

MITSUBISHI

三菱電機技報

MITSUBISHI DENKI GIHO Vol.61 No.5

5
1987

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 |
| 宝谷幸男 | |
| 冷凍・空調技術の展望 | 2 |
| 江本浩徳 | |
| 昭和62年度インバータルームエアコンの快適制御 | 5 |
| 梅村博之・青木克之・菅原作雄 | |
| 1マイコンによるルームエアコン用インバータの制御 | 9 |
| 望月昌二・飯尾幸司・坂本泰堂・宇高正晴・川岸賢至 | |
| 空調機のホロニクス制御 | 13 |
| 松岡文雄 | |
| インバータ搭載冷凍冷蔵庫 | 17 |
| 板垣政也・飯尾幸司・勇内和秀・松岡文雄・川岸賢至 | |
| パッケージエアコン《Mr. SLIM》のシステム制御 | 21 |
| 佐藤康夫 | |
| 透湿膜式加湿器 | 25 |
| 人見不二夫・大川内幸訓・高橋健造 | |
| 空調用水蓄熱ユニットKAHシリーズ | 29 |
| 池原清一郎・大塚修・後藤耕治 | |
| 温度ブースタ | 33 |
| 弓倉恒雄・瀬田静男・山中悟郎・新井卓史 | |
| 食品店舗用オープンショーケース | 39 |
| 佐藤務・長谷川厚・古沢齊 | |
| 一体空冷コンビネーションマルチ式コンデンシングユニット | 45 |
| 木村誠夫・上田和弘 | |
| スプリット式冷凍冷蔵クーリングユニット | 49 |
| 木下実・根来耕一 | |
| 普通論文 | |
| 66KV, 20MVA完全自冷式ガス絶縁変圧器の実用化 | 53 |
| 工藤淳・林哲・吉川徹 | |
| 小型ファクシミリ《MELFAS 2100シリーズ》 | 57 |
| 中山典夫・坂本克美・大原彰・山崎道夫・秋田真一 | |
| 高機能型ディジタルビデオテックス宅内装置 | 61 |
| 山崎洋美・内田光治・吉沢健一・手塚雅之 | |
| MPU搭載ICカード | 65 |
| 井上健・南郷重行・越智克則 | |
| 超大容量4MビットマスクROM | 69 |
| 松尾龍一・金子正秀・安東亮・小山利弘 | |
| 三音速風洞試験設備 | 73 |
| 沢田栄二・渡辺秀樹・桑野善明・山本貴幸・小関高英 | |
| 特許と新案 | |
| 絶縁油の安定度試験装置、筒形換気扇 | 79 |
| ヒートポンプ式空気調和機 | 80 |
| スポットライト | |
| 年間冷却・加熱形空冷ヒートポンプチラーCAH-FL形シリーズ | 78 |
| 三菱電機合金製品金ストライプめっき条 | 81 |
| 三菱コンソール形テレビ会議システム《MELFACE-300シリーズ》 | 82 |
| 三菱オゾンプール浄化装置 | (表3) |

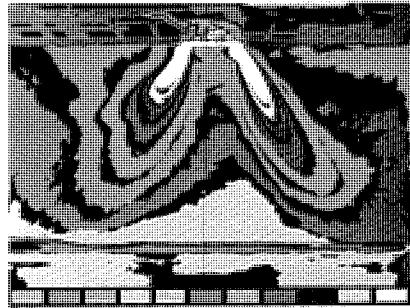
表紙

天井カセット形スリムエアコンの気流

天井据付け式ヒートポンプからの風の吹き出しが、冷房と暖房とで同じ吹出口を使用し、しかも快適な条件を作り出すことが要求される。建築の側からは据付け位置や外観モジュール、また負荷側からは時々刻々の変動（居住者が占める場所、日射等の外乱）など様々な対応が迫られる。

写真は、本誌1月号(Vol.61・No.1・1987)で紹介したロータリカセット形空調機を暖房で、吹出し角度70°、風速ノッチ強の条件で連続運転（ロータリは停止）した時の温度分布を放射赤外線検知装置にて測定・図形化したものである。

天井高さを3mとした場合の吹出し口中心を通る縦断面を示しているが、居住域の良好な温度分布を御理解いただけると思う。



アブストラクト

冷凍・空調技術の展望

江本浩徳

三菱電機技報 Vol.61・No.5・P2~4

冷熱機器の市場動向、技術動向及び将来動向についての一般向けの展望をした。冷熱機器の市場は、急激な成長期を終えて量的な充足を果たしたが、質的にはいまだ不十分である。今後は電子技術の付加と冷凍サイクル、空調技術の一層の理解によって、住環境の高度化に見合う機器システムを作りあげる必要がある。

パッケージエアコン《Mr.SLIM》のシステム制御 佐藤康夫

三菱電機技報 Vol.61・No.5・P21~24

パッケージエアコン《Mr.SLIM》は、需要構造変化に伴い、空調方式は天吊り型空冷ヒートポンプ機種を複数台分散配置、個別制御方式が主流となり、空調品質と制御品質を問われる時代となった。あらゆる観点から市場要求条件を検討し、据付け性・快適性・操作性・サービス性の向上を図ったシステム制御を実現したので、ここに紹介する。

昭和62年度インバータルームエアコンの快適制御

梅村博之・青木克之・菅原作雄

三菱電機技報 Vol.61・No.5・P5~8

昭和62年度インバータルームエアコンは、人とのかかわりをより深め、快適性の向上を図っている。人間の温熱感覚の生体機能を模倣した温感センサを導入し、温度のみでなく、本格的な温熱感覚による制御により、使用者の好みの環境を簡便に実現させている。暖房立ち上がりにおいては、生体システムの制御概念をエアコンシステム制御に取り入れ制御系の安定を図るなど、立ち上がり時間の半減化を図っている。今回は、これらの快適性の改善について述べる。

透湿膜式加湿器

人見不二夫・大川内幸訓・高橋健造

三菱電機技報 Vol.61・No.5・P25~28

ビルなどの空調システムは、小型の空調機を分散配置する“個別分散空調方式”的傾向にある。このため、冷暖房機器は加湿などを含めた多機能化が重要なテーマとされているが、従来の加湿器は、①白粉が発生する、②保守が繁雑、③寿命が短い、などの問題があった。そこで膜分離技術の応用として、透湿膜（水を通さず水蒸気を通す）を用いた、保守が簡単で、白粉の発生がないクリーンな透湿膜式加湿器を開発したので、その概要を紹介する。

1マイコンによるルームエアコン用インバータの制御

望月昌二・飯尾幸司・坂本泰堂・宇高正晴・川岸賢至

三菱電機技報 Vol.61・No.5・P9~12

従来のインバータエアコンは、正弦波近似PWM波形を発生させるために、マイコン+ゲートアレー+ROMの3チップのLSIで構成していた。今回、62シーズン年度のルームエアコンに導入すべく、1マイコンによるインバータ波形生成方式を開発し、製品化を実現した。本稿では、正弦波近似PWM波生成とユニット制御のソフトウェアアルゴリズムについて紹介する。

空調用氷蓄熱ユニットKAHシリーズ

池原清一郎・大塚 修・後藤耕治

三菱電機技報 Vol.61・No.5・P29~32

業務用蓄熱調整契約による安価な夜間割引電力を利用した氷蓄熱式空調システムの熱源を、コンパクトにユニット化したKAH型氷蓄熱ユニットを開発・製品化した。蓄熱運転による熱源機容量の低減、設置スペースの大幅な縮小が可能で、マイコン搭載の蓄熱制御専用コントローラにより最適制御を行い、経済的な冷暖房運転を実現した。

空調機のホロニクス制御

松岡文雄

三菱電機技報 Vol.61・No.5・P13~16

この論文は、インバータルームエアコンの動的電子制御方法に関するものである。圧縮機の回転数、電子膨張弁の開度、熱交換用ファンの回転数をマイコンにより制御することを目的として、動的負荷変動に対する過渡応答を解析した。上記3個のアクチュエータの過渡応答特性とそれらの相関特性に基づき、生体系の調和のとれた協調的制御の思想を取り入れ、システム指令と相関指令とから構成されるホロニクス制御方式を開発した。

温度ブースタ

弓倉恒雄・渕田静男・山中悟郎・新井卓史

三菱電機技報 Vol.61・No.5・P33~38

中温排熱（60~90°C）を駆動熱源とし、わずかの電気エネルギーの消費で高温熱出力（150°C）が得られる排熱回収第2種吸収式ヒートポンプ“温度ブースタ”的研究開発を行い、今般製品化をみた。

本稿では、世界で最初に二段昇温サイクルを具現化し、昇温性能60°Cをもつ温度ブースタの研究開発の経緯、二段昇温サイクルと新型伝熱管“ファーフィン管”を搭載した試作機の性能などについて述べる。

インバータ搭載冷凍冷蔵庫

板垣政也・飯尾幸司・勇内和秀・松岡文雄・川岸賢至

三菱電機技報 Vol.61・No.5・P17~20

332ℓの4ドアチルド冷凍冷蔵庫に、広範囲に能力制御が可能なインバータ搭載機種を開発した。従来からの電子制御によるメリットに加えて、インバータによる容量制御により、冷凍/製氷時間のスピードアップ、大型化したにもかかわらず静肅性を確保し、庫内温度の変動幅の圧縮など数々の特長がある。本稿では、初めてのインバータ冷蔵庫として、インバータの構成や制御の概略、機能の特長について紹介する。

食品店舗用オープンショーケース

佐藤 務・長谷川 厚・古沢 斎

三菱電機技報 Vol.61・No.5・P39~44

最近の食品店舗は、食生活の質的向上により、鮮度管理指向がますます強まっている。三菱電機(株)では、オープンショーケースの高鮮度管理を実現するため、冷却器を2基搭載し、従来のデフロスト時の温度上昇をなくしたローテーションデフロストケースと、電子式膨張弁を採用し、マイコンによる高度な制御を導入した《マイコンライブメイト》を開発した。本稿では、開発品の目的、構造及び制御の特長などについて報告する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 61, No. 5, pp. 21 ~ 24 (1987)

The Control System of Mr. Slim Packaged Air Conditioners

by Yasuo Sato

The principal demand for Mr. Slim packaged air conditioners has shifted to ceiling-suspended heat-pump types, and typical installations involve several units with independent control. Current research is focused on improving the quality of the control system and air conditioning. Market demand has been analyzed to develop models that significantly raise the comfort level and offer simpler installation, operation, and service. The article introduces the control system of these new-model air conditioners.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 61, No. 5, pp. 25 ~ 28 (1987)

A Membrane-Type Humidifier

by Fujio Hitomo, Yukinori Okawachi & Kenzo Takahashi

Many air-conditioning systems for buildings are now being designed to allow independent control of individual air-conditioning units. This has increased the importance of local humidifiers and their associated control functions. Previous humidifiers suffered from several drawbacks: they generated mist, their lifetime was short, and service was difficult. The article introduces a new humidifier design employing a membrane that transmits water vapor but not water droplets or mist. Humidifiers based on this design are clean, mist-free, and easy to maintain.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 61, No. 5, pp. 29 ~ 32 (1987)

Series KAH Ice-Storage Units for Air Conditioning

by Seiichiro Ikebara, Osamu Otsuka & Koji Goto

To take advantage of lower nighttime electric-power rates, institutional users of air conditioning have begun producing ice at night as a stored heat source for use by air-conditioning equipment during the day. Stored-heat operation generally enables substantial reductions in the heat-pump capacity. Mitsubishi Electric has augmented these economies by developing Series KAH compact ice-storage units. A controller with a microprocessor has been developed to optimize use of the stored heat, maximizing the economy of heating and cooling systems.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 61, No. 5, pp. 33 ~ 38 (1987)

The Development of a High-Temperature-Boost Absorption Heat-Pump Heat Transformer

by Tsuneo Yumikura, Shizuo Fuchida, Goro Yamanaka & Takashi Arai

A waste-heat recovery Type II absorption heat-pump heat transformer that extracts a high-temperature (150°C) output from 60~90°C waste heat with a minimal expenditure of electrical energy has been developed and is planned for commercial production. The article introduces the R&D of the world's first implementation of a two-stage-cycle heat transformer and a new "finned tube" to achieve a 60°C temperature rise. The results of performance testing of a prototype model are also reported.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 61, No. 5, pp. 39 ~ 44 (1987)

Open Display Cases for Supermarkets and Grocery Stores

by Tsutomu Sato, Atsushi Hasegawa & Hitoshi Furusawa

As dietary standards continue to rise, supermarkets and grocery stores have been working to improve the freshness of the products they sell. Mitsubishi Electric has developed open display cases that assist in this "freshness management." The new display cases feature two refrigeration units, an electronic expansion valve with computer control, and "rotation defrosting" mode that prevents the temperature rise associated with previous defrosting cycles. The article reports on the development objectives, construction, and control features of these new display cases.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 61, No. 5, pp. 2 ~ 4 (1987)

Current and Future Refrigeration and Air-Conditioning Technology

by Hironori Emoto

A general overview is given of air-conditioning and refrigeration markets, technologies, and likely future trends. The markets have grown rapidly in volume, but there is still much demand for improvements in equipment quality and performance. Future developments will require introduction of new electronic technologies and further studies on the refrigeration cycle and air-conditioning techniques.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 61, No. 5, pp. 5 ~ 8 (1987)

Comfort Control by a New Variable-Capacity Room Air Conditioner

by Hiroyuki Umemura, Katsuyuki Aoki & Sakuo Sugawara

The operation of Mitsubishi 1987 inverter-driven room air conditioners was designed to match human physiological characteristics, resulting in substantially greater user comfort. Special sensors monitor room temperature as well as several other important factors to emulate the human heat-perception process. This control-method enables users to easily set and maintain the desired comfort level. The new control algorithm cuts the heater rise time by half, and stabilizes the operation. The article describes the principles and implementation of these comfort improvements.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 61, No. 5, pp. 9 ~ 12 (1987)

Inverter Control for Room Air Conditioners Using a Single Microprocessor

by Shoji Mochizuki, Koji Iio, Hirotaka Sakamoto, Masaharu Ueda & Kenji Kawagishi

The inverter controllers of previous room air conditioners employed three LSIs—a microprocessor, a gate array, and a ROM—to generate approximately sinusoidal outputs by pulse-width modulating the inverter output. A single microprocessor capable of providing this control has now been developed and adopted in Mitsubishi 1987 air conditioners. The article introduces the software algorithms for PWM sinusoidal approximation and for unit control.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 61, No. 5, pp. 13 ~ 16 (1987)

Holonic Control of Room Air Conditioners

by Fumio Matsuoka

The article describes the active electronic-control method used in Mitsubishi inverter-driven room air conditioners. The system's transient response to active load variations was analyzed to derive control parameters for the compressor speed, the heat-exchanger fan speed, and the aperture of the electronically controlled expansion valve. The transient response of these three actuators and their interrelation have been used to implement a holonic-control concept based on system control commands and interactive subcommands.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 61, No. 5, pp. 17 ~ 20 (1987)

A Refrigerator-Mounted Inverter

by Masaya Itagaki, Koji Iio, Kazuhide Yu'uchi, Fumio Matsuoka & Kenji Kawagishi

A 332-liter four-door refrigerator has been fitted with inverter control to achieve variable-capacity refrigeration control over a wide range. By combining a variable-capacity inverter with other electronic-control functions, the new refrigerator realizes faster freezing and icemaking, maintains quiet operation (despite a larger cooling capacity), and reduces the range of temperature variations in the refrigerator interior. The article introduces the inverter configuration, control concepts, functions, and features of this first Mitsubishi inverter-driven refrigerator.

アブストラクト

一体空冷コンビネーションマルチ式コンデンシングユニット

木村誠夫・上田和弘

三菱電機技報 Vol.61・No.5・P45～48

当社が昭和57年に業界に先駆けて発売した機械室が不要な一体空冷式コンデンシングユニットは、その良さが認められ急速に普及し、販売台数が大幅に増加している。普及につれ市場要求も多様化して来ており、これにこたえ9.2～26kWの一体空冷コンビネーションマルチ式コンデンシングユニットを開発した。主な特長は、4ステップ容量制御による省電力と安定運転、《エクストラファン》と電子ファンコントロールによる低騒音、余裕ある凝縮能力などがあげられる。

スプリット式冷凍冷蔵クーリングユニット

木下 実・根来耕一

三菱電機技報 Vol.61・No.5・P49～52

食品加工工場や自家用冷蔵倉庫向けに、小型4HPから大型40HPまで、半密閉单段圧縮機を使用してユニットを構成した空冷スプリット式クーリングユニットをラインアップした。低騒音を特長とし、機械室が不要、現地設置工事が簡単で工期が短縮できるなど、多くのメリットを持っている。本稿では機器の構造、特長について概説する。

高機能型ディジタルビデオテックス宅内装置

山崎洋美・内田光治・吉沢健一・手塚雅之

三菱電機技報 Vol.61・No.5・P61～64

高機能型ディジタルビデオテックス宅内装置は、ディジタル網に接続する高機能型利用者端末である。高精細な自然画及び音声を扱うことができるため、表現力の豊かな画面の提供が可能である。更に日本語文字入力、手書き入力、幾何学図形入力及びカラーカメラからの自然画入力による画面作成のできることが、従来の利用者端末にない大きな特長になっており、今後幅広い分野での応用が期待できる。本稿では利用者端末の構成、機能について概要を述べる。

66kV, 20MVA完全自冷式ガス絶縁変圧器の実用化

工藤 淳・林 哲・吉川 徹

三菱電機技報 Vol.61・No.5・P53～56

ガス絶縁変圧器は、近年大都市部でその需要が大幅に伸びてきている。これもガス絶縁変圧器の安全性、信頼性が高く評価されているためである。また、最近ではメンテナンスの省力化を図るため、ガス絶縁変圧器の大容量自冷化の要求が急速に高まっている。

ここでは、当社における大容量自冷式ガス絶縁変圧器の開発概要と、ガス絶縁変圧器としては国内最大容量の66kV, 20MVA変圧器を実用化したので紹介する。

小型ファクシミリ《MELFAS 2100シリーズ》

中山典夫・塚本克美・大原 彰・山崎道夫・秋田真一

三菱電機技報 Vol.61・No.5・P57～60

《MELFAS 2100シリーズ》は、本体床面積をA4サイズ大としたコンパクト設計で、ファクシミリ、また多機能電話として使用できる新しいパーソナル端末である。B4判までの原稿読み取り、A4判記録、交信モードは高速18秒伝送・G3・G2・ミニファックスの各モードを持ち、ワンタッチ・短縮ダイヤル、オーフックダイヤル、コピー機能等の豊富な機能を搭載している。ここでは、これらの特長、性能、構成について述べる。

MPU搭載ICカード

井上 健・南郷重行・越智克則

三菱電機技報 Vol.61・No.5・P65～68

当社で開発した0.76mm厚ISO規格ICカードを紹介する。MPUとEEP-ROMを搭載し、メモリ容量はROM 8Kバイト、RAM 256バイト、EEP-ROM 8Kバイトである。カードのモジュールは、4層配線のプリント基板に2チップをアルミ線超音波ボンディングで結線して、封止はエボキシボッティング方式とした。このモジュールは信頼評価で、85°C、85%，1,000時間をクリアした。

超大容量4MビットマスクROM

松尾龍一・金子正秀・安東 亮・小山利弘

三菱電機技報 Vol.61・No.5・P69～72

半導体メモリ素子は最先端技術の結集といえる。なかでもマスクROMは、そのメモリ容量の大きさにおいて先端を歩み続けて、昭和59～60年には1M(メガ)時代に突入した。今回、1.2μmの超微細化CMOSプロセス技術と低電力高速化回路設計技術を組み合わせて、当社最大容量のメモリ、4MビットマスクROM M5M23C400-×××Pを開発したので、その回路構成及び動作特性などについて説明する。

三音速風洞試験設備

沢田栄二・渡辺秀樹・桑野善明・山本貴幸・小関高英

三菱電機技報 Vol.61・No.5・P73～77

誘導飛しょう体の開発を効率的に実施することを目的として、三音速風洞試験設備を三菱電機(株)鎌倉製作所に設置した。この設備は、縦40cm×横30cmの計測部断面を持つ間欠吹出し式風洞で、マッハ0.4からマッハ3.5の動作音速領域を持ち、レイノルズ数は 2.2×10^7 (基準長1m当たり)以上を実現する。昭和60年6月からデータ取得を開始し、性能検定を経て、現在実用運転に供されている。本稿は、設備の基本仕様、主要諸元及び性能検定結果の一部について報告する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 61, No. 5, pp. 61 ~ 64 (1987)

A Digital Graphics Terminal

by Hiromi Yamazaki, Mitsuhiro Uchida, Ken'ichi Yoshizawa & Masayuki Tezuka

A digital graphics terminal with advanced input functions has been developed for installation in digital networks. Unlike previous terminals, the new terminal can accept Japanese-character keyboard inputs, handwritten text, and line drawings through color-camera video inputs. The high-resolution screen reproduces natural-looking images, which are complemented by the terminal's sound capabilities. The article describes the construction and features of this user terminal, which is expected to find applications in a wide variety of fields.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 61, No. 5, pp. 65 ~ 68 (1987)

An IC Card with a Microprocessor

by Takeshi Inoue, Shigeyuki Nango & Katsunori Ochi

The article describes a 0.76mm-thick ISO-standard IC card developed by Mitsubishi Electric. The card houses a microprocessor and an EEPROM to provide ROM and EEPROM capacities of 8kB each, and a RAM capacity of 256B. The two ICs are bonded to a four-layer printed-circuit board by ultrasonically bonded aluminum wires, and the entire board is potted in epoxy. The card's reliability has been proven through a 1,000-hour aging test at 85°C and 85%RH.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 61, No. 5, pp. 69 ~ 72 (1987)

An Ultrahigh-Density 4Mbit Mask ROM

by Ryuichi Matsuo, Masahide Kaneko, Ryo Ando & Toshihiro Koyama

Memory devices are among the densest and technically most demanding of semiconductor devices. The greatest memory densities have been achieved in mask ROMs. In 1984 and 1985, the 1Mb barrier was broken, and now a 4Mb mask ROM device has been developed based on an ultrafine 1.2μm CMOS process and low-power, high-speed circuit design. The article reports on the circuit configuration and operating characteristics of this device.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 61, No. 5, pp. 73 ~ 77 (1987)

A Trisonic Wind Tunnel

by Kumeji Sawada, Hideki Watanabe, Yoshiaki Kuwano, Takayuki Yamamoto & Takahide Ozeki

A trisonic wind tunnel facility has been constructed at the Kamakura Works of Mitsubishi Electric for aerodynamic design of guided missiles. The facility is an intermittent blowdown type with a 30×40cm (W×H) test section and achieves a Mach number of 0.4 through 3.5 and a Reynold's number of over 2.2×10^6 per meter. Data collection began in June 1985 and, after performance investigations, the facility was put into practical use. The article reports on the basic design, principal specifications, and performance test results of this facility.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 61, No. 5, pp. 45 ~ 48 (1987)

Unitary Air-Cooled Condensing Units with a Combination Multisystem

by Masao Kimura & Kazuhiro Ueda

In 1982, the Corporation introduced a revolutionary line of unitary air-cooled condensing units that required no machine-room enclosures. This obvious advantage caused an immediate sales boom that is still continuing. Large sales volumes inevitably lead to specialized demands, and so, to meet these demands, the Corporation has developed 9.2~26kW unitary air-cooled condensing units with a combination multisystem. The principal features include energy-saving four-step capacity control that also permits more stable operation, and an extra fan and electronic fan control to achieve low-noise operation and greater condensing capacity.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 61, No. 5, pp. 49 ~ 52 (1987)

Split-Type Packaged Refrigeration Equipment

by Minoru Kinoshita & Koichi Negoro

To meet the refrigeration needs of consumers ranging from private homes to food-processing plants, the Corporation has developed split-type packaged refrigeration equipment based on single-step semihermetic compressors with capacities of 4~40HP. The equipment features simple, enclosureless installation that reduces installation costs, low-noise operation, and many other advantages. The article reports on the construction and features of this equipment.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 61, No. 5, pp. 53 ~ 56 (1987)

A Practical 66kW, 20MVA Completely Self-Cooled Gas-Insulated Transformer

by Atsushi Kudo, Satoshi Hayashi & Toru Yoshikawa

Because gas-insulated transformers are safe and reliable, demand for them has grown rapidly, especially in metropolitan areas. To reduce maintenance requirements still further, the Corporation has developed large-capacity gas-insulated transformers that employ a passive, self-cooling design. The article describes the development of a 66kV 20MVA model, which is the largest self-cooled gas-insulated transformer produced in Japan.

Mitsubishi Denki Gihō: Vol. 61, No. 5, pp. 57 ~ 60 (1987)

The MELFAS 2100 Facsimile Transceiver

by Norio Nakayama, Katsumi Tsukamoto, Akira Ohara, Michio Yamazaki & Shin'ichi Akita

The MELFAS 2100 facsimile transceiver features a compact A4-size installation space and multiple telephone functions that allow it to serve as an advanced personal telephone terminal. The MELFAS 2100 can read originals of up to B4 size, and record on A4-size paper. Documents can be transmitted or received in an 18-second high-speed mode, as well as in G3, G2, and minifax modes. Other functions include one-touch autodialing, on-hook dialing, and local copying. The article introduces the transceiver's features, performance, and construction.

卷頭言

冷凍・空調特集に寄せて

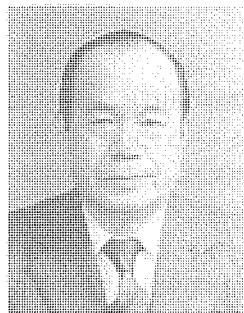
冷凍空調技術は、人々の生活に欠くことのできない「衣食住」のうち、「食」と「住」の両者の質的向上を目的としていることは、今更述べるまでもない。しかし、ハード技術向上の日常性の中で、私達はついこのことを見失いがちであるが、「衣食住」の概念や価値感が大きく変わりつつある今日、冷凍空調技術者の活動の原点を改めて此処に見つめる必要を感じてならない。

「モノ離れ」の時代と言われ、かつ昭和61冷凍年度は円高に加えて不利な天候であったのにもかかわらず、冷凍空調機器の生産販売額がすべての環境条件が幸いした60冷凍年度を、わずかとは言え上回り、「内需拡大」商品とまで持ち上げられたことは、「食住」と深い関係を持つことの証左となるばかりでなく、冷凍空調技術に対する人々の期待が込められているように思われる。

石油危機時代の10年に亘る私達の緊張感は、1983年3月のOPECによる歴史的な石油値下げにより和らぎ、以後ハイテクに対する関心が高まる一方、人々の生活には物の豊かさから心の豊かさに対する指向が顕著に見られるようになった（例、総理府統計）。そして「ハイタッチ」と呼ばれる言葉が語られたり、指向の多様化が言われるに至った。また、「兎小屋」とからかわれた日本の住宅も、1985年着工の平均床面積は124m²で米国の134m²に次ぎ、世界第2位とのことである。

筆者はかねてより冷凍空調技術の発展の経過を次のように整理している。すなわち、戦中戦後から1952年までの技術空白時代、1953～1962年の技術研修時代、1963～1972年の高度成長に伴う生産技術確立時代、1973～1982年の省エ

東京水産大学名誉教授
(社)日本冷凍協会第12代会長
宝 谷 幸 男



ネルギーを目的とした高度技術確立時代と、かなり明確に10年ごとに区分できる。1983年以降の次の10年はどのような冷凍空調技術時代と言えようか。冒頭に述べたように、冷凍空調技術が「食住」に根を張るものであるが故に、コスト軽減や需要家のための省エネルギーと言った当然のハード技術向上を別にすれば、「食住」に対する時代の評価に沿う応用の拡大期と言えぬだろうか。

先程述べたような石油危機時代後の社会の諸傾向は、一口で言えば人々の情緒性の高揚として整理できよう。それは小数の規格品の大量消費時代の終りを意味しよう。冷凍空調分野についてこの傾向を告げる言葉を拾え、「新温度帯流通」とか「快感空調」などが挙げられようし、施設園芸での除湿に伴う農薬使用の減少などは人間の情緒を十分満足させるものである。本特集にも掲載されているインバータ付きエアコンも、当初は省エネルギーを目的としたものであるが、立ち上がり時間の短縮、不快なオンオフ制御の追放など、人々の情緒性を満足するが故に、避けられぬ価格上昇にもかかわらず、容易に市場に受け入れられるに至っている。

四季が織り成す美しい風土と適当に厳しい気象条件に培われた日本人の豊かな情緒性は、米誌「タイム」の表現を借りれば、「技術を芸術に変え」、そして今まで新しい変化を模索しつつある。それを満足する日本の冷凍空調技術は、ほんとうの意味での国際冷凍空調技術となろう。執筆依頼時に頂いた本特集号掲載論文の題目リストを拝見し、上記の思いを確かにしたところである。

冷凍・空調技術の展望

江本浩徳*

1. まえがき

冷熱関連機器の出荷は、年間2兆円を超える規模になり、家庭内でも冷蔵庫とルームエアコンという2大家電品に代表され、食・住に密着している割には、その技術内容が一般に知られていない。

冷熱製品も多くの電気製品と同じく、オイル危機以降、省エネルギー技術の開発一色となった。一般家庭の中でもヒートポンプルームエアコンと冷蔵庫の電力消費量は、全電力消費量の半分近くであったし、一般ビルでも冷熱機器は、ほぼ同様な割合であり、まず省エネの対象になった。そのため、空調設備の新設が伸び悩んだが、省エネは一面においてヒートポンプ機器の開発と普及を促進させる意味で大いに助けになり、功績の方が大きかったといえる。現在では、省エネ機器も出そろい省エネと合わせて空調冷凍の質が問われる時代になった。

なお、この展望は、日ごろ、冷熱関係になじみの薄い一般読者に冷熱の技術トレンドを理解してもらうために書いたのである。

2. 市場動向及び技術動向

2.1 市場動向

図1.にこの10年間の出荷金額を示すが、途中に1979年(昭和54年)以降の数年間の低迷があるものの最近は、また伸びを取り戻している。空調機と低温機の出荷高の比は、空調の方が圧倒的に多く、中でもルームエアコンの普及率は54%程度であり、2~3台目の買増需要もあることから、当分の間、冷熱市場の主役の座を占めるであろう。

空調機の市場動向として顕著なものは、オイル危機以来の一貫とした大型中央式から個別分散化への流れである。同時に水離れが進み凝縮器は水冷から空冷へ、またエアハンドリングユニットや、ファンコイルユニットを使うチラー方式から直膨方式へと変化した。これは、小型ユニットを分散することで必要な室以外は空調しなくてすみ、同時に水や空気の搬送動力も節約できるからである。水を使わないことはメンテナンスの省力にもなる。

また、もう一つの大きな傾向はヒートポンプ化である。ヒートポンプは100年來の歴史の中で、空冷の過酷条件のもとで信頼できる運転が

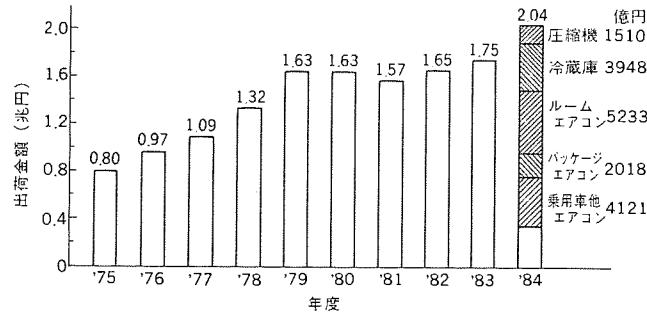


図1. 年度別出荷金額

できるようになったのは、この15~20年來のことであり、無公害でオイル・ガス不要の暖房が時流に乗り、今日の完成を見た。現在ではルームエアコンの67%がヒートポンプで、その内、4割がインバータ方式になっている。

圧縮機の世界市場は、生産台数で年間約5~6,000万台で圧倒的に小型が多く、全体の7割程度が電気冷蔵庫用である。市場動向としては、往復動式から回転式へと変わりつつあり、すなわちロータリ(ローテーティングピストン式をこう呼ぶことにする)やスクロール、更に大型では以前からスクリュー化への動きがある。

これは、20数年前に米国でロータリ圧縮機をルームエアコンへ採用してから、その流れを日本メーカーが受けつぎ、ほとんどのルームエアコンはロータリ化され、更に冷蔵庫へも適用を拡大していき、最近では更に大容量のパッケージエアコンもスクロール圧縮機を使用し始めた。この動きが日本から欧米へ波及しようとしている。

2.2 技術動向

表1.に現状の冷熱に共通的に使われる技術と、それを各機種に展開したときの具体的な技術改良項目を示した。表2.には指向するテーマと、それを実現するための手段を示す。これらの表を参照しながら説明を加えていく。

全体的な大きな流れとしては、①省エネルギー、②快適性、③省力化(現地施工、運転操作、保守)である。表1.の機種別ごとに説明すると、ルームエアコンとパッケージエアコンでは、いずれもヒートポンプ化率が70%程度になり、省エネや設備の簡素化には大いに貢献したが、暖房時の室内温度分布が悪いという問題を生じた。特にルームエアコンやパッケージエアコン(以下、エアコンを省く)の天井カセットタイプの

表1. 主要技術テーマ

| 共通技術 | 機種別展開 | |
|---|----------------------------|---|
| | 機種 | 主技術テーマ |
| ○快適性評価 ○気流の可視化 ○センサ(湿度、圧力、ふく射、液面、人間検知) ○ファンの低騒音化 ○コンピュータシミュレーション(冷媒回路、気流分布、コンプレッサ運動、振動) | ルームエアコン 及び パッケージエアコン | 快適性向上、気流分布改善、低騒音化、インバータ駆動、混合冷媒利用(寒冷地ヒートポンプ)、電子冷媒制御、マルチエアコン、室内空気清浄、熱交換器改良、HA、多重伝送、リモコン |
| ○パワーエレクトロニクス制御(インバータ、DCブラシレスモーター、電動アシストエクステンダ) | チラーリ | 熱交換器の効率向上、高温ヒートポンプ |
| ○ヒートポンプ ○室内空気品質 ○OHA(リモコン、テレコン、トータルコントロール) ○多重伝送 ○熱交換器効率向上 | 冷蔵庫 | インバータ駆動、新鮮空気(温度、湿度)、振動、解凍器 |
| ○新型回転式圧縮機(ロータリ、スクロール、スクリュー) ○材料(断熱、蓄熱、しゃう動部、ケミカルヒートポンプ) ○非共沸混合冷媒(高温ヒートポンプ、超低温用) | 低温機 | インバータ駆動、混合冷媒、霜取改良 |
| ○P.C.P.改善 | 圧縮機 | 新型回転式、可変速駆動、C.O.P.改善 |
| ○排熱利用第2種吸収ヒートポンプ、ガスエンジンヒートポンプ | その他 | 排熱利用第2種吸収ヒートポンプ、ガスエンジンヒートポンプ |

表 2. 指向テーマと技術対応

| 指向テーマ | 技術対応 |
|---------|---|
| 省エネルギー | 効率向上(圧縮機、熱交換器)、ヒーター加熱(電気、蒸気)→ヒートポンプ加熱、ダクト式及び水配管方式→直膨方式、大型中央式→個別分散式、冷媒回路の改良(発停ロス防止など)、インバータ化、マルチエアコン |
| 省力化 | 水冷式→空冷式、リモートコントロール、現地施工式→工場組立(ユニット化) |
| 快適性向上 | 気流分布改善、湿度センサ、ふく射センサ利用、容量可変圧縮機(インバータ化)、室内ファンの可変速化、低騒音ファン、低振動圧縮機、マニマシンインタフェース |
| 制御性向上 | 電子膨張弁、圧力センサ、2線式多重伝送、マイコン利用、HA、室内外ファンの可変速化 |
| 信頼性と安全性 | 開放型→密閉型圧縮機、冷媒回路改良(アクチュレータ、サブクールコントロール etc)、アンモニア→フロン冷媒、マイコン化によるフェイルセーフ |
| 圧縮機改良 | 往復動式→回転式(ロータリ、スクロール、スクリュー)、精密加工技術向上、可変速化 |

ように、吹出しと吸込みの接近した室内ユニットでは条件が悪くなりがちである。この解決策として、吹出し方向を冷房時には上向き、暖房時には下向きに変えるという考えを基本にして多くのアイデアが試みられている。その研究手段として、スーパーコンピュータによる気流分布の計算や、サーモグラフィによる実験的解析などが行われている。温度分布を良くしようとして、下向き風速を強くするとコールドドラフトが生じ不快になるので、この兼ね合いが難しく対策として吹出し温度の上界も考えられるが省エネに相反することになる。本質的には、ショートサイクルしやすい構造の室内機で暖房をするのが問題であり、将来的には、吹出し吸込口の分離の方向、又は床暖など他のふく射暖房との併用に変わることも考えられる。

ヒートポンプでは、インバータ駆動圧縮機が使われることが多く、暖房立上げ時の能力を短時間だけ2~3倍にして早く室温を上げたり、低外気温時の能力低下を防止するのに有効である。また、発停の頻度が少なくなるので停止時の高低圧混合ロスが減り、また室温変動幅も縮小するので快適性が良くなる。インバータ圧縮機に加えて室内送風機、室外送風機の回転数制御や冷媒回路の電子膨張弁による流量制御、更にスーパーヒート検出回路などの採用で、全電気式冷媒制御の準備ができたわけであり、これをシステムの目的である暖房立上げ時に、全電流値を抑えながら最も早く室内温度を上げるかという問題を解いた最適マトリクス電子制御方式“ホロニクス制御”も実用化されている。室内の快適性も単に温度だけで判断するのではなく、壁面温度によるふく射量、気流の影響を考に入れた制御になっている。その上に空調で難しいのは、快適性に対する個人差や着衣の差が大きいことで、これを解決するために、居住者は単に今“暑い”、“寒い”、“快適”という情報だけをリモコンにインプットすればよい“温感コントロール”も実用化されている。これはいわばヒューマンセンサであり、コントロールの一つの将来方向を示すものといえる。

次に技術開発の中心課題になってきたものに、マルチエアコンがある。住宅用空調機も買い増し時代に入り、2~3台目の室外機の置き場所に困るケースが出ているが、これを室外機は1台にして室内機を2~3台とつなぐことができるマルチエアコンにすればすっきりとまとめられる。従来は、このように冷媒配管を途中で分岐させるのは、冷媒量、潤滑油量の片寄りを生じトラブルの原因になりやすかったが、制御の精(緻)化と回路改良により可能になったものである。ビル空調でも間仕切りの多用や、用途の違う幾つかの室を1個の室外機でまかうのに便利でよく使われる。

このように、個別分散方式が普及すると新鮮空気の取入れが不十分

になりがちのは重大な問題で、それを解決するために新鮮取入れ空気と室内排気の全熱交換、フィルター、加湿、予備温度調節を一まとめにして行うユニットが必要となり、『フレッシュマスター』として製品化されている。

個別分散化が進むにつれて、多くの空調ユニットをまとめて制御する技術が必要になり、多重伝送方式により2本の配線をするだけで、10数台のユニットをリモートコントロールできるようになった。

ヒートポンプ冷暖房機は、日本の気候に合って世界一の普及をしたが、北日本では主の空調機になりにくい。これは、暖房能力は外気温の低下とともに低下し、暖房負荷は増加するという不適合性と暖房能力に合わせてユニットを決めると、冷房時に能力が余る不経済性のためである。これを補正するためにインバータに加えて、非共沸混合冷媒が用いられるようになった。これは、使用条件に応じて作動冷媒の混合比を自動的に変えて能力や運転条件を適正に保つものであり、冷媒の組合せを変えればヒートポンプ給湯機にも使える。

室内外ファンの低騒音化も快適性の大きな要因だが、軸流羽根に適宜前傾角をもたせて境界層のはく離を防止して、騒音を下げた当社『エクストラファン』も使われている。

チラーの販売台数は、ターボ冷凍機を含めて昭和54年の31,000台をピークに長期低迷傾向にあり、30kW以上の中大型ビル用途に限定されてきた。技術動向としては、空冷ヒートポンプの効率を上げるための水側熱交換チューブの高性能化で、水側にはコルゲート管、スパイラル管、冷媒側ではボーラス面の形成や滴状凝縮促進などの工夫がされている。空気側熱交換器では、フィン形状改善で熱伝達や除霜時の水切りを良くしている。また、温水出口温度を上げるために、冷媒回路と制御が改良され、当社『サニーパック』では60°C(-7°C外気)に達している。

冷蔵庫は、オイル危機後の省エネ技術開発で消費電力量を半減することに成功した。ちなみに、当社275lの場合で昭和54年の50kWh/月から昭和59年の24kWh/月になった。これは露付き防止ヒーターの代わりに凝縮パイプを使う、圧縮機のロータリ化、モータ効率向上、断熱強化、冷却器のチューブ配列変更などの効果である。この内、ロータリ圧縮機化は当社が業界に先がけて採用したもので、容積1/3、効率15%アップの効果で世界的に冷蔵庫のロータリ化の流れを生じさせた。最近の冷蔵庫の動向としては、冷蔵温度を通常の5~7°Cから更に下げる、しかも食品が凍らないように精密調節して保存期間を長くするチルド冷蔵庫がある。また、圧縮機にインバータ可変速タイプを採用して急速凍結と静音化をねらったものも始めている。

低温機については、現地施工から、メーカーでのユニット完成品“冷蔵冷凍クリーニングユニット”、ブラインクーラーなどを使い、現地工事の省力化、工期短縮をする傾向になってきた。これら多種複数台のユニットを統合して制御する“冷蔵庫管理システム”ができた多重伝送を用い、温度制御、監視、スケジュール運転、デマンドコントロール、データ記録などの大幅な省力化が可能になった。低温機でも、空冷化、スプリット化、インバータ化は空調機の後を追って同じように進んでいる。インバータ化は7.5kWあたりまで標準製品化されているが、需要台数が少ないためコスト高がネックである。

圧縮機の変遷は図2.に示すように、従来往復動式であったものが、ロータリ、スクロール、スクリュー式に変わってきている。これら回転式が台頭してきたのは、高精度の機械加工が簡単にできるようになったので、容積式圧縮機については、どのような型式でも実現でき

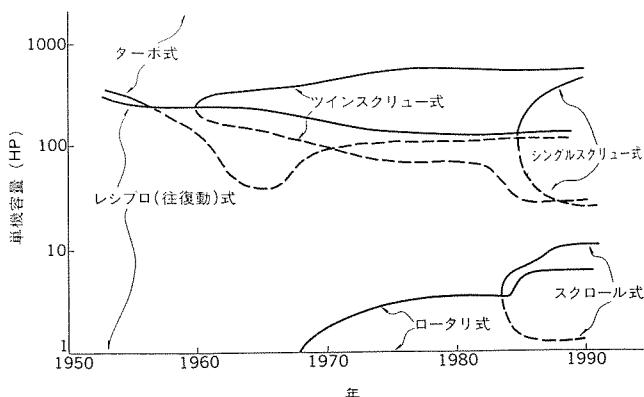


図 2. 圧縮機変遷概念図（日本市場、除く乗用用）

て、それ相当の性能を出せるためである。スクロール式は1回転中のトルク変動が小さく、その反力としての起振力が小さく、ユニットの低騒音化に有利である。また、吸入、吐出弁がないことも信頼性の向上になる。一方、このスクロール式の小容量化に対しては、ロータリ式圧縮機でトルク変動を小さくして対抗することも行われている。スクリュー式はツインスクリュー式が、20数年前から主として冷凍用に使われてきいたが、最近歴形の改良により中型の空調用にも使われてきた。また、単純な歯切りと対称性のため軸受負荷が軽く、しかも冷媒サイクルへの油循環量の少ないシングルスクリュー式も開発されている。いずれのスクリューも残留テンバランスではなく、トルク変動も小さいので起振力は小さく、これが利点となっている。その外に、回転式圧縮機は許容回転速度範囲が大きく、インバータ制御などの可変速運転に適していることも有利である。

その他、当社で手がけているものに第2種吸収ヒートポンプである“温度ブースタ”がある。これは主として産業用排熱を利用して、排熱温度と大気温度との差を利用して排熱温度より更に高い加熱源を得るもので、当社システムは2段昇温を実現したので昇温幅が60°Cと大きく、蒸気出力を得やすいので利用価値が大きい。

3. 将来動向

冷熱を含めて在来技術を主体とする製品の開発傾向としては、急速に発展している電子技術によって、付加価値を高める方向が主流である。マイコンとアクチュエータは十分なレベルのものが出来ており、長らく期待していた安価な圧力センサや液レベルセンサが利用できるのも遠くはないと思われる。そこで、今必要になってきたのは冷媒サイクルの動的な理解である。そのためには、コンピュータによる動的シミュレーションの研究が必要で、いかに精度を落とさずに簡潔にモデル化するかが焦点となる。これが、あるレベルに達すれば、空調と低温ともに信頼性と効率に格段の差が得られるであろう。

3.1 空調

空調機器の普及は量的には十分なレベルに達しつつあるが、質的には十分といえない面がある。オフィスビルでも暑過ぎ、寒過ぎ、たゞこの煙や騒音で悩まされるのが実状である。我々がこのような貧しい室内環境に気がつき、これらを改善する意欲をもてば、まだ市場は大きいはずである。今後の動向としては、次のようなものが考えられる。

- (1) 住宅用マルチエアコンの室内外機の種類の充実。
- (2) 住宅用中央式空調機が見直され、集合住宅と戸建別に標準化が進む。ダクト式の再評価も必要。

- (3) ヒートポンプの暖房特性の改善（混合冷媒使用、高速運転耐力強化）。
- (4) 溫風のみで暖房するのではなく天井面ふく射暖房、床暖房とが併用される。
- (5) 出しゃばりエアコンから、見えないエアコンへし（嗜）好が移る。また、HAとの連結でエアコンの存在を気にかけなくともよくなる。
- (6) 室内空気品質の向上のため、空気清浄能力、加湿機能、新鮮空気取り入れ機能の強化。
- (7) 室外機のスルーウォール取付け、壁埋込みなど建物との一体化が進む。
- (8) 給湯需要のあるビルでは、ガスエンジン駆動ヒートポンプの利用。

3.2 低温及び産業用

冷蔵庫の今後の課題は、インバータの冷蔵庫の特長を更に改善すること、解凍機能を機械的又は小型マグネットロンで加えること、全般的な静音化であろう。

大型冷蔵庫については、制御の電子化、省人化、深夜電力利用の蓄冷などがある。同様に電力需要の昼夜バランス調整のための氷蓄熱や、ヒートポンプ融雪法などの改良が行われるであろう。

3.3 圧縮機

圧縮機は2.2節で述べた往復動から回転式への移行が踏襲される。ロータリ式とスクロール式の境界は3kW前後にあるが、製造方式や材料の改革によっては、もっと下がることも考えられる。更に、自動車用クーラーで使われているマルチベン式の一般空調冷凍への拡張も検討される。スクリュー式の下限もコストが決め手である。

今後の圧縮機動向を考える上で、可変速制御が多用されるようになることも重要である。その場合、回転式圧縮機の容量制御機構が不要になり効率が良く、信頼性が上がることになる。ただ、圧縮機と可変速機の組合せは、技術的検討が要るので将来は可変速機付きの圧縮機ユニットとして売られるだろう。

4. むすび

日本の冷熱関連産業も昭和30年ごろからの空調の急速な立ち上がり以来、既に30年を経過して一つの産業のサイクルからみれば成熟期に入ったと考えられるが、第2次オイル危機の影響を脱した今から再び成長力をつけていきたい。空調機器の量と質は、住宅（建設）産業と密接に関係していて、良質の住宅ができれば、中にに入る空調機も良くなる。今後予想される内需拡大の一環として、住宅のハイグレード化の風潮が進むと思われる。それに加えて、社会の成熟化に伴う価値感の多様化などの傾向を見極めて、住宅の質の向上にこだわる新しい空調方式を用意する必要がある。それには、①戸建、集合住宅に対して、インテリアデザイン的にも経済的性にも優れたヒートポンプ式集中冷暖房システム（マルチエアコンを含めて）を作り出すこと、そのシステムは給湯、換気、テレコン、リモコンとも関連するのでHAと協調できるものであること。②オフィスにおける室内環境の向上（空気の質、騒音、快適性）気運に同調して既設のシステムの更新をおし進めること、またそのための真に快適さを与える機器システムを作り出すこと、一方建物側も室内環境を第一優先に考えることが大切である。

参考文献

- (1) 日本冷凍冷房新聞社：日本冷凍空調年鑑（1986）
- (2) 日本冷凍協会：冷凍、60、No. 698

昭和62年度インバータームエアコンの快適制御

梅村博之*
青木克之*
菅原作雄**

1. まえがき

現在のルームエアコンの市場は、普及率は50%を越え成熟商品といわれる一方、買増需要が増加し、家電から個電商品の色あいを深め、部屋別普及率が現在20%以下という点からみても、ヒートポンプエアコンを中心に、今後の成長が大いに期待される商品である。この中で、これからは更に、生活の場、人との多様な触れ合いの中での快適さが求められ商品化が図られていくものと思われる。

当社も昭和61年度に“人との快適コミュニケーション”的もと、温感自動運転という快適空調制御を導入してきている。62年度はこの考えを更に展開する上で、今までの省エネルギー技術、電子化技術、更に具体的には、インバータを含めた容量可変技術だけでなく、より人とのかかわりを深める技術としての“HUMAN TECH”^{注1)}の導入を目指し開発に取り組んできている。その成果が、人間の温熱感覚のセンシングの生体機能を模倣した温感センサの導入であり、生体システムの制御概念をエアコンのシステム制御へと取り込み、暖房立ち上がり特性を改善したホロニクス制御（本誌p.13に掲載）などの導入である。今回は、これらの技術のもとに製品開発された62年度インバータームエアコン（代表機種「MSZ-251 A」）（図1.）の快適性の改善を、温感制御の展開を中心に述べていきたい。

2. 温感センサと温感制御

2.1 空調制御のプロセス

人の温熱感覚（以下、温感と記す）は、人の産熱量と放熱量のバランスで決まる。産熱量は人の活動により決まり、放熱量は人の周囲の環境により決まる。一般的に、産熱量と放熱量が等しいとき、暑くもなく寒くもなく快適であると言われている。人体からの放熱量は人の周囲の温度・湿度・ふく射・風速により決まる。これらの物理量は、温感の4要素と呼ばれている。ここで重要なのは、人は必ず放熱しなくてはいけないこと、人の感覚は温度だけで決まるのではなく、温感の4要素の総合された結果で決まる点である。

図2.は空調機の創世期から現在までを四世代に分割し、各世代の特徴をまとめたものである。第一世代は暖房を考えると、人は寒いとき暖房器をオンし、暑いときオフしていた世代であり、機器の制御は人の感覚で行われており、感覚的環境制御といえる。この世代の環境センサは、人の感覚そのものであり、その点、環境制御に対する不満は少ない。この世代に分類される空調機は、心上下式石油ストーブや、温度制御機能のない小型電気ストーブなどである。第1世代の空調は、“暑さ”や“寒さ”を感じたら機器を制御しているため、使い勝手が非常に悪い。機器の制御を少しでも怠ると不快となり、快適を維持するには機器の頻繁な操作が必要である。

この点を改良したのが、第2世代の空調機であり、従来のルームエ

^{注1)} “HUMAN TECH”とは、より人間を考え、学び、そこから新たな技術開発をしていくという意味での当社のルームエアコン開発の理念を表す言葉であり、62年度メリットとしての温感センサ、ホロニクス制御などの導入の方向性を示すものである。

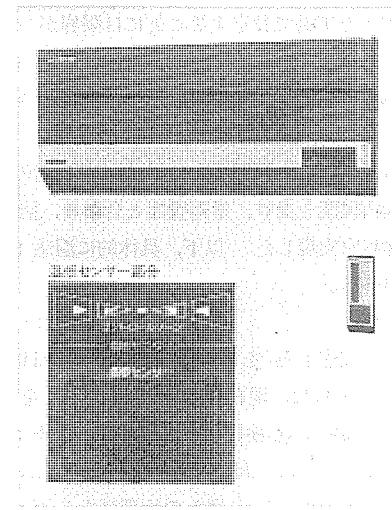


図1. 昭和62年度インバータームエアコン MSZ-251 A型

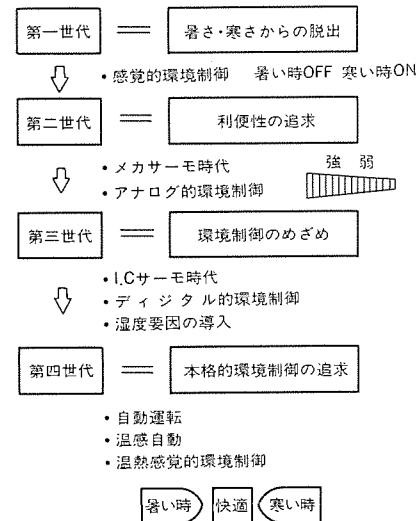


図2. 空調制御の世代分類

アコンの制御でもある。人の感覚は温度で代表しうるとし、温度によりオンオフ信号を出すサーモスイッチを環境制御に用いた。このとき用いたサーモスイッチは、バイメタルなどのメカ式サーモであり、アナログ環境制御といえる。

第3世代は、ルームエアコンの場合、昭和40年代からであり、当時の電子化の波に乗り環境制御技術も改善された。ICサーモから更にマイコン制御へと展開され、温度制御によるデジタル環境制御を小さくするだけでなく、温度管理を可能とする温度表示機能も付加され、デジタル的環境制御といえる。更に、温度センサにプラスして湿度センサも導入され、温度と湿度を考慮する環境制御が始まった。

第4世代は、本格的環境制御の世代である。人の感覚に本格的に目を向け、暑くも寒くもない環境を模索する世代である。この世代になると、気流要因を含めた室内上下温度分布の重要性も確認され、

更にインバータによる容量制御技術により、従来のオンオフ制御の不快さも改善された。更に“自動運転”の登場により、使用者が運転スイッチをオンするだけで、運転モード、室温設定などを機器が自動的に設定し、これにより、使い勝手は大幅に改善された。

しかし、この段階でもまだ以下の問題点をもっていた。

- (1) 人の感覚は温度と湿度だけでなく、温感4要素で決定される。
- (2) 人の感覚は、年齢、性、そのときの活動、着衣により変わり、自動運転時の設定を工場で設定することには限界がある。

この問題点を解決し、本格的環境制御の世代を結論づけたものが、温感センサ搭載の温感自動といえる。(1)の問題については、温感センサの開発により、従来の温度又は温湿度制御から、温感一定制御へと解決を図った。(2)の問題については、使用者の温感レベルを入力する感覚入力機能を設け、学習機能と合わせ、使用者の状況に合わせた自動運転を実現した。以下、具体的に温感センサ搭載温感自動の内容を述べる。

2.2 温感センサ

使用者好みの温感レベルを目標値とし、環境を目標とする温感レベルに制御するためには、現在の環境の温感レベルを検出しなければならない。その温感レベル検出のために開発されたセンサが温感センサである。前述のように、温感は、温度・湿度・ふく射・風速の四つの物理量から決定される。個々の物理量を各センサで検出し、その出力を合成し、温感レベルを算出する方法も考えられるが、構成と算出方法が現時点では複雑で実現化は困難である。そこで、着眼したのが温感レベルと皮膚温との相関である。人間は環境により皮膚温が下がる方向のときには温感レベルも低下し、皮膚すなわち体温調節機能で皮膚温を一定化させている。皮膚温が上がる方向のときには、温感レベルも上昇している。このことにより、皮膚温の決定メカニズムをそのまま模倣していき、皮膚温に対応する一要素をセンシングし、温感レベルとして検出しようとしたものである。この点が、温感センサが単なる物理量センサの集合体ではなく、生体機能センサと呼ばれる点であり、開発のねらいでもある“HUMAN TECH”

の導入と結びつくところでもある。

以上の考え方から商品化された温感センサの構成を図3に示し、表1に基づき、このセンサの動きを人間の皮膚感覚器官と対応させ説明する。温感センサの受熱板が人間の皮膚に相当する。人間の産熱量に相当するものが、加熱体としての抵抗器からの加熱量である。皮膚からの対流放熱が、周囲の温度と気流の風速により決定されると同様に、温感センサでもセンサ周囲の温度と気流により受熱板の対流放熱量が決定される。この対流放熱の体感への影響とセンサ受熱板への影響を同等とするため、周囲の空気と受熱板との間は、ポリエチレンの薄膜フィルターを用いて空気断熱層を設けている。皮膚からのふく射放熱に相当するものが、受熱板からのふく射放熱となる。暖房環境において、皮膚が周囲の天井、壁や床から冷やされ、皮膚温が低下するのと同様に、皮膚同様に完全黒体に近似された黒色に処理された受熱板もふく射により熱を奪われる。このように皮膚温が、対流放熱、ふく射放熱により変化すると同様に、温感センサの受熱板温度が変化し受熱板に設けた温度サーミスタにより、温度変化を検出することにより、皮膚温変化としての受熱板温度変化を検出することが可能になる。対流放熱、ふく射放熱の皮膚温変化、体感変化への影響と温感センサの受熱板温度への影響を同等に近似するため、加熱量、空気断熱層の厚み、受熱板の熱容量と断熱仕様が調整されており、温度変化のゲインだけでなく、時定数の同等化も図られている。

次に、以上の構成によるこのセンサの基本特性を示す。図4は、周囲の気流における受熱板温度変化を示したものである。図により、加熱量を調整することで破線で示した、気流の体感への影響を示すASHRAE Handbookによる代表特性とこのセンサの温度変化が対応することが確認される。また、このセンサのふく射検出レベルは、センサ単体としては室温と周囲の平均壁温との温度差に対し、約30%の検出特性をもっている。これは暖房立ち上がりなどで、壁温が室温上昇に対し遅れた場合、例えば室温が20°C、周囲壁温が10°Cのときに、(室温-周囲壁温)×0.3=3deg分、温感センサの受熱板温度が室温より低くなるということである。一般的にふく射の影響を加味した環境評価指標として、室温とふく射温度(平均壁温)から定義する作用温度がある。作用温度はOT(Operative Temperature)と呼ばれ、風速が低い通常の環境では簡易的に次式で表される。

$$OT = (t_a + t_r)/2$$

ここで t_a : 室温 t_r : ふく射温度(平均壁温)

これは、人間の温感レベルを作用温度と対応させた場合、周囲壁

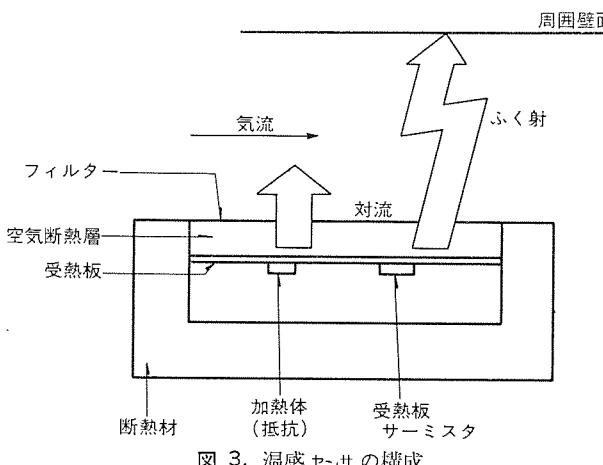


図3. 温感センサの構成

表1. 温感センサと人間との対応

| 人間 | 温感センサ |
|------------|-------------|
| 人間の発熱量 | 加熱体加熱量 |
| 皮膚からの対流放熱 | 受熱板からの対流放熱 |
| 皮膚からのふく射放熱 | 受熱板からのふく射放熱 |
| 皮膚温変化 | 受熱板表面温度変化 |

体温調節 ← 温感レベル変化 → エアコンの温感一定制御

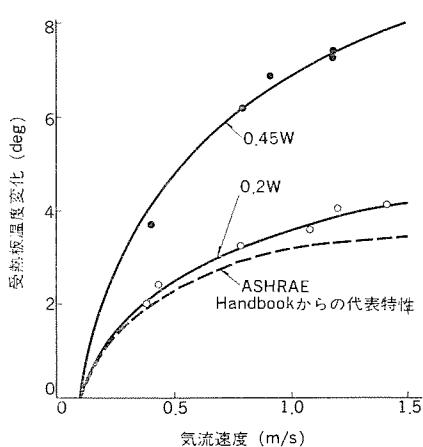


図4. 温感センサの気流特性

温の影響は室温と同一比率で影響するというので、前述のふく射検出レベルとしては、50%の検出特性をもつセンサの必要性を意味する。このセンサの検出特性は、約30%で上記のレベルには達していないが、ふく射の快適性に対する影響レベルの定量的な評価はまだ研究段階の現状でもあり、従来の全くふく射の要素を加味していない制御からの商品化ステップとしては、このセンサの検出レベルで十分であると考えられる。しかし、このセンサのふく射検出能力の向上は、今後更に検討されるべき課題である。

2.3 温感一定制御

前述の温感センサの入力をもとに温感一定制御を行う。温感センサの受熱板温度そのものを温感レベルとして検出するため、制御としては、受熱板温度を目標温度となるように機器を制御することで温感一定制御が実現される。人間であれば皮膚温変化に応じて体温調節機能が働くわけであるが、この温感一定制御により人間の体温調節機能の代わりにエアコンが受熱板温度変化、すなわち人間の皮膚温変化を抑えるように制御するため、使用者は“暑い”“寒い”を感じることなく無意識な空調、すなわち快適な空調を得ることができる。

2.4 温感入力機能

温感一定制御の目標温感レベルの設定は、使用者が自由に行うことができる。その機能として三つの要素をもっている。その一つは、“暑いとき”“快適”“寒いとき”という温熱感覚をインプットする温感キーである。このキーは液晶ワイヤレスリモコン(図5.)に設けられている。使用者の温感を温感キーで情報として受けることにより、目標温感レベルを補正していく。温感キーの入力が全くない場合には、工場出荷時に設定してある平均的な目標温感レベルにて制御を行う。しかし、前述のように人の感覚は、年齢、性、そのときの活動、着衣などにより変化するのであるから、目標温感レベルの補正是、真に使用者の好み環境の実現のためには不可欠なものといえる。

次に二つめの要素である、温感キーによる目標温感レベルの補正方法について述べる。温感キーが入力されると、そのときの温感センサの温感レベルを基準として補正され、目標温感レベルが決定される。図6.に各温感キーの入力時の補正レベルを示す。このように、運転モード、温感キーが入力されたときの室温に応じて補正レベルを変化させている。同じ

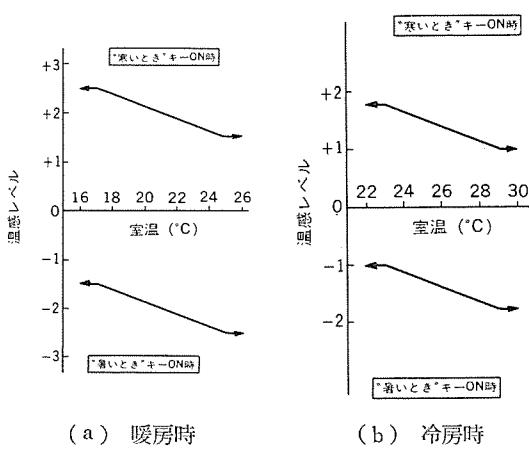


図6. 温感キーによる温感レベル補正幅

“暑いとき”キーの情報であっても、冷房と暖房では変化幅が冷房の方がより影響度が高く、また同じ冷房でも、室温が高いときと低いときでは変化させたい要求度が異なり、室温が低ければ、より微妙な補正を要することと、快適性追求のあまり冷やしすぎないように健康冷房を考慮したことである。“快適”キーが押された場合は、そのときの温感センサの温感レベルが目標温感レベルとなることは言うまでもない。

三つ目の要素としては、図7.の暖房時の例に示すように、次回の運転時の目標温感レベルを設定する学習機能である。運転中の目標値は上記方法で設定するが、次回の運転スタート時の目標値は、入力される温感キーにより以下の二つの方法で決定される。“快適”キーが入力されると、そのときの環境を次回からも再現するように、運転中と同一の目標値が設定継続される。“暑いとき”“寒いとき”キーが入力された場合は、運転中の目標変更幅が意向に合わない場合も考え、今までの目標値と温感キー入力時の目標値との算術平均によって決定し、温感キー入力時の情報が順次加算、平均化されていく。これにより、使用者の好みの温感レベルが温感キーの情報を増すごとに、自動的に明確に設定されていく。

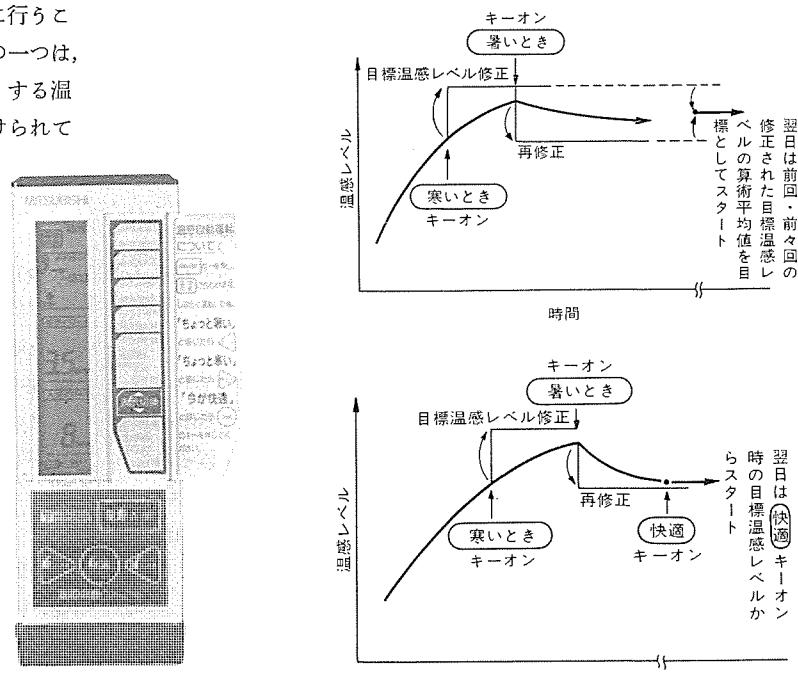


図7. 学習機能(暖房時)

注) 算出式
翌日のスタート時の目標温感レベル
= [(当日のスタート時の目標温感レベル + 前々回の修正値) $\times 1/2 +$ 前回の修正値]

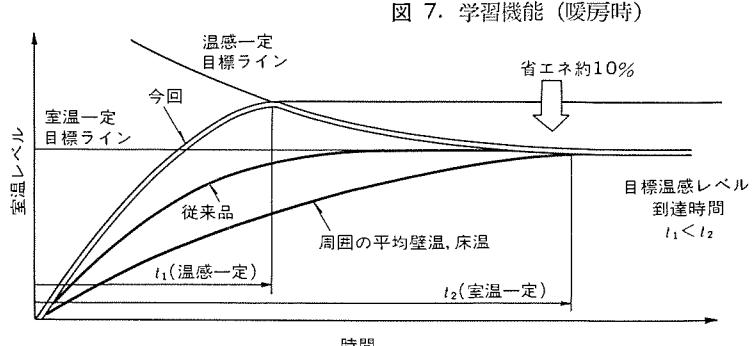


図8. 温感一定制御と室温一定制御の比較(暖房立ち上がり時の室温変化)

2.5 効果

以上のように、温感センサ搭載温感自動の導入は、使用者の好みの環境を保つことを自動的に簡便な操作で可能としたが、それ以外に以下に示す効果ももっている。暖房立ち上がり時、図8.に示すように周囲の平均壁温、床温は、熱容量により室温上昇に対し、常に遅れて上昇していく。従来の室温一定制御であると、壁温が室温と同一とならないと使用者が快適となる温感レベルに到達しえないが、この制御においてはそれ以前に目標温感レベルに到達し、暖房立ち上がり時に快適となる時間が短縮される。このことは逆にみれば、従来の室温一定制御で早く快適を得ようと設定室温を上げて運転させた場合に比べると、この制御の場合、壁温上昇とともに同一快適レベルで安定室温レベルを下げていくため、必要熱負荷の低減を図り省エネ効果があるということである。通常の暖房立ち上がり時に、約2deg室温レベルを変化させたとして、約10%の省エネ効果を得ることとなる。

3. スピード暖房メカ

(1) 開発のポイント

昭和62年度インバータルームエアコン MSZ-251Aは、温感制御とともに快適性改善の新機能として暖房立ち上がり時間の半減化を図ったスピード暖房メカが、当社独自の機能として導入されている。この機能も“HUMAN TECH”に基づき開発されたもので、以下の手段により実現化された。

- (a) 生体システムを応用した新冷凍システム制御の開発、すなわちホリニクス制御の導入により、急速な立ち上げにもシステムが安定した。
- (b) 当社独自のミクロス回路により運転停止時にも冷媒分布を最適に保ち、立ち上がり時からの高効率、フルパワー運転を可能とする。

(2) 新冷凍システム制御

人工のいかなるシステムをもりようが(凌駕)する生物体のシステム制御を応用したものであり、特に冷凍システムの制御対象となる圧縮機、電子膨張弁、室内ファンの三つのアクチュエータの制御に生体系の調和のとれた協調的制御の思想を取り入れており、この点から“ホリニクス制御”と呼んでいる。具体的なホリニクス制御の内容は、本誌別論文「空調機のホリニクス制御」で述べているが、この制御の導入により、暖房立ち上がり時、急速に圧縮機の回転数を上昇させてもシステムとしての安定が保たれ、フルパワー運転までの時間短縮とレベルアップに合わせ、立ち上がり時の吹出し温度の上昇スピードが改善されている。

(3) ミクロス回路⁽⁶⁾

図9.に冷凍サイクルの概要を示す。当社独自のミクロス回路は、例えば暖房時、圧縮機のオフ時に逆止弁と電子膨張弁で、室内の高圧冷媒を保持することにより、冷媒移動のロスをなくし、圧縮機のオンオフサイクル時の省エネ性の改善という面で導入されてきている。しかし、今回は四方弁の弁もれ性改善を含め更にその機能効果を広げ、暖房運転停止が長時間においても、冷媒保持力を確保させている。このことにより、次の暖房立ち上がり時、スタートから冷媒移動のロスがなく、冷媒系が即時に安定し、高効率、フルパワーの運転が可能となっている。

(4) 効果

以上のスピード暖房メカによる暖房立ち上がり時の吹出し温度上昇パターンを、従来のものと比較し図10.に示す。このメカの場合、暖房立ち上がり時に40°Cに温風を一定にする室内ファン制御も含まれ

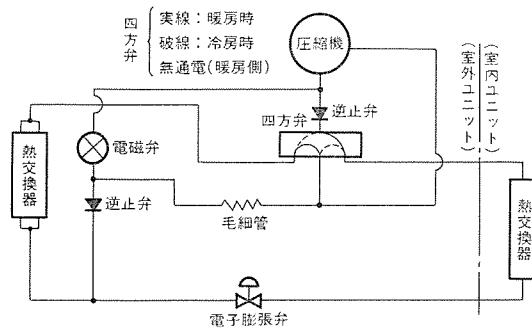


図9. 冷凍サイクル

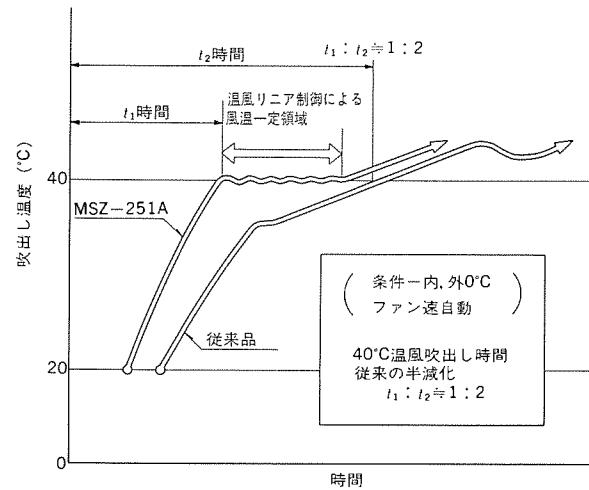


図10. 暖房立ち上がり時の温風吹出し温度変化

ており、40°Cの温風吹出し時間を比較すると、従来の吹出し時間に比べ約半減化が実現されている。これにより、従来からの課題であった暖房特性改善のポイントとしての暖房霜取特性、暖房立ち上がり特性の改善において、昭和61年度から導入の霜取特性改善メカとしての“ダブルキープ暖房”とともに過渡時における快適性の大幅な改善がなされたといえる。

4. むすび

今回は、昭和62年度インバータルームエアコンにおける快適性の改善面を、温感制御を中心に述べてきた。ルームエアコンの快適性は、対象は空気でなくあくまで人であり、今後も人との触れ合いの中で進んでいくものと思われる。人に学び、人を考えた“HUMAN TECH”としてのハード、ソフト技術の両論があいまって更に新世代空調が築かれていくであろう。

参考文献

- (1) 日本建築学会編：建築資料集成1、丸善(昭53)
- (2) 射場本勘市郎：体感温と暖冷環境の設計理論、(財)科学技術広報(昭53)
- (3) 三浦豊彦ほか：新労働衛生ハンドブック、(財)労働科学研究所(昭53)
- (4) Fanger, P. O. : "Thermal Comfort", Danish Tech. Press (1970)
- (5) ASHRAE : "ASHRAE Handbook, Fundamentals" (1981)
- (6) 富樫ほか：高SEER形新冷凍サイクル《MICLOSS》とその実用例、三菱電機技報、58, No. 5 (昭59)

1マイコンによるルームエアコン用インバータの制御

望月昌二* 宇高正晴**
飯尾幸司* 川岸賢至**
坂本泰堂*

1. まえがき

ルームエアコン 市場は、ヒートポンプエアコン による暖房要求の増加に伴い、能力可変ができる インバータ機種の比率が高まっている。当社においても、インバータエアコン 『霧ヶ峰』 が好調な売れ行きを示している。しかしながら、インバータエアコンにおいてインバータ部分の占めるコスト比率はかなり高く、今後のインバータ機種の拡大のためにも安価なインバータの開発が求められている。

従来の当社 ルームエアコン 用 インバータ の基本部分 である 正弦波 PWM 信号発生部 は、 インバータエアコン 開発 の 当初 から 「マイコン+ゲートアレー+マスク ROM」 の 3 チップ 構成 になっていた。しかし、 システム の 簡素化 と 高信頼性 及び 原価低減 を 目的 として、 高性能 マイコン を 導入 し、 ソフトウェア アルゴリズム を 開発 して、 小型 で 低コスト な 1 マイコン による ルームエアコン 用 インバータ を 実現 した。

また、今回、新アクチュエータとしてパルスマータリニア膨張弁(LEV)が、新センサとしてホール素子を用いた直流電流センサが採用され、よりきめ細かい制御が行われている。

本稿では、インバータエアコン《霧ヶ峰》MSZ-251 A のインバータ部分を含めた室外機制御部について、構成要素を示して、これらに対しどのような制御ソフトが必要かを説明し、最後に今回実現したアルゴリズムの技術的課題について記述する。

2. インバータエアコン室外機の構成要素

図 1. パイオニアエアコン《霧ヶ峰》MSZ-251 A の室外マイコンを中

心とした制御 ブロック 図を示す。図中太線の部分は冷凍 サイクル を示す。ブロック の構成要素として、センサ、アクチュエータ、通信、冷凍 サイクル、電力の流れの 5 項目があげられる。

(1) センサ

センサは温度検出用と電流検出用の2種類があり、アナログデータをマイコン内部でA/D変換して利用している。前者は室外熱交換器温度、外気温度、圧縮機吸入管温度、圧縮機吐出管温度をサーミスタにより検出し、デジタルの温度データ又は圧力換算値として制御に利用している。後者は入力電流(交流)と直流電流を検出している。交流電流は従来どおり、CTを用いてその出力を整流、平滑して直流電圧化することによりそのレベルを検出している。一方、直流電流は、直流電流センサにより検出され、検出値はそのままの出力がパワートランジスタ過電流保護のための遮断回路に加えられ、ピークホールドした値がマイコンに取り込まれている。

図2.は直流電流センサに流れる直流電流と出力電圧の波形を示す。出力波形は電流波形に良好に追従しており、このセンサの採用で従来のシャント抵抗に比べ、精度及び損失が大幅に改善された。その他ブロック図には示していないが、サーマルリードスイッチによる温度保護、不足電圧検出回路による保護などにより信頼性を高めている。

(2) アクチコトニタ

アクチュエータは、ON/OFF 制御される FAN、二方弁、四方弁とリニア制御される圧縮機、パルスマータリニア膨張弁とで構成している。パルスマータはオープンループの位置決め装置として、高い分解能でリニア膨張弁の開度を決定している。

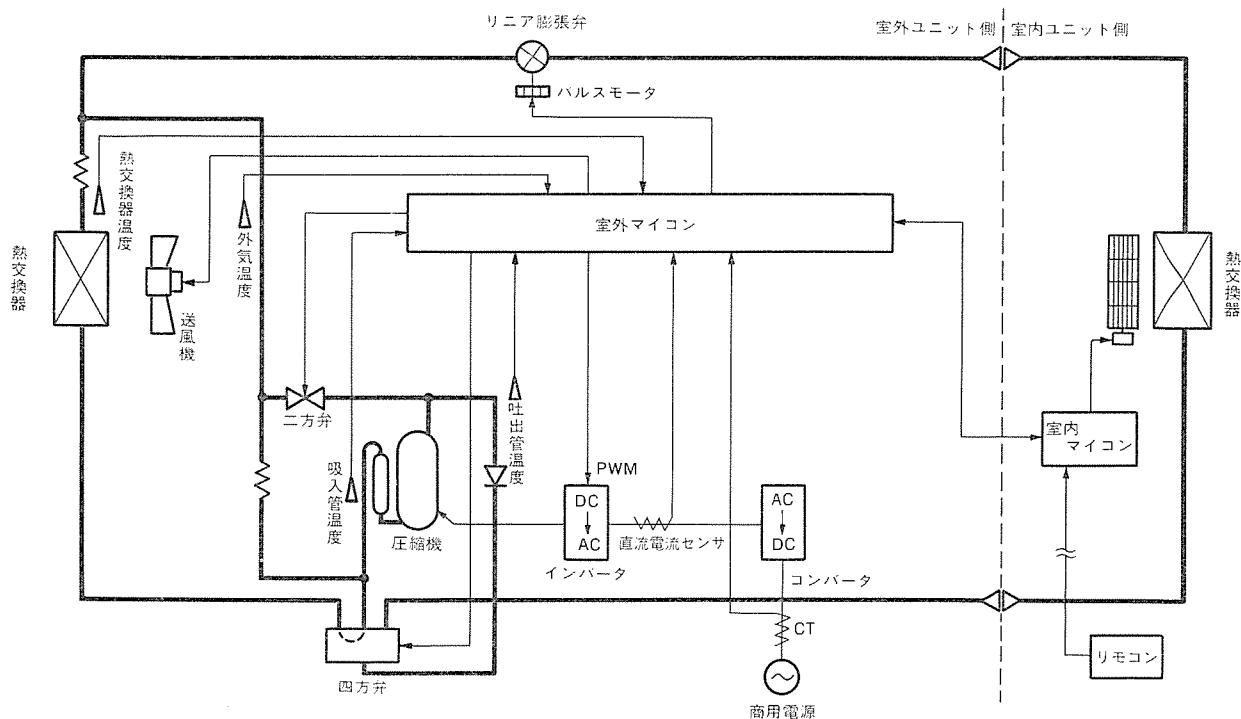


図 1. インバータエアコン の ブロック 図

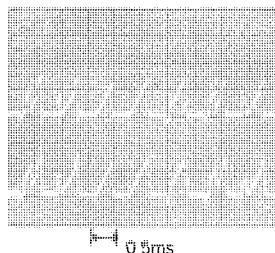


図 2. 直流電流センサの入力電流-出力電圧波形

(3) 通信

エアコンとしての総合的な動作を行うために、DC カレントループによって室内機側マイコンとの相互通信（シリアル通信）を行っている。

(4) 冷凍サイクル

冷凍サイクルは、圧縮機・リニア膨張弁・二方弁・四方弁などのアクチュエータと室内・室外の熱交換器及び配管系によって構成されており、アクチュエータの動作により冷凍サイクルが切り換わる。

(5) 電力の流れ

図 3. に示すように電力の流れは、商用交流電源 (100 V, 50/60 Hz) がヒューズ、ノイズフィルター、リアクタを通ったのち、ダイオードとコンデンサにより倍電圧整流され直流電源となる (AC-DC 変換)。次にマイコンからの PWM 信号でパワートランジスタをスイッチングして、この直流電源を三相疑似交流に変換し圧縮機に印加する (DC-AC 変換)。

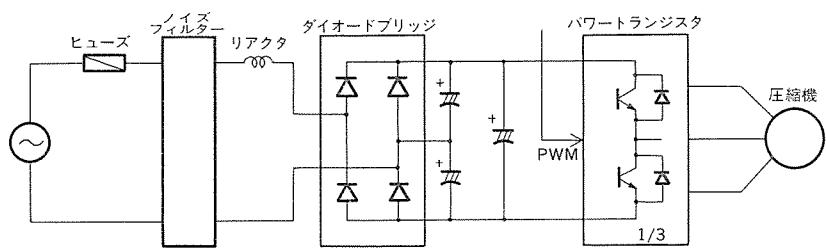


図 3. 主回路

3. インバータエアコン室外機の制御ソフト

2 章で示したインバータエアコンの構成要素に対して、必要とされる制御処理内容には以下のようなものがある。

(1) 正弦波 PWM 信号発生処理 (インバータ出力処理)

正弦波 PWM 信号発生は、インターバルタイマー割込みによってタイミングを発生させ処理を行っている。図 4. にフローチャートを示す。フローチャートにおいて、テーブルとは ROM 上にある PWM 信号発生のためのデータ群 (60° 分) を示し、ステージとは 1 周期 360° 内の 60° 分 6 区間を示している。

割込み処理では 1 回ごとにポインタをインクリメントし、60°ごとにステージをインクリメントして、1 周期ごとに周波数変更の有無を見ている。波形発生はポインタで示されるテーブル内のデータをステージに応じて加工し、そのデータを元にパワートランジスタを駆動する。例えば、最初のステージで U 相 ON の場合、次のステージでは W 相 OFF となる。この加工により、波形発生データは 60° 分に圧縮される。このとき、パワートランジスタの上下アームが両点弧しないための空白時間 (短絡防止時間: T_d) は、ソフトウェアによって発生させている。その後、次の割込み処理に入るまでの時間をタイマーに入れて割込み処理から抜ける。

以下、これを繰り返して PWM 信号を発生する。

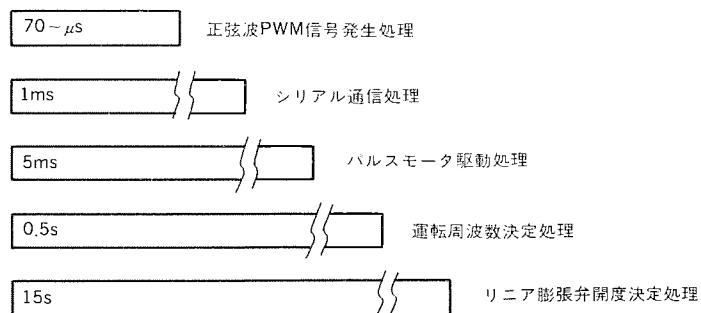


図 5. 時間スパン

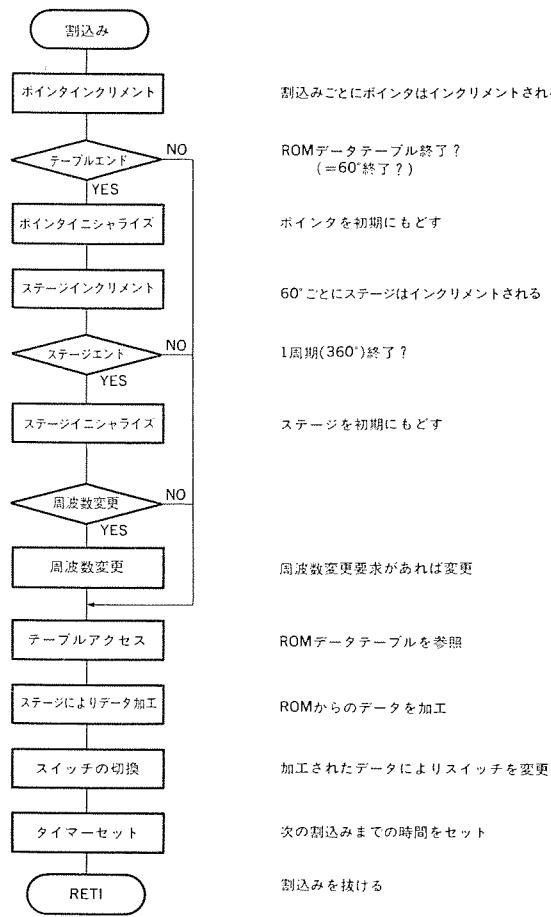


図 4. PWM 信号発生フローチャート

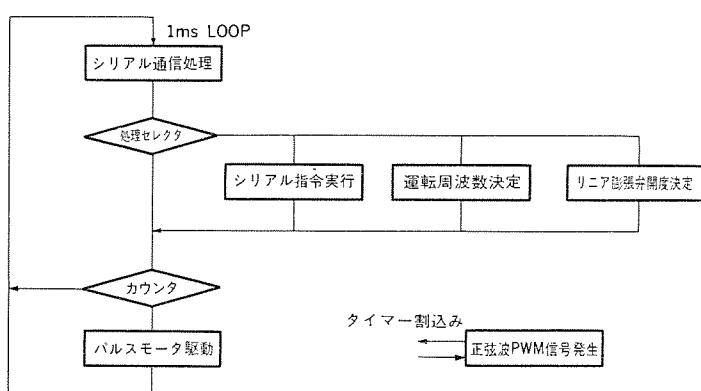


図 6. 全体フロー

(2) シリアル通信処理

シリアル通信は室外機と室内機の双方向で行っており、耐ノイズ性を考慮して、送信、受信ともソフトウェアで処理している。処理はシリアル信号1ビット10msに対して、1msのタイミングで発生しサンプリングを行っている。

(3) パルスモータ駆動処理

パルスモータを回転させて、リニア膨張弁の開度を変えている。パルスモータは、二相励磁、200PPS(パルス/秒)で駆動し5msごとに処理している。

(4) 運転周波数決定処理

室内機から送られてくる目標運転周波数に対し、CT、直流電流センサによって検出した電流値及び電流値の履歴から、過電流遮断にからないように運転周波数を制御する。

表1. インバータ方式別の比較

| インバータ各方式 | 総合効率 | 制御性 | マイコン負荷 | コスト |
|------------|------|-----|--------|-----|
| 6 STEP PAM | △ | △ | ○ | △ |
| 6 STEP PWM | × | ○ | ○ | ○ |
| 正弦波 PWM | ○ | ○ | × | ○ |

注 キャリア周波数一定 ○: 良, △: 普通, ×: 悪

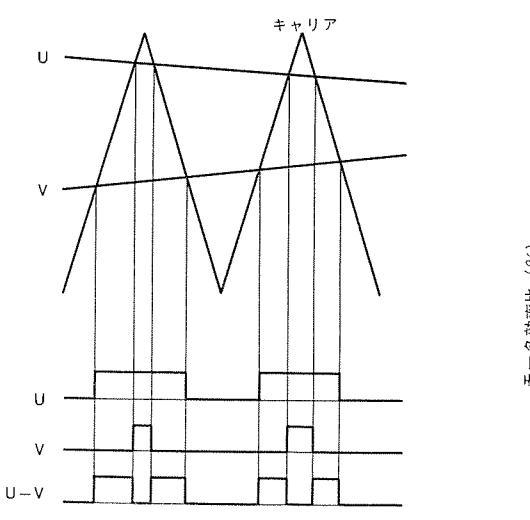
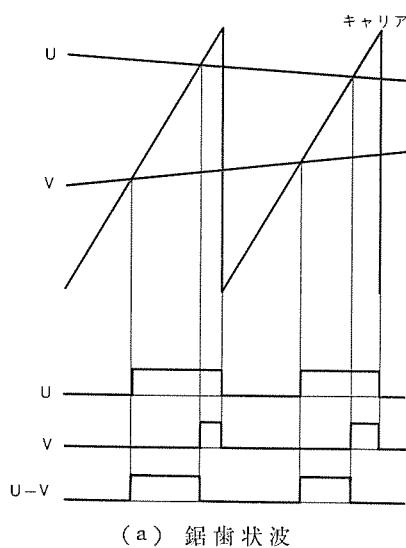


図7. キャリアの比較

(5) リニア膨張弁開度決定処理

各部の温度データ、運転周波数、開度及びそれらの履歴からスーパーヒート量を安定させるようにリニア膨張弁開度を制御する。また、これらの処理以外にA/D変換処理、保護処理なども逐次行っている。これらの個別制御処理をもとに、シリアル指令とセンサからのデータに従って、ユニット制御(例えば、FAN、四方弁のON/OFFなど)を行うように構成されている。

図5.にこれらの処理の時間スパンを示す。図から分かるように、正弦波PWM信号発生処理が時間的に最も短く、またその精度も要求されている。図6.に全体フローを示す。メインループは1msでループしており、正弦波PWM信号発生処理以外は、このループを基本ロックとしている。

4. 開発の技術課題とアルゴリズム

ルームエアコン用インバータの開発に当たっては、次の2点が大きな技術課題となった。一つはルームエアコン用インバータは、汎用インバータと異なりインバータ出力(正弦波PWM信号出力)だけでなく、並行してエアコンユニットの制御(ユニット制御)も行うということ、もう一つはインバータの特性そのものを向上させなくてはならないということである。したがって、まずシミュレーションによりインバータ出力の特性評価を行い、インバータ出力のコンセプトを決定し、次にユニット制御とのかかわり合いを考慮しマイコン内部のハード、ソフトの割付けを行いアルゴリズムを決定した。

4.1 シミュレーションによるインバータ特性評価

インバータエアコン《霧ヶ峰》MSZ-251Aに搭載する圧縮機(KHV-419T)について、シミュレーションを行った。インバータの基本方式別比較では表1.のような結果となる。マイコンに対して負荷の軽い6ステップ方式のうち、PAM型は総合効率(インバータ効率×モータ効率)や制御性、コストに難点があり、PWM型はハード面では正弦波PWM方式と同等であるが、総合効率に難点がある。結局マイコンに対する負荷は重くとも、正弦波PWM方式が有効であるという結論を得た。

また、図7.に示すように正弦波PWM方式において、キャリアをのきょ(鋸)歯波にした場合と三角波にした場合では、鋸歯波の方がマイコンの処理としては簡単であるが、線間電圧のパルス数が三角波キャリアに比べて半分になるため、トルクリップや電流リップルの増加、モータ効率の低下を招くので、三角波キャリアの方がよいことが判明した。

次にキャリア周波数とモータ効率の関係を図8.に示す。シミュレーションでは、すべり6%一定として計算した。図8.から分かるよう

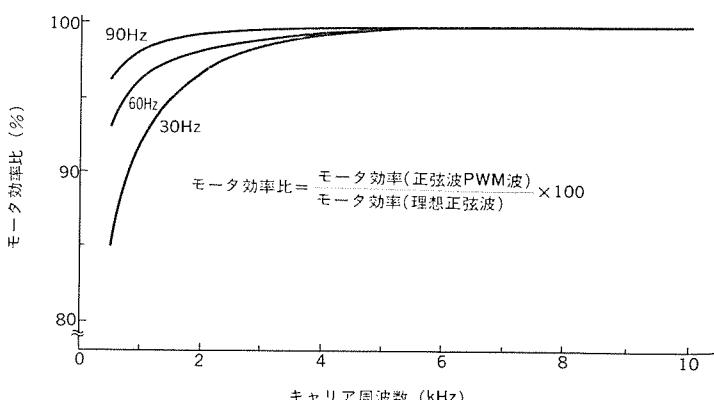


図8. キャリア周波数とモータ効率

に、キャリア周波数を高くした方が効率が高くなっている。ただし、キャリア周波数がある程度以上であれば効率の差は小さくなり、運転周波数が高くなれば、その差は更に小さくなる。一方、キャリア周波数を高くすることにより、以下の問題点が発生する。

(1) スイッチング損失の増加

現在用いているバイポーラトランジスタでは、スイッチング速度が遅く、キャリア周波数を高くするとスイッチング損失が増加する。

(2) 短絡防止時間(T_d)の影響による波形ひずみ

パワートランジスタが両点弧(短絡)しないように短絡防止時間を15μs程度とつており、キャリア周波数が低いときは問題とならないが、キャリア周波数を高くすると、キャリア内の短絡防止時間の比率が大きくなり波形ひずみを発生する。

(3) マイコンの処理時間による量子化誤差

キャリア周波数を高くすると、計算上の波形と実際のマイコンの処理時間によって制約を受ける実波形とのずれが大きくなり、かえって波形精度を悪くする。これらの問題点を考慮した結果、キャリア周波数を15kHzに決定した。

4.2 マイコン内部割付け

マイコンがインバータ出力を意識せずユニット制御ができるように、インバータ出力プログラムにインターバルタイマーを割り付けて、インバータ出力は割込み処理で実行するようにした。したがって、ユニット制御プログラムとインバータ出力プログラムは、運転周波数をパラメータとして独立した装置というイメージになる(図9参照)。すなわち、CPUを共用化しながらユニット制御プログラムは、あたかもマイコン外部の装置に指令を与える形でインバータ出力を制御できる。

3章で説明したように、新制御では時系列データをRAM上に残すためにかなりRAM容量が必要であり、したがってインバータ出力プログラムではRAM領域の使用が制限される。また、ユニット制御の容量が大きいため、プログラムサイズを短くして、ROM領域を節約し、かつユニット制御が時間的に十分行えるようにCPUを開放する必要がある。以上のことからインバータ出力プログラムは、下記のような制約のもとに構成されている。

(1) ROM 1Kバイト

(2) RAM 10バイト

(3) CPU 占有率 70%

4.3 PWM発生アルゴリズム

インバータ出力プログラムのPWM波形データ生成は、RAM容量の制限によりROMテーブル参照方式とした。また、ROM容量の制限から、PWM波形発生データを0.5Kバイト以内に納める必要があり、下記のアルゴリズムを開発した。

(1) 2アーム制御

(2) 可変幅インターバルタイマーによるタイミング発生

(3) 演算による中間周波数の発生

これらのアルゴリズム採用により、多くの制約が満足された。図10.にこのアルゴリズムを用いて、三相モータ(無負荷)を48Hzで運転し

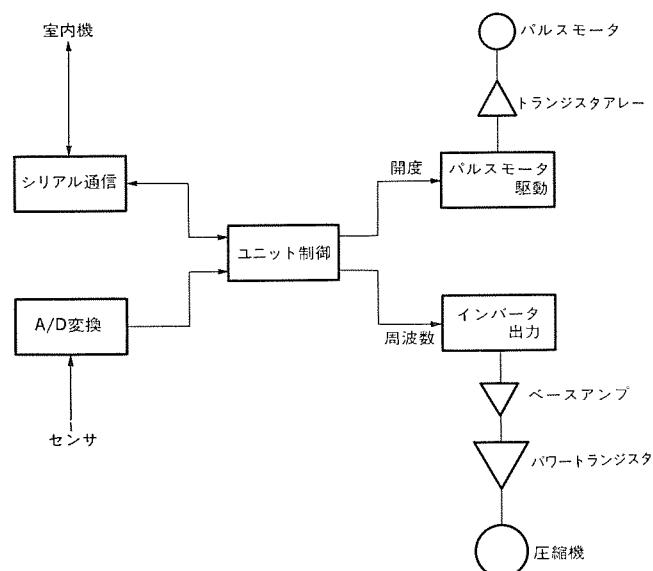
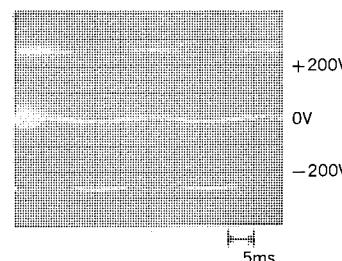
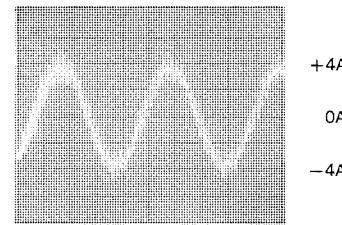


図9. ソフトウェアイメージ図



(a) 線間電圧



(b) 相電流

図10. 線間電圧、相電流波形

たときの線間電圧と相電流を示す。

5. むすび

以上、1マイコンによるルームエアコン用インバータの制御について紹介した。ルームエアコン用インバータは、現在、センサ、アクチュエータの充実によって、その機能を十分いかせる段階に至ったといえる。

今後、次々に登場する新センサ、新アクチュエータ、新デバイスなどを積極的に採用し、制御ソフトを充実してコストメリットを上げて、更に快適なルームエアコンの開発を進める所存である。

D 空調機のホロニクス制御

松岡文雄*

1. まえがき

インバータルームエアコンの暖房運転モードにおいて、圧縮機の回転数、電子膨張弁の開度、熱交換用ファンの回転数をマイコンにより円滑に制御することを目的として、冷凍サイクル系・圧縮機系・モータ系一連の過渡応答を追跡した。その解析結果を用い、動的負荷変動に対する各系における物理量の挙動を把握し、上記3個のアクチュエータを系全体から見たシステム指令と個別のアクチュエータの自律性と調和から見た相関指令により同時に制御するアルゴリズムを開発し、これの制御体系をホロニクス制御と呼称することにした。

相関指令には神経回路網モデルを採用し、二つの指令の合成にはファジー集合の概念を使用し、各物理量のゲインを学習させるために、操作量管理バッファとゲイン管理バッファを設けた。この制御による効果の一例として、インバータルームエアコンにおける急速スタート暖房による室温の立ち上がり時間の大幅な短縮効果例を示す。

2. 動特性解析用データ収集システム

(1) 測定点

過渡応答解析用データを得るために、冷凍サイクル系では圧縮機吐出圧力など各部の圧力、熱交換器温度分布、圧縮機・モータ系では電圧・電流・入力、インバータの一次側電流、入力及び圧縮機の実回転数、その他室内吹出し空気温度分布の詳細な計測を行った。図1.にその測定点を示す。

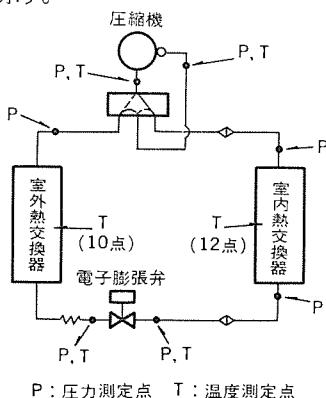


図1. 冷凍サイクルと測定点

(2) データの収集方法

多点データの同時測定と高速処理を図るために、温度・圧力データをデータロガーにて判定し、GP-IBバスを経由してパソコンに送る計測システムを導入した。これにより、前記測定点の過渡応答を10秒ごとに収録することが可能となった。

(3) 変動パラメータ

過渡応答を生じさせる外乱として次の四つのパラメータを組み合わせ、これらを変化させて、冷凍サイクルの動作応答を測定した。

(a) 圧縮機運転周波数

(b) 電子膨張弁開度

(c) 室内ユニット風量

(d) 環境温度条件

3. 過渡応答

圧縮機の回転数、電子膨張弁の開度、室内熱交換器ファンの回転数を変化させたときの冷凍サイクル系の過渡応答と、圧縮機にかかる負荷トルクの過渡応答及び圧縮機モータのスベリ・トルク特性について解析した結果を次に示す。

3.1 冷凍サイクル系の応答

暖房標準条件下で、電子膨張弁の開度を約10%閉じた場合の実験条件及び安定運転時のデータを表1.に示す。

表1. 実験条件

| 特性 | 電子膨張弁開度(%) | 冷媒量(l/h) | 膨張弁入口圧力(kg/cm ²) | 膨張弁入口温度(°C) | 膨張弁入口比容積(m ³ /kg) | 冷媒封入量(g) | 冷媒一巡時間(s) |
|--------|------------|----------|------------------------------|-------------|------------------------------|----------|-----------|
| 初期状態 | 24 | 37 | 17.54 | 34.0 | 0.0008643 | 1,250 | 105 |
| 20分経過後 | 22 | 35 | 17.45 | 33.6 | 0.0008630 | 1,250 | 115 |

3.1.1 応答特性の特徴抽出

図2.に電子膨張弁の開度を約10%急閉したときの膨張弁入口圧力の過渡応答の実験データを点で示し、その近似式を実線で示す。過渡応答の近似式は一次遅れの波としては近似できず、以下に示す合成波として表現する。

$$A(t) = A_0 + G_1 \cdot (1 - e^{-\frac{t-t_{01}}{T_1}}) + G_2 \cdot (1 - e^{-\frac{t-t_{02}}{T_2}}) \dots \dots \dots (1)$$

ここで A_0 : 初期値

G_1 : 第一波のゲイン、 T_1 : 第一波の時定数、 t_{01} : 第一波の時間遅れ
 G_2 : 第二波のゲイン、 T_2 : 第二波の時定数、 t_{02} : 第二波の時間遅れ

以下、応答特性の特徴抽出は、このゲイン G_1 , G_2 , 時定数 T_1 , T_2 , 時間遅れ t_{01} , t_{02} で評価する。

3.1.2 温度応答特性

表2.に示す膨張弁を急閉したときの温度応答の値によると、第一波の時間遅れ t_{01} の値により、電子膨張弁の出入口で同時に第一波の原因が発生し、低圧側は冷媒の循環流路に沿って順次伝ば(播)し、圧縮機を経て、凝縮器入口が終点となっていることがわかる。電子膨張弁入口の高圧側からも影響が伝播し、凝縮器入口で低圧側

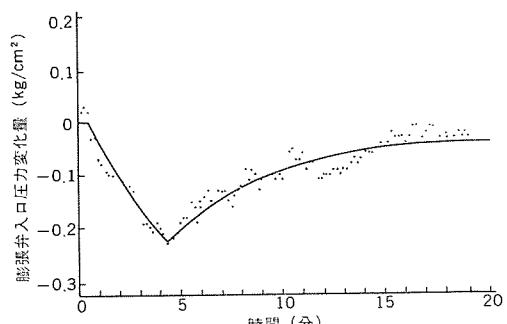


図2. 電子膨張弁開度急閉時の膨張弁入口圧力

表 2. 電子膨張弁急閉時の温度応答特性

| 特徴項目 冷凍サイクル上の位置 | 第一波 | | | 第二波 | | |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|
| | G_1 (degC) | T_1 (s) | t_{01} (s) | G_2 (degC) | T_2 (s) | t_{02} (s) |
| サクション温度 | 5.1 | 70 | 20 | — | — | — |
| 吐出温度 | 8.2 | 630 | 40 | 0.6 | 58 | 360 |
| 室内熱交入口温度 | 2.2 | 188 | 70 | 3.2 | 560 | 310 |
| 室内熱交出口温度 | -1.05 | 230 | 20 | 0.9 | 290 | 270 |
| 電子膨張弁入口温度 | -0.8 | 240 | 0 | 0.7 | 220 | 310 |
| 電子膨張弁出口温度 | -1.3 | 40 | 0 | 0.3 | 140 | 360 |
| 室外熱交下段入口温度 | -1.2 | 40 | 10 | 0.5 | 100 | 320 |
| 室外熱交下段出口温度 | 3.0 | 30 | 20 | -0.2 | 90 | 250 |

からの伝播とが合流している。一方、第二波の発生を時間遅れ t_{02} から決定すると、室外熱交換器と室内熱交換器の出口が発生の源となって伝播していることがわかる。この第二波の発生の原因は熱交換器の伝熱現象にあると考えられる。

過渡応答の追隨スピードつまり熱容量の点から、第一波の時定数 T_1 は、低圧側が 30~70 秒であるのに対し、高圧側が 190~240 秒と大幅に遅れる。特に圧縮機吐出温度は 630 秒となっており、特別に長い時定数となっている。

第一波と第二波の時間間隔は、 t_{02} の最小値つまり 250 秒であり、この値は第一波の電子膨張弁入口温度の時定数 $T_1=240$ 秒後と同等になっており、冷媒が約 2 巡する時間 210 秒以後である。

3.1.3 圧力応答特性

表 3. に示すように膨張弁を急閉したときの圧力応答特性の値から第一波の圧力の発生源を t_{01} から判断すると、電子膨張弁出口に圧力変化の源があり、順次下流側の冷媒の流れに沿って蒸発器出口→圧縮機入口→圧縮機出口の順に伝播し、高圧側は同時に伝わった形になっていることがわかる。

表 3. 電子膨張弁急閉時の圧力応答特性

| 特徴項目 冷凍サイクル上の位置 | 第一波 | | | 第二波 | | |
|--------------------|--------------------------------|--------------|-----------------|--------------------------------|--------------|-----------------|
| | G_1 (kg cm ²) | T_1 (s) | t_{01} (s) | G_2 (kg cm ²) | T_2 (s) | t_{02} (s) |
| サクション圧力 | -0.2 | 63 | 10 | 0.055 | 150 | 310 |
| 吐出圧力 | -0.285 | 105 | 30 | 0.2 | 210 | 270 |
| 室内熱交入口圧力 | -0.32 | 180 | 30 | 0.285 | 250 | 260 |
| 室内熱交出口圧力 | -0.29 | 150 | 30 | 0.255 | 290 | 250 |
| 電子膨張弁入口圧力 | -0.375 | 250 | 30 | 0.345 | 270 | 260 |
| 電子膨張弁出口圧力 | -0.34 | 40 | 0 | 0.08 | 280 | 310 |
| 室外熱交出口圧力 | -0.245 | 50 | 5 | 0.105 | 230 | 210 |

第二波の発生場所は、室外熱交換器出口がその発生の源となっており、下流側の圧縮機吸入口と上流側の電子膨張弁出口部との両方向に同時に伝わっている。高圧側はほとんど同時に伝わっており、発生場所を確定することはむずかしいが、前述した温度伝播の第二波の発生場所からみて、室内側熱交換器出口が源であると考えられる。

圧力変化から見た過渡応答の追隨スピードを時定数 T_1 , T_2 から見てみると、第一波の低圧側の時定数が 40~60 秒であるのに対し、高圧側の時定数が 150~250 秒と大幅に遅れている。第二波は高低圧側共に程度の応答スピードになっており、150~280 秒であり、温度の応答スピードと類似している。

以上のことから、冷凍サイクル系の電子膨張弁急閉に対する応答特

表 4. 負荷トルク応答特性

| 特徴項目 応答源 | 第一波 | | | 第二波 | | |
|------------------|------------------|--------------|-----------------|------------------|--------------|-----------------|
| | G_1 (kg cm) | T_1 (s) | t_{01} (s) | G_2 (kg cm) | T_2 (s) | t_{02} (s) |
| 周波数 10 Hz up | 0.48 | 16 | 0 | -0.33 | 60 | 40 |
| 周波数 10 Hz down | -0.5 | 12 | 0 | 0.21 | 200 | 60 |
| 電子膨張弁 20 % 開 | 0.84 | 150 | 0 | -0.19 | 315 | 230 |
| 電子膨張弁 20 % 閉 | -1.24 | 240 | 0 | 0.53 | 180 | 260 |
| 室内ファン速 30 % up | -1.60 | 50 | 0 | -0.1 | 100 | 260 |
| 室内ファン速 30 % down | 2.79 | 110 | 0 | -0.3 | 220 | 370 |

性が、第一波の直接原因が圧力変動であり、第二波は熱交換器出口の温度の追随に起因するものと考えられる。

3.2 圧縮機系の負荷トルク応答

圧縮機に直接影響を及ぼす因子は、吸入ガス冷媒の圧力と温度と吐出冷媒の圧力であり、その結果が負荷トルクの過渡応答特性としてかかわってくる。表 4. に周波数と電子膨張弁の開度と、室内熱交換器のファンスピードの増減による負荷トルクの過渡応答特性を示す。

周波数を増加させるとときは、当然負荷トルクは上昇し、その時定数も 16 秒と短いが、周波数を減少させるととき、第二波で負荷トルクの振り戻しがあることを考慮した上で周波数 $\Delta\omega$ を実行しなければならない。つまり、周波数を一気に下げても負荷トルクは同じようなスピードで減少しないのでトルク不足となり、モータの停止につながる危険性ははらんでいるわけである。また、電子膨張弁の開度を開く方向のときと、室内ファンの回転速度を落とすときにも負荷トルクは増加するが、このときの時定数が 100 秒以上というように長くかかるため、これらを制御するときには両者間に相関を持たせて変化させる必要があり、4 章に述べるホロニクス制御と呼称している制御方式が必要不可欠となってくる。

3.3 モータ系の応答

図 3. に周波数を 10 Hz あげたときの一次電流の過渡特性を示す。モータにおける応答特性は 3.2 節の負荷トルクの応答特性と同一と考えられる。

インバータルームエアコンにおいて、周波数・電子膨張弁・室内ファンスピードを制御することにより、快適で安定性のある制御を行うためには、上記複数のアクチュエータを個々に別々の制御対象を追跡していたのでは、その冷凍サイクル上の応答、圧縮機の応答、モータの応答が異なるため不可能になり、4 章に述べるようなホロニクス制御と呼称している動的電子制御が必要になる。

4. アクチュエータ群と制御対象群との相関

アクチュエータは図 1. に示すように、圧縮機周波数、室内熱交換器の DC ファンモータ、電子膨張弁であり、制御対象は運転モードごとに異

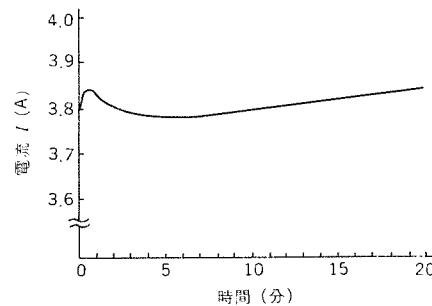


図 3. 一次電流の過渡特性

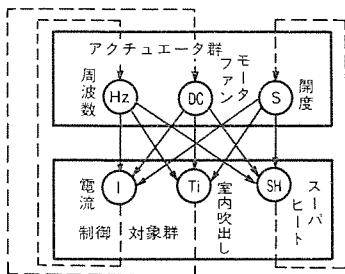


図 4. アクチュエータと制御対象

表 5. 応答特性

| アクチュエータ | 制御対象 | 第一波 | | | 第二波 | | |
|--|--------------|-------|--------------|-----------------|-------|--------------|-----------------|
| | | G_1 | T_1 (s) | t_{01} (s) | G_2 | T_2 (s) | t_{02} (s) |
| 周波数 60 Hz→72 Hz | I (A) | 1.88 | 3 | 0 | -0.25 | 21 | 52 |
| | T_t (degC) | 1.95 | 18 | 1 | -0.6 | 25 | 52 |
| | SH (degC) | 8.85 | 70 | 0 | | | |
| ファンモータ 風量 6.1→7.8 m ³ /min | I (A) | -0.9 | 62 | 0 | | | |
| | T_t (degC) | -4.9 | 72 | 0 | | | |
| | SH (degC) | 6.85 | 93 | 0 | | | |
| 電子膨張弁 開度 24%→22% | I (A) | 0.2 | 220 | 2 | -0.05 | 29 | 250 |
| | T_t (degC) | 0.67 | 101 | 0 | | | |
| | SH (degC) | -2.04 | 250 | 25 | 0.64 | 215 | 367 |

なる。この論文では、暖房運転において、周波数の制御対象をインバータの一次電流、DC ファンモータの制御対象を室内吹出し空気温度、及び電子膨張弁の制御対象を圧縮機吸入ガス冷媒のスーパーヒートにした場合について述べる。

制御対象であるスーパーヒートは、電子膨張弁だけでなく周波数からも、ファンモータからも影響を受ける。他の制御対象も同様に図 4. に示すアクチュエータ群全体からの影響を受けることは当然であろう。

更に各アクチュエータから各制御対象に及ぼす応答のゲインと時定数がそれぞれ全く異なっており、その過渡応答特性は前章における手法により、表 5. のようにまとめることができる。この応答特性を有効に生かしながら、アクチュエータ群管理と制御対象群管理を適正に実行しなければならない。その方法論をバイオ技術に求め、次章に示す神経回路網モデルを援用し ホロニクス制御として統合した。

5. 神経回路網モデル

神経回路網モデルとは、McCulloch & Pitts が神経細胞のモデルを単純化し抽象化したしきい(閾)論理モデルに端を発し、中野豊教授(東大)がアソシアトロン(連想記憶モデル)に適用しているものであり、図 5. にその概念図を示す。

ニューロン x_1, x_2, \dots, x_n において、興奮して発火しているときを $x_k=1$ とし、抑制されて発火しているときを $x_k=-1$ とし、 x_j から x_i に至るシナプスを a_{ij} とし、発火したニューロンが隣のニューロンへシナプスを通して信号が伝わる時間を τ とする。

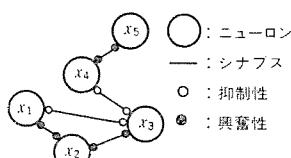


図 5. ニューロンモデル

細胞 x_i への刺激の総和は次の動的閾値関数 ϕ_{θ, r_i} を使う。

$$S_i = \left| \sum_{j=1}^n x_j a_{ij} \right| - (\theta + r_i) \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

$$r_i(t') = \alpha \cdot 2^{-\frac{t'}{\tau}} \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

$$\phi_{\theta, r_i}(S_i) = \begin{cases} -1 & x_i < -(\theta + r_i) \\ 0 & -(\theta + r_i) \leq x_i \leq (\theta + r_i) \\ 1 & x_i > (\theta + r_i) \end{cases} \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

動作状態 k のときのニューロンの発火状態をベクトル \vec{X}_k とし、自己相関関数 M をとり量子化すれば全シナプスの結合状態が決まる。

$$\vec{X}_k = (x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n) \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$

$$M = \sum_{k=1}^m \vec{X}_k^T \cdot \vec{X}_k \quad m: \text{概念の数 (運転パターン数)} \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$

$\phi(M)$ は例えば図 5. の場合次のように表される。

$$\phi(M) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} \quad \dots \dots \dots \quad (7)$$

$\phi(M)$ で $t=t$ 時のシナプス結合状態を把握しておいて、今、例えば \vec{Y} という刺激があり τ 時間後 \vec{Z} で示される概念を持つ細胞の発火がおこる。

$$\vec{Z} = \phi_{\tau}(\vec{Y} \cdot \phi(M)) \quad \dots \dots \dots \quad (8)$$

このようにして次々と連想が進んでいくことになる。ただし、式(2)における閾値 $\theta + r_i$ が大きくて不応期が長くなると連想の途中で記憶が消滅することになる。また、逆に閾値 $\theta + r_i$ が小さくて不応期が短くなるとニューロンが発火しすぎ、過敏になりそのうち全ニューロンが発火したあと急激に全ニューロンが不応期に入り、いわゆる カタストロフィー に陥りてしまう。

6. ホロニクス制御

ホロニクス制御は神経回路網モデルでの考え方を母体にして、次に述べるシステム指令、相関指令により各アクチュエータが相互に関連しつつ全体が調和ある動きをとるような制御を行わせる方法を総称したものである。アクチュエータ x に番号を付し、周波数を x_1 、DC ファンモータを x_2 、電子膨張弁を x_3 とする。各アクチュエータへの制御指令はシステム指令と相関指令の二通りから成っている。システム指令とは、運転パターンを判定し、図 6. に示すように各アクチュエータ x_i ($i=1, 2, 3$) の制御対象と制御目標値を指令するものである。

相関指令とは各アクチュエータ間の協働を行う指令であり、図 4. 及び表 5. から結合用シナプス特性 a_{ij} は、アクチュエータ j がアクチュエータ i

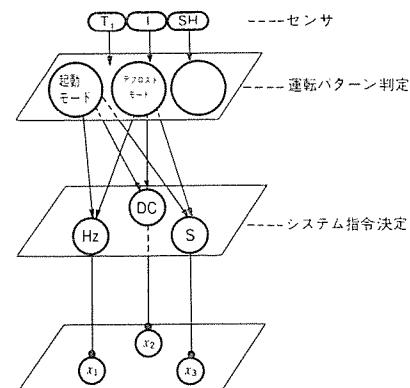


図 6. システム指令

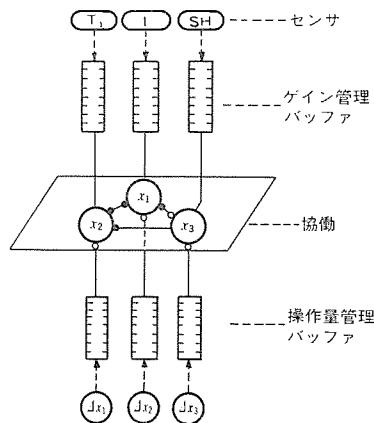


図 7. 相関指令

の制御対象（電流・室内吹出し温度・スパヒート）に及ぼす影響が $+$ 、 $-$ に応じて決定され、その信号伝達時間 τ は表 5. の時定数により決定した。式(2)に示す閾値を決定するために、アクチュエータ群操作量管理バッファと制御対象群ゲイン管理バッファを設け、図 7. に示す相関指令を作成した。

上記システム指令と相関指令の二系統の指令が各アクチュエータに与えられたとき、次のメンバーシップ関数 $\mu(x_i)$ を定義して合成した。

運転パターンの変更後の経過時間 t に伴って、 $\mu(x_i)$ は次のような値をとる。

$$\begin{array}{lll} 0 \leq t < \lambda T_1 & \mu_s(x_i) = 1 & \mu_c(x_i) = 0 \\ \lambda T_1 \leq t < n \lambda T_1 & \mu_s(x_i) = 2^{\frac{t-n \lambda T_1}{(n-1) \lambda T_1}} - 1 & \mu_c(x_i) = 2^{\frac{t-\lambda T_1}{(n-1) \lambda T_1}} - 1 \\ n \lambda T_1 \leq t & \mu_s(x_i) = 0 & \mu_c(x_i) = 1 \end{array}$$

ここで T_1 は時定数、 $\mu_s(x_i)$ はアクチュエータ x_i のシステム指令に対するメンバーシップ関数、 $\mu_c(x_i)$ は相関指令に対するメンバーシップ関数であり、運転パターン変更後 λT_1 時間はシステム指令に従い、徐々に相関指令の重みが増加していることを示す。

7. 急速スタート暖房への適用

以上述べた制御方式による効果を、実機ルームエアコンの急速スタート暖房モードに適用した結果を、図 8.、図 9. 及び図 10. に示す。図 8. は室内外温度条件が 0°C 、 0°C における起動 12 分間の高圧上昇パターンの実機データであり、急速に高圧圧力の上昇が実行されている。図 9. は同じく吹出し温度のパターンであり、 35°C の吹出し温度到達時間は従来の半減にまで改善されており、高温風吹出し時間の大軒な短縮効果が明らかとなった。更に、図 10. に同じ運転パターンにおける圧縮機吸込冷媒ガスのスパヒートの変化を示す。素速く安定な制御が電子膨張弁で行われている。

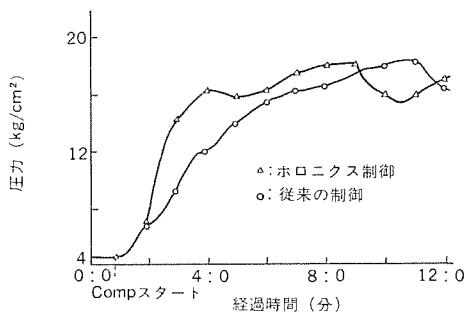


図 8. 高圧上昇パターン

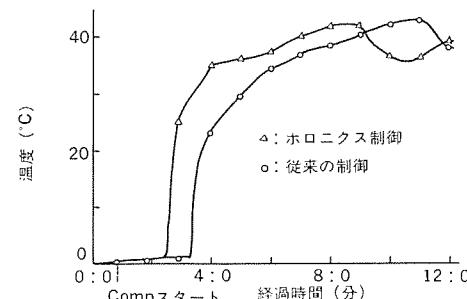


図 9. 吹出し温度パターン

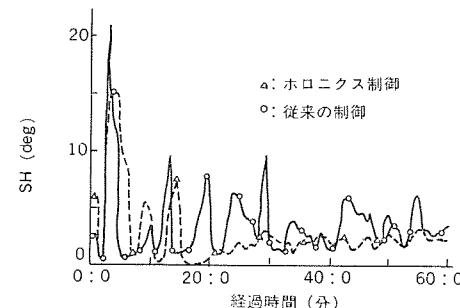


図 10. スパヒートパターン

8. む す び

インバータルームエアコンのヒートポンプ運転時における快適性の向上と省エネルギー運転と高機能化のために、アクチュエータ、センサを総合的に制御するため、マイコンを駆使した電子化が進んでおり、今後ますますインテリジェント化制御へと進み、機器冷凍サイクルについてもきめの細かい制御が実現されていくであろう。そのため、今後とも人の快適性向上とそれを実現する機器の制御性の向上を図るなど機器と人間とのかかわりを追求していく必要がある。

参 考 文 献

- (1) S. NOWOTONY : POSSIBILITIES AND TRENDS IN THE APPLICATION OF MICROELECTRONICS TO REFRIGERATION AND HEAT PUMP TECHNOLOGY, Refrigeration Science and Technology, I. I. R. Comission B 2 (1984-2)
- (2) F. MATSUOKA : An Analysis of a New Type Refrigerant Cycle, Proc. of the 1982 Purdue Compr. Tech. Conference.
- (3) K. Yoshimoto et al. : Application of the Preview Tracking Control Algorithm to Servoing of Robot Manipulator, Proc. of 1st I. S. S. R (1983)
- (4) R. E. BELLMAN AND L. A. ZADAR : DECISION-MAKING IN A FUZZY ENVIRONMENT, Management Science, 17, No. 4 (1970-12)
- (5) E. R. CAIANIELLO : Outline of a Theory of Thought-Processes and Thinking Machines, F. Theoret. Biol. (1961) 2, 204-235
- (6) K. Nakano : Association-A Model of Associative Memory, IEEE, smc-2, No. 3 (1972)

D インバータ搭載冷凍冷蔵庫

板垣政也* 松岡文雄**
飯尾幸司* 川岸賢至***
勇内和秀*

1. まえがき

最近、趣食の時代という言葉に代表されるように、個性的な食生活を楽しむ時代が到来してきており、そのような食生活パターンにこたえて、多種類の調理用素材や、調理品、半調理品や冷凍食品が発売されており、また健康・自然食品や、より本物の味を求めるグルメ志向食品もみられる。このような多様化する食品に対して、当社冷蔵庫は今までの冷凍室・冷蔵室・野菜室に加えて、チルド室を持った4ドア冷蔵庫を既に3年前発売し対応している。更に、有職主婦の増加、各人のライフスタイルに合わせた食事の多様化はますます進み、食品をまとめ買いしたり手づくりして、より食品本来のおいしさを失なわぬよう保存したいという要求が強まってきている。このような要求が、より大きく、より新鮮さを保つことのできる高機能な、自分の暮らしに合った冷蔵庫を求めている。

今回、高機能機種である332lの4ドアチルド冷凍冷蔵庫にインバータを搭載し、保存温度に敏感な食品群に対し更に温度安定性を改善し、大型冷蔵庫にもかかわらず、圧縮機の低速運転による静音性の確保、逆に高速運転による冷凍スピードの向上など数々のメリットを持った冷凍冷蔵庫を開発したのでその概要を紹介する。

2. 開発のねらい

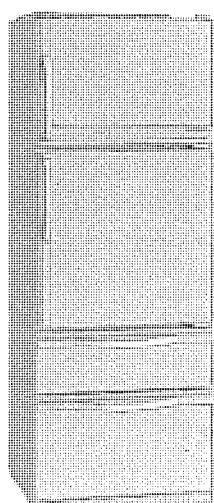
4ドアの冷凍冷蔵庫にインバータを搭載し、従来からの電子制御方式とうまく融合させ、以下の点を改善することをねらった。

(1) 静音性の確保

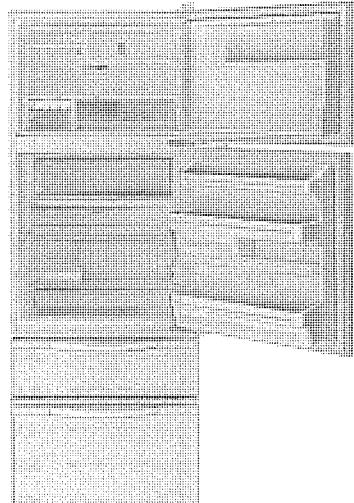
軽負荷のときは、圧縮機を低電圧、低周波数で運転し圧縮機からの騒音を低減する。

(2) 冷凍/製氷時間の短縮

圧縮機を高速で運転し、冷却能力をアップして冷凍時間の短縮を



(a) 外観



(b) 庫内

図1. MR-3327 CZ型冷凍冷蔵庫

図る。

(3) 50/60Hz地区における能力差の解消

インバータを使うことにより、圧縮機駆動周波数を両地区とも同じに設定できるようになり、能力差をなくすことができる。

(4) 冷凍室の温度変化幅の減少

庫内温度が目標より高ければ圧縮機を高速で、目標に近づけば低速にして負荷とバランスをとり、温度変動幅の小さい制御を可能とする。

3. インバータ冷蔵庫の構成と特長

3.1 製品の構造及び構成

インバータ冷蔵庫の外観及び庫内意匠を図1.に、仕様を表1.に示す。室の構成は上から順に冷凍室、冷蔵室、チルド室及び野菜室となっており、冷蔵室内上部にはスライドチルドと呼ばれるスライド式のチルドケースが収納されている。冷凍室背面奥側には、冷却器及び庫内冷気循環用ファンが設置されている。また、冷凍室左奥部にはサーミスタが設置されており、このサーミスタにより冷凍室の温度を検出し、冷蔵庫背面上部に収納されている電子制御基板により、圧縮機回転

表1. 三菱電機 インバータ冷蔵庫の仕様

| 型名 | | MR-3327 CZ |
|-----------|----------------|--|
| 外形寸法 (mm) | | 635(W)×1783(H)×600(D) |
| 内容積 (l) | 冷凍室 | 68 |
| | 冷蔵室 | 140 |
| | チルド室 | 54 |
| | 野菜室 | 70 |
| | 合計 | 332 |
| 冷却システム | 1クーラー・1ファン冷却方式 | |
| 送風機 | 電源 | 100V 50/60Hz |
| | 電動機型式 | コンデンサラン型單相2極 |
| | ファン型式 | プロペラファン(エクストラファン) |
| | ファン直径 (mm) | 100 |
| 熱交換器 | 型名 | ブレードフィンチューブ |
| | 型式 | KLW-315 FKA |
| 圧縮機 | シリンドラ径 (mm) | ローリングピストン型ロータリ |
| | シリンドラ数 | φ40×15H |
| | 押しのけ量 (cc/rev) | 1 |
| | 電動機型式 | 4.0 |
| | 電動機極数 | かご型三相誘導機 |
| | 冷媒 | 2 |
| | 油 | R-12 |
| | 重量(油入り) (kg) | CF-32 |
| | 冷凍能力 (kcal/h) | 6.5 |
| | インバータ方式 | 155 |
| 制御部 | 運転周波数 (Hz) | 6ステップ 180° 通電等幅 PWM |
| | マイコン | 30~60 (通常運転時) 90 (急速冷凍時) |
| | パワートランジスタ | 8ビット 1チップマイコン |
| | 温度制御 | トランジスタモジュール (OM 8 TE-6型) |
| | 月間消費電力 (kWh/月) | 冷凍室 サーミスタ検知による圧縮機周波数制御 冷蔵室 モータダンパ制御 チルド室 モータダンパ制御 スライドチルド ガス圧式ダンパ制御 |

数を可変速運転して冷凍室の温度を制御している。冷蔵室及びチルド室の温度も各室に設置されたサーミスタにより、検出され電子制御基板にて制御される。温度調節は冷蔵室・チルド室の冷気吹出し口に設けられたモータダンパにより、冷気の風量を調節することによって行われる。なお、冷蔵室上部のスライドチルドの温度調節は、ガス圧式ダンパにておこなっている。

冷蔵庫背面下部の機械室内には、圧縮機及び圧縮機冷却用ファンが設置されている。

3.2 冷媒回路

図2.にインバータ冷蔵庫の冷媒回路を示す。この冷媒回路には当社独自の省エネルギー回路である“ミクロス回路”を採用し、省エネルギーを図っている。

“ミクロス回路”とは、圧縮機のON/OFFによるエネルギーロスを改善した新冷凍システムで、図2.のように逆止弁とAB間の圧力差によって開閉する差圧弁と組み合わされた一体型制御弁と呼ばれるバルブによって構成される。例えば、圧縮機が運転状態から停止

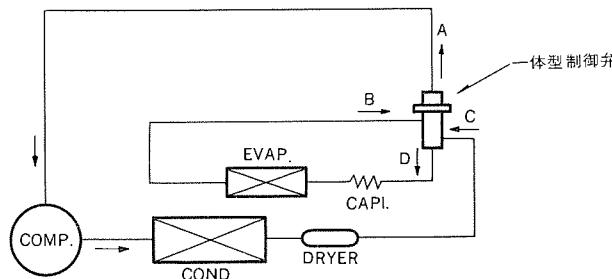


図2. 冷媒回路

すると、高圧側冷媒が圧縮機を通して吸入側に逆流する。すると逆止弁が作動してAB間が遮断され、AB間に圧力差が生ずると、それを感知してCD間が遮断され、冷媒回路内の高低圧の圧力状態及び各所の冷媒が保持される。これにより、圧力バランス、冷媒移動によって生じる圧縮機停止中及び再起動時のエネルギーロスがなくなり、再起動後すばやく安定状態に復帰することができ、省エネルギー化が図れる。

圧縮機にはインバータ駆動用として新たに開発された、2極かご型三相誘導電動機駆動の密閉形ロータリ圧縮機を採用している。

3.3 インバータ部の構成と特長

インバータ部の外観を図3.に示す。この冷蔵庫に採用した出力約0.6 kVAのインバータ装置は、PWM方式により周波数を変化させて三相誘導電動機を駆動する。インバータ部は、冷蔵庫制御回路部とともに一体化しシールドケース内に納められており、圧縮機とシールド線で接続されている。

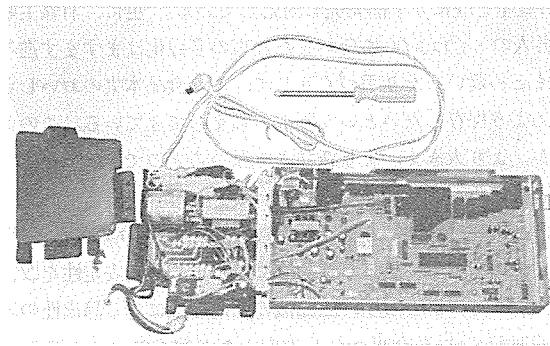


図3. 冷蔵庫用インバータ部

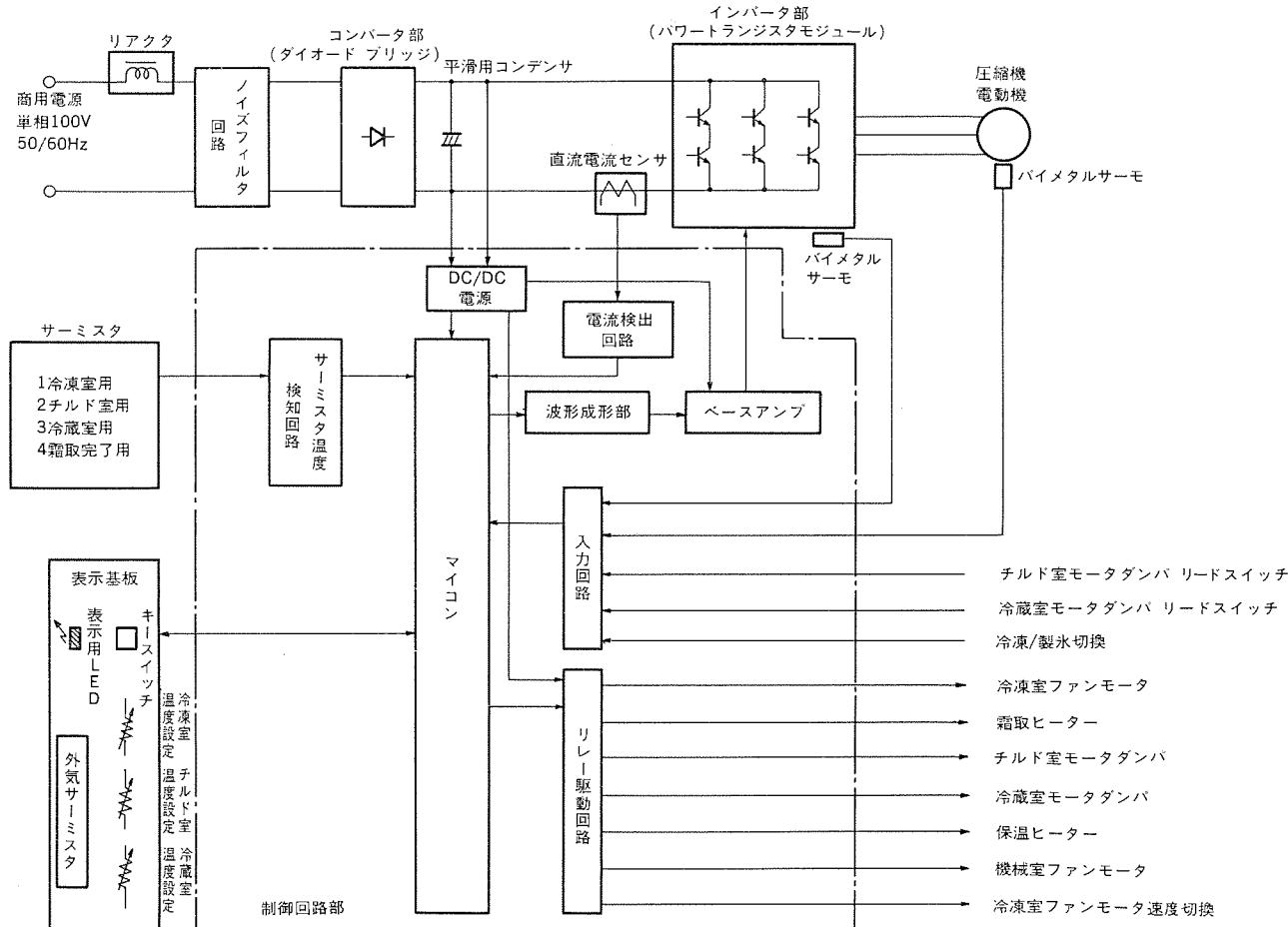


図4. 制御ブロック図

図4.の制御ブロック図に示すようにインバータ主回路は、商用電源100Vの交流を整流して直流140Vに変換するコンバータ部、その直流を平滑する大容量コンデンサ、そしてパワートランジスタを保護する直流電流センサを経て、6個のパワートランジスタを順次スイッチングして、直流を再び三相交流に変換するインバータ部で構成されている。更に、雑音が機外に漏えいするのを防止するノイズフィルター、突入電流を防止し力率を向上させるためのリアクタなどが付加されている。

インバータ部の出力素子としては、ダーリントン型バイポーラトランジスタ6素子を1パックモジュール化したものを冷蔵庫専用に開発し、小型化と組立性の向上を図り信頼性を確保した。また、制御回路部にあるマイコンは、冷蔵庫の温度センサや直流変流器の信号を検知して冷蔵庫のシステム制御をするとともに、圧縮機の運転周波数を演算しデータをベースアンプ部に出力しパワートランジスタを駆動する。このトランジスタモジュールを駆動するインバータ波形は、180度通電型6ステップ等幅PWM方式を採用し、キャリア周波数は20kHzで可聴域外の高周波数にして騒音を大幅に低減している。

インバータ部の出力電圧は50の分解能を持ち、きめ細かい制御を可能にしている。マイコンからの出力信号には、周波数を決定する6ステップ波と出力電圧を決定するキャリアとキャリアを注入するタイミング信号がある。マイコンの動作負担を軽くするために、これらの信号は外部のゲート回路で論理的に合成されて目的のインバータ波形を生成する。また、キャリア注入のタイミングを最適化してパワートランジスタの

スイッチング回数を均等に、かつ少なくして負担を軽減し長寿命化と信頼性の向上を図っている。

3.4 制御回路部の構成と特長

制御の中枢をなすのがマイコン(8ビット、12MHz)で、各室の温度検出用サーミスタや表示基板の温度設定ボリュームのアナログ値及びキースイッチやリードスイッチなどのデジタル値を入力し、庫内ファン、モータダンパ、霜取ヒーター、機械室ファンなどのリレー及び表示用LEDの制御をおこなっている。

電源回路は、コンバータ部で整流された直流140VからDC/DC電源で構成しており、マイコン電源、リレー用電源及びベースアンプ用電源に供給している。表示基板は、冷凍室扉前面の操作パネルに取り付けられ、冷凍室、チルド室、冷蔵室各室の温度設定やクイック冷凍/製氷などの設定及び表示をおこなっている。

4. インバータ冷蔵庫の開発ポイント

4.1 制御仕様

(1) 周波数制御方法

冷凍室の設定温度と冷凍室温度の差により、PI制御の考え方を取り入れて圧縮機の運転周波数を決定する。P制御は冷凍室温度と設定温度の温度差が小さい低負荷時には低周波数で、温度差が大きく高負荷になったときには高周波数で運転させる。次にI制御は同一温度差での運転を一定時間継続した場合に、その温度差に対応さ

せて周波数を変更するよう制御する。つまり、冷凍室温度-設定温度の差が大きい場合は、その周波数の増加幅を大きく、差が小さい場合には周波数の増加幅も小さくするよう制御する。また、冷凍室温度が設定温度より低くなった場合でも、すぐには停止させず周波数を下げて運転する。周波数を下げても冷凍室温度が設定温度より低くなる場合は停止させる。

以上のような制御方法により冷凍室の温度を設定温度近傍にコントロールでき、従来のON/OFF制御に比べ温度変化が少なく、冷凍食品のより安定した長期保存が可能となる。更に、従来は電源が50Hzの場合には60Hzに比べ約80%の冷凍能力であったが、電源周波数に関係ない容量制御となるので地区による能力差を解消できる。

(2) チルド室・冷蔵室の温度制御

チルド室・冷蔵室の温度制御は、当社が他社に先がけて開発したモータ式の冷気制御ダンパを使用しており、従来のガス式に比べ温度変化の少ない制御をすることができる。そのモータ式のダンパの内部構造図を図5に示す。また、モータ式ダンパの採用により、チルド室・冷蔵室の温度に無関係に強制的に冷気を送り込むこともでき、チルド室及び冷蔵室を各々別々に急速に冷却することも可能となった。

(3) セルフチェック機能

電源投入時に、各種サーミスタの抵抗値チェック、温度設定ボリュームの抵抗値チェック及びモータダンパの動作チェックを自動的に行い、不具合があれば運転を停止して操作パネルのLEDを点灯させて表示するようになっており、据付け時試運転チェックの自動化、サービス性の向上を図っている。

4.2 起動制御とV/Fパターン

インバータ駆動用可変速圧縮機は、2極三相誘導電動機駆動の密閉

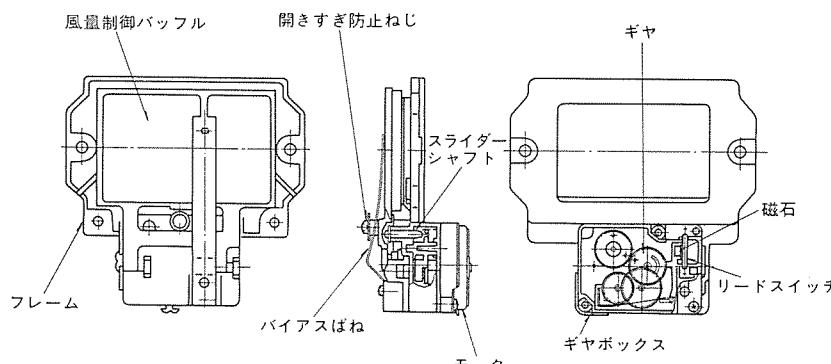


図5. モータダンパの内部構造図

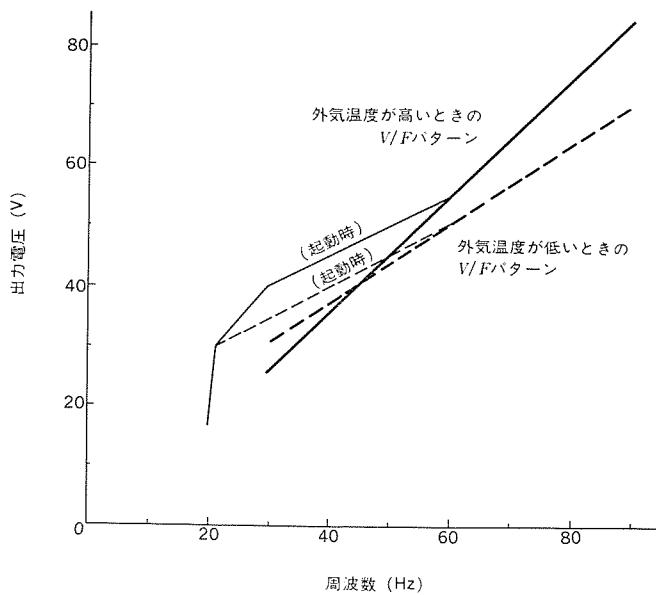


図6. V/Fパターン

型ロータリ圧縮機を採用している。周波数変化に伴い、要求負荷特性を満足させるため電圧も可変しており、この周波数(F)と電圧(V)の関係を V/F パターンと称する。

冷蔵庫の圧縮機の場合、外気温度が高いときや庫内負荷が大きいとき、又は霜取後の運転開始時などは負荷が大きいので、電圧を高めた V/F パターンを設定しないと運転を継続できない場合がある。しかし、高負荷に合わせた V/F パターンは、低負荷時には電圧が高すぎ、圧縮機電動機にとって過励磁となり騒音が大きく効率も下がるという不具合を生ずる。また、高負荷になるのは家庭用冷蔵庫の場合、年間で夏場などの短期間であり、このために V/F パターンを高負荷のみに合わせるのは問題が多い。

そこで、このインバータでは、この問題解決のため複数 V/F パターンを持ち、負荷条件に合わせて V/F パターンを切り換える方式を採用している。図 6. に V/F パターンを示す。外気温の高低及び起動時と通常運転時の負荷の大小によって四つのパターンを持ち、運転途中でも条件によりパターンを乗り換えて運転が可能である。したがって、高負荷時にも確実に起動でき、低負荷時には低電圧パターンで運転して騒音減少させ効率を上げている。

4.3 静肃性

冷蔵庫は一般家庭内の居住空間に据え付けられることを考慮しており、その騒音低減は重要課題の一つである。以下に改善ポイントを述べる。

- (1) 圧縮機起動時の騒音に関しては、インバータによって低周波数、低電圧で起動させるいわゆる ソフトスタートにより改善した。
- (2) 通常運転時の騒音に対しては、キャリア周波数を 20 kHz とし、可聴周波数外に設定することにより、キャリア音を低減した。
- (3) 構造面では圧縮機の防振支持を従来のゴム成形品によるマウント構造から、新たに開発したコイルスプリングを用いたマウント構造に改良し、圧縮機への配管にもより柔軟性を持たせることによって、圧縮機の振動を極力その支持体である冷蔵庫本体に伝達しないようにした。
- (4) 圧縮機からの騒音の中で高周波成分については、遮音や吸音材により冷蔵庫外に出ないようにした。

これらの対策に加え、就寝時などの低負荷運転時には圧縮機が低電圧、低周波数にて駆動されるため、表 2. に示すように約 3 dB の静音化を達成した。

4.4 冷凍時間の短縮

食品を生の状態から冷凍させる際、食品温度が最大氷結晶生成温度帯 (-1°C から -5°C の間の温度帯) をすばやく通過するほど食品組織の変化が少なく、食品を解凍した際の味の劣化が少ない。インバータ冷蔵庫においては食品を冷凍させる際、冷凍室前面の操作パネルの“クイック冷凍／製氷ボタン”を押すと、約 2 時間庫内冷気循環用ファンが高速回転し、かつ圧縮機を 90 Hz にて駆動して、冷凍能力が向上し、図 7. に示すように JIS に規定された疑似冷凍食品 (500 g) の最大氷結晶生成温度通過時間が従来機種の約半分に短縮することができた。また、製氷時間(水 400 cc が $+30^{\circ}\text{C}$ から -10°C になるまでの経過時間) も従来機種より半減させることができた。

4.5 過負荷保護

外気温の上昇による断熱壁からの熱侵入の増加など高負荷運転が長時間にわたると、圧縮機駆動用電動機の巻線温度が上昇し絶縁不良や焼損を引き起こす。そのため、外気温が高温となった場合には

表 2. 騒音値比較

| | |
|------------------------------------|-------|
| MR-3326 C (ノンインバータ機種) | 24 dB |
| MR-3327 CZ (インバータ 30~40 Hz 運転時) | 21 dB |

注 無警室で冷蔵庫前方 1 m、高さ 1 m の値

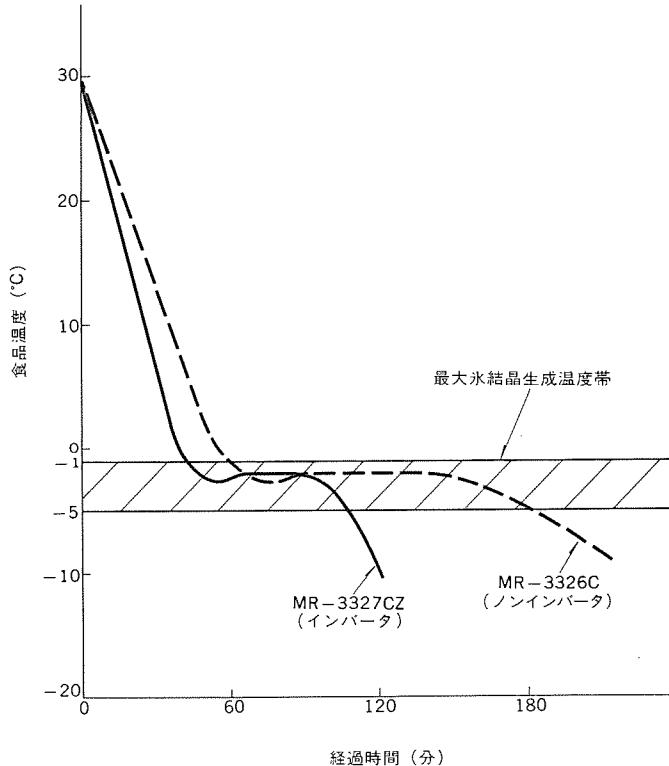


図 7. 冷凍スピード (疑似冷凍食品 500 g)

機械室内に設けられた圧縮機冷却用 ファンを運転させ、圧縮機を強制冷却させる。更に、圧縮機外殻温度が設定温度以上となった場合には圧縮機を即時停止させ、十分に冷却させた後に再起動させ圧縮機を保護する。

また、高負荷運転を行うと、圧縮機への供給電流が増加し、トランジスタモジュールの電流も増加して、やがて定格電流をも越える。これを防止するために、トランジスタモジュールへの電流をホール素子を用いた直流電流センサで常時監視し、電流があらかじめ設定した値以上となった場合には、自動的に周波数を下げ負荷を減らすことによって電流値を下げる(失速制御)。失速制御をおこなっても電流が増加してトランジスタモジュールの定格値以上になった場合には、即時圧縮機を停止しトランジスタモジュールを保護している(遮断制御)。失速、遮断制御とは別にトランジスタモジュールの外殻温度を検出し圧縮機を停止し、保護する(過昇温度保護)。これらは保護の要因がなくなれば自動的に解除し運転を再開する。

5. むすび

以上、新開発したインバータ冷蔵庫について、冷凍能力の改善や低騒音化の改善及びインバータの構成や特長を中心に報告した。冷蔵庫とインバータを組み合わせることで種々の性能の改善を図ることができた。今後、これらのメリットを十分使いこなし、インバータのコストの一層の改善など更に魅力あるインバータ冷蔵庫にするため努力していく所存である。

D パッケージエアコン《Mr. SLIM》のシステム制御

佐藤康夫*

1. まえがき

対人空調分野におけるパッケージエアコンの需要構造は、当社が昭和53年度に《Mr. SLIM》一世を発売し、脱パッケージエアコン時代を先がけて以来、大きく変化し、軽薄短小追求の時代から、空調品質追求の時代へと推移し、今や事務所、店舗をはじめ、ビル、工場、住宅までのあらゆるマーケットに幅広く採用される時代となった。

需要構造の変化に伴い、空冷化、ヒートポンプ化、省スペース化へと推移し、天つ(吊)り型空冷ヒートポンプ機種が主流となり、暖房時の温度分布の改善が急務となり、更に快適性、省エネルギー性、使用者側から見え使いやすさの観点から採用される空調システムは、空冷小型複数台の分散配置、個別制御方式が主流となってきた。正にセントラル空調時代からゾーニング空調時代に突入し、空調品質と制御品質を問われるようになってきた(図1.)。

空調品質と制御品質のグレードアップを図り、市場要求条件を満足した拡張性の高い制御システムを開発したので、ここに紹介する。

2. 市場要求条件

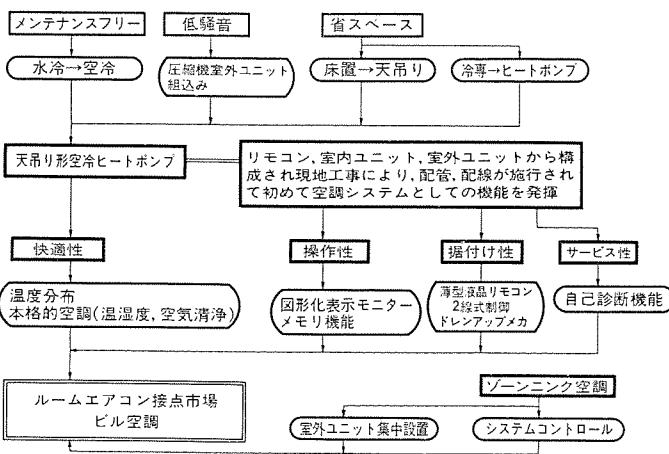
(1) 据付け性

天吊り型空冷ヒートポンプは、リモートコントローラ、室内ユニット、室外ユニットから構成され、本体据付け・冷媒配管・ドレン配管・配線が正しく施行されて初めて機能を発揮する。そのため、現地工事の良否が空調機としての信頼度を大きく左右し、据付け性に対する配慮は不可欠である。

(a) リモートコントローラ

リモートコントローラは、使い勝手から操作しやすい壁面に照明器具のスイッチプレートと並べて取り付けられるケースが多い。そのため、スイッチプレートとの整合性を図った形状と薄さが要求される。また、意匠面上から、配線は壁面に埋め込まれるため、配線長の自在性、配線の細さ及び誤配線対策が要求される。

(b) 室内外連絡線



室内外連絡線は、配線本数の低減、誤配線対策が要求される。

(c) ドレン配管

天吊り機種のドレン配管取り出しが高位置とし、天井内配管の傾斜がとれ、ドレン排水がスムーズになるようになります。また、万が一の不具合時にも水もれ防止対策が要求される。

(2) 快適性

天吊り機種の課題は、暖房時の温度分布の改善であり空調空間に、むらなく床面まで温風が届く吹出し角度と到達距離を確保する必要がある。また、本格的空調を実現するためには、室温を一定に保つだけでなく空気浄化、加湿が必要となる。

(3) 操作性

快適空調ゾーンは、人・作業内容・季節によって異なるため、一律的には決められない。リモートコントローラを操作することにより所望の運転モードを実現させる。スイッチの数は必要最小限に抑え、操作内容が明確に分かる必要がある。

(4) サービス性

据付け時の試運転及びサービス時の故障判定を速やかに行うためには、リモートコントローラにより運転状態や点検モード時の保護装置作動箇所のチェックを可能とする。

(5) システム制御

セントラル空調からゾーニング空調へ移行し、空冷小型複数台の分散配置、個別制御方式が主流となり集中管理個別制御システムの実現が必要となる。

3. 新製品の定義

リモートコントローラ、室内ユニット、室外ユニットにより構成し、使用者はリモートコントローラで運転指令を変更し、快適空調を実現する。リモートコントローラ、室内ユニット間の制御データの授受には、トーンバースト通信

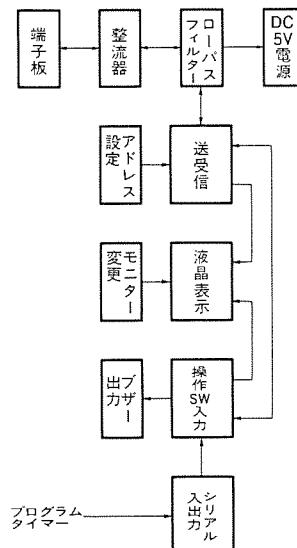


図2. リモコンの機能ブロック図

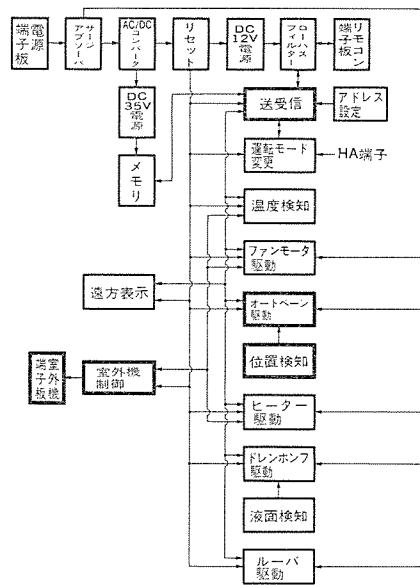


図 3. 室内機の機能 ブロック 図

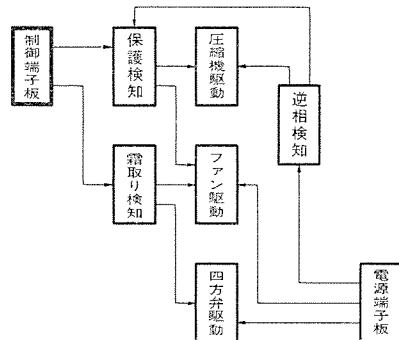


図 4. 室外機の機能 ブロック 図

号によるシリアル伝送を行い、リモートコントローラ用直流電源に重畠して、無極性2線式制御を実現する。更に、送受信方式はリモートコントローラによる運転状態のモニター、点検モードの再現及び集中管理個別制御を可能とするフォーマットとする。室内外連絡線は、圧縮機運転指令、暖房指令の3本とし、室内ユニットは室外ユニットの運転状態を、サーミスタによる吸込温度と配管温度の温度差によりチェックする。

室内ユニットに、メモリ機能を設け、運転指令・点検モード・グループアドレスを記憶し、電源投入時に読み込む(図2、図3、図4.)。

4. 現地配線の誤配線対応

配線工事には、電源配線、リモートコントローラ制御配線、室内外連絡配線がある。室内外連絡配線は、極性のある3線であり誤配線時に短絡モードがある。誤配線時の短絡保護にヒューズを用いることは、部品交換を伴うので、サービス率を低減するうえでも、誤配線時の短絡保護機能を見直す必要がある。そこで、リセット回路を、電圧レベル検知回路・過電流検知回路・タイマー回路で構成し、誤配線時の短絡保護をパワーオンリセットにより全停止させることによって実現した(図5.)。

(1) 電圧検知回路

AC/DCコンバータ出力が瞬時停電などにより所定電圧以下に低下したことを検知する。

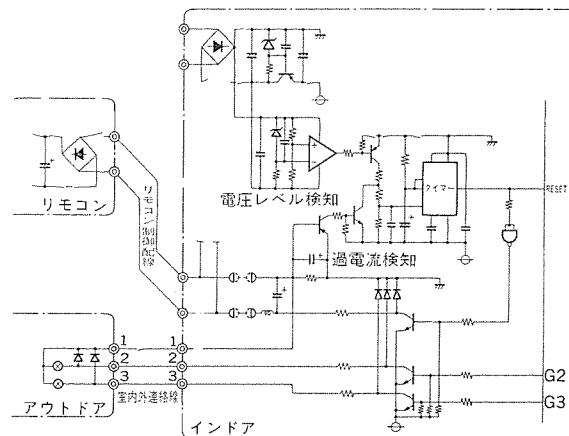


図 5. リセット回路

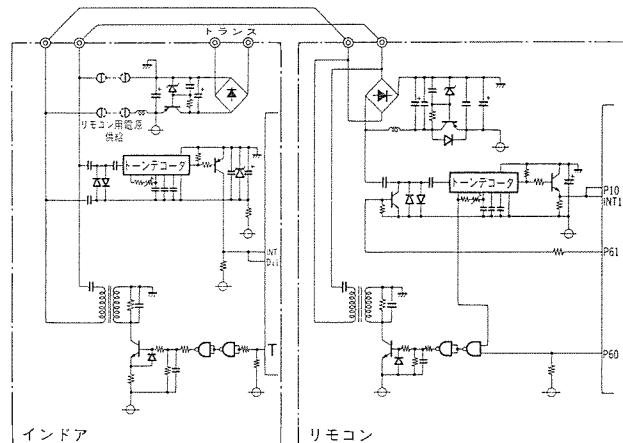


図 6. 送受信

(2) 過電流検知回路

リモートコントローラ制御配線、室内外連絡配線に所定以上の過電流が流れることを検知する。

(3) タイマー回路

電圧レベル検知、過電流検知が作動するとタイマーのトリガ端子に入力され、タイマーは時限動作を開始する。時限動作中、室内ユニットのマイコンはリセットされ、室内外連絡配線、リモートコントローラ制御配線の電源供給を停止する。時限動作時間は、リモートコントローラの直流電源用コンデンサ放電完了に十分な時間設定をしておく。

5. メモリ機能

就業終了時に手元開閉器を切るユーザーや、電源発停方式を採用時に、停電復帰後に運転指令がイニシャルセットに戻り、所定モードに設定し直すわずらしさが発生する。また、点検モード発生時、空調機は全停止し自己保持されるが、リモートコントローラの運転スイッチを操作することにより解除され、再運転を可能としている。そのため、再現性のない場合には、点検モードに至った保護装置作動箇所を見つけるのは難しくなる。そのため室内ユニットにメモリ機能を設け、運転指令、点検モード、更に集中管理システム時に必要となるグループアドレスを記憶させる。

メモリ機能として、電子チューナー用不揮発性チャネルメモリとして開発されたEAROMを選定した。EAROMはMNOS(NチャネルシリコンゲートMOS)プロセス技術を用いており、データのプログラムは内部で発生した負の書き込みパルスをMNOSメモリトランジスタに選択的に

印加し、ゲート絶縁膜の $\text{SiO}_2\text{-Si}_3\text{O}_4$ インタフェースにトンネル現象で電荷を注入することにより行い、電気的に書換え可能な不揮発性メモリである。無電源時の記憶保持時間は 10 年間、消去・書き込み回数は 10^5 回保証である。

データの読み出しは、室内ユニットマイコンのパワーオンリセット時にメモリ内容をすべて読み出し、ラムエリアに格納する。グループアドレス、点検モードは、データ変更時、運転指令は書き込み禁止時間間隔として 5 分間を持たせ、データ書き込みを行う。

6. 送受信

6.1 ハードウェア

リモートコントローラの電源は、通常室内ユニットから、集中管理システム時は、集中管理用リモートコントローラから供給される。送受信信号はマイコン出力を変調したトーンバースト信号を用い、リモートコントローラ用直流電源に重畠させて伝送を行う。リモートコントローラは制御線から、ローパスフィルターで直流分を分離して制御回路用電源を得る。信号は交流分をトーンデコーダに入力し、復調した後マイコンに入力する(図 6.)。

制御線の無極化を図るために、リモートコントローラにも全波整流器を組み込み、制御線接続の信頼性の向上を図っている。室内ユニットは、マイコン付加機能である T 端子(タイマー 2 のオーバーフロー出力機能)を利用してマイコン内部で変調した後、送信出力する。リモートコントローラは、発振回路によりマイコン出力を変調する。このトーンバースト信号をトランジスタを介してトランジスタ一次側の共振回路に入力し、二次側の出力信号を直流電源に重畠する。

受信信号はコンデンサで交流分を分離してトーンデコーダに入力し、復調された信号をマイコンの入力端子、割込み端子に入力し、外部割込み機能により信号の検出を行う。

6.2 ソフトウェア

空調システムでは、各コントローラ間のデータ伝送スピードは、特に問題とならず確実性が要求される。確実性を向上させるためには、データの伝送回数及びデータ量を必要最小限に抑えること、信号の重なり防止及び誤まり制御により正しくデータを受信できることの配慮が必要である。

1 ビット長の長さは 4.8 ms とし、タイマー割込み機能により 1.2 ms ごとに割込みをかけ、“1”的とき 3.6 ms, “0”的とき 1.2 ms 变調波を出力する。受信処理は 1 ビットごとに外部割込みをかけ、外部割込み実行後、入力データを 0.2 ms ごとに

3 回読み、2 回以上“1”である場合のみデータとし、0.2 ms 以下の信号はノイズと判定する。データ判定は 2.4 ms 後に実行し、同様にして多数決にて“1”“0”判定を行い、ソフトフィルター機能を持たせた。また、外部割込み処理を抜けるときは、外部割込み要求フラグをリセットしてから抜けることにより、ノイズによる再割込み防止を行う。

(1) 送信データフォーマット

送信データは、スタートビットの“1”，コントロールワード、グループアドレス、ユニットアドレス、制御データで構成される。スタートビット、コントロールワード、グループアドレスを連続して 2 回送信し、1 ビット長分のスペース後、ユニットアドレス、制御データを連続して 2 回送信する。

スタートビット判定、コントロールワード、グループアドレスの照合を行い、受信すべきデータかをスペース時に判定し、ユニットアドレス、制御データを受信し、照合した結果一致していればデータを有効とする。各送信データには確認信号を返送すべきコントローラをあらかじめ決めておき、送信側は確認信号を受信することにより送信完了とする。送信時受信入力端子から自送信データが正しく送信されているか照合する。

(2) 信号の重なり防止

送信完了時又は受信完了時にそれぞれ異なった送信禁止時間を設ける。

(3) 誤まり制御

各コントローラは、送信不良時(自送信データ不一致、確認信号受信せず)受信完了時の禁止時間間隔で 3 回送信し、更に送信完了時の禁止時間完了後に、同様にして 3 回送信する。合計 6 回送信しても、送信が完了しないときは送受信エラーとして点検モードとする。

7. リモートコントローラ

7.1 構造

空調機のリモートコントローラ(図 7.)は、照明機器などのスイッチプレートと並べて設置されることが多い、インテリアにマッチした高級感と薄さが必要である。操作スイッチはモーメンタリースイッチ、表示部には液晶、マイコン及び IC 類はミニフラット品、他の半導体デバイス及び電子部品はチップ部品を採用した。プリント基板は、意匠面となる上ケースと下ケースではさむ形状とし、据付け、結線時に電子部品に直接手が触れない構造とし、電子部品を保護する。取付ピッチは 83.5 mm とし 1 個用コンクリートボックスに取付け可能とした。制御配線は埋め込み(後配線)を標準とし、露出して使用する場合は上左右の 3 方向に取り出せ、接続はリモートコントローラ本体据付け完了後の固定された状態で行えるようにして、現地配線工事の信頼性を向上させた。

7.2 機能

液晶の採用により、図形・文字・数字の表示が可能となり、意匠的には表示とスイッチを横ならびに対応させ、スイッチ入力有効時にはブザー出力によるピー音が鳴る仕様とした。スイッチ多重押し時、スイッチ入力無効ソフトを付加し、スイッチ入力と表示の変化を確実に読み取れる配慮をした。

リモートコントローラは(図 8.)、電源投入時集中管理中表示をして、室内ユニットがメモリ機能から読み込んだ運転指令を送信してくるの

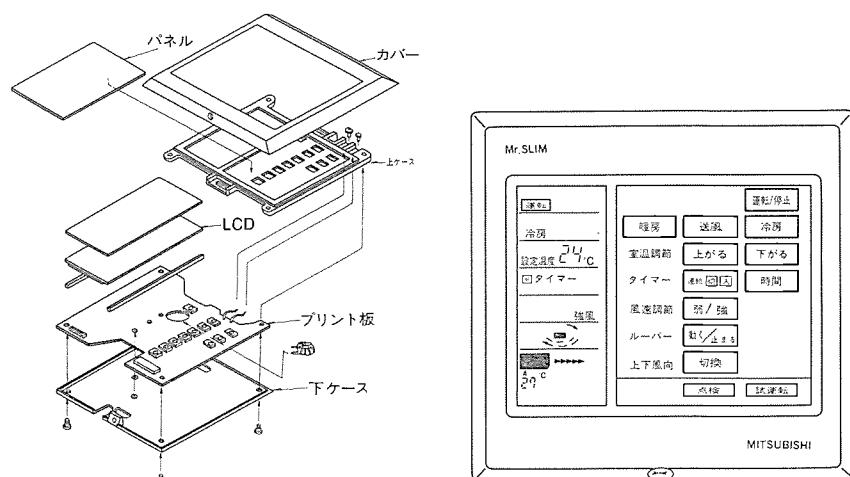


図 7. リモートコントローラの構造

図 8. リモートコントローラ

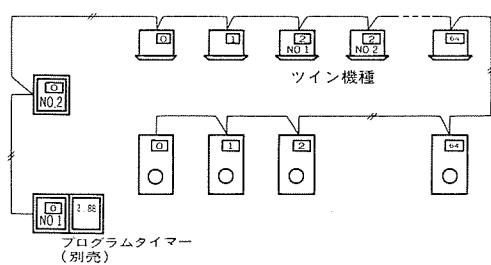


図9. グループ制御

を待ち、室内ユニットから運転指令を受信した後、集中管理中表示を消灯してスイッチ入力を有効とすることにより、運転指令のイニシャルセットに戻ることを防止する。

7.3 サービス性

サービス用スイッチとして試運転と点検スイッチを設け、他のスイッチと区別するために、2度押しによりスイッチ入力を有効とする。試運転スイッチは据付け時の運転チェックに有効である。試運転時は配管温度のコード表示を行なうため、圧縮機の運転状態をチェックできる。室内外連絡配線の誤配線時は、冷房試運転時、圧縮機が運転せず配管温度が低下しない。若しくは過電流検知が作動し、リモートコントローラは集中管理中表示をした後全消灯となる。

運転中、点検モードとなると空調機は全停止し、リモートコントローラは、ユニットアドレスと保護装置動作箇所表示となり、サービスマンは客先から事前に点検モードを知ることができる。点検スイッチは、点検モード発生後、客先が運転スイッチで停止若しくは電源を切った場合に、メモリ機能に記憶された点検モードを再現させる。

8. システム制御

最近のビル新築の特長は、2,000 m²以下の中小ビルが圧倒的に多く、パッケージエアコンの主たるマーケットになっている。また、かつてのビルラッシュ期に建てられた多くのビルが建替えや改装期を迎える、空調設備の取替えが行われている。中小ビルで採用される空調システムは、経済性（ランニングコスト、イニシャルコスト）施行の容易性、省スペース、間仕切対応の空調、テナント別の電気料金の計量化などの理由により、セントラル空調方式から空冷ヒートポンプ機種の複数台・分散配置・個別制御方式に移行している。

個別分散化が進むと、集中管理・集中操作・自動運転を実現するために、システム制御が必要となる。

(1) グループ制御

事務所などの広い同一空間に複数台を分散配置すると、温度分布の改善、負荷変動に応じた運転台数、故障時のバックアップが実現できるが、リモートコントローラが複数台となり、操作性、インテリアデザイン上問題となる。リモートコントローラ1台に複数台の空調機を接続し、ユニットアドレスを設定することにより、順次起動運転、個別温度調節を行う（図9.）。

(2) 2リモートコントローラ制御

個別制御、グループ制御に、更に遠方操作用リモートコントローラを追加し、どちらか最新指令で運転し、遠方でも手元でも、操作、モニターを可能とした。

(3) 遠方/手元操作切換端子

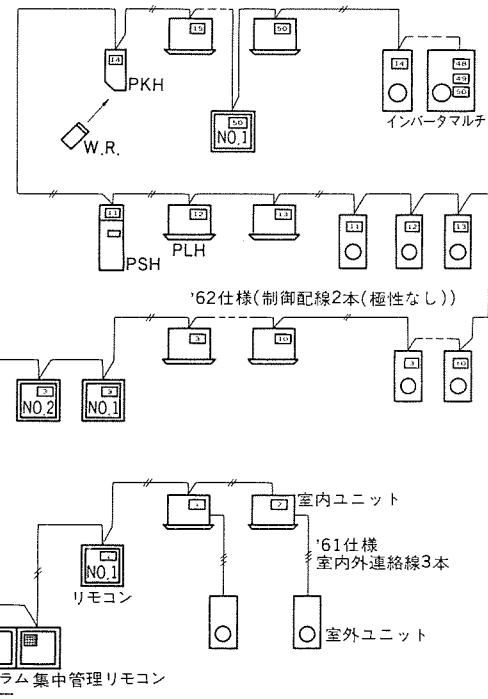


図10. システム制御

遠方/手元切換、遠方オン/オフ入力を取り込み、リモートコントローラでの運転を禁止可能とする。両入力ともオンすれば、電源発停方式となる。遠方/手元切換入力をオンからオフへ切り換えたときの遠方オン/オフ入力状態を継続する。

(4) 遠方表示端子

遠方表示（運転、点検）及びパルスオンオフ入力からなり、テレコントローラ、遠方表示を実現する。

(5) 集中管理用リモートコントローラ

50台の空調機を、2線配線で接続することにより、50グループまでのグループごとの運転制御（運転/停止、冷房/送風（冷暖自動）/暖房、温度設定、手元リモートコントローラ操作許可/禁止）ができる。グループ編成の変更は、集中管理用リモートコントローラで可能で、間仕切変更への対応や、グループ制御時の中間期の間引き運転ができる（図10.）。

(6) プログラムタイマー

30分ごとの運転、セットバック運転（温度設定から1~9 deg省エネルギー運転）停止の組合せパターン運転を曜日選定できるプログラムタイマーである。リモートコントローラ、集中管理用リモートコントローラに接続可能であり、集中管理用リモートコントローラに接続時は、グループごとの異なる運転パターンで自動運転を可能とする。

以上の機能を組み合わせてシステムを構築することにより、拡張性の高いシステム制御を実現する。

9. むすび

あらゆる観点から市場要求条件を検討し、空冷小型複数台個別制御方式に適応した空調品質と制御品質を実現した。

今後も市場のニーズを的確にとらえた製品を開発していく所存である。

透湿膜式加湿器

人見不二夫*
大川内幸訓*
高橋 健造**

1. まえがき

最近のビル空調システムは、空調の高級化、多機能化を指向すると同時に省エネルギー・省スペース性、個別制御性を指向した“個別分散トータル空調方式”に移行する傾向にある。暖房時の湿度コントロールに関しては、簡便かつ低成本で信頼性の高い加湿器に対する需要が高まっている。また、OA機器を設置した事務所、電算機室又は精密機器工場などでは白粉（カルキ）の発生がないクリーンな加湿器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器として、水（水道水には約100 ppmのカルキ成分が溶存している）を通さず、水蒸気のみを通す透湿膜を応用した“透湿膜式加湿器”を業界に先駆けて開発し、当社外気処理ユニット《フレッシュマスター》に組み込んで製品化したので、それらの概要について紹介する。

2. 加湿器の現状と開発のねらい

現状の代表的な加湿方式とその原理図、特徴を表1に示す。最近、広く使用されている超音波式は、水槽内の超音波振動子により粒径1 μmほどに霧化させた水滴を空気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（炭酸カルシウムなど）による白粉の発生を伴い、電算機室を始めOA化の進んでいる一般事務所ビルにおいても問題として顕在化しつつある。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あり、噴霧

スペース及び落下した水滴の処理が必要であるため、個別分散型の小型空調機に組み込むことは難しい。

自然蒸発式は水槽内に親水性の繊維などを立て、毛細管力によりぬ（濡）れた繊維から水を空気中に蒸発させて加湿する方式であり、白粉の発生がないクリーンな加湿が可能であるが、組み込みスペースの限られている小型空調機では加湿能力が小さく、繊維へのカルキ成分の堆積により毛細管力が低下し、加湿能力が経時に低下する。電熱式（パン型）及び赤外線式は共に水を加熱して水蒸気を発生させるためクリーンな加湿が可能であるが、イニシャル及びランニングコストが高く、水あか、カルキ成分の沈着によるメンテナンスが繁雑である。

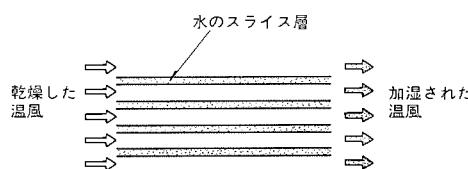
以上のように現状の加湿器は、

- (1) 溶存カルキ成分による白粉の発生
 - (2) カルキ成分の堆積による加湿能力の低下
 - (3) 水あか、カルキ成分の沈着によるメンテナンスが定期的に必要
 - (4) イニシャルコスト、ランニングコストが高い
- などの問題を含んでいる。一方、ビル空調システムの個別分散トータル空調方式への移行、又はOA機器の普及により、組み込み、保守が簡便で、イニシャル・ランニングコストが低く、長寿命で信頼性の高いクリーンな加湿器に対する要求が高まっている。

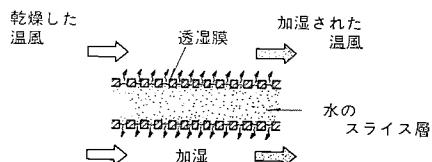
上記要求をすべて満足する新規な加湿器を開発するために、海水の淡水化、ガス分離などで最近注目を集めている膜分離技術の応用に着目し、カルキ成分が溶存する水を通さず、水蒸気のみを通す透

表1. 現状の代表的加湿方式とその特徴

| 種類 | 原理図 | 加湿能力(kg/h) | 加湿効率 | 追従性 | 寿命 | 価格 | ランニングコスト | 問題 |
|----------|-----|------------|------|------|------------------|----|----------|------------------------|
| 超音波式 | | 0.4~18 | 大 | 即時 | 中 (振動子5,000h) | 中 | 小 | 振動子寿命及びメンテナンス、水質選択(白粉) |
| 高圧スプレー式 | | 2.5~300 | 小 | 即時 | 長 | 安 | 中 | 漏水対策 |
| 自然蒸発式 | | 0.2~1.0 | 大 | やや遅い | 短 (蒸発板) | 安 | 小 | 能力拡大が困難 加湿エレメント寿命短 |
| 電熱式(パン型) | | 0.4~35 | 大 | やや遅い | 短 | 安 | 大 | 水あか対策 |
| 赤外線式 | | 2.0~9.0 | 大 | 即時 | 中 (5,000h) | 高 | 大 | 高価 |



(a) 空間に保持された水のスライス層



(b) 透湿膜に保持された水のスライス層

図 1.

潤膜を素材とする加湿用膜モジュールを開発すると同時に、膜モジュール内にカルキ成分の沈着・堆積を防ぐために、主成分である炭酸カルシウムを易溶性の炭酸ナトリウムに変換する軟水器を組み合わせることにより透湿膜式加湿器を完成した。

3. 透湿膜式加湿器の原理

自然蒸発式加湿器が持つクリーンな加湿、低いイニシャル・ランニングコストなどのメリットをいかしながら、低加湿能力というデメリットを克服するためには、加湿器のサイズを変えずに水の蒸発表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、水の蒸発表面積を著しく拡大することができる。この水のスライス層を図1.(b)のように、はっ水性の多孔質プラスチックフィルム(透湿膜)で包囲することにより、空間に保持することが可能である。透湿膜の例としてポリエチレン、ポリプロピレンなどのポリオレフィン系樹脂を素材とする透湿膜、又はテフロンのようなふっ素系樹脂を素材とする透湿膜の走査型電子顕微鏡写真を図2.に示す。

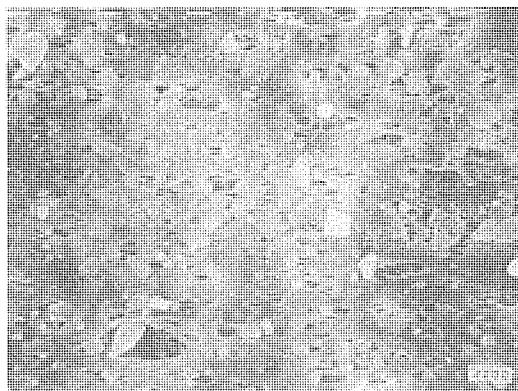
上記透湿膜は極めてはっ水性が高いため、その空孔を通して水が浸出するためにはかなりの静水圧が必要であり、空孔の孔径が d の透湿膜に必要な静水圧(P)は次式から推算される⁽¹⁾。

$$P = 4\sigma \cos \delta/d \quad \dots \dots \dots (1)$$

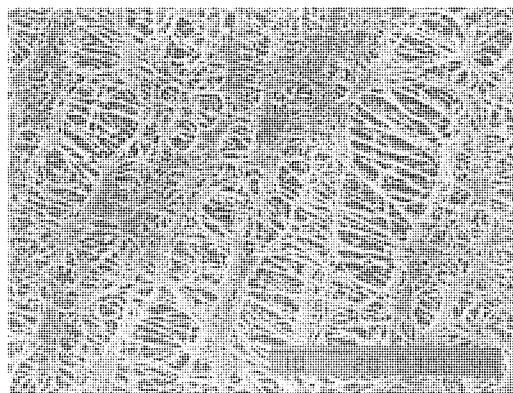
ここで σ は水の表面張力、 δ は接触角を表す。50~60°Cの温水の表面張力を約67 dyn/cm、接触角を約110°とすると孔径が0.1~1 μmの透湿膜を水が浸出するためには、0.5~5 kg/cm²の水圧が必要となる。一方、水蒸気は粒径が約3.5 Åの気体分子であるため、透湿膜の空孔を自由に透過することが期待できる。透湿膜の水蒸気透過性は、透湿係数(P_{H_2O})を測定することにより評価できるが、次式からも推算できる⁽²⁾。

$$P_{H_2O} = (\varepsilon/\bar{q}^2) \cdot P_{H_2O}^0 \quad \dots \dots \dots (2)$$

ここで ε 、 \bar{q} はそれぞれ透湿膜の空孔率、空孔の平均屈曲率を表す。また、 $P_{H_2O}^0$ は空気層の透湿係数を表し、約 9×10^{-4} kg/m·h·cmHgである。透湿膜の空孔率は0.6~0.8、平均屈曲率は2~8の範囲にあるので、透湿係数は 1×10^{-5} ~ 2×10^{-4} kg/m·h·cmHgと推算される。透湿カッ法により実測した結果ポリエチレン製透湿膜は 7×10^{-5} 、補強用の繊維をラミネートしたテフロン製透湿膜は 6×10^{-5} kg/m·h·cmHgであった。したがって、空孔の孔径が1 μm以下の透湿膜は、0.5 kg/cm²以上の静水圧を加えなければカルキ成分が溶



(a) ポリオレフィン系樹脂を素材とする透湿膜



(b) ふっ素系樹脂を素材とする透湿膜

図 2. 透湿膜の走査型電子顕微鏡写真

存する水を通さないが、水蒸気を比較的自由に透過させることができる。

上記透湿膜を長さ2~10 mほどのチューブ状に成形し、波板状のセパレータとともにスパイラル状に積層することにより、図3.のような加湿用膜モジュールを製作した。膜モジュールの水の蒸発表面積は、同サイズの自然蒸発式加湿器に比べて約8.5倍と大幅に拡大し、また加湿能力は温風の温度、湿度及び風速に依存するが、同サイズの自然蒸発式加湿器の約6倍と著しく向上した。

上記加湿用膜モジュールにカルキ成分を溶存する水道水を直接給水した場合、使用時間の経過とともに膜モジュール内にカルキ成分の堆積により給水が困難となる場合がある。そのため、カルキ主成分である炭酸カルシウムを水に対する溶解度が約10⁴倍高い炭酸ナトリウム

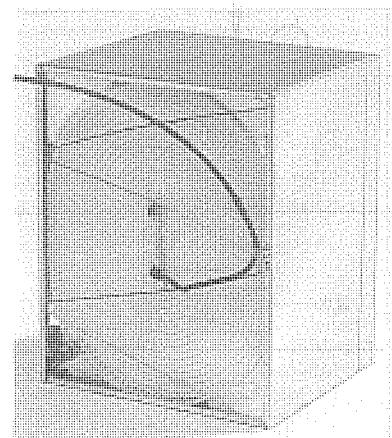


図 3. 加湿用膜モジュール(外気処理ユニット組込み用)

に変換する軟水器を組み合わせ、膜 モジュールの末端から供給水の 10~20% の濃縮水を排出することにより、カルキ成分の沈着、堆積を防止した。

4. 燃品の概要

4.1 製品の構成

透湿膜式加湿器の基本構成を図4.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熱融着したチューブ状の透湿膜を、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、枠に固定することにより膜モジュールを構成した。膜モジュールへの給水は、静水圧を一定に保つために給水タンクを用いた。給水口の前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を防止するための仕切り壁、オーバフローせき(堰)及びオーバフロー管から構成される給水タンクを、所定の静水圧を与えるように給水管で膜モジュールに接続した。また、給水タンクには軟水器で処理された水道水が電磁弁を介して供給され、膜モジュールの末端からの排水及びオーバフロー管からの排水は、空調器のドレンパンに排出される。毛細管力に頼っている自然蒸発式加湿器と異なり、給水タンクと膜モジュールの落差を利用する透湿膜式加湿器では安定した水の供給が可能となった。

次に透湿膜式加湿器を組み込んだ外気処理ユニット《フレッシュマスター》の基本構成は図5.に示すように、熱交換器、《ロスナイ》エレメント（静止型全熱交換器）、加湿器、給気用高性能フィルター、排気用フィルター

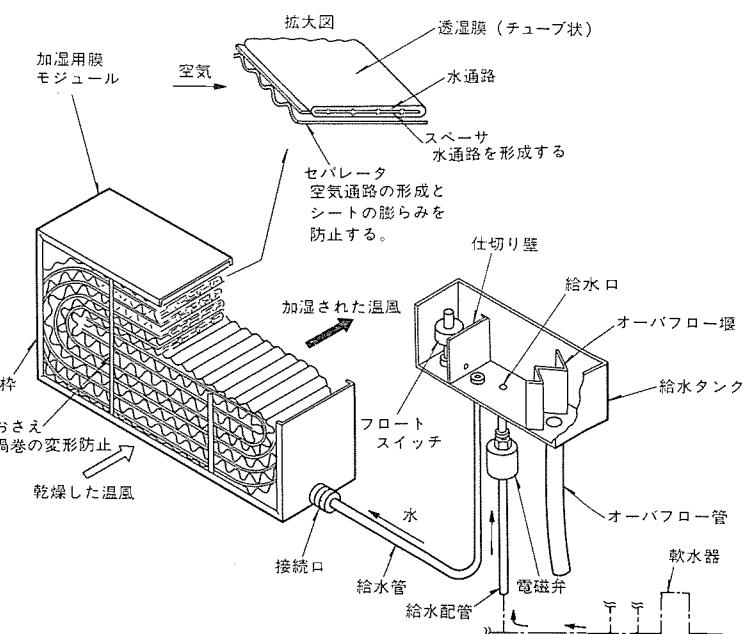


図 4. 透湿膜式加湿器の基本構成

及び給排気用送風機から構成される。透湿膜式加湿器は熱交換器の下流に据え付けられ、暖房時熱交換器で加熱されて乾燥した温風が、加湿用膜 モジュールを通過するときに加湿するようにした。また、給水タンクは外気処理ユニットの上部に取り付け、軟水器は加湿用水の元のメイン配管に取り付けた。外気処理ユニットは図6のよう、高性能フィルター組込みパッケージエアコン、ファンコイルユニットと組み合わせることにより、個別分散にてビル管理法を満足するトータル空調（冷暖房、熱回収を含む換気、加湿及び除じん）を実現した製品である。

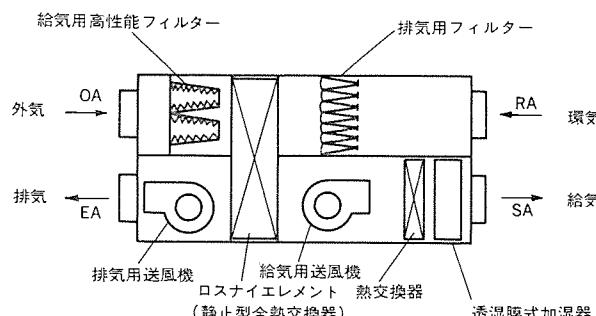


図 5. 外気処理装置の基本構成図

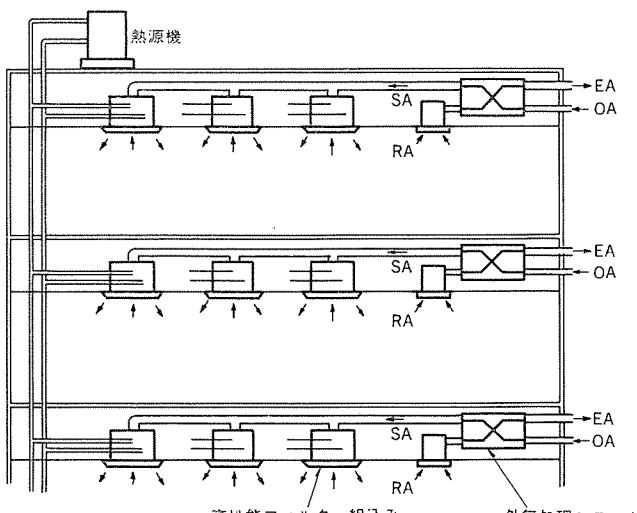


図 6. ピル空調システム

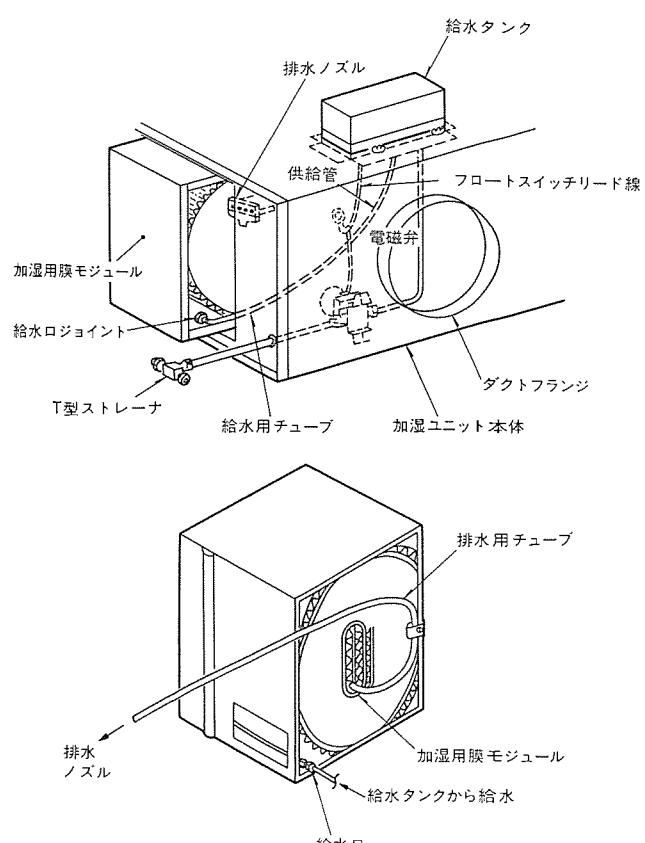


図 7. 外気処理ユニット用透湿膜式加湿器の構成

表 2. 外気処理ユニット仕様書(透湿膜式加湿器組込み)

| 仕様 | 型名 | 500 | 800 | 1000 |
|-------------------------|-------------------|------------------------------|-------------|-------------|
| 型式 | 天井埋込み型 | | | |
| 定格電圧・周波数 | 単相 100 V 50/60 Hz | | | |
| ファン入力(W) | 400/530 | 700/710 | 760/890 | |
| ファン電流(A) | 4.1/5.4 | 7.1/7.2 | 7.7/9.0 | |
| 処理風量(m ³ /h) | 500 | 800 | 1,000 | |
| 機外静圧(mmAq) | 10/15 | | | |
| 加湿器 | 型式 | 透湿膜式加湿器 | | |
| 加湿量(kg/h) | | 2.4 | 3.6 | 4.8 |
| 全熱交換器熱回収冷/暖(kcal/h) | | 2,450/3,190 | 3,940/5,110 | 4,920/6,390 |
| 能力 | 冷房/暖房(kcal/h) | 3,000/3,320 | 4,800/5,310 | 6,000/6,640 |
| 水量(L)/水頭損失(mAq) | | 10/1.5 | 16/2.6 | 20/3.0 |
| エア | 給気用 | 比色法 65% 純材寿命 3,000 h 以上 | | |
| フィルター | 排気用 | フィレドン PS 400 純材寿命 3,000 h 以上 | | |
| 騒音(㏈) | 46 | 48 | 50 | |

4.2 製品仕様と加湿特性

外気処理ユニット組込み用透湿膜式加湿器として、加湿能力が 1.2 kg/h の膜モジュールを開発した。1.2 kg/h の加湿量を得るために約 3 m² の表面積が必要であるが、チューブ状に成形した透湿膜の長さが 10 m を越えると、安定した給水を行うために必要な静水圧が増加するため、同膜モジュールは幅 185 mm、長さ 9.2 m のチューブ状透湿膜をスパイラル状に積層し、外形寸法は幅 232 mm、高さ 295 mm、奥行 197 mm とした。外気処理ユニット組込み用の膜モジュール及び組込み状況を図 7. に示す。給水タンクを外気処理ユニット本体の上部に取り付け、膜モジュールの下部に給水管で接続した。

次に透湿膜式加湿器を組み込んだ外気処理ユニットの製品仕様を表 2. に示す。暖房時、室内乾球温度 21°C、相対湿度 50%、外気乾球温度 0°C、相対湿度 50% の標準的な空調条件において、例えば処理風量 500 m³/h の外気処理ユニットでは《ロスナイ》による潜熱回収を行った場合にも、更に約 2.4 kg/h の加湿量が必要となり、上記外気処理ユニット組込み用の膜モジュール 2 個を組み込んでいる。処理風量が 800 及び 1,000 m³/h の外気処理ユニットでは、上記膜モジュールをそれぞれ 3 及び 4 個並列に組み込んだ。

透湿膜式加湿器(処理風量 500 m³/h 用)の加湿特性として、温度依存性、風速依存性を検討した。図 8. に絶対湿度一定(0.00495 kg/kg')における加湿量の乾球温度依存性を示す。熱交換器で加熱され、乾燥した温風は標準状態で 38°C となり、そのときの加湿量は 2.4 kg/h となる。図 9. に標準空気条件(乾球温度 38°C、絶対湿度 0.00495 kg/kg')における加湿量の風量依存性を示す。標準風量(500 m³/h)付近では、風量による加湿量の変動は比較的小さい。

4.3 耐久性及び保守性

透湿膜式加湿器へ供給する水を軟水器(炭酸カルシウムなどを除去するための純水器に比べイニシャルコスト及びランニングコストとも大幅に低い)により、溶存炭酸カルシウムを溶解度が 10⁴ 倍と高い炭酸ナトリウムに変換する。加湿用膜モジュールへ供給された水は、チューブ状透湿膜内を流れしていくに従い炭酸ナトリウムが濃縮され、透湿膜の端部に設けられた排水口から供給水の 10~20% の濃縮水を排出する。軟水器を設けたシステムを仮定して炭酸ナトリウム濃度を 20 倍にした加速度試験を実施した。この試験結果では、7 シーズンつまり 8,750

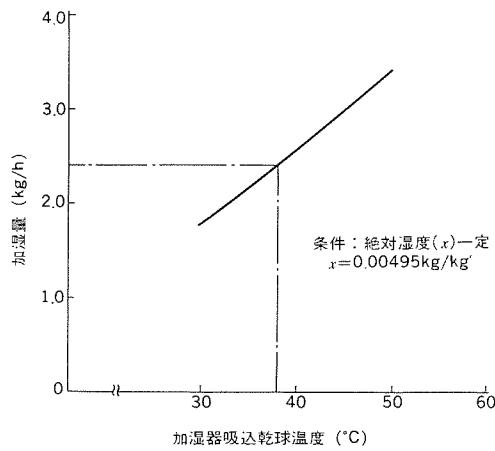


図 8. 加湿量の乾球温度依存性

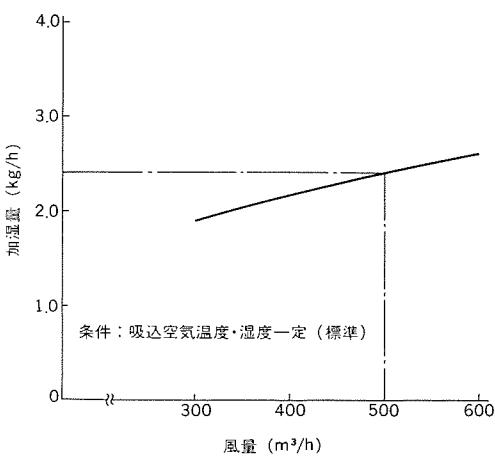


図 9. 加湿量の風量依存性

時間相当(10 時間/日 × 25 日/月 × 5 か月/シーズン × 7 シーズン = 8,750 時間) 経過後の加湿能力を測定したところ、初期加湿能力の 90% 以上を確保した。また、軟水器を設けた実使用条件における耐久性試験を実施し 3 シーズン以上の寿命を確認した。

次に保守についてはシーズン終了時に、加湿用膜モジュール内の排水口から水が排水されていることの確認、及び軟水器の再生用食塩(塩化ナトリウム)を補充するだけよく、容量及び水質などによるがイオン交換樹脂の寿命は約 3 年であり、3 年に一度樹脂の交換を行えばよい。

5. むすび

個別分散トータル空調方式に適合し、クリーン加湿を実施した透湿膜式加湿器をビル空調用の外気処理ユニットに組み込んで製品化した。同加湿器は軟水処理された水を使用するため、カルキ成分の沈着、堆積がなく、少なくとも 3 シーズン以上の使用に耐えることが実証され、更に長期間の実証確認を継続中である。今後はパッケージエアコン、ファンコイルユニット組込み用加湿器の製品化を進めていく計画である。

参考文献

- (1) 渡辺ほか: 表面及び界面, p. 3, 共立出版(株) (昭 56)
- (2) 高橋ほか: 繊維性多孔質材料の気体透過特性, 化学工学論文集, 3, No. 5, p. 510 (昭 52)

D 空調用氷蓄熱ユニットKAHシリーズ

池原清一郎*
大塚 修**
後藤 耕治***

1. まえがき

ビル空調において、30年以上の歴史を持つ氷蓄熱式空調システムは、これまで、①大きな設置スペースが必要となる、②設備費が高い、などの理由で、一部の大規模ビルには採用されていたが、中小規模のビルには普及が進まなかった。最近、このような氷蓄熱式空調システムに替わり、氷蓄熱式空調システムが注目を集めている。氷蓄熱式空調システムの欠点を大きく改善するとともに、従来の蓄熱方式の持つ夜間割引料金の適用という有利さを兼ね備えた、氷蓄熱式空調システムの熱源機をユニット化した冷暖房兼用のKAH型氷蓄熱ユニットを開発した。

本稿では、製品の仕様を決定するに至る背景及び開発の経緯と、システムの経済性を保証する蓄熱運転制御を主体に、製品の概要について紹介する。

2. 開発の背景と目標仕様

2.1 開発の背景

2.1.1 設備動向

空調設備の熱源として、冷却水の使用と公害対策の必要性という理由で、水冷チラー+ボイラの時代から電動式空気熱源ヒートポンプが主体の時代になってから十数年が経過した。しかし、一般的の閉回路方式では、熱容量が小さいため、せん銳負荷に合わせて機種選定するため、ヒートポンプの余裕率が大きくなる。このため氷蓄熱方式を採用し、負荷の同時稼働率を考慮することにより、ヒートポンプの容量を低減したが、反面、蓄熱槽の設置スペースが大きくなるというデメリットがあった。氷蓄熱式空調システムは、この難点を大幅に改善した。また、氷蓄熱方式と異なり、蓄熱量を氷の生成量という目に見える形で表現できるため、非常に理解しやすいということと、これまで空調にはなかった氷の新規性という感性的な面が受け入れられて、一層注目を集めることになった。更に、設備計画及びその導入を容易にするという目的で、ユニット化が要求された。

2.1.2 要求機能

(1) 省スペース

今日の一般状況として、氷蓄熱式空調システムのような大きな設置スペースはもちろん、通常の熱源のための専用スペースをビル内で得ることが非常に困難となっている。既設ビルの設備更新において、その機械室を利用する場合でも、搬入の問題を含めて、ユニット寸法を小さくすることが絶対的な条件となる。このためにユニットとして、

- (a) 蓄熱槽のIPF(Ice Packing Factor: 氷充てん率)を大きくして、容積当たりの蓄熱量を大きくする。
- (b) 制御弁及び補機類を含めた配管群をユニット化し、メンテナンス性とスペース効率を向上させる。

ということが必要となる。

(2) 省エネルギー

いかなる機器・設備においても、省エネルギーは常に追求される

一マであるが、氷蓄熱式空調システムにおいては製氷運転という性格上、一般冷房時の冷水運転よりも低い温度域、すなわち低COPの領域で運転せざるを得ない事情があるため、

(a) 热交換器を含めた冷凍サイクルと、補機を含めた熱源ユニット全体のシステムCOPを向上させる。

(b) 業務用蓄熱調整契約の特典を利用したトータルランニングコストの低減を図る。

という二つの要請がある。

(3) 電気容量の低減

ビルのインテリジェント化により電気設備容量の増加と、それと同時に発生する内部発熱負荷が増加するため、空調設備の増強が必要となってくる。既設ビルでは電気設備容量が既に飽和状態にあり、増設の余裕がない場合が多く、熱源の増強のための電気容量の増設が困難なケースが多い。

(4) 運転の容易性

専門の運転・保守要員は全く期待できないため、制御の全自動化は当然必要となる。しかも蓄熱運転制御は、蓄熱方式の経済性を保証する必要があるため、その確実性と信頼性は最優先となる。また、センサなどによる制御のための情報は、すべてユニット内で構成する

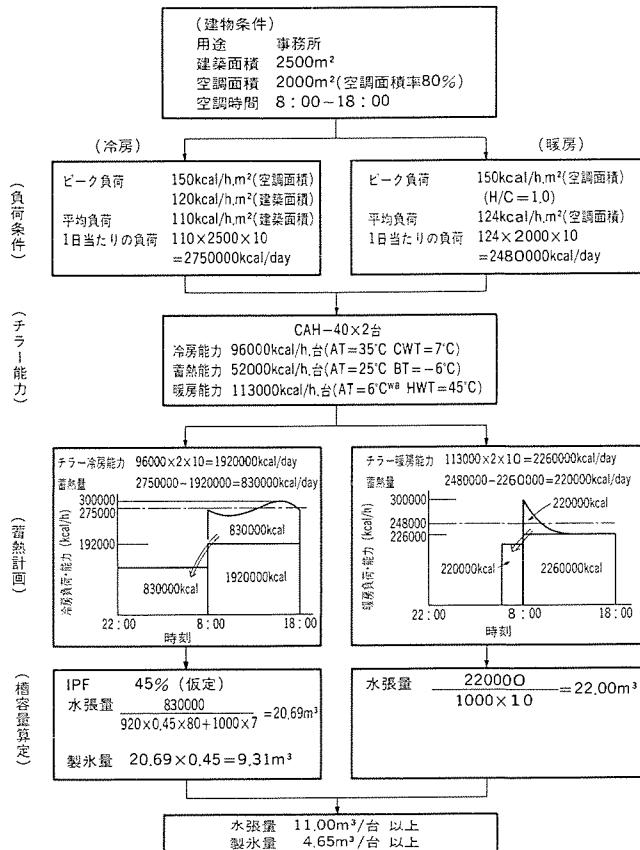


図 1. 蓄熱槽容量算定フロー

自己完結型であることが、計画・施工の省力化をもたらすだけでなく、信頼性のための重要な条件となる。

2.2 目標仕様

このユニットの対象は、事務所ビルを中心とした中小規模ビル主体となるが、ユニット構成の基本要素となるヒートポンプチラーと蓄熱槽の組合せ容量を、標準負荷モデルを設定することにより定めた。

(1) 槽容量の算定

対象は中規模の事務所ビルとして、図1.のように一般的な負荷条件を与える。空調時間は8:00~18:00の10時間と仮定したが、蓄熱運転時間は各電力会社が蓄熱調整契約制度に定めるとおり、22:00~8:00の10時間以内に行わなければいけない。算定結果に示すように、槽容量の基本となる水張量は、暖房条件によって決まる。

(2) 確定仕様

表1.に確定仕様を示す。実際の設備計画では、上記仮定条件と異なる場合がほとんどであるが、冷房蓄熱容量が不足する場合はIPFで(50%程度まで)、暖房蓄熱容量が不足する場合は補助蓄熱槽を併設することによって対応可能である。

3. 技術的課題

3.1 製氷方式

氷の作り方とその利用の仕方で、何種類かの方法があり、これまで実用化されている氷蓄熱方式の主要なものを表2.に示す。このユニットでは、No.1のブライン冷却による管外着氷方式を採用した。その理由として、

(1) ブライン方式

熱効率及び冷凍機のCOPで比較すると、ブライン方式よりも直膨方式が有利であるが、直膨方式の短所として、

表1. KAH型氷蓄熱ユニットの蓄熱容量

| 項目 | | 型名 | KAH-30 | KAH-40 | KAH-50 |
|----|-----------------------|---------|---------|---------|--------|
| 水 | 張量 (m ³) | 8.582 | 11.292 | 14.003 | |
| 冷 | 蓄熱容量 (kcal) | 354,110 | 472,150 | 590,180 | |
| 房 | 製水量 (m ³) | 4.027 | 5.383 | 6.740 | |
| | I P F (%) | 46.9 | 47.7 | 48.1 | |
| 暖房 | 蓄熱容量 (kcal) | 85,820 | 112,920 | 140,030 | |

表2. 現在まで実用化された氷蓄熱方式

| NO. | 名称 | 蓄熱方法 | | | 水の利用状態 |
|-----|-----------|------|-------------|-------|-----------------|
| | | 製氷側 | 概念図 | 負荷側 | |
| 1 | 管外着氷 | ブライン | フライン 氷 | 水 | 着氷部固定 |
| 2 | 管内着氷 | | フライン 氷 | | |
| 3 | カプセル内着氷 | | フライン 氷 | ブライン | |
| 4 | 管外着氷 | 直膨 | 冷媒 氷 | 水 | 着氷部から はく離・移動 |
| 5 | シャーベット状製氷 | | 冷媒 氷 | 水+氷 | |
| 6 | 薄板状製氷 | | 冷媒 (氷+水) | (氷+水) | |

(a) 製氷量を多くするため冷却管が長くなり、その結果冷媒量が相当多くなり、安定な運転を確保するためには、大きな容量の受液器の設置を含み冷媒系統の対策に多大のコスト増を必要とする。

(b) 圧力上の制約から冷却管には、鋼管や銅管などの金属製の配管材料を使用しなければならないため、重量も増えて更にコスト高となる。

などがあり、従来のヒートポンプチラーで実績のある冷凍サイクルを、そのまま生かせるブライン方式を採用した。

(2) 管外着氷方式

管外着氷方式に対して、管内着氷及びカプセル内着氷方式があるが、(a) 両方式とも、蓄熱槽内にブラインが満たされているので、外気との温度差が大きくなり、熱ロスも大きくなる。

(b) 管内着氷方式の場合、IPFを上げるために氷厚を大きくしていくと、管内が氷でいっぱいになり、水の通路が小さくなり、伝熱面積の減少も伴って、蓄熱を取り出しにくくなる。

(c) カプセル内着氷方式は、蓄熱の取り出しまでブラインで行うため、ブラインが負荷側まで循環してしまう場合と、熱交換器を設置して水に置き換える場合の2通りあるが、いずれにしてもコスト高となり、搬送動力も大きくなる。

などの理由で、管外着氷方式を採用した。

3.2 热交換器

熱交換器の各設計要素と蓄熱槽の組み合せが、IPF・COP・製氷速度などの蓄熱ユニットの基本性能を決定する。その熱特性を左右する設計要素として、

- ・冷却管：口径、肉厚、管長、槽内配列、材質(熱伝導率)
- ・ブライン：温度、流速、種類(比重、粘性、熱伝導率)
- ・氷：氷厚

がある。このユニットでは、冷却管として架橋ポリエチレンチューブを採用した。金属管に比較して、熱伝導率が小さく(約0.3 kcal/mh°C)、熱的には不利と思われるが、同等の熱特性を得るまで、管長を長くしても、コスト・重量の有利さは変わることなく、広い使用温度範囲(-10~+60°C)においても、その力学的強度は安定している。図2.に氷厚・ブライン管内流速を変化させた場合の熱貫流率の特性を示す。

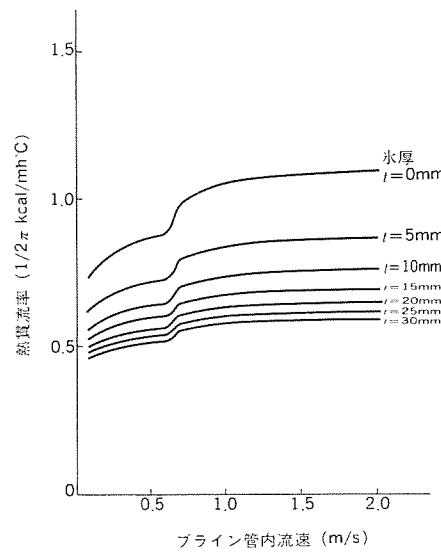


図2. ブライン流速と熱貫流率

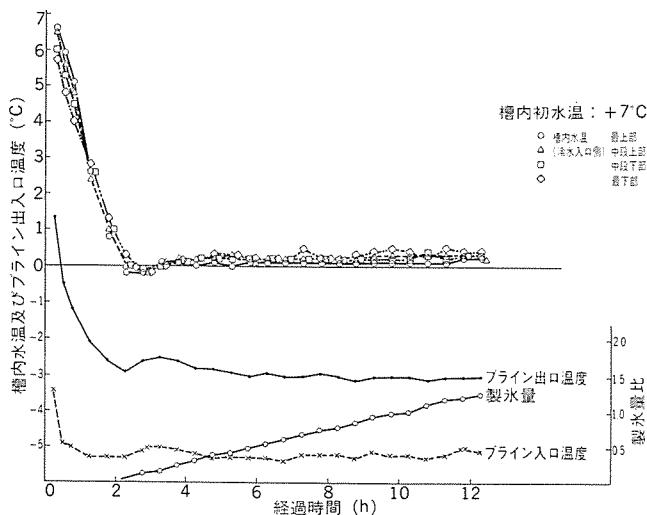


図 3. 製氷時の製氷量・槽内水温・ブライン温度の変化

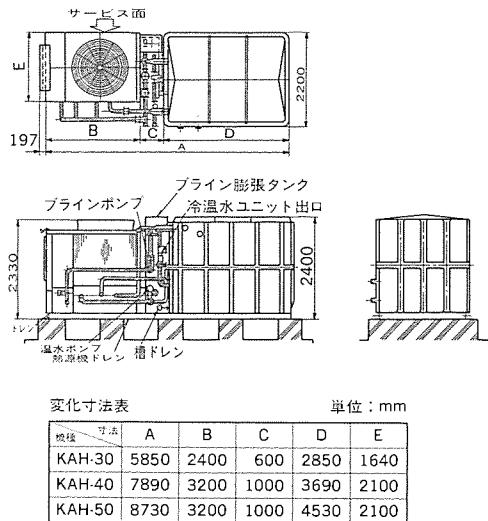


図 4. KAH 型水蓄熱ユニットの外観図

3.3 製氷速度

図 3. に製氷運転時のデータを示す。槽内水温 7°C から蓄熱運転を開始して、約 2 時間後から着氷が始まるが、このときまで低下してきたブライン温度も、その後はあまり変化がなく、製氷速度もほぼ一定である。これは、図 2. に示すように、氷厚が厚くなると熱貫流率は低下するが、氷厚に伴ってその低減率が小さくなるため、伝熱量があまり変化しないためである。

4. 製品の概要

4.1 仕様及び構成

4.1.1 仕様・外形

表 1. に主要特性の仕様を、図 4. に外形図を示す。

4.1.2 構成

このユニットは図 5. に示すとおり、四つのパターンの運転を行う。このユニットは蓄熱コントローラを含むヒートポンプチラーユニットと蓄熱槽及びポンプ・膨張タンク・制御機器等をユニット化した蓄熱槽ユニットから成っている。

(1) ヒートポンプチラー (CAH-FB 型)

ブライン用熱交換器と冷温水用熱交換器をもつ 2 クーラー方式空冷ヒートポンプチラーを採用した。

(2) 蓄熱槽

蓄熱槽は 40 mm 厚みの硬質ウレタンフォームを、FRP 板でサンドイッチ状に包んだ一体成形タイプで、非常に堅牢で熱ロスも少ない。前述のとおり、製氷用熱交換器には架橋ポリエチレンチューブを採用し、槽内にヘアピン状に配置している。

(3) 補器類

蓄熱槽と同じベース上に、ポンプ(ブライン、温水)、膨張タンク、制御弁などの補器類をコンパクトにユニット化している。

(4) 制御装置

マイコン搭載の専用コントローラで全自動運転を可能とした。水位センサ・氷厚センサ・水温センサなどにより、蓄熱量の演算・異常検出・負荷側供給水の一定温度制御を行う。次に、制御装置の概要について述べる。

4.2 制御装置

4.2.1 制御概要

制御装置の機能仕様を表 3. に示す。蓄熱運転は常に蓄熱容量の 100 % を蓄熱する運転を基本とし、キーボードから設定されたタイムスケジュールの時間内で行う。タイムスケジュールにより蓄熱運転を開始し、キーボードで設定した蓄熱レベルに達した時点で蓄熱運転を完了する。翌日が休・祭日の場合は、翌日分の蓄熱運転は行わないものとする。

空調運転はキーボードから設定されたタイムスケジュールにより行い、空調運転終了時に残蓄熱量が “0” となるよう、あらかじめ設定された残蓄熱量変化特性に従うフィードバック制御を行う。すなわち、昼間の空調時間帯には夜間の蓄熱分を全量使い切るように負荷予測量と残蓄熱量の比較演算を行い、チラーの運転制御を行う。

4.2.2 蓄熱制御

(1) 負荷予測制御の必要性

蓄熱式空調システムの目的は、昼間の空調に必要な電力を夜間に移行することと、熱源機容量を低減すること

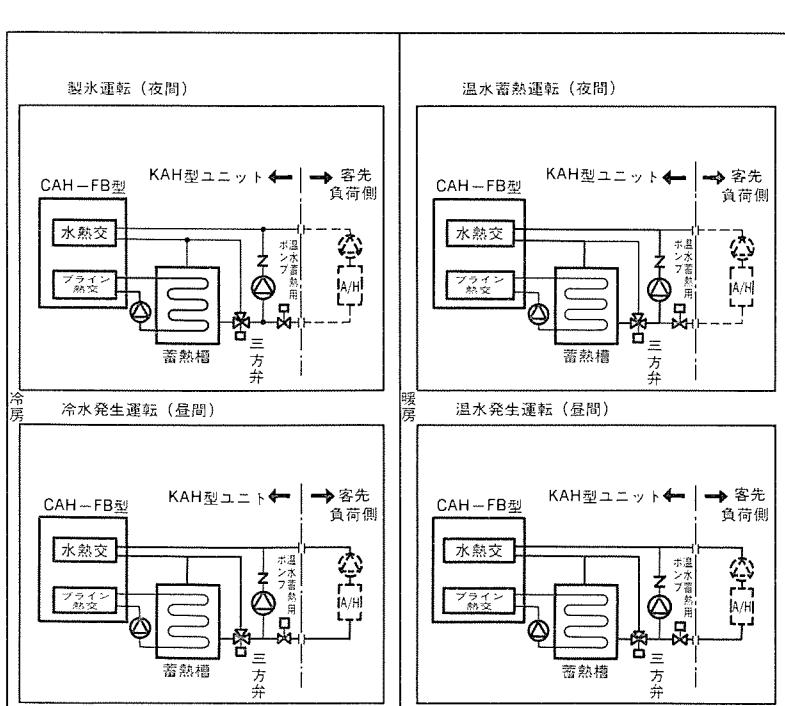


図 5. 運転パターン図

表 3. 氷蓄熱ユニット制御装置の機能仕様

| | |
|---------|--|
| 制御機能 | この制御装置は、KAH型氷蓄熱ユニットのチラーユニット、ブラインポンプ、温水ポンプ、冷温水制御弁、負荷側ポンプの制御を行う。 |
| | (1) 残蓄熱量管理によるユニットの冷房運転 (2) 冷水入口温度によるユニットの冷房運転 (3) 温水入口温度によるユニットの暖房運転 (4) 蓄熱槽水位によるユニットの冷房蓄熱運転 (5) 蓄熱槽水温によるユニットの暖房蓄熱運転 (6) タイムスケジュールによる暖房時の自動予熱運転 (7) 蓄熱/空調運転のタイムスケジュールによる運転 (8) 三方弁による冷温水供給温度一定制御 (9) 残蓄熱量特性モードの変更制御(冷房空調運転時) |
| データのモニタ | (1) ユニットの運転 (4) 槽内水温 (2) 冷温水入口温度 (5) 槽水位 (3) 冷温水供給温度 (6) 曜日、時計及び各設定項目 |
| 設定機能 | (1) 曜日・日時 (2) 空調運転タイムスケジュール (3) 蓄熱運転タイムスケジュール (4) 暖房予熱運転時間 (5) 蓄熱レベル (6) 初期モード(残蓄熱量特性モード) (7) モード0蓄熱指數 (8) 休・祭日登録 (9) 冷温水供給温度 (10) 蓄熱終了温度 (11) ユニット運転温水入口温度(暖房運転) (12) ユニット停止温水入口温度(暖房運転) (13) ユニット運転ディファレンシャル(冷房運転) (14) ユニット停止ディファレンシャル(冷房運転) (15) ユニット運転冷水入口温度(冷房運転) (16) ユニット停止冷水入口温度(冷房運転) (17) モード変更ディファレンシャル (18) 蓄熱運転停止指數 |

とにある。このためには、熱源のチラーを昼夜運転する必要があり、いつ、どの程度運転するのかが課題となる。例えば、槽内の蓄熱分を使い切った後、チラーを運転することになると、午後のピーク負荷に対応できなくなる。逆に全量使い切れば残氷することになると、夜間移行率の低下を招き、有利な夜間割引料金を十分に利用できないことになる。

ピーク負荷に対応し、蓄熱量を全量使い切るためには、当日の負荷を事前に予測し、チラーの運転するタイミングを制御する必要がある。

(2) 負荷予測

このユニットのコントローラでは、最大負荷日の負荷パターンと最大蓄熱量をキーインし、マイコンに登録する方法を採用している。

軽負荷時に対しては、最大負荷日の負荷パターンから、自動演算により軽負荷パターンが準備され、どの負荷パターンが適用されるかは、前日の残蓄熱量により日々変更される。また、当日の変動については、空調運転開始時の蓄熱量の減少速度で見直される。すなわち、どの負荷パターンを選択するかは、前日の空調終了時及び当日の空調開始時の2回修正される。

(3) 残蓄熱量制御運転

予測負荷に対し、どのようにチラーを運転するかは、残蓄熱量との比較により行われる。

図6.に示すように、空調時間帯はステップに分けられ、各ステップごとに必要残蓄熱量が登録され、ディファレンシャルが設けられている。実際の残蓄熱量がこのディファレンシャル内にあれば、チラーの運転は行われない。必要残蓄熱量に対して、実際の残蓄熱量が小さくなり、ディファレンシャルの下限以下になった場合、チラーが運転を開始し、残蓄熱量がディファレンシャルの上限に至るまで運転は続けられ、上限に達した時点でチラーは停止し、蓄熱分による空調運転となる。

上記制御により、予測負荷に対し適正なチラーの運転が行われる。

4.3 ユニットの特長

4.3.1 2クーラー方式採用

図7.に示すように2クーラー方式には、氷蓄熱専用のブライン熱交

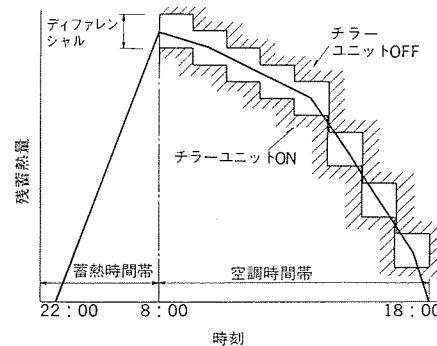
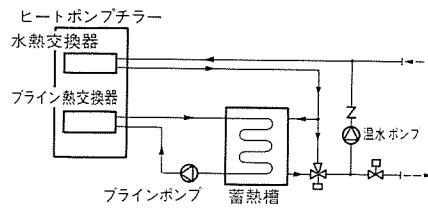
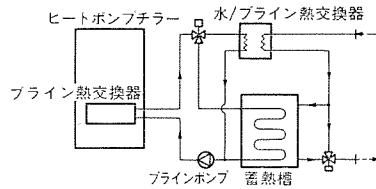


図6. 残蓄熱量制御運転 ダイアグラム



(a) 2クーラー方式



(b) 1クーラー方式

図7. 2クーラー方式と1クーラー方式のシステム構成

換器と、冷暖房空調運転及び温水蓄熱運転用の冷温水熱交換器の二つの冷媒熱交換器がある。1クーラー方式では、一つのブライン熱交換器すべての運転パターンを受け持っている。

(1) 冷房時の特性

(a) 能力: 1クーラー方式は蒸発温度及びブラインポンプ動力による冷却能力の目減りにより、2クーラー方式より不利である。

(b) COP: 外気温度 35°C、冷水出口温度 7°Cにおいて、2クーラー方式は1クーラー方式より約 13~19 % 有利となる。

(2) 暖房時の特性

(a) 能力: 1クーラー方式は凝縮温度が高くなり、加熱能力は減少し、2クーラー方式より不利になる。

(b) COP: 外気温度 7°C、RH=85 %、温水出口温度 45°C の条件で、2クーラー方式の方が約 10~14 % 有利となる。

4.3.2 自動予熱運転

暖房時、自動予熱運転の設定が可能で、夜間電力によるタンク蓄熱運転とともに建物予熱運転を行い、暖房負荷のピークである朝の立ち上がり負荷を軽減することができる。

5. むすび

以上、当社の空調用氷蓄熱ユニットの製品化経緯を述べたが、高効率な2クーラー方式が正当な評価を受けて、実績が増えつつある。現時点では、ブライン方式がベターと考えるが、実用化にはまだ多くの課題を持っている直膨方式を含めて、より効率の良い、使いやすいシステムを提供できるよう、今後とも研究を重ねていく所存である。

D 温度ブースタ

弓倉恒雄* 新井卓史**
渕田静男**
山中悟郎***

1. まえがき

我が国では、原油の99%までが輸入による海外依存であり、エネルギー資源に乏しい。また、消費されたエネルギーの半分以上は、大気、河川又は海に排出されているのが現状である。近年においては、原油価格の低下や円高によってエネルギーコストが下落し、省エネルギーへの対応が若干緩和しているものの、長期的な観点では決して予断を許さず、幅広い視野を持ち対処していかなければならない。

省エネルギーに対しては、オイルショックを契機に特にその機運が高まり、国家プロジェクト、大学、民間企業で研究が進められた。一方、エネルギー需要の大半を占めるユーザーである製造業でも、各種の省エネルギー方策が取られた。しかし、内容的にはシステムの改良による適正化、合理化、又は熱交換器による熱回収など受動的なものが多く見られ、現状では省エネルギーを考える工場などでほとんど普及したと推察される。今後は、省エネルギー機器の適用により排熱を回収し、再度工場内プロセスに有用な高品位のエネルギーとする能動的な方策になると思われる。

当社においても、昭和56年から排熱回収用第2種吸収式ヒートポンプ（商品名“温度ブースタ”）の製品化のための研究開発に着手し、昭和61年9月に世界初の性能をもつ、次の仕様の製品化をみた。

- (1) 昇温幅（熱入出力温度差）60°C
- (2) 热出力温度 150°C
- (3) 小型高性能化
- (4) 高経済性
- (5) 高信頼性

以下本稿では、排熱の実態と熱回収ヒートポンプの現状及び温度ブースタ研究開発の経緯、二段昇温サイクルと新型伝熱管“ファーフィン管”(Fir Fin Tube)を採用した試作機の性能などについて述べる。

2. 排熱の実態

各種産業分野における排熱の実態としては、例えば(財)大阪科学技術センターにより調査された表1.に示すものがある⁽¹⁾。いずれの

表1. 1事業所当たりの業種別排熱発生状況

| 業種 | 発生排熱量 (kcal/月) | 排熱割合(%) | | | | |
|---------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|-----|
| | | 250°C以下 の低温燃焼 排ガス | 250°C以上 の高温燃焼 排ガス | 35°C未 満の低温 冷却水 | 35°C以上 の高温 冷却水 | その他 |
| 電気業 | 398.3×10 ³ | 11 | — | 89 | — | — |
| 鉄鋼業 | 158.9 | 10 | 15 | 42 | 17 | 15 |
| 石油石炭製品 | 95.0 | 7 | 15 | 40 | 22 | 17 |
| 化学工業 | 59.4 | 11 | 1 | 18 | 58 | 12 |
| ガス工業 | 50.0 | 14 | 11 | 9 | 28 | 37 |
| 非鉄金属製造 | 21.3 | 10 | 4 | — | 86 | — |
| 窯業土石製造 | 10.2 | 53 | 1 | 2 | 14 | 30 |
| バルブ紙加工品 | 9.0 | 7 | 2 | 44 | 31 | 16 |
| ゴム製品 | 5.4 | 13 | — | 28 | 59 | — |

〔(財)大阪科学技術センター調査〕

* 中央研究所 ** 本社 *** 中央研究所(工博)

表2. 化学工業における排熱と熱需要調査

| プロセス | 排熱温度 | 熱需要温度 |
|-----------|---------|-----------|
| 有機溶剤蒸留塔 | 92°C | 120°C |
| ベンゼン蒸留 | 85~90°C | 135°C |
| 酢酸・有機溶剤回収 | 75~80°C | 110~130°C |
| 油脂精製 | 60~80°C | 130°C |

産業でも、100°C以下の中低温排熱が多量に存在していることを示している。また、当社においても化学工業関連の事業所を中心に訪問し、独自に排熱の調査を行った。この一例を表2.に示している。化学工業では、35~100°Cの温排水が排熱全体の58%を占めている。この分野の排熱は、温排水のほかに凝縮性蒸気も多く、可燃性、腐食性ガスも含まれている。また、鉄鋼業では、150~200°C以上の高温排熱は有効に利用されているが、それ以下の排熱は多く存在するにもかかわらず、捨てられているのが現状である。

これら調査の結果、産業界では60~90°Cレベルの中温排熱が多く、一方需要側の加熱用スチーム温度としては、110~135°C程度の場合が多く存在することが判明した。

3. 排熱回収ヒートポンプの現状

ヒートポンプには大別して、蒸気圧縮式と吸収式がある。いずれの方式においても、冷媒の凝縮又は蒸発の相変化に伴う熱の授受を熱交換器を介して行うもので、低温熱源から高温側へ熱を輸送する仕事(冷媒の搬送)を蒸気圧縮式では圧縮機が、吸収式では吸収器と発生器が受け持っている。吸収式は更に、第1種と第2種の二つに分けられる。前者は、高温熱を駆動源とし入力熱量より多い中温出力が得られる増熱型であるのに対し、後者は中温熱を駆動源とし、これより高い高温出力が得られる昇温型である。

これら現状のヒートポンプ特性は、表3.からもわかるように、蒸気圧縮式は成績係数が2~5と高い特徴の反面、かなりの電力消費を伴う。また、昇温幅は30~50°Cと高いが、最高出力温度は冷媒の熱分解や潤滑油劣化の温度問題から、120°C程度に制限されている。

第1種吸収式は、通常天然ガス、石油などの燃焼熱若しくは高温水蒸気の潜熱などを駆動源とし、低温排熱(10~50°C)を回収して二重効用の採用などにより駆動熱量の1.3~2.0倍の出力が得られる。

表3. ヒートポンプ特性の現状

| ヒートポンプ 方式 | 冷媒 機能 | 駆動源 | 熱出力温度 | 成績係数 |
|--------------|--------------------------|--|----------------------|---------|
| 蒸気 圧縮式 | 中温出力 R 22 | 電気 (圧縮機駆動) | $T_1 +$ (30~50°C) | 2~5 |
| | 高温出力 R 114 | | $T_1 +$ (30~50°C) | |
| 吸収式 | 增熱 (第1種) 水(./LiBr) | 高温熱源 ($T_3 = 100 \sim 130^\circ\text{C}$) | $T_3 -$ (約50°C) | 1.3~2.0 |
| | 昇温 (第2種) 水(./LiBr) | | $T_2 +$ (約30°C) | |

注 T_1 : 低温熱源、成績係数 = $\frac{\text{出力}}{\text{入力}}$

しかし、熱出力温度は駆動熱源より約50°C低くなる。一方、温度ブースタを含めた第2種吸収式は、市場に登場して5~6年と歴史は浅い。しかし、現在排熱温度より約30°C高い出力温度が得られるため、従来は捨てられていた中温排熱によって直接ヒートポンプの駆動ができ、再利用可能な高品位の有効エネルギーが outputとして得られる大きな省エネルギー効果を備えている。

4. 温度ブースタ開発のねらい

各種産業プロセスの排熱実態調査の結果、排熱の温度レベルは60~90°C、熱需要の温度レベルは110~135°Cが多いことがわかった。したがって、排熱回収には30°C以上の昇温幅、135°C以上の出力温度の可能なシステム機器が要求される。

しかし、従来の排熱回収ヒートポンプにおいて、蒸気圧縮式は大きな電気動力を必要とし、経済性が成立しにくい。また、高温用でも、最高出力温度が120°Cと実用的には低い。更に、吸収式ヒートポンプのうち第1種は、高温の駆動熱源を必要とし、得られる温度が熱源温度より低く排熱回収機器として成立しにくい。一方、第2種は、中温排熱を利用して高温熱出力を得られるため、熱回収機器として有望である。更に、第2種のメリットとしては次のことがある。一般に排熱を発生する産業プロセスでは、同時に加熱用などのスチームを必要としている。このため、ヒートポンプにより回収したエネルギーは、オンライン的に再利用でき特別な付属設備が不要となり、更に運転にあたっての電力消費が溶液ポンプなどに限られるため、熱出力に比べてはるかに小さいエネルギーコストで運転可能なことから、経済的に有利である。また、ポンプ類を除いて可動部がないため信頼性が高く、低騒音であるなどの特徴をもっている。しかし、従来の第2種吸収式ヒートポンプは、昇温幅が約30°Cと小さいため有効に利用される機会が少なかった。

これらの点を考慮し、我々は排熱回収ヒートポンプとして第2種吸収式の原理を利用する温度ブースタに焦点をあて、その昇温幅を60°C、また出力温度を150°Cに目標設定した。また、その他の開発課題として、エネルギー効率、経済性の向上、信頼性の向上とともに、コンパクト性、更にはプロセス側との応答・制御性などのマッチングなどを取り上げ研究開発に着手した。

5. 温度ブースタ基本技術の開発

5.1 原理

吸収式の原理に基づく温度ブースタは、吸収式冷凍機などの実現により未知技術ではない。しかし、前述の昇温幅60°Cを達成するためには、従来の単段にかわり二段昇温サイクルを採用する必要がある。

図1.は、温度ブースタの概念構成の一例を示す図で、基本的には熱交換器、ポンプ及び配管系から構成されている。図2.は、この二段昇温サイクルでの温度ブースタの動作を、リチウムプロマイド-水系(LiBr-H₂O)のデューリング(Dühring)線図(水溶液の濃度ごとに、その温度Tについて溶液と平衡する溶液面上の水蒸気分圧Pとの関係を示している)上に描いたものである。

温度ブースタの駆動源となる排熱は、温度レベルT_Lで発生器と第1蒸発器に入る。発生器では、第1吸収器からの濃度X₁のLiBr水溶液が排熱(温度≈T_L)によって加熱され冷媒蒸気が発生し、濃度X₃に濃縮される。この溶液は、溶液ポンプで第2吸収器に送られる。一方、発生器で発生した冷媒蒸気は、凝縮器で冷却水(温度≈T_c)により冷却され凝縮液化する。この冷媒液は、冷媒ポンプに

よって例えば第2蒸発器に送られ、その後第1蒸発器に流れる。第1蒸発器では、排熱により冷媒が加熱されて蒸気となり、この蒸気は第1吸収器へ流れる。第1吸収器では、第2吸収器から流入する濃度X₂の溶液が、第1蒸発器からの温度T_Lの蒸気を吸収し、このとき温度T_Mの吸収熱を発生する。この熱は、第2蒸発器内冷媒の加熱源として用いられ、第2蒸発器では温度T_Mの蒸気が発生することになる。この冷媒蒸気は、発生器から送られた濃度X₃の溶液に第2吸収器で吸収され、このとき得られる温度T_Hの吸収熱が温度ブースタの出力となる。第2吸収器で冷媒蒸気を吸収し濃度X₂と希釈された溶液は、更に第1吸収器で第1蒸発器からの蒸気を吸収し、濃度X₁となって発生器に戻り、連続した吸収サイクルになる。ここで、低温及び高温熱交換器は熱回収用熱交換器で、溶液顕熱を熱回収することにより成績係数を向上させる働きを持っている。

このように、温度ブースタの吸収サイクルは、第1吸収器と第2吸収器で蒸気吸収作用を行う二段吸収サイクルであり、従来は単段サイクルで温度T_Mの出力しか得られなかったものを、温度T_Hまで上げることができる。実際の温度ブースタにおける動作温度は、概略T_c=40°C、T_L=80°C、T_M=115°C、T_H=150°Cである。したがって、冷媒である水の飽和温度からわかるように、圧力P_Lの発生器、凝縮器と圧力P_Mの第1吸収器、第1蒸発器は真空状態で動作することになる。

5.2 システムの開発

5.2.1 単段システム

二段昇温システムを開発するにあたり、まず単段昇温システムを試作・試験し、動作特性や制御性などを確認するとともに、種々の問題点を抽出し、開発試作機設計のための指針を得るようにした。

単段システムの試作にあたり、作動媒体である冷媒と吸収剤の組合

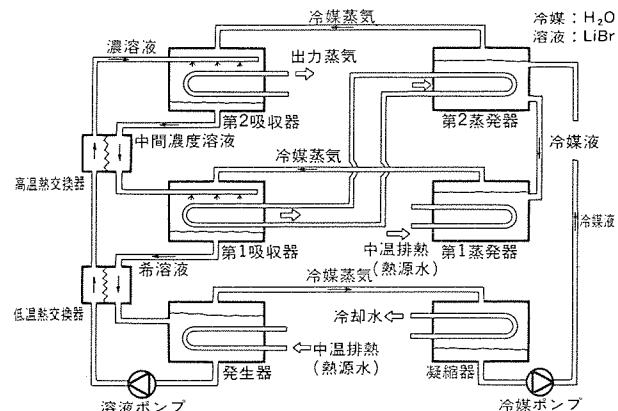


図1. 温度ブースタの概念構成

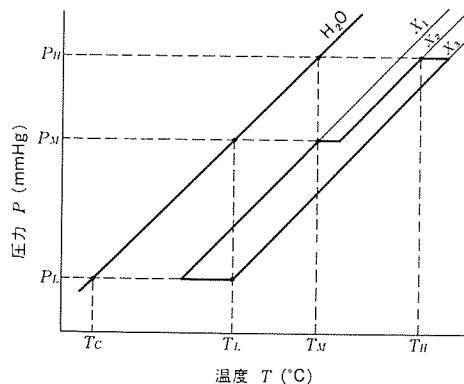


図2. 二段昇温サイクルのデューリング線図

せを吸収特性、安全性、毒性などの面から検討した。この結果、従来の実績などから水とリチウムプロマイドのペアを選定した。単段システムの試験結果、及び定常シミュレーション結果に関しては、既に報告⁽²⁾しているのでここでは簡単に述べておく。

構成は、発生器・吸収器・蒸発器と凝縮器の主な四つの熱交換器から成っている。本機では、発生器と蒸発器に導かれた中温排熱により駆動され、吸収器から昇温された高温熱出力が得られる。熱交換器方式は、吸収器が従来と同様のスプレーによる液散布方式、また蒸発器は小型モデルであったため満液式を採用した。

試験から得られた性能は、目標値 30°C を満足する 33.8°C (排熱源 68°C、冷却水 33°C) の昇温幅とともに、熱入出力から見た成績係数も、ほぼ理論値に近い 0.46 を示した。また、定常状態のシミュレーション結果も試験データと良い一致を示し、計算モデルの正しいことも立証された。更に、単段システムでの動作及び熱交換特性などを検討の結果、従来の吸収式冷凍機に見られる横型熱交換器で、溶液散布方式の吸収器を例にとると、散布された溶液が伝熱管群に均一液膜を形成することは困難である。この結果、性能低下は免れず、熱交換器のコンパクト化に支障をきたすことなどから、熱交換器を縦型とすることにした。これに伴い、溶液とプロセス給水を向流にて流すことで、温度効率の向上が期待できる。また、蒸発器、発生器では、容量の大型化に伴い満液式では液柱ヘッドによる沸点上昇が大きくなり、排熱が有効に利用されないためこれら熱交換器も縦型の方が好ましい。以上から、システムと同時に縦型熱交換器に有効な伝熱管の研究を行う必要も生じた。

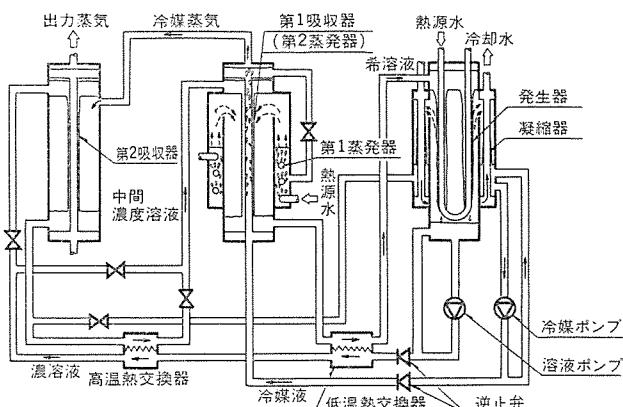


図3. 二段システムの構成

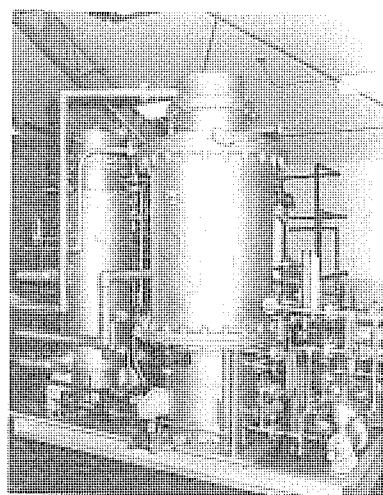


図4. 二段システムの外観

5. 2. 2 二段システム

次に、縦型熱交換器を採用した二段システムについて検討を行い、図3. に示すシステム及び機器を試作・試験した。この装置の外観を図4. に示す。

構成は、冷媒である水蒸気の流れ、又は圧力レベルを考慮して発生器と凝縮器、及び第1吸収器と第1蒸発器を同一シェル内に収納した。更に、第1吸収器で発生した吸収熱は第2蒸発器の熱源として用いるため、第1吸収器伝熱管の管内を第2蒸発器として構成している。これら縦型熱交換器には、単段システムでの特性を改善するため凝縮器を除き、後で述べる流下液膜方式の新型伝熱管を採用した。また、低温と高温熱交換器は、シェルアンドチューブ型を採用した。

試験の結果、発生器と第1蒸発器への熱入力 116 kW の本機性能は、89°C の排熱源と 23°C の凝縮器冷却水条件のもとで、第2吸収器から 151°C (0.49 MPa) の蒸気熱出力が得られ、当初の目標どおり 62°C の昇温幅を備えていることがわかった。このように、二段システムからは基本性能を把握するとともに、試験データからは開発試作機の設計に向けて、実機での幅広い運転領域を確保し負荷変動などにすみやかに応答するための制御方式、及び連続運転に耐えうる機器としての信頼性確保などの技術を得た(この開発成果は、1985年6月にハワイで開催されたASHRAE会議に発表⁽³⁾し、1985年のベスト論文賞を受賞した)。

5. 3 伝熱管の開発

縦型熱交換方式の採用に伴い、伝熱管の開発試験も並行して行った。流下液膜方式の伝熱管では、液膜における熱伝達、物質伝達を向上させるため、均一なぬ(濡)れ性、流れの乱れなどを考慮しなくてはならない。

試験の結果、我々はこの方式に適合した特殊フィン形状をもつ新型伝熱管“ファーフィン管”(Fir Finned Tube)を開発した。このファーフィン管の外観の一例を図5. に示している。ファーフィン管は、薄いリボン状の金属片に切り込みを入れ伝熱管に巻き付けたもので、このフィン形状がもみの木(ファーツリー)に似ていることから命名した。性能に関しては既に報告⁽⁴⁾したが、一例として LiBr 水溶液が水蒸気を吸収する場合の物質伝達率、及びフィン上を流下する液体の液膜熱伝達率を図6.、図7. に示した。図からわかるように、ファーフィン管の物質伝達率は、膜レイノルズ数 1,000 において平滑管の 7.5 倍、コルゲート管の 2.3 倍となる。また、液膜熱伝達率は、膜レイノルズ数 2,000 において平滑管の 2.7 倍、コルゲート管の 1.4 倍の値が得られ、他の伝熱管に比べ非常に優れていることがわかった。この特性向上は、フィンによる面積増加以外に、フィンによる液膜の乱流効果及び流下する溶液の周期的な波動効果によるものと考えられる。このように、縦型熱交換器にファーフィン管を採用することで、熱交換器はコンパクトとなりコストや据付け面積の低減などが期待できる。

5. 4 材料の防食技術と腐食試験

吸収剤として用いるリチウムプロマイドは、リチウムと臭素がそれぞれアルカリ及びハロゲン族であることから容易に想像できるように、食塩と類似の性質を持っており、毒性は無い。しかし、金属に対する腐食性は、食塩水、塩化カルシウム水溶液などより小さいものの、機器の設計上は極めて重要な問題であり、慎重な検討が必要となる。当社においても防食技術は、機器の長期信頼性の面から重要な課題であるため、当社材料研究所を中心に取り組んできた。

一般に知られているように、LiBr は軟鋼に対し 150°C 以上の高温になると急激に腐食が進行する。温度 ブースタが 150°C の高温出力

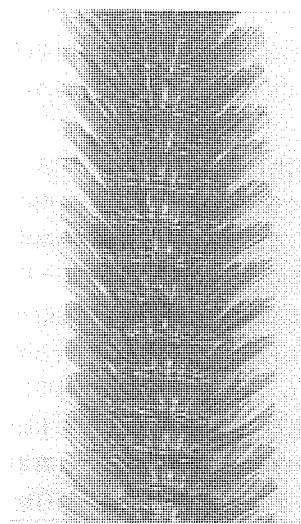


図 5. ファーフィン 管の外観

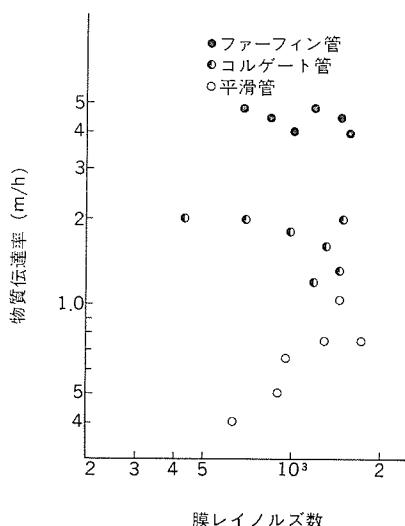


図 6. 物質伝達率

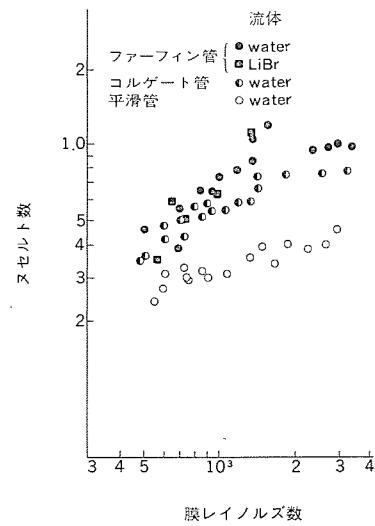


图 7. 液膜热传達率

をもっていることを考えると、重要な問題である。また、オーステナイト系のステンレス材は、応力腐食割れの問題、銅系材料も酸素濃度、温度差に起因する電気化学反応による腐食が考えられ、これらの腐食を抑制するインヒビタを見い出すことが LiBr を吸収剤として利用する重要な条件となる。市販されている LiBr 水溶液では、腐食抑制剤としてクロム酸リチウム (Li_2CrO_4)、pH 調整に水酸化リチウム (LiOH) を用いているものが一般に多く、吸収式冷凍機でもかなりの割合で用いられている。

短期から長期にわたり、銅、ステンレス銅、銅及び銅合金の材料に対し、静的又は動的な方法で腐食試験を行った。パラメータは溶液温度、腐食抑制剤の種類と濃度、pH、材質、試験期間などである。試験の結果、LiBr 水溶液に対しては、腐食抑制剤としてモリブデン酸リチウム (Li_2MoO_4) が良く、LiOH を投入した溶液の pH 値としては 10 前後、更に伝熱管として銅系材料を使用する場合には、ベンジトリアゾール (BTA) の添加が防食効果の高いことが判明した。また、溶液が高温となる伝熱管には、フェライト系のステンレス銅が最も優れていることが明らかとなつた。

これらの結果を踏まえ温度ブースタの設計は、強度面とともに腐食面からの長期信頼性も考慮して材質及び材料厚みの決定を行った。

6. 試作機の開発

システム及び熱交換器などの基本性能把握が終了後、これら結果をベースとして実用レベルの開発試作機の設計、製作及び試験を行った。試作機の設計・製作にあたり、昇温幅 60°C、出力温度 150°C を達成するための設計標準仕様を表 4. のように設定した。設定値において熱源水入口温度は、排熱の代表温度として 90°C を選定し、また冷却水入口温度はクリーリングタワー標準条件から決定した。更に、各

表 4. 開発試作機の設計標準仕様

| | | | | | | |
|------------|------|-------|----|------|-----|-------|
| 热源水入口温度 | °C | 90.0 | 出力 | 热量 | kW | 77.2 |
| 冷却水入口温度 | °C | 32.0 | | 温度 | °C | 150.0 |
| 溶液循环量 | kg/h | 2,500 | | 压 力 | MPa | 0.476 |
| 溶液浓度差 | WT% | 5.0 | | 昇温幅 | °C | 60.0 |
| 溶液热交换器温度效率 | — | 0.90 | | 成核系数 | — | 0.32 |

構成機器の工作性、製品としての輸送性、又は現地での据付け性の面から構造上の改造を図り、またメンテナンスや自動運転による操作性・信頼性も同時に考慮した。

6. 1 基本構成とシステムフロー

温度ブースタ開発試作機の外観とシステムフローを図8、図9に示す。開発試作機は、二段昇温サイクルを採用した60°C昇温タイプである。構成は、発生器、凝縮器と第1と第2の吸収器及び蒸発器が

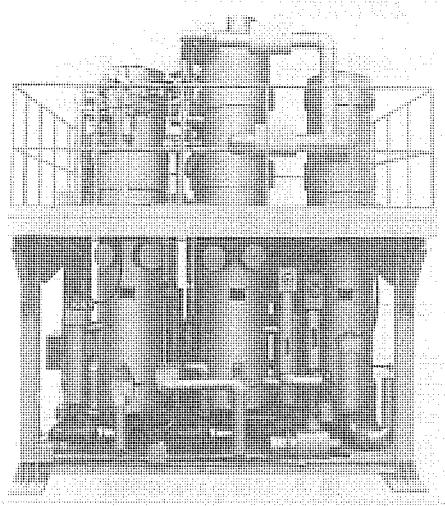


図 8. 開発試作機の外観

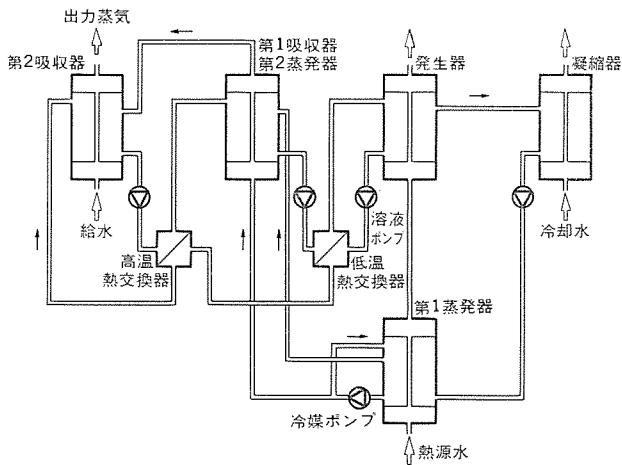


図 9. 開発試作機のシステムフロー

主な熱交換器で、第1吸収器と第2蒸発器は熱の授受関係から、同一伝熱管の管内外で構成されている。補器としては、溶液熱交換器・溶液ポンプ・冷媒ポンプなどである。ここで溶液熱交換器は、高効率を得るためプレート型熱交換器を用い、ポンプは空気漏れ防止からキャンドーモータポンプを採用した。更に、ファーフィン伝熱管は、発生器・吸収器・蒸発器に採用し、熱交換器のコンパクト化を図った。

システムフローは、二段システム試験機と基本的に同様であるが、この開発試作機では自動運転による制御性を重視したため、若干の差異がある。相違点は、溶液系統にそれぞれポンプを設け循環量制御を行うとともに、冷媒系統はポンプを2台設け、第1蒸発器での循環量を多く確保できるように設計した点である。

ここで、第1、第2吸収器は、動作圧力が大気圧を越え第1種圧力容器となるため、官庁（労働基準局）検査後に設置した。また、最終的に本機はシェルに100 mm、配管に30 mmの厚みの断熱を施している。なお、図9のシステムフローには記していないが、弁の切換により単段吸収サイクル運転も可能となっている。

6.2 自動制御

温度ゲースタの実用時には、自動化されたプロセスへの導入が想定されるため、この開発試作機も自動運転を可能とした。

制御は、シーケンサ主体の制御系を設計し、自動化したバルブ類及び各種センサにより本機を自動運転可能にした。制御は、起動・定常・停止・異常停止の4ブロックに分割して制御フローを構成している。一例として、起動時の制御フローチャートを図10に示す。起動時は、まず系内の真空度チェックを行い、不凝縮ガス混入の有無を調べ、混入のある場合は自動抽気装置を作動し、不凝縮ガスを系外に排出する。続いて、システム系統が正しく設定されていることを確認し、自動起動するように構成されている。更には、溶液ポンプ、熱源水・冷却水ポンプ、冷媒ポンプを順次起動するが、水蒸気が溶液に急激に吸収することを防止するため、溶液温度のチェックが間にしている。また、定常運転での容量制御は、基本的に各熱交換器での溶液又は冷媒の液面を検知し、流入する液量を流量調整弁で制御する方法で実施した。更に、自動停止は溶液濃度を検知し、溶液濃度が高く停止時に溶液結晶化のおそれのある場合は希釈運転（冷媒により溶液濃度を下げる）実施後、ポンプなどを停止する制御をしている。

6.3 特性

6.3.1 起動特性

標準仕様条件で、自動運転により定格出力温度に至るまでの所要

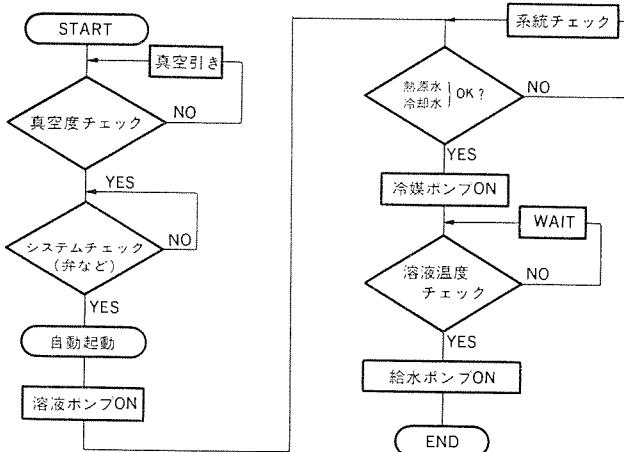


図10. 制御フローチャート（起動時）

表5. 開発試作機の特性

| | | | | | | |
|------------|------|-------|----|------|-----|-------|
| 熱源水入口温度 | °C | 91.0 | 出力 | 熱量 | kW | 69.4 |
| 冷却水入口温度 | °C | 32.5 | | 温度 | °C | 151.2 |
| 溶液循環量 | kg/h | 2,410 | | 圧力 | MPa | 0.492 |
| 溶液濃度差 | WT% | 5.0 | | 昇温幅 | °C | 60.2 |
| 溶液熱交換器温度効率 | — | 0.86 | | 成績係数 | — | 0.31 |

時間は、0.5~1.0時間であった。この値は、起動前の条件によって異なるが、機器の熱容量などから推算した時間とほぼ一致し、十分実用に供しうることが判明した。

6.3.2 標準性能

標準仕様の熱源水及び冷却水条件における性能を表5に示す。表からわかるように、標準仕様での性能は設計標準条件に近い値を示し、システム試験で得られた伝熱性能、シミュレーション結果がほぼ実用可能なことが立証された。

設計値の出力熱量に対して試験値が約90%となったのは、溶液熱交換器の温度効率低下と、機器の大型化による伝熱管の長尺化に伴い、伝熱特性が低下したことに起因していると考えられる。すなわち、凝縮器や吸収器では流下する冷媒又は溶液液膜の厚みによる熱抵抗の増加などが考えられる。また、第2蒸発器では、管内冷媒の垂直上昇流に関する蒸発熱伝達の低下などが原因で、伝熱特性が悪くなつたと思われる。このうち、各熱交換器での熱交換量、温度差から検討すると、第2蒸発器の伝熱特性が設計値と試験値のずれに大きく起因していることがわかった。

6.3.3 昇温特性

二段昇温サイクルにおける昇温特性を、図11に示す。図は、試験機の試験結果から得られた熱交換に必要な温度差などをもとに、熱源水入口温度に対し冷却水温をパラメータとして、標準熱量を得る場合の出力蒸気温度を示したものである。動作範囲は、原理上又は運転上図に示したABCDのライン外も可能であるが、以下に示す理由からこのライン内を実用範囲とした。ラインA-Bは蒸気が大気圧を越えることから、B-C、A-Dは冷却水の夏期上限と地下水利用による下限から、またC-Dは構成材料の腐食問題から決定した。

出力熱量を変化すると、この昇温特性図は変化し、例えば熱量を小さくするとB-C、A-Dラインは相対的に右側に移動する傾向となる。

6.3.4 応答性

外部条件などが変動した場合の系の応答性に関する試験結果の一

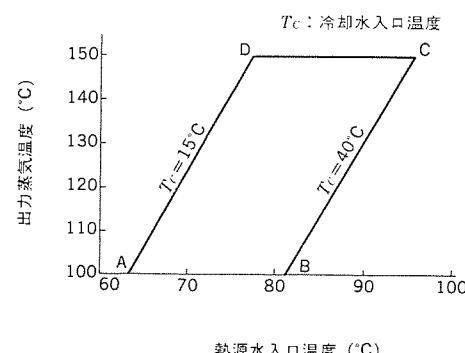


図11. 昇温特性と動作範囲

例を図12.に示す。図は、熱源水・冷却水条件の変化に対し出力熱量を一定に保った場合の非定常試験である。条件変動に対し、発生器能力はすみやかに応答し、第2吸収器からの出力蒸気温度は約20分遅れて追隨していることがわかる。この遅れは、本系特有の時定数であり、系によって異なる値となる。

また、昼夜無人連続運転などから得られたデータにより、前記の制御系で幅広い変動条件に応答し、制御可能なことが明らかとなった。なお、実用上は出力蒸気温度一定の場合が多いと考えられるが、このときは第2吸収器の出口側に圧力調整弁を設けることにより容易に圧力調整ができた。

7. 温度ブースタの経済効果

温度ブースタの経済性を評価するため、工場プロセス導入時の効果について検討を行った。図13.は一例として、蒸気単価3,000円/ton、電気単価20円/kWhの条件で、温度ブースタを設計標準条件にて運転した場合のスチーム節約費を稼働時間に対して示している。例えば、出力1,000kWの温度ブースタは、8,000時間の運転で約3,500万円の燃料費を節約できることになる。なお、温度ブースタの装置価格は、対象とするプロセスなどによって異なるが、償却期間はおおむね2.0~3.0年である。

8. むすび

以上述べたように、昭和56年から開発を開始した省エネルギー機器である排熱回収第2種吸収式ヒートポンプ“温度ブースタ”は、今般開発を終了した。我々は、従来から存在していた多段サイクルの概念を世界で最初に具現化し、目標であった昇温幅60°C、出力温度150°Cを二段昇温サイクルにより達成した。また、新たに開発したファーフィン管を採用することで、熱交換器の小型高性能化が図られた。更に、自動運転による高信頼性なども確認した。

当社では、これらをベースとして500~2,000kWの蒸気出力をもつ温度ブースタをシリーズ化し、昭和61年9月から製品販売を開始している。

現在、石油価格は下落し、各企業とも省エネルギーへの関心はやや薄れている。しかし、石油などの化石燃料が有限であることは間違いない、長期的観点からは価格の高騰は必然的に再燃し、温度ブースタが省エネルギー機器として期待されると考えている。今後とも、更に小型高性能化、高効率化を目指していくが、ユーザー側も前記のような観点から、省エネルギーの検討を前向きに取り組むことが望まれる。

参考文献

(1) (財)大阪科学技術センター：工場排熱の広域的利用に関する調

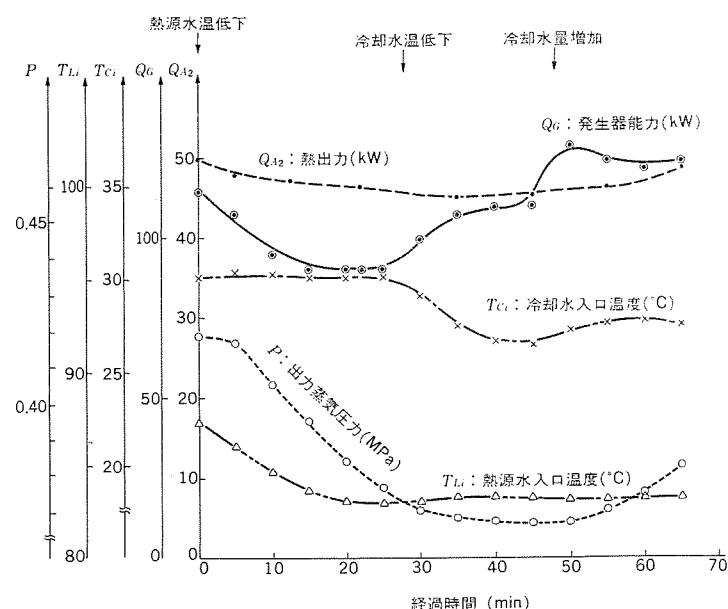


図12. 開発試作機の応答性

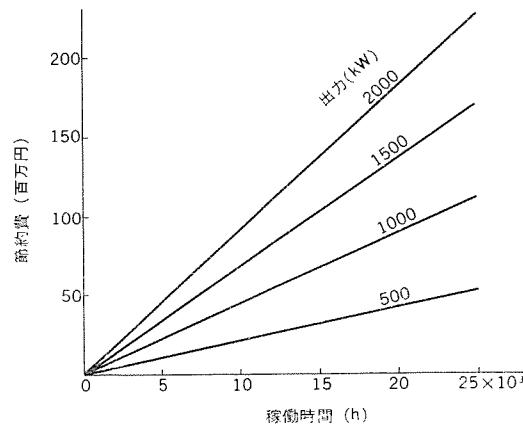


図13. 温度ブースタの経済効果

査研究報告書(昭51-3)

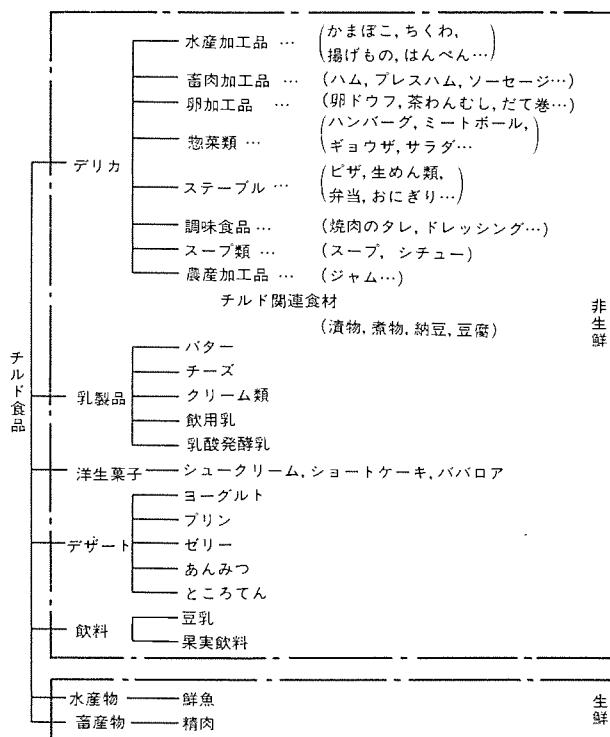
- (2) 池内ほか：吸収式ヒートポンプの特性実験、第18回空気調和・冷凍連合講演会論文集(昭59-4)
- (3) M. Ikeuchi et al: Design and Performance of a High-Temperature-Boost Absorption Heat Pump, ASHRAE TRANS., 91, Pt. 2 (1985)
- (4) 中尾ほか：吸収式ヒートポンプ用縦型熱交換器の研究、第23回日本伝熱シンポジウム講演論文集(昭61-5)

D 食品店舗用オープンショーケース

佐藤 務*
長谷川 厚**
古沢 齊**

1. まえがき

近年の食生活は進展する豊かさの中で、個性化志向、グルメ志向、本物志向に見られるように、より質的向上の傾向を強めている。このような食生活ニーズの変化を受けて、健康食品、高級食品、自然・生食品など、いわゆるチルド食品が新しい分野を形成し、昭和58年度で5兆円を超え、61年度には6兆円市場になると予測されている。チルド食品は、図1.に示すようにかなり広い範囲にわたり、これらの食品は品温の安定が必ず(須)条件となっている。



一方、生活者の食品の購買行動を見ると、表1.に示すように、生鮮食品購入時の留意点として鮮度が最も重視されており、食品需要のニーズは鮮度の良さにあると言える。このように、チルド食品が拡大し、新鮮さが求められている中で、ショーケースをはじめとする食品店舗用低温機器の役割は、これまで以上に大きくなり、高度な鮮度管理が要求されるようになってきている。そこで、食品店舗用低温機器の主要機種であるオープンショーケースは、近年、鮮度管理を開発コンセプトとして品温の安定化を目指した商品開発が進められている。

三菱電機(株)では、従来のショーケースに見られるデフロスト(除霜)時の庫内温度の上昇を抑え、品温を一定に保つ新しいオープンショーケースとしてローテーションデフロストケースを、そして電子式膨張弁を採用し、マイコンを搭載して高度な制御を導入することにより、オープンショーケースのインテリジェント化を実現した《マイコンライブメイト》を開発したので、以下に仕様、特長、機能などについて概要を紹介する。

2. ローテーションデフロストケース

2.1 開発のねらい

従来の冷凍冷蔵オープンショーケースは、冷却器への着霜のため、1日に4回程度冷却運転を中断し、電気ヒータ、冷凍機吐出ガスを除霜熱源としてデフロストを行っていた。このため、ショーケース内の陳列商品の温度が上昇し、商品の品質劣化の原因となっていた。

ローテーションデフロストケースは、冷気循環タクト中に冷却器を2基備え、常時は2基による冷却運転をし、定期的に1基ずつデフロストしてシステムとしては常時冷却運転を継続する方式を採用した。これにより、商品温度を一定に保つことを可能にしたものであり、開発に当たっては、下記の点に主眼をおいて開発を進めた。

(1) 2基の冷却器を搭載したことにより、伝熱面積としてかなり余裕があることを生かし、2基による冷却運転時間が最大となるようにして省エネルギーを図る。

(2) 除霜熱源として凝縮器からの液冷媒を利用し、デフロストしようとする冷却器を液冷媒の過冷却器として用いることによってデフロストを行い、デフロスト用電気ヒータを不用にする。なお、過冷却した液冷媒は冷却運転を継続する一方の冷却器に送り、ここで蒸発させることにより冷却を行い、常時冷却運転を可能にする。

(3) 現在販売中の三菱オープンショーケース《ライブメイト》と本体構造を統一し、《ライブメイト》の優れたデザイン、陳列機能をすべて踏襲する。

(4) ショーケースの複数台設置が一般的であるので、シーケンサによって各ケースを順次デフロストすることにより、冷媒量を最少として冷凍機とのマッチングに留意する。

(5) ナイトセットバック機能を持つ電子サーモを内蔵し、庫内温度制御の高度化を図る。

2.2 構造・仕様

このショーケースの外観を図2.、全体の断面を図3.、代表的な製品仕様を表2.に示す。ショーケース本体は、精肉・鮮魚用三菱オープンシ

表1. 食品購入時の留意点(ダブル回答、%)

| 順位 | 精肉 | 鮮魚 | 野菜 |
|---------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 脂肪の割合 (53.3) | 鮮度や品いたみの程度 (91.8) | 鮮度や品いたみの程度 (94.2) |
| 2 | 鮮度や品いたみの程度 (57.6) | 価格 (50.0) | 価格 (50.4) |
| 3 | 価格 (41.4) | 色つや (25.1) | 色つや (22.4) |
| 4 | 色つや (15.1) | 大きさ重量 (15.9) | 大きさ重量 (15.1) |
| 5 | 大きさ重量 (7.9) | 産地や銘柄 (3.2) | 産地や銘柄 (5.0) |
| 回答者数(人) | 1,015 | 1,013 | 1,000 |

注 昭和59年度農水省消費者モニタ調査より

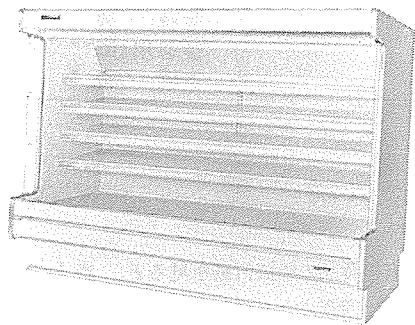


図 2. ローテーション デフロストケース R-T, R-R シリーズ の外観

表 2. ローテーション デフロストケース の製品仕様

| 型 名 | | R-RSM-855 MD | |
|---------------------|-----------|------------------------------|-------------|
| 用 途 | | 精肉・鮮魚用 | |
| 庫 内 温 度 | | -2~+2°C | |
| 外形寸法(高さ×幅×奥行) | | 1,850 mm × 2,440 mm × 900 mm | |
| 電 気 容 量 50/60 Hz | 照 明 | 612 W | 11.4 A |
| | 防露ヒータ | 45 W | 0.5 A |
| | 庫内送風機 | 93/99 W | 0.93/0.99 A |
| | 電 磁 弁 | 35/30 W | 0.35/0.30 A |
| 所要冷凍能力 | 25°C, 60% | 2,850 kcal/h | |
| | 27°C, 60% | 3,250 kcal/h | |
| 使 用 冷 媒 (蒸発温度) | | R-22 (ET -10°C) | |
| 除 霜 方 式 | | ローテーションデフロスト方式 | |
| 冷 却 器 | | クロスフィン(強制通風式) | |
| 冷 媒 制 御 | | 温度式自動膨張弁(外均式) | |

注 周囲条件: 温度 25°C, 湿度 60% (27°C, 60%) 風速 0.2 m/s 以下。

ショーケースと同一 ディメンション であり、二重エアカーテン方式を採用したもので、冷却器構成、ケース内冷媒配管、制御装置などが特異なものである。

(1) 冷却器の構成

冷気循環ダクト内的一部分を区画板で分けて、その前後に並列に冷却器をそれぞれ設置している。

(2) 冷却器

精肉・鮮魚用 オープンショーケースとして、従来 フィンピッチ 10 mm が

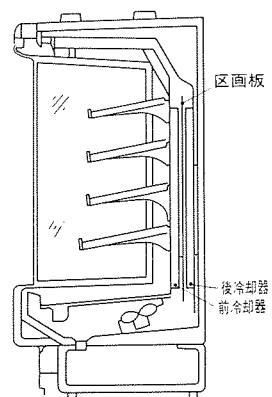


図 3. 全体断面図

一般的であるが、8 mm として大型化を図った。前後冷却器の間に区画板を介装し、各冷却器側板を一体構成にするなどコンパクトな構成とすることにより、《ライブメイト》と本体構造を同一とすることができた。

また、区画板を冷却器下方に若干突出させ、バッフル板の機能を持たせ、前後冷却器の通過風量が同一になるようにしている。

(3) ケース内冷媒配管

電磁弁・逆止弁・膨張弁など必要なものは工場で取り付けて出荷し、現地での冷媒配管の接続は一般の冷凍機別置型 オープンショーケースと同様、冷却器入口管と出口管の2本の接続だけとした。

(4) 制御装置

運転制御は、シーケンサを使用した別置きタイプの専用制御装置により行うこととした。デフロスト始動は、シーケンサからの指令による定時式とし、終了は冷却器出口管表面温度を検知する温度開閉器を用いて温度復帰方式とした。これにより、除霜時間を必要最小限とした。

2.3 システムの概要

図 4. に空冷式冷凍機使用時のシステムを示す。このシステムの冷媒回路は、通常の食品店舗用別置型 ショーケースのものと同じであるが、ローテーション デフロストケースでは、デフロスト時の除霜熱源として、液冷媒の顯熱を利用するため、液冷媒の温度維持及びシステムとして最適な

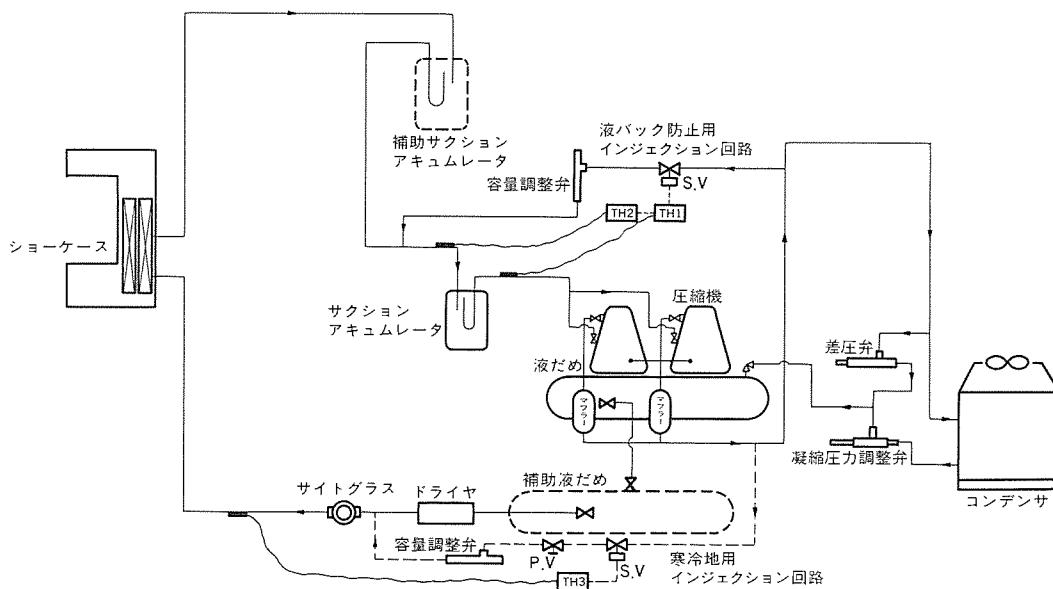


図 4. 冷媒配管系統図(空冷式)

冷媒量の確保が開発課題であり、開発のポイントを以下に述べる。

(1) 液冷媒の温度維持

液冷媒のケース入口温度、冷却とデフロストの切換時間間隔、室内条件(着霜量)などを種々に変えて試験を行い、デフロスト時、ケース入口の液冷媒温度を15°C以上とすることが必要であることが判明した。15°C以上を確保するため、システム構成を以下のとおりとした。実際の店舗での冷媒配管長などを考慮し、冷凍機での高圧圧力は13kg/cm²·G (R 22, 33°C)に設定すれば、最大配管長100mとしてポリエチレン保温材(10t)により、温度低下は外気温度-5°Cでも約16degのため液温は15°C以上を確保できる。したがって、凝縮圧力調整弁を取り付け、13kg/cm²·Gに設定し熱源温度を確保することとした。水冷式冷凍機の場合は制水弁を取り付けることとした。

寒冷地において、所定液温を確保できない場合は図4に示すような吐出ガスを液管にインジェクションする寒冷地用インジェクション回路を設け、デフロスト時の液温保持を図ることができる。

(2) 冷媒量の最適化

従来この種の液冷媒を熱源としたノンデフロストシステムは、すべてのケースを同時にデフロストを行わせるため、冷媒充てん量も多く、また、デフロスト終了後の液バックの問題があった。

この方式では、冷媒量を最少とさせるため、複数台のショーケースを最大4系統に分け、1系統ごとに順次にデフロストを実施させる集中制御とした。これにより、例えばケース11台のとき、冷媒量は従来システムの約70%で済み、デフロスト終了時の液バックも減少させることができた。

(3) 冷媒充てん量と液だめ容量の選定

このシステムの場合通常のケースに比べて冷媒量が多くなるため、ポンプダウン運転時低圧側に冷媒が液封にならぬよう考慮が必要である。したがって、使用する冷凍機に付属の液だめ容量で不足する場合は液だめを追加することとした。なお、空冷式冷凍機の場合の冷媒充てん量と液だめ容量の関係は次式で表すことができる。

(a) 冷媒充てん量 G [kg]

$$G [kg] : 1 \cdot 2 [kg/l] \times (A + B + C' + D + E) [l]$$

A: デフロスト時、最大系統の全冷却器容積×1/2 [l]

B: (全冷却器容積-A)×係数 [l]

C: 既付属の液だめ容積 [l]

D: 凝縮器容積×係数 [l]

E: 液管容積 [l]

(b) 液だめ容量 C' [l]

$$C' [l] \geq (A + B + E + F) \times \alpha$$

F: 凝縮器容積×係数

α: 係数

追加液だめ容量は (C' - C) [l] 以上とする。

(4) 液バック防止

デフロストされる冷却器は霜取り終了検知まで液冷媒が補充され、デフロスト終了検知と同時に、液冷媒回収のためのポンプダウン運転を行ってから冷却運転に入るようしている。万一、冷媒液を完全に回収できない場合のバックアップとして、所要量のサクションアキュムレータを取り付け、かつ、その出口管の温度検知で液バック有無を判定し吐出ガスをサクションアキュムレータ入口管にインジェクションさせ、必ずガスで圧縮機へ戻すように考慮した。サクションアキュムレータの容量V [l]は次式で求めることができる。

$$V [l] = (A - 0.8 \times B) / 0.8 [l]$$

A: デフロスト時、最大系統の全冷却器容積×1/2 [l]

B: 冷却器付属のサクションアキュムレータ容量 [l]

2.4 運転制御

図5に制御器の外観写真、図6にシステム構成図を示す。制御器のハード構成は、プログラムカウンタ、EPROM、RAM、演算回路、アナログタイマ及びI/Oインターフェース用ICなどで構成している。

(1) EPROM容量は4Kバイト、プログラム容量max 800ステップ

(2) 入力点数26点(無電圧接点)、出力接点max 31点(リレー接点出力)

(3) アナログタイマ、4点、1.3s~120min可変仕様

(4) 制御器はショーケース内の前後2基の冷却器入口、出口側の電磁弁を開閉制御する。運転制御システムは、商品鮮度維持のため除霜時間(1基冷却時間)の短縮化及び、信頼性に伴う冷媒量の最小化を図る必要がある。このために下記制御とした。

図7はショーケース4台以上(4系統)の制御タイムチャート図を示す。No.1~No.4はショーケース群の系統を示し、運転パターンは、まず各系統の後冷却器を順次除霜(前冷却器冷却)し、次に2基冷却器運転→前冷却器除霜運転を同様に行い、いずれかの冷却器が除霜中であっても一方は常に冷却運転を可能とした。

除霜(1基運転)時間を短縮させるため、各除霜設定時間内にSD(Safe'ty Down)運転→Def(Defrost)運転→PD(Pump Down)運転を設けた。SD運転はデフロスト開始直後の低圧圧力低下による冷凍機停止回避のための強制運転、また、Def運転時には設定時間より早く除霜が終了した場合に即液冷媒の補充を停止させ、必要最

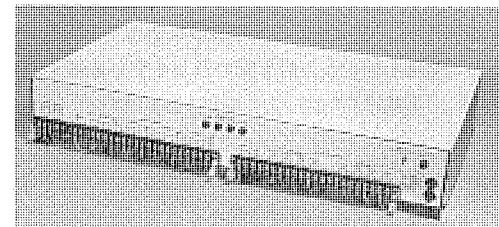


図5. 専用制御器の外観

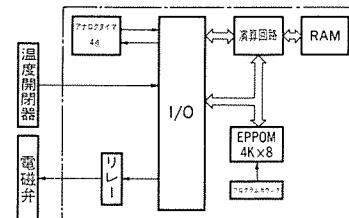


図6. システム構成図

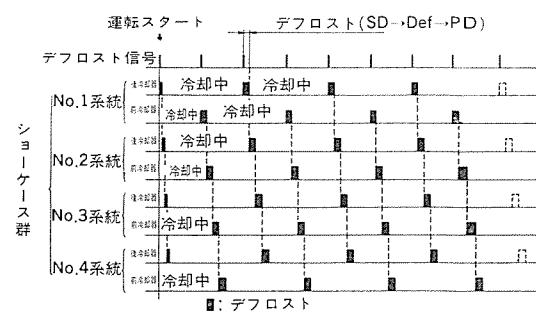


図7. 制御タイムチャート図

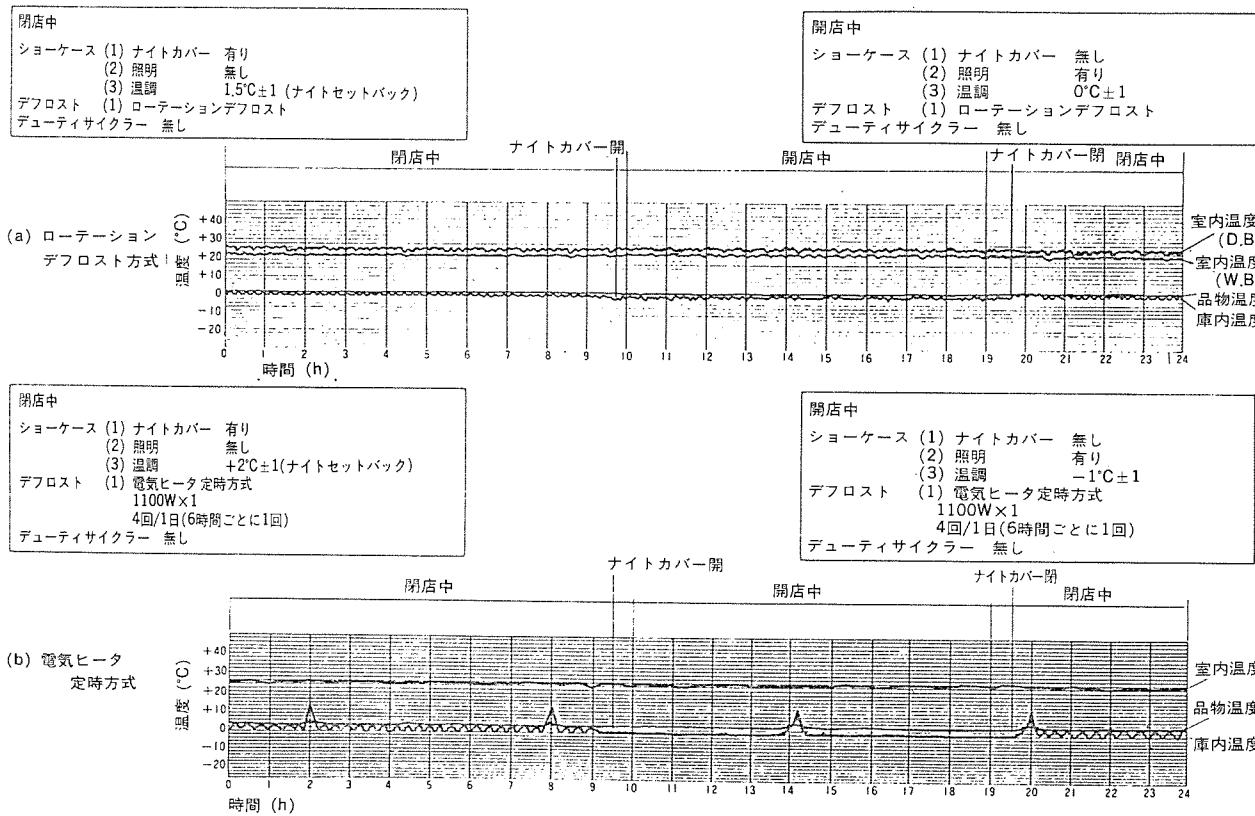


図 8. ローテーションデフロスト方式と電気ヒータ定時方式の比較

少時間のPD運転に入るようにしている。Def運転時の除霜終了検知は温度開閉器（霜取終了）で行うが、その感温部の取付位置及びセット温度は除霜終了時の温度上昇に微妙に影響する。このために、冷却器各部の温度を測定し、最も霜の残りやすい位置を決定した。これらにより、1基冷却時間（除霜時間）は約10分に短縮することができた。

デフロストローテーション間隔は、冷却器2基運転での夏季条件（DB 27°C, RH 60%）における最多着霜量により60分間に設定した。したがって冷却器2基での運転は1時間当たり50分（83%）を確保でき、後述のデフロスト時における品温をほとんど昇温させることができないため鮮度劣化を少なくできた。

（5）バックアップ機能

制御器不調時マニアルスイッチでローテーション運転からオフサイクルデフロスト運転を可能とするバックアップ機能を持たせた。

2.5 性能

2.5.1 デフロスト時の温度変化

図8.は従来のヒータデフロスト方式と、ローテーションデフロストケースでのデフロスト時の商品温度変化を比較した温度チャートである。ローテーションケースでは、デフロスト時に空気温度が若干上昇しているが商品温度は、ほぼ一定であることが分かる。

2.5.2 食品の鮮度保持性

（1）動物性食品の新鮮さを表す尺度に、最近、K値（魚類鮮度判定恒数）が用いられる。これは図9.に示すように、死後に自己消化による核酸系物質の分解の程度から鮮度評価したもので、次式で表す。

$$K[\%] = \frac{HxR + Hx}{ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + Hx} \times 100$$

即殺魚で10%以下、刺身用で20%前後と言われており、K値

が低いほど生きが良いことになる。このK値の上昇を抑えることが、ショーケースでの鮮度保持性として重要である。

（2）幾つかの食品について、デフロスト回数とK値との関係について実験した結果を以下に示す。図10.はいわし及び車えびについてのデータであり、デフロスト回数が少ないほどK値の上昇が少なく、

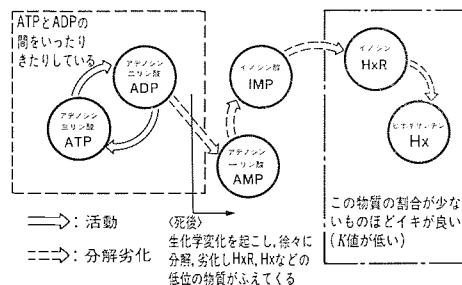


図 9. 生きている動物の筋肉のりん酸代謝

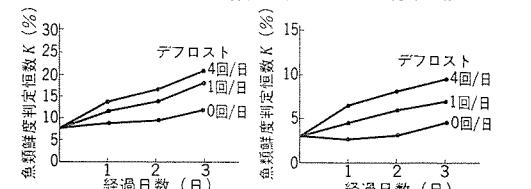


図 10. デフロスト回数とK値の関係

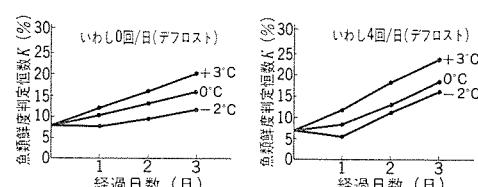


図 11. 品温とK値との関係

0回ではほとんどK値の上昇がない。

(3) 次に、品温とK値との関係を見ると、図11.に示すように、品温が+3°C, 0°C, -2°Cと低くなるにつれてK値の上昇が少なく、デフロストが0回では初期のK値が余り変化していない。

このように、肉類・鮮魚の鮮度保持には、氷結点寸前(-0.6°C~-2°C)で保つことによって優れた保存性を示している。しかも、この品温がデフロストによって上昇しないことが重要である。ローテーションデフロストケースは、-2°Cを基準に設計し、氷結点寸前での保存が可能であり、當時冷却運転を継続するショーケースであるので、従来の一般的なショーケースに比べて、鮮度管理上、非常に優れているといえる。

3. 《マイコンライブメイト》

3.1 開発のねらい

冒頭で述べたとおり、近年の食品店舗用ショーケースには、特に鮮度管理の要求が強いが、同時に省エネルギー・演出効果・据付け工事の短期化なども求められている。このような多様な市場ニーズに答えるため、マイコン、温度センサ、LED表示素子及び電子式膨張弁などの採用により、オープンショーケースのインテリジェント化を図った。

開発に当たって下記の点に主眼をおいて開発を進めた。

(1) 鮮度管理

- (a) デフロスト回数の減少(現在4回/日→1回/日)を図る。
- (b) 庫内温度の昼夜、夏冬の別なく均一化し、冷えすぎ防止を

表 3. 機能部品の比較

| 項目 | 機能部品 | |
|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | ライブメイト | マイコンライブメイト |
| 1. 過熱度制御 (冷媒量制御) | ・温度式膨張弁 | ・電子式膨張弁(電磁弁機能付き) |
| 2. 庫内温度制御 | *サーモスタット+液電磁弁 | ・マイコンコントローラ+電子式膨張弁 |
| 3. ナイトセットパック (夜間の温度設定値補正) | *デュアル型サーモスタット | ・マイコンコントローラ |
| 4. 警報 | *サーモスタット+遅延タイマ | ・マイコンコントローラ |
| 5. 表示 | ・アルコール温度計 | ・マイコンコントローラ |
| 6. デフロスト | *24時間タイマ+電磁接触器 ・サーモスタット | *24時間タイマ ・パワーリレー+サーモスタット |
| 7. デューティ | *デュアル型タイマ | ・マイコンコントローラ |

注 *印: 標準装備 *印: オプション

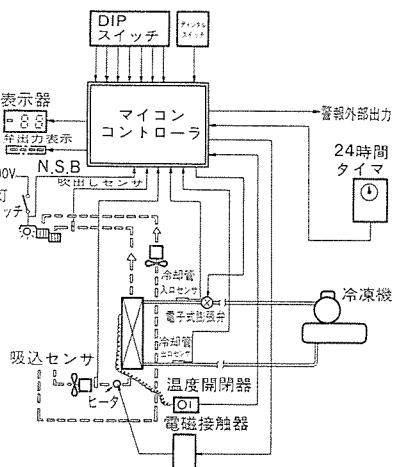


図 12. 新システム構成図

図る。

(2) 省エネルギー

- (a) 最適な過熱度制御を行い、冷却器の熱交換効率向上を図る。
- (b) 高圧側の圧力変動に影響されない冷媒制御を行い、SEER(年間エネルギー消費効率)の改善を図る。

(3) 演出効果

- (a) 《ライブメイト》と本体構造を統一し、優れたデザイン、陳列機能をすべて踏襲する。
- (b) 庫内温度表示を従来の棒温度計からデジタル表示とする。

(4) 据付け工事の短期化

- (a) 現地の調達部品・配線本数・配管接続本数の削減を図る。
- (b) 冷媒流量の無調整化、制御器の設定箇所の減少、配線後のチェックの容易化を図る。

(5) メンテナンスの容易化

- (a) 運転状況が分かるようにモニタ機能を設ける。
- (b) 異常検出内容を増やし、警報及び異常内容の表示機能を設ける。

3.2 構造・仕様

このショーケースの外観、全体の断面構造は、《ライブメイト》と同構造であり、仕様についても制御機能部品以外は同様である。表3.に従来機能部品との比較、図12.に新システム構成図を示す。

3.3 マイコンコントローラのシステム構成

図13.はマイコンコントローラのシステム構成図である。マイコンは、A/D変換器内蔵型8ビットワンチップ、μPD7810G(RAM 256バイト)、8Kバイトの外付けEPROM及びI/Oインターフェース回路用ICを中心に、その他の周辺回路で構成されている。

- (1) 照明スイッチ、除霜タイマ、温度開閉器、パワーリレーの外部機器との接続は、ホトカプラにより電気的に絶縁し、外来ノイズによる誤動作を防止している。
- (2) 電子式膨張弁のパルスマータで生じる逆電圧に対する回路保護としては、ツエナダイオードで行っている。
- (3) 少量生産機種のため、プログラムは8KバイトのEPROMに収納し対応している。

3.4 電子式膨張弁

膨張弁の採用に当たり、次の点を考慮してパルスマータ駆動型の電子式膨張弁を採用することとした。

- (1) 制御性に優れている。
- (2) 温度式膨張弁の欠点である冷却器の圧力損失による影響がない。
- (3) 夏・冬の冷凍サイクルの運転圧力の変化の影響を受けない。

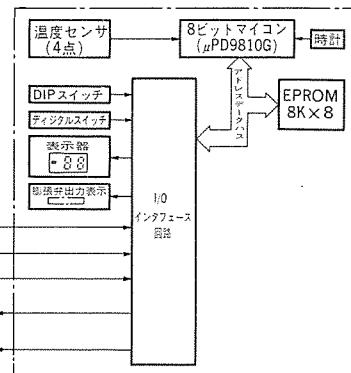


図 13. マイコンコントローラのシステム構成図

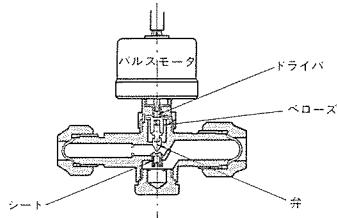


図 14. 電子式膨張弁の構造図

表 4. 電子式膨張弁の主要仕様

| No. | 項目 | EBM 形 (ベローズ式) |
|-----|--------------|--------------------------|
| 1 | 公称能力 | R 22, 1.5 冷凍トン |
| 2 | 適用冷媒 | R 12/22/502 共用 |
| 3 | 流れ方向 | 可逆 |
| 4 | 耐圧圧力 | 45 kg/cm ² ・G |
| 5 | 使用温度範囲 | -30 ~ +60°C |
| 6 | モータ型式 | 四相パルスマータ・ギヤ式 |
| 7 | 定格電圧 | DC 12 V |
| 8 | 推奨駆動周波数 | 200 PPS |
| 9 | 励磁方式 | 2-2 相励磁 |
| 10 | コイル抵抗 (1相当) | 150 Ω |
| 11 | 消費電力 (0 PPS) | 2 W |
| 12 | 弁リフト量 (最大) | 0.5 mm |
| 13 | フルストローク分解能 | 1,440 |
| 14 | フルストローク応答速度 | 7.2 秒 |
| 15 | 閉閉弁ヒステリシス | 3% 以内 |

- (4) 全閉機能を持っているため電磁弁の機能も果たす。
- (5) 他の電子式膨張弁に比べ、省電力である。
- (6) 3冷媒共用であり、また制御範囲が広いため、共通化が図れる。

今回採用した電子式膨張弁の構造を図 14. に、主要仕様を表 4. に示す。

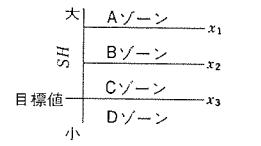
3.5 庫内温度制御

(1) 庫内温度の検出

従来の庫内温度は、庫内上部 1 点である。そのため、設定温度と庫内平均温度と差がつきやすい。そこで、吹出し口温度と吸込口温度の平均値をマイコンで算出し、負荷の増減により変化する庫内平均温度との差が生じないようにした。

(2) 設定温度の自動シフト

ショーケースに陳列された商品の温度は、庫内の温度以外にふく射熱の影響をうけている。ふく射熱は庫内の蛍光灯やショーケースの周囲の物体により出る。したがって、庫内空気温度が一定でもショーケースの庫内照明が消えている場合や店内温度が下がっている場合は、商品が冷え過ぎとなる。そこで、庫内照明スイッチの信号により、又は吹出しと吸込空気温度差により、ふく射熱の増減を判断し、設定温度の自動シフトを行う方式を採用した。その結果、昼/夜、四季を通じ、常に商品は一定温度に保たれ、鮮度管理の向上、同時に庫内の冷え過ぎ解消の設定温度の自動シフトにより、冷凍機の運転率は下がり、約 10% の省エネルギーが図れた。



SH: 過熱度
 x_1, x_2, x_3 : 定数で $x_1 > x_2 > x_3$ の関係にある。

- Aゾーン ($SH_j > x_1$)
 $P_j = P_{j-1} + a \text{パルス} (SH_j > SH_{j-1})$
- Bゾーン ($x_2 < SH_j \leq x_1$)
 $P_j = P_{j-1} + b \text{パルス} (SH_j \geq SH_{j-1})$
 $P_j = P_{j-1} - b \text{パルス} (SH_j < SH_{j-1})$
- Cゾーン ($x_3 < SH_j \leq x_2$)
 $P_j = P_{j-1} + C \text{パルス} (SH_j \geq SH_{j-1})$
 $P_j = P_{j-1} - C \text{パルス} (SH_j < SH_{j-1})$
- Dゾーン ($SH_j < x_3$)
 $P_j = P_{j-1} - d \text{パルス}$

SH_j : 今回測定した過熱度
 SH_{j-1} : 前回測定した過熱度
 P_j : 今回の膨張弁開度
 P_{j-1} : 前回の膨張弁開度
 a, b, c, d : 膨張弁の変化量で $a \geq b \geq c, d \geq c$ の関係にある。

図 15. 過熱度制御アルゴリズム

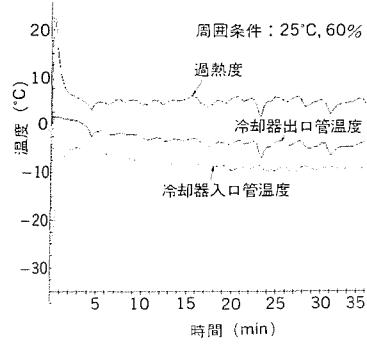


図 16. 過熱度制御データ

3.6 過熱度制御

理想的な冷媒制御とは、冷凍機を最高の効率で運転できるように、蒸発圧力の飽和温度のガスを冷凍機の吸入口へ戻すことであるが、液として戻ると圧縮機の破損を招くおそれがある。そこで、液バックしないよう従来の温度式膨張弁の場合、冷却器出口の温度が蒸発圧力の飽和温度より 10°C 高くなるよう制御 (この値を過熱度といいう) していた。これは、冷凍機の効率と冷却器の熱交換効率を落とすことになる。新たに採用した電子式膨張弁は、既に述べたとおり、従来の膨張弁より制御性に優れているため、システムに固有の特性を把握し、最適な制御アルゴリズムを求め、マイコンで制御すれば、過熱度は 10°C より小さくすることが可能である。そこで、ショーケースのシステムにマッチした制御アルゴリズムを種々実験で繰り返し、図 15. に示すように目標過熱度との差の大小を判断 (A~D ゾーン判定)、開閉のパルス量 (スピード) を変えて目標値に近づける方式をとっている。この結果、図 16. のように 5°C の過熱度制御が可能となり、SEER の改善などにより約 5% の省エネルギーが図れた。

4. む す び

以上、開発製品の概要について述べたが、ご採用いただいた各方面から、従来のオープンショーケースに比べ、鮮度管理はもちろん省エネルギー、省工事などで高い評価をいただいている。

今後は、市場実績を踏まえ、より一層の改良、研究を加え、市場ニーズにこたえ、業界のお役に立つよう努力する所存である。

D 一体空冷コンビネーションマルチ式コンデンシングユニット

木村誠夫* 上田和弘*

1. まえがき

昭和57年に低温用冷凍機としては、当社が国内で初めて機械室が不要な一体空冷式コンデンシングユニットを発売した。省スペース・省工事・省エネルギーなど、低温分野における新しい冷凍設備のあり方を示した。普及につれ市場要求も多様化し、容量制御、更に省エネルギーなどのニーズに対応するため、異容量圧縮機を2台搭載した9.2~26 kWのECA型一体空冷コンビネーションマルチ式コンデンシングユニット(以下、一体空冷コンビマルチと称す)を開発したので紹介する。

2. コンデンシングユニットに対するニーズ

コンデンシングユニットに対するニーズは、地価の高騰、立地条件の変動などにより変化し、現在は次のようなものが求められている。

- (1) 建屋内の有効活用：機械室不要(店舗における売場面積の最大限確保、機械室建築の不要、防災設備などの省略)
- (2) 建屋外の有効活用：機械設置スペースの縮小
- (3) 低騒音：住宅密集地などに設置する場合が多く低騒音の要求

表1. 市場ニーズとシステムの対応

食品店舗

| 市場ニーズ | システム | | 水冷 | | リモート空冷 | | 一体空冷 | |
|--------------------|------|-----|------|-----|--------|-----|------|-----|
| | シングル | マルチ | シングル | マルチ | シングル | マルチ | シングル | マルチ |
| 省エネ | | △ | | | ○ | | ○ | |
| 危険分散 | | ○ | | | ○ | | ○ | |
| 建屋の有効利用 (機械室不要) | | | | | | ○ | ○ | |
| 省工事 | | | | | | ○ | ○ | |
| 安定運転 | | ○ | | | ○ | | ○ | |
| 省メンテ | | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

PCセンター・冷蔵庫

| 市場ニーズ | システム | | 大型水冷 | 大型リモート空冷 | 一体空冷複数台 | |
|---------|------|-----|------|----------|-----------------|--------------|
| | シングル | マルチ | | | シングル (ERA-B) | マルチ (ECA) |
| 省エネ | | | | | ○ | |
| 危険分散 | | | | | ○ | ○ |
| 建屋の有効利用 | | | | | ○ | ○ |
| 省工事 | | | | | ○ | ○ |
| 安定した運転 | | | | | | ○ |
| 省メンテ | | | | | ○ | ○ |

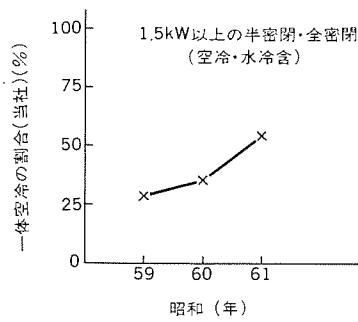


図1. 一体空冷の割合

が多い。

(4) 工期の短縮：冷媒配管・電気配線工事の簡易化・省工事

(5) イニシャルコストの低減

などがあり、現行の圧縮機を1台搭載した一体空冷コンデンシングユニット(以下、一体空冷シングルと称す)は上記ニーズを満たしており(表1. 参照)、コンデンシングユニット(水冷・リモート空冷・一体空冷)に占める一体空冷の割合が、図1. のように昭和61年には50%を超えるまでになり、低温流通界における主流機種に育ってきている。一体空冷型が市場に定着するにつれ市場要求も多様化し、新たに次のような要求が強くなってきた。

(1) 省エネルギー：スーパーマーケットなどでは、電力、燃料などのエネルギー費用が売上高の1.5%程度の金額になっており、このうち冷凍動力が50%を占め、省エネルギー化を求められている。

(2) 鮮度維持の向上：最適な容量での運転

(3) 危険分散：機械故障時の商品の損傷防止

(4) 大容量化：より大きな規模の設備での一体空冷型の採用

表1. のように、あらゆるニーズにマッチしているのが一体空冷コンビマルチである。

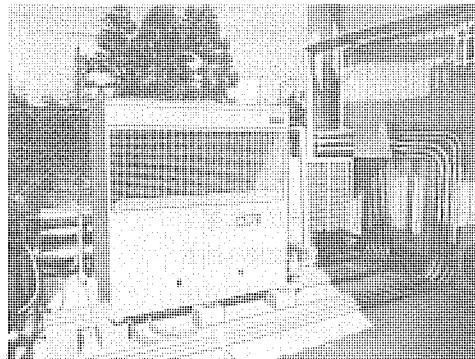


図2. 一体空冷式コンデンシングユニットの外観写真

3. ECA型一体空冷コンビマルチの概要

表2. に概略仕様を示す。構成は容量の異なる圧縮機2台を下部機械室に収納し、防振ばねにより各圧縮機を独立に防振している。機械室にはサクションアキュムレータ・制御箱も内蔵しており、熱交換器は正面(斜め設置)と背面に設ける二面吸込み上方吹出し方式を採用し、従来から発売している一体空冷シングルと連続集中設置ができるようモジュール設計をしている(図3. に外形寸法を示す)。リモコンボックスにはユニットコントローラと圧力センサを内蔵し、吸入圧力を圧力センサにより検出し、ユニットコントローラに入力し、ユニットコントローラの出力リレーにより各圧縮機の運転制御を行っている(図4. に据付け例を示す)。なお、サービス性を良くするために、圧縮機と防振ばねをチャネル枠に取り付け、台枠のガイドレールに添わせて出し入れできる構造、及び制御盤をちょうど番により回転できるようにしている。概要は以上のとおりであるが、今回の開発で検討した事項を以下に述べ

表 2. 一体空冷 コンビネーションマルチ式 コンデンシングユニットの仕様

三〇

4. 均油方式

一体空冷コンビマルチは容量の異なる圧縮機を2台搭載しており(容量比はほぼ1:2)、圧縮機間の均油方式は屋内設置型の従来のマルチのとは異なる方式を採用した。従来の方式が採用できない理由として、①低騒音化のため、各圧縮機をばねにより防振しており、配管相互の応力逃がしを必要とする。②コンデンシングユニットをコンパクトにするため、大きさの制約がある。などである。

従来のマルチ式に使用している方法は、吸入配管に油分離機構を設け吸入に返ってきた油を分離し、No. 1 圧縮機へ油を戻す。No. 2 圧縮機へは圧縮機間の差圧により No. 1 から No. 2 へ油が移動する。差圧は No. 1 圧縮機のクランクケース内圧力から、No. 2 圧縮機のクランクケース内圧力が低くなるように吸入配管径を選定して行っている。図 5. に冷媒系統図を示す。

今回の一体空冷コンビマルチは、サクションアキュムレータを油分離器として使用し、サクションアキュムレータの下部に返油管を接続して、吸入管から戻った油は各圧縮機へ移動する。図6.の冷媒系統図のように均油配管と電磁弁が設けられており、各

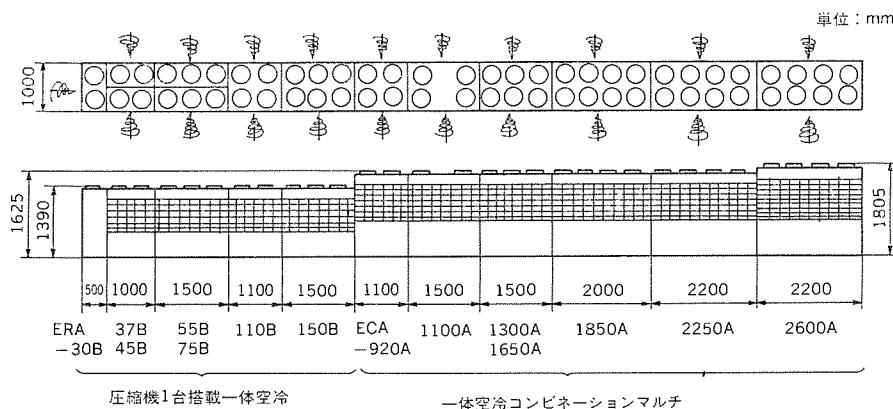


図 3. 一体空冷式コンデンシングユニットの外形寸法

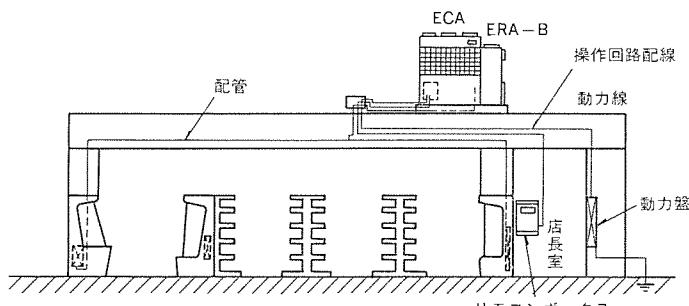


図 4. ECA 据付け例

圧縮機の運転に応じて表 3. のように動作する。

2台運転のときのサクションアキュムレータ内の油は、No. 1圧縮機へ戻る。No. 1圧縮機とNo. 2圧縮機間は、従来マルチと同様に圧力

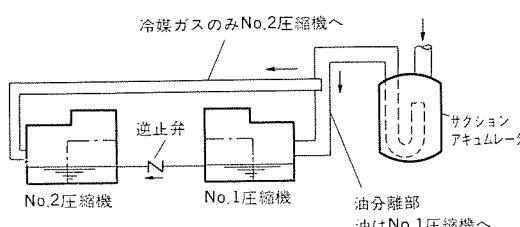


図 5 従来コロモの拘束

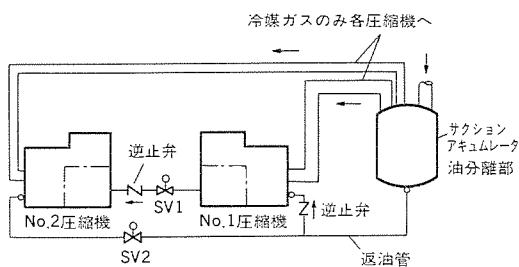


図 6. 一体空冷コンビネーション式の均温

表 3. 各圧縮機の運転と電磁弁の動作

| 容量 | No. 1 圧縮機 | No. 2 圧縮機 | SV1 電磁弁 | SV2 電磁弁 |
|-------|-----------|-----------|---------|---------|
| 100 % | 運転 | 運転 | 閉 | 閉 |
| 67 % | 運転 | 停止 | 閉 | 閉 |
| 33 % | 停止 | 運転 | 閉 | 開 |
| 0 % | 停止 | 停止 | 閉 | 閉 |

差がつくように設計しており、No. 1 圧縮機のクランクケースの油は SV1 を通り、No. 2 圧縮機へ移動する。No. 1 圧縮機の均油取出口には一定量以上移動しない機構を設けている。次に No. 1 圧縮機の 1 台運転時には SV1 が閉になり、No. 1 圧縮機は No. 2 圧縮機と分離され、1 台圧縮機のコンデンシングユニットと同じ運転をする。No. 1 圧縮機の吸入配管を冷媒が通過することにより圧力損失を生じ、この圧力差によりサクションアキュムレータの油は No. 1 圧縮機へ流入する。No. 2 圧縮機の 1 台運転時には、SV1 が閉、SV2 が開になる。No. 2 圧縮機が運転していることより、停止している No. 1 圧縮機に対し圧力は低くなる。よって逆止弁が閉になり、No. 2 圧縮機は No. 1 圧縮機と分離され、No. 1 圧縮機の 1 台運転と同様になる。

なお、No. 1、No. 2 圧縮機への吸入配管はサクションアキュムレータの上部に独立に接続され、冷媒ガスのみを吸入するとともに、圧縮機の起動発停時に圧縮機相互に応力が加わらないようにしている。

5. 制御方式

容量の異なる圧縮機を運転制御する方式として、吸入圧力を半導体圧力センサにより検出し、ユニットコントローラにより制御する（図 7. に構成を示す）。制御する目的として、①鮮度維持、②省エネルギー、③システムの安定性、④システムの信頼性であり、今回の制御プログラム開発に当たってはこの点に注力して行った。

従来マルチの制御は図 8. に示すように、2 台停止後の起動は容量

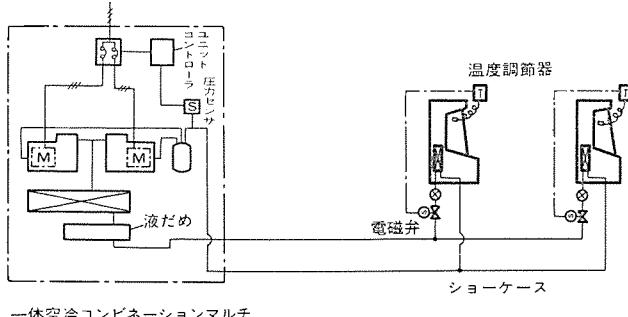


図 7. 冷媒回路図

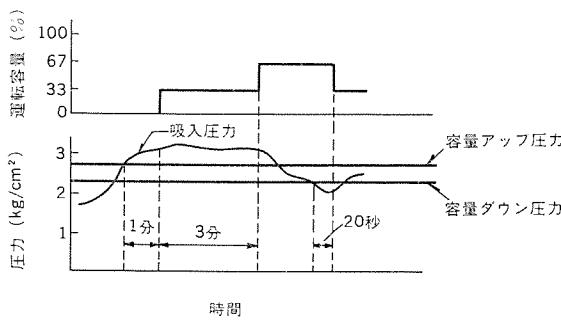


図 8. 従来マルチの運転パターン

アップ設定圧力より吸入圧力が 1 分間高くなると小容量圧縮機から起動し、更に 3 分間上記の状態が続くと次の容量の圧縮機が運転され、順次容量を大きくしていく、逆に容量ダウン設定圧力より吸入圧力が 20 秒間低くなると次に低い容量の運転を行へ、容量アップ設定圧力と容量ダウン設定圧力の間にに入るよう制御する。この方式では、負荷の大きさとは関係なく一定時間で順次変化させるため、負荷変動が激しい場合に追従しきれないことがあり、今回のプログラムは次のようにした。

(1) 吸入圧力と設定圧力の差に応じた起動モードの選択

2 台停止後の起動を小容量圧縮機から行うと、負荷が大きい場合には追従遅れとなり、逆に大容量圧縮機又は 2 台圧縮機起動にすると、プルダウンは早くなるが、負荷が小さいときには頻繁な発停を繰り返すことになる。今回、これを防止するため起動モードの自動選択機能を持たせた。 ΔP =吸入圧力-容量アップ圧力設定値とすると、

- $\Delta P=0 \sim 1.5 \text{ kg/cm}^2$ のとき小容量圧縮機から起動
- $\Delta P=1.5 \sim 3.0 \text{ kg/cm}^2$ のとき大容量圧縮機から起動
- $\Delta P=3.0 \text{ kg/cm}^2$ 以上のとき 2 台圧縮機起動

これにより必要な容量で起動するため、プルダウンが早くなり、かつ頻繁な発停も防止できる。

(2) 容量アップ変更時間の可変化

図 9. のように容量アップ変更時間可変にしている。

(3) 容量ダウン変更時間の可変化

図 10. のように容量ダウン変更時間可変にしており、容量アップ変更時間の可変化とともに、負荷の変動に対し常に素早く追従することができ最適な容量で運転できる。これにより、鮮度維持の向上、省エネルギーが実現できた。

(4) 設定圧力の自動シフト

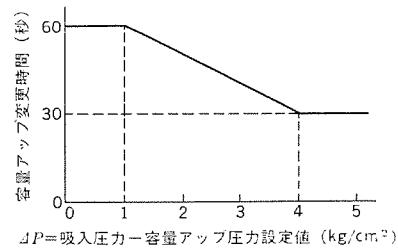


図 9. 容量アップ変更時間

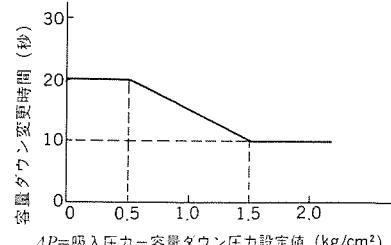


図 10. 容量ダウン変更時間

表 4. ショーケース TSM-853 MB 型における侵入外気熱量の占める割合
(単位: kcal/h)

| 機種名 | 所要冷凍能力 | 侵入外気熱量 | 内部発熱量 | ふく射熱量 | 壁熱侵入量 |
|--------------|---------------|----------------|--------------|-------------|------------|
| TSM-853 MB 型 | 2,440 100% | 1,595 65.4% | 559 22.9% | 200 8.2% | 86 3.5% |

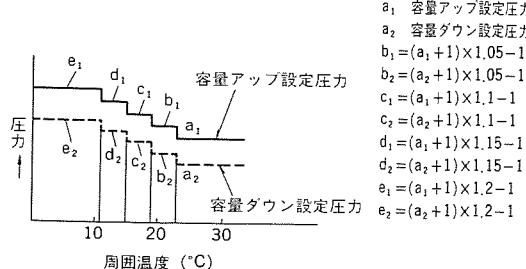
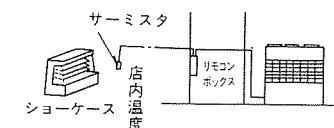


図 11. 設定圧力自動シフト

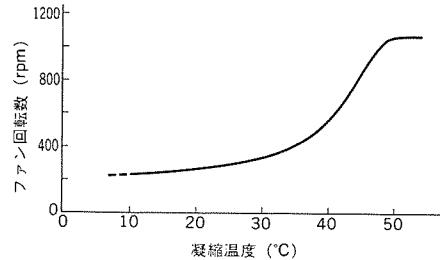


図 12. 凝縮温度とファン回転数

スーパー・マーケットなどのショーケースの所要冷凍能力は、侵入外気熱量、内部発熱量、ふく射熱量及び壁からの伝導熱を加算したものであり、その内訳は表 4. のようになっている。侵入外気熱量がショーケースの所要冷凍能力に占める割合は 65.4% と大きく、ショーケースの所要冷凍能力はショーケースの周囲温度に依存する。ショーケースの蒸発温度は夏期の条件で設定されており、冬期のように周囲温度が低下した場合は、蒸発温度を高くしても冷却できることになる。図 11. に示すように、周囲温度に応じて容量アップ・ダウンの設定圧力を自動シフトして省エネルギーと鮮度維持を同時に実現した。

(5) 油戻し運転

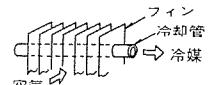
マルチ式コンデンシングユニットは片肺運転時、吸込配管のガス流速が低下するため油戻りが悪くなる。この対策として、一定時間片肺運転を行うと 3 分間圧縮機を停止し、その後両肺運転により油を回収していくが、冷却運転中にも圧縮機が停止することになり鮮度維持上好ましくない。今回のプログラムは油戻し運転を必要最小限にとどめ、鮮度維持の向上を図っている。その方法は、

(a) デューティサイクルの OFF 時間設定が 3 分以上の場合、油戻し停止をキャンセルする。

(b) ホットガスデフロストを行った場合、又は圧縮機 2 台運転が 10 分間連続した場合は、吸込配管のガス流速が速くなり油が戻るので、油戻し運転の時間積算を 0 に戻す。

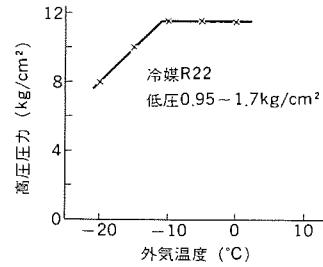
6. 低騒音化

一体空冷コンビマルチの納入先は、スーパー・マーケットなど住宅に近接している場合が多く特に低騒音の要望が強い。対策として、音源である圧縮機には F 型半密閉圧縮機、凝縮器のファンには《エクストラファン》と、いずれも高効率で低騒音との定評を得ている機器を使用して低騒音を行っている。更に、特に問題である夜間の騒音を低下するため、電子ファンコントローラを採用し、凝縮温度に応じてファンの回転数



| | 従来 | 新型 |
|-----|--------|------------|
| 空気側 | リングフィン | 特殊切り起こしフィン |
| 冷媒側 | 平滑管 | 内面溝付き管 |

図 13. 热交換器の比較



をリニアに変化させている。この特性を図 12. に示す。

7. 高性能熱交換器の採用と高圧コントロール

一体空冷コンデンシングユニットは、周囲温度 40°C まで使用可能とするため、凝縮能力を大きく設定した。この実現において、従来の空冷凝縮器に使用しているフィン・配管とは別のものを採用した。従来と今回の熱交換器の比較を図 13. に示す。今回の高性能特殊切り起こしフィンは、空気が流入すると切り起こし部で隣の流路に進入することにより、乱流となり熱交換性能を高めている。また、配管には内面溝付き管を使用しており、従来の平滑管に対し約 12% 能力がアップする。

逆に、冬期の周囲温度低下における高圧コントロールとして、電子ファンコントロールを採用した。従来の空冷凝縮器ではファンの ON/OFF 制御であったが、凝縮温度に応じてファンの回転数を変化させている。この方式の採用により、周囲温度が -15°C でも高圧は約 10 kg/cm² (冷媒 R 22、吸込圧力 0.95~1.7 kg/cm²) を維持しており、この温度域まで使用可能となり、従来の ON/OFF 制御に対し高圧が安定している。図 14. に外気温度と高圧圧力の関係を示す。

8. 市場の反響

一体空冷コンビマルチは食品加工センター（いわゆるプロセスセンター）、スーパー・マーケットなどに納入されているが、工事業者、ユーザーから高い評価を得ており、業界初の製品であることから、今後も一体空冷分野における優位性を保つことができる。

9. むすび

以上述べてきたように、一体空冷コンビマルチは市場ニーズにマッチした種々の特長を備えており、シングル機の動向と同様に、マルチの分野においても一体空冷のウエートが急速に高まると予測される。

D スプリット式冷凍冷蔵クーリングユニット

木下 実*
根来耕一**

1. まえがき

ここ数年鉱化していた冷蔵倉庫の庫腹（収容能力）の伸びは、昭和60年代に入ってから伸長のきしが出てきた。また、オイルショック以後、重要視されてきた電力節減の対策が最近顕著になってきた。倉庫保管品は、近年の輸入食品の増加や食品需要の変化により種類が増加している。そのため、低温設備に対する要求が多様化してきた。その中で、きめ細かな保管温度の管理、空冷化、省電力、省工事、省スペースが特に重要視してきた。

このような冷蔵倉庫業界の要求にこたえるため、今回凝縮ユニットと冷凍機ユニットを一体化したスプリット式冷凍冷蔵クーリングユニットを開発した。小型4 HPから大型40 HPまで、《AFH》、《AFL》、《AFR》の3シリーズをラインアップしたので、ここに紹介する。

2. 開発のねらい

2.1 空冷化

水冷ユニットと空冷ユニットを比較すると両者共次のような長所、短所を持っている。

2.1.1 水冷ユニット

- (1) 都市部では水不足や水質の対策が必要である。
- (2) 冷却水の保守管理が繁雑である。
- (3) 寒冷地区において水の凍結の心配がある。
- (4) 設置スペースは空冷機器に比較して小さい。

2.1.2 空冷ユニット

- (1) 水資源に比べ空気は無尽蔵に有る。
- (2) 保守管理が容易である。
- (3) 設置スペースは水冷に比較して大きい。

以上のように、保守管理の繁雑さから、近年の冷凍機業界は急速に空冷化が進みつつある。しかし、空冷ユニットが水冷ユニットと同一の凝縮性能を出すには、熱交換器の容量が大きくなり設置スペースの点で改善の余地があった。また、従来の空冷ユニットは圧縮機部と凝縮器部が分離したリモートタイプが主流であったため、現地冷媒配管工事を必要とした。このような問題を解決するために、凝縮性能の良い熱交換器を用いたスプリット式のクーリングユニットを開発した。

| 従来シリーズ | | | | | |
|-----------|------|-----|--------|-----|----|
| 庫内温度 (°C) | -55 | -40 | -20-15 | 0 | 10 |
| 冷媒 | R502 | R22 | R502 | R22 | |
| 圧縮機 | 二段 | | 单段 | | |

| 新シリーズ | | | | | |
|-----------|------|-----|------|-----|---|
| 庫内温度 (°C) | -55 | -40 | -30 | -20 | 0 |
| 冷媒 | R502 | R22 | R502 | R22 | |
| 圧縮機 | 二段 | | 单段 | | |

図 1. 温度域と圧縮機の関係

2.2 単段機の低温化

大型の貸営業倉庫のように、比較的長期保管を行へ庫内温度変化の少ない冷蔵倉庫では、二段圧縮方式のユニットを使用して庫内温度を-25°C以下に保持している。このような貸営業倉庫に対し、比較的短期保管を行う食品加工工場や自家用冷蔵倉庫では、設置スペースの有効活用及び機器コストや据付けコストの点で有利な圧縮機部と凝縮器部を一体化した単段機による一体空冷クーリングユニットの要望が高まっている。

従来のクーリングユニットの単段と二段圧縮機の使用域と庫内温度の関係は図1.のようになっていた。この図において、単段から二段の温度域にかけて冷却できる冷凍機が必要となり新シリーズの開発を行った。

2.3 構成機器の改善

(1) 热交換器の性能向上

凝縮器用熱交換器の伝熱管に内面溝付き管を採用し、冷媒側の伝達性能を向上させ、ユニットを小型化した。伝熱フィンはスリット状の切り起しが入ったルーバステアフィンを採用した。図2.にルーバステアフィンと内面溝付き管を併用した熱交換器の熱通過率と、リングフィンと平滑管を併用した熱交換器の熱通過率を示す。ルーバステアフィンと内面溝付き管の併用熱交換器が50~60%良い。

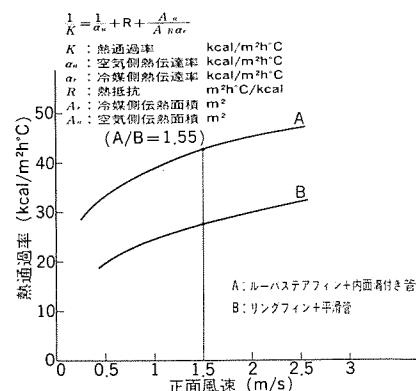


図 2. 热通過率

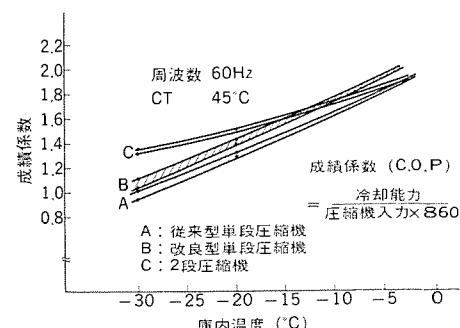


図 3. 単段 R 502 と二段 R 22 の成績係数

(2) 高効率圧縮機の開発

20 HP 以下の F 型圧縮機に加え、今回更に大型機の使用温度域を拡大するために、低温域での成績係数（冷却能力／圧縮機入力）を改善した単段圧縮機を開発した。冷凍機は圧縮比が大きくなれば成績係数が悪くなる。言い換えると、庫内温度が低くなれば成績係数が悪くなる。そのため低温域では、二段圧縮機を用いて成績係数を改善している。単段圧縮機の弁リフトとピストンを改良した高効率圧縮機を搭載することにより成績係数を改善するとともに、使用温度域を低温へ拡大することができた。

当社の従来型 R 502 使用単段圧縮機の成績係数を A、改良型 R 502 使用単段圧縮機の成績係数を B、R 22 使用二段圧縮機の成績係数を C で図 3 に示す。横軸に庫内温度、縦軸に成績係数を表す。従来型単段機と二段機のクロスポイントは $-4\sim0^{\circ}\text{C}$ である。改良型単段機と二段機のクロスポイントは、 $-15\sim10^{\circ}\text{C}$ である。自家用倉庫や食品加工工場の使用温度としては実用上問題ない。変更後の温度域を図 1. 下部に示す。

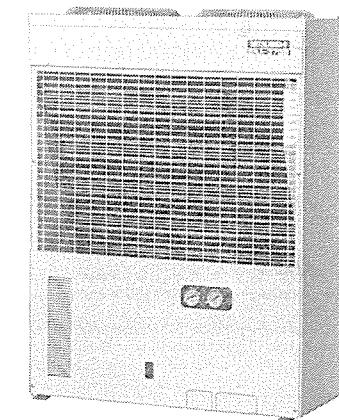
2.4 シリーズの拡大

従来の機種シリーズは中温域用《AFL》，中低温域用《AFR》，低温域用《AFS》の 3 シリーズであった。《AFL》は野菜・果物・種子・乳製品・塩干物などの保冷や予冷に使用してきた。《AFL》の温度域は着霜しない温度域、着霜する温度域、着霜してもすぐに溶ける温度域がある。着霜しない温度域から着霜しても、すぐに溶ける温度域を省エネデフロストであるオフサイクルデフロストを用いて新たにシリーズ

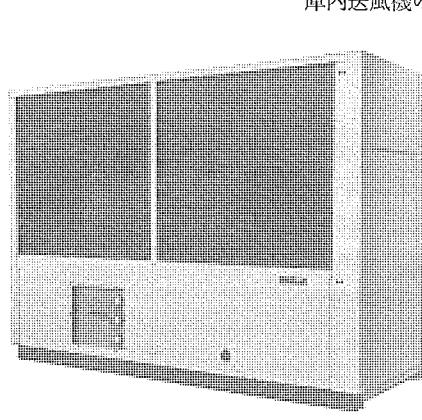
表 1. 空冷ユニット容量別シリーズ

| 型名 | 庫内温度 ($^{\circ}\text{C}$) | HP | | | | | | | | | | |
|-----|--------------------------------|----|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 |
| AFH | 3~15 | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | |
| AFL | -5~15 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | |
| AFR | -30~-5 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | |
| AFS | -55~-20 | | | | | | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

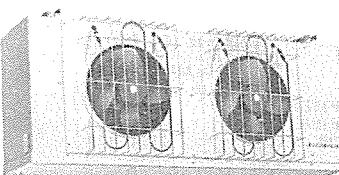
注 AFS はリモートタイプ



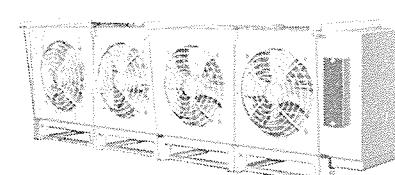
(a) 冷凍機ユニット



(a) 冷凍機ユニット



(b) 冷却器ユニット



(b) 冷却器ユニット

図 4. 小型機の外観

図 5. 大型機の外観

を追加した。新たなシリーズの型名は《AFH》で作業場兼保管倉庫などの冷却に使用される。《AFH》を加えた新シリーズを表 1. に示す。

3. 構成機器

小型機と大型機の外観写真を図 4. 及び図 5. に、機器構成を図 6. に示す。構成機器は大別すると室外に設置する冷凍機ユニットと冷蔵倉庫内に設置する冷却器ユニットに分かれる。室外の冷凍機ユニット内には、単段圧縮機・受液器・凝縮器・送風機・制御箱・デフロスト(除霜)制御機器・保護装置などを内蔵している。庫内の冷却器ユニットは、蒸発器・送風機・膨張弁・電磁弁などを備えている(図 6. 参照)。冷凍機ユニットと冷却器ユニットは現地冷媒配管で連結する。

3.1 送風機

新型 クーリングユニットは、送風機に低騒音のエクストラファンを採用した。エクストラファンは、翼面上での空気の乱れに伴う渦の発生を最小に抑える翼形状を形成しており、風量低下を最小限に抑えて騒音低減を図っている。羽根径は 320 mm, 400 mm, 750 mm の 3 種類を採用した。次にエクストラファンを採用した冷凍機ユニットの騒音レベルについて紹介する。圧縮機と送風機を運転したときの騒音レベルは下記のとおりである。

- ・小型機 51~65 dB (Aスケール) 距離 1.5 m 高さ 1 m
 - ・大型機 67~69 dB (Aスケール) 距離 1 m 高さ 1.5 m
- いずれも 60 Hz の騒音レベルである。

従来のリモート空冷タイプの仕様についてもエクストラファンを採用したが、このときの騒音特性を 40 HP について図 7. に示す。実線がエクストラファン使用のユニットで、破線が従来のユニットの騒音特性である。エクストラファン使用ユニットの騒音レベルが約 7 dB 低い。いずれもユニットから距離 1 m 離れた高さ 1.5 m の 60 Hz のデータである。

3.2 デフロスト機構

3.2.1 オフサイクルデフロスト

《AFH シリーズ》のデフロスト方式は、オフサイクルデフロストを採用している。オフサイクルデフロストとはデフロスト時間に入ると、圧縮機を停止し庫内送風機のみ一定時間運転し、庫内空気を熱源として霜を溶かす

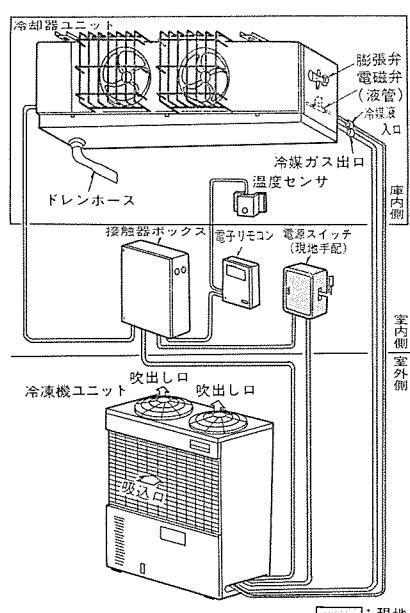


図 6. 機器構成

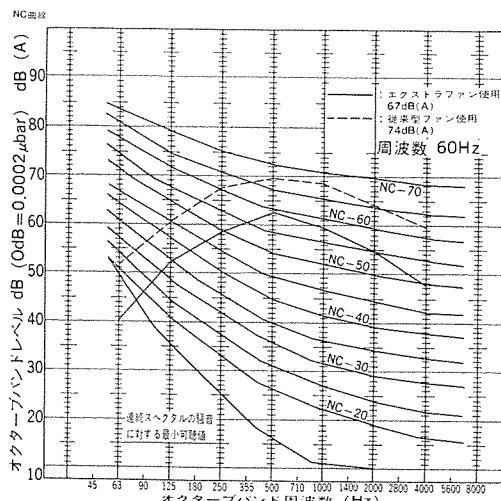


図 7. 騒音分析

デフロスト方式である。霜の融解潜熱は、庫内冷却に利用されるので省エネルギーなデフロストシステムである。デフロストの時間は庫内温度に左右される。庫内温度が低いほどデフロスト時間が長くなる。許容できる下限庫内温度は3°Cであり、《AFHシリーズ》の下限温度域を3°Cとしている。

3.2.2 ホットガスデフロスト

ホットガスデフロストとは、圧縮機から吐出した冷媒ガスを霜を溶かす蒸発器へ直送り込み、ガスの凝縮潜熱を利用して霜を溶かす方式である。《AFL, AFRシリーズ》は、このホットガスデフロスト方式を採用している。

(1) サーモバンク方式

20 HP以下のユニットはサーモバンク方式を採用している。図8.にこの方式の冷媒回路を示す。図中、実線が冷却運転の回路を示し破線がデフロスト回路を示す。冷却運転時、圧縮機から吐出された高温の冷媒ガスは、サーモバンク内を流れ凝縮器に至る。このときサーモバンク内の不凍液に蓄熱を行う。デフロスト運転時は、圧縮機の吐出ガスは凝縮器・受液器等を経由せず蒸発器へ流れる。蒸発器内でデフロストを行ったガスは、凝縮・液化してサーモバンク内に流れる。サーモバンク内にあらかじめ蓄熱していた熱により冷媒はガス化する。

サーモバンク方式は、冷却運転時の排熱をサーモバンク内に蓄熱して、デフロスト運転時の熱源として利用するのでデフロストの効果が高い。

従来20 HP以下のユニットは、この蓄熱槽をデフロストキットとしていたが、新シリーズからはユニットに標準装備した。そのため、従来の現地配管工事が不要になるとともに、工期短縮が可能である。

(2) アキュムレータ方式

20 HP以上のユニットは、アキュムレータ方式のホットガスバイパスデフロストシステムを採用している。アキュムレータ方式の冷媒回路を図9.に示す。

冷却運転時は液電磁弁が開き、ホットガス電磁弁が閉じて冷却作用を行う。デフロスト運転時は液電磁弁が閉じ、ホットガス電磁弁が開く。ホットガスは、凝縮器・受液器・膨張弁をバイパスして直接蒸発器へ流れる。蒸発器でガスは凝縮・液化して霜を溶かす。凝縮・液化した冷媒はアキュムレータに一時ため、アキュムレータの下部ブリッドチューブから少しづつ圧縮機へ戻す。

蒸発器の温度が上昇してくると、アキュムレータに貯えられた液化冷媒も徐々にガス化して、デフロスト終了時点では完全にガス状となる。20 HP以上の低温機は冷却器ユニットにダンパーを設けている。このダンパーはデフロスト運転中は閉じている。これはデフロスト中にドロップが生じ、蒸発器表面の暖まった熱気が庫内へ逃げ、庫内の冷気が冷却器ユニットへ入ってくることによりデフロスト効率が下がるのを防止する。また、熱や蒸気が庫内へ流れ出ることを防ぐので、庫内温度上昇防止が可能である。熱容量が小さいAl材質のダンパー採用により、低温域での信頼性が向上した。このダンパー併用のデフロスト方式を採用していることにより、大型機は構造がシンプルなアキュムレータ式ホットガスバイパスシステムとなっている。

4 機器の特長

4.1 省エネルギー

(1) 冷凍機ユニットと冷却器ユニットの組合せは、 ΔT (庫内温度と蒸発温度の温度差) 10 degを標準とした。更に、省エネ型として、 ΔT 7~8 degの冷却器ユニットも用意した。

(2) インテリジェントサーモ、インテリジェントデフロスト回路を組み込んだ。

(a) インテリジェントサーモ

インテリジェントサーモの動作特性と従来サーモの動作特性を図10.に表す。縦軸に温度、横軸に時間を表す。庫内温度が降下してサーモのON点以下に下がってから、一定時間(T 時間)を経過しても、OFF点まで下がらない場合は、 T 時間経過時点で強制的にユニットを停止して、冷し過ぎの防止を図る。1°Cの冷し過ぎ

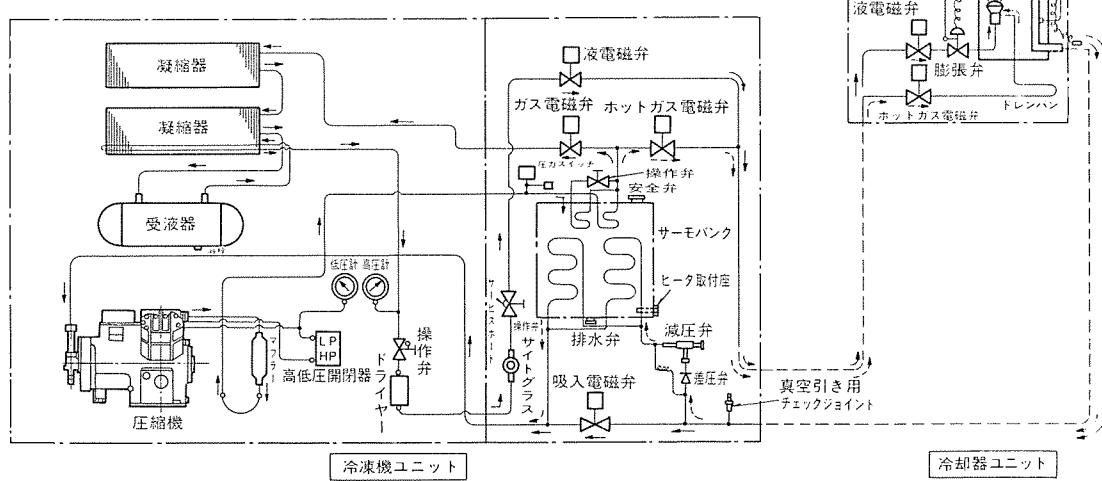


図 8. サーモバンク方式デフロストシステム

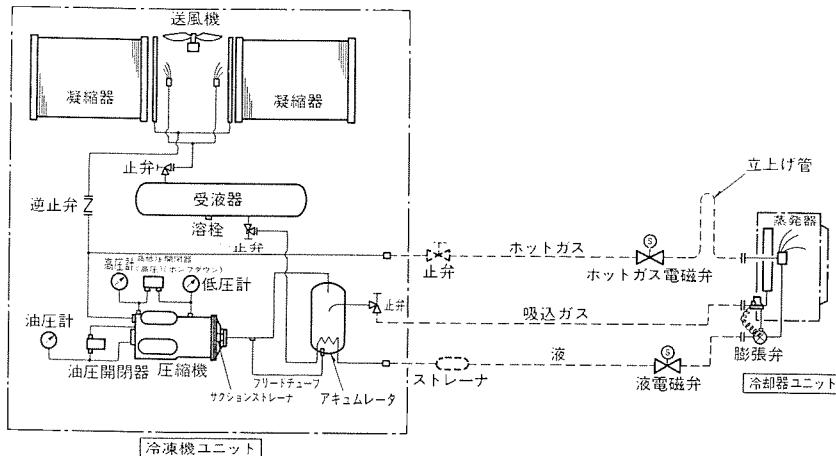


図 9. アキュムレータ方式デフロストシステム

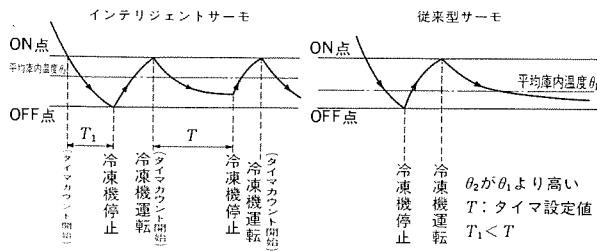


図 10. インテリジェントサーモ

防止は 5 ~ 6 % の省電力となる。図 11. に庫内温度と消費電力の関係を示す。

(b) インテリジェントデフロスト

ドアの開閉によって生じる庫内の温度変化を測定し、圧縮機運転中における温度上昇回数を計測する。この回数と基本回数を比較し、回数の増減により除霜間隔の時間設定を最大 1 時間の幅で増減する機能を設けた。図 12. に作動を示す。この機能により庫内の状態変化に合った自動除霜間隔の設定が可能となった。また、庫内温度が 4 °C 以上に上昇すると、デフロスト方式がホットガスやヒータであっても自動的にオフサイクルに切り換わる。

(c) サーモ停止時の送風機間欠運転

サーモ停止中に送風機の間欠運転を行い、庫内温度むらの発生を防止するとともに送風機動力の低減を図る。

4.2 冷却器のシリーズ充実

ユーザーの用途に適した選定ができるよう冷却器ユニットのシリーズを充実し、次のようなワイドバリエーションとしている。

(a) 標準タイプ 伝熱面積を大きくした省エネルギータイプ

(b) ウエットタイプ 乾燥目減りを嫌う大容量型

(c) セイブデフロスト 大容量冷却器でフィンピッチを大にした目詰まり抑止型

(d) センタータイプ 低風量両側吹出し型

(e) 2 台使用のマルチ 冷凍機 1 台に冷却器ユニット 2 台使用型

(f) 軸流送風機タイプ ダクト接続型

(g) 省エネ型 庫内温度と蒸発温度の温度差 ΔT を 7 deg とした省エネ型

以上、7 種類の冷却器との組合せを可能とした。

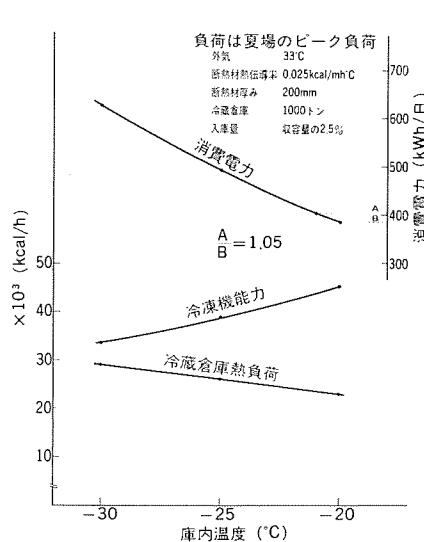


図 11. 庫内温度と消費電力

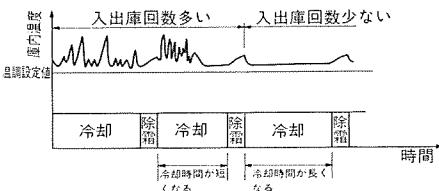


図 12. インテリジェントデフロスト

4.3 低騒音

詳細は前節で述べたので省略するが、エクストラファンの採用により室外の冷凍機ユニット、庫内の冷却器ユニット共に低騒音化を図った。なお、大型の冷却器ユニットの低騒音仕様に対しては、小型冷却器の複数設置で対応する。また、室外の冷凍機ユニットにはリニアファンコントロールを採用することにより、夜間の送風機回転数を下げ昼間に比較し約 4 dB の騒音低下を図った。

4.4 豊富なシリーズ

冷凍機ユニットと冷却器ユニットの組合せで、小型機は 77 型番、大型機は 72 型番の組合せが可能である。

4.5 省工事、省スペース

従来のリモート式 クーリングユニットに比較し、室外凝縮器と室内冷凍機ユニットが一体化し機器を工場でアセンブリしているので、現地における凝縮器～冷凍機ユニット間の冷媒配管工事・配線工事・断熱工事が不要となるため、現地工事費が低減できる。また、リモートタイプでは、冷凍機ユニットの据付けスペースと空冷凝縮器の据付けスペースを必要としたが、スプリットタイプでは冷凍機ユニットの屋外据付けスペースのみでよく、省スペース化が図れる。

また、現地の冷媒配管工事が容易になるよう、配管取出方向を側面、反サービス面、底面の 3 方向から取り出し可能である。

5. むすび

市場ニーズの変化に合わせて、低騒音・省工事・省スペース・省エネを兼ね備えたスプリットタイプのユニットを開発した。今後も多様化傾向にあるこの業界の、ニーズに合ったユニットの開発を推進していく所存である。以上、構造、特長につき説明したが関係各位の業務に少しでも役立てば幸いである。

66kV, 20MVA完全自冷式ガス絶縁変圧器の実用化

工藤 淳*・林 哲*・吉川 徹*

1. まえがき

SF₆ガス絶縁変圧器は、近年大都市部においてその需要が大幅に伸びてきている。これも、SF₆ガス絶縁変圧器の不燃性・安全性・信頼性が高く評価されているためである。特に市街地の電力、公共、電鉄関係の変電所は、今後SF₆ガス絶縁変圧器とGISを組み合わせたトータルガス絶縁変電所になることが期待される。

SF₆ガス絶縁変圧器の要求される性能としては、その高電圧化と大容量自冷化によるメンテナンスの省力化が挙げられる。当社は、このような社会環境に適応しつつ、絶えずSF₆ガス絶縁変圧器の高電圧化、大容量自冷化を目指し精力的に研究開発を進めてきた。

ここでは、当社の大容量自冷化の開発経緯と国内における最大容量の自冷式SF₆ガス絶縁変圧器(20/12/8MVA, 66/22/6.6kV)を、札幌市交通局すすきの変電所に製作納入したので紹介する。

2. SF₆ガス絶縁変圧器の特長

SF₆ガス絶縁変圧器は、SF₆ガスと固体絶縁の複合絶縁構造から成り、その冷却はSF₆ガスに依存している変圧器で次の特長をもっている。

(1) 優れた防災性

不燃性、非爆発性で、かつ物理的にも化学的にも安定なSF₆ガスを使用しているので、防災性、安全性に優れている。そのため消防設備や防火設備の大軒に簡素化が図れる。

(2) 保守、点検が容易

鉄心、巻線などの変圧器本体は、完全にSF₆ガスで密閉されたタンクに収納されているので、外気からの湿気、じんあいなどの影響を受けない。そのため変圧器中身の点検は不要である。

(3) 据付けが容易

SF₆ガスは、ガスボンベから直接変圧器本体に封入できるため、その作業は最小の必要機材で短時間でかつ清潔に行うことができる。

(4) 不燃性変圧器として、高電圧化、大容量化が可能

SF₆ガスは、絶縁耐力、冷却能力とも空気より優れているため、従来のH種乾式やモールド変圧器に比べ、高電圧化、大容量化が可能である。

(5) 小さい騒音

変圧器内部で発生した騒音は、音響インピーダンスの大きいSF₆ガス中を伝搬するため、油入変圧器に比べて若干小さくなる。

(6) 変電所の縮小化、トータルガス絶縁化が可能

GISとガス絶縁変圧器を有機的に結合することにより、変電所の縮小化、トータルガス絶縁化が可能である。

3. SF₆ガス絶縁変圧器の自冷化

不燃性変圧器として優れた特長をもつSF₆ガス絶縁変圧器もSF₆ガスが、鉱油に比べると図1に示すようにその熱伝達率が小さい

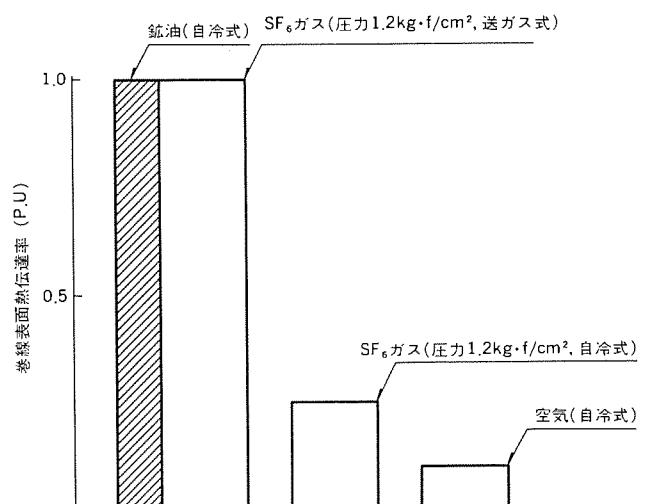


図1. 热伝達率の比較図

ため、SF₆ガス絶縁変圧器の大容量化に対しては、熱伝達率が鉱油並みに向上する送ガス式が一般的であった。しかし、送ガス式の適用に際しては、送ガスプローブの定期的保守点検、送ガスプローブで消費される電力量などを考慮に入れなければならない。

これに対して、送ガスプローブに起因する問題点が全くなく、これらの省力化が図れる自冷式のニーズがユーザーの間で日ごとに高まっているのが現状である。

図2. に国内で製作された自冷式SF₆ガス絶縁変圧器の製作実績の推移を示す。年とともに、自冷式SF₆ガス絶縁変圧器の単器容量が、増大しているのが分かる。当社としても、これらのニーズに対

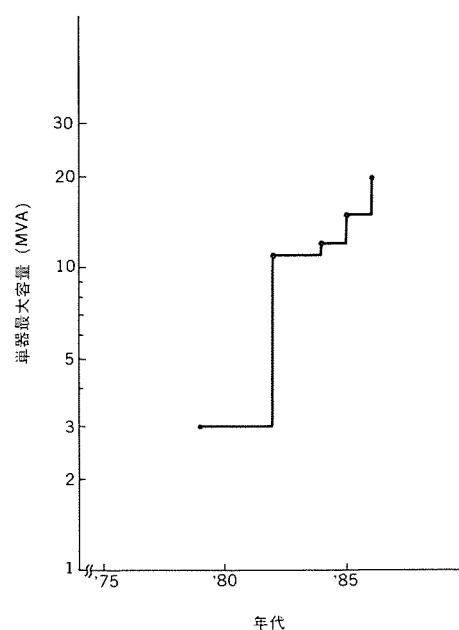


図2. 国内における自冷式SF₆ガス絶縁変圧器の単器最大容量の推移

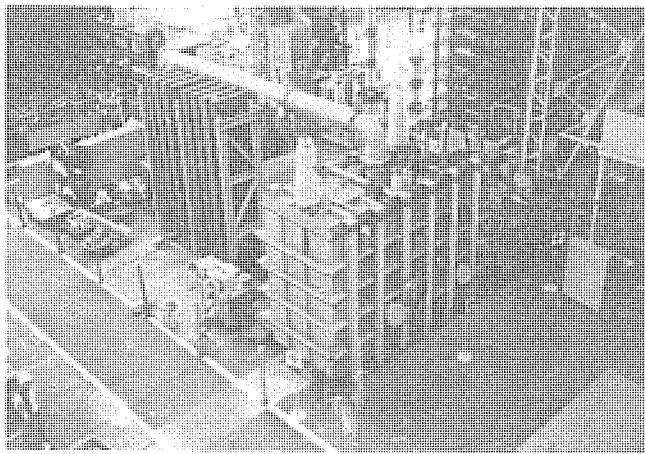


図 3. 大容量自冷式実規模 モデル

応するため、大容量自冷式 SF₆ ガス絶縁変圧器の実用化を目指し、

- (1) 卷線絶縁構造とその最適冷却構造の開発
- (2) 最適鉄心構造の開発
- (3) 冷却器も含めた最適自冷循環構造の開発

を中心に、図 3. に示す大容量自冷式実規模 モデルなどを製作し、SF₆ ガス絶縁変圧器の大容量自冷式の絶縁と最適冷却システム構造を開発実用化した。これによって、30 MVA 級までの自冷式 SF₆ ガス絶縁変圧器の製作が可能になった。

4. 大容量自冷式 SF₆ ガス絶縁変圧器の開発

4.1 自冷式の冷却システム

自冷式のガス循環流量、各部流速を求めるには、自冷式冷却システムを考える上で非常に重要なことである。ガス循環流量は、冷却回路の圧力損失に依存しているため、巻線構造、冷却器の構造、配管の大きさなど冷却回路の圧力損失を小さくするよう工夫を凝らしている。

自冷式の冷却サイクルは、以下のようなものである。巻線、鉄心で発生した損失は、熱となりガスに吸収されガスを膨脹させる。その結果、ガス中に密度差が生じ浮力が発生する。浮力により生じたガスの流れは、冷却器を通して空気側に熱を放し、自冷式のガス循環経路

のサイクルが終わる。この関係を図 4. に示すガス温度分布を使って説明すると、

(1) 変圧器内部のガス(ガス温度 θ_1)は、巻線、鉄心で発生する熱を吸収してガス温度が θ_2 まで上昇する。その結果ガスの熱膨脹により浮力が発生し、ガスが下から上へ流れる。

(2) ガス温度 θ_2 のガスは、冷却器の入口までほぼ θ_2 一定で、冷却器を通してガスが吸収した熱量を空気側に放出してガス温度 θ_1 にもどる。

これらによって生ずるガスの自然循環ガス流量は、ガスの密度差で生じた浮力と、ガス循環経路の圧力損失とがバランスしたところで成り立ち式(1)で表される。

$$\beta \cdot \gamma \cdot (\theta_2 - \theta_1) \cdot D = \frac{\gamma}{2g} \sum \lambda_i \cdot \frac{l_i}{d_i} \cdot (w/A_i)^2 + \frac{\gamma}{2g} \sum \xi_i \cdot (w/A_i)^2 \dots (1)$$

ここで

β : ガスの膨脹係数 l_i : 摩擦抵抗流路長

γ : ガスの比重 d_i : 相当直径

θ_2 : ガスの上部温度 w : ガス循環流量

θ_1 : ガスの下部温度 A_i : 流路断面積

D : 浮力を与える中心位置の差 ξ_i : 形状による圧力損失係数

λ_i : 摩擦抵抗係数 g : 重力加速度

である。また、発生損失とガス循環量の関係は、式(2)から求められる。

$$Q = C_p \cdot \gamma \cdot (\theta_2 - \theta_1) \cdot w \dots (2)$$

ここで Q : 発生損失 C_p : 比熱

である。したがって、式(1)と式(2)を連立して解くことにより、ガス循環流量、各部の流速、ガスの上下温度差を求めることができる。図 5. は、当社においてガス絶縁変圧器の発生損失を種々変化させて測定したガス絶縁変圧器の入口ガス流速と、そのときのガス上下温度差の関係を求めたものである。式(1)の自冷式の冷却回路の圧力損失から求めた計算値と測定値が比較的よく合っている。この結果から、例えばガスの上下温度差が、25~30°C の場合、ガスの入口流速としては 0.5 m/s 程度となる。この値は、同容量の送ガス式ガス絶縁変圧器の入口ガス流速の 1/10 程度である。

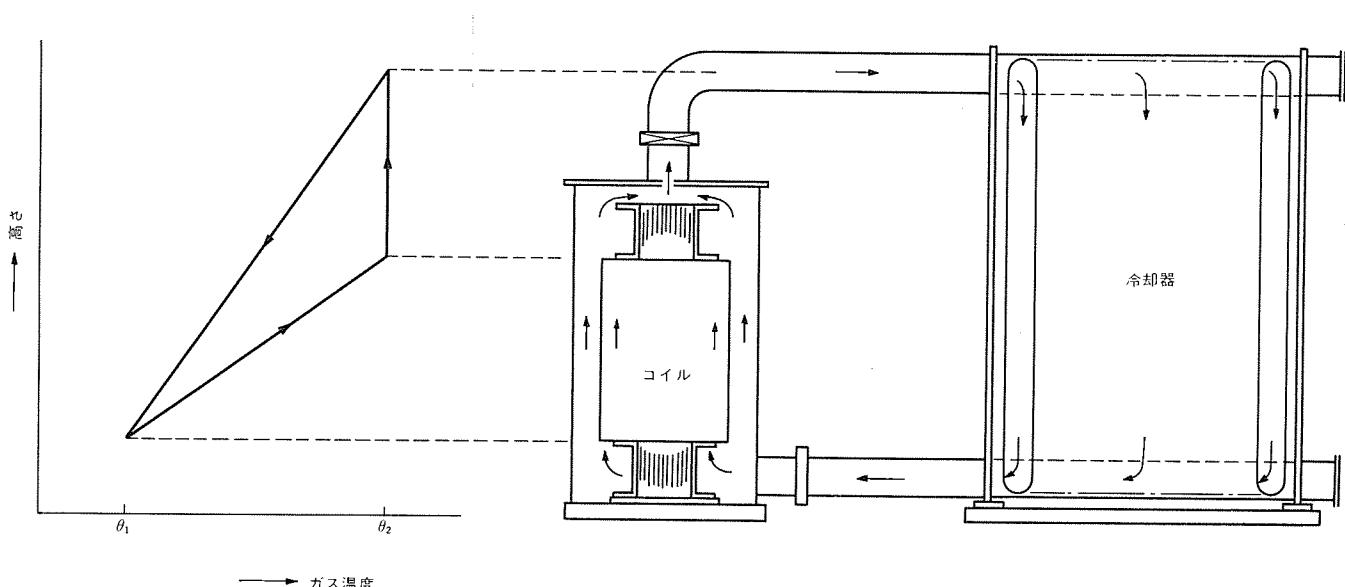


図 4. 自然循環回路とガス温度分布

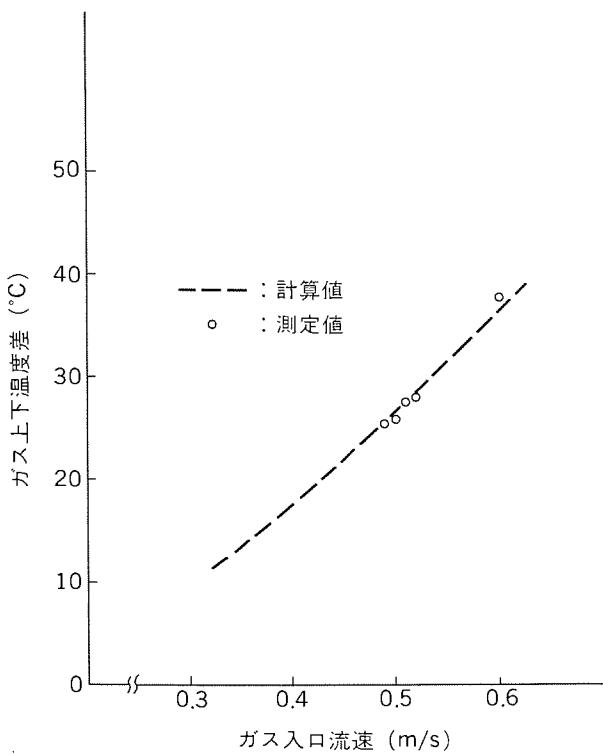


図 5. ガス入口流速とガス上下温度差の関係

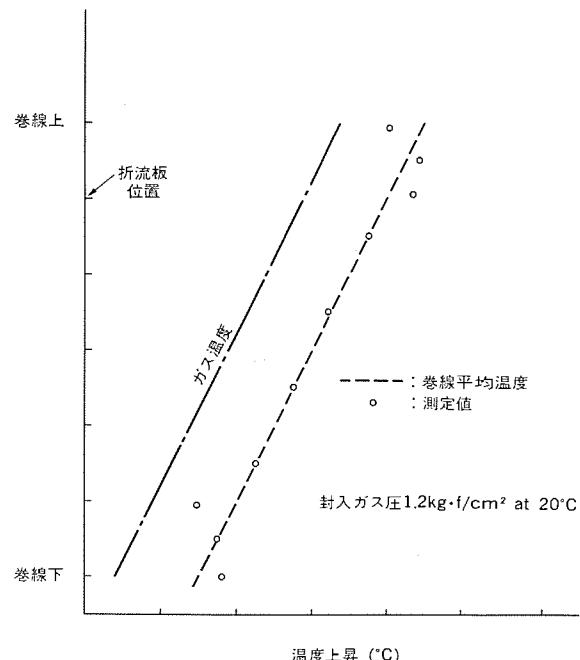


図 7. 卷線内温度分布 (ガス自然対流)

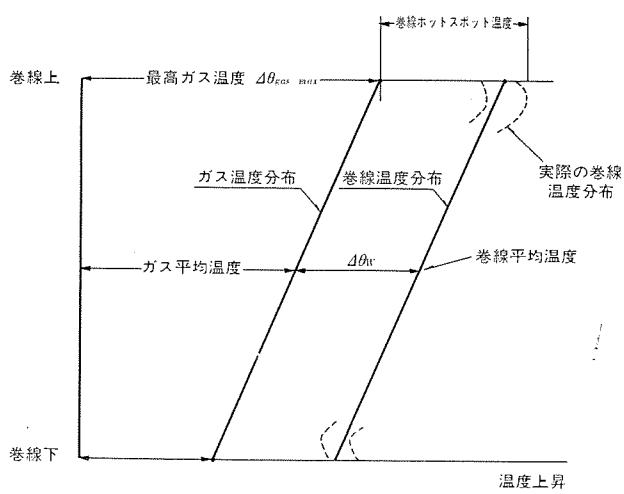


図 6. 卷線内温度分布模式図

4.2 卷線内温度分布

SF₆ガス中での卷線内温度分布については、卷線の形状、構造によるSF₆ガスの熱伝達率の把握が重要である。特に鉛油に比べ熱伝達率が小さいSF₆ガスでは、均等に卷線を冷却する必要がある。当社では、変圧器卷線モデルを多数製作し、自冷時におけるSF₆ガスの熱伝達率の実測値と計算値のつき合わせ、卷線内の最高温度の位置とその温度上昇値、卷線の上下温度差などを詳細に検討している。

図6.は、卷線からの発生熱量及びガスの流れが一様であるとした場合の卷線内の温度分布を示す模式図である。しかし、実際は破線で示す温度分布となるため、卷線内の最高温度いわゆるホットスポット温度は、図中の $\Delta\theta_w$ に補正係数 K を乗じた式(3)で表される。

$$\theta_{\max} = \theta_a + \Delta\theta_{\text{gas max}} + K \cdot \Delta\theta_w \quad \dots \dots \dots (3)$$

ここで θ_{\max} : 卷線の最高温度

θ_a : 周囲温度

$\Delta\theta_{\text{gas max}}$: 最高ガス温度上昇

$\Delta\theta_w$: 卷線平均温度上昇—ガス平均温度上昇

K : 補正係数

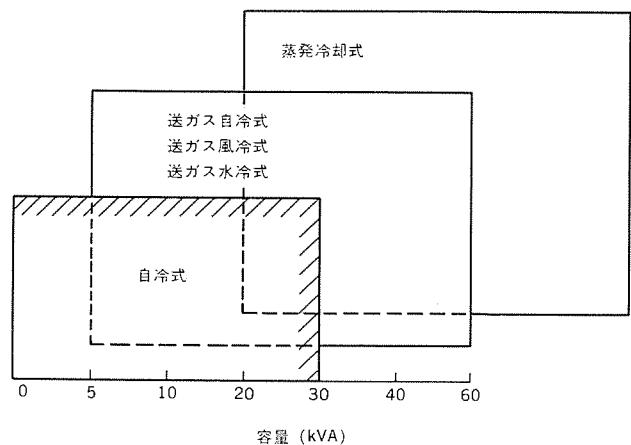


図 8. ガス絶縁変圧器の冷却方式による適用区分

図7.は実物大の卷線に熱電対を取り付け、卷線内の温度分布を実測した結果である。卷線内には折流板を取り付け、ガスの流れをzig-zag状に流し均等に卷線を冷却する構造としている。この結果、温度分布はほぼ一様である。これより補正係数としては、 $K=1.3\sim1.4$ の値が得られている。これら卷線の最高温度の把握は、ガス絶縁変圧器の卷線容量、絶縁種別を決定する上で非常に役立っている。

4.3 ガス絶縁変圧器の冷却方式による適用区分

図8.に当社におけるガス絶縁変圧器の冷却方式による適用区分を示す。自冷式ガス絶縁変圧器としては、30 MVAまで適用可能である。30 MVAを越える領域では、60 MVAまで送ガス方式、60 MVAを越える領域では、蒸発冷却方式を適用してガス絶縁変圧器の大容量化を達成している。従来20~30 MVAのガス絶縁変圧器の冷却は、すべて送ガス方式を適用していたが、当社における大容量自冷式ガス絶縁変圧器の開発成果から、その自冷容量を30 MVAまで拡大できることは、大都市市街地の変電所に設置されるガス絶縁変圧器の信頼性と省力化を今後一段と向上することが可能となつた。

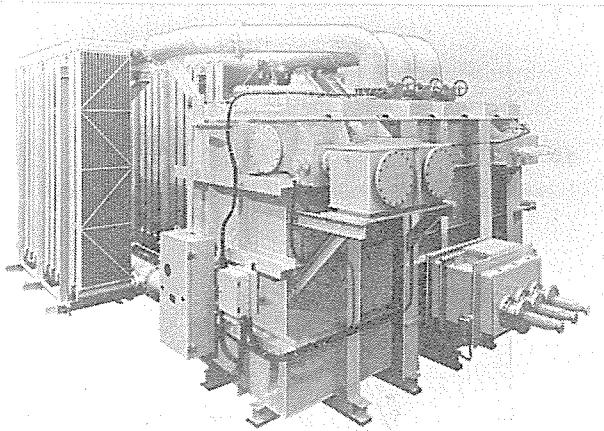


図 9. 変圧器の外観

5. 札幌市交通局すすきの変電所向け 20 MVA 自冷式ガス絶縁変圧器の完成

大容量自冷式ガス絶縁変圧器の実用器として、札幌市交通局すすきの変電所に、66 kV、20 MVA 変圧器を製作納入した。この変圧器は、札幌市高速鉄道3号線の新設に伴う電車運転用及び駅舎配電用の電力を供給する変電所の主変圧器で、札幌市の中心部すすきのに位置するビルの一階に設置されるもので、ガス絶縁変圧器とキュービクルタイプGIS “C-GIS”の採用により消火設備や防火壁を軽減し、ビル内変電所の不燃化と縮小化を図ったものである。

この変圧器の仕様は、以下のとおりである。

- (1) 形式：三相 50 Hz SF₆ガス絶縁真空スイッチ式負荷時タップ切換器付き
- (2) 絶縁種別：H種絶縁
- (3) 容量：20(26)/12(18)/8 MVA ()は2時間定格
- (4) 絶縁階級、定格電圧と結線：

| | | | |
|----|------|------------------|---|
| 一次 | 60号 | F70.2~R66~F59 kV | △ |
| 二次 | 20A号 | 22 kV | △ |
| 三次 | 6A号 | 6.6 kV | △ |

- (5) 定格ガス圧力：1.2 kgf/cm² (at 20°C)

である。また、特長は以下のとおりである。

- (a) 自冷容量を向上するために、耐熱性の良いH種絶縁を採用了。
- (b) 一次巻線130% 2時間、二次巻線150% 2時間の過負荷運転が可能である。
- (c) 自冷式であるため保守が容易である。
- (d) 変圧器の一次側は、キュービクルタイプGIS “C-GIS”に直結している。

- (e) 変圧器の二次側は、スリップオン式ケーブルに接続され、ケーブル終端箱のコンパクト化と現地据付け工事の簡素化を図っている。
- (f) “C-GIS”と組み合わせて変電所のトータルガス絶縁化を図っている。

これらの特長をもつ変圧器の外観を図9.に示す。

巻線には、油入変圧器で十分実績のある信頼性の高い構造を採用し、巻線内には冷却のために十分なダクトが設けられている。当社においては、特に60号以上の絶縁階級の巻線にはその耐雷設計の優れた高直列容量巻線を採用している。また、SF₆ガスは、不平等電界中ではその絶縁耐圧が劣るため、巻線端部には電界計算及びモデル試験結果から電界緩和を図った静電シールドを配置し、平等電界に近づけた構造としている。

素線の絶縁材料には、H種絶縁以上の耐熱特性をもつポリイミドフィルムを採用している。SF₆ガス中のポリイミドフィルムの電気的・機械的・化学的特性についても問題のないことを確認している。鉄心には、磁気特性の優れた発生損失のより少ない最高級方向性けい素鋼帯を使用している。鉄心の冷却は、鉄心内に冷却ダクトを設けるなどして鉄心の温度上昇値が問題とならないようにしている。

今回の20 MVA自冷式ガス絶縁変圧器の完成により、大都市部変電所の不燃化が達成されたばかりでなく、合わせて省力化も達成された。今後、大容量自冷式ガス絶縁変圧器の運転信頼性が実証されることにより、大都市部変電所への大容量自冷式ガス絶縁変圧器の適用が促進されるであろう。

6. む す び

ガス絶縁変圧器の大容量化は、これまで蒸発冷却方式、送ガス方式で達成してきたが、今回20 MVA自冷式ガス絶縁変圧器の完成により、20 MVA級変電所まで自冷式ガス絶縁変圧器の採用が可能となった。

これは変電所の不燃化、いわゆるトータルガス絶縁化ばかりでなく、ガス絶縁変圧器のメンテナンスの省力化も合わせて達成できた画期的なことである。今後、ますます増加するであろう自冷式ガス絶縁変圧器の需要にこたえるため、その大容量化と高信頼性の技術開発に努めていく所存である。

参 考 文 献

- (1) 水野ほか：ガス絶縁変圧器の適用と現状、三菱電機技報、54, No. 8 (昭55)
- (2) 前田：変電所におけるトータルガス絶縁化の推進経緯と今後の課題、電気評論 (昭61-4)
- (3) 前田、玉置：ガス絶縁変圧器の開発動向、電気学会雑誌、(昭61-6)

小型ファクシミリ《MELFAS 2100シリーズ》

中山典夫*・塚本克美*・大原彰・山崎道夫*・秋田真一**

1. まえがき

オフィスオートメーションの一端を担い、大企業・中企業を中心に普及してきたファクシミリは、近年、小型化・低価格化の進展により、一層急速に小企業・個人商店などへの広がりをみせている。

需要層の末端への移行に伴い、ますます小型で低価格なものが要求され、また従来一般的であったファクシミリ設置時の電話回線の増設が容認されなくなり、電話で使用していた回線をそのまま共用して使用するケースが増加している。一方、電話機そのものも従来の電話機に替わり、オングラフダイヤル・ワンタッチダイヤル等の機能を備えた多機能電話が普及の度を速めている。

ここに紹介する《MELFAS 2100シリーズ》は、このような市場背景をもとに立案・開発されたファクシミリで、ざん新でコンパクトなデザインの中に、数多くの機能を搭載、電話機能も従来機種以上の強化を図り、一層の使いやすさを追求した。機種バリエーションは、オートカット付きの《MELFAS 2100 C》と、ハンドカットタイプの《MELFAS 2100 S》の2機種で、ボディーカラーはオフィスのインテリアに合わせて、ホワイトとピンクの2種類を用意した。

2. 特長

《MELFAS 2100シリーズ》の特長は次のようなものである。また、図1に外観を、表1に主な仕様を示す。

(1) A4サイズの設置スペース

手帳に机上に置けるサイズを目標とし、突出部を除く本体の床面積は300mm(幅)×208mm(奥行)と、ほぼ

A4サイズの設置スペースを実現した。

(2) B4判読取り

コンパクトなボディーにB4判読取りの密着イメージセンサを搭載、通常オフィスで使用される文書のほとんどを取り扱うことができる。また、相手機の記録紙サイズに合わせて縮小送信を行うことも可能である。

(3) 高速18秒電送

当社独自モードの搭載により、標準原稿を18秒にて伝送できる。

(4) 電話機内蔵

ダイヤルパルス回線及びプッシュボン回線に対応可能な電話機を内蔵している。

(5) ワンタッチ・短縮ダイヤルによる自動送信

ワンタッチダイヤルは16あて先の登録ができ、原稿をセットし、あて先ボタンを押すだけで自動的にダイヤル・送信を行う。また、短縮ダイヤルにも16あて先までの登録が可能である。

(6) 自動給紙機能

小型機でありながら、一度に10枚までの

原稿をセットできるため、通常の通信量には十分対応できる。

(7) 電話機能

通常の電話として使用できるほか、次のような機能をもっている。

(a) オンフックダイヤル

受話器を置いたままでのダイヤルが可能で、相手からの応答はスピーカーにより確認できる。

(b) ワンタッチ・短縮ダイヤル

自動送信用として登録したあて先は電話用としても使用可能である。

(c) リダイヤル

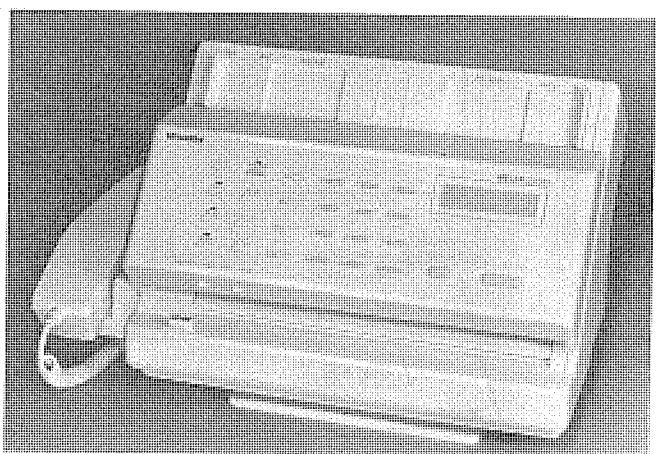


図1.《MELFAS 2100》の外観

表1.《MELFAS 2100》の主な仕様

| | |
|----------|---|
| 構成 | 送受兼用卓上式 |
| 使用回線 | 加入電話回線、2線式専用回線(3.4kHz)、ファクシミリ通信網 |
| 結合方式 | 直接結合(モジュラージャック使用) |
| ダイヤル機能 | PB, DP(10 PPS, 20 PPS) |
| 伝送速度 | 9,600, 7,200, 4,800, 2,400 bps(自動フォールバック式) |
| 走査線密度 | (主)8ドット/mm、(副)7.7, 3.85本/mm(90秒モード時2.57本/mm) |
| 電送時間 | 18秒(注)、G2モード3分、MFIモード※ファイン3分、標準90秒、送信3分 |
| 送信原稿寸法 | 257×1,200mm(B4) |
| 有効走査幅 | 読み取り254mm(B4)、記録210mm(A4)、G2 205mm、MFI 192mm |
| 記録紙サイズ | 216mm×50mmロール |
| 記録紙カット方式 | 原稿長に合わせてオートカット(MELFAS 2100 C)、手切り(MELFAS 2100 S) |
| 搭載圧縮方式 | G3(MH)、独自 |
| 読み取り方式 | 密着イメージセンサによる平面走査 |
| 記録方式 | サーマルヘッドによる感熱記録 |
| 寸法 | 199×300×208mm(突出部除く)電話機含む199×370×208mm |
| 重量 | 約7.5kg(付属品を除く) |
| 電源 | AC 100V±10% 50/60Hz |
| 消費電力 | 送信時30W、受信時(通常)30W、最大140W |
| OA機能 | ワンタッチダイヤル16、短縮ダイヤル16、オングラフダイヤル、スピーカー、停電時電話機能、マイクミュート、リダイヤル、ファクシミリ電話自動切換、電話呼出し、タイム発信、ボーリング、通信記録、発信元印字、着信印字、原稿自動給紙、均等縮小送信 |
| 別売品 | 回転台、壁かけ金具 |

注 A4標準原稿を走査線密度(主)8ドット/mm、(副)3.85本/mm、9,600 bpsで送信した時の画像情報の伝送時間。制御時間は含まない。

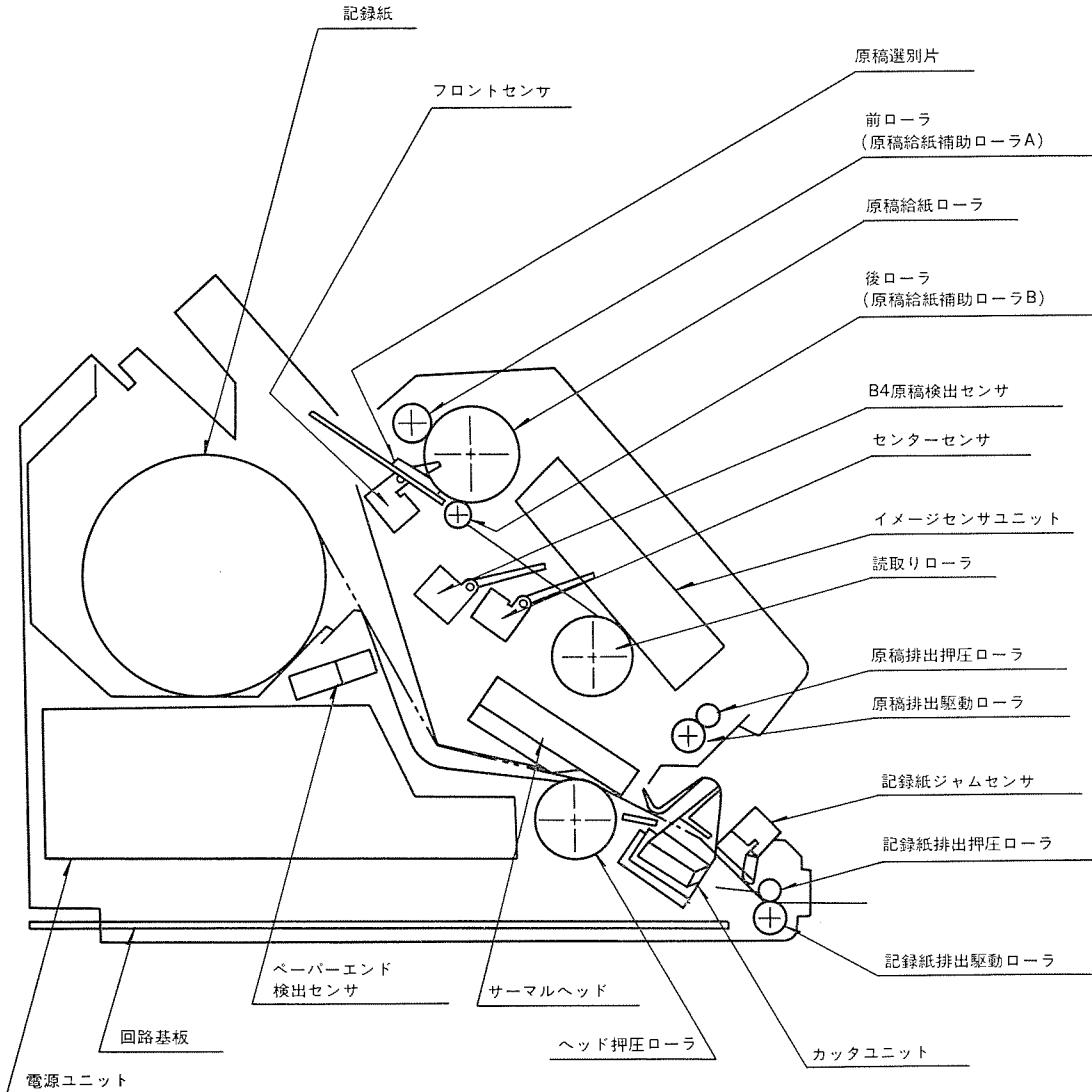


図 2. 機構部の内部構成図

同じ相手にもう一度ダイヤルする場合、リダイヤルボタンを押すことにより、再ダイヤルされる。

(d) マイクミュート

ハンドセットのマイクミュートスイッチを押せば、相手に話し声が聞こえなくなり、受話器を手で押さえる必要がない。

(e) 停電時電話機能

停電などでファクシミリ本体の電源が切れている場合にも、停電スイッチにより通常の電話として使用できる。

(8) 電話・ファクシミリ切換機能

手動受信に設定している場合、一定回数ベルが鳴った後は自動的に受信に切り換わる。また、自動受信の場合でも電話の声がスピーカーから聞こえるため、電話に出て相手と話すことができ、1本の電話線を有効に使い分けられる。

その他、コピー、ポーリング、タイム送信、発信元印字、受信日時・ページ印字、通信管理レポートなど数多くの機能を備えている。更に、オプションの回転台へ載せて使用することも可能である。

3. 機構系の構成

3.1 全体の構成

この機種では縦型を意識したデザインとなっているため、各構成ブロックを上に積み重ねていく構成としている。一般にファクシミリでは、

記録紙の交換や原稿及び記録紙の紙づまりの処理のため、紙の走行系を水平又は垂直方向に開く型式となっている。この機種でもその例にもれなく、全体にコンパクト化され、また各ブロックを積み重ねているので、受信系を開いた場合には重心が上側に上がってしまい、セット全体が不安定になる。したがって、セットの倒れ防止のために比較的重量があり、通常は触れる必要のない電源系を下側に持ってきた。また、回路系は従来の機種に比べ大幅に高密度実装化を図り、1枚基板として底面に配置した。なお、回路基板のコネクタは、従来カードエッジタイプであったが、挿抜性及び組立性改善を目的として圧着タイプコネクタを採用した。

機構系では、使用者の使いやすさを考慮して、送信系を上に、受信系を下に配置した。また、原稿の走行方向は、後側上面から挿入し前側へ排出される構造とした。これは、操作性のみを考えた場合、前面から挿入する方がよいのではあるが、10枚の連送を可能とするためには前面に原稿の大きさ(B4判)の原稿受けを突き出させねばならず、省スペースと原稿の先端を給紙ローラに確実に当てるために重力を利用できるよう、上部からの原稿挿入とした。受信紙についても、省スペースとオプションとして設置される受信紙受け(かご状のもの)のスタック性を考慮して、前面への排出とした。

以上のブロックで構成されているが、意匠デザインについては、コンパクト感を出すために側面の前部と後部に5mmの段差を設けた。ま

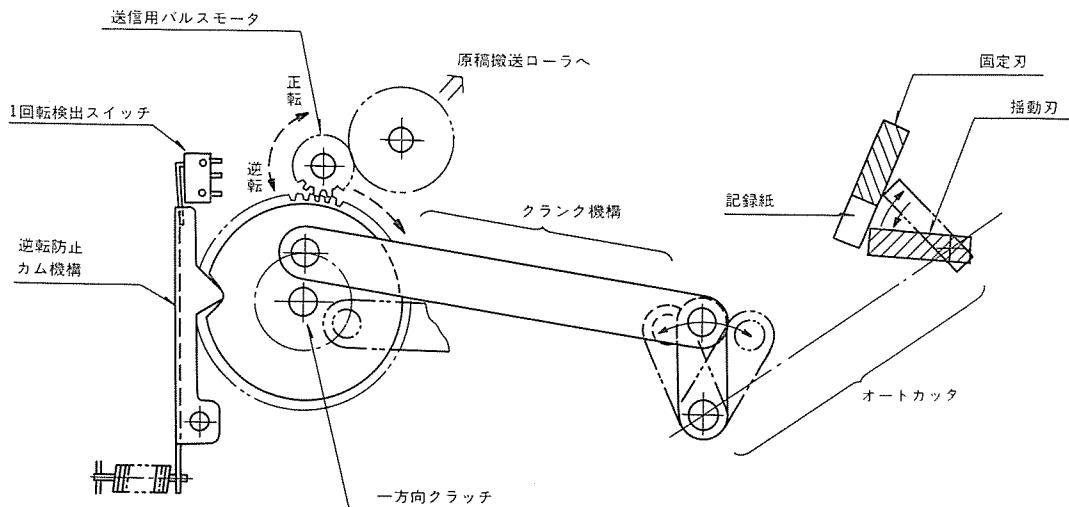


図 3. オートカッタ構造図

た、前面上部をカットして使用時の圧迫感をなくし、縦型でありながら平置型のイメージを出せるよう配慮した。内部構成図を図 2. に示す。

3.2 送信部

送信部は、原稿自動給紙部、原稿読み取り部、原稿駆動部及び原稿排出部で構成している。

原稿自動給紙部は構造が簡単であることと、比較的広い範囲の原稿質に対して、十分な分離力を得られることから、給紙ローラとゴムパッド（分離片）を組み合わせたフリクションパッド方式を採用した。一般的にフリクションパッド方式は、原稿の分離力は比較的良好である

が、構造上、原稿の斜行防止のための拘束力が不足しており直進性に欠ける。したがって、分離機構とは別に原稿直進性を高める機構を設ける必要がある。

この機械の場合は、給紙ローラの入口側に表面の摩擦係数の高い、スポンジゴム製の前ローラを設けている。前ローラは、原稿給紙中に原稿の表面を押しながら原稿の進行に従って受動的に回転し、原稿の直進性を高める働きをする。また、給紙ローラの出口側には同様に原稿の進行に従って受動的に回転するローラを設け、原稿の直進性を高めている。原稿駆動部は、PM (Permanent-Magnet) 型パルスモータを定速駆動するとともに、樹脂成形のギヤ減速機を組み合

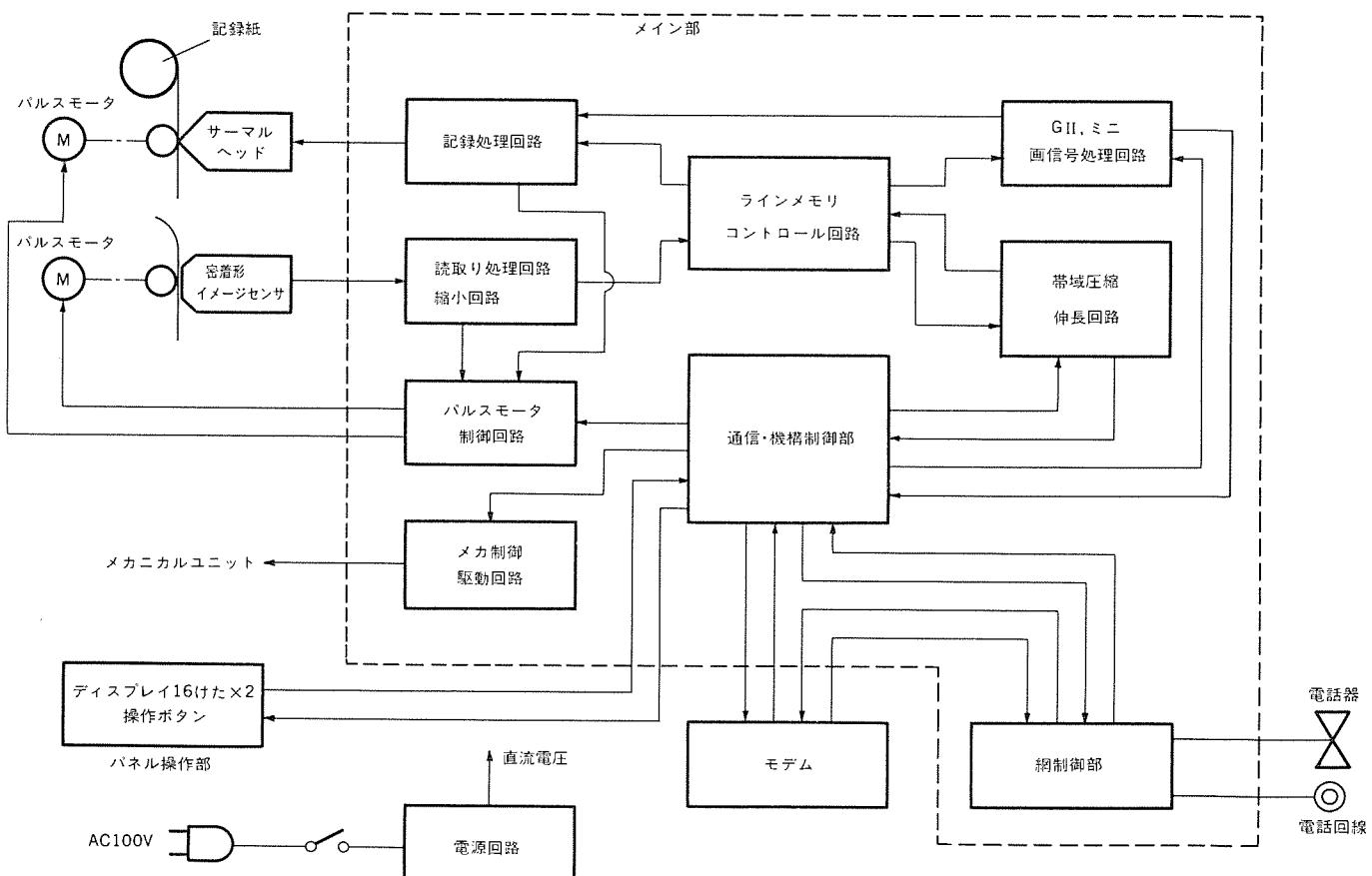


図 4. ブロック図

わせ、非常に静かな紙搬送を可能にしている。

3.3 受信部

受信部は、記録紙収納部、記録部、オートカッタ部、記録紙駆動部及び記録紙排出部で構成している。受信部では特にオートカッタ部を詳細説明する。図3.に構造を示す。従来の当社ファクシミリのオートカッタは、専用の駆動モータを設け、独立した駆動系をもっていた。

この機種では、送信の場合、原稿を搬送するためのパルスモータを逆転して、オートカッタを駆動することで、オートカッタ専用の駆動モータを不要とした。このように、原稿送り用のパルスモータをオートカッタ駆動用として共用化するために、次のような工夫がなされている。

(1) 2系統の負荷系にそれぞれ一方回転クラッチを挿入し、逆転時の回転力を遮断している。

(2) 動力の伝達系にクランク機構を採用し、パルスモータの発生トルクを有効にカッタ切断力に変換している。

(3) パルスモータの負荷トルクが大きくなる記録紙切断時は、パルスモータの発生トルクが高い低速回転で駆動し、負荷トルクの小さいオートカッタリターン時は、高速回転で駆動する2スピード駆動としている。

(4) 一方回転クラッチの持つ空転トルクの影響を除くために、カッタ駆動系にはカム機構を設け、カッタの逆転を防いでいる。

4. 電気系の構成

図4.に《MELFAS 2100シリーズ》のブロック図を示す。電気回路を大別すると、パネル操作部・メイン部・電源部・モードの各ブロックに分けられる。構成の中心となるメイン部には、画像処理部、符号圧縮・伸長部、記録制御部、通信・機構制御部等のほか、電話機のネットワーク回路も内蔵している。

小型化に対応するため、2種類のLSIと2種類のワンチップCPUを新規に開発し、基板サイズの縮小化を行った。

(1) パネル操作部

操作部は、16けた×2行の液晶表示部、26個のプッシュボタンと3個のスライドスイッチ及び発光ダイオードが配置されており、メイン部とは10本のケーブルでインターフェースを行っている。液晶表示部制御用LSIも基板上に載せ、表示ユニットとの接続の簡素化を図った。また、停電時に操作パネル上のキーでダイヤルができるようにスイッチを設けている。

(2) 画像処理部

読み取り部には、密着イメージセンサを使用して、画質の向上、装置の小型化及び装置の信頼性を高めた。画像処理部では、新たにカスタムLSIを開発し、先に述べた密着イメージセンサの駆動、画信号の縮小処理及び線密度変換処理を行っている。

縮小処理は、送信原稿の幅と相手機の記録紙幅の比較を行い、記録紙幅の方が小さい場合に行う。この場合、主走査方向、副走査方向とも行き同一の縮小率となる。

(3) 符号圧縮・伸長部

G3規格適合のMH(Modified Huffman)符号化方式を使用しており、この符号化、復号化のため、ワンチップCPUを採用し、更に帯域圧縮・伸長の補助を行なうカスタムLSIを開発し回路の小型化を図った。

当社独自モードでは、ファイルを効率的に削減する方式の採用により、

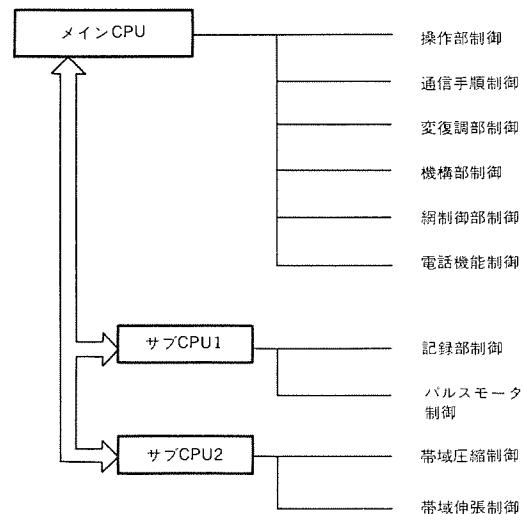


図5. CPUの機能分担

通信時間の短縮を行っている。ファイルとは帯域圧縮を行なう符号化の過程で、1ラインの発生符号量が、最小伝送符号量よりも少なくならないよう付加しているダミー符号のことである。この方式では、送信側・受信側にバッファメモリを持つことにより、不必要的ファイルを送出せず、効率的な伝送が行えるように制御を行っている。

(4) 記録制御部

感熱記録ヘッドの制御のため、ワンチップCPUを採用し、黒画素の多い画信号に対しても高速記録を可能にした。また、広範囲な温度変化に対しても一定の記録濃度を保つように、最適な印字パルス制御を行っている。

更に、このワンチップCPUは、送信機構部及び受信機構部のパルスモータ制御も行っている。

(5) 通信・機構制御部

この装置は、交信モードとして、独自モード、G3、G2、ミニファックスの各モードのほかに、日本電信電話(株)(NTT)のファクシミリ通信網への接続モードも搭載し、現在市場にあるほとんどの機種との交信を可能とした。

通信・機構制御部は、この装置の中心となる部分であり、メインCPUにより上記の各交信モードの制御を行うとともに、送信時・受信時の機構部シーケンス制御、各種電話機能の制御、パネル操作部とのインターフェース、2種類のワンチップCPUとのインターフェースを行っている。

この装置では、複数個のCPUを使用し、機能別に分担・処理を行うマルチCPU方式を採用しているため、メインCPUの負担を軽減することができ、処理速度の向上が図れた(図5.)。

5. む す び

以上、《MELFAS 2100シリーズ》の特長と概要について述べた。市場の要求に合わせて、小型化、多機能化、そして低価格化を目指し、ほぼ所期の目的を達成した。

《MELFAS 2100シリーズ》で培った技術を更に発展させ、今後も市場のニーズにマッチした製品を開発していく所存である。

最後に、このシリーズの開発にあたり、御支援、御協力をいただいた関係各位に深く謝意を表する次第である。

高機能型ディジタルビデオテックス宅内装置

山崎洋美*・内田光治*・吉沢健一*・手塚雅之*

1. まえがき

高機能型利用者端末 DGT (Digital Graphic Terminal) は日本電信電話(株) (NTT) の御指導のもとに開発したものであり、ディジタル網に接続するビデオテックスシステムの利用者端末である。現行の商用アナログビデオテックスシステムであるキャプテンは、既存の電話網の上に構築されている。一方、INSプロジェクトの中で電話網もディジタル信号路にすることにより、一般的なデータ網と統合化していく計画が進められている。

電話回線がディジタル化された場合には、既存の4.8 Kbpsの伝送路に対して64 Kbpsの伝送路が利用できるようになるため、情報量の多い自然画、音声のサポートが可能になり、より豊富な情報サービスができるようになる。ディジタル網が構築されていない現段階では、ディジタル化された構内網を利用したプライベート型のビデオテックスシステムとしての活用が見込まれる。

本稿では、ディジタル回線を利用するビデオテックスシステムの中でのDGTの機能、構成について記述する。

2. プライベート型ビデオテックスシステムの概要

図1はプライベート型ビデオテックスシステムの例を示したものである。利用者端末(DGT)はディジタル回線を通して情報センターに接続されている。情報センターの画像情報データベースはDGTを操作することにより検索することができる。検索した情報は利用者端末に、表示、出力することができる。また、今回開発した高機能型利用者端末では、後述するように利用者端末で作成した画面情報を送信する機能も備えている。

3. DGTシステムの概要

今回開発したDGTが、従来のランク1～5の端末と著しく異なる機能は、利用者端末でありながら画面作成機能を備えていることである。この入力機能を活用することにより、高度な双方向性の情報伝送システムを実現することができる。

画面作成では、図2のDGTのシステム構成で示すように、オプシ

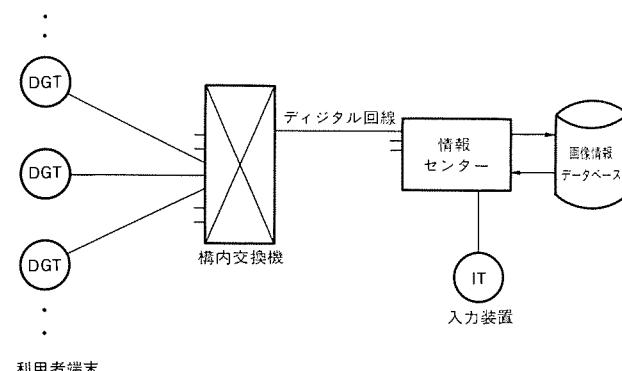


図1. プライベート型ビデオテックスシステムの例

ヨン機器として接続できるカラーカメラ、タブレット及びキーボードを用いることにより、自然画、図形、文字を入力することができる。作成した画面はDGT本体に内蔵しているフロッピディスク装置に蓄積することができ、また蓄積した画面は回線を通してセンター側に送信することができる。

DGT本来の目的である利用者端末の機能は、商用アナログキャプテンの最上位の利用者端末であるランク5の機能を含むしたうえに、自然画、ADPCM音声をサポートしている。表1にDGTの仕様を示す。

4. ハードウェア構成

今回開発したDGTでは、利用者端末機能だけではなく画面作成機能をもたせるため、パソコンのソフトウェア機能の一部が必要であった。そのため、DGTでは当社のパソコン『MULTI 16』を基本にして、その上にビデオテックスで必要とする機能を積み上げている。したがって、ハードウェア機能としてパソコンとビデオテックスの両機能を兼ね備えている。

4.1 本体部

図3はDGTのハードウェア構成のブロック図である。図のメイン処理部は『MULTI 16』のハードウェアをほぼそのまま流用している。システムはFDDベースであり5インチFDD2台を内蔵し、システム立ち上げ若しくはデータの書き込み、又は読み込み用として使用する。8インチFDDは2台までオプション機器として接続することができる。8インチFDDは、他機種との互換性がとりやすいことから、主にデータ互換用として使用することを目的にしている。プリンタ装置はパソコンとして使用する場合に必要となるもので、オプション機器として接続できる。ビデオテックス画面のハードコピー用のプリンタは、パソコン用のプリンタとは別にオプション機器として接続できる。

漢字フォントROMは、キャプテン用の文字フォントである。パソコン用のフォントROMはこれとは別にもっている。画面作成用のオプション機器としては、次の機器が接続できる。

(1) 自然画入力用: NTSC又はRGBインターフェースのカラーカメラ

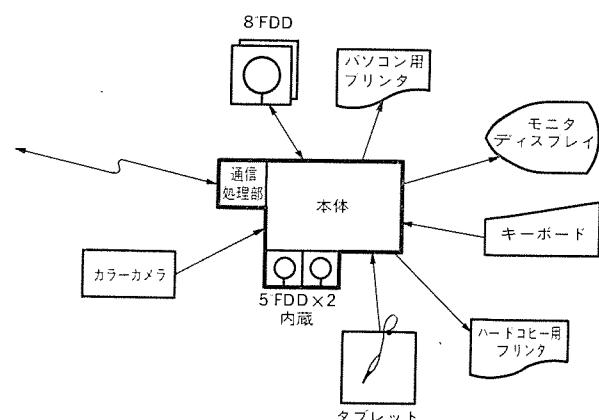


図2. DGTのシステム構成

表 1. DGT の仕様一覧

| 項目 | 仕 様 |
|----------|---|
| 表示画素数 | 408(縦)×496(横)ドット |
| フレーム構成 | コード情報フレーム パターン情報フレーム ジオメトリック情報フレーム 自然画情報フレーム |
| 画面情報 | テキスト情報 コード情報 モザイク図形情報 DRCS情報 ジオメトリック図形情報 パターン情報 自然画情報 簡易動画コマンド情報 メロディー情報 ADPCM音声情報 テレソフトウェア情報 |
| 表示モード | 固定表示, スクロール表示, 多画面表示, 端末多画面表示, 象現固定表示 |
| 文字の種類 | 標準文字, 中形文字, 小形文字, 拡大文字(倍高, 倍幅, 倍高幅) |
| キャラクタセット | JIS 6226 第1水準漢字, 非漢字 キヤブテン用追加記号 JIS 6220 英数字, 片仮名 キヤブテン及び CEPT 用モザイク |
| 着色単位 | パターン情報 4×4ミニブロック又は 8×12 サブブロック コード情報 キャラクタ単位 自然画 ドット単位 |
| 着色数 | パターン情報 16色 コード情報 16色 自然画 R, G, B 各 256階調 |
| 入力機能 | 自然画入力 カラーカメラからの自然画入力 切出し, 移動による編集可 |
| 图形入力 | タブレットによる手書き图形あるいは幾何学图形入力 |
| 文字入力 | 文節単位のカナ漢字変換入力 文字: 標準サイズのみ 文字着色可 |

(2) 図形入力用: RS 232 C インタフェースのタブレット

ADPCM 音声及びメロディーは、本体内蔵のスピーカーから出力する。必要あれば出力端子を通して外部スピーカーに接続することも可能である。

4.2 回線部

DGT での回線インターフェースは 64 Kbps デジタルインターフェースであり、表 2. で示す ISO の “OSI 参照モデル” に準拠した階層構造のアーキテクチャである。回線処理部は本体側とは独立したプロセッサを持っていて。本体側の処理を軽減するため、回線側との交信処理はすべて回線部で行えるようにしている。本体側とのデータの受渡しは、すべて回線部と本体部の間にある 2 Port RAM を通して行うことにより、本体側とのインターフェースを簡略化し相互の処理性能を向上させている。

4.3 フレームメモリ

パソコンとしてのフレームメモリとは別に、DGT のビデオテックス機能を実現するため、コード情報フレーム、パターン情報フレーム、ジオメトリック情報フレーム及び自然画情報フレームをもっている。図 4. はフレーム構成を示したものである。

コード情報フレーム及びパターン情報フレームは、画素単位で 1 ビットのパターン面により FG 色又は BG 色の選択をする。FG 色、BG 色はコード情報フレームでは小形文字サイズ 8×12 画素単位、パターン情報フレームでは 4×4 画素単位で 4 ビット、すなわち 16 色の色表現ができる。

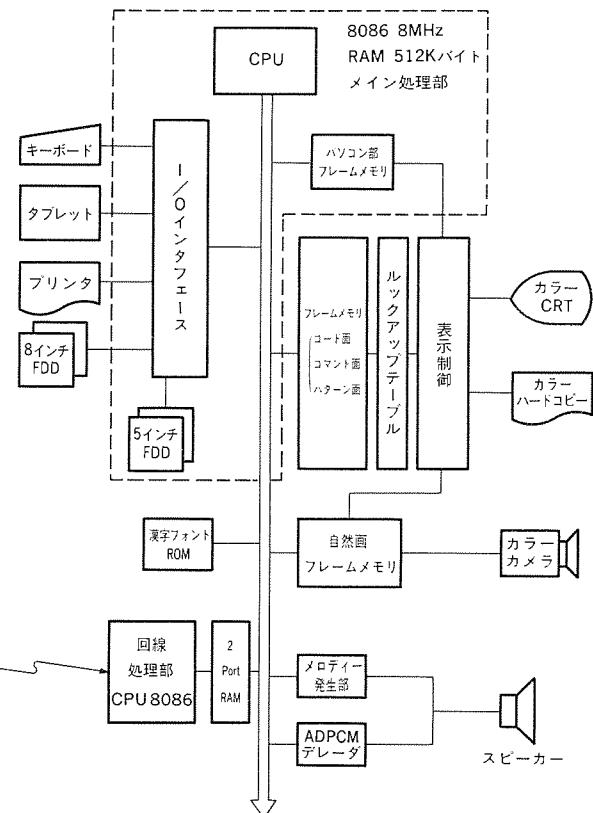


図 3. DGT のハードウェア構成

表 2. 回線処理での階層構造

| 階層 | 呼接続手順 | 通信制御手順 |
|---------------------|--------|-------------------------|
| レイヤ 7 アプリケーション レイヤ | | PAIRS 方式による |
| レイヤ 6 プレゼンテーション レイヤ | | CAPTAIN PLP 準拠 (一部機能拡張) |
| レイヤ 5 セッション レイヤ | | X. 225 (BCS) |
| レイヤ 4 トランスポート レイヤ | | T. 70 (クラス O) |
| レイヤ 3 ネットワーク レイヤ | 基本信号方式 | T. 70 (CSDN) |
| レイヤ 2 リンク レイヤ | 基本信号方式 | X. 25 LAPB (HDLC ABM) |
| レイヤ 1 物理 レイヤ | | 64 Kbps デジタル インタフェース |

る(但し、4×4 画素内では 16 色の中の FG 色又は BG 色の 2 色になる)。16 色の色表現は 1 画面の画で同時に表現できる色であり、ルックアップテーブル (LUT) を使用すれば 4,096 色の中から 16 色を選択することができる。コード情報フレームは主に文字の表示をし、パターン情報フレームはフォトグラフィックの表示をする。

ジオメトリック情報フレームは、画素単位で 4 ビットもっており图形の表示をする。自然画情報フレームは、R, G, B 三面の構成で各面とともに 1 画素ごとに 8 ビットもっており、各面ごとに 256 階調の表示ができる。したがって、画素単位で $256 \times 256 \times 256 = 16,777,216$ 色の高精細の表現を行うことが可能になっている。

コード情報フレーム、パターン情報フレーム、ジオメトリック情報フレームは、アナログキャプテンのランク 5 に相当する機能をもっている。表示制御はパソコン用フレームメモリ及び自然画フレームメモリを含めた、これらのフレームメモリの切換及び合成などの制御を行っている。

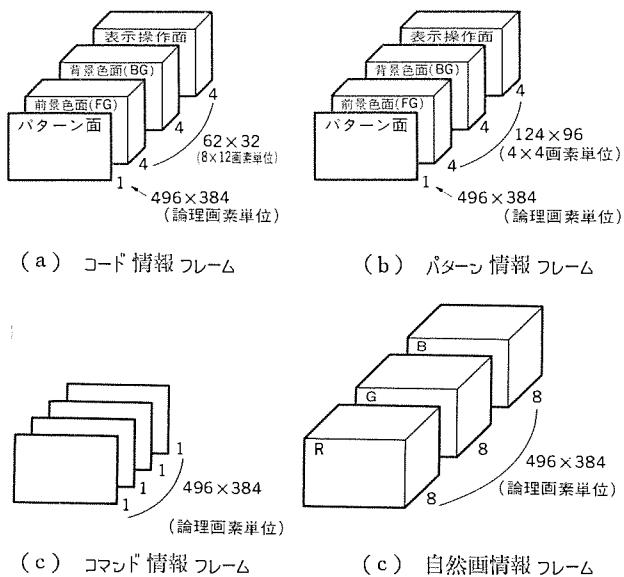


図 4. フレームメモリ構成

5. ソフトウェア構成

DGT のソフトウェアは、大きく分けて回線部のプロセッサのもとで稼働する回線処理部と、本体部のプロセッサのもとで稼働する本体処理部及び画面作成処理部の三つに分かれている。本体部のプロセッサのもとでは、コンカレント CP/M-86 のもとで、メイン処理プログラムと画面作成処理プログラムが稼働している(図 5.)。

5.1 回線処理

本体側の処理とは、独立に表 2. に準じた通信処理のすべてをこの部分で受け持っている。本体側とのデータ受渡しは、2 Port RAM の通信バッファを通して行う。センターから受信するデータの中からプレゼンテーションレイヤ以降のキヤブテンプロトコルに準じたデータを取り出し、通信バッファを介して本体側に渡している。本体側からの要求あるいは送信データも通信バッファを介してデータを受け取り、必要があれば回線処理部でセンター側に送信する。

5.2 本体処理

本体処理は DGT のソフトウェアのメインになるものであり、主に次の処理を行っている。

(1) 回線部の状態及びキー操作の監視

回線処理側の処理により、通信バッファにセットされる状態フラグ又はデータを監視することにより、それらの内容に準じた処理を行う。

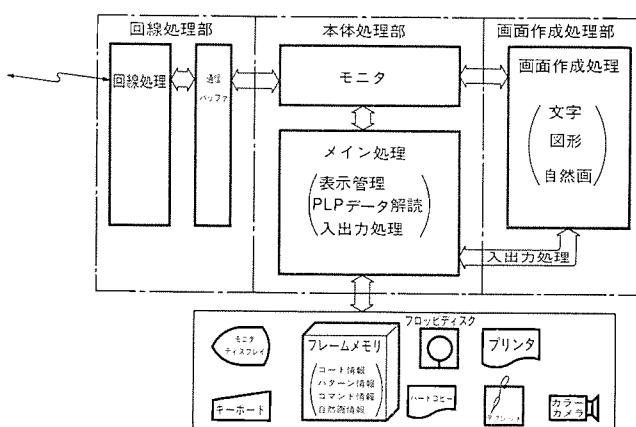


図 5. DGT のソフトウェア構成

また、画面検索のための画面番号入力又は画面表示中の停止／再開、記憶などのキーボード操作による入力データを監視して、それぞれの入力データに従った処理を行う。キー操作により回線側への指示が必要な場合は、通信バッファを通して状態フラグ又はデータを渡す。これらの処理は主にモニタ部で行われる。

(2) PLP データの解読

通信バッファを通して受け取った PLP データを、キヤブテンプロトコルに準じて解読する。画面データはコード化されているデータを復号した後、それぞれの対応するフレームメモリに書き込む。音声、メロディー等画面表示以外のデータは、それぞれ該当の出力装置にデータを渡す。

(3) データの出力

解読したデータを各々の内容に従って出力する。

(a) 解読した画面情報を該当するフレームメモリに書き込み、ディスプレイに表示する。固定表示、スクロール表示、多画面表示などの表示方法は、PLP データ又はキー操作により指示される表示モードに準じて表示する。

(b) メロディーデータはメロディー出力部へデータを渡す。

(c) 音声データは音声出力部へデータを渡す。

(d) ユーザー定義情報又はテレソフトウェアは、ディスクシートにファイルを生成してデータを出力する。

(4) 画面データの送出

後述する画面作成機能を使って作成したディスクシートに格納している画面データをセンター側に送出する。キーボード上の送出キーを押下して画面送出モードにした後、送出したい画面データのファイル名を指示することによりデータを送出することができる。

5.3 画面作成

利用者端末として使用しない状態で画面作成を行うことができる。オペレータがキー操作により画面作成モードを選択すると本体部のモニタから制御が渡され、文字・図形・自然画の処理を行うことができるようになる。

6. 画面作成

DGT の最も特徴ある機能になっている画面作成について、その機能の概略を示す。DGT で作成する画面は図 6. で示すように、文字面・ジオメトリック面・自然画面に対応する画面を個別に作成して、それらの面の画面を重ね合わせることにより 1 枚の画にする。文字・図形・自然画により作成した画は、画面作成を終了した時点でディスクシートにファイルとして蓄積することができる。

6.1 文字入力

画面作成で入力できる文字サイズは、標準文字だけであり 1 画面で最大 $31 \times 16 = 496$ 文字である。文字はキーボードからカナ又はローマ字で入力して、文節単位でのカナ漢字変換を行うことができる。また、入力文字は文字単位で文字色と文字の背景色をそれぞれ 16 色

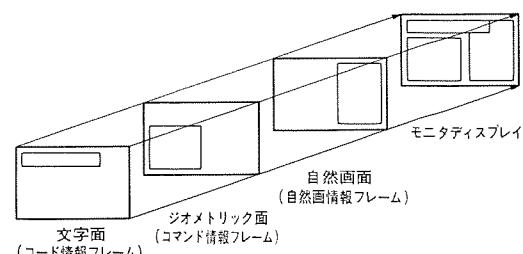


図 6. 画面作成時の表示

設定することができる。入力文字の文字色と文字背景色は、そのとき設定されている色になる。設定を変えることにより色を変更することができる。変換前の入力文字及び変換処理中の文字は、設定されている色とは別に固定した文字色と文字背景色にすることにより入力文字の状態をわかりやすくしている。

作成済みの文章は、文字の削除、書換え、挿入及び文字色の変更を行うことにより再編集することができる。

6.2 図形入力

オプション機器として接続できるタブレットから図形入力を行うことができる。図7.はタブレットのレイアウトを示したものである。タブレットは、ディスプレイ画面に対応して図形入力操作を行う図形入力部と、図形入力での処理の選択などの指示を行う制御部に分かれている。図形入力は、大きく分けて“手書き入力”と“幾何学図形入力”的二通りの入力方法がある。また、図形入力するときの線の太さは制御部の線幅を指示することにより、4種類選択することができる。更に、線色、ラスタ色は制御部の線色、ラスタ色を指示することにより8色を選択することができる。

(1) 手書き入力

タブレットの図形入力部を連続的になぞることにより、その座標点を連続的な軌跡として、取り込みディスプレイ上の対応する位置に表示する。手書き入力では表示方法の違いにより、次の三つのモードを選択することができる。

- (a) 描画：タブレット上で指示した座標点を連続した線分として取り込み、その線分を表示する。
- (b) 塗つぶ(潰)し描画：タブレット上で指示した座標点を連続した線分として取り込み、その閉領域を塗潰して表示する。
- (c) 部分消去：タブレット上で指示した座標点を連続した線分として取り込み、その閉領域に描画されている図形を消去する。

(2) 幾何学図形入力

タブレット上の制御部に表示されている幾何学図形のアイコンを選択することにより、該当する幾何学図形を描画することができる。入力できる幾何学図形は次のとおりである。

- ・直線
- ・折線
- ・曲線
- ・円弧輪郭
- ・円塗潰し
- ・円輪郭
- ・円塗潰し
- ・く形輪郭
- ・く形塗潰し
- ・多角形輪郭
- ・多角形塗潰し

6.3 自然画入力

オプション機器として接続できるカラーカメラから直接取り込んだ画像を自然画として画面作成をする。カラーカメラから取り込んだ画像は図8.に示すように画面の切り出し、表示位置の移動を行うことにより自然画の編集ができる。

(1) 自然画の取り込み

カラーカメラからの映像は直接モニタディスプレイ上に表示される。ディスプレイ上でモニタしている状態でキーボードから取り込みを指示すれば、その時点の自然画が静止画として取り込まれディスプレイ上に表示される。

(2) 自然画の切り出し

カラーカメラから取り込んだ自然画又は既に編集済みの自然画を直交する2組のカーソルを移動することにより必要な大きさに切り出すことができる。

(3) 自然画の表示位置の移動

切り出した自然画の表示位置を適切な位置に移動することができ

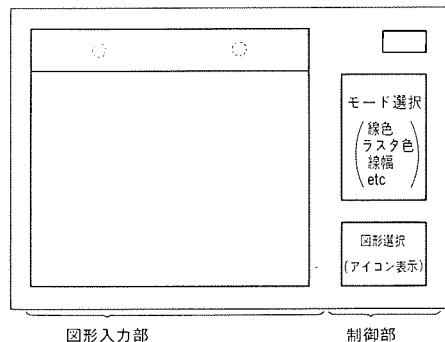
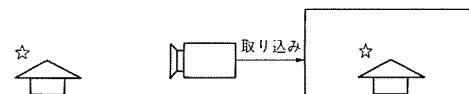


図7. タブレットの配置

(1) 自然画の取り込み



(2) 自然画の切り出し



(3) 表示位置の移動



図8. 自然画の編集

る。

自然画は約571KBのフレームメモリに展開されている。これをそのまま、蓄積又は伝送すると情報量が多いため、蓄積容量が大きくなるうえ伝送時間もかかる。そのため、自然画の編集を完了しディスクシートに蓄積する時点で、ブロック符号化(ABTC方式)により、自然画データを1/10程度に圧縮している。ABTC方式はNTT電気通信研究所で開発した技術であり、これにより自然画を効率良く蓄積及び伝送することができる。

7. むすび

デジタル回線を利用したビデオテックスはINS網が完成した時点で現行のアナログ・キャプテンの機能を含むことにより、より高品質なビデオテックスシステムになりうるものである。しかし、INS網が完成していない現在でも、事業所用のプライベート型システムとして十分な活用が期待できるものである。

また、DGTは従来の利用者端末としての機能だけでなく入力機能をもつことにより、双方向に自然画などの情報交換を行うことが可能であり、高度な情報通信システムを構築できるものと考える。デジタルビデオテックスは、歩み始めたばかりであるが、今後、種々の形で高度なサービスを可能にしていくことができるものと考える。

今後はこのDGTをベースに、新しいニューメディアの扱い手として、より有益な製品に育っていく所存である。

終わりにあたり数々の御指導をいたいたいた日本電信電話(株) 複合通信研究所 画像応用研究室の関係者各位に深く感謝の意を表す。

MPU搭載ICカード

井上 健*・南郷重行*・越智克則*

1. まえがき

ICカードが現在の磁気カードに代わって、キャッシュカードやクレジットカードに実験的に使用されようとしている。ICカードは、プラスチックカードにICを内蔵させたものであり、磁気カードと同じ寸法(ISO-2894規格に準拠)である。ICはMPU(Micro Processing Unit)とメモリを内蔵している。MPUとメモリからなるICカードは、磁気カードに比べて記憶容量が多いだけでなく、演算・情報処理など複合機能を付与することができるため、磁気カードでは実現できない多様な用途があり、次世代のカードとしてクローズアップされてきた。

当社は、既に主要な金融機関とのICカード実験システムへ参画し、ICカードの効率的な利用形態を探求している。一方、社内ではIDカードシステムにICカードを導入し、事務処理のOA化、効率化や社員へのサービス向上、更にはオンラインネットワーク時代のセキュリティベースの確立を目指して運用を開始している。

今回、当社で開発したMF5000シリーズは、ID(Identification)カード、金融機関向けICカードで、ISO規格に準拠したカードである。本稿は、これらのICカードの機能、特徴及びカードアセンブリについて報告する。

2. ICカードの機能

ICカードはISO規格に準拠して、ICモジュールをカードに組み込み、エンボスを共用している。更に、現在は磁気カードと併用させるため、磁気ストライプも組み込んでいるが、ICカードだけの機能となれば当然除去される。ここでは、ICカードのソフトとハードについて述べる。

表1. ICカードの仕様

| 項目 | 仕様 |
|--------------|---------------------|
| 型名 | MF5000シリーズ |
| クロック周波数 | 8MHz(最大) |
| 基本命令数 | 69 |
| 命令長 | 1~3バイト |
| 命令実行時間(8MHz) | 1μs(最小) |
| 電源電圧 | 5V±10% |
| 消費電流 | 200mA(最大) |
| RAM容量 | 256バイト |
| ROM容量 | 8,192バイト |
| EEPROM容量 | 8,192バイト |
| シリアルI/O | UART |
| タイマー | 8ビット×3 |
| サブルーチンネスチング | 128レベル(最大) |
| 割り込み | 3(タイマー割り込み) |
| 書き換え回数 | 10 ⁴ 回以上 |
| 情報記憶年数 | 10年以上 |
| 標準外形寸法(mm) | 54.0×85.6×0.76 |
| 端子位置 | ISO準拠 |
| バッケージ | プラスチック |
| 磁気ストライプ | 可 |
| エンボス | 可 |
| 写真 | 可 |

| • | |
|---|---|
| 1 | 5 |
| 2 | 6 |
| 3 | 7 |
| 4 | 8 |

る。

ICカードの外形図を図1.に示す。ICカードの外部端子はISO規格で8端子割り当てられている。当社ICカードの概略仕様を表1.に、各々の端子配列とその機能を図2.に示す。

ICカードに内蔵されているMPUは、当社オリジナル8ビットMPU(M50740シリーズ)を用いている。ICカードの機能ブロックをMPUとEEPROMに分けたものを図3.に示す。I/O端子は、MPUのUART(Usynchronous Asynchronous Receiver Transmitter)に接続されている。UARTは情報の送受信、シリアル/パラレル変換、伝送

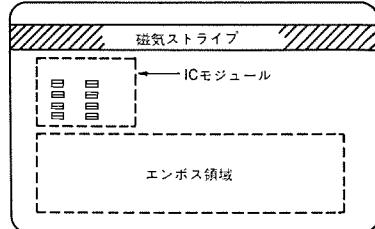
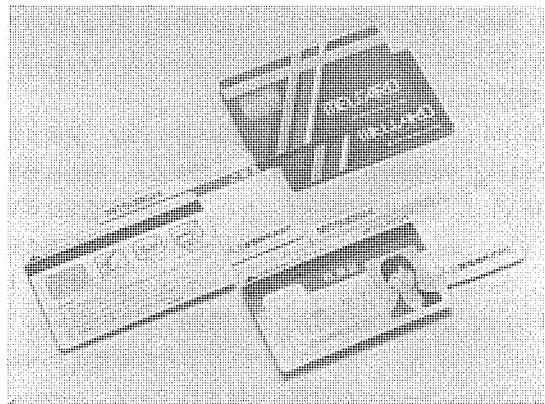


図1. ICカードの外形

| 端子番号 | 端子名 | 名 称 | 入出力 | 機能 |
|------|-----------------|---------|-----|--------------------------------------|
| 1 | V _{cc} | 電源 | 入力 | 5Vを印加する。 |
| 2 | RST | リセット | 入力 | リセット入力端子で2以上 "L" にする とリセット状態となる。 |
| 3 | CLK | クロック | 入力 | 動作のためのクロックを印加する。 |
| 4 | RFU | 未定義 | | 将来の予備端子 (Reserved for Future Use) |
| 5 | GND | グランド電源 | 入力 | 0Vを印加する。 |
| 6 | V _{pp} | プログラム電源 | 入力 | データをメモリに書き込むための電源を 印加する。(未使用) |
| 7 | I/O | 入出力ポート | 入出力 | 外部装置とのデータの転送を行う。 |
| 8 | RFU | 未定義 | | 将来の予備端子 (Reserved for Future Use) |

図2. 端子配列と機能

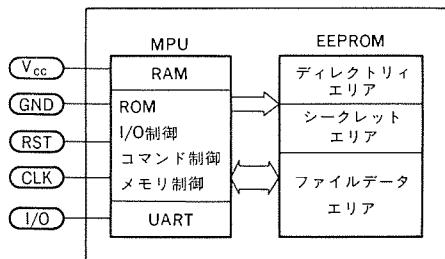


図 3. IC カードの機能 ブロック

誤り チェックを ハードウェアで行う。このため、MPU は送受信にかかる時間を削減し、またそのためのプログラムを縮小することができる。ROM には、主に I/O・コマンド・メモリ制御プログラムが内蔵されている。

I/O 制御プログラムは、入力情報を RAM へストアする過程でパーティ、CRC(Cyclic Redundancy Check)、フォーマット、オーバフローなどのエラー項目チェック、及び端末へ入力情報の肯/否の応答、情報の変換出力を制御する。コマンド制御プログラムは、入力情報で指定された処理・判断・分歧を実行するが、主なものに、IC カードの正当性、所有者、発行者の照合、ファイルのオープン/クローズ、ファイルのアクセス管理、暗号化処理などがある。

EEPROM は、外部から電気的に情報が書き込み、読み取りができる容量 64 K ビットを用いている。情報の書き込み、消去に必要な高電圧(15 V)は、IC 内部で発生するため、外部供給電源は 5 V 単一電源でよい。メモリ制御プログラムは EEPROM への情報書き込み、読み出し、ファイル管理、タイミングなどのシーケンスを制御する。EEPROM はファイル管理手法にしたがって、情報の記憶がされる。

ディレクトリエリアは、ファイルをアクセスするのに必要なファイルの属性、No.、サイズ、キーなどが管理・登録されている。シークレットエリアは所有者、発行者、カード認識・履歴などの情報が設定されている。ファイルデータエリアは、IC カードのアプリケーションに関する情報が数十バイト単位でファイルとして管理・記憶されている。

3. IC カードの特長

IC カードは、磁気カードに比較して記憶容量が大きい MPU にプログラムを組み込むことができることにより、性能、用途に特色を持たすことができる。以下にその特長を記す。

(1) 情報記憶容量は磁気カードの約 72 文字分に対して、IC カードは約 100 倍の 8,000 文字分あり、複数の情報を共有できるようになった。

(2) 磁気カードが磁気ストライプ上の情報を読み取ること、書き換えが容易にできるため、磁気カードの偽造や変造によるカード犯罪が、最近、激増する傾向にある。

これに対し IC カードは、内蔵されている MPU が情報を暗号化するため、第 3 者が情報を読み取ることを極めて困難にできること、IC カードの所有者、発行者、正当性を確認する機能をもち、情報の機密保持に優れている。

(3) IC カードは MPU に組み込まれたプログラムにより、外部の機器と情報の送受信と情報の更新・管理・演算処理など多機能化ができる。

このために、磁気カードはオンラインネットワーク及び情報センターのホストコンピュータを占有するのに対し、IC カードは携帯可能なコンピュータカードとして、従来のオンラインシステムでしかできなかつたことが、オ

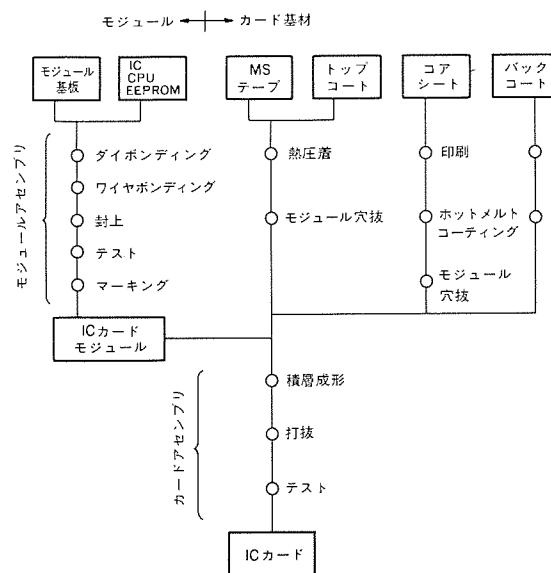


図 4. IC カードのアセンブリプロセス

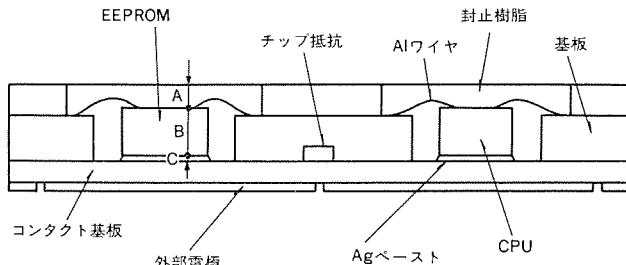


図 5. IC カードのモジュール断面

フラインで、できることになる。これにより、IC カードはオンラインシステムの負荷と設備投資の軽減を図り、また、オンラインシステムが故障した場合にバックアップの役割を果たすことができる。

4. IC カードのアセンブリ

IC カードのアセンブリプロセスは、IC カードの基本機能を実行するモジュールアセンブリと、このモジュールをカードに組み入れるカードアセンブリに分けられる。今回開発した MPU と、EEPROM 搭載の 2 チップ IC カードのアセンブリプロセスを図 4. IC に示す。

ここでは、IC カード用モジュールのアセンブリ方法及び信頼性評価データを紹介し、更にカードアセンブリ方法にもふれたい。

4. 1 IC カードのモジュールアセンブリ

MPU と EEPROM などのチップを基板にダイボンディング・ワイヤボンディングで接続し、封止して一つの機能素子としたものが IC カード用モジュールである。図 5. は今回開発したモジュールの断面図である。以下、このフローにそって説明する。

(1) モジュール基板

IC カード用基板は、リジッド型とフレキシブル型があるが、今回はリジッド型を用いた。基板材料としては、BT レジン(ガラス繊維にビスマリミド: トリアジン樹脂を含浸させたもの)を使用し、四層配線の PCB (Printed Circuit Board) として、層間はエポキシ系のソルダーレジストと接着剤で積層した。

BT レジンはガラスエポキシ系に比べ、ガラス転移温度(T_g)が高く、

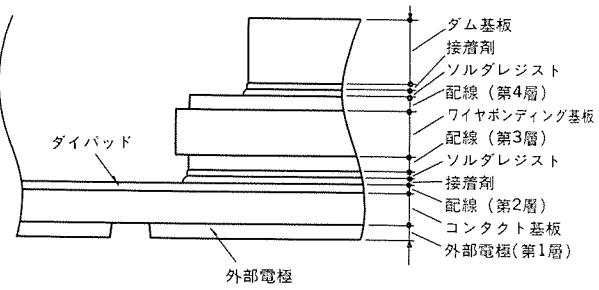


図 6. IC カードのモジュール用基板断面

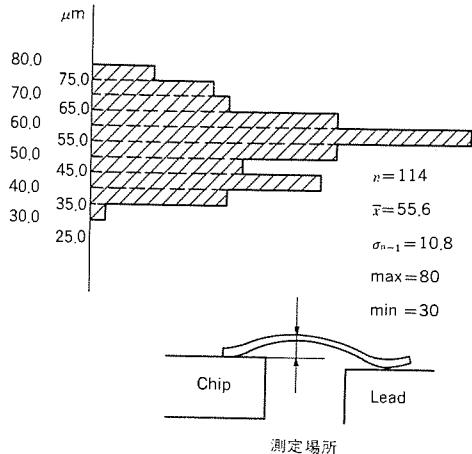


図 7. ワイヤボンディングループ高さ

吸水率も低く、更に熱膨脹係数も小さいことから、薄く板厚精度の良いモジュールに仕上げるため選定した。図 6. に基板の断面構造を示す。

(2) IC チップ厚さ

プラスチックモールド IC チップ厚は、通常、0.4~0.5 mm の厚さにしているが、IC カードモジュールの場合、カード仕上がり 0.76 mm を考慮して、0.30 mm 以下のチップ厚にした。

(3) ワイヤボンディング

この薄形 IC カードモジュールは、応力に敏感な EEPROM を使用していることから、基板や IC チップにストレスがかかるないような低温アセンブリが必要である。そのため、導電性樹脂のエポキシ系銀ペーストを使用した。硬化のためのキューリング条件は 150°C × 1 時間であり、大きなチップ反りなどの発生はなかった。

(4) ワイヤボンディング

ワイヤボンディングは、熱圧着と超音波を併用した金線ボールボンディングが一般的であるが、薄いモジュールに仕上げるため、ワイヤループの高さを少なくとも 100 μm 以下に抑える必要がある。そのため、30 μmφ アルミ線による超音波ウェッジボンディングを採用した。超音波自動ワイヤボンダーで、60 μm のループ高さを設定してボンディングした。そのデータを図 7. に示す。

チップ上から 30~80 μm のループ高さであったが、樹脂封止後もチップエッジへのワイヤタッチはなかった。また、ワイヤ接着強度は、プルテストで 6~11 g であり、ワイヤはがれはチップ側 (Al-Al) も基板側 (Al-Au) もなかった。

(5) 封止

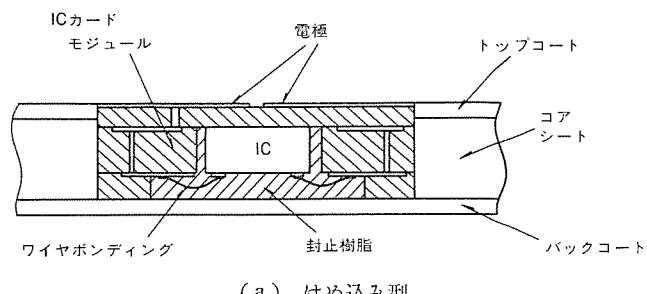
薄く板厚精度の良いモジュールに仕上げるため、樹脂封止は重要な技術である。ハイブリッド IC 関係にはポッティングによる樹脂封止が行

表 2. 市販ポッティング樹脂の種類と物性値

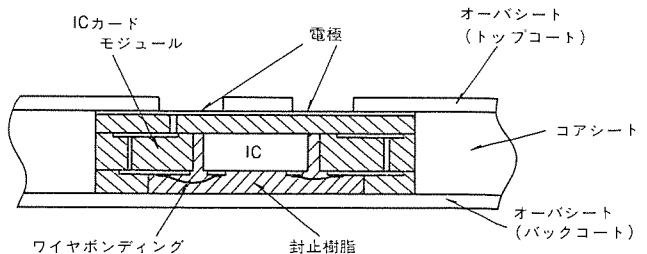
| 項目 | 樹脂 | 酸無水物系 | | フェノールノボラック系 | 環状アシン |
|---------|----------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------|
| | | A | B | C | D |
| 樹脂の種類 | エポキシ樹脂の種類 | ビスA型 | ビスA型 シクロ型 | フェノール ノボラック系 | ビスA型 ビスF型 |
| フィラーの種類 | タルク (けい酸マグ (ネシウム) | 炭酸カルシウム | 高純度シリカ 炭酸カルシウム | 高純度シリカ | 高純度シリカ |
| 物性 | 粘度 (ps) | 190 (23°C) | 1,000 (25°C) | 300 (25°C) | 1,450 (25°C) |
| | ガラス転移温度 (°C) | 130 | — | 150 | 155 |
| | 線膨脹係数 (1/°C) | 5.0 × 10 ⁻⁵ | 3.1 × 10 ⁻⁵ | 2.2 × 10 ⁻⁵ | 2.4 × 10 ⁻⁵ |
| | 曲げ強さ (kg/mm ²) | 6.7 | — | 10.0 | 9.2 |
| | 吸水率 (重量%) | 0.25 (96% RH, 240 h) | — | 0.07 | 0.85 (PCT. 100h) |
| | 体積抵抗 (Ω-cm) | >10 ¹⁵ (23°C) | 4.0 × 10 ¹¹ | 5 × 10 ¹³ | 6 × 10 ¹² (25°C) |

われている。樹脂の種類として表 2.⁽¹⁾ に示すようなものが考えられる。薄形 IC カードモジュールに適用する条件として、作業性 (低粘度・低チク性・低収縮性) とカード使用環境に耐える信頼性が求められるが、今回は種々試作実験して作業性の面から、酸無水物系のビス A 型エポキシ樹脂を採用した。フィラーはシリカ粒子 (5 μmφ) 30% を混合した。粘度は 25°C で 300 ps, T_g は 135°C, 熱膨脹係数は $5 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ である (表 2.)。

封止条件は、デスペンサーで基板厚より 30 μm 位高くポッティングして、150°C で空気中加熱を行い硬化させた。また、モジュールの厚さ精度と平坦性を出すため、封正面を回転と (砥) 石で研磨する方法をとった。樹脂面だけでなく、基板のダム面も削ってモジュール厚さ精度を ±20 μm に仕上げた。チップからの樹脂厚は 140~160 μm 位である。この状態で耐湿性、耐温度サイクル性の信頼性を高め、モジュール板厚精度のばらつきを抑え、更に生産性を上げるために、金型によるトランシスターモールドによる封止技術の開発が必要で、今後の検討課題とし



(a) はめ込み型



(b) ラミネート型

図 8. IC カードの断面

て進めている。

4.2 カードアセンブリ

ISO カードは現行の磁気カードと併用機能をもたせるため、ポリ塩化ビニール(PVC)を板材とし、エンボス化もできる。カード化は積層成形法がとられている。モジュールをカードに組み込む方法として、はめ込み方式とラミネート方式(埋め込み)があつて、我々は、はめ込み方式を採用した(図 8.)。

アセンブリは、カードにモジュールと同型の穴をあけ、そこにモジュールをはめ込み、モジュールの樹脂封止側を接着剤(ホットメルト)でモジュールを固定する方法がはめ込み方式である。モジュールの電極面は全面露出している。この方式は、モジュール板厚をよりカード厚に近い厚さにできること、更にアセンブリも容易である。ただ、モジュールがカードから外れやすいとの報告⁽¹⁾もあるが、現在は強力な接着剤の開発、はめ込み形状の工夫により改良され、実用的に問題のない状況にある。今回の開発品も曲げ、ねじれ試験に耐えている。

一方、ラミネート方式はモジュールを埋め込んで、電極部だけを出し、その他の部分をプラスチックシートでカバーした構造である。モジュールはカードを曲げた場合でも飛び出しがちだが、モジュール電極をカバーしたシート分だけ板厚を薄くしなければならず、モジュール化、カード化共はめ込み方式より困難である。

5. 信頼性評価

(1) モジュールの信頼性

カードの品質信頼性を推定するため、モジュールの信頼性評価を行ってカード評価へと反映させた。耐湿性・耐熱性・耐温度サイクル性を評価した。例えば、85°C、85%の保存で2,000時間まで故障しなかった。温度サイクルで-65°C/-150°Cは、300サイクルで全滅したが、-40°C/-125°Cは500サイクルをクリアできた。また、150°C及び-65°C保存テストでも1,500時間耐えた。これは単体のメモリIC(トランジスターモールド品)などに比べ、耐湿性、温度サイクル性など見劣りするが、カード使用条件は実用に耐えると判断する(ISO規格に比べても)。

モジュールの機械的強度を評価する方法は、まだ確立されていない。我々もカードの曲げ、ねじれに対するモジュールの評価方法として、抗折力測定などを試みたが、カード強度に反映させるだけの評価方法として結論を出せなかった。今後、更に検討していく。

(2) ICカードの評価

ICカードの物理特性は、ISOで規格化が進められている。現在提案されている規格の主な項目を表3に示す。今回開発したICカードもこの規格に従って評価を実行し、少なくとも規格を十分満足する段階にある。更に、温度サイクル、耐湿性はモジュール状態で評価されている。また、心配される静電気対策も現在3,000V(100pF, 1kΩ)をクリアできた。

6. ICカードの今後の展開

今後、ICカードが現在の磁気カードに代わって、多機能カードとして普及するのもそう遠くはないであろう。その利用形態は次のように展開してこそ実現できる⁽²⁾。

(1) 複数用途への適用化、及び独立したメモリの管理

表3. ICカードの物理特性

| 項目 | 内容 |
|--------------------|--|
| 紫外線に対する保護 | カードの製法は外部紫外線を完全にシャットアウトしカード内のICを保護する。 |
| X線に対する保護 | カードの片面から10RADのX線が当たっても、カードは誤動作しないこと。 |
| コンタクトの平面性、外圧による変形 | すべてのコンタクトと隣接するカード表面のレベル差は0.1ミリ以内であること。また、直径1ミリメートルの鋼球を1.5ニュートン・力で圧着しても変形しないこと。 |
| コンタクトの電気抵抗 | いかなる二つの端子を導線でつないだ場合においても、二つの端子間の抵抗は50μA-300mAの直流に対して0.5Ω以下であること。 |
| ICとMAG-Stripeの相互干渉 | ICとMSはそのリード・ライト、消去動作により、相手の変質、誤動作を生じさせないこと。 |
| 外部磁界による影響 | カードを1,000エルステッドの磁界においても、ICは誤動作しないこと。 |
| 静電気に対する耐圧 | 静電気をもつ人間の通常の使用に対して、内部のICはダメージを受けないこと。100pFの容量から1kΩの抵抗を通して、1,500Vの静電気がコンタクトに作用してもカードは性能が劣化しないこと。 |
| ICの熱発散 | ICは2.4W以上の電力を消費しないこと。通常の使用において、カード表面は50°Cを越えないこと。 |
| 曲げテスト方法(仮案) | (1) 幅方向(長辺) (条件) • カード中央部のたわみ量: 2cm • 曲げ速度: 每分30回 • 回数: 天地・表裏各250回 (2) 高さ方向(短辺) (条件) • カード中央部のたわみ量: 1cm • 曲げ速度、回数は幅方向と同じ |
| ねじれテスト方法(仮案) | (条件) • ねじり角: 15°(双方向にねじって1回とみなす) • ねじり速度: 每分30回 • 回数: 1,000回 |

(2) 記憶情報に対するセキュリティ管理の確立

(3) ネットワークが入出力端末へ共通に相互利用可能

(4) 曲げなどに強固なカードの開発

(5) ICカードの実用的な価格

現在、形状・物理的な規格などのほか、利用技術などのソフトウェアもISOをはじめ、国内でも各省庁や金融機関で、メーカーも参加して標準化が進められている。

7. むすび

現在のICカードは、ISO規格を一つのよりどころとして実験している。しかし、利用状況の結果が切るのはこれからである。我々は、より信頼性の高いICカードに仕上げる必要がある。そのため、半導体素子の設計、アセンブリ技術をよく理解していることはもちろん、故障解析技術、テスト技術など高度なノウハウとデータの蓄積が必要である。これらの技術は、我々半導体メーカーとして得意とするところであり、今後これらの技術を使って、より信頼性の高い、低コストのICカードを世に送り出したい。

参考文献

- (1) 上田: 合成樹脂, 32, No. 10, p. 19 (昭61)
- (2) 金融情報システムセンター: ICカード研究会金融部会報告書, No. 18, p. 64 (昭61)

超大容量4Mビット マスクROM

松尾 龍一*・金子 正秀*・安東 亮*・小山 利弘*

1. まえがき

半導体デバイスは最先端技術の結集といえる。なかでもMOS(Metal Oxide Semiconductor)メモリは、高速化・高集積化・低消費電力化の進展スピードが著しく速い。特に、高集積化においては、MASK-ROM(Mask Programmable Read Only Memory)が常に先端を歩み続けており、昭和59~60年には1Mビット時代に突入した。

マスクROMは、製造過程においてユーザーのプログラムデータを、マスクからのパターンニングによって入力するため、大量生産時の大幅なコストダウンが可能であり、大容量化が他のMOSメモリに比べて比較的容易である。

近年、このようなMASK-ROMは、電子機器の高性能化・高信頼化・小型化の要求に合致し、幅広くマイクロプロセッサシステムに組み込まれ、プログラム・画像・文字キャラクタなどの格納用メモリとしてその使用量は急増加している。また、1Mビットを超える超大容量マスクROMの要求が一段と強い。

筆者らは、昭和59年に高速大容量1MビットマスクROMを本誌で紹介したが、今回更に最新の1.2μm超微細化CMOSプロセス技術とざん新な高集積高速化回路設計技術を組み合わせて、高速動作を維持した上に4倍の集積度を持つ超大容量4MビットマスクROM M5M23C400-×××Pを開発した(形名中の×××は、ROMの内容によって割り当てられる3けたの10進数である)。

ここでは、超大容量4MビットマスクROM M5M23C400-×××Pについて、その製品概要・回路構成・動作特性などについて紹介する。

2. M5M23C400-×××Pの製品概要

今回開発した4MビットマスクROM M5M23C400-×××Pの主な特長は次のとおりである。

(1) 超大容量4Mビット : 524,288ワード×8ビット/262,144ワード×16ビットの切換が可能

(2) 高速アクセスタイム

アドレスアクセスタイム : 最大250ns

CEアクセスタイム : 最大250ns

OEアクセスタイム : 最大100ns

(3) 低消費電力 : 動作時最大 150mW
: 待機時最大 5mW

(4) 広い電圧マージン : $V_{cc} = 5V \pm 10\%$

(5) 全入出力端子は、TTLコンパチブル

(6) パッケージは、標準40ピンDIL(Dual in Line)

当社の4MビットマスクROMのピン接続図を図1に示す。アドレス入力はA₋₁及びA₀~A₁₇、データ出力はD₀~D₁₅あり29ピンは入出力共用ピンに設計されている。バイト入力(BYTE)がLOWのとき、29ピンはアドレス入力(A₋₁)となりデータ出力は8ビット出力(D₀

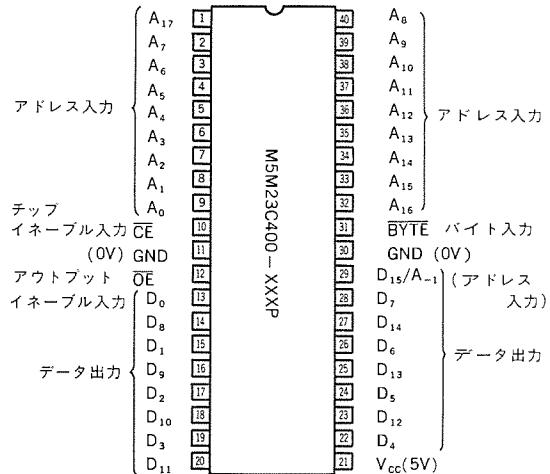


図1. 4MビットマスクROMのピン接続図

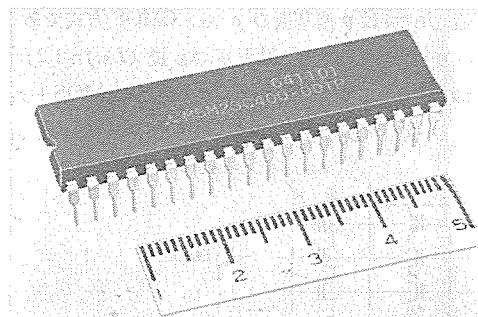


図2. M5M23C400-×××Pのパッケージ外形

~D₇)となる。バイト入力(BYTE)がHighのとき、29ピンはデータ出力(D₁₅)となりデータ出力は16ビット出力(D₀~D₁₅)となる。パッケージ外形写真を図2に示す。短辺の寸法が600 milの標準40ピンDILパッケージを用いている。また、パッケージ材には低応力樹脂モールドを用いてデバイスの信頼性を向上させている。

3. 回路構成と高性能化技術

3.1 回路構成

4MビットマスクROMのチップ写真を図3に示す。チップサイズは、8.33×8.66 mm²である。周辺回路及びボンディングパッドはチップの上辺と下辺に集めるよう工夫し、メモリアレーの中央にXデコーダ、下辺にYデコーダが配置されている。メモリセルは縦方向4,096ビット、横方向1,024ビットで構成されている。

次にブロック回路図を図4に示す。データ出力は、1ワード8ビット(D₀~D₇)/16ビット(D₀~D₁₅)の切換がバイト入力(BYTE)によってなされる。アドレス入力は、19本(A₋₁~A₁₇)が必要となる。チップインターフェース入力(CE)は、チップ内回路の起動、待機を制御し、アウトプットインターフェース入力(OE)は出力バッファをコントロールしバス競合を回

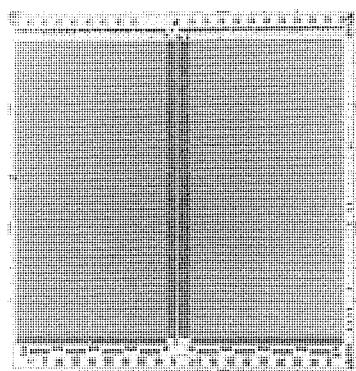


図 3. 4 M ビット マスク ROM の チップ 写真

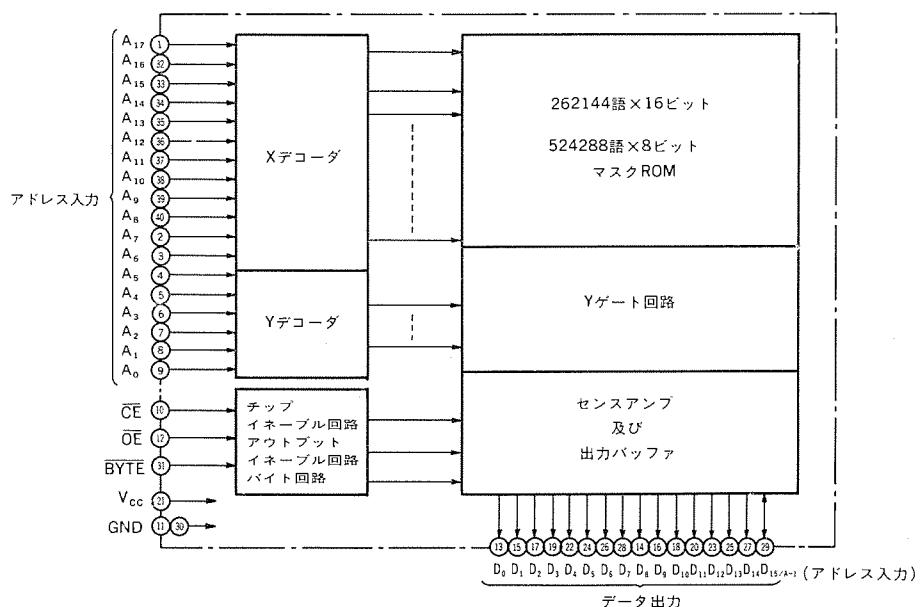


図 4. M5M23C400-xxxP の ブロック 回路図

避できる。電源は 5V 単一電源 (V_{cc}) である。

3.2 高性能化技術

4 M ビット マスク ROM では、高集積化・高速化などの高性能化が表 1. に示す技術的 ポイント を用いてなされている。

第 1 に製造プロセスは p 型基板の n ウェル CMOS 方式である。内部回路には、n チャネルトランジスタの最小チャネル長 (L_{Si}) = 1.2 μm 、p チャネルトランジスタの最小チャネル長 = 2.0 μm の高性能 MOS トランジスタを用いている。ソースドレインの形成には、ひ素のイオン注入を行い、ソ

ースドレイン耐圧を上げている。ゲート酸化膜厚 (Tox) は、約 240 Å と薄く、ゲート材にはモリブデンシリサイドを用いてトランジスタ応答を速くし、配線による遅延を少なくしている。

第 2 にメモリ構成は、縦積み 8 段 NAND 型を採用した。メモリセル回路図を図 5. に示す。ビット線の接続点から GND までの間に、選択トランジスタが 2 個とメモリトランジスタが 8 個、直列に配置される。従来の NOR メモリに比べて、ビット線の接続点と GND が大幅に省略され、メモリサイズの縮小が図られた。当社の 1 M ビット マスク ROM の

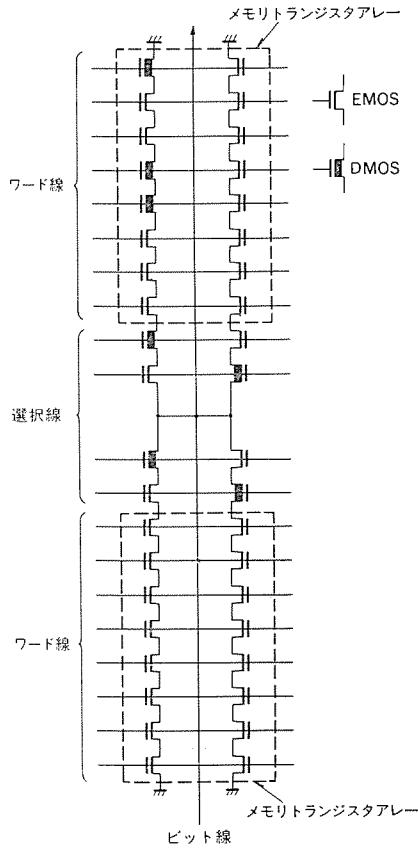


図 5. M5M23C400-xxxP の メモリセル 回路図

表 1. 4 M ビット マスク ROM の 技術的 ポイント

- ・チャネル長 (L_{Si}) = 1.2 μm , ゲート酸化膜厚 (Tox) = 240 Å
- ・縦積み 8 段 NAND 型メモリセル
- ・イオン注入型メモリデータ切換方式
- ・高速ツインセンスアンプ
- ・アドレスエッジトリガ回路

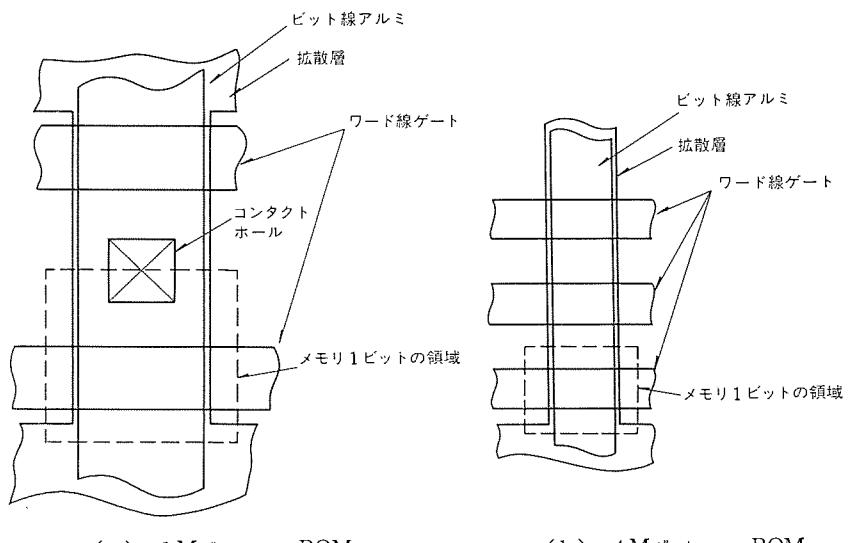


図 6. NOR メモリ(1M)と NAND メモリ(4M)の平面 パターン 図

表 2. 当社の 1M と 4M ビットマスク ROM の比較

| | M 5M 23 C 100 P | M 5M 23 C 400 P |
|----------------------------|-----------------|-----------------|
| メモリ容量(ビット) | 1M | 4M |
| プロセス | CMOS | CMOS |
| メモリ構成 | NOR | 8段NAND |
| ROM 替マスク | フィールド | イオン注入 |
| メモリセルサイズ(μm ²) | 35 | 12 |
| チップサイズ(mm ²) | 54 | 72 |
| 電源電圧(V) | 5±10% | 5±10% |
| 最大アクセスタイム(ns) | 250 | 250 |
| 最大動作時電力(mW) | 150 | 150 |
| 最大待機時電力(mW) | 5 | 5 |
| パッケージ外形 | 28 ピン DIL | 40 ピン DIL |
| 出力データ(ビット) | 8 | 8 or 16 |

NOR メモリと、4M ビットマスク ROM で用いた NAND メモリの平面パターン図を図 6. に示す。1M ビットマスク ROM のメモリサイズは $35 \mu m^2$ である。それに比べて 4M ビットマスク ROM は、 $12 \mu m^2$ と約 34 % に縮小されている (1M ビットマスク ROM のチャネル長は $2.0 \mu m$ である)。また、メモリデータの “1”, “0” 切換をイオン注入で行うようにした。イオン注入でエンハンスメント型 V_{th} のトランジスタ(EMOS)をディプレッション型 V_{th} のトランジスタ(DMOS)に変化させメモリデータをプログラムする(表 2)。

読み出し時は、選択された選択線に “H”，非選択のワード線に “H” が印加され、選択されたワード線 1 本が “L” となる。メモリトランジスタは、EMOS か DMOS なのでゲート電位が “L” 又は “H” のとき “OFF” と “ON” に分かれ “0” と “1” の情報を読み出せる。

第 3 に電流センスタイプの高感度・高速ツインセンスアンプを用いている。センスアンプ回路図を図 7. に示す。メモリトランジスタのビット線は、Y デコーダを介してセンスアンプへつながる。センスアンプは、二つのブロックに分かれており、各出力が次段のカレントミラー型差動アンプに接続されている。一方の出力は、カレントミラー型差動アンプの入力ゲートへ、もう一方の出力はレファレンス入力ゲートへ入る。この二つのセンスアンプ出力は、互いに逆相の信号になっているので、カレントミラー型差動アンプを高速に動作させることになる。

第 4 にアドレス入力信号の立上り、立下りを感知して、内部回路の一部をダイナミック動作させるアドレスエッジトリガ回路を内蔵している。

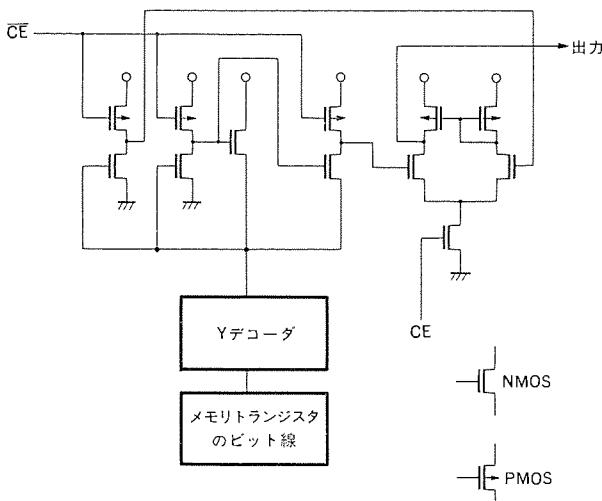


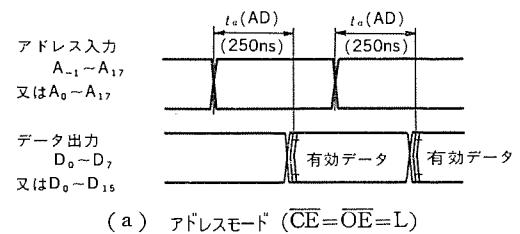
図 7. M 5M 23 C 400-×××P のセンスアンプ回路図

この結果、アドレスシーケンス及びデータパターンのアクセスタイム依存性をなくし、高速動作を可能にした。

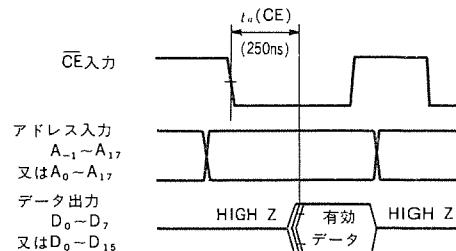
4. 動作諸特性

4.1 読出し動作モード

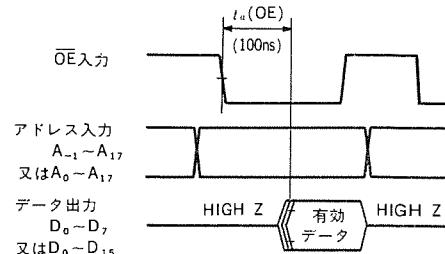
読み出し動作は、変化する入力信号によってアドレス、 \overline{CE} 、 \overline{OE} 、 $\overline{BYT\bar{E}}$ 、ニブルモードの 5 種類が存在する。各モード時のタイミングチャートを図 8. に示す。 $\overline{BYT\bar{E}}$ モードは、データ出力を 8 ビット ($D_0 \sim D_7$) 又は 16 ビット ($D_0 \sim D_{15}$) に切り換えることができる。全モードは、完全スタティック動作をし、外部からのクロックなどを必要としない。アドレスアクセス時間 “ $t_a(AD)$ ” と \overline{CE} アクセス時間 “ $t_a(CE)$ ” は最大 250 ns、 \overline{OE} アクセス時間 “ $t_a(OE)$ ” は最大 100 ns といずれも高速を誇っている。また、高速ニブルモード機能があり、 $A_{-1} \sim A_2$ のニブルアクセス時間 “ $t_a(NB)$ ” が最大 150 ns と高速で動作する(データ出力は $D_0 \sim D_7$ の 8 ビットで、先頭アドレスのアクセス時間は “ $t_a(AD)$ ” は最大 250 ns で



(a) アドレスモード ($\overline{CE} = \overline{OE} = L$)



(b) \overline{CE} モード ($\overline{OE} = L$)



(c) \overline{OE} モード ($\overline{CE} = L$)

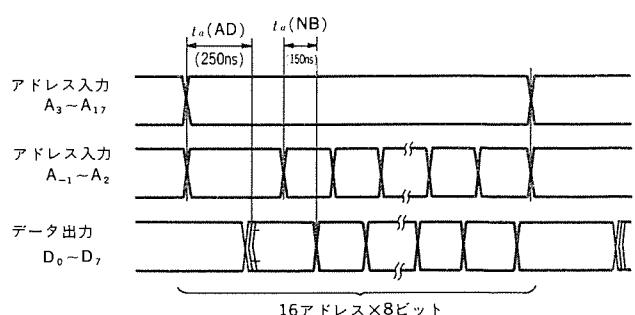


図 8. M 5M 23 C 400-×××P の読み出しタイミングチャート

ある)。

4.2 読出し特性

標準サンプルにおけるアドレスアクセスタイムの電源電圧依存性を図9.に示す。図から電源電圧(V_{cc}) 5 V のアドレスアクセスタイム t_a (AD) は、約 180 ns と高速かつ安定動作している (*印が動作領域、 $T_a=25^\circ\text{C}$)。

また、電源電流の電源電圧依存性を図10.に示す。図から電源電圧 (V_{cc}) 4~6 Vにおいて、電源電流は約18~22 mAと安定している(動作時, $f = 4\text{ MHz}$, $T_a = 25^\circ\text{C}$)。いずれの特性もスペック値に対して十分マージンがある。

5. む す び

100

近年、大容量マスクROMは、パソコン・ワードプロセッサなどに不可欠な漢字パターン発生用メモリや、高度化したアミューズメント用画像・プログラムメモリ、更には音声合成用メモリとして、磁気テープやフロッピディスクなどに比べて、はるかにアクセスが速くコンパクトであるため、その要求が一段と強い。今回、最新の1.2μm超微細化CMOSプロセス技術と8段縦積みNANDメモリや高速ツインセンサアンプなどの回路設計技術を組み合わせて、最大アクセス時間250nsの読み出し特性をもつ4MビットマスクROM M5M23C400- $\times \times \times P$ を開発・製品化した。

また、近い将来、現在開発中であるフラットパッケージ品やEPROMコンパチブルで32ピンタイプの4MビットマスクROMも製品化されるであろう。

これらの多様化した 4M ビットマスク ROM を用いることで、一段と高度で小型化した電子機器が実現され、その応用範囲は更に拡大していくであろう。

参 考 文 献

- (1) K. Takizawa, et al: A 1 Mb ROM with On-Chip ECC for Yield Enhancement, ISSCC (1983-2)
 - (2) F. Masuoka, et al: An 80 ns 1 Mb ROM, ISSCC (1984-2)
 - (3) 松尾ほか: 高速大容量 1 M ビット マスク ROM, 三菱電機技報, 59, No. 4 (昭 60)

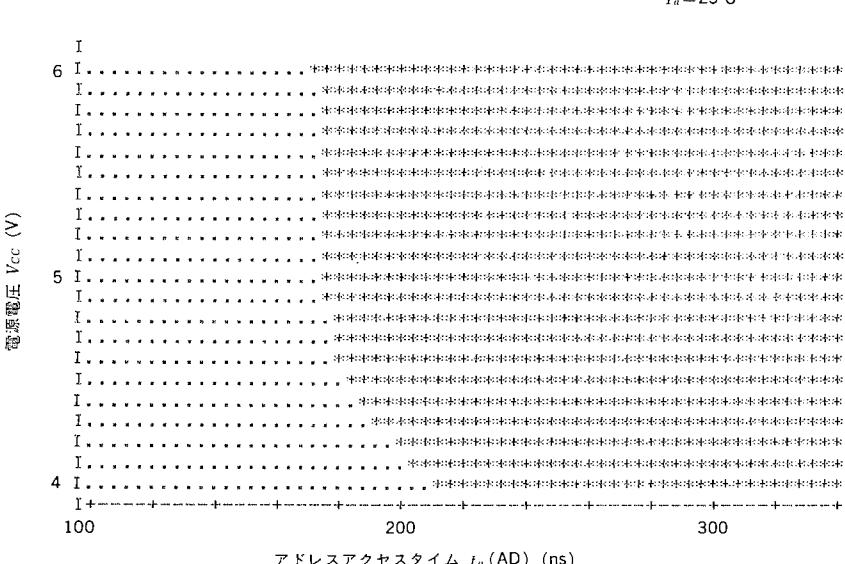


図 9. アドレスアクヤスタイプの電源電圧依存性

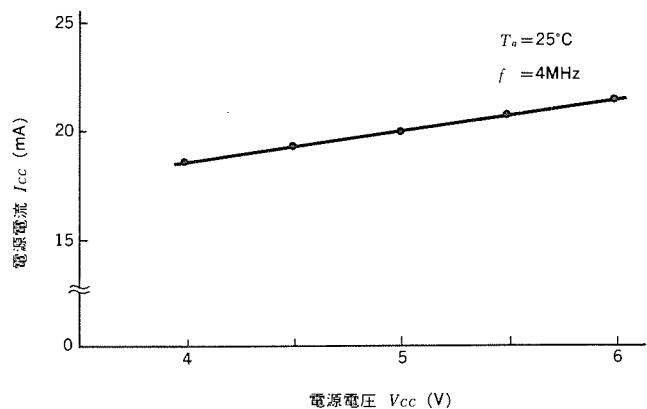


図 10. 電源電流の電圧依存性

- (4) 小池：1.2 M ビットマスク ROM, チップイノベーション, 電子材料 (昭 59-1)

(5) 松尾ほか：漢字 キャラクタ ジェネレータ 用大容量 マスク ROM, 三菱電機技報, 59, No. 10 (昭 60)

(6) 辻田ほか：4 M ビット マスク ROM MN 234001, National Technical Report, 32, No. 1 (昭 61-2)

三音速風洞試験設備

沢田 亜二*・渡辺 秀樹*・桑野 善明*・山本 貴幸*・小関 高英**

1. まえがき

航空宇宙分野における技術の発達は目覚ましく、誘導飛しょう体に関する限り、より高度な性能が要求されるようになり、また、国内の技術力向上に伴って誘導飛しょう体の国産開発指向も高まりつつある。このような背景をうけて、三菱電機(株)でも誘導飛しょう体の開発を効率的に実施するために、風洞試験設備を鎌倉製作所に設置した。

この風洞試験設備(間欠吹出し式三音速風洞、計測部断面:縦40cm×横30cm)は、昭和58年に基本計画を立案し、昭和60年2月竣工、同年6月からデータ取得を開始しており、現在実用運転中である。

2. 基本計画

2.1 方針

この風洞試験設備の基本仕様は、下記の方針に基づいて設定した。

- (1) 誘導飛しょう体の全機形状の空力特性の解析が行えること。
- (2) 誘導飛しょう体の機体構成品(操縦翼、レドームなど)の設計が行えること。
- (3) データ処理計算機は、計算空力(数値シミュレーションによる空力設計)にも供し得ること。

2.2 基本仕様

基本仕様については、既存の風洞試験設備⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾を参考として、表1.に示すように決定した。

(1) マッハ数範囲

誘導飛しょう体の飛しょう範囲をカバーできるように、亜音速・遷音速・超音速の三つの音速領域を実現できる三音速風洞とし、最低マッハ数0.4から最高マッハ数3.5まで幅広いマッハ数範囲を確保する。

(2) 模型変角

表1. 基本仕様

| | |
|----------|--|
| 型 式 | 間欠吹出し式三音速風洞 |
| 計測部断面 | 縦40cm×横30cm |
| マッハ数範囲 | $M0.4 \sim M3.5$ |
| 亜音速 | $M0.4 \sim M0.7$ |
| 遷音速 | $M0.7 \sim M1.2$ |
| 超音速 | $M1.5, M2.0, M2.5, M3.0, M3.5$ (計測頭交換方式) |
| 計測時間 | 15秒以上 |
| 通風間隔 | 60分以内 |
| レイノルズ数 | $2.2 \times 10^7 (1/m)$ 以上 |
| 一様性 | $\Delta M \leq \pm 0.01$ ($M \leq 1.2$) $\Delta M/M \leq \pm 0.01$ ($M \geq 1.5$) |
| 流れの傾き | $\pm 0.1^\circ$ 以下 |
| 集合頭圧制御精度 | $\pm 0.5\%$ 以下 |
| 模型変角範囲 | $\pm 20^\circ$ |
| 模型変角制御精度 | $\pm 0.05^\circ$ 以下 |
| 露 点 | -40°C 以下 (大気圧) |
| 騒 音 | 65dB 以下 (騒音境界にて) |

誘導飛しょう体は、大きな揚力を得るために迎え角(機体の気流方向に対する姿勢角)を大きくとる場合がある。風洞試験においても供試模型が大きな迎え角をとるよう、模型変角範囲を $\pm 20^\circ$ とし、更に大きな迎え角を得る必要がある場合は所定のオフセット角のついた曲がりステイングを使用する。

(3) レイノルズ数

流体力学における流れの重要な変数の一つであるレイノルズ数を、縮尺模型を用いる風洞試験において実機の場合と一致させることは難しいが、レイノルズ数の相違が大きくなると、実機の空力特性の推定が困難になる。したがって、風洞試験による実機の空力特性の推定が容易となるように、レイノルズ数は単位長さ(1m)当たり 2.2×10^7 以上とする。また、計測頭を加圧することにより、更に高いレイノルズ数が得られる昇圧試験も可能とする。

(4) 型式

風洞の型式には、長時間の連続計測が可能な連続式と、短時間の計測しかできない間欠式があるが、計測機器や計算機の発達により、大量のデータを短時間で取得できるので、建設費・運転費が安く操作性の優れた間欠式を採用する。また、間欠式にはタンクに貯えた高圧空気を吹き出す吹出し式と、真空タンクの中に空気を吸い込む吸込式があるが、高いレイノルズ数を得ることができる吹出し式とする。

(5) 計測時間

前述のように、計測機器や計算機の発達によって短時間での大量データの取得が可能であるから、試験時の模型変角範囲を考慮して計測時間は15秒とする。

(6) 気流性能

気流性能は計測精度を考慮して、

・一様性: $\Delta M \leq \pm 0.01$ (亜・遷音速領域)

$\Delta M/M \leq \pm 0.01$ (超音速領域)

(Mは計測部でのマッハ数)

・流れの傾き: $\pm 0.1^\circ$ 以下

とする。

(7) 計測部の大きさ

計測部の断面は、誘導飛しょう体の供試模型を対象として、

(a) レイノルズ数

(b) 阻さい(塞)比

(c) 風洞壁の干渉(壁からの反射波の影響)

(d) 模型の製作条件・精度など

(e) 高迎え角試験への対応

などを考慮して、縦40cm×横30cmとする。

(8) 通風間隔

間欠式であるこの風洞は、1回の通風が終了すると空気圧縮機を用いて貯気槽に高圧空気を再充てんする必要がある。この充てん時間は60分以内として、その間に計測データの処理・検討及び次の試験の準備を行う。

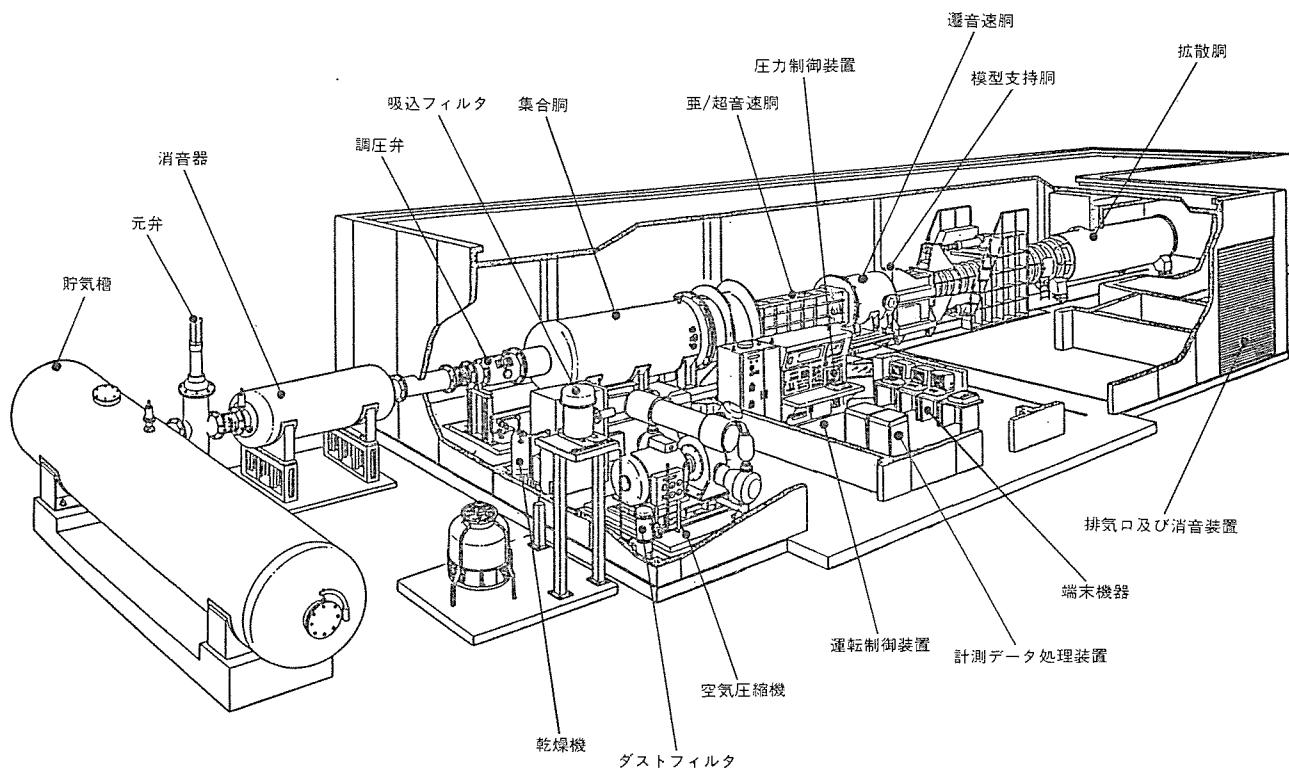


図 1. 三音速風洞試験設備の外観図

表 2. 設備の概要

| 構成 | 主 要 装 置 と そ の 機 能 |
|----------|---|
| 高圧空気製造装置 | <p>空気圧縮機 吐出圧力 $18 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$, 容積 $20.4 \text{ m}^3/\text{min}$ (吸込状態), 貯気時間 60 分以内</p> <p>乾燥機 活性アルミナ 2 塔式, ヒートレス, タイムサイクル 5 分, 出口露点 -40°C (大気圧)</p> <p>貯気槽 橫置円筒型 ($\phi 3 \text{ m} \times 10 \text{ m}$), 容積 65 m^3, 貯気圧力 $18 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$, サーマルマス約 3 t (約 5 万個), ポリトロピック指數 1.1</p> <p>弁 元弁 口径 500 A, 弁閉時間 2 秒以下</p> |
| 圧力制御装置 | <p>制御性能 整定精度 $\pm 0.5\%$, 整定時間 3 秒以下, 計測時間 15 秒以上</p> <p>調圧弁 口径: 入口 $\phi 480 \text{ mm}$, 出口 $\phi 734 \text{ mm}$, 緊急時遮断所要時間 0.5 秒以下</p> <p>油圧源 油圧 $210 \text{ kg/cm}^2 \text{ G}$, 油量 28.5 L/min</p> |
| 風洞本体 | <p>集合槽 内径 $\phi 1,400 \text{ mm}$, 絶流比 $13:1$</p> <p>整流装置 調圧弁下流多孔板 ($\phi 10 \text{ mm} \times P 12.5 \text{ mm}$, 開孔率 57.9%, 板厚 3.2 mm) 1 枚</p> <p>調圧弁下流ハニカム (格子幅 50 mm × 長さ 240 mm) 1 個</p> <p>多孔板 ($\phi 12 \text{ mm} \times P 18 \text{ mm}$, 開孔率 40.2%, 板厚 6 mm) 2 枚</p> <p>スクリーン (縦径 0.4 mm, 40 メッシュ, 開口率 46.5%) 3 枚</p> <p>亞/超音速速槽 亞音速, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 計 6 台, 計測断面 $400 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$, シュリーレン窓ガラス $\phi 0.3 \text{ m}$</p> <p>遷音速速槽 有孔壁二重構造, 開口比 0~10% 可変 (手動), 孔径 $\phi 6 \text{ mm}$, 孔の傾き角 30°</p> <p>左右壁角度 $\pm 1^\circ$ 可変 (手動), 再導入フラップ (手動), シュリーレン窓ガラス $\phi 0.3 \text{ m}$</p> <p>模型支持槽 ストラット方式, 油圧サーボ, メカ角範囲 $\pm 20^\circ$, 上下移動範囲 $\pm 150 \text{ mm}$, 再導入口 (最大開口比 160%)</p> <p>拡散槽 第 2 スロート (油圧サーボ), メカ角速度 $20^\circ/\text{秒 max}$, メカ角制御精度 $\pm 0.05^\circ$ 以下</p> |
| 運転制御装置 | 運転制御盤 運転制御・監視 |
| 計測装置 | <p>力・モーメント計測装置 6 分力天秤, ヒンジモーメント天秤</p> <p>圧力分布計測装置 高速多点式圧力計 (32 ch, 圧力レンジ: $\pm 2.5 \text{ psi}$, $\pm 5 \text{ psi}$, $\pm 15 \text{ psi}$, $-15 \sim +50 \text{ psi}$)</p> <p>データ処理計算機 MELCOM 350-60/300 (32 ビット, 内部メモリ 8 M バイト, MT, FDD, プリンタ, プロッタ, グラフィック CRT)</p> <p>可視化装置 カラーシュリーレン装置 (ケゼン光源 1 kW, 四面鏡直径 0.3 m, プリズム), 高速ビデオ装置</p> |
| 消音装置 | 消音設備 サイレンサ (調圧弁前後), 地下流路方式 (5 段折り曲げ, スプリッタ型サイレンサ), 建屋内壁吸音材敷地境界における通風時騒音 65 dB 以下 |

(9) 消音

高速風洞では、通風時騒音が $150 \sim 160 \text{ dB}$ に達するので、消音装置が不可欠である。この風洞は敷地境界近くに設置されることもあり、消音対策を十分に施して、敷地境界で 65 dB 以下という騒音規制値を満足させる。

3. 設備の説明

この風洞の外観を図 1. に示す。この風洞は大別すると表 2. に示す 6 要素から構成される。

3.1 高圧空気製造装置

この装置は大気から取り込んだ空気を空気圧縮機により圧縮し、

容積 65 m^3 の貯気槽へ貯気圧力 18 kg/cm^2 となるまで充てんする。また、乾燥機を用いて高圧空気の露点温度を -40°C 以下とし、更に貯気槽内部に缶状のサーマルマス 約 5 万個（約 3 トン）を備えることで、試験時における計測部の空気の凝結を防いでいる。

3.2 圧力制御装置

この装置は所要計測時間を確保し、通風時における計測部の時間的・空間的一様性を維持するために重要な装置であり、乱れが少なく、高い整定精度と応答性が要求される。この風洞ではスイスの ISLER 社製の調圧弁を用いており、良好な気流性能が保証されている。制御系は集合洞圧力をフィードバックする PI 制御方式であり、また、貯気槽圧力と集合洞圧力の差の減少に応じてループの利得を自動的に上げ、偏差を小さくする方式を採用している。これにより、集合洞圧力の圧力制御精度 $\pm 0.5\%$ 以下を確保している。

3.3 風洞本体

（1）集合洞

集合洞は直径 1.4 m の円筒形で、計測部との縮流比は $13:1$ である。内部には多孔板・スクリーンが挿入されていて、調圧弁から流出した空気は $2\text{~}15 \text{ m/s}$ に減速され、整流される。集合洞後部の縮流部は円形から矩形に形状が変換され、滑らかに計測洞へとつながる。

（2）亜／超音速洞

この風洞は計測洞交換方式を探っており、亜音速用及び超音速の各マッハ数に応じた専用計測洞を持っている。断面は縦 $40 \text{ cm} \times$ 横 30 cm の縦長で、高迎え角試験に対応可能である。

（3）遷音速洞

遷音速洞は高亜音速領域での閉塞を防ぎ、低超音速領域での気流の膨脹を助けるために、有孔壁タイプの二重構造となっている。孔は壁に垂直な方向に対して 60° の傾きをつけられており、開口比は最大 10% まで任意に設定できる。また、左右の壁は、 $\pm 1^\circ$ の範囲で傾き角の設定が可能で、後端にはマッハ数調節用の再導入フラップが取り付けられている。

遷音速試験時には、遷音速洞を亜音速洞と模型支持洞の間に挿入して用い、前述の各機構をマッハ数に応じた適切な値に設定して所要のマッハ数を得、また、供試模型から発生する衝撃波や膨脹波を

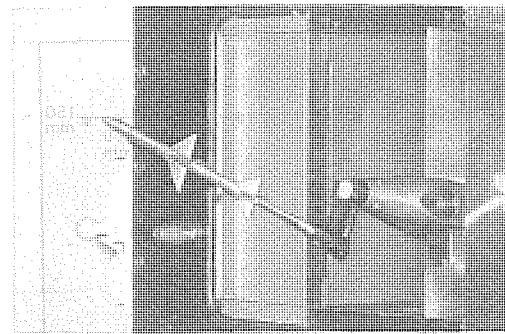


図 2. 模型変角装置

吸収させて反射のない状態をつくり出す。

（4）模型支持洞

模型支持洞には、供試模型を支持して所定の変角動作を行う模型変角装置と、遷音速試験時における遷音速洞の有孔壁から外室（プレナム室）への抽気量を調節するために計測部に対して最大 160% の面積を持つ再導入口と、亜音速試験時の昇圧と超音速試験時の風洞起動を容易にするための第 2 スロートがある。

模型変角装置（図 2.）は、模型迎え角変角動作と模型上下位置移動動作とを各々独立して行うことができ、動作範囲は変角 $\pm 20^\circ$ 、上下移動 $\pm 150 \text{ mm}$ である。模型変角動作は油圧サーボ機構で行い、供試模型が連続的に変角するランプ変角、階段状に変角するステップ変角、模型迎え角零度一定のままでのランプ上下移動及びステップ上下移動の 4 通りの変角モードがある。模型迎え角変角の制御精度は $\pm 0.05^\circ$ 以下である。

3.4 連転制御装置

この風洞の連転制御は、計測の開始・終了も含めて三菱電機（株）製の 16 ビットパソコン《MULTI 16-CUSTOM》によるデジタルシーケンス制御方式を用いている。誤動作による事故を防ぎ、安全性を確保するために、シーケンス上で種々のインターロックを設けている。

また、マニュアルによる通風動作も実施可能である。

3.5 計測装置

この風洞の計測システムを図 3. に示す。風洞起動後、集合洞圧力

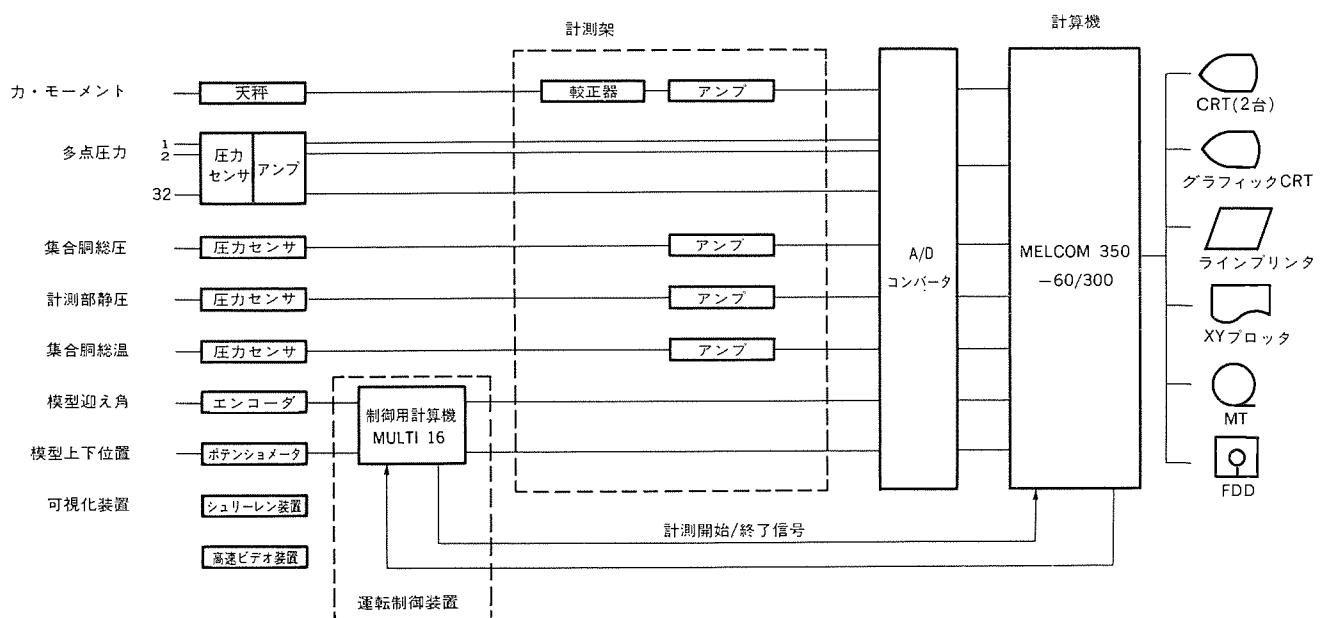
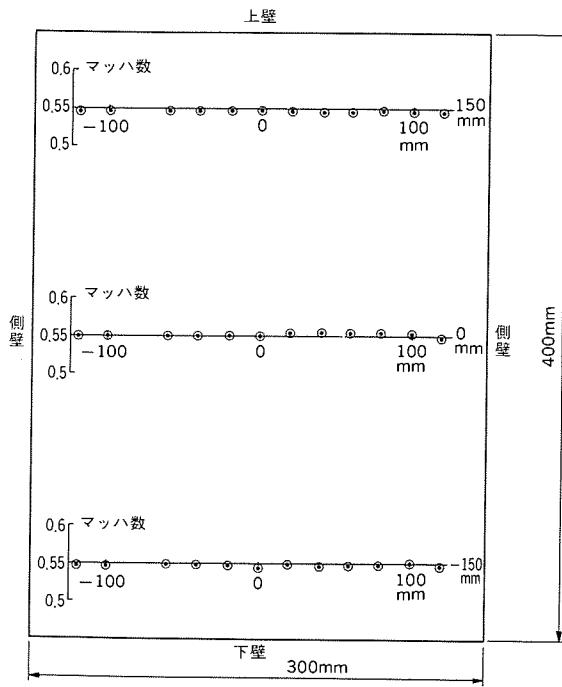
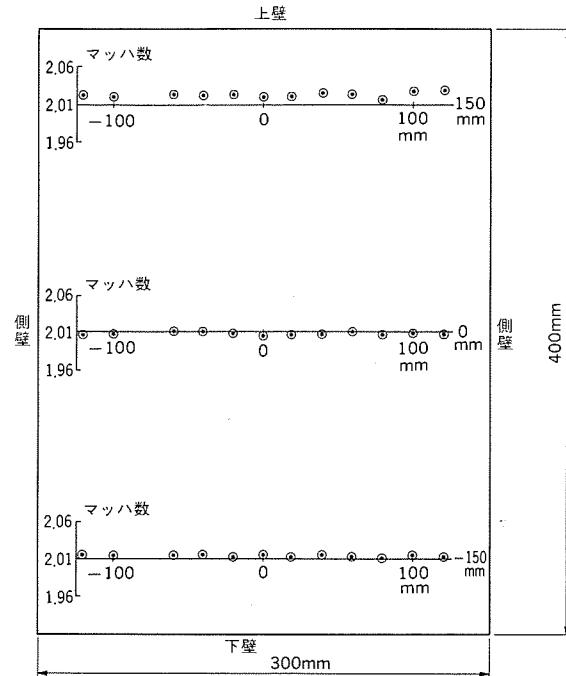


図 3. 計測システム



(a) マッハ数 $M=0.55$



(b) マッハ数 $M=2.01$

図 4. 気流の一様性 (シュリーレン窓中心におけるマッハ数分布)

が設定圧に収束した時点でデータ計測は自動的に開始され、所定の時間の後、終了する。較正データは通風前にあらかじめ取得する。

(1) 力・モーメント計測

供試模型に加わる空力荷重の計測は、ひずみゲージ式天びん(秤)を用いて行われ、誘導飛しょう体全機に加わる6分力(3軸回りの力及びモーメント)や操だ翼のヒンジ・モーメントなどが計測される。

(2) 多点圧力計測

供試模型表面の圧力分布などの計測には高速多点式圧力計を使用し、最大32chまでの同時計測が可能である。圧力レンジは、 ± 2.5 psi, ± 5 psi, ± 15 psi及び $-15 \sim +50$ psi (1 psi = 0.07 kg/cm²)の4種があり、計測圧力によって使い分けられる。

(3) その他の計測

環境計測として集合胴総圧、集合胴総温及び計測部静圧が計測され、マッハ数、動圧、レイノルズ数等の算出に用いられる。また、模型迎え角及び模型上下位置が計測される。可視化装置としては、光学的可視化法であるシュリーレン装置を用いており、プリズム使用によってカラーで見ることが可能である。

(4) データ処理

データ処理用計算機は、三菱電機(株)の最新鋭の32ビットスーパーミニコン《MELCOM 350-60/300》を用いており、アナログ48ch、デジタル3chのデータを2msごとに取り込むことができる。データ処理は、通風終了後、直ちに開始され、結果はラインプリンタ、XYプロッタ及びグラフィックCRTに出力されると同時に、磁気テープ及びフロッピーディスクに保存される。

また、この計算機は、数值流体力学による空力計算のプログラムコードの開発及びこのプログラムコードを用いての解析を行うことを前提として導入したもので、CPU 2台、メインメモリ 8Mバイト、外部メモリ 501Mバイト、最大16MFLOPS処理速度をもち、誘導飛しょう体の空力設計に利用される。

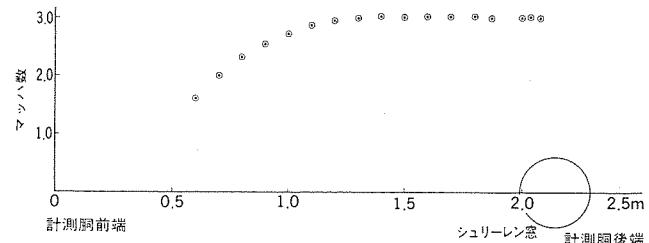


図 5. 気流方向のマッハ数分布 (マッハ数 $M=3.0$)

3.6 消音装置

風洞通風時の騒音を外部に伝搬させないように、騒音源の一つである調圧弁の前後にはサイレンサを配置し、また、拡散胴以降の排気口は地下流路方式を採り、折り曲げを5箇所設けてスプリッタ型の折り曲げサイレンサを配置している。更に、建屋から外部への騒音の漏れを防止するため、建屋の内壁には吸音材を用いている。その結果、敷地境界での通風時騒音は最大で57dBであり、風洞近傍の建屋内においても、ほとんど通風音を感じない程度である。

4. 性能検定

この風洞では、昭和60年6月からデータの取得を開始した後、性能検定を実施している。以下に、この検定データの一部を紹介する。

(1) 気流の一様性

くし(槽)形ピトー管を用いて計測した計測部断面のマッハ数分布を図4に示す。計測部断面での気流の一様性(マッハ数分布)は、どの音速領域においても良好である。

また、気流方向のマッハ数分布(マッハ数 $M=3.0$ 時)を図5に示す。図に示すデータは、計測部に供試模型を装着していないときのものであるが、気流は計測胴前端より適正膨脹してマッハ数が上昇し、計測部(シュリーレン窓近辺)でほぼ一様なマッハ数となっている。

(2) 気流の傾き

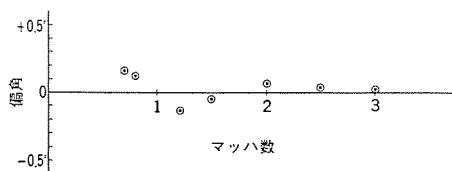


図 6. 気流の傾き

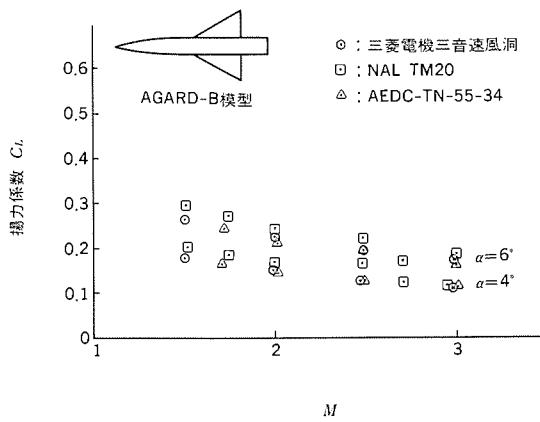


図 7. AGARD-B 模型揚力係数

各マッハ数における気流の傾きを図 6. に示す。超音速領域での気流の傾きは非常に良好である。亜・遷音速領域では超音速領域より若干劣るが、許容範囲内である。

(3) AGARD-B 模型 3 分力特性

国際標準検定模型である AGARD-B 模型 (NATO の AGARD^(注) が制定した模型) の 3 分力 (揚力・抵抗力・縦揺れモーメント) 特性の計測結果と他風洞での計測データ⁽⁷⁾⁽⁸⁾との比較を図 7., 図 8., 及び図 9. に示す。図に示すように、AGARD-B 模型の 3 分力特性は、他風洞でのデータとよく一致している。

5. むすび

この風洞は性能検定によって仕様を満足していることが確認され、現在実用運転中である。今後も計測技術の向上に努めるとともに、試験能力・計測精度の向上を図り、誘導飛しょう体の空力特性の解析に役立てていく所存である。

最後に、この風洞の開発に当たって御指導・御助言をいただいた宇宙科学研究所大島教授、航空宇宙技術研究所空力二部高島部長、名城大学内田教授、九州大学林教授を始めとする関係者各位に深く謝意を表する。

参考文献

- (1) A. Pope et al: High-Speed Wind Tunnel Testing, JOHN

(注) AGARD: ADVISORY GROUP FOR AEROSPACE RESEARCH & DEVELOPMENT

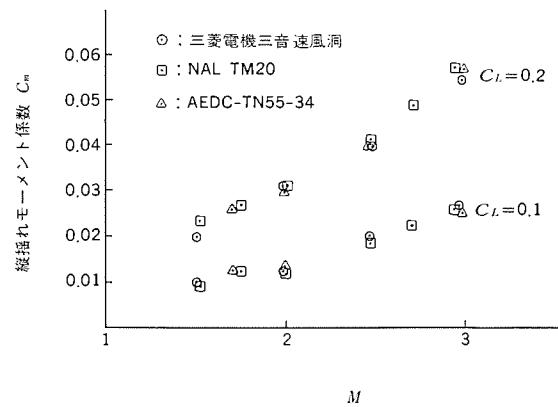


図 8. AGARD-B 模型縦揺れモーメント係数

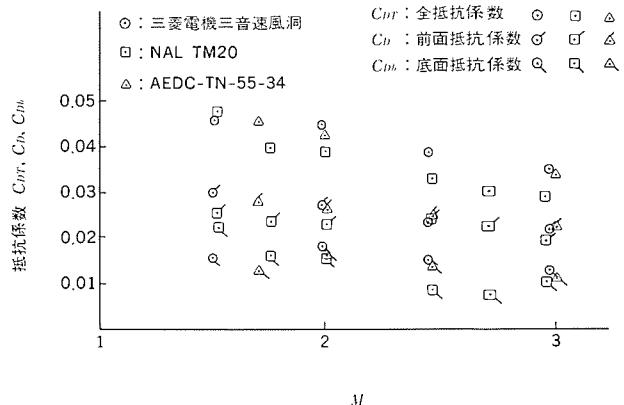


図 9. AGARD-B 模型抵抗係数

- WILEY & SONS, INC (1965)
 (2) 遠藤: 風洞概論, 航技研資料 N-23 (1977)
 (3) 航空技術研究所 2 m × 2 m 遷音速風洞の計画と構造, 航技研報告 TR-25 (1962)
 (4) 1 m × 1 m 吹出式超音速風洞の計画と構造, 航技研報告 TR-29 (1962)
 (5) 航技研二次元遷音速風洞の構造と特性, 航技研報告 TR-647 (1980)
 (6) 超音速気流総合実験室建設報告, 東大航空研究所集報, 3, No. 6 (1963)
 (7) C. J. Schueler et al: AN INVESTIGATION OF THE LIFT, DRAG, AND PITCHING MOMENT CHARACTERISTICS OF AGARD CALIBRATION MODELS A AND B, AEDC-TN-55-34 (1956)
 (8) 1 m × 1 m 吹出式超音速風洞における AGARD 標準模型 B の三分力試験, 航技研資料 TN-20 (1963)

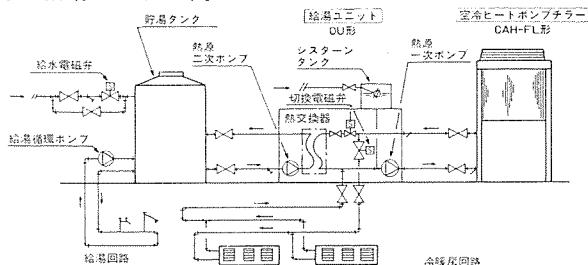
年間冷却・加熱形空冷ヒートポンプチラー CAH-FL形シリーズ

空冷式ヒートポンプチラーは安全・衛生的・無公害・省エネなどで広く採用されており、冷暖房・給湯用途から最近は広く産業用・工業用途へと拡大し、普及しています。また、各電力会社の電力設備の平準化の一策として実施された「業務用蓄熱調整契約制度」の利用により、維持費の点で更に有利となり、伸長が期待されています。三菱電機では、これらの新しい用途に対応するために、年間冷却・加熱形空冷ヒートポンプチラー「CAH-FL形シリーズ」を開発いたしました。

特長

- 幅広い使用範囲……図に示すように、冷却運転時は外気温度0°Cから40°C、加熱運転は外気温度-15°Cから40°Cまでの広い範囲で使用できますから、年間を通じて冷却・加熱が思いのままに行えます。
 - マイコンによる新冷媒制御方式の採用……三菱電機独自の冷媒制御方式の採用により、つねに最適な運転が可能です。
 - 赤錆のない冷温水……銅製水側熱交換器の採用により、赤錆の心配がありません。
 - 省スペース・省工事……機器はすべて屋外に設置でき、しかもユニット内に循環ポンプが内蔵可能です。

冷暖房・給湯システム例

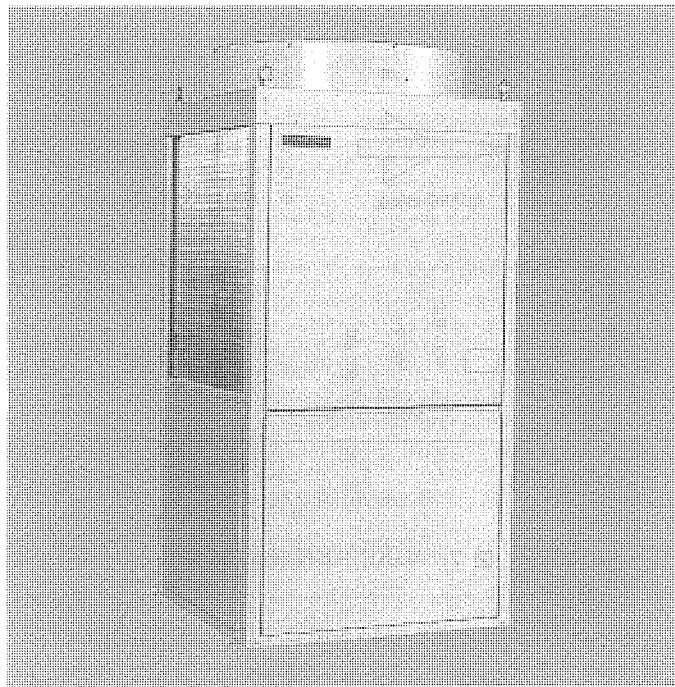


仕様

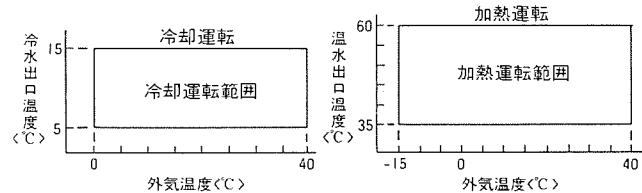
| 項目 | 形名 | CAH-3FL | CAH-5FL | CAH-8FL | CAH-10FL | CAH-15FL | CAH-20FL |
|------------|------------------------|-----------------|---------------|-----------------------------|-------------------|---------------|---------------|
| 性能 | 冷却能力 (kcal/h) | 6,000 6,700 | 10,500 11,700 | 15,000 17,000 | 21,600 24,000 | 31,500 35,500 | 43,500 50,000 |
| | 加熱能力 (kcal/h) | 7,500 8,400 | 12,700 14,500 | 18,200 20,700 | 25,500 29,000 | 37,500 42,500 | 52,200 60,000 |
| | 水量 (m ³ /h) | 1.20 1.34 | 2.10 2.34 | 3.00 3.40 | 4.32 4.80 | 6.30 7.10 | 8.70 10.0 |
| | 水道損失 (mAq) | 0.6 0.8 | 2.1 2.5 | 1.25 1.60 | 3.3 4.0 | 1.4 1.7 | 3.4 4.3 |
| | 消費冷却 (kW) | 3.0 3.5 | 4.3 5.2 | 7.0 8.2 | 8.8 10.7 | 13.9 16.4 | 17.4 21.1 |
| | 電力加熱 (kW) | 2.8 3.2 | 3.9 4.6 | 6.0 6.9 | 8.0 9.5 | 11.5 13.7 | 16.0 19.1 |
| | 容量制御 (%) | | | — | | 100.50.0 | |
| 電源 | 騒音 (ホン<A>) | 47/47 | 47/48 | 49/51 | 52/53 | 54/55 | 56/57 |
| 塗装色 | | | | 三相200V 50/60Hz | パールグレー<マンセル2.5Y%> | | |
| 外形寸法 | 高さ (mm) | 1,360 | 1,550 | 1,900 | 2,000 | 1,900 | 2,000 |
| | 幅 (mm) | | 788 | | 978 | 1,580 | 1,960 |
| | 奥行 (mm) | | 788 | | 978 | 788 | 978 |
| 製品重量 | kg | 160 | 215 | 260 | 355 | 530 | 720 |
| 圧縮機形式 × 個数 | | | | 全密閉 × 1 | | | 全密閉 × 2 |
| 始動方式 | | | | 直入始動方式 | | | 直入順次始動方式 |
| 電動機容量 (kW) | 2.2 | 3.75 | 5.5 | 7.5 | 5.5 × 2 | 7.5 × 2 | |
| 水熱交換器形式・材質 | | | | チューブインチューブ式<全銅製> | | | |
| 配管 | 入 口 | PT1 1/4B<32A>ねす | | | PT2B<50A>ねす | PT2B<50A>ねす | |
| 側器 | 接続 出 口 | PT1 1/4B<32A>めす | | | PT2B<50A>めす | PT2B<50A>めす | |
| 冷媒 | | | R22 | | | | |
| 制御 | 冷媒制御 | | | キャビラリーチューブ+電磁式膨張弁<SPEXシステム> | | | |
| | 冷温水温度制御 | | | マイコン制御温度調節器<出口水温制御> | | | |
| | 霜取制御 | | | 温度感知ホットガス自動切換<マイコン制御> | | | |
| | 冷却・加熱切換 | | | スイッチによる切換 | | | |
| 冷温水循環ポンプ | | | | DC24Vリモートコントロール式 | | | |
| 付属品 | | | | 組込可能<ポンプは客先手配> | | | |
| | | | | リモコンパネル1個 | | | |

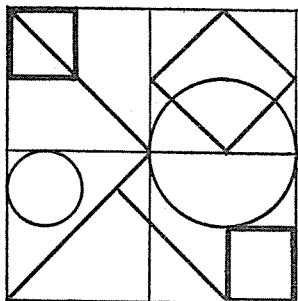
※1. 能力、電気特性は次の条件による。冷却：外気温35°C、冷水出17°C、加热：外気温7°C、温水出145°C

※2. 騒音値は吸入面から1m離れて、1mの高さの位置で測定したAスケールの音です。(反響音なし)



使用溫度範圍





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 特許部 TEL (03) 218-2136

絶縁油の安定度試験装置 (特許 第1305723号)

発明者 宮本晃男・牧野芳弘

試験法JIS C 2101, ASTMD 2440あるいはASTMD 1313に記載されている従来の絶縁油の酸化安定度試験は、規定の温度及び時間における全酸価の値とスラッジの量とで判断されている。このような規格試験で絶縁油の酸化安定度を調べることは、それ自体大切なことであるが、実用上はスラッジが発生するまでの抵抗率や誘電正接などの経時変化を知ることが重要である。

この技術(特許第1305723号)は、そのような電気特性の経時変化が連続して測定できるので、油入機器の使用条件に合った新油の評価試験や、稼働中の機器から採取した使用油の寿命予測ができる。

絶縁油の劣化は、ヒータ(4)で加温し、絶縁油(3)上空間の一定量の酸素で行うか、供給口(5)から乾燥空気を供給しながら行う。その間、ポンプ(9)で絶縁油を循環させる。その際同軸円筒電極(10)の電極間隙(10b)に絶縁油が通過するが、高圧電極(10a)と低圧電極(10c)との間に直流電圧を印加したままこの流動油の伝導電流を観測する。この伝導電流から求めた抵抗率は、いわゆる零時間抵抗率という絶縁油の抵抗率になるので、これから誘電正接が計算できる。あるいは、自動誘電正接測定装置で誘電正接を測っておいて、抵抗率を計算で求めることもできる。

劣化過程の絶縁油の酸価、界面張力、色度、スラッジ等の一般特性を知りたい場合には、バルブ(12)から絶縁油を適宜採取する。

以上のように、本技術は、循環管路を設けて絶縁油を循環させ、その途中に電極を配設したので、精度よく抵抗率及び誘電正接が経時に測定でき、絶縁油の詳細な安定度を評価することができる。

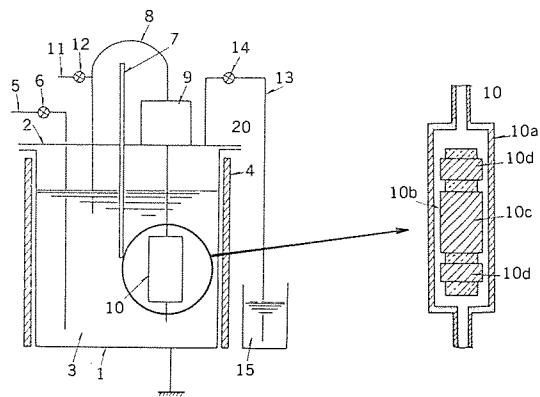


図 1.

図 2.

筒形換気扇 (実公昭55-12115号)

考案者 中村俊夫

この考案は筒形換気扇の吸込口の改良に関するものである。

従来、この種の換気扇のケーシングは吹出口と吸込口が正対した円筒状をなしていた。そのため洗面所、浴室など二つの部屋の換気用にこれを設置しようとした場合、上記二つの部屋に各1台ずつ設置するという二重手間があり、また通常それらの部屋は小さいので換気容量に無駄を生ずるという欠点があった。

この考案は、図1.に示すように羽根車(1)、この羽根車を駆動する電動機(2)、及びこれらを内蔵するケーシング(3)を備えたものにおいて、上記ケーシングに吹出口(4)と、この吹出口と正対する上記吹出口と同一口径の第1の吸込口(5)と、上記吹出口と第1の吸込口とを通る中心線に直交し、かつ羽根車と電動機にて換気時負圧になる部分に臨む上記吹出口と同一口径の第2の吸込口(6)とを設けたことを特徴とする筒形換気扇である。図2.はこの考案による換気扇を設置した概略図で、二つの小さな部屋を換気する場合、1台の換気扇で換気が可能となり、更に吹出口、第1、第2の吸込口と同一径としているため、排気ダクト(7)を同一口径のものを採用でき、また各々の部屋の換気口に設けられた吸込グリル(8)を同一種類のものを採用することができ、設置工事の手間を著しく省くことができる。

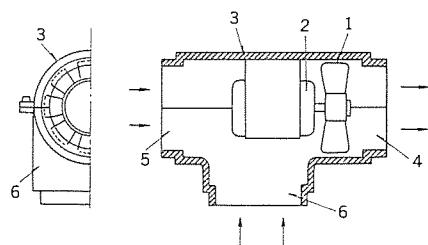


図 1.

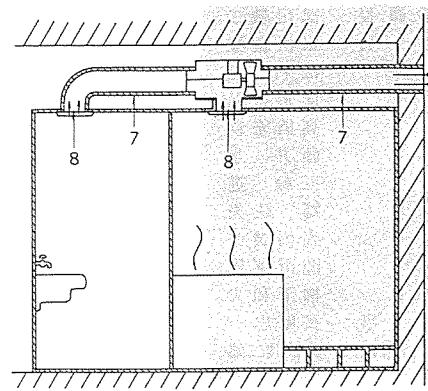


図 2.

ヒートポンプ式空気調和機 (実用新案 第1581993号)

考案者 渋谷 康雄

この考案は、ヒートポンプ式空気調和機に関し、特にその補助加熱器の運転制御回路に限時繼電器を組み込んで圧縮機の適切な運転と省エネルギーを図ったものである。

従来(図1)は暖房運転時に空調室内の温度が上昇すると、温度調節器(10)の接点(A)が作動し、圧縮機が容量制御運転するとともに、電気ヒータ(3)が切れる。この後、更に空調室内の温度が上昇すると、温度調節器(10)の接点(B)が作動し圧縮器の運転が停止される。また、空調室内の温度が低下していくと、逆に接点(B)～接点(A)の順に作動し、圧縮機運転再開、次いで容量制御解除、電気ヒータ通電となる。

このようにして室温調節が行われるが、前述したような回路では、圧縮機が100%運転する場合には必ず電気ヒータ(3)の通電が行われるので、電力の消費量が増大し、また圧縮機の容量制御運転時間が長くなるなどの欠点があった。

この考案は、上記のような従来のものの欠点を除去するためになされたもので(図2)、補助加熱器の運転制御回路に暖房時に励磁される限時繼電器の限時動作b接点を温度調節器と直列に接続して、エネルギーの有効利用と、かつ、圧縮機の適切運転が行えるようにしたものである。このようにすることにより、別個に温度開閉器を設けることなく補助加熱器の運転制限ができる。

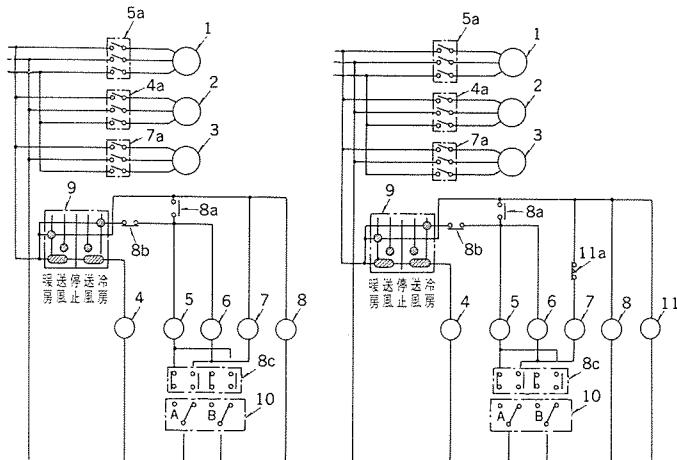


図1.

図2.

1: 圧縮機用電動機, 2: 送風機用電動機, 3: 電気ヒータ,
4: 送風機用電磁接触器, 5: 圧縮機用電磁接触器, 6: 圧縮機用容量制御用電磁弁, 7: 電気ヒータ用電磁接触器, 8: 補助繼電器, 9: 操作開閉器, 10: 温度調節器, 11: 限時繼電器

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 61 No. 6 加工機特集

特集論文

●卷頭言

- 加工機の現状と今後の動向
- ワイヤ放電加工機の最新技術
- ワイヤ放電加工特性と加工技術
- NC型彫り放電加工機の最新技術
- NC型彫り放電加工特性と加工技術
- 型彫り放電加工用電極の1チャック多面加工技術
- 炭酸ガスレーザ発振器

●炭酸ガスレーザ加工機

●炭酸ガスレーザ加工技術

●電子ビーム加工機

●電子ビーム加工技術

普通論文

- マイクロ波レベル計 ML 2001
- 電源設備の信頼性向上と不燃化
—ガス絶縁スポットネットワーク受電設備—
- プラスチックパッケージ型 ECL RAM
- アクティブフィルタを適用した高調波補償装置

三菱電機技報編集委員

| | |
|---------|-------|
| 委員長 | 鶴田 敬二 |
| 委員 | 峯松 雅登 |
| " | 松村 充 |
| " | 尾形 善弘 |
| " | 高橋 宏次 |
| " | 藤井 学 |
| " | 柴田 信之 |
| " | 郷 鉄夫 |
| " | 高橋 誠一 |
| " | 関沢 英男 |
| " | 柳下 和夫 |
| 幹事 | 長崎 忠一 |
| 5月号特集担当 | 鈴木 正高 |

三菱電機技報 61巻5号

(無断転載を禁ず)

昭和62年5月22日 印刷
昭和62年5月25日 発行

編集兼発行人 長崎 忠一

印刷所 東京都新宿区桜町7

大日本印刷株式会社

発行所 東京都港区新橋六丁目4番9号 (〒105)

菱電エンジニアリング株式会社内

「三菱電機技報社」 Tel. (03) 437-2338

発売元 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 (〒101)

株式会社 オーム社

Tel. (03) 233-0641 (代), 振替口座東京6-20018

定価 1部 700円送料別 (年間予約は送料共9,100円)

三菱電機合金製品

スポットライト 金ストライプめっき条



三菱電機の金ストライプめっき条は、独自のめっき加工法により、ピンホールが少なく、均一で位置精度の優れたストライプめっき条です。必要な部分にのみ、必要な量の金めっきが付けられますので、材料費低減のお役に立ちます。プレス加工性にも優れ、高級コネクタ材をはじめとする電子部品用材として、高い評価をいただいております。

特長

●接触抵抗が優れています。

接点部品用の硬質金めっきと半導体部品用の軟質金めっきの両方が可能です。

●耐食性に優れています。

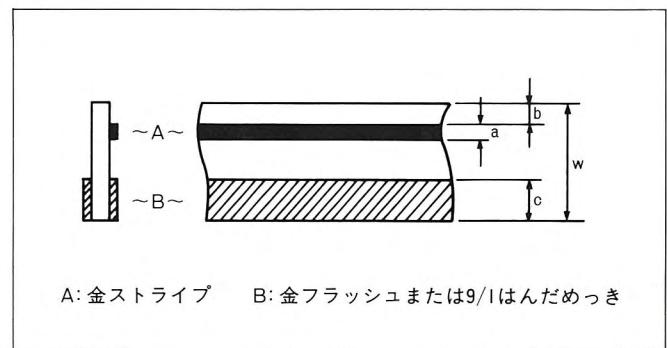
ピンホールの少ないめっきが可能です。

●はんだ付け性に優れています。

はんだ付けのための金フラッシュめっき(0.03~0.05μm)も可能です。また、金と9/1はんだ(90%Sn-10%Pb)の同時ストライプめっきもできます。

●耐熱性に優れています。

ニッケル下地めっきを標準としており、銅合金母材との密着力に優れています。



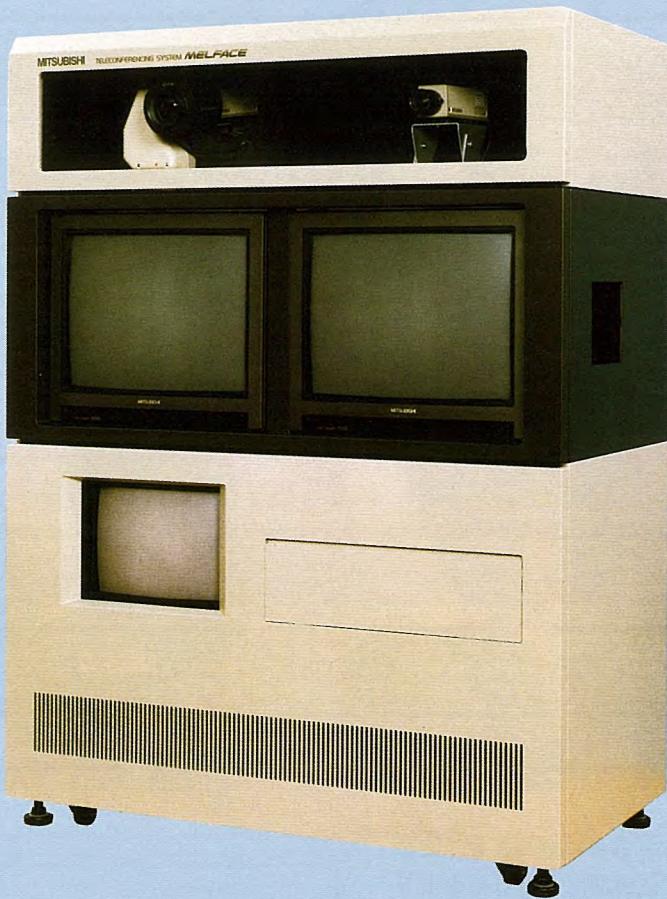
A: 金ストライプ B: 金フラッシュまたは9/1はんだめっき

仕様

| 素 材 寸 法 | 板 厚 | 0.06~0.6mm |
|-----------|---|-------------------|
| | 板 巾 | 3~60mm |
| め っ き 厚 | ニッケル下地 | 3μm以下* |
| | 金ストライプ | 0.03~5μm |
| ストライプ幅 | 幅 | 1.5~10mm |
| | 公 差 | 標準±0.1mm 最大±0.3mm |
| 対 象 素 材 例 | りん青銅系 C5210, C5212, C5191, C5102, C5111, MF202, S-1 洋白系 C7701, C7521, C7541, MB115 銅-ニッケル-錫系 C7250 | |
| | ※曲げ加工を行う場合には1μm以下をお勧めします。 | |

三菱コンソール形テレビ会議システム

スポットライ 《MELFACE-300シリーズ》



この装置は、テレビ会議システムに使用する会議装置で、高能率画像符号化伝送装置（ビデオコーデック）、カメラ、モニタなどをコンパクトにパッケージ化しています。コーデックの符号化方式としては、ダイナミック多段ベクトル量子化方式を採用しており、56/64Kbps～384Kbpsのデジタル回線を使用して、動き追従性の良い、優れた画質で臨場感あふれる会議が行えます。

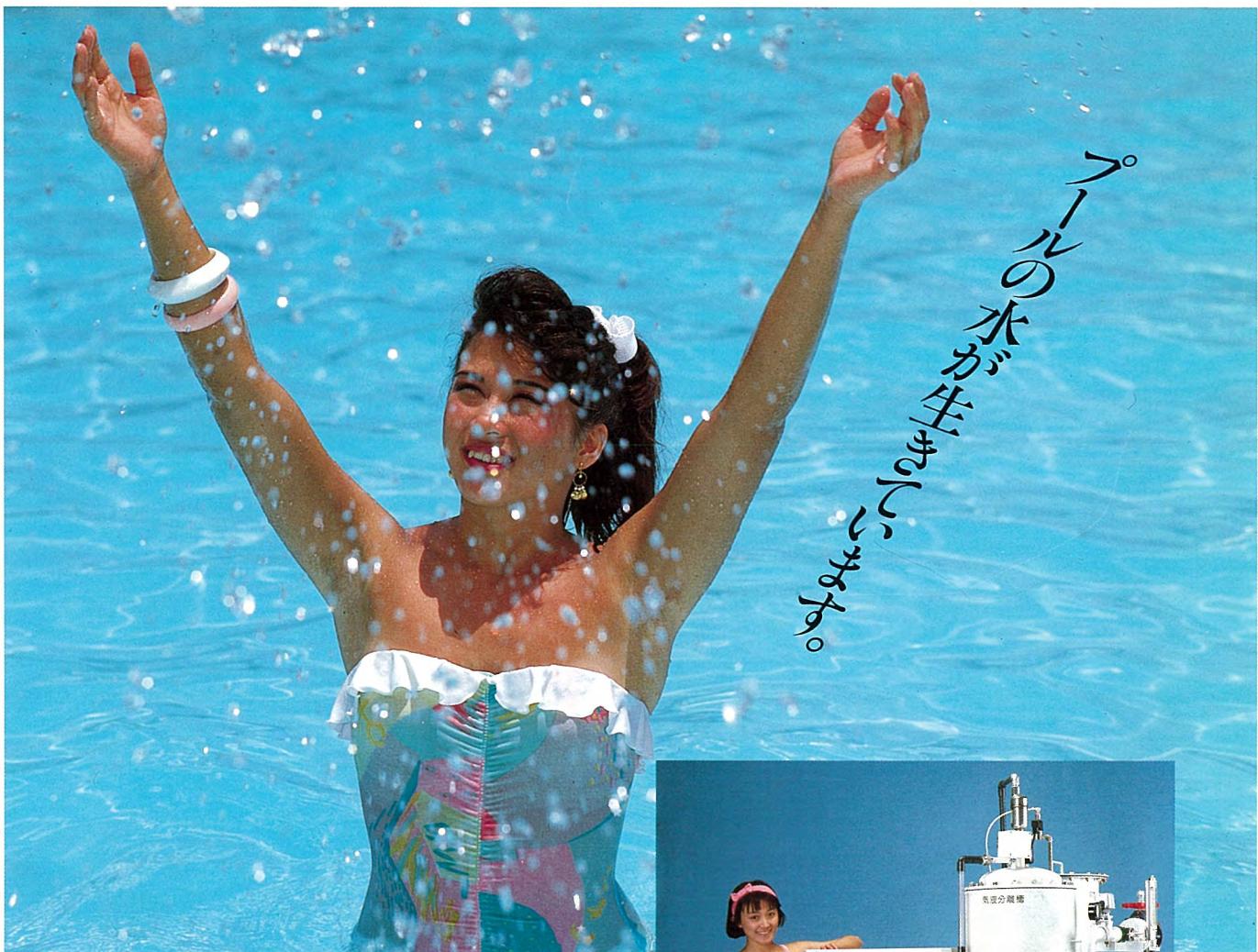
特長

- コンパクトなパッケージ形であり、設置工事が簡単に行え、スペースも最小限で済みます。
- 伝送速度は56/64Kbps～384Kbpsの間を7段階に切換え可能で、ユーザーの要求に柔軟に対応できます。
- ベクトル量子化方式の採用により、56/64Kbpsへの高圧縮を可能とし、回線交換網やISDNなど、将来のネットワーク化が容易です。
- 回線速度128Kbps以上では、音声及び高速データの多重化が可能です。
- 書画撮像装置を併用して、コーデックの静止画モードを利用し、精細書画伝送も可能です。
- NTSCとPALの両TV方式間の通信を可能としており、国際テレビ会議にも有利です。

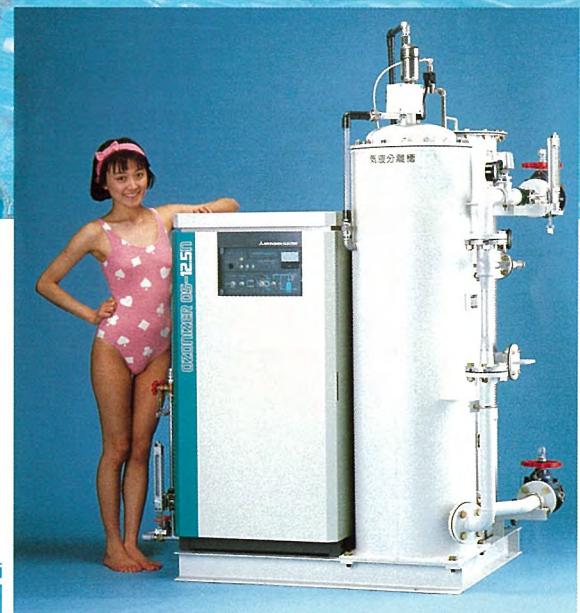
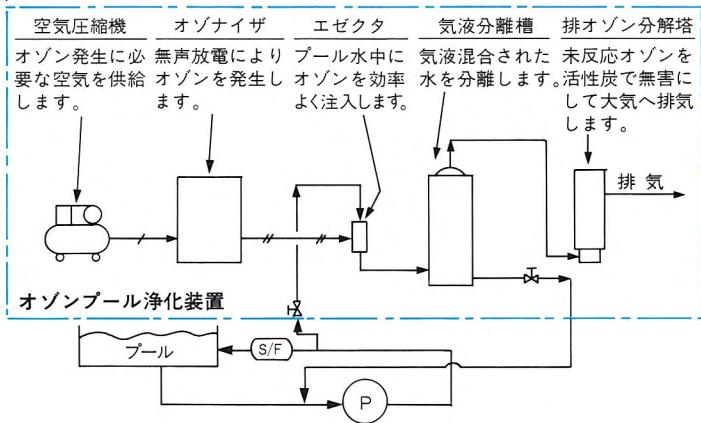
仕様

| | | |
|--------|------------|---|
| 映像系 | 映像信号方式 | NTSC/PALカラーテレビ信号 |
| | 解像度 | 動画：336画素×240ライン 静止画：672画素×480ライン |
| | 符号化方式 | ダイナミック多段ベクトル量子化 |
| | カメラ | 全景用：CCD固体カラーカメラ 人物用：CCD固体カラーカメラ |
| モニタ | モニタ | 電動ズームレンズ、旋回台付 動画受信用：28形カラーテレビ 静止画表示用：28形カラーテレビ 自画表示用：15形カラーテレビ |
| | 音 | 入出力信号 |
| | 声 | 4KHz帯 音声信号 |
| 音声制御装置 | 符号化装置 | 32Kbps ADPCM |
| | 音声制御装置 | エコーキャンセラー |
| 伝送系 | 伝送速度 | 56, 64, 128, 192, 256, 320, 384Kbps |
| | 回線インターフェース | V35、X21、RS449、DSU、G703、(319, 301)短縮BCH符号による二重誤り訂正、CRCチェック |
| | エラー対策 | |
| 暗号化 | 暗号化 | DES (Data Encryption Standard) 方式 |

スポットライト 三菱オゾンプール浄化装置



オゾンは、塩素の数十倍の酸化力をもち、反応後は無害な酸素となります。現在、日本のプールは、塩素滅菌だけに頼っているため、塩素及び塩素化合物により、快適な遊泳環境とは言えず、●目が痛くなる●塩素臭が不快●塩素ガスによる建造物の腐食などの問題が発生しています。上水など水質改善の高級処理として用いられているオゾンを、プール浄化に付加し、快適な雰囲気で、しかもランニングコストも低減できるオゾンプール浄化装置を製品化しました。



OS-12.5N-SW-N

| プール長 | 適応機種名 |
|------|---------------|
| 12m | OS-12.5N-SW-N |
| 25m | OS-25N-SW-N |
| 50m | OS-50N-SW-N |

記号説明

(S/F) ……ろ過装置
(P) ……循環ポンプ