

MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報



Vol.55 No.6

冷凍と空調特集

冷凍と空調特集

目次

特集論文

小形空調機における蒸発器の動作特性.....	1
松岡文雄・飯島 等・山崎起助・上妻親司	
2線式制御パッケージエアコン《ミスタースリム》.....	5
本田嘉之・上村一穂・佐久間 清・佐藤康夫・福岡章雄	
マルチセントラル空調用集中制御システム.....	9
江崎光信・藤井 学・浜口真理雄・佐藤康夫・堤 広宣	
電子計算機室用パッケージエアコン.....	12
玉山 敦・吉村 晃・大原広幸	
冷房専用ルームエアコンMS-1814R形.....	17
安藤正俊・小林豊博・富樫健二・高橋 修	
住宅用セントラル冷暖房機.....	22
浜 宏明・人見不二夫・今西正美	
冷凍冷蔵クーリングユニット.....	26
佐々木芳男・木下 実	

普通論文

瞬間・貯湯式給湯機CB-1200形.....	33
井上信吾・小川 仁・小木曾明男・桑沢安康・知久隆雄	
ICスタータ《ルミクイック》組込み家庭用けい光灯器具.....	38
井上貞成・安達宏美	
分散処理指向のオペレーティングシステム《MELCOM 70シリーズ》UOS.....	43
吉村康德・由留部政則・北原拓也・峰崎秀生・武田浩良	
ワンチップマイコン用開発支援システム.....	48
杉本正樹・山内直樹・正田茂雄・土橋宏二	
金属ポスト形円偏波発生器.....	52
武田文雄・石田修己・蟹谷正二郎・吉川義彦	
エレベーター巻上機用ウォームギヤの改良.....	56
山崎真治・吉岡純夫	
ガス絶縁母線の寒冷地と直接埋設に関する研究.....	60
島村勇志・菊地和郎・桑原 宏・但田昭司・犬塚敬彦	

特許と新案

地下加熱冷却装置	
マンコンベヤの速度制御装置	
保温式炊飯器	
クランク機構	
当社の登録実用新案一覧.....	68

スポットライト

三菱はん用インバータ《FREQROL-E》.....	65
《ダイヤトーン》スピーカーDS-27B形.....	66
音声多重内蔵カラーテレビ.....	67
三菱扇風機インテリアシリーズ.....	(表3)

表紙

事務所・店舗用パッケージエアコン 《ミスタースリム》PSH-3E形

近年、パッケージエアコンは省エネルギー・省力化・小形軽量化が強く要求されてきており、当社はこのたび、これらの要望にこたえて、3個のマイコンを採用した事務所・店舗用エアコン《ミスタースリム》を開発した。

多重2線式配線を採用し、外気追従冷房、室外ファン回転数の自動制御、フィルタ清掃お知らせランプなどにより、省エネルギー運転を実現した。

写真は、飲食店に設置された3トンの空気熱源ヒートポンプパッケージエアコンPSH-3E形である。



アブストラクト

小形空調機における蒸発器の動作特性

松岡文雄・飯島 等・山崎起助・上妻親司

三菱電機技報 Vol.55・No.6・P1～4

空調機の効率向上を図るため、空冷式蒸発器の圧縮機発停時の動作状況をは(把)握する実験、特に蒸発器に用いられるプレートフィン付熱交換器の伝熱管温度の経時変化を詳細に測定した。これにより圧縮機発停に伴う蒸発器内冷媒の局所熱伝達・熱交換量・ボイド率・フローパターンの解析、蒸発器内冷媒フロー状態の観察を行うことにより、熱交換効率向上と機器効率向上に関する多くの示唆を得たので、これらの実験・解析結果について述べる。

冷房専用ルームエアコンMS-1814R形

安藤正俊・小林豊博・富樫健二・高橋 修

三菱電機技報 Vol.55・No.6・P17～21

エネルギー高コスト時代を迎え、家庭用ルームエアコンの省エネルギー化がますます重要なテーマになっている。

当社ではエアコンの基本機能である快適性と健康性を基本に、マイクロコンピュータを含む電子技術を駆使して、ドライシフト・外気温シフト・パワーセーブ回路・パワーモニタ表示・室温表示グリーンサインなど多くの省エネルギー回路をとう(搭)載し、大幅な省エネルギー化を実現したルームエアコンMS-1814R形を開発した。

2線式制御パッケージエアコン《ミスタースリム》

本田嘉之・上村一穂・佐久間 清・佐藤康夫・福岡章雄

三菱電機技報 Vol.55・No.6・P5～8

近年、事務所・店舗用エアコンは、省エネルギー・省スペースが強く望まれている。今回開発された《ミスタースリム》パッケージエアコンディショナーは、セーブエネルギー・セーブタイム・セーブスペースをテーマとし、3個のマイコンによるトータルコントロールと2線式制御を導入したので、その制御機能・ハードウェア構成・ソフトウェア構成などについて紹介する。

住宅用セントラル冷暖房機

浜 宏明・人見不二夫・今西正美

三菱電機技報 Vol.55・No.6・P22～25

このたび、住宅用セントラル冷暖房機としての、CAH-E形空気熱源ヒートポンプチラーとLV-RE形ファンコイルユニットを開発した。特長は、ヒートポンプの効率改善とともにファンコイルを組合せた空調機としての効率改善を図っていること、住宅構造の実態に合わせた省スペース化、寸法のモジュール化を図っていることなどをあげることができる。本稿では、開発品の仕様上の特長について述べるとともにこれらの詳細について報告する。

マルチセントラル空調用集中制御システム

江崎光信・藤井 学・浜口真理雄・佐藤康夫・堤 広宣

三菱電機技報 Vol.55・No.6・P9～11

最近のビルは、生活様式の多様化・複雑化に伴い、事務所・店舗などが同居した複合ビルが主流になってきた。ビル空調における省エネルギーと快適空調を実現するマルチセントラル空調システムは、中小規模ビルを中心にその需要が伸びている。今回当社4ビット、8ビットマイコンを用い、これと多重伝送技術を結合した合理的な制御システムを開発した。低価格・多機種対応・配線工事・操作の容易さなどの面を中心に開発したので、その概要を紹介する。

冷凍冷蔵クーリングユニット

佐々木芳男・木下 実

三菱電機技報 Vol.55・No.6・P26～30

動力の大半を電力に頼る冷凍業界において省エネ、省力化は業界の最重要課題である。今回開発した省エネ形冷凍冷蔵クーリングユニットは、熱交換器や冷媒制御方式など機械のハード面からの効率改善とインテリジェンス電子コントローラを使用したきめ細かな制御によるソフト面からの効率改善により、従来方式よりもはるかに省エネルギー化が図れる機械となった。

電子計算機室用パッケージエアコン

玉山 敦・吉村 晃・大原広幸

三菱電機技報 Vol.55・No.6・P12～16

最近、大量の電力を消費する空調機の省エネルギー化がユーザー並びに社会的要求となってきた。精密な温度コントロールを要求される電子計算機室用空調機は、従来電気ヒータで温度制御を行っていたが、このたび当社では空調機自体の排熱を利用して温度制御をする水冷式コンデンサレヒート兼冬季冷水冷房タイプと空冷式冷媒レヒートタイプを開発した。本文では、これらの主要構造と運転特性について述べる。

瞬間・貯湯式給湯機CB-1200形

井上信吾・小川 仁・小木曾明男・桑沢宏康・知久隆雄

三菱電機技報 Vol.55・No.6・P33～37

先に石油《クリーンヒーター》の燃焼技術を用いたFF式石油ガス化給湯機CB-200形温水機を開発、発売した。これは放熱ロスを少なくし、高燃焼効率を持たせた省エネルギー形の貯湯式で、給湯性能も優れ太陽熱コレクターとの組合せができ、静かな運転音で市場から好評を得てきた。今般、更に省エネルギー、省資源、省すえ付スペースを追究し給湯性能も従来の貯湯式の良さに加え瞬間湯沸器の機能をも持たせた瞬間・貯湯式給湯機CB-1200形を開発したので以下記述する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 6, pp. 17~21 (1981)

The Type MS-1814R Room Air Conditioner

by Masatoshi Ando, Toyohiro Kobayashi, Kenji Togashi
& Osamu Takahashi

In an era of high energy costs, energy-efficient room air conditioners are an important development theme. Mitsubishi Electric has developed the Type MS-1814R room air conditioner to meet the basic requirements for a pleasant and healthy room environment with reduced energy consumption.

The new unit achieves significant reductions in energy consumption by incorporating various energy-saving circuits—including dry-shift, external-temperature-shift, and power-saving circuits—plus a power-monitor display and our Green Sign ambient-temperature display, based on advanced electronics expertise including the use of microprocessors.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 6, pp. 1~4 (1981)

The Dynamic Performance of an Evaporator in a Room Air Conditioner

by Fumio Matsuoaka, Hitoshi Iijima, Kisuake Yamazaki & Chikashi Kozuma

To improve the efficiency of room air conditioners, Mitsubishi Electric has carried out experiments to clarify the dynamic performance of an air-cooled evaporator when the compressor is operated intermittently. The investigation concentrated on detailed measurement of time-dependent temperature variations in the heat-transfer tubes of plate-fin heat exchangers used in evaporators. Analyses of the experimental results for localized heat transfer, heat-transfer rate, void rate, and flow patterns in the evaporator, and observations of refrigerant-flow conditions, suggested various potential improvements in heat-transfer and mechanical efficiencies. The article describes the experimental and analytical results.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 6, pp. 22~25 (1981)

A Home-Use Central Heating and Cooling System

by Hiroaki Hama, Fujio Hitomi & Masami Imanishi

Mitsubishi Electric has developed the Model CAH-E air-to-water heat-pump unit and the Model LV-RE fan-coil unit as a home-use central heating and cooling system. The major features of the system are improved efficiency of the heat-pump unit by itself and when used with fan-coil units. The compact, modular configuration makes the new system suitable for incorporation into existing homes. The article details the main features and specifications of these new devices.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 6, pp. 5~8 (1981)

Mr. Slim Packaged Air Conditioners Utilizing a Two-Wire Control System

by Yoshiyuki Honda, Kazuho Uemura, Kiyoshi Sakuma, Yasuo Sato
& Akio Fukushima

There is an increasingly strong demand for energy- and space-saving air conditioners for offices and stores. The latest Mr. Slim packaged air conditioners developed by Mitsubishi Electric offer the required savings in energy, installation time, and space by using three microprocessors for total control and a two-wire control system. The article introduces the control functions and the hardware and software configurations of the Mr. Slim series.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 6, pp. 26~30 (1981)

Packaged Cold-Storage Equipment

by Yoshio Sasaki & Minoru Kinoshita

The refrigeration industry is a large consumer of electric power, and saving energy—and reducing labor requirements—are the most important issues currently facing it. The packaged cold-storage equipment developed by Mitsubishi Electric offers considerable advantages over conventional equipment in these respects by advances in "hardware" (efficiency gains in heat exchangers and in refrigerant control) and in "software" (the use of an intelligent electronic controller), which are described in the article.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 6, pp. 9~11 (1981)

Microprocessor-Controlled Multicentral Air-Conditioning Systems

by Mitsunobu Esaki, Manabu Fujii, Mario Hamaguchi, Yasuo Sato
& Hironobu Tsutsumi

With the increasing complexity and multiplicity of life-styles, multi-purpose tenant buildings that also house offices and shops, etc., are accounting for a large proportion of building construction. There is a correspondingly strong demand for multicentral air-conditioning systems that combine comfort with energy savings, particularly for small- and medium-size buildings. Mitsubishi Electric has developed an intelligent control system that uses 4-bit and 8-bit microprocessors and time-division multiplex techniques. The system features low cost, suitability for a wide range of air-conditioning systems, easy wiring installation, and simple operation. The article provides a brief description of the system.

Mitsubishi denki Giho: Vol. 55, No. 6, pp. 33~37 (1981)

An Energy-Saving Flash Water Heater with a Storage Tank

by Shingo Inoue, Jin Ogawa, Akio Ogiso, Hiroyasu Kuwazawa
& Takao Chiku

Mitsubishi Electric has recently developed and marketed the Model CB-1200 vaporized-kerosene water heater using the Corporation's internal-combustion system. Excellent user appreciation is attributed to the energy-saving storage tank, the high combustion efficiency achieved by the reduction of radiation losses, the highly efficient supply of hot water, the device's compatibility with solar-heat collectors, and its quiet operation. The article describes the new model, and details the major effort directed at saving energy, resources, and space in the development of this combined instant geyser and storage tank.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 6, pp. 12~16 (1981)

A Packaged Air Conditioner for Computer Rooms

by Satoshi Tamayama, Akira Yoshimura & Hiroyuki Ohara

In recent years, the large amounts of electric power consumed by air conditioners have made energy-saving designs a social necessity that is reflected in strong user demand. Air conditioners for computer rooms conventionally use a supplementary electric heater to achieve the precisely constant temperature control required, although this is grossly inefficient. Mitsubishi Electric's response to this need has been to use the heat generated by the air conditioner itself, developing both a water-cooling system with a reheater coil that uses the condenser outlet water for supplementary heating in summer and the cooled water for cooling in winter, and an air-cooling system with a reheater coil that uses a condensing refrigerant. The article describes the main structural and operational characteristics of the packaged air conditioner for computer rooms.

アブストラクト

ICスタータ《ルミクイック》組込み家庭用けい光灯器具 井上員成・安達宏美

三菱電機技報 Vol.55・No.6・P38～42

従来、強誘電体磁器にみられる非直線性特性を利用したけい光ランプ始動のためのパルス発生機構が理論的には考えられていたが、これに使用する強誘電体の実用化が困難であった。今回、東京電気化学工業㈱と当社との共同開発により実用に供せられる非直線性誘電体素子とスタータ回路が開発され、このスタータのペットネームを《ルミクイック》とし、このスタータを組込んだ照明器具を発売した。このスタータの諸特性、器具構造について報告する。

金属ポスト形円偏波発生器

武田文雄・石田修己・蟹谷正二郎・吉川義彦

三菱電機技報 Vol.55・No.6・P52～55

国際商用衛星通信では、回線需要の増大に対処するため直交2偏波共用による周波数再利用方式が計画されており、このアンテナ給電系には高性能な円偏波発生器が要求される。ここでは、円形導波管と金属ポストだけの簡単な構造で広帯域な位相特性を得る円偏波発生器の設計法を報告する。この設計法は、広帯域化のためそう入長の短い金属ポストのサセプタンスの周波数特性を利用している。また、この設計法を適用した小形高性能円偏波発生器の試作例を報告する。

分散処理指向のオペレーティングシステム —《MELCOM 70シリーズ》UOS—

吉村康徳・由留部政則・北原拓也・峰崎秀生・武田浩良

三菱電機技報 Vol.55・No.6・P43～47

分散処理指向で開発、製品化したUOS (UNIVERSAL OPERATING SYSTEM) は、TSS、バッチ、リアルタイム処理のほか、トランザクション処理 (TP)、リモートバッチ処理 (RJE)、及びMUMPS処理を具備している。

ここでは、UOSの各種機能のうち適応分野をねらった処理機能について、その目的と特長を概説するとともに適用事例の紹介を行う。

エレベーター巻上機用ウォームギヤの改良 山崎真治・吉岡純夫

三菱電機技報 Vol.55・No.6・P56～59

近年、エレベーター機械室の省スペース化の要求が高まってきた。これにこたえるため、主要機器であるウォーム減速機の小形・軽量化を図った。主として、ウォーム歯車材であるりん青銅鋳物の改良及びウォームの高硬度化により、強度及び面圧強さを向上させ、従来より小形で高品質のエレベーター用ウォーム減速機を実用化した。

本稿では、りん青銅鋳物の改良、ウォームの高硬度化及びこれらの評価試験の結果を紹介する。

ワンチップマイコン用開発支援システム

杉本正樹・山内直樹・正田茂雄・土橋宏二

三菱電機技報 Vol.55・No.6・P48～51

当所で開発した開発支援システムについて、その基本的な考え方、システムの機能などについて述べる。マイコン機種数の増加に対応し、マイコン応用製品の開発効率を高める目的ではん(汎)用クロスアセンブル装置、汎用デバック装置を開発した。これらの装置は、4ビット、8ビットのワンチップマイコンに共通して使うことができ、操作性と価格に重点をおいて開発した。

ガス絶縁母線の寒冷地と直接埋設に関する研究

島村勇志・菊地和郎・桑原 宏・但田昭司・犬塚敬彦

三菱電機技報 Vol.55・No.6・P60～64

ガス絶縁母線 (GIB) は大電流通電に適し、環境調和や敷地の有効活用の点から今後の発展が期待されている。今回、北海道電力㈱と三菱電機㈱とで、275kV GIBを用いて北海道電力㈱技術研究所構内で寒冷地並びに直接埋設に関する適用の共同研究を約20箇月にわたって実施した。検証は、実系統を模擬した課通電試験と各種の実験からなり、この検証から適用上の問題点が把握できその対処方法が確立した。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 6, pp. 52~55 (1981)

An Antenna-Feeder Polarizer Using Circular Waveguides and Metallic Posts

by Fumio Takeda, Osami Ishida, Shojiro Kaniya
& Yoshihiko Yoshikawa

The rapidly growing demand for international satellite communications lines has lead to the projected use of orthogonal dual polarization as an effective system for frequency reuse. For fully effective reuse, however, the antenna feed system must comprise a high-performance polarizer. The article reports on a method of designing a polarizer with a simple structure of circular waveguides and metallic posts that achieves broad-band phase-to-frequency characteristics. The design exploits the frequency characteristics of the normalized susceptance of short metallic posts for broad-band communications systems. A small experimental high-performance polarizer based on these design concepts is introduced.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 6, pp. 38~42 (1981)

Lumi Quick: An IC-Controlled Starter for Fluorescent Lamps

by Kazunari Inoue & Hiromi Adachi

Although the pulse-generating mechanism of ferroelectric ceramic materials, exploiting their nonlinear characteristics, makes them theoretically suitable for fluorescent-lamp starters, the production of a practical device using ferroelectric materials has proved very difficult. Mitsubishi Electric, in cooperation with TDK, has developed starter circuits incorporating nonlinear dielectric elements and is now marketing an IC-controlled starter for fluorescent lamps, the Lumi Quick. The article discusses the characteristics and construction of this starter.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 6, pp. 56~59 (1981)

Improved Worm Gears for Elevator-Traction Machines

by Shinji Yamasaki & Sumio Yoshioka

Recent years have seen increasing pressure to reduce the space taken by elevator-machine rooms. Mitsubishi Electric has responded by developing smaller and lighter worm-reduction gearing, the main item of equipment housed in the machine room. Already in practical use in the Corporation's elevator systems, the new worm-gear assembly achieves greater strength and surface durability by using a case-hardened worm and a phosphor-bronze casting for the worm wheel. The article outlines the improvements achieved by the use of these materials and the results of evaluation tests.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 6, pp. 43~47 (1981)

UOS: An Operating System for Distributed Data-Processing Systems Using MELCOM-70 Series Computers

by Yasunori Yoshimura, Masanori Yurube, Takuya Kitahara, Hideo Minezaki & Hiroyoshi Takeda

UOS, a universal operating system for distributed data-processing systems developed and marketed by Mitsubishi Electric, allows not only time-sharing system (TSS) batch, and real-time processing but also transaction processing (TP), remote-batch processing (remote-job entry or RJE), and Massachusetts General Hospital Utility Multiprogramming System (MUMPS) processing. The article describes the purpose and features of UOS functions, particularly in the processing fields for which UOS is ideally suited, with practical examples.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 6, pp. 60~64 (1981)

Research on Gas-Insulated Busbars for Use Underground and in Extremely Cold Areas

by Yushi Shimamura, Kazuro Kikuchi, Hiroshi Kuwahara,
Shoji Tada & Takahiko Inuzuka

Gas-insulated busbars (GIBs) are capable of high-power transmission and meet the demands for environmental conservation and the effective utilization of available site areas. Mitsubishi Electric, in cooperation with the Hokkaido Electric Power Co., Inc., has carried out research in Hokkaido Electric's Technical Laboratory for about 20 months on 275kV GIBs for use underground and in extremely cold areas. The research has established solutions to potential problems associated with the use of GIBs by experiments including full-scale operation tests simulating actual systems in service.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 55, No. 6, pp. 48~51 (1981)

A Single-Chip Microcomputer Support System

by Masaki Sugimoto, Naoki Yamauchi, Shigeo Masada
& Koji Tsuchihashi

The article discusses the basic philosophy and functions of a microcomputer support system developed by Mitsubishi Electric. In response to the increase in the number of different microprocessor LSIs available, the Corporation has developed a general-purpose cross-assembler device and a general-purpose debugging device to facilitate efficient and rapid development of microcomputer applications systems. These devices can be used for both 4-bit and 8-bit microcomputers, and have been developed with a primary stress on easy software development and low cost.

小形空調機における蒸発器の動作特性

松岡 文雄*・飯島 等*・山崎 起助*・上妻 親司**

1. ま え が き

近年、空調機の省エネルギー化が叫ばれ、定常運転における機器効率に関し、目標値の設定と機器への記載が義務づけられたことから、これに対応した機器の研究が進められている。

しかし、現行の空調機は、ほとんどが圧縮機の発停を繰返す運転状態となっていることから、これに対する効率の向上も大きな課題となっている。

そこで、小形空調機の圧縮機発停時の効率向上を図ることを目的として、冷房時における圧縮機発停運転時の空冷式蒸発器の動作状況をは(把)握するため、圧縮機発停時間間隔を変化させたときの、蒸発器圧力・伝熱管温度の測定、及びガラス管での冷媒流動状態の観察によって、蒸発器内冷媒の局所の熱伝達・ボイド率・フローパターン、伝熱管の熱交換量などを解析した。その結果について次に述べる。

2. 圧縮機発停時の蒸発器特性

2.1 試験装置

試験装置として、0.6 kWクラスのロータリコンプレッサをとう(搭)載した冷房専用ルームエアコンを使用した。その概要を図1に示す。図中記号Pは圧力測定点を示す。

試験は圧縮機発停時間を下記の3条件で行った。

- (a) 運転時間 3分、停止時間 7分
- (b) 運転時間 5分、停止時間 5分

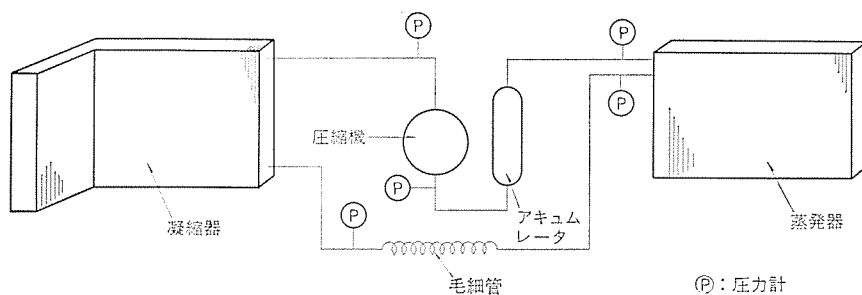


図1. 試験装置

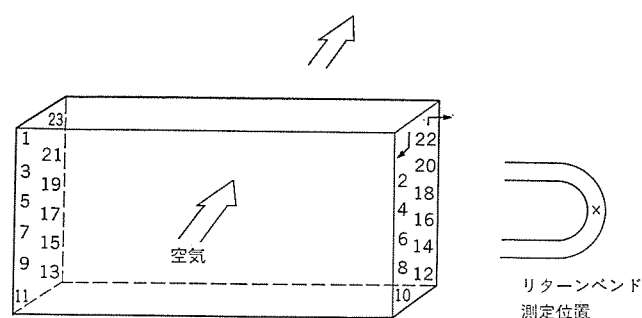


図2. 蒸発器温度測定位置

- (c) 運転時間 7分、停止時間 3分

温度測定は、蒸発器伝熱管のリターンベンド部の管径方向中間に、銅-コンスタンタン熱電対(素線0.3 mm)をはんだ付けして行った。図2に測定点(23点)を示す。

圧力測定には小形半導体圧力変換器を使用し、増幅器を通してペンレコーダーで記録した。圧力測定点は図1.のとおりである。

空調機全入力の測定は精密積算電力計により所定時間の積算値を測定した。

ドレン量の測定は実際に機外に取出された量(ドレンホースより取出した量)をメスシリンダにより測定した。

2.2 試験結果

図1.に示す試験装置を用い、空調機の圧縮機発停時の温度・圧力・入力の経時変化を測定するとともに、蒸発器の入口・中間・出口の伝熱管の一部を透明ガラス管により可視化し、冷媒の流動状況を観察した。試験空気条件は凝縮器吸込空気温度35°C、蒸発器吸込空気温度27°C、相対湿度50%を標準条件として、圧縮機が発停にかかわらず常に一定となるように設定した。

凝縮器側では圧縮機が停止したときは送風機を停止するように同期させ、蒸発器側では圧縮機が発停にかかわらず送風機を連続運転した場合の各特性値の変化は次のとおりである。

(1) 圧縮機停止時特性

圧縮機停止時の蒸発器温度の経時特性例を図3.に示す。

(a) 温度分布

各運転条件とも伝熱管の温度のバラツキは小さく、ほぼ均一に温度上昇している。

(b) 圧縮機運転直前冷媒分布

圧縮機停止時より凝縮器中の液冷媒が毛細管を通り層状流となって蒸発器に流入し、2~3分程で液移動はなくなるが、圧縮機運転直前では、蒸発器中間部で冷媒量が多く、伝熱管は液冷媒で満たされていた。入口部伝熱管及び出口部伝熱管中に液冷媒は見られず、ガス状となっていることからこの部分の冷媒量は少なくなっている。

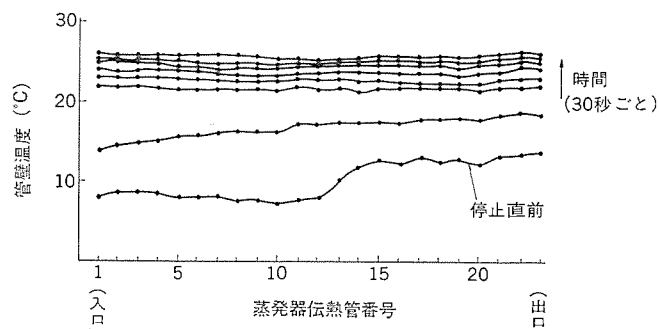


図3. 圧縮機停止時温度特性(圧縮機運転5分/停止5分)

(c) 管壁温度

管壁温度は圧縮機停止時間の長いものほど高くなり、

圧縮機運転時間 3 分、停止 7 分 のとき 29°C

“ 5 分、 “ 5 分 “ 26°C

“ 7 分、 “ 3 分 “ 23°C

となる。ただし、圧縮機停止時間が 7 分のときの管壁温度は蒸発器吸込空気温度 27°C より高くなっている。

(2) 圧縮機運転時特性

圧縮機運転時の蒸発器温度の経時特性例を図 4. に示す。また、蒸発器の入口と中間部の伝熱管の経時温度特性例を図 5.、図 6. に示す。

(a) 温度分布

圧縮機停止直前の温度分布は圧縮機停止時間の長い時ほど分布幅が大きく、7 分停止時では約 10 deg、5 分停止時では 5 deg、3 分停止時では 5 deg となる。有効に利用されている伝熱管は全体の 50~60% 程度となっている。また、運転直後では液戻りのため、入口より出口伝熱管の方が温度が低くなっている。

(b) 入口・中間伝熱管経時温度変化

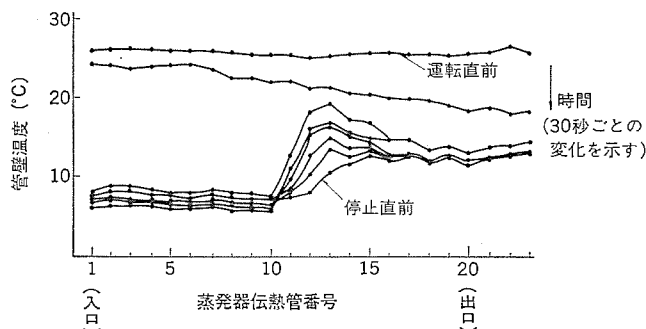


図 4. 圧縮機運転時温度特性 (圧縮機運転 5 分/停止 5 分)

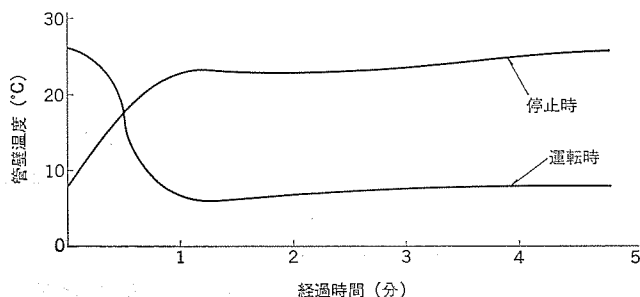


図 5. 蒸発器入口伝熱管管壁温度の経時特性 (圧縮機運転 5 分/停止 5 分)

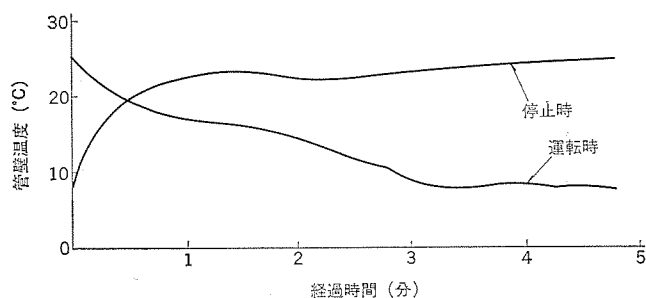


図 6. 蒸発器中間伝熱管管壁温度の経時特性 (圧縮機運転 5 分/停止 5 分)

入口伝熱管は圧縮機運転直後より温度降下し、約 1 分程度のところで引き込みが起こり、その後温度が回復して 2~3 分で安定状態に至る。中間部伝熱管温度は急激には下がらずゆるやかな温度降下を示し、約 3~3.5 分で安定に到達している。

(c) 冷媒流動状態

入口伝熱管では、圧縮機停止時に若干たま(溜)っていた液冷媒が運転と同時に流出し、開始時より約 5~10 秒程はガス及び噴霧流となり、その後液表面が波だった層状流となる。また、中間部伝熱管では、停止時伝熱管を満たしていた液冷媒が圧縮機の運転と同時に流出して行き、運転開始時より約 25 秒~1 分 30 秒経過まではほぼガス状態でその後非常に波立ちの激しい層状流となっている。出口伝熱管では、中間部に溜っていた液冷媒と思われる多量の液戻りが運転開始より約 20 秒程続いた後ガス状態となる。

(d) 除湿量

除湿量 (機外に取出されたドレン量) は、

圧縮機運転時間 3 分、5 分 のとき 0 cc/h

“ 7 分 のとき 143 cc/h

であり、運転時間が 3~5 分程度では、蒸発器に露は付くが圧縮機停止時に送風機による風によって再蒸発するため、結果的に機外に取出されない。当社のドライシフトでは、圧縮機停止時に所定時間送風機運転を停止し、露が再蒸発しないようにしている。

3. 解析

3.1 解析モデル

蒸発器各伝熱管温度と入口・出口圧力の経時測定結果から、

局所熱伝達率

局所乾き度

局所冷媒量

局所比重量

局所ボイド率

フローパターン

の解析について以下に述べる。なお、数式中に使用される記号及び添え字は次のとおりである。

記号

f_g : ボイド率

G : 冷媒重量流量 (kg/h)

H : 冷媒エンタルピー (kcal/kg)

Q : 熱交換量 (kcal/h)

x : 乾き度

γ : 冷媒比重量 (kg/m³)

添え字

g : 気相, k : 伝熱管番号, l : 液相

3.2 理論式

(1) 局所熱伝達率と熱交換量

各伝熱管における局所熱伝達率と熱交換量は、各伝熱管の管壁温度の測定値冷媒圧力から換算した管内冷媒温度、熱交換器単体試験から求めた管外熱伝達率を用いて求める。

(2) 局所エンタルピー

管内冷媒の局所エンタルピーは、局所熱交換量と重量流量により次式から求められる。

$$H_k = H_{k-1} + \frac{Q_k}{G} \dots\dots\dots (1)$$

(3) 局所乾き度

各伝熱管の乾き度は局所 エンタルピー を用いて次式から求める。

$$x_k = \frac{(H_k - H_l)}{(H_g - H_l)} \dots\dots\dots (2)$$

(4) 局所ボイド率

ボイド率は冷媒流路断面上に気相の占める割合を示すもので、気液速度比 S を導入することにより、

$$f_{bk} = \left\{ 1.0 + \left(\frac{1.0}{x_k} - 1.0 \right) S^{\frac{\gamma_g}{\gamma_l}} \right\}^{-1} \dots\dots\dots (3)$$

で表される。気液速度比 S については多くの報告がされているが、ここでは Zivi⁽⁴⁾ によって理論的に導かれた式を使用する。それによると、気液速度比は気体と液体の比重量の3乗根に比例している。

(5) 局所比重量

蒸発器途中の局所比重量は飽和 ガス の比重量と飽和液の比重量と、その点のボイド率から比例配分して求めている。

(6) フローパターン

水平管内の2相流動のフローパターンは気泡流・プラグ流・スラグ流・環状流・噴霧流・液表面に波立ちの無い層状流、波立ちの激しい層状流などに区別される。支配するパラメータは Baker⁽⁵⁾ によれば、ガスの質量速度・比重量・粘性係数と液の質量速度・比重量・粘性係数であり、これらにより2相流動のフローパターンを図表化したものが図13. に示すベーカー線図である。

この上に蒸発器入口から出口に至るフローパターンの変化過程を示すことを試みた、なお、図13. の縦横軸に示される係数 ϕ は比重量と粘性係数に関連して、実験的に決められる補正係数⁽⁶⁾である。

3.3 解析結果

圧縮機発停時間を運転時間5分、停止時間5分とした時の局所熱交換量・ボイド率・冷媒量・熱伝達率・乾き度・比重量の解析による経時特性を図7. ～12. に、また停止直前でのフローパターンを図13. に示す。図7. ～12. において図中のプロット数値は30秒間隔のデータを示し、数値の小から大に従って圧縮機運転時からの経過時間が長

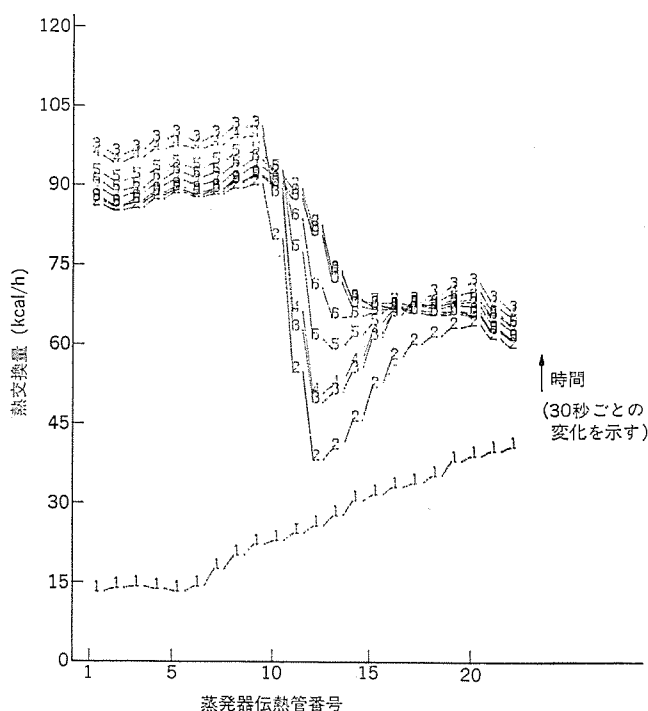


図 7. 局所熱交換量の経時特性

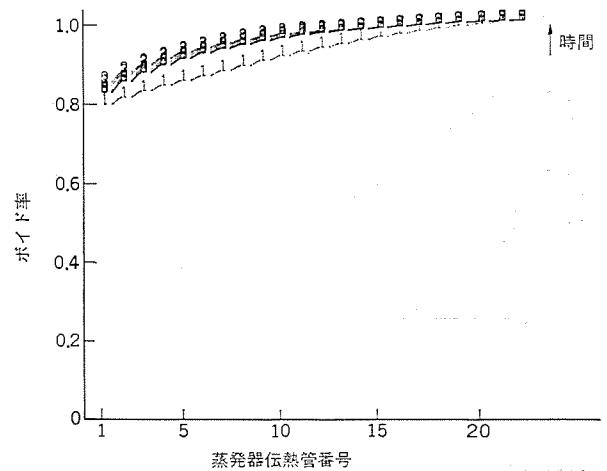


図 8. 局所ボイド率の経時特性

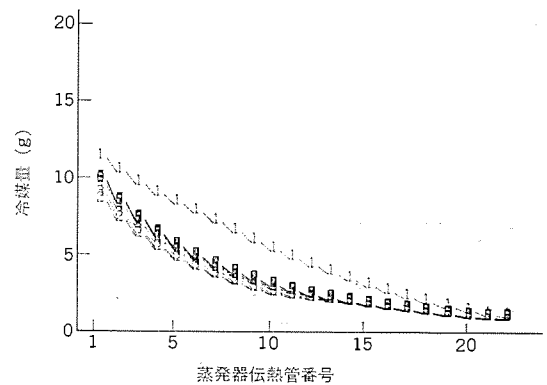


図 9. 局所冷媒量の経時特性

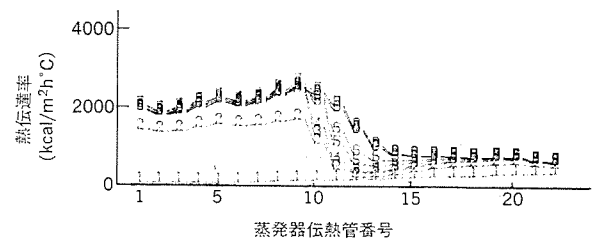


図 10. 局所熱伝達率の経時特性

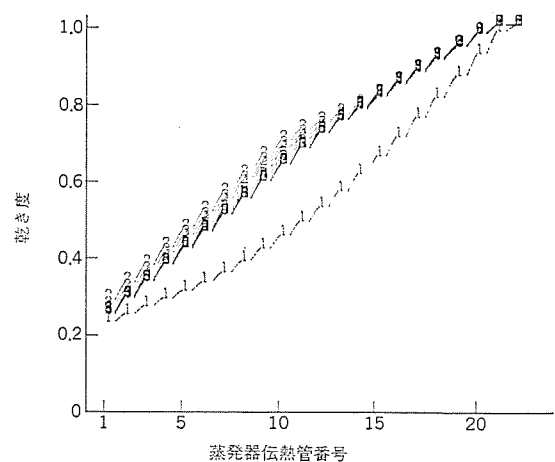


図 11. 局所乾き度の経時特性

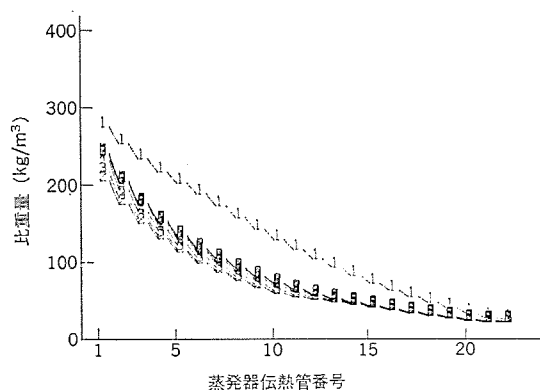


図 12. 局所比重量の経時特性

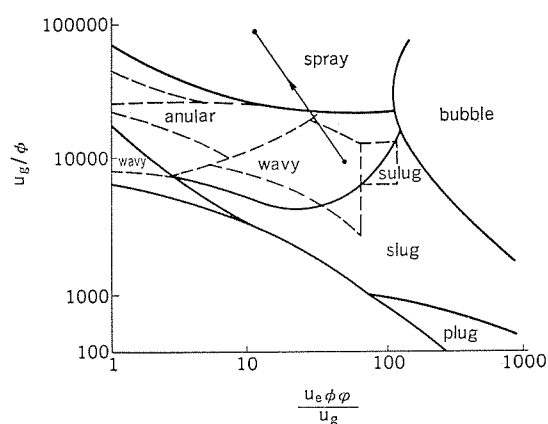


図 13. ベーカー線図

くなる方向を示す。最初のプロット数値 1 は圧縮機運転時より 17 秒経過時を示している。

(1) 局所熱交換量 (図 7.)

圧縮機運転直後における局所熱交換量 (図中 1 で示す点) は蒸発器入口側から出口側の伝熱管へ向って増加する傾向を示しているが、これは液戻りによるものと推定される。このように液冷媒が冷却に有効に利用されず圧縮機に戻ってしまうことが圧縮機発停時の機器効率を低下する 1 つの原因となっていると考えられる。また、圧縮機運転後 40 秒経過すると中間部に谷が表れ、この谷は圧縮機の運転が継続するに従って解消している。このとき入口部及び出口部の熱交換量の変化は比較的小さい。

(2) 局所ボイド率 (図 8.)

冷媒流路断面上に気相の占める割合を示すボイド率は、Zivi によって理論的に導かれた気液速度比を用いれば、蒸発器入口部 (乾き度 0.25) 近辺で 0.8 程度となっている。

(3) 局所冷媒量 (図 9.)

圧縮機停止直前、冷媒量は入口付近の伝熱管で、1 本当たり約 10～11 g、入口より 6 本目の伝熱管で既に入管の約半分の 5 g となり、それ以降は直線的に減少し、出口付近では 1 g 程度である。また、蒸発器中の全冷媒量は約 74 g で、全封入冷媒量の約 13% である。

(4) 局所熱伝達率 (図 10.)

入口より 12 本目の伝熱管から熱伝達率が急激に悪くなってドライポイントのような状況を示すが、この点における乾き度は 1.0 ではなく約 0.7～0.8 程度 (図 11.) と推定される。

(5) 局所比重量 (図 12.)

圧縮機停止直前の局所比重量は入口伝熱管で 230 kg/m³、入口より 6 本目で既に半分になり、出口では 24 kg/m³ となっている。このときの平均比重量は 83.5 kg/m³ である。

(6) フローパターン (図 13.)

蒸発器出入口のフローパターンを Baker's map に示したが、12 本目あたりの伝熱管から噴霧流になり、この管内熱伝達は波状流・環状流に比べ非常に小さい値となっている。

4. む す び

0.6 kW クラスのロータリコンプレッサを搭載した空調機に使用されている空冷式蒸発器について、圧縮機発停時の動作特性を把握すべく行った試験及び解析結果について報告した。

圧縮機が発停しながら運転されるとき、蒸発器内での冷媒温度分布や冷媒分布の偏りとそれに伴う熱伝達率の低下、圧縮機始動時における液戻り状況、フローパターンによる熱伝達率の変化などを推定することができた。今後、これらの試験解析結果をもとにして機器効率の向上を図っていく予定である。

参 考 文 献

- (1) F. J. Moody : Trans. ASME F (1965-2)
- (2) G. L. Wedekind and B. T. Beck : Int. Heat Transfer conf. 5 [4] (1974)
- (3) 齊藤 : 冷凍 47 [542]
- (4) Zivi. ASME Journal of Heat Transfer, 247 (1964-5)
- (5) O. Baker. Oil Gas Journal 185 (1954-7)

2線式制御パッケージエアコン《ミスタースリム》

本田 嘉之*・上村 一穂*・佐久間 清**・佐藤 康夫**・福嶋 章雄**

1. ま え が き

当社が店舗用エアコン《ミスタースリム》を発売して以来4年目になるが、事務所・店舗用エアコンは一大市場を形成するに至り、その傾向は空冷化・ヒートポンプ化・省スペース化へと推移し、近年においては省エネルギー化への要望が強くなってきた。

当社としては、このようなユーザーのニーズを的確にとらえ、マーケットに密着した商品を提供するため、昭和56年度品《ミスタースリム》を開発したので、ここに紹介する。

2. 開発のねらい

以下のテーマを開発のねらいとした。

(1) 省エネルギー

少ない消費電力で快適な省エネルギー空調を行う。

(2) セーブタイム

簡単な工事、簡単な操作とする。

(3) セーブスペース

薄形状として、エアコンのすえ(据)付占有面積を小とする。

3. 特 長

今回開発された《ミスタースリム》は、天つ(吊)り形・壁掛形・床置形の3タイプで、主な機能、特長は次のとおりである。なお、床置形の

外観を図1.に示す。

3.1 省エネルギー

コントローラ・室内ユニット・室外ユニットに各1個のマイコンをとう(搭載)し、計3個のマイコンによりエアコンのトータルコントロールを行い、省エネルギー運転を実現した。

(1) ニューグリーンサイン

リモコンに取付けられたニューグリーンサインは、設定温度を緑で点灯表示し室内温度を緑の点滅表示するので、冷しすぎ暖めすぎを防止でき、節電に有効である。

(2) フィルタ清掃お知らせランプ

フィルタが目詰まりし、風量が低下して、エネルギー消費効率(EER)が悪くならないよう、リモコンに組込まれたフィルタ清掃お知らせランプが点灯し、フィルタ清掃時期が分かるようにした。

図2.は天吊り形ヒートポンプパッケージエアコンPCH-3E形を事務所で運転した場合の目詰まりによる性能低下の状況を示す。約2か月間フィルタを清掃しないと、風量は82%に、EERは冷房時98.7%に、暖房時は96.1%に低下することが分かる。

(3) 外気追従冷房

冷房運転時の冷し過ぎ、また室の出入時のヒートショックを少なくし、無駄な冷房運転を少なくするため、外気温度の変化に従って電子サーモが自動的に室温設定を変化させる“外気追従冷房運転”ができる。室内設定温度は、外気温度が高くなれば室内外温度差を大きめ

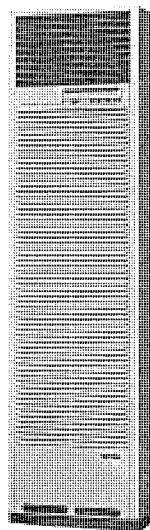


図1. 床置形PSH-3E形の外観

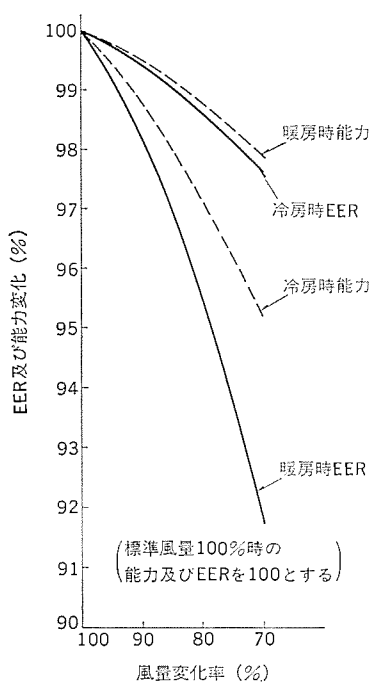


図2. フィルタ目詰りによる風量低下にたいするEER変化と能力の変化

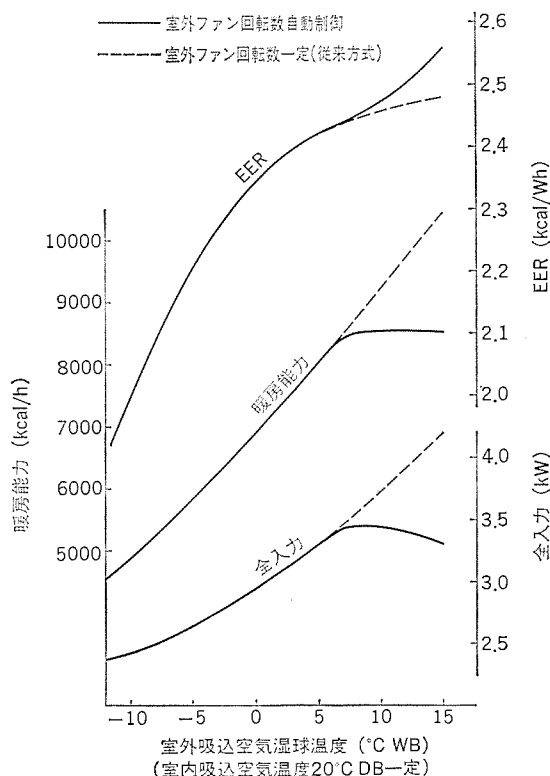


図3. PCH-3E形暖房特性線図(60Hz)

に、外気温度が低くなれば小さめに自動設定される。

(4) 室外ファン回転数自動制御

室外ファンの回転数を冷房時は外気温度にあわせて2段階に、また暖房時は室内吹出し空気温度と室外コイル温度に応じて8段階に切替えて、最適な運転制御を行う。図3はPCH-3E形の室外ファン回転数自動制御による暖房時の特性を示す。従来方式の回転数一定の場合に比べて室外温度5~15°CWB(湿球温度)においてEERの向上が図られた。

(5) 補助ヒータ電子サーモコントロール

空気熱源ヒートポンプでは暖房時に外気温度が低下すると、暖房能力が低下するが、これを補うために補助ヒータを装備している。このパッケージエアコンでは、補助ヒータが無駄な運転をしないように、電子サーモコントロールを採用した。これにより、運転開始後、設定温度と室内温度の差が2°Cになった時と吹出空気温度が50°Cになった時は補助ヒータを停止させ、ヒートポンプだけの運転に切換えることによって、補助ヒータの使用をできるだけ減らしている。

(6) 4段ホットアジャスト

暖房スタート時の不快な冷風を吹出さないため、室内ファンは常に微風から運転が始まり、吹出温度上昇にあわせて弱・中・強と指定ノッチまで自動的に切換え、快適な暖房を行う。

(7) クリアセット

暖房を停止した後でデフロストが必要な状態の場合には自動的に霜取り運転を行う。また、補助ヒータ使用中に暖房を停止した場合にはファンによる余熱排除運転を自動的にに行い、次の運転の立上りを行う。

3.2 セーブタイム

(1) 2線式制御

2線式制御を導入したので制御配線はすべて2本でよく、表1に示すとおり制御線本数が大幅に減少した。また極性なしのため配線ミスの心配はなく、リモコン・室内外ユニットの配線工事が大幅に簡易化された。

(2) マイコンリモコン

リモコンにはニューグリーンサインがつき、温度表示及び運転操作もすべて手元で行えるようになったので、その操作は簡単で使いやすくなっている。配線も細い2線ケーブルであり、総延長50mまで可能であるので、エアコンから離れた部屋からも遠隔操作できる。

3.3 セーブスペース

天吊り形・壁掛形・床置形とも薄形にしたので、床及び空間の占有面積が減少した。特に床置形においては、床占有面積を当

表 1. 制御線本数比較

	室内・室外		リモコン・室内
従来方式	冷 専	4 本	12本（但し コネクタ 接続）
	ヒート	6 本	
新 方 式	2		2

社従来品の約1/2と大幅に向上を図っている。

4. 2線式制御

本機はリモコン、室内及び室外各ユニットの制御器間の制御及び空間情報信号の授受にシリアルデータ伝送を用い、この信号を制御回路の直流電源に重畳されることにより2線式制御を実現している。各ユニットの制御器では他ユニットの制御器からの情報、指令及び自ユニット制御器の動作状態から制御動作を決定し入出力制御を行う。送受信制御・入出力制御は各ユニット制御器に搭載した4ビットワンチップマイコンによって行う。

以下、2線式制御のハードウェア、ソフトウェアの構成について送受信を中心に述べる。

4.1 ハードウェア構成

各ユニットの制御器は4ビットマイコン・送受信回路・入出力回路より成る。そのブロック図を図4に示す。

制御回路の直流電源は室外ユニット制御器の主電源より得て、これを室内・リモコンユニット側に供給する。送受信信号はトーンバースト信号を用い、直流電源に重畳させて送受信を行う。各ユニット制御器においては、制御線からローパスフィルタで直流分を分離して制御回路の電源を得る。信号はトーンデコーダによって復調した復マイコンに入力する。

また制御線接続を容易にするため、各ユニット制御器とも配線の無極性化を図っている。室内ユニットの制御回路基板を図5に示す。

なお、制御器に用いたマイコンは三菱M58840Pで、これは2KワードのROM、0.5KビットのRAM、割込回路、A/D変換回路などを内蔵した4ビットワンチップマイコンである。主な仕様を表2に示す。

4.2 送受信回路

送受信回路の構成を図6に各部における信号波形の例を図7に示す。マイコンのタイミング出力パルスフリップフロップで2分周したものを搬送波として用いる。この搬送波出力をフリップフロップのリセット端子への入力で制御してトーンバースト信号を得る。本機ではマイコンのシステムクロック周波数を500kHzとしてあり、したがってタイミング

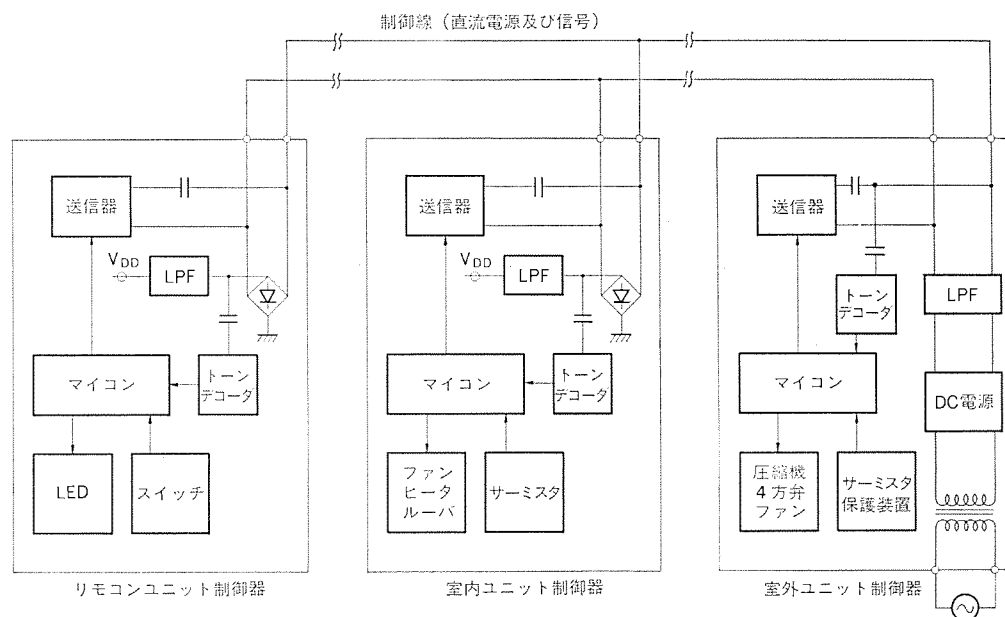


図 4. 各ユニット制御器のブロック図

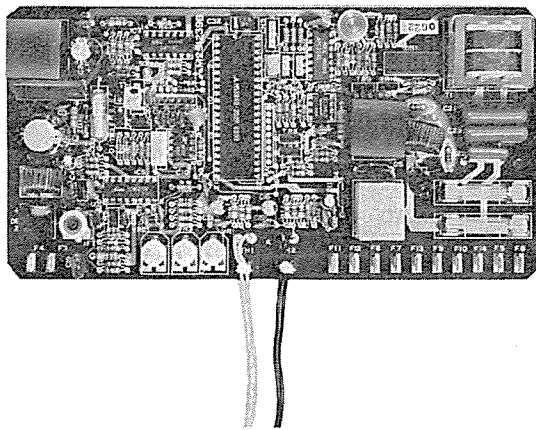


図 5. 室内 ユニット 制御回路基板

表 2. M 58840 P の主な仕様

項		目	性	能
基本命令数			68	
基本命令実行時間			10 μ s (クロック周波数 600 kHz のとき)	
クロック周波数			300~600 kHz	
メモリ容量	ROM		2,048 語×9 ビット	
	RAM		128 語×4 ビット	
入出力 ポート	K	入力	1 ビット×15	
		出力	8 ビット×1	
	S	入力	4 ビット×2	
		出力	1 ビット×11	
	D	センス入力	1 ビット×11	
A/D 変換回路			内蔵 (精度 1.2%)	
タッチキーインタフェース			内 蔵	
サブルーチンネスタング			3 段 (割込み 1 段を含む)	
クロック発生回路			内蔵 (CR 又はセラミックフィルタ外付け)	
ポート 入出力特性	入出力耐電圧		-33 V (最大)	
	ポート S 出力電流		-8 mA (最大)	
	ポート D 出力電流		-15 mA (最大)	
電源電圧	V _{DD}		-15 V (標準)	
	V _{SS}		0 V	
素子構造			P チャネル アルミゲート ED MOS	
パッケージ			42ピン プラスチックモールド DIL パッケージ	
消費電力			700 mW (最大)	

出力周波数は 83.3 kHz、搬送波周波数は 41.7 kHz である。この信号をトランジスタを介してトランス 1 次側の共振回路に入力し、2 次側の出力信号をコンデンサを通して直流電源を重畳する。

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、その出力信号をマイコンに入力する。またこれをマイコンの割込端子にも入力して、マイコンの割込機能を用いて信号の検出を行う。

図 6. ③⑤部における信号波形を図 7. に示す。

4.3 ソフトウェア構成

各ユニット制御器において送受信制御、入出力制御をマイコンで行う。室内ユニット制御器は全体のシステムの制御を行うコントロールセンターとしての役割を兼ねており、データの授受はすべて室内ユニット制御器を経由し、リモコンユニット制御器と室内ユニット制御器の間の直接の送受信は行わない。送受信信号にはアドレスビットを付加して送信側ユニット、受信側ユニットの識別を行う。各ユニット制御器は、それぞれのユニットの状態に変化が起こった時及び変化のない場合にある一定時間周期で送信を行う。図 8. に各ユニット制御器における入出力を示す。

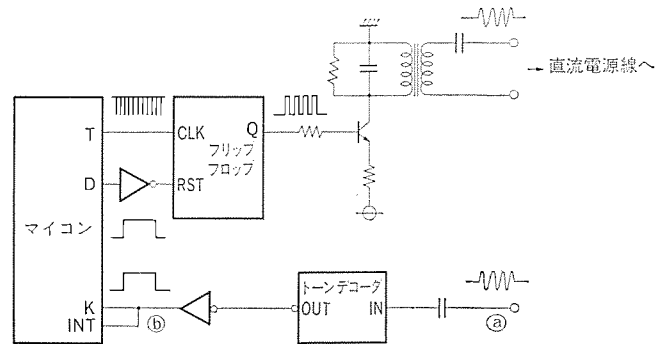


図 6. 送受信回路

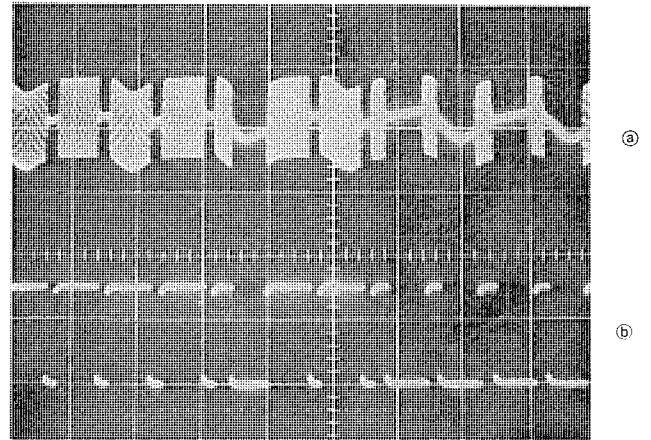


図 7. 送受信信号波形

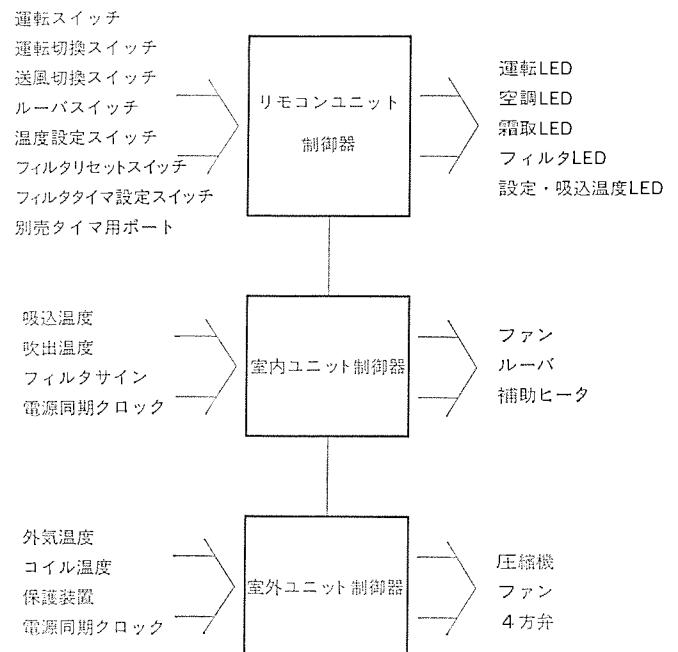


図 8. 各ユニット制御器の入出力

制御プログラムの概略フローチャートを図 9. に示す。基本的にはメインループ、送信ルーチン、受信ルーチンから成っており、通常はメインループで各ユニットの入出力制御を行う。受信入力により割込みが生じた場合には受信フラグを送信の必要が生じた場合には送信フラグをそれぞれ 1 にして送受信ルーチンに入れる。送受信ルーチンは 1 回のループで 1 ビットのデータを送受信する。後述するように、1 回の送受信には 100 ms 以上の時間を要するが、速応性の要求されるリモコンユニット制御器のスイッチ読取りなどの処理は送受信中にも行なって、操

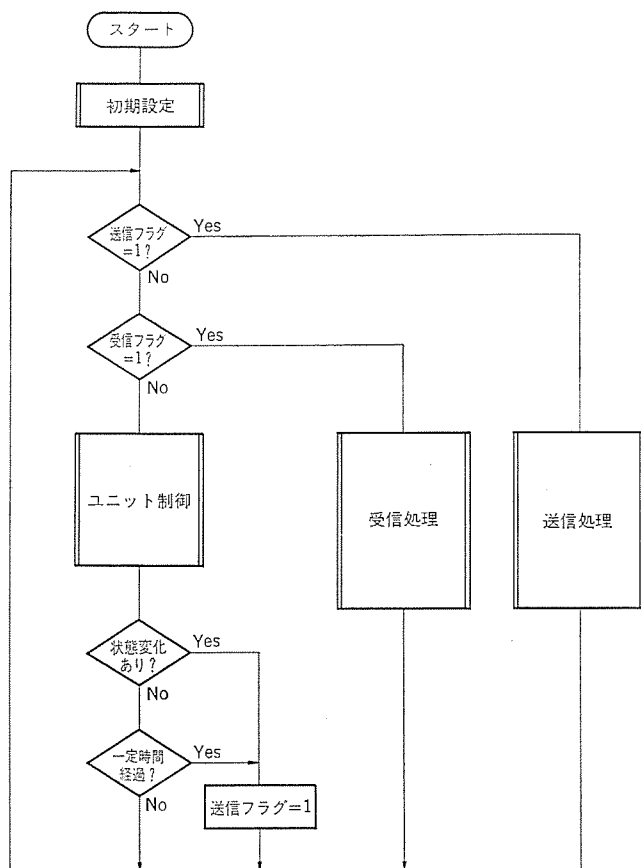


図 9. 概略フローチャート

作上支障をきたすことのないよう配慮している。

4. 4 送受信方式

送受信信号は図 10. に示すようにスタートビット、アドレスビット、及び各種制御信号、空調情報信号を符号化したデータビットから成る。1ビットの信号の長さは4msとし、パルス幅変調を用いて「1」「0」のデータを送受信する。

スタートビット検知にはマイコンの割込機能を用いるが、この時にパルス性のノイズによる誤検知を防止するためにスタートビット長をカウントして短い信号は受付けないようにしている。アドレスビット、データビットについては各ビットの立上がりで同期をとって、ビット長、受信タイミングのある程度の変動にも対応できるようにしている。

データの誤受信を防止するための誤り制御方式として、反転返送照合方式を用いる。この方式による送受信のタイムチャートを図 11. に示す。受信側ユニット制御器はデータを受信した後、そのデータの各ビットの「1」「0」を反転して送信側に返送する。送信側ユニット制

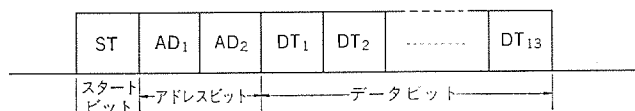


図 10. 送受信信号のビット構成

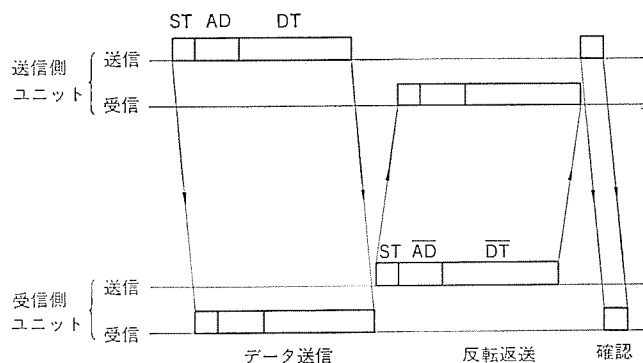


図 11. 反転返送照合方式

御器は返送データと先に送信したデータとを照合し、誤りがなければ送受信を終了し、誤りがあれば再送信を示す1ビットの確認信号を送信する。受信側ユニット制御器は終了信号を受信した場合には受信データ及び自ユニット制御器の動作状態に基づいて入出力制御を行い、再送信信号を受信した場合は受信データを棄却して次の送受信までそれまでの状態を保持する。

更に、ある一定回数以上続けて送受信誤りが生じた場合には、制御線の断線、短絡などの故障が考えられるため、エアコンの運転を停止して異常モードに入り、リモコンの運転ランプを点滅して管理者に異常を知らせる。

この誤り制御方式は、誤り検出のための符号を付加することなく簡単な演算で送受信誤りを検出できる。また、アドレスビットの割当てを2ユニット間で互いに1の補数になるように設定しておくことにより、反転操作をアドレスビットまで含めることができる。

以上のように簡単な伝送手順で送受信の信頼性を高めるとともに、ユニット制御器間の有効な情報授受によるきめ細かな制御を4ビットワンチップマイコンで実現している。

5. む す び

事務所・店舗用エアコン《ミスタースリム》シリーズは、ユーザーや据付業者のニーズを十分調査検討し開発目標を設定し、3個のマイコンによる2線式制御を導入し、省エネルギー・省スペース・省スペースを図ったが、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。

マルチセントラル空調用集中制御システム

江崎光信*・藤井 学*・浜口真理雄**・佐藤康夫***・堤 広宣†

1. ま え が き

最近のビル空調は、セントラル空調方式から個別空調方式に代わりつつある⁽¹⁾。すなわち、生活様式の多様化・複雑化に伴い、事務所・店舗、又は住居などが同居した複合ビルが主流になってきた。

それに伴い空調方式も快適性・省エネルギー性・省工事性・また使用者側から見た使いやすさ、サービス性の良さなど、厳しい要求が多くなってきた。

当社のマルチセントラル空調システムは、ファンコイルユニットを用いる空調方式と並んで、これらの要求を代表する個別空調方式である。マルチセントラル空調システムの制御装置も多様化に伴い、機能部品としてサブコントロールボックス・リモコン・サーモスタットなどを備え、市場で好評を得ている⁽²⁾。また一部のビルにおいては、ミニコンの導入による空調機の集中制御を行っている。

今回開発したマルチセントラル空調機の集中監視制御システムは、民生機器に定着してきたマイクロコンピュータと2線式多重信号伝送技術の導入により、従来の機能は勿論のこと配線工事の簡略化・省電力性・快適性・操作性の向上と安価なシステム供給をねらいとして開発した。以下マルチセントラル空調用集中監視制御システムの概要と主な特長について説明する。

2. 制御システムの概要

中央制御装置(図1.)、端末制御装置、リモコン(図2.)を用いた集中制御システムの構成例を図3.に示す。図3.において、中央制御装置とマルチセントラルエアコンに内蔵される端末制御装置(以下端末機と

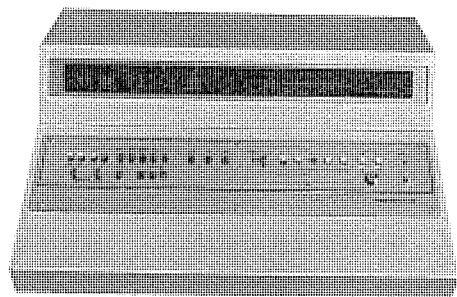


図1. 中央制御装置

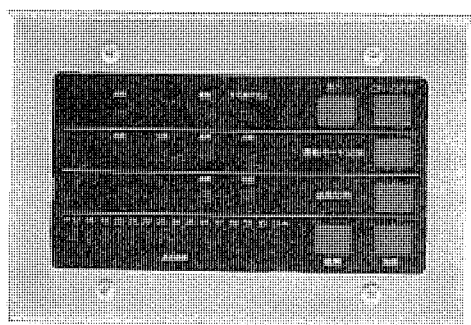


図2. リモコン

略す)、及び外気温検知・外気取入れ制御用端末機は2線式ケーブル(屋内用電話線相当)で渡り配線される。リモコンは必要に応じて端末機に接続できる。

対象機種としては、床置タイプ(MGH形、PWH形)、天井埋込タイプ(MBH形)のマルチセントラルエアコンである。以下特長について説明する。

(1) 2線式ケーブルで渡り配線ができ、かつ無極性である。

2線式ケーブルで渡り配線ができ、配線工事が容易で、無極性配線であるから、誤配線の心配がない。総配線長は2kmである。

(2) 100台の端末機を制御できる。

1台の中央制御装置で最大100台のマルチセントラルエアコンの制御と動作状態の監視が可能である。ほかに外気取入れ制御用端末機1台を接続し、外気温検知・外気取り入れ制御も付加できる。図3.にその接続例を示す。

(3) 端末機のグルーピング及び変更が容易である。

ビルの廊下と各部屋、フロアごと、又は大会議室のようにいくつかのゾーンに分割し、1つのゾーンに複数台の空調機を設置する場合、例えば図3.の端末機No.1~10を1つのグループとして制御できるように端末機をグルーピングする。中央制御装置は、グルーピングされた端末機の1台に接続された1台のリモコン(No.1)で、No.1~10のすべての端末機を制御できる。

グルーピング及びその変更は中央制御装置のKEY操作で容易に行うことができる。したがって、部屋の改装、間仕切り変更時の配線工事が不要となる。

(4) 端末機の制御・監視は中央・端末の双方でできる。

リモコンによる監視は常時可能であるが、リモコンによる操作指令は「手元操作表示禁止」の表示がないときのみ可能である。

(5) 週間プログラムタイマを備えている。

各々の端末機に対応した週間プログラムタイマを中央制御装置に備えて

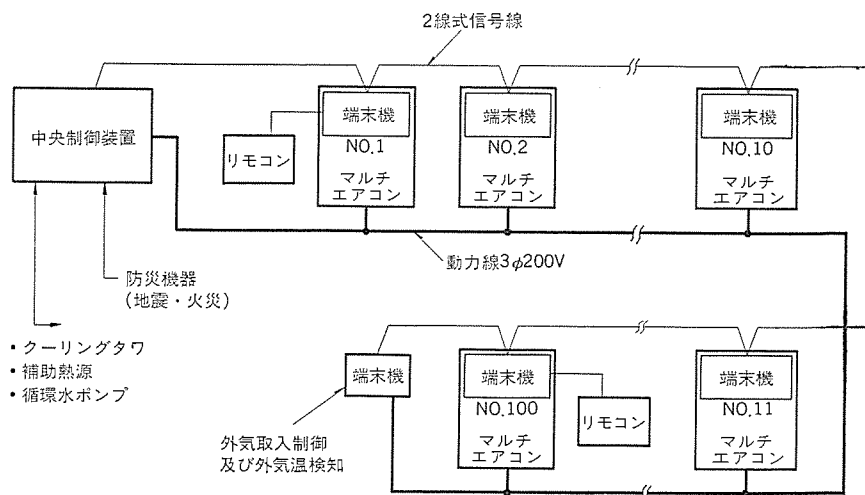


図3. 中央制御装置を用いた集中監視制御システム構成

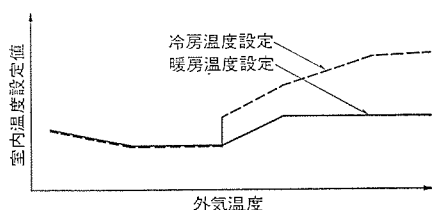


図 4. 外気温度追従形室内温度設定 パターン

いるから、各々独立した運転時間帯制御ができる。例えば、電力のピーク時間帯において、端末機に30分ずつ順次停止時間を設けるなど電力のピークカット運転に有効な利用法も考えられる。このタイマは1日48点30分単位のオン・オフ設定が可能で、設定パターンは1日単位で設定パターンを確認できるようにバーグラフ表示を行っている。

(6) 端末機の運転温度管理、その他豊富な制御指令がある。

各々の端末機に対し、独立した温度設定・運転モード・ファンの強弱などが強制指令でき、無駄な空調を省くことができる。

(7) 端末機の運転状態が、中央制御装置で監視できる。

室内温度・設定温度・運転モード・コンプレッサ・4方弁・保護装置・外気温度などが中央制御装置で監視できる。端末機の保護装置が作動すると、中央制御装置では、その端末機のNo.と点検表示を行う頭出し機能を備えている。

(8) 外気の入入れ、外気追従の温度設定ができる。

端末機は、切換えスイッチにより、外気取入れ制御用端末機として使用できる。外気用端末機の温度センサを室外に置くことにより、外気温が中央制御装置で監視でき、かつ外気に追従した室内温度設定も可能となる。図4.は外気温度追従形室内温度設定パターンである。

(9) 効率の良い水回路の運転ができる。

各々の端末機に水コイル用温度センサを備え、その情報が中央制御装置に送られている。したがってクーリングタワ・補助熱源・循環水ポンプの不必要な運転が防止できる。

(10) 防災機器の信号入力端子を備えている。

地震・火災警報器などの信号により、端末機を同時に停止でき、また復帰できる。

(11) 順次起動運転ができる。

運転開始時に電源に負担をかけないように、端末機のコンプレッサは約1秒間隔で運転を開始する。

(12) 中央制御装置を使わない個別制御システムも構成できる。

図5.は端末機による個別制御システム構成を示す。端末機の送受信回路は着脱可能であるが、このシステム例では実装していない。図5.において、電源スイッチをオンすると、制御入力を装備していないNo.100は、自動運転(室内温度検知により送風・冷房・暖房の自動判定、及び切換えを行う)を開始する。すなわち、No.100は電源発停例である。リモコンを接続したNo.1はリモコンの操作で任意に運転できる。次にNo.50,51は、運転/停止スイッチを備え、No.50の出力とNo.51の入力を接続してグループ運転を行う例を示す。No.50の運転/停止スイッチ操作により、No.50,51はオン・オフされ自動運転を行う。

(13) オプション装置が接続できる。

中央制御装置にオプション入力端子を備えている。ホテルなどのフロントにおけるルームキー管理装置をこれに接続することにより、ルームキーに対応した端末機をオン・オフできる。例えば、宿泊者が外出するときルームキーをフロントに預けると、部屋の空調機は停止し、ルームキ

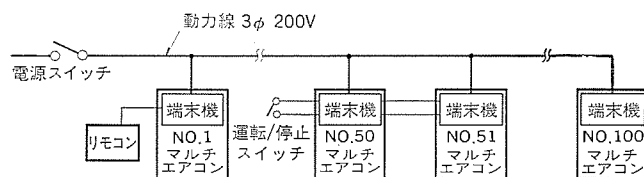


図 5. 端末機による個別制御システム構成

ーを受けると運転を開始する。

以上説明したように種々の機能を備え、雑居ビルからホテル、学校、病院などの空調制御には最適のシステムである。

3. 中央制御装置の構成

図6.は中央制御装置の構成である。中央制御装置は8ビットマイコン(M5L8085)と、10K×8ビットのEPROM、6K×8ビットのRAM、及びI/Oインタフェース回路用ICを中心に、その他の周辺回路で構成されている。

(1) 防災機器、循環水ポンプ、クーリングタワなどの外部機器との接続はホトカブラ、又はリレーにより電氣的に絶縁し、外来ノイズによる誤動作を防止している。

(2) RAM、時計用の発振子及びカウンタは、停電時にバッテリーによりバックアップされ、RAMのデータ及び時計の遅れを保護している。

(3) 標準仕様のプログラムは10Kバイトの書換え可能なEPROMに収納し、特注仕様に対処している。

(4) オプション入力として、ホテルなどのルームキー管理装置が接続できる。

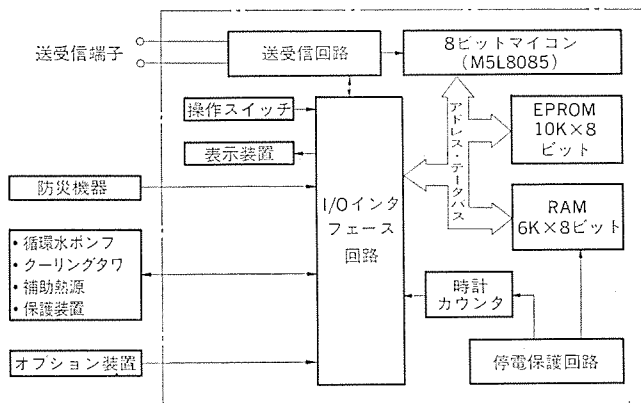


図 6. 中央制御装置の構成

4. 端末制御装置の構成

図7.は端末制御装置の構成である。端末制御装置はワンチップ4ビットマイコンM58840(ROM2K×9ビット、RAM128×4ビット)をとう(搭)載した制御回路部と着脱可能な別の基板で構成した送受信回路部とからなる。以下特長について説明する。

(1) 送受信回路は必要に応じ実装できるようなコネクタ接続になっている。

(2) アドレスセット回路はデータ送受信のためのアドレスと順次起動のためのデレー時間のセットを兼ねている。このアドレスセットはマルチエアコン設置時にセットする必要がある。

(3) 温度センサとしては室温センサと水コイルセンサを備えている。水コイルセンサ情報により、中央制御装置はクーリングタワと補助熱源を効率良く運転する。

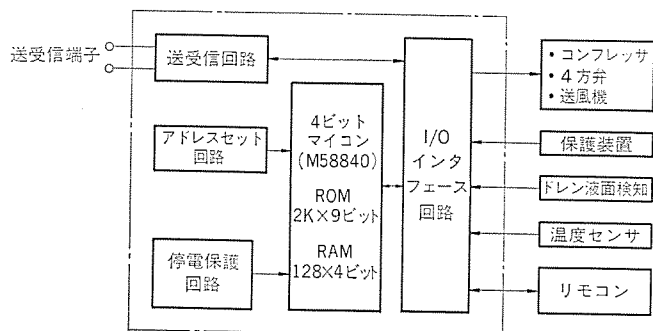


図 7. 端末制御装置の構成

(4) 瞬停検知回路、入出力インタフェース回路を備え、瞬停又は外来ノイズによるプログラムの暴走を防止している。

(5) リモコンは必要に応じ着脱できる。リモコンによる操作は手元操作が許可 (表示) されているときに可能である。

5. データ送受信方法と信号構成

データの送受信は半2重電源同期FSK方式で、誤り制御として奇数パリティ、2連送照合方式をとっている。図8. は送受信データの構成、図9. は送受信のフローチャートである。図8. において、(a)は信号構成、(b)は電源のゼロクロス信号、(c)は送受信信号波形を示す。データの送信はスタートビット、アドレス、データ、パリティ、エンドビットの順に1ビットごとに前記のゼロクロス信号に同期して、ビットが(1)に対して60kHz、(0)に対して40kHzで変調され、信号線に送出される。図8. の t_0 は送信信号のセットタイミング、 t_1 は受信信号のチェックタイミングである。次に図9. の送受信のフローチャートに従って説明する。ゼロクロス信号の立上がりで、メイン制御プログラムに割込みを発生し、サブルーチン(1)及び必要に応じサブルーチン(2)が実行される。

中央制御装置は送信モードからスタートし、端末機から正しいデータを受信して1台の端末機との交信を終了する。端末機は中央制御装置から正しいデータを受信したときのみ送信モードに変わり、動作状態のデータを送信する。サブルーチン(1)において、まず信号の送信は、スタートビットからエンドビットまで、同じ信号を2回送り、受信モードに変わる。一方、受信モードにおいては、スタートビットから順に1ビットず

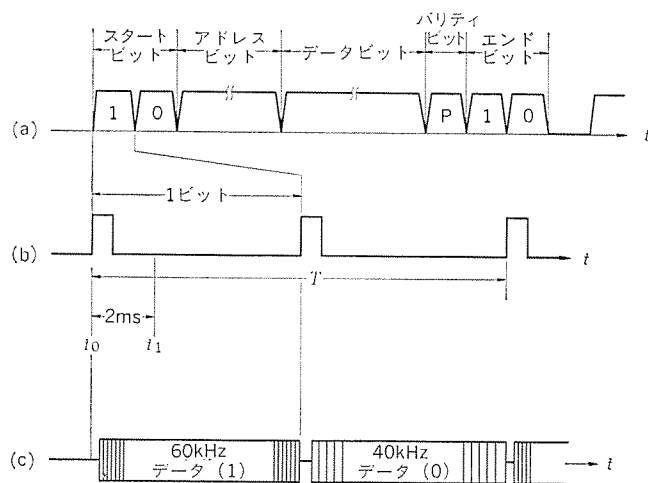


図 8. 送受信信号構成

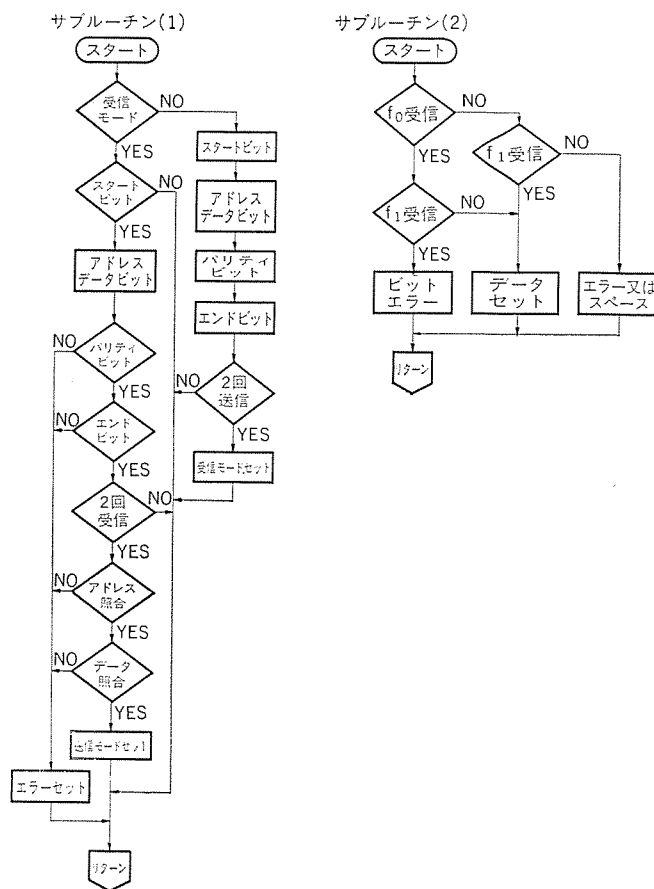


図 9. 送受信フローチャート

つ受信し、パリティのチェックを行いエンドビットまでを送信信号に合わせて2回同じ信号を受信する。これまでに誤りがなければ、1回目と2回目のアドレス、データの照合を行い、不一致の場合は、エラーをセットする。一致すると、正しいデータ受信として次のステップに進む。受信モードにおいてはサブルーチン(2)をビットごとにコールしている。 f_0 をデータビット(0)、 f_1 をビット(0)とし、受信信号が f_0 、 f_1 共に存在する場合はノイズとしてビットエラーをセットし、 f_0 、 f_1 共に存在しないときはエラー、又はスペース、 f_0 、 f_1 いずれか一方のときだけデータをセットする。

以上のようにデータの送受信は、受信モードに重点を置いて、誤りの検出を行っている。

6. む す び

以上のように、マルチセントラル空調用集中監視制御システムについて概略説明してきたが、多様化するビル空調制御に要求される省エネルギー性・省工事性・操作性などはますます厳しくなるであろう。今後これらの要求に対してより充実した制御、ソフトウェア、安価なシステムの供給の研究開発を進めていく考えである。

参 考 文 献

- (1) 笠置ほか：マルチセントラル空調システム，三菱電機技報，51，No. 5 (昭52)
- (2) 吉村ほか：マルチセントラルエアコンと制御方式，三菱電機技報，53，No. 5 (昭54)

1. ま え が き

現在の情報多元化の社会において、電子計算機の利用技術は広範囲な分野で革新的な進歩をとげるとともに電子計算機のハードウェアもトランジスタから IC へと移行し、使用素子も LSI、超 LSI の高密度素子を多く採用して演算スピードの向上や小形軽量化が図られてきた。また、対仕事比としての消費電力も数分の 1 から、数 10 分の 1 にも改善されてきた。

一方、電子計算機の付帯設備としての空調機は、恒温恒湿設計の温度制御プロセスにおいて、電気ヒータによる再加熱方式並びに冷却塔にて室外に放出する熱を利用した再加熱方式など試みられていた。しかし、一般に電子計算システムの消費電力よりも空調機の消費電力の方が若干上回ることから、省電力仕様の空調機の開発は社会的課題の 1 つであった。

このたび、当社では省電力化を図るために、多段電気ヒータによる再熱方式から空調機の凝縮排熱を利用して再加熱温度制御する水冷式コンデンサレヒート兼冬季冷水冷房タイプと空冷式冷媒レヒートタイプの 2 仕様の電子計算機室用空調機を開発したので、主要構造と運転特性について紹介する。

2. 概要と仕様

我が国のように、春夏秋冬の四季をもつ気候では外気の状態が冬季から夏季にかけて大きく変化し、当然電子計算機室の室内取得熱量も大きく変化する。一般に、電子計算機室の床面積当たりの熱負荷は夏季の 7 月、8 月頃においては 100 kcal/h/m² 程度であるが、冬季の 1 月及び 2 月頃においては壁面などからの熱漏えい(洩)により損失熱量となり -60 kcal/h/m² 程度となる。一方、電子計算機からの発生熱量は電子計算機のか(稼)働率の影響を考慮しても年間を通じてほぼ一定であることから、空気調和機の冷房負荷の変動は外気温度の状態で左右される。したがって、夏季と冬季での電子計算機室に必要な冷房負荷は電子計算機からの発生熱量を 300 kcal/h/m² とすると、

夏季……300+100=400 kcal/h/m²

冬季……300+(-60)=240 kcal/h/m²

となり、冬季は夏季の 60% の熱負荷となる。したがって空調機的能力も夏季の 60% でよいことになる。

今回、開発した省電力仕様の電子計算機室用パッケージ形空調機は、再熱用の電気ヒータが不用で、冷凍サイクルの凝縮熱を再熱の熱源として利用するもので、

水冷式……GT-150 D-U 形

空冷式……GAT-150 D-U 形(室内ユニット)/GVT-80 形(室内ユニット)×2

の 2 種類である。

なお、水冷式 GT-150 D-U 形は、従来の多段式電気ヒータによる再加熱方式を凝縮器の排熱を再加熱器の熱源とした熱回収式再加熱

方式とし、更に冬季においては圧縮機による冷凍サイクル運転を停止して冷却塔を利用する冷水冷房運転を行う方式を採用したコンデンサレヒート兼冷水冷房タイプである。

また、空冷式 GAT-150 D-U 形/GVT-80 形×2 は、室外ユニット

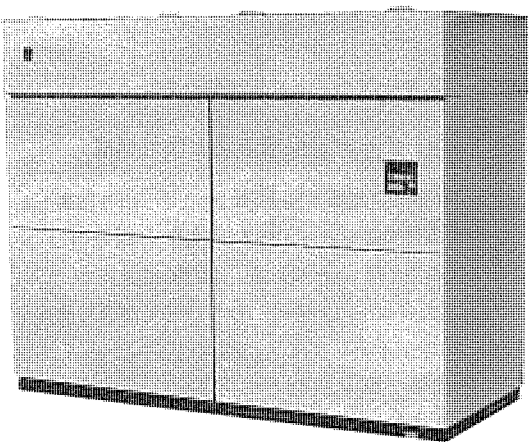


図 1. 水冷式コンデンサレヒート兼冷水冷房タイプ (GT-150 D-U 形) 外観

表 1. 省電力形電子計算機室用パッケージエアコン 主仕様

形 式		水冷式コンデンサ レヒート兼冷水冷 房タイプ	空冷式冷媒 レヒートタイプ
項 目			
形 名		GT-150 D-U	GAT-150 D-U
標準性能	冷 房 能 力 (kcal/h)	31,400/34,200	31,000/34,000
	レヒートコイル再熱能力 (kcal/h)	15,000/16,500	18,500/20,000
	レヒートコイル冷却能力 (kcal/h)	26,000/28,800	—
	定 格 電 源	3 相 200 V 50/60 Hz	
室内機	圧縮機呼出力 (kW)	5.5×2	
	送 風 量 (m ³ /min)	250/276	
	機外静圧 (mmAq)	8	
	電動機出力 (kW)	5.5	
ユニット	冷 却 水 (m ³ /h)	11.7	—
	凝 縮 器	シェルアンドチューブ×2	—
	蒸 発 器	クロスフィン	
	熱 交 換 器	クロスフィン	
ト	冷 媒	R×22	
	加 湿 器	4	
	エアフィルタ	ナイロン+アセテート不織布(ジグザグ) …集じん効率 90%	
室外ユニット	形 名	—	GVT-80×2
	凝 縮 器	—	クロスフィン
	送 風 量 (m ³ /min)	—	200/210
	電動機出力 (kW)	—	0.36

トに多分野で産業用空調機として長年の実績のある凝縮圧力風量比例式制御機構を装備した GVT-80 形×2 台を使用し、ホットガス 冷媒の排熱を再加熱器の熱源とした熱回収式再加熱方式とし、冬季においても安定運転できる空冷式冷媒ヒートタイプである。

図 1. に水冷式 コンデンサヒート兼冷水冷房タイプ GT-150 D-U 形の外観の室外ユニットを示す。表 1. に両タイプ製品の主仕様を示す。

3. 構造とシステム

3.1 構造

3.1.1 水冷式コンデンサヒート兼冷水冷房タイプ

図 2. に内部構造を示す。ユニットの上部に高性能エアフィルタ、蒸発器及びヒート兼冷水冷房コイルの熱交換器及び比例式 3 方電動弁を有し、室内の空気はユニット上部のフィルタから吸込まれ、蒸発器及び熱交換器を通して所定の温度に制御された後、送風機により下部吹出ダクト部から調和空気として室内に送り出される。

ユニットの下部は機械室で圧縮機・凝縮器・アキュムレータ及び冷却水配管接続スペース部を収納してある。なお、すえ(据)付工事の互換性を考慮し、外観寸法は従来の電気ヒータによる再加熱仕様のものと同じにしてある。主な特長は次のとおりである。

(1) 温度制御機能

(a) ヒート兼冷水冷房コイルの装備

中間季、軽負荷時においては再加熱コイルとして、冬季においては冷却塔の冷水で冷房するコイルとしての熱交換器を蒸発器の 2 次側に配置して吹出温度制御を容易にした。

(b) 比例式 3 方電動弁の装備

比例式 3 方電動弁を内蔵させ、工事の省力化を図るとともに、比例式温度設定器で吹出温度を検知し、無段階的に熱交換量を調節して精度の高い温度制御を可能にした。

(c) 1 個の温度設定器で温度制御可能

1 個の比例式温度設定器とトランスファ補助継電器を組合せて、3 方電動弁の回転動作方向を一定にした方式を採用したことにより

ヒート運転と冷水冷房運転の温度制御を容易にした。

(2) 表示機能

(a) 状態表示

ユニット本体には、送風、空調 1、空調 2、加湿、省エネ運転（冷水冷房運転）及び異常などの現状の運転状態を表示し、遠方監視表示盤サイドにも表示可能な出力接点を設けて運転状態のは(把)握を容易にした。

(b) 警報表示

電子計算機室内の温・湿度条件が異常に上昇したり又は下降した場合に限界温度検知器・限界湿度検知器により警報ランプを点灯し、又はブザーやチャイムによって、オペレータに通報できる出力接点を設けた。

(3) 運転制御機能

(a) 省電力運転自動切換え

外気温度センサにより夏季・中間季の圧縮機の冷凍サイクル運転と冬季の冷水冷房運転を自動的に切換えて、消費電力を大幅に削減し経済性を向上させた。

(b) ローテーション運転

圧縮機始動を手動運転と自動運転の 2 系統にした。自動の場合でもユニットごと及び圧縮機ごとの始動順位の入換えをタイマセットで容易にでき、ローテーションを可能にした。

(4) オプション機能

次の 3 仕様をオプション化して保守管理を容易にした。

(a) ドレン受け皿部の漏水を防止する漏水検知用レベル器の取付け及び警報用出力接点の取出し。

(b) エアフィルタの集じん(塵)状態を表示させたエアフィルタの目詰り表示計。

(c) 冬季における電子計算機運転立上がり時の暖房負荷を考慮した小容量電気ヒータの取付け。

3.1.2 空冷式冷媒ヒートタイプ

図 3. に室内ユニットの内部構造、図 4. に室外ユニットの内部構造を示す。室内ユニットの外観寸法は水冷式コンデンサヒート兼冷水冷房タイプ

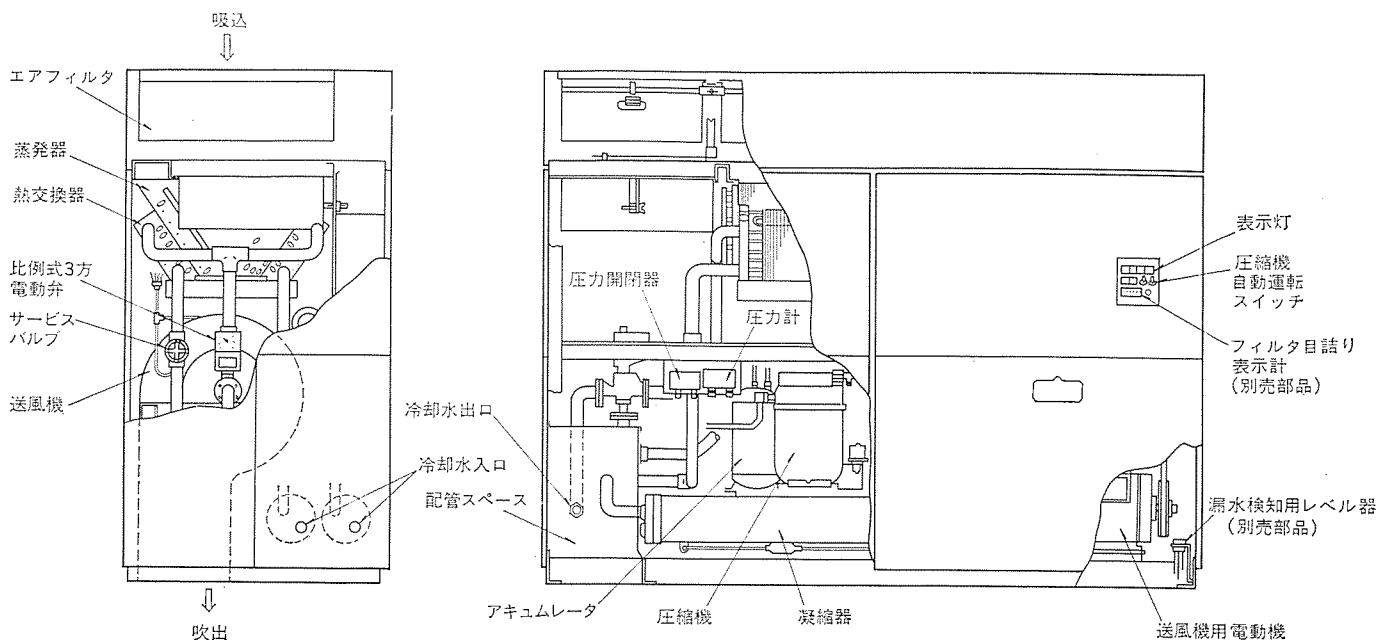


図 2. 水冷式コンデンサヒート兼冷水冷房タイプ (GT-150 D-U 形) 内部構造

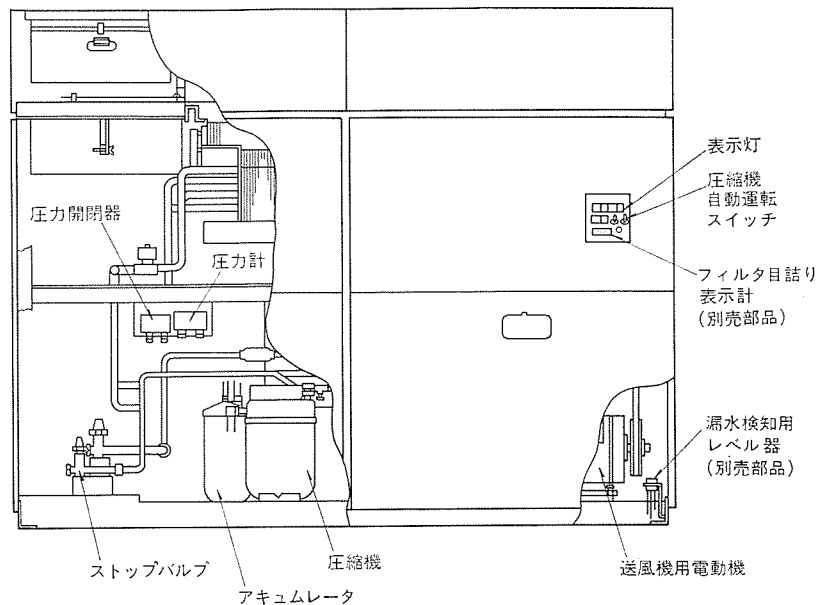
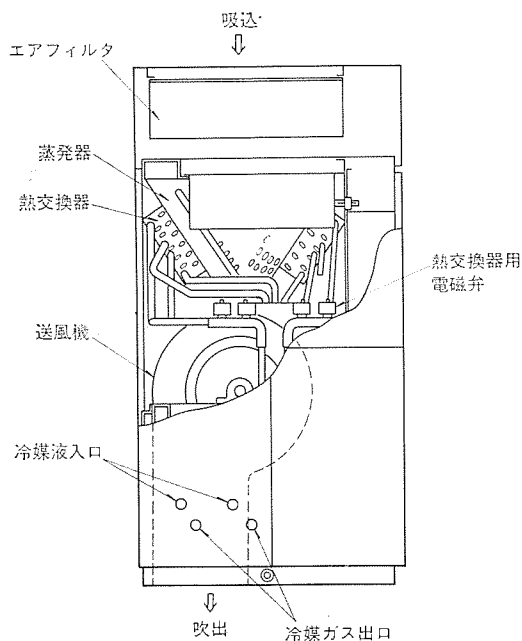


図 3. 空冷式冷媒ヒートタイプ (GAT-150 D-U 形) 内部構造

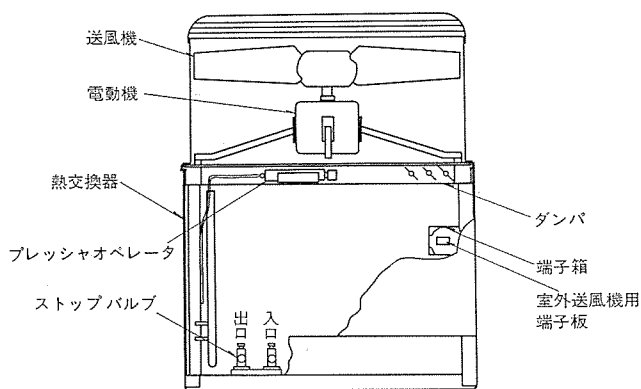


図 4. GVT-80 形内部構造

イブと互換性を持たせ、機器の内部配置は蒸発器 2 次側に 4 パスのホットガス熱交換器を装備して温度制御を行う。表示機能、ローテーション運転機能、オプション機能などの特長は、3. 1. 1 節の水冷式と基本的に同じである。

(1) 温度制御機能

(a) 冷媒ヒートコイルの装備、(ホットガス熱交換器)

圧縮機の吐出冷媒ガスのエネルギーを熱源とした冷媒ヒートコイルを蒸発器の 2 次側に配置して吹出温度制御を行い、省電力化を図った。

(b) 温度制御

ヒートコイルを 4 パスに分割して、100%、85%、70%、55%、40%、20%、0% の 7 段階の制御ステップとした。

(2) 冬季安定運転機能

(a) 《Hi/Re/Li》システム

広範囲な外気温での起動、運転及び制御でも高い効率と高信頼性を保証するため、冷凍サイクルは《Hi/Re/Li》システムを採用した。

(b) 室外ユニット風量制御 (GVT 形)

室外ユニットは、低温外気域でも安定した運転を保証するため、凝

縮圧力による風量比例制御機構を採用してある GVT 形とした。

(c) 低温外気時の起動補償回路

冬季の室外ユニット側の冷媒凝込状態においてもスムーズな起動を保证するため、低圧圧力によるホットガスバイパス式起動補償回路を設けた。

3. 2 構成 (システム)

3. 2. 1 水冷式コンデンサヒート兼冷水冷房タイプ

冬季において冷却塔の冷水によって冷水冷房する空調システムの概要を図 5. に示す。

夏季には通常の冷凍サイクルで圧縮機を稼働させる。冷却塔からの冷却水は水温設定器及び 3 方電動弁で一定の水温・水量に制御し、凝縮器で冷媒ガスと熱交換し、温水 (吹出温度制御時の加熱熱源) となって熱交換器を通り、再び冷却塔へ戻る。熱交換器での熱交換量は、吹出温度誤差を温度設定器で検出して、3 方電動弁の開閉度

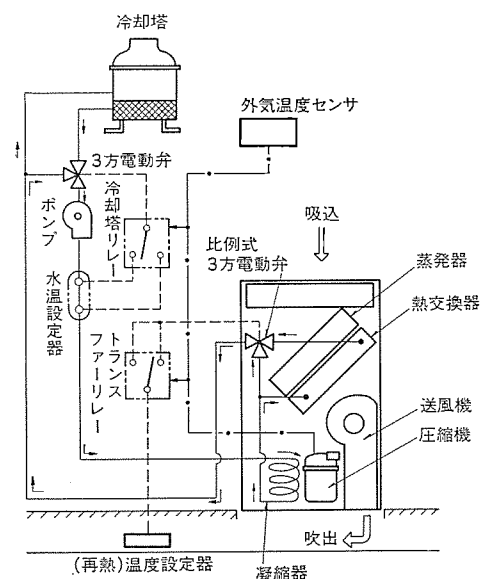


図 5. 水冷式コンデンサヒート兼冷水冷房タイプ空調システム

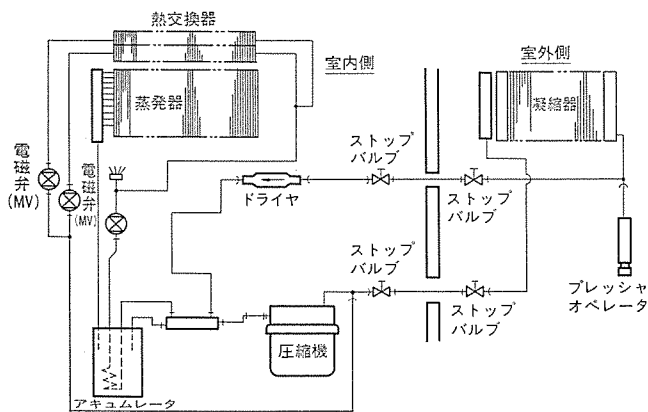


図 6. 空冷式冷媒レヒートタイプ 冷媒配管系統図 (実機は2系統)

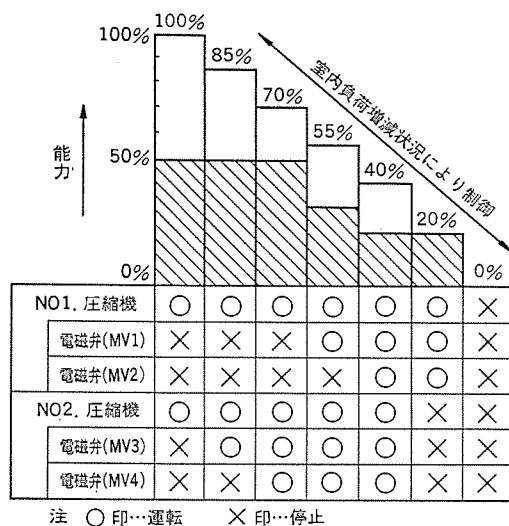


図 7. 能力制御率

で調整を行う。

冬季には外気温度センサで圧縮機による空調運転から冷却塔で得られる冷水による冷水冷房の空調運転へと自動的に切替える。熱交換器での熱交換量（冷水冷房能力）は温度設定器及び3方電動弁で比例制御する。

3. 2. 2 空冷式冷媒レヒートタイプ

再加熱方式を冷媒レヒートタイプにした配管系統を図 6. に示す。圧縮機の吐出ガス冷媒が凝縮する際に放出する熱を利用するもので、熱交換器にホットガス冷媒を導き、電磁弁を温度設定器で開閉動作させて熱交換量の制御を行う。図 7. に電磁弁動作と能力制御の関係を示す。

4. 運転特性と解析

4. 1 水冷式コンデンサレヒート兼冷水冷房タイプ

中間季などの軽負荷条件のレヒート運転状態から徐々に循環水温を下げて（冷却塔の下降水温特性に沿って）圧縮機を停止させて冷水冷房運転に切替えた時の温度特性を図 8. 及び図 9. に示す。

図 8. は水温 12°C の時に圧縮機を停止して、図 9. は水温 15°C の時に圧縮機を停止して、冷水冷房に切替えたものである。両者とも吹出温度に若干変動傾向が見られるが、低水温の方が温度差が大きく制御調整時間も長い。このことは冷却塔の水温降下の時間経過

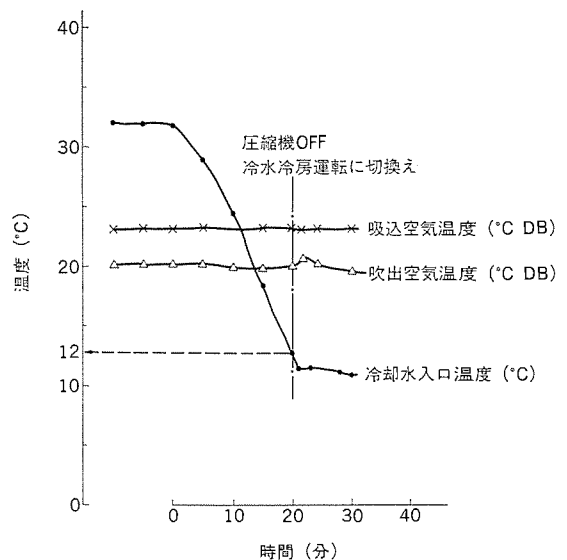


図 8. 水冷式レヒート 運転から冷水冷房運転切換えによる温度変化

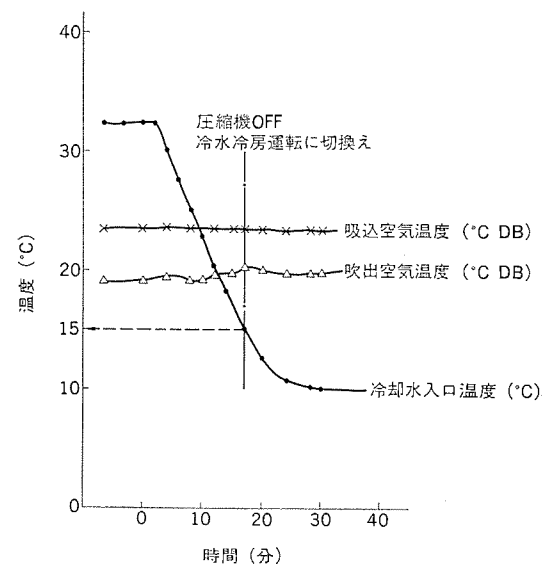


図 9. 水冷式レヒート 運転から冷水冷房運転切換えによる温度変化

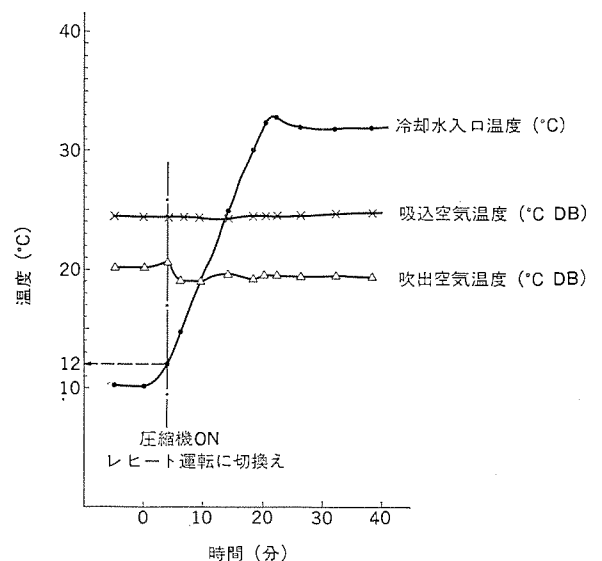


図 10. 水冷式冷水冷房運転からレヒート 運転切換えによる温度変化

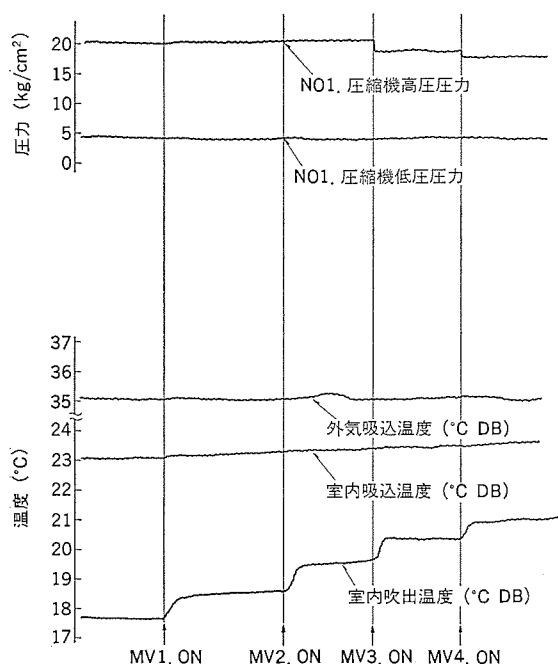


図 11. 空冷式冷媒ヒートタイプ運転特性
(ヒートコイル 電磁弁, 順次 ON)

解決できる。

4. 2 空冷式冷媒ヒートタイプ

図 11. に通常運転状態から電磁弁を順次開動作させた冷媒ヒート運転状態の温度, 及び圧力特性を示す。ヒート用電磁弁作動と能力制御率は, 図 7. に示したとおり, 蒸発圧力及び冷房能力が互の制御時においても安定しており, 信頼性の高いステップ温度制御ができる。図 12. に室内ユニットを常温状態で, また室外ユニットを低温状態で長時間放置後の低温起動を示す。熱交換器用電磁弁を起動補償用として使用し, ヒートコイルにホットガスバイパスをさせて吹込圧力の異常低下を防止した。また, 室外ユニットの凝縮圧力風量比例制御機構により, 正常運転圧力までの圧力上昇が短時間で可能である。これらによって低温外気時でも安定した起動ができる。

5. 経済性の比較

比較機器は, 電子計算機室用空調機として一般的に実用化されている電気ヒータ再熱方式, 水冷コンデンサヒート方式のものを選択した。なお経済計算は, 電気ヒータ, 加湿器の電源が温度設定器ないしは湿度設定器により制御されているので, 年間ベースで稼働率を 50 % として仮定してある。図 13. にその結果をまとめた。

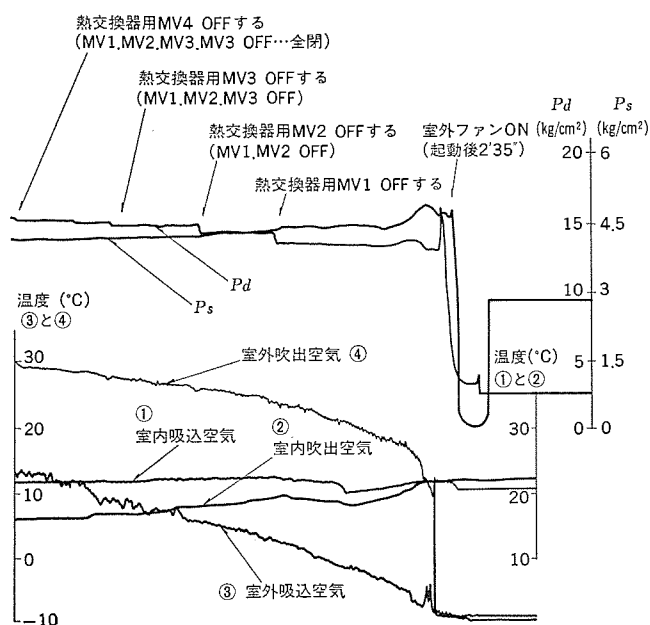
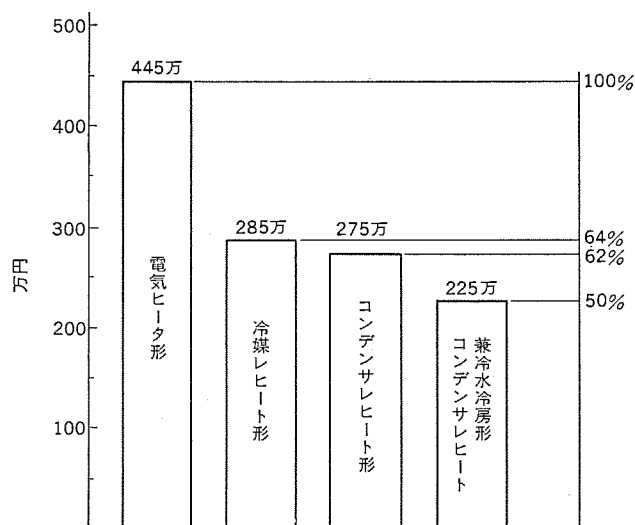


図 12. 空冷式冷媒ヒートタイプ低温起動特性 (熱交換器用 MV 全開, 順次 1 個ずつ閉にしていく)



電気料金 = (基本料金 + 電力量料金) × 税 1.05

・基本料金 = 1950円 × 契約電力 kW × {100% + (85% - 力率)}

・電力量料金 = (27.09円又は 24.63円) × 使用電力量 kW

稼働時間 15時間/日, 25日/月,

図 13. 各種パッケージ形ランニングコスト比較

が長いと, 凝縮器内での水・ガス熱交換が必要以上に促進して凝縮圧力の下降をきたし, 循環冷媒量が減少して蒸発器の能力不足となって吹出温度が変動する。したがって運転の切換は冷却水温が高めのところで圧縮機を停止させることが信頼性・経済性の点からも好ましく, 温度変化率も最少となる。

図 10. は冷水冷房運転からヒート運転に切換えた時の温度特性である。冷却塔と空調機間の水回路にある残冷水が影響して若干吹出温度が変動する。この変動差は配管の長さ, 口径に比例するものであるが, 運転切換の温度ポイント及び圧縮機始動遅延などで十分

6. む す び

以上, 今回開発した省電力形電子計算機室用空調機の製品主要構造と運転特性について述べてきたが, 空調機を付帯設備の一部としてではなく, 電子計算機システムとしての空調機と見るならば, 必要な熱に必要な部分に必要な量だけ供給する制御機能をもったものが必要となる。今後, 実績を踏まえながら, 更に改良を加えていくとともに, 機種拡大を図っていく予定である。

最後に, この開発に当たり, 御協力をいただいた日本ユニパック(株)片山公三殿に対し厚くお礼を申し上げる次第である。

冷房専用ルームエアコンMS-1814R形

安藤正俊*・小林豊博*・富樫健二*・高橋 修**

1. ま え が き

近年における世界的エネルギー資源の需給状況は家庭電気製品の省エネルギー化傾向を一層強めている。家庭用ルームエアコンにおいてもその省エネルギー性を開発の最重要項目として位置づけていることは言うまでもない。当社では快適性を基本にかつ省エネルギーを実現するために、数種類の制御回路を複合してとう(搭)載した家庭用ルームエアコンMS-1814R形を本年度冷房シーズン用として新たにシリーズアップした。このMS-1814R形は従来機種よりSEER(期間エネルギー効率)を大幅に改善した。

ここではそのルームエアコンにおける省エネルギーシステムの開発姿勢を含め、MS-1814R形の特長、マイクロコンピュータによる制御手法について紹介する。図1.に室内ユニットを示す。

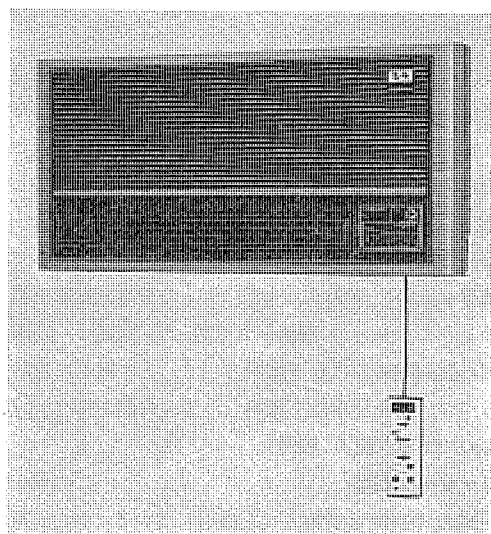


図1. 室内ユニット

2. 家庭用ルームエアコンの開発姿勢

家庭用ルームエアコンに求められている基本機能とは、省エネルギーをはじめとして、健康性・省スペース性・安全性など数多くの要素がある。当社では多年にわたり、一貫して基本機能を徹底的に追求してきているが、近年の石油問題を契機に「省エネルギー問題」と、エアコンの基本的機能である「快適性及び健康性の問題」この2つの大きなテーマを両立させようとして開発を進めてきた。

当社におけるルームエアコンの開発姿勢は上記2大テーマに対し、グリーンサイン表示・ドライシフト回路・外気温シフト回路・パワーセーブ回路・パワーモニター表示・安眠ソフト・フィルタークリーニングランプなど数々の新システムを開発して対応している。これらは特に大幅な省エネルギー化を追求するに当たり、快適性と健康性をそこなわずに省エネルギー化するにはどのような機能を必要とするか、また消費者はこれに対し何を期待しているかというような発想を展開して商品開発したもので

ある。また他に省スペース性では室内ユニット、うす形10.9cmを安全性では電子式漏電しゃ断器の導入(昭和54年)を行ってきた。更に操作性ではマイクロコンピュータ制御でありながら、お年寄りから主婦及び子供まで簡単に操作できることを目標にし、ともすれば複雑になりがちな最近の制御回路に対し、消費者モニターの意見を最優先に取上げながら操作方式を設計初期段階に盛りこむように心がけている(図2.参照)。

省エネルギー、省資源的視点から当社ルームエアコンの約10年間の性能推移(表1.)を詳しく比較してみると、全入力で10年前の60%、

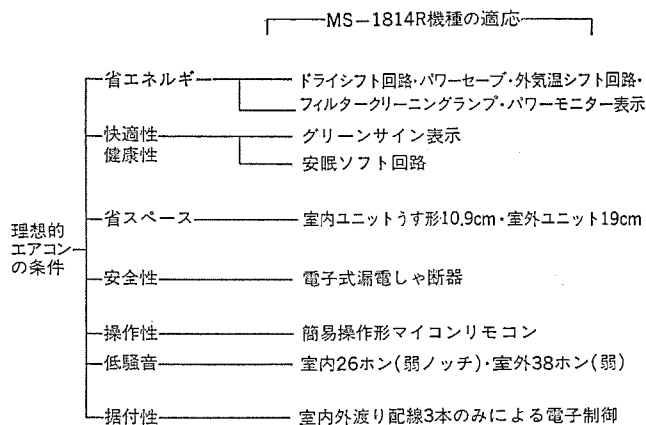


図2. 理想的エアコンの条件と開発の適応

表1. 当社冷房専用ルームエアコン性能推移

年 度		45	51	56
項 目				
形 名		MS-18 RC	MS-18 RK	MS-1814 R
外 形 寸 法 (H×W×D) (mm)	内	378×650×228	380×850×170	380×800×109
	外	365×718×339	445×714×339	500×760×190
製 品 重 量 (kg) 内/外		18/41	13/41	9/27
冷 房 能 力 (50Hz/60 Hz)		1,600/1,800	1,600/1,800	1,600/1,800
騒 音 値 (弱ノッチ) (ホン)	(50Hz) 内/外	45/54	28/41	26/38
	(60Hz) 内/外	47/57	28/42	26/38
全 入 力 (W)		850/1,000	690/790	499/599
全 電 流 (A)		9.5/10.5	7.9/8.2	5.55/5.99
圧 縮 機 出 力 (W)		600	550	500
E E R		1.88/1.80	2.32/2.28	3.21/3.01
制 御 関 係		リモートスイッチ チオプシオン ガスサーモ	リモコン機械式 タイマー 温度補正サーモ レジスタ内蔵ガスサーモ 風向ルーバ採用	マイコンコントロール ドライシフト回路 外気温シフト回路 パワーセーブ回路 パワーモニター グリーンサイン うす形リモコン

EER（冷房能力と消費電力の比）で1.7倍に向上し、室内においては体積60%、重量で約1/2までにハード的な省エネルギー、省資源化が行われてきた。ここで電子制御の面から見るとマイクロコンピュータ導入によるグリーンサイン、ドライシフト回路などにより、EER及びSEERの大幅な向上を図っており、これらは新しくソフト的な省エネルギー化の方向として最近注目を集めている。

3. MS-1814 R 形の仕様と特長

従来からの技術蓄積により、室内ユニットに10.9cmのうす形を採用し、電子漏電しゃ断器及びマイクロコンピュータによるグリーンサイン温度表示などを搭載しているのに加えて、次のような回路やモニターも搭載した。

- (1) マイクロコンピュータ制御で湿度を通常冷房より15%も低くおさえ、それに相当する温度を1°C上げて運転するドライシフト回路。
- (2) ドライシフト回路の機能に加えて、外気温度を検知し、外気温度が高いとき健康的な室内外の温度差にするために、更に1°C上げて運転する外気温シフト回路。
- (3) 室温が設定温度に近くなったとき、冷房能力を自動的に12%セーブするパワーセーブ回路。
- (4) 上記の3回路の機能による省電力割合を円グラフ化して発光ダイオードで表示し、現在の程度の省エネルギー運転しているかを一目で分かるようにしたパワーモニター（図3.参照）。

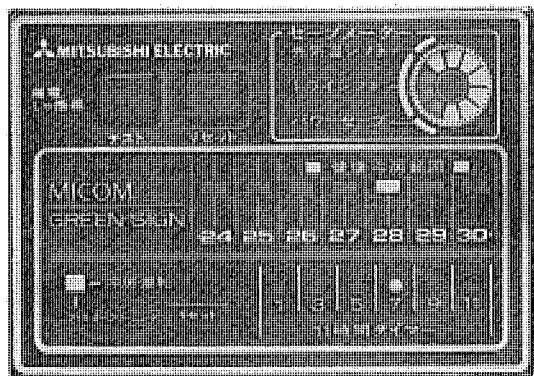


図3. 表示部

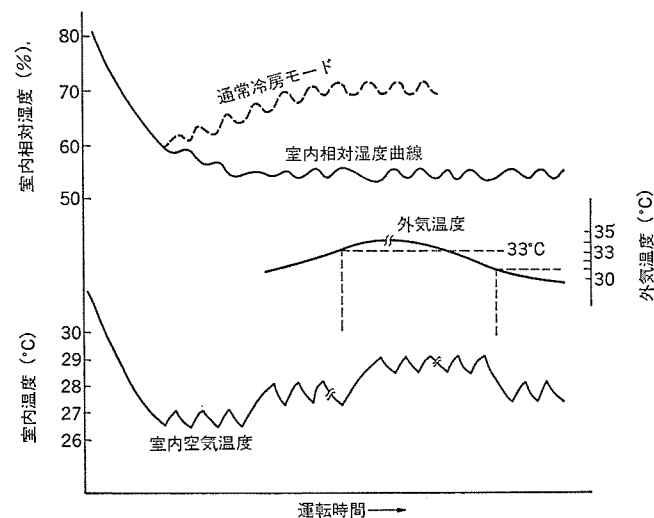


図4. ドライシフト、外気温シフト回路の運転パターン

3.1 ドライシフト回路+外気温シフト回路

ドライシフト回路は当社の昭和55年度冷房専用及び昭和56年度冷暖房兼用ルームエアコンに導入されてきたが、MS-1814 R形では新たにドライシフト回路+外気温シフト回路を搭載している。この運転モードの室内空気温湿度と外気温の推移の説明が図4.である。例えば室内空気設定温度がグリーンサイン温度表示回路により27°Cに設定されたとき、ドライシフト運転開始により室内空気は冷房され一定負荷速度で温度下降し、約27°Cで圧縮機がOFFする。その後1分間冷却器の冷却予熱を取るため、ファンが弱ノッチで送風してからファンOFFする。その後、室温が上昇し27.5°Cに達すると圧縮機がONし、5秒後冷却器が十分冷却されたところファンがONし、冷気を送風する。これは圧縮機運転停止中の室内側冷却器温度上昇による再蒸発水分が室内側へ送風されるのを防ぎ、その分湿度を低くおさえる効果がある。

この運転パターンを4回繰り返すと図4.の室内相対湿度曲線のように通常冷房モードとは約15%も低く室内湿度を保つことができる。空気温度27°C近辺での湿度差分15%は不快指數的快適曲線からも設定温度1°Cアップさせたことと等価であり、マイクロコンピュータが自動的に設定温度を1°Cアップさせる。これを省電力的に見た場合、まず設定温度1°C上げることによる圧縮機運転率の減少分が10%、ドレン再蒸発防止による空気冷房負荷の軽減分が8%、ファンOFF分2%で計20%の省電力となる。

外気温シフト回路は日本の7月中旬から8月中旬最盛夏期の主に昼間の屋外気温が非常に高温のとき、人が屋外から冷房された室内に出入りする場合健康性から見て適当な温度差が好ましいことは空調衛生工学的にもいろいろ提唱されているところである。当社のMS-1814 R形は外気温度をマイクロコンピュータで常時検知して、一定温度以上(33°C)に達した場合、更に設定温度を1°Cアップして圧縮機運転率を減少せしめ、これにより約10%の省電力効果を持たせている。このようにドライシフト回路+外気温シフト回路は、高温多湿である我が国の夏期間における空調機として、その風土に合わせた快適性を保ちつつ、また健康性を考慮しつつ、大幅な省エネルギー化を目指したものである（図5.参照）。

3.2 パワーセーブ回路

パワーセーブ回路は冷媒流量調整方式を採用している。リモコン操作を自動（パワーセーブ）モードにするとマイクロコンピュータ制御により、室温を検知し、室温を設定温度+2°C以内に近づける。次に冷房負荷が

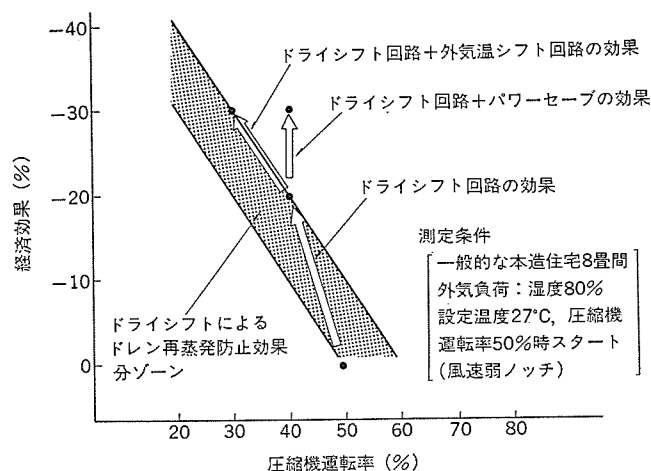
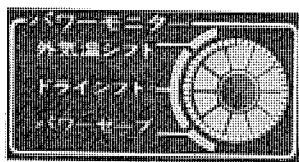
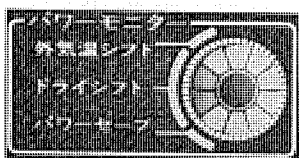


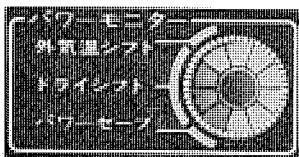
図5. 外気温、ドライシフト、パワーセーブの複合経済効果



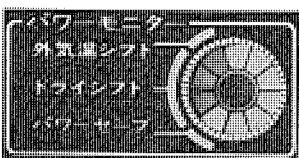
省エネ機構を使っていないときは10分割されたパワーモニターのLEDがすべて点灯する。



「ドライシフト」冷房運転で2コのLEDが消える。約20%の節電を表示する。



「ドライシフト」+「パワーセーブ」冷房運転で3コのLED消える。約30%の節電を表示する。



外気温が上がり、「ドライシフト」+「外気温シフト」冷房運転で3コのLED消える。約30%の節電を表示する。

図 6. パワーモニター表示

減少してきたことを検知して、室内風速を弱ノッチにするとともに、室外ユニットのコントロールバルブを制御し、冷媒流量を負荷にもっとも合った状態にして、更に室外風速をアップし、コンデンサ効率を上昇させる。これにより冷房能力を1,800 kcal から1,600 kcalへ12%ダウンするとともに圧縮機入力を下げ、EERで当社比約10%の向上を図っている（通常冷房弱風時）。

3.3 パワーモニター表示

ドライシフト回路・外気温シフト回路・パワーセーブ回路の省エネルギー制御が、エアコンの現運転時にどのような組合せで行われているかを円グラフで表現したパワーモニター表示を搭載した。パワーモニター表示は例えばドライシフト回路とパワーセーブ回路が同時に作動しているときは円周10等分した発光ダイオードの3/10が消灯して、残光分がそのときのエアコン運転時の電力量の目安を示しているものである。従来のこの種の表示はその運転モードが作動すると、点灯表示するのであるが、MS-1814 R形はこれを逆転させ、消灯し、省エネルギー的表現効果を出している（図 6. 参照）。

4. ルームエアコンのマイコンコントロールの特長

昭和53年当社で初めてルームエアコンにマイクロコンピュータ制御を導入してから今シーズンで4年目になる。初年度マイクロコンピュータ搭載機種が全生産台数の10%に満たなかったものが、今シーズンは約6倍、60%にも達しており、急激な伸びを示してきた。これは現在のルームエアコンの省エネルギー化にたいして、マイクロコンピュータ制御が最も適切に対応可能であることが最大の理由である。すなわち、空調空間の状態検知・ルームエアコン冷媒回路・圧縮機の制御・室内外送風機の制御の自動化はこれらの

単位時間当たりの電力消費量が一般に家庭電気製品の中では比較的大きいことから、大幅な省エネルギーに結びついている。

マイクロコンピュータのようなプログラムループ的シーケンス動作機器の特徴としてプログラム暴走防止の問題がある。プログラム暴走の要因として、一般家庭においては落雷などによるサージ、瞬間的停電、他の電力機器の起動時における交流電源の電圧降下などによるマイクロコンピュータDC電源の瞬時ドロップがハード的リセットまでに行かないが、RAM一時記憶素子データを破壊してしまう場合があげられる。プログラム暴走は正規のプログラムループへ復帰できなくなるのでリモコンなどでの操作が不能化したりする。このときマイクロコンピュータの電源電圧を強制的にOFF、ONすることにより正規に復帰させることはできるが、当社ルームエアコンは、いかなるときでもプログラム暴走を起こすことのないよう、マイクロコンピュータのDC電源電圧を常に検知して一定値以下の電圧降下があった場合、RAMのデータが破壊される前にハード的リセットをかけるプログラム暴走防止回路をマイクロコンピュータ搭載機種すべてに採用している。これは一般家庭の消費者の前で万一誤動作させてはならないという、マイクロコンピュータ特有の問題に対し高信頼性保証の姿勢を保っているためでもある。

5. マイコン制御

室内外セパレートルームエアコンの場合に制御の内容が複雑になると、とかく室内外電力、信号伝送のために、内外渡り電線数が増し、すえ(据)付性が悪くなりがちである。据付性の良さは、夏期の据付最盛時に販売側から見た据付作業時間の短縮という大きなメリットがある。

5.1 パワーセーブと外気温検知方式

MS-1814 R形では内外渡り電線数3本のみで室内側ユニット内のマイクロコンピュータで室外側ユニットの圧縮機、室外ファン、パワーセーブ電磁弁の制御を行い、かつ室外コンデンサの吸込空気温度（外気温）を検知している（図 7. 参照）。

パワーセーブリレー出力が、交流半波により渡り線の一線を通じ、室外パワーセーブ弁コイルを駆動する。一方、サーマルリッドスイッチが一定温度以上になると、前とは異極の半波により室内側のホトカブラがマイクロコンピュータへ絶縁伝送入力する。この方式の最大の利点は、圧縮機電力伝送VAケーブルと同じ電線で、内外配線端子台を3本接続するだけで、据付配線できることである。別の信号電線の配線をできるだけ行わないで、販売店据付者の負担を少しでも軽くするようにしている。

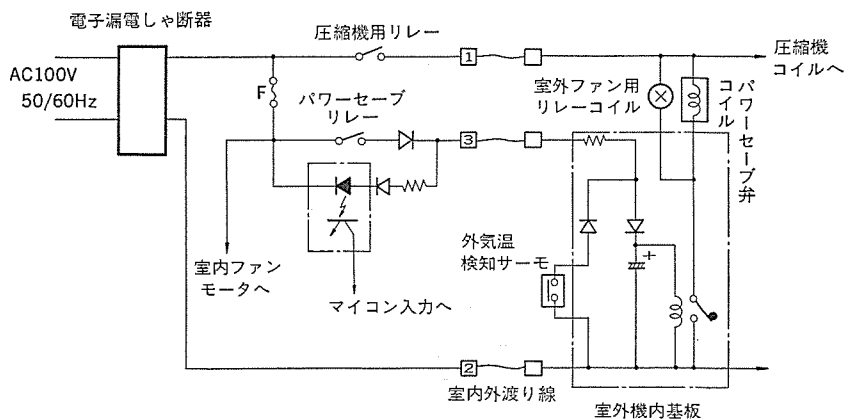


図 7. 室内外制御回路図

5.2 マイコンコントロールシステム

図 8. はシステム構成図である。マイクロコンピュータは、当社の A/D 変換器内蔵 4 ビットワンチップ、M-58840 P を採用している。アナログ入力 K ポート 15 ビット、表示出力 S ポート 8 ビット、ラッチ出力 D ポート 11 ビット、ROM 2 K バイト 42 ピン LSI である。A/D 基準電圧 V_{REF} を -5.5 V に保つと、リモコンからの K ポート入力のスレッショールド V_{TH} 値は P MOS デバイスでありながら $V_{REF} - 5.5$ V にソフト的に選ぶことができる。これは入力ノイズマージンの向上に大きく役立っている。

M 58840 P は 4 ビットワンチップでありながらアナログ入力が 15 ビットあり、それぞれ独立して入力に接続できるので、マトリクス入力などは必要最少限にして、ダイレクトに 1 ビットずつの入力の割振りを行えるだけ行った。エアコンのようなシステムではいかにシンプルに回路設

計するかでコスト面での効果もかなり異なったものになってくる。出力部のパワーモニター、グリーンサイン表示には緑色、赤色の発光ダイオードを 23 個使用している。ただし常時点灯させているのはその一部であり、これを S. D ポートの 9 ビットとスキンドライバ 2 ビットで 1/4 デューティ表示をしている。発光ダイオードは表示部基板への直接ボンディング方式を採用して、表示部を一体構造化し意匠的優位と表面のおうとつ(凹凸)をなくし清掃性を良くしている。

図 9. はゼネラルフローである。特長なことは、キースキャン、入力デコード処理、表示処理など共通のルーチンを除いたところはほとんど仕様区分ごとに、例えばドライフト処理外気温シフト処理とルーチン化してあることである。これはルームエアコンが季節商品的要素がいまだに強く、市場動向を注視しながら短期間開発しなければならないことを考慮している。

ただ、この方式は一般的な方法よりも命令数を多く要するので、現在の ROM 2 K で容量オーバーしてきた場合は見直しを考えなければならない。

5.3 A/D 変換器内蔵マイコンとグリーンサイン

当社のルームエアコンの緑色発光ダイオードによる室温の計測と表示システムをグリーンサインと呼んでいる。従来マイクロコンピュータの周辺回路として 5 ビット程度のラダー抵抗回路を置き、コンパレータにより比較デジタル値を入力としていたが、MS-1814 R 形は A/D 変換器内蔵マイコン M 58840 P (当社製) 使用により 8 ビット、256 分解能アナログ値変換能力を有している。ここでは室温検知サーミスタと、低温保護サーミスタの 2 入力をアナログ値としているが、低温保護サーミスタ入力は比較的精度を要しないので、サーミスタの抵抗変化をダイレクトに K ポートに接続している (図 10. 参照)。

これにたいして室温検知サーミスタは一段増幅している。これは、 V_{REF} 、 V_{SS} 間の K ポートアナログ入力電圧範囲と室温検知範囲の $21 \sim 35^{\circ}\text{C}$ をできるだけ高分解能化し、かつサーミスタ間自己加熱誤差を少なくするためのバランスを配慮し、高精度な温度表示のグリーンサインを商品化しようとしたためである。

図 11. はグリーンサインの温度表示精度の実測データである。表示範囲は $24 \sim 30^{\circ}\text{C}$ を 7 つの発光ダイオードにより 1°C 単位で表示している。製造調整工程では 27°C の 1 ポイント調整であるが、製品出荷検

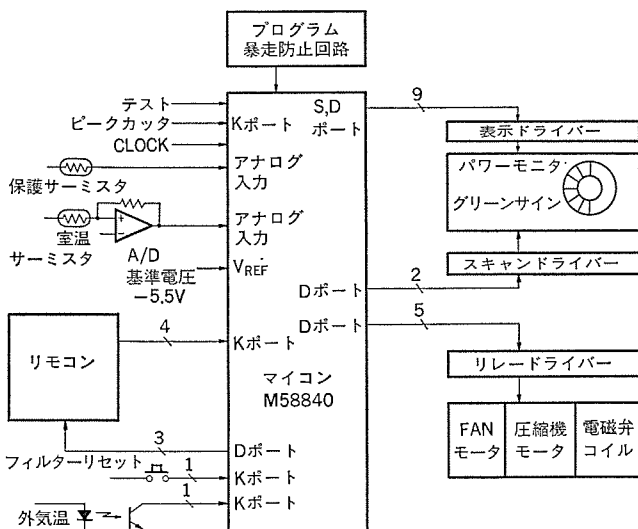


図 8. システム構成図

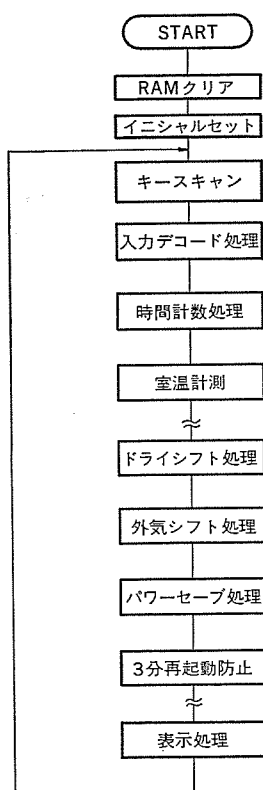


図 9. ゼネラルフロー

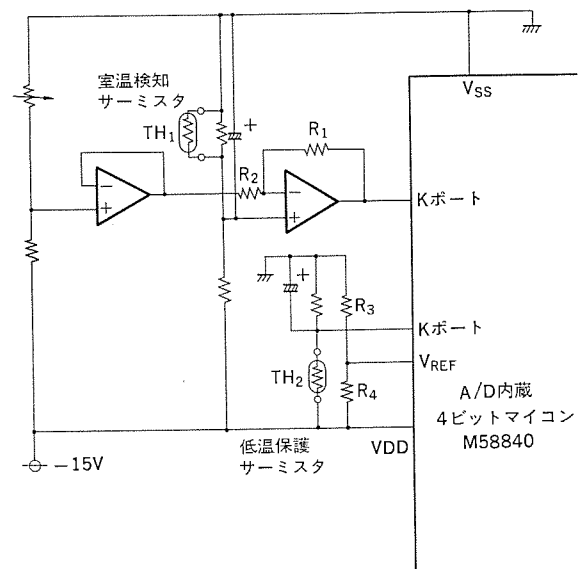


図 10. A/D 内蔵ワンチップマイコンによるグリーンサイン入力回路

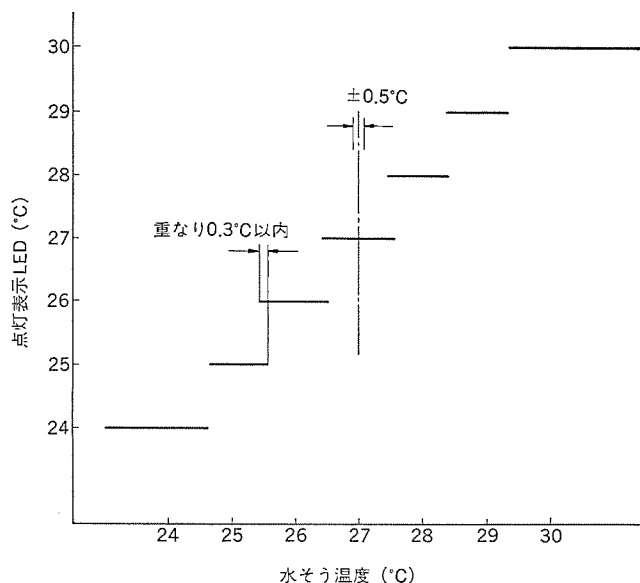


図 11. グリーンサインの温度表示精度

査では全温度範囲を精度検査している。例えば 25~26°C への発光ダイオードの切変わり表示点の実温度が 25.5°C からどれだけ誤差があるかを調べる。1°C 当たり 0.1°C 程度の分解能をもたせている。

このようなアナログ量を高精度に扱う場合にはソフト手法にも注意を要する。グリーンサインの場合、通常室内の空気温度変化は比較的ゆるやかといえるので、A/D 変換器のレジスタデータ（室温メモリデータ、図 12.）の更新はプログラムメインルーチン 1 周期（16 ms）に 1 回だけ V_{REF} の 1/256 電位だけ加算又は減算している。そして 15 秒周期でそのときのレジスタデータをグリーンサインに表示する。これはランダム的にアナログ入力回りに侵入してくる電磁ノイズに対し、大きな効果がある。

ただし、これだけでは室温キャッチをするのに時間がかかり、マイコン電源投入から、一定時間は真の室温を表示しないという不具合が生じる。MS-1814 R 形では図 12. に示すように、マイコン電源投入から、エアコンの電源スイッチ ON までの表示のブランクタイムの間は、室温をキャッチするまで A/D レジスタデータを更新し、どのような場合も即座に真の室温を表示できるようにしている。これらはハード、ソフト両面から、グリーンサインの表示の信頼性、品位の確保を意図したものである。

6. む す び

1975 年にワンチップマイクロコンピュータが誕生し、3 年後にルームエアコンな

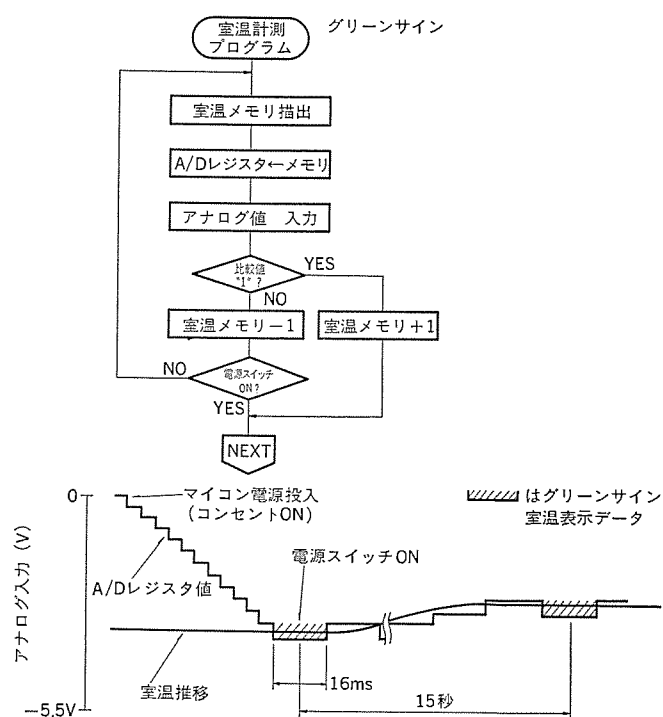


図 12. グリーンサインプログラムとアナログ入力

ど民生機器の応用が続々発表された。当初、これらの応用の主流は便利性の追求であり、高度にインテリジェント化され、消費者に一定水準の予備知識と複雑な操作を要求するものであった。ところが、これに前後して第 2 次石油ショックに代表されるエネルギー高コスト時代の到来は、民生機器の省エネルギー化に最大の拍車をかけることになった。

家庭用ルームエアコンにおいて、最近のマイクロコンピュータの応用は、その制御の自由度と小形化省資源低コスト性などにより、省エネルギーへの重点的アプローチの手法として定着した感がある。

熱交換器、圧縮機などのハードの効率の向上への努力はもちろんである。これに加え、マイクロコンピュータを含む電子技術を駆使して、いわゆる SEER 的省エネルギーをルームエアコンに付加していくことが今後ますます増大すると思われる。

当社においては今後共、快適性・健康性を基本に省エネルギーを目指した理想的家庭用ルームエアコンの開発に努力する所存である。

住宅用セントラル冷暖房機

浜 宏明*・人見不二夫*・今西正美*

1. ま え が き

住宅用の空調機器について、昨今では省エネルギー性の追求とともに、居住空間の有効利用、インテリア・エクステリアの総合的なデザインに対する要求が高まってきている。これらの要求にこたえて、住宅用セントラル冷暖房機としての空気熱源ヒートポンプチャラーとファンコイルユニットを開発したので報告する。

2. 開発のねらい

本稿で述べるセントラル冷暖房は、全電式で図1.のように構成されている。すなわち、熱源機（空気熱源ヒートポンプチャラー）で夏は冷水、冬は温水をつくり、これを室内に循環させ、室内の放熱機（ファンコイルユニット）で冷房あるいは暖房を行うもので、快適さにおいて高い評価を得ている。

このような空調機の、特に住宅用としての注力ポイントとしては、次の3点をあげることができる。

(1) 省エネルギー性の追求

エネルギー消費構成をみると、ヒートポンプチャラー・循環ポンプの動力分と、使用していないファンコイルユニットからの放熱ロス、更には必要以上にファンコイルを運転させたときの過剰熱負荷をあげることができる。住宅用の場合、ファンコイルユニットの同時稼働率は50%以下の場合が多く、循環ポンプの動力及びファンコイルユニットの放熱ロスによるエネルギーの消費が顕著となる。

したがって、ヒートポンプのEER（エネルギー消費効率：熱出力に対する消費電力の割合）向上を始め、循環ポンプの動力を左右する水回路の水頭損失を抑えることと、使用しないファンコイルユニットについては熱交換器に通水しないこと、ファンコイルの運転は室温によるコントロールなどが、空調機の省エネルギー性追求のかぎ（鍵）となる。

(2) 据付けの省スペース化

熱源機は台所の裏あるいは庭の隅など狭あい（隘）な場所に設置される場合が多い。放熱機の設置場所は、窓わく（枠）の下やドアの横などで、また放熱機は畳の幅、柱間の距離あるいは窓枠の高さなど、住宅（軀）体の基準寸法により制約されるとともに、配管の取出し

位置によっても左右される。

したがって、熱源機は製品床面積の縮小を図るとともに、床面積の統一など標準化を図ることが課題となり、放熱機は住宅軀体の基準寸法に合ったモジュール化が必要となる。

(3) 省工事性の追求

熱源機は搬入作業と水配管工事の省力化があげられる。特に製品の軽量化、水配管の循環ポンプ周り、ミスタータンクを支えるなどの工事の省力化が必要である。

放熱機については、配管との接続、すなわちファンコイルユニット内の配管スペースの確保が鍵となる。

3. 仕様と特長

以上の観点から開発した熱源機としてのCAH-E形空気熱源ヒートポンプチャラー及び放熱機としてのLV-RE形ファンコイルユニットの仕様を以下に述べる。それらの外観を図2.、3.製品仕様を表1.、2.に示す。

省エネルギー性については、ヒートポンプのEER改善と、容量の異なるファンコイルユニットの水頭損失均一化による水回路（リバースリターン回路）の水頭損失抑制により、システム全体の効率は従来に比べ約8%

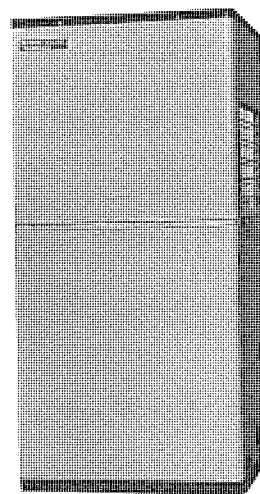


図2. CAH-3E形空気熱源ヒートポンプチャラー外観

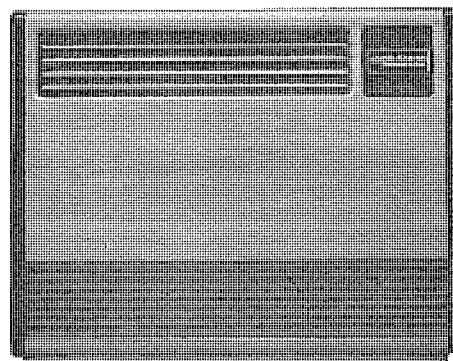


図3. LV-300 RE-TM形ファンコイルユニット外観

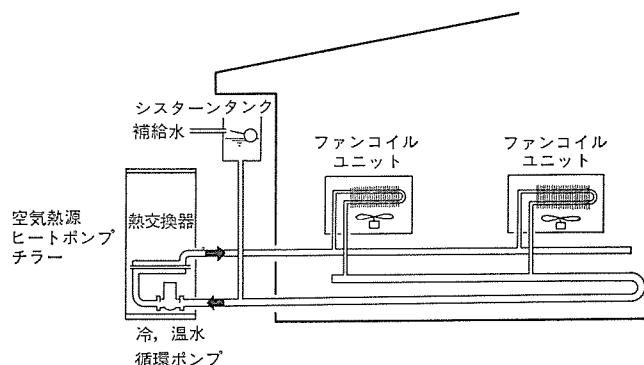


図1. セントラル冷暖房設備水配管系統図

表 1. CAH-E 形空気熱源 ヒートポンプ仕様

仕 様		CAH-3 E	CAH-5 E	CAH-8 E
性 能	冷 房 能 力 (kcal/h)	6,300/7,050	10,500/11,700	14,800/16,400
	暖 房 能 力 <A> (kcal/h)	7,850/8,900	12,700/14,500	18,200/20,700
	暖 房 能 力 (kcal/h)	6,030/6,850	9,800/11,200	14,000/15,900
	水 量 (m³/h)	1.26/1.41	2.10/2.34	2.96/3.28
	水 頭 損 失 (mAq)	2.05/2.50	1.51/1.95	1.25/1.51
	消費電力 (kW)	3.0/3.5	4.9/5.9	7.7/8.7
	運転電流 (A)	10.2/11.1	17.2/18.9	28.9/29.0
	最大始動電流 (A)	65/56	107/98	168/154
	騒 音 (ホン<A>)	45/47	46/48	49/51
	電 源	3 相 200 V 50/60 Hz		
外形寸法	高 さ (mm)	1,610	1,810	1,990
	幅 (mm)	768	768	768
	奥 行 (mm)	768	768	768
製 品 重 量 (kg)		160	215	265
空気熱交換器	形 式	強制空冷プレートフィンチューブ式		
	送 風 機 形 式	プロペラファン		
	出力×個数 (kW)	0.035×1	0.07×1	0.22×1
水 側 熱 交 換 器		チューブインチューブ式 (全銅製熱交換器)		
冷 媒		R 22		
制 御	冷 媒 制 御	Hi/Re/Li システム		
	冷 温 水 温 度 制 御	温度調節器		
	霜 取 制 御	ホットガスリバース (電子制御)		
	冷 暖 切 換	スイッチによる切換 (遠方操作, 手元操作可能)		
運 転 制 御		スイッチによる切換 (遠方操作, 手元操作可能)		
冷 温 水 循 環 ポンプ		組込可能 (ポンプは客先手配)		
付 属 品		リモコンパネル 1 個		

表 2. LV-RE 形 ファンコイルユニット仕様

項 目		150	250	300	400	600
冷 房 能 力 (kcal/h)		1,700	2,300	2,900	3,800	5,500
暖 房 能 力 (kcal/h)		3,600	4,500	5,800	7,400	10,500
水 量 (l/min)		6.5	7.5	8.5	12	17
水 頭 損 失 (mAq)		1.2	2.3	2.8	2.2	2.8
電 源		単相 100 V 50 Hz/60 Hz				
風 量 (m³/min)		5.5	5.5	8.0	10	14
風 量 調 節		強・中・弱・切の押ボタンスイッチ				
騒 音 (ホン)		34	34	37	40	42
重 量 (kg)		19.5	20	21	23	29
外形寸法 (mm)	幅	750	750	750	867	1,218
	高 さ	600				
	奥 行	210				

の改善が可能となった。また、ファンコイルユニットは、電子式ルームサーモ内蔵形の機種系列化、手動あるいは電動3方弁を別売部品として準備しており、これらによる過剰熱負荷及び放熱ロス抑制により更に改善することができる。

すえ(据)付スペースについては、熱源機は768mm角に統一し従来に比べ床面積を30%縮小するとともに、容量の違いは高さ方向で吸収している。放熱機は後述するように柱間の距離に合わせた寸法とし、奥行は210mmに抑えることによって約20%縮小している。

製品重量は、熱源機で約30%、放熱機で約20%の低減を図っている。省工事性については、熱源機は従来と同様循環ポンプをユニット内に組込めるようにするとともに、ユニットにシステムタンクの取付ができるようにし、放熱機は前面、側面及びベースの着脱性を改善し、広い角度からの工事が可能となるようにした。

4. システムの省エネルギー性

4.1 熱源機の EER 改善

熱源機については熱交換器及び送風機の改善をあげることができる。以下、特に水側熱交換器の改善点について述べる。

熱交換量 Q (kcal/m³h°C) は次式で表わされる。

$$Q = K \times A \times \Delta T_{em} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 K : 熱通過率 (kcal/m²h°C)

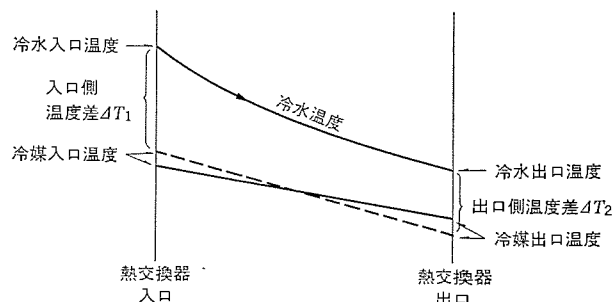
A : 伝熱面積 (m²)

ΔT_{em} : 水と冷媒の対数平均温度差 (°C)

水側熱交換器を蒸発器として作用する場合の水温と冷媒温度の関係は図4.のとおりである。冷媒出口の温度が低下すると圧縮機的能力が低下するので、冷媒出口温度を高くする必要がある。したがって、冷媒出口温度を上げて ΔT_{em} を確保するためには冷媒入口温度を低くし、冷媒の圧力損失を減少させる必要がある。水側熱交換器の効率改善は冷媒側圧力損失を減少させて ΔT_{em} を確保し、 K の増大を図ることが鍵となる。

(1) 冷媒側圧力損失の減少

従来は、平滑管にアルミフィン(挿)入した伝熱管を使用していたが、新機種には外面は平滑管、内面にみぞ(溝)加工をほどこした



注 (1) $\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$

(2) 冷媒温度 ——— 従来の場合
——— 開発品の場合

図 4. 蒸発器内冷水及び冷媒の温度変化

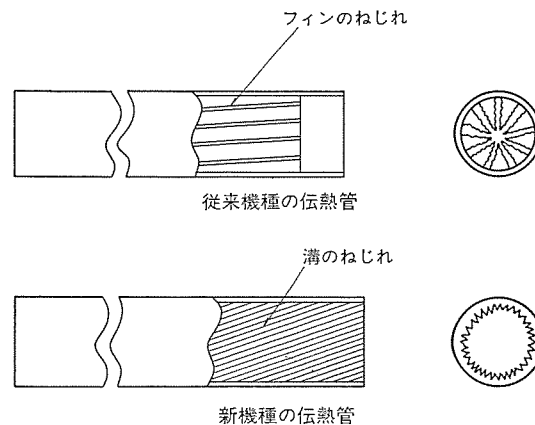


図 5. 従来機種及び新機種の伝熱管

伝熱管を採用している。図 5. に従来機種と新機種の伝熱管を示す。

これらの伝熱管の圧損を単位断面積当たりの同一冷媒流量で比較すると、後者は単位伝熱管長さ当たり約 0.01 kg/cm²/m の圧損改善ができる。熱交換器としては複数本の伝熱管を使用し、単管当たりの冷媒流量低下による圧損減少を含め約 25% の圧損改善を図ることができた。

(2) 熱通過率Kの増大

一般的に熱通過率 K(kcal/m²h°C) は次式で表される。

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_0} + \frac{A_0}{A_i \times \alpha_i} + \frac{A_0 \times L}{A_m \times \lambda} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、A₀：管外伝熱面積 (m²)

A_i：管内伝熱面積 (m²)

A_m：平均伝熱面積 (m²)

α₀：管外（水側）熱伝達率 (kcal/m²h°C)

α_i：管内（冷媒側）熱伝達率 (kcal/m²h°C)

λ：伝熱管熱伝導度 (kcal/mh°C)

L：伝熱管厚さ (m)

熱通過率Kを増加させるためには、管内（冷媒側）熱伝達率 α_i、管外（水側）熱伝達率 α₀ の向上が鍵となる。

管内（冷媒側）の熱伝達について従来機種と新機種に使用した伝熱管を、単位断面積当たりの同一冷媒流量で比較すると、前者は管内伝熱面積 A_i に依存する度合いが大きいため冷媒流量の小さい範囲では後者より高いが、CAH 形ヒートポンプチャーの水側熱交換器として使用する冷媒流量の範囲では後者がよく、熱伝達率を α_i × $\frac{A_i}{A_0}$ として評価した場合約 22% の改善となった。また、管外（水側）熱伝達率 α₀ は、水の流速増加と、水が伝熱管に沿って旋回して流れるようにしたことにより約 24% 向上、これらより熱通過率Kとしては約 23% 改善させることができた。

以上の冷媒圧力損失の減少と熱通過率Kの改善により、蒸発圧力は 0.4 kg/cm²、蒸発温度にして約 2°C 上昇させることができた。このほか、送風機動力の減少などの効果を加えると、熱源機としての EER の改善は CAH-5E 形で約 7% となる。

4. 2 搬送動力の低減

一般にセントラル空調機の熱源機には複数のファンコイルユニットを据付け、その場合に容量の異なる機種の水頭損失が同一となるように水量が流れ、その結果各機種の水量がアンバランスとなり、一方では水量低下に伴う能力ダウンまた一方では水量過多による結露などの問題があり、ファンコイルユニット出口配管に水量調整用バルブを追加する必要があった。したがって全体として水頭損失が増大していた。今回の Rシリーズでは、上記欠点を除去するため、機種の容量が大きくなる程単位水量あたりの水頭損失が小さくなるよう熱交換器の流路設計を行い、各機種の標準水量における水頭損失をほぼ同一とした。

空気熱源ヒートポンプチャー1台とファンコイルユニット4台を図1.に示すリパースターン方式で配管し、その場合の従来機種と新機種の搬送動力の比較を行った。結果が表3.である。ここで代表的なパターンとして配管径及び相当配管長さを表3.に示す値と仮定し、またファンコイルユニットの水頭損失が2mAqであるとした場合各ファンコイルユニットに流れる水量の標準水量に対する割合は従来機種0.71以上に対し新機種は0.83以上と大きく、またファンコイルユニットに流れる総水量は従来機種で58l/min、新機種で39l/minとなる。この水量におけるヒートポンプチャーの水頭損失、及びHazen-Williamsの実験式⁽¹⁾より

表 3. 搬送動力の低減

		従 来 機 種	新 機 種
熱 源 機 1 台		CAH-50	CAH-5E
ファンコイルユニット 4 台 水頭損失 2mAq のときの水量 (l/min) (標準水量との割合)		17(2.27)	7.0(0.93)
		15(1.76)	7.0(0.83)
		14(1.17)	11.2(0.93)
		12(0.71)	14(0.83)
配 管 径 (B)		1 1/4	1 1/4
相 当 配 管 長 さ (m)		80	80
総 水 量 (l/min)		58	39
水頭損失 (mAq)	ファンコイル	2	2
	チャー	2.75	1.95
	配 管	1.8	2.48
水 頭 損 失 合 計 (mAq)		6.55	6.43
搬 送 動 力 (kW)		0.36	0.2

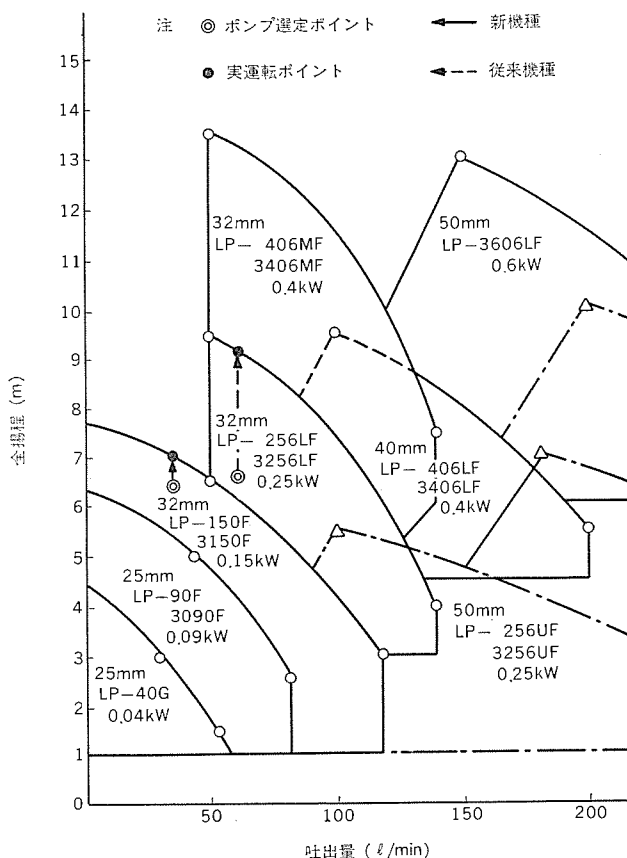


図 6. LP 形循環ポンプ選定表

求めた配管の水頭損失は表3.に示すようになり、合計は、従来機種 6.55mAq、新機種 6.43mAqとなる。この結果と図6.から当社LP形ポンプを選定すると、従来機種の場合にはLP-3256LF形（定格出力 0.25kW）ポンプとなるが、新機種では1ランク下のLP-3150F形（定格出力 0.15kW）ポンプが使用でき、消費電力を 0.36kW から 0.2kW に減少させることができる。したがって、従来機種と新機種との搬送動力の低減は約 44% となる。

4. 3 セントラル空調機としての省エネルギー性

空気熱源ヒートポンプチャーのEER改善及びファンコイルユニットを含む水頭損失の改善による搬送動力の低減の効果を組合せ、5HP相当機器にてセントラル空調機としての消費電力比較を行った。

1日の空調負荷を50,000kcal、1日の空調時間（いずれかのファンコイルユニットが運転している時間）を10時間として比較すると表4.のとおりとなり、空調機として約13%の省エネルギー化が達成で

表 4. セントラル 空調機としての消費電力比較

		従 来 機	開 発 機
(注1) 空 調 機	空気熱源ヒートポンプチャラー	CAH-5D (3.75 kW)	CAH-5E (3.75 kW)
	ファンコイルユニット	LV-250 KB	LV-250 RE
		LV-300 KB	LV-300 RE
		LV-400 KB	LV-400 RE
		LV-600 KB	LV-600 RE
(注2) 消 費 電 力 量	循 環 ポ ンプ	LP-3256 LF (0.25 kW)	LP-3150F (0.15 kW)
	ヒ ー ト ポ ンプ EER	2.61	2.79
	① 1 日のヒートポンプ消費電力量 = 1 日の空調負荷 ヒートポンプEER (kWh)	19.2	17.9
	循 環 ポ ンプ 入 力 (kW)	0.36	0.2
	② 1 日の循環ポンプ消費電力=ポン プ入力×ポンプ稼働時間 (kWh)	3.6	2
量	①+② 1 日の空調機消費電力量 (kWh)	22.8	19.9

注 (1) () は定格出力

(2) 1 日の空調負荷は 50,000 kcal。1 日の空調時間(ポンプ稼働時間)は 10 時間とする。

きることとなる。なお、ここで比較を簡単にするため配管からの熱ロス及びファンコイルユニット自身の消費電力量は含めなかった。

5. ファンコイルユニットの省スペース設計

住宅用ファンコイルユニットは限られた居住スペースに据付けられるため、半間柱間及び半間の大きさなど建築の基準寸法に合わせたコンパクト化が必要とされている。半間柱間におさめるためには、幅寸法を 750 mm 程度にする必要がある。最近の住宅では部屋が広がる傾向にあり、従来 250 形まで 750 mm の幅寸法であったのを 300 形まで 750 mm 幅とした。

Rシリーズでは、特に次の 2 項目に焦点を絞り、省スペース化を図った。

- (1) 管ピッチを縮小した高性能熱交換器⁽²⁾の採用
- (2) 低騒音形 2 種類のシロッコファンの採用

ファンコイルユニットの幅寸法を小さくするために熱交換器の幅寸法(フィン積長さ)及びファンの軸方向長さを短かくし、また薄形化を図るためにはファンの外径を小さくする必要があった。しかし、それを行うには冷温水配管の防露工事を行うスペースを確保する必要があり、工事性の面から配管スペースを小さくせずに薄形化を図る必要があった。このような制約条件の中で、軽量化を考慮しつつ能力を確保するために、管ピッチ縮小の高性能熱交換器を採用した。以下 300 形について説明する。図 7. に示すように、高性能熱交換器の採用により、従来の熱交換器と比較して、奥行寸法を 47% 縮小し、また幅寸法(フィン積長さ)を 18% 縮小した。しかし、高さ方向は 42% 大きくして能力の確保を行った。暖房能力の算式を次に示す。

$$q_h = KA\Delta T \quad \dots\dots\dots (3)$$

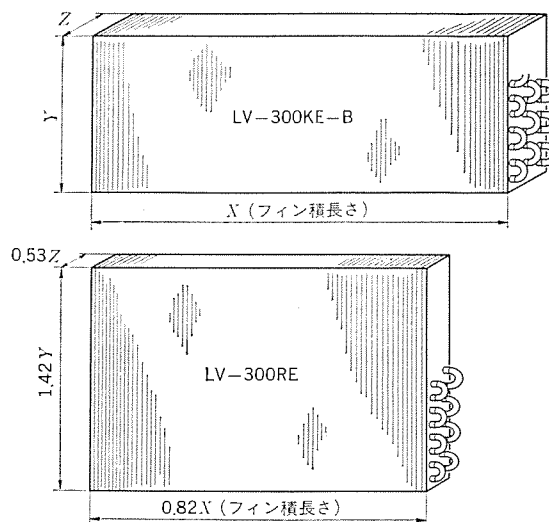
ここで、 q_h : 暖房能力 (kcal/h) K : 熱通過率 (kcal/m²h°C) A : 管外伝熱面積 (m²) ΔT : 対数平均温度差 (°C)

図 7. 熱 交 換 器

水量・風量・暖房能力を一定とすると

$$KA = \text{const.} \quad \dots\dots\dots (4)$$

フィンピッチを同一とすれば、管外伝熱面積 A は熱交換器の体積にほぼ比例する。したがって

$$\begin{aligned} A_2/A_1 &= (0.82 X \times 1.42 Y \times 0.53 Z) / (XYZ) \\ &= 0.62 \end{aligned}$$

これより $K_2/K_1 = 1.62$

ただし、添え字 1. 従来の熱交換器, 2. 断熱交換器

新熱交換器の熱通過率を、当初設計どおり従来の熱交換器に比べ 62% 向上させた。

以上のように管ピッチを縮小した高性能熱交換器及び低騒音形シロッコファンを採用することによって、300 形のファンコイルユニットを幅寸法 870 mm から 750 mm、奥行寸法 230 mm から 210 mm にして、据付けスペースを 21% 低減した。また、重量については 22% の軽減を図った。

6. む す び

住宅用セントラル冷暖房のファンコイルユニットの同時稼働率が低いということについては本文で触れたとおりである。熱源機は負荷に応じて発停するため、熱源機の消費電力量は負荷に比例していると考えてよいが、現状では循環ポンプが負荷にかかわらず空調時間中連続して稼働しているため、消費電力量としては熱源機に匹敵する量となっている場合もある。本稿では水頭損失の抑制を図り、この搬送動力の低減を図っているが、今後の住宅用については特にファンコイルユニットの稼働率に応じた循環ポンプの可変流量制御が重要な課題といえる。このような問題を含め更に省エネルギー化を推進していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 空気調和・衛生工学会：空気調和・衛生工学便 I, 376 (昭 42)
- (2) 湯山ほか：空調用フィン付熱交換器の特性向上, 三菱電機技報, 54, No. 10 (昭 55)

1. ま え が き

近年約5%の伸長率で建設が行われてきた営業冷蔵倉庫（商品の低温保管により保管料を収入源とする）は、昭和55年に約740万トン（1トン=2.5m³の内容積）にも成長している。この事業では電力を主原料としており、電力費が原価構成に占める割合が産業中最も高い。昨年4月以降の値上がりがあり、現在その割合は約15%にも達していると推定されている。収益の大半を電力費に吸収される危機に直面し、業界の省エネルギー化へ寄せる関心は非常に高く、省エネ講座や省エネ論議が盛んに行われている。

冷蔵倉庫の省エネルギー化は負荷の軽減と機器の効率化に分けられる。冷蔵倉庫はその規模による負荷が図1.のように変わるが、これは主として、単位収容量当たりの防熱漏えい熱量が大形になるほど減少するからである。この漏えい熱量は室温-30℃の場合、図

2. に示すように全負荷の20~35%を占めており10kcal/m²hの防熱を7kcal/m²hに強化することにより7~13%位軽減可能である。冷蔵倉庫の使用電力量(kWh)は、立地条件、入出庫量、保管温度により異なるが、省エネルギー性の1つの目安になるものにトン当たり原単位が使用される。トン当たり原単位は年間使用電力量を冷蔵倉庫の収容能力(トン)で割った値で全国平均は215kWh/トンである。図3. に示すように規模により負荷が違うのでやはり大形冷蔵倉庫の効率が高い。月別使用電力はピークの8月を100とすると1~2月は40~50で年平均は70位と推定される。

一方、このような熱負荷を冷却する冷却システムも省エネルギー化を進めてきた。最も注目すべきことは、当社が約10年前に開発し販売してきた冷凍冷蔵クーリングユニットによる分散冷却システムの省エネルギー性がそれまで大形冷蔵倉庫の主流を占めていたセントラル冷却システムよりも優れたものと評価されたことである。図4. は両方式をシステムの面から比較したものである。

- (1) 年間及び昼夜の負荷変動に対する効率的な台数制御と非効率な容量制御との差。
- (2) 冷媒配管系統の違いから冷凍搬送動力の要否及び圧力損失に差がある。
- (3) 冷却水ポンプやクーリングタワーの補機動力を効率的に使えるかどうか。

などで大きな差がでてくる。特に、大形スクロール圧縮機は容量制御性の悪さと季節により変る高圧圧力の変動のための過圧縮、不足圧縮による効率低下が目立ち、新規採用はほとんどなくなっている。分散冷却方式はこれらの点で基本的に省エネルギーシステムを構成することができるが、主要機器である冷凍冷蔵クーリングユニットを更に省エネルギー化したので紹介する。

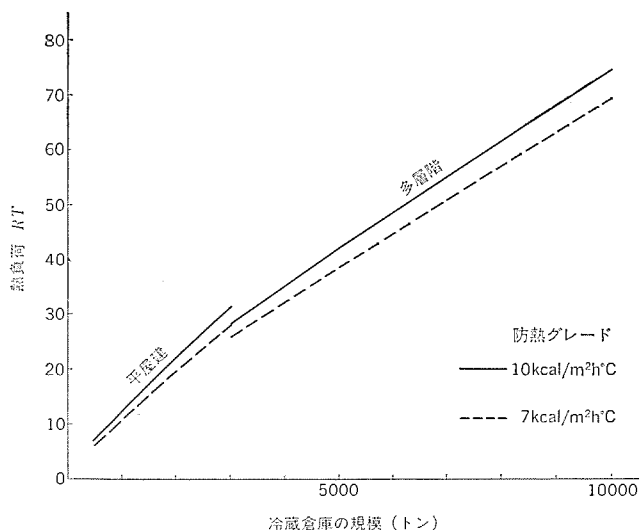


図1. 冷蔵倉庫の規模別熱負荷

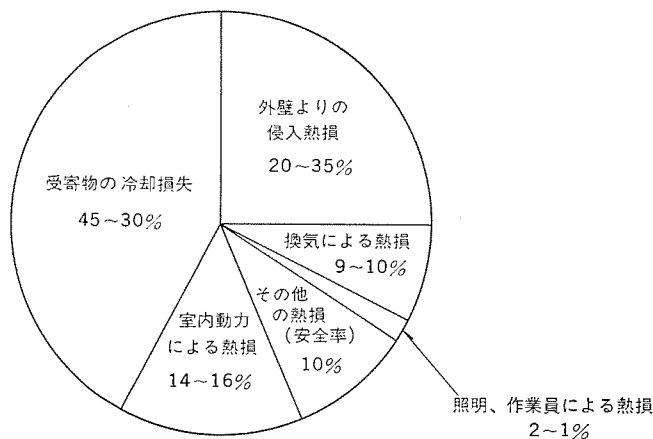


図2. F級冷蔵倉庫の熱負荷構成

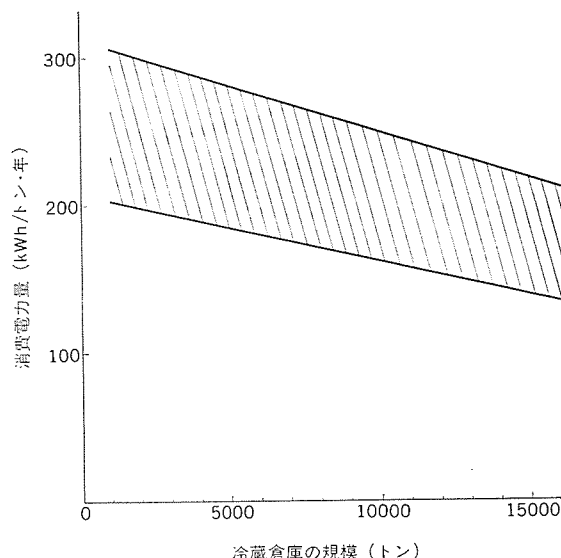


図3. 規模別冷蔵倉庫のトン当たり消費電力量

分散冷却システム

セントラル冷却システム

各室の変動 負荷	・台数制御方式で行う。この方式では能力50%に台数 制御を行うと動力も50%になる。	・アンロード方式で行うこの方式では例えば能力50% にしても動力は65%消費する非効率な面がある。
冷却負荷に なる動力	・庫内送風機のみ	・庫内送風機他、液ポンプの動力が加わる
冷却水系統	・クーリングタワーや冷却水の系統機器の運転制御が 行える	・ポンプ、タワーも大形化し、きめこまかな運転制動が、 困難
冷媒配管	・短くて簡単な配管系統になる	・長い配管系統になる
冷媒量	・セントラル式に比べて少なくてすむ	・冷媒チャージ量が多い
機器の設置 スペース	・各機器は建屋の中に分散し、省スペースに配置する ことが出来る	・大きな機械室を必要とする

図 4. 分散冷却システムとセントラル冷却システムの比較

2. クーリングユニットの省エネルギー化

クーリングユニットの省エネルギー化は、次の2項目について行った。

- (1) 熱交換器や冷媒制御などハードの効率化
- (2) 負荷を効率よく運転制御するソフトの改善

2.1 ハードの効率化

(1) 空気冷却器ユニットの改善

低温用空気冷却器は着霜するので間欠的な除霜が必要である。したがって、空気冷却器は無着霜時の冷却性能を満足するだけにとどまらず、着霜による効率の低下と風圧損失の増大などを考慮したものにななければならない。加えて除霜時の熱が効果的にユニットを暖める構造的な配慮もした。除霜を行うと、庫内は水分が過飽和となるため“もや”が発生したり、温度が上昇し再び冷却しても20～30分間位運転しないと、もとの状態に戻らないことが多い。これはクーラーを加熱するときその熱が対流して庫内に逃げるからである。クーリングユニットではこの対流を防止するために、クーラーを防熱し、冷風の吸入口と吹出口には除霜時に閉じるダンパを備えている。その効果を示す実験例を図5.に示す。除霜は空気冷却器ユニット内部に残霜しない温度になるまでの時間行われるが、大形ユニットの内部では大きな温度差が発生しやすいためホットガス出口付近が暖まる頃にはホットガス入口付近は過熱気味になる。これを改善するため、ホットガスの分配方法を変更することによりドレンパン補助ヒータなどを廃止した。その結果除霜時の電力消費量を約10%節減した。図6.に省エネルギー形空気冷却器ユニットの外観を示す。また空気冷却器ユニットを庫内に置き、凝縮ユニットを庫外に置くセパレート形では、クーラー出

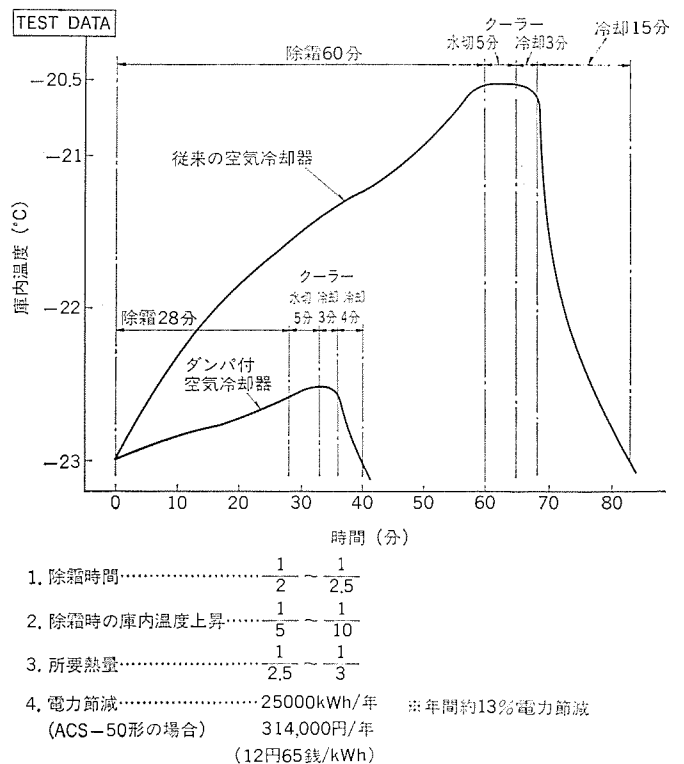


図 5. ダンパ付空気冷却器の除霜性能 (従来形空気冷却器との比較)

口におけるスーパヒートコントロールを行っていたが、膨脹弁制御に工夫を加えてパッケージ形と同様にアキュムレータ出口におけるスーパヒートコン

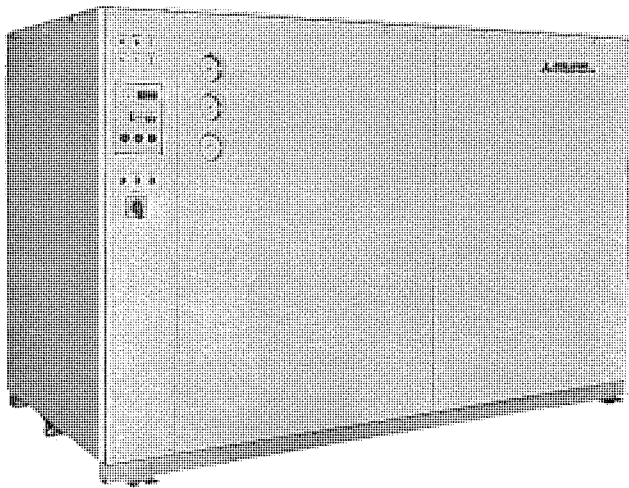


図 6. 省エネルギー形空気冷却器ユニット (ACS-SC 形)

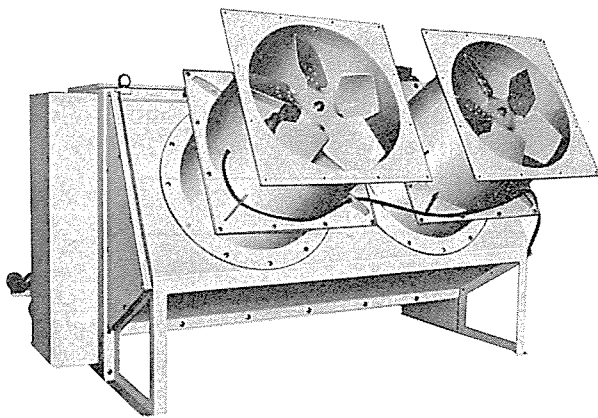


図 7. 凝縮ユニット (ACS-SC 形)

コントロールを行い空気冷却器の性能を向上した。

(2) 凝縮ユニット

凝縮器の冷却管は水側の乱流を助長する特殊なみぞ(溝)を持ち、冷媒側は液切りをスピーディに行う凝縮性能の高い特殊伝熱管を採用した。また、2 段圧縮式のメリットを活用する高圧液のサブクールを強化し成績係数を約 5 % 向上した。

冷蔵倉庫は全体的な合理化を進めるためコンパクト化が進められているので、コンデンシングユニットは図 7. に示すように冷蔵扉上部のデッドスペースに設置されるケースが多い。この点を考慮して背丈が低い軽量でコンパクトなものにまとめた。また、後述する節電コントロール(インテリジェンスモノコントロール)を装備できるようにした。更に、冷媒制御の改善に伴いホットガス配管は液配管と共用化するようにできたので、現地工事費用の縮減が行えるメリットもでた。図 7. に新形凝縮器ユニットの外観を示す。

2. 2 運転制御の効率化

最近の冷凍装置はほとんど自動化されているが、「自動」も内容を見ると「冷蔵庫を所定の温度に冷やせばよい」という単純なものが多く、自動化がかえって電力の浪費を招いていることがある。冷蔵倉庫には、空気冷却器ユニットと凝縮器ユニットから成る主要な冷凍機器のほかに、クーリングタワーや冷却水ポンプの冷凍補機、照明設備、フロアヒータ、荷役機械、事務空調設備など数多くの動力機器を備えている。冷凍機器は全電力量の 80 % を占めるのでこの動力機器の効

率的な運転が最も重要だが、効率的に運転すれば全体の 5 % 程度で済む冷却負荷も安易な自動化や集中化を行えば倍以上の電力浪費を招くこともあるので、きめ細かな運転制御が必要である。きめ細かな運転とは、負荷条件と冷凍技術を熟知したベテランがすべての動力に目を配り、少しの無駄も許さない運転である。この思想に基づき電子頭脳によるインテリジェンスな節電コントロールを開発した。

このコントロールとしてはクーリングユニット 1 台を対象とする「インテリジェンスモノコントロール」と大規模な複数台のクーリングユニットを対象とする「インテリジェンスマルチコントロール」の 2 機種を用意した。

2. 2. 1 インテリジェンスモノコントロールの制御内容

(1) 温度制御 (インテリジェンスサーモ)

これは無駄な冷やし過ぎを防止するサーモで、室温 -23°C の F 級冷蔵倉庫に適用する場合 6~10 % の節電を図る効果がある。

従来のサーモスタットは図 8. (a) のように制御する温度幅をあらかじめ設定し、上限と下限 (ON 点と OFF 点) の範囲内に庫内を維持しようとするものである。図例の場合には庫内を平均的に -24.5°C に維持したことになり、意図した制御が行われた例である。

しかし、常に負荷は変動しているうえに広い庫内の部分的な保管品の出入りにより庫内温度が 2~3 deg ばらついていることなどから、検出端付近の温度が図 8. (b) のような変化を示すことがある。これは保管品の入庫率が 1~3 % として冷却設備能力を決めているのに対し、庫内温度のばらつきにより 40~50 % にも及ぶ保管品を 1~3 deg 冷却するのに長時間運転が行われている事例である。この図例の場合は、庫内を平均的に -26°C 近くに維持したことになり予期せぬ電力浪費となる。

図 8. (c) はこの飽和現象を防止するため、サーモスタットの作動温度差を小さく制御した例で、逆に予期せぬ過小負荷のためにショートサイクル運転になっている。これも電力浪費と冷凍機の早期摩耗が避けられない。

図 8. (b) と (c) の矛盾を解決するのがインテリジェンスサーモで (b) のような飽和状態に至る前に、強制的に冷凍機器を停止し図 8. (d) のように冷やし過ぎを防止するとともに、過小負荷に対しても (c) の状態を (a) のように制御する。

冷蔵倉庫の熱負荷を保管品の冷却として 45 %, その他外気との温度差に起因するもの 40 % とすると 1 deg の冷やし過ぎ防止には次のような節電効果がある。

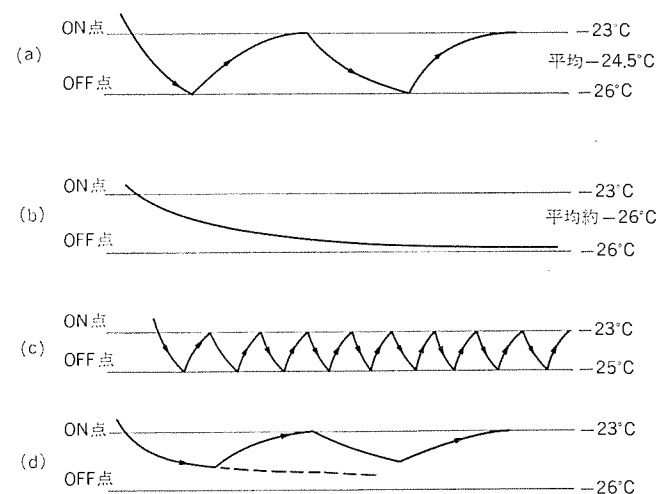


図 8. 従来サーモとインテリジェンスサーモ

入庫温度	-10~-15°C	1 deg 当たり 12.5%~7.7% の 負荷減
保管温度	-23°C	
冷却温度差	13~8 deg・C	
年間平均外気温	15°C→1 deg・C 当たり 2.6% の負荷減	
総合的な負荷減	1 deg 当たり → (12.5~7.7) × 0.45 + 2.6 × 0.4 = 6.6~4.5%	

冷凍機の成績向上 2%

したがって、1 deg 当たり 8.6~6.5% の省エネルギーが図れる。

(2) 除霜制御 (エレクトロニックデアイス)

低温用空気冷却器の除霜はタイマで除霜を開始し、クーラーの温度を検出するサーモで終了するのが一般的である。このほかに着霜すると圧力が下がる特性を利用する圧力式、クーラー吸入温度と蒸発温度との温度差が拡大する特性を利用する方式や、送風機電流が増える特性を利用する方式などがあるが、どの方式も環境変化に十分追従できないため不合理なタイマ式に頼っていた。しかも年間の外気条件や保管品の水分に変動があるので、タイマ式は安全側に設定しなければならず除霜回数が多過ぎる結果となっていた。除霜を効果的に行うためには、総合効率を最も高くする時期に行わなければならない。

$$\eta = \frac{\eta_1 \cdot Q \cdot t - H_1 - H_2}{\eta_2 \cdot P \cdot t + P_D + P_{CD}}$$

η : 総合冷却効率

Q : 無着霜時の正味冷却能力 (kcal/h)

P : 無着霜時の冷却運転に要する全動力 (kcal/h)

t : 除霜までの運転時間

η_1 : 運転中の平均冷却能力係数

η_2 : 運転中の平均動力係数

H_1 : 空気冷却器の加熱熱量 (kcal)

H_2 : 除霜時に庫内に流出した熱量 (kcal)

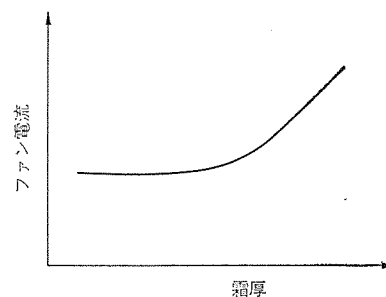
P_D : 除霜に要した全動力

P_{CD} : 除霜時に昇温した庫内を元に戻すために冷却に要した全動力 (kcal)

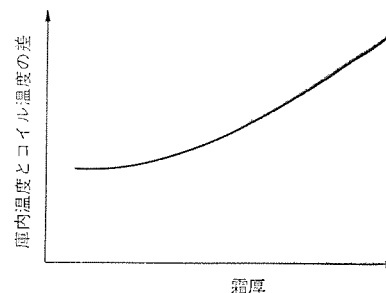
なお霜を溶かすのに必要な動力は P_D に含まれ、溶けた水は庫外に排出されるので、再冷却の負荷は庫内に流出した“もや”だけである。このもやと顕熱流出分は H_2 に含まれる。

この総合効率が最も高くなる除霜タイミングは、着霜速度と空気冷却器の熱容量と庫内流出熱量 (H_2) により変るが、大形空気冷却器やダンパがついていないような場合はむしろ η_1 がかなり小くなるまで除霜しない方がよい。倉庫業法を満足する空気冷却器をモデルに試算した結果、ダンパを付属した場合 1,000 トン級で 2.5 kg/h と 1.25 kg/h の着霜速度に対しタイミングの良し悪しで 5~12% 程度の効率の差が発生した。この省エネルギー性を実現するために、インテリジェンスコントローラでは、図 9. に示す着霜量に対する冷媒系統特性と送風機系統の特性を利用して、2つの角度から着霜量を定量的に検出している。

送風機の特性では、温度補正、電圧補正を行うと共に送風機モータなどの機械的経年変化補正を行うようにした。これは着霜量に対する送風機動力の増加が最大 5% に対し庫内温度 1 deg の変化が約 0.4% の増減を誘起することもあることを考えれば重要なことである。冷やし込みや急速凍結の場合に短時間のうちに 10~20 deg・C 変化するから、この補正なしでは実用化にならなかった。電圧の変動はほぼ比例的なのでよく理解できる。



(a) 着霜量と冷媒系特性



(d) 着霜量と送風機特性

図 9. 着霜量に対する冷媒系、送風系の特性

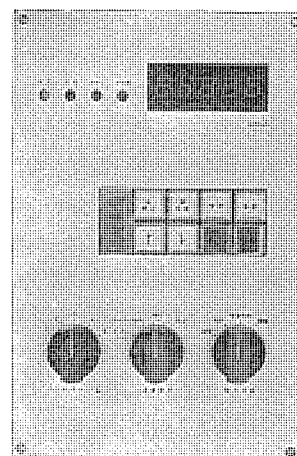


図 10. インテリジェンスモノコントローラ

インテリジェンスコントローラでは以上のように無着霜時の 2つの特性を記憶し、刻々変る庫内温度、送風機電流、電圧を毎分 16 回とり込み、クーリングユニットの特性と比較し総合冷却効率の最も高い時期に除霜する方式を採用し、省エネルギー化を図った。

(3) タイムスケジュールとナイトセットバック

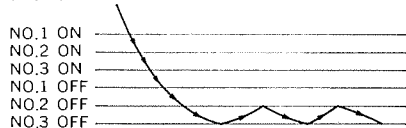
冷蔵倉庫では入出庫のない夜間は特に負荷が軽減する。この場合、昼間と同じ温度制御を行うとショートサイクル運転が起こりやすく電力浪費を招く。夜間は強制停止しても品質に与える影響が少ない例が多いので、夜の停止と朝の始動時刻をインプット出来るようにした。なお、突然の負荷に対応できるように、この間は昼間より 1~5°C 昇温したら再び冷凍機を運転するセットバックの機能も付加した。夜間のセットバックは 1 deg・C につき約 2.6% の節電になると推定される。また停電自動復帰の制御も行っている。図 10. に外観を示す。

2. 2. 2 インテリジェンスマルチコントローラの主な機能

(1) 複数台制御

分散冷却方式の省エネルギー性は補機を含めた台数制御にあるが、従来複数台のクーリングユニットを制御する場合ステップサーモスタットを使用

従来方式



インテリジェンス複数台制御

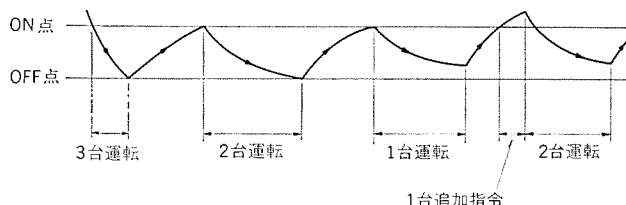


図 11. インテリジェンス 複数台制御

していた。これは図 11. に示すように各冷凍機の ON-OFF 温度を少しずつずらして行う制御であるが、低負荷時には冷やし過ぎの浪費が発生してしまう欠点がある。

インテリジェンスマルチコントローラでは、複数台制御の場合もインテリジェンスサーモの思想を取り入れて節電化を図った。この制御では、図 11. に示すようにすべてのクーリングユニットの ON-OFF 温度は 1 台運転の場合と同じである。冷却能力が大きく勝っているときは、OFF 温度に達すると運転していたすべてのユニットが停止するが、次の始動時には 1 台減らして運転する。このようにインテリジェンスサーモの運転パターンに入るまで台数を減らす。庫内温度が ON 点に上昇し、指定台数のユニットが運転しても ON 点以下に保持できないときは、停止中のユニットを 1 台呼出してインテリジェンスサーモの運転パターンにする制御を行う。この制御により必要最少限の動力消費で済ませている。なお、始動時のユニット呼出しは累計運転時間の最も少ないユニットを優先するローテーション方式を採用している。

(2) 週間タイムスケジュールとセットバック

1 日 2 回の始動、停止時刻を 1 週間分設定することにより、あらかじめ負荷対応策が図れる。停止中のセットバックガードも行っている。

(3) 温度シフトコントロール

冷やし込みの時の温度とその後の保持温度を自動的にシフトする制御により、ショートサイクルの防止と品質向上を図っている。

この温度シフトコントロールは食肉のスーパーチャージとその後の保冷に適用して省エネルギーを図る場合などに有効である。すなわち、食肉のように冷却スピードが肉の熱伝導率に依存する場合、最初から保冷温

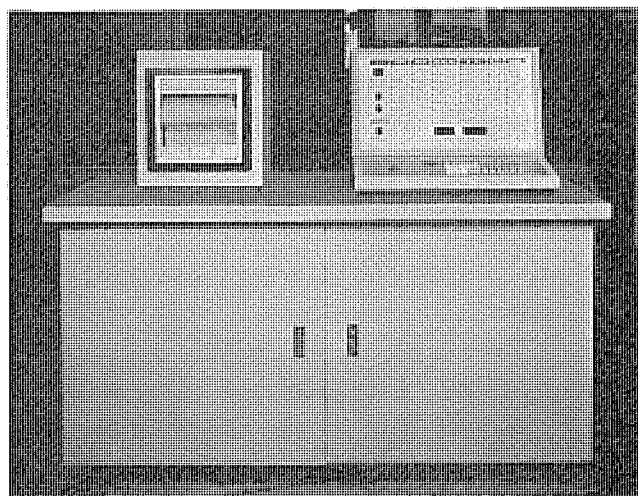


図 12. インテリジェンスマルチコントローラ

度に制御しては冷やし込みの時にショートサイクルの非効率な面が現れるので、肉の表面がスーパーチャージ状態になるまで一気に冷却し、肉内部での均温化が進む間停止し、次の運転では保冷温度制御を行うものである。

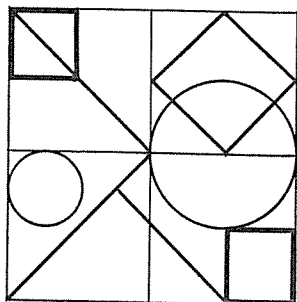
(4) その他

インテリジェンスマルチコントローラが持つ 1 台制御用の機能はすべて備えているほか、冷凍補機を主機と関係づけ、必要最少限の運転を行う「補機コントロール」や「グループ制御」による電力ピークカット機能も備えている。図 12. にその外観を示す。

3. む す び

冷蔵倉庫の主原料である電力料金が一気に 5 割増になったことは我々メーカーを含む業界の死活問題といえる。同じ収容量でも使用電力で従来機の 50% になることは非常に大きい。このため、最近では、新規事業化というより、性能の悪い旧設備を壊し最新設備を建設する、いわゆるスクラップアンドビルト化の傾向にある。

建屋の負荷は改善が困難だが、不要動力の浪費を低減することは比較的容易である。我々は現場冷凍技術者の日常管理の労を少しでも軽減するために、実状負荷をきめ細かく、かつ効率的に省エネルギー化を可能にする冷却設備を提案する義務を負っている。ここで紹介したクーリングユニット並びにインテリジェンスコントローラが関係業界各位にお役に立てば幸いである。



特許と新案

地下加熱冷却装置 (特許 第757037号)

発明者 萩原孝久・町原義太郎・近藤正司

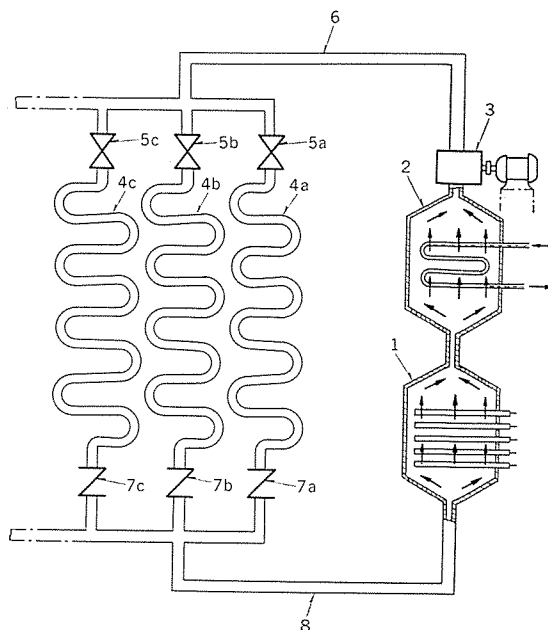
この発明は、液体を循環させてハウス、道路等の土壌を加熱並びに冷却する地下加熱冷却装置に関する。

図において、(1)は加熱装置、(2)は冷却装置、(3)は加熱装置(1)、冷却装置(2)内で加熱、冷却された液体を循環させる循環装置、(4a)(4b)(4c)は内部を上記液体が流通する放熱兼冷却器で、地中に埋設されている。また放熱兼冷却器(4a)(4b)(4c)は一端を各々制御弁(5a)(5b)(5c)を介して連結パイプ(6)で循環装置(3)に連結し、他端は各々逆止弁(7a)(7b)(7c)を介して連結パイプ(8)で加熱装置(1)に連結されている。

このような構成において、土壌を加熱する場合には加熱装置(1)を動作させ、また土壌を冷却する場合には冷却装置(2)を動作させて、液体を加熱又は冷却し、その液体を放熱兼冷却器(4a)(4b)(4c)内に流通させる訳であるが、このとき、制御弁(5a)(5b)(5c)のどれかを操作して放熱兼冷却器(4a)(4b)(4c)のどれかを液体が流通しないようにしておく。

このように構成しておけば、例えば凍結あるいは異物のつまり等により液体が流通していた放熱兼冷却器(4a)(4b)(4c)が循環不能となった場合にも、制御弁(5a)(5b)(5c)を操作して液体が流通していなかった放熱兼冷却器(4a)(4b)(4c)に液体を流通させ

てやれば土地の冷却、加熱が不能になることによる重大事故を防止できる。



マンコンベヤの速度制御装置 (特許 第904606号)

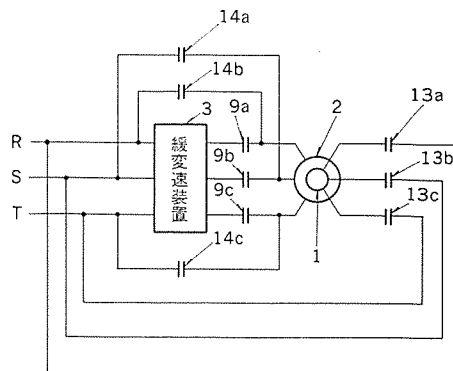
発明者 釜池 宏

この発明はエスカレータ、動く歩道等のマンコンベヤを緩変速する装置が故障したときの制御装置に関するものである。

図において、(1)はマンコンベヤを駆動する三相誘導電動機の低速巻線、(2)は同じく高速巻線、(3)は高速巻線(2)に印加される電圧を変化させて電動機をゆるやかに変速させる緩変速装置、(9a)~(9c)は緩変速装置(3)の正常時は閉成し故障時に開放する故障検出リレー-接点、(13a)~(13c)は低速運転リレー-接点、(14a)~(14c)は高速運転リレー-接点である。

起動指令が出ると、低速運転リレー-接点(13a)~(13c)は閉成し、マンコンベヤは低速巻線(1)によって起動する。加速指令が出ると緩変速装置(3)は作動し、高速巻線(2)が電源R、S、Tに接続される。そして、緩変速装置(3)の作用により電動機はゆるやかに加速する。電動機が低速同期速度に達すると、接点(13a)~(13c)は開放し、低速巻線(1)は切り放される。減速指令が出たときの動作説明は省略する。

低速運転中に緩変速装置(3)が故障しても、接点(13a)~(13c)は開放せず、マンコンベヤは低速運転を継続する。高速運転中に緩変速装置(3)が故障したときも、接点(14a)~(14c)は開放せず高速運転を継続する。低速から高速へ、又は高速から低速へ変速中に緩変



特許と新案

速装置(3)が故障すると、マンコンベヤはゆるやかに減速して低速運転となる。

このように、マンコンベヤがいずれの速度のときに緩変速装置(3)が

故障しても、マンコンベヤを停止させないようにしたので、マンコンベヤ自体の故障でないときに、むだにマンコンベヤを停止させることなく、運転能率を低下させることはない。

保温式炊飯器 (特許 第921233号)

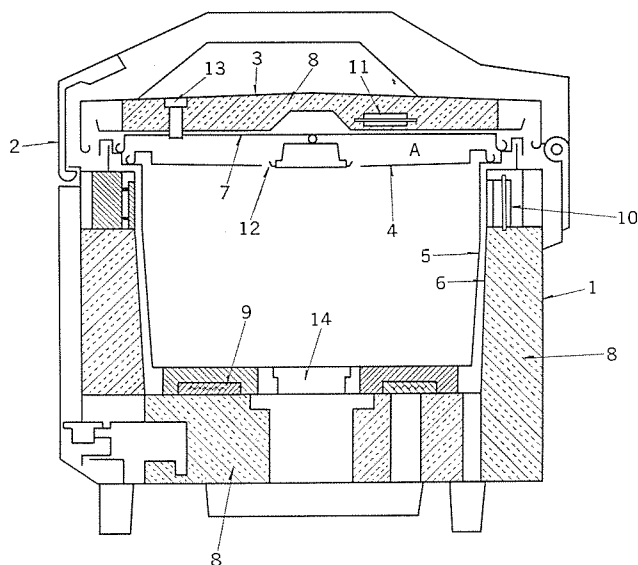
発明者 高橋 正晨・大沢 和夫・石井 寛夫・鶴谷 嘉正

この発明に係る保温式炊飯器は、図に示すように、ケース(1)と、このケース(1)に一端が枢支され、他端に掛ケ金(2)を有する開閉自在な外フタ(3)と、上面開口を第1の中フタ(4)で着脱自在に覆って仮想的に閉ざして成る内釜(5)と、この内釜(5)を包囲状に収納する外釜(6)と、内釜(5)の上面部に配置され、第1の中フタ(4)との間に仮想的に閉ざされた空間(A)を形式する第2の中フタ(7)と、これら各部の外周全体を包囲状と成したグラスウール等の耐熱性断熱材(8)と、内釜(5)の外底を加熱する炊飯ヒータ(9)と、外釜(6)及び第2の中フタ(7)のそれぞれ外面から内釜(5)に対してこれを包囲状に加熱する保温ヒータ(10)(11)とを備えている。なお図において(12)は蒸気孔、(13)は蒸気抜き弁、(14)は温度調節器である。

そしてこの保温式炊飯器は、内釜(5)外釜を炊飯ヒータ(9)で加熱することにより炊飯を行うとともに、炊飯完了に伴なって保温ヒータ(10)(11)に通電し、前記炊飯の残熱と相俟って内釜に対してこれを包囲状に保温加熱として移行させるようにしている。

従ってこの発明によれば、美味しいご飯を炊くことは勿論のこと、

美味しいご飯のまま長時間にわたって保存することができる。

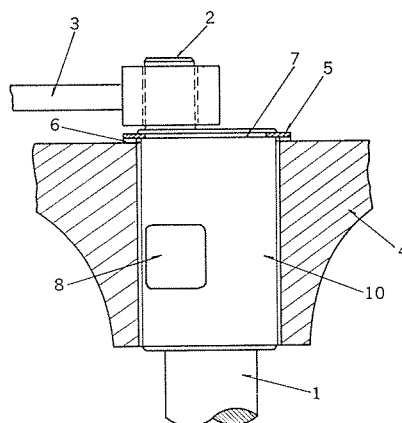


クランク機構 (実用新案 第1222961号)

考案者 遠藤 誠・山城 芳裕

この考案は密閉形電動圧縮機などに使用される片持クランク機構に関する。

従来はクランク軸の軸受部の上部にバランスウェイトを設けていたので、このバランスウェイトが回転できるだけの余分なスペースを要し、また組立時にコンロッドを分割する必要があった。この考案は図示のように、クランク軸(1)の軸受部(10)を大径とし、かつその一部にバランスをとるためのくぼ(凹)み(8)を形成して、バランスウェイトを不要にした。組立てに際しては、クランクケース(4)にクランク軸(1)の軸受部(10)を下方よりそう(挿)入して上端に設けられた止め輪溝(7)にワッシャ(6)に係合し、更にコンロッド(3)の穴にクランクピン(2)を挿入係止する。このあとワッシャ(6)の上にスプリング止め輪(5)に係止して組立てを完了する。このようにコンロッドを割ることなく可能となった。



瞬間・貯湯式給湯機CB-1200形

井上 信吾*・小川 仁*・小木曾明男*・桑沢 宏康*・知久 隆雄*

1. ま え が き

三菱石油気化式温風暖房機石油《クリーンヒーター》などの燃焼技術は、石油を気化し、空気と予混合して完全燃焼させる技術の確立によってクリーンな燃焼を可能とし、熱利用効率の面でも運転音の面でも大幅な技術革新がなされている。この技術を用いて先に開発・発売した貯湯式給湯機“FF式石油ガス化給湯機”CB-200形及び“FF式ガス給湯機”CB-200G形は、従来の給湯機のイメージを一新し給湯機の全く新しい分野を開拓し、市場で好評を得ている。これに続いて、瞬間式給湯機の機能を付加した“瞬間・貯湯式給湯機”CB-1200形(図1.)を開発した。

湯は、豊かな家庭生活には不可欠のものであり、今後その必要性は多岐にわたってますます増大する傾向である。また、エネルギー事情も石油を中心に高価格時代に入り、いかにエネルギーとしての燃料を大切に効率よく使用するかが要求される。我が国では従来より、瞬間式給湯機(湯沸器)と貯湯式給湯機が使われている。瞬間式給湯機は設置の簡便さで、貯湯式は給湯性の面で特長がある。

新開発のCB-1200形給湯機は、前述の燃焼方式と瞬間式給湯機の機能を付加した仕組みによって、従来の給湯機群を上回る経済性(省エネルギー性)簡易設置性、高い安全性、低騒音、かつ貯湯式による便益性を兼ね備えたものである。以下にこの新方式の給湯機並びに給湯の省エネルギー性について述べる。

2. 瞬間・貯湯式給湯機CB-1200形

この給湯機の仕様は表1.のとおりである。特長として、

- (1) 三菱石油気化技術を応用したFF式バーナにより高効率でクリーンかつ低騒音であり、煙突工事也不要である。
- (2) 保温措置を十分施した上方貯留式タンクとバーナ(12,000 kcal/h)を用いた瞬間機能付きの貯湯式で、少量から多量の給湯が可能でかつ自動追た(焚)き式である。
- (3) 貯湯量100 l及び半分の50 lのいずれかに沸上げることのできる切換スイッチ付きで、更に省エネルギー性を追究したものである。
- (4) 角形スリムボディーですえ(据)付面積が少なく、かつ軽量で工事性、運搬性に優れている。
- (5) 太陽熱利用コレクタとの組合せが可能である。

2.1 構成

構成は図2.に示すとおりある。角形スリムボディー内において、上部の貯湯そう(槽)とその下部にバーナ装置と一体化されている熱交換部とをパイプで連結し、出湯はタンク上部より、給水はタンク下部より行い、水道圧による押上方式の先止め式である。燃焼空気は、燃焼用送風機によって外部より給排気トッパ、給気ホースを経て燃焼室に導入され、排気ガスは、燃焼室より直径60 mmの排気パイプ、給排気トッパを経て外部に排出される。いわゆるFF式(Forced Flue System)である。屋外設置の場合は、本体背面の給気用グリルから給気し燃焼室に導入され、排気ガスは燃焼室より排気パイプを経て、

表 1. 瞬間・貯湯式給湯機CB-1200形仕様

能 力	熱 入 力 (kcal/h)	12,000	機 能 部 品 及 び 安 全 装 置	バーナ形式	丸形 MICS プン ゼンバーナ
	灯油消費量 (l/h)	1.46		湯温調整	サーミスタ 50°C ON 60°C OFF
	給湯出力 (kcal/h)	10,600		沸騰防止	ディスク形サーモ スタット
	加熱効率 (%)	98		燃焼器過熱防止	温度ヒューズ
	沸上がり時間 (分)	(15→85°C)38		火災検知	フレイムロッド+ IC回路
	連続給湯量 (l/分)	25 deg 上昇 7.1		点火安全装置	プレバージ方式
	運 転 音 (ホン)	42		停電時安全装置	停電時燃料シャ断 式
電 気 特 性	電 源	AC 100, 50/60Hz	安 全 装 置	対震自動消火装置	落球式燃料シャ断 形 100~170Gal 動作
	消費電力 (W)	点火時 650 燃焼時 最大 688/688 最小 38/38		燃焼用送風機	2段ターボファン 2極コンデンサモ ータ
缶 体	缶体容量 (l)	100	装 置	凍結防止装置	ディスク形サーモ スタット
	缶体材質	特殊フェライト系 ステンレス		給油装置	電磁ポンプ+オイル レベラ
	缶体防食	外部電源防食法 (白金めっきチタ ン線φ1.6) 2個		50 l, 100 l 切換え	サーミスタ 2個 使用
	伝熱面積 (m ²)	0.89		油 検 知	オイルレベラフ ロートスイッチ
構 造	配管接続径 (A)	20(PT 3/4)	リ ボ ッ ク ス ラ ン プ	沸上がり温度安定 装置	特殊温度調整弁
	最高使用圧力 (kg/cm ²)	1.0		ス イ ッ チ	点火スイッチ、貯 湯量切換スイッチ
保 温 効 率 (%)	缶体試験圧力 (kg/cm ²)	7.5	重 量 (kg)	ラ ン プ	確認ランプ、沸上 がりランプ、燃焼 ランプ
	90 (沸上がり後 13時間放置)			大 き さ (cm)	50角, 高さ165

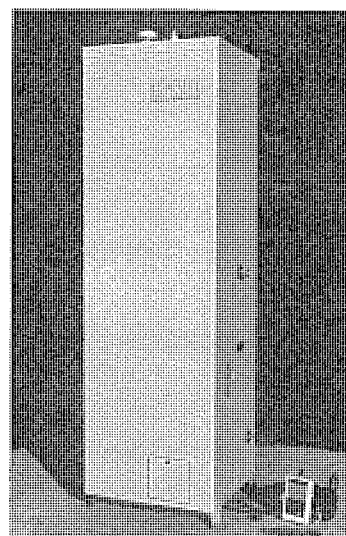


図 1. 瞬間・貯湯式給湯機CB-1200形

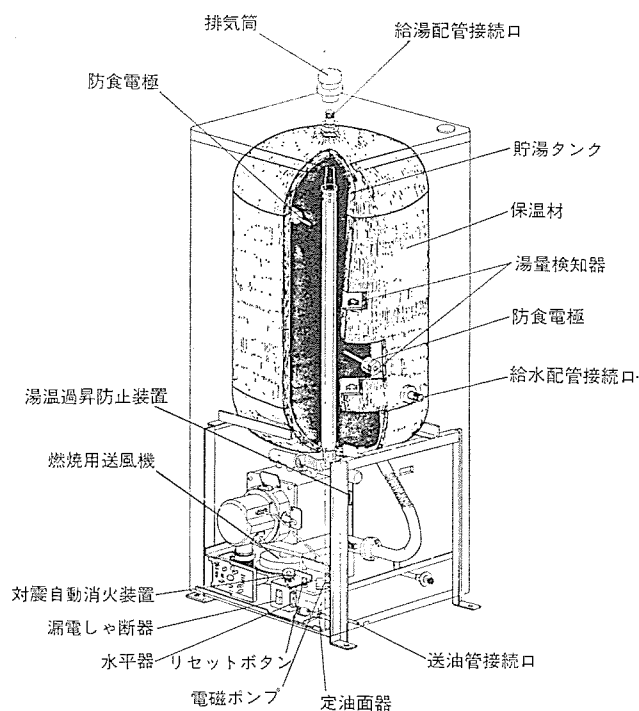


図 2. CB-1200 形構造図

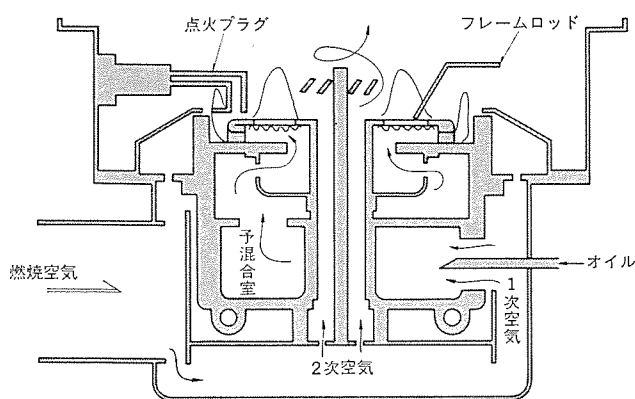


図 3. CB-1200 形燃焼機構

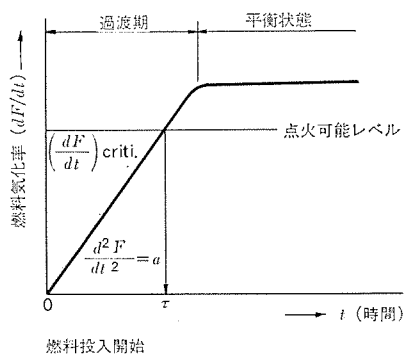


図 4. 点火時の気化燃料供給率

製品上面の排気トップから外部に排出される。いわゆる FE 式 (Forced Exhaust System) である。

(1) バーナ装置

バーナ装置は、灯油を気化し 1 次空気と混合するいわゆる気化予混合室、安定な予混合炎をつくるためのバーナヘッド、火災検知などのセーフティデバイスからなっている。気化予混合室において、電磁ポンプにより供給管の先端から吐き出される灯油は、1 次空気により吹き飛

ばされ微粒子となって 1 次空気とともに熱板に衝突する (図 3.)。そのため熱板上における灯油のガス濃度の濃い部分の層が極めて薄くなり気化に要する時間は極めて短縮される。このことは、点火時・消火時の歯切れのよい燃料供給の制御につながり、点火・消火の際に排出されて臭気の原因になる不燃成分の低減を果たすことができる。点火時の気化燃料の供給率を簡便に示したのが図 4. である。図に示すように、過渡期において時間 (t) に対する燃料気化率 (dF/dt) の変化 $d^2F/dt^2=a$ (一定) とすると、気化率が点火可能レベルに達する時間 (τ) は、

$$\tau = (1/a) (dF/dt)_{\text{criti.}}$$

この時間までに投入された燃料の総量は、

$$\int_0^\tau F dt = (1/6a^2) (dF/dt)_{\text{criti.}}$$

となる。これは点火の際に排出される不燃成分の量である。この量を低減するためには、過渡期における燃料気化の増加率を上げることが効果的であることが分かる。さて、1 次空気の量は、予混合炎の全域で炭素原子数と酸素原子数との比 $[C]/[O]$ が、

$$[C]/[O] \leq 0.5$$

になるように設定されている。この条件は灯油の火炎から黄炎を完全に除去し、すすの生成を完全に抑えるために必要である。バーナヘッドは、灯油予混合炎のリフト、バックファイアに十分な耐力を持つように設計され、また燃料の気化に必要な熱を燃焼熱より得るために都合のよい構造となっている。したがって、燃料の気化に要する熱量は、燃焼中はほとんどすべて燃焼熱より得られ、電力は予熱時に必要とされるだけである。

現在、石油給湯機用バーナとして最も広く使用されているガンタイプのバーナでは、灯油はおよそ 7 気圧の高圧でノズルから噴出され直径およそ 100 ミクロンの微粒子となって燃焼空間に供給される。灯油の微粒子は火炎中で火炎で加熱され、気化蒸発して周囲の空気と混合し燃焼する。燃料の気化、空気との混合、燃焼の 3 つのプロセスが同じ空間で行われるということは燃焼機構が簡単明瞭で一見都合の良いことのように思われるが、先に述べた炭素、酸素の原子数比 $[C]/[O]$ はガンタイプのバーナの燃焼空間では大幅に分布し、特に火炎中では $0.5 <$ の領域が多く、火炎のすす生成や CO (一酸化炭素)・HC (未燃炭化水素) の排出濃度の点で、気化・混合・燃焼のプロセスが分離され、お互いに干渉することなく常に所定の機能を発揮することができる気化予混合バーナに比肩できない。

(2) 上方貯留式タンクと熱交換器

熱交換器は、銅製のプレートフィン&パイプ方式で、貯湯タンクの下部に設置しバーナ装置と結合一体化されている。貯湯タンクは、特殊フェライト系ステンレス製で底部から熱交換器の下部ヘッドにパイプで接続し、一方熱交換器の上部ヘッドからは、沸上温度安定装置を経て、タンク内の中央部を通してタンク内上部に開口部を持つ給湯パイプで構成されている。このため熱交換器で加熱された湯は、タンク内の水より温度が高く、浮力を持っているため給湯パイプを通して、タンク上部より貯湯することができる。このとき、タンクに貯えられる湯の量によって、あるいは水温の違いによって沸上る温度に差が生じないように熱交換器の出口に沸上がり温度安定装置を取付けて 85°C 一定にする働きを持たせた (図 5.)。したがって、これらの構造から貯湯を使いきったときでも瞬時にタンク上部より高温の湯を採り出すことができる瞬間式も付加することができた (図 6.)。

沸上がり温度 (ΔT) を一定に維持するためには、タンク内の沸上

フェライト系ステンレス鋼である。ステンレス鋼タンクの採用により、タンク重量は従来のグラスライニング製タンクの1/3の重量ですみ製品重量も58kgと軽量化されている。これは使用鋼材が石油換算で約30lの節約になっている。ステンレス鋼は本来安定した材料であるが、ステンレス製の温水貯湯タンクの場合には、そのおかれている環境上、温水中に含まれている塩素イオン $[Cl^-]$ 濃度、水温、溶接部などの金属組織の変化などによって腐食が進行する場合があった。そこでCB-1200形の貯湯タンクはその対策として、

(a) ステンレスの鋼種を応力腐食割れの発生しない特殊フェライト系ステンレス鋼の採用

(b) 安定した溶接・構造の採用

・すきまのない溶接構造(突合せ溶接)

・両面不活性ガスシールにより、酸化スケールの発生を防止

(c) 外部電源電気防食の採用により防食

以上3点を採用することによりグラスライニング製タンクに匹敵する耐久性の有るタンクが実現できる。そこで(c)の電気防食について簡単に触れてみるとステンレス鋼や鉄などには、ある電極電位というものに境にして腐食しなくなる現象がある。この腐食のない電位内(防食電位内)にあれば腐食量がゼロとなり、割れや穴明きが生じない。ステンレス鋼の場合は不動態域と呼ばれている。腐食電位を孔食電位と呼ぶが、孔食電位は水中に含まれる Cl^- 濃度、水温あるいはすき間のある構造の部分などによって低下し、ステンレス鋼の自然電極電位より低下してしまう場合がある。このとき腐食が始まる。そこで、低下した孔食電位よりも更に低い電位にステンレス鋼の電極電位を維持させるために、外部電源による電気防食を行い腐食を防ぐ。電気防食法には、犠牲陽極方式と外部電源方式の2通りあり、前者は犠牲陽極の消耗によって、後者は外部の電源を利用して必要な電流を流し防食する。犠牲陽極は、電極が溶解するために浮遊物や沈殿物が発生したり、水の悪いところでは、2~3年で電極を取替える必要がある。外部電源の電極は、チタン線に白金めっきを施して電極の消耗を防いで長期に使用できるもので、CB-1200形はこの方法を採用している。従来のステンレス鋼の腐食例とその対策について表2.に示す⁽¹⁾。

2.2 給湯特性

(1) 湯温の変動が小さい。

100l貯湯タンクを設けているため、出湯温度は常に安定し、シャワーをはじめ少湯量ときでも常に適温の湯が得られる。また、100lタンクは貯湯と同時に瞬間式給湯機に有りがちな後焚現象、立上がり

表2. 従来のステンレス鋼の腐食事例と対策

腐食事例	現象	対策
(1) 応力腐食割れ (代表的な腐食)	オーステナイト系ステンレス鋼に発生し、溶接部や残留応力の大きなところに発生し孔食、すきま腐食を起点とする貫粒樹枝形の割れ。	・フェライト系ステンレス鋼の採用 ・電気防食により防食
(2) 孔食・すきま腐食	缶体の接合部にすき間のある構造の場合、すき間部から腐食し、局部的な腐食である。 要因は (1) 湯温が高い環境中 (2) Cl^- 濃度が高い場合 (3) すき間のある構造	・すきまのない構造 ・酸化スケールの発生しない両面不活性ガスシールによる溶接 ・電気防食により防食
(3) 粒界腐食	溶接付近から腐食する現象で、溶接方法が適切でない場合発生。	・鋭敏化しない溶接 ・鋭敏化の影響を受けにくいステンレス鋼の採用 ・電気防食により防食

特性をも解消する役割をもっている(図8.)。

(2) 浴槽への給湯も10分

85°C、100l貯湯容量のため、普通の200lの浴槽では10分で給湯できる。

(3) 湯切れのない自動追焚き、連続給湯も可能

貯湯式の問題点として「湯切れ」があるが、CB-1200形は、湯量検知サーミスタにより85°C10l程度使用すれば低温をキャッチして自動的に追焚きし、タンク上部へ85°Cの湯を約3l/分の割合で供給、貯湯している量にプラスして使用できる。また万一貯湯している量を全部使用してしまっても、7号の連続出湯が可能であり湯切れを起こすことはない(図8.)。

(4) 高温湯が有効に使える

85°Cの高温湯を上部から採り出し、その補充は下部より水道圧により自動給水する。湯と水の温度差が20°C以上であれば密度差で混合・対流は起こりにくく、85°Cの湯が採り出せる(図9.、図10.)。

(5) 保温力が優れている

使用しない夜間あるいは外出時、85°Cの湯を100lのままで放置しても湯温の低下はそれ程大きくなく、1時間当たりの放熱量も約70kcal/h程度である(図10.)。入浴時以外は50lの貯湯量に切換スイッチを合わせておけば、更に放熱量を抑えることができ1時間当たりの放熱量も約10kcal/hと非常に小さい(図9.)。

いずれの場合も従来の給湯機に比べ格段に放熱ロスが少ないとい

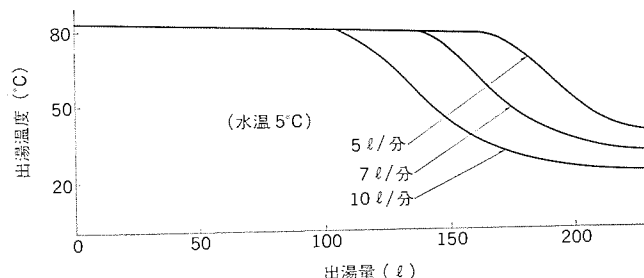


図8. 100l貯湯時出湯特性

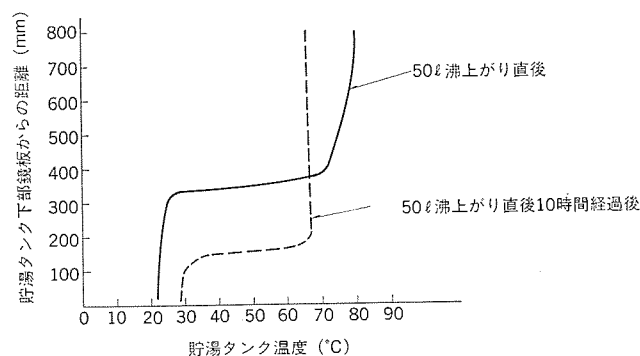


図9. 貯湯タンク内の温度分布

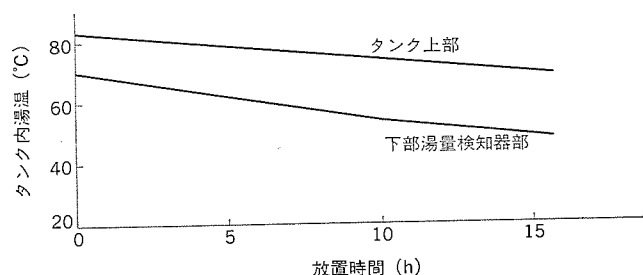


図10. 100l貯湯の場合の放熱特性

える。これは、貯湯タンク全体を 50 mm のグラスウールで包んであり、かつ放熱を促進する煙突などを追放した構造によるためである。

3. 給湯性能と省エネルギー性

一般家庭における給湯箇所と 1 日に必要な平均的热量を表 3. にまとめた。給湯箇所にはそれぞれ異なった給湯能力、使用方法が要求されるが、最も負荷の大きい箇所は浴槽への給湯であり、最も負荷の小さい箇所は台所で比較的低い温度の湯が少量必要である。また、給湯する時間帯をみれば台所は朝昼夕、洗面所は朝夕、ふろ(風呂)は夕、とかなり給湯箇所によって使用する時間帯がはっきりしている。これらの給湯の特長を生かしながら、省エネルギータイプとして使用できるものと思われる給湯機の省エネルギー性について表 4. にまとめた。また貯湯式給湯機及び CB-1200 形給湯機と瞬間式給湯機

表 3. 一般家庭における 1 日の給湯負荷例

給湯箇所	使用湯温 (°C)	給湯量 (l/分)	熱量 (kcal/h)	使用量 (l/日)	栓開閉回数
台 所	40 以下	3 ~ 5	6,000	90	10
洗 面 所	40 ~ 45	10	18,000	20	4
浴 槽	45 ~ 85	10	42,000	200	2
シャワー (上がり湯)	42 前後	10	16,200	166	10

- (1) 条件 水温 17.9°C, 家族数 4 名, 浴槽 1.5 人用 (東京地区 春, 秋)
- (2) 台所は主に使用する温度を表示。
- (3) 浴槽の 85°C はさし湯に使用。
- (4) 給湯量とは蛇口から流す量を表す。
- (5) 熱量は給湯量に合う熱量を表す。
- (6) 使用量は, 1 日の合計給湯量である。

表 4. 給湯機の省エネルギー性

項 目		CB-1200 形		16 号瞬間形		貯 湯 形	
		A	B	C	D	E	F
給 湯 負 荷 (kcal/日)		12,000					
給 湯 量		表 3 による					
熱ロ 分 (kcal/日)	放 熱 量	1,680	630	—	—	5,000	1,800
	立上り損失	—	—	1,520	—	—	—
	種 火	—	—	1,500	1,500	—	—
	給 湯 ロ ス	—	—	1,600	—	—	—
配管熱ロス		600					
熱交換効率(低位基準) (%)		88		85		80	85
1 日に必要な熱量 (kcal/日)		16,230	15,030	16,610	19,995	30,400	16,940
灯 油 換 算 (l/日)		1.97	1.83	2.02	2.43	3.69	2.06
エネルギーコスト (円/日)		157.60	146.40	161.60	194.40	295.20	164.80
エネルギーコストの差 (円/日)		11.20	0	15.20	48.0	148.80	18.40

- (1) 条件 A: 100 l 貯湯 24 時間, B: 100 l 貯湯と 50 l 貯湯併用, C: 入力比例制御 4 ~ 16 号, D: 入力強弱切換 8, 16 号パイロットフレーム付き, E: 煙突付ドラフト燃焼, F: FF 式省エネルギータイプ
- (2) 立上り損失, 配管熱ロスは 1 日 7 回配管内 (配管長 10 m) の湯が水に冷めたとき。
- (3) 種火は 150 kcal/h とし 10 時間点火。
- (4) 貯湯形 E は貯湯 10 時間として。
- (5) 給湯ロスとは台所への必要給湯量 5 l/分とし余剰分をあてはめた。
- (6) 16 号瞬間形は, ガス焚きであるが灯油に換算しなおした。

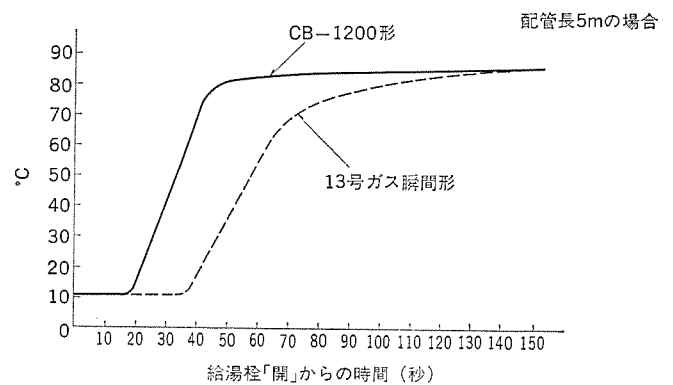


図 11. 貯湯式と瞬間式の立上がり特性

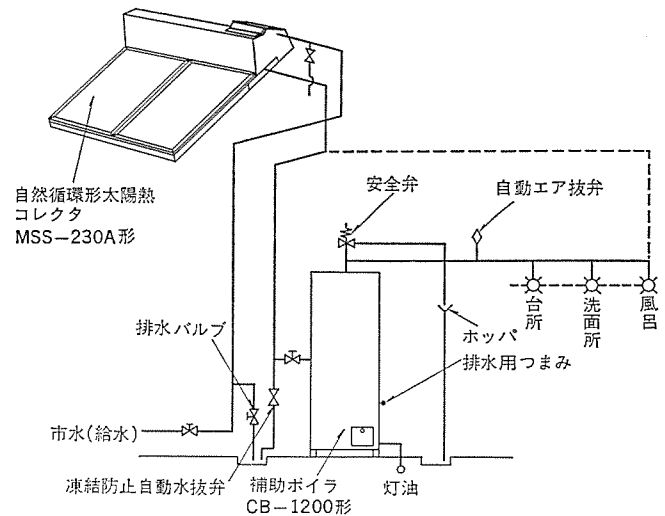


図 12. 太陽熱利用給湯システム

を使用した場合の給湯栓を開いてから湯が出るまでの時間を図 11. に示した。これは表 4. 内の立上がり損失を表したもので, CB-1200 形の省エネルギー性の 1 つの現象である。このように, 瞬間・貯湯式給湯機 CB-1200 形は, 省エネルギー, 省資源形給湯機であると同時に給湯性の優れた機種といえる。そして太陽熱利用給湯システム (図 12.) にすることによって更に 30 ~ 45% の燃料の節約が可能である。

4. む す び

《クリーンヒーター》の石油燃焼技術とステンレス製降下式貯湯タンクとの組合せにより, 省エネルギー, 省資源形の給湯機が実現, 湯の質的向上と共に市場ニーズに十分こたえることができるものと考え、今後とも一層努力を重ねていきたい。

参 考 文 献

- (1) 林, 末田, 前北: 日新製鋼技報, No. 38, P. 43 (昭 53)
- (2) 野間口, 西, 牛越, 桑沢: FF 式石油ガス化給湯機と冷暖房システム, 三菱電機技報, 53, No. 2 (昭 54)
- (3) 野間口, 松野, 西, 八代, 桑沢: 気化予熱混合式石油燃焼技術とその応用《クリーンヒーター》, 三菱電機技報, 51, No. 10, (昭 52)

ICスタート《ルミクイック》組込み家庭用けい光灯器具

井上 貞成*・安達 宏美*

1. ま え が き

家庭用照明器具は他の電気製品に比べ、とりわけ人間の生活にかかわりの多い商品であり、人々の意識や生活の質の変化により大きく変革する。

一方需要面から照明をみたとき低成長経済下において新規住宅着工件数の鈍化、住宅過剰時代の到来などの要因により、これまでのような他社なみ商品では量的拡大は望めなくなっている。また、供給面からみても何千何万という同じような商品が市場にはらん(氾濫)し、一定量のマーケットの中で過当競争を展開している。以上の背景において、このたび発売したICスタート《ルミクイック》組込み家庭用けい光灯器具は技術及び照明の質の向上による市場での差別化により混迷する市場からの脱却を目的として開発したものである。

以下にこのスタートの点灯原理とこのスタートを組込んだ照明器具について説明する。

2. けい光灯 IC スタート《ルミクイック》

従来けい光灯スタートとしてチタン酸バリウム(BaTiO_3)などの強誘電体磁器にみられる、図1のような非直線性特性を利用したけい光灯ランプ始動のためのパルス発生機構が理論的に考えられていたが、これに使用する強誘電体の実用化が困難であった。

今回、東京電気化学工業(株)(以下 TDK)と当社との共同開発により、けい光灯用スタートとして実用に供せられる非直線性誘電体素子(以下素子)とスタート回路を開発し、このICスタート《ルミクイック》

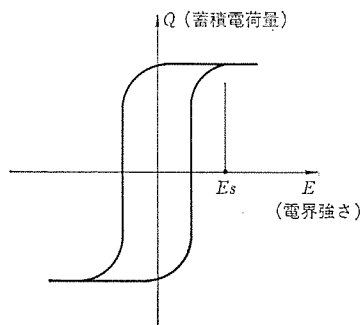


図 1. 強誘電体の非直線性特性

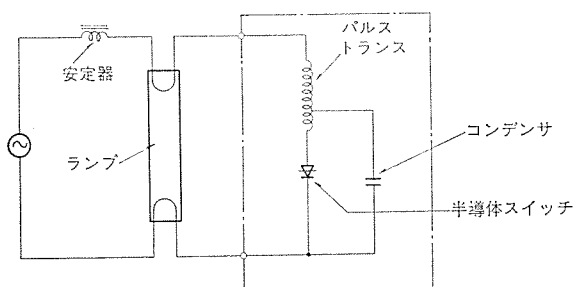


図 2. 電子スタートの基本回路

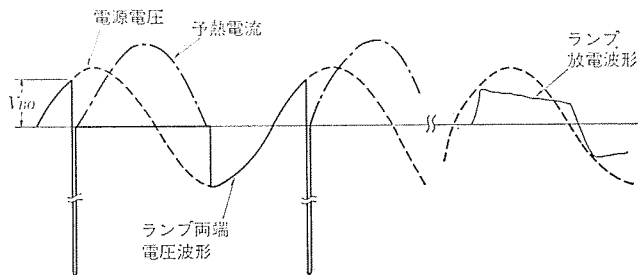


図 3. ランプ両端子間の電圧・電流波形

を組込んだ照明器具を発売した。

以下スタート回路及び強誘電体素子諸特性につき述べる。なお、素子特性の諸データは TDK 提供によるものである。

2.1 従来の電子スタート

今まで数多くの電子スタートが実用化されているが、その基本回路は図2に示す回路である。すなわち、フェライト、けい素鋼板などの磁心を使ったパルストランス、パルス発生用コンデンサ、SSS・SCR・pnpnスイッチなどの半導体スイッチの3点からなり、コンデンサの放電電流をパルストランスで昇圧し、高圧パルス電圧を得る方式である。回路動作を説明するため、図3にランプ両端の電圧・電流波形を示した。すなわち電源投入後、電源電圧はほとんどランプ両端に印加される。この電圧は半導体スイッチとコンデンサに印加され、コンデンサ電圧は徐々に上がって行く。電源電圧が半導体スイッチの動作電圧(V_{BO})に達すると、半導体スイッチはONの状態に入る。このときコンデンサに蓄えられた電荷はコンデンサ→パルストランス1次巻線→半導体スイッチの順で放電する。この電圧はパルストランスで昇圧され、ランプに印加される。以後半導体スイッチはON状態を維持し、ランプフィラメントを加熱する予熱電流が、電源→安定器→フィラメント→パルストランス→半導体スイッチ→フィラメントの順で流れる。この電流は、安定器がインダクタンスのために、電源電圧より約90度の位相遅れをもち、電源電圧の負波高値近辺まで流れ続ける。この予熱電流が減少し、半導体スイッチの保持電流以下になると、半導体スイッチはOFF状態になりランプには負の電源電圧がそのまま印加される。以後毎サイクルこの高圧パルス電圧印加と予熱電流の動作を繰返し、フィラメントが十分加熱されると、ランプは放電を開始する。半導体スイッチの動作電圧はランプ電圧よりも高く設置してあるのでランプが放電を開始すれば、半導体スイッチは動作せず、したがって、高圧パルス電圧の発生もなくランプは安定に放電を維持する。以上述べたように電子スタートは1サイクル中に電圧印加期間と予熱電流を流す期間とをもつため、グロースタートに比べフィラメントの加熱が早くなり始動時間が短くなる。

2.2 ICスタート《ルミクイック》

図4. が今回新しく開発した素子を用いたICスタート《ルミクイック》の基本回路である。素子とSCRの2点から成り、素子と安定器の作用で高圧パルス電圧を発生させ、またSCRにより予熱電流を流す。

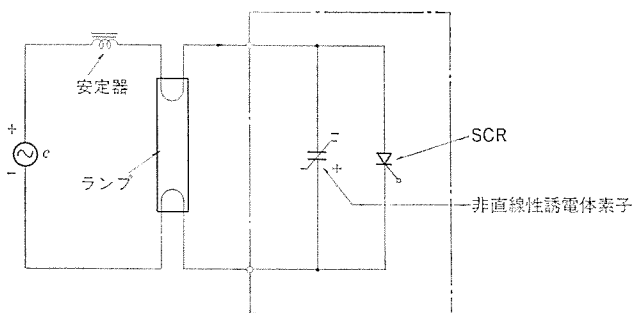


図 4. IC スタータ《ルミクイック》基本回路

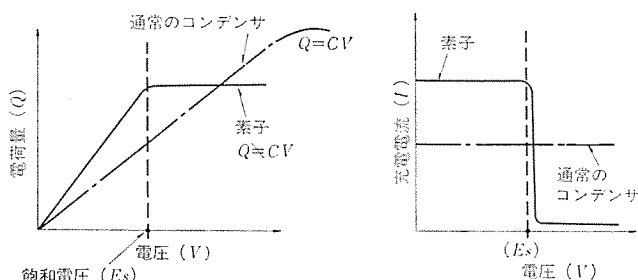


図 5. 素子の充電特性

2. 2. 1 素子の充電特性

この素子は一般のセラミックコンデンサの1種であるが、その充電特性は非常に特異な性質を示す。図 5. はその電圧-電荷量、電圧-充電電流特性であり、通常のコンデンサが、コンデンサに印加される電圧 V とコンデンサに充電される電荷量 Q が $Q=CV$ の関係を持ち直線であるのに比べ、この素子は飽和電圧 E_s 以下では $Q=CV$ の直線関係を保つが、飽和電圧以上になると電荷量 Q は印加電圧にかかわらず飽和し $Q=一定$ となる。この関係を印加電圧 V とコンデンサへ流入する充電電流 I に置き変えてみると、通常のコンデンサが印加電圧 V にかかわらず $I=一定$ の関係を保つのにに対し、この素子は飽和電圧 E_s までは $I=一定$ であるが、飽和電圧をこえると急激に $I \rightarrow 0$ となる。すなわち、時間的に電圧値が変化する電圧を素子に与えた時、飽和電圧を通過する時点で、素子への充電電流は時間的に大きな変化をもつこととなる。

2. 2. 2 パルス発生機構

この素子を用いたパルス発生基本回路は図 6. のように交流電源 e に直列に接続されたインダクタンス L と素子 C とからなる。

交流電源 e がゼロから徐々に上昇するとき、インダクタンス L を通じ素子 C に流入する電流 i は飽和電圧 E_s 以下では徐々に上昇するが、飽和電圧に達すると急激に零へと減少する。この電流 i の変化は当然直列に接続されたインダクタンス L でも起こり、このため $L di/dt$ のパルス電圧がインダクタンス L に誘起される。このパルス電圧は電源インピーダンスが低いので素子 C へも印加され、素子の電圧は E_s 時点において電源電圧よりもはるかに高いパルス電圧となって現れる(図 7.)。

2. 2. 3 回路動作

図 4. の基本回路の素子両端の電圧波形 V_c と安定器に流れる電流波形 i を図 8. に示す。図 4. と図 8. により基本回路の動作を説明すると、電源電圧 e が正サイクルのとき、素子に印加する電圧(SCR にも同じ電圧が印加される)が SCR の動作電圧 (V_{BO}) をこえると SCR は ON 状態となり、予熱電流 i が安定器→フィラメント→SCR→フィラメントのループで流れる。この予熱電流は安定器が誘導性のため

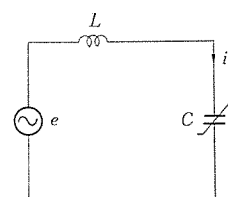


図 6. パルス発生基本回路

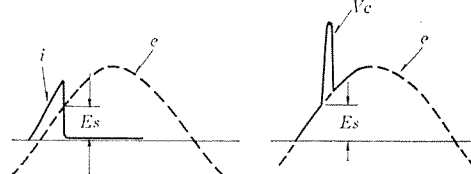


図 7. パルス発生回路の電圧・電流波形

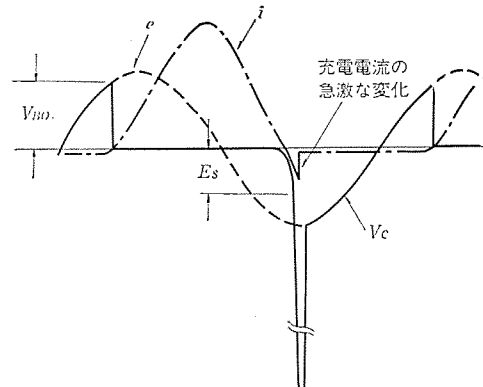


図 8. IC スタータ《ルミクイック》回路の電圧・電流波形

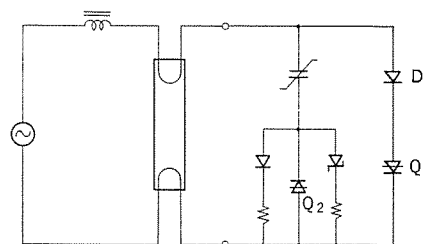


図 9. 実用回路

電源電圧に対し約 90 度遅れる。予熱電流 i が保持電流以下に減少すると、SCR は OFF 状態に入る。このとき、電源電圧はすでに負の波高値近辺に達しているから、SCR が OFF した瞬間に素子にはゼロから電源電圧波高値までの電圧が急激に印加されることとなる。この急激な電圧変化の途中で素子の飽和電圧を設定しているので、素子への充電電流は飽和電圧を通過する時点で急激に零となる。この充電電流の変化は安定器にも起こり、安定器のインダクタンスにより $L di/dt$ のパルス電圧が誘起される。以後毎サイクル、予熱電流を流す期間とパルス印加期間を交互に繰返し、ランプは放電を開始する。SCR の動作電圧はランプ電圧よりも高く設定しているため、ランプが放電すれば SCR は動作せずランプは安定に放電する。

2. 2. 4 実用回路

実用に供する回路は下記にあげる項目を勘案して基本回路を修正し設定する必要がある。

- (1) 製造コストが安く、スタータを小形化出来ること。
- (2) 電気用品などに定められた安全性を保つこと。
- (3) ランプ及び素子の寿命に悪影響を及ぼさぬこと。
- (4) 発生パルス電圧をできる丈高くすること。

図 9. に実使用回路を示す。

予熱電流を流す働きと高圧パルスブロックする働きをなす半導体スイッチとして高耐圧ダイオード (D_1) と pnpn スイッチ (Q_1) との直列回路を採用、また素子へ充電電流を流し込みランプ点灯後はこの電流をカットする目的で第 2 の pnpn スイッチ (Q_2) を採用している。

2. 3 素子の諸特性

この素子は一般の強誘電体コンデンサに広く使われているチタン酸バリウム系の組成をなし、その延長線上にあるものであるが、その電気特性、製造方法、応用用途は一般コンデンサとはかなり異なったものである。

2. 3. 1 材料組成

この素子の組成を決定するに当たり、最も配慮した点は飽和電圧 (抗電場) の低いこと (100 V/mm 程度) であり、したがって Ba-Ti-Sn 系酸化物を採用している。その組成は Ba と Ti がほぼ等モルで、シフターとしての Sn は 5 % 程度である。また鉱化剤として極く微量の Mn を添加している。

2. 3. 2 素子外形

図 10. にその外形を示す。外径 12 ϕ 、素地厚 0.45 mm であり一般コンデンサと同様な外装をほどこしている。

2. 3. 3 電気特性

図 11. に比誘電率-温度曲線を示す。スタータ使用温度範囲、素子安定度などを考慮し、キュリー点を 80°C に設定してある。また 35°C 近辺に第 2 変態点が表れているのが特徴である。

耐電圧 (破壊電圧)、飽和電圧はそれぞれ、6,000 V/mm、100 V/mm 程度である。

図 11. から分かるように本素子の温度特性は 35°C 以下の斜方晶領域、35~80°C までの正方晶領域、80°C 以上の立方晶領域に分かれると推定され、それに対応してそのヒステリシス曲線も変化

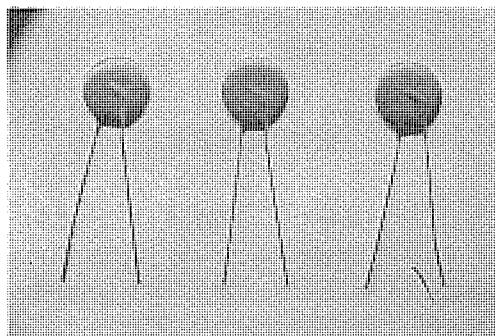


図 10. 非直線性誘電体素子

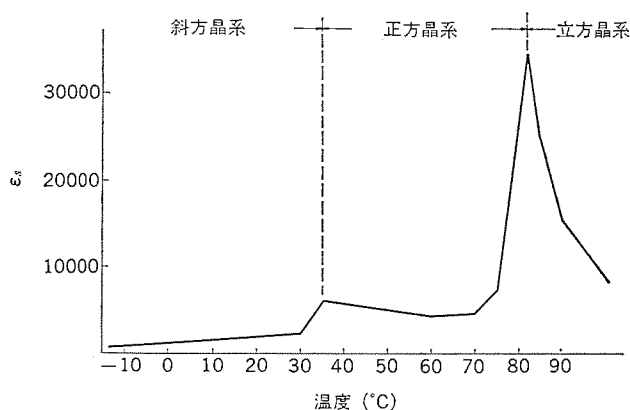


図 11. 素子の比誘電率-温度特性

する。図 12., 図 13., 図 14. はそれぞれ 25°C, 40°C, 90°C のヒステリシス曲線であり、正方晶系からの曲線はかなり角形ヒステリシスからはずれてくる。それに伴って発生パルス電圧も低下する。

2. 3. 4 結晶粒径

本素子の特徴の 1 つとしてその巨大結晶があげられる。図 15. は

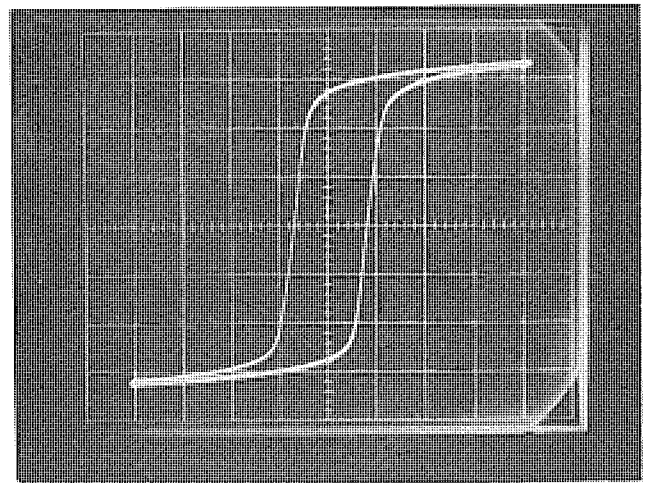


図 12. 素子のヒステリシス曲線 (25°C)

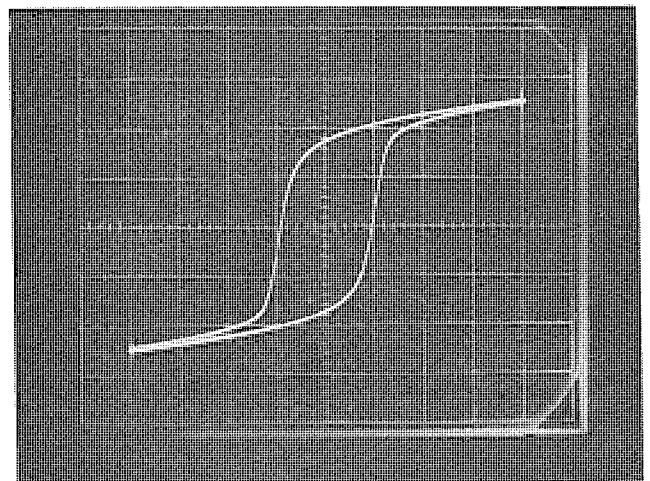


図 13. 素子のヒステリシス曲線 (40°C)

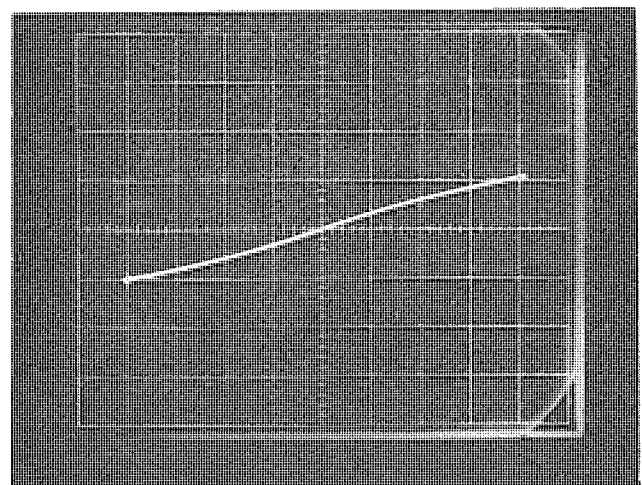


図 14. 素子のヒステリシス曲線 (90°C)

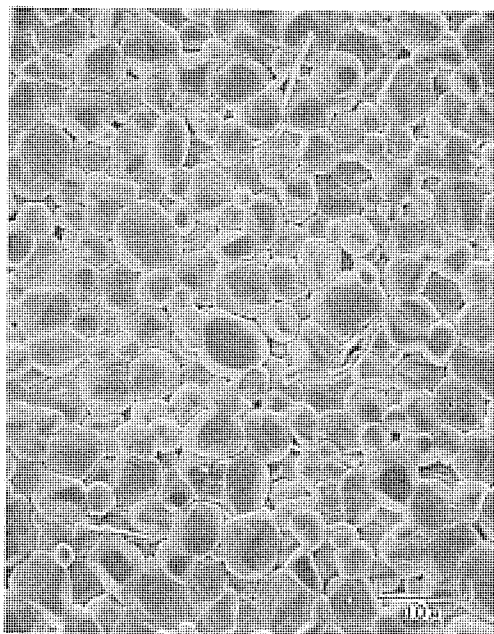


図 15. 一般 BaTiO₃ 系強誘電体の結晶



図 16. 非直線性誘電体素子の結晶

一般コンデンサ、図 16. は本素子の結晶顕微鏡写真であり平均結晶粒径は 50 μm 程度である。

2. 4 IC スタート《ルミクイック》の特長

前述したように IC スタート《ルミクイック》はそのパルス発生機構に非直線性誘電体素子という全く新しい機構を取入れたため、従来の電子スタートがパルストランスにより高圧パルス電圧を得ていたのに比べてかなりシンプルな回路構成となっている。また従来のスタートでは大形のパルストランス及びコンデンサを必要としていたが、これらがこのスタートでは 12φ 0.6t という形状の素子となったため、非常に小形となりハイブリッド IC 化が可能になった。

3. IC スタート《ルミクイック》

組込み家庭用けい光灯器具

以上説明した IC スタート《ルミクイック》を照明器具に組込み商品化したが、開発に先立ち次のような商品コンセプトを設定した。

3. 1 商品コンセプト

- (1) グロースタートを単に IC スタート《ルミクイック》に置き換えるだけでなく、《ルミクイック》の特長を視覚的に顕在化するための暫新デザインを採用する。特に低天井化傾向の住宅構造にも適する薄形化を強調する。
- (2) 改善された速点灯性で従来白熱灯を使用することの多かったトイレや玄関など白熱灯専用空間への進出を図る。
- (3) スタートの IC 化による小形・軽量化で、スタートを環状ランプソケット内に収納し、内部配線の合理化を図るとともに、差別化を視覚的に印象付ける。
- (4) 器具本体とセード部分を分離可能な構造にし、セード清掃を容易にして汚れによる効率の低下を防ぎ、また包装を小形化して持帰

り可能商品にするとともに輸送保管の効率化を図る。

3. 2 器具構造

以上の商品コンセプトを基に開発した IC スタート《ルミクイック》組込み家庭用けい光灯器具の構造について、従来のグロースタートタイプの器具と対比して述べる。

図 17. は IC スタート《ルミクイック》組込み器具 (FCK-7055 CPLQ)、図 18. は従来のグロースタートタイプの器具 (FCK-7057 CP) の断面図である。

従来タイプにおいては、セードの上側に一部突出したケース内に各けい光ランプのワット数に対応した個々に独立した安定器を固定し、そのほぼ中央部分にグロースタート、スイッチ、豆球などを配置していた。しかもケースの約半分はセードの上面に突出し、残りの半分はセード内に収納される構成であった。当初この基本構成を踏襲して商品設

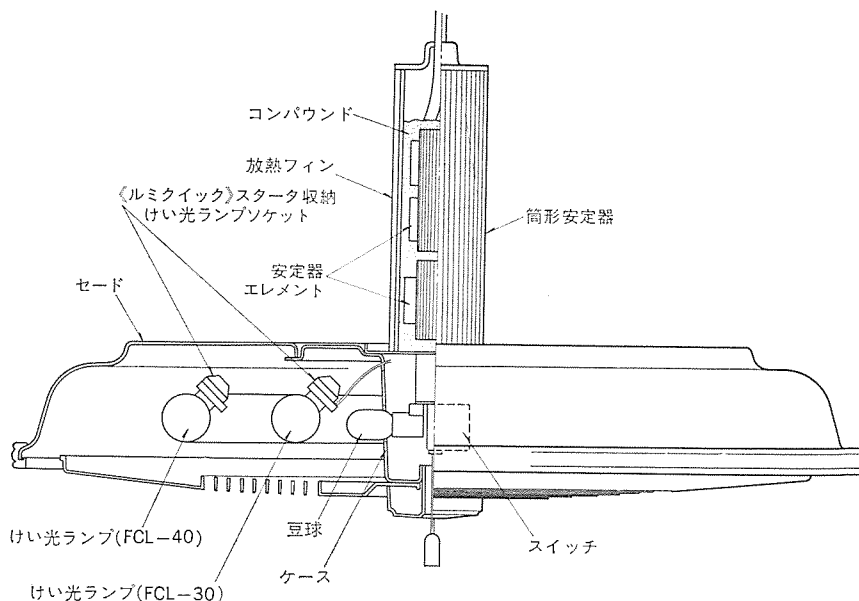


図 17. IC スタート《ルミクイック》組込み照明器具 (FCK-7055 CPLQ) 断面図

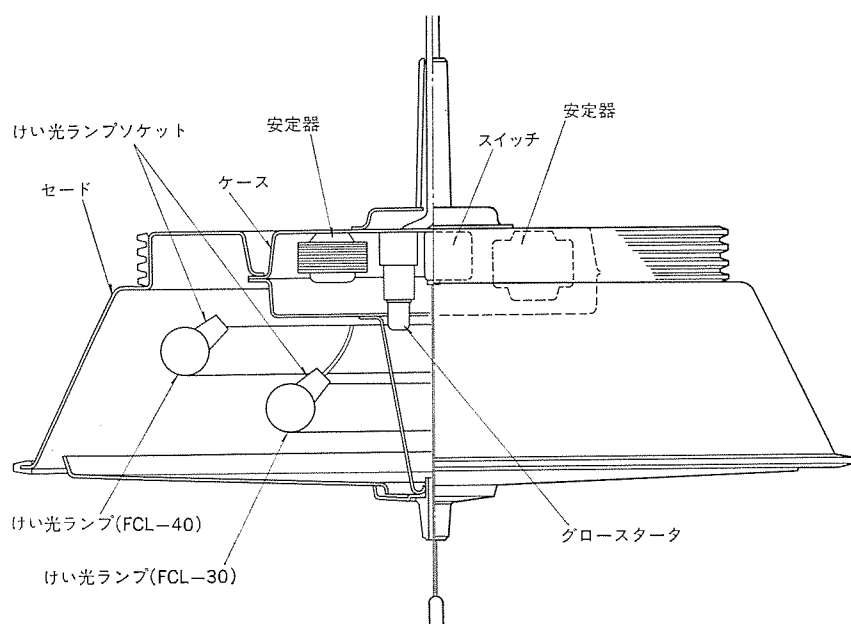


図 18. グロースター 組込み照明器具 (FCK-7057 CP) 断面図

計を進めたが、先に述べた商品コンセプト、特に薄形化を具体化していく段階でこの構成を前提とすると次の問題に遭遇した。

(1) 安定器を覆っているケースにけい光ランプを近接させてもケースの一部がランプ側に突出しているために、2本のランプの同一平面内配列が困難となり薄形化が不十分である。一方、安定器とランプを近接しすぎると両者から出る熱が相互に影響し合い安定器の温度が上昇し器具の寿命に悪影響を与える。またランプ周囲温度が上がるために発光効率が減少する。

(2) 従来の基本構成を踏襲した改良的設計ではデザインの斬新性の表現に限度がある。

以上の問題点を解決するために従来の基本構成を否定した新しい発想が要求され、数々の試行の結果図 17. に示す構成に到達した。すなわち、周囲に放熱フィンを付けた金属製中空円筒体の中に各けい光ランプのワット数に対応した安定器エレメントを収納し、コンパウンドを充てん(填)して筒形の安定器を形成した。更にその下側にスイッチ、豆球などを収納したケースを固定し、ケースはセード内に収納する構造とした。この構成により従来構成で遭遇した問題点の大半は解決した。特に薄形化においてはケースの小形化が実現し、熱の発生源である安定器を器具の上方に配置することによりランプと安定器相互の熱的影響が少なくなり放熱フィンによる安定器エレメントからの熱の効率的な放散と相まって、ランプの同一平面内配列が可能となり理論的にはセードをランプ管径に近い厚さまで薄くすることが可能となった。また筒形安定器をデザイン化し器具の上方に出したために安定器が器具デザインの重要な構成要素となった。なおセードと器具本体

とは合成樹脂の弾性力を利用して着脱可能な構造にすることによりセードだけの水洗が可能となり包装は従来のこのタイプの器具用のものに比べ体積で約半分になった。なおこの構成にまとめる過程で交換可能な個所に設けていたグロースターが小形軽量で交換不用のICスター《ルミクイック》となりランプソケット内に収納されたため設計の自由度が増大しこの構成実現の大きな要因となったことを付記したい。

3.3 器具の特長

以上述べてきたところと重複するところもあるが、器具の主な特長について整理し次に示す。

(1) すぐに点灯する。

グロースター使用の器具はスイッチ ON から点灯までに2秒から7秒程度要していた。ICスター《ルミクイック》使用の器具は0.8秒で点灯する。特にグロースターが寿命末期で外部に光の

無い真暗闇の状態では更に時間がかかったのに対して、ICスター《ルミクイック》は全く影響なく点灯する。

(2) スタータの交換不用

使用ひん(頻)度にもよるが、グロースターは数年で交換する必要があるが、ICスター《ルミクイック》は交換の必要がなく、小形で軽量化されたことと相まってランプソケットの中に収納することが可能となった。

(3) けい光灯のイメージを変えた美しいデザイン

(4) 小形包装

従来品に比べ体積で1/2(当社代表器具と比較)と小形化し、持帰りが可能となり、輸送及び保管の効率化が実現した。また、器具本体とセードが分離可能なため、セードだけを外して水洗することが可能となった。

4. む す び

以上述べたとおり ICスター《ルミクイック》はけい光灯で白熱灯の持つ速点灯性をエレクトロニクス技術の応用により、極めて小形・軽量かつ安価に実現した。省エネルギーが叫ばれている今日、速点灯性の要求から白熱灯が使われている住宅空間にも、効率で3倍、寿命で5倍のけい光灯が今後広く使われていくであろう。このためには ICスター《ルミクイック》を組込んだ照明器具を、現代生活にマッチしたデザインで豊富に市場に提供することがこれからの課題で、今後とも積極的に機種拡大に努めたい。

分散処理指向のオペレーティングシステム —《MELCOM 70シリーズ》UOS—

吉村 康徳*・由留部政則*・北原 拓也*・峰崎 秀生*・武田 浩良*

1. ま え が き

はん(汎)用 オペレーティングシステム UOS(Universal Operating System)は、《MELCOM 70 シリーズ》/モデル 30, 40, 60 ミニコンピュータを、分散処理システムのノードプロセッサとしての幅広い要求に対応させること

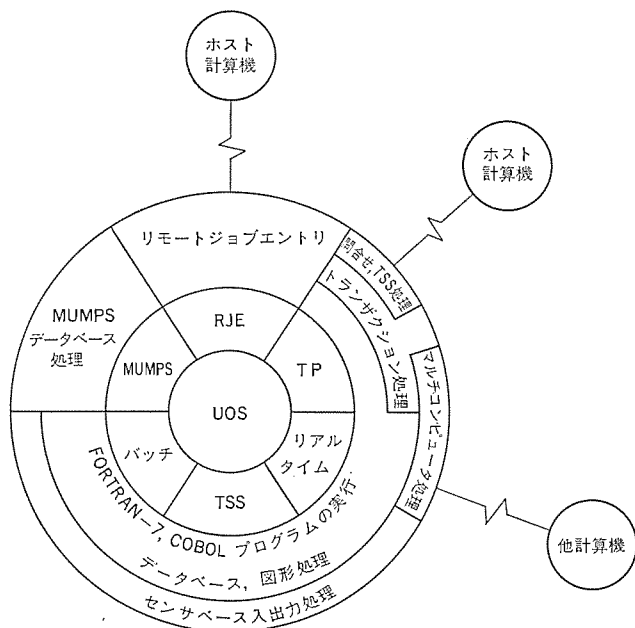


図 1. UOS の処理形態

をねらいとして開発されている。

データ処理、科学技術計算などの分散ノードプロセッサとして必要な諸要素を具備している(図 1.)。

(1) ローカルには、バッチ、タイムシェアリング(TSS)、リアルタイム、トランザクション(TP)処理などの多重処理の実現。

(2) ホスト計算機とは、リモートバッチ(RJE)、問合せ、ファイル転送、TSS処理など多面的結合の実現。

(3) ループ接続などによるマルチコンピュータシステムの実現。

以上の多様な分散処理をホスト計算機と結んで実現する場合、MNA, IRSS などのネットワークサポートソフトウェアが用意されており、図 2. に示すような複合化されたネットワークの構築を可能としている。

以下では、分散指向の OS である UOS の主要ローカル処理コンポーネントであるトランザクション処理、リモートバッチ処理と MUMPS 処理について、その目的と特長、適用例を述べる。

2. トランザクション処理(TP)

UOS-TP システムは、遠隔端末装置を通信回線で結んで、問合せ、データ集信、データ配信、メッセージ交換業務を行うことができる。

UOS-TP システムは、単独でシステムを構成することができし、他のコンピュータシステムと接続してコンピュータネットワークシステムを構築することもできる。

集中処理の長所は、システム開発における投資の重複を避け、データ及び管理の一元化が容易なことである。一方、短所としてはシステム規模の拡大につれて、単一のコンピュータで極めて高性能、高機能を

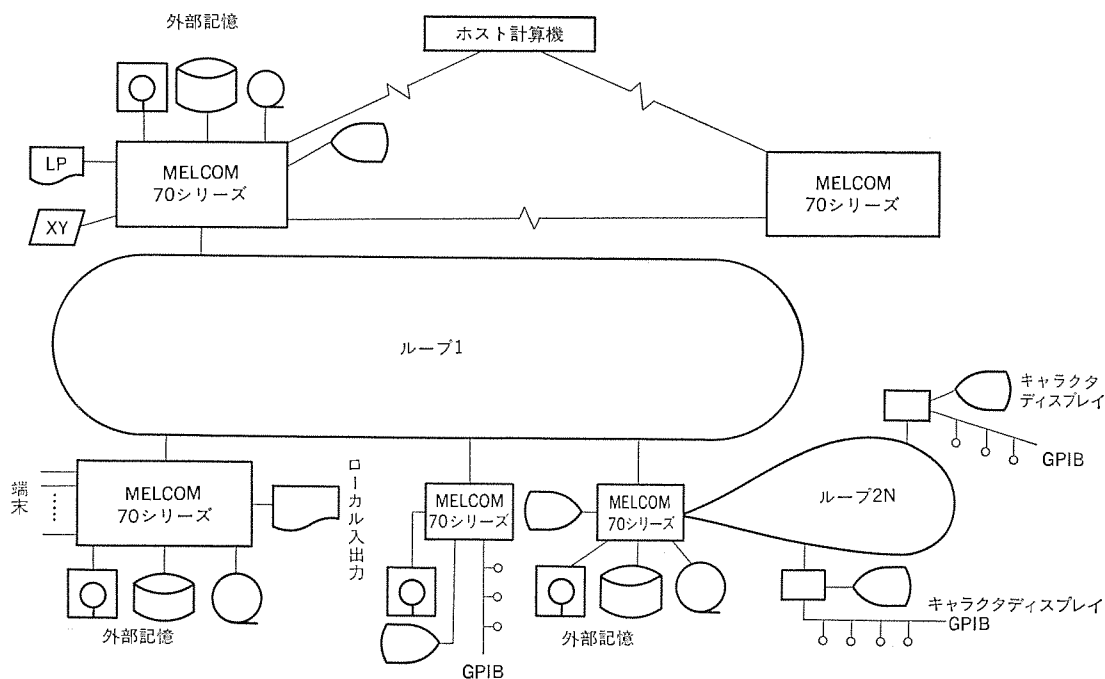


図 2. 分散処理ネットワーク例

このような状況に対し分散処理のねらいは、システム規模の拡大に
対してハードウェア、ソフトウェアをモジュール化、分散化することにより
全体としての能力を上げ、かつ小規模システムの持っている取扱いや
すきを残そうとしたものである。

このような考え方に基づき、UOS-TP は分散化、広域化をねらった設計となっている (図 3.)。

(1) 業務プログラムからのネットワーク制御の独立化

ネットワーク制御マクロとして、他のコンピュータや端末装置とのデータ入出力を行う基本マクロが用意されており、業務プログラムが簡単に他コンピュータや端末装置と通信できる。

固定わく(枠)画面利用による オペレータガイダンスの充実を図り、キャラクタディスプレイ 端末の取扱いを容易にするとともに更に処理機能の分散を進めインテリジェント 端末システムをも、その端末として接続でき、ホスト 計算機を含め 3 階層の機能分散を可能としている。

漢字 ワークステーション、漢字 プリンタ、キャラクタディスプレイ 装置、リモートプリンタ、POS、ハンド OCR、インテリジェント 端末、生産管理端末、手書き OCR など多様な端末の接続が可能である。

HDLC, SDLC, BSC, JIS-BASIC, BP-1 フリーランなど数多くの手順を標準的にサポートしている。

(a) ネットワーク処理とローカル処理の多重処理によりスループットを向上させる。

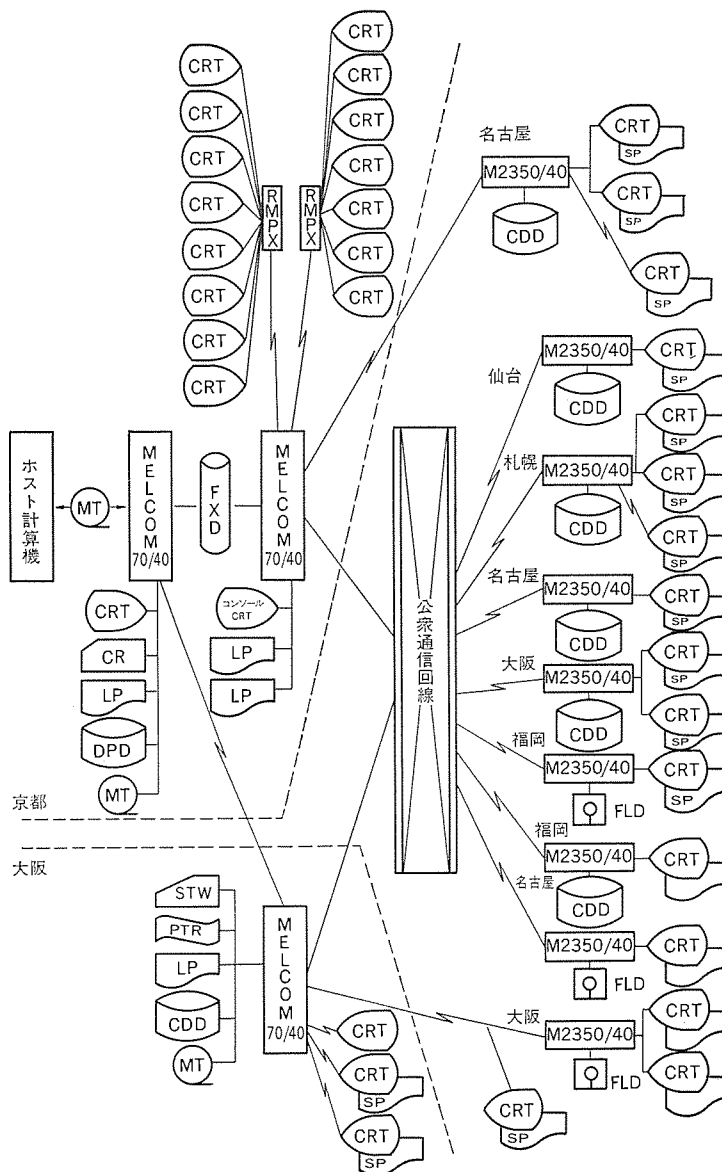
(b) バッチ 伝送と リアルタイム 伝送を同一回線上で実現できるので経済的である。

(c) ホスト回線は処理量に応じ増設することができ、拡張性にも富んでいる。

(d) マルチ CPU による ロードシェアシステム が構成できる。

代表的適用事例には次のようなものがある (図 4., 図 5.)。

(1) 販売管理 : 受注出荷処理, 請求書発行, 在庫管理, 顧客管理



三菱電機技報・Vol. 55・No. 6・1981

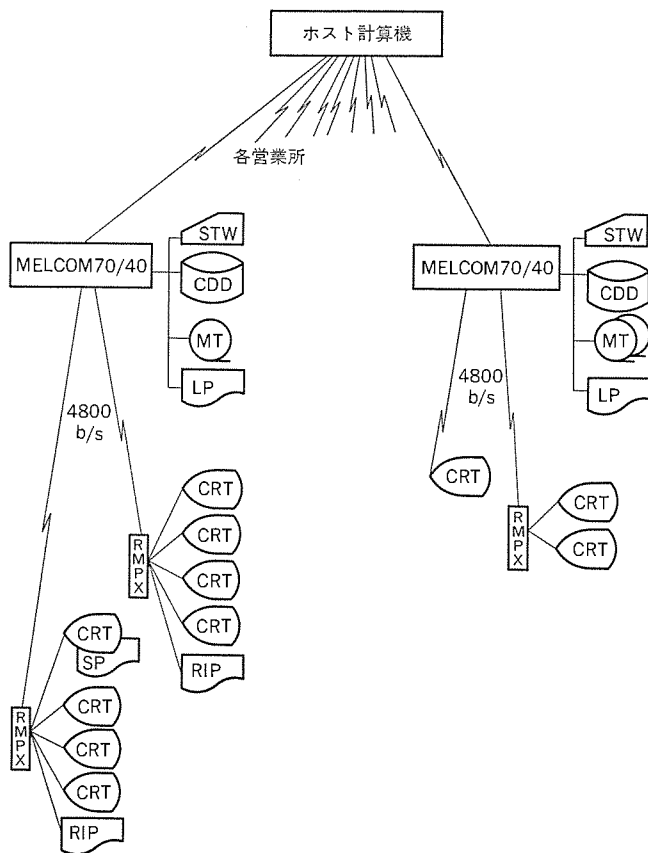


図 5. 営業料金 システム

- (2) 生産管理 : 資材管理, 工程管理, 労務管理, 在庫管理
- (3) 流通管理 : 物流管理, 商流管理
- (4) サービス業務 : 受付業務, 予約業務
- (5) 医療情報処理 : 医事業務, 臨床検査業務

3. リモートバッチ処理 (RJE)

UOS-RJE(REMOTE JOB ENTRY) システムは、《MELCOM-COSMO シリーズ》をはじめとして、IBM 370 シリーズ、UNIVAC 1100 シリーズなどのホスト計算機と専用回線を介して接続され、遠隔バッチ処理を行う UOS のサブシステムである。

UOS-RJE サブシステムの開発により、ホスト計算機とのリモートバッチ処理と同時に他の UOS ジョブ（例えばバッチジョブ、TSS ジョブ、リアルタイムジョブなど）と並行して運転できるようになり、UOS の下での分散処理システムの構築を容易にしている。

以下にその機能、特長及びシステム事例について述べる。

3.1 機能、特長

- (1) UOS シンビオント機能による資源の使用効率向上
1台の入出力装置を複数のジョブで共有して運用するために、大形計算機並みのシンビオント機能が完備している。UOS-RJE はカードデータをディスクの入力シンビオントファイルより読みホスト計算機に送信し、ホスト計算機から受信したプリントデータを出力シンビオントファイルに格

納する。

カードリーダー、ラインプリンタ装置との入出力処理は UOS シンビオント機能により行われ次の利点がある。

- (a) 低速入出力機器とホスト計算機とのデータ入出力処理は非同期に行われるため、システム全体としてのスループット向上ができる。

- (b) 1台の入出力装置を複数のジョブで使用できるため、システム資源の使用効率が向上する。

(2) 入力コンカネーション機能

RJE に対し、1回の送信指令により複数の入力装置からデータを入力し、1つの論理ファイルとしてホスト計算機に送信することができ

表 1. ホスト計算機とのインタフェース

項 目	ホスト計算機メーカー					
	三菱電機	IBM	日立	富士通	ユニバック	日本電気
ホスト計算機	COSMO シリーズ	370/303X シリーズ	M シリーズ	M シリーズ	U 1100 シリーズ	ACOS シリーズ
O S	UTS/ VS	OS/ VS 2	VOS 3	OS IV/F 4	EXEC LEV 37	AOS-6
HOST RJE サブシステム	HASP	JES 2	JSS 3	RJEP III	FDR	NPS
伝送制御手順	BSC マ ルチリー ピング	同 左	同 左	同 左	FDR 方式	COMI-2 レベル 2B
エミュレーショ ン端末	—	SYSTEM /3	E 600	PFU-400	UTS 700	N 6240

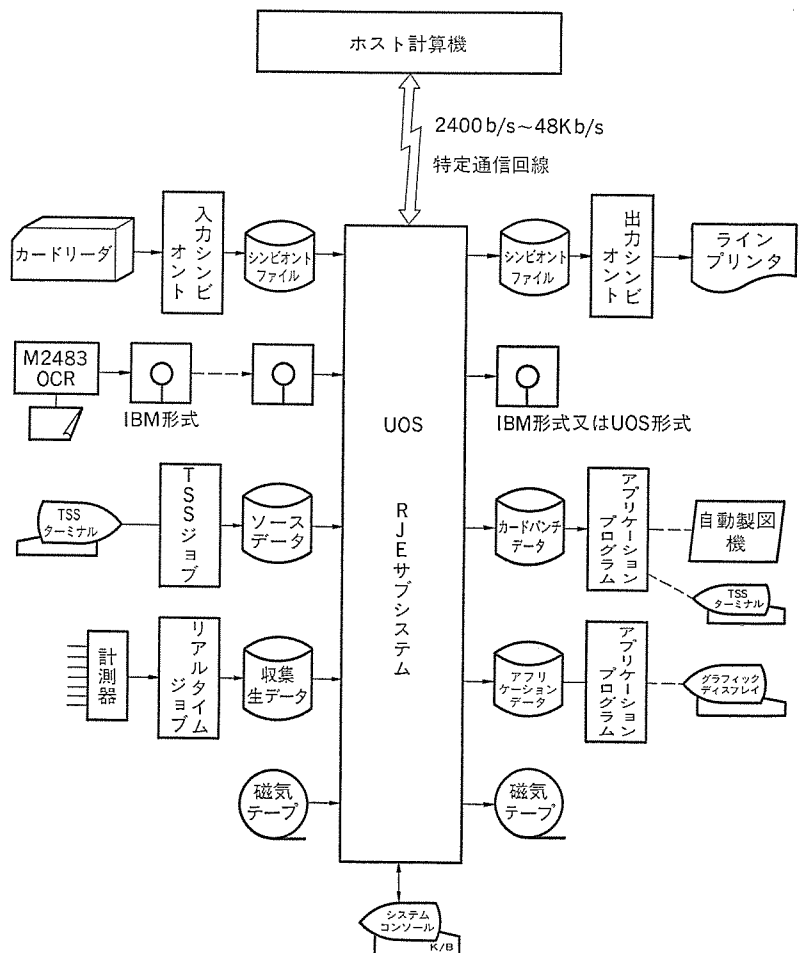


図 6. RJE 処理概念

る。

(3) ディスクファイルデータの送受信機能

他の UOS ジョブとホスト計算機とのデータ送受信処理をディスク上のファイルを経由して行うことができる。RJE への送信指令はプログラム又はオペレータから行うことができる。ディスク上のデータ形式はカードイメージであり、ソースデータ及びバイナリデータのいずれでも可能である。

(4) 各ホスト計算機の RJE 端末のエミュレーションが容易である。

表 1. に示すように UOS-RJE サブシステムは IBM BSC マルチリーディング方式をはじめとして、各社の RJE 端末のエミュレーション機能をもっており接続を容易としている。

以上 UOS-RJE の概要、機能・特長を述べたが、その処理概念図を図 6. に示す。UOS-RJE の今後の開発計画としては IBM の SN A-RJE 端末 (IBM 3770 データ通信システム) のエミュレータの開発完了を 1982 年に予定している。

3.2 システム事例

代表的なシステム適用事例には次のようなものがある。

(1) 教育システム

ホスト計算機との RJE 処理と同時に、パッチジョブ、TSS ジョブの運用システム (図 7.)。

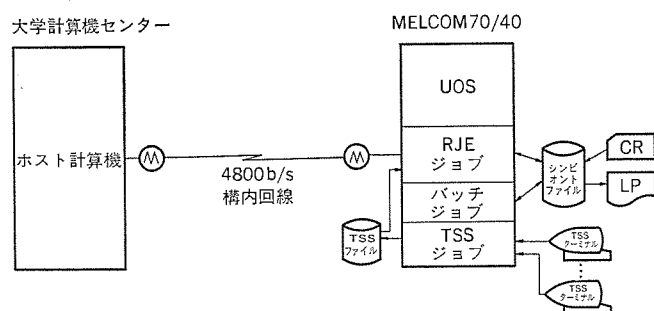


図 7. 教育システム

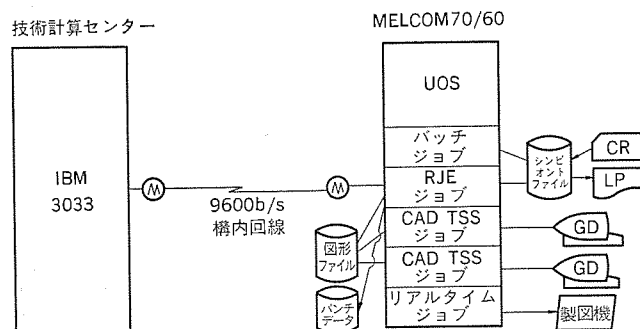


図 8. 分散形図形処理システム

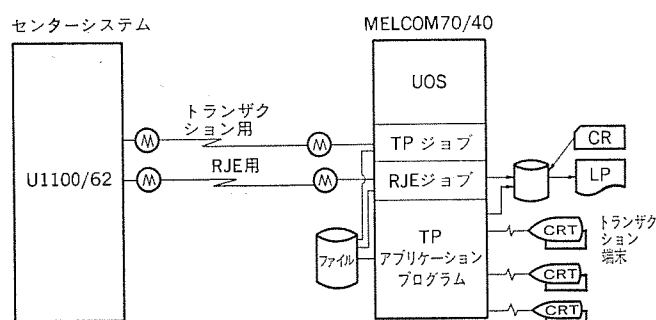


図 9. トランザクション処理システム

(2) 分散形図形処理システム

ホスト計算機との RJE 処理と同時に、CAD システム、TSS ジョブ、パッチジョブ、自動製図処理の運用システム (図 8.)。

(3) トランザクション処理システム

ホスト計算機との RJE 処理と同時に、トランザクション処理の運用システム (図 9.)。

4. MUMPS 処理

MUMPS はタイムシェアリングによって不特定多数のエンドユーザーにデータベース機能を均等サービスしている。これらのユーザーに対しては、簡易形で高水準の会話形データベース言語 (これを MUMPS 言語という) を提供している。この言語の使用によって、ユーザーは端末から容易にプログラミングすることができ、簡単にデータベース操作を行うことができる (図 10.)。

更に、UOS における MUMPS は、他のジョブ (例えば、パッチジョブやリアルタイムジョブ) と並行して動作することができ、しかもこれらのジョブ間で相互にコミュニケーションが行えるようになっている。例えば、端末対応のデータ処理業務を MUMPS で行わせ、そこから発生する大量の帳票はパッチジョブで出力し、即答が要求される業務はリアルタイムジョブに行わせるといった各ジョブの持つ特長を生かしたシステム構築が実現できるようになっている。

このように、MUMPS は広範囲の分野に適応し得るデータ処理システムを短期間に実現する能力をユーザーに提供している。

4.1 特長

MUMPS の特長は、以下のように要約できる。

(1) 他のジョブと並行して運用することができるため、それぞれのジョブの持つ特長を組合せた効率のよいシステムを実現する。

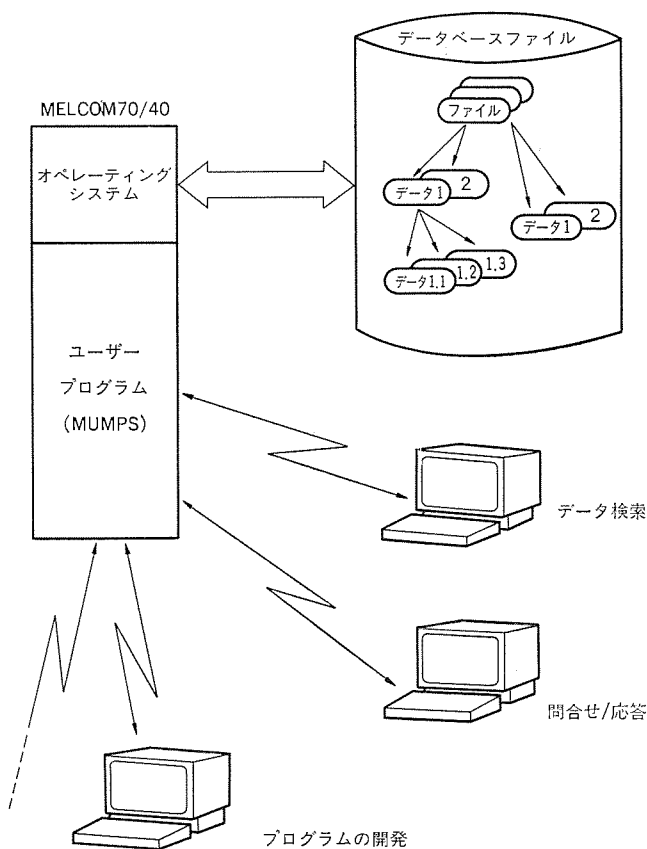


図 10. MUMPS 構成

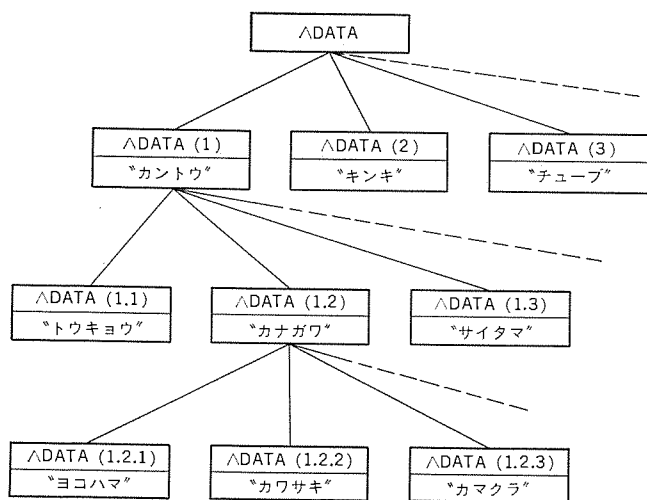


図 11. データベース構造

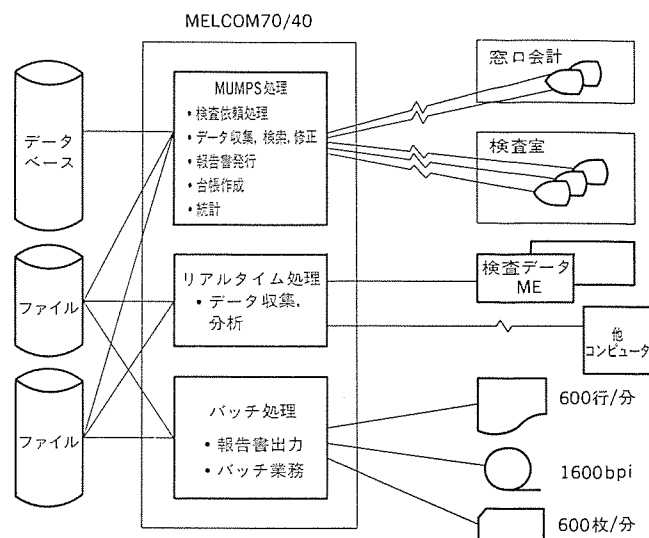


図 12. MUMPS システム

(2) UOS がサポートする豊富なリソースを有効利用でき、これらのリソース (例えば ディスク 装置や主記憶装置) を介して他の MUMPS ユーザー や他の UOS ジョブ と コミュニケーション することができる。

(3) MUMPS 言語には、標準の文字列操作や入出力操作の機能に加えて、関数機能が強化されているため事務、技術の両分野に対処する能力を持っている。

(4) 取扱うデータはすべて文字列として処理されるので、他の言語のようにデータ形式を意識する必要はない。また、文字列の連結、分割、探索、照合などデータ処理に必要な豊富な機能を具備している。

(5) ディスク装置上のデータは、主記憶装置上のデータと同様に取扱え、特別な意識を持つ必要はない。データ構造はツリー形の階層構造 (図 11.) で管理され、生成、更新、検索、削除に柔軟に対処できる。また、他の言語で要求されるような宣言は一切必要としない。

4.2 事例

MUMPS が持つ機能は、特定の分野に限定されるものではなく、一般のデータ処理に幅広く使えるものである。

開発の発祥が医療分野だったことから潜在的に医療関係を中心に普及しているが、その内容は窓口会計、データ収集・検索、患者登録、薬品管理、ラボラトリオートメーション、検査、分析などからなり多彩で、他の一般分野での業務内容に酷似している。したがって、今後更に

広範囲に応用されていくことが期待されている。

図 12. は臨床検査システム事例を示している。事例では MUMPS 業務として検査依頼処理、検査結果のデータ収集・検索・修正、報告書発行、台帳作成、各種統計・管理資料の発行などがある。これらは CRT 端末を媒体にしてデータ入力あるいは出力がなされる。場合によっては、報告書などはファイル生成され、バッチジョブで一括してプリンタ装置へ出力される。ME 装置などから入出力されるデータは、リアルタイムジョブによって処理され、必要に応じて MUMPS でデータ編集や報告が行われる。CRT 端末のうち何台かは窓口会計業務などを行うために使われる。

5. む す び

以上述べた UOS の持つこれら処理機能により、《MELCOM 70》ミニコンピュータを使い処理業務に合ったシステムを、分散処理のノードとして、あるいは独立した処理系として容易に構築することができる。

今後ますます増大して行くミニコンピュータの適応分野では、システム構成の多様化が進んで行くと思われる。これにこたえるようネットワーク機能の拡充、サポートされる端末及び入出力機器のレパートリーの充実を図り、UOS を一層発展させてゆく考えである。

ワンチップマイコン用開発支援システム

杉本 正樹*・山内 直樹*・正田 茂雄*・土橋 宏二*

1. ま え が き

ワンチップマイクロコンピュータは、プログラムメモリ、データメモリ、入出力インタフェースをワンパッケージに納め、システムとして機能し得る条件を備えている。これまで、比較的小さなシステムにおいては制御装置として利用され、大きなシステムにおいてはコストパフォーマンスが優れた部品として利用されてきた。このようなワンチップマイクロコンピュータは、その発展過程において周辺回路素子を取込み機能を含む形でチップ自身は高機能化し、機種数を増加してきた。C MOS プロセスの出現や歩留りの向上などの半導体技術の進歩、液晶表示器や小形プリンタの出現などの周辺技術の進歩は、応用製品の分野をひろげ開発の件数を増加させてきた。

このように応用分野が広くなり、開発件数が増えると開発人員、開発期間、支援ツールなどの開発過程における投資、生産性が応用製品の開発や製品戦略上重要な事柄となる。

我々は、マイコン応用技術が一般化し、生産工場の設計業務として定着しつつあると考え、生産設備の面から支援ツールのあり方を考え直し、新しくはん(汎)用アセンブル装置、デバッグ装置を開発した。ここにその概要を紹介する。

2. 開発支援システムの概要

2.1 ワンチップマイコン用支援システム

ワンチップマイクロコンピュータ（以下ワンチップマイコンと略す）は、その応用において他のマイクロコンピュータ（以下マイコンと略す）と異なる点がある。一般的な応用製品の開発過程は、図1のように表すことができる。

ワンチップマイコンのハードウェアについては、プロセッサからメモリや入出力ポートへつながるバスラインがチップの中に納まり、バスラインにかかわる多数の信号間のタイミングやレベルなどの問題から開放される場合が多い。したがって、ハードウェアの範ちゅうは、マンマシンインタフェースとしてキーや表示器との接続、ソレノイドやモータとのビット対応のインタフェースとなり開発過程に占める設備投資、開発パワーは比較的小さいとみることができる。

ソフトウェアにおいては、ワンチップマイコンのメモリ容量が小さいとは言えその開発期間は長い。プログラム言語に記号式言語（アセンブラ言語）が用いられる点にも問題はあるが、応用製品の機能の中にシーケンス制御を含むこと、ビット対応の入出力機器が多いことなどから、記号式言語にはプログラム製作、デバッグ作業がやりやすい利点がある。

このような作業の内容と設備投資、生産性を考えるとプログラムの製作、評価過程に生産性向上のポイントを見い出すことができる。

2.2 チップメーカーからみた支援システム

マイコンの機種数の増加は、チップメーカーにとっても大きな問題点がある。ことにワンチップマイコンにおいては、アドレスバス、データバスがチップの中に隠れ、プログラム内容を容易に書換えられないため、新機種開発には評価チップの開発も必要となり、設計者の効率を著しく低下

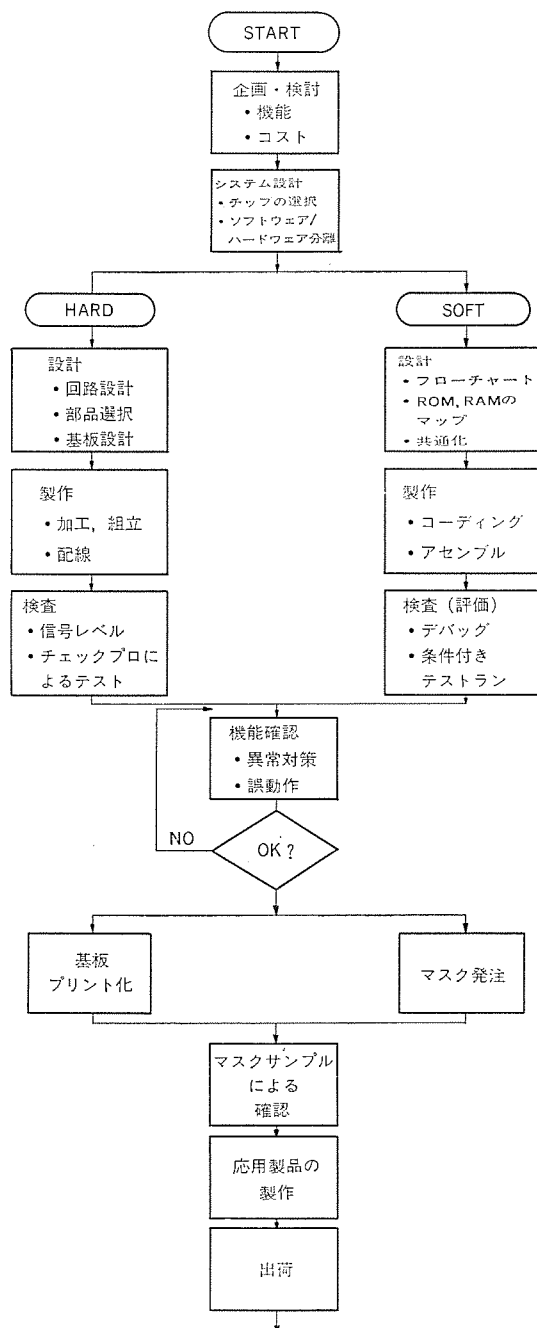


図1. 開発手順のフロー図

表1. ワンチップマイコン用支援システムの基本仕様

項 目	内 容
汎 用 性	各種のマイコンに共通に対応できる
共 通 性	新機種にも、機能を追加して対応することができる
価 格	生産の規模に応じて、対応できる
機 能	基本機能 アセンブラ、デバッグ

させる点である。マイコンのシステムアーキテクチャ（構造）が異なるため、新しく支援ツールの開発が必要となり、プログラム開発用の支援ソフトも必要となる。

これらの支援システムが、チップメーカーにとって大きな支障になるばかりでなく、システムの機能がユーザーの開発効率を左右する点において問題は大きい。このような点から、各種のマイコンに対応できる汎用性がツールの基本仕様として挙げられる。

したがって、ワンチップマイコンを対象とする支援システムの基本仕様として、表1.のような事柄を挙げることができる。

3. システムの機能と構成

新しく開発したシステムは、各種のマイコン

に対応できる汎用クロスアセンブル装置と汎用デバッグ装置、評価ボードから構成される。アセンブル装置は分散利用を主体とし、CRT表示、ミニフロッピー、キーボードから構成される一体構造である。ソースプログラムはキーより入力し、オブジェクトはEPROMに書きこまれ、アセンブルリストを出力する。デバッグ装置は携帯可搬用途であり、本体に各種のマイコンに相当する専用基板を差し換えて汎用性をもたせている。専用基板はマイコンの各機種に対応して用意され、マスクROMをとう（搭）載した評価チップが装着されている。評価ボードには評価チップとプログラムメモリとしてEPROMが用意されている。デバッグ装置とアセンブル装置の間をケーブルで接続することにより相互にデータを交換することができ、更に逆アセンブルすることもできる。また当社ミニコンを用いた《MELCOM 70》開発支援システムの端末として、デバッグ装置を接続することもできる。

3. 1 汎用クロスアセンブル装置 PC 9000

この装置は記号式言語（アセンブル言語）で書かれたプログラムを機械語に翻訳するための装置である。この装置は、ハードウェア開発におけるシンクロスコープのように機能させるために、小形、軽量、低価格に重点がおかれている。機能面においては、マイコン応用製品の開発効率を高める目的で操作性を重視し、手順のガイド表示、キー操作回数の削減をすすめた。外観を図2.に示す。

3. 1. 1 構成

クロスアセンブル装置の基本構成を図3.に示す。使用マイクロプロセッサはM5L8085APである。バスラインを介してキーボード、CRT、ミニフロッ

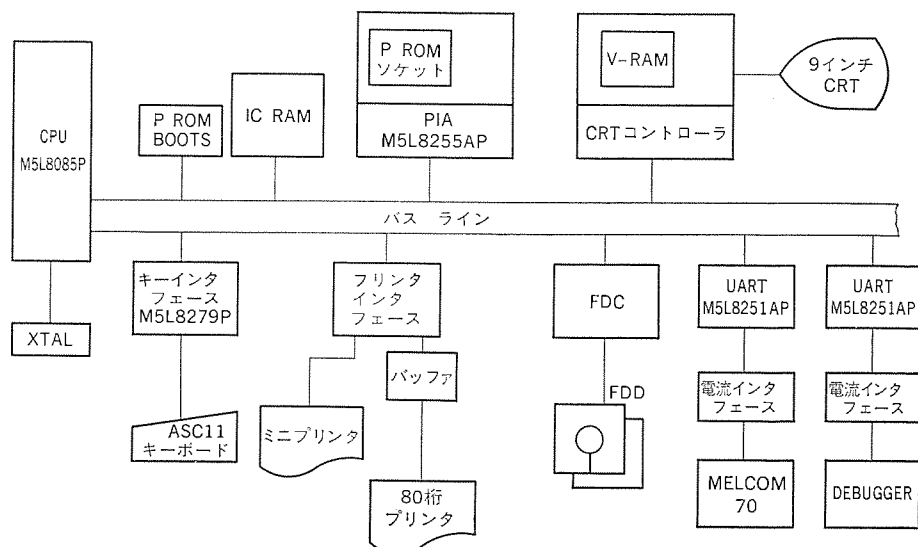


図 3. クロスアセンブル装置 PC 9000 の構成図

ピ、プリンタなどのインタフェース回路、EPROMライター回路などのインタフェースが結合されている。キーボードはモニターへのコマンド入力用並びにソースプログラムの入力キーであり、コードはASC11仕様である。インタフェースにはキーボード専用LSI M5L8279P-5を用いている。CRTはキーボード入力などの情報確認及び手順のガイド表示として機能する。80文字×25行の内容を表示することができ、9インチのブラウン管にグリーン表示する。プリンタは80けた（桁）プリンタ及び20桁のミニプリンタを接続することができる。80桁プリンタはオプションであり、20桁ミニプリンタが本体に組込まれている。ミニプリンタは逆アセンブル出力のプリント専用である。

この装置の内部メモリにはICダイナミックメモリを使用し、その容量は48Kバイトである。外部メモリには、最近技術進歩が著しい。ミニフロッピーを用いている。両面精密仕様のミニフロッピーは1枚当たりの0.5Mバイトの容量がある。EPROMライターで3種類のEPROM M5L2708K、M5L2716K及びM5L2732Kがプログラムできる。

3. 1. 2 機能

この装置の基本的機能を表2.に示す。アセンブル、逆アセンブル、ソースエディタ、EPROMライターが基本機能である。アセンブル、逆アセンブルはマイコンの機種ごとに存在し、エディタ、EPROMライターは共通機能として用意されている。システム全体は監視プログラムの管理系にあり、先に示した機能はジョブとして選択される。

アセンブルはキーボードからソースプログラムを入力し、オブジェクトはミニフロッピーにファイルとして記憶される。EPROMに書き込むかデバッグ装置のRAMメモリへ転送するかはユーザーの判断に任される。アセンブ

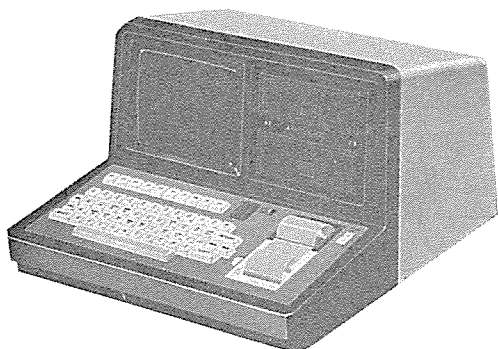


図 2. クロスアセンブル装置 PC 9000

表 2. クロスアセンブル装置 PC 9000 の基本機能

機 能	内 容	対 象 範 囲
ア セ ン ブ ル	ソース入力：キーボード 出力：プリント、EPROM データ伝送（デバッグ装置）	4ビットワンチップマイコン P MOS, C MOSすべて 8ビットワンチップマイコン M5L8048/8049
逆 ア セ ン ブ ル	規定ファイルを逆アセンブル 出力：20桁プリンタ	上に同じ
ソース・エディタ	抹消、挿入、変更	上に同じ
PROM ライ タ	EPROMの消去チェック、 書き込み確認	M5L2708K, M5L2716K M5L2732K

ル結果をリストとしてプリントするかCRT上の表示にとどめるかも選択することができる。デバッグ作業の開始時点で整理されたソースリストを備えることによってデバッグ作業の効率を高めることができる。このような視点から、特別に指示がない場合はプリントとして出力する。

逆アセンブラは、ICメモリ上の指定エリアに定義づけられたファイルの内容を逆アセンブルし、プリントとして出力する。逆アセンブルすべきマイコンの機種は、CRTに表示されたガイドに従い、該当する2桁番号をキーインして選択することができる。

ソースエディタはソースプログラムを修正、編集する場合に有効な機能である。エディット機能は高機能化した場合、コマンドの種類が増え、操作性を害する場合がある。この装置においては、まつ消、そう(挿)入、修正の基本機能に限定し、操作性を優先させた。

EPROMライタはEPROMのインシタルチェック、書込制御、その結果の判定と表示を行っている。

3.1.3 ソフトウェア

モニタプログラムの管理下で動作するプログラムは、各種のアセンブラ、逆アセンブラ、エディタ、《MELCOM 70》システムやデバッグ装置との伝送プログラムなどを加えると数十本となる。今後の計画を考えた場合、更にシステムが使用するエリアは広くなることが予想される。したがって、ディスク上のファイルの構成、ディスク面の割り当てを検討し、合理的な配置とした。その結果、ソースプログラムのコメント欄が80カラムまで使用できない制約が生じたが、今後のワンチップマイコンのプログラム容量の増加に対応できるメリットを有している。

3.2 デバッグマシン PC 4000

デバッグマシン PC 4000 は、前述のクロスアセンブルマシン PC 9000 で作成されたオブジェクトプログラムの実行及び修正を行うことができる。可搬形のデバッグ装置である。試作システムに実装されるべきワンチップマイコンの代わりにこの装置を接続することにより、LSI内部の状態をチェックしながらプログラムの修正を行うことが可能となる。

3.2.1 構成

図4.にこの装置の構成図を示す。PC 4000 は、8ビットCPU M5 L 8085 APを中心に、直列データ入出力インタフェース回路、EPROM書込器回路、キー入力、表示回路、並列入出力回路、オブジェクトプログラム用メモリ、電源などから構成されている。この装置の右側面に、専用基板そう(挿)入口がある。

専用基板 (PCA 4011 ほか) 上には、各マイコン LSI の評価用チップ、ブレークポイント制御回路及びデバッグマシン用制御プログラム入り EPROM が実装されている。この専用基板には、対応するマイコン LSI の入出力線とほぼ等価な入出力を持つコネクタがあり、ケーブルを介して応用製品の試作基板と接続される。このように本体部と専用基板を分離し、専用基板上に本体の制御プログラム EPROM を実装したことによって、システムアーキテクチャの異なるマイコンに対しても、専用基板の開発と、制御プログラムの小規模修正で対応することを可能とした。

3.2.2 機能

表3.にデバッグマシン PC 4000 の仕様を示す。クロスアセンブルマシン PC 9000 により機械語に翻訳されたプログラムは直列入出力インタフェースによりこの装置のプログラムメモリに転送される。直列データの伝送速度は1,200 b/s (ビット/秒) から9,600 b/s まで選択可能であり、インタフェースも20 mA カレントループを採用している。また、伝送フォーマットについても、《MELPS 8/85》の16進形式を使用しているため、他の機器とも容易に接続できると考えられる。

プログラムメモリはアクセスタイムが200 ns の4K スタティックメモリ M5 T 4044 P-2 10 個を用いることにより将来機種への対応を可能にしている。このプログラムメモリ内のデータは前述の直列入出力を用いてクロスアセンブルマシンへ転送可能であるが、EPROM への書込み又は読出しも可能である。このEPROMは後述のエバリュエーション基板に実装してプログラム評価に利用することもできる。

キー入力部は12個のファンクションキー、16個の置数キー及び1個のエントリキーから成り、8桁の7セグメント発光ダイオード表示素子による表示を参照しながら、以下の処理を行うことができる。

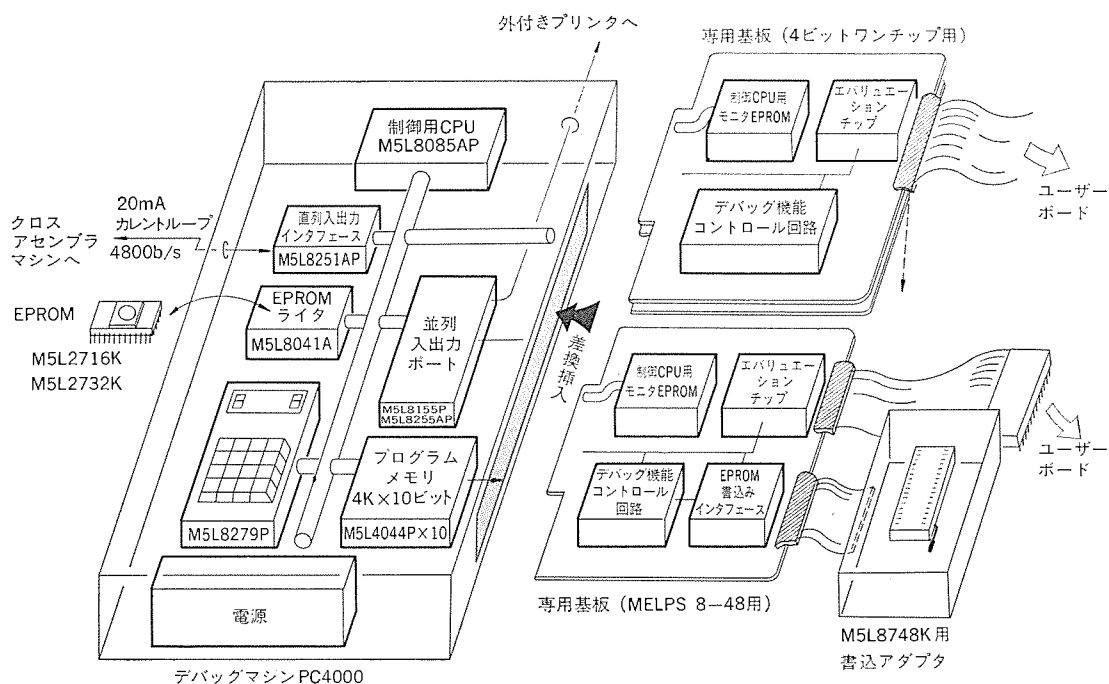


図 4. デバッグマシン PC 4000 の構成図

表 3. デバッグマシン PC 4000 の仕様

項 目	内 容
用 途	エバリュエーションチップ搭載の専用基板と組合せて、開発中のシステムでのインサーキットエミュレーションを行う
対 応 マ イ コ ン 機 種 名	M 58494-×××P (専用基板 PCA 4011 使用)
	M 58496-×××P (専用基板 PCA 4012 使用)
	M 5 L 8048-×××P M 5 L 8049-×××P (専用基板 PCA 8400 使用)
	その他、三菱電機製 ワンチップマイコン (専用基板 順次開発の予定)
プ ロ グ ラ ム 記 憶 用 メ モ リ	4,096×10 ビット (M 5 T 4044 P-2×10)
オブジェクトデー タの処理	(1) 直列入出力インタフェース (4,800 b/s, 20 mA カレント ループ) による外部機器 (PC 9000 等) とのデータ転送 (2) EPROM ソケットを介してのデータ 書込み/読み出し (M 5 L 2716 K 又は M 5 L 2732 K 用)
デ バ ッ グ 機 能	(1) プログラムメモリ内容の確認及び変更 (2) レジスタ及び内部メモリ内容の確認及び変更 (3) 任意番地からの命令実行、停止 (4) シングルステップ
入 出 力	入 力 キースイッチ (12 ファンクションキー, 16 置数キー, エント リキー)
	出 力 7 セグメント LED 8 桁 (オプションでプリンタ)
電 源	AC 100 V, 50 VA
外 形 寸 法	H 364×W 257×D 85 mm

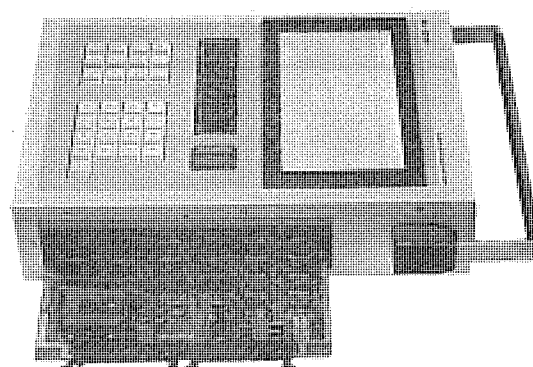


図 5. デバッグマシン PC 4000

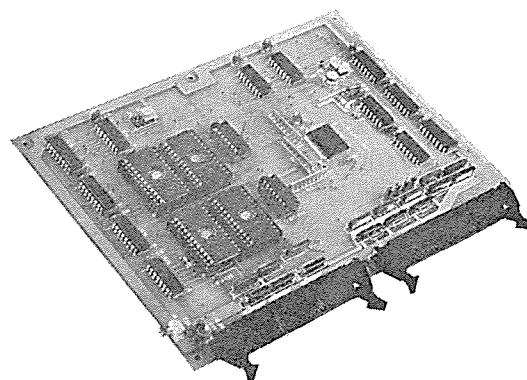


図 6. 評価ボード (M 58494-×××P の場合)

- (1) プログラムメモリ内容の確認及び変更
 - (2) 指定番地からのプログラム実行及び指定番地での実行停止
 - (3) 1命令ずつのプログラム実行
 - (4) マイクロコンピュータチップの内部レジスタ及びメモリ内容の確認と変更
 - (5) クロスアセンブルマシン及びEPROMとのデータ転送
- これらの機能により、効率よいプログラム開発が期待される。

以上述べたように、この装置は4ビット及び8ビットの各種ワンチップマイコンに対応可能なプログラムデバッグ装置である。図5.に示すように、移動、専用基板交換が容易に行えるようにし、また低価格化を図っている。特に使用ワンチップマイコンの品種変更や新製品LSIの採用に当たっても、専用基板の変更のみで対応可能であり、クロスアセンブルマシンとの結合も伝送ケーブルで行えることで、ユーザーに対して開発コスト及び期間の削減のための協力ができるものと思われる。

4. む す び

以上、当社におけるワンチップ用開発支援システムの考え方と、装置の概要について述べた。ワンチップマイコンは本質的に専用マイコンに発展する可能性を備えていると考えられる。そのような点から今後を推測すると、それぞれの用途に応じたよりコストパフォーマンスの高い開発システムが出現すると考えられる。したがって、マイコンの機種数も増加し、開発システムも更に高機能化し、操作性が優れたものに発展するものと予想される。今後、なお一層その努力を重ねるつもりである。

金属ポスト形円偏波発生器

武田 文雄*・石田 修己**・蟹谷正二郎***・吉川 義彦†

1. ま え が き

衛星通信、地上マイクロ波無線通信、レーダなどにおいては円偏波を用いることが多く、種々の円偏波発生器が開発されてきた⁽¹⁾⁽²⁾。

特に最近では、インテルサット V号系において、直交2偏波（右旋及び左旋円偏波）共用による周波数有効利用が計画されて以来、衛星及び地球局アンテナ給電系の交差偏波識別度の向上を図るため、円偏波発生器の高性能化が重要な課題となっている⁽³⁾⁽⁴⁾。

円偏波発生器の1つに円形導波管に金属ポストを装荷する方式のものがある。この金属ポスト形円偏波発生器は、金属のみで構成できるため宇宙環境に適していること、工作、調整が容易であることなどから、衛星とう載用、地球局受信帯用として有用である⁽⁵⁾。

従来、金属ポスト形円偏波発生器の高性能化は、金属ポストによって得る偏波間位相差の周波数特性を、円形導波管に金属ひれを設けたり、円形導波管の一部を変形することなどにより平坦化し、達成している⁽¹⁾⁽⁶⁾。しかし、この方法は、形状が複雑となり工作性が悪い、金属ひれや、変形部の導波管のシャ断特性に及ぼす影響が強く広帯域化を図りにくいなどの問題点がある。

ここでは、その入長の短い金属ポストの正規化容量性サセプタンスが周波数が高くなると減少する特性となることに着目することによって、高性能化を図った円形導波管と金属ポストの組合せのみによって構成される円偏波発生器、及びこの設計法に基づく円偏波発生器の改良について述べる。まず、2章～4章において、円形導波管に装荷した金属ポストの正規化サセプタンスの実測例を用い、正規化サセプタンスの周波数特性を考慮した場合の円偏波発生器の位相特性を明らかにし、この方法が広帯域化に有効なことを実験的に確認する。次に、5章においてこの設計法に基づく円偏波発生器の一層の高性能化を図った並列ポストを用いた円偏波発生器の試作例を示す。得られた性能は、比帯域幅 12.6% においてだ円偏波率が 0.2 dB である。

2. 円偏波発生器の構造

金属ポスト形円偏波発生器は、図 1. に示すように円形導波管の管軸に対称に2対をなして金属ポストがそう入され、管軸の方向に一定の

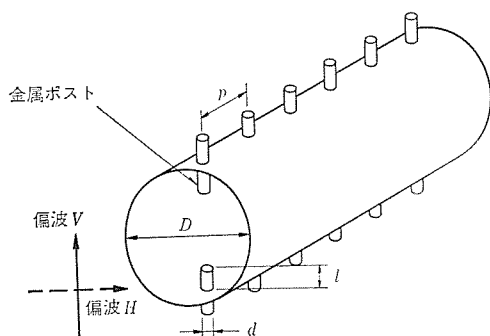


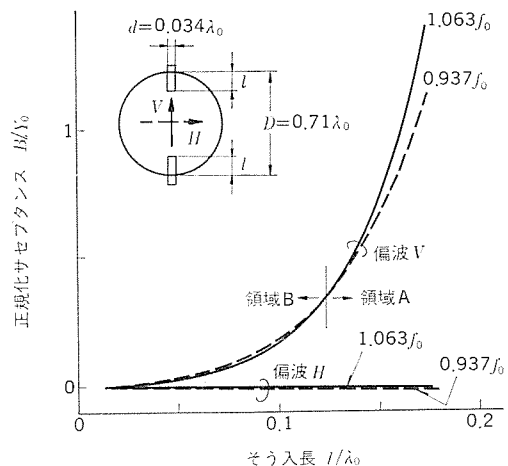
図 1. 金属ポスト形円偏波発生器

間隔で配列されている。この円偏波発生器では、主として偏波 V に対して金属ポストが呈する容量性サセプタンスによって偏波 V の位相を遅らせ、偏波 V と偏波 H の間に 90° の偏波間位相差を得る。

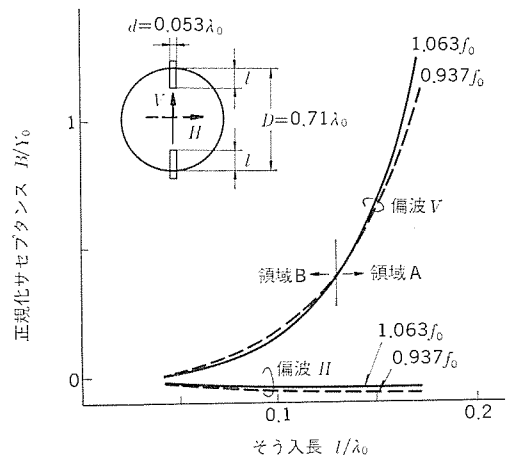
3. 広帯域化に利用する金属ポストのサセプタンス特性

金属ポスト形円偏波発生器の偏波間位相差の基本的な特性は、正規化容量性サセプタンスが装荷された場合と装荷されない場合の伝送線路の位相差の特性に近似的に等しい。この位相差は、正規化容量性サセプタンスに周波数特性がない場合には、金属ポストの管軸方向間隔の電気長の周波数特性に起因して変化し、周波数が高くなると増大する基本的な特性を呈する。ここで述べる円偏波発生器は、そう入長の短い金属ポストの正規化容量性サセプタンスが、周波数が高くなると減少する特性となることを利用して、この偏波間位相差の基本特性を打消し、広帯域化を図るものである。

そう入長が波長に比べて十分短い金属ポストは、定性的には集中



(a) $d=0.034\lambda_0$



(b) $d=0.053\lambda_0$

図 2. 金属ポストの正規化サセプタンス ($f_0=1.21f_c$, f_c : 導波管のシャ断周波数)

定数的なキャパシタンスと考えることができ⁽⁷⁾、容量性サセプタンスは周波数に比例して増大する。しかし円形導波管が用いられる通常の周波数帯域では、円形導波管の特性アドミッタンスの周波数特性の方が急峻であるため、特性アドミッタンスで正規化された正規化容量性サセプタンスは周波数が高くなると減少する特性を呈する。

図2. に太さの異なる2種類の金属ポストにつき、円形導波管に装荷した場合の正規化サセプタンスの実測例を示す。図中、 f_0 は1.21 f_c 、 f_c は導波管のシャ断周波数である。金属ポストのサセプタンスは、偏波Vに対する容量性サセプタンスが主であり、偏波Hに対する誘導性サセプタンスは極めて小さい。正規化容量性サセプタンスの周波数特性は、そう入長の長い領域Aにおいては周波数が高くなると増大する特性であるが、そう入長の短い領域Bにおいては周波数が高くなると減少する特性である。図2. (a) と図2. (b) を比較すると、領域Bの範囲は直径が大きい金属ポストの方が広がっている。

この特性を利用し、すなわち金属ポストのそう入長を図2. の領域Bに選ぶことによって金属ポストの正規化容量性サセプタンスにいわゆる負の周波数特性を与えれば、金属ひねなどを用いることなく、円形導波管と金属ポストだけの簡単な構造で広帯域な円偏波発生器を得ることができる。

4. 円偏波発生器の広帯域化

4.1 位相特性

広帯域な円偏波発生器を得るためには、偏波間位相差の周波数特性を平たんに設計する必要がある。ここでは、偏波間位相差の周波数特性の要因として、金属ポストの管軸方向間隔の電気長の周波数特性と、金属ポストの正規化サセプタンスの周波数特性を考慮して、偏波間位相差の広帯域化のための条件を検討する。なお、ここでは簡単のため、一様なそう入長の円偏波発生器について検討する。

金属ポスト1本当たりの偏波間位相差 ϕ_i は、偏波Vと偏波Hに対する移相量の差として次式で表される⁽⁸⁾。

$$\phi_i = \phi_V - \phi_H \quad \dots\dots\dots (1)$$

但し、

$$\phi_H = \cos^{-1} \left(\cos \theta - \frac{B_H}{2} \sin \theta \right) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$B_H = \frac{B_V}{Y_0} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\theta = \frac{2\pi}{\lambda_g} p \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここで、 ϕ_V 、 ϕ_H は偏波V、偏波Hに対する移相量、 B_V 、 B_H は偏波V、偏波Hに対する金属ポストのサセプタンス、 p は金属ポストの管軸方向間隔、 λ_g は管内波長である。

円偏波発生器では、複数のこのような金属ポストを接続することによって所要の偏波間位相差90°を得ているので、円偏波発生器の偏波間位相差 ϕ_t の周波数に対する傾きは次式で表される。

$$\frac{d\phi_t}{df} = \frac{\pi}{2} \frac{1}{\phi_t} \frac{d\phi_i}{df} \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここで、 f は周波数である。

この円偏波発生器の偏波間位相差の周波数特性の要因として、金属ポストの管軸方向間隔の電気長の周波数特性と正規化サセプタンスの周波数特性を考慮すると次式で表される。

$$\frac{d\phi_t}{df} = \left[\frac{d\phi_t}{df} \right]_A + \left[\frac{d\phi_t}{df} \right]_B \quad \dots\dots\dots (6)$$

但し、

$$\left[\frac{d\phi_t}{df} \right]_A = \frac{\pi}{2} \frac{1}{\phi_t} \frac{\partial \phi_t}{\partial \theta} \frac{d\theta}{df} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\left[\frac{d\phi_t}{df} \right]_B = \frac{\pi}{2} \frac{1}{\phi_t} \frac{\partial \phi_t}{\partial B_V} \frac{dB_V}{df} + \frac{\pi}{2} \frac{1}{\phi_t} \frac{\partial \phi_t}{\partial B_H} \frac{dB_H}{df} \quad \dots\dots\dots (8)$$

まず、 $[d\phi_t/df]_A$ は、正規化サセプタンスの周波数特性に依存しない量であり、一定間隔で金属ポストを設ける伝送線路の基本特性を示すものである。式(7)は、厳密な式は複雑となるが、定在波比(VSWR)特性が良好となる金属ポスト間隔が $\lambda_g/4$ の場合には、 $|B_V/2|$ 、 $|B_H/2|$ が1に比べて十分小さいという条件下で、次のような簡単な近似式となる。

$$\left[\frac{d\phi_t}{df} \right]_A \approx \left(\frac{\pi}{4} \right)^2 (|B_V| - |B_H|) \frac{\lambda_g^2}{c\lambda} \quad \dots\dots\dots (9)$$

ここで、 λ は波長、 c は光速である。

この近似式から分かるように、金属ポストのように正規化容量性サセプタンス $|B_V|$ が正規化誘導性サセプタンス $|B_H|$ より大きい場合には、基本特性の傾き $[d\phi_t/df]_A$ は正の傾きとなる。この傾きは $|B_V|$ が小さくなると減少する。

図3. に、金属ポストのサセプタンスの実測値(図2.)を用い、式(7)によって計算した周波数 f_0 における $[d\phi_t/df]_A$ の値を示す。図3. から分かるように、 $[d\phi_t/df]_A$ は正の値であり、正規化容量性サセプタンスにほぼ比例して変化する。この値は、金属ポストの直径 d による変化は少ない。金属ポストの管軸方向間隔 p に対しては、 p の増加に伴って増加する特性を呈している。

次に、 $[d\phi_t/df]_B$ は、正規化サセプタンスの周波数特性による位相特性に関するものであり、式(8)は式(7)の場合と同様な条件下で次式となる。

$$\left[\frac{d\phi_t}{df} \right]_B \approx \frac{\pi}{2} \frac{1}{B_V - B_H} \frac{d(B_V - B_H)}{df} \quad \dots\dots\dots (10)$$

この近似式から分かるように、正規化サセプタンスの周波数特性による位相特性の傾き $[d\phi_t/df]_B$ は、正規化サセプタンスの差 $(B_V - B_H)$ の周波数に対する変化率に $\pi/2$ を乗じた値となる。

図3. に、周波数 f_0 において図2. の実測値と式(8)を用いて計算した $[d\phi_t/df]_B$ の値を示す。そう入長が短い金属ポストでは、図2. で示したように dB_V/df が負となるため、 $[d\phi_t/df]_B$ は負の値と

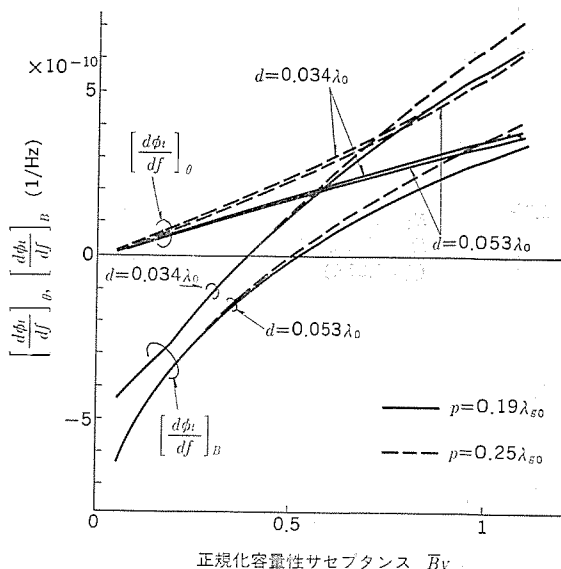


図3. 偏波間位相差の周波数に対する傾き ($f_0 = 1.21 f_c$)

なる。この値は、金属ポスの直径 d によって $d\bar{B}_V/df$ が変化するため、図 3. に示すように変化する。

円偏波発生器の偏波間位相差の周波数に対する傾き $d\phi_L/df$ は、図 3. に示す $[d\phi_L/df]_0$ と $[d\phi_L/df]_B$ との和が零となるように金属ポスの直径 d を選ぶことにより、周波数 f_0 において零とすることができ、広帯域な円偏波発生器を得ることができる。

4.2 VSWR 特性

4.1 節では金属ポスの入長が一様な円偏波発生器について述べたが、そう入長が一様な円偏波発生器では良好な VSWR 特性は得られない。また、多重反射によって円偏波率特性の劣化を生じる。ここでは、良好な VSWR 特性を得るために、偏波 V に対する金属ポスの正規化容量性サセプタンスに図 4. に示すような分布を与える。この分布は、一様部の両端に Raised Cosine 分布のインピーダンス整合部を設けたものである。なお、図中 \bar{B}_N は N 番目の金属ポ

スの偏波 V に対する正規化容量性サセプタンスである。

図 5. に、金属ポスの総数 N_0 と整合部の金属ポス数 N_1 を変化した場合について、 $1.21 f_0$ を中心周波数 f_0 とする比帯域幅 12.6% における VSWR 最大値の数値計算結果を示す。整合部を設けることによる VSWR 低減の効果は大きく、 N_1 が 1 本の場合でも反射波は約半分に低減される。金属ポスの総数 N_0 が 10 本程度の円偏波発生器では、整合部の金属ポス数 N_1 を 2 本以上にすれば VSWR は 1.1 以下になる。

また、図 6. に金属ポスの管軸方向間隔を変化させた場合について、図 5. の場合と同じ比帯域における VSWR 最大値の数値計算結果を示す。VSWR の最大値は、 N_0 が大きい場合には、金属ポスの管軸方向間隔 p が $0.19\lambda_0 \sim 0.25\lambda_0$ で小さくなる。

4.3 実験結果

この方法によって位相特性の広帯域化を図った c バンドの円偏波発生器を試作した。図 7. に試作円偏波発生器の構造を示す。金属ポスの管軸方向間隔 p は、小形化のため VSWR 特性を劣化させない範囲で短縮し、 $0.19\lambda_0$ とした。金属ポスの総数 N_0 と整合部の金属ポス数 N_1 は、良好なインピーダンス特性を得るためそれぞれ 10 本及び 2 本とした。このとき、 90° の偏波間位相差を得るのに必要な正規化容量性サセプタンスの平均値 \bar{B}_V は 0.32 であり、金属ポスの直径は、中心周波数 f_0 で $[d\phi_L/df]_0$ と $[d\phi_L/df]_B$ の和を零とするため、図 3. から $0.04\lambda_0$ とした。

図 8. (a) に試作円偏波発生器の位相特性を示す。図中、破線は実測値、実線は計算値、1 点鎖線は金属ポスの正規化サセプタンスに周波数特性がない場合の基本特性を示す計算値である。基本特性は

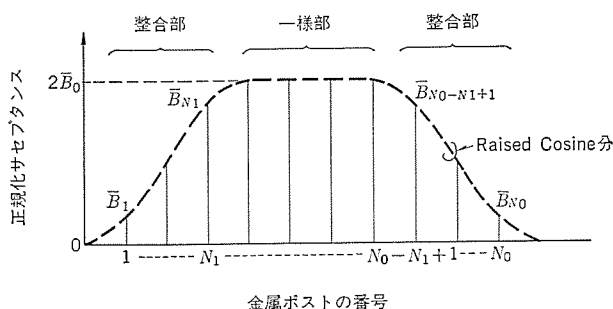


図 4. 円偏波発生器における金属ポスのサセプタンス分布

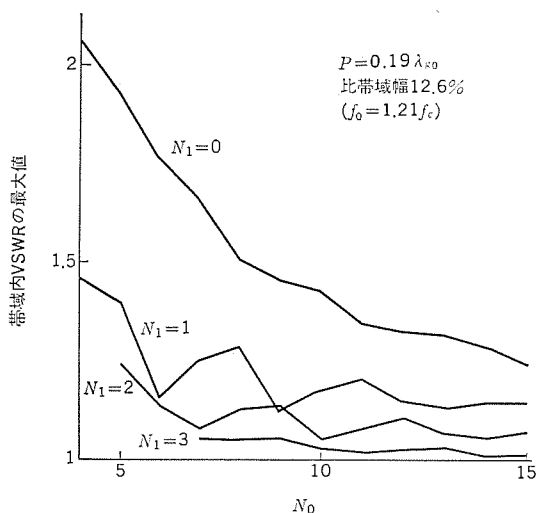


図 5. 金属ポス数を変化させたときの帯域内 VSWR の最大値

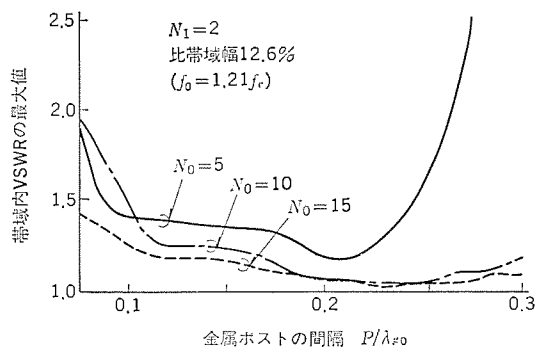


図 6. 金属ポスの間隔を変化させたときの帯域内 VSWR の最大値

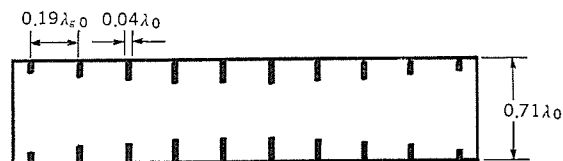
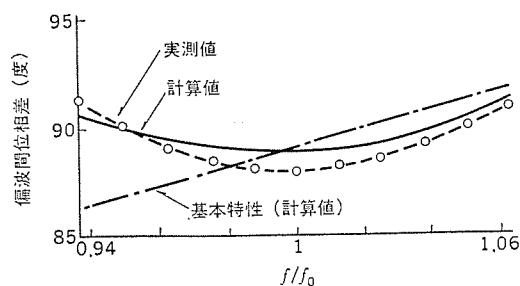
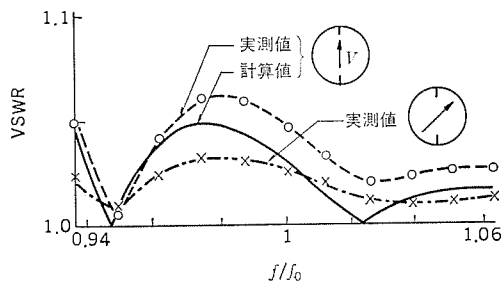


図 7. 試作円偏波発生器の構造 (断面図)



(a) 位相特性



(b) VSWR 特性

図 8. 試作円偏波発生器の特性

周波数特性を考慮した実線の計算値は、中心周波数 f_0 近傍において傾きが零になっており、実測値とよく一致している。だ円偏波率は、金属ポストのそう入長を微調することにより、最終的に 0.25 dB となった。

図 8. (b) に VSWR 特性を示す。実線と破線は偏波 V に対する計算値と実測値であり、よく一致している。また、1 点鎖線は、円偏波発生器として動作させた場合の VSWR の実測値であり 1.03 である。

5. 並列ポストを用いた金属ポスト形円偏波発生器の改良

図 9. は、従来の 1 本の金属ポストを平行な 2 本の金属ポストに置き換えて用いた円偏波発生器である。並列ポストでは、単一ポストの場合より広いサセプタンスの範囲にわたって正規化容量性サセプタンスが位相特性の広帯域化に必要な負の周波数特性を呈する⁽⁹⁾。このため、並列ポストを用いた円偏波発生器では、並列ポストの管軸方向間

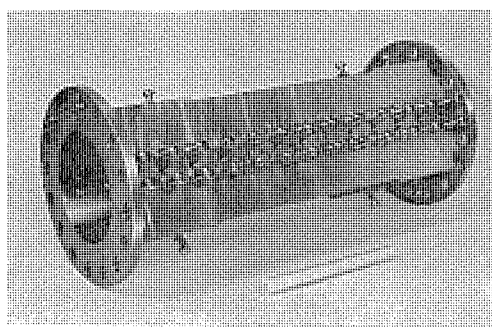


図 9. 並列ポストを用いた円偏波発生器

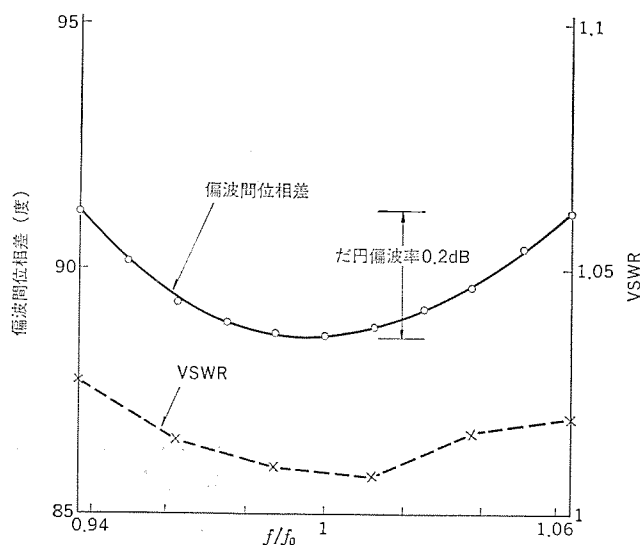


図 10. 並列ポストを用いた円偏波発生器の特性

隔を低反射の条件よりも狭く選定しても、位相特性を狭帯域化することなくサセプタンスの分布を変えて良好な整合をとることができ、小形で広帯域な円偏波発生器が得られる。試作円偏波発生器では、並列ポストの管軸方向間隔を約 $\frac{1}{8}\lambda_0$ とすることにより、管軸長を従来より 15% 短縮し $1.6\lambda_0$ とすることができた。図 10. にこの円偏波発生器の性能を示す。比帯域幅 12.6% において、だ円偏波率は 0.2 dB、VSWR は 1.03 である。

6. む す び

そう入長の短い金属ポストでは周波数が高くなると正規化容量性サセプタンスが減少する特性を呈することを利用して、円偏波発生器の位相特性を広帯域化する方法について述べた。この方法によって広帯域化を図った円偏波発生器では、円形導波管と金属ポストだけの簡単な構造で、比帯域幅 12.6% においてだ円偏波率が 0.25 dB 程度の円偏波発生器が得られることを、実験的に確認した。また、この設計法に基づく円偏波発生器の改良形として並列ポストを用いた円偏波発生器を試作し、比帯域幅 12.6% におけるだ円偏波率が 0.2 dB の小形で高性能な円偏波発生器を得ることができた。

参 考 文 献

- (1) Kitsuregawa, T., Nakahara, S., and Tachikawa, S. : Broad-band microwave quarter-wave plate, Mitsubishi Denki Laboratory Reports, 1, 4, pp. 21-52 (1960-10)
- (2) 橋本, 武田 : コルゲート形帯域共用円偏波発生器, 電子通信学会マイクロ波研資, MW 71-51 (1975-9)
- (3) Kreutel, R. W., DiFonzo, D. F., English, W. J. and Gruner, R. W. : Antenna technology for frequency reuse satellite communications, Proc. IEEE, 65, 3, pp. 370-378 (1977-3)
- (4) Williams, A. E. : Adual-polarized 4/6 GHz adaptive polarization control network, COMSAT Tech. Rev. 7, 1 (Spring 1977)
- (5) 竹内, 別段, 青木, 水沢, 武田 : インテルサット V 号系用地球局アンテナ, 三菱電機技報, 52, No. 6, (昭 53)
- (6) 香川哲 : 導波管形広帯域移相器, 昭 41 連大, 1066
- (7) Montgomery, C. G. : Principles of Microwave Circuits, pp. 169, McGraw-Hill (1948)
- (8) Simmons, A. J. : Phose shift by Periodic loading of waveguide and its application to broad-band circular polarization, IRE Trans. Microwave Theory & Tech., MTT-3, 6, pp. 18-21 (1955-12)
- (9) 石田, 蟹谷, 武田 : 並列ネジを用いた小形広帯域円偏波発生器, 昭和 54 年電子通信学会総合全国大会, 683

エレベーター巻上機用ウォームギヤの改良

山崎 真治*・吉岡 純夫**

1. ま え が き

近年、建物空間の有効利用の目的から、エレベーター機械室に対しても省スペース化の要求が高まり、主要機器であるエレベーター用巻上機の小形・軽量化の要望は強いものがある。エレベーター用巻上機には回転がなめらかで騒音が少なく、小形で大きな減速比が得られるウォーム減速機が使用されている。このウォーム減速機を小形化するためには、ウォームホイールとウォームのそれぞれの材質及び硬度の組合せによる摩耗、ピッチング、焼付きあるいはスコリングなどの問題を解決しなければならない。更に、これらの摩耗やピッチングの特性が向上され、小形化されたウォームホイールには従来より高負荷が作用することから、ウォームホイールの繰返し曲げに対する疲労特性についても十分に検討する必要がある。

ウォーム減速機はウォームホイール材料にりん青銅鋳物、ウォーム材料に焼入鋼の組合せで使用される場合が多い。当社では、ウォームホイール材料のりん青銅鋳物の高強度化を図るとともに、特殊な方法による高周波焼入れ処理した高硬度ウォームを導入することによって、従来より小形で、しかも耐摩耗性、耐ピッチング性あるいは耐疲労特性などの品質が一段と優れたエレベーター用ウォーム減速機を実用化した。

本稿では、主として高強度の特殊りん青銅鋳物の開発と材料特性並びに特殊高周波焼入れ法による高硬度ウォームの開発と評価試験結果について述べる。併せて、エレベーター用ウォーム減速機のウォームホイールの疲労設計の考え方を紹介する。

2. ウォームホイール材料の改良

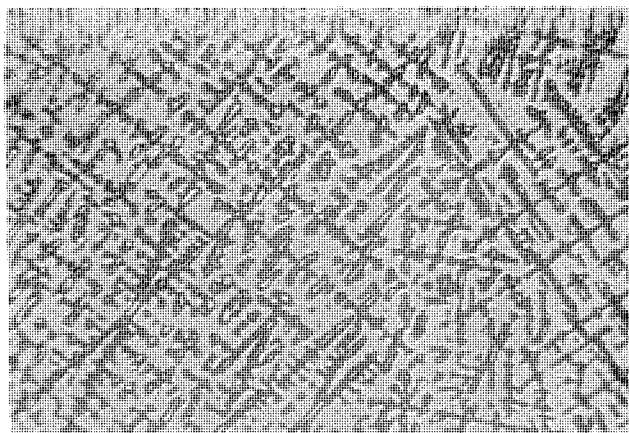
ウォーム減速機の小形化に際し、ウォームホイールはエレベーターの重要部品の1つであるため、十分な信頼性を確保するための強度面での詳細な検討が必要である。特にエレベーターは起動及び停止の繰返しが多いため、起動・停止の繰返しによる疲労について検討しなければならない。

一般のウォーム減速機のウォームホイール材料としてはりん青銅鋳物、アルミニウム青銅鋳物、ニッケル青銅鋳物などがある。これらの材料の面圧強さについては種々検討されているが⁽¹⁾⁽²⁾、強度特性、特に疲労強度に関するデータはほとんど見当たらないようである。ここでは、新しく改良したウォームホイール材料の機械的性質を述べ、併せて、ウォームホイールに作用する荷重と発生する応力を考慮し、エレベーター用ウォーム減速機のウォームホイールの耐疲労設計法について紹介する。

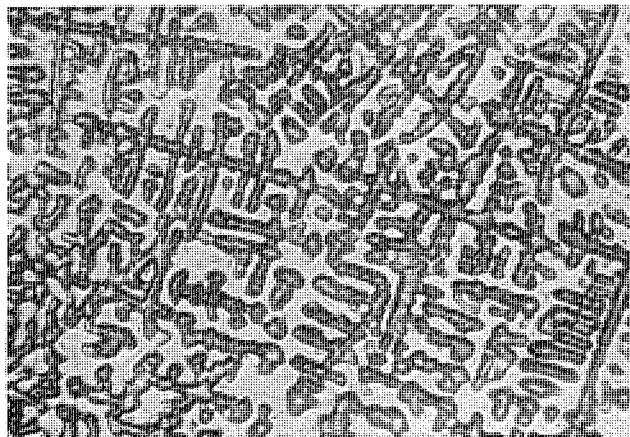
2.1 ウォームホイール材料の機械的性質

エレベーター用ウォーム減速機には主としてりん青銅鋳物が使用されている。このりん青銅鋳物は製造方法の相違により、砂型鋳物と金型鋳物の2種類に分類される。金型鋳物においては、品質の安定性と生産性などから遠心鋳造法が多く用いられている。遠心鋳造法は回転数、金型温度、湯の鋳込み温度あるいは鋳込み時間などにより材料特性が異なる。当社では、ウォーム減速機の小形化に際し、これらの諸条件を検討し、強度的に優れた特殊りん青銅鋳物を開発した。

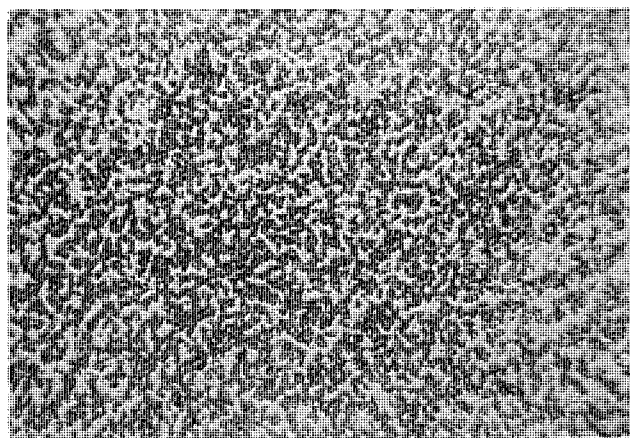
砂型鋳造品、遠心鋳造品及び当社で開発した特殊遠心鋳造品の組織と機械的性質を比較して図1.及び表1.に示す。一般に遠心鋳造品はデンドライトが細分化され均一な組織となるため、砂型鋳造品よ



(a) 砂型鋳造品



(b) 遠心鋳造品



(c) 特殊遠心鋳造品

図1. ウォームホイール材料のミクロ組織

表 1. 供試試料の機械特性

供試材料	機械特性	引張強さ (kg/mm ²)	伸 び (%)
砂 型 鑄 造 品		27.3	7
遠 心 鑄 造 品		31.7	26
特 殊 遠 心 鑄 造 品		44.5	45

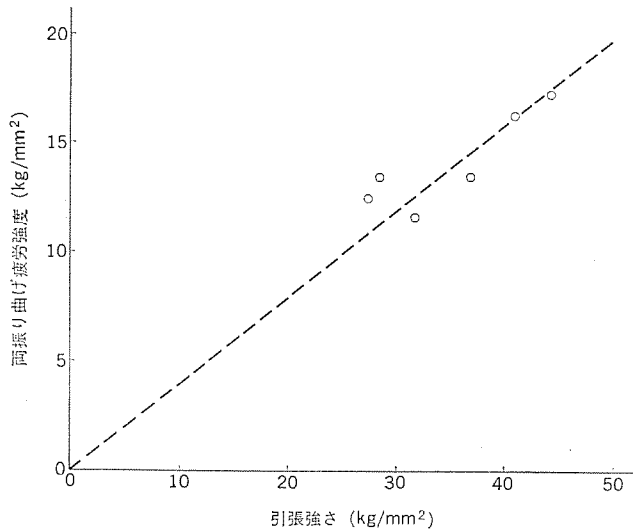


図 2. 引張強さと疲労強度 (10⁷ 回) の関係

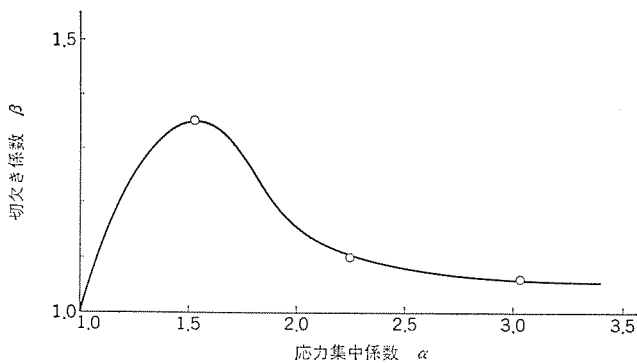


図 3. 切欠き係数と応力集中係数の関係

り引張強さと伸びは大きくなる。当社で開発した特殊遠心鑄造品は普通の遠心鑄造品より引張強さ及び伸びが大きく、砂型鑄造品に対して、引張強さは約 1.6 倍、伸びは約 6.4 倍である。

次に新しく開発した特殊遠心鑄造品の疲労強度について検討する。一般に歯車の疲労強度は歯形の形状による応力集中係数に大きく影響される。したがって、材料の平滑材の曲げ疲労強度を求めると同時に、切欠き材の曲げ疲労試験を実施し、ウォームホイール材料の切欠き係数についても検討した。なお供試試験片は実機のウォームホイール素材から採取した。

砂型鑄造品、遠心鑄造品など引張強さが異なるりん青銅鑄物の疲労強度と引張強さとの関係を図 2. に示す。りん青銅鑄物の疲労強度と引張強さとの間にはかなり強い相関がある。したがって、耐疲労強度の観点からみれば、引張強さの大きい材料が望ましいことがわかる。

一方、りん青銅鑄物の切欠き係数 (β) と応力集中係数 (α) との関係を図 3. に示す。りん青銅鑄物の切欠き係数は応力集中係数が

大きくなっても、ある一定値より大きくならなかった。この現象は石橋氏⁽³⁾の報告にも示されており、また、Peterson の切欠き係数の推定法⁽⁴⁾から求めた結果もほぼ同様の傾向であった。したがって、りん青銅鑄物では、切欠き係数 (β) は応力集中係数 (α) がある値で最大値を示し、応力集中係数が大きくなっても増大しないものと思われる。また、切欠き係数と応力集中係数の関係は引張強さが異なってもほとんど差は認められず、りん青銅鑄物の切欠き係数は同一の応力集中係数に対して、一定の値を示すものと考えられる。

一般に、疲労を考慮した場合の材料の許容応力 (σ_{wa}) は次式で示される。

$$\sigma_{wa} = \frac{C_1 \cdot C_2}{K \cdot \beta} \sigma_w \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここで、C₁ は表面状態係数、C₂ は寸法効果係数、β は切欠き係数、K は安全率、σ_w は疲労強度 (10⁷ 回) を示す。C₁、C₂、β は材料の引張強さにあまり影響されないため、

$$\sigma_{wa} \propto \sigma_w \propto \sigma_B \quad \dots \dots \dots (2)$$

となり、引張強さ (σ_B) が大きい程、疲労を考慮した材料の許容応力 (σ_{wa}) は大きくなり、特殊遠心鑄造品の許容応力 (σ_{wa}) は砂型鑄造品の許容応力の約 1.5 倍となる。したがって、ウォームホイール材に特殊遠心鑄造品を使用することによって、従来より小形のウォームホイールの製作が可能となった。

2. 2 エレベーター用ウォームホイールの耐疲労設計の考え方

部品の疲労設計を行う場合には、力学的な検討により部品に作用する荷重をは (把) 握し、この荷重を用いて発生する応力を精度良く推定しなければならない。ここでは、エレベーター用ウォーム減速機に作用する荷重とウォームホイールに発生する応力の考え方について紹介する。

まず、エレベーター用ウォーム減速機に作用する荷重について述べる。エレベーターはかごとおもりがロープでウォーム減速機に吊り下げられた構造である。一般に、おもりの重量はかごの重量にかご内定員容量の 45～50 % が加えられている。したがって、かご内に乗客がいなくても、かごとおもりに荷重の差があり、ウォームホイールの軸にねじりトルクが作用する。また、エレベーターは起動や停止を行うために、起動及び停止時にかごやおもりの慣性力によって、静止時の 1.5～2.0 倍のねじりトルクが発生する。エレベーターの起動及び停止時のかごの速度、加速度及びウォームホイールの軸に発生するねじりトルクの測定例を図 4. に示す。ウォームホイールの軸に発生するねじりトルクは、

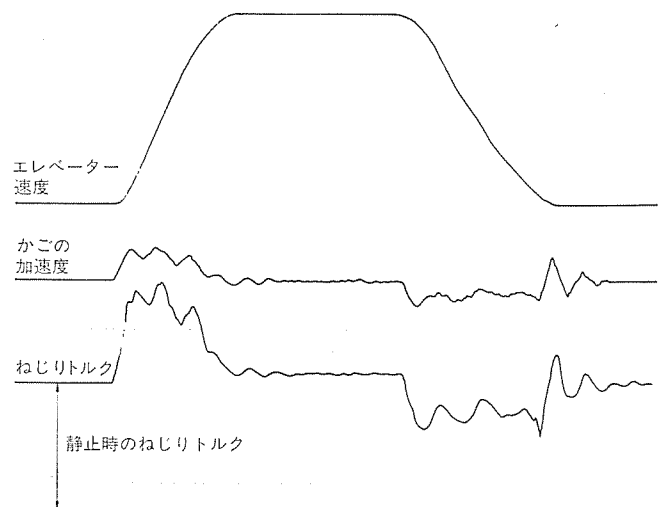


図 4. エレベーターの運転特性

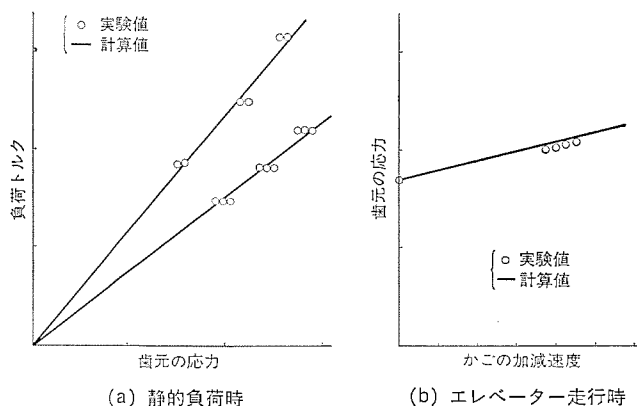


図 5. 歯元の応力の実験値と計算値の比較

かごの加減速時に最大となる。一般のエレベーターにおいては、総起動回数は1,000万回を越えるため、ウォームホイールの曲げ疲労強度を検討する場合には、エレベーターの加減速時に発生するねじりトルクを用いて検討する必要がある。

次に、ウォームホイールに発生する応力について述べる。ウォームホイールの応力計算式としてはこれまで種々提案されている⁽⁶⁾。これらの計算式でウォームホイールの応力を計算した場合、その応力値は計算式によってかなり相違する。したがって、精度の良い検討を行うためには、応力計算式は実態に合ったものを選定しなければならない。当社では、実機でのウォームホイールの応力測定結果と対比した実用的な設計式を採用している。この応力計算式は歯元部の曲げ応力、圧縮応力及びせん断応力を加味したNiemannの平歯車の式を基礎とし、ウォームホイールの歯車諸元並びに荷重条件を加味したものである。実機での応力測定結果と計算値の比較例を図5.に示す。歯車諸元の異なる数種類のウォーム減速機で検討したが、いずれも実験値と計算値は良い対応を示し、ウォームホイールの応力計算式は実用上十分な精度であることが確認されている。

以上に述べたように、ウォームホイールに発生する応力の計算法と新しく開発した特殊遠心鋳造品の疲労強度を把握することにより、小形で、強度的には一段と信頼性の高いエレベーター用ウォームホイールを実用化した。

3. 高硬度ウォームの開発

ウォーム減速機を小形化する場合のもう1つの問題は面圧強さである。面圧強さは主としてウォームホイールとウォームの材料の硬度に影響される。ここでは、面圧強さと硬度の関係を紹介し、面圧強さを増大させるための特殊高周波焼入れ法の開発と実機での評価試験結果について述べる。

3.1 面圧強さ計算式

ウォーム減速機の面圧強さ計算式としては一般にイギリス規格が多く用いられている。イギリス規格による面圧強さは次式の許容トルク(寿命時間が26,000時間の場合) M_c で示される⁽⁶⁾。

$$M_c = X_c \cdot S_c \cdot Z \cdot m \cdot D_f^{1.8} \quad (3)$$

また、寿命時間が26,000時間以外の場合には、次式で示す係数 C_T を式(3)に乗じて許容トルク M_c を求める。

$$C_T = \left(\frac{27,000}{1,000 + U_{ec}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

更に負荷が一様でない場合には、次式で示される等価時間 U_e を用

いて許容トルクを算出する。

$$U_e = U_1 + U_2 \left(\frac{N_2}{N_1} \right) \left(\frac{M_2}{M_1} \right) + U_3 \left(\frac{N_3}{N_1} \right) \left(\frac{M_3}{M_1} \right) + \dots \quad (5)$$

$$U_{ec} = U_e X \quad (\text{寿命時間中の負荷サイクル数}) \quad (6)$$

式(3)～(6)において、 X_c は速度係数、 S_c は応力係数、 Z は領域係数、 m はモジュール、 D_f はウォームホイールのピッチ円直径、 U_{ec} は期待寿命時間、 M は変動する負荷トルク、 N は各負荷トルクが作用する時の回転数、 U は各 M と N が作用する時間である。

エレベーターは起動及び停止時に図4.に示したように負荷トルクの変動を生じる。したがって、エレベーター用ウォーム減速機においては、式(3)～(6)を用いて許容トルクを算出しなければならない。

ここで、ウォーム減速機の小形化と面圧強さの関係について考察する。式(3)から明らかなように、ウォーム減速機を小形化することによりモジュール m 及びウォームホイールのピッチ円直径 D_f が必然的に小さくなる。このため、許容トルクが小さくなり、負荷トルクが許容トルクを上回る場合が生じる。式(3)の応力係数 S_c は材料の面圧強さを示す係数であり、材料の種類、硬度及び相手ウォームの硬度などにより変化する。材料が同一の場合、材料の硬度が高いほど、また相手ウォームの硬度が高いほど応力係数 S_c は大きくなる。したがって、ウォームホイールの面圧強さに対する許容トルクを増大させるには、ウォームホイール及びウォームの硬度を高くする必要がある。しかし、ウォームホイールの硬度を高くすると工作性が悪くなり、なじみ性や耐焼付き性など特性が低下し、ウォームホイール材料の硬度を高くするには限度がある。したがって、許容トルクを増大させるためには、ウォームの硬度を高くするのが効果的である。

3.2 ウォームの高周波焼入れ

ウォームの高硬度化の方法としては、浸炭焼入れ、高周波焼入れあるいは窒化などがある。浸炭焼入れと高周波焼入れが広く使用されているが、両者にはそれぞれ得失がある。高周波焼入れは浸炭焼入れと比較して、処理時間が短時間で量産に有利、焼入れひずみが少ない、局部焼入れが簡単などの特長がある。これらの特長を生かし表面層のみ硬化し、高硬度で安定した焼入れパターンが得られる特殊高周波焼入れ法を開発した。この焼入れ法によるウォームの硬度分布の

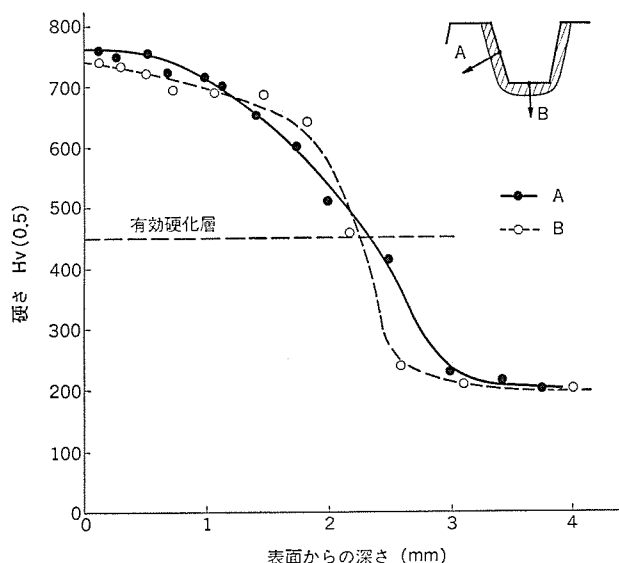


図 6. ウォームの硬度分布

表 2. ウォーム減速機の歯車の組合せ

	ウ ォ ー ム	ウォームホイール
No. 1 号機	構造用炭素鋼 特殊高周波焼入れ	りん青銅
No. 2 号機		特殊遠心鑄造品
No. 3 号機	構造用合金鋼 焼入れ、焼戻し	りん青銅 砂型鑄造品

1 例を図 6. に示す。特殊高周波焼入れ法を採用することにより、有効硬化層（硬度 $Hv=450$ ）は歯面及び歯底ともほぼ同程度の深さとなり、浸炭焼入れと同様に、じん性が高く強度的に優れた高硬度ウォームを実用化できた。また、表面硬度も高く、これによりウォームホイールの面圧強さは約 1.6 倍に増大する。

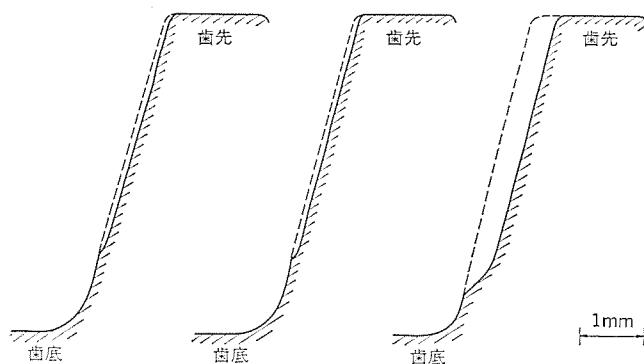
3. 3 実機による評価試験

ウォームホイールの面圧強度試験としては、ローラ試験機あるいは円板試験機による評価試験が行われている⁽¹⁾⁽²⁾。しかし、ウォーム減速機のかみ合い歯面では、滑りと転がりが混在する。したがって、これらの評価試験は材料間の比較を行うには有利であるが、特性向上の確認試験を行う場合には実機試験が最も望ましい。

ここでは、ウォームホイールの面圧が従来の約 1.2 倍になるように小形化したウォーム減速機を用いて、エレベーターを模擬した寿命試験を実施し、歯面の損傷状況などを評価した結果について述べる。エレベーターを模擬し、ウォーム減速機を正転及び逆転することにより、負荷おもりを昇降させることができる寿命試験装置に、小形化したウォーム減速機を設置し寿命試験を実施した。寿命試験に使用した歯車の組合せを表 2. に示す。特殊遠心鑄造品のウォームホイールと特殊高周波焼入れした構造用炭素鋼のウォームの組合せ及び砂型鑄造品のウォームホイールと焼入れ・焼もどし処理した構造用合金鋼のウォームの組合せの 2 種類について比較検討した。なお、負荷トルクは通常の負荷トルクの約 1.6 倍とした。

寿命試験装置にて 120 万回起動後のウォームホイールの歯形の形状を図 7. に示す。また、ウォーム減速機のバックラッシの変化状況を図 8. に示す。ウォームホイールの面圧が従来の約 1.2 倍になるよう小形化したウォーム減速機に、通常の約 1.6 倍の負荷トルクを作用させたにもかかわらず、特殊遠心鑄造品のウォームホイールと特殊高周波焼入れウォームの組合せの場合、いずれもウォームホイール及びウォームの歯面の損傷はなく、ピッチングも発生しなかった。また、摩耗量も極めて少なく、バックラッシの変化量は従来のウォーム減速機より少なかった。歯当たりは約 80 % と良好で試験中焼付きも発生しなかった。なお、寿命試験中の油の温度上昇は高負荷にもかかわらず 20~30 deg. であった。

これらの結果から、曲げ疲労強度が大きい特殊遠心鑄造品のウォームホイールと特殊高周波焼入れした高硬度ウォームを組合せることにより、ウォームホイールの面圧が従来の約 1.2 倍になるよう小形化したウォーム減速機は従来以上の品質であり、通常の荷重に対しても十分な余裕があることが確認された。



(a) NO.1号機 (b) NO.2号機 (c) NO.3号機

図 7. ウォームホイールの歯形の形状（起動回数 1.2×10^6 回後）

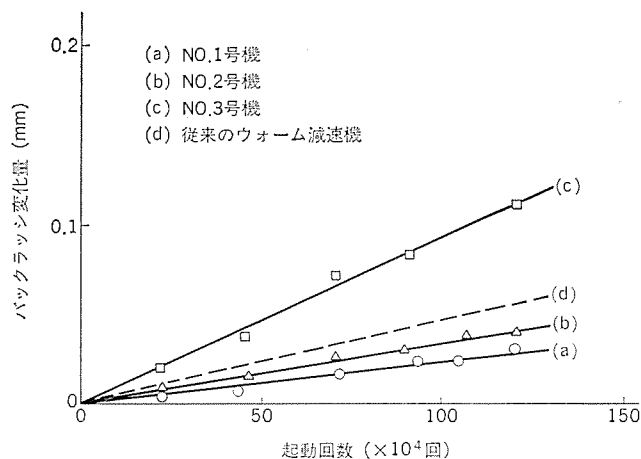


図 8. バックラッシ量の変化

4. む す び

以上述べたとおり、ウォームギヤの疲労強度や面圧強度などの特性について、きめ細かな検討と評価・確認試験を行い、高品質でしかも小形・軽量化したエレベーター用巻上機を実用化した。この巻上機の軽量化により、重量が従来より 25% 低減し、この軽量化とエレベーターかご室などの軽量化により、建物側の機械台受はり（梁）にかかる荷重を 10~20 % 軽減させた。また、小形化によって、巻上機の床面積を従来より 25 % 低減し、機械室の有効利用及び省スペース化が可能となった。

参 考 文 献

- (1) 山田, 上野: 潤滑, 25, No. 10, p. 705 (昭 55)
- (2) 金子ほか: 潤滑, 22, No. 2, p. 117 (昭 52)
- (3) 石橋: 機械学会論文集, 22, No. 115, p. 144 (昭 31)
- (4) R. E. Peterson: Stress Concentration Factors, p. 101 (1974)
- (5) 仙波: 歯車, 第 3 巻, 日刊工業新聞社 (昭 36)
- (6) B. S. 721: 1963, Worm gearing.

ガス絶縁母線の寒冷地と直接埋設に関する研究

島村 勇志*・菊地 和郎*・桑原 宏**・但田 昭司***・犬塚 敬彦***

1. ま え が き

北海道電力(株)における次期送電電圧である 275 kV 用の送電線は、大都市近郊などで環境上の制約を種々受けることから、一部を地中に埋設しなければ送電ルート の確保や変電所引出口への適用が困難になってきた。そのため、地中に埋設できる送電線が必要になるが、ケーブルの場合は基礎工事が大掛りになることや電流容量的に十分であることから、架空線と 1 対 1 の接続が可能な ガス絶縁母線 (Gas Insulated Bus ; 以下 GIB) を適用することが計画されている。

ところで、北海道電力(株)が ガス絶縁開閉装置 (Gas Insulated Switchgear ; 以下 GIS) を導入したのは昭和 45 年で、66 kV 用を札幌中央変電所に設置した。その後、多数の GIS が寒冷地で役立っているが、GIB については既に実用期に到達しつつあるものの、国内では直接埋設の実用例が無かった。このため北海道電力(株)と三菱電機(株)は共同研究を行って、GIB の寒冷地並びに直接埋設の実系統模擬試験を北海道電力(株)技術研究所構内で実施したほか、適用に関する種々の検討を行った。

実系統模擬試験は実用性の検証を主目的とし昭和 53 年 10 月から昭和 55 年 5 月までの冬期 2 シーズンを含む 20 箇月間を連続して実施し、その結果として寒冷地並びに直接埋設における GIB の適用について十分に安全性を確認できた。

図 1. にこの試験状況を示すが、GIB は 24×7.5 m のループ状に設置し、そのうち 24 m を地下に直接埋設し、埋設部の容器は防食層と電気防食を併用して長期間の使用に耐えるようにした。

以下に供試器の仕様と構造並びに期間中の各種試験結果などについて概要を紹介する。

2. 共同研究の計画の概要

2.1 共同研究の目的

275 kV 用 GIB を実系統に適用するために、寒冷地並びに直接埋設に関する諸問題のは(把握とその解決法を実証するために、次の事項を主目的として各種試験を実施した。

- (1) 埋設における作業性の把握
- (2) 連続課通電の信頼性の確認
- (3) 地中埋設部の防食層と電気防食の確認
- (4) 地盤の不等沈下対策と凍上に関する調査
- (5) 埋設による通電性能への影響の確認

2.2 試験項目と試験スケジュール

期間中に実施した試験項目と試験スケジュールを表 1. に示す。寒冷地における検証を重点にして冬期 2 シーズンを含む期間のうち、2 年目は GIB を凍結深度内で検証するため、一部の埋設深さを 1.4 m (土冠 1.2 m) から 0.5 m (土冠 0.3 m) にした。この間、連続して課通電試験を実施しながら、ヒートサイクル試験、不等沈下試験を実施した。また、試験の最終には過電流を通電して、通電性能への制約の大きい埋設部 GIB の過負荷特性を検証した。更に、連続して電気防食を実施したほか、土質による電気防食への影響を確認するため、昭和 53 年 10 月に GIB を模擬した供試品を西札幌変電所に設置して、防食層と電気防食の効果の試験も実施している。この試験は現在(昭和 56 年 3 月)も継続中である。

表 1. 代表的試験項目とスケジュール

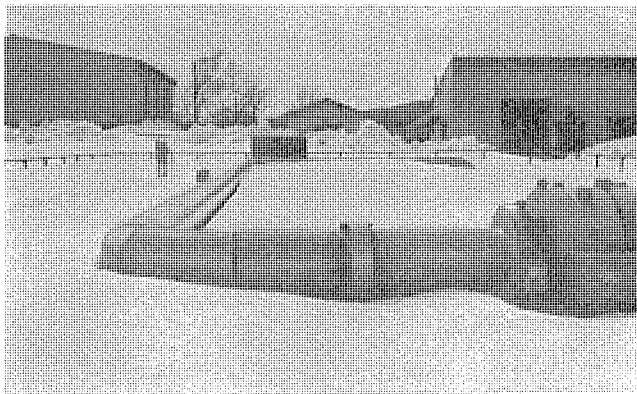
試験項目	54 年				55 年					
	9	12	1	3	6	9	12	1	3	6
据付け	—									
据付調整試験	□									
課電通電試験	— — — — — — — — — —									
ヒートサイクル試験	—									
不等沈下試験	— — — — — — — — — —									
水分測定・ガス分析	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □									
電気防食試験	— — — — — — — — — —									
埋設深さの変更	— — — — — — — — — —									
過負荷試験	—									
凍結深度測定	— — — — — — — — — —									
気象測定	— — — — — — — — — —									

3. 地中埋設 GIB と実系統模擬試験の供試器

各種の試験結果を紹介する前に、地中埋設 GIB の特長と原理並びに供試器について説明する。



(a) 夏 期



(b) 冬 期

図 1. 実系統模擬試験状況

3.1 特長

地中埋設 GIB は地上すえ(据)付 GIB と基本構造上の差異はないが、地中に埋設するために表面に防食層を施すこと、熱伸縮を土壌の拘束で逃げるなど種々の特長がある。一般的な GIB の特長については既に報告している⁽¹⁾、ここでは地中埋設に特有の事項を取上げて、主たる特長を列挙すると、

- (1) 据付スペースがわずかで良い(図 2.)。
 - (2) 変電所の引出線を埋設して第 1 鉄塔へ直接立上げ、変電所構成の自由度を向上させる。
 - (3) 熱伸縮は土壌で拘束されるのでベローズを省略できる。
- このほかにケーブルと比較して、
- (4) 導体の断面積を大きくできるので通電容量が大きい。
 - (5) 誘電体損が無いので経済性が高く、温度上昇も低くできる。
- などであるが、このうち特に(1)(2)が大都市近郊に GIB を適用した場合に効果が顕著な事項と考えられる。

3.2 構造

GIB の内部構造を図 3. に示す。詳細については既に報告済み⁽¹⁾であるので省略するが、ユニットは据付時に溶接して延長するようにしており、原則としてフランジ接続は地中では用いない。

埋設時にアルミニウム製容器の表面は合成樹脂製の防食材をコーティングもしくはテーピングした防食層で保護されるが、この種の防食材の欠点としてピンホール の存在が避けられないので、図 4. に示す電気防食を併用してピンホール 部分からの腐食を防ぐようにした。電気防食は亜鉛線を GIB と地上で電気的に接続して埋設することによって、アルミニウム より活性の大きい亜鉛が犠牲陽極となって消耗し、アルミニウムイオン の溶出を抑えて腐食を防止する。

防食層として具備すべき条件の主なもの⁽²⁾、

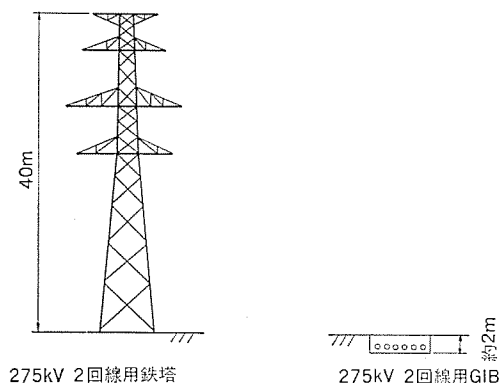


図 2. 架空送電線と地中埋設 GIB

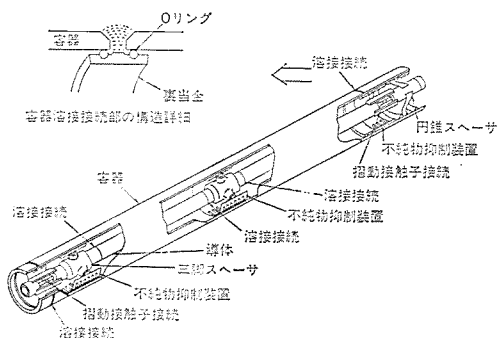


図 3. 代表的な GIB の構造

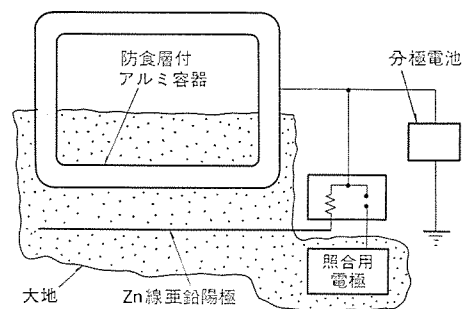


図 4. 電気防食回路図

- (1) 良好な絶縁を長期にわたって有すること。
 - (2) 耐水、耐油、耐薬品性に優れていること。
 - (3) 機械強度も優れていること。
 - (4) 低温高温のいずれでも異常を生じないこと。
- などである。

3.3 実系統模擬試験の供試器

試験に供試した母線は定格電圧 300 kV、定格電流 4,000 A (地上据付け) / 2,000 A (埋設時)、定格短時間電流 50 kA、絶縁階級 200 号、定格ガス圧 4 kg/cm² である。

地上部はコンクリートブロック基礎を用い、地中部からの立上がり部は凍上防止のため割石や砂利などを用いて固め、地中部は埋戻し後の沈下が生じないように GIB の下に割石、砂利及び砂を入れ、埋戻しには掘上げ土を戻した。なお地中、地上ともベローズは使わずにそれぞれ土壌による GIB の拘束と GIB の曲げ配置によって熱伸縮に対処するようにした。

供試器は、工場で構造検査と耐電圧及び通電性能など全般について検証したのち、陸路を運搬して(本州と北海道間はフェリー)搬入し、想定する製品と同様の方法で据付けた。

実系統試験は、試験用変圧器で課電し、計器用変流器の逆励磁によって通電して行い、試験中は、印加電圧、通電電流の自動記録と、更に容器や地中各部の温度、容器各部のひずみ(歪)及び変位も測定し自動記録ができる監視盤を設けた。ガス分析とガス中水分量について定期的に計測器を持込み測定した。なお、同時に酸化亜鉛形避雷器も長期課電のため接続した。

4. 実系統模擬試験結果と適用に関する試験結果⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾

供試器は工場で構造、耐電圧及び通電性能に関する全項目を検証したのち、実系統と同様の据付方式で据付け(図 5.)その後約 20 箇月にわたって実系統を擬模して試験を実施した。また、別の供試器でも寒冷地並びに地中埋設に対する適用時の特殊試験を行って、GIB 適用上の検証をした。

供試品は試験期間中のガス分析や水分測定で異常なく、試験後の

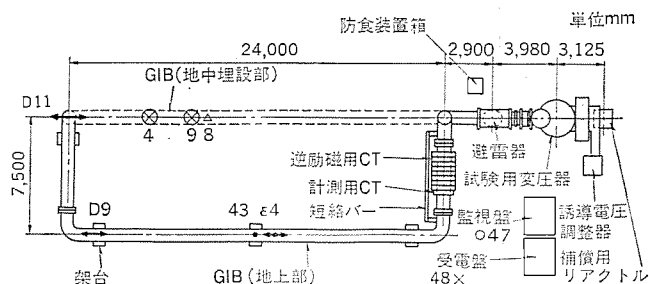


図 5. 275 kV GIB 試験装置配置図

性能検証や解体点検でも異常は全く認められなかった。

4.1 据付け

直接埋設は、地上据付けに比較して、掘削や凍上対策及び防食のために余計に日数を要したが、据付けには特別な困難がないことを確認した。なお、運転に先立って容器中の混入不純物を捕そく(捉)するため、電圧を $0.5E$ ($E=287.5/\sqrt{3}\text{kV}$) から段階的に上昇させてコンディショニングを実施し、最終の電圧は $1.15E$ で耐電圧試験を兼ねた。また、溶接検査、構造点検、寸法測定、主回路抵抗測定、耐圧力試験及び漏れガス試験などは据付時に実施した。

据付けに要した日数は全長 72m で 13 日間、そのうち埋設に要した日数は地中部 24m で 4 日間、その内訳は掘削と埋戻しに 1.5 日であった。実際の適用では、掘削や埋戻し及び電気防食など 3 相になっても単相の場合と工数に差があまり無い作業もあり、据付日数は本体の据付日数程度の増加を見込めば良いと考える。また、今回の作業は検証試験装置の取付けにより能率が低下したことを考慮すると、今後の据付期間は短縮できるものと思われる。

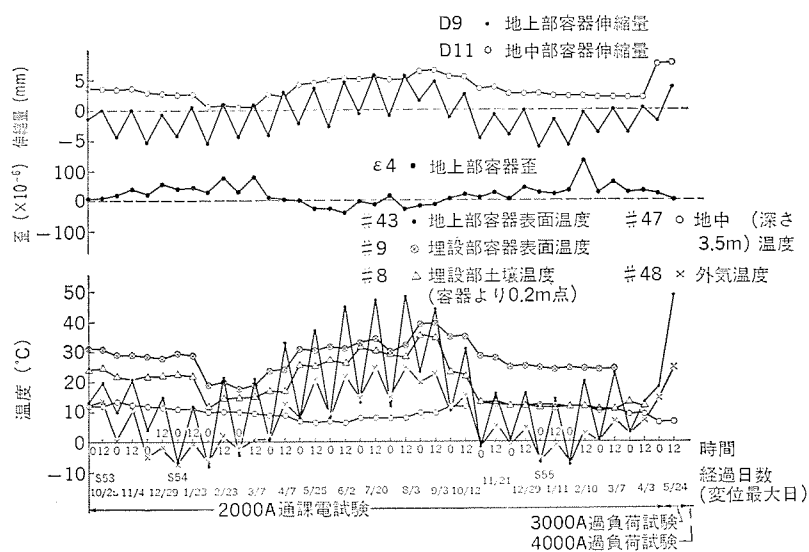


図 6. 実系統試験期間中の温度、伸縮量、歪の変化 (図 5. 参照)

4.2 課通電試験

期間中に冬期 2 シーズンを含み約 20 箇月間の課通電を行い、課電電圧 166 kV (1E) で 13,960 時間、通電電流 2,000 A で 13,033 時間に達した。GIB 及び同時に供試した酸化亜鉛形避雷器には全く異常は無く試験は順調に推移した。

(1) 温度上昇

地中部 GIB の温度上昇は、夏期に約 24°C 、冬期に約 19°C と夏期の方が高い傾向を示すものの、土壌温度の変化同様に年間を通してほぼ同レベルであり、最大は 40°C であった。図 6. に期間中の温度などの傾向を、図 7. に埋設部の代表的な温度分布を示す。

地中部の GIB の直径 D 、温度上昇 T 、埋設深さ L の関係は⁽⁴⁾、

$$T = Q\rho/2\pi \cdot l_n[2L/D + \sqrt{(2L/D)^2 - 1}]$$

で表わされ、図 7. の温度上昇から土壌の熱抵抗 ρ が求められる。これから、地温 15°C の許容温度を 60°C としたときの熱損失 Q を求め、 Q と GIB の抵抗から通電可能な電流は 2,900 A と推定できた。

(2) ガス分析、ガス中水分量

期間中、ガスクロによるガス分析、加水分解性ふっ化物、酸価及びガス中水分量を測定したが異常は認められなかった。

4.3 ヒートサイクル試験

冬期と夏期に各 1 箇月間と、1 日の温度差が最大とな

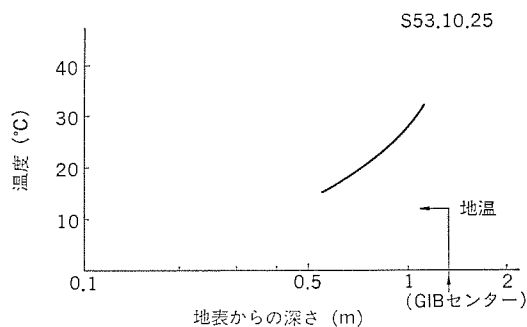


図 7. 地中の温度分布

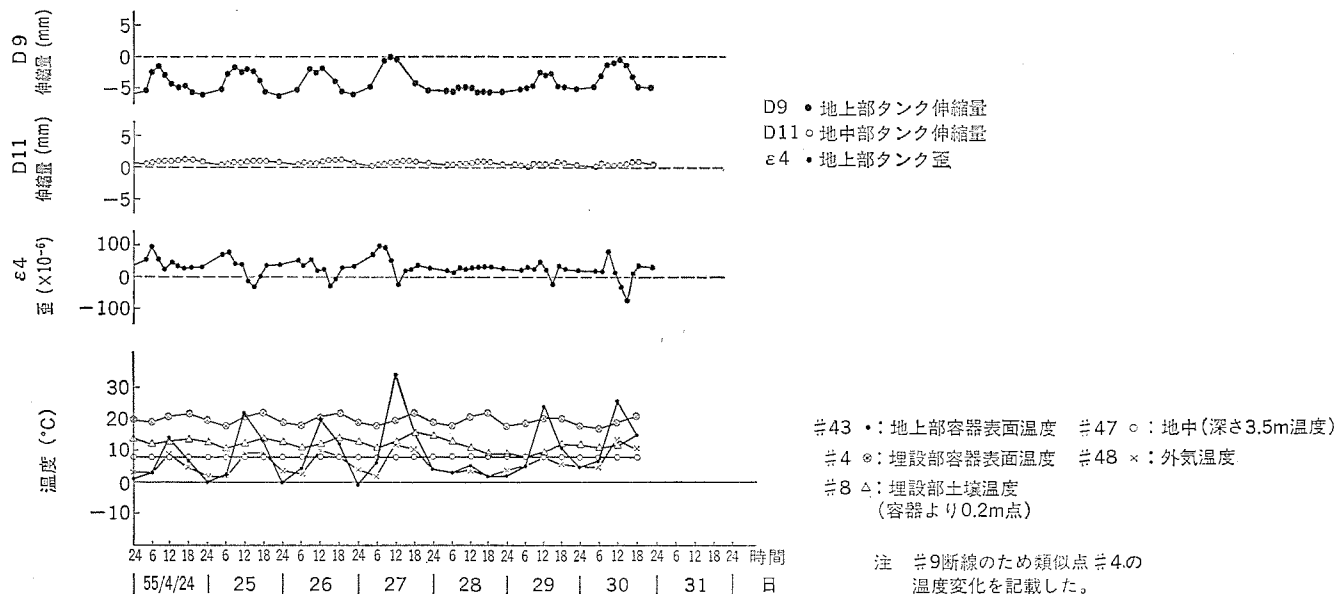


図 8. ヒートサイクル試験中の温度上昇値、伸縮量、歪の変化 (図 5. 参照)

る春期の半箇月間の 3 ケースについて、日中の 12 時間は通電し夜間は停止するヒートサイクル試験を実施し、負荷の急変時の熱的機械的ストレスに対して (図 8.), GIB が完全に耐えることを確認した。GIB の温度は最高 48°C, 最低 -10°C を記録し、この試験から次の点が明らかになった。

(1) 地上部 GIB の熱伸縮による応力は 1 kg/mm² 程度で、材料の疲労限度 4 kg/mm² に対して十分に低い。

(2) 埋設部は片端固定、片端自由としたが、温度変化 3.5°C で伸縮は 0.7 mm と線膨張係数から求めた値の 1/3 程度であり、伸縮は大地で拘束されることが確認でき、この拘束による応力 σ は

$\sigma = \varepsilon / E = (\lambda / l) E$ から

$$\begin{cases} \lambda : \text{拘束量} & 1.3 \text{ mm} \\ l : \text{全長} & 24,000 \text{ mm} \\ E : \text{ヤング率} & 7,000 \end{cases}$$

$\sigma = 0.4 \text{ kg/mm}^2$ となり、十分に低い値であり、熱伸縮吸収用 ベローズを使用しなくてよいことが確認できた。

4.4 不等沈下試験

基礎の沈下を対象にして、地上部 GIB の全長 24 m の中央部を 30 mm だけ強制的に沈下させ (24 m の片端沈下 50 mm 以上に相当)、その状態で約 6 箇月間の課通電を継続したが、容器に発生する応力は十分に低く、異常も全く認められなかった。

4.5 過負荷試験

春期ヒートサイクル試験に続き、3,000 A の過負荷試験を 3 週間実施し、温度、歪、伸縮量と土壌中含水率を測定した。温度測定結果を図 9. に示すが、温度上昇は 32°C と推定され飽和傾向を示していることから、土壌温度 15°C では地中の許容温度を 60°C としても十分に達成可能である。同時に測定した土壌含水率でも、減少傾向はあるものの急激な減少はなく、熱暴走を起こす条件に至らなかったと考える。最終に 4,000 A を 10 時間通電したが最大の温度は 58°C であったので、事故時に 2 回線分が 1 回線に集中しても短時間であれば耐えられることがわかった。

4.6 電気防食試験

図 4. の照合用電極を基準にして、埋設部 GIB の防食電位を測定した結果を図 10. に示すが、アルミニウムの防食電位 -0.85 ~ -1.20 V の範囲を維持した。また、分極電池の作用によって、接地電流を 1 mA 以下に抑制し、犠牲陽極の消耗を防ぐことができた。試験終了後の防食層の表面状態は良好で、電気試験によってピンホールの無いことも確認した。亜鉛陽極にも局部腐食の傾向は認められなかった。

一方、GIB の課電・通電による防食電位の変動も測定したが、わずか 10 mV 程度であり、電気防食に対する影響は無視できるものであった。また、GIB に近接して埋設したガス管に対する GIB

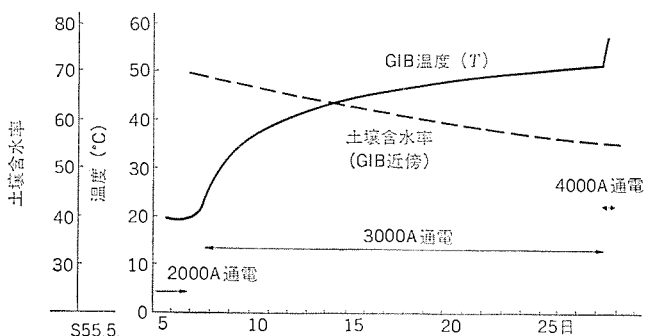


図 9. 過負荷試験時の地中部 GIB 温度と土壌水分量

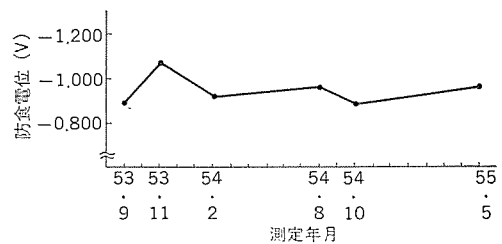


図 10. 地中埋設部の防食電位

及び電気防食系の影響も全くないことを確認した。

4.7 寒冷地並びに地中埋設に対する適用のための特殊試験

実系統模擬試験では実施できなかったが、別の供試器で氷塊落下と土中でのガス漏れに関する試験を実施し、対処方法を検討した。

(1) GIB に氷塊が落下した場合の検証

鉄塔直付 GIB など、鉄塔から氷塊が落下した場合を模擬して、図 11. に示すように、GIB 中心に鋼球を落下させて破損程度と衝撃力を歪計と高速度カメラで調べた。

最大衝突速度は、エネルギー式 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ より、高さ $h=14.3 \text{ m}$ からの落下では、 $v = \sqrt{2gh} = 16.7 \text{ m/s}$ となり、衝撃力 F は

$$F = mv/gt$$

$$\begin{cases} m : 3.5 \text{ in 鋼球, } 2.87 \text{ kg} \\ t : \text{衝突時間, } 1.2 \text{ ms} \end{cases}$$

から、約 4,000 kg となった。これによる GIB 容器の損傷は径で 160 × 100 mm, 深さで 6 mm 程度のへこみで、実用上の障害になるものでなかった。

一方、氷塊は鋼球の 1/9 の比重であり、大きさが同一であれば衝撃力は 450 kg と小さくなる。また、不定形状と予想されるので衝突時間が長くなり衝撃力は小さくなる。更に、GIB 中心からそれて大きな衝撃にならないことも期待できる。

以上の結果から、非常に過大な衝撃力が予想される場合には、GIB 上に波板を設けて衝突時間を長くしたり、GIB 中心上に落下物があたらないような防護をすることが有効と考えられる。

(2) 地中埋設 GIB のガス漏れ検出⁽⁷⁾

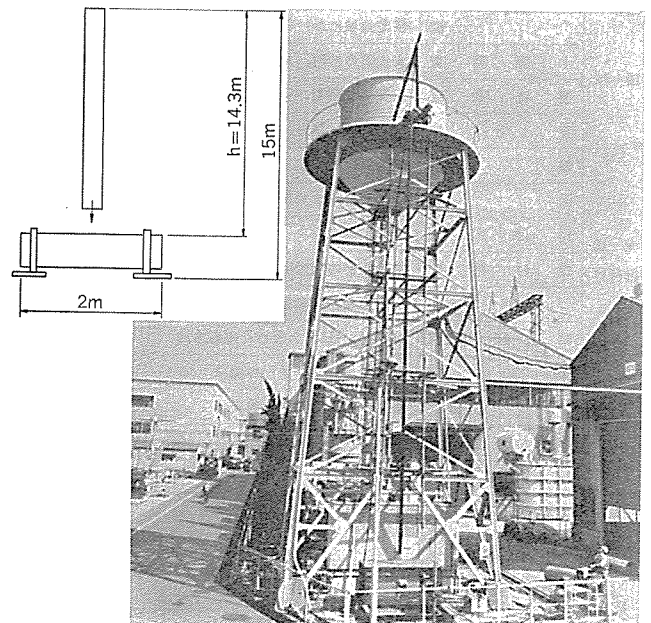


図 11. 落下試験状況

地中埋設 GIB については、地中で漏気した場合に地上から検出して、その場所を特定化できることが必ず(須)であり、漏気箇所の特
定化のための試験を三菱電機(株)伊丹製作所構内で実施した。

試験は、GIB を模擬して 0.6 m の深さにパイプを埋め、地上に設
置した制御装置で、毎分約 2 cc の SF₆ ガスを供給して地中で漏気
させ、これを地上に放射状に置いたカップで採集した。カップ内の気
体を可搬式の SF₆ ガスリークディテクタ及びガスクロマトグラフで試験したと
ころ、前者では 1 日後に、後者では半日後に SF₆ ガスを検出し、地
上で漏気を確認できた。試験期間中に降雨があつて、検出までの時
間が若干遅れたが、同様に検出できることも確認した。

5. 寒冷地と直接埋設に対する適用上の留意点

5.1 寒冷地に適用する場合の重要点

寒冷地に適用する GIB の主要構造は普通地区に適用するものと同
じでよいことが検証されたが、適用に際しては特に、

- (1) 低温時の SF₆ ガスの液化や絶縁物上への結露
- (2) 支持スパンの長い箇所の積雪による荷重、変形

表 2. GIB 適用上の主な留意点

分 類	留 意 点	検 討 内 容 ほ か
性 能	耐 震 性	地盤の事前調査。多質点系の動的解析
	耐 風	風圧を考慮した支持
	耐 寒 性	※ガス液化、結露、Oリング材質など
	通 電	★土壤熱抵抗と許容電流
	熱 伸 縮	気温の年周変化と日周変化、及び通電と日射による 温度上昇の重畳の対策
	不 等 沈 下	泥炭の軟弱地盤対策
	耐 雷	引雷鉄塔雷撃の解析
	耐 食 性	★防食層と電気防食の併用
構 造	機器との接続	GIS, LA, プッシングとの取合い
	ベローズ	熱伸縮、据付寸法調整対策
	相 順	送電線, GIB, GIS, 変圧器の各機器間の相順を GIB で調整
	ガ ス 区 分	1 日の作業を考慮したガス容積。保守の容易性
	接 地	異常電圧, 循環電流を考慮した設計
	固 定 方 式	耐震, 伸縮, 振動を考慮した構造
	基 礎	※凍上防止構造の採用
環 境	美 観	住宅地域における調和对策
	土 壌 調 査	★土質の検討, 凍結深度
	環 境 調 査	※気温, 積雪, ★障害埋設物
	安 全 性	据付工事, 保守, 変電所外を含めて総合的に検討
輸 送 据 付 け	輸 送	輸送試験と、製品輸送時の加速度計による管理
	保 管	防じんと防水対策
	据 付 方 法	埋設工法
	据 付 精 度	敷地実測の精度向上, 寸法調整用ユニット
	コンディショニング	静電容量, 印加電圧と試験用変圧器
	耐 電 圧 試 験	変圧器, GIS を含めた実施方法
保 守	保 守・点 検	メンテナンスフリーの追求
	リ ー ク チ ェ ッ ク	★地中のガスリーク箇所チェック方式
	事 故 対 策	異常の予知の検討。事故復旧手順
	異 物 落 下 対 策	鉄塔上部から工具や氷塊の落下時の検証と防護

注 ※寒冷地 } の適用に特に重要。
★直接埋設 }

- (3) 地盤の凍上による基礎の浮上
- などに十分な検討が必要であり、更に高い構築物のある場合には、
- (4) 高い構築物(鉄塔や火力発電所の煙突など)で着積雪が氷結し、これが落下して強い衝撃力で衝突する場合の破損と、はね返りによる 2 次災害。

の検討も必要となり、GIB 建設地域の環境調査を事前に実施しておくことが重要である。

5.2 直接埋設に適用する場合の重要点

直接埋設に適用する GIB については内部構造は全く変わらないが、容器表面に防食層を取付けるためにフランジレス方式とすることは勿論であるが、

- (1) 容器表面には突起物を避け、防食テープあるいは防食チューブと容器のなじみが極力良くなるようにして、水分の侵入を防ぐ。
- (2) 電気防食を併用するために、地上部容器と絶縁された地中部容器は図 4. に示す電気防食装置で接地する。
- などの構造上の配慮と、更に、
- (3) 土壤の熱抵抗の事前調査による通電性能への影響の把握
- (4) 地上への引出部周辺の凍結防止

などの検討も重要である。

これらの事項を含め適用上の留意点が表 2. のとおり明確になった。

6. む す び

この共同研究により、送電容量が土壤の熱抵抗により影響を受けることと、それらの関係について十分な確認ができた。また、防食層と犠牲陽極との併用によるアルミニウム容器の電気防食についても十分な効果を確認することができ、埋設工法については沈下防止、凍上防止対策の実用性が検証できた。

保守点検については、ガス圧、ガス中水分量や防食電位、電流に注目すればよく、点検範囲も限定できるので、冬期に GIB が雪中に埋もれて全部の巡視点検が不可能になった場合でも、支障になることはなかった。

このように GIB は、地上、地中などあらゆる適用に対処できるので、環境対策や敷地上の制約から都市近郊や変電所敷地の有効利用のために本格的に採用されると予想される。

最後に、この研究について御指導・御協力をいただいた各位に深く感謝する次第である。

参 考 文 献

(1) 桑原ほか：三菱電機技報, 53, No. 11, P. 823 (昭 54)
(2) 広岡ほか：電気学会関西支部, 昭 54, G 3-39
(3) 高橋ほか：電気学会北海道支部, 昭 54, 84
(4) 小野ほか：電気学会全国大会, 昭 55, 1084
(5) 島山ほか： ” ” , 昭 56, (掲載予定)
(6) A. E. Kennelly : Current capacity of Electric Cables Submerged, Buried, or Suspended in Air, Elec. World, 22, P. 183~201 (1893)
(7) 柳浦ほか：三菱電機技報, 54, No. 9, P. 649 (昭 55)

スポットライト

高性能・高信頼性を追求して、使いやすさに徹した 三菱はん用インバータ《FREQROL-E》

三菱電機が誇る高度な半導体製造技術とエレクトロニクス技術、そして長年にわたるモータルの製造技術を駆使して誕生したのが、この三菱はん用インバータ《FREQROL-E》です。これからのインバータに求められる5つのEを徹底追求して、他に類を見ない高性能・高信頼化を図り、しかも使いやすさに徹して新登場しました。《FREQROL-E》の導入で、はん用モータルが可変速モータルに変身し、各種機械の省エネルギー・省電力化を実現します。

特長

●E_{nergy} saving (省エネルギー)

周波数制御ですから、低速での熱損失が少なく、しかもポンプ・ファンなど専用V/Fパターンが使用でき、バルブ・ダンパ制御はもとより、従来のインバータに比べてもさらに効率よく運転できます。

●E_{asy} to use (使いやすさ)

モータル音の静かなPAM制御、応答性の速いPWM制御が用途や目的に合わせて選択できます。さらに定トルク負荷、2乗トルク負荷、定出力負荷などの最適な運転が得られる16通りのV/Fパターン選択ダイヤルを装備しています。

(50Hz↔60Hzの切換え含む)

●E_{ndurance} (耐久性)

電源電圧180～253V、-10～50℃での使用にも耐えます。大容量コンデンサを実装しており、安定した出力が得られ、しかも長寿命です。

●E_{lectronics} (エレクトロニクス)

主回路コンバータとトランジスタの1パックモジュール化、制御回路のカスタムLSI化など、エレクトロニクス技術を駆使して、高性能・高信頼を実現しました。



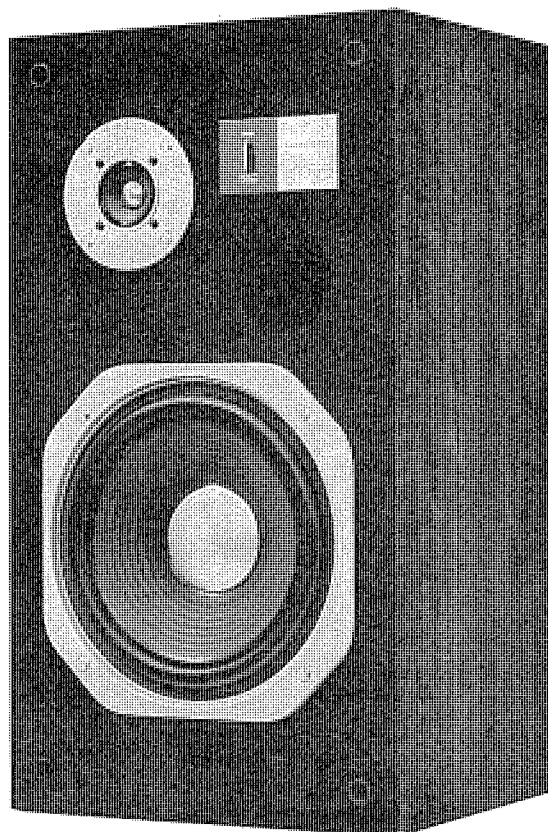
●E_{conomical} (経済性)

徹底したエレクトロニクス技術で低価格を実現、豊富なラインアップで最適機種が選択できます。

仕様

項 目		E-50シリーズ					E-100シリーズ					
インバータ本体	呼称出力容量 (kW)	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	22	
	形名	操作パネルなし	FR-E-750	FR-E-1500	FR-E-2200	FR-E-3700	FR-E-7.5K	FR-E-11K	FR-E-15K	FR-E-22K		
		操作パネルつき	FR-E-750M	FR-E-1500M	FR-E-2200M	FR-E-3700M	—	—	—	—		
		自 立 盤	—	—	—	—	FR-E-7.5J	FR-E-11J	FR-E-15J	FR-E-22J		
	定格出力電流 (A)	4.5	7.5	11	16	34	48	66	90			
	電源電圧、周波数	三相AC200V50Hz 200/220V60Hz										
	制御仕様	制 御 方 式	PAM-PWM方式切換または併用、電圧制御方式									
		出力周波数範囲	1：10(6～60Hz)または1：20(6～120Hz)									
		出 力 電 圧	三相AC200V50Hz—220V60Hz切換え									
		過 電 流 耐 量	定格出力電流の150%1分間									
周波数設定信号		0～10V(入力抵抗11±1kΩ)										
加 減 速 時 間		0～15秒(1秒とび)、0～150秒(10秒とび)										
保 護 機 能	失速防止、過電流しゃ断、回生過電圧しゃ断、瞬時停電											
オ プ シ ョ ン		ブレーキユニット(4機種)、操作オプション(8機種)										

《ダイヤモンド》がこのほど新発売したスピーカーDS-27B形は、ホーム用として最も手頃なサイズにまとめた、コンポーネント用スピーカーです。最近のプログラムソース技術の向上を十分配慮し、“広いダイナミックレンジ、明確な音像・定位”という基本事項について、原音に立戻って追求しました。構成は低音用に25cmウーファー、高音用に5cmコーン形トウィーターを採用、反共振周波数34Hzの位相反転形エンクロージャーにマウントした本格的2ウェイシステムです。クロスオーバー周波数は中音域での指向性の劣化、ひずみの発生を抑え、充実した中音域を再生する1,500Hzに設定しています。躍動感にあふれる豊かな低音、鮮明な中高音、美しく繊細な高音と、新しい《ダイヤモンド》の2ウェイ・バスレフ構成ならではのリアルな再生を実現しました。



特長

●豊かな低音を再生するバスレフ方式

バスレフのポートは開口面積を大きく選び、しかもチューニングを十分下げた効率のよい本格的バスレフ設計で、重低音域までひずみの少ない豊かな低音を再生します。

●新開発25cmウーファー

ウーファーはセンターダイアフラムに適度なダンパ処理を施した特殊アルミ合金を採用。ボイスコイルに取付けられたダンパリングによるメカニカルフィルターとあいまって、素直で緻密な中音再生を行います。また、コーン紙外周の密度を上げた補強部は、コーン紙のたわみを防止し、張りのある低音再生を可能としました。

●オリフィス構造の5cmトウィーター

スムーズなクロスオーバーを得るため、トウィーターのfoを十分低くするよう振動板背面の容積を大きくしています。このためチャンバー内には残響を小さくし、しかも不均一性をなくすため、独特のオリフィス構造と呼ばれる音響フィルターを設けており、一段と歯切れのよい、つややかな高音を再生します。

●強固な接合構造のキャビネット

バッフル板接合部には強固な“包留柄接ぎ”と呼ばれる噛み合せ形の接合構造を採用しました。このような接合構造と特殊な分散共振形の補強棧により箱鳴り現象をなくし、重低音域まで

素直な再生を行います。

●低ひずみネットワーク

ネットワーク用コイルには直流抵抗が小さく、ひずみの少ない積層オリエン・コア入りコイルをワニス含浸して使用。また配線方法についてもプリント基板を使用せず、ラグ端子を用いた配線とし、音質的に最良の条件が得られるように考慮しています。

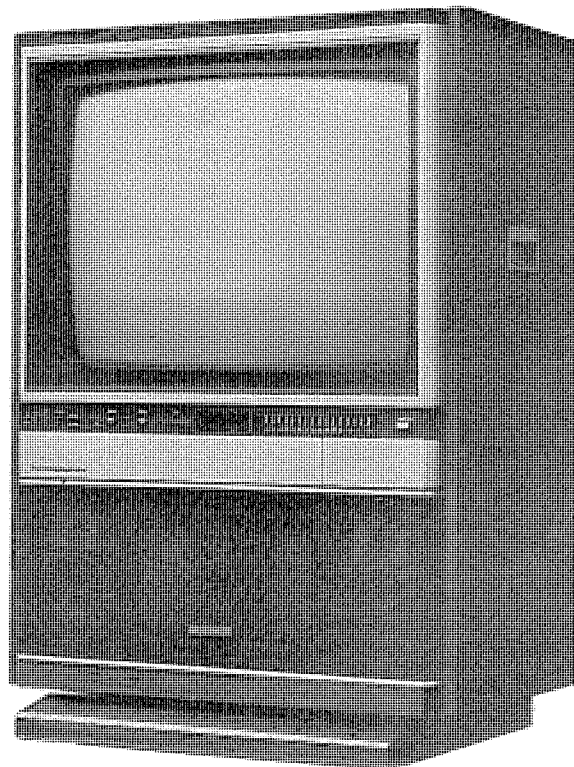
標準仕様

方 式	2ウェイ・バスレフ方式 ブックシェルフ形
公称インピーダンス	6Ω
再生周波数帯域	45~20,000Hz
反共振周波数	34Hz
出力音圧レベル	90dB/W/m
最大許容入力	60W
定格入力	20W
クロスオーバー周波数	1,500Hz
ネットワーク	それぞれ12dB/oct
レベルコントロール	高音域、2段切換
ネットグリル	着脱可
キャビネット	仕上げ、ウォールナット柄塩化ビニール貼り
外形寸法	幅320×高570×奥行293(mm)
重 量	約13kg(梱包時) 約14kg

スポットライト

スーパー・ウーファー3アンプ3Dシステム搭載 三菱音声多重カラーテレビ 26CK-C95W 20CK-C80W

音声多重放送の本格化とともに、テレビの音の高出力化、高忠実度化が進んでいます。しかし、従来のテレビでは低音域再生が不十分のため、大迫力の音声を得ることは困難でした。このたび三菱電機が開発した、スーパー・ウーファー3D (Dimensions) システムは、大迫力・高忠実音響設計を、コンパクトデザインの中で実現した、画期的なシステムです。



26CK-C95W

特長

●スーパー・ウーファーにより重低音再生

臨場感や雰囲気、空間的張り感等の迫力を決定する重低音をスーパー・ウーファーにより再生。従来、低音域は100Hz～150Hz程度までしか再生できなかったものを、スーパー・ウーファー採用により50Hz～60Hzの重低音域までの再生を可能にしました。

●3アンプ・3Dシステム採用

重低音域では、人間の耳の指向性に対する感度が低いことを利用して、平面振動板とそれを駆動する駆動系で構成されるひとつのスーパー・ウーファーで再生。低音域および中高音域を再生するアンプと組み合わせ、3アンプ・3Dシステムを構成、省スペースで大迫力のステレオ再生を可能にしました。

●音場拡大回路のワイド&ワイドSS

テレビの場合、スピーカー間隔で限定される、ステレオ効果を音場拡大理論にもとづき、周波数や位相特性をコントロールして自然な音の張りを実現する位相差方式を用いたワイド。さらにBB遅延素子を用いて、音場を360°広げ、聴視者が音に包まれるような効果を持たせたワイドSS、この二つによって、リアルな臨場感が得られます。

●3ウェイ5スピーカーによる高忠実音響再生を実現

●大容量密閉形スピーカーボックス採用

●音声最大出力25W (6W+6W+13W)

●着脱式ダイレクトリモコン

●遠くからでも一目でわかる大形LEDチャンネル表示

仕様

	26CK-C95W	20CK-C80W
選局方式	電子チャンネル選局FM受信可	電子チャンネル選局
リモコン	赤外線パルスコード方式着脱式ダイレクトリモコン	赤外線パルスコード方式ダイレクトリモコン、タイマーオプション
ブラウン管(サイズ 幅×高さ cm)	100°偏向マルチックス-4 (53.0×39.8)	90°偏向マルチックス-4 (40.4×30.3)
シャーシ	新クールシャーシ (MUシャーシ)	新クールシャーシ (MUシャーシ)
消費電力	120W	109W
スピーカーシステム	スーパー・ウーファー 3アンプ3Dシステム	スーパー・ウーファー 3アンプ3Dシステム
スピーカー	スーパー・ウーファー (29×18cm)×1 低・中音域、ツイーター各2	スーパー・ウーファー (18×18cm)×1 低・中音域、ツイーター各2
音声出力	25W	25W
キャビネットの寸法 幅×高さ×奥行 cm	70.6×98.9×56.6	55.8×88.8×49.5

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1234848	引張り式 スイッチ	岩 波 清	1234878	換気扇	熊崎伸夫
1234849	表示器	原 邦 芳	1234880	窓用換気扇	熊崎伸夫
1234851	カウンタ 装置	筒井清志・藤井孝宏	1234883	筒状換気扇	中村俊夫
1234854	円板形電磁 ブレーキ	石田文夫	1234885	筒形換気扇 ケーシング	中村俊夫
1234859	窓用換気扇	熊崎伸夫	1234891	換気扇制御用 スイッチ 装置	穴戸幸男
1234860	換気扇	林 悦 二	1234896	回転式熱交換器	福島 満・藤井雅雄 森下悦生・富樫健二
1234863	排気 ダクト 装置	林 悦 二	1234898	エレベータ かも室の換気装置	河原四良・勢力峰生
1234864	排気 ダクト 装置	林 悦 二	1234906	電流制御装置	遠藤義昭・岡田東亜
1234865	筒状送風機の ケーシング	中村俊夫	1234910	群分波回路	吉川義彦
1234866	筒状電動送風機	中村俊夫	1236448	シグザグミシンの千鳥幅調節装置	山田正和・藤田次朗
1234870	換気扇	穴戸幸男	1236449	機関用空気 ポンプ 付充電発電機	坂本敏之
1234871	換気扇本体枠	熊崎伸夫	1236450	機関用空気 ポンプ 付充電発電機	坂本敏之
1234872	筒形換気扇	中村俊夫			

訂 正 Vol. 55 No. 2 に次のような誤りがありましたので、訂正しておわびいたします。

	正	誤
4 (108) ページ右側 上から 17 行目及び 24 行目	極間制御	極間 サーボ
5 (109) ページ左側 上から 9 行目		

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 55 No. 7 新・省エネルギー

特集論文

- エネルギー技術開発の動向
- 太陽熱利用冷暖房・給湯システム
- ダリウス形風力発電装置
- りん酸形燃料電池発電システム
- 三菱加圧水型原子力発電所の最近の動向
- 三菱複合サイクル発電プラントの最近の動向
- 系統電力貯蔵におけるフライホイールの応用
- 電車線電力貯蔵におけるフライホイールの応用

●超電導発電機

- 核融合における超電導マグネットシステム

普通論文

- 《MELCOM-COSMO 800Ⅲ/800 S》の素子実装技術
- 《MELCOM-COSMO 800Ⅲ/800 S》のハードウェア
- SF₆ ガスレシャ断器国内第 1 号機の 15 年間 10,000 回操作運転実績
- カーラジオにおける受信局自動切換システム
- デジタル式超音波探傷装置 FD-7000

三菱電機技報編集委員

委員長	高木敬三	委 員	柴田謹三
副委員長	大谷秀雄	〃	樋口 昭
〃	横 濱 博	〃	柳下昌平
常任委員	三 輪 進	〃	立川清兵衛
〃	唐仁原孝之	〃	中里裕臣
〃	増淵悦男	〃	柴山恭一
〃	葛野信一	〃	福井三郎
〃	三 浦 宏	〃	杉 山 睦
〃	中原昭次郎	〃	瀬辺国昭
〃	桐生悠一	〃	倉橋浩一郎
〃	野畑昭夫	〃	竹内守久
〃	的 場 徹	幹 事	諸住康平
〃	尾形善弘	〃	足立健郎
		6号特集担当	清 田 浩

三菱電機技報 55 巻 6 号

(無断転載を禁ず) 昭和 56 年 6 月 22 日 印刷
昭和 56 年 6 月 25 日 発行

編集兼発行人 諸 住 康 平
印 刷 所 東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 12 番地
大日本印刷株式会社
発 行 所 東京都千代田区丸の内 2 丁目 1 番 2 号 (〒 100)
菱電エンジニアリング株式会社内
「三菱電機技報社」 Tel. (03) 218 局 2045
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 局 0643(代), 振替口座東京 6-20018
定 価 1 部 500 円送料別 (年間予約は送料共 6,700 円)

このたび三菱電機では、業界初の試みとして、扇風機のインテリアシリーズを開発しました。これは昨年の木目調・大理石調に引き続くもので、56年度の新製品として、日本の伝統美を追求した竹調と漆（うるし）調のハイセンスな扇風機をラインアップに加えました。

多様化する需要構造の中で、生活様式の変化を把握し、これにきめ細かく対応してゆこうとする様々な試みのうち、部屋の雰囲気マッチさせた扇風機という開発意図のもとに製作したものです。

特長

- 日本の伝統美を追求したデザイン
竹調と漆（うるし）調の優雅で日本の伝統美あふれるデザインです。特に竹調の開発に際しては、竹の感触をリアルに表現するために、実際に竹を使用してモデルを作り、それをプラスチック成形金型にそっくり写し取って竹の味わいを出しています。
- マイルドな風を作り出す微風ノッチ
赤ちゃんやお年寄りのために、そしておやすみ時に快適な眠りを誘うように、微風ノッチが体にやさしいマイルドな風を送ります。（昨年度より約10%ダウン）
- しなやかな100本ガード
細目にし安全性を高め、かつ繊細でしなやか、見た目にも涼しさと呼ぶ新ガードを採用しました。
- 使いやすい3時間タイマー
健康な睡眠ができるパターンを考え、寝入りばなをくじかれることなく、快適な眠りが得られる3時間タイマー付です。



仕様

品名	形名	タイマー	ガード	微風ノッチ	コード収納	ケーシング首振操作	二重首振	フリーネット	消費電力(W)		回転数 (回転/分)				風速(m/分)		風量(m³/分)	
									強		強		弱		強		強	
									50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz
お座敷扇	R30-KV(竹)	180分	100本	○	○	前面	○	○	40	47	1,200	1,250	700	680	200	220	42	44
	R30-DV(うるし)	180分	100本	○	○	前面	○	○	40	47	1,200	1,250	700	680	200	220	42	44