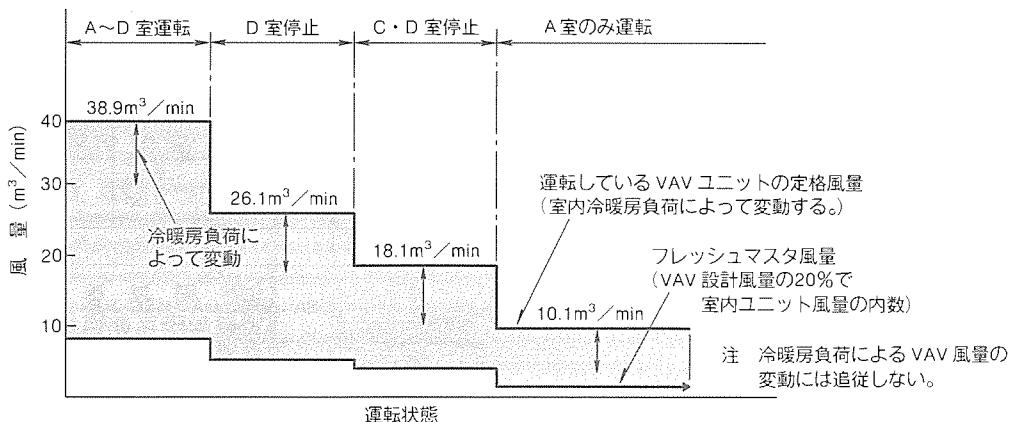


図5. 外気処理ユニットの風量変化(換気風量20%)

行う。

(3) 冷房運転

暖房時と同様の風量及び冷媒量制御を行う。ただし、外気処理ユニットは室内機同様冷房運転を行うとともに、外気温度が低い場合は室内空気との熱交換は行わず、低外気を直に導入することによって外気冷房を行う。

(4) 換気運転

夏場や中間期に行う排熱運転で、外気処理ユニットや《ロスナイ》ユニットから低外気を導入し、室内機はVAVユニットまでのダクト圧損を補償する程度の微弱運転となる。

4. エアマルチ専用外気処理ユニット

従来機種と比較し、エアマルチ専用機種として今回は外気処理ユニット本来の機能、換気・熱回収・外気の熱処理・除じん・加湿のすべてについて機能アップを行った。また、運転状態は室内機との完全な連動であり、そのため外気処理ユニットとしての独自のリモコンは持っていない。室内機との据付け例を図6に示す。

4.1 換気

従来、室内機の運転状態には関係なく一定の風量しか給排気していなかったが、今回は換気負荷(VAVユニットの容量及び運転台数)に応じた風量となるよう、実際に風量を検知しながらファンモータをインバータ制御する。しかも、室内機風量に対する外気導入量の比率をリモコンで設定できるとともに、給気量と排気量の比率を変えることにより、室内の状態を正圧にするための切替えも行える。また、風量検知を行っているため、ユニット据付け時に必要だったダクト圧損の計算と風量調節ダンパーの設定も不要となる。

(1) ハード構成

給気、排気共に送風機は独立にインバータ制御される。インバータはキャリア10kHzの6ステップ等幅PWM制御方式であり、リクトルを組み込むことによって効率はすべて86%以上を確保している。

風速センサは、VAVユニットと同様4枚羽根の風車型センサであり、羽根の回転に応じて発生するパルス信号をF/Vコンバータで直流電圧に変換し、この直流電圧をメイン

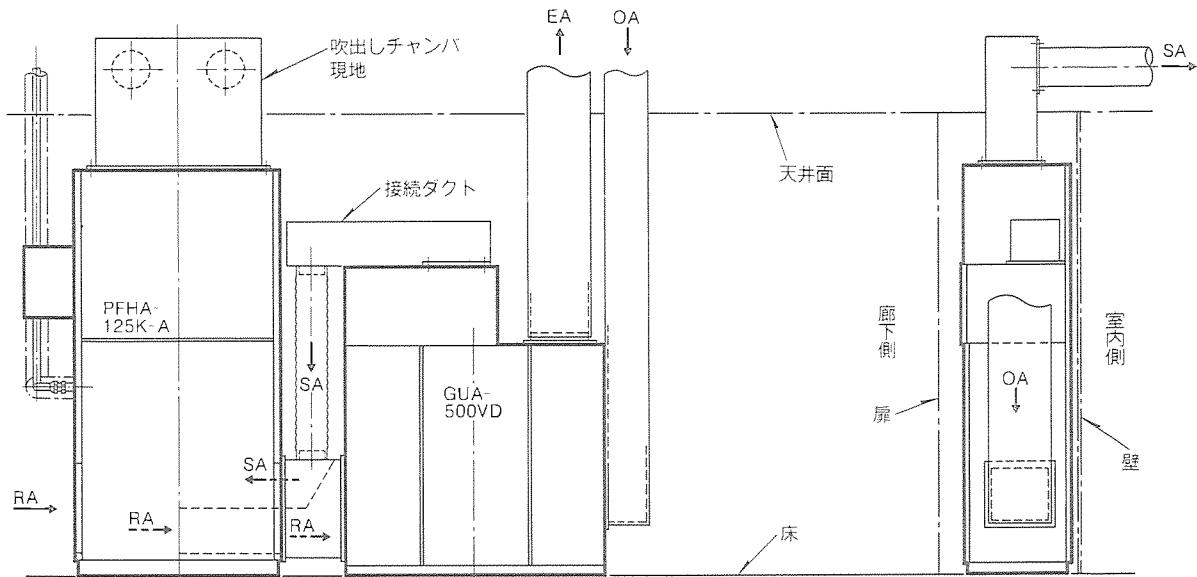


図6 室内機と外気処理ユニットの据付け例

コントローラに取り込み、マイコンで出力周波数を決定する。

図7にブロック図を示す。

(2) 風量制御

目標風量と実測風量との差から周波数の変化分を設定する方式であるが、目標風量が大幅に減少した場合は強制的にある一定の周波数を変化させ、風路が高静圧状態になるのを防止している。また、風速センサの検知範囲を超える目標風量となった場合は、風速センサの検知値は無視して、自動的に周波数を目標風量の変化分と正比例の関係で設定するようしているため、広範な風量制御が可能である。実機システムにおける室内機と外気処理ユニットの風量変化特性を図8に示す。

ここで分かるように、室内機、外気処理ユニット共に良好な収束性を示しており、外気処理ユニットの風量アップには若干時間が掛かるものの、室内機の風量収束にはほとんど影響を与えない。

4.2 熱回収

全熱交換器による冷暖房時の外気と排気間の熱回収という従来までの機能に加え、バイパスダンパを新規追加し、全熱交換器をバイパスさせることにより、室内空気と熱交換しない外気をそのまま供給する機能を設けた。

これにより、中間期や夏場の夜間で外気温度が低い場合、自動的に外気冷房が可能となり、省エネ運転が実現できる。バイパスダンパの動作は、外気と室内空気(還気)の各々の温度を温度センサで検知し、(室内温度-外気温度)が5deg以上の場合バイパスダンパON、0deg以下の時にバイパスダンパOFFとなるよう5degのデファレンシャルを持っている。

ただし、あくまで冷房時のみであり、暖房や送風運転時には常にバイパスダンパはOFFとし、冷風吹出しを防止している。

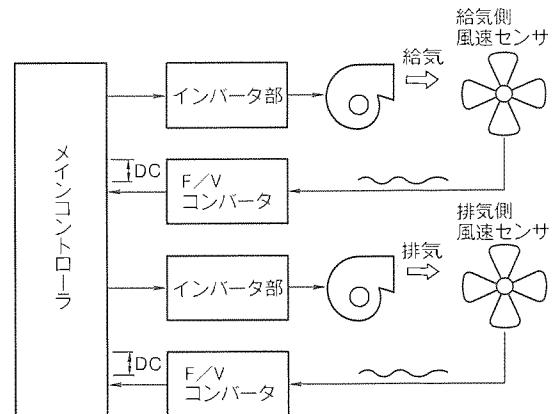


図7 風量制御ブロック図

4.3 外気の熱処理

冷房時は室内の差温(室温-設定温度)、暖房時は室内の湿度差(室内絶対湿度-目標絶対湿度)により、直膨コイルへの冷媒流量を調節する。室温はVAVユニットから室内機を介して情報をもらい、湿度は本体組込みの湿度センサによる。

4.4 除じん

本来除じんについては室内機の果たす役割が大きく、発じん源の大部分を占める喫煙分を、室内機に高性能フィルターを組み込み室内空気を循環させることによって捕集している。そのため、VAVユニットには最低循環量を設定できる機能を持たせてある。外気処理ユニットには、外気側に比色法65%の不織布エアフィルターを用い、新たにフィルター目詰まり時期を知らせるため、外気側及び排気側の双方にフィルターサイン機能を設けた。このフィルターサイン機能は、VAVユニットの運転台数によって風量が変化するエアマルチの特性を踏まえ、単に運転時間による判定ではなく、前述の風量センサで検知した実測風量による重み付けがなされた運転時間で判定される。フィルターサインの信号は、室内機

リモコンにユニット名・アドレスとともに表示される。また、フィルターメンテナンス後のリセットも室内機リモコンで行える。図9に室内機リモコンを示す。

4.5 加湿

加湿負荷は換気時の外気取入れ量に概略比例することや、室内機に加湿器を組み込むと室温制御により、加湿量が変化してしまうこと等から、本来、外気処理ユニットで加湿制御を行うことが望ましい。ただし、従来厳密には湿度管理を行っておらず、室内の湿度管理を行いたい場合は外部回路としてヒューミディスタットを追加しなければならなかった。しかも、ヒューミディスタットによる制御では加湿器のON/OFF制御しか行えず、湿度に応じて加湿量を変化させることはできなかった。

エアマルチ用外気処理ユニットは室内の湿度検知を行い、湿度に応じて加湿量を変化させることができ、さらに従来不可能であった透湿膜式加湿器の給水電磁弁不良や透湿膜シート破れ等の異常検知も可能となった。

4.5.1 ハード構成

(1) 透湿膜式加湿器

当社独自の加湿器であり、長寿命・高信頼性を持ち、白粉発生のないクリーンな加湿が可能である。加湿器本体・給水タンク・給水電磁弁・ストレーナで構成される。

(2) 湿度センサ

導電性感湿材を用いた相対湿度センサ

使用温度範囲：-20~80°C (常用 0~50°C)

使用湿度範囲：95% RH 以下 (常用 90% RH 以下)

湿度検出範囲：20~90% RH at 25°C

検出精度：±3% at 25°C, 40~80% RH

入力電圧：DC 12~0.6V

出力電圧：DC 1~5V (リニアに変化)

(3) 直膨コイル

湿度による冷媒流量制御 (LEV 制御)

4.5.2 湿度制御

暖房時の加湿は、実際のビルではほとんどが満足されておらず、一般には温度は高目で、相対湿度は低目になっている。そのため、相対湿度で管理するとオーバー加湿気味となり、室内の露点温度以下の部分に結露する可能性がある。人間の快適感としても、相対湿度での管理は温度による変動が大き

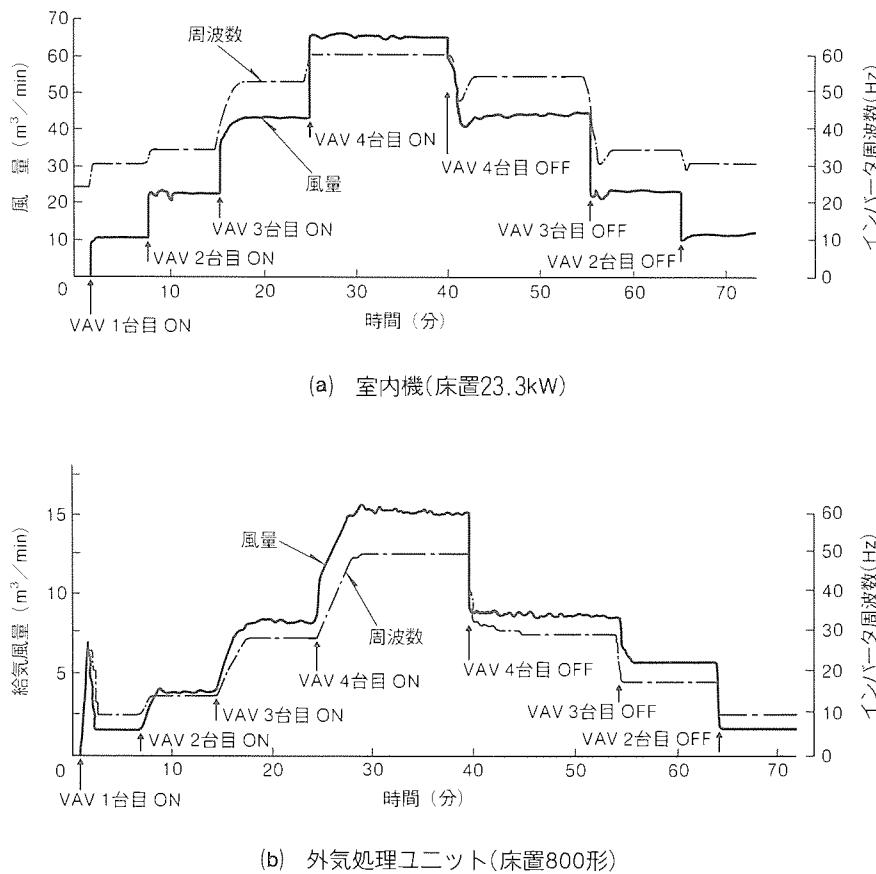


図 8 . 実機システムにおける VAV 台数変化時の風量変化

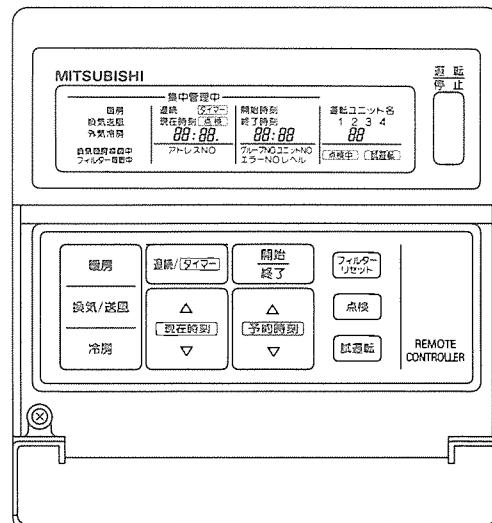


図 9 . 室内機リモコン(前面カバーを開けた状態)

い。そのため、外気処理ユニットの制御としては絶対湿度を一定とするように加湿量をコントロールする。ただし、ビル管理法における空気条件(表2)で分かるように、法的には温度17~28°Cの範囲で相対湿度40%から70%内に入っているなければならない。このため、目標絶対湿度は下記の3種類を設ける。()内は、21°Cでの概略相対湿度(図10参照)。

- 出荷時設定：目標絶対湿度 $X=0.0075 \text{ kg/kg}$ (50% RH)
- 高め設定：目標絶対湿度 $X=0.0095 \text{ kg/kg}$ (60% RH)
- 低め設定：目標絶対湿度 $X=0.0055 \text{ kg/kg}$ (35% RH)

表2. 居室における空気の条件(ビル管理法)

1	浮遊粉じん量	空気 1 m ³ につき 0.15mg 以下
2	C O 含有率	10ppm 以下(ただし、取入外気中の CO 含有率が 10ppm を超えるときは 20ppm 以下)
3	C O ₂ 含有率	1,000ppm 以下
4	温 度	(1) 17~28°C (2) 室内温度を外気温度より低くする場合には、その差を著しくしないこと
	相 对 湿 度	40~70%
6	气 流	0.5 m/s 以下

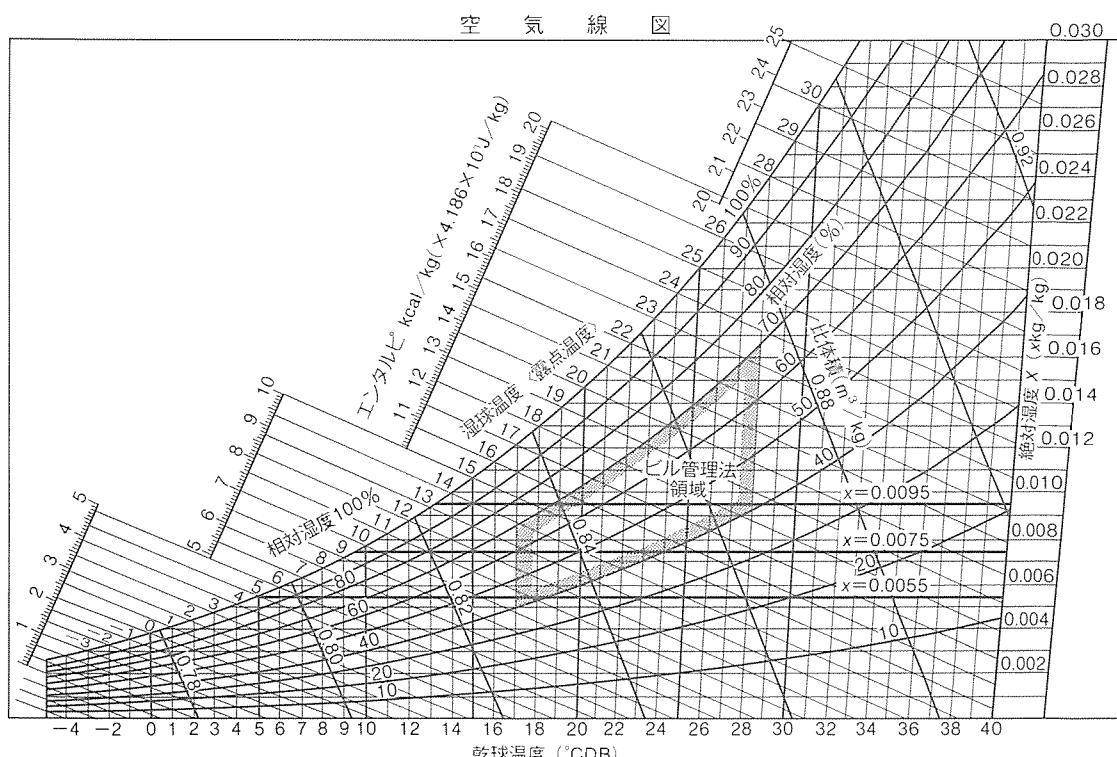


図10. 加湿制御における目標絶対湿度

湿度センサで検知した室内の相対湿度と、温度センサで検知した室温とによって室内の絶対湿度を計算し、これを上記の目標絶対湿度と比較し、直膨コイルへの冷媒流量をコントロールする。直膨コイルでの暖房能力が変化することにより、加湿器への流入空気温度が変化するため、自然蒸発式である透湿膜式加湿器の加湿量制御が行える。

湿度センサは本体内の吸込空気の風路内に取り付けられているが、将来的には別売湿度センサモジュールとして自由に居室内に設置でき、伝送信号による制御が可能となるよう拡張機能を持たせている。

4.5.3 加湿器異常検知

給水電磁弁がオープン状態で壊れたり、透湿膜のシートが破れて水が垂れ流しになった場合、又は逆に給水電磁弁の詰まり等で加湿が行われないようになった場合、加湿器異常として無電圧接点による外部への通報を行う。ユニット本体としては異常停止も行わず、単なる異常通報のみを行い、外気

処理ユニットとしての運転は続行する。異常検知は、給水タンク内のフロートスイッチの ON/OFF 状態をマイコンで監視することで行っている。

5. むすび

空質の向上、快適空調実現のため、外気処理ユニットの果たす役割は大きい。特にエアマルチでは、外気冷房・換気運転モードといったエアマルチ特有の運転も外気処理ユニットなしでは行えず、その必要性はますます大きくなっている。今回、外気処理ユニットとしては格段の機能アップを行い、快適性の向上・省エネの実現を図ることができた。ただし、完全なシステム商品であり、外気処理ユニットのみでは、その効果も小さい。

今後は、市場での使われ方を参考に、外気処理ユニット単体だけでなく、エアマルチシステム全体として進化させていかなければならないと考えている。

インバータ《ロスナイ》システム

篠田公成* 中村俊夫*
内藤 孝*
藤城 直*

1. まえがき

近年のビル空調では、複合機能形ビルの増加に伴う空調ニーズの多様化に対し、省エネ性、利便性(部分空調)、省スペース性等の点で優れた対応力を持つパッケージエアコンによる個別分散空調方式(冷媒マルチ)が主流となってきている。また、空調そのものも、従来は一部のビルを除き冷／暖房のみを主体に考えられてきたが、最近では、I.A.Q.(Indoor Air Quality)の向上を追求し、換気、加湿、除じん及び気流も制御要素に含めたトータル空調方式の採用が増加する傾向にある。なかでも、換気の要素は必然のものとなってきた。

全熱交換換気機器《ロスナイ》は、このように換気を冷／暖房の個別分散空調方式(冷媒マルチ)と同じレベルで考えたとき、必ず(須)の製品であるが、今回、施工性・経済性・メンテナント等の点からその《ロスナイ》本体を最小台数としながら、かつ上記空調ゾーンの一層の細分化にフレキシブルに対応できるよう、可変風量タイプの“インバータ《ロスナイ》システム”を開発したのでここに紹介する。

2. システムの特長

インバータ《ロスナイ》システムの主な特長は、次のとおりである。

(1) 細分化換気の実現

1台の《ロスナイ》に最大8台の電動ダンパー(電子制御タイプ)を接続でき、8ゾーンのパーソナル換気に対応可能である。ダクト分岐によって《ロスナイ》本体の台数を低減しているので、メンテナンス集約形のシステムが構築でき、ライフサイクルコストの低減が図れる。

(2) 空調機との連動は基本パターン

空調機が動けば換気を行うように、空調機と電動ダンパー(電子制御タイプ)との接続(HA信号(JEM-A規格)のモニター信号利用)が簡単にできる。

(3) 風量制御による送風機の搬送能力の低減、熱交換効率のアップ及び低騒音化

システムの風量制御は、個々の電動ダンパー(電子制御タイプ)の開閉信号(ON/OFF)により、運転している電動ダンパー(電子制御タイプ)の数に合わせて行われる。よって、その風量に見合った送風機運転しか行ないので、動力の低減はもちろんのこと、《ロスナイ》熱交換器の有効利用による効

率のアップ、さらに部分運転による低騒音が可能である。

(4) 外気冷房運転が可能

冷房負荷を軽減したり、又は春、秋に外の快適な新鮮空気を取り入れたいとき、《ロスナイ》本体に組み込まれた二つの温度センサ(排気吸込温度と外気吸込温度を検知)により、《ロスナイ》本体が判断して、自動で《ロスナイ》換気と普通換気(バイパス)を切替え、省エネ運転が実現できる。

(5) 無極性2線式の渡り配線により、シンプルな制御配線を実現

システムの制御系を構成する配線(電動ダンパー(電子制御タイプ)と電動ダンパー用個別リモコンの接続のみ有極性3線式)に、無極性2線シリアル伝送方式を採用することにより、システムを構成する各ユニット間の配線を簡素化すると同時に誤結線を防止している。

(6) 管理リモコン、個別リモコン及び空調機の三つからシステムの運転が可能

必要なゾーンのみの換気をするのに、管理リモコン、個別リモコン及び空調機の3箇所からシステムを制御することができる。

(7) 24時間タイマー内蔵による無人運転可能

システムのタイマー運転として、入タイマー、切タイマー及び入切タイマーの3種類を備えている。特に、切タイマーはスケジュール運転(毎日)とすることから、切り忘れ防止となっている。

3. システム構成と仕様

図1に今回開発したインバータ《ロスナイ》システムの構成ユニットである天つり(吊)埋込形インバータ付き《ロスナイ》、管理リモコン、個別リモコン及び電動ダンパー(電子制御タイプ)の外観、図2、図3にシステム構成、表1～表4に各ユニットの仕様を示す。

このシステムは、各々のゾーンに設置された排気ユニット(例えば排気グリル)又は、給気ユニット(例えば給気グリルや空調機の外気取込口)と接続された電動ダンパー(電子制御タイプ)の運転・停止により、個々の電動ダンパー(電子制御タイプ)の要求風量に見合ったトータル風量を、天吊埋込形インバータ付き《ロスナイ》から供給する。電動ダンパー(電子制御タイプ)の運転・停止は、管理リモコン、個別リモコン及び空調機のいずれかで行われる。

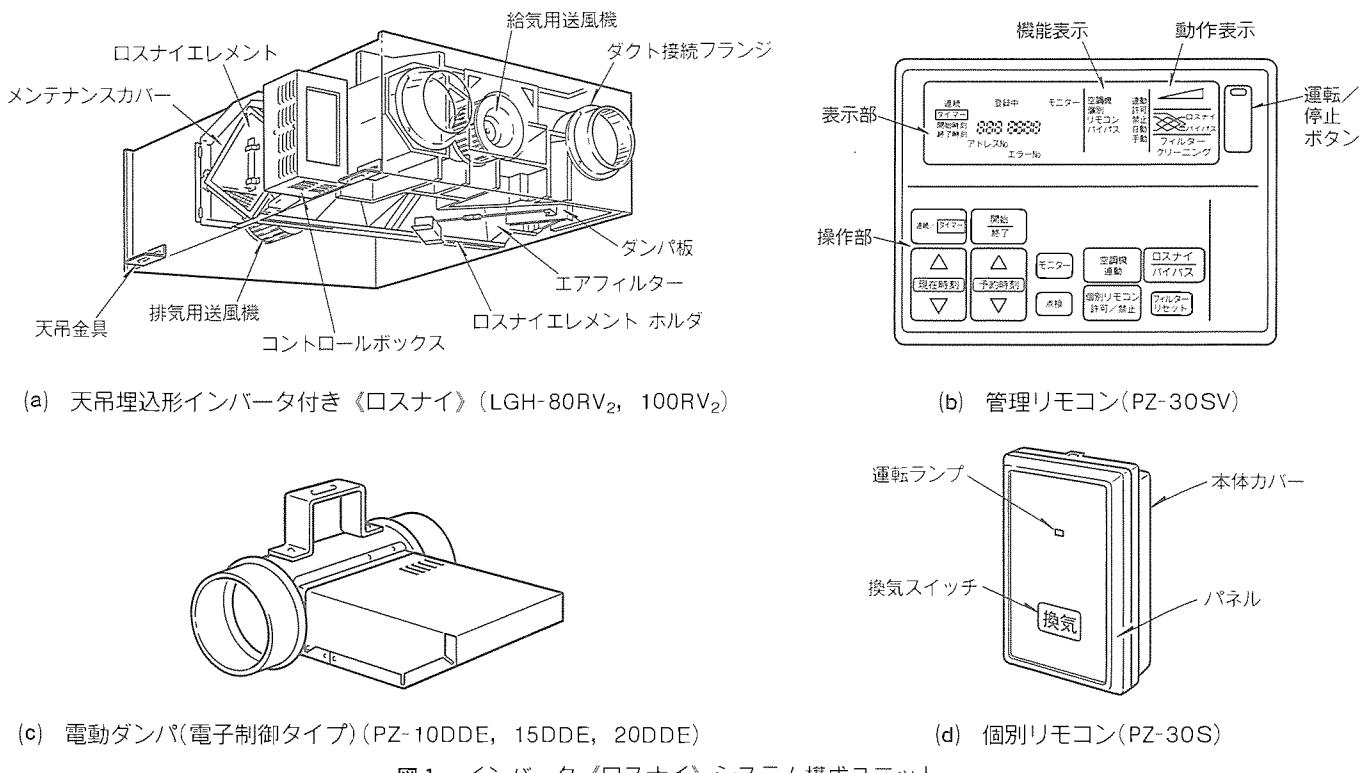


図1. インバータ《ロスナイ》システム構成ユニット

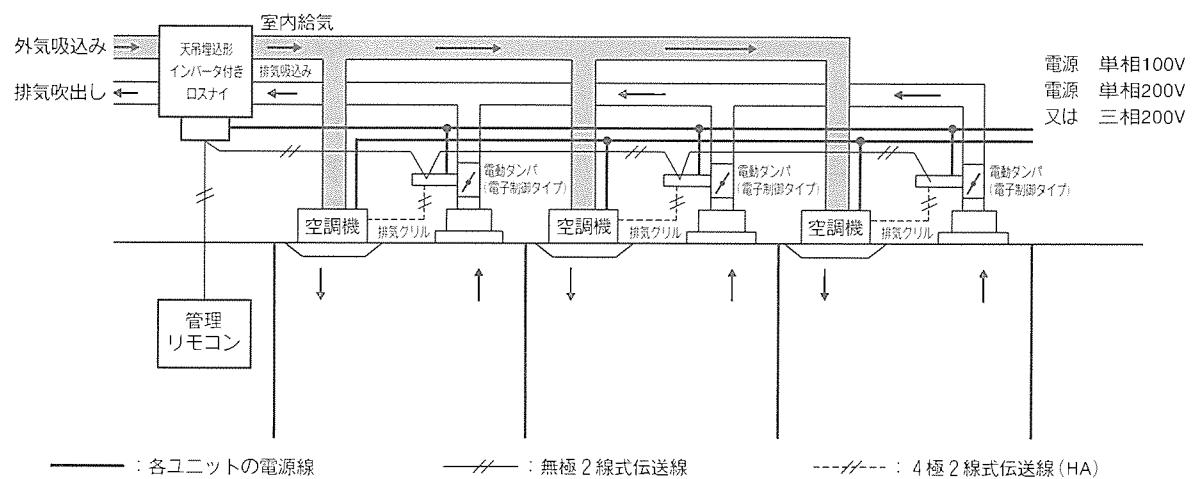


図2. 空調機運動システム

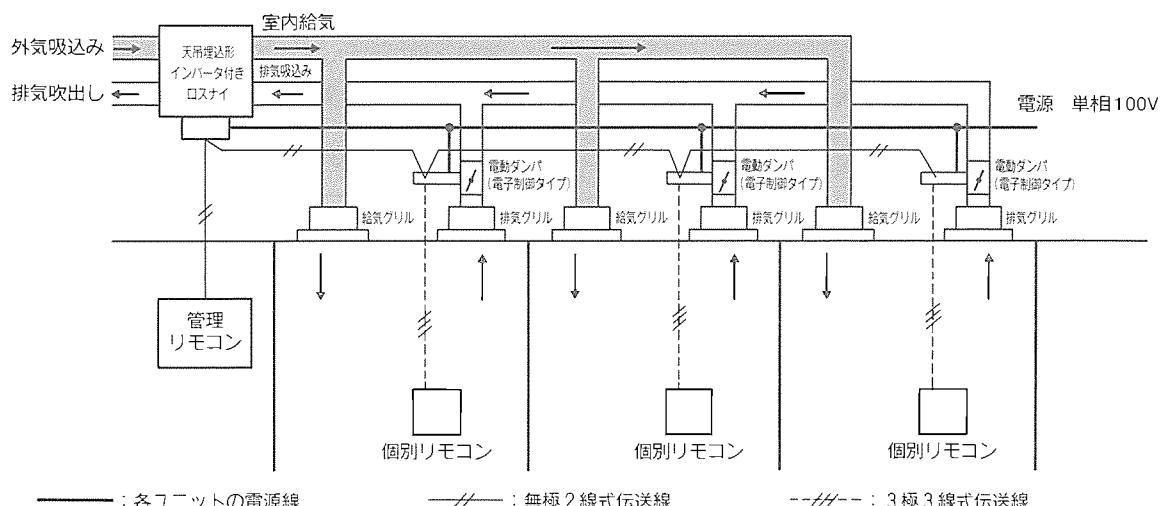


図3. 換気単独システム

4. システムの動作

4.1 システム用語定義

Q_{\max} :《ロスナイ》最大設定風量……機種ごとに設定済み

表1. 天吊埋込形インバータ付き《ロスナイ》の仕様

形名	LGH-80RV ₂		LGH-100RV ₂	
電源	単相 100V 50/60Hz		単相 100V 50/60Hz	
換気方式	ロスナイ換気	普通換気	ロスナイ換気	普通換気
電流(A)	6.5/6.3	6.5/6.3	7.8/7.8	7.8/7.8
入力(W)	540/530	540/530	620/640	620/640
風量(m ³ /h)	800	800	1,000	1,000
機外静圧(Pa)	147		147	
温度交換効率(%)	74	—	75	—
エンタルピー 暖房時	65	—	66	—
交換効率(%) 冷房時	60	—	61	—
騒音(dB) ^{*1}	42	42	44	44
接続ダクト径(mm)	250		250	
使用周囲条件	-10~40°C RH80%以下			
外形寸法(mm)	1,020×1,191×459		1,219×1,191×459	
質量(kg)	99		111	

注 *1 騒音値は本体直下1.5mの値

表2. 管理リモコンの仕様

形名	PZ-30SV
電源	天吊埋込形インバータ付きロスナイ本体から供給
通信方式	無極性2線シリアル転送方式
通信距離	総延長最大 500m
接続台数	天吊埋込形インバータ付きロスナイ本体1台 電動ダンパ(電子制御タイプ)最大8台
使用周囲条件	0~40°C RH 85%以下
質量(g)	173
外形寸法(mm)	130×120×15

制御機能	運転・停止	システムの運転/停止切替え
	連続・タイマ	連続運転/タイマー運転モード切替え
	空調機連動	空調機運転時にロスナイを連動運転
	個別リモコン	電動ダンパに接続した個別リモコンの操作を許可/禁止
	ロスナイ/バイパス	手動ロスナイ換気・手動バイパス換気・自動換気の切替え
表示機能	運転表示	ロスナイ本体の運転を表示
	風量表示	ロスナイの風量に合わせて表示
	時刻表示	現在時刻・タイマー運転の開始/終了時刻
	機能表示	空調機連動・個別リモコン許可/禁止・バイパス手動/自動を表示
	ロスナイ/バイパス	ロスナイ換気又はバイパス換気の状態表示
モニター	アドレスNO・電動ダンパ接続台数・ダンパ風量設定状況表示	
	通信異常	通信異常をエラーコードで表示

であり 800m³/h と 1,000m³/h の2種類がある。

Q_{\min} :《ロスナイ》最小限界風量……機種ごとの能力による。

n :電動ダンパアドレス……複数個ダンパにアドレス設定(初期設定)

k_n :風量リクエストコード……電動ダンパ吹出し風量の重み付け(初期設定)
3段階風量(大・中・小のスイッチ切替で、それぞれコード3, 2, 1の重み付けをする)

q_0 :システム基準風量……

$$q_0 = Q_{\max} / \sum k_n$$

(初期設定で決まる。)

d_n :運転コード(運転状態で決まる)……電動ダンパが運転時は“1”, 停止時は“0”とする。

Q_t :《ロスナイ》運転風量(実動時の風量)
 $\dots \dots Q_t = q_0 \times \sum (k_n \times d_n)$
ただし, $Q_t < Q_{\min}$ のとき
 $Q_t = Q_{\min}$ とする。

4.2 設定方法

具体的にシステムを構成したときの要求風量設定方法を以下に示す。ここでは、天吊埋込形インバータ付き《ロスナイ》として 800m³/h を使用し、4 分岐した場合の例を示す(詳細は図4を参照のこと。)。

条件として、各電動ダンパ(電子制御タイプ)の風量重み付けは、それぞれアドレス 1=大(3), アドレス 2=中(2), アドレス 3=中(2)及びアドレス 4=小(1)とする。

$$Q_{\max} = 800 \text{m}^3/\text{h}$$

$$k_1 = 3, k_2 = 2, k_3 = 2, k_4 = 1 \text{ から}$$

$$q_0 = Q_{\max} / \sum k_n$$

$$= 800 / (k_1 + k_2 + k_3 + k_4)$$

$$= 800 / (3 + 2 + 2 + 1)$$

$$= 100 \text{m}^3/\text{h} \dots \dots \text{システム基準風量}$$

次に実動状態をして、アドレス 1, 3 及び 4 の電動ダンパが運転しているとすると、

表3. 個別リモコンの仕様

形名	PZ-30S
電源	電動ダンパ(電子制御タイプ)から供給
通信方式	有極性3線方式
通信距離	最大 50m
接続台数	電動ダンパ(電子制御タイプ)1台
使用周囲条件	0~40°C RH 85%以下
質量(g)	72
外形寸法(mm)	115×70×20
機能	モーメンタリスイッチの操作で電動ダンパ(電子制御タイプ)の運転/停止を要求

$$\begin{aligned}
 d_1 = d_3 = d_4 = 1, \quad d_2 = 0 \text{ から} \\
 Q_t = q_0 + \sum (k_n + d_n) \\
 = 100 \times (3 \times 1 + 2 \times 0 + 2 \times 1 + 1 \times 1) \\
 = 600 \text{ m}^3/\text{h} \cdots \cdots \cdots \text{《ロスナイ》運転風量}
 \end{aligned}$$

表4. 電動ダンパの仕様

形名	PZ-10DDE	PZ-15DDE	PZ-20DDE
電源	単相 100V 50/60Hz		
入力(W)	6/5		
適用ダクト径(mm)	100	150	200
使用周囲条件	-5~40°C RH 80%以下		
外形寸法(mm)	径 98×260×152	径 148×260×202	径 198×300×252
質量(kg)	2.7	3.2	4.0
機能	ダンパ遮へい角切替機構付き		

となる。さらに、この状態からアドレス3の電動ダンパが停止すると、

$$\begin{aligned}
 d_1 = d_4 = 1, \quad d_2 = d_3 = 0 \text{ から} \\
 Q_t = q_0 \times \sum (k_n + d_n) \\
 = 100 \times (3 \times 1 + 2 \times 0 + 2 \times 0 + 1 \times 1) \\
 = 400 \text{ m}^3/\text{h} \cdots \cdots \cdots \text{《ロスナイ》運転風量}
 \end{aligned}$$

4.3 風量の調整機能

4.2節で示したように、電動ダンパ(電子制御タイプ)から各ゾーンに供給されるトータル換気風量は、天吊埋込形インバータ付き《ロスナイ》側で決まるが、《ロスナイ》本体から各分岐ダクトを介して末端部分に達するま

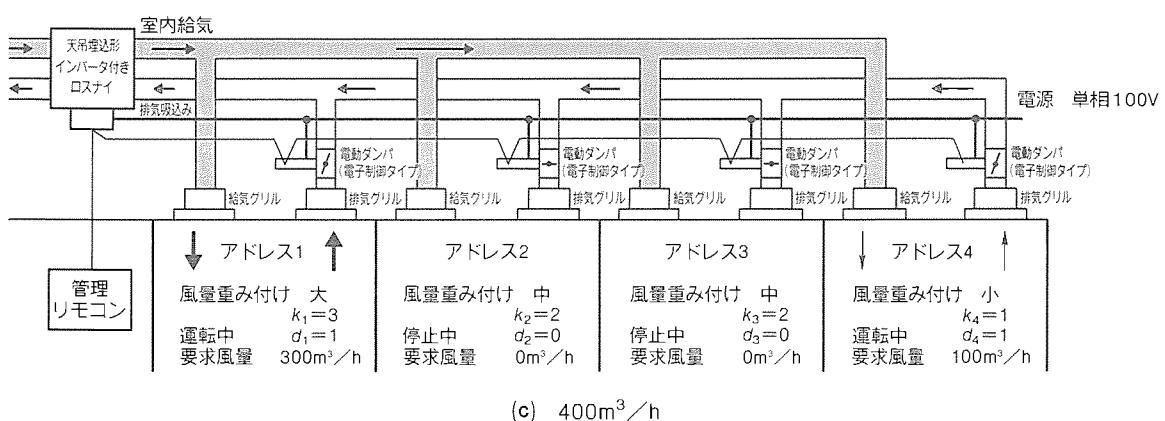
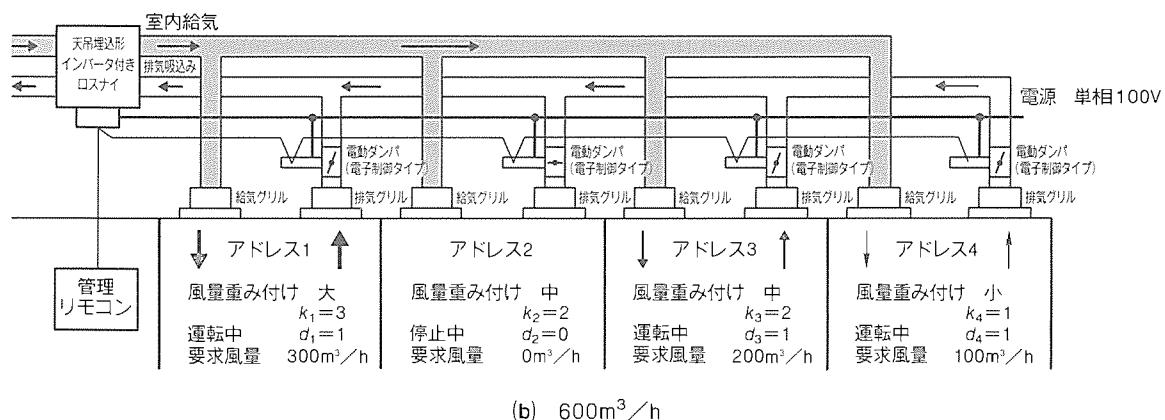
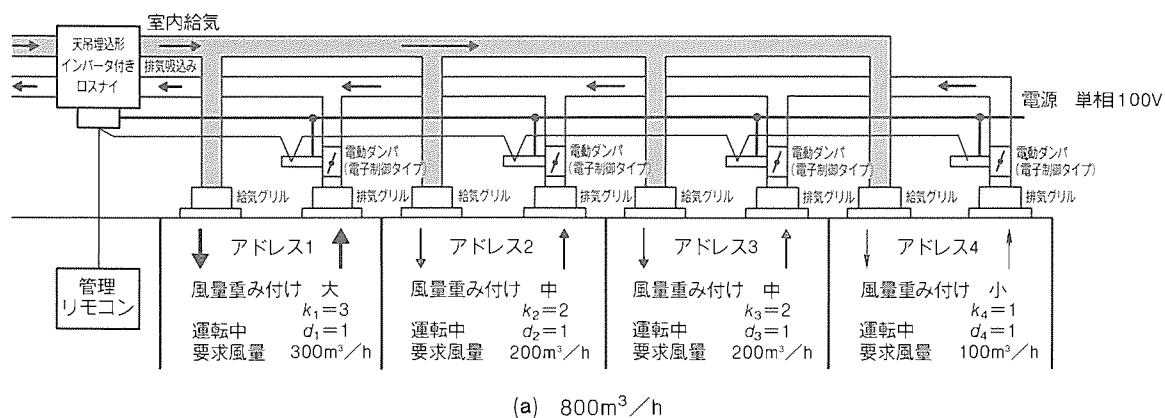


図4. システムの設定方法と実動パターン

での風路圧損が異なるので、風量調整が必要となる。そのため、電動ダンパ(電子制御タイプ)には、機械式のダンパ開度調整機構が付いており、初期設定時、レバー操作でダンパ開度を0~90度の範囲内で選択することにより、風量調整を可能としている。

4.4 空調機連動と各リモコン運転機能

インバータ《ロスナイ》システムは、必要なゾーンに設置された電動ダンパ(電子制御タイプ)を動かすことで、ゾーンの必要換気量を確保するシステムであるが、その方法として管理リモコン、個別リモコン及び空調機の3箇所からの指示が可能である。なかでも空調機連動は最優先であり、機能が有効(管理リモコンの空調機連動キーがON状態)であるかぎり、空調機とHA信号で接続された電動ダンパ(電子制御タイプ)は、空調機の運転に伴って動く。これにより、事務所ビル等で空調が始まるとともに、換気が始まるといった空調と換気の一体システムを構築することができる。

4.5 《ロスナイ》換気／普通換気(バイパス換気)

自動切替機能

インバータ《ロスナイ》システムでは、冷房時の外気負荷を軽くしたり、夏場の夜間、ビルからの排熱を行うために自動で《ロスナイ》換気と普通換気(バイパス換気)を切り替える

機能を持たせている。なかでも、冷・暖房需要の少ない春、秋の中間期に空調機の運転信号なしで自動切替えができる機能を備えている。具体的には、天吊埋込形インバータ付き《ロスナイ》本体に組み込まれた二つの温度センサ(排気吸込温度と外気吸込温度を検知)信号を使って、それぞれの温度絶対値、温度差及び時間要素を盛り込んだアルゴリズムでそれらを可能としている。

5. 実施例

インバータ《ロスナイ》システムを実際に使用した場合の性能について示す。システムの構成は図5に示すとおりである。

5.1 評価項目

- (1) 四つのゾーンA~Dまでのすべての電動ダンパを運転したときの風量配分、入力及び騒音。
- (2) A~Dのなかで1箇所の電動ダンパを閉じ、3箇所で運転したときの風量配分、入力及び騒音。
- (3) A~Dの電動ダンパについて、それぞれの風量重み付けを変えてすべての電動ダンパを運転したときの風量配分、入力及び騒音。
- (4) A~Dの電動ダンパについて、それぞれの風量重み付けを変えて、その中の2箇所の電動ダンパを閉じ、2箇所で運

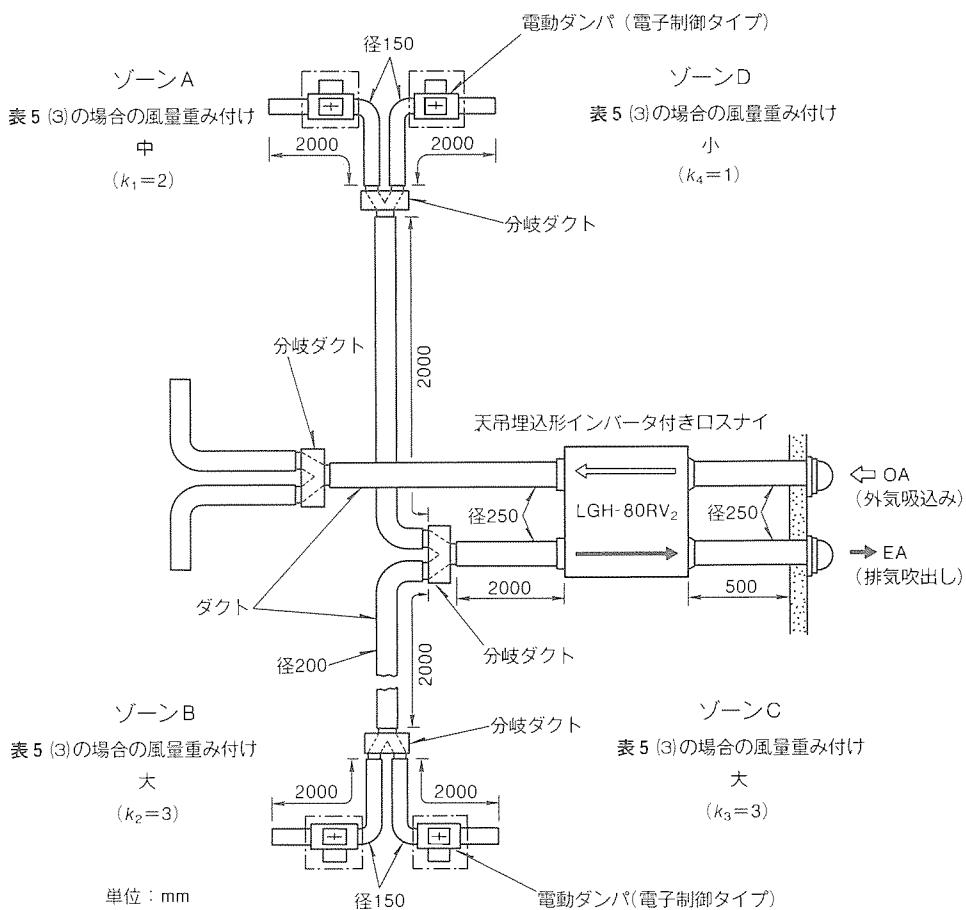


図5. 実施例

表5. システム評価結果

(1)の場合			(3)の場合		
ゾーン	風量配分 (m³/h)	目標風量配分 (m³/h)	ロスナイ本体		
			入力(W)	騒音(dB)	
A	220	225	600	43	
B	223	225			
C	230	225			
D	235	225			
トータル	908	900			

(2)の場合			(4)の場合		
ゾーン	風量配分 (m³/h)	目標風量配分 (m³/h)	ロスナイ本体		
			入力(W)	騒音(dB)	
A	223	225	260	34	
B	193	225			
C	198	225			
D	—	—			
トータル	614	675			

転したときの風量配分、入力及び騒音。

5.2 結 果

表5に結果を示す。この表を見て分かるとおり、目標風量配分比に対して±15%弱の誤差で一致していることが分かる。また、入力及び騒音についても電動ダンパーの停止に伴い減少しており、省エネ効果及び部分運転による低騒音化が図られている。

6. む す び

パッケージエアコンによる個別分散空調方式に対応した換

気の個別分散システムとして開発したこのシステムは、初期の目的とした製品1台によるフレキシブルな換気を実現することができた。

今後のシステム展開として、さらにきめ細かな個別分散換気を実現するとともに、種々のセンサを利用した自動換気、さらには換気に加え、空清(除じん)、加湿、除湿及び気流といった機能も盛り込んだ個別分散化を考えている。

ロスナイエアモニター“VL-1200AM”

中村裕信*
鈴木 正*
中村俊夫*

1. まえがき

近年、住宅の高気密化に伴い、室内にたばこ・建材・ペットなどのにおいがこもっていたり、人間の呼気などによるCO₂や人間に害を及ぼす気体の濃度が高くなっている。また、たばこの煙・ほこり・水蒸気などは室内で発生すると室外に出にくくなっているため、建物にとっては壁材の黄ばみ・汚れ、特に冬については壁面・押入れの結露被害の原因となっている。そして、壁面や押入れに発生した結露がカビ・ダニの発生の原因ともなり、それが元でアレルギー症といったように、中に住んでいる人間の健康に害を及ぼすことも多くなってきている。

ところで、住宅用ロスナイとして従来から言ってきたロスナイエレメントによる全熱交換での冷暖房時に、省エネをしながら強制同時給排による確実な換気を行うという基本機能に、たばこの煙などの還元性ガスによる“自動運転タイプ”，冬期壁面結露防止のための“排湿用”，遮音効果を更に高めた“防音用”，給気をもっと積極的に活用した“給気流コントロール”といった機能を追加した製品で室内環境の改善を目指してきた。

しかし、開発の意図と市場との間にはギャップがあり、必要な人には受け入れられるが、一般の居住者・使用者にはロスナイの効果が理解されにくいのが現状であり、換気的重要性も住宅内の居間では一般的にロスナイ購買決断にまで至るポイントとはなっていない。

そこで、今回開発を行ったロスナイエアモニター“VL-1200AM”は、こういう市場背景の中で7種類の室内外の環境状態をビジュアル表示し、通常あまり意識していない空気の状態(特に室内での)をユーザーに伝える“見せる”役割と、その表示の中で換気不足がもとで生じる室内空気汚染や過度の湿気の室内滞留に対してはロスナイの“自動運転”，そして表示機能付きロスナイという話題性の創出を行い、住宅での換気の重要性を自らユーザーに“知らせる”役割を持った商品として開発を行った。

ここでは、ロスナイエアモニターの概要と実使用時における性能評価結果について述べる。

2. 特長

ロスナイエアモニター“VL-1200AM”的主な特長は次のとおりである。

(1) 外気温・室温・室内湿度のデジタル表示

(a) 外気温

ロスナイ本体室外側の検知部にあるセンサにより、30分に1回、5分間の測定値平均を表示する。

(b) 室温及び室内湿度

室内側センサケース内の各センサにより、1分ごとにその測定値平均を表示する。

(2) 空気の汚れを汚れモニターで3段階表示、ロスナイの自動運転

(a) 検知できる空気の汚れ

- 一酸化炭素
- たばこの煙に含まれる還元性ガス
- 有機ガスなど

(b) 検知できない空気の汚れ

- 炭酸ガス
- 砂や綿ボコリ
- 油気やにおいなど

(3) 壁面結露を予測し、結露モニターで3段階表示、ロスナイの自動運転

空気線図をもとに、測定した室内温湿度から室内の露点温度を8ビットマイコンで演算、また同時に測定した外気温から室内壁面温度を同じマイコンで予測演算し、壁面結露が予測される時にモニターを点灯させ、かつロスナイの運転を行う。

(4) 梅雨・夏の室内多湿状態を示す多湿モニター、冬の室内乾燥状態を示す乾燥モニター表示

(a) 人間にとって梅雨・夏の室内のジメジメしが過ぎ、冬の室内のカラカラしが過ぎは快適感を損なう。そこで、多湿モニターで梅雨・夏の室内湿度の上がり過ぎ、乾燥モニターで冬の室内湿度の下がり過ぎを知らせるモニター表示を行う。

(b) システム部材の接続スイッチ P-1200AS, P-1200AS Uを介して、市販の除湿機、加湿器(ただし、通電すれば即運転できるタイプの製品)を接続すれば多湿モニター、乾燥モニターによる連動運転が可能である。

(5) ワイヤレスリモコン付属

- 夜間のモニター表示部の消灯可能
- 自動に切り替えることによるロスナイ自動運転、外部機器(除湿器)連動出力可能
- ロスナイの運転開始・風量切替え・停止の操作可能

(リモコン紛失時は、本体操作部でもロスナイの運転開始・風量切替え・停止の操作のみ可能)

3. 構成と仕様

図1に今回開発したロスナイエアモニター“VL-1200AM”の外観、図2に構成と各部の名称を示す。

3.1 構 成

ロスナイエアモニターのオリジナルの本体は、VL-1200Sタイプであり、JIS 30cm木枠にすっぽり納まる製品である。図2に示すように、ロスナイの本体部の室内側部分に室内の温湿度を検知するセンサケースと、室外側に外気温の検知部を設け、また汚れ検知部が内蔵された回路ケース内に8ビットマイコン及び制御回路とモニター表示部、本体操作部を設けてあり、それぞれが接続・結合されている。また、ロスナイの運転により、室内の汚れや過度の湿気は室外に排出されるが、室内に給気される新鮮空気はロスナイエレメントによって全熱交換されて、外気中に含まれる外気粉じん・花粉などはエアフィルターによって除去されて導入される。図3、

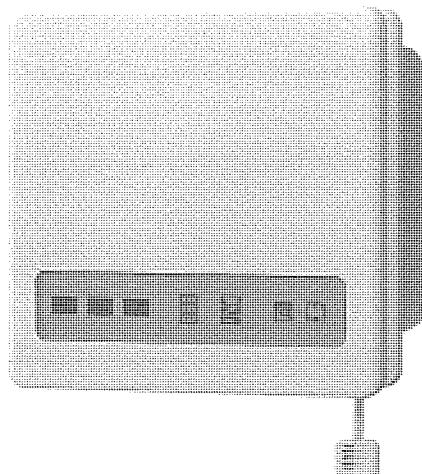


図1. ロスナイエアモニター“VL-1200AM”的外観

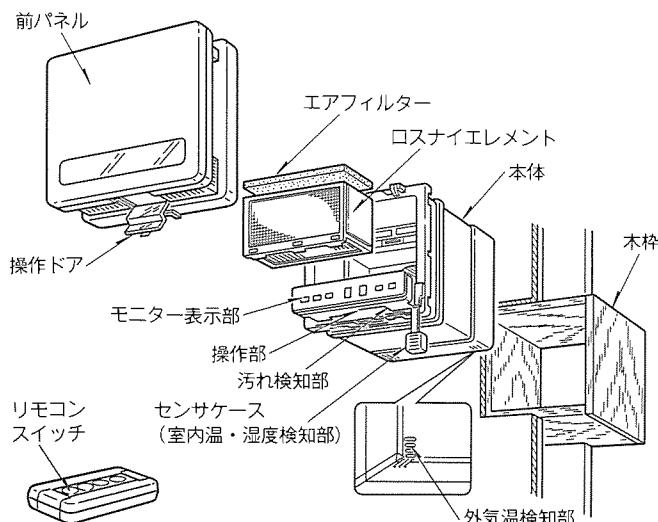


図2. ロスナイエアモニターの構成と部品名称

図4は、図2の中で特にモニター表示部、本体操作部を拡大した図である。

また、図5はワイヤレスリモコンの説明図である。

3.2 仕 様

表1にロスナイエアモニター“VL-1200AM”的仕様を示す。特に安全性を確保するために、この製品の回路部分には下記の安全装置を設けた。

- (1) 電流ヒューズ 2個 異電圧印加やシステム部材との誤結線による過電流防止用。
- (2) 電源トランス 1次側に温度ヒューズ 換気送風機・電気式シャッタのロック、異電圧印加による温度過昇防止用。
- (3) 換気送風機用モータ内部に温度ヒューズ

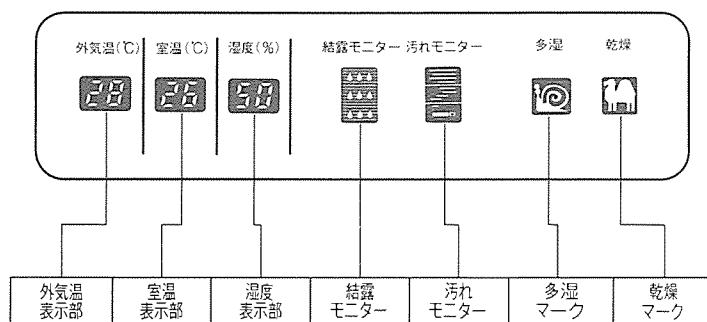


図3. モニター表示部の詳細

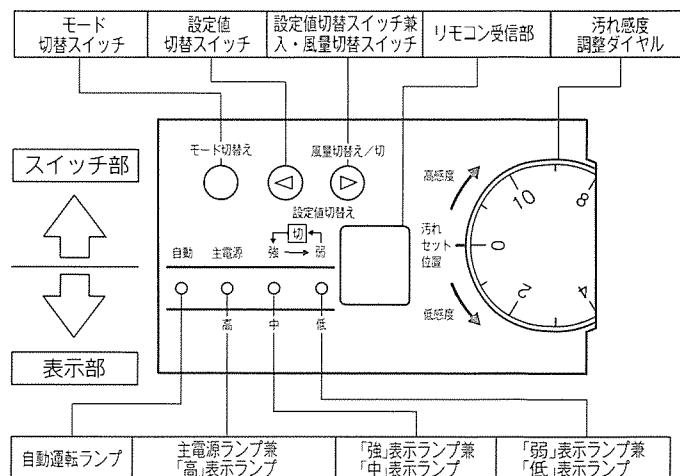


図4. 本体操作部の詳細

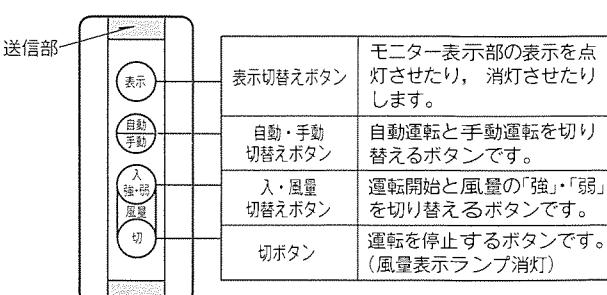


図5. ワイヤレスリモコン説明図

表1. ロスナイエアモニター“VL-1200AM”の仕様

換気機能	給排	周波数(Hz)	ノッチ	消費電力(W)	風量(m³/h)	熱交換効率(%)	騒音(ホン)	質量(kg)			
	強制同時給排	50	強	35.5	70	67	39.5	6.5			
			弱	24.0	50	70	32				
		60	強	39.5	70	67	39.5				
	表示範囲			使用センサ		表示範囲		使用センサ			
モニター表示	外気温	-15~40°C	サーミスタ	結露	3段階表示	温湿度表示用と同じ					
	室温	-15~40°C	サーミスタ	汚れ	3段階表示	SnO ₂ -n形半導体雑ガスセンサ					
	湿度	30~80%	半導体湿度センサ	多湿	ON OFF	湿度表示用と同じ					
	表示範囲外	下方L L	上方H H	乾燥	ON OFF						
用途	本体の設置してある付近の環境状態の表示を主とし、ユーザーの本体又はワイヤレスリモコンによる操作でロスナイ換気運転を行う。表示部は、7セグLED、面発光LEDでデジタル数値表示、キャラクタ表示を行う。										
使用条件	室内側 温度0~40°C、湿度90%以下										
本体	VL-1200 S タイプ 300mm 角穴取付けロスナイ										
電動機	4Pコンデンサ誘導形E種										
羽根	直径170mm 長さ46mm シロッコファン(ABS製)										
熱交換器	静止透過形全熱交換器										
フィルター	SA側 フィレドン PS/400(AFI規格で重量法82%)										
使用センサ	温度 室内外ともサーミスタ使用 湿度 高分子半導体相対湿度センサ 汚れ SnO ₂ -n形半導体雑ガスセンサ(反応ガス CO, HC, NO _x , etc)										
使用回路	表示基板マイコン基板 操作基板 電源基板 湿度センサユニット 雜ガスセンサユニット]合計6基板 電源トランジス (使用部品は所内認定部品を使用)										
本体 コントロール	本体操作部		風量切替え(ロスナイ強→弱→一切) 設定値変更 除加湿設定値 主電源(入→一切)								
	ワイヤレスリモコン		エアモニター表示入→一切 ロスナイ自動→手動 ロスナイ強→弱 ロスナイ切								
ワイヤレス リモコン 到達範囲	直線距離5m、広がり角度120°で本体の操作ができます。										

送風機のロックによる温度過昇防止用。

(4) 回路ケース内に温度ヒューズ

上記安全装置と二重の意味でのロスナイ本体からの発煙・発火防止用。

このように安全性には特に注意を払って、回路部分からの発煙・発火がないようにし、さらに回路ケース自体も難燃性のプラスチックを使用した。

4. 性能評価

今回開発したロスナイエアモニター“VL-1200AM”は、表示機能付きロスナイとして、そのモニター表示の中でも汚れモニター、結露モニターによって住宅における換気の重要性の認知度を上げ、さらには高気密住宅でのロスナイの必要性を市場に定着させる役割を持たせてあるが、住宅用ロスナイの機種系列の中で初めて本格的にセンサやマイコン、電子回路を搭載した機種もある。この製品を開発するに当たり、幾つかの製品設計上のポイントがあったので、ここに紹介する。

- (1) 6~8畳(在室人員3~4人)に必要な換気風量を確保すること(強ノッチ時)。
- (2) 室内温湿度・外気温の表示値は、室内外圧差や外風の影響を受けにくいくこと。
- (3) 汚れモニター、結露モニターは確実に動作すること。
- (4) 誤結線・異電圧印加などによって発煙・発火のないこと。
- (5) ワイヤレスリモコンは、5m以内で確実に操作できること。
- (6) 容易に点検及び整備ができる構造であること。

以上のようなポイントを踏まえ、センサ位置や安全装置の設定を行った。ここでは、住宅での換気の必要性の認知度を上げるために搭載した汚れモニター、結露モニターに関する実使用評価の結果について特に説明する。

4.1 汚れモニター

汚れモニターに関しては、喫煙に対しての実使用評価を行った結果を示す。測定条件及び測定結果に関しては、図6に示すとおりである。

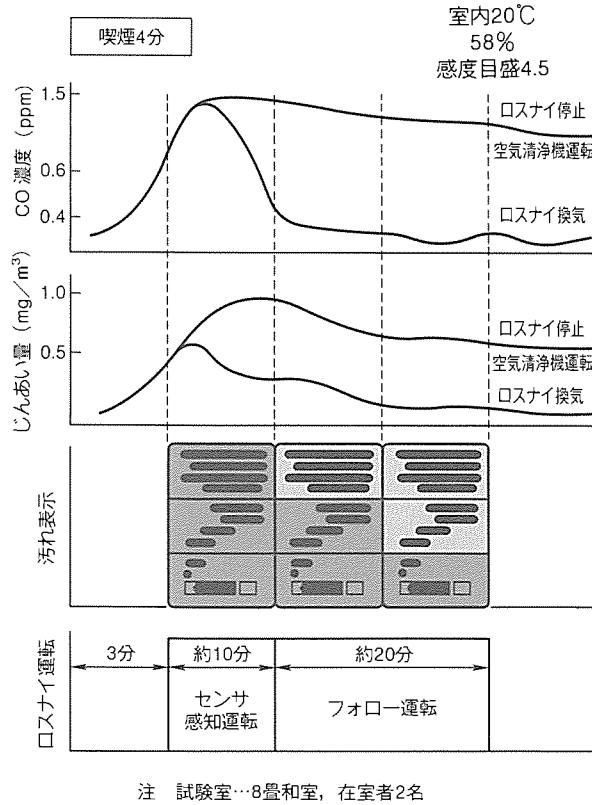
この結果から分かることは、じんあいの除去能力は比較に

使った空気清浄機とほぼ同様の能力を持っており、たばこに含まれるCOのようなガス成分については、換気によってのみ有効だということが再確認できた。高気密化された住宅内での換気の必要性を訴えることができるような結果である。

また、参考までに、同じ部屋でファンヒーター運転時の換気効果も確かめてみたが、自然換気のみに頼る場合と比べて、室内のCO₂濃度を下げるることはできたが、ビル等の環境衛生基準(通称ビル管法)で定められた1,000ppmまで下げるることはできなかった。

4.2 結露モニター

冬の室内壁面結露は、非常に微妙な現象で単に換気を行って室内の湿気を外に排出すれば解消するものではなく、室内の温度を下げないことも重要であり、“排湿用”ロスナイではこのことに注目して市場に導入したわけである。実際、住宅の形態としては、壁面・ガラスの高断熱化によって結露防止する方向で、近年進んできているわけであるが、結露による被害は高気密ではあるが低断熱である建物で生じている。したがって、冬にはロスナイは室内の湿度を換気によって下げながら、熱交換によって室内温度をあまり低下させずに室内の露点温度と壁温度の差を大きくし、結露防止ができるわけであるが、今回のロスナイエアモニターでは外気温と室内温湿度をセンシングしてデジタル表示しているわけであるから、そのセンシングした値を用いて結露の生じるおそれがあ



るかどうかを判定することを考えた。

基本的な考え方を図7に示す。図において用いた記号は、次のとおりである。

T : 室温 φ : 室内湿度 T_D : 室内露点温度

T_o : 外気温 T_W : 室内壁面温度

R_t : 壁の熱抵抗 R_{si} : 室内側表面熱伝達率

室温と室内湿度により、空気線図をもとにして室内露点温度を算出、また外気温、室温及び壁の熱抵抗などによって室内壁面温度を算出し、これらの2値の比較により、壁面結露発生の予測を行った。

以上のようにプログラムされた内容をもとにロスナイエアモニターの自動運転による排湿効果を示したのが図8である。

5. ロスナイエアモニターによる“空気づくり”

今回、このロスナイエアモニターで行った住宅における換気の必要性の訴求は、汚れモニター、結露モニターとの連動による自動運転によって代表させたが、ほかにもロスナイエアモニターで可能な室内の“空気づくり”について表2に示す。

ロスナイ自体が従来から持っていた空調機の冷暖房運転及

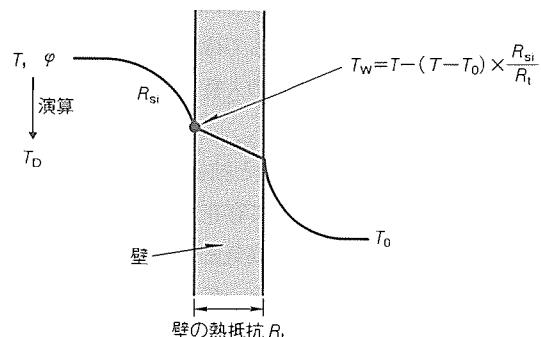


図7. 結露モニターの基本的な考え方

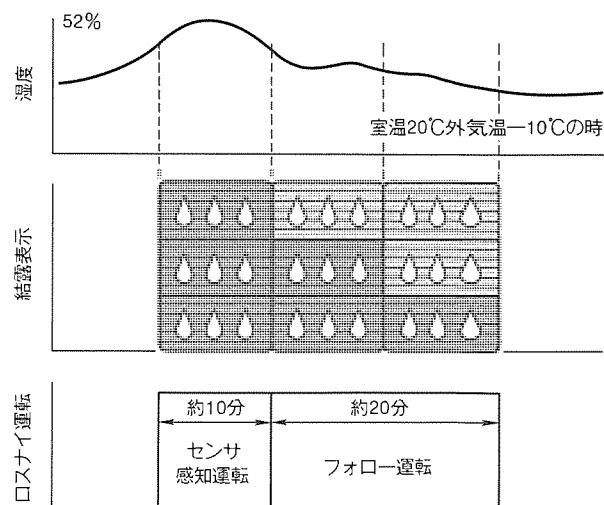


図8. ロスナイエアモニターによる排湿効果

表2. ロスナイエアモニターによる“空気づくり”

	空 気 作 り	表 示 機 能
通 年	①冷暖房時に省エネ換気ができる。 ②たばこ・アルコール等から発生する還元性ガスに反応して運転する。(ロスナイ運動) (CO, CO ₂ については、換気によってのみ清浄化できる。) ③外気中の粗じんを取って給気する。(給気フィルター付き)→外気清浄 60~70%の捕集効率 ④27dB の遮音効果。(ロスナイの効果)	汚れモニター
冬	①暖房による室内の温湿度環境をあまり変えずに換気ができる。(ロスナイの効果) ②設置してある部屋の壁面結露が発生しない湿度に抑える。(ロスナイ運動) ③室内で不足している水分を加湿する指示を出す。(外部機器運動)	結露モニター 乾燥モニター
中間期	①春に花粉を取って給気をする。(給気フィルター付き)→外気清浄 80%の捕集効率 ②表示された外気温と室温の差を目で見て空気の入替えをする目安にできる。	室内温湿度モニター, 外気温モニター
夏	①冷房による室内の温湿度環境をあまり変えずに換気ができる。(ロスナイの効果) ②室内の湿度の上がり過ぎを抑えるように指示を出す。(外部機器運動) ③午前中や夜間に表示された外気温と室温の差を目で見て空気を入れ替える目安にできる。	多湿モニター 室内温湿度モニター, 外気温モニター

注 モニターとして使用している場合は、汚れモニター・結露モニターが点灯したら換気をする目安にできる。

びドライ運転時の外気負荷を低減することによる空調機のランニングコストの低減や、室内への給気温度を外気温度から室内温度に近づける効果、また、新幹線沿線や空港周辺で採用されている理由の一つである遮音効果につけ加え、室温と外気温をディジタル表示したことにより、中間期(春・秋)に外気温のわりに室温が上がってむし暑くなったりときや、夏の午前中・夜間に外気が涼しいときに、窓を締め切っているときが付くにくく、空調機によって冷房を続けていることがよくあるが、自然外気との空気の入替えのみで涼しさの確保が行えれば省電力が可能である。

また、湿度のディジタル表示と結露モニター、乾燥モニターにより、特に冬に矛盾として存在する加湿と建物の室内壁面結露との関係が認識でき、高気密化の進んだ住宅では中に住んでいる人間と建物自体にとってバランスのとれた加湿が必要であることを提案している。

今回はロスナイ機能では達成できない梅雨・夏の室内のジメジメし過ぎを多湿モニター、冬の室内のカラカラし過ぎを乾燥モニターで表示を行い、接続スイッチを介して除湿機、加湿器を接続できることも可能にしたが、細かい制御ではなく、過度であることを改善するだけにとどめている。しかし、

人間にとって比較的知覚しにくい湿度が良きにつけ悪しきにつけ、住宅内で建物自体にも中に住んでいる人間にとっても、いろいろな役割を果たしていることを認識していただけるのではないか。

6. む す び

今回のロスナイエアモニターで分かりにくい空気の状態を検知して表示するとともに、住宅の中での換気の必要性の訴求を汚れモニター、結露モニターによるロスナイの自動運転で効果を示し、ロスナイ購買意欲の顕在化を行おうと考えた。しかし、これは逆の見方をすると、室内の環境状態が悪くなつたので改善しようという古い概念での換気である。ロスナイの持っている給気空気をもっと積極的に利用するとか、熱交換や省エネの効果を上げるという形でロスナイの機能を高めるとともに、今後ますます増加していく高気密住宅で空気を確実に入れ替える有効な換気手段としてのロスナイ普及を図るために、IAQニーズに合った商品開発を継続すると同時に、いろいろな機会をとらえてロスナイの有効性を訴えていく。

冷蔵庫用ローリングピストン型圧縮機の高効率化

幸田利秀* 中根和広**
木藤良 善久*
平原卓穂**

1. まえがき

ローリングピストン型圧縮機は、①吸入弁がない、②圧縮行程がスムーズ、③回転バランスに優れる、④小型・低コストなど数多くの特徴を持つ代表的な圧縮機型式である。

当社では、1970年にローリングピストン型圧縮機を家庭用エアコンに搭載し、1980年には冷蔵庫用として世界で初めて横置き型圧縮機を開発、製品化した⁽¹⁾。その後も高性能化、高機能化を進めてきたが、冷蔵庫用圧縮機は空調用に比べて機械損失の割合が大きく、また冷媒流量が少なく過熱されやすく、効率改善は限界に近い状況にあった。

そこで、この圧縮機を対象にその基本設計を見直し、効率限界のブレークスルーに挑戦する研究を行った。効率改善を図るために、圧縮機構部の損失解析、熱・流動解析やモータ設計技術を高度化し、各種損失を精度良く分析評価して改善策を探り、その基本構成を見直した。その結果、研究試作機として、現行機に対して約10%の大幅な効率改善を実現する方策が明らかとなった。以下、この研究の概要について述べる。

2. 圧縮機の性能、損失分析

2.1 現行圧縮機について

効率改善の研究のベースとなる圧縮機に、現在、当社において冷蔵庫用圧縮機として生産中の横置きローリングピストン型圧縮機を選択した（以下“現行圧縮機”という）。現行圧縮機の主な仕様を表1に示す。また、図1は断面構造で、その構成を以下に説明する。

圧縮機容器内部は吐出圧力に維持され、容器下部に潤滑油が蓄えられる。圧縮機容器とシリンダ内圧力との高低差圧を利用して、潤滑油をシール部や軸受部に給油する差圧給油構造を探っている。圧縮機構部は、単気筒のローリングピストン型で構成され、吸入ガスは直接シリンダ内に入り、圧縮が開始される。圧縮されたガスは容器内に吐出された後、ガス中の油が分離され、容器外に吐出される。

2.2 損失の分析と効率改善

圧縮機の効率改善を図るために損失の低減が必要であり、図2に示すモータ損失、機

械損失、図示損失等の各損失を定量的に評価することが重要である。

まず、効率改善の基礎となる総合性能を把握するため、カロリーメータを用いて現行圧縮機の入力や冷凍能力等の性能計測を行った。さらに、モータ損失はモータ単体による特性試験で分析し、図示動力はシリンダ内圧力を測定し、コンピュータによる解析を行い、各種動力の分析を実施した。なお、性能は表2の測定条件を基準としている。

分析評価試験の結果例として、図3に現行圧縮機の動力及び損失の内訳と体積効率の分析結果を示す。同図(a)から分かるように、圧縮機の全入力のうち、約54%が有効な理論圧縮動力であり、モータ損失は約20%、機械損失は約11%の割合を占める。約16%がガスの吸入・圧縮・吐出過程で

表1. 圧縮機の主な仕様

圧縮機構	単気筒ローリングピストン型
ストロークボリュウム	4.2cm ³
モータ出力	単相100V, 130W級
圧縮機寸法	外径92mm, 長さ195mm
質量	5.2kg

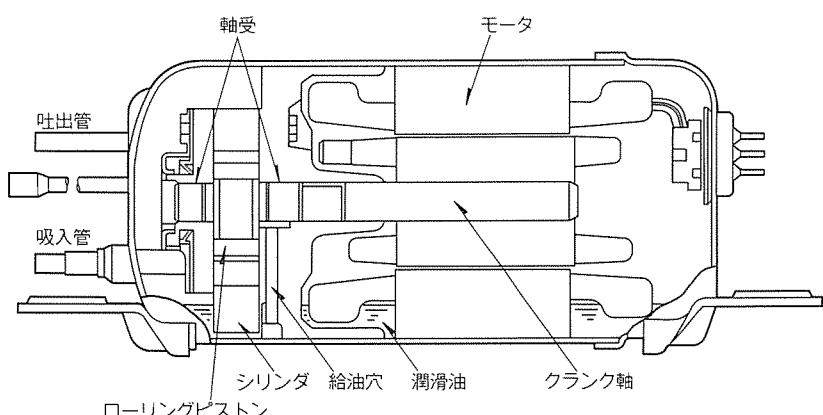


図1. 現行圧縮機の断面構造

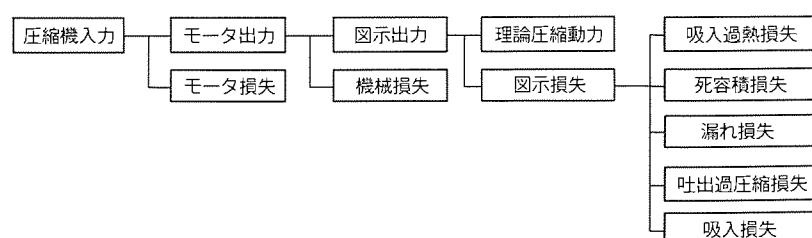


図2. 圧縮動力、損失の構成

発生する図示損失である。図示損失の中では、吸入ガスが圧縮機容器内で加熱されるために生じる吸入過熱損失の割合が大きく、入力の13%を占め機械損失の約57%にも相当する。以上のように、冷蔵庫用圧縮機では空調用圧縮機に比べて冷媒流量が少ないため、吐出弁や吐出経路で発生する過圧縮損失や吸入圧力損失の割合が小さく、吸入過熱損失、機械損失の割合が大きい損失構成になっている。

現行圧縮機の体積効率の分析を行った結果、体積効率を低下させる要因とその割合は図3(b)のようになる。ガス過熱の影響が大きいことが、上記と同様に特徴的である。モータ損失により発生する熱は圧縮機全体を加熱し、その結果、吸入ガスを過熱するため、吸入過熱損失も増加させる相乗効果がある。したがって、この損失の低減は、吸入過熱損失の割合が大である冷蔵庫用圧縮機にとって重要な改善項目であるといえる。以上の分析結果から冷蔵庫用圧縮機の効率改善を図るために、圧縮機構部の機械損失、吸入過熱損失、モータ損失の改善が重要である。

3. 損失改善の検討

3.1 モータ損失の改善

高効率化研究を行う試作機(以下“研究試作機”という)では、モータ損失の低減を目的として、以下の改善項目を実施、検討した。

- (1) ロータの両端を軸受支持することにより、軸振れを抑制し、ロータとステータの空けき寸法を半減する。
- (2) ロータの材料であるアルミニウムの高密度化を試行する。
- (3) ステータのコイル構造端部に磁性くさび(図4参照)を挿入し、磁束密度の均一化を行う。

これらの損失改善策を実施することにより、モータの銅損・鉄損は図5に示すようになり、モータ損失は現行圧縮機の約90%(運転条件60Hz、定格出力運転時)に低減される。

3.2 図示損失の低減

図示損失のうち、割合の大きい吸入過熱損失の低減について検討を行う。吸入過熱損失は、吸入ガスが圧縮機容器内で過熱され、圧縮開始時のガス温度の上昇により、圧縮動力が増加するため発生する。また、吸入ガスが過熱されることによってガス密度が低下し、体積効率も低下するので、吸入ガス過熱は動力の増加と冷凍能力の減少の両面から性能低下の原因となるものである。

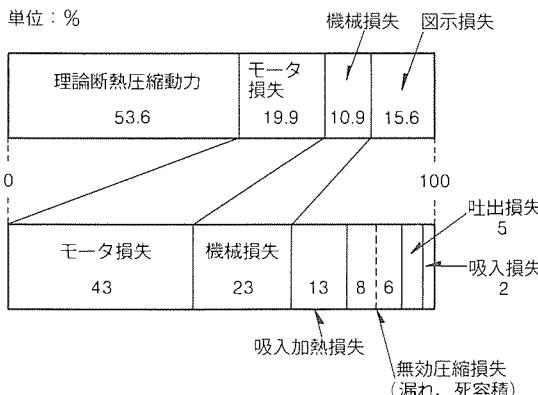
吸入ガスは、圧縮機内部で高温の吐出部やモータ部から吸

表2. 圧縮機性能測定条件

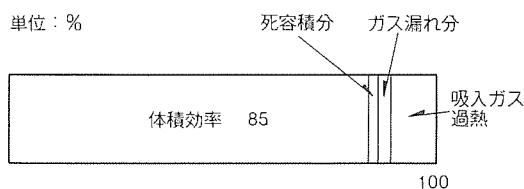
運転周波数	$f : 60 \text{ Hz}$		
凝縮温度	$T_c : 54.4 \text{ }^\circ\text{C}$	蒸発温度	$T_e : -23.3 \text{ }^\circ\text{C}$
吐出圧力	$P_d : 1.35 \text{ MPa, abs}$	吸入圧力	$P_s : 0.13 \text{ MPa, abs}$
過冷却度	$\Delta T : 22.2 \text{ K}$	吸入温度	$T_s : 32.2 \text{ }^\circ\text{C}$
周囲温度	$T_a : 32.2 \text{ }^\circ\text{C}$		

入管、シリンダ等の壁面等を通じて加熱される。そのため、吸入管を適切に断熱し、また、シリンダやモータの熱を効率良く放熱する構造を実現することが、損失を低減するために重要である。この課題を解決するため、圧縮機内部の温度分布を予測する熱解析方法を構築し、効果的な断熱構造や放熱構造を決定した。

圧縮機の温度解析を行うための熱回路網モデル(現行圧縮機の節点配置図)の例を図6に示す⁽³⁾。横置き圧縮機では、下部に潤滑油が溜り、吐出・吸入部の存在とも合わせて、温度分布は必ずしも対称ではなく、一つの断面を取り出した平



(a) 圧縮動力の分析(上)と損失分析(下)



(b) 体積効率の低下要因

図3. 現行圧縮機の性能分析

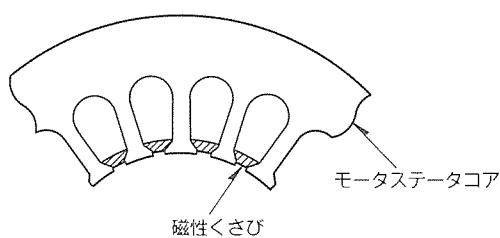


図4. ステータの磁性くさび構造

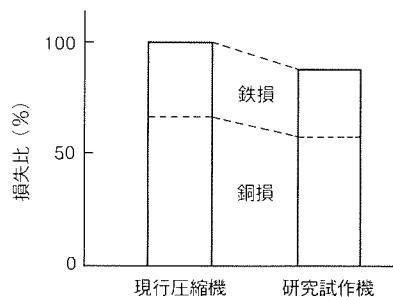


図5. モータ損失の改善(計算予測)(60Hz, 定格出力時)

●：周方向1点，△：周方向3点，■：周方向5点

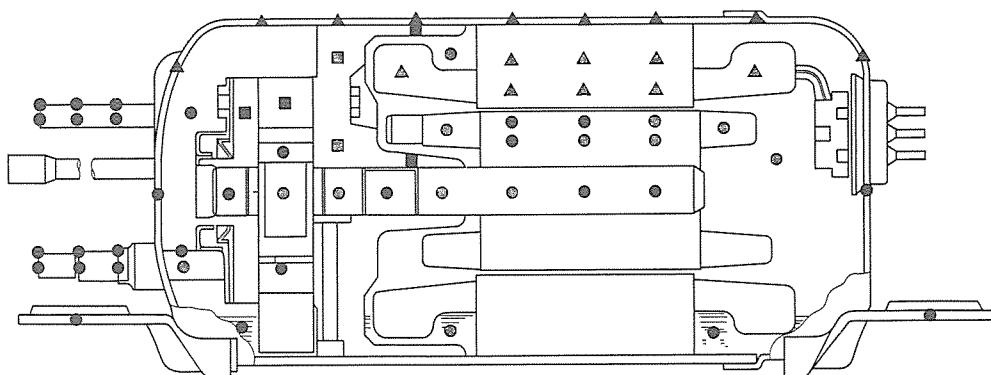


図6. 热回路網節点配置図

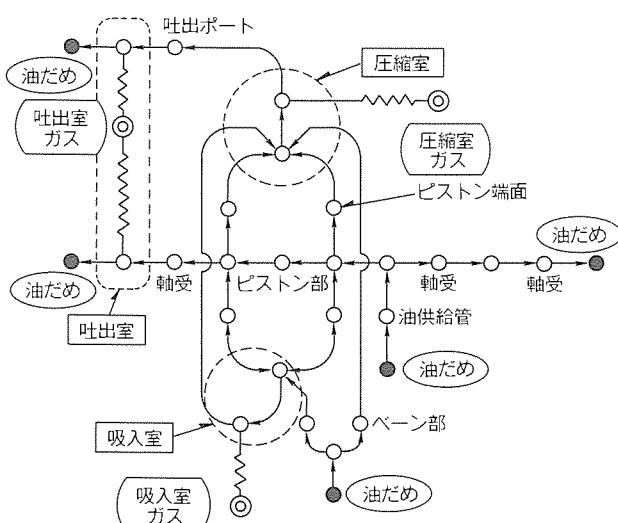


図7. 潤滑油循環系路モデル

面的な熱回路網では十分な精度が得られない。そのため、周方向にも3～5の節点を設けた。クランク軸など回転体部分は均一温度と仮定し、解析した。さらに、潤滑油による熱移動が重要な要素となるので、給油源から軸受やシリンダ内部等を通り油だめに戻る潤滑油の循環経路と伝熱経路を図7のようにモデル化した。潤滑油が圧縮機内部を循環する間に、圧縮機構部及び各しづう(摺)動部との熱の授受があることも考慮したことか特徴である。この熱回路において、発熱要因としてガス圧縮による温度上昇、モータ損失、機械損失等を算出し、それぞれ対応する熱量を各熱節点に与えた。また、各部の熱抵抗は文献(4)に基づいた。

解析手法とモデルの妥当性を検証するため、現行圧縮機について、熱解析結果と実験値を比較した。評価条件は表2に準ずるが、吸入管温度は32.2°Cと10.3°Cの場合について計算し、その結果を図8に示す。圧縮機内部の5点の温度は、すべて2～3°C以内の精度で一致していることが分かる。

この解析手法を活用し、圧縮機内部吸入ガスへの熱伝達を効果的に遮断する構造を検討し、以下の方策が有効であるとの知見を得た。

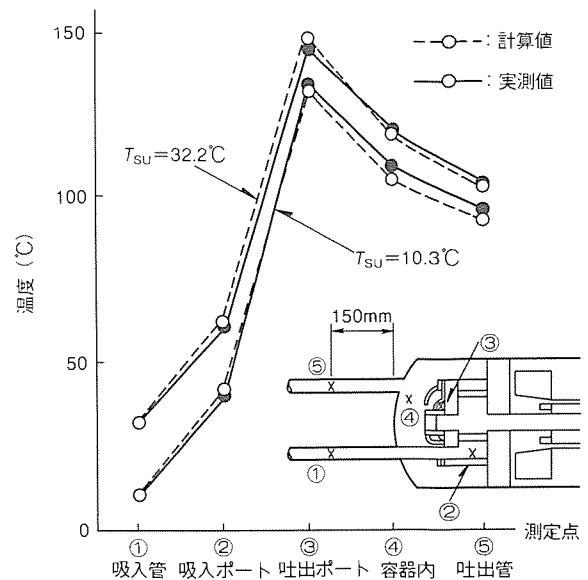


図8. 現行圧縮機の温度解析(実測と計算の比較)

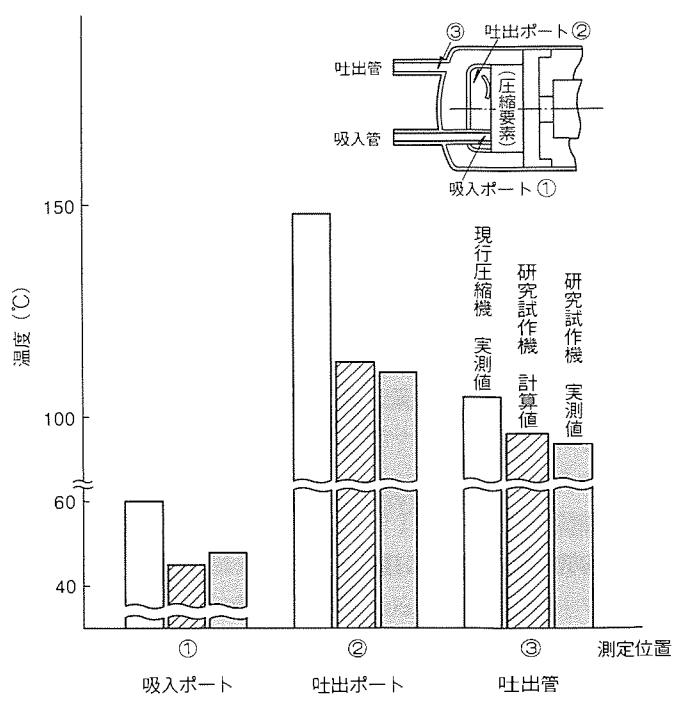


図9. 温度低下効果(計算予測と実測)

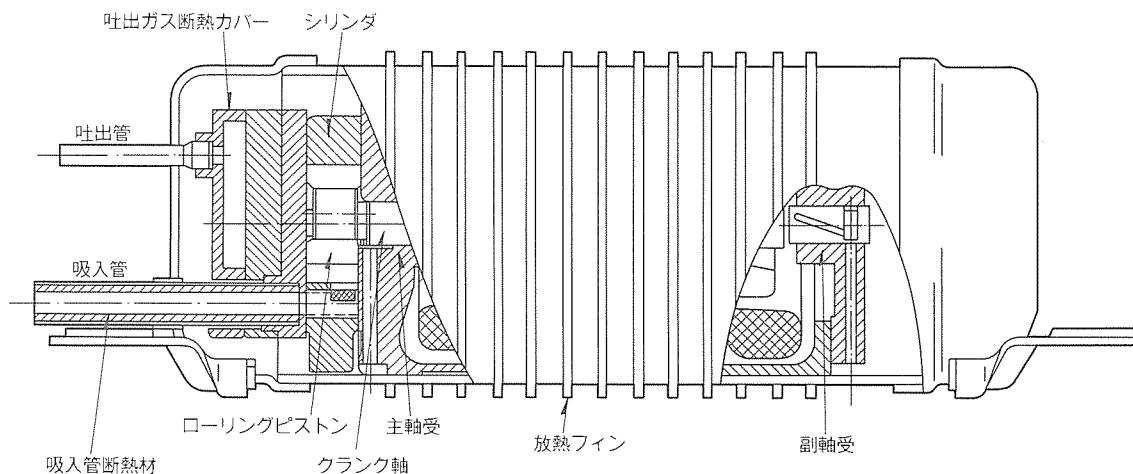


図10. 研究試作機の断面構造

- (1) 吸入管の内部に断熱材を挿入する。
- (2) 高温の吐出ガスから圧縮機構部への伝達を防止するため、吐出断熱カバーを設ける。
- (3) 圧縮機外部への放熱を促進する構造を設ける。

この改良構造を採用した圧縮機内部代表点の温度予測結果を図9に示すが、現行圧縮機と比べて明らかに圧縮機内温度の低下が見られる。

3.3 機械損失の低減

ローリングピストン型圧縮機は、他の回転式圧縮機に比べ、機械損失の割合を小さく構成できることが特徴である⁽⁵⁾。しかし、冷蔵庫用圧縮機のように比較的小容量の機種は、先に分析したように他の損失に比べて機械損失の割合が小さくない。ローリングピストン型圧縮機の機械損失は、①主軸受、②クランクピン軸受、③ベーン厚み方向側面とベーン溝の摩擦、④ベーン先端とローリングピストン外周の摩擦等によって発生する損失から構成される。研究試作機では機械損失の改善のため、次の改善策を試行した。

- (1) 軸受摩擦損失の改善のため、ロータ両端支持構造を基本とし、クランク軸や圧縮機構部の変形を考慮した軸受性能解析を行い、主軸受やクランクピンの軸受寸法(径、長さ)を見直す。
- (2) ベーンの先端や側面の摩擦力(摩擦係数)の低減を目的として、摺動面の面粗さを従来の約80%向上する。

上記の改善策(1)、(2)の総合的な効果として、機械損失は現行圧縮機の場合より低減され、86%程度になると予想される。

4. 研究試作圧縮機の性能評価

4.1 研究試作圧縮機の構造

上記の検討項目を導入した研究試作機の断面構造を図10に示す。基本的な構成は、現行圧縮機とほぼ同じであるが、軸受支持構造、内部断熱、放熱構造等が異なっている。

4.2 性能及び温度測定結果の評価

表3. 研究試作機の性能
(現行圧縮機との比較)

	現行圧縮機	研究試作機
圧縮機入力比	1.0	0.95
冷凍能力比	1.0	1.04
成績系数比	1.0	1.10

研究試作機を二次冷媒式カロリーメータを用い、表2に示した運転条件で性能測定を実施した。

研究試作機の試験結果を現行圧縮機と比較して表3に示す。体積効率は現行圧縮機より高く88%であった。

研究試作機の代表点の温度測定結果を現行圧縮機の場合と比較し、図9に並記する。この結果から、研究試作機は現行圧縮機と比較し、各測定点において顕著な温度低下効果が見られ、構造変更の成果が表れている。次に温度予測結果と測定値を比較する。例えば、吸入ポート①では、研究試作機は15Kの温度低下が予測されたが、実測温度では約12Kの低下となり、3Kの差がある。また、吐出ポート②及び吐出管③とも実測値と解析値の差が2Kであり、概略の一一致を得ることができた。

さらに、断熱・放熱構造のうち、吸入管の内側に挿入した管状断熱材(肉厚2.0mm)の断熱効果を、研究試作機に組み込んだ吸入管断熱材の有無(取り外し)によって検証した。吸入管の断熱構造部の概念図と試験結果を図11に示す。断熱材がない場合は吸入ポート部①で3.5K高くなり、吸入管の断熱効果が顕著であることが明らかとなった。

次に、体積効率が約4%向上した要因について考える。一般的に吸入ガスの温度が低下するとガス密度が増大し、冷媒重量流量は増加する。研究試作機では、図9に示すように吸入ポート①のガス温度が現行圧縮機より約12K低下している。これは4%のガス密度の増大に相当し、冷凍能力測定値の増加比率とほぼ等しく、断熱・放熱構造の改善により、体積効率が向上したものと考えられる。

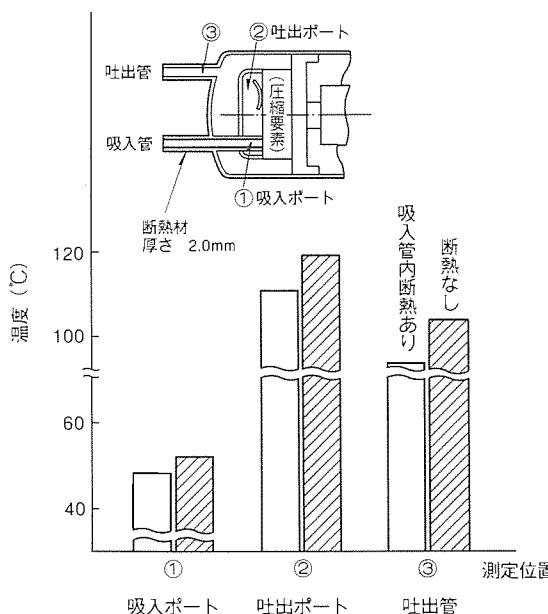


図11. 研究試作機の吸入管断熱効果

4.3 損失動力の分析

能力測定試験、圧縮機内部の温度測定の結果やモータ単体の特性評価、及び現行圧縮機の損失分析の結果などを基本として、研究試作機の損失分析を行った。現行圧縮機と比較した各種の損失動力の割合を図12に示す。以下、損失の構成について述べる。

モータ特性は、大気中で温度25°C、運転周波数60Hz、負荷トルク一定のもとで行うモータ単体を用いた特性試験によって求めた。モータ部を改善することにより、損失動力は圧縮機入力の18.1%となり、現行圧縮機より1.8%減少し、予測される損失低減量とほぼ一致することが分かった。また、モータ損失の内訳を分析するため、改善項目をそれぞれ単独に取り入れた試作機を個別に試験評価した。その結果、改善項目は各々ほぼ均等な割合で損失低減に寄与していることも明らかとなった。

この研究試作機では、正確な冷凍能力を求めることが重要視し、死容積の増大要因である指圧線図測定用圧力センサの装着を略した。このため、測定結果をもとに図示損失と機械損失を分離することはできないが、両損失の和は、(図示損失)+(機械損失)=(圧縮機入力)-(理論断熱圧縮動力)-(モータ損失)の関係から求められる。図示損失と機械損失の和は図12に示すように、現行圧縮機に比較して圧縮機入力比で2.5%程度の低減がなされた。

さらに、図示損失と機械損失の割合は、以下の考え方に基づいて推定した。すなわち、クランク軸やローリングピストン部軸受等の機械損失は、軸受寸法や測定温度を参考に流体潤滑軸受理論から、また、図示損失は圧縮機内部吸入ポート

(a) 研究試作機	単位: %			機械損失	図示損失
	理論断熱圧縮動力	モータ損失	18.1		
57.9	9.5	14.5			
0	100				

(b) 現行圧縮機	理論断熱圧縮動力	モータ損失	19.9	10.9	15.6
53.6					

図12. 圧縮機の入力分析比較

の温度低下による圧縮動力の低減から、それぞれ推定し、両損失の概略割合を算定した。その結果、機械損失は圧縮機入力比で9.5%、図示損失は同様に14.5%の割合に分割でき、それぞれ従来の圧縮機より改善されている。

5. むすび

130W級冷蔵庫用ローリングピストン型圧縮機を対象として、効率限界を追求する研究に取り組んだ。基本となる現在生産中の圧縮機の損失を徹底的に分析し、損失改善に有効と考えられる以下の改善を行った。

- (1) 热・流動解析技術の向上により、内部断熱構造や放熱構造を最適化し、図示損失のうち、特に吸入過熱損失の低減を行った。
- (2) 軸受寸法や面粗さ等を見直し、機械損失の低減を行った。
- (3) モータについては、素材の密度向上や磁束密度の均一化、空けき寸法の半減化によって損失低減を行った。

研究試作機の試作・試験評価を行い、圧縮機効率を約10%向上させることに成功した。

この研究では、冷蔵庫用ローリングピストン型圧縮機を対象に高効率化を図ったが、今後、この技術を空調用圧縮機や他形式圧縮機等へも展開していく所存である。

参考文献

- (1) 石嶋孝次、佐野文昭、大石善堂、平原卓穂：冷蔵庫用ロータリ圧縮機、三菱電機技報、59, No. 5, 357~360 (1985)
- (2) 幸田利秀、木藤良 善久、菅波拓也、平原卓穂：ロータリーアクション式圧縮機の性能解析、第23回空気調和・冷凍連合講演会論文集、45~48 (1989)
- (3) 木藤良 善久、幸田利秀、菅波拓也、平原卓穂：冷蔵庫用圧縮機の熱解析、第23回空気調和・冷凍連合講演会論文集、33~36 (1989)
- (4) 伝熱工学資料、日本機械学会編 (1975)
- (5) 石井徳章ほか：ローリングピストン型回転式圧縮機の高い機械効率性(第1報 実験的な検討)，機論、54-507, C, 2578 (1988) 等

九州地方建設局納め平成大堰放流設備制御装置

田島基明* 丹波光夫** 内藤明彦** 堀内 健***

1. まえがき

山国川は、その源を大分・福岡県境にそびえる英彦山（標高1,200m）に発し、多くの渓支川を集め、景勝地耶馬溪を経て県境を北東に流下し、周防灘に注ぐ河川である。流域は、大分・福岡両県の2市9町村にまたがり、流域面積540km²、流路延長56km、その大部分は火山活動によって形成された山地であるが、下流部は肥よく（沃）な中津平野を形作っている。

平成大堰は、山国川河口から約4kmに位置し、昭和62年度に堰本体を第1期工事として着工し、平成2年6月からの試験たん（湛）水を経て、いよいよ平成3年4月から実運用を開始する。

この装置は、ゲート10門の放流設備を監視制御するものであり、平常時には農業用水・工業用水・上水道用水の取水のための定水位制御を行い、洪水時には洪水を安全に流下させるための全開制御及び洪水末期のゲート着水制御（閉制御）を行う。最近の堰設備では、操作員の負担軽減と、総合的な堰設備の管理を行うことが望まれており、この装置ではこれらの一連のゲート制御を、二重化された演算処理装置により、ほとんど操作員の介在なしで自動制御を行う。

また、光ファイバによる雷害対策、処理装置の二重化とその自動切替えによる信頼性向上、LAN（ローカルエリアネットワーク）によるワークステーションでの情報提供及びワークステーションによる独立した試験・訓練機能など、最新の技術を導入した。



図1. 平成大堰全景

以下に、平成大堰における放流設備制御装置の概要を紹介する。

2. 設備概要

2.1 ゲート本体設備

ゲート本体設備は、図1の平成大堰全景に示す堰設備であり、主ゲート4門、調節ゲート2門、水路ゲート2門、魚道ゲート2門で構成されている。表1に大堰及び貯水池の諸元を、表2に放流設備の諸元を示す。

2.2 放流設備制御装置

放流設備制御装置は、演算処理装置“MX／2000R”を中心に、入出力中継装置、入出力インターフェース装置、ワークステーション・操作卓・データ表示盤・プリンタ等のマンマシン装置で構成される。図2に管理室内設備を示す。

この装置は、図3のシステム構成に示す機器で構成され、設備の概要は下記のとおりである。なお、表3の主要構成機器一覧に主要な機器のハードウェア仕様を示す。

（1）放流設備及び水位計との入出力

入出力中継装置《MELFLEX 320》は、ゲート機側盤、開度計、水位計等からの信号入力及び遠方手動操作卓からの制御信号や、演算処理装置からの自動・半自動制御信号の出力をを行う。

（2）テレメータ等との入出力

二重化された入出力インターフェース装置《MELFLEX 320》は、制御系切替装置を介して水防テレメータ、連続テ

表1. 大堰及び貯水池の諸元

項目		諸元
大 堰	河川名	山国川
	集水面積	521km ²
	型式	ローラゲート式可動堰
	堰高	3.15m
	堰長	218 m 可動部166.0m 固定部 52.0m
	敷高	TP+3.05m
貯 水 池	湛水面積	0.157km ²
	常時満水位	TP+6.20m
	最低取水位	TP+5.80m
	計画高水位	TP+11.19m
	総貯水量	278,000m ³
	有効貯水量	52,000m ³

レメータ、気象・水質テレメータ、多重無線装置(CDT送受信)、電話応答装置等との入出力を行う。

表2. 放流設備の諸元

施設	構造		
	員数	寸法(m)	型式
主ゲート	2号 3号	2 純径間 45.5 扉 高 3.15	鋼製ローラゲート
	1号 4号	2 純径間 34.75 扉 高 3.15 純径間 26.75 扉 高 3.15	
調節ゲート	2	純径間 34.75 扉 高 3.15 純径間 26.75 扉 高 3.15	フラップ付きシェル構造 鋼製ローラゲート
水路ゲート	2	純径間 1.0	鋼製フランプゲート
魚道ゲート	2	純径間 3.0	〃

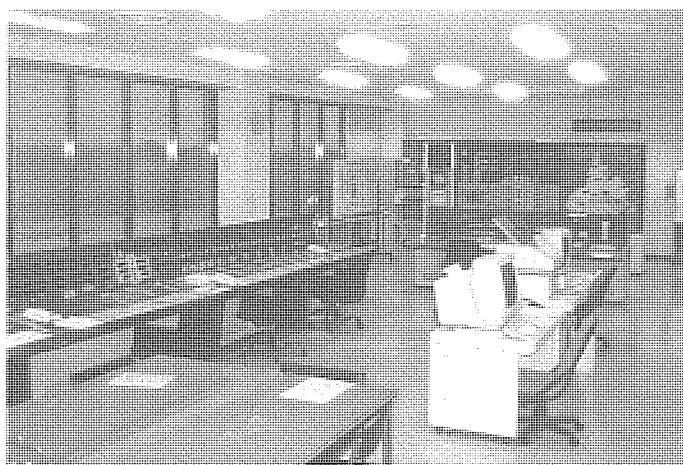


図2. 管理室内設備

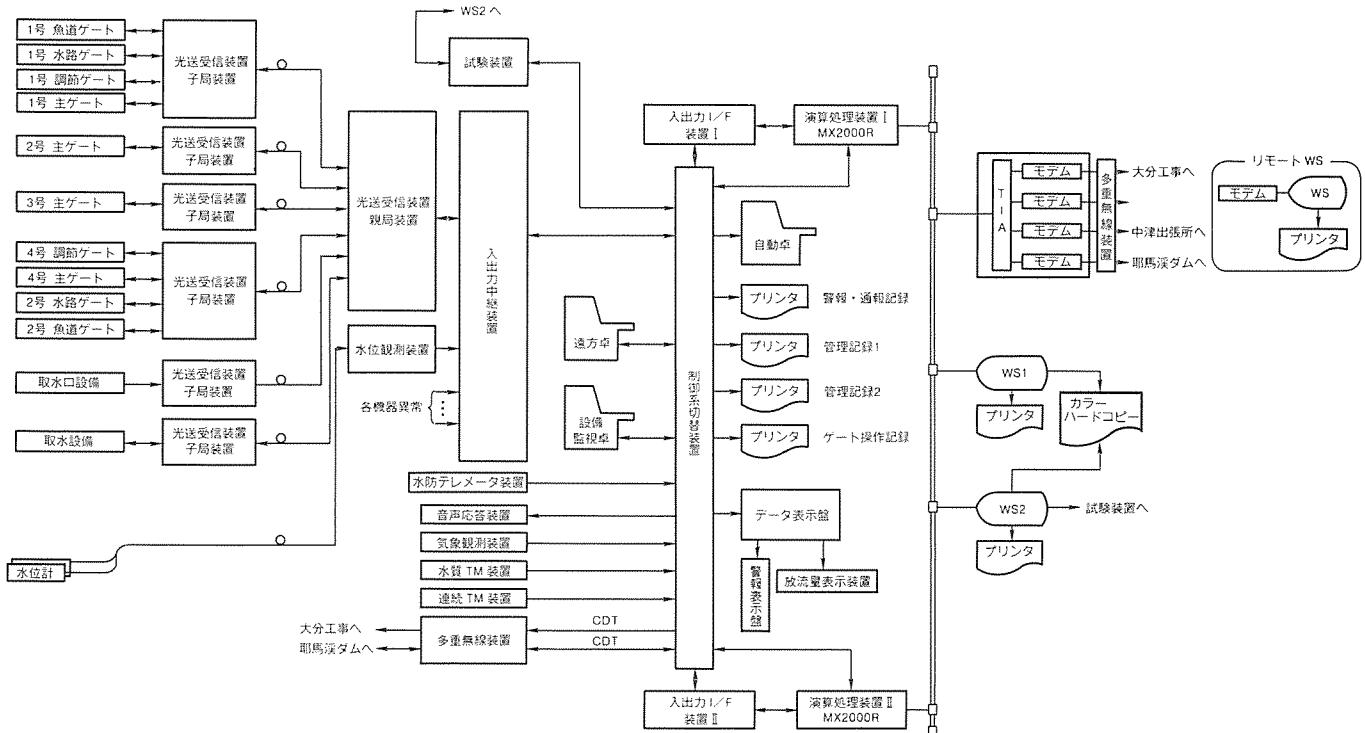


図3. システム構成

(3) ワークステーション

ワークステーション“M3307-C14”は、管理所内に2台、大分工事事務所、駿馬渓ダム、中津出張所に各1台合計3台設置され、データの表示や印字を行う。これらのワークステーションは、演算処理装置とLAN《MELNET B10》で接続し、管理所以外に設置されている3台は多重無線回線を経由して接続した。

(4) 二重系の動作

演算処理装置及び入出力インターフェース装置は、システムの高信頼化を図るため二重化構成とした。Ⅰ系及びⅡ系は、同等の機能を持っており、片系が現用系の場合は他系が待機系となっている。また、待機系を利用して試験操作を行うことができる。

制御系切替装置は、二重化された演算処理装置を監視し、演算処理装置のフェイルセーフ機構からの異常信号の検出又は入出力インターフェース装置と演算処理装置との通信異常の検出によって自動切替えを行う。図4に制御系切替の状態遷移を示す。

なお、制御系切替装置では、操作パネルからの手動操作により、系の切替えを行うことも可能である。

表3. 主要構成機器一覧

装置名称	員数	仕様概要	
演算処理装置	2	CPU 主メモリ ディスク容量	32ビット 8Mバイト 72Mバイト×2
入出力中継装置	1	CPU 主メモリ 入出力	16ビット ROM 128Kバイト RAM 768Kバイト シリアル入出力 高速パラレル入出力
光送受信装置	7	発光素子 受光素子 使用波長	LED フォトダイオード 860nm
入出力インターフェース装置	2	CPU 主メモリ 入出力	16ビット ROM 128Kバイト RAM 768Kバイト シリアル入出力 高速パラレル入出力 アナログ、デジタル入出力
遠方手動操作卓	1	表示素子	LED 数値表示器
自動制御操作卓	1	操作スイッチ	LED ランプ、メータ LED 照光式スイッチ デジタルスイッチ
設備監視卓	1	入出力	キースイッチ シリアル入出力
データ表示盤	1	表示素子 入力	LED 数値表示器 LED ランプ シリアル入力
ワークステーション	2	CPU 主メモリ ディスク容量	32ビット 4Mバイト 80Mバイト
リモートワークステーション	3	CRT表示 CRT解像度	20インチ 1,120ドット×756ドット
警報・通報プリンタ	1	印字方式 印字行数 印字速度	ワイヤドットマトリクス方式 136文字/行 漢字 40字/秒
管理記録プリンタ	2	印字速度	ANK 120字/秒
ゲート操作記録プリンタ	1	文字種	JIS 第1, 第2水準
カラーハードコピー装置	1	印字方式 ドット分解能 印画速度 用紙	ライン形熱転写方式 300 DPI 約60秒 A3/A4カット紙
制御系切替装置	1	切替素子	水銀リレー
試験装置	1	CPU 主メモリ 入出力	16ビット ROM 128Kバイト RAM 768Kバイト シリアル入出力 高速パラレル入出力

3. システムの特徴

このシステムの特徴は、以下のとおりである。

(1) 機側設備との光ファイバ接続

従来、メタルケーブルで行っていた機側設備と管理所設備との接続を光ファイバで行い、誘導雷からの装置保護及びシリアル伝送化を実現した。

(2) LANによるワークステーションとの接続

バス型 LAN によってワークステーションを接続し、二重系の演算処理装置への接続を容易にした。また、大分工事事務所、耶馬渓ダム、中津出張所に設置されたリモートワー

クステーションは、TIA(ターミナルインターフェースアダプタ)によって多重無線回線経由で接続し、管理所設備と同等の操作環境を実現した。

(3) 独立した試験・訓練機能

従来、演算処理装置自身のソフトウェアで行っていた試験機能を、マイクロプロセッサを用いた試験装置《MELFLEX 320》とワークステーションの組合せで実現した。試験機能を演算処理装置本体の機能から分離することにより、制御演算機能の客観的な試験を行うことができるようとした。

また、演算処理装置が機能的に完全な二重系となっていることを利用して、現用系の処理装置で平常時の制御処理を行いながら、同時に待機系の演算処理装置で平常業務に支障を与えることなく試験を行うことができる。試験時には、制御系切替装置に接続されたデータ表示盤、操作卓、プリンタ等の周辺機器は現用系又は試験系のいずれにも自由に接続が可能であるため、操作員の操作訓練にも使用できるようになっている。

(4) ワークステーションによる帳票作成機能

ワークステーション側に帳票作成機能を持たせて演算処理装置の負荷の軽減を図った。また、遠隔地のリモートワークステーションでも同様な帳票が得られるようにした。

(5) マウス操作による模擬流入量の設定

従来、制御試験や演習に使用する模擬流入量の設定は、一覧表形式で流入量のデータを数値入力していた。この装置では、ワークステーションのマウスを利用することにより、試験・演習に使用する模擬流入量の設定をCRT画面上に表示された流入量のハイドログラフ上で設定・変更が行えるよう操作性を考慮した。流入量の波形は、新規にマウス操作で作成することも可能であるが、既存の洪水データファイルをディスクから取り出し、画面上で任意の波形に修正することも可能である。

(6) 警報・通報記録プリンタへのカラープリンタの採用

従来、警報・通報記録は2色(赤/黒)印字のプリンタを使用していたが、この装置ではカラープリンタを採用することにより、下記のように警報・通報内容の判別が容易になった。

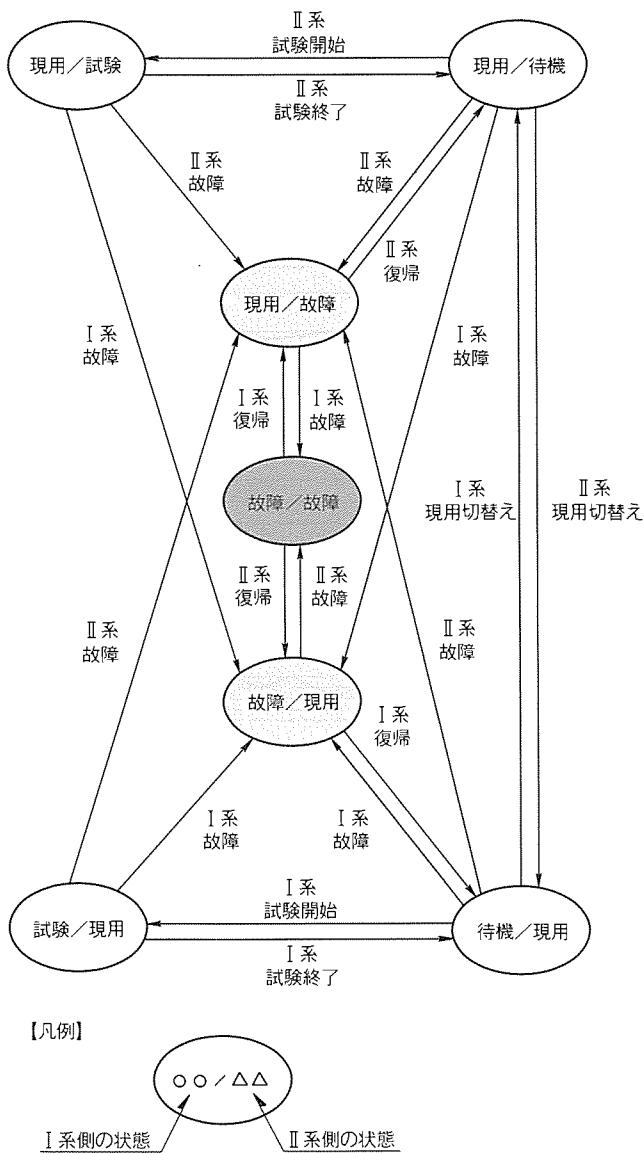


図4. 制御系切替状態遷移図

- 赤色……警報項目の発生記録
- 黒色……警報項目の復旧及び状態変化の記録
- 緑色……制御動作の記録
- 青色……人手による操作の記録

4. 制御方式

この装置では、遠方手動操作卓からの“手動制御”，“開度設定制御”及び自動制御操作卓からの“半自動制御”，“自動制御”が行える。半自動及び自動の制御では、下記の方式によって制御を行う。

4.1 制御区分と操作対象ゲート

制御区分は、流入量の大きさにより、表4の制御区分一覧に示すとおり6種類に分類され、各制御区分ごと操作する対象ゲートが決定される。

(1) 定水位制御

(注1) 東京湾中等潮位を基準とした水位表示方法

表4. 制御区分一覧

制御区分	制御対象流入量(m^3/s)	制御対象ゲート
A 渇水時制御	0~1.8	魚道ゲート
B 定水位制御1	1.8~10	水路・魚道ゲート
C 定水位制御2	10~80	調節・魚道ゲート
D 定水位制御3	80~700	主・魚道ゲート
E 洪水時全開制御	700以上	主ゲート
F 洪水末期制御	700未満	主ゲート

注 C→D, E→Fは、堰の運用上操作員が介在してその制御区分へ移行し、その他の制御区分間は自動的に移行する。

定水位制御は定水位をTP+6.20m^(注1)とし、流入量の大きさによって決定される制御区分にあらかじめ設定されている制御量(1回当たりのゲート制御量 Δa (cm)、定水位の変動幅 ΔH (cm)、制御時間間隔 ΔT (秒))で制御を行う。また、急激な流入量の変化にゲート制御を追従させるため、流入量の増加率を加味した目標放流量から目標開度を決定する方法を併用した。

なお、魚道ゲートについては、独立に越流水深を一定に保つ制御を行い、洪水時にはゲートを全倒伏させる。

(2) 洪水時全開制御

流入量が増加し、あらかじめ設定された値に達した場合又は上下流水位差が一定値以下となった場合は、ゲートを全開にする。

(3) 洪水末期制御

洪水がピークを過ぎ、貯水位が規定の値以下となった場合は、再びゲートを着水させて、平常時の定水位制御に戻る。

なお、上記の制御区分の移行を図5の洪水パターンに示す。

4.2 制御パラメータの設定

堰の制御は、自然界を相手にした制御であり、理論上で制御条件を設定しても現実には思ったとおりに制御できない場合もある。このため、この装置では徹底的な制御定数のパラメータ化を行い、運用開始後も操作員の手でワークステーションから容易に制御パラメータの変更ができるようにした。また、制御パラメータが多種にわたるため、CRT画面上に各パラメータの概略の意味や使用方法を表示し、いちいちマニュアルを参照しなくてもパラメータの設定・変更が容易に行えるようにした。

5. システム監視機能

堰設備の異常信号はすべて入出力中継装置へ入力され、設備監視卓へのランプ表示及びワークステーションでの時系列表示・印刷を行う。

(1) 設備監視卓での監視機能

各データ種別ごとに1個のランプに集約し、重故障は“赤”，軽故障は“だいだい(橙)”で表示する。操作員は、どの設備に異常が発生したかを一目で知ることができ、的確な処置が行えるように考慮した。

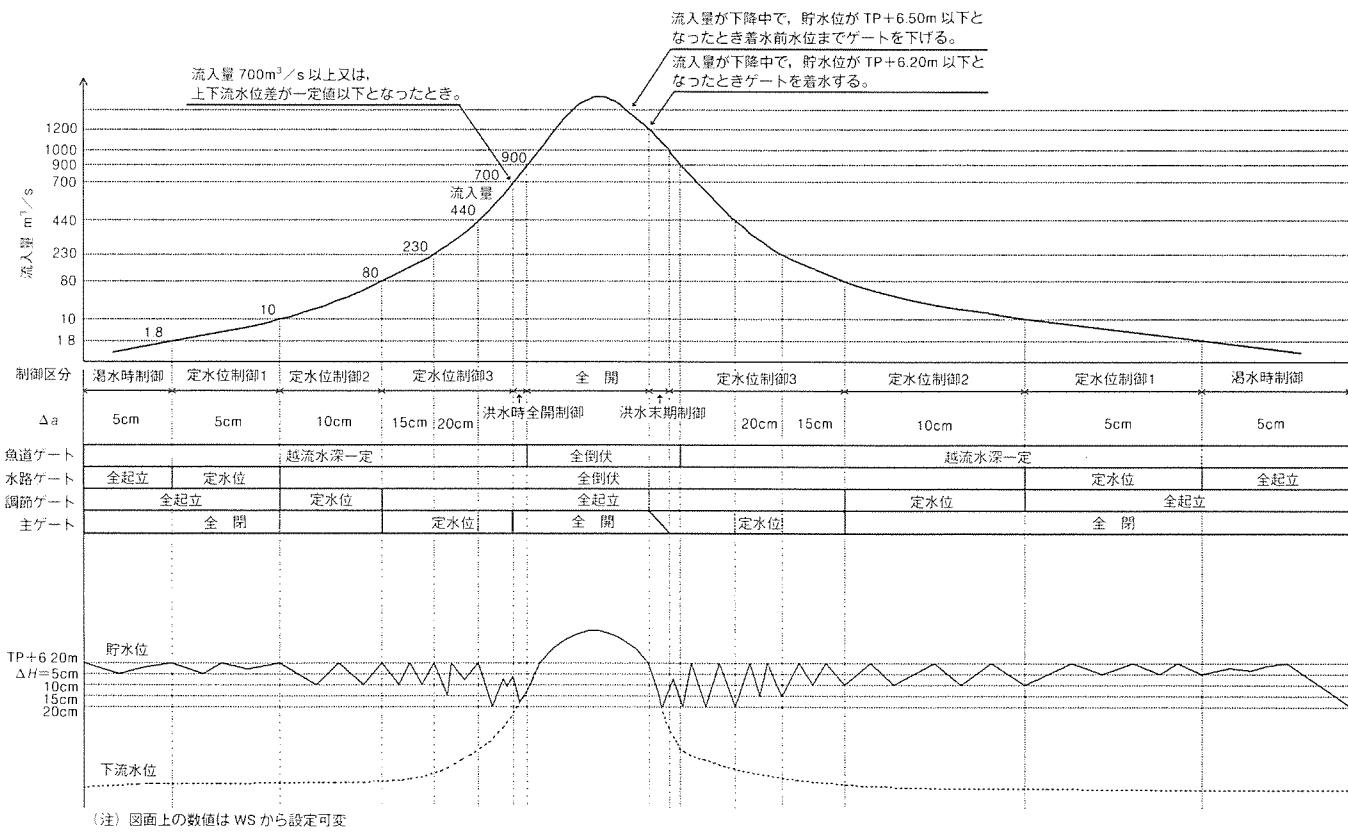


図5. 洪水パターン

表5. システム監視の分類

データ区分	データ種別	対象機器
水理・水文	堰周り	
	河川水位・流量	
	雨量	
制御演算・ゲート操作	制御演算	
	ゲート操作	
装置	制御装置	
	機側操作盤	
	観測装置	テレメータ監視装置 連続テレメータ装置 水位観測装置 気象観測装置 水質観測装置
	通信設備	多重無線装置 交換機 電話応答装置
	電源設備	発電設備 受変電設備 無停電電源設備 直流電源設備
	その他	空調設備 給・排水設備

(2) ワークステーションでの表示・印字機能

ワークステーションでは、データ種別と期間を設定することにより、設備の異常履歴を検索表示及び印刷することができる。堰全体の設備管理を効率良く行うことができる。データ種別と対象機器を表5のシステム監視の分類に示す。

6. 装置の機能概要

(1) 演算処理装置

制御演算及びデータ処理の中心となるものであり、入出力中継装置、入出力インターフェース装置とは高速パラレルインターフェースで接続している。

(2) 入出力中継装置

ゲート機側盤・開度計などの放流設備及び水位計との入出力や各機器の異常信号の入力を実行する。また、演算処理装置が停止した場合でも、遠方手動操作卓からの手動制御は可能である。

(3) 光送受信装置

光ファイバによる信号の送受信を高速なシリアル信号で行う。

(4) 入出力インターフェース装置

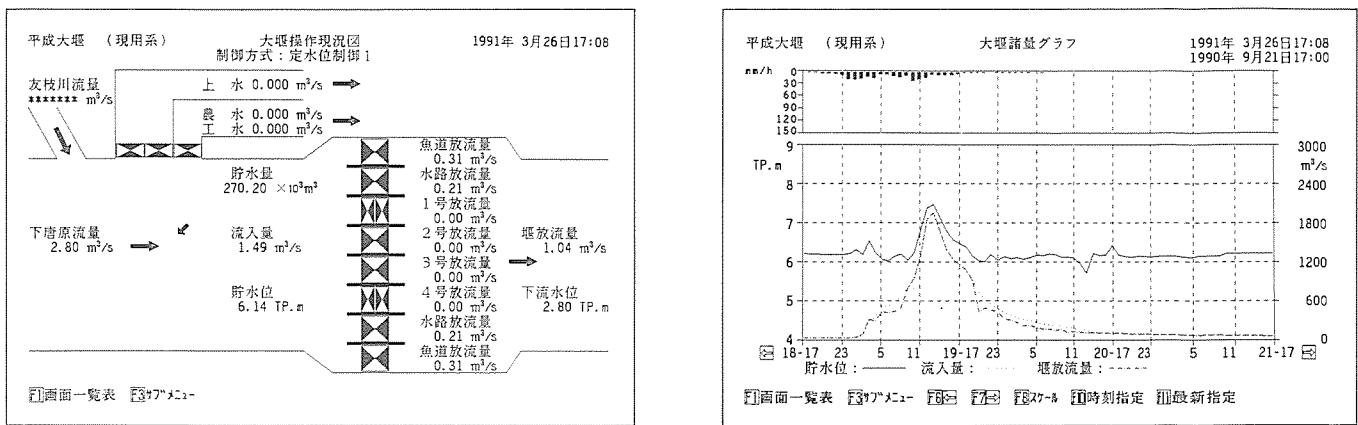
各種テレメータ、電話応答装置、周辺機器との入出力を実行する。入出力インターフェース装置は、2台の演算処理装置と1対1に接続されており、各周辺機器とは制御系切替装置によって切り替えて接続される。

(5) 遠方手動操作卓

手動制御及び開度設定制御の操作を行うための操作卓であり、各ゲートの開度、状態信号、ゲート電流等が表示される。

(6) 自動制御操作卓

自動制御及び半自動制御の操作を行うための操作卓であり、



(1)

(2)

図 6 . CRT画面例

ゲートの実開度、目標開度、目標放流量の表示や水理水文状態、制御状態等の表示を行う。

(7) 設備監視卓

入出力中継装置で収集された各装置の異常信号をデータ種別ごとに集約して、システム全体の監視を行うための操作卓である。また、照明設備の操作や主ゲート操作時の発電機の起動／停止も行う。

(8) データ表示盤

模式図による堰設備のゲート状態や開度・放流量等のデータ表示及び水系地図による雨量・水位データの表示を行う。

(9) 警報表示盤

事務所及び宿直室に設置され、主要データの表示及び警報の集約表示を行う。

(10) ワークステーション

データの模式図・一覧表・グラフ等による表示、日報・月報・年報等の作成を行う。また、演算に必要なパラメータの設定や試験・訓練の条件設定等にも使用する。なお、図6にCRT画面の例を示す。

(11) リモートワークステーション

多重無線回線を利用して、遠隔地でデータの表示や印字を行うもので、パラメータの設定機能、試験・訓練機能を除いてワークステーションと同等の機能を持っている。

(12) 警報・通報プリンタ

ゲート操作の異常や水理水文異常、機器異常等の警報記録及び制御状態の通報記録を行う。

(13) 管理記録プリンタ

定時・正時の貯水位、ゲート開度、放流量等の堰諸量データの記録を行う。

(14) ゲート操作記録プリンタ

ゲート操作完了ごとに貯水位、ゲート開度、放流量等の堰諸量データの記録を行う。

(15) 制御系切替装置

二重化された演算処理装置、入出力インターフェース装置と周辺機器との接続・切替えを行う。

(16) 試験装置

遠方手動操作卓から行われるゲート操作や、演算処理装置から行われる自動・半自動操作に対して開度計の模擬を行い、ワークステーションから送られる試験データの送受信を行う。

7. む す び

この装置は、光ファイバによる機側設備との接続、LAN接続によるワークステーションの導入、独立した試験・訓練機能など最新の技術を導入し、操作性と信頼性の向上を図ったものである。今後は、この設備の成果を生かし、さらに研究を重ねてより良いシステムの開発に努めたい。

中国広東—香港連系用 525／420kV 単巻変圧器

末永晋一* 西 英二* 番匠谷 長利*

1. まえがき

近年の中国広東地区及び香港の急激な電力需要の増大に対応して、中国広東省大亜湾に2×900MWの原子力発電所が建設されている。ここで発電された電力は、超超高压に昇圧され、図1に示すように需要地である中国の広州・深圳地区及び香港へ送電される。一方、送電電圧は中国側が500kV、香港側が400kVとそれぞれ異なるため、送電側の大亜湾原子力発電所及び受電側の深圳市郊外の深圳変電所に、これら電圧の異なる超超高压送電系統を連系する変圧器が設置される。これらの連系用変圧器は、定格電圧が525kVと420kVであり、電圧が接近しているため、巻分数比の非常に小さい特殊単巻変圧器となる。そして、中国・香港の最重要系統に併入されるため特に高度の信頼性が要求される。

当社では、高電圧大容量変圧器を外鉄形で製作しており、これはもともと多様性に富み、鉄心構造や巻線配置の組合せを工夫することで、様々なニーズに適合した機能・特性を持つ変圧器を実現することが可能である。さらには、その豊富な製作実績(約4億kVA)と優れた信頼性が高く評価され、同時期に、

(a) 中国の広東核電合营有限公司(GNPJVC)から
大亜湾発電所向けに2台×三相50Hz 900MVA
525／420kV

(b) 香港の中華電力有限公司(CLP)から
深圳変電所向けに6台×单相50Hz 335MVA
525／420kV

の単巻変圧器を受注し、このたび立合試験及び一般試験を成功裏に終え、客先に納入した。

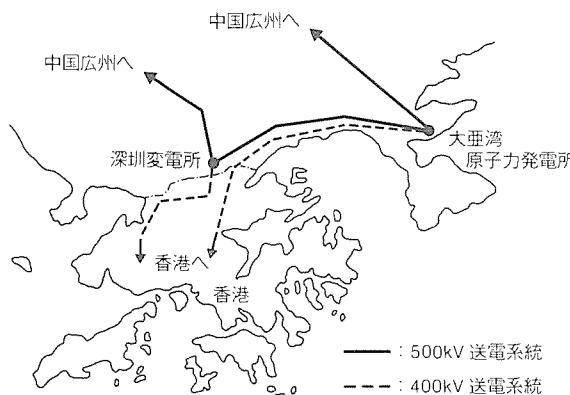


図1. 中国広東省・香港送電系統

この変圧器は、世界最大級容量のもの(パンク容量900MVA及び1,005MVA)で、将来的に、電力系統の運用上・経済性の観点から、世界各国の超超高压送電系統が互いに変圧器で連系される機会が増えると期待され、このニーズにこたえていくためにも、今回の変圧器の完成の意義は大きい。

本稿では、これらの変圧器の特長及びベースになった技術の概要について紹介する。

2. 定格及び仕様

今回製作した2種類の変圧器の定格及び仕様を表1に示す。図2に大亜湾発電所向け変圧器、図3に深圳変電所向け変圧器の外形を示す。また、図4には大亜湾発電所向け変圧器、図5には深圳変電所向け変圧器の工場組立て完了後の最終試験時の状態を示す。

3. 構造及び特長

当社の高電圧大容量変圧器の標準であり、豊富な実績をもつ外鉄形構造を採用することで、絶縁・冷却・製作技術など、長年培ってきた技術・開発の成果は余すことなく反映されているが、さらに今回の変圧器に特有な技術課題については、最新のCAEシステムを活用して、電界解析、磁界解析、イ

表1. 変圧器定格及び仕様

	大亜湾発電所向け変圧器	深圳変電所向け変圧器
台数(台)	2	6
相数(相)	三	单
周波数(Hz)	50	50
冷却方式	送油風冷式	油入自冷／送油風冷式
定格容量(MVA)	900	193／335
定格電圧(kV)		
一次	525	525／ $\sqrt{3}$
二次	420	420／ $\sqrt{3}$
電圧調整範囲(kV)	420 + 8% - 12%	420／ $\sqrt{3}$ + 12% - 15%
インピーダンス(%)	11.2 (900MVA ベース)	13.5 (300MVA ベース)
絶縁階級(kV)		
一次	BIL 1,550	BIL 1,550
二次	BIL 1,425	BIL 1,425
中性点	BIL 170	BIL 185
温度上昇限度(°C)		
油(温度計法)	60	50
巻線(抵抗法)	70	55

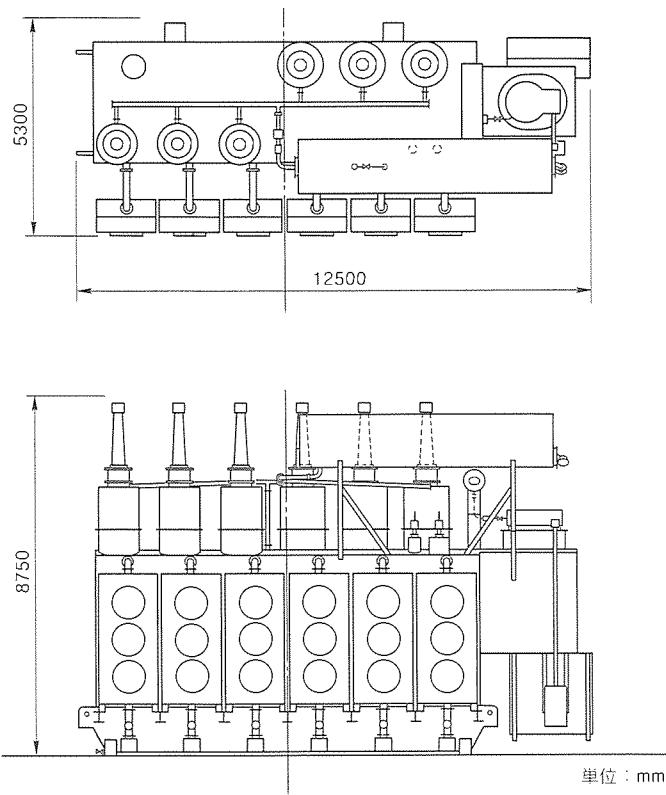


図 2. 大亞湾原子力発電所向け変圧器外形

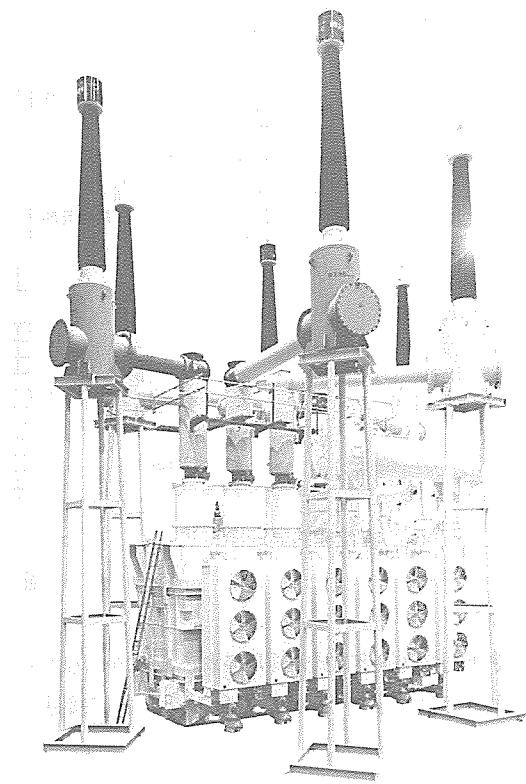


図 4. 大亞湾原子力発電所向け変圧器外観

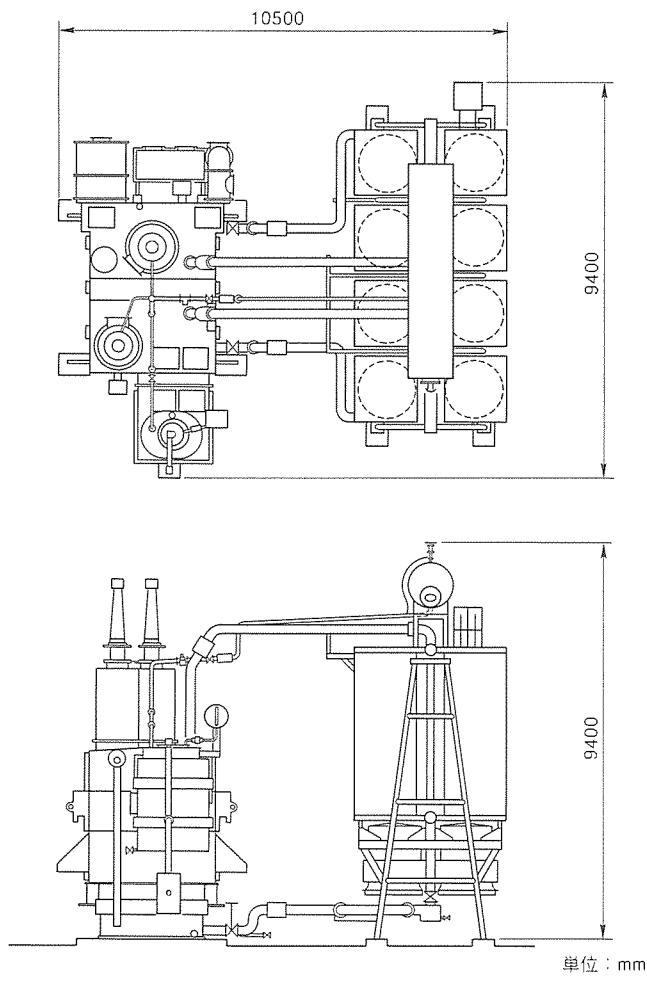


図 3. 深圳変電所向け変圧器外形

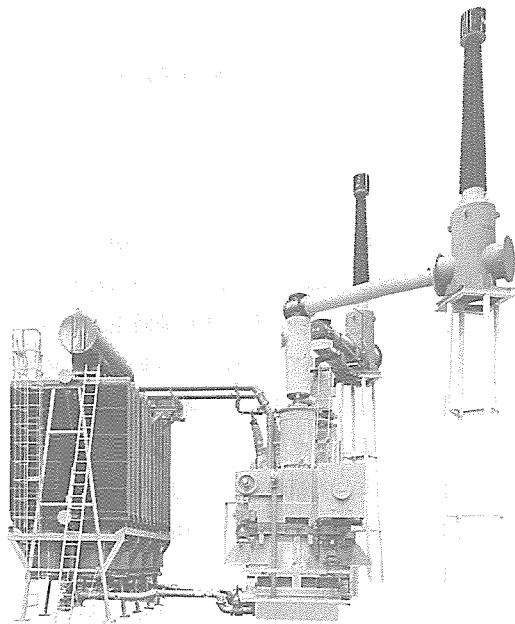


図 5. 深圳変電所向け変圧器外観

ンパルス電圧分布解析、タンクの構造及び振動解析を重点的に行なうことで、より信頼性の高い、低損失、軽量・コンパクトな変圧器を実現した。

3.1 変圧器基本構造

一般的に、単巻変圧器で負荷時電圧調整機能が要求された場合、図6(a)に示す直接線路端切換え方式、又は同図(b)に

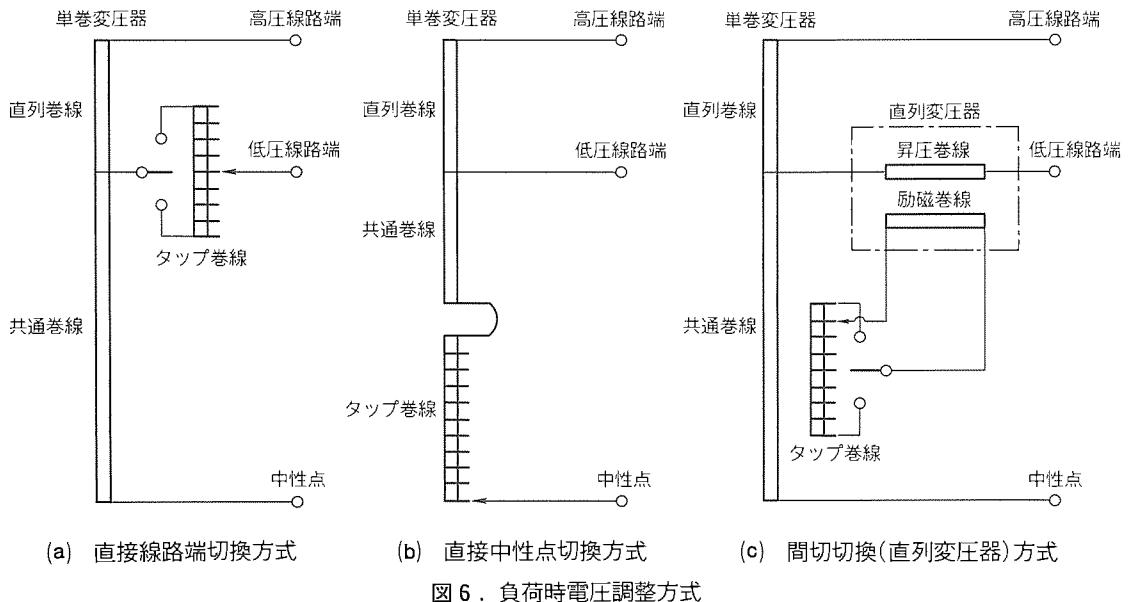


図 6 . 負荷時電圧調整方式

示す直接中性点切換え方式が採用される。しかしながら、今回のような定格電圧が 525kV, 420kV と、共に接近した超超高压の単巻変圧器では、

(1) 図 6 (a) の場合は、400kV 級絶縁の負荷時タップ切換器を使用する必要があり、これは世界的にわずかな実績しかない。さらに、多数の 400kV 級絶縁のタップリードを変圧器内部に配置・接続しなければならず、変圧器の絶縁信頼性上好ましい構造とは言い難い。

(2) 図 6 (b) の場合は、タップ巻線の巻数が主巻線の巻数よりはるかに多くなる。このような変圧器では、低圧線路端にインパルス電圧が印加された場合、タップ巻線への移行分が大きくなり、印加電圧を上回るケースもある。特に、今回のように低圧側も超超高压の場合、タップ巻線への過度な移行電圧は変圧器に複雑・高度な絶縁が要求され好ましくない。

そこで今回は、客先仕様の低圧側負荷時電圧切換えの要求を満たすため、当社としては初めて 400kV 側に直列変圧器を設置し、図 6 (c) に示す間接式負荷時タップ切換え方式を採用した。これにより、タップ巻線へのインパルス電圧の移行は大幅に抑制され、実績のある低絶縁の負荷時タップ切換器が適用でき、絶縁的により信頼性の高い変圧器とした。

3.2 絶縁構造

絶縁構造は、変圧器の信頼性、経済性及び輸送寸法・質量などに大きな影響を与えるので、高電圧器になるほど非常に重要な課題になってくる。特に今回の変圧器は、高・低圧共に超超高压であり、これに適した絶縁構造が必要となる。このため、20 年以上の実績を持つ E 形絶縁構造を基本に絶縁物を等電位面に沿わせて配置し、電界の集中を避けるようにした新 E 形絶縁構造(コンツール絶縁構造)⁽¹⁾を、さらに次の点を改良することで絶縁性能の向上及び軽量・コンパクト化を同時に達成した。

3.2.1 インパルス電圧絶縁性能

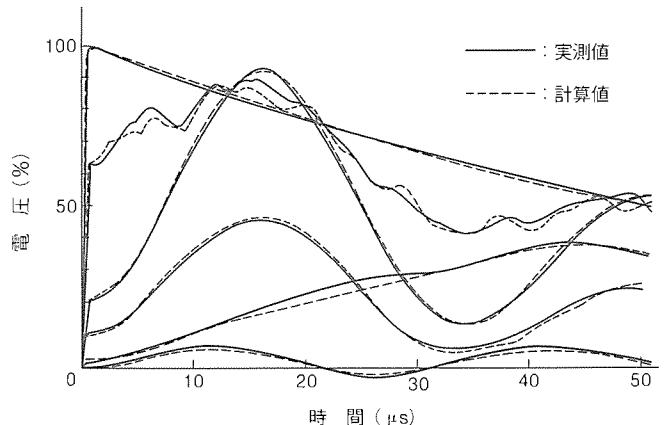


図 7 . コイル内電位振動

今回のような高圧と低圧の定格電圧が接近した単巻変圧器では、インパルス電圧印加時における絶縁性能の確保が技術的な最重要課題の一つとなる。このため、もともと耐インパルス電圧性能に優れた外鉄形の特長を十分生かすとともに、さらに、コンピュータを使った詳細な巻線内インパルス電圧分布解析により、巻線配置、巻数配分、静電板及び接地静電板配置の最適化を行った。これにより、巻線内のインパルス振動電圧の抑制を図り、例えば他社において従来からしばしば用いられている、変圧器の巻線に接続し、巻線内の過度な振動電圧を抑制する“非線形素子”を用いることなしに、変圧器の巻線絶縁のみで耐インパルス電圧絶縁性能を実現させることができた。この妥当性は、製作途中で、サージアナライザによってコイル各部に発生する電圧を測定することで検証した。図 7 に、深圳変電所向け変圧器のコイル各部に発生するインパルス振動電圧の計算値及び測定結果を示すが、両者共よく一致している。

3.2.2 商用周波電圧絶縁性能

電界の集中しやすい高圧・低圧線路端の静電板には、曲率

半径の大きな電界緩和形の静電板を採用した。また、巻線直列端部はコイル形状を改善して電界の緩和を図るとともに、線路端同様、絶縁物を等電位面に沿った配置とした。さらに、電界解析によって各静電板の最適形状を決定し、各部の電界強度の均一化を図ることで、商用周波における絶縁性能を一層向上させた。

3.3 巾線配置

上述のきめ細かい絶縁構造の改善により、単巻変圧器(主変圧器)において、図8(a)に示す“折り返し巻線配置”を採用した。これにより、同図(b)に示す当社のもう一つの標準である“つづみ形巻線配置”に比較し、コイル軸方向の巻線群寸法を約15%縮小することができ、変圧器の軽量・コンパクト化に大きく貢献した。また、直列変圧器は、もともと電圧分担分が最大約 $60/\sqrt{3}$ kVと小さいので、図8(c)に示すような巻線配置を採用した。

3.4 タンク構造

タンク構造は、当社の外鉄形変圧器で好評を得ているフォームフィット構造を採用しているが、単巻変圧器(主変圧器)と直列変圧器の鉄心幅を同一とし、さらに詳細な構造解析によってタンク形状及び補強の最適配置などタンク設計を合理化し、パンク容量1,000MVA級の大容量器において、単巻変圧器(主変圧器)と直列変圧器を一つのタンクに組み込んだ共通タンク構造を実現した。図9に大亞湾発電所向け変圧器の中身構造を示す。図で示すように、単巻変圧器(主変圧器)、直列変圧器間及び負荷時タップ切換器、タップリードの接続は、通常の外鉄形変圧器と同様、上部タンク内で行うことができた。これにより、タンク外部での超超高圧部の接続作業が不要となり、変圧器の絶縁信頼性が向上した。この共通タンク化による効果をまとめると、

- (1) タンク重量、油量が低減でき、別タンク式における部品類の重複が解消できる。
- (2) 輸送や現地据付けの費用と期間が大幅に削減でき、現地での変圧器間の接続作業が不要である。
- (3) 据付けスペースが縮小でき、基礎設置費用も低減できる。

3.5 負荷電流による漏れ磁束対策

今回の単巻変圧器は変圧比が525/420kVで、巻数分比(Co-Ratio)が0.2と非常に小さく、インピーダンスが自己容量ベースでみた場合、最大150%にもなり、当社はもちろん世界的にみてもほとんど例のない高インピーダンス器である。このような変圧器では、負荷電流による漏れ磁束が極端に増加・高密度化して、巻線、内部構造物・タンクのみならず鉄心の局部過熱や損失増加などの原因となる。このため次のような対策を実施した。

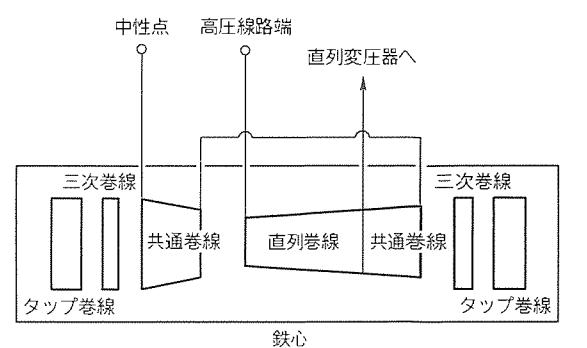
(1) 巾線

コンピュータによる磁界解析により、各コイル上の漏れ磁束分布を正確に求め、巻線に発生する渦電流損は、各コイルごとに最適導体サイズを選び低減した。また、素線間の循環

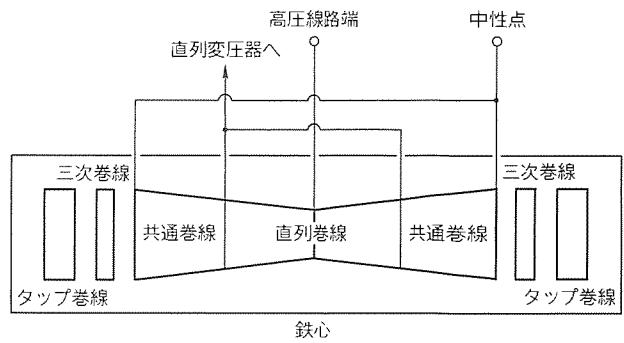
電流損についても各コイルの最適転位位置を選び低減した。このように、外鉄形変圧器の特長を十分に生かすことにより、巻線内で発生する渦・循環電流損を標準インピーダンスの変圧器並に下げるとともに、各コイルの損失密度の均一化を図った。

(2) 構造物

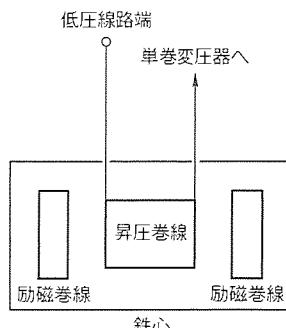
外鉄形変圧器では、コイルの大部分が鉄心に覆われているため、もともと構造物に入る漏れ磁束は少ないが、タンクや内部構造物の局部過熱を防止するために、非磁性材を部分使用するとともに、外鉄形変圧器の標準構造であるけい素鋼板で構成された磁気シールドを使用している。特にコイルに囲まれたタンクウェッジ、タンクサポート部のシールドは厚くなり、その厚さ方向に入る垂直な漏れ磁束によってシールド自身が過熱するので、図10に示すようにシールドの形状を多段構造とした。



(a) 単巻変圧器(折り返し巻線配置)



(b) 単巻変圧器(つづみ形巻線配置)



(c) 直列変圧器

図8. 変圧器コイル配置

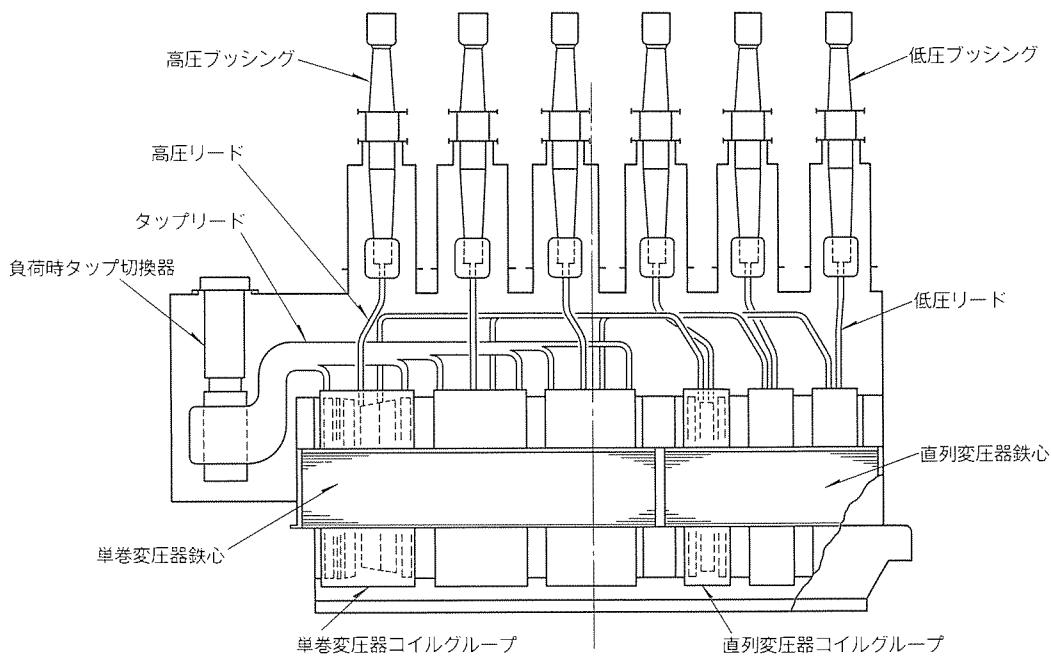


図9. 大亜湾原子力発電所向け変圧器中身構造

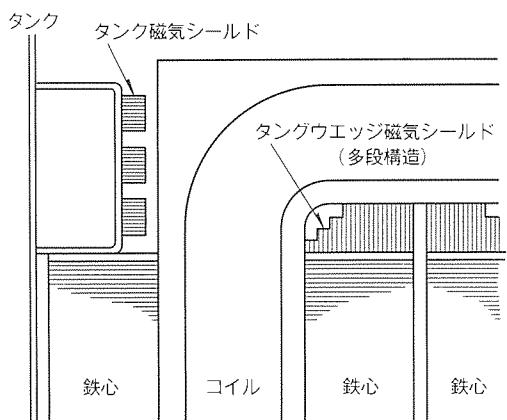


図10. 多段式磁気シールド構造

(3) 鉄心

漏れ磁束の大部分は鉄心に侵入し、励磁による主磁束にベクトル的に加え合わされ、高インピーダンス器の場合、合成磁束が主磁束よりかなり大きくなる。このため、鉄心内に過励磁部分が生じ、鉄心の局部過熱の原因となる。このため、今回はこの漏れ磁束を考慮して鉄心の主磁束密度を適正レベルに下げた。

3.6 振動・騒音

通常、変圧器の振動・騒音は、励磁による鉄心の磁わい(歪)振動のみを考慮すればよく、その振動周波数は電源周波数の偶数調波を主成分として分布している。ところが高インピーダンス器の場合、負荷電流による巻線の振動が無視できないレベルとなる。それは、巻線電流とその漏れ磁束による磁界とで働く巻線の電磁機械力によるもので、その振動周波数は電源周波数の2倍であり、今回は100Hzが主成分である。したがって、高インピーダンス器の負荷時の振動・騒

音は鉄心振動と巻線振動が重畠したものと考えしなければならない。

これらの鉄心と巻線から発生した振動は、鉄心・構造物からタンクへ、又は絶縁油を介してタンクへ伝達され、最終的にタンクから騒音として周囲に放出されるが、タンクの振動は、その内部にある絶縁油によって大きく影響されるので、絶縁油をも考慮したタンクの振動解析を行い、タンクの補強の取付位置・形状・強度を最適化して振動・騒音特性の優れたタンク構造とした。この解析方法は、リアクトルの振動解析のために開発されたもので、計算は実測とよく一致している。

4. 試験及び検査

今回の変圧器は、当社初の525/420kV連系用単巻変圧器である。さらに、大亜湾発電所向け変圧器は、原子力発電所向けということもあり、特に厳しい品質管理体制で臨み、製作途中の検査項目及び最終試験の全項目にわたり、厳重かつ十分なチェックを実施した。この結果、損失・温度上昇値・騒音など変圧器のすべての性能は設計値とよく一致しており、客先仕様を完全に満足していることを確認した。

(1) 絶縁性能

絶縁耐力試験により、客先要求仕様(表2)を満足する絶縁耐力を持っていることを確認したが、特に長時間課電試験では、最高系統電圧の1.3及び1.5倍の電圧で部分放電量がバックグラウンドレベル以下という良好な結果を得ており、超高压変圧器としての十分な絶縁信頼性を実証した。

(2) 局部過熱

前述のように、今回の変圧器は高インピーダンス器である。このような変圧器の技術的課題の一つである、負荷電流によ

表2. 耐電圧試験仕様

	大亞湾発電所向け変圧器	深圳変電所向け変圧器
高压線路端 商用周波		
一分間耐圧	-----	693kV(形式試験)
長時間耐圧	413-550-413 kV (5分-5秒-30分)	475-550-475kV (5分-5秒-30分)
雷インパルス 開閉インパルス	1,550kV 1,175kV	1,550kV 1,175kV
低压線路端 商用周波		
一分間耐圧	-----	630kV(形式試験)
長時間耐圧	330-440-330 kV (5分-5秒-30分)	380-440-380kV (5分-5秒-30分)
雷インパルス 開閉インパルス	1,425kV 1,050kV	1,425kV 1,050kV
中性点		
商用周波(一分間耐圧)	70kV	85kV
雷インパルス	170kV	185kV

る漏れ磁束の増加に伴う局部過熱の有無をチェックするため、温度上昇試験時に赤外線カメラを用いてタンク表面の温度分布を測定し、異常な局部過熱がないことを確認した。

さらに、各電気試験の前後において、油中溶解ガス分析も併せて実施したが、可燃性ガスの発生は認められず、変圧器の内部に電気的・熱的な異常のないことも確認した。

(3) 振動・騒音

高インピーダンス器の今一つの技術課題である通電時の振動及び騒音レベルについても、温度上昇試験時に詳細に測定した。この結果、振動については、タンク全面及び付属品のすべてに異常振動のないことを確認した。また、通電時の騒音レベルについては、特に客先要求値はないものの、変圧器の騒音保証値として客先より要求されている無負荷時の保証騒音値以下であることも併せ確認している。

5. むすび

当社では、外鉄形構造の特長を生かして、525/420kV連

系用単巻変圧器を完成させた。これらは、国内で初めての製品であるばかりか、500kVと400kVの超高压送電系統間を連系する変圧器としては世界最大容量級器である。今回の連系用変圧器を設計・製造する上で得られた設計・製造技術の蓄積は、今後の高電圧大容量器の設計・製作に当たっての高信頼性化、低損失化、軽量・コンパクト化に大きく寄与すると考えられるので、その概要を説明した。

今後、系統運用上の要求がますます複雑化するにつれて、変圧器に対するニーズも多様化すると考えられる。当社では、今回の製作経験を生かし、さらに一層の特性向上・信頼性の向上を図り、それら需要家のニーズにこたえ、変電所の高度化に寄与していく所存である。

参考文献

- (1) 玉置栄一、鳥羽靖雄、岸 章夫、細川 登:昭和60年電気学会全国大会、No.753 (1985)

《MELFANET》計算機接続ファクシミリ配信システムの構築

鶴沢 清* 堀内哲朗*

1. まえがき

情報処理サービス業や一般企業の計算センターでは、コンピュータの印字出力を手作業で逐一仕分けし、その情報を必要とする部門に郵送したり、ファクシミリで送信したりしている。コンピュータ処理技術の飛躍的な進歩に比較して、その処理結果を必要とする人に届ける技術には改善の余地が残されていると言えよう。

この問題に対する一つの解決策として、コンピュータの端末にG3ファクシミリ端末を利用する方法が注目され始めている。専用端末／ワークステーション／パーソナルコンピュータ等のキャラクタ端末に比較して、G3ファクシミリ端末は次のような点が優れている。

- (1) 通信手順の標準化に伴い、接続性が良好であること。
- (2) 既に国内設置台数は400万台を突破し、普及度が高いこと。
- (3) 公衆電話回線を利用しているため、端末設置が経済的に行えること。
- (4) 端末操作が簡単であること。

しかしながら、G3ファクシミリ端末はシステムとの会話的なやりとりを行ったり、受信データを後続の情報処理装置の入力に利用したりすることは不得意である。このG3ファクシミリ端末の得失を理解してコンピュータシステムに接続すれば、有効な情報ネットワークを経済的に構築することができる。

今回、そのようなシステムのキーコンポーネントとなる“計算機接続ファクシミリ配信システム”を開発したので報告する。開発は、既に御好評をいただいている三菱ファクシミリメールシステム《MELFANET》に新たにコンピュータ接続機能を搭載することによって実現した。

2. 《MELFANET》システム

《MELFANET》システムの機能と特長を以下に示す。

2.1 特長

《MELFANET》は、小規模ユーザー向けから大規模ユーザー向けまでシリーズ化している。ネットワーク当たり500端末以下の小規模ユーザー向け《MELFANET-10S》及び《MELFANET-10H》，ネットワーク当たり500端末を越えるユーザー向け《MELFANET-100》，《MELFANET-200》及びその集線装置である《MELFANET-10F》の5機

種である。《MELFANET-10S／10H／10F》は、マイクロプロセッサベース、デスクサイドタイプのコンパクト／省スペース設計がなされたものである。《MELFANET-100／200》は、ミニコンピュータベースのシステムであり、ネットワークシステム内の他の接続装置へ柔軟に接続することができるよう考慮している。《MELFANET-10S／10F》及び《MELFANET-200》は、米国／英国の安全規格／通信規格を持っており、当該国への出荷が可能である(表1)。

2.2 機能

《MELFANET》の機能は、サービス機能と運用管理機能の二つに大別することができる。表2にサービス機能一覧を示す。運用管理機能には、配信停止／ふくそう(輻輳)制御等のファクシミリ電文自身の制御に関するもの、及び自身の運用状態を監視したり、遠隔地からの操作による保守を可能としたリモート保守機能がある。

3. 《MELFANET》計算機接続ファクシミリ配信システム

HOST計算機のデータベースを検索出力したり、HOST計算機のデータ処理結果を該当ファクシミリに出力又は同報することにより、従来人手に頼っていたプリント出力結果の配布業務を自動化／省力化したシステムである。また、従来は出力依頼／データ処理実行／プリント出力／出力結果の送付と数時間から数日を要していたHOST計算機のデータベース検索／問い合わせも、ファクシミリ端末からの要求により、リアルタイムに取り出せるようになった。

以下に具体的なシステム事例を示す。

3.1 北海道士幌町農業協同組合納め“農業情報ネットワークシステム”

3.1.1 システムの概要

《MELFANET-100／モデル16》を配信システムの中心におき、HOST計算機として《MELCOM80／40GR》，農協からの送信用端末として《MELFAS FA6500》端末4台を農協内に設置、約600戸の組合員宅には《MELFAS FA760》端末を置きNTT公衆電話網で結ぶ構成としている(図1)。

組合員は自宅の端末からあらかじめワンタッチボタン登録してあるメニューボタンを選択して押下することにより、HOST計算機をアクセスでき、農業経営に必要な乳牛／肉牛／畑作管理情報等の営農技術情報や預金／貸付金残高照会等をリアルタイムに検索出力できる。また、《MELFANET》

表1. 《MELFANETシリーズ》の諸元

項目	MELFANET-10S/10H	MELFANET-100	MELFANET-200	MELFANET-10F	
登録端末数	250／装置 500／ネットワーク	500～1,000／装置	1,000～2,000／装置	
電文蓄積容量(A4サイズ)	600～1,600ページ	4,000～8,000ページ	8,000～12,000ページ		
グループ3 ファクシミリ回線	CCITT 勧告 T.4 (1984)				
回線速度	2,400～9,600bps				
回線インターフェース	PBX 公衆電話交換網 プッシュボタン信号が通ること				
物理回線数	4	8～16	15～20	4	
電文転送プロトコル	CCITT 勧告 T.30 (1984)				
グループ4 ファクシミリ回線	CCITT 勧告 T.5, T.6 (1984)		
回線速度		9,600～64,000bps			
回線インターフェース		ディジタル専用線、パケット交換網			
物理回線数		1～2	2～3		
電文転送プロトコル		CCITT 勧告 X.25 (1980) CCITT 勧告 T.70, T.60, T.73 (1984)			
メール装置接続回線	システム 10S 間	システム 100, 200, 10F 間			
メール装置数	15	16			
回線速度	9,600～48,000bps	9,600～48,000bps (FMP-FC 間) 9,600～64,000bps (FMP 間)			
回線インターフェース	デジタル専用線	デジタル専用線、パケット交換網			
物理回線数	4	1～2	2～3	1～4 回線はグループ4 ファクシミリ回線を共用する	
電文転送プロトコル	独自	CCITT 勧告 X.25 (1980) CCITT 勧告 X.400 (1984) (FMP 間) 独自 (FMP-FC 間)			
HOST 接続機能	有り	有り	有り	
電源	±10% (電源) ±1Hz (周波数)	100V, 50/60Hz 115V, 60Hz 230V, 50/60Hz	100V, 50/60Hz	100V, 50/60Hz 115V, 60Hz 230V, 50Hz	
寸法	幅 (mm)	340	600～1,200	750	
	奥行 (mm)	600	800	600	
	高さ (mm)	600	1,400	1,900	
質量 (kg)	45	190～325	360	42	
設置可能国 (規格取得)	日本, 米国, 英国	日本	日本, 米国, 英国	日本, 米国, 英国	

～末端間は、T.30 ファクシミリ送受信手順における NSF 内パスワードを識別することにより、ネットワーク外部へのデータの漏れを防ぐ閉域ネットワークシステムを実現している。

このシステムは、1990年8月1日から運用を開始し、現在、以下のサービスを実現している。

- (1) 問い合わせ照会
貯金元帳照会／貯金残高読出し等
- (2) 個別連絡
農産物出荷情報／乳検情報等
- (3) 同時速報
営農技術情報／買物情報／行政情報／共済情報等
- (4) 揭示板
気象情報／肥料農薬情報／中古農業機械情報／雑誌相場情報／金融情報等

(5) 報告発注

資材発注取りまとめ注文申込み等

(6) 親展

個人あて重要情報等

3.1.2 システムの特長と機能

(1) 同一呼内 HOST 計算機情報出力

人間の生態として、自宅から HOST 計算機のデータ出力要求を電話を介して行うには、要求したデータが直後にに出力されるのか、数時間後に出力されるのかが確認するまで分からぬという不安がある。

このシステムでは、この点を改良して1回の電話呼の中で HOST 計算機情報を検索出力できるようにしている。HOST 計算機情報を必要とする組合員は《MELFANET》へダイヤルし、情報要求のテンキー操作を行った後、HOST 計算機の情報が《MELFANET》に準備されるのを待ち、FAX ボタン

表2. 《MELFANET》のサービス機能一覧

機能	内容
蓄積送信	ファクシミリからの原稿をいったん受信し、その後送信する。
同報送信	原稿を一通送信すれば、あて先数分複製して同時に送信する。 任意同報：一つずつ個別にあて先を指定する。 グループ同報：登録してあるあて先群番号を指定する。
時刻指定送信	配達時刻を指定されると、時刻まで保持してあて先に送信する。
優先送信	優先指定の原稿は、既に受け付けた原稿よりも先にあて先に送信する。
親展送信	原稿は保持したまま、あて先に親展電文が届いたことを知らせる。 あて先からパスワード付きの読み出し要求を受けて原稿を出力する。
送達確認通知	送達確認指定の原稿は、あて先に送信後、発信元に確認通知を返す。
メールボックス	メールボックスに入った原稿は、あて先から要求されて出力する。
自動再呼	回線障害等で原稿出力に失敗しても時間をおいて出力を試みる。
代行受信	自動再呼が失敗したら登録された代行ファクシミリに出力する。
不達通知	代行ファクシミリへの自動再呼も失敗したら不達メッセージに原稿の先頭ページを付けて発信元に返す。
電文照会	各ファクシミリで送受信した原稿の通信状況の一覧を出力する。
列信	複数の発信元から同じあて先に原稿が集中すると、一括してあて先ファクシミリに送信する。
通信情報の附加	原稿の受付通番、発信日時、発信元／あて先ID、ページ数を各ページの先頭に印字する。
未登録ファクシミリ出力	登録されていないあて先にも公衆電話番号を指定して送信できる。

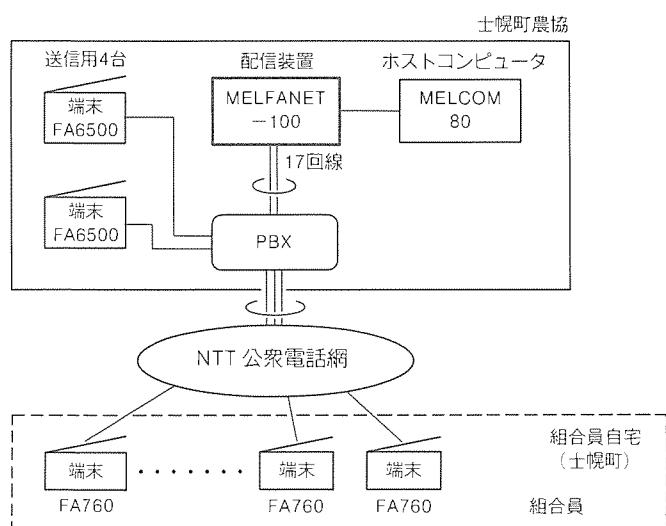


図1. “組合員農業情報ネットワーク”の構成概念

を押下、情報出力結果を入手する。HOST 計算機の情報が《MELFANET》に蓄積されるまでの時間は、情報量にもよるが5~30秒程度である(図2)。

また、この方式を実現したことにより、情報を入手する受

益者側が電話料を負担する受益者負担方式となり、システム運営の簡便化が図られている。

(2) 同時速報

同時速報は、全組合員あて／地域別グループあて／振興会別グループあて等がある。全組合員あて同報は、約600戸に行う必要があり、午前1時から4時まで行う。これは土幌町地区NTT回線容量の制約により、昼間時間帯に同報を実施した場合、電話がかかりにくくなることを避けるためである。送信する情報は、HOST計算機又は送信用端末から時刻指定配信電文として昼間時間帯に《MELFANET》に蓄積しておく。

(3) 閉域ネットワークシステム

《MELFANET》及びすべての端末が送受信の最初のシーケンスであるT.30手順中のNSF内パスワードをチェックし不正であれば接続しないという方式にしている。これにより、土幌町ネットワーク外の端末から情報を入手しようとしても接続できないようになる。

また、HOST計算機の個人別重要データ(預金残高等)をアクセスするには、各組合員別にテンキーによるパスワード入力が必要であり、ネットワーク内不正データ利用も排除できるようにしている。

(4) ファクシミリ蓄積交換装置としての利用

このシステムは、HOST計算機データの検索／出力のみならず《MELFANET》の基本機能であるファクシミリ蓄積交換装置の機能も同時に利用できる。

3.1.3 HOST計算機データ送信方式

以下に処理方式の概要を示す。

- (1) 組合員は、端末のボタンによってHOST計算機データ検索コマンドを押下する。
- (2) 《MELFANET》は、当該端末が正規の加入端末であるか否かをチェック後、入力された検索コマンドを文字列に変換し、HOSTへ転送する(HOST計算機とはパケット回線で直結されている。転送速度は48 kbps)。
- (3) HOST計算機は、検索コマンドに基づきデータベースを検索する。
- (4) HOST計算機は、検索結果データ、オーバレイするためのけい(罫)線データ及び電文制御情報を《MELFANET》に送信する。
- (5) 《MELFANET》は、HOST計算機から受信した文字列中の検索データ／罫線データを、ファクシミリ画像変換装置に



- ① ハンドセットを上げダイヤルする。
- ② 音声応答を確認する("こちらメールセンターです")。
- ③ PB 切替ボタンを押す。
- ④ テンキーボタンを押す。
- ⑤ 音声応答を確認して("スタートボタンを押して下さい。"), FAX ボタンを押す。
- ⑥ MELFANET から要求したデータが outputされる。

CED : Called Station Identification (被呼局確認信号)
 NSF : Non-Standard Facilities (非標準機能)
 CSI : Called Subscriber Identification (被呼端末識別)
 DIS : Digital Identification Signal (デジタル識別信号)
 TSI : Transmitting Subscriber Identification (送信端末識別)
 DCS : Digital Command Signal (デジタル命令信号)
 TCF : Training Check (トレーニングチェック)
 CFR : Confirmation to Receive (受信準備確認)
 PIX : ファクシミリ画像データ
 EOP : End Of Procedure (手順終了)
 MCF : Message Confirmation (メッセージ確認)
 DCN : Disconnect (回線切断命令)

図2 . HOST 計算機データ出力要求時のシーケンス図

よってファクシミリ画像に変換する。

(6) 《MELFANET》は、変換された
ファクシミリ画像を当該端末へ出力
する。

3.2 三菱地所住宅販売(株)向け 物件管理システム

3.2.1 システムの概要

《MELCOM EX850》をHOST 計算機とし《MELFANET-100/モデル16》との間を LAN (MELNET B10) で結んでいる。LAN には物件情報をイメージスキャナを介して読み取り、HOST 計算機へ登録する MWS (マルチワーク ステーション) も接続されている。また、全国に展開する各営業店には、物件情報を HOST 計算機データベース上から検索するための M5000 端末及びファクシミリ端末が設置されている(図3)。

各営業店では顧客等の要求に応じて、M5000 端末のメニュー画面に従い、宅地／戸建て／マンション等の物件検索を行う。必要な物件があれば出力要求を行う。これにより、当該物件の詳細情報(所在／土地情報／建物情報／設備情報／価格等)、イメージデータとして登録されている案内図／間取図及び三菱地所住宅販売(株)のロゴ(帯情報)と画像合成し、不動産流通促進協議会統一様式(B4 サイズ)として要求した営業店のファクシミリ端末に出力する。

このシステムは、1990年8月20日から運用を開始してい

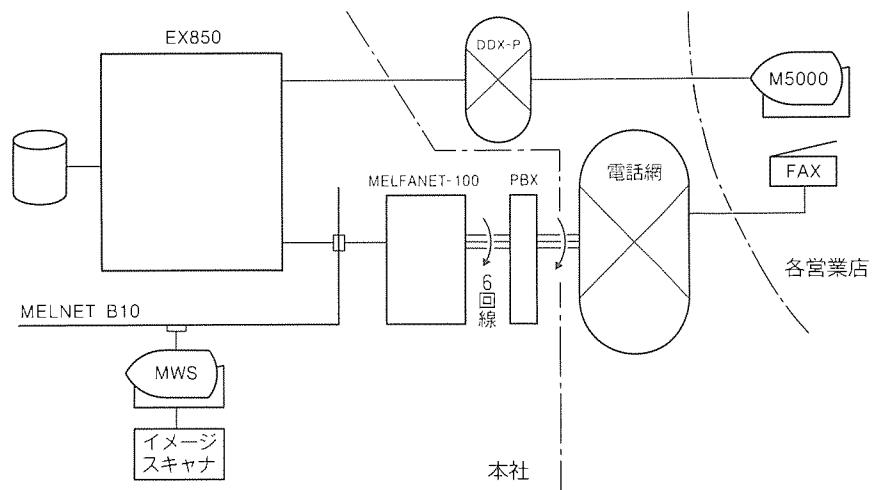


図3 . 物件管理システムネットワークの構成概念

る。

3.2.2 システムの特徴と機能

(1) 画像合成と主走査方向の反転機能

このシステムでは、すべてHOST 計算機側が《MELFANET》を起動する。HOST 計算機からは、①間取図／案内図、②ロゴ情報、③詳細情報がイメージデータとして、また④物件名称／価格等がキャラクタ情報で《MELFANET》に送られてくる。イメージデータは、MR 方式によってコード圧縮されている。これらのデータを基に、B4 サイズの出力電文を《MELFANET》が合成するが、④のキャラクタ情報の B4 サイズでの方向がFAX 出力方向と 90 度異なるため《MELFANET》は以下の処置を行う(図4)。

(a) HOST 計算機から受信したキャラクタ情報④のフ

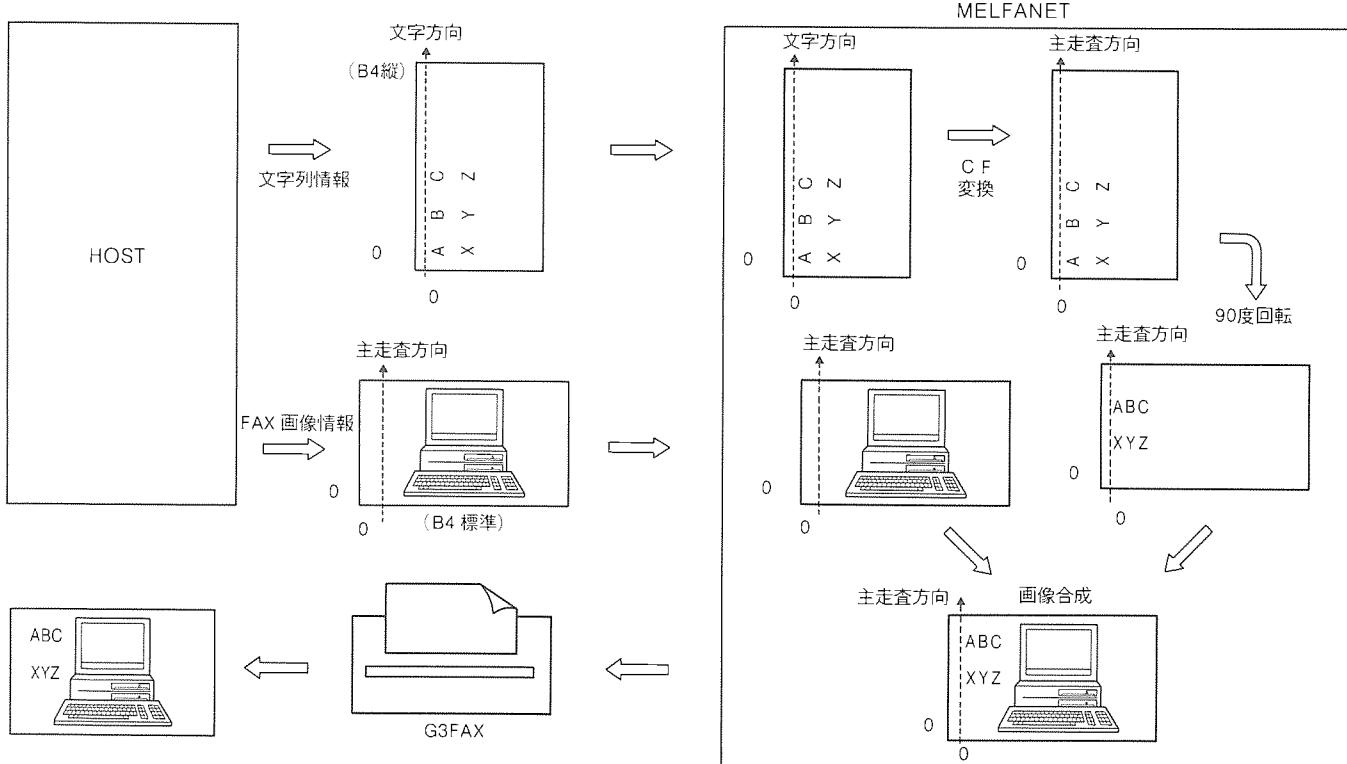


図4. キャラクタ回転と画像合成処理の概念

クシミリ画像変換処理

- (b) ピットマップデータの90度回転処理
- (c) HOST 計算機から受信したイメージデータ①, ②, ③の伸長及び合成処理
- (d) キャラクタ情報とイメージデータの画像合成処理
- (e) 合成データのファクシミリ画像変換処理
- (f) HOST 計算機から指定されたファクシミリ端末への出力処理

(2) 電文出力管理機能

このシステムでは、HOST 計算機主導の処理となるため、当該ファクシミリへ出力完了した時点で出力完了通知をHOST 計算機へ送信する。HOST 計算機接続の要求元M5000 端末へは、リアルタイムに出力状況を表示する。

4. 今後の展開

《MELFANET》の計算機接続ファクシミリ配信機能は好評を得ているが、さらに《MELFANET シリーズ》として次に示す機能拡充を図っていく予定である。

(1) 下位モデル《MELFANET-10H》の製品化

この論文で紹介した計算機接続ファクシミリ配信機能は、

ミニコンベースである《MELFANET》上位機種に開発された機能であり、大規模ユーザー向けであったが、これをコンパクト化し、小中規模ユーザー向けとして1990年10月に《MELFANET-10H》を発表、販売開始している。

(2) 他社計算機との接続

《MELFANET-100 シリーズ》に、現在他社計算機との接続機能を開発中であり、広くエンドユーザーに使用していくだけることを目指している。

5. むすび

以上、2システムの事例を中心に計算機接続ファクシミリ配信システムを紹介した。今後とも、《MELFANET》の適用分野を拡大すべくパーソナルコンピュータ、ワークステーションとの接続、ファイリングシステムとの接続等、機能拡充を図っていく所存である。

最後に、《MELFANET》配信システムの構築に当たり、御指導いただいた土幌町農業協同組合管理部経理課関係各位、また三菱地所住宅販売(株)総務部システム開発課／流通企画部流通企画課関係各位に厚く御礼申し上げる。

分散化を指向したアプリケーション開発支援システム“SWEET II”

逢坂 仁* 飛山哲幸* 稲生紀和* 中嶋 昇* 藤掛 遼*

1. まえがき

SWEET II は、事務処理分野向け基幹情報システム開発の生産性向上をねらいとした汎用計算機 EX シリーズ向けのシステム製品である。現在、SWEET II は、従来からのホストマシン中心の開発支援環境から、当社 AX パソコン《MAX Y》をワークステーション(WS)として利用した分散システムへの拡張を進めている。本稿では、SWEET II の分散化の概要と分散化に伴い、新たに追加された機能を紹介する。

2. システムの概要

2.1 分散化の背景

SWEET II は、これまでホストマシン中心のアプリケーション開発支援環境であったが、支援機能・支援範囲の一層の強化のために、現在 WS 利用によるシステムの分散化を進めている。システム強化の方向に分散化を指向した背景は以下のとおりである。

- (1) 開発作業によってホストマシンの負荷が増大している。これを WS に分散することにより、ホストマシン上の実業務システムへの圧迫を極力抑えたい。
- (2) ホストマシン未導入の段階や、ホスト端末のない作業場所での開発作業に対しても計算機による支援を実現し、作業効率の向上を図るとともに、作業の成果をホスト上の支援ツールでも活用できるようにしたい。
- (3) ウィンドウ マウス等の優れたマンマシン インタフェースがパーソナル コンピュータ(PC)や WS の分野で急激に発展してきている。これらの技術を有効に活用した強力な開発支援ツールを実現し、より大きな生産性向上効果を引き出したい。

2.2 分散化の方向付け

開発を進めるに当たって、分散型の開発支援環境に対する基本的な方向付けは以下のとおりとした。

(1) 開発方法論とのかかわり

特定の開発方法論／開発標準に依存しない開放的なシステムとする。当社のシステム開発では、当社開発標準である“三菱電機ビジネスシステム生産標準”に組み入れられて使用される。

(2) 機能分担の考え方

ホストと WS 間の機能分担は、開発工程上で大きく二つに分ける。WS では、高度なマンマシン インタフェースによ

る支援が必要な、要求定義から設計段階までの上流工程を主に支援する。また、ホストではターゲットマシンとのかかわりの大きいプログラムの製造段階以降、試験、保守等下流工程を主に支援する。これら二つの環境の併用により、アプリケーション開発の全工程をすき間なく支援するシステムとする。

(3) ホストと WS の連係

WS 上での作業によって設計した情報は、ホストに転送し、ホスト上のツールにこれを展開・活用して行く。これにより、WS 及びホストの各ツールでの入力の重複や矛盾を排除し、WS からホストへの作業環境の移行に伴うギャップを極力小さくする。さらには、各 WS で作成した設計情報をホスト上のデータベースで一元管理することにより、開発の上流／下流工程の接続も含めたより高度な分散開発支援環境の構築を目指して行く。

(4) WS の選択

WS としては、現在大きな流れとして OS に UNIX^(注1) を搭載したエンジニアリング系の WS と、MS-DOS^(注2) を搭載した PC 及び事務処理向けの WS がある。SWEET II では、以下の理由から後者を選択し、当社 AX パソコン《MAX Y》を WS として利用することにした。

- ・エンジニアリング系 WS に比べて低価格で、可搬性に富んでいる。
- ・ホスト EX シリーズとの親和性が高い。
- ・MS-DOS がパーソナル コンピュータ分野でのデファクトスタンダードである。

図 1 に SWEET II での分散開発環境のイメージを示す。

2.3 ツール体系

ツールは大別して SWEET II / WS と、SWEET II / EX の二つの体系に分けられる。

(1) SWEET II / WS

SWEET II / WS は、WS 上で動作する開発支援ツール群の総称である。各ツールについては 3 章に詳述する。

(2) SWEET II / EX

SWEET II / EX は、ホスト上で動作する開発支援ツール群の総称で、従来からホスト上の開発環境として提供されてきたツールをベースに分散化を考慮して機能拡張されたもの

(注 1) “UNIX”は、UNIX システム ラボラトリーズ社が開発し、ライセンスしている。

(注 2) “MS-DOS”は、米国マイクロソフト社の登録商標である。

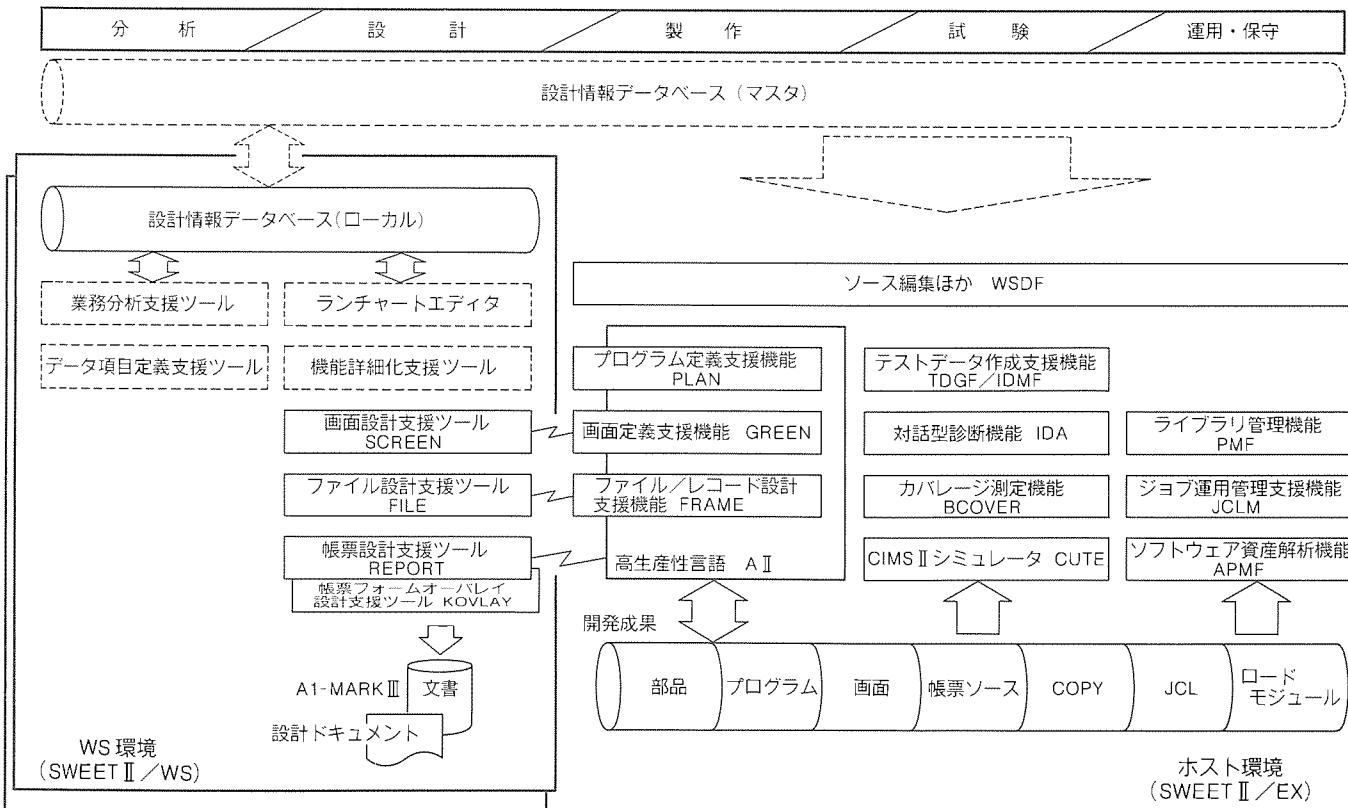


図1. 分散開発支援環境のシステムイメージ

である。SWEET II／WS を利用しない単独の支援システムとしても利用可能である。各ツールの詳細は、参考文献(1)に報告済みのため本稿では省略する。

3. SWEET II／WS

3.1 SWEET II／WS のねらい

SWEET II／WS は、以下の考え方に基づき構築されている。

(1) 設計支援機能の独立化と設計情報の一元化の共存

設計支援の各作業を要素ごとにブレークダウンし、抽出した機能を再構成して各々独立したツールとして実現する。これにより、設計の局面に応じてきめこまかく支援を行うとともに、ユーザーの作業の流れに合わせて使用できる開放的なシステムを指向する。その一方で、設計された情報は、WS 上の設計情報データベースに格納することにより、個々の設計支援ツール間の情報の共有化を行い、設計作業の効率化及び品質向上を図る。

(2) 文書処理システムとの接続

個々のツール単独で、設計の局面に応じたドキュメント作成を行えることはもちろんあるが、設計仕様書として完成させるための支援として、汎用の文書処理システムの利用を可能とする。そのための文書ファイル変換機能を実現する。これにより、ツールから自動生成される文書を基に、文書処理システムの編集機能を利用して設計仕様書としての完成度を高めることを可能とする。

(3) 優れたマンマシン インタフェースの利用

設計上流フェーズを支援するツールとして不可欠な、優れた操作性を実現するために、マルチウインドウマウスをベースとしたウインドウ システムを利用し、設計時の作業者の思考過程を効率良く支援する。

SWEET II／WS の全体構成を図2に示す。

3.2 SWEET II／WSの特長

SWEET II／WS は上記の考え方を基に、当社 A X パソコン《MAXY》の MS-DOS, MS-Windows^(注3) 上で動作する設計支援ツール群である。このシステムは以下の特長を持つ。

- (1) ホストと独立した環境で設計作業が行える。
- (2) GUI (Graphic User Interface) 環境で、優れた操作性を実現している。
- (3) WYSIWYG (What You See Is What You Get) でレイアウト設計が行える。
- (4) レイアウト図や各種一覧表といった設計ドキュメントが、当社統合化ワープロソフト A1・MARK III の文書ファイルに取り込める。
- (5) 簡単なプロトタイピング機能を持っている。

これにより、開発の初期段階でのエンドユーザーとのシステムのイメージ合わせが容易となることによる設計作業の手戻りの防止や、設計ドキュメントの作成・修正作業の効率化

^(注3) "MS-Windows"は、米国マイクロソフト社の登録商標である。

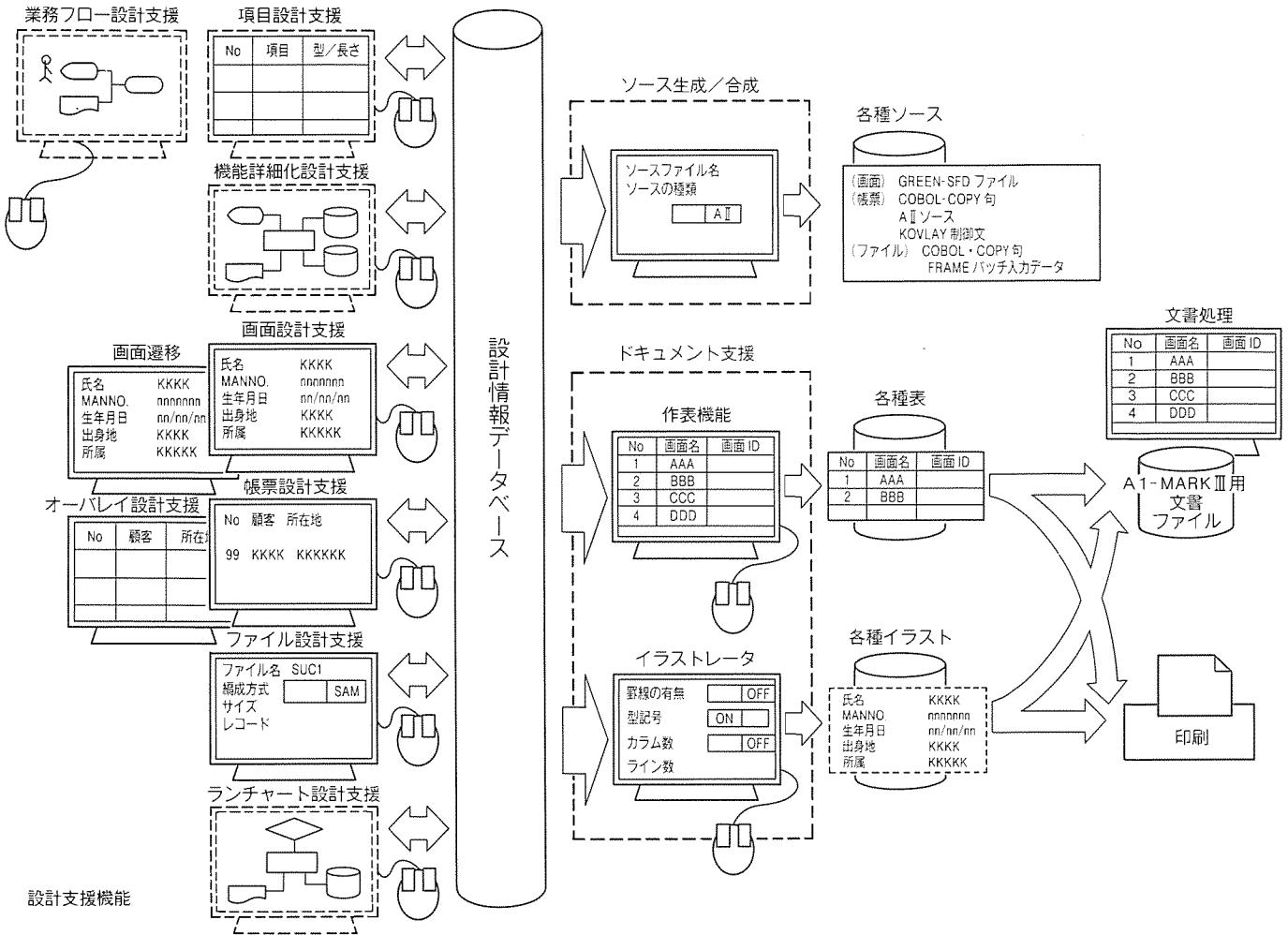


図2 . SWEET II/WS の全体構成

が図れる。

また、設計作業の結果として SWEET II/EX が利用できる形にも変換できる。次に各設計支援ツールの機能概要を述べる。

3.3 画面設計支援ツール

画面設計支援ツールは、ワープロ操作感覚で画面イメージを作成するためのレイアウト編集機能と、表操作による一括編集機能とを合わせ持ち、作業の局面に応じて使い分けることにより、画面設計作業を効率化している(図3)。

設計作業の結果としてレイアウト図、変数フィールド一覧表といった各種ドキュメントや SWEET II/EX の GREEN (画面定義) に接続するための SFD ファイルを出力できる。

また、簡単なプロトタイピング機能により、端末表示イメージをシミュレートし、実業務に合わせた画面遷移やサンプルデータの入力が行え、システムのイメージ合わせに有効である(図4)。

3.4 帳票設計支援ツール

帳票設計支援ツールは、画面設計支援ツールと同様な編集機能を持っている。特に、帳票特有の 9 ポ 8 C P I, 12 ポ 5 C P I といった印刷上での漢字ピッチを、正確にレイアウト編集画面上にシミュレートしている点が特長となっている

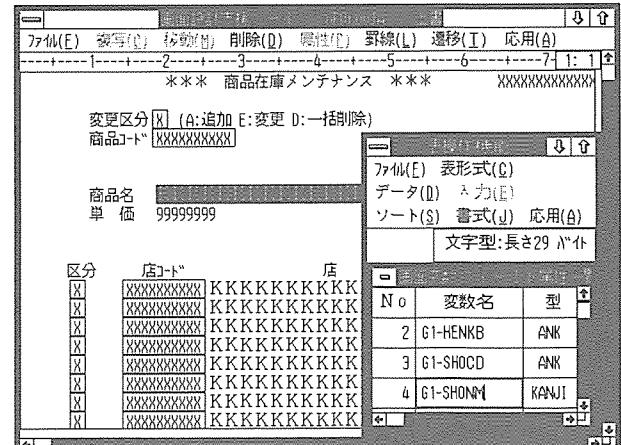


図3 . 画面設計支援ツールの設計画面

(図5)。これにより、設計時点でホストでの帳票印刷の位置関係が保証される。

設計作業の結果として各種一覧表のほかに、レイアウト図(図6)及び A II 帳票ソースが出力できる。また、帳票用レイアウトがレイアウト編集画面より大きい点を補うため、縮小表示ウインドウを用意し、レイアウト全体のイメージの確認を容易にしている。

3.5 帳票フォームオーバレイ設計支援ツール

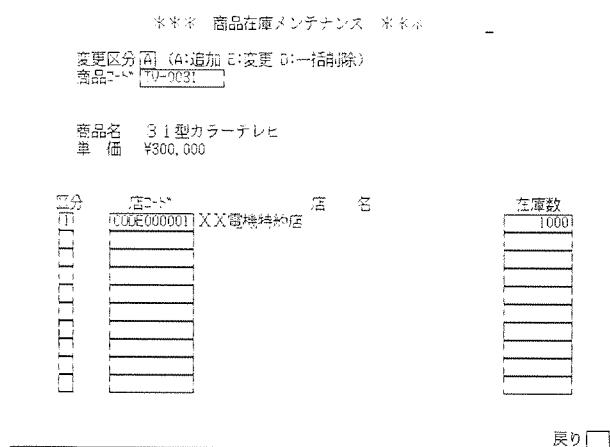


図 4. 画面設計支援ツールの端末表示イメージ

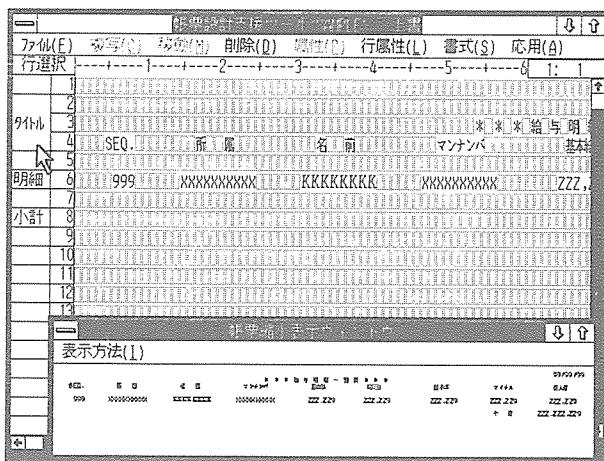


図 5. 帳票設計支援ツールの設計画面

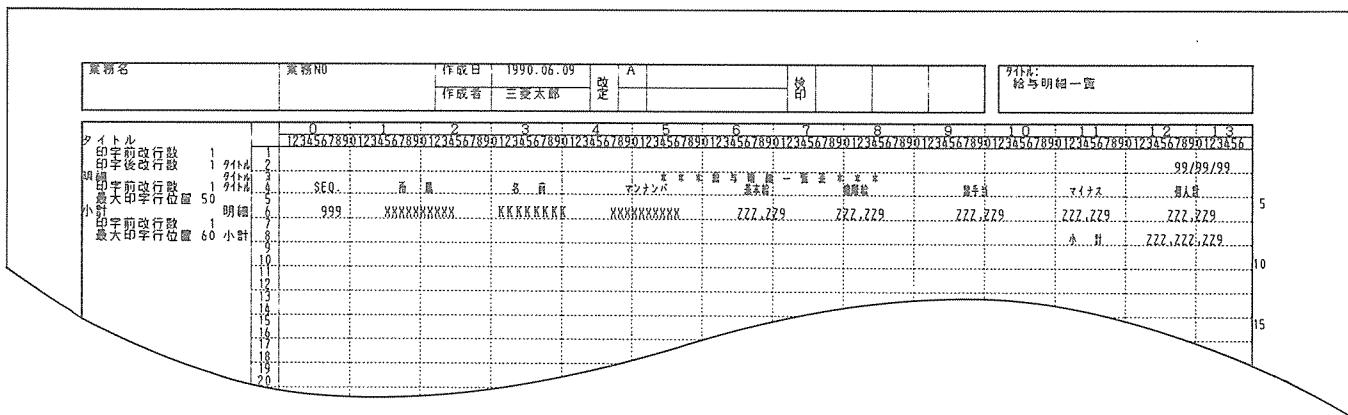


図 6. 帳票設計支援ツールの出力ドキュメント(レイアウト図)

帳票フォームオーバレイ設計支援ツールは、帳票設計支援ツールと連携し、ワープロ操作感覚で、オーバレイイメージを変数フィールドに重ね合わせて作成することが可能となっている。また、全体イメージを確認する縮小表示ウインドウと合わせ、拡大表示ウインドウにより、細かいフォームの調整が可能となっている(図7)。

設計作業の結果として、レイアウト図のほかにホストでオーバレイイメージを作成するための制御文が出力され、従来の試行錯誤によるオーバレイ印刷の調整作業を改善している。

3.6 ファイル設計支援ツール

ファイル設計支援ツールは、ファイル設計に必要なファイル情報、レコード情報、項目情報を表形式で入力することにより(図8)，ファイルレイアウト図を自動生成(図9)することを特長としている。これにより、頻繁に発生するレイアウトの修正作業を効率的に行うことが可能となる。

設計作業の結果として、レイアウト図、各種一覧表やSWEET II/EX のFRAMEに接続するためのデータが出力できる。

上記ツール群に加え、プロセス部の設計支援として、システムからサブシステム、ジョブへと段階的な詳細化を支援す

る機能詳細化設計支援ツールや、ランフローを設計していくランチャートエディタといったツールについて、社内評価を開始している。

また、データディクショナリを中心として設計情報を管理することにより、全設計支援ツールをインテグレートする方向に進めつつある。

4. ホストとWSの連係

WS上の設計支援ツールで作成した設計情報をホストに転送し、ホストツールを連係させた統合的な開発を可能にする。

ホストとWSの連係のための機能としては、以下の3種類がある。

- (1) SWEET II/WSの画面設計支援ツールで生成した画面情報(SFDファイル)をホストに転送し、SWEET II/EXのGREENで実行環境(実画面の論理マップ、実行体)を生成する。
- (2) SWEET II/WSの帳票設計支援ツールが生成したAII帳票ソースをホストに転送する。帳票ソースは、高生産性言語AIIのコンパイル時にプログラムに取り込まれる。
- (3) SWEET II/WSのファイル設計支援ツールが生成したファイル情報(FRAMEバッチ入力データ)をホストに転送

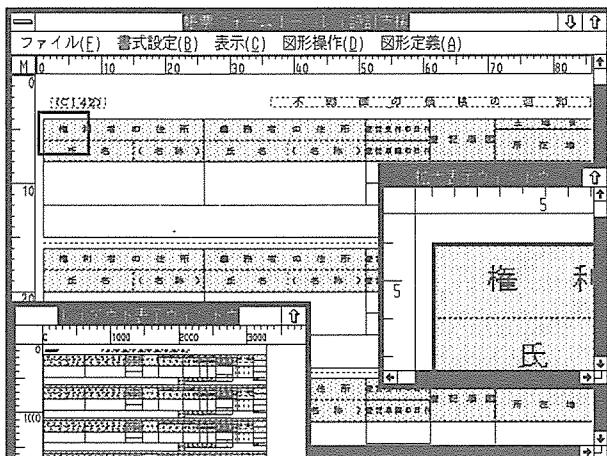


図7. 帳票フォームオーバレイ設計支援ツールの設計画面

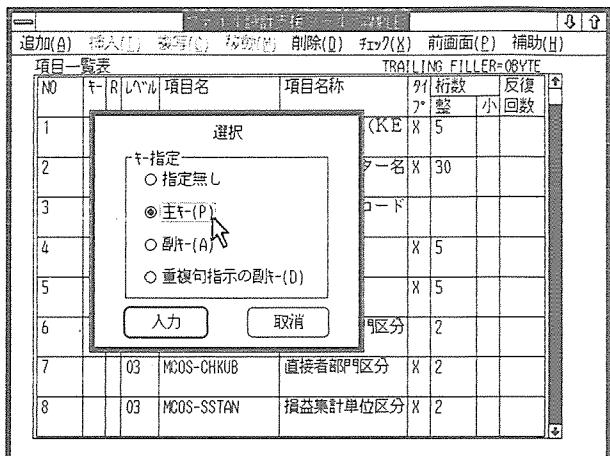


図8. ファイル設計支援ツールの設計画面

図9. ファイル設計支援ツールの出力ドキュメント(レイアウト図)

し、SWEET II/EX の FRAME で COPY ファイルを生成する。また、FRAME に取り込まれたファイル情報により、テストデータ作成支援ツール TDGF 及び IDMF の利用が可能となる。

5. むすび

以上述べたように、これまでの開発で分散開発支援システムとしての基本的なツールレパートリーのサポートを実現し、またホスト・WS 間の連係が可能となった。今後は、以下の方向でシステムの拡張・充実を図って行く計画である。

- (1) SWEET II／WS

 - ・システム分析などの上流工程の支援ツールの実現
 - ・開発工程上の製作・試験フェイズへの支援範囲の拡大に

によるホストマシンの負荷の低減

(2) SWEET II / EX

- ・各 WS で作成した設計情報を集中管理し、WS とホストの各ツール間で、さらに密な連係を図るための設計情報データベース（データディクショナリ、リポジトリ）の実現
 - ・リ エンジニアリングの考え方に基づく保守開発支援ツールの実現

参 考 文 献

(1) 逢坂 仁, 稲生紀和: 部品化による生産性向上を目的とした高生産性言語 A II, 三菱電機技報, 64, No. 4, 341~344 (1990)

EX-AX パソコン オンライン端末分散処理機能“CIMS II／DS<AX>”⁹⁹

小出 真* 吉田 稔* 山崎史江* 山崎雄二** 五味仁志**

1. まえがき

ワークステーションの普及、能力向上に伴い、従来、ホスト集中型で行っていた処理の一部をワークステーションに行わせ、ホストの負荷軽減やOAソフトの利用をねらった分散処理システムを構築するニーズが高まりつつある。汎用コンピュータ《MELCOM EXシリーズ》(以下“EX”という。)は、こうしたニーズにこたえるべく、既にオンライン基幹業務処理の分野をターゲットに、EXとマルチワークステーション(以下“MWS”という。)での分散処理システム構築をサポートする“CIMS II／DS<MWS>”⁽¹⁾を提供しているが、このたび、その機能を強化し、さらにAXパソコン《MAXYシリーズ》(以下“《MAXY》”という。)をレパートリーに加えた“CIMS II／DS<AX>”を開発した。

本稿では、“CIMS II／DS<AX>”の開発のねらい、及び機能と特長を述べ、さらにこのシステムを構築する際の技術課題とその解決策について説明する。

2. 開発のねらい

“CIMS II／DS<MWS>”は、従来EXで集中処理されていたオンライン基幹業務処理の一部をMWSに分散処理させる機能を提供することにより、オンライン処理の重要なポイントであるシステムスループットと端末レスポンスの向上を実現することを最大のねらいとしたシステムである。また、分散処理システムの運用保守の負荷軽減も重要なねらいとしてとらえている。

“CIMS II／DS<AX>”は、“CIMS II／DS<MWS>”のねらいを踏襲し、さらに以下のねらいを加え、機能強化を図ったものである。

(1) MS-DOS^(注)搭載の《MAXY》のサポート

MS-DOS搭載の《MAXY》を分散処理のワークステーションとしてサポートし、世の中で普及している種々のOAソフトを分散処理のソフトウェアとして利用できるようにする。また、安価で省スペースであるラップトップタイプのワークステーションをシステムに取り入れたコストパフォーマンスの良いシステムの構築を可能にする。

(2) ホスト集中型システムに対する分散処理導入のサポート

オンライン業務処理は、従来、ホスト集中型システムとし

て構築されている。そこで、このホスト集中型システムの処理のうち、最も使用頻度の高い画面入出力処理を、システムの変更なくそのまま《MAXY》に分散することができる機能をサポートし、分散処理システム導入のユーザーの負担を軽減させる。

(3) ホスト集中型システムと分散処理システムとの共存のサポート

従来のホスト集中型システムを分散処理システムに移行する過程で、一時的にホスト集中型システムと分散処理システムとを併用して業務処理を行うことが必要な場合がある。このために、ホスト集中型システムと分散処理システムとを共存させて利用できる機能をサポートする。

(4) “CIMS II／DS<MWS>”との互換性の維持

当社は、ワークステーションとして既にMWSを提供しており、分散処理システム導入の際、ユーザーが既に利用しているMWSと《MAXY》を混在して利用する場合も考えられる。そのため、MWSと《MAXY》での操作性と機能ができるだけ共通化するとともに、EX上で動作する業務プログラムの互換性を維持し、《MAXY》とMWSで同一の業務処理を行えるようにする。

3. 機能と特長

3.1 機能

“CIMS II／DS<AX>”は、“CIMS II／DS<MWS>”の持つ以下の機能を《MAXY》上に提供し、システムスループットと端末レスポンスの向上、及び運用保守の負荷軽減を実現している(図1)。

(1) アプリケーション間通信機能“APPX／DS<AX>”

EX上の業務プログラムと《MAXY》上のプログラムとの間で、データの送受信を行う機能である。データ送受信は、ホスト、ワークステーションの違いを意識しない対等な形で行うことができる。これにより、《MAXY》上のプログラムにオンライン基幹業務処理の一部を行わせる本格的な分散処理システムの構築が行え、ホスト負荷軽減によるシステムスループットの向上が可能である。

(2) 分散画面管理機能“GREEN／DS<AX>”

《MAXY》上に画面形式情報を置き、従来、ホストで行われていた画面フォーマット処理を《MAXY》上で行う機能である。タイトルなどの固定テキストやけい(野)線などの属性情報は、《MAXY》側で行うフォーマット処理で生成し、

(注) MS-DOSは、Microsoft社の登録商標である。

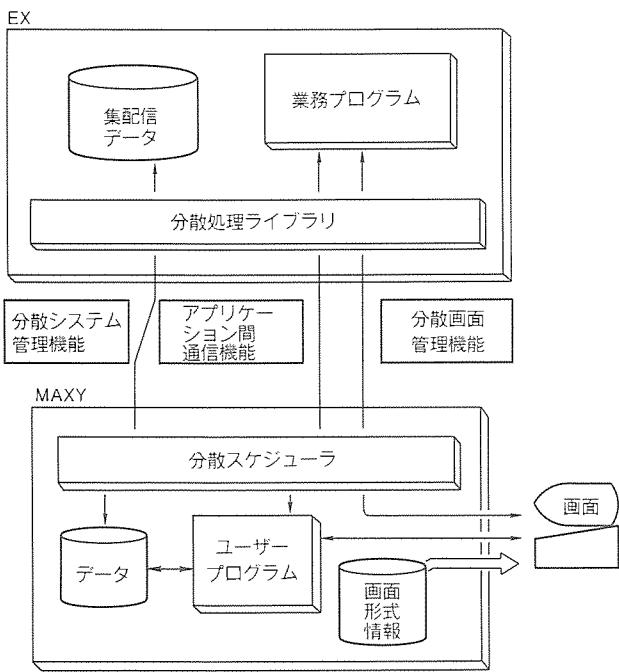


図1. "CIMS II／DS<AX>" の機能

EX と《MAXY》間で転送されるデータを可変データのみに削減した。また、この機能利用に際し、《MAXY》上にプログラムを作成する必要はない。これにより、オンライン処理を中心に行われる画面入出力を《MAXY》側で分散処理させることができ、回線コストの削減、及び回線オーバヘッドとホスト負荷の軽減による端末レスポンスの向上が可能である(図2)。

(3) 分布システム管理機能 "DS-NET／WS<AX>"

分布システムの場合、遠隔地に置かれたワークステーションにプログラムを置く必要がある。そのため、従来その保守は、ワークステーションの設置場所にフレキシブルディスクを持ち込んで行うなど、期間と手間のかかる作業を必要とした。

分布システム管理機能は、《MAXY》上に置かれているソフトウェアやデータファイルをEX上で集中管理するため、以下の機能を提供する(図3)。

- (a) 《MAXY》に対し、ソフトウェアやデータファイルを集配信する機能。集配信に対し、日時指定、ログオン時指定などのスケジューリングが可能である。
- (b) あらかじめ、複数のソフトウェアやデータファイルを《MAXY》上の一時ファイルに配信しておき、IPL (Initial Program Load) 時に一齊に置き換える機能。
- (c) 集信したソフトウェアやデータファイルの履歴管理を行う機能。

この機能により、すべての《MAXY》上のソフトウェアやデータファイルの保守を、手元の《MAXY》からの指示によってEX上で集中的に行え、保守・管理作業の負荷軽減を図ることができる。

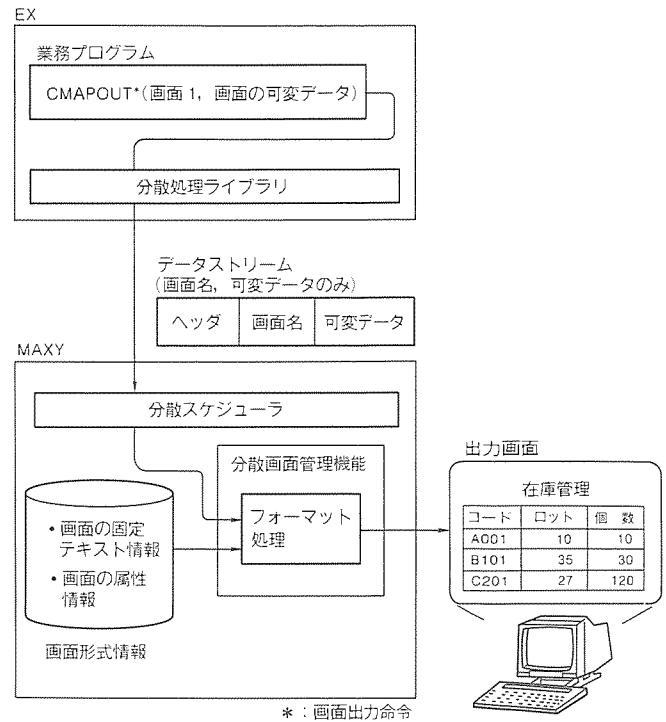


図2. 分布画面管理機能の概要

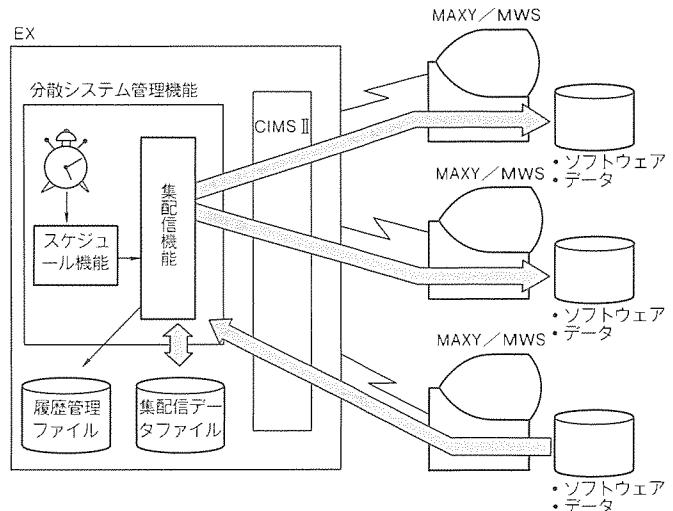


図3. 分布システム管理機能の概要

3.2 特長

"CIMS II／DS<AX>" の特長は、開発のねらいで述べた考え方に基づき、機能を以下のような形で提供している点にある。

- (1) ホスト集中型システムと画面入出力インターフェースを統一

従来のホスト集中型システムの業務プログラムを変更することなく、分散処理システムで用いることを実現するため、業務プログラムが行う画面入出力処理に着目し、次のように機能提供した(図4)。すなわち、分布画面管理機能の画面形式情報や命令形式を、ホスト集中型システムの業務プログラムが画面入出力で用いる画面編集支援"GREEN"のインタ

フェースと一緒にした。これにより、ホスト集中型システムで用いていた画面形式情報は、再定義を行うことなく、《MAXY》に配信することにより、そのまま分散画面管理機能で用いることができる。また、“GREEN”を利用する業務プログラムは、再コンパイルなしに、そのまま分散画面管理機能を利用することができます。

以上の機能提供により、既にユーザーが持つホスト集中型システムの業務プログラムは、変更することなく、画面入出力処理を《MAXY》に分散でき、“CIMS II／DS<AX>”を導入した分散システムで用いることができる。

(2) ホスト集中型システムとの併用をサポート

“CIMS II／DS<AX>”では、《MAXY》上のプログラムに対し、業務選択のメニュー機能を構築できるよう、EX 上の業務プログラムの起動命令などをサポートしているが、この命令を使って、従来のホスト集中型システムの業務プログラムを起動することを可能にした。さらに、TSS などのシステムを起動する命令もサポートした。これにより、従来のホスト集中型システムは、そのまま、分散処理システムと併用し、連続的に区別なく利用することができる。

(3) 《MAXY》と MWS を併用した分散処理システム構築をサポート

“CIMS II／DS<AX>”が提供する機能は、“CIMS II／DS<MWS>”が提供する機能と提供機能の範囲で共通化を図った。特に、EX 上のオンライントランザクションは、どちらのシステムからでも共通に利用できるよう互換性を保っている。これにより、《MAXY》と MWS を同一システムで併用することができる。

4. 技術課題とその解決策

“CIMS II／DS<AX>”システムを開発する際の技術的課題は以下の点であった。

(1) 多重処理の実現

MS-DOS の制御のもとで動作する《MAXY》は、同時に 1 本のプログラムの動作しか行えない。しかし、“CIMS II／DS<AX>”システムを実現するためには、通信制御機能、画面入出力機能、プログラム集配信機能、及びユーザーのプログラムを、《MAXY》上で多重処理し、同時に動作させる必要がある。このため、“CIMS II／DS<AX>”では、MS-DOS 上に、多重処理を実現する制御プログラム（タスクスケジューラ）を用意した。このタスクスケジューラは、

- (a) CPU の処理を各プログラムに一定期間ごとに割り当てる機能
- (b) 複数のプログラムの間でデータを受け渡す機能
- (c) メモリを管理する機能

など、多重処理を実現するための基本的な機能を提供している。

《MAXY》側では、図 5 に示すように、“CIMS II／DS<AX>”が提供する機能単位に、独立したプログラムを用意する構成を探っている。これらプログラムとユーザーのプログラムが、タスクスケジューラの制御のもとで多重処理され、“CIMS II／DS<AX>”の機能の提供を行っている。

(2) ユーザープログラムのメモリ領域の確保

“CIMS II／DS<AX>”の《MAXY》上で動作するプログラムの大きさは、通信制御を行う部分だけでも、MS-DOS がサポートするメモリ領域の大半を使用し、ユーザーのプログラムの領域を確保することはできない。このため、“CIMS II／DS<AX>”では、図 6 に示すように、拡張メモリ領域にプログラムを置き、そこで処理を行わせることで対応した。

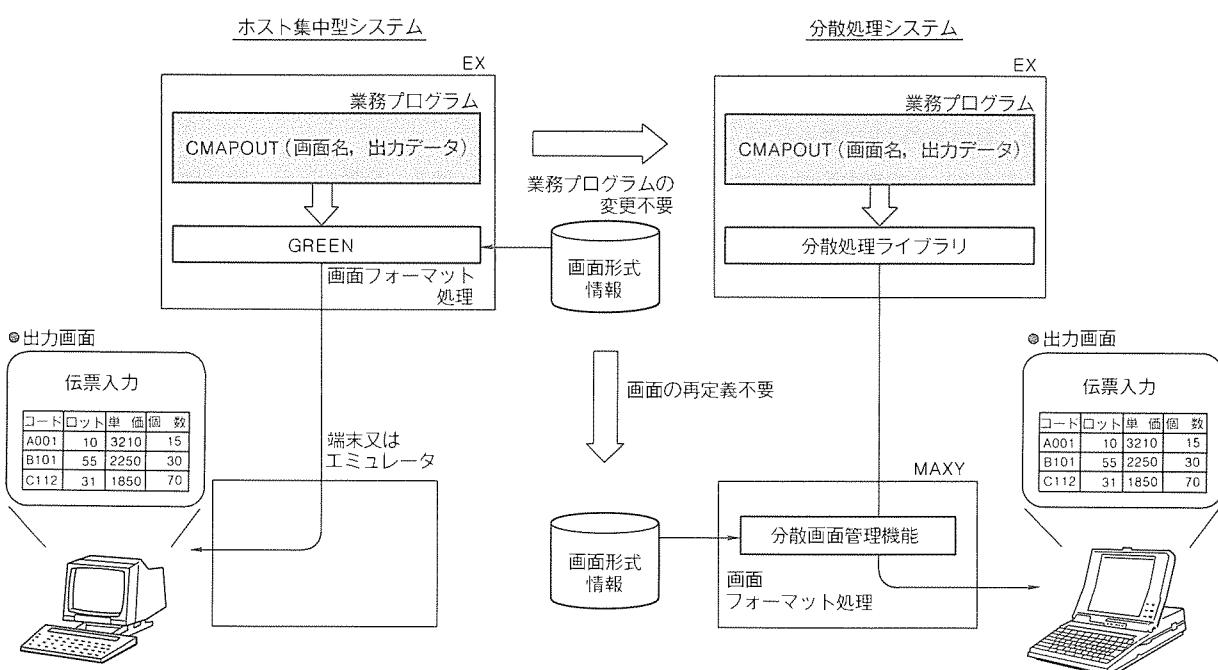


図 4. ホスト集中型システムとの画面入出力インターフェースの統一

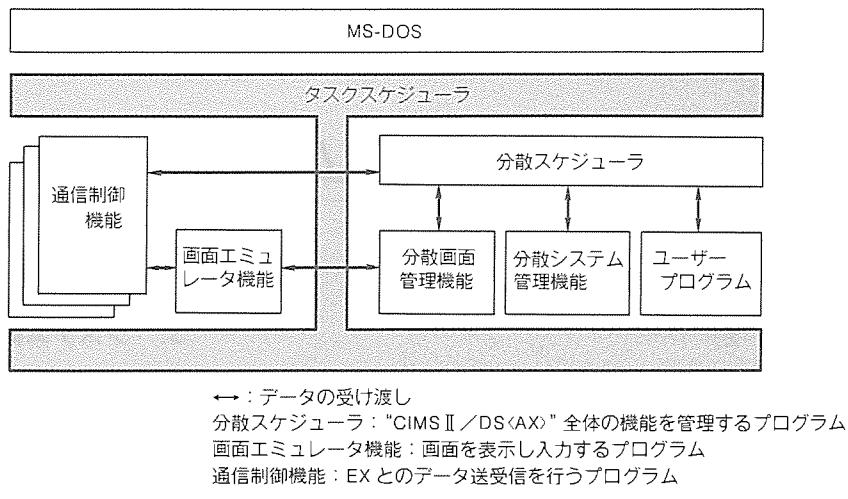


図5. “CIMS II／DS<AX>”の《MAXY》側システム構成

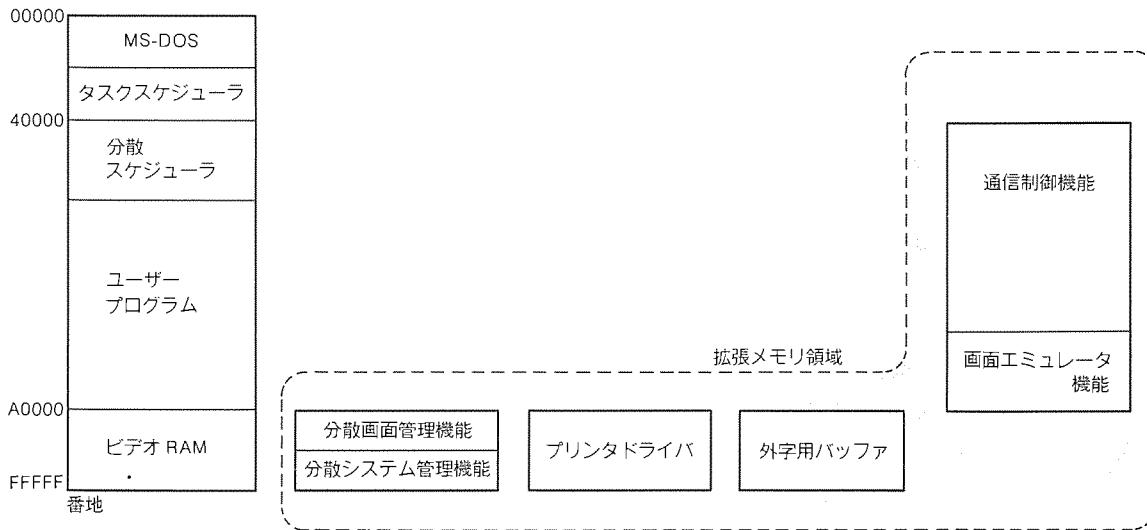


図6. “CIMS II／DS<AX>”の《MAXY》側メモリ構成

《MAXY》の拡張メモリ領域は、幾つかの区域に分けられている。それぞれのメモリ上でプログラムの実行を行うためには、各区域での処理の前に切替えが必要であるが、これはタスクスケジューラが、各プログラムごとに区域を管理しており、CPUの処理を各プログラムに割り当てるのと同時に、メモリの切替えを行っている。

この構成を採ることにより、ユーザーのプログラムの領域を標準メモリ領域に確保することを実現した。

5. むすび

“CIMS II／DS<AX>”は、オンラインの基幹系業務の分散処理をターゲットに、機能提供を行ったシステムである。一

方、基幹系業務にて構築されたデータベースを基に、企業戦略を判断するために種々の情報選択・加工を行う、情報系業務に対するニーズが高まっている。こうしたニーズに対しては、ワークステーションが持つOAソフトなども利用した分散処理が有効と判断される。今後、情報系業務の分野も取り込んだ形での分散処理もサポートし、機能強化を図っていく。

参考文献

- (1) 小出 真、吉田 学、渡辺 靖、木谷 徹、山崎史江：
EX オンライン端末分散処理機能《CIMS II／DS》，三菱電機技報，64，No.4，337～340（1990）

三菱ホームバス・HA システム“HS-200”

中武洋一* 堤 孝夫* 岡部 勇* 小林豊博* 皆川良司**

1. まえがき

最近の住宅の高級化、及び家電、住宅設備機器のシステム化指向に対応し、また住宅情報制御の核として関係官庁、業界で推薦している HBS 標準化規格が示す技術標準にできるだけ準拠した“三菱ホームバス・HA システム HS-200 シリーズ”を開発、製品化した。

このシステムは、家庭内の情報化を実現する手段として概念的に通信(コミュニケーション)、安全(セキュリティ)、利便性(コントロール)の3要素を包含したシステムの構築を目指し、階層的柔軟性及び拡張性と、施工性を重視して最終顧客であるユーザーはもとより、敷設工事を担当する設備施工者にも満足度の高いものを提供しようとしたものである(図1)。

ホームテレホン、セキュリティ、玄関映像の分配、宅内コントロール、テレコントロールの機能を持ち、ビルディングブロック方式の HA センター部、部屋別に最大4端末機器に接続可能なインターフェースユニット、そして住宅のトータルコントローラとしてのフルカラー液晶の絵表示(ピクトグラム)によって操作性を良くし、ホームテレホン子機と一体化したビジュアルテレホン コントローラ等をシリーズに取り込んでいる(図2)。

2. 開発のねらい

住宅規模の拡大、住宅設備機器への高級指向の現れから、また家庭生活のニーズ動向の多様化・個性化の傾向から、住宅用の総合的な情報システムとして HBS 規格の技術に準拠しつつ、次の項目を開発のねらいとした。

- (1) 顧客のシステム規模にまつわる多様なニーズを吸収し、かつシステムの拡張性及び柔軟性を確保する。
- (2) システム提案時に明確なルール構造を持つ階層的システムを指向する。
- (3) 住宅く(軀)体構造面から来る制約を考慮しつつ、施工性を最大限に重視した構造及び調整機能を保有する。
- (4) 住宅情報システムとしての利便性・安全性とマンマシン インタフェースの改良を行い、操作性の良いシステムを提供する。

3. システム概要

3.1 システム構成

このシステムは、システムの中心となるセンター部(ターミナルユニット、セキュリティユニット、ホームテレホン親機、TVモニタ、テレコントローラ及びプランクパネルから構成される。)と、情報コンセントへ接続されるホームテレホン子機、端末機器とのインターフェース機能をもつルームコントローラ、画面表示によるコントロールのできるビジュアル テレホンコントローラ、ビジュアル ホームコントローラから構成される(図3)。しかし、各ユニットは独立しており、ホームバス上に接続され相互に通信することにより、システムとしての必要な各機能を実現している。また、現在ホームバス以外を通信媒体としているドアホンなどは、専用線を使用し、既存製品系列の活用を図っている。

システムの論理階層構成を図4に示す。システムは継続して各種サービスが開発されていくため、長期的な展望に立脚した開発が初期になされていなければ、新しいサービスが追加されるたびにシステムとしては整合性を失っていくことになりかねない。今回、システム構築上は特にその点に留意し、

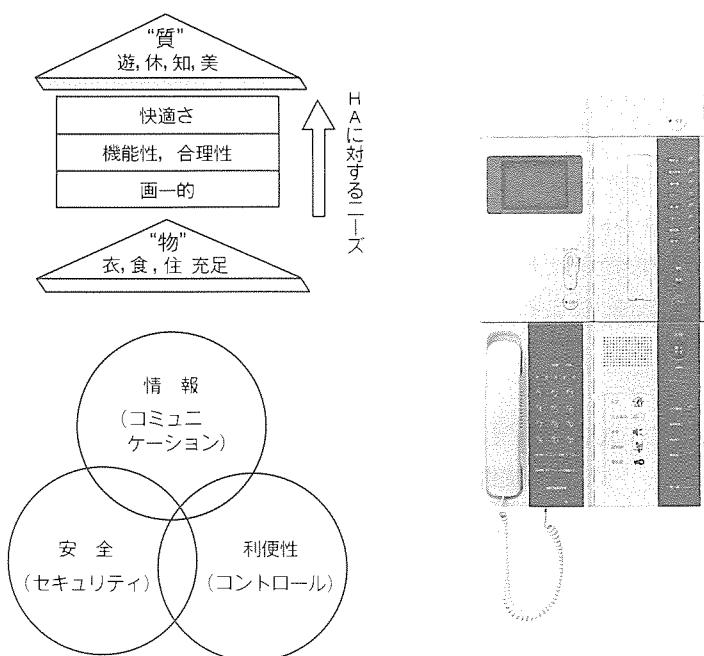


図1. ねらいとするシステムの概念

図2. 三菱ホームバス・HA システム

“HS-200” センター部

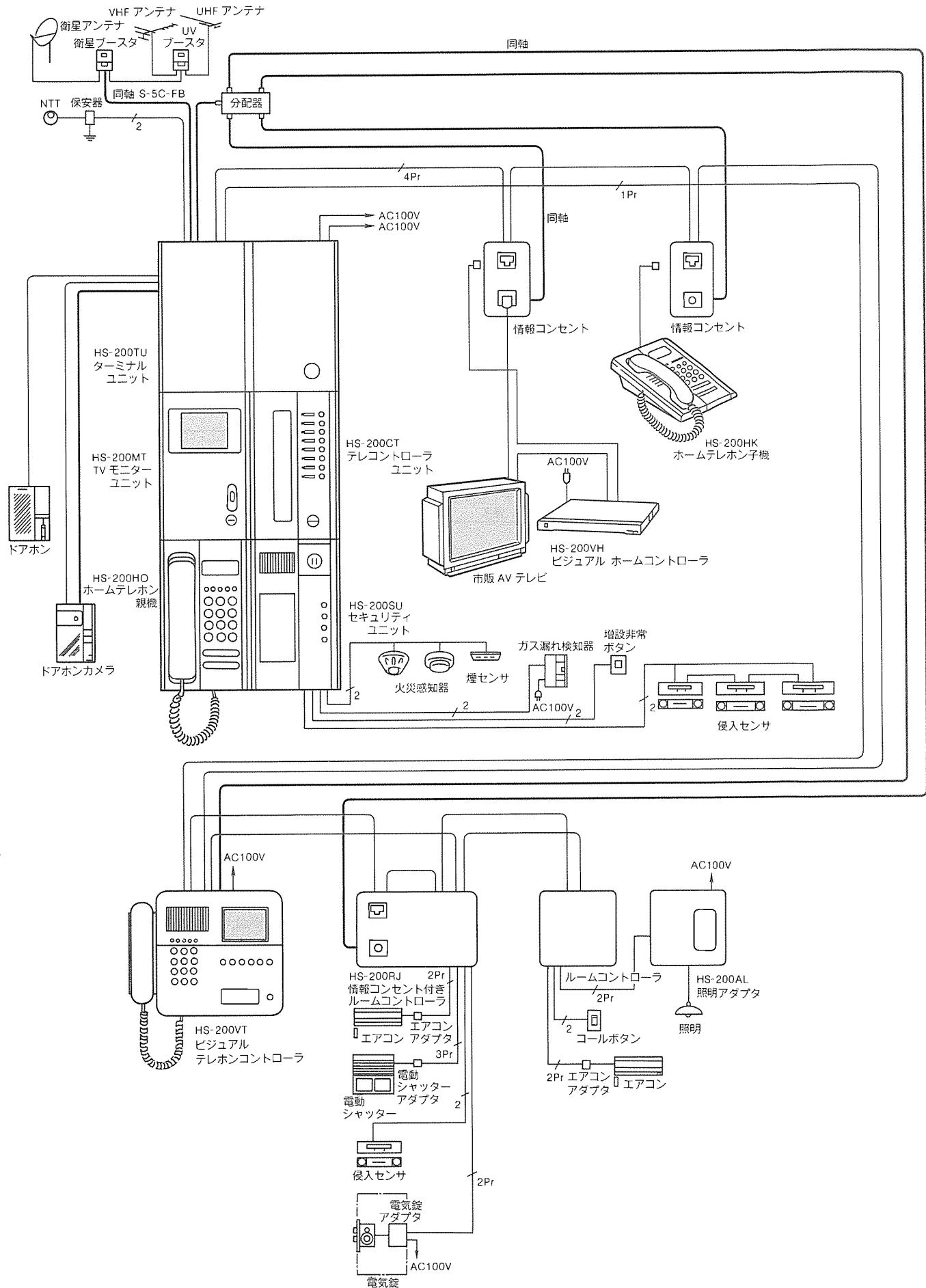


図3. システム構成

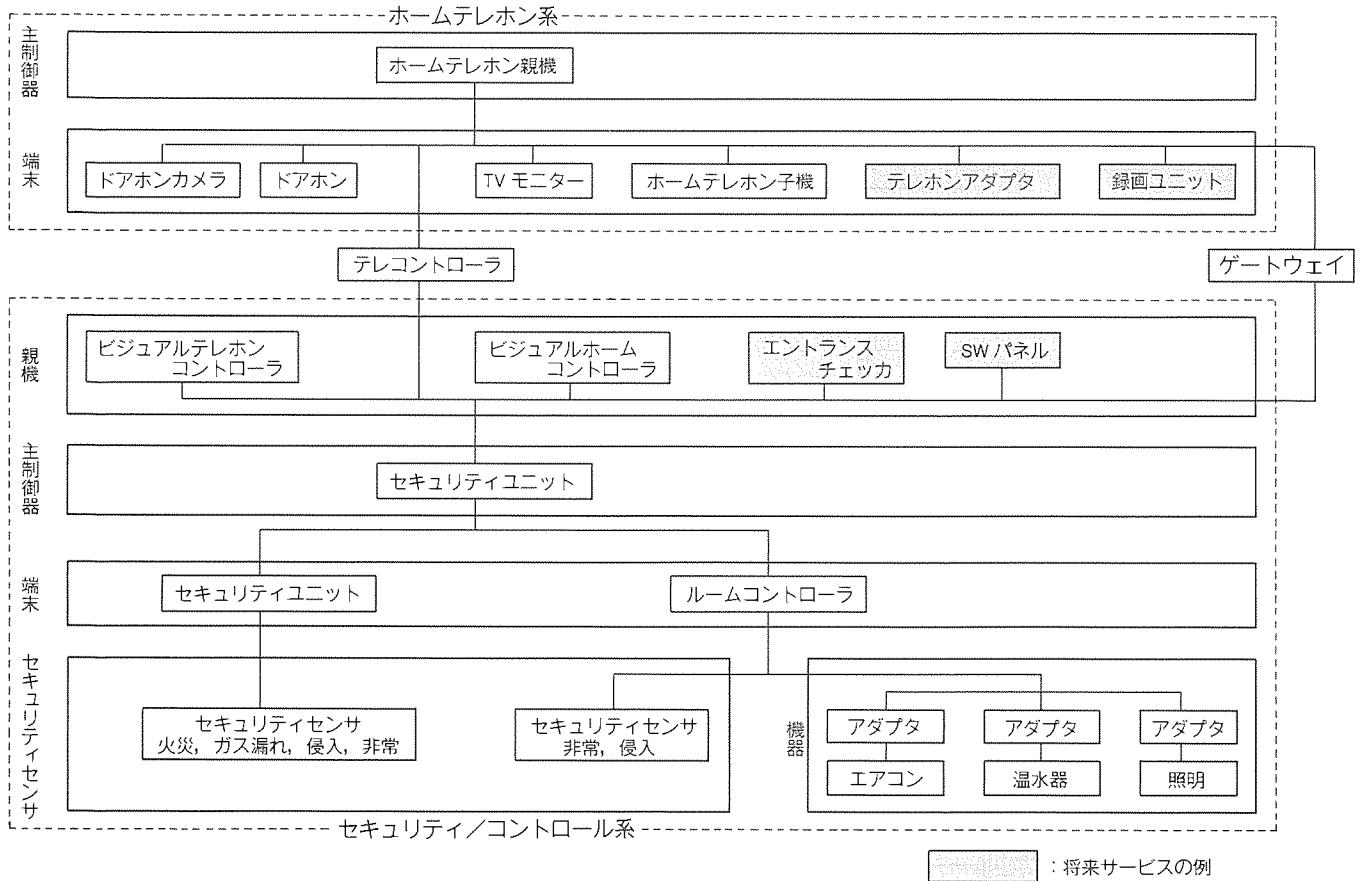


図 4. システムの論理構成

システムを機能別に幾つかのサブシステムによって構成するとともに、将来展開の予想されるサービスへのインテグレーションを持たせるなど、必要最小限の冗長性を内在させることにより、システムの継続性を考慮している。

サブシステム間にまたがるような機能（テレコントロール機能等）は、サブシステム間に論理的ブリッジを持たせ、通信コマンドの変換を行っている。これによって、サブシステムの独立性を確保している。

3.2 伝送仕様

通信仕様は、日本電子機械工業会によるホームバスシステム標準規格であるET2101に準拠している（表1、図5）。

通信の一例として、火災発生時の通信シーケンスを図6に示す。セキュリティユニットに接続された火災感知器で信号を検知すると、セキュリティユニットは警報通報機能のあるユニットへ火災発生通報パケットを送出する。ビジュアルホームコントローラは、通報を受けると、表示及び警報音を発生し、テレコントローラは設定された通報先へ自動通報を行う。

3.3 システム機能

このホームバスシステムは、セキュリティユニットとホームテレホン親機を基本として、機能ごとにユニットを構成しており、以下に示す各機能から必要な機能を選択し、システムを組むことができる。

(1) ホームテレホン機能

ホームテレホンは子機が最大5台まで接続でき、LCDによる発信先電話番号の確認や、通話時間、カレンダー、音量などを表示によって確認できる。また、ワンタッチダイヤル、短縮、オンフック応答、過去4回の再ダイヤル、内線一斉呼出などの機能を持っている。

(2) セキュリティ機能

セキュリティユニットには、火災感知機やガス漏れ検知器、非常ボタン、侵入センサが、またルームコントローラには非常ボタン、侵入センサが接続でき、異常時には表示と警報音で発生を知らせる。また、テレコントローラ設置時には、電話回線により、あらかじめ設定した通報先（4箇所まで）へ音声によって、異常内容を自動通報する。

(3) コントロール機能

ルームコントローラ1台につき4台の機器を制御でき、画面のピクトグラムを選択することにより、機器を制御できるビジュアルテレホンコントローラやビジュアルホームコントローラを使用することで、システム全体では最大60機器を制御することができる。

(4) テレコントロール機能

外線からのDTMF信号（PB信号）により、最大8機器を制御することができる。また、操作に対しては音声合成で応答し、エアコン、照明等機器の名称も対応する音声で応答す

表1. 伝送路仕様

ペア線系	トポロジー	バス方式
	信号線材	PVC-0.65-4P相当
	伝送方式	ベースバンド
	伝送波形	AMI信号
	伝送速度	9,600 bps
	衝突制御	CSMA/CD
	端末数	最大64
	伝送距離	最大200m
	同期方式	調歩同期式
同軸系	トポロジー	ツリー方式
	信号線材	TVEFCX相当以上
	信号方式	VHF, UHF, BS-IF
	端末数	最大16
	伝送距離	最大200m

- PR : 伝送の優先を設定する。
- SA : 自己アドレス
- DA : 相手アドレス
- CC : データ種別等の設定をする。
- BC : データファイルドのキャラクタ数を設定する。
- DATA : コマンド等データ
- FCC : 誤り検出のためのサムチェック

図5. パケット構成

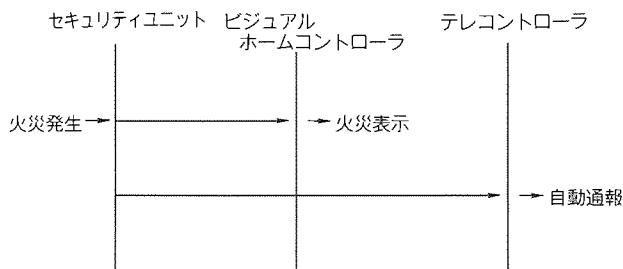


図6. 通信シーケンス(火災警報時)

るため、機器の状態も容易に確認できる。

(5) ビジュアル コミュニケーション機能

ドアホンカメラでとらえた来客者の映像を、TVモニターの画面で確認することができる。また、モジュレータユニットを使用することにより、ビジュアルテレホンコントローラの画面及び一般TVで映像を映すことができる(表2)。

4. ビジュアル テレホンコントローラ

このシステムは、各機能を持ったユニットが組み合ったセンター部が中心となっているが、このシステムの特長として、ホームテレホン機能、セキュリティ機能、コントロール機能を一体化し、マンマシン インタフェースを改善したビジュアル テレホンコントローラがある。

4.1 機能仕様

図7のビジュアル テレビンコントローラに示すように

表2. システム機能

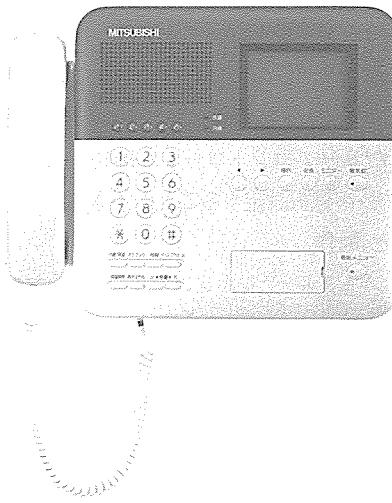


図7. ビジュアル テレホンコントローラ HS-200VT

このユニットは、ハンドセット、操作キー、4インチカラー液晶、スピーカーを備えている。電話部分は、ホームテレホン子機の機能をすべて持っており、カメラドアホンとの通話時には、液晶画面上に玄関の映像をモニターすることもできる。セキュリティ異常が発生した場合には、スピーカーから警報音を発し、4インチカラー液晶画面上にセキュリティの異常の内容と異常発生場所が表示される。コントロールを行うには、キーを操作して4インチカラー液晶画面上に機能メニューを表示させ、カラー表示画面に従ってカーソルを移動しながら、決められた手順で操作して、機器のコントロールを行う。

4インチカラー液晶画面を使用することにより、システム

の動きがビジュアル化され、理解しやすく、操作ボタンも少なくて操作しやすく、多機能なオールインワンタイプのコントローラとすることが可能となった。

4.2 操作方法

機能メニューには、部屋別制御、パターン制御、機器別制御、設定メニューの4種類がある。部屋別制御では、機器が制御されているルームコントローラの部屋名表示と、そのルームコントローラに接続されている機器（最大4種類）がイラストで表示され、動作状態の表示も行われている。操作する場合には、機器の表示にカーソルを合わせ操作ボタンを押すと、機器のコントロールが可能である。

機器別制御では、図8の機器別制御画面のように、機器の種類ごとの画面上に接続されている部屋名と動作状態が表示され、操作する場合には、目的の機器にカーソルを合わせ、同様な操作を行いコントロールが可能である。パターン制御は、生活のシーンごとにパターンを設定して機器の制御を行うもので、同時に複数の機器の制御が可能である。設定メニューは、5種類が可能である。

時刻設定では、現在時刻と曜日の設定を行う。タイマー設定では、接続されている機器が任意の時刻に動作することを設定できる。パターン設定では、パターン制御で動作させたい機器の種類を設定でき、パターンは6種類まで設定可能となっている。マーク設定では、接続されている機器に対するイラスト表示を23種類のマークの中から選び設定することができ、またルームコントローラが接続されている部屋名も、53種類の中から選択設定することができる。

4.3 構成と動作

図9のビジュアル テレホンコントローラ ブロック図に示すように、このコントローラはホームバスの制御チャンネル、情報チャンネルと、同軸ケーブルに接続されている。ホームバス上の各種の制御信号は、インターフェース回路によって送・受信が行われ、各種コマンドは、中央制御部で処理され、ホームテレホン機能、セキュリティ機能、コントロール機能等に区別され、それぞれの処理が行われる。

ホームテレホン機能の通話は、情報チャンネルに接続された音声回路を通して、ハンドセットで通話が行われたり、スピーカーから音声が発生される。カメラドアホンからの映像は、同軸ケーブルに接続されたチューナーで選局して液晶画面に映像を出す。

セキュリティ機能では、セキュリティ異常表示を中央制御部からの画面データによって液晶に表示し、スピーカーから警報音を出す。コントロール機能では、中央制御部からのコントロール表示画面を液晶に表示させ、操作ボタン

からの操作キー入力を読み取り、制御チャンネルにコントロールのコマンドを送信する。

5. 施工性の改善

住宅設備機器としてのHAシステムの普及は、施工の簡易化なくしては考えられない。従来、システムメーカーの提案を市場に普及させるという姿勢が主体であったが、最近は市場の要望、特に住宅業界の住宅建設側の要求が複雑多様化しており、いかにその要求を満たしつつ構造設計するか、施工方法の分かりやすさ、簡易化を図るかが開発の大きな視点となった。

5.1 ホームバスシステム センター部の施工方法

図10にこのホームバス・HAシステムセンター部、ビルディングブロック方式の構成全体を示した。上部のターミナルユニット部には、システム全体の電源、玄関テレビモニター及び一般TV放送波を変調混合するモジュレータユニットを内蔵している。また、下部にはホームテレホン親機と

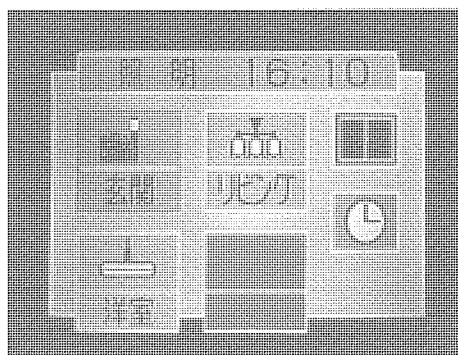


図8. 機器別制御画面

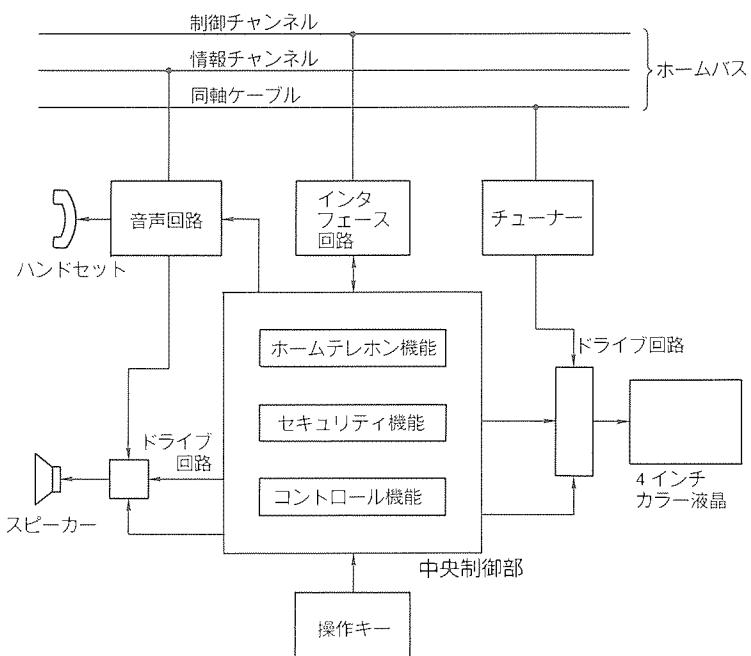


図9. ビジュアル テレホンコントローラ HS-200VT のブロック図

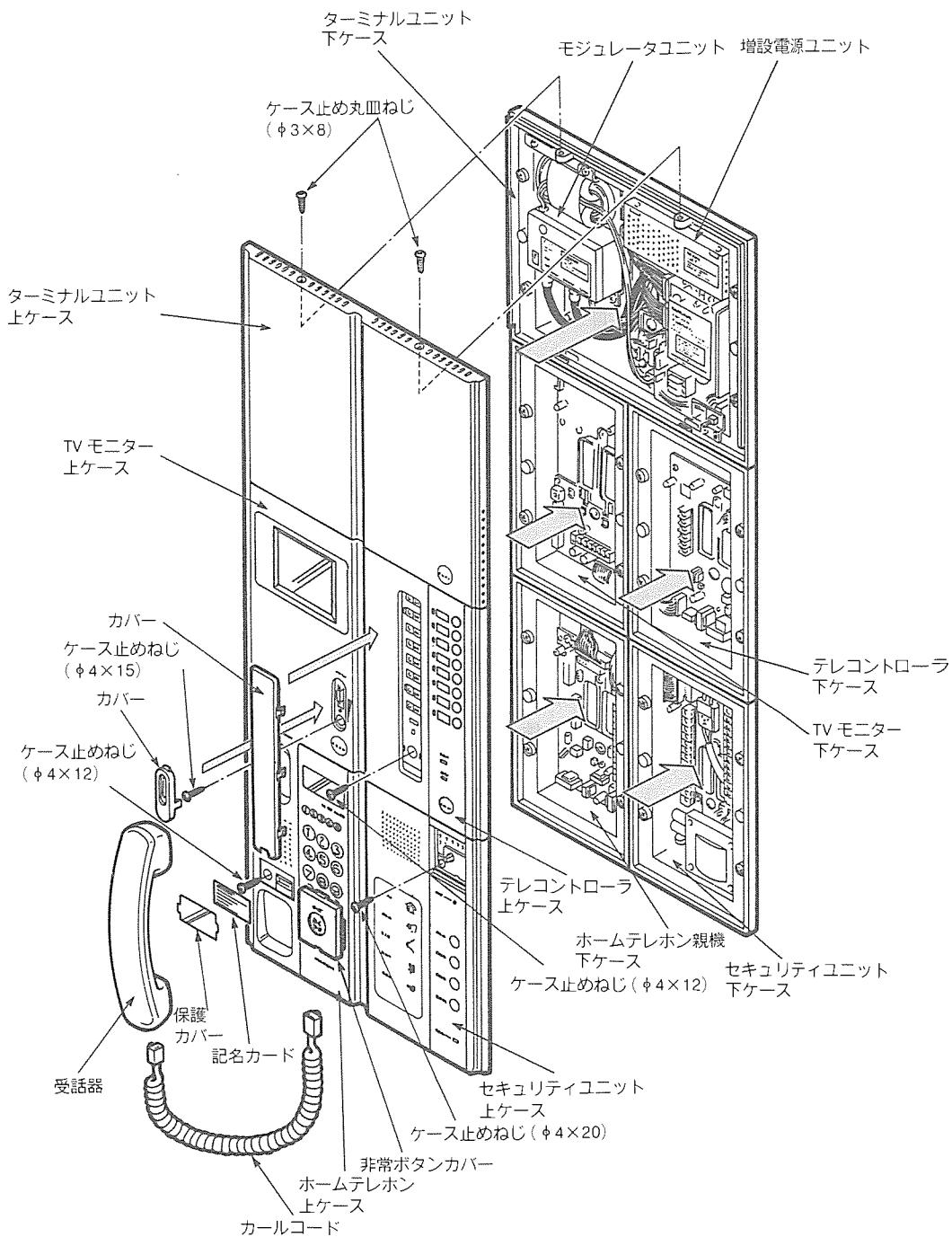


図10. ホームバス・HA システムのセンター部構造

セキュリティユニットを配置し、これらでシステムの基本を構成しており、中層のTVモニター、テレコントローラはユーザーの要求に合わせたオプション供給とした。

従来からの一般的な手法ではあるが、組合せバリエーションの際にもデザインの不統一性がないように考慮したセンター部の構成である。

5.2 ルームコントローラの施工方法

部屋別に端末機器とホームバスをインターフェースするユニットをルームコントローラ“HS-204RC/RJ”と呼んでいる。

図11は、情報コンセントと一体化してJIS3個ボックスに一体化したものの施工方法を示している。ホームバス4対

ペア線は、まず情報コンセントに接続され、渡り配線でホームバスコネクタにワンタッチ構造でさし込み接続される。この渡り機能をもつホームバスコネクタは、ルームコントローラユニットと着脱可能としてあり、メンテナンス時などにバス通信を生かしながらユニット交換ができる効果がある。

図12はルームコントローラの表面と、その制御対象機器名の設定等の構造を示す図であるが、それぞれ、SW3はルームコントローラのアドレス番号、SW4は部屋名設定、SW1はセンサか、制御負荷かの切替えを行える。これらにより、このルームコントローラは端末機器合計32種類から選択して4種類の設定ができるよう、SW2のダイヤルスイ

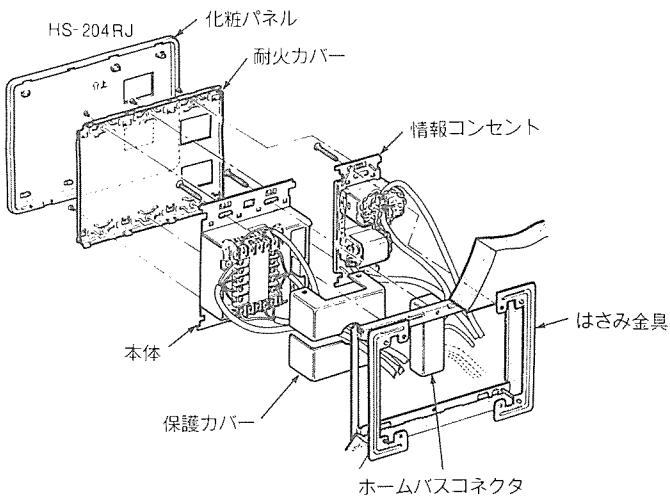


図11. ルームコントローラ HS-200RJ の取付構造

ッチ切替機構をもたしている。

このように、住宅壁面内での配線処理上からくる制約への適合と取付後の調整作業を加味して、かつ部屋別の端末機器への接続インターフェースとしての特長を損なうことなく、施工性を考慮した構造としている。

6. 今後の動向

住宅内の情報化、システム化の傾向が年々高まっており、それを解決するシステムとして、ホームバスシステムへの期待は強く、関係官庁、業界が普及に力を入れている。当社においても、今後の HA システムは、ホームバスを中心として発展・充実化が進むという観点からこのシステムを開発した。他社でも、ホームバス式ホームテレホンが商品化され、ホームバス式の HA システムも商品化され始めている。

ホームバスシステムのほかにも、電力線搬送システム、AV システムにおける D2B (ドメスティック ディジタルバス) システム等の魅力のあるシステムがある。それらは、住宅内のシステム化を実現する上で、サブシステムとして重要

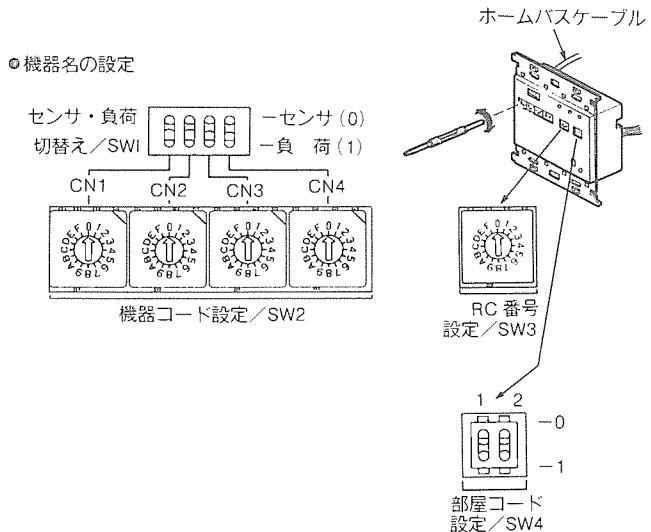


図12. ルームコントローラの制御機器設定説明図

な要素となってくるものであり、各種サブシステムを包含したホームバスシステムが、今後必要となってくるであろう。

7. むすび

この論文では、ホームバスを介して総合的な住宅情報システムの開発と製品化の経過を述べてきた。この論文のホームバス・HA システムを含め、住宅設備のシステム化は今後の市場の大きな課題であり、システムの供給とともに、それにつながる家電端末機器の接続を業界標準化の中でとらえ、その普及に向けて、我々もより一層の努力を行っていく。

参考文献

- (1) 井上雅裕、丸山和弘、皆川良司、本田嘉之、八星文昭：
HA システム《MELON》—ハウスキーピング システム—、三菱電機技報、63、No. 2、p. 142~147 (1989)
- (2) HBS 技術委員会：ホームバスシステム、日本電子機械工業会 (1988-9)

高性能32ビットマイクロプロセッサ用キャッシュコントローラ/メモリ(CCM)

木下伊都子* 山田 朗* 澤井克典* 畠 雅之* 平木俊行**

1. まえがき

近年のマイクロプロセッサは高速化が進み、主メモリとして広く用いられるDRAMがその速度についていけない傾向にある。このため、DRAMを含むメモリシステムの高速化は、近年の重要な課題となっている。メモリシステムの高速化を実現する方法としてメモリの階層化があり、キャッシュメモリが用いられる。

TRON仕様^(注1)に基づいたG_{MICRO}^(注2)ファミリーの32ビットマイクロプロセッサ(M32マイクロプロセッサ)を搭載したシステムにおいても、メモリシステムの高速化を実現するキャッシュメモリは必要不可欠である。そこでG_{MICRO}ファミリーの1品種として、M32マイクロプロセッサであるM32/100, M32/200, M32/300に対応したキャッシュコントローラ/メモリM33245 GS(Cache Controller/Memory, 以下“M32/CCM”という。)を開発した。M32/CCMは、20MHz動作時のM32マイクロプロセッサに対してノーウエートで動作し、簡単な論理回路を付加するだけでシステム構築が可能である。

本稿では、M32/CCMの概要、マイクロプロセッサとのインターフェース、キャッシュメモリ容量の拡張、タグメモリの高速化技術、応用回路例等を中心に紹介する。

2. キャッシュメモリの役割

マイクロプロセッサがアクセスするメモリのアドレスは逐次的であり、一定時間内にある部分が集中してアクセスされるという局所性がある。これを用いて、マイクロプロセッサによってアクセスされる確率の高いデータを、DRAMのように大容量で比較的低速な主メモリから小容量ではあるが高速なメモリへアドレス情報と一緒に一時的にコピーし、メモリを二階層に構成する。このメモリの階層化により、メモリシステムの高速化が実現できる。この高速なメモリをキャッシュメモリと呼び、階層化されたメモリシステムではマイクロプロセッサと主メモリとの中間に位置し、マイクロプロセッサのノーウエートアクセスを可能にする。

(注1) TRON(The Realtime Operating System Nucleus)は、東京大学の坂村 健博士が提唱するコンピュータアーキテクチャである。

(注2) G_{MICRO}は(株)日立製作所、富士通(株)、沖電気工業(株)、三菱電機(株)の4社協業によって開発している32ビットマイクロプロセッサのファミリー名である。

マイクロプロセッサからアクセスされたデータをキャッシュメモリが記憶している場合をキャッシュヒットといい、記憶していない場合をキャッシュミスという。キャッシュヒットした場合は、該当するデータをマイクロプロセッサへ出力し、キャッシュミスした場合には主メモリからデータを読み込んでマイクロプロセッサに送り、かつキャッシュメモリに記憶する。そして、常にキャッシュメモリ内には最近アクセスされたデータが記憶されるようデータの管理を行う。

3. M32/CCMの概要

3.1 仕様概要

表1にM32/CCMの仕様概要を示す。キャッシュメモリの仕様は、キャッシュ方式、キャッシュタイプ、データ容量等で特徴付けられる。M32/CCMが採用しているキャッシュ方式は、4ウェイセットアソシアティブである。また、16Kバイトのデータメモリ容量を持つ。

次にM32/CCMの特徴的な機能について述べる。M32/CCMには動作アドレス空間指定、キャッシュタイプ指定、アドレスモニタ、ページ、フリーズ等の機能を持っている。動作アドレス空間指定機能は、M32/CCMが扱うアドレス空間の範囲を限定するものであり、特定のアドレスビットを指定して行う。キャッシュタイプ設定機能は、2ウェイ単位でM32/CCMが取り込むデータの属性を規定するものである。一般的にその属性にはデータと命令があり、M32/CCMはデータ専用のキャッシュメモリ、命令専用のキャッシュメモリ及びデータと命令の併用のキャッシュメモリとして使用可能である。

アドレスモニタ機能とは、マイクロプロセッサ以外のバスマスターにバス権が移ったときにアドレスバスを監視する機能である。他のバスマスターが主メモリに書き込む場合、そのデータをキャッシュメモリが記憶していれば、主メモリのデータと異なる内容のデータを持つことになるので、該当するデータを無効にするか、又は主メモリと同様に書き換える。ページ機能とは、キャッシュメモリのデータを無効にすることである。フリーズ機能とは、キャッシュメモリのある部分のデータをLRU(Least Recently Used)による置換の対象としないように設定することである。なお、ページ機能とフリーズ機能はウェイ単位で設定できる。

これらの諸機能は、M32/CCMの内部レジスタに各種の動作パラメータを設定することによって実現可能である。な

表1. 仕様概要

ホスト マイクロプロセッサ	M32/100, M32/200, M32/300
動作周波数 (MHz)	20
キャッシュ方式	4 ウェイセット アソシアティブ
キャッシュタイプ	データキャッシュ/命令キャッシュ
キャッシュ メモリ容量	データメモリ (K バイト) 16 16 バイト (4 ワード) × 256 エントリ × 4 ウェイ
	タグメモリ 20 ビット × 256 エントリ × 4 ウェイ
	バリッドビットメモリ 1 ビット × 256 エントリ × 4 ウェイ
キャッシュ置換アルゴリズム	LRU 方式
主記憶更新アルゴリズム	ライトスルー方式
フェッチアルゴリズム	オンデマンド方式
動作アドレス空間指定機能	あり
キャッシュタイプ指定機能	あり
アドレスモニタ機能	あり
バージ機能	あり
フリーズ機能	あり
パッケージ形状	135 ピン PGA
製造プロセス	1 μ m CMOS 2 層ポリシリコン 2 層アルミ
集積素子数	約 105 万素子
チップサイズ (mm)	9.24 × 8.88
最大消費電力 (W)	約 1.0

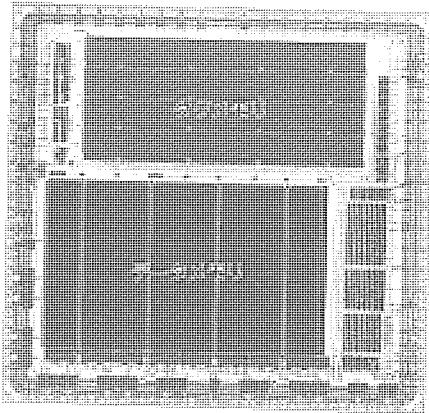


図1. M32/CCM のチップ写真

M32/CCM のホスト マイクロプロセッサは、M32/100, M32/200, M32/300 が最適であり、各マイクロプロセッサに 対応したモード (G100 モード, G200 モード, G300 モード) を備えている。図 2 に M32/CCM を用いたシステム構成を示す。

このシステムのバスは、マイクロプロセッサが接続されるローカルバスと主メ

モリやその他の周辺装置が接続されるシステムバスで構成される。M32/CCM はローカルバスに直接接続し、システムバスに対してはインターフェース回路を通してマイクロプロセッサに並列接続する。また、他の M32/CCM を追加し、並列接続するだけでキャッシュメモリ容量を拡張することができる。

3.3 内部構成と基本動作

図3にM32/CCM の内部構成を示す。M32/CCM の内部は、主にデータを記憶するデータメモリ部、そのデータのタグアドレス (A0 : 19) を記憶するタグメモリ部、LRU メモリ部、これらに接続されるエントリアドレス (A20 : 27) のデコーダ、及び制御回路から構成される。4 ウェイセットアソシアティブ方式のため、入力アドレスに対して一度に四つのタグアドレスを比較する必要があるので、エントリデコーダから示される 256 個のエントリに対して、それぞれ 4 ウェイのタグメモリ部とデータメモリ部を接続している。タグメモリ部は、20 ビットの比較機能付きタグメモリと 1 ビットのバリッドビットからなる。タグメモリには高速化のため、入力するタグアドレスと記憶しているタグアドレスとが同時比較できる CAM (Content-Addressable Memory) を採用した。また、データメモリ部は、各エントリに対して 32 ビット × 4 ワードを記憶している。

次に M32/CCM の基本動作であるキャッシュヒットとキャッシュミスについて説明する。M32 マイクロプロセッサからのリードアクセスに対してキャッシュヒットとすると、ノーウエートでデータを転送することができる。また、キャ

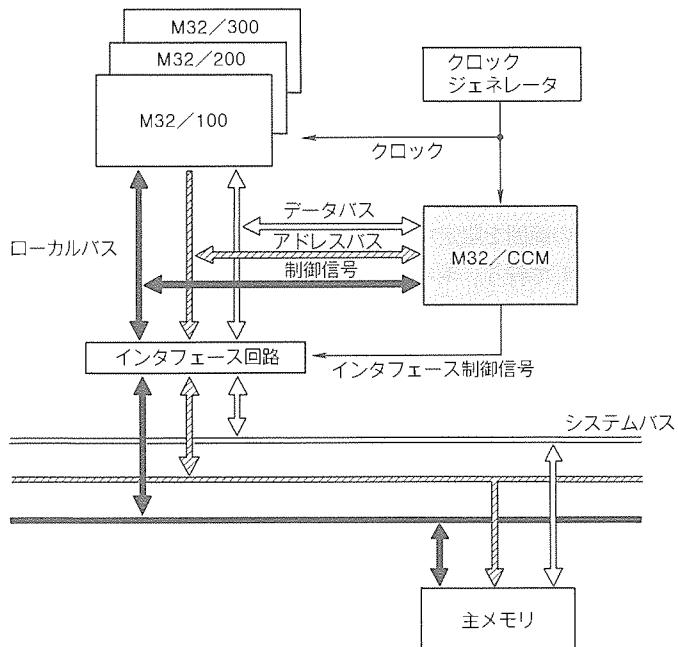


図2. システム構成

お、キャッシュタイプ設定は、外部ピンからの設定が可能なモードもあり、この場合、ソフトウェアのトランスペアレン性を保つことができる。

M32/CCM のチップ写真を図1に示す。1 μ m CMOS 2 層ポリシリコン 2 層アルミで約 105 万素子を集積しており、チップサイズは 9.24mm × 8.88mm である。

3.2 システム構成

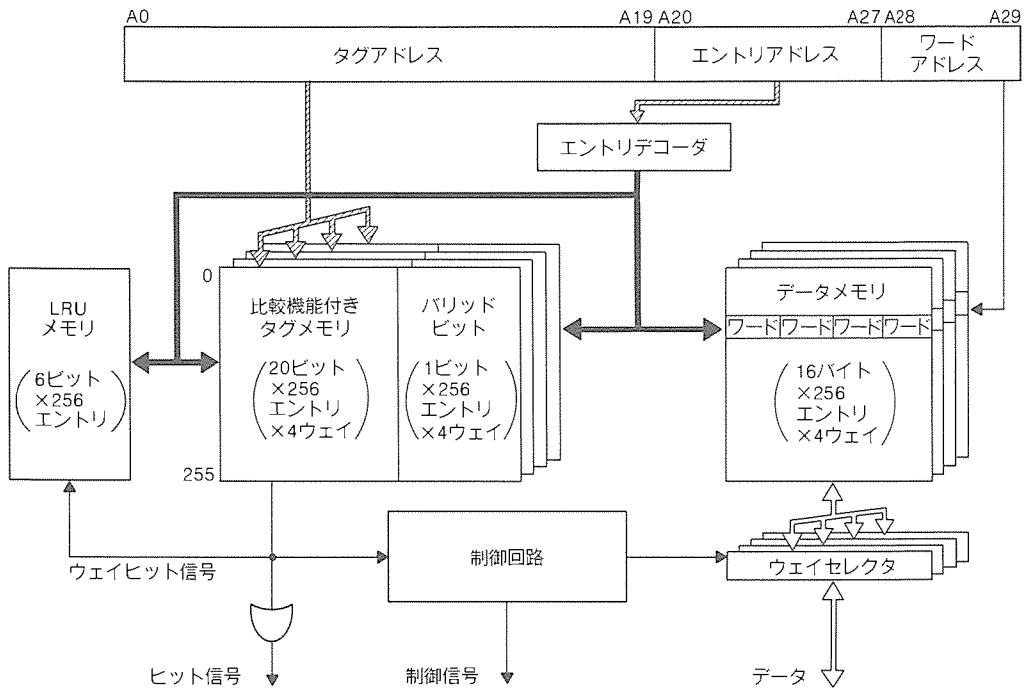


図3. 内部構成

ッシュミスであれば、マイクロプロセッサがアクセスしたデータを含む4ワードのデータをラウンドロビン方式のバーストアクセスにより、主メモリからリードする。図4と図5は、M32/CCMのG100モードにおけるこれらの基本動作タイミングチャートである。M32/CCMは、M32/100と同一の外部クロック(CLK)を使用する。20MHz動作時の場合、M32/100、M32/CCM共に40MHzの外部クロック(CLK)を入力する。

4. マイクロプロセッサとのインターフェース

キャッシュメモリは、他の周辺LSI以上に高速動作が要求される。したがって、マイクロプロセッサとキャッシュメモリ間のインターフェースは、キャッシュシステムの性能に最も影響する。

M32/CCMにおいて、マイクロプロセッサとの間の高速インターフェースを容易に実現するため、ほとんどの信号が完全クロック同期で動作する。このためM32/CCMは、マイクロプロセッサとの間のほとんどの信号を直接一対一で接続し、指定されたクロックで動作させることにより、必要なタイミングを満足するように設計されている。また、M32マイクロプロセッサ3品種の各々が持つバスアクセス機能を最大限に発揮させるため、機能やバスタイミングの違いを吸収し、最適化を図る必要がある。このため、M32/CCMは動作モードを設け、外部ピンによってモードを設定可能にしてマイクロプロセッサとの完全クロック同期動作を実現する。

5. キャッシュメモリ容量の拡張

アプリケーションによっては、ヒット率を上げシステム性

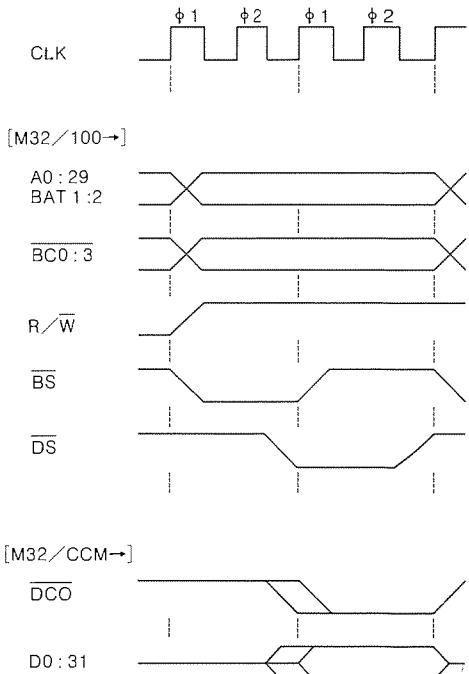


図4. リードキャッシュヒット

能を更に向上させるために、キャッシュメモリの大容量化が必要である。このため、M32/CCMでは3.1節で述べた動作アドレス空間指定機能とキャッシュタイプ設定機能を使って複数のM32/CCMを並列接続し、キャッシュメモリ容量の拡張を行う。前者の機能を使った場合の拡張には、各々のM32/CCMに対してタグアドレスビットの上位4ビットを指定し、全アドレス空間の最小1/16までのアドレス空間を割り当てる方法と、同様にタグアドレスビットの下位3ビットを指定してキャッシュシステムのエントリ数を等価的に増

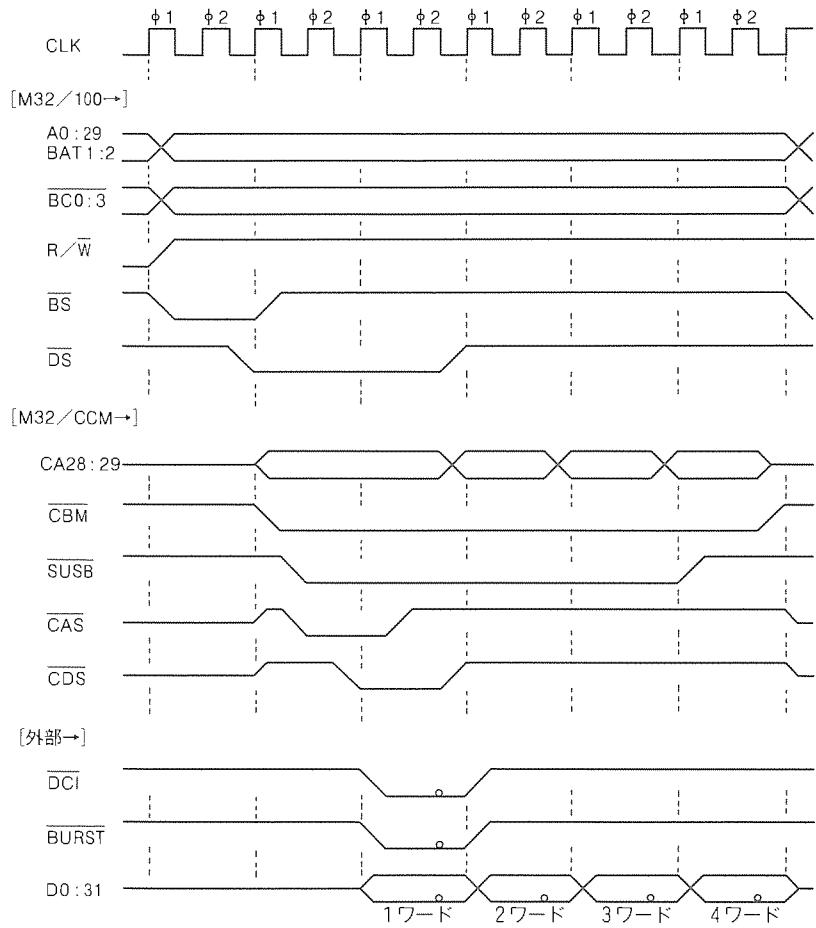


図5. リード キャッシュミス(バースト転送)

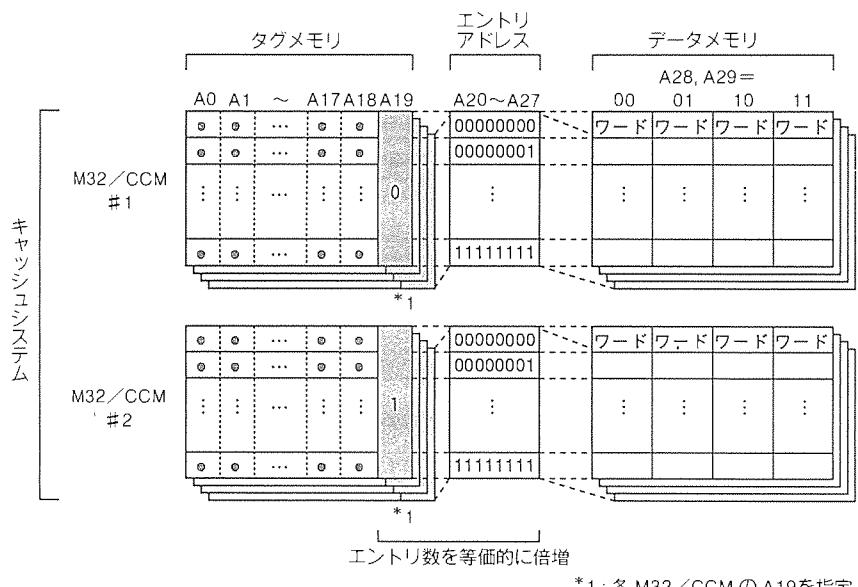


図6. キャッシュメモリ容量拡張の一例

す方法がある。M32/CCM を 2 個用いてエントリ数を倍にした例を図6に示す。また、キャッシュタイプ設定機能を使った場合は、全ウェイを同じデータの属性に指定した M32/CCM と他の属性を持った M32/CCM を接続して拡張可能である。

6. タグメモリの高速化技術

キャッシュメモリの応答速度は、アドレス入力からヒット信号を出力するまでの時間で決まる。20MHz動作時のM32マイクロプロセッサをノーウエートで動作させる場合、M32/CCMからのヒット信号は28nsよりも高速にする必要がある。

このため、M32/CCMに対して以下に述べるタグメモリ部の高速化を行った。

6.1 非同期動作

M32/CCMでは、マイクロプロセッサシステムのボード設計の容易化を図るために、クロック同期が必要なインターフェース回路の内蔵や、クロックで内部動作を状態遷移させ、マイクロプロセッサと同期動作させている。ここで、既に述べたようにヒット信号の出力時間は、20MHz動作時の入力クロック(40MHz)周期と同程度であり、アドレス出力の最大遅延時間は、各マイクロプロセッサで多少異なっている。このため、タグメモリの基本構成は、クロックによる同期方式やATD(Address Transition Detector)を使った内部同期方式を採用せず、非同期方式で高速比較可能なCAM方式を採用了。この結果、図7に示すCAMセルにより、入力アドレスと高速に比較動作可能になった。

6.2 タグアドレスとバリッドビットの同時比較

バリッドビットを1エントリに対して複数ビット持った場合、タグアドレスを比較した後に必要なワードが有効であるかどうかを複数のバリッドビットで判定する必要がある。これらの判定を同時に実行しようとすると、ヒット信号の遅延時間を増加させる原因となる。M32/CCMでは、CAMセルにタグアドレスとバリッドビットを記憶し、バリッドビットをタグアドレスの一部として構成する。各エントリに対して、1ビットのバリッドビットをCAMセルに記憶することにより、タグアドレスとバリッドビットが同時に比較でき、比較に要する時間を短縮した。

6.3 分割ビット線

M32/CCMのタグメモリでは、CAMセルのビット線を8分割しセンサスアンプを2段構成にした。ビット線を分割することにより、負荷が軽くなりマッチ線は速く応答する。そ

して、センスアンプを2段構成にすることにより、一つのセンスアンプにつながるマッチ線の数を減少させて負荷を軽くし、センスアンプの動作速度を速くした。図8に2段構成センスアンプのブロック図を示す。21ビットのCAMセルの比較結果を示す256本のマッチ線は、まず32本ずつのマッチ線にグルーピングされ、それらがプリセンスアンプに接続される。各プリセンスアンプの出力は、メインセンスアンプに接続され、ヒット信号が出力される。

図9は、以上の高速化技術を採用したM32/CCMのアドレス入力からヒット信号までの出力遅延時間のシムープロットである。 $V_{CC} = 5V$ 、室温、負荷容量を約70pFとした場合、ヒット信号の遅延時間は約14nsであり、スペックを十分に満足する。

7. 応用回路例

M32/CCMの応用回路例を図10に示す。図において、マイクロプロセッサはM32/100であり、M32/100とM32/CCMの対応する信号ピンは直接接続している。これは、M32/CCMの外部ピンをG100モードに設定することによって可能であり、M32/CCMはM32/100に最適なバスインターフェースを実現している。また、他のマイクロプロセッサ(M32/200、M32/300)の場合も同様にモード設定が可能である。図10に示す応用回路例では、ローカルバスとシステムバスの間に、わずかな論理回路から成るインターフェース回路を接続している。M32/CCMのキャッシュミス時にアクティブにする制御信号(CBM)は、主メモリのアクセス起動信号として使用可能である。また、M32/CCMを複数接続した場合、M32/100に対応する信号はほぼ直接接続できる。したがって、M32/CCMを用いてキャッシュメモリのメモリ容量を拡張した場合、外部回路は簡単な論理で実現できる。

8. むすび

GMICROファミリーのキャッシュメモリであるM32/CCMについて、その概要、マイクロプロセッサとのインターフェース、キャッシュメモリ容量の拡張、タグメモリの高速化技術、応用回路例等を紹介した。M32/CCMは、M32マイクロプロセッサ(M32/100、M32/200、M32/300)に最適なコン

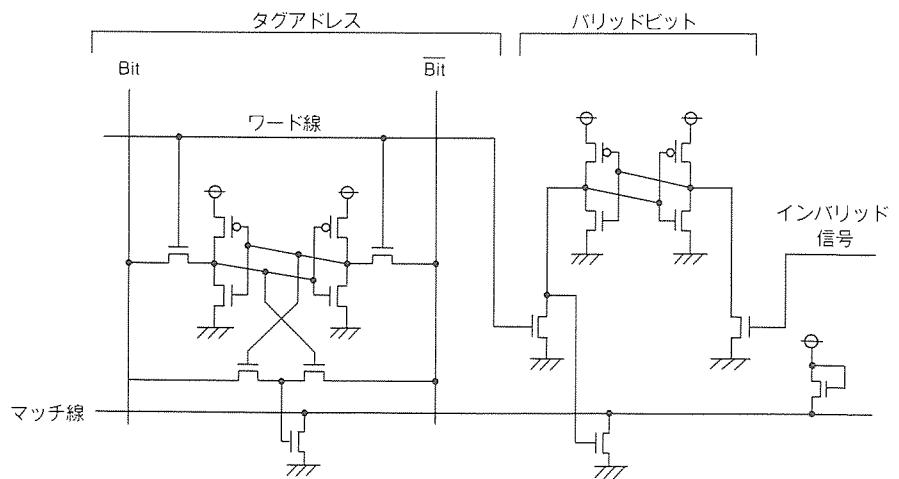


図7. CAMセル

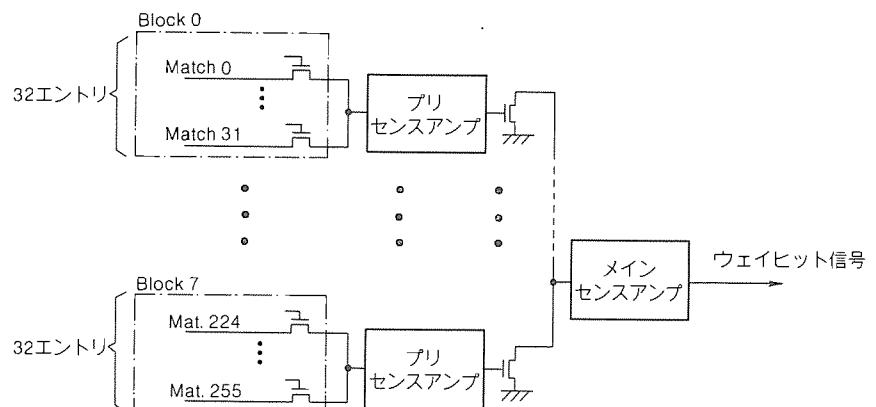


図8. 2段構成センスアンプ

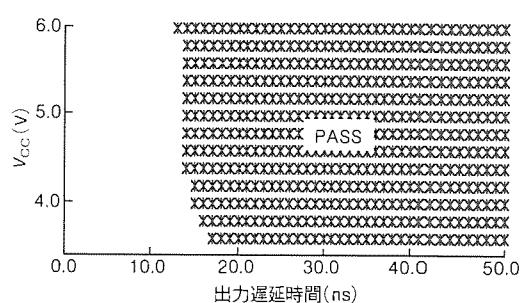


図9. ヒット信号の応答速度

トローラを内蔵し、16Kバイトの容量を持った4ウェイセットアソシティブ方式のキャッシュメモリである。そして、M32マイクロプロセッサの20MHz動作時のリードアクセスに対して、ノーウエートでデータを出力することができる。また、マイクロプロセッサにM32/CCMを複数個並列接続することにより、キャッシュメモリ容量の拡張が可能である。

今後、M32マイクロプロセッサの高速版の開発に伴い、高速版として動作周波数33MHzのM32/CCMを開発する予定である。

最後に、M32/CCMを開発するに当たって有益な助言を

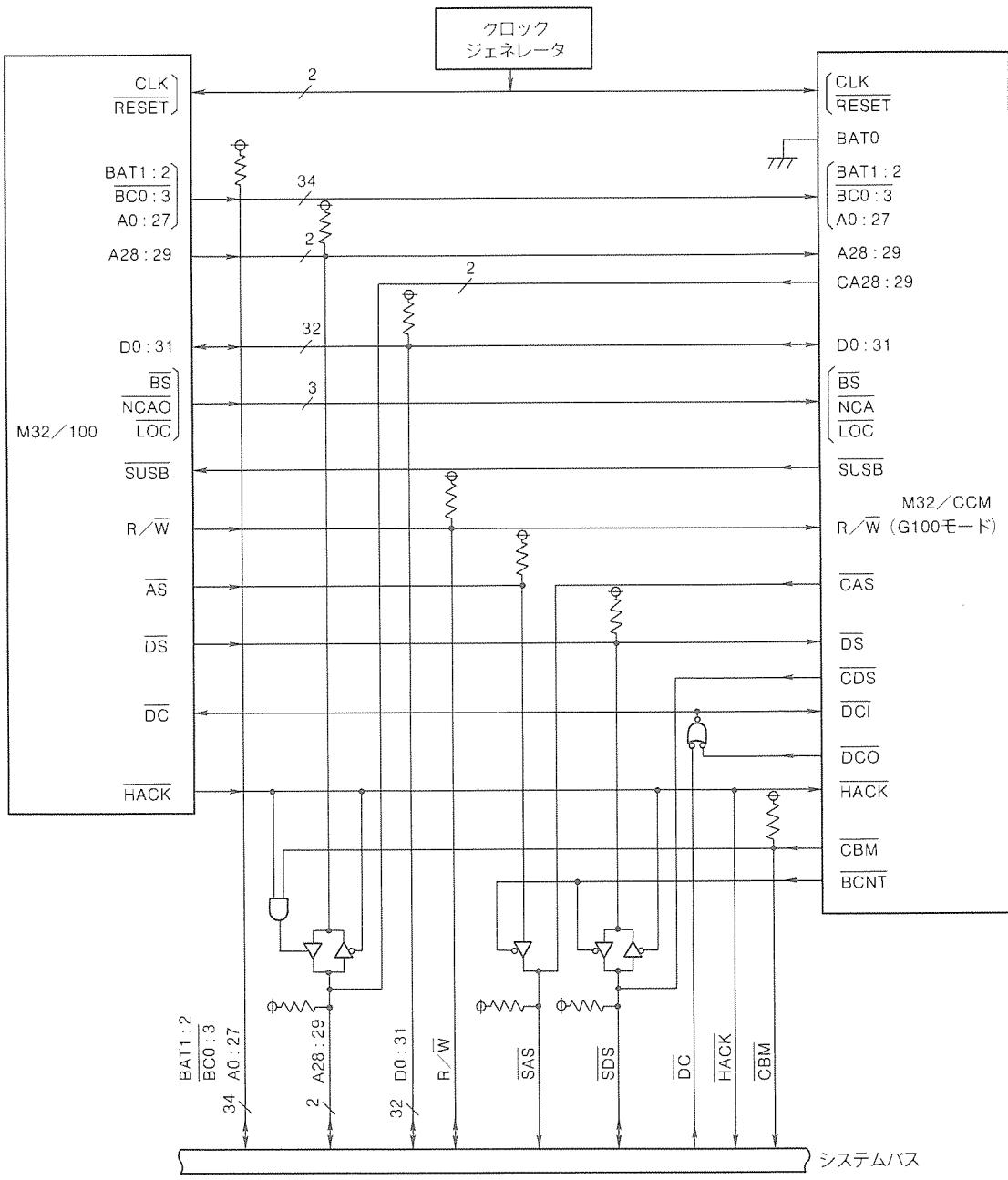


図10. 応用回路例

していただいた関係者各位に深く感謝の意を表す。

参考文献

- (1) Yamada, A., Nakagawa, H., Hata, M., Hiraki, T., Satoh, M., Nishida, K.: The Design Method of High Speed Cache Controller/Memory (CCM) for the Gmicro Family Microprocessors, The Seventh TRON

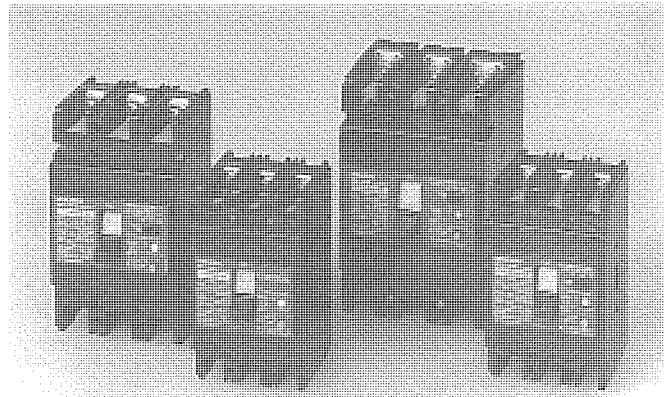
Project Symposium (International) (1990)

- (2) 中川博雅, 山田朗, 畑雅之, 平木俊行, 西田孝一, 是松次郎, 澤井克典, 石田伊都子, 渡邊哲也, 大崎暁寿 : G_{MICRO} ファミリ用キャッシュコントローラ/メモリ (CCM) の内部構成, トロン技術研究会 (1990)
- (3) 日経データプロ:マイクロプロセッサ, MC6-364-381 ~388, 日経BP社 (1990)

三菱漏電遮断器

スポットライ NEW Super NV

New Super NVシリーズは、インバータやOA機器の普及による電気の質的変化や、人手不足を背景とした標準化ニーズに対応するため、専用ICを搭載して、高度な保護機能とともに、サイズの小形化を実現した漏電遮断器です。

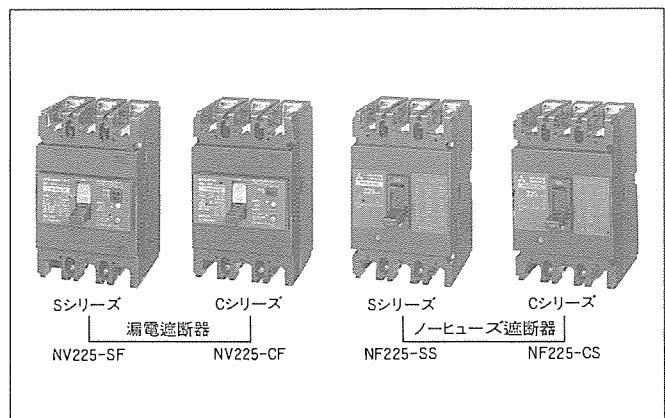


特長

- 世界初！高調波・サージ対応IC搭載
—新形ICによる高度な保護の実現—
- インバータ2次側地絡保護
2次側地絡電流の歪をアクティブフィルタ回路で除去することにより検出機能を向上させました。
- サージによる不要動作防止性能向上
サージによる対地漏洩電流を、DPDCサージ判別回路で判別、不要動作防止性能を向上させました。
- 時延形の機能をIC化
個別電子部品で対応していた時延形の機能をIC化、部品点数の削減による高信頼性を実現しています。

- より使いやすく
 - 全機種定格電圧AC100~200~415V共用
 - 全機種感度電流100・200・500mA3段切換
 - 時延形動作時間0.3・0.8・1.6s3段切換
 - ハンドルON-OFF状態カラー表示
 - IEC35mmレール取付対応(オプション 100AF以下)
 - 付属リード線負荷側引出し、縦形LT対応(オプション)

- 先進の同一外形で「盤の設計・製作の標準化」
 - ノーヒューズ遮断器と漏電遮断器のサイズの同一化
 - 汎用品(Cシリーズ)、大容量品(Sシリーズ)同一外形
 - 定格遮断電流のアップにより、遮断性能の面でもノーヒューズ遮断器との互換性を確保
 - さし込み形を品揃え



機種一覧表

□ の機種が新形です

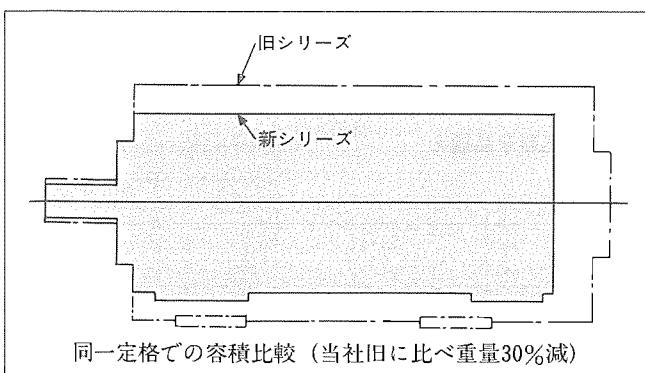
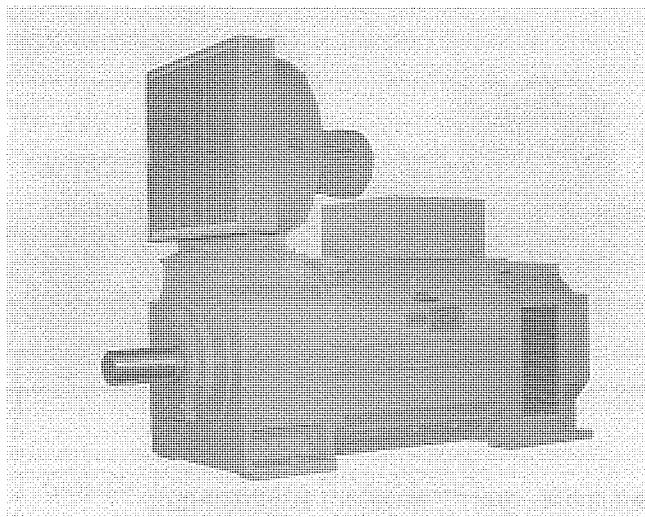
シリーズ	フレームA	30	50	60	100	225	400	600	800	1000	1200	
金盤用	NV-K,NVB	NV30-KB	NVB50-P NV50-KB		NV100-KB							
一般配線用	NV-C 汎用品	NV-2F	NV50-CF	NV60-CF	NV100-CF NV225-CF	NV400-CS NV600-CA	NV600-SB NV800-SB (NV800-SA)	NV1000-SB (NV1000-SA)	NV1200-SB (NV1200-SA)	NV600-CA NV800-SB (NV800-SA)	NV1000-SB (NV1000-SA)	NV1200-SB (NV1200-SA)
		NV30-CA	NV50-CA	NV60-CA								
モータ保護用	NV-S 大容量品	NV30-SF	NV50-SF	NV60-SF	NV100-SF (NV100-SS) NV225-SF (NV225-SS)	NV400-SS	NV600-SB NV800-SB (NV800-SA)	NV1000-SB (NV1000-SA)	NV1200-SB (NV1200-SA)	NV600-CA NV800-SB (NV800-SA)	NV1000-SB (NV1000-SA)	NV1200-SB (NV1200-SA)
		MN30-CA	MN50-SF MN50-CF		MN100-SF	MN225-SF						
		MNE30-C	MN50-CA MNE50-C									

()4極品の形名です。

三菱新系列直流電動機

SNシリーズ

スポットライ



このたび三菱電機では、ニュータイプの直流電動機SNシリーズを発売しました。これは、従来のSMシリーズを大幅にパワーアップしたもので、信頼性も一段の向上をはかっています。

特長

- 小形でも、大きな出力。
- GD²が小さく、すぐれた起動、停止特性を発揮。
- 用途が広く、鉄鋼、非鉄、製紙、化学などの各種連続プロセスライン、工作機、スキーリフト、クレーン用その他の機械および各種試験装置などに適用。

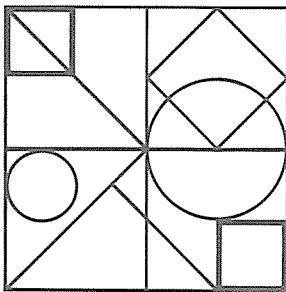
仕様

センタハイド	250、280、315、355、400
出力	37～800kW
規格	JEM1170、JEC-146
電圧	440V(500kW以下) 500V(500超～630kW以下) 600V(630超～800kW以下) (三相全波全素子制御電源)
過負荷耐量	150%、1分間
絶縁	H種
温度上昇限度	F種ライズ
保護形式	保滴保護形
冷却方式	他力通風形 管通風形 熱交換器形
取付方式	横形足取付

標準定格とわく番

低回転速度 rpm	1750	1150	850	650	500	400	300	定格電圧
出力kW								
37							900 250	
45							900 250	
55							1200 250	900 280
75	三菱SS形を採用下さい				1500 250	1200 280	900 280	
90				1600 250	1500 280	1200 280	900 315	
110			1700 250	1600 250	1500 280	1200 315	900 315	
132			1700 250	1600 280	1500 315	1200 315	900 355	
160		180 250	1700 250	1600 315	1500 315	1200 315	900 355	
200		1700 250	1600 280	1600 315	1400 315	1200 355	900 400	
250	1900 250	1600 280	1500 315	1500 315	1300 355	1200 400	900 400	
280	1900 280	1500 280	1500 315	1500 355	1200 355	1200 400		
315	1900 280	1500 280	1500 315	1400 355	1200 355	1200 400		
350		1500 315	1400 355	1200 355	1200 400			
400		1500 315	1400 355	1200 355	1200 400			
450		1300 315	1200 355	1200 400				
500		1300 355	1200 355	1200 400				
550		1250 355	1200 400					
630		1250 355	1200 400					
700		1200 400	1200 400					
800		1200 400						

注) 電源電圧が異なる場合は、わく番適用が変わることがあります。



特許と新案 有償開放

有償開放についてのお問合せ先 三菱電機株式会社 知的財産部 TEL (03) 3218-2136

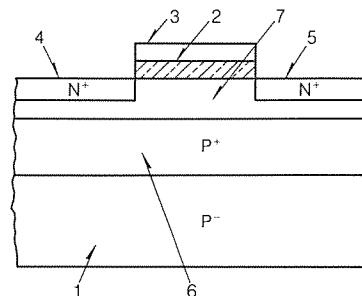
MOS形半導体装置

(特許 第1303714号)

発明者 小谷 教彦, 河津 哲

びドレイン電極である。

この発明に係るMOS形半導体装置は、以上のように、チャネル領域を高不純物濃度半導体層とその表面部に設けた同一伝導形もしくは反対伝導形の低不純物濃度半導体層又は真正半導体層とで構成しているので、チャネル長を $0.5\mu\text{m}$ まで短くしてもパンチスルーアー状態になることがなく、正常に動作し、また、しきい値電圧の増加基板定数の増加、P-N接合耐圧の低下を招くことがないという効果があるとともに、超高密度LSIを構成することができる。

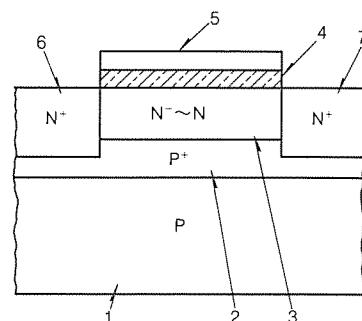


半導体回路装置

(特許 第1303718号)

発明者 福本 章明, 小谷 教彦, 河津 哲

いため基板定数 k が小さく、しかもしきい値電圧が低いため、同一面積でドレイン電流を多く流すことが可能になるので、同量のドレイン電流を流すのに必要なチャネル幅を狭くできる。また、半導体基板とソース領域及びドレイン領域との間に低比抵抗の第1の半導体層を設けたので、パンチスルーアーを防いでチャネル長を $1\mu\text{m}$ 程度まで短くすることが可能である。一層高集積化に適している。なお、この発明はNチャネルMOSトランジスタのほか、P形チャネルMOSトランジスタについても同様に適用できる。



この発明はMOS形トランジスタ及びMOS形トランジスタを含む半導体集積回路装置に関するものである。

すなわち、NチャネルMOSトランジスタの一実施例を示す図において、(1)は低不純物濃度の半導体基板であるP形のシリコン基板、(6)はシリコン基板(1)の表面部にエピタキシャル成長法又は熱拡散法により形成された厚さ $1\sim1.5\mu\text{m}$ の高不純物濃度からなるP形の第1の半導体層、(2)はシリコン基板(1)の一主面を熱酸化して形成された厚さ $200\sim1,000\text{\AA}$ の絶縁膜である二酸化ケイ素膜(SiO₂膜)、(7)は二酸化ケイ素膜(2)を通して拡散係数の小さい不純物、例えはヒ素又はアンチモンなどを注入し、第1の半導体層(6)の表面部において不純物補償を行うことによって形成されたP-形もしくはN-形の低不純物濃度半導体又は真正半導体からなる厚さ $0.5\mu\text{m}$ の第2の半導体層、(3)は二酸化ケイ素膜(2)の表面に気相成長法により形成されたゲート電極である多結晶シリコン層、(4)及び(5)はそれぞれ二酸化ケイ素膜(2)をマスクとしてシリコン基板(1)の表面部にN形不純物を拡散することにより形成された厚さ $0.2\sim0.5\mu\text{m}$ のソース電極及

この発明はMOSトランジスタ構造を有する半導体回路装置に関するものである。

図は、この発明をNチャネルMOSトランジスタに適用した一実施例を示し、(1)は比抵抗 $10\sim15\Omega\text{cm}$ のP形シリコン基板、(2)はエピタキシャル成長法、イオン注入法又は不純物拡散法によりP形シリコン基板(1)の一主面上に $1.5\sim2.0\mu\text{m}$ の厚さに形成された比抵抗 $2\sim4\Omega\text{cm}$ のP⁺形層、(3)はイオン注入法又は不純物拡散法によりP⁺形層(2)上に $10\mu\text{m}$ 程度の厚さに形成されたN-形又はN形層、(4)はN-形又はN形層(3)の表面に所定のチャネル層を形成するように被着され、厚さ $500\sim1,000\text{\AA}$ 程度に設けられた二酸化ケイ素(SiO₂)膜よりなるゲート絶縁膜、(5)はゲート絶縁膜(4)上に気相成長法により形成された多結晶シリコン層、(6)及び(7)はN-形又はN形層(3)のゲート絶縁膜(4)の下の部分をはさみN-形又はN形層(3)の表面よりP⁺形層(2)に達するように設けられたN-形のソース領域及びドレイン領域である。

このように構成されているため、半導体基板の比抵抗が高

有償開放についてのお問合せ先 三菱電機株式会社 知的財産専門部 TEL (03) 3218-2136

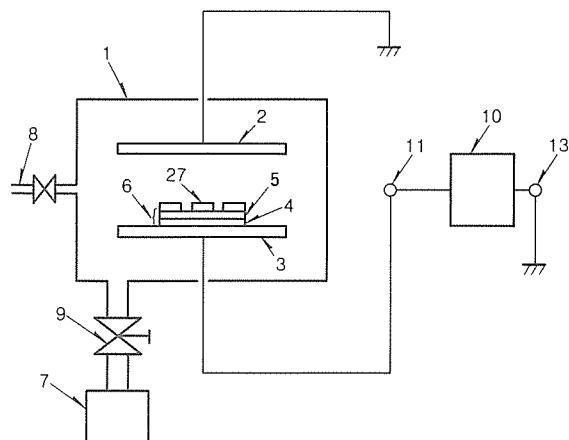
ガスプラズマ食刻法 (特許 第1180924号)

この発明は酸化シリコン被膜等の多層構造からなる被加工物を平行板形ガスプラズマ食刻装置により食刻する方法に関するものである。

すなわち、図に示されたものにおいて、Si基板(4)の上に被食刻層であるSiO₂被膜(5)を形成し、その表面をホトレジスト被膜(27)により選択的に覆われた被加工物(6)を高周波電力が印加されるステンレススチール製の平板状下部電極(3)(ステンレススチール製の平板状電極(2)と互いに相対して置かれている。)上に配置する。ガス導入管(8)よりCHF₃ガスを24cc/minの割合で反応槽(1)内に導入しながら真空ポンプ(7)で排気し、排気速度を調節して反応槽(1)内のガス圧を60m Torrに制御する。次いで400kHzの高周波電源(10)から高周波電流で2.5Aに相当する高周波電力を下部電極(3)に印加してプラズマを発生させ、SiO₂被膜(5)のホトレジスト被膜(27)で覆われていない部分を食刻する。これにより280Å/minのSiO₂被膜の食刻速度が得られる。また、SiO₂被膜が完全に食刻・除去された後はSiの食刻速度はほとんど

発明者 豊田 裕康、小宮 哲義、板倉 秀明
零であるから、それ以上は食刻が進まなくなり、下地層のSiが不本意に食刻されることがない。

以上のようにこの発明によれば、被食刻層の食刻速度を実用上十分な大きさに保ちながら、被食刻層と下地層の食刻速度比を大きく得ることができるという効果を奏する。



〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 65 No. 6 鉄道におけるエレクトロニクス応用特集

特集論文

- 鉄道分野のインテリジェント化 —発展性と目的意識を—
- 鉄道におけるエレクトロニクス応用
- 変電所制御のエレクトロニクス化
- 車両用補助電源装置の動向
- 車両空調制御システムのエレクトロニクス化
- 大阪市交通局70系リニアモータ車両用電気機器の概要
- 車両用情報管理装置(TIS)のインテリジェント化
- VVVFインバータ装置の技術動向
- ATC/ATS-Pへのマイクロエレクトロニクス技術の応用

●EF500形式交流直流水素電気機関車

普通論文

- アーク炉フリッカ補償用アクティブフィルタ
- 新形漏電遮断器 New Super NV
- 三菱AIワークステーション『MELCOM PSI/UXシリーズ』の概要と特長
- 三菱AIワークステーション『MELCOM PSI/UXシリーズ』のハードウェアシステム
- 高機能・小型・経済化 I-SMD-B形加入者線多重伝送装置
- 新アルゴリズムによる二次元適応型YC分離フィルタ(エキスパート DCF)
- CRT用電子銃開発のためのコンピュータシミュレーション

三菱電機技報編集委員会

委員長	山田 郁夫
委員	名畠健之助
・	福岡 正安
・	宇佐美照夫
・	風呂 功
・	大原 啓治
・	松村 恒男
・	名取 直幸
・	吉岡 猛
・	鳥取 浩
・	岡田 久雄
幹事	長崎 忠一
5月号特集担当	八尋 裕一

三菱電機技報 65巻5号

(無断転載を禁ず)

1991年5月22日 印刷

1991年5月25日 発行

編集兼発行人	長崎 忠一
印刷所	千葉県市川市塩浜三丁目12番地(〒272-01) 菱電印刷株式会社
発行所	東京都千代田区大手町二丁目6番地2号 日本ビル 6階(〒100) 三菱電機エンジニアリング株式会社内 「三菱電機技報」 Tel.(03) 3218-2806
発売元	東京都千代田区神田錦町三丁目1番地(〒101) 株式会社 オーム社 Tel.(03) 3233-0641(代)、振替口座東京6-20018
定価	1部 721円(本体700円) 送料別 年間予約は送料共9,373円(本体9,100円)

店舗用 スポットライト 空調機器集中監視制御システム



高架下等店舗の空調は、従来パッケージタイプの単独運転方式、または集中熱源分配方式による単純(段階)制御のため、全体の効率及び運転操作の利便性については重点が置かれていました。今回、高効率、省エネ、運転操作の利便性を追求したアドバンストな集中監視制御システムを、高架下店舗の空調設備に対し適用、納入致しましたので以下にその特長及び仕様概要を紹介します。

特長

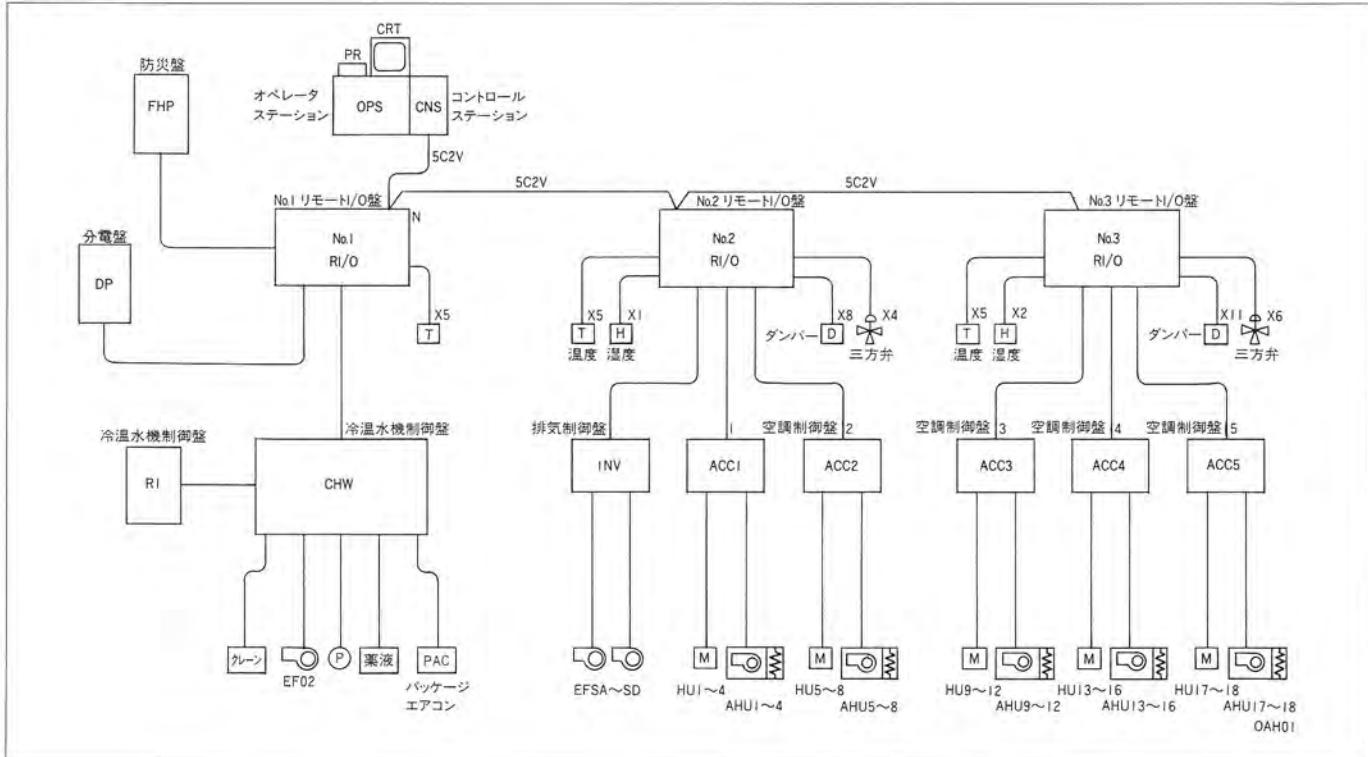
- 1) システム生成ビルダによりプログラムレス化を図り、ユーザニーズに適合した制御、監視システムを構築可能。
- 2) 操業履歴(運転、操作、警報)のデータベース化により、容易な操業及び保守管理を実現。
- 3) データロギング充実(FIFIN形式によるロギング対象データの登録と収集データの保存)
- 4) ユーザフレンドリイなマンマシンインタフェース(操作案内、ガイドンス、ウィンドウ表示)
- 5) FDDベースによる移植性とFIFベースによる短納期を実現。

システム構式図



機能・仕様

適用範囲	10,000m ² /SET
管理点数	1,424点/SET
ユーザKEY	8,192種のFUNCTIONを自由に設計・組み合わせ可能
操作WINDOW	HELP-WINDOW
標準搭載S/W	a) スケジュール運転 b) グループ運転 c) パターン運転 d) PID制御 e) データロギング f) 操業履歴



高画質AVモニター 37C-CZ70

スポットライト



三菱電機創立70周年記念商品として高画質AVモニター〈37C-CZ70〉を商品化しました。クリアビジョン対応映像処理回路を中心に、新開発高性能プラウン管の採用やハイビジョン対応回路など、これからAV時代を鋭くとらえたAVモニターです。

特長

●新開発高性能プラウン管

- $\phi 37.5$ 太ネック電子銃

従来の $\phi 32.5$ に対し、ハイビジョンディスプレイ用と同様の $\phi 37.5$ 太ネックを採用。フォーカス特性を一段と向上しました。

- フайнピッチ

シャドウマスクのピッチを0.71(センター)と細くしてよりなめらかで自然な映像を再現します。

- インバーシャドウマスク

熱膨張の少い特殊合金の採用によりドーミング(熱変形による色ズレ)を解消しました。

●クリアビジョン映像処理

- 動き適応3次元Y/C分離・動き適応3次元走査線補間ドット妨害、クロスカラーやチラツキを解消。クリアビジョンの美しい映像を再現します。

●ハイビジョン対応

- ハイビジョン入力端子を備えMUSEデコーダ等を接続できます。自動的に垂直幅を縮め16:9の正規のアスペクト比でハイビジョン映像を再現します。

●高忠実映像処理

- 広帯域IQクロマ復調

色信号処理回路において映像信号を忠実に再現するIQ復調方式を採用。色再現性を高めキレのある豊かな色彩表現を実現しました。

- 中央／周辺輝度差補正

映像信号の振幅を中央と周辺で変えて、輝度差をほとんどなくすことにより映像の中央だけ浮き出て見える様な感じを解消。自然な立体感と階調表現力の向上をはかりました。

仕様

- ビデオ入力4系統(音声L、R付)
- ビデオ出力1系統(音声L、R付)
- オーディオ出力1系統
- ハイビジョン入力1系統(音声L、R付)
- スピーカ端子10W+10W
- システムI端子

VF-B形汎用高圧真空遮断器

スポットライト《MELVACシリーズ》



VF-B形真空遮断器(VCB)は、現在ご好評を頂いております“VE-8B/13B形”、“VF-20B形”に加え、このたび“VF-32B/40B形”を開発し、定格電圧3.6/7.2kV、定格遮断電流8~40kA、定格電流400~3,000Aのシリーズ化を完成しました。《VF-Bシリーズ》は、新形真空スイッチ管や新形絶縁フレームなどの採用によって、これまで以上に高性能・高信頼度化を図るとともに、配電盤の新規格(JEM-1425)にも対応可能なものとなっています。さらに、このVF-Bシリーズは徹底した市場ニーズの分析を行ない、縮小型配電盤への適用、容易な取り扱い、安全性への配慮、保守の省力化、豊富なオプション機能の装備など、多くの特長をもっています。

特長

●高性能・高信頼性

JEC-2300及びIEC Pub.56に基づき、短絡試験、脱調試験、1万回開閉による寿命試験などにより、高性能を確認しています。新モールドフレームは、有限要素法による電界解析、汚染試験などを実施し、耐環境性の確認を行なっています。

●安全性

操作機構・制御装置部を安全保護カバーで覆い、ビス、電線の切屑などの侵入を防止すると共に、指などが不容易に触れない構造になっています。

●豊富な仕様

追加補助スイッチ(最大7a7b)、投入ばね蓄勢力表示接点などの豊富なオプション仕様があります。JEM-1425(金属閉鎖形スイッチギヤ及びコントロールギヤ)コンパートメント形対応品も製作可能です。

定格・仕様

形名	VF-8□M-B	VF-13□M-B	VF-20H□M-B	VF-200□M-B	VF-32□M-B	VF-40□M-B
準拠規格			JEC-2300・IEC Pub.56			
定格電圧(kV)	7.2/3.6		7.2/3.6	7.2	3.6	7.2/3.6
定格電流(A)	400	600・630	600・630	600/1200/2000 630/1250/2000	1200/2000/3000 1250/2000/3150	1200/2000/3000 1250/2000/3150
定格周波数(Hz)			50/60			
定格遮断電流(kA)	8	12.5	20	20	25	31.5
定格遮断時間(サイクル)			3			
標準動作責務	0-1分-CO-3分-CO-CO-15秒-CO		0-1分-CO-3分-CO-CO-15秒-CO ^(注4)			
投入操作方式	電気(電動ばね操作)および手動[DC100/110V・AC100/110V]					
引はずし操作方式	電気(電圧引外し操作)および手動[DC100/110V・AC100/110V]					
外部用補助スイッチ	2a2b(最大4a3b)		2a2b(最大7a7b)		5a4b	
据付方式	JEM-1425対応品		C D			
従来品	E F K	M L E F K J	M L E F			
本体重量(kg)	37	60	67(600A) 70(1200A) 125(2000A)	115(1200A) 160(2000A) 200(3000A)	130(1200A) 175(2000A) 200(3000A)	

注1.形名の枠内の記号は、据付方式により選定されます。据付方式の記号は、C: CWタイプ引出形、D: PWタイプ引出形、M: 単独据置、L: 車輪付据置、E: E級引出形、F: F₂級引出形、K: 薄形盤用E級引出形、J: 薄形盤用F₂級引出形を表わします。

2.VF-8/13B形VCBについては、パネル取形の据付方式も準備しております。

3.上記、汎用品以外に低サージ仕様も準備しております。

4.高速再閉路使用(0-0.3S-CO-3分-CO)も準備しておりますので、ご相談下さい。