

MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報



Vol.51 No.5

冷凍と空調特集

三菱電機技報

Vol. 51 No. 5 MAY 1977

冷凍と空調特集

目次

特集論文

Hi/Re/Li 冷凍システムの特性解析	荻野 治・池内正毅・小林靖夫	301
ルーフトップタイプエアコンディショナー	石沢昭夫・知久道明	305
マルチセントラル空調システム	笠置 紘・飯島 等・柴田 実・徳永 龍	309
空冷式冷蔵クーリングユニット	上田和弘・川井 治	314
食品店舗用ショーケース	佐藤邦彦・高妻光昭・東海枝明男	319
スーパーマーケットの熱回収システム	石塚春雄	323

普通論文

《MELCOM-COSMO》700 PL/I コンパイラ	太細 孝・山口和彦・角田久雄	329
レーザによる金属板表面自動検査装置	稲荷隆彦・亀井光仁	334
カラー TV カメラを用いた色彩画像解析システム	秋田興一郎・辻 秀一・中塚国男・伊藤貴康	338
SS リレーとその応用	大島征一・鎌田 勉	343
ヒートパイプ利用による 4000A WN 形メタルクラッド開閉装置	田中 修・大串哲郎・村上政明・津久井 進	348
モニタスピーカーの新技术	進藤武男・鈴木英男・興野 登・酒井新一・柴田繁憲	353
スポット		359
ローテーションサーモ・衝撃性雑音除去回路の開発とその応用・三菱ふとん乾燥機・静止衛星「きく2号」打上げ成功(表紙-3)		

FEATURING REFRIGERATION AND AIR-CONDITIONING

CONTENTS

FEATURED PAPERS

An Analysis of the Performance of the Hi/Re/Li Refrigeration System	Osamu Ogino et al.	301
Air-Conditioners for Rooftop Installation	Akio Ishizawa & Michiaki Chikyu	305
New Model Multicentral Air-Conditioners	Hiroshi Kasagai et al.	309
Air-Source Cooling Units for Refrigeration and Cold Storage	Kazuhiro Ueda & Osamu Kawai	314
Self-Contained, Open and Closed Showcases for Food Stores	Kunihiko Sato et al.	319
A Heat-Recovery System for Supermarkets	Haruo Ishizuka	323

GENERAL PAPERS

A PL/I Compiler for the MELCOM-COSMO 700 Computer	Takeshi Dazai et al.	329
A Laser-Equipped Automatic Device for the Inspection of Metallic Sheet Surfaces	Takehiko Inari & Mitsuhiro Kamei	334
A System for Color-Image Analysis Using a Color TV Camera	Koichiro Akita et al.	338
Solid-State Relays and Their Applications	Seiichi Oshima & Tsutomu Kamada	343
4000A Type WN Metal-Clad Switchgear Using Heat Pipes	Osamu Tanaka et al.	348
New Technology for Monitor Speakers	Takeo Shindo et al.	359

表紙

(株)東急ストア 梶ヶ谷店納めオープンショーケース

スーパーマーケットに代表される大形店舗から、コンビニエンスストアに代表される小形店舗にいたる、あらゆる形態の食品売場づくりが可能な各種オープンショーケースの機種を、当社ではいち早く開発販売し好評を博している。

写真は(株)東急ストア梶ヶ谷店に納めたオープンショーケースで、大形店舗に最適な T シリーズである。また同店舗では、快適な店内環境の維持と省エネルギーを目的とした熱回収システムを取り入れている。

COVER

Open Showcases for the Kajigaya Branch of Tokyu Stores, Ltd. Mitsubishi Electric markets a highly popular line of open showcases suitable for every type of food-product sales situation, from the largest supermarket to smaller convenience stores.

The photo shows an installation of Series T open showcases suitable for large-scale stores. The Kajigaya store is also equipped with a heat-recovery system, which aims at maintaining a comfortable environment in the store, while effecting energy savings.

Hi/Re/Li 冷凍システムの特性解析

荻野 治・池内正毅・小林靖夫

三菱電機技報 Vol.51・No.5・P301～304

Hi/Re/Li方式冷凍システムは、過冷却調整弁・アキュムレータ内熱交換器などを備え従来の冷凍システムに比べ、より省エネルギー形であり信頼性が高く、その特長を生かすために冷媒充てん量とアキュムレータ内容積の決定が重要なポイントとなる。本文では空冷形エアコンを例にとり、標準から過酷運転条件までを含めて動作点の解析と冷媒量の分布を調べ、実験値と対比し冷凍システム設計のための指針を与えた。

《MELCOM-COSMO》700 PL/I コンパイラ

太細 孝・山口和彦・角田久雄

三菱電機技報 Vol.51・No.5・P329～333

《MELCOM-COSMO》700上で動作するPL/Iを紹介する。PL/Iは、FORT-RAN、COBOL、ALGOLなどのよい面を採り入れた言語で、事務計算、科学技術計算、文書作成及び記号処理などの分野で、広範囲に使用される共通言語になりつつある。今回紹介する《MELCOM》PL/Iは、現在実用化されているPL/Iとして、世界最高のレベルをもつIBM社の言語仕様をほぼ満足し、国産では最高水準のPL/Iである。

ルーフトップタイプエアコンディショナ

石沢 昭夫・知久道明

三菱電機技報 Vol.51・No.5・P305～308

中近東をはじめ東南アジア諸国及び世界各国での使用可能なエアコンとして開発した5トン、8トン及び10トンのルーフトップタイプエアコンを紹介する。この製品の据付けは多様性に富み、屋根上、屋根裏、庭置き、スラブのいずれでも可能であり、また使用温度範囲は室内21℃DB（15.5℃WB）～35℃DB（22.5℃WB）、室外21℃DB～50℃DBまで運転可能とし、信頼性の高いコンパクトに設計した輸出専用機種で、今後広く拡販されるものと思われる。

レーザによる金属板表面自動検査装置

稲荷隆彦・亀井光仁

三菱電機技報 Vol.51・No.5・P334～337

レーザ光が表面粗さ構造により回折されて形成する回折像の変化を利用した新しい検査装置について述べる。この回折像は表面粗さ構造の統計的特徴によって決まり、圧延金属板ではこの回折像は板幅方向に広がる帯状の像となっている。照射光の走査によりこの像は板幅方向に移動する。この現象を利用して、電磁振動鏡による走査と、短冊状開口をもつ検知器とによりなる簡単な投受光方式で、0.1mm以下の検査分解能を実現し、実プラントにて稼動している。

マルチセントラル空調システム

笠置 紘・飯島 等・柴田 実・徳永 龍

三菱電機技報 Vol.51・No.5・P309～313

当社は熱回収システム用エアコンとしてマルチセントラルエアコンを生産、販売してきたが、このたび市場の動向にあわせて現地工事、保守が簡単な天井埋込形をはじめとして、新機種を開発したのでその概要について紹介する。更にマルチセントラルシステムの省エネルギー性について、具体的な建物の例をあげて、最近かなり普及しつつある空気熱源ヒートポンプシステムとの比較をする。

カラーTVカメラを用いた色彩画像解析システム

秋田興一郎・辻 秀一・中塚国男・伊藤貴康

三菱電機技報 Vol.51・No.5・P338～342

計算機による画像処理において、カラー情景やカラー図形・図面をオンラインで解析したいという要求がある。このような目的のために、カラーTVカメラを画像入力装置とするミニコンを用いたオンライン色彩画像解析システムを開発した。カラーTVカメラには2～3種類の交換レンズが用意されており、20μm程度の分解能の微細画像読取りから、通常のTV画像の読取りまで行え、広範な応用性を持つシステムである。

空冷式冷蔵クーリングユニット

上田和弘・川井 治

三菱電機技報 Vol.51・No.5・P314～318

低温流通機構の充実化に伴い、施工、運転が簡単な冷凍冷蔵クーリングユニットの需要が増加してきている。同時にその要求も多様化しており、当社では機種系列の拡充を進めてきた。今回庫内温度-5～+10℃及び-25～-15℃用で750Wの天井置空冷HC形冷蔵冷凍ユニットと庫内温度-5～+15℃用で3.75～11kWのAFL形空冷式冷蔵ユニットを開発したので、このモデルを中心に空冷式冷蔵クーリングユニットの特性について述べる。

SSリレーとその応用

大島征一・鎌田 勉

三菱電機技報 Vol.51・No.5・P343～347

最近、SSリレー（ソリッドステートリレー）が交通信号機、自動販売機、コンピュータの端末機に採用されはじめた。これはSSリレーがDTL、TTL等IC回路と直結できる、入出力間がホットカプラによって絶縁されている、雑音周波障害が抑制される等によるものである。ここでは、当社で開発したSW1D、SF10Dシリーズの特色、定格と特性及びその応用について概要を報告する。

食品店舗用ショーケース

—内蔵形オープンショーケースとクロズドショーケース—

佐藤邦彦・高妻光昭・東海枝明男

三菱電機技報 Vol.51・No.5・P319～322

食品店舗の販売機材であるショーケースの需要は、CVSに代表される小規模店舗の出店の活性化に伴い堅調な伸びを示している。こうした最近の市場にこたえて、従来は単品販売が主であった内蔵形ショーケースを小規模店舗の売場構成が内蔵形ショーケースだけで可能なようにシリーズ化した内蔵多段形の新形オープンショーケースの開発の経緯、構造及び機能等の改良点について概説し、合わせて新規発売したクロズド形冷凍ショーケースの特長について述べる。

ヒートパイプ利用による4,000A WN形メタルクラッド開閉装置

田中 修・大串哲朗・村上政明・津久井進

三菱電機技報 Vol.51・No.5・P348～352

ヒートパイプを用いた冷却方式により、自然空冷で定格電流を従来の3,000Aから4,000Aに容量増大した、WN形メタルクラッド開閉装置の開発に成功した。ヒートパイプは、作動流体の相変化及び多孔質材料の毛管作用を利用して熱を輸送する伝熱素子で、熱コンダクタンスが極めて大きいという特長をもっている。この開閉装置では、チューリップコンタクト部に、自然空冷用のフィンを有するヒートパイプの一端を挿入し、その端子を効果的に冷却している。

スーパーマーケットの熱回収システム

石塚春雄

三菱電機技報 Vol.51・No.5・P323～326

近年スーパーマーケットでは多段形オープンショーケースが多く使用されているが、売場やスーパーマーケットがショーケースの影響により温度が下がるというコールドアイルが発生し大きな問題があった。当社はこの問題に対し、コールドアイルを解消し快適なショッピング環境をつくり、省エネルギー運転を行う熱回収システムを開発し、各地で施工されている。スーパーマーケットの熱回収空調システムの概要を示し、実測値からシステムの効果を述べる。

モニタスピーカーの新技術

進藤武男・鈴木英男・興野 登・酒井新一・柴田繁憲

三菱電機技報 Vol.51・No.5・P353～358

最近のオーディオ技術の進歩にはめざましいものがあるが、その成果を再生系の最終段階の音に生かして行くにはスピーカーの性能向上を達成する以外にない。特にモニタスピーカーは音の標準器となるもので、最も厳しい性能が要求される。本文では、その開発にあたり音質上特に重要と思われる再生帯域、ひずみ、位相の問題、更に業務用スピーカーの基本性能の一つである耐入力性向上をとりあげ、それぞれに採用された新技術とその成果について述べた。

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 5, pp. 329~33 (1977)

A PL/I Compiler for the MELCOM-COSMO 700 Computer

by Takashi Dazai, Kazuhiko Yamaguchi & Hisao Tsunoda

The article introduces a Programming Language/I compiler for use with the MELCOM-COSMO 700 computer. A well-established programming language, PL/I combines the features of the FORTRAN, COBOL, AGOL and other programming languages, and is well on its way to becoming a common programming language with a wide range of applications, including commerce, science, document generation and symbolic manipulation.

The MELCOM PL/I compiler stands among the best examples of this language converter in Japan, with specifications approaching the most sophisticated in the world.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 5, pp. 301~4 (1977)

An Analysis of the Performance of the Hi/Re/Li Refrigeration System

by Osamu Ogino, Masaki Ikeuchi & Yasuo Kobayashi

The Hi/Re/Li refrigeration system incorporates a subcooling control valve, a heat exchanger built into the accumulator, and other technical advances. Compared to conventional systems, it offers increased energy economy and higher reliability, but to take full advantage of its merits, determination of the amount of refrigerant charge and the cubic volume of the accumulator are extremely important. The article exemplifies an air-source air-conditioner and describes an investigation of the operating points and the distribution of refrigerant charges in environments ranging from typical to extreme, and provides guidance for the design of refrigeration systems based on the results of the analysis.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 5, pp. 334~37 (1977)

A Laser-Equipped Automatic Device for the Inspection of Metallic Sheet Surfaces

by Takahiko Inari & Mitsuhiro Kamei

The article describes a new inspection device that utilizes changes in the pattern made by the diffraction of a laser beam from surface roughness. This diffraction pattern is determined by the statistical signature of the surface roughness, and in the case of rolled steel sheet, takes the form of a band that expands in the transverse direction. With radiating source scanning, the pattern makes a transverse shift. Based on this effect, a simple light emitting and receiving system has been developed incorporating vibrating-mirror scanning and a detector of a rectangular aperture. Capable of an inspection resolution of 0.1mm or better, the system is now in service in industry.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 5, pp. 305~7 (1977)

Air-Conditioners for Rooftop Installation

by Akio Ishizawa & Michiaki Chikyu

The article introduces a series of 5-, 8-, and 10-ton rooftop air-conditioners developed for use primarily in the Middle East and Southeast Asia, but also suitable for other areas. Mounting can be on the roof, in the attic, or on the ground. The units can be used at indoor temperatures of 21~23°C (dry bulb) and 15.5~22.5°C (wet bulb), and at outdoor temperatures of 1~50°C (dry bulb). It is expected that this compact, highly reliable series will find a wide market in the future.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 5, pp. 338~42 (1977)

A System for Color-Image Analysis Using a Color TV Camera

by Koichiro Akita, Hidekazu Tsuji, Kunio Nakatsuka & Takayasu Ito

The field of computerized image-processing requires on-line analysis of color images (e.g., TV images, diagrams), and to meet it Mitsubishi Electric has developed a system utilizing a minicomputer and a color TV camera to provide the image input.

The camera is equipped with 2 or 3 interchangeable lenses to allow reading of anything from normal TV images down to a fine resolution in the order of 20 microns, giving the system a wide range of applications.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 5, pp. 309~13 (1977)

New Model Multicentral Air-Conditioners

by Hiroshi Kasagai, Hitoshi Iijima, Minoru Shibata & Ryu Tokunaga

Mitsubishi Electric has extended its existing line of multicentral air-conditioners utilizing the heat-recovery principle with the introduction of new models, notably the ceiling-recessed type, to meet a trend in market demand toward equipment that offers easier on-site installation and maintenance. The article describes these new models, and offers comparisons, on the basis of actual building installations, between the energy efficiencies of the multicentral system and the widely used air-source heat-pump system.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 5, pp. 343~47 (1977)

Solid-State Relays and Their Applications

by Seichi Oshima & Tsutomu Kamada

Because solid-state relays can be directly connected to DTL, TTL and other IC circuitry, their inputs and outputs are isolated by photo-couplers, so that radio noise interference is suppressed. These relays have been finding applications recently in traffic signals, automatic vending machines and computer peripherals. The article describes the features, ratings and characteristics of the SWID and SF10D series developed by Mitsubishi Electric.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 5, pp. 314~18 (1977)

Air-Source Cooling Units for Refrigeration and Cold Storage

by Kazuhiro Ueda & Osamu Kawai

With the strengthening of refrigerated distribution chains there has been a growing demand for cooling units that are easier to install and operate. At the same time, demand has diversified, and Mitsubishi Electric is increasing the scope of its product lines.

The article discusses the characteristics of the newly developed Type HC 750W rooftop-mounted air-source cooling unit for cold-room temperatures of -5~+10°C and -25~-15°C, and the Type AFL 3.75~11kW air-source cooling units for cold storage.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 5, pp. 348~52 (1977)

4000A Type WN Metal-Clad Switchgear Using Heat Pipes

by Osamu Tanaka, Tetsuro Ogushi, Masaaki Murakami & Susumu Tsukui

The use of a cooling system incorporating heat pipes has enabled development of Type WN switchgear with a rated current of 4000A, in contrast to the 3000A that was the limit with conventional natural cooling. The heat-pipe system, in which heat is transferred by a phase change of the working fluid and by capillary action in porous material, has an extremely high thermal conductance. In the new switchgear, one end of the heat pipes, which are equipped with fins for natural convection cooling, are inserted into tulip contacts of the breaker to provide more effective cooling of that terminal.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 5, pp. 319~22 (1977)

Self-Contained, Open and Closed Showcases for Food Stores

by Kunihiko Sato, Mitsuaki Kozuma & Akio Shoji

With the increasing popularity of small convenience stores there has been a sudden growth in demand for refrigerated showcases for food products. To satisfy this demand, a series of self-contained, multideck, open showcases has been developed to replace the single-product types used heretofore. The article describes the development process, construction, and functions of the new open showcases, as well as the features of newly marketed types of closed showcases.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 5, pp. 353~58 (1977)

New Technology for Monitor Speakers

by Takeo Shindo, Hideo Suzuki, Noboru Kyono, Shin'ichi Sakai & Shigenori Shibata

Recently there have been great strides made in audio engineering, but they cannot be reflected in sound quality unless improvements in speaker performance are achieved. Performance requirements are particularly severe for monitor speakers, in that they serve to set audio standards.

The article deals with the new technologies that are applied to the problems of reproduction range, distortion and phasing, which are particularly crucial to improved sound quality, and to the increasing of power-handling capacity, a basic performance parameter for professional-quality speakers.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 51, No. 5, pp. 323~26 (1977)

A Heat-Recovery System for Supermarkets

by Haruo Ishizuka

With the increasing use in supermarkets of multideck, open, refrigerated showcases has come the problem of decreased temperatures in shopping aisles. In order to compensate for this and achieve a comfortable shopping environment, and at the same time save on operating energy, Mitsubishi Electric has developed a system that is now in wide use for recovering the heat lost from refrigerator compressors. The article describes the system, and discusses its effectiveness on the basis of actual measurement.

Hi/Re/Li冷凍システムの特性解析

荻野 治*・池内正毅*・小林靖夫**

1. ま え が き

近年エネルギー有効利用の声が高まり、冷凍装置においても種々の省エネルギーシステムが提案され実用化が進められている。冷凍装置の高効率化はまた信頼性を維持向上させるものでなければならない。このための項目を列挙すれば次のようになる。

- (1) 凝縮圧力を低く蒸発圧力を高くする。
- (2) 熱交換器の熱特性を向上させる。
- (3) 配管系の圧力損失を減少させる。
- (4) 圧縮機吐出蒸気温度を低くする。
- (5) 圧縮機への油もど(戻り)を確実なものとし常に適正な油量を保つ。
- (6) 広範囲な運転条件に対して安定した運転を行うことのできる冷媒回路及び制御方式を採用する。
- (7) 冷媒回路に適正な冷媒量を確保する。

本文で述べる Hi/Re/Li 方式は、上記各項目を満足する優れたシステムとして注目を浴び、その実用化がなされてきた⁽¹⁾⁽²⁾。Hi/Re/Li 方式のおもな特長の一つは、冷媒流量の制御に過冷却調整弁を用いることであり、他の一つはアキュムレータの構造にある。これらの特長は冷凍システムの上に次のような効果をもたらす。すなわち

- (1) 過冷却調整弁で凝縮器出口液冷媒の過冷却度を一定に保つことによって、凝縮器を効率よく使える。
- (2) アキュムレータ内に熱交換器をもっているため高圧側液冷媒は、十分に過冷却され蒸発器入口の冷媒は飽和液に近い状態となり、また出口の冷媒は湿り蒸気の状態になっている。このことは、
 - (a) 蒸発器に過熱蒸気部分がなく熱特性の向上をもたらす。
 - (b) 冷媒の圧力損失が小さく圧縮機を効率よく運転できる。
 - (c) 蒸発器中の油戻しが確実に行われる。などの効果となって表れる。
- (3) アキュムレータ内熱交換器は、他方では蒸発器からの湿り蒸気を飽和蒸気として圧縮機へ戻しているため液戻りを防止できるとともに、圧縮機吐出蒸気温度を低くできる。
- (4) アキュムレータ内に油戻し装置を設けており圧縮機内の油量を適正に維持できる。
- (5) アキュムレータに冷暖各運転時の余剰冷媒を収容できるため、広範囲の使用条件に追従でき安定した動作を示す。

上に述べたような特長をもつ Hi/Re/Li 方式の冷凍システムを実現するためには、各種冷暖房負荷に対する運転時にも常にアキュムレータ内で高圧側液冷媒と低圧側液冷媒が熱交換し、蒸発器出口冷媒は湿り蒸気となるような冷媒充てん量、及びアキュムレータ内容積を決定することが必要である。

従来冷媒の充てん量の決定は、例えば JIS で決められた各種負荷条件のもとで運転を実施し試行錯誤的に行っている場合が多く、新しく設計する機種についての予測が困難なため開発に時間を要する。更に、開発時には冷媒充てん量が確定していないため、最適なアキ

ュムレータの内容積が決まらず、必要以上に余裕のある設計となり冷媒所要量が多くなるなどコンパクト化に逆行する結果となり、また逆にアキュムレータの能力が不足し標準以外の過酷な運転条件に対して、不安定な動作を示す例もみられる。

ここに Hi/Re/Li 方式採用の空冷形エアコンディショナに例をとり、運転特性の解析を行い、この解析に基づいて決定した冷媒充てん量の妥当性及びシステム動作のフレキシビリティについて実験値との比較を含め検討した。

2. Hi/Re/Li 冷凍システム

2.1 動作とシステム解析

図 1. は、Hi/Re/Li 方式を冷凍システムに適用したときの配管系統図であり、図 2. はこのときの冷凍サイクルをモリエル線図上に表したものである。この方式では蒸発器出口すなわちアキュムレータ入口の冷媒は、湿り蒸気である。しかし、この湿り蒸気中の液冷媒は、アキュムレータ内熱交換器で高圧側液冷媒と熱交換し飽和蒸気となってアキュムレータを出る。また油戻し穴からの油の溶け込んだ液冷媒も、圧縮機吸込管部熱交換器で高圧側液冷媒と熱交換し、圧縮機シユルには飽和蒸気の冷媒が吸い込まれる。これらを図 2. のモリエル線図上で

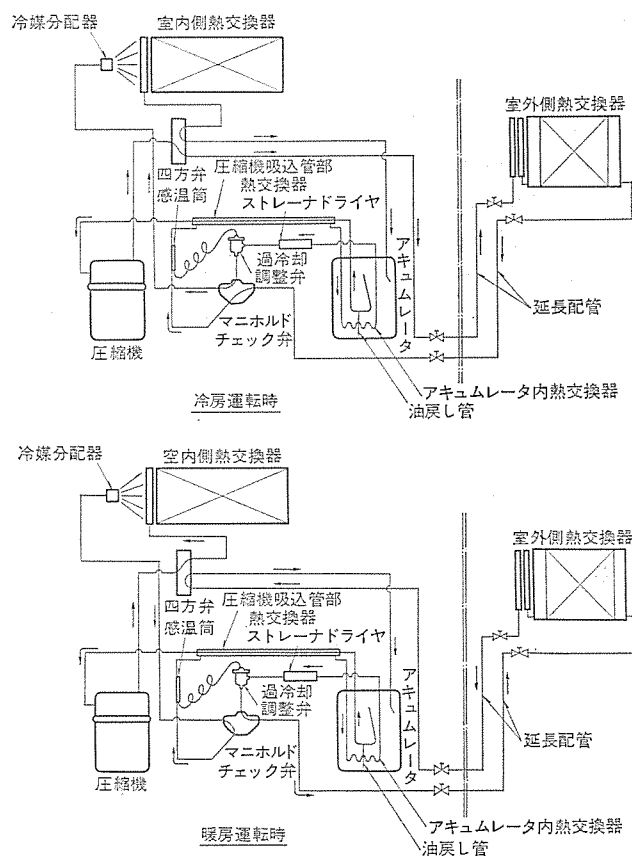


図 1. Hi/Re/Li システムの冷媒回路

みると次のようになる。

(1) アキュムレータ内熱交換器で高圧側液冷媒は、⑧→⑦となり低圧側湿り蒸気の冷媒は、⑨→①となる。

(2) 圧縮機吸込管部熱交換器で高圧側液冷媒は、⑤→⑥となり低圧側液冷媒は、⑩→①となる。

この冷凍サイクルでは次式が成立する。

$$Q_1 = G(I_2 - I_5) \dots\dots\dots (1)$$

$$Q_2 = G(I_9 - I_8) \dots\dots\dots (2)$$

$$Q_3 = G(I_9 - I_7) = G(I_1 - I_9) - G'(I_1 - I_{10}) \dots\dots\dots (3)$$

$$Q_4 = G(I_5 - I_6) = G'(I_1 - I_{10}) \dots\dots\dots (4)$$

ここに $I_1 \sim I_{10}$: 図 2. の①～⑩に対応する冷媒のエンタルピ (kcal/kg)

Q_1 : 凝縮器熱交換量 (kcal/h)

Q_2 : 蒸発器熱交換量 (kcal/h)

Q_3 : アキュムレータ内熱交換器熱交換量 (kcal/h)

Q_4 : 圧縮機吸込管部熱交換器熱交換量 (kcal/h)

G : 全冷媒流量 (kg/h)

G' : 油戻し穴からの冷媒流量 (kg/h)

運転特性をもとに解析を進めるときは、図 2. の冷凍サイクル上の動作点①, ②, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧及び冷房能力又は暖房能力が既に得られている。よって、式(1), (3), (4)又は式(2), (3), (4)から各部熱交換量, 冷媒流量, 動作点⑩などを求めることになる。

2.2 冷媒量の計算

冷凍装置内の冷媒の状態は、蒸気単相部、液単相部、蒸気・液の2相部、冷凍機油中混入部に分けて考えることができる。

蒸気単相部は、圧縮機吐出蒸気管・凝縮器過熱蒸気部・アキュムレータ蒸気部・圧縮機吸込蒸気管・圧縮機シエルである。また液単相部は、凝縮器液部・過冷却液管・アキュムレータ液部である。これらの蒸気・液単相部の冷媒量は、冷媒蒸気及び液の密度とそれぞれの内容積の積から求めることができる。

凝縮器凝縮部、蒸発器及び蒸発器からアキュムレータまでは、蒸気・液の2相部であるが、この部分の冷媒量計算には気体の容積割合すなわちボイド率が必要となる。ボイド率算出にあたっては、過去に多くの理論的及び実験的試みがなされているが、これらはほとんどが熱の出入りのない定常状態における整理式であり、熱的にも不平衡であるような凝縮器・蒸発器に直ちに適用できるような整理式は、いまだ十分には確立されていない。図 3. にいままでに報告された幾つかのボイド率算出方法を用いて求めた乾き度とボイド率の関係を示す。各曲線は、それぞれ次の算出方法から求めている。

①の曲線：蒸気・液の速度比を1.0としたとき。

②の曲線：環状流を仮定した Zivi の方法から求めたとき⁽³⁾。

③の曲線：同じく Zivi の方法で環状噴霧流を仮定し、気体コアへの液滴の混入を液流量の0.2としたとき。

④の曲線：Levy の方法から求めたとき⁽⁴⁾。

⑤の曲線：環状噴霧流を仮定した Smith の方法から求めた値で、

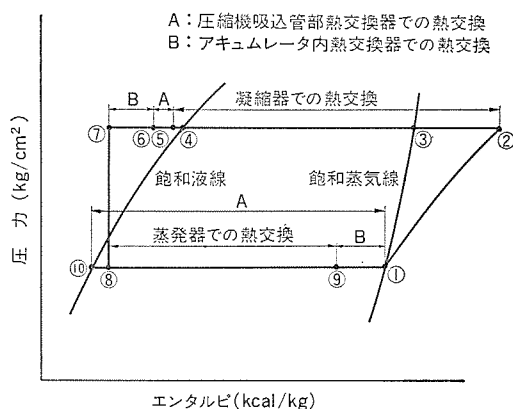


図 2. Hi/Re/Li システムの冷凍サイクル

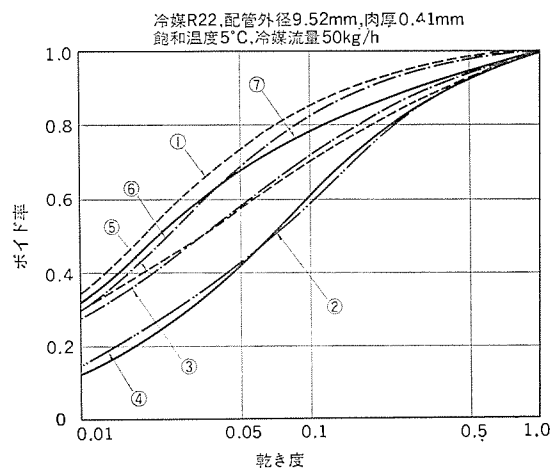
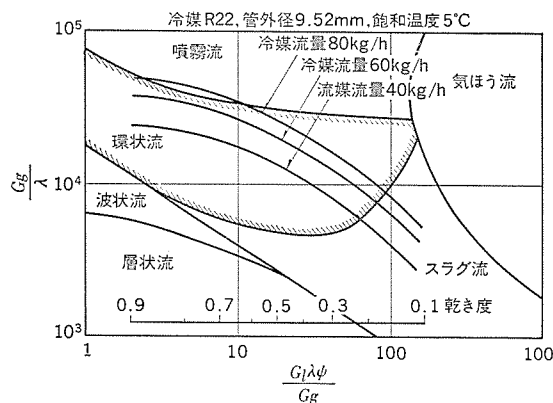


図 3. 乾き度に対するボイド率の整理式の比較



$$\psi = \frac{73}{\sigma} \left[\frac{\mu_l (62.3)}{\gamma_l} \right]^{2/3}, \quad \lambda = \left[\left(\frac{\gamma_g}{0.075} \right) \left(\frac{\gamma_l}{62.3} \right) \right]^{1/2}$$

σ : 表面張力 (dyne/cm) μ_l : 液体の粘性係数 (CP)
 γ_l : 液体重量 (lbm/ft³) γ_g : ガス重量 (lbm/ft³)
 G_g : ガス重量速度 (lbm/h·ft²) G_l : 液重量速度 (lbm/h·ft²)

図 4. 水平管の流動様式状態図

気体コアへの液滴の混入を液流量の0.4としたとき⁽⁵⁾。

⑥の曲線：Hughmark らによる実験式から求めたとき⁽⁶⁾。

⑦の曲線：井上らによる実験式から求めたとき⁽⁷⁾。

また、図 4. は、Baker らによる非加熱水平管内2相流の流動様式状態図⁽⁸⁾中に冷媒流量及び乾き度が変わったときの流動様式の変化の様子を示したものである。図 4. から乾き度の小さいときの流動様式は、環状流からスラグ流に近く、乾き度が大きいときは環状流が予想される。この流動様式の状態図による検討結果から、ボイド率算出方法として一般的に使われている Zivi の方法を用いることにした。

Zivi の方法では、ボイド率 f_g は

$$f_g = \left[1 + \left(1 + \frac{3}{2} N \right)^{1/3} \left(\frac{1-x}{x} \right) \left(\frac{\rho_g}{\rho_l} \right)^{2/3} \right]^{-1} \dots\dots\dots (5)$$

で与えられる。

ここで x : 乾き度

ρ_g : 蒸気の密度 (kg/m³)

ρ_l : 液の密度 (kg/m³)

式(5)中の N は、摩擦によるエネルギー消散項であり、液と管壁との摩擦のため蒸気と液との速度比は大きくなりボイド率を減少させる方向に働くが、その影響は小さく無視できる。蒸気・液2相部中の蒸気部体積 V_g は

$$V_g = \int_{x_1}^{x_2} f_g \cdot S dl \dots\dots\dots (6)$$

となるが熱流束一定の仮定をおくと式(5)、式(6)から

$$V_0 = \frac{V}{(1-c)^2(x_0-x_i)} \left\{ (1-c)(x_0-x_i) - c \ln \frac{(1-c)x_0+c}{(1-c)x_i+c} \right\}$$
.....(7)

となる。

- ここで S: 配管内断面積 (m²)
l: 配管長さ (m)
V: 2 相部の内容積 (m³)
c: (ρ_g/ρ_l)^{2/3}
x₀, x_i: 出入口の乾き度

式(7)から蒸気部及び液部の内容積を求め、これと蒸気及び液の密度の積から2相部の冷媒量が求まる。

圧縮機シェル内冷凍機油中への冷媒溶込み量は、冷凍機油の種類・圧力・温度によって異なってくるが、これらパラメータに対する冷媒の溶解度曲線から求まる。

3. 空冷形エアコンディショナへの適用

3.1 冷暖房運転特性

空冷形 エアコンディショナ 2 種類 (A 機種, B 機種) について冷暖房試験を実施した。図 5. は A 機種の外觀図である。図 6. はこれらと同一シリーズ 機種の試験状況を示す一例であり、空気側低温条件での暖房運転時の アキュムレータ 部を示している。A 機種, B 機種ともに冷媒回路は図 1. に示すとおりである。

冷暖房試験結果をもとに式(1)～式(4)を用いて動作点、冷媒流量、各部熱交換量などを求めた。A 機種についてこれら試験及び計算結果例を表 1. に示す。Hi/Re/Li 方式の特長として述べたように、アキュムレータ内熱交換器で高压側液冷媒は十分過冷却され蒸発器入口の乾き度は 0.01～0.07、出口乾き度は 0.77～0.87 となっている。また、油戻し穴からの液冷媒は、圧縮機吸込管部熱交換器で蒸発している。B 機種についても冷暖房能力、冷媒流量などが異なるだけで動作点については同じような結果を得ている。

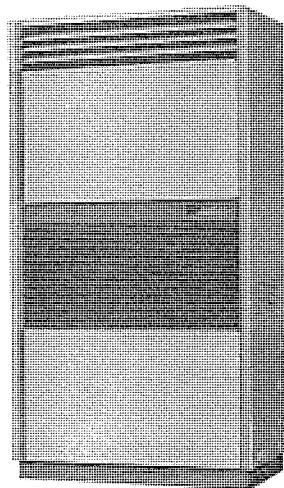


図 5. エアコンディショナ 外觀 (A 機種)

3.2 冷媒充てん量の計算値との比較

冷凍装置内の冷媒量は、各機器・



図 6. エアコンディショナの試験状況 (暖房・低温条件)

配管部ごとに 2.2 節に述べた方法で求めることができる。なお、凝縮器についてはまず、過熱蒸気部・過冷却液部を求め残りを凝縮部として冷媒量を求める。アキュムレータ 部分を除いた A 機種の各部冷媒量計算結果を表 3. に示す。

A 機種では冷媒量は、暖房の低温条件のときが 3.4 kg で一番少なく、冷房の過負荷条件のときが 4.9 kg で一番多くなっている。この試験では A 機種に図 7. に示すアキュムレータを取付けた。Hi/Re/Li 方式ではアキュムレータ内熱交換器は、常に液冷媒中に浸し(漬)させる

表 1. 冷暖房運転特性 (A 機種, 延長配管 5 m)

冷 房 ・ 暖 房		冷 房			暖 房		
運 転 条 件		標 準	過 負 荷	低 温	標 準	高 温	低 温
圧縮機	吐出圧力 (kg/cm ²)	20.1	24.3	14.2	19.1	25.0	15.0
	吐出温度 (°C)	91.9	102.3	72.5	102.7	113.1	105.2
	吸込圧力 (kg/cm ²)	4.8	5.7	3.9	3.45	5.05	1.85
	吸込温度 (°C)	5.6	10.3	-0.3	-3.4	8.3	-15.6
凝縮器	入口温度 T ₂ (°C)	88.3	99.3	68.8	100.7	112.1	103.2
	出口温度 T ₃ (°C)	45.3	53.0	27.6	45.0	56.8	35.0
圧縮機吸込管部熱交換器高压側出口 (°C) 温度 T ₆		40.0	47.4	23.5	38.0	50.4	26.5
アキュムレータ内熱交換器高压側出口 (°C) 温度 T ₇		12.6	20.6	5.8	8.1	22.1	-4.1
蒸発器入口乾き度		0.04	0.07	0.01	0.03	0.05	0.04
蒸発器出口乾き度		0.8	0.79	0.87	0.77	0.77	0.78
冷・暖房能力 (kcal/h)		12,150	12,500	11,970	11,200	14,430	7,550
冷 媒 流 量 (kg/h)		337	368	291	225	308	138
油戻し用冷媒流量 (kg/h)		10	12	6	10	11	6
吸込管部熱交換量 (kcal/h)		570	660	350	520	650	360
アキュムレータ熱交換量 (kcal/h)		2,800	3,090	1,510	2,000	2,740	1,210

- 注) 1. 運転条件は表 2. に示すとおりである。
2. 記号 T₂, T₃, T₆, T₇ は図 2. の動作点 ⑤⑥⑦ の温度を示す。
3. 圧力はゲージ圧力である。

表 2. 冷暖房時の空気温度

冷 房 ・ 暖 房		冷 房			暖 房		
運 転 条 件		標 準	過 負 荷	低 温	標 準	高 温	低 温
室 内	乾球温度 (°C)	27.0	35.0	21.0	21.0	27.0	21.0
	湿球温度 (°C)	19.5	24.0	15.5	17.0	20.0	15.5
室 外	乾球温度 (°C)	35.0	43.0	21.0	7.0	19.0	-7.0
	湿球温度 (°C)	24.0	28.0	15.5	6.0	16.0	—

表 3. 冷凍装置内の冷媒量 (A 機種, 延長配管 5 m)

冷 房 ・ 暖 房		冷 房			暖 房		
運 転 条 件		標 準	過 負 荷	低 温	標 準	高 温	低 温
冷 媒 量	凝 縮 器 (kg)	2.38	2.58	2.26	1.25	1.36	1.17
	蒸 発 器 (kg)	0.86	0.81	0.80	1.52	1.62	1.14
	液 部 配 管 (kg)	1.11	1.05	1.19	1.01	0.93	0.95
	そ の 他 (kg)	0.36	0.43	0.30	0.27	0.35	0.18
	冷媒量合計 (kg)	4.71	4.87	4.55	4.05	4.26	3.44

- 注) 1. アキュムレータ部は除いている。
2. 液部配管は凝縮器出口から蒸発器入口までを示す。
3. その他にはガス配管・圧縮機シェル・冷凍機油中の冷媒を含む。

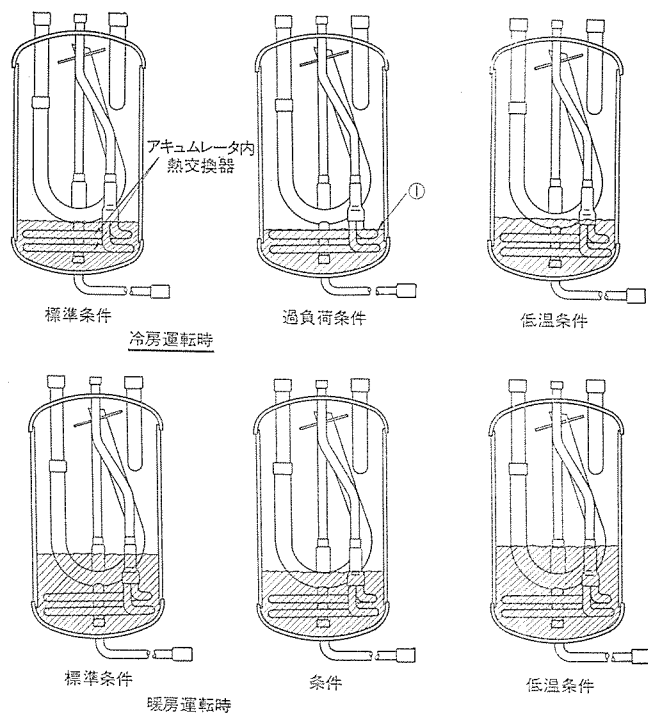


図 7. アキュムレータ内の冷媒量 (A 機種)

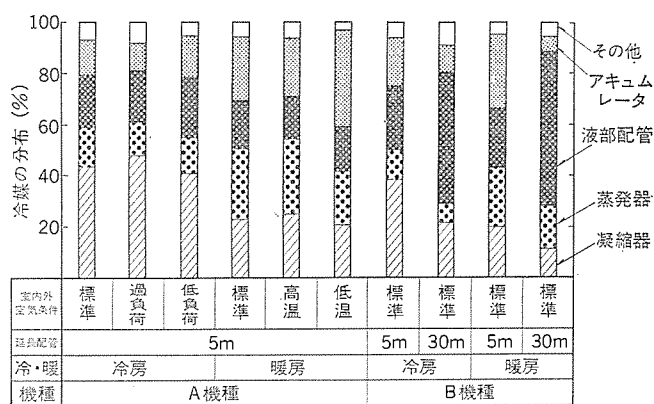


図 8. 冷凍装置内の冷媒分布割合

ため、冷凍装置中に最も多く冷媒を必要とする冷房の過負荷条件でも、図 7. のアキュムレータ内の①の位置まで液を満たす必要がある。この条件から冷媒の充てん量を求めると 5.7 kg が必要となる。この時の実際の冷媒充てん量は、5.5 kg であり、ほぼ計算値と等しい充てん量となっている。なお、その他の運転条件では冷媒量は、冷房の過負荷条件のときより少なくてよく、余分の冷媒は、アキュムレータ内にとどまることになる。B 機種では室外側熱交換器への延長配管を標準の 5 m のときと 30 m のときについて A 機種と同じように冷媒充てん量を求めた。この結果延長配管が 5 m のとき 7.0 kg、延長配管が 30 m のとき 12.3 kg となり、実際の試験時の冷媒充てん量 7.5 kg、12.5 kg に近い値を得た。

実際の冷媒充てん量をもとにしたときの各部の冷媒分布割合を図 8. に示している。表 3. 及び図 8. から次のようなことが分かる。

(1) 冷房運転時のほうが熱交換器、配管系への冷媒量を多く必要とし、したがってアキュムレータ内冷媒量は少なくなる。A 機種で比較すると冷房時の過負荷運転は、暖房時の低温運転に比べ 37 % 増の冷媒量を必要としている。また A 機種、B 機種 (延長配管 5 m) と標準条件の運転で比べると冷房時は暖房時の 16 % 増の冷媒量となっている。

(2) A 機種に例をとれば室外側熱交換器の内容積は、室内側熱交換器の内容積の約 1.78 倍となっているため、室外側熱交換器に多くの冷媒がとどまる。このことは、室外側熱交換器を凝縮器として使用する冷房運転のときに特に顕著となる。

(3) B 機種では、延長配管 30 m のときに合わせたアキュムレータとしているため、延長配管 5 m のときのアキュムレータ内の冷媒量の割合が A 機種に比べ大きくなる。

また一方、Hi/Re/Li 方式を用いない従来形の冷凍装置における冷媒充てん量に関して小滝らの報告がある⁽⁹⁾。この報告によれば冷房運転時に凝縮器側には約 3 kg、蒸発器側には約 0.9 kg の冷媒量とどまっていて (凝縮器側冷媒量) / (蒸発器側冷媒量) は約 3.3 となっている。この報告の結果では、表 3. から凝縮器側 2.4 kg、蒸発器側 0.86 kg の冷媒量でその比は約 2.8 である。彼らは、蒸気・液 2 相部の ボイド率計算に Hughmark の方法を用いている。これをこの報告における Zivi の方法で見直すと、図 3. から分かるように蒸発器中の冷媒量は大きな変化はないが、凝縮器中の冷媒量は増加し (凝縮器側冷媒量) / (蒸発器側冷媒量) の値は彼らの報告による 3.3 より大きくなる傾向にある。更に厳密には各熱交換器の内容積、運転特性の比較などを必要とするが、Hi/Re/Li 方式の特長として述べた凝縮器側の冷媒量は少なくなること、したがって (凝縮器側冷媒量) / (蒸発器側冷媒量) の値が従来機種に比べ小さくなるのがこれらの比較から分かる。

4. む す び

省エネルギー形で信頼性の高い Hi/Re/Li 方式冷凍サイクルについて空冷形エアコンディショナに例をとり、標準から過酷運転条件までを含めた動作特性の解析を行った。この結果から冷凍装置内の冷媒分布状態が分かり、計算で求めた冷媒充てん量は実験値とよく一致することが確認された。更に各種運転条件でのアキュムレータ内冷媒量を知り、アキュムレータ内容積決定に対する指針を得た。これにより、設計時点において冷媒充てん量を知ることができ製品開発のスピードアップが計れるとともに、アキュムレータを含む冷凍システムの最適設計を行うことが可能になった。

冷媒分布量の計算精度を更に向上させるには、蒸気・液 2 相部におけるボイド率の算出に熱的不平衡・熱流束変化などの効果を取り入れ、より実機に近づいた解析を行うことが必要となる。またこの報告では、冷媒充てん量について計算値と実験値の比較を行ったが、詳細には各部の冷媒分布量を実験的に求め、これを計算値と対応させて解析手法の適確さを高めたいと考える。この研究の実施にあたり、関係部門の方々から多大のご援助を得たことを記し、厚く謝意を表する。

(昭和 52-2-8 受付)

参 考 文 献

- (1) 近藤, 小林, 川井: 三菱電機技報, 49, No. 4, 331 (昭 50)
- (2) 岩崎: 空調調和と冷凍, 83 (昭 22)
- (3) S. M. Zivi: Trans. ASME, Ser. C, 86-2, 247 (1964)
- (4) S. Levy: Trans. ASME, Ser. C, 82-2, 113 (1960)
- (5) 赤川: 気液 2 相流, 44 (昭 49)
- (6) G. H. Hughmark, B. S. Pressburg: A. I. Ch. E. Journal, 7, 4, 677 (1961)
- (7) 井上, 青木: 機械学会論文集, 36, 288, 1,358 (昭 45)
- (8) O. Baker: Oil and Gas J., 53, 185 (1954)
- (9) 小滝, 吉井: 冷凍, 50, No. 574, 597 (昭 49)

1. ま え が き

現在、日本からの輸出品に代表されるものは衆知のように、鉄鋼、自動車及び家電品であるが、発展途上国における生活水準の向上に伴い、工場、店舗、レストランあるいは一般住宅等における高額耐久消費財の需要も年々増加しつつある。更に、生活労働環境改善のすう勢は、発展途上国にも浸透し始めてきており、空気調和装置がこの分野の一端を担うことはいうまでもない。

当社からの現在のパッケージエアコンの主な輸出市場は、東南アジア、オーストラリア等を始めとして、温帯、亜熱帯、熱帯の広域にわたっているが、ここ数年前から、石油の高騰により経済力の非常に高まっている中近東諸国での需要がとみに増大してきており、これらの国では、外気温が50°C近くに達する事もまれではなく、かつエアコンは生活必需品化しつつある。

また、開発途上国を建築様式並びにエアコン据付仕様の観点からみると、ホンコンに見られるように、多階式のビルが非常に多く、これらのビルにおいては、フロア面積の有効活用の面から、スラブ据付けとする場合が多い。また、中近東諸国では、屋根上、屋上据付けに加え、屋根裏に据付けられる場合もある。高層ビルの少ないクエート等では、屋根上据付けのエアコンが望まれている。これは、米国において、平家建ての家の増加に伴い、エアコンを屋根上に据付けるケースが増加してきている事により裏付けされる。

また、日本と同様、世界的にも空冷化の傾向にあるが、特に、中近東においては、水は貴重品的存在であるので、空冷式のもの主流を占める。

当社では、これらの、諸国における諸背景を踏まえ、海外市場におけるニーズのいずれをも満足させ、かつ種々のメリットを付加し、現在の国内、国外向けの主力機種であり、高信頼性の実績を持つ、パッケージエアコンPシリーズの技術を生かし、輸出専用機種としてルーフトップタイプ シングルパッケージエアコンPRシリーズを開発した。このシリーズは冷房専用で、使用可能電圧は、346V及び380~415Vであり、5トン、8トン及び10トンより成る。この論文では、その特徴、構造、仕様、性能及び据付仕様等について紹介する。

2. ルーフトップ形“PR”シリーズ

ルーフトップタイプ シングルパッケージエアコンの呼称としては一般にRoof-top-type, Roof mount, Single package, Self contained などと呼ばれており、空対空方式による一体形の冷房ユニットを1個のキャビネットの中に納め、そのユニットスタイルは横形をなし、一般の床置形パッケージエアコンに比べて軽量化されているものが多い。据付けの方法としては前述のように建築物屋上、スラブ（壁貫通）、庭先、屋根裏据付けなどが考えられており、据付多様性の機器であると言える。また、冷気供給の方法としてはダクト方式によるものが主となっているが、スラブ据付けの場合にはユニットから冷気を直接吹き出すグリル方式の要求も多い。

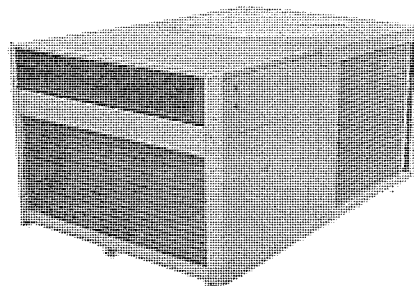


図 1. PR-5 A 外観

今回当社で開発したルーフトップタイプ“PR”シリーズは、現在当社のパッケージエアコンのメインシリーズとして好評を博している“P”シリーズの開発理念を基本思想として“P”シリーズとの部品の共通化、標準化、技術の応用などにより生産性の向上及び製品の小型コンパクト化を図ったものであり、特に価格、品質、信頼性に重点をおいて開発したものである。図1.はPR-5A形の外観写真である。

2.1 特 長

ルーフトップタイプ“PR”シリーズの特長として次のようなことがあげられる。

(1) 高外気温での運転が可能

外気条件（使用限度）は50°C DBまでであり、中近東など外気温の高い地域でも安定した冷房運転のできる輸出仕様設計となっている。

(2) 運転操作の簡単なリモートコントロール方式

ルームサーモを内蔵したリモートコントローラを好みの場所へ取付けることにより離れた場所から運転操作が簡単にできる。運転スイッチをONにすることにより後はルームサーモによる自動運転が可能。

(3) 使用用途が多様性に富んでいる

住宅、事務所、店舗など小規模な建物から、ビル、工場などの大規模な建物まで使用することができ、多様な使用箇所への対応性がある。

(4) 自由な据付場所が選べる

建物の構造、設計条件に応じて、屋上据付け、スラブ据付け、庭置据付け、屋根裏据付けなど、最も都合のよい場所を選び自由に据付けることができる。

(5) 据付工事に手間がかからない

空冷一体形であるため本体を据付けた後、電気工事とダクト工事（グリル仕様の場合は不要）をするだけで運転ができ、水配管、冷媒配管などは不要。

(6) ドレン配管は前面、右側面の2カ所から取出し可能

スラブ据付けの場合など、ドレン配管を必要とする場合には室内側からドレンを取り出すことができる。そして、前面、右側面前部の2カ所にドレン取出口を設けたので、最も都合のよい位置からドレン配管を取り出すことができる。

(7) 信頼性の向上

“P”シリーズパッケージエアコンで実績のある、毛細管、分配器による冷媒制御方式、ファンモータ直結駆動（PR-5、PR-8）、全密閉式圧縮機などの採用により信頼性の向上を図った。

(8) サービス性の向上

右側面後側のパネルを外すだけで据付けのまま圧縮機、電気品の点検、交換が簡単にできる。圧縮機は配管フランジの接続部分の取付ねじを外せば取付台とともに側面から引き出すことができる。

(9) 部品の共通化により、生産性、工作性が向上

5トン、8トンの外形寸法を同一として部品の共通化をはかり、また“P”シリーズの部品、組立方法を流用したことにより工作性、生産性を向上させた。

(10) 小形、軽量化を図った

現在の“P”シリーズ同容量のものに比べ20～35%の軽量化を図った。

(11) グリル吹出しでの使用が可能

スラブ据付けの場合には、冷却器側送風機モータを人（スター）結線として、オプション部品の吸込み、吹出グリルを取付ければ、直接ユニット本体から冷気を吹き出すグリル使用として使用が可能。

2.2 構造

ルーフトップタイプパッケージエアコンPR-5A、PR-8A形の内部構造を図2に示す。製品構造はコンパクトな横形空冷一体式であり、台板上へ冷媒系統、送風機系統の各機器を載置している。本体中央を仕切板で区切り一方を冷房ユニット、他方を凝縮ユニットとした構成で、冷房ユニットは前面下方からリターンエアを吸い込み前面上部から吹き出している。凝縮ユニットは側方及び後方の3面から空気を吸い込み上方へ排気している。また各構成機器、本体の組立方法はできる限り“P”シリーズパッケージエアコンと同じ部品の流用、技術の応用などを行い標準化を図った。

2.3 仕様

“PR”シリーズ5トン、8トン、10トンの製品仕様を表1に示す。

(1) 冷媒系統

冷媒回路はガス洩れを防ぐため密閉化を徹底し、真空引き、冷媒チャージ、試験までを工場内で行うと同時に冷媒絞り方式としては既にある実績のある毛細管方式を採用して信頼性を向上させている。圧縮機は長年にわたる高品質の実績を誇る三菱全密閉圧縮機D形シリーズをと（搭）載し、広く安定した運転域を有するとともに、異常運転時には確実に作動する保護装置を有している。凝縮器は“PV”シリーズ

表 1. ルーフトップPRシリーズ仕様

形名		PR-5A	PR-8A	PR-10A	
性能	冷房能力	kcal/h	12,000	17,000	22,500
	定格電源	V	3相4線, 346V, 380V, 400V, 415V		
	周波数	Hz	50		
	定格消費電力	kW	6.1	9.5	11.7
	運転電流 (346V時)	A	11.5	20	24.5
	運転力率 (346V時)	%	88	80	80
	始動電流	A	70	108	135
外形寸法			鋼板アクリル塗装		
外形寸法	高さ	mm	755		835
	幅	mm	1,050		
	奥行	mm	1,500		1,870
圧縮機	形名		D-054	D-072	D-090
	形式×台数		全密閉×1		
	始動方式		直入		
	電動機出力	kW	3.75	5.5	7.5
冷媒回路	冷凍能力	法定トン	2.3	3.1	3.8
	電熱器 (クランクケース) (346V時)	W	—	50	60
	冷凍機油	l	スニソ3GS 2.2	スニソ3GS 2.75	スニソ3GS 3.5
送風機	冷媒×封入量	kg	R-22 2.8	R-22 3.5	R-22 6.2
	制御方式		毛細管		
	凝縮器形式		クロスフィン		
	冷却器形式		クロスフィン		
送風機	形式×個数		シロッコファン×1		
	標準風量 (1時間)	m³/min	53	75	90
	標準機外静圧	mmAq	8	8	15
	電動機出力	kW	0.56	0.96	2.2
	形式×個数		プロペラファン×1		
	標準風量	m³/min	110	200	220
送風機	標準機外静圧	mmAq	0		
	電動機出力	kW	0.16	1.1	0.4
運転操作機器			リモートコントローラ		
保護装置	圧力開閉器<高圧>	kg/cm²	28 G カットアウト		
	圧縮機保護		熱動温度開閉器、過電流継電器		
	冷却器側送風機保護		熱動温度開閉器	熱動過電流継電器	
オプション部品			吸込、吹出グリル、エアフィルタ、サポート、プレナムチャンパ、プレナムカーブ		
製品重量		kg	238	259	325

注) 1. この仕様は改良により予告なしに変更することがある。
2. この能力時の空気条件は冷却器側 27°C DB, 19.5°C WB, 凝縮器側 35°C DB である。

を基本としたクロスフィンチドリ「J」形とし高効率化を図っている。また冷却器はクロスフィンチドリ形熱交換器をユニット本体前面に縦形に設置し、取付け、配管など組立作業の簡素化を図っている。図3はPR-5A、PR-8A形の冷媒配管系統図である。

(2) 送風機

5トン、8トンの冷却器側送風機はモータ直結駆動方式のシロッコファンを採用し、“P”シリーズとの共通化をはかった。また、送風機モータの結線は人（スター）-Δ（デルタ）切換えとなっており、ダクト仕様で使用する場合にはΔ結線で運転を行い5トンの場合風量53m³/min、機外静圧8mmAqの仕様となっているが、ダクトによる静圧損失を考慮して5～15mmAqの機外静圧の範囲で、運転が可能となっている。なお、図4は5トンの冷却器側送風機のQ（風量）

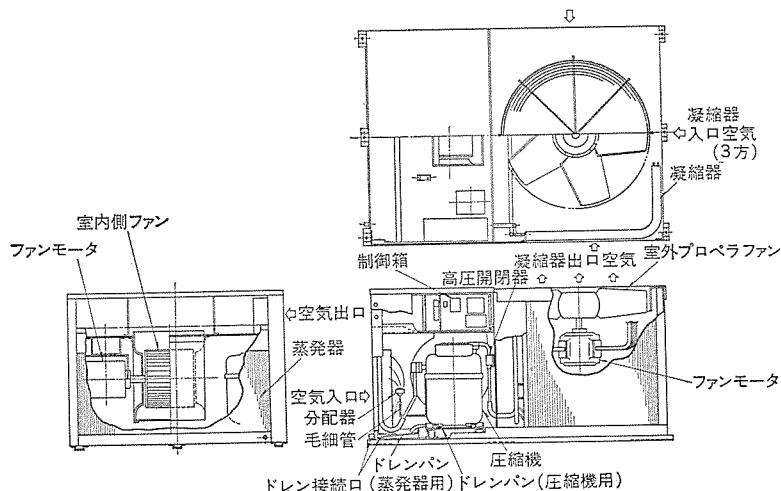


図 2. PR-5A, 8A 内部構造図

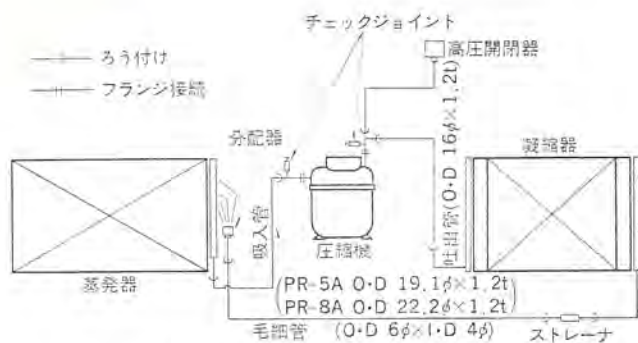


図 3. PR-5 A, 8 A 冷媒配管系統図

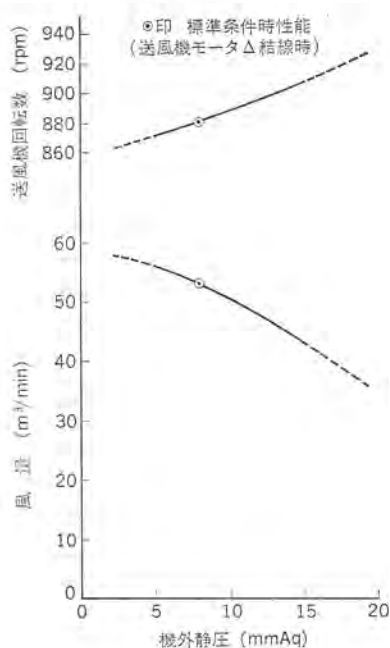


図 4. PR-5 A 形冷却器側送風機 Q-H 特性

—H(静圧) 特性線図である。スラブ据付けの場合にはグリル仕様で本体より冷気の直接吹出しが可能であるが、この場合、機外静圧が 0 mmAq となるため、送風機モータの結線を人結線として、回転数を下げて機外静圧が 0 mmAq 時においても適正な風量での運転を可能にしている。

10 トンの場合はダクト接続で使用するひん度が高くなると考えられ、機外静圧の範囲も大きくなると思われるので、送風機はベルト駆動のシロッコファンを使用して、V 車、ベルト、モータの組合せにより、15 mmAq を標準とし、5、15、25 mmAq の機外静圧の設定を可能にしている。

また、凝縮器側の送風機は空冷セパレート形室外ユニットである PV 形と共通のモータ直結駆動のプロペラファンを採用している。5 トン、8 トンは同じ 700 φ の径の送風機を使用して、8 トンの場合、回転数を上げて風量を上げてある。8 トンの場合、最高外気温度が 46°C 以下の地域で使用する場合にはモータの回転数を若干低くして運転しても、冷房能力に支障のない運転が可能であるので、モータの結線を人—Δ に切換可能なようにして、最高外気温度が 46°C 以下の地域では人結線により回転数を下げ送風機の運転を行い低騒音化の配慮をした。10 トンは 900 φ のプロペラファンを使用している。

2. 4 電気回路

電源仕様は 346 V、380 V、400 V、415 V に対応可能な仕様として

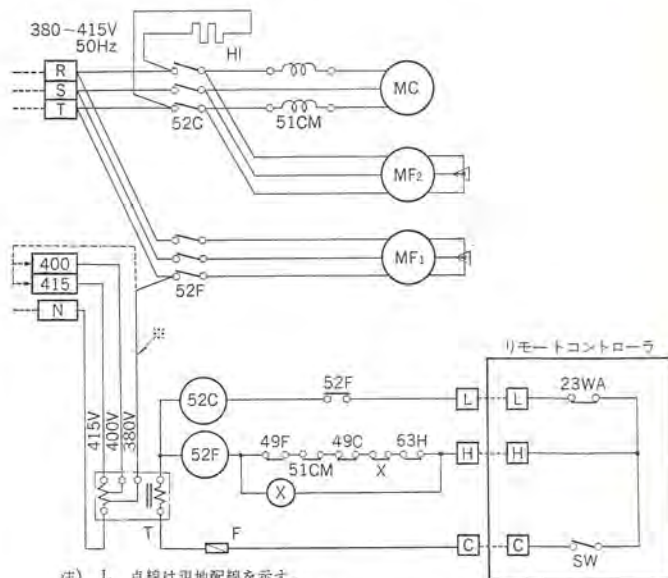
ある。図 5. に 380 V、400 V、415 V の電気回路を示す。

この電源仕様は、輸出市場を中近東、東南アジア諸国と考えた場合、これら各国の電源仕様に対応できるようにしたためのものである。電源配線としては 3 相 4 線式のもので主であるので、制御回路電圧は 346 V 電源の場合には中性線を利用することにより 200 V 電圧を取り出すことができるので、この電圧をそのまま制御回路へ利用することにより、国内標準品と同じ電気制御機器の使用が可能となった。また、380 V、400 V、415 V 電源の場合にはトランスを介することにより 24 V の低電圧をとり出し、これを制御回路に利用して安全性の向上を図っている。

運転操作は各電圧とも、リモートコントローラ方式とし、運転スイッチを ON にすれば、あとはルームサーモの ON-OFF による自動運転を可能にした。また、遠隔操作が自由な位置からできる。

主制御電気部品は冷却器側吹出口右側奥にある電気品箱にまとめて納めてあり、電気部品の保守・点検は右側面後側パネルを取外せば全部品の点検が可能であり、本体を据付けたままでも容易に実施できるようにした。

安全用保護装置としては、まず冷却器側送風機モータには内蔵熱動温度開閉器又は外部熱動過電流継電器を備え、圧縮機モータの保護には内蔵熱動温度開閉器、外部過電流継電器を備え、冷媒系統の保護としては高圧圧力開閉器、電気回路の保護にヒューズを備えている。また圧縮機保護のために特に 8 トン以上にはクランクケースヒータを備え、電氣的又は機械的保護により 2 重、3 重に安全性が確保され



- (注) 1. 点線は実地配線を示す。
2. MF₁、MF₂ は人から Δ 結線へ切換可能 (PR-5 用 MF₂ は除く)
3. この配線は 380 V の場合を示す。400 V ないし 415 V の場合は※印の配線を変圧器端子から外し、端子盤の 400 ないし 415 に接続する。

MC	圧縮機用電動機	49 C	熱動温度開閉器 (圧縮機)
MF ₁	送風機用電動機 (室内)	49 F	熱動温度開閉器 (送風機)
MF ₂	送風機用電動機 (室外)	X	補助継電器
52 C	電磁接触器 (圧縮機)	T	変圧器
52 F	電磁接触器 (室内送風機)	HI	クランクケースヒータ (PR-8 のみ)
51 CM	過電流継電器 (圧縮機)	23WA	温度調節器
F	ヒューズ	SW	スイッチ
63 H	圧力開閉器 (高圧)		

図 5. PR-5 A, 8 A 電気回路 (380 V~415 V)

ている。

2.5 性能

図 6. は 5 トンの冷房能力線図である。空冷式の場合冷房能力は冷却器側吸込空気条件（風量一定，湿球温度変化）と凝縮器側吸込空気条件（風量一定，乾球温度変化）により定まる。

2.6 据付形態及びオプション部品

据付形態としては，スラブ，屋根上，屋根裏及び庭置き の 4 形態が可能であり，その概略と オプション 部品について記す。

(1) スラブ据付け

ウインドタイプエアコン と同様の据付方法で，窓ないし壁を貫通して取付け，場合によっては壁の外側につき出た部分の周囲に，ユニット の サービス，保守のために歩廊を設ける。使用方法としては，直吹き及び

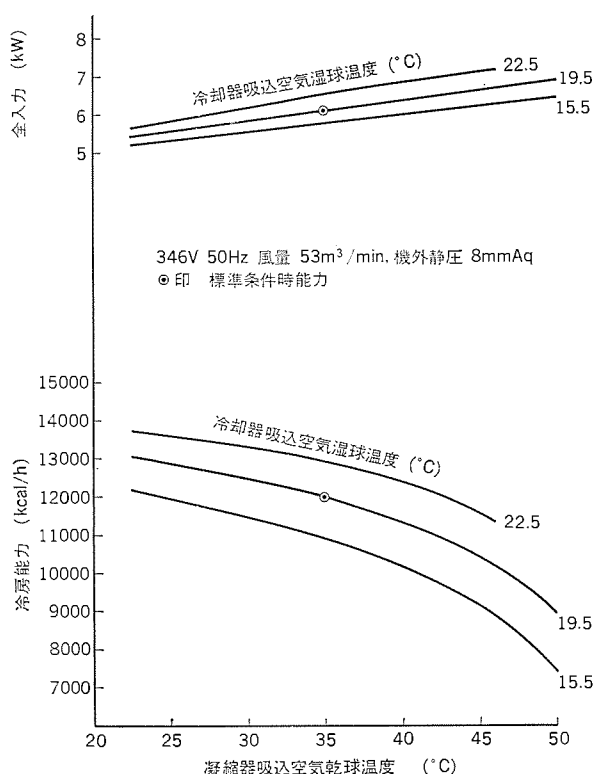


図 6. PR-5 A 冷房能力線図

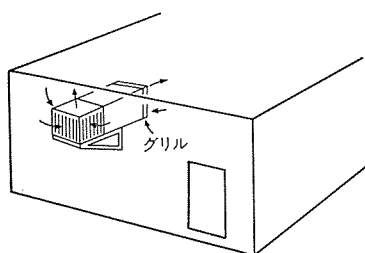


図 7. スラブ据付（直吹き，グリル使用）

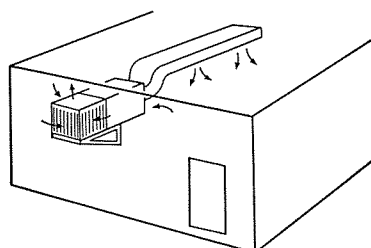


図 8. スラブ据付（ダクト接続）

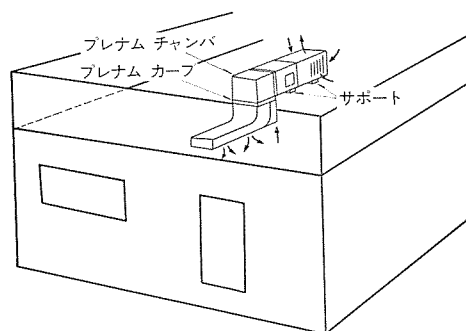


図 9. 屋根上据付

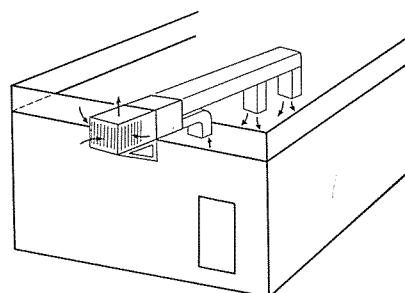


図 10. 屋根裏据付

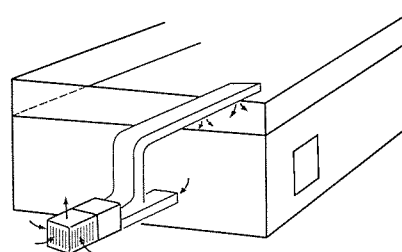


図 11. 庭置き

ダクト 接続の 2 種類があり，オプション 部品として，前者の場合は グリル，後者の場合は吸込グリル 及びダクト を使用する。(図 7. 及び図 8. 参照)

(2) 屋根上

平家建ての場合屋根上，ビル の場合屋上に据付け，オプション 部品として，ユニット の前面に接続する プレナムチャンバ 及び プレナムチャンバ を屋根に固定し，雨水の浸入を防ぐ プレナムカーブ，ユニット 支持台としての サポート，及び吸込み，吹出 ダクト を使用する。(図 9. 参照)

(3) 屋根裏

屋根裏の壁を貫通して取付け，吸込及び吹出口にダクトを取付ける。(図 10. 参照)

(4) 庭置き

地上にユニットを置き，吸込み，吹出口にダクトを接続する。(図 11. 参照)

3. む す び

以上，輸出専用機種として開発した ルーフトップエアコン の特徴，構造，性能等について述べたが，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，機種の拡大を図っていく予定である。

現在，日本では普及していないが，今後，工場あるいは局所空調用としての需要が高まってくると思われる。国内需要家各位の参考になれば幸いである。

マルチセントラル空調システム

笠置 紘*・飯島 等*・柴田 実**・徳永 龍**

1. ま え が き

近年ビル空調において省エネルギーの観点から熱回収空調方式の研究が盛んに行われている。熱回収方式としてマルチセントラルシステムを発表し、マルチセントラルエアコンを数年来発売してきたが、今回現地工事省力化、保守サービスの容易性を図ったマルチセントラルエアコンを開発したので、その概要を説明する。また具体的な建物の例をあげて、マルチセントラルシステムの省エネルギー効果を、比較的近い深い空気熱源ヒートポンプシステムと比較しながら述べる。

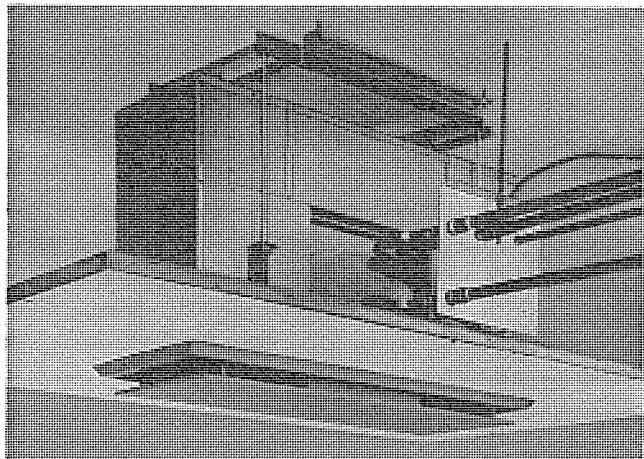


図 1. MBH-25 TA-C 形外観

2. マルチセントラル エアコン

今回開発した新機種は図 1. に示す天井埋込形 (MBH) 1 機種と図 2. に示す 小形床置形 (MGH) 6 機種、図 3. に示すパッケージタイプ床置形 (PWH) 1 機種で、その主な概要について説明する。表 1. はそれらの仕様表である。

2. 1 据付工事を大幅に省力化 (天井埋込形)

ユニットの据付工事は付属品の、本体用と配管、配線用のハンガを計 5 本のアンカーボルトに固定し、そこにユニットをはめ込むつり下げ方式を採用、安全性、省工事性を追求した。したがって天井面施行

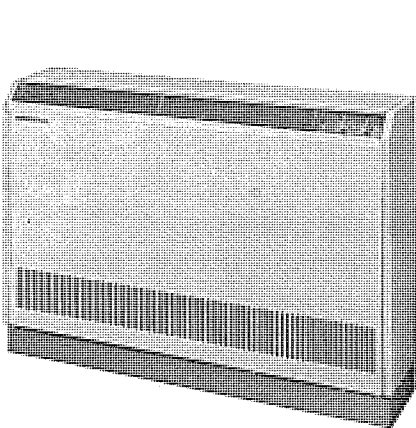


図 2. MGH-40_{TB}, 50_{TB} 形外観

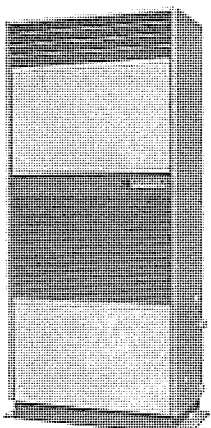


図 3. PWH-3 A 形外観

表 1. マルチセントラル エアコン 仕様

項 目			形 式	天 井 埋 込 形		小 形 床 置 形				パッケージタイプ 床 置 形		
形 名				MBH-25 TA-C	MGH-25 TB	MGH-25 SB	MGH-40 TB	MGH-40 SB	MGH-50 TB	MGH-50 SB	PWH-3 A	
性 能	冷 房 能 力	kcal/h		2,240/2,500	2,240/2,500		3,550/4,000		4,500/5,000		7,100/8,000	
	暖 房 能 力	kcal/h		2,800/3,150	2,800/3,150		4,000/4,500		5,000/5,600		7,100/8,000	
電 源				3φ 200V 50/60Hz	3φ 200V 50/60Hz	1φ 200V 50/60Hz	3φ 200V 50/60Hz	1φ 200V 50/60Hz	3φ 200V 50/60Hz	1φ 200V 50/60Hz	3φ 200V 50/60Hz	
電 気 特 性	冷房	全 入 力	kW	1.0/1.25	1.0/1.25		1.8/2.2		2.3/2.8		2.6/3.2	
		全 電 流	A	3.3/3.9	3.3/3.9	5.9/6.4	6.0/6.9	10.5/11.5	7.6/8.9	13/14.5	9.0/10.0	
	暖房	全 入 力	kW	1.0/1.25	1.0/1.25		1.8/2.2		2.3/2.8		2.5/3.0	
		全 電 流	A	3.3/3.9	3.3/3.9	5.9/6.4	6.0/6.9	10.5/11.5	7.6/8.9	13/14.5	8.5/9.5	
始 動 電 流			A	21/19	21/19	26/24	36/32	47/ 44	49/45	53/48	60/55	
冷 媒 回 路	圧縮機形式、電動機出力		kW	全密閉、0.75				全密閉、1.2		全密閉、1.5		全密閉、2.2
	空 気 側 熱 交 換 器			ク ロ ス フ ィ ン								
	水 側 熱 交 換 器			乾 式 2 重 管								
	冷 媒 制 御 器			毛 細 管								
	冷 媒			R-22								
送 風 装 置	送 風 機 形 式 × 個 数			シロッコファン×1	ラインフローファン×1		シロッコファン×2				シロッコファン×1	
	風 量 (高-低)		m³/min	10-7	10-8		16-12		20-15		25	
	機 外 静 風 圧		mmAq	0								
	電 動 機 出 力		kW	0.04	0.02		0.045		0.075		0.06	
エ ア フ ィ ル タ				サラン不織布		サ ラ ン ハ ニ カ ム 織						
保 護 装 置				圧力開閉器(高圧自動) 熱動過電流継電器(圧) 温度開閉器(凍結防止)		圧 力 開 閉 器 (高 圧 手 動) 熱 動 過 電 流 継 電 器 (圧) 温 度 開 閉 器 (凍 結 防 止)				圧 力 開 閉 器 (高 圧 自 動) 過 電 流 継 電 器 (圧) 熱 動 温 度 開 閉 器 (圧) 熱 動 温 度 開 閉 器 (送) 温 度 開 閉 器 (凍 結 防 止)		
高 さ × 幅 × 奥 行			mm	600×1,100×340		745×790×281		810×1,210×281			1,650×720×400	
重 量			kg	70+5 (カバー)		71		120		125	155	

* 商品研究所 ** 静岡製作所

前に現地 サイドの配管、配線の接続をして、天井面施行後天井開口部に合わせて本体用ハンガを調節すればよく、ユニットを直接位置決めする必要がなくなった。更に化粧カバーと本体は調節できるようになっているので、ユニットを動かすことなく化粧カバーを天井面にぴったりと合わせることができる。

2.2 高いドレン高さ・防露は不用(天井埋込形)

ドレン出口の高さは天井仕上面より最高 360 mm、天井裏でもドレン配管に十分な高配がとれるようになった。またハンガには配管トラップの空気だまりを防止する空気抜きパイプが付いている。更に吐出ガスでドレンを加熱しているのでドレン配管の防露工事は不要な。

2.3 メンテナンスが容易(天井埋込形)

ヒンジ式になっている化粧パネルを開けば、差し込み式のエアフィルタやコネクタ接続のコントロールボックスは簡単に取外せるので清掃や点検が容易である。またスライド式のサービスパネルを取外せば、ストップバルブの操作や電源プラグの取外しもできる。更にユニット交換も天井開口部の範囲内で容易にできる。

2.4 フレッシュエアの取り入れが可能(天井埋込形)

フィルタ箱には 52φ のノックアウト穴が 4 個設けてあるので、必要に応じて打抜けば天井裏を吸込チャンパとしてフレッシュエアを取り入れることができる。またフレッシュエアはフィルタを通過するようになってるので、室内によごれた空気が吹き出すおそれもなく、熱交換器のつまりも防げるようになっている。

2.5 高性能フィルタも組み込み可能(天井埋込形)

標準仕様は清掃の容易なサラシ不織布のエアフィルタを採用、必要に応じて高性能フィルタも取付けられるようになっている。高性能フィルタは 75% (AFI 重量法) の除じん効率を有する。

2.6 冷暖房自動切換え可能(天井埋込形)

電気回路は図 4. に示す。冷暖房自動切換え可能なサーモスタット (23 WA) を内蔵し、その設定値は化粧パネルを開けば操作可能である。運転は遠方操作を標準とし、遠方運転表示回路端子、遠方異常表示回路端子をも組み込まれている。なお希望により冷暖房手動切換え可能なリモートスイッチ (壁埋込形) を取付けることができ、またルームサーモスタット内蔵による電子コントローラ (壁面取付形) をも取付けることができる。ただし後者の場合はサブコントロールボックスを本体に組み込む必要がある。その他希望により複数台制御回路、遅延発停回路を組み込むことも可能である。

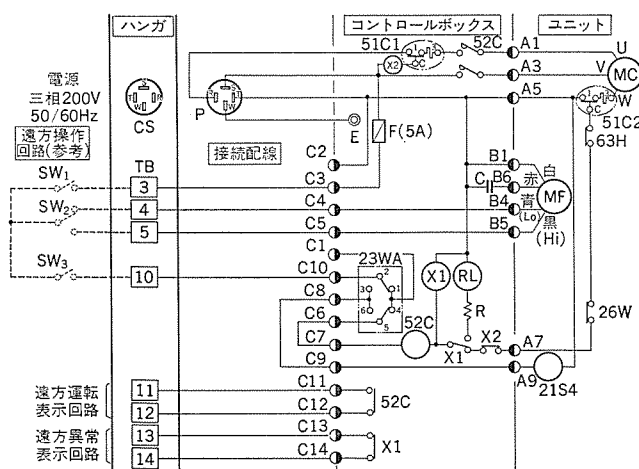


図 4. MBH-25 TA-C 電気回路図

2.7 性能及び信頼性の向上

冷媒絞り機構を毛細管方式とし、冷媒回路配管の簡素化をはかりろう付け箇所を大幅に減らし、冷媒の圧力低下を大幅に減少するとともに、空気側熱交換器を円ボス加工、千鳥配列として伝達効率を高めることにより、性能及び信頼性が向上した。表 2. に 0.75 kW エアコンの新旧性能比較を示す。

2.8 機種シリーズ化(床置形全機種)

水側熱交換器のコンパクト化をはかり、各種の据付条件に幅広く対応できるように冷房専用機種と外形寸法、配管位置等の共通仕様にした。すなわち、MGH シリーズは MGL シリーズと、PWH-3 は PW-3 と共通となり、MGH-40, 50 形は奥行寸法を 59 mm 縮小した。

2.9 低騒音化(全機種)

圧縮機室の密閉化をはかるとともに全機種吐出配管に消音マフラーを設けて 2~8 ホンの低騒音化を実現した。図 5. は MBH-25 TA-C 形の騒音分析 (NC 曲線) 結果で、ユニットを防音室に設置し、ユニット吹出口直下 1 m の点で測定したものである。

2.10 入口水温 10~45°C の幅広い運転範囲(全機種)

マルチセントラルエアコンでは広範囲の入口水温で安定した運転を可能にするために圧力制御機構を備えている。従来の圧力制御機構は圧力スイッチと電磁弁を設けて、吐出圧力が 23 kg/cm² 以上になると吐出ガスを水側熱交換器 (暖房時は蒸発器の作用をする) 入口にバイパスさせ、20 kg/cm² 以下になるとバイパスを停止させて制御していたが、この方式では ON-OFF を繰り返しスムーズな作動をしなかった。今回はこの点を大幅に改良し、吐出圧力の昇降により自動的に開閉する吐出圧力調整弁 (DPR) を設けて、空気側熱交換器 (暖房時は凝

表 2. 新旧能力比較 (50/60 Hz)

	機 種 名	冷 房 能 力	暖 房 能 力
		(kcal/h)	(kcal/h)
新 機 種	MBH-25 TA-C	2,240/2,500	2,800/3,150
	MGH-25 SB		
旧 機 種	MBH-25 TA-L	2,100/2,350	2,500/2,800
	MGH-25 SA		

注) 吸込空気、JIS 標準条件、入口水温 冷房 30°C、暖房 20°C

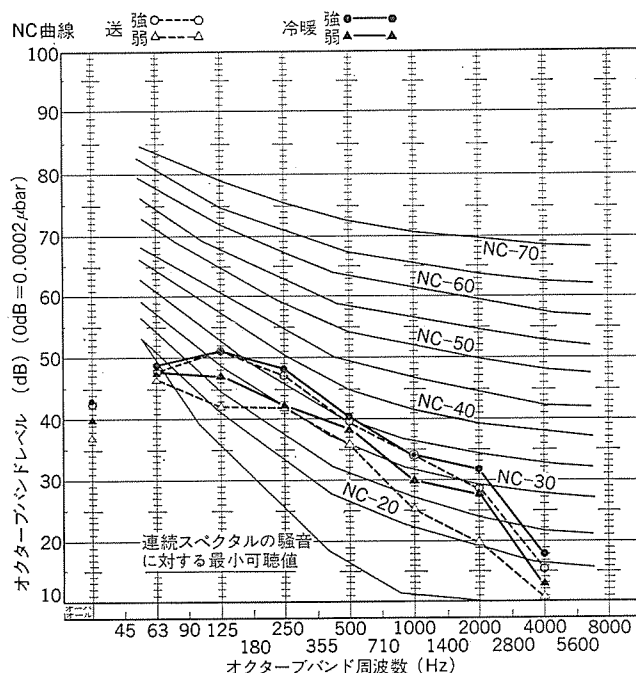


図 5. MBH-25 TA-C 形騒音分析表 (50 Hz)

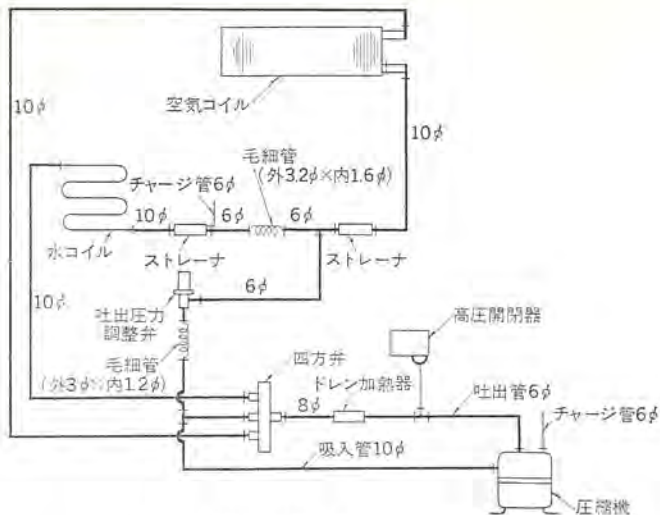


図 6. MBH-25 TA-C 形配管系統図

糸巻のイ月をする）日により日差程の思フ管へパイプする方式を採用した。したがって作動が一層スムーズになり作動音もほとんどなくなり、しかも吐出温度も上昇せず信頼性も向上した。また運転可能入口水温は冷暖房時共に10℃から45℃までと従来と同様に極めて広範囲であるので、熱回収システムとして運転する場合、水配管中に蓄えておくことのできる熱量が増すことになり、冷房負荷と暖房負荷がアンバランスの場合でも、冷房側から放出された熱量をそれだけ多く蓄熱し暖房への給熱源として賄うことができる。更に水温制御の精度も非常に楽になるとともに井水熱源を利用する場合にも冬期の暖房運転が可能となる。図 6. に MBH-25 TA-C 形の冷媒配管系統図を示す。

3. システムの省エネルギー量

マルチセントラルシステムはかずかずの特徴をもった熱回収システムであり、(1)このシステムで熱回収がどのように行われるか、(2)このシステムでの熱回収の特徴は何か、また(3)ある建物にこのシステムを採用する有利性などが「マルチセントラルシステムの熱回収成立条件」⁽⁴⁾に述べられてきた。しかし熱回収の本来の目的が建物におけるエネルギーの節約、すなわち省エネルギーであることから、ここにマルチセントラルシステムの省エネルギーについて次にあげるような項目の検討を行う。

- (a) このシステムでどの程度の省エネルギーが達成できるか。
- (b) このシステムで省エネルギーとなる建物はどのような建物か。

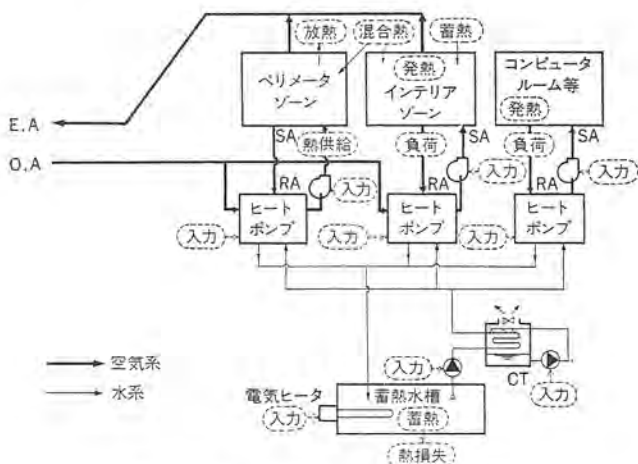


図 7. マルチセントラルシステム図（蓄熱方式）

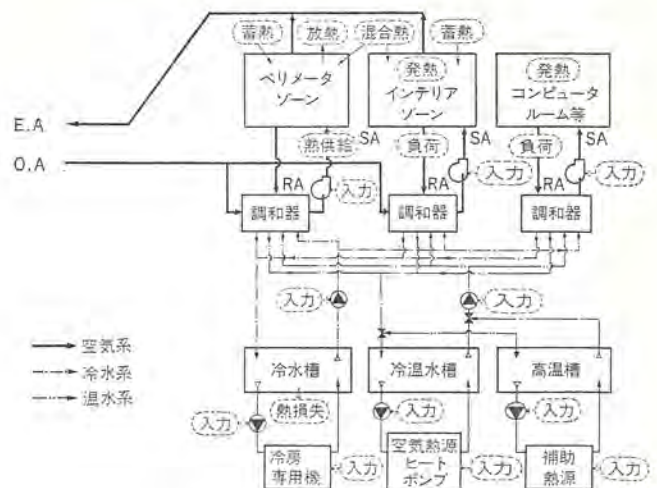


図 8. 空気熱源ヒートポンプシステム図（蓄熱方式）

- (c) このシステムで省エネルギー的に有利とならない建物はどのような建物か。

省エネルギーを論ずる場合、何で評価するかが一つの問題となるが、ここでは最近かなり普及して来ている空気熱源ヒートポンプシステムの年間電力消費量(kWh)で比較評価することにする。

両システムの年間電力消費量については既報の年間システムシミュレーションプログラム⁽¹⁾⁽²⁾により計算を行う。

3.1 両システムの概略仕様

省エネルギー量の算定基準とした空気熱源ヒートポンプシステムのモデル図を図 7.、図 8. に示し、両仕様の概略仕様を述べ、両システムを対比する。

3.1.1 マルチセントラルシステム

(1) 熱源機

- (a) 水対空マルチセントラルエアコン (MGH, GTH シリーズ)
- (b) 補助熱源 (電気ヒータなど)

(2) 熱源の処理負荷 各エアコンが負荷に応じた冷暖房運転を行う。

(3) ゾーンの空調方式

- (a) ペリメータゾーン……小形床置マルチセントラルエアコン
- (b) インテリアゾーン……大形床置マルチセントラルエアコン

(4) 配管方式 2 管式

(5) 蓄熱そう(槽) 1 槽 (負荷のヒートバランスより槽容積を決定する)

(6) 循環水の流量制御, 定流量制御

3.1.2 空気熱源ヒートポンプシステム

(1) 熱源機

- (a) 空対水ヒートポンプ (CAH シリーズ)
- (b) 冷房専用機 (PW シリーズ)
- (c) 補助熱源 (電気ヒータなど)

(2) 熱源機の処理負荷

- (a) 冬期 冷房負荷……冷房専用機
暖房負荷……ヒートポンプ+補助熱源
- (b) 夏期 冷房負荷……ヒートポンプ+冷房専用機

(3) ゾーンの空調方式

- (a) ペリメータゾーン……ファンコイルユニット方式
- (b) インテリアゾーン……各階ユニット方式

(4) 配管方式 4 管式 (マルチセントラルシステムと同質空調を行う)

(5) 蓄熱槽

冬期・夏期共に理想の槽容積を持たせるため冬期は三つの槽を、また夏期は二つの槽を備え負荷により使い分ける。

- (a) 冬期 i 冷水槽 (冷専機用) ii 温水槽 (ヒートポンプ用)
iii 高温水槽 (補助熱源用)
- (b) 夏期 i 冷水槽 (冷専機用) ii 冷水槽 (ヒートポンプ用)
- (6) 循環水の流量制御
- (a) 2次側 変流量制御
- (b) 1次側 定流量制御

3.2 計算条件

(1) 固定条件と変化させた条件の設定

構造・内部負荷などを変えた各種のビルについて省エネルギーの検討を行うため、各種の計算条件を設定した。この計算条件のうち基本的な固定した条件を表 3. に、また照明・人員などの可変条件を表 4. に示す。

(2) 気象データ：今回計算に使用した気象データを下記する。

- (a) 大阪地方の 1954 年～1960 年の外気温湿度の平均値⁽³⁾ (ランニングコスト計算に使用)
- (b) 大阪地方の外気温湿度の超過確率 2.5 % の値⁽⁴⁾⁽⁵⁾ (設備容量設計に使用)

(3) 空調条件：中間期にも空調を行う年間空調方式で、1日の空調時間を 8:00～18:00 とする。

(4) 全熱交換器：ロスナイを使用しない。

(5) 熱源機性能：熱源機性能はランニングコストを計算する上で気象データとともに重要なファクタである。しかし性能は機種により差があり、容量組合せ方法によっても異なるので、両システムとも平均的な性能をもつ機種のパフォーマンスで代表することとし、そのマルチセントラルエアコンのものを図 9. に、空気熱源ヒートポンプのものを図 10. に示す。暖房については省略する。

表 3. 固定条件

空調条件		夏	冬
		室内 27°C DB 50%RH 室外 TAC2.5%	20°C DB 50%RH TAC2.5%
地域		大阪地方	
建物条件	階高	3.16m	天井高 2.5m
	窓面積率	40%	建物規模 6000m ² 9F コア 短辺東西 アスペクト比 2:1 空調面積率 70%
	人員	0.2人/m ²	
	照明	20W/m ²	
	新鮮外気取入量	25m ³ /h人	

(TAC：超過確率)

表 4. 変化させた条件 (固定条件より変化させたもの)

項目	変化設定値
照明 (W/m ²)	0, 10, 30, 40, 50
建物規模 (m ²)	1500 6F 3000 7F 12000F 11F 24000 14F
アスペクト比 (東西：南北)	1:1, 4:1, 1:2, 1:4
建物コア位置 ■ コア部分 (アスペクト比 2:1及び2:1)	

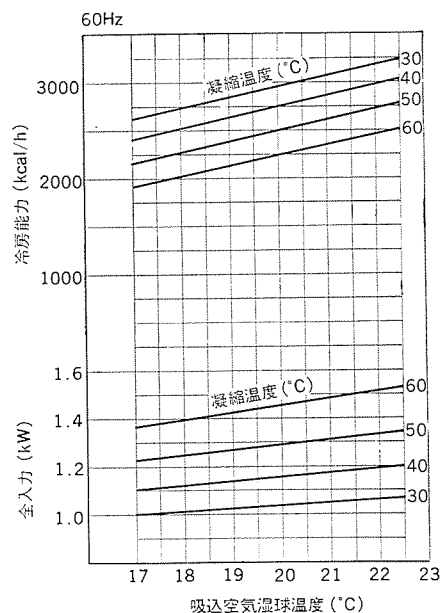


図 9. マルチセントラル エアコン の パフォーマンス

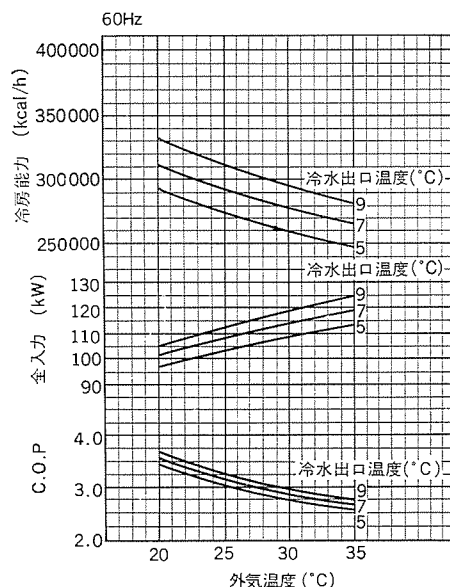


図 10. 空気熱源 ヒートポンプ の パフォーマンス

3.3 計算結果

年間 システム シミュレーション プログラム による計算結果から、省エネルギー量を算出した結果を図 11.～図 14. に示した。これによると次のことが言える。

(1) 建物規模による単位延床面積当たりの年間消費電力量は図 11. に示す値となり、システムをマルチセントラルとすることにより、1,500 m² の建物ではヒートポンプ方式とした時の約 11 % に当たる 8.8 kWh/m² 年 (年間省エネルギー量約 1.32×10⁴ kWh) の省エネルギーとなる。

また面積が 24,000 m² の大規模ビルではヒートポンプ方式とした時の約 9.5 % に当たる 6.2 kWh/m² 年 (年間省エネルギー量約 15×10⁴ kWh) の省エネルギーとなり、マルチセントラルシステムは小規模の建物から大規模な建物まで広く省エネルギーを達成できるものと言えよう。

(2) マルチセントラルシステムにおいては、低照度の建物から 50 W/m² 程度の高照度の建物まで省エネルギーを達成できる。しかしその量は照明容量が 40～50 W/m² と大きくなっていくにつれて減少する。したがって省エネルギーを多く行える建物は、照明容量が比較的低い一般

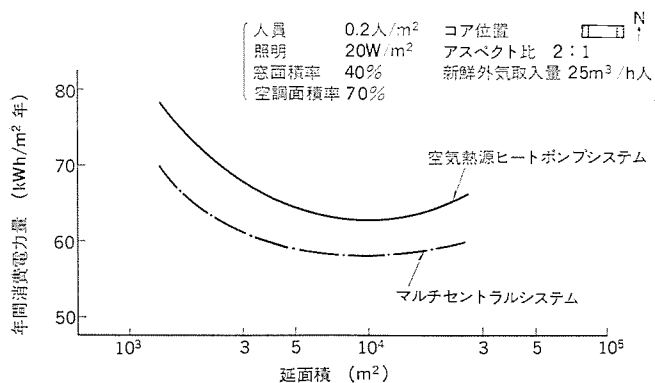


図 11. 建物規模による消費電力量の比較

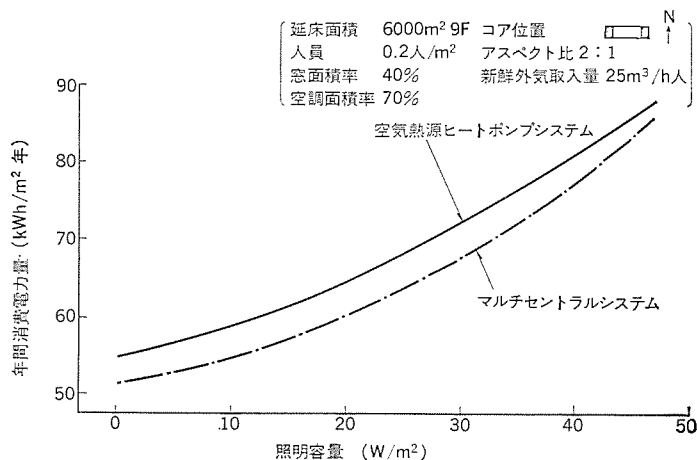


図 12. 照明容量による消費電力量の比較

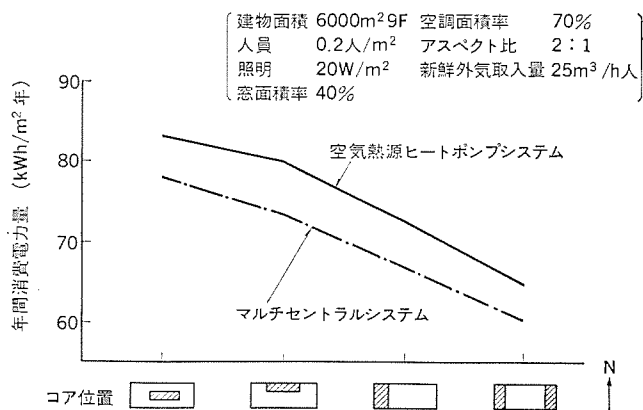


図 13. コア位置による消費電力量の比較

事務所ビルや銀行・ホテルなどであり、照明が 60 W/m^2 を越えるような内部負荷の多い建物（百貨店など）では、冬や中間期でも冷房となるゾーンが多く、熱バランスがとれず省エネルギーとならない。

(3) 建物のコア位置により負荷形態が変わってくるため、センタコア・長辺北コアなど種々の建物について計算を行ってみたが、マルチセントラルシステムでは、図 13. に示すようにコア位置を変えた建物のすべてにわたり省エネルギーを達成できた。

(4) 建物アスペクト比により負荷形態が異なるので、建物のアスペクト比を $4:1 \sim 1:4$ （東西：南北）まで変化させてみたが、コア位置を変えた場合と同様、すべての建物において図 14. に示すように省エネルギーとなることが分かった。

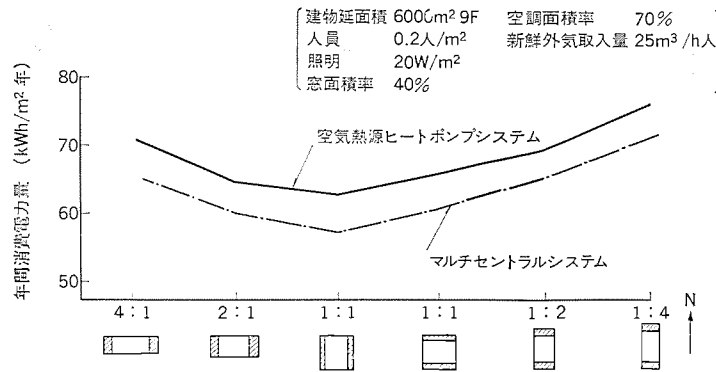


図 14. アスペクト比による消費電力量の比較

3. 4 まとめ

表 3., 表 4. の計算条件に示したように、一般的な事務所ビルについていくつかの条件を変化させながら省エネルギー効果を検討してきた。建物形態条件など、計算条件は多少限られた範囲であるが、マルチセントラルシステムを採用した場合の結果を要約すると次のようになる。

- (1) 照明容量が 40 W/m^2 以下程度（事務所及び銀行・ホテルなど）であれば、特殊な条件を除けば規模の大小にかかわらず省エネルギーとなる。
- (2) 一般的なコア位置のセンタコア、長辺北コアなどの建物においては十分省エネルギーとなる。
- (3) 建物アスペクト比を $4:1 \sim 1:4$ まで変化させたがすべて省エネルギーとなった。
- (4) 照明容量が 60 W/m^2 を越えるような建物（百貨店など）では省エネルギーとならない。

なお、建物アスペクト比が特に大きい場合やコア位置の長辺南コアなどの特殊な条件については別途検討する必要がある。

4. む す び

今回開発した新機種は性能、信頼性向上と据付け、サービス性の改善を主なテーマにして実施したが、個々の項目でかなりの成果が得られ、今後の商談に際してそれなりの威力を発揮するものと確信する。しかしながら実際に使用した場合の評価については今後を待たねばならないし、なお一層の改善が必要であるとともに多様な要望に対処できる機種系列の充実も今後の課題である。更にシステムの省エネルギー性の追求についても今回は、ランニングコストに限り、しかも空気熱源ヒートポンプシステムとの相対比較に限って述べたが、インシタルコストを含めたトータルコストの比較などについても今後研究していきたいと考えている。

参 考 文 献

- (1) 中村ほか：マルチセントラルシステムの熱回収成立条件，三菱電機技報，50，No. 6（昭51）
- (2) 笠置ほか：冷凍・空調設計用ソフトウェア，三菱電機技報，49，No. 11（昭50）
- (3) 気象庁：気象観測技術資料，我が国の主要都市の月別一日気温変化表（1954年～1960年）
- (4) 篠原：乾球温度および露点温度の日変化（冬季外気条件），空気調和・衛生工学，40，No. 2
- (5) 篠原：乾球温度および露点温度の日変化（夏季外気条件），空気調和・衛生工学，40，No. 7

空冷式冷蔵クーリングユニット

上田 和弘*・川井 治*

1. ま え が き

低温流通機構の充実化に伴い、各方面における冷蔵庫の普及は著しいものがある。この需要の拡大に対し当社では現地工事、運転、保守が簡単で信頼性の高いパッケージタイプの冷蔵クーリングユニットを生産販売してきた。

今回は更に市場の要求の多様化に答えるべく、小規模冷蔵庫用として750 Wで天井置空冷HC形冷蔵冷凍クーリングユニットを、また中規模冷蔵庫用として3.75~11 kWのAFL形空冷式冷蔵クーリングユニットを開発したので概要を報告する。

2. HC形冷蔵冷凍クーリングユニット

HC形小形クーリングユニットは既に冷蔵用として400 Wから1,500 Wまで6機種、冷凍用として1,100 Wと1,500 Wの2機種を発売している。これらは標準としては冷蔵庫壁を貫通して据付けの方式をとっているが、スーパーマーケットのバックヤードやちゅう(厨)房室など冷蔵庫の周囲が狭い場合には冷蔵庫の天井に置かなければならないことが多く、これらの使い方に対してはユニットに断熱ダクトを取付けることで対処してきたが、より簡単に天井に据付けられる専用のユニットが望まれてきた。

これに対して従来の全自動運転、小形軽量の特長に加え現地工事の省力化という特長を今回更に生かした天井据付けのユニットを供給できるようにした。

2.1 仕様及び構造

冷蔵冷凍ユニット(HC-08 TMA, HC-08 TLA)の主要仕様を表1に示す。冷媒は冷蔵用がR12を、冷凍用がR502を用いている。ユニット全体の構造は図1に示すとおりで、断熱材で覆われた冷却器箱と機械部とで構成され、冷却器箱内に冷却器と冷蔵庫内へ冷風を循環する送風機を収め、機械部に圧縮機、凝縮器、凝縮器用送風機などのコンデンシングユニット部分とアキュムレータ、キャピラリチューブ、制御

表 1. HC-08 TMA 形, HC-08 TLA 形主要仕様

形		名	HC-08 TMA	HC-08 TLA		
外形寸法 (高さ×幅×奥行) (mm)			350×950×700			
電 源			3 φ 200 V 50/60 Hz			
定 格 出 力			750 W			
圧 縮 機			全密閉形			
凝 縮 器			プレートフィンチューブ式			
冷 却 器			プレートフィンチューブ式			
送風機	凝縮器	形 式	プロペラファン 25 cm			
		定 格 出 力	4 W			
	冷却器	形 式	プロペラファン 25 cm			
		定 格 出 力	15 W			
冷 媒			R 12	R 502		
冷 媒 制 御			キャピラリチューブ			
庫 内 温 度 範 囲 (°C)			-5～+10	-25～-15		
冷 却 能 力 (kcal/h)*			5°C	1,060/1,220	-18°C	480/560
			-5°C	640/760		
除霜	方 式		ホットガスデフロスト			
	制 御		タイマ開始サーモ終了			
制御機器	高圧圧力開閉器		1			
	電 磁 弁		2			
	過電流継電器		1			
周 囲 温 度 (°C)			10～40			
製 品 重 量 (kg)			60		70	

* 周囲温度 35°C 50/60 Hz

機器類を設けている。これを冷蔵庫と組合せる場合、冷蔵庫の天井に角穴をあけユニットを乗せるだけでよく、現地工事の極めて簡単な構造となっている。

冷媒配管系統は図2に示すとおりで、通常の冷媒サイクルと大差ないが、ホットガスデフロストのために圧縮機吐出管と冷却器入口配管との間を結ぶホットガスバイパスラインが設けてあり、吸入ラインに始動時やデフロスト時の液バックを防止するためのサクションアキュムレータが設けてある。

2.2 開発の要点

2.2.1 据付け、サービス性の向上

クーリングユニットを冷蔵庫に据付けた例を図3に示す。据

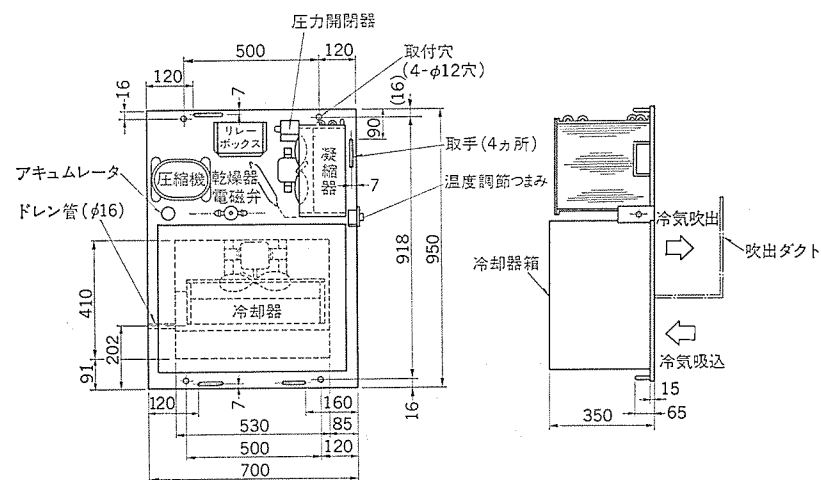


図 1. HC-08 TMA 形, HC-08 TLA 形外形図

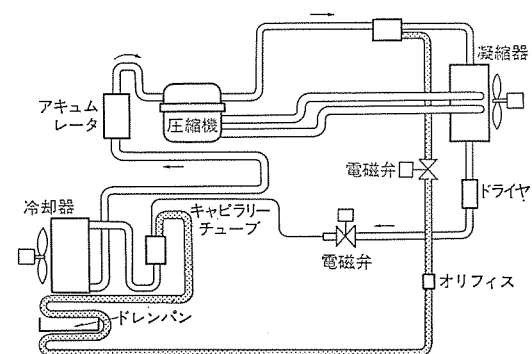


図 2. 冷媒配管系統図 (HC-08 TLA 形)

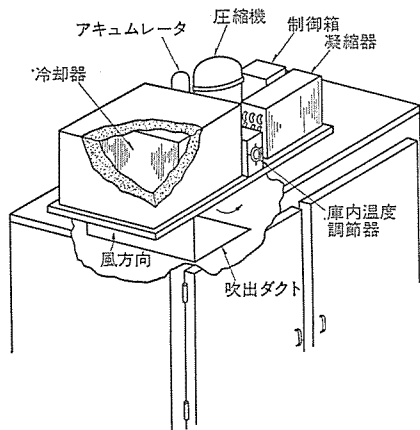


図 3. クーリングユニットの据付例
(HC-08 TMA 形)
(HC-08 TL A 形)

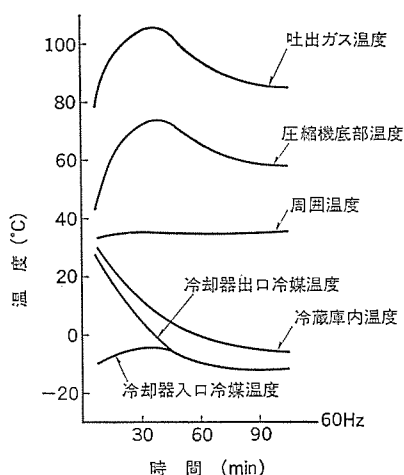


図 4. ブルダウン 特性 (HC-08 TMA 形)

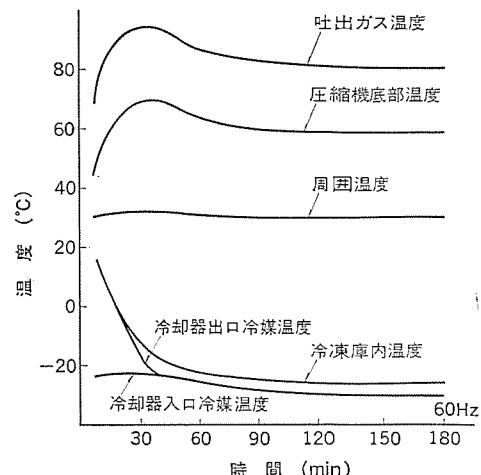


図 5. ブルダウン 特性 (HC-08 TLA 形)

付け、サービス上の問題としては、据付工事、庫外スペース、庫内スペース、操作性があるが、これらの点から考えるとまず据付工事としては角穴をあけた冷蔵庫の天井にユニットを固定し、庫内に吹出ダクトを取付け電気配線とドレン配管だけでよく非常に簡単である。天井置という点から冷蔵庫の周囲は有効に利用できる。冷却器部は天井より上すなわち冷蔵庫の外にあるので冷蔵庫内が冷却器に妨げられることなく利用でき、万一ユニットを交換する必要がある場合は、天井とのすきまは据付最小スペース範囲内でもユニットだけの水平移動で簡単にできる。操作性に関しては温度調節器はもちろん凝縮器も冷蔵庫の正面に配置しているので、運転することによりたまごみやほこりの除去は容易に行える。以上のように据付け、サービス性については十分満足のいくものである。

2. 2. 2 冷却性能

周囲温度 10～40℃、庫内温度は冷蔵用 -5～+10℃、冷凍用 -25～-15℃の範囲で使用できかつ、ブルダウン速度が速く、庫内到達温度が低く、しかも圧縮機吐出温度、巻線温度、油温などが一定値以上に高くなならないよう冷凍サイクルを設計し、冷蔵庫内温度が冷蔵用 +5℃付近、冷凍用 -18℃付近で冷却器が完全に湿り状態になるようにキャパリチューブ、冷媒量を決定している。図 4., 図 5. はそれぞれ冷蔵用 HC-08 TMA 形ユニット、冷凍用 HC-08 TLA 形ユニットのブルダウン特性を示す。これは各ユニットに適当な冷蔵庫を組合せた時のものである。庫内到達温度も冷蔵用では -6℃、冷凍用では -26℃まで下がっている。なおこの測定時は温度調節器は短絡しており、実際の運転では客先設定温度によりサーモ運転を行う。

2. 2. 3 除霜性能

除霜方式はホットガス方式を採用したが、この場合加熱源である圧縮機入力には限度がありその範囲内で有効に利用する必要がある。また極端に着霜量が多い場合は除霜時間が長くなり、除霜中の温度上昇が大きいばかりでなく、氷が完全に融解しないうちに除霜を終了する、すなわち残霜の原因にもなる。更に冷却器は除霜されてもドレンパンの温度が低ければ完全に排水されずドレンパンが氷結することになる。これらの点に関しては次のように解決している。

- (1) ドレンパンはホットガスと熱交換させ十分加熱して凍結を防止し、かつドレンパンを断熱するなど熱損失を抑えた。更に冷却器下方にもホットガスパイプを設けて加熱密度を高め残霜を防止している。
- (2) 除霜開始はタイマで定期的に行い、また除霜終了は冷却器出口パイプに設けられた除霜サーモで感知する。すなわちタイマに設定された時刻になると、凝縮器出口の電磁弁が閉じるとともにホットガ

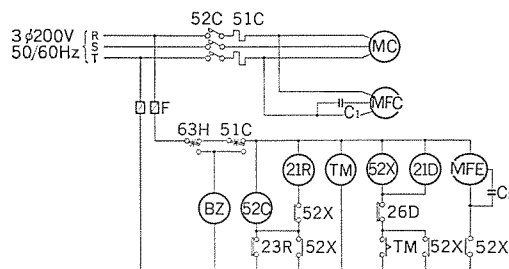


図 6. HC-08 TMA 形, HC-08 TLA 形電気回路図

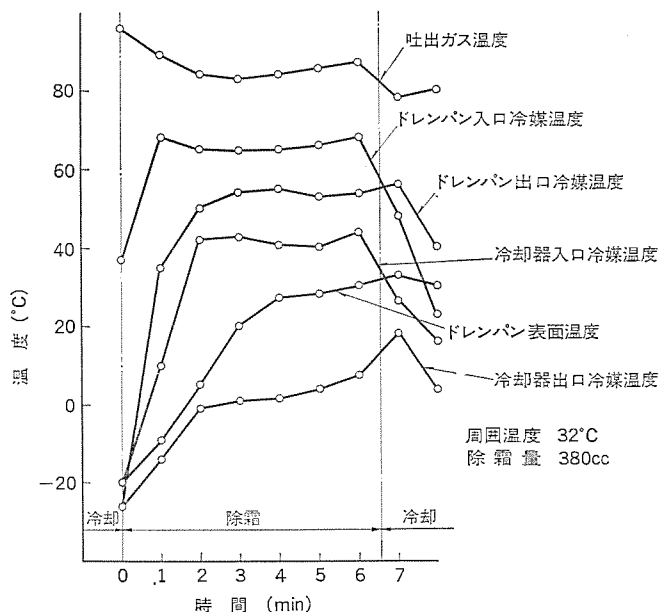


図 7. 除霜時の運転データ (HC-08 TLA 形)

スラインの電磁弁が開いて、圧縮機から吐き出されたホットガスがドレンパンと熱交換して冷却器へ供給される。このホットガスにより霜が融解され、冷却器の温度が上昇すると、サーモスタットが作動して冷却運転へ移行する。図 6. に電気回路図を示す。運転に必要な機器はす

べて内蔵しており、電源を入れるだけで全自動運転を行う。

以上の除霜装置による結果を図 7. 除霜時の運転データに示す。除霜時圧縮機から吐き出されたホットガスはドレンパンを加熱し更に冷却器下方のホットガスパイプを通して冷却器へ入る。除霜時のホットガス温度はドレンパン、冷却器入口、冷却器出口と低下してくる。

このユニットでは冷却器出口冷媒温度が 12～16℃ になると除霜を終了するがこの際にもドレンパン表面温度は十分上昇し排水が円滑に行われる。

2. 2. 4 まとめ

従来からの HC 形 クーリングユニットの特長である据付工事の省力化、取扱いの簡単さ、小形軽量、完全自動運転のメリットを更に生かした構造、性能について概要を報告したとおりこのユニットは市場の要求に答えているものと考ええる。

3. AFL 形冷蔵クーリングユニット

3. 1 開発の主旨

大気汚染による冷却水の酸化や汚濁による冷却水系統のトラブルの増加、メンテナンス経費の増大、水不足などの要因で冷凍装置の空冷化が進行しているが、冷蔵庫冷却装置は年間運転されるため、冬季における冷却水凍結の問題があり、寒冷地区を中心に空冷式パッケージ形クーリングユニットの実現を望む声が大であった。この要望に答えるべく、従来の水冷式 ACS 及び ACL 形クーリングユニットに加えて新たに 3.75～11 kW の空冷式 AFL 形クーリングユニットを開発した。

3. 2 仕様

AFL 形冷蔵クーリングユニットは圧縮機、冷却器、液だめ、アキュムレータ、制御箱などを内蔵した屋内設置で壁貫通形の本体ユニットと屋外設置形の凝縮器ユニットから成る分離形ユニットである。圧縮機は全密閉

表 2. AFL 形 冷 蔵 クー リ ン グ ユ ニ ャ ッ ト 仕 様

項 目			形 名		AFL-5	AFL-8	AFL-10	AFL-15
本 体	外形寸法	塗 装 色			マンセル 10 B 8/2			
		高 さ	mm		1,302	1,302	1,335	1,557
		幅	mm		1,000	1,250	1,350	1,695
	性能	奥 行	mm		977	977	1,125	1,230
		庫 内 温 度 範 囲			-5～+15℃			
	電気特性	冷 却 能 力 (※1)	kcal/h		6,000/6,700	8,000/9,200	11,000/12,800	16,200/18,800
		電 源 電 圧			三相 200 V 50/60 Hz			
		消 費 電 力 (※2)	kW/h		3.8/4.7	6.2/7.2	7.6/9.1	12.0/14.0
		運 転 電 流 (※2)	A		15.0/15.1	25.6/23.9	28.1/29.9	49.5/46.5
		力 率 (※2)	%		73/91	70/87	78/88	70/87
	圧縮機	最 大 始 動 電 流	A		130/118	203/192	255/233	248/235
		形 式			全密閉×1			全密閉×2
		始 動 方 式			直 入			順 次
		形 名			D-048 T-B	D-072 T-A	D-090 T-A	D-072 T-A
凝 縮 器	電 動 機 定 格 出 力	電 動 機 定 格 出 力	kW		3.75	5.5	7.5	5.5×2
		法 定 冷 凍 ト ン			2.1/2.4	3.1/3.6	3.8/4.5	3.1×2/3.6×2
	空 気 冷 却 器	形 式 × 台 数			プレートフィンチューブ式			
		電 動 機 定 格 出 力	kW		0.2×2		0.4×2	
		最 大 機 外 静 圧	mmAq		8/8		10/10	
		風 量	m ³ /min		90/100	74/88	110/130	94/120
	冷 却 器 用 送 風 機	機 外 静 圧	mmAq		0	5	0	5
		風 量	m ³ /min		90/100	74/88	110/130	94/120
		機 外 静 圧	mmAq		0	5	0	5
		風 量	m ³ /min		90/100	74/88	110/130	94/120
	除 霜	形 式 × 台 数			プレートフィンチューブ式			
		電 動 機 定 格 出 力	kW		0.2×2		0.4×2	
		最 大 機 外 静 圧	mmAq		8/8		10/10	
		風 量	m ³ /min		90/100	74/88	110/130	94/120
	保 護 装 置	機 外 静 圧	mmAq		0	5	0	5
		風 量	m ³ /min		90/100	74/88	110/130	94/120
		機 外 静 圧	mmAq		0	5	0	5
		風 量	m ³ /min		90/100	74/88	110/130	94/120
凝 縮 器	外形寸法	塗 装 色			マンセル 2.5 Y 5/4			
		高 さ	mm		927	965	1,296	
		幅	mm		860	990	990	
	奥 行	mm			860	990	990	
		熱 交 換 器 形 式			プレートフィンチューブ式			
	送風機	形 式			プレートフィンチューブ式			
		電 動 機 定 格 出 力	kW		0.16	0.36		
	据 付 条 件	屋 内 設 置			屋内設置、壁貫通形、周囲温度 0～+35℃			
		屋 外 設 置			屋外設置、周囲温度 -15～+40℃			
	冷媒配管寸法	ガ ス 配 管	mm		15.88	19.05	22.2	19.05×2
		液 配 管	mm		12.7	15.88	19.05	15.88×2
	凝 縮 器	ガ ス 配 管	mm		15.88	19.05	22.2	19.05×2
		液 配 管	mm		12.7	15.88	19.05	15.88×2
	凝 縮 器	ガ ス 配 管	mm		15.88	19.05	22.2	19.05×2
		液 配 管	mm		12.7	15.88	19.05	15.88×2

※ 1 冷却能力は、庫内温度 5℃、湿度 80% RH、凝縮器吸込空気温度 35℃ のときの値を示し、発熱となる冷却器用送風機の入力を差し引いた有効能力です。
〈称呼冷却能力=冷凍機冷却能力-送風機入力の熱当量〉

※ 2 電気特性は、次の条件による。庫内温度 5℃、湿度 70% RH、空気温度 35℃、凝縮器用送風機を含む。

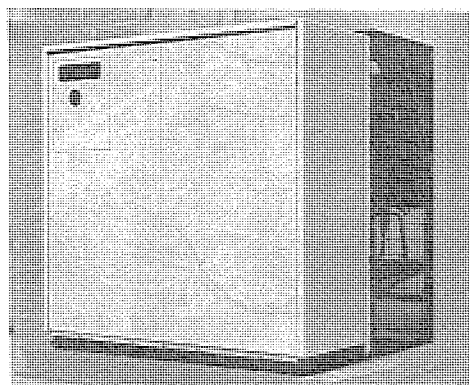


図 8. 外観 (AFL-10 形本体)

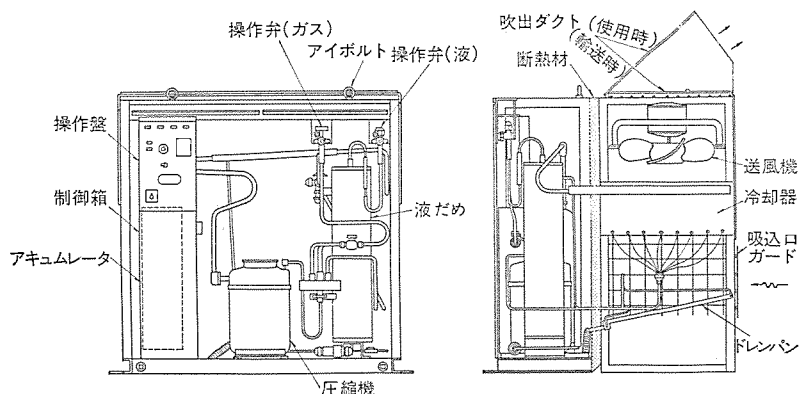


図 9. 内部構造 (AFL-10 形本体)

形、凝縮器及び冷却器は共にプレートフィンチューブ式で使用冷媒は R 22 である。主要仕様を表 2. に、また AFL-10 形本体ユニットの外観を図 8. に示す。

3.3 構造

本体ユニットは図 9. に示すように断熱材によって縦方向に区画された機械室部と冷却器室部とで構成されており、凝縮器ユニットは 2 個の L 字形熱交換器を左右対称に配置し、上部に送風機を設けた 3 面吸込みの構造である。

3.4 開発の要点

3.4.1 据付け、サービス性

現地工事が大幅に省力化できるのがパッケージ形クーリングユニットの大きなメリットの一つであるが、このユニットでは更に次のような配慮をして省力化を図っている。

- (1) 冷蔵庫へ設置する本体ユニットは、断熱材によって機械室と冷却器室とを縦方向に区画する構造とすることにより、図 10. に示すように庫外の接続ダクトなしで冷蔵庫へ据付けられるようにしてある。
- (2) 冷蔵庫の壁に角穴を設け、この角穴へ冷却器室部をそう(挿)入して設置する場合、この角穴はできるだけ小さいことが望ましい。このため、冷却器室天部の冷風吹出口のダクトは角度可変とし、図 9. に示すように輸送及び搬入中は水平に伏せておき、冷蔵庫へ設置後、引上げられるようにしてある。なお、吹出ダクトは 30°、45°、60° の 3 通りの角度で設定できるので、冷蔵庫に適した冷風の吹出し角度が得られ庫内の温度むらができにくい。

- (3) このユニットは複数台設置も含めると設置される冷蔵庫の大きさは 5~100 坪程度であり、庫内ダクトが使用されるケースが相当に多い。このユニットではダクトが簡単に取付けられるように、冷却器室上部が接続フランジを兼用できるようにしてある。この場合の工事例を図 11. に示す。

- (4) 本体ユニットの機械室は前パネルを外すだけですべての点検サービスができる配置にしてあり、冷却器室は庫内ダクトを接続した状態で、送風機前部のパネルが外れ、かつ送風機部がスライドして引き出せるので、点検や万一の場合のサービスが容易に行える。

- (5) 小形軽量で高性能な全密閉形圧縮機をとう(搭)載するなど、小形軽量化を図ってあるので、搬入が容易で据付スペースが小さい。

3.4.2 冷却性能

空冷式で年間運転する冷凍装置では低外気時、すなわち冬季の運転が一番の問題点となる。冷凍装置の高圧側圧力が極端に低くなると膨張弁などの絞り装置を通過する冷媒量が不足して冷却能力の低下を来す。このため、凝縮器吸込空気温度が低下しても、凝縮圧力は

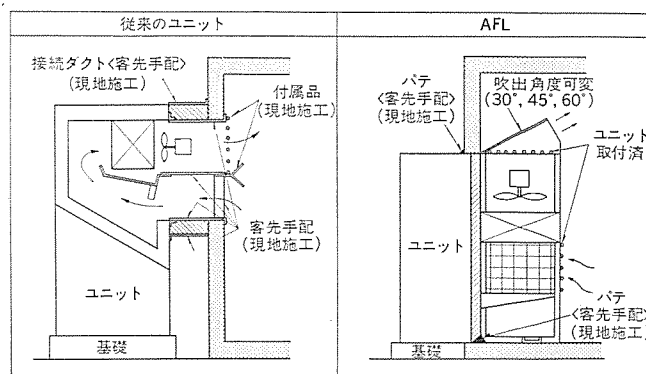


図 10. クーリングユニットの据付け例

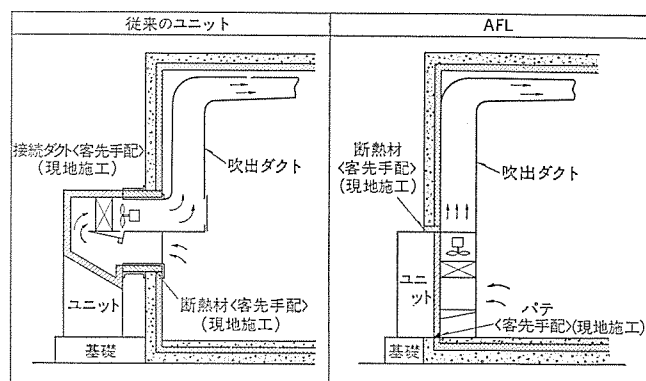


図 11. 庫内ダクトを設けたクーリングユニットの据付け例

ある程度以下に下げないようにする必要があり、従来から、凝縮器通過風量を減じるなどの対策が採られてきたが、この方法では適用できる範囲が狭い。このユニットでは凝縮圧力調整弁を設け、凝縮圧力が所定の値にまで低下してくると吐出ガスの一部をバイパスして凝縮器出口の液冷媒と混合させることで、凝縮器の熱交換能力を減少させ凝縮圧力を適正な値に保つ方式を採用し、低外気下でも良好な運転ができるようにしてある。

AFL-10 形の冷却運転特性を図 12. に示す。この図で凝縮器吸込空気温度が +20°C と -15°C の運転状態を比較すると、凝縮器出口液冷媒の温度は吸込空気温度の低下に伴い低下するが、これに対応して吐出ガスのバイパス量が増加するので結果として液だめ出口の液冷媒温度は不変である。また吐出圧力、吸入圧力も変化せず、実質的な運転状態は同等であることが分かる。

冷却器は空気流入側のフィンピッチを大きくし、1枚おきに短くして前面に段差をつけ、着霜による目詰まりを生じにくくさせ、着霜による冷却能力、風量の低下の度合いを小さくさせる。

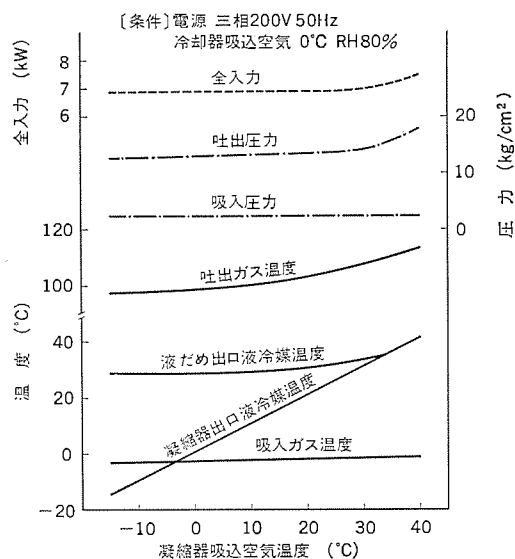


図 12. 冷却運転データ (AFL 形)

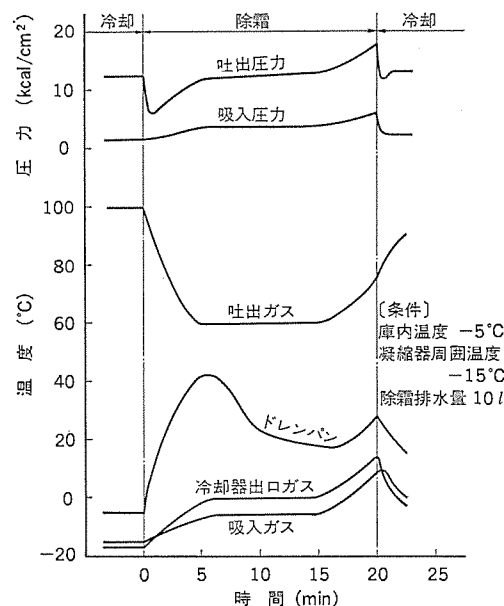


図 14. 除霜時の運転データ (AFL 形)

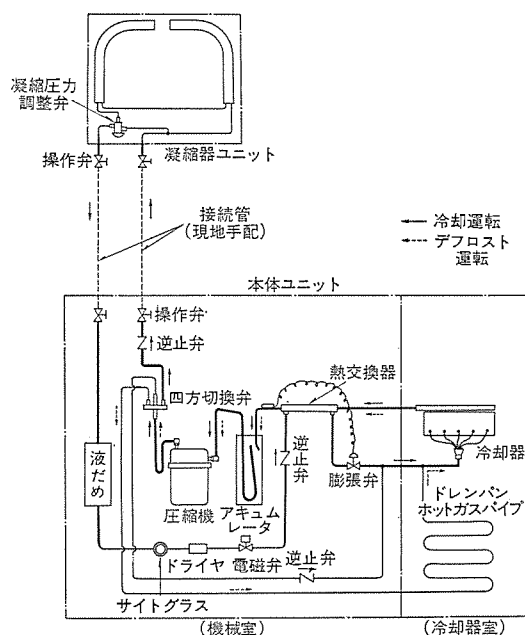


図 13. 冷媒回路図 (AFL 形)

3. 4. 3 除霜性能

このユニットではホットガスバイパス式の除霜方法を採用している。このホットガスバイパス式を採用した場合、冬季における除霜時の高圧圧力の低下に対する配慮が必要である。すなわちホットガスバイパス式の除霜時の加熱源は圧縮機入力であり、十分な加熱能力を発揮させるためにはこの入力を確保せねばならないが、冬季には凝縮器周囲温度が低いので高圧側圧力が低くなって圧縮機入力が低下し十分な加熱能力が得られなくなるが、この問題を次のように解決している。

- (1) 吐出ラインには四方切換弁を設け、これにより冷却運転と除霜運転の冷媒回路切換えをするとともに、除霜運転時の圧縮機吐出ラインと凝縮器入口側との圧力的連通を断つ。
- (2) 液だめから膨張弁間の液ラインに逆止弁を設け、除霜時に冷却器入口部から膨張弁→電磁弁（パイロット式であるので逆圧が加わると弁が開く）→液だめ→凝縮器へと冷媒が圧力差により逆流し循環冷媒が凝縮器へ戻込むのを防ぐ。
- (3) 四方切換弁を駆動するための導圧管にも冷媒の逆流を防ぐための逆止弁を設ける。

以上の方法により、凝縮器が周囲空気冷却されてその内部圧力が低下してもホットガスラインの圧力は低下することがないようにし、冬季の低外気温度下でも夏季と同じ加熱能力が得られるようになっている。図 13. に冷媒回路図、図 14. に低外気下での除霜運転特性を示す。

上述の方法で低外気下でも十分な除霜能力が得られるので、除霜のための補助電気ヒータは全く使用していない。したがってユニットの契約電力や除霜時の消費電力が小さく、その分だけランニングコストが安くなっている。

なお、除霜の制御はタイマによって圧縮機の駆動時間を積算し、この値が所定の値になると除霜を開始し、冷却器出口管の温度を検出して作動する温度調節器で終了する方法を採用している。

3. 4. 4 その他

上述以外にこのユニットの開発に関して考慮した主な事項を以下に列記する。

- (1) 凝縮器ユニットは屋外に設置されるので、特に騒音に対する配慮が必要である。羽根径の大きい低速送風機を採用し低騒音化を実現している。
- (2) 運転管理を容易にするため、もし、夜間や休日に停電があっても、通電が再開されると自動的に再始動する「停電後自動復帰回路」を内蔵している。
- (3) 15 HP のユニットは 2 台の圧縮機を搭載し、冷媒回路を独立させ、各回路の安全器が並列になった電気回路にすることによって、100-50-0 % の容量制御運転による冬季の運転効率の向上と庫内温度変化幅の縮小化を図るとともに、もし一方が不調でも他方が運転を続行し庫内温度の異常上昇防止が図れるようにした。
- (4) このユニットは野菜やくだものの貯蔵を大きな用途の一つとしているが、これらの貯蔵温度は凍結点の少し上が選ばれることが多い。したがって正確な庫内温度制御が要求されるので庫内温度調節器には電子式を採用した。

4. む す び

需要の多様化に答えて開発した空冷式クーリングユニットの概要を報告したが、更に一層、冷凍冷蔵クーリングユニットの普及を図るため、市場の要求にマッチした機種の開発に努めたい。

食品店舗用ショーケース

—内蔵形オープンショーケースとクロズドショーケース—

佐藤 邦彦*・高妻 光昭**・東海枝明男**

1. ま え が き

食品店舗の販売機材であるショーケースの需要は、中小店舗の出店の活発化に支えられ堅調な伸びを示しており、今後も大きく伸長すると予想される。特にコンビニエンスストア（以下 CVS という）に代表される小規模食品店は大手チェーンストアの CVS 出店、ポランタリ、フランチャイズでの小形店の出店、改装改築など、ますますその市場性は多様化の傾向を示している。こうした市場環境にこたえて、単品需要が主であった内蔵形ショーケースを、小規模店舗のショーケース構成が内蔵形ショーケースだけで可能なようにシリーズ化した、新形の冷凍機内蔵形オープンショーケースの開発の経緯、構造及び機能等の改良点について概説し、合わせてクロズド形冷凍ショーケースの特長などについて述べる。

2. CVS 又は小規模店舗用販売機材の条件

CVS 用又は小規模店舗用の販売機材というものは現在ほとんど大手スーパーマーケット用機材を選択的に準用しているのが普通である。小規模店舗用の機材としては下記の5項目が大手スーパーマーケットよりも要求度が高い。

- (1) 店内における据付けが簡単であること。
- (2) 場所をとらず空間を十二分に活用できること。
- (3) 比較的小形で互いに連結して使用できること。
- (4) 消費電力を最低限にすること。
- (5) 移動可能であること。

上記各項をショーケースに当てはめてみて現状の問題点及びその解決の方向について考えてみる。

- (1)の条件：冷凍機内蔵形ショーケースは冷媒配管工事が工場で完成されているから、工事が省力される。
- (2)の条件：この条件に合うショーケースは当然多段式であり、冷凍機を内蔵させたものであれば店内外にショーケース専用の機械室も不要である。
- (3)の条件：従来のスーパーマーケット用が主であったショーケースよりも、奥行、幅寸法について店内の床面積当たりの商品構成、通路幅などの面から小規模店舗にマッチしたものとする。
- (4)の条件：オープンショーケースにおいて最も熱侵入の多い、開口部におけるエアカーテンの改良を主として消費電力の低減を計る。
- (5)の条件：店内の機材の配置替え、模様替え等に対して移動が容易なようにキャストを備える。

3. 概 説

3.1 内蔵多段形オープンショーケース

内蔵多段形オープンショーケースの概略仕様を表1.に、機種系列を表2.に示す。この機種系列は表2.に示すように用途面からは冷凍食品用、生鮮食品用、乳加工品用から青果用まで網らしている。特に太わく(枠)で囲ったED形が今回開発した新形の内蔵多段形オープン

表 1. 概略仕様

項 目	形 式 ※1 形 名		青 果 用		生鮮加工品用		乳加工品用			
			多段ミラー付 たな 2 段		多段たな 3 段		多段たな 3 段			
			EDP-2 A		EDH-2 A		EDM-2 A			
			4	6	4	6	4	6		
※2 使用温度			℃		5～15		0～5		2～8	
電 源			mm		単相 100 V 及び三相 200 V 50/60 Hz					
キ ャ シ ー ビ ネ ッ ト	外 形 寸 法	本 高 さ	mm		1,850					
		幅	mm		1,220	1,830	1,220	1,830	1,220	1,830
		奥 行	mm		880 (側板含まず)					
		側板厚さ	mm ×個		40×2					
	有効内容積		l		662	933	665	997	665	997
	陳列面積		m ²		1.55	2.32	1.89	2.84	1.96	2.95
	外 装		メラミン樹脂焼付塗装							
	内 装		同 上							
断 熱 材			フォームポリスチレン及びグラスウール							
圧 縮 機	形 式		全 密 閉 形							
	出 力		W	600	750	1,500	1,100×2	1,100	1,500	
	クランクケース ヒーター		W	—	—	66	—	—	66	
冷 媒	種 類		R-12							
	制 御 方 式		温度式自動膨張弁							
冷 却 器 形 式			クロスフィン強制循環式							
※3 凝 縮 器 形 式			クロスフィン強制通風式							
照 明			W	40	40+20	40	40+20	40	40+20	
庫内送風機			W×個	39×1	39×2					
※4 凝縮器送風機			W×個	29×1	29×2	29×2	29×3	29×2	29×2	
防 露 ヒ ー タ			W	30	54	30	54	30	54	
庫内温度制御			自動温度調節器							
除 霜 方 式			オフサイクル式		ヒ ー タ 式		オフサイクル式			
製 品 重 量			kg	355	450	365	490	350	440	

※1 水冷式の場合は A が W になる。

※2 周囲条件 30℃, 60%, 周囲風速 0.3 m/s の場合。

※3, ※4 水冷式の場合は異なる。

表 2. 小規模店舗向け機種系列

用 途	形 式	冷 凍 食 品	生 鮮 品	乳 加 工 品	青 果
		-18℃ 以下	-5~5℃	0~10℃	5~15℃
オープン ショーケース	平 形	KC-18 LCT RC-18 LCT	BFM-350LS	BF-500 LF BF-350 LS	
	多段形	※	EDM-42 A	EDH-42 A	EDP-42 A
			" W	" W	" W
			EDM-62 A	EDH-62 A	EDP-62 A
クロズド ショーケース	平 形	CF-720 T CP-440 A CP-330 A			

※: W は水冷式である。

ョーケースである。

本稿ではこの ED 形オープンショーケースについて、その特長、機能及び構造等について要点を概説する。

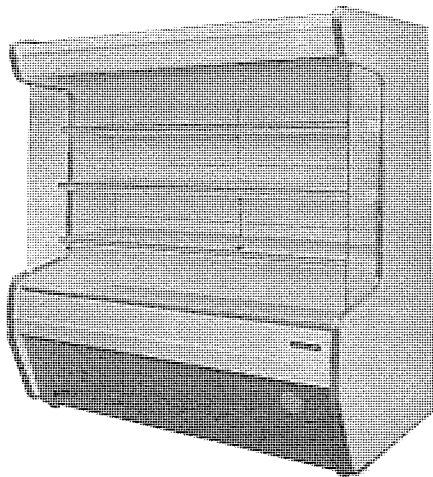


図 1. EDH-62A 形

3.2 特 長

(1) 店内の売場構成の多様化が可能である。

表 2. に示すように冷凍食品用を除いて内蔵多段形 オープンショーケースの ED 形で売場構成が可能である。

(2) 省スペースタイプである。

ショーケースの奥行寸法は 900 mm, 小規模店舗に適切なサイズであり何本でも連結できる。

(3) 工事の省力化が図れる。

冷媒配管工事は工場で完成しており不要である。

(4) 冷凍装置は空冷式と水冷式の 2 種類がある。

空冷式を選ぶか水冷式にするかは店舗の諸条件によって決められるものであるが、ショーケースの設置台数が少ない場合は水配管工事などと比較して空冷式がベターである。なお、空冷式には冷凍装置の排熱装置をオプション部品で用意した。

(5) 陳列効果の向上

陳列だなの角度は 0°, 10°, 15° に傾斜して設置可能であり、庫内容積は従来の内蔵多段形 オープンショーケース ADV 形に比較し 20 % 大きい。また、青果用については庫内上部に鏡 2 枚を屈折して取付け陳列される商品のボリューム感を向上させた。

4. 機 能・構 造

4.1 保冷性能と外気条件

一般に多段形のオープンショーケースは上部吹出口から下部吸込口に向かって流れるエアカーテンで庫内冷気を保護しているが、ショーケースの庫内、外を熱的に完全にシャ断できるものではなく、エアカーテンへの外気の混合によって、庫内に比べて高温多湿の外気が庫内に侵入する。この熱負荷はオープンショーケースの負荷全体の大きな割合を占めている。したがって、オープンショーケースの保冷性能は周囲の空気条件、すなわち、周囲温度、湿度及び周囲風速に大きく影響される。一般にスーパーマーケットの店内は空調されているので冷凍機別置形のオープンショーケースは当社では外気条件を、27°C, RH 55 %, 周囲風速 0.3 m/s 以下としているが、小形店舗は空調されているところが少なく店内空気条件が過酷なため内蔵形オープンショーケースでは、外気条件を 30°C, RH 60 %, 周囲風速 0.3 m/s 以下に設定している。上記の 2 種類の外気条件による保冷性能の差は図 2. に示すように庫内温度を維持するために除霜回数に顕著である。すなわち、外気条件が過酷な場合は冷却器への着霜が多く庫内温度も上昇しやすい。したがって、

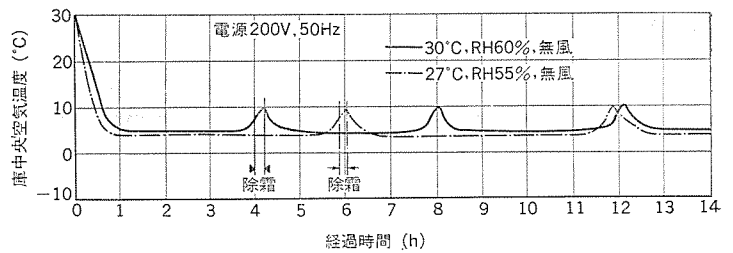


図 2. EDH 形保冷曲線

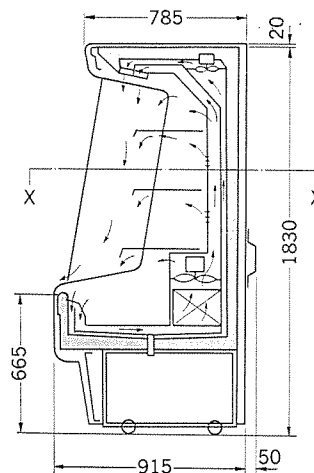


図 3. ADV 形断面構成

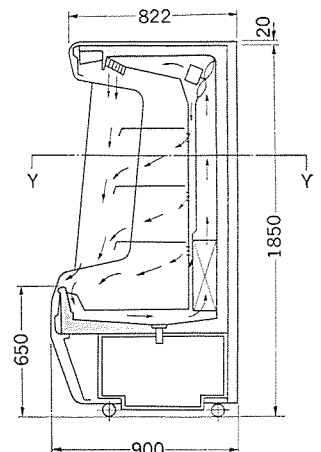


図 4. ED 形断面構成

内蔵オープンショーケースは大形店舗向けよりも除霜のひん(頻)度を多くした。

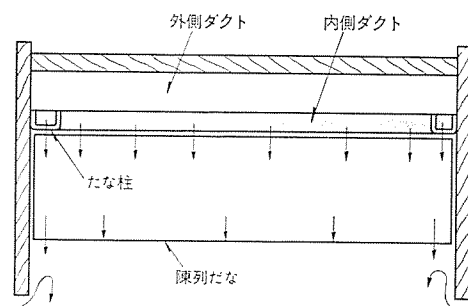
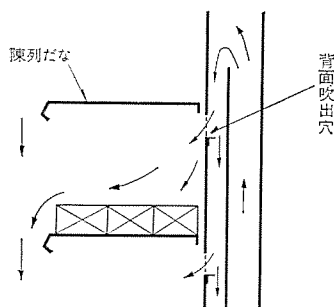
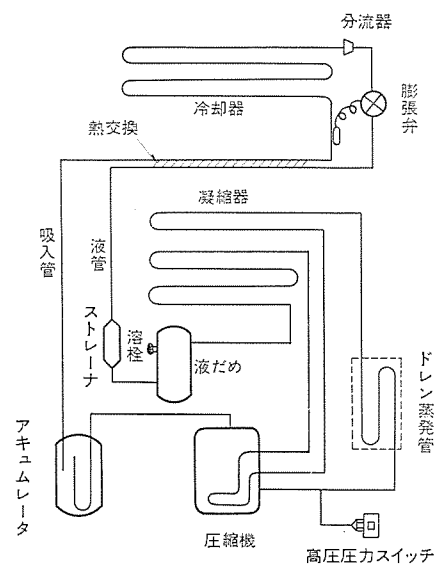
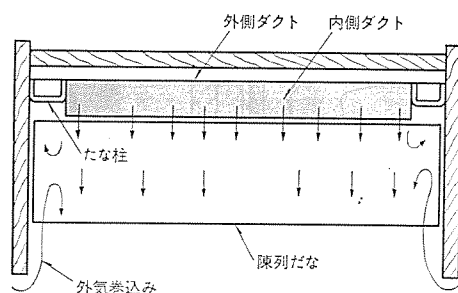
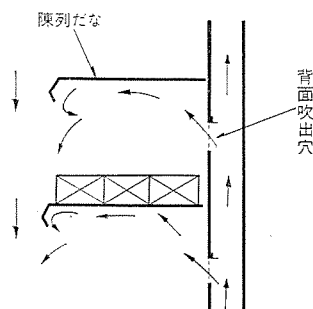
4.2 エアカーテンと風路系

前節でも述べたように多段形オープンショーケースはエアカーテンによって保冷性能を維持している。このエアカーテンの形成は、庫内の冷却器等を包含する風路系の構成と重要な関係があり、冷凍多段形オープンショーケースでは 3 重エアカーテン式を採用したものが多いが、エアカーテンを多重式にすると外気シャ断効果は増すが、冷凍食品用のショーケースに対し庫内温度の比較的高い冷蔵用のショーケースではその必要性は少なく、また風路系を構成するダクト構造が複雑になり冷気循環用の送風機も多くなり生産コストが高くなるなどの欠点を生じるので、ED 形オープンショーケースでは当社商品研究所の協力による「ショーケースのエアカーテンの研究」等に基づき風路系に改良を加え、図 3. に示す ED 形の前身である ADV 形の 2 重エアカーテン式から、図 4. に示すような 1 重エアカーテン式にした。これにより次のような利点が出てきた。

- (1) ダクト構造が簡単になったため、ダクト内における循環空気流の制御が容易になった。
- (2) 外側ダクトがなくなったため、送風機の数が減った。
- (3) ダクト内風路における風圧損失が小さくなり送風機動力が軽減された。
- (4) 冷却器を背面下部にたて長に設置することにより、下たな部の庫内容積が増大すると同時に熱交換も向上した。
- (5) 庫内底部からのドレンの排出、ドレン孔の点検及び庫内送風機の点検等が容易になりサービス性が向上した。

4.3 エアカーテンと背面吹出し

多段形の冷蔵用のオープンショーケースにおいてはほとんどのものが前面のエアカーテンだけでなく、背面にも冷気吹出孔を設けて庫内の各たな段における庫内温度の均一化を図っている。



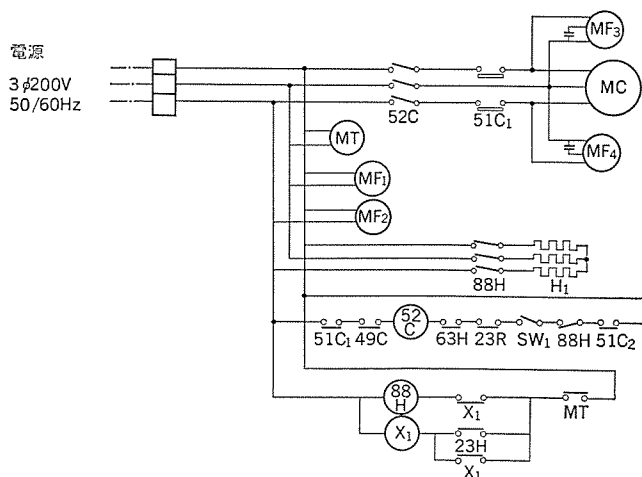
ED 形 オープンショーケースでは、特にこの背面吹出しの冷気の風向と吹出幅に改良を加えている。従来の多段形オープンショーケースの背面吹出しは図 5. に示すように、たなとたなの中に背面吹出孔を設け、矢印で示すような風向のものがほとんどであった。このような冷気吹出しでは背面から吹出した冷気は上方に向いており、陳列だなの下面に当たり陳列だな前においてうず流を生じたりして前面を流れるエアカーテンを乱したり、陳列だな上の商品を直接保冷しにくいものであった。ED 形 オープンショーケースは図 6. に示すように背面ダクトを 2 重にして、下部に設置した冷却器を通して冷却された冷気をいったん上部へ引上げ、内側ダクトに対して下向きに流入するようにした。したがって、背面吹出孔から吹き出す冷気は下向きに流れ、陳列だな上の商品を直接保冷すると同時に前面のエアカーテンを乱さないようにしている。

また、ショーケースの幅方向に対する背面冷気の吹出幅は、従来の ADV 形の場合は図 7. にその断面を示すようにたな柱部分からの冷気吹出しがなかったため両側面部において外気の巻込みが生じやすかった。ED 形オープンショーケースにおいては、図 8. に示すようにたな柱の上部からたな柱の内側を通して冷気を吹き出すようにしたため庫内全幅にわたって背面吹出冷気があり、両側部からの外気の巻込みも少なく、また、陳列だな上の左右の庫内温度のばらつきも小さくなっている。これらの改良により保冷性能の向上が図られた。

4.4 冷凍装置

冷凍装置の冷媒系統を構成している機器類を図 9. に示す。この冷凍装置の特長は下記のとおりである。

- (1) 空冷式凝縮器はじんかい(塵芥)による凝縮器の目詰まりを軽減するようにフィン間風速を小さくした。
- (2) 冷却器は着霜による目詰まりを低減するようにフィンピッチを大きくするとともに、フィンは1枚おきに短くして前面に段差を付けた。
- (3) 冷媒の絞りには温度式自動膨張弁を採用し、プルダウン特性の向上と冷却器の負荷変動に対する冷媒の応答性を向上させた。また、膨張弁直前の液管は吸入管と熱交換させ冷凍効果の向上を図った。



記 号	名 称	記 号	名 称
MC	圧 縮 機	H ₁	デフロストヒータ
MF ₁	庫内送風機	49 C	インターナルサーモ
MF ₂	庫内送風機	63 H	高圧圧力スイッチ
MF ₃	凝縮器送風機	23 R	庫内サーモ
MF ₄	凝縮器送風機	SW ₁	冷凍機スイッチ
MT	デフロストタイマ	23 H	除霜サーモ
52 C	電磁接触器	X ₁	補助リレー
51 C ₁ , C ₂	モータプロテクタ	88 H	電磁接触器

図 10. EDM-42 A 形電気系統

- (4) 夜間のナイトカバー 使用時、外気温の低下時及び冷却器の過大な着霜時等における負荷低下に伴う液 バックを防止するために、十分な内容積を有する サクション アキュームレータを装備した。
- (5) 空冷式においては庫内から出る除霜等による ドレンを圧縮機の吐出 ガス 管の一部をそう(挿)入した ドレパン で受け、ドレンの蒸発を促進し ドレン を捨てる回数を少なくするとともに高圧を下げて吐出 ガス 温の低下を図った。ただし、水冷式の場合は水配管工事の際

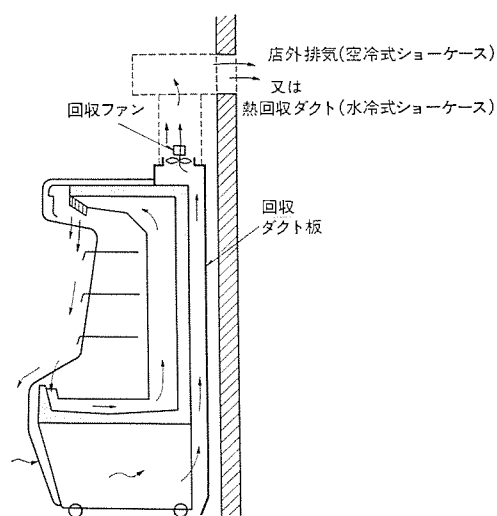


図 11. 熱回収装置

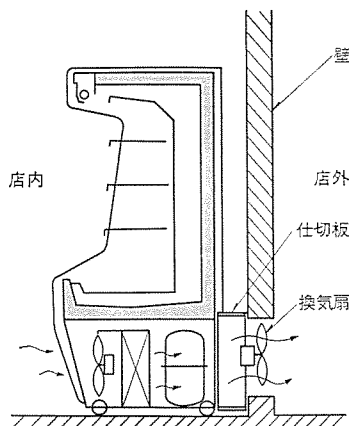


図 12. 排熱装置の例

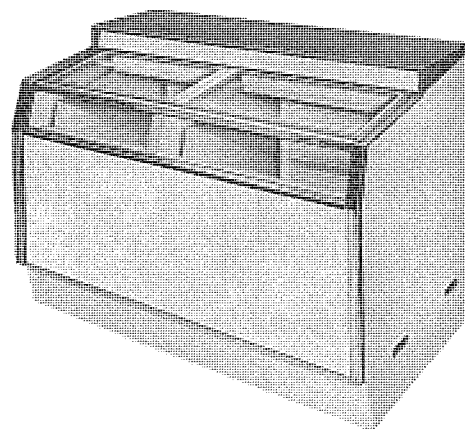


図 13. CP-330 A 形

表 3. CP 形冷凍ショーケース 概略仕様

		CF-045	CP-150 LS	CP-160 A	CP-220 A	CP-220 A-2	CP-330 A	CP-440 A	CP-550 A
外形寸法 (幅)	mm	528	705	705	890	890	1,320	1,690	1,800
有効内容積	ℓ	45	115	125	165	165	250	330	390
とびら枚数		2	1	1	1	2	2	2	2
モデルチェンジ機種		—	—	○	○	○	○	○	—

にドレン配管を行うことが容易であるためドレンパンは付けていない。

4.5 除霜

ED 形オープンショーケースの除霜方式は三菱 TU-61 H 形タイマを使用し果実用、乳加工品用は庫内温度が 0℃ 以上であるためオフサイクル方式を採っており除霜のための電力は消費しない。生鮮用のショーケースは庫内温度が上記のものよりも低いことと、精肉、鮮魚等の陳列商品の鮮度保持がより厳しく管理されるものであるから、除霜ヒータを使用して除霜時間の短縮を計り、冷却器には除霜終了を検知するサーモスタットの装備によって除霜が完了すると同時に冷却運転を開始するようにした。(図 10.)

4.6 熱回収と排熱処理

ED 形オープンショーケースには熱回収装置と排熱処理装置の 2 通りオプションで用意した。熱回収装置はオープンショーケースの運転によって生じる店内のコールドアイルの冷気を回収する装置として水冷式のショーケースの場合に取付ける。排熱処理装置は空冷式のショーケースの場合に下部の機械室から生じる凝縮器の暖気を店外等へ排出するための装置である。これらの装置としてショーケースに取付ける主な部品は、図 11. に示すようにショーケース背面に回収ダクト板と上部の回収ファンとである。排熱処理装置の場合の回収ファンの容量又は使用個数は凝縮器の放熱量に見合った十分な風量が必要となり熱回収の場合よりも一般に大きい。設置先での条件によっては更に簡単な排熱装置として図 12. に示すような一実施例もある。この場合に施行上で注意することは機械室の暖気が直接換気扇へ行くようにショーケース背面と壁間に仕切板を用意することである。

5. 新形クローズドタイプ冷凍ショーケース (CP 形)

アイスクリーム、冷凍食品用として根強いニーズがある小形のクローズドタイプ冷凍ショーケース CP 形をモデルチェンジし、今回新しく発売したので、その概略を紹介したい。

5.1 製品系列

このショーケースは小形店舗が主であり、また用途の大半が店頭においてアイスクリームの販売に使用されるものである。この製品系列は表 3. に示すように、有効内容積 45ℓ から 390ℓ まで 8 機種そろえたことにより、あらゆる設置先の条件に対応できるものとした。

5.2 特長

- (1) 機種間の断面形状が統一されているので 2 機以上並べて使用しても体裁が良い。
- (2) 部品の共通化を図ったシリーズであり、サービス性が向上した。
- (3) 各機種とも有効内容積の増加を図った。(当社比 10% アップ)
- (4) 上部とびら面の高さを低くし、子供でも容易に品物を取り出せるようにした。
- (5) 上部とびら面を広くし品物の貯蔵を容易にするとともに展示効果を向上させた。
- (6) 凝縮器を小形化しショーケースの機械室に収納して強制通風式にして据付面積を縮小した。

6. む す び

CVS 又は小規模食品店舗にあっては先にも述べたように、床面積の有効利用、単位面積当たりの売上げ額の増大を計るために販売機材である冷凍・冷蔵用のショーケースの多様化はますます進展するであろう。今回は少規模店舗用の製品系列の中でシリーズ化した冷蔵用の内蔵多段形オープンショーケースと店頭用のクローズド形冷凍ショーケースについて、その概略を述べたが、今後も多様化に対応して需要家の要求にマッチした製品を開発して行く予定である。

参 考 文 献

- (1) 阿部：コンビニエンス戦略、(株)ビジネス社
- (2) 山崎、清水、渡部：三菱電機技報、47, No. 5, 521 (昭 48)
- (3) 山崎、清水：三菱電機技報、49, No. 4, 337 (昭 50)

スーパーマーケットの熱回収システム

石塚 春雄*

1. ま え が き

食生活の変化に伴い、コールドチェーンが普及し、スーパーマーケットにおける、冷凍、冷蔵食品の占める割合は増加しており、また食品の衛生管理からの低温化も進み、スーパーマーケットは変わってきた。

- ・大量販売
- ・大量陳列
- ・売場面積当たりの売上アップ
- ・衝動買いの促進

の点からショーケースは、クローズ形からオープン形へ、更に平形から多段形へ変わり

- ・低温化
- ・集中管理化

の点から冷凍機は、内蔵式から別置き式に変わってきている。オープンショーケースは、周囲空気の高湿度の影響を受けるため、平形でも27℃、55%以下で使用する必要があるため従来でも空調(冷房)は行われていたが、多段形オープンショーケースが普及し、従来の方式のまま空調が行われると、“コールドアイル”が発生し、ショーケース前面の売場が冷えるという大きな問題になってきた。

当社をはじめ業界としてもこのコールドアイルを解消し、売場の環境をつくり併せて、ショーケースからの冷気回収や、ショーケース冷却用冷凍機の排熱利用などにより省エネルギー運転を行う熱回収空調システムを開発し、各地で施工されている。

51年6月にオープンしたスーパーマーケットの熱回収空調システムの概要を示し、実測値などからシステムの効果を述べる。

2. コールドアイル

コールドアイルの定義はいろいろと言われているが、簡単にまとめると、オープンショーケースによって前面通路やその付近の温度がレジ付近の温度より下がり冷たい通路となることとされている。

オープンショーケースには構造上どうしても店内空気が侵入しやすく、オープンショーケースの空気が店内空気と置換しあって外へでることになる。この空気は店内空気より低温のため床面にたまり、これがコールドアイルとなる。

コールドアイルの解消は、ケースから置換された空気を停滞させることなく、他へ運んでしまえばよいわけである。店内(中央部)の空気が通路へ補給できれば通路の冷え込みはなくなるわけである。更にこの回収した空気を空調に再利用すれば(熱回収)冷房設備を小さくすることができる。

3. 熱回収システム

スーパ熱回収システムはコールドアイルの冷気を冷房に再利用するだけでなく、店舗全体の省エネルギーを目指すものである。

3.1 冷気回収

コールドアイルを解消し、空調に利用するためショーケース庫内から置換

された冷気を機械室の空調器へ送る方式で、天井チャンバ、地下ダクト、天井ダクトの3方式がある。

(1) 天井チャンバ方式

ショーケースごとに小形の送風機を設け、ショーケース背面をダクトとして、冷気をショーケースけ込み部分のキックプレートから吸入し、背面ダクトを通して天井に吹き上げ、天井内で他の空気といっしょに機械室に導く方式。

3方式の中ではコスト的に有利であり、気流調整が簡単であり、ショーケースのレイアウト変更が容易にできるメリットがあるが、平屋建ての場合屋根からのふく(輻)射熱の影響を受けるので断熱材を施工するなどの対策が必要になる。

(2) 地下ダクト方式

ショーケースの床面にピットを掘り、このピットを環気ダクトに利用し、冷気はショーケースけ込み部分のキックプレートから地下ダクトを通して機械室に設けられた大形の送風機により空調機などへ送る。

地下ダクト方式は平屋建てでも屋根からの輻射熱の影響を受けず、冷気回収ができるが、コスト的には高くなり気流の調整、レイアウトの変更などが難しい。また、既設の場合工事は大変困難になる。

(3) 天井ダクト方式

ショーケースの上部や天井に環気ダクトを設け、冷気はショーケースのけ込みから背面ダクトを通りリターンダクトで吸い上げ機械室に導く方式で既設店の改造など地下ピットが設置できない場合にはよいが、新設店の場合コスト的に高く、レイアウトの変更が困難である。

3.2 加熱方式

ショーケース冷却用冷凍機の排熱(凝縮熱)を空調に利用する方式で冷却水を直接温水加熱する温水ヒータ方式と、ヒートポンプの熱源として利用し加熱するヒートポンプ方式とがある。

(1) 温水ヒータ方式

温水ヒータ方式はわずかの配管工事でのいので安価であるが、冷却水温度を冬でも比較的高温(30℃以上)に保つ必要があり、また、温水温度としては低いので吹出空気温度を高くとれないが、スーパーマーケットのショッピング環境としては十分な温度になる。

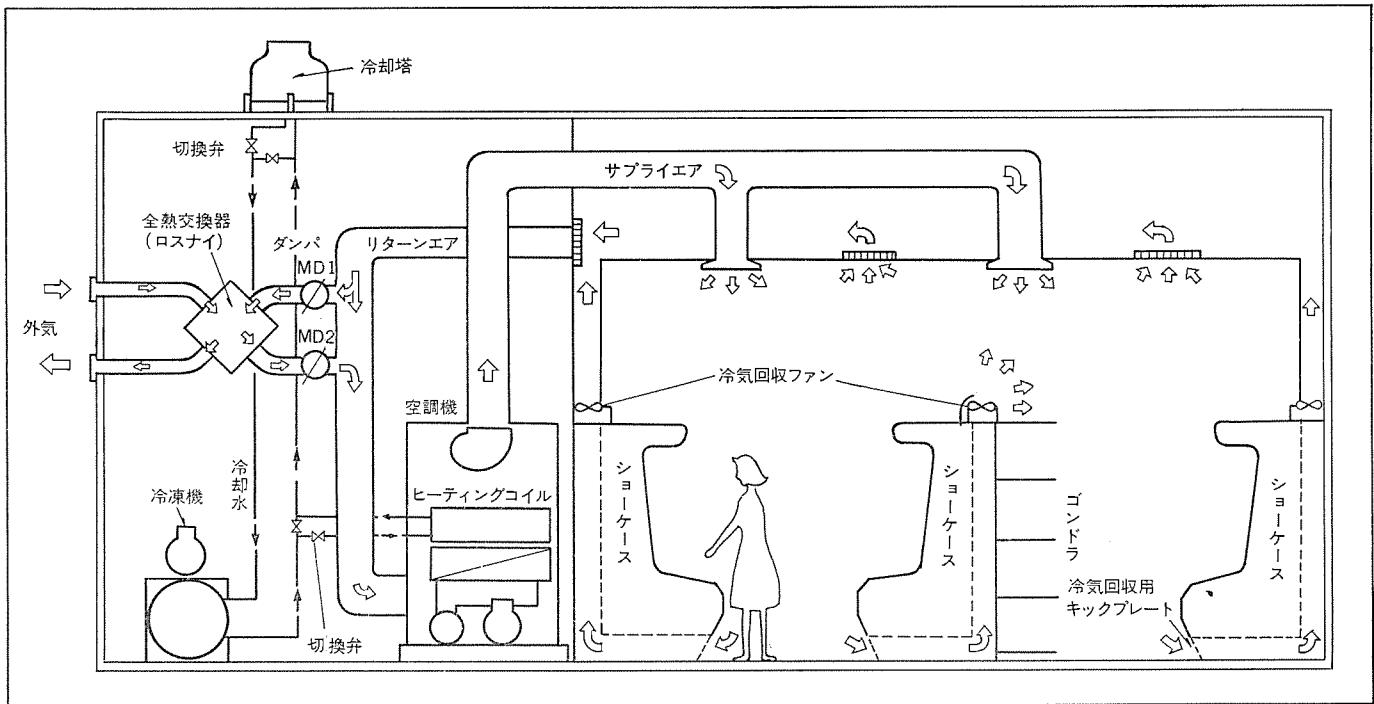
既設店でこの方式を採用するにはパッケージに温水コイルを組み込み、冷凍機からの冷却水配管を接続すれば容易に暖房効果が求められる。

(2) ヒートポンプ方式

ヒートポンプ方式は設備費が高価であるが、吹出温度が高くとれるので室温も高く維持できる。また水熱源ヒートポンプと組合せれば、建物全体の熱回収が行える。

3.3 外気処理

スーパーマーケットは多人数が入り出るので多量の外気導入が必要になる。外気導入を行うことは冷房時で考えると、店内の温度湿度の低い(27℃、50%)空気を捨て、温度・湿度の高い(33.6℃、63%)空気が入るので再び店内の温度湿度まで下げる必要がありこれが冷房負荷となる。スーパーマーケットでは全体の30~40%を外気負荷で占める



- 注) 1. 冷凍機は水冷方式、空調ダクトは天井チャンパ、壁面ダクト方式を採用した場合を図解したものであるが、冷凍機の空冷方式あるいは空調ダクトの天井ダクト、地下埋込ダクト方式による方法も可能。
2. ダンパMD₁、MD₂は昼：全開、夜：全閉する。

図 1. 熱回収システム

表 1. 熱回収システム

冷 気 回 収	天井チャンパ・地下ダクト・天井ダクト
加 熱	温水ヒータ、ヒートポンプ
外 気 処 理	《ロスナイ》全熱交換器
照 明	空調照明器
冷 凍 機	SSW形《並列式コンデンシングユニット》

事になる。この屋外に捨てていた店内空気と屋外の空気を熱交換させ、外気取入量を減らす事なく外気による熱負荷を減少させる全熱交換器《ロスナイ》を使用することは大変重要である。

3.4 照 明

店内の照明は一般に比べると照度が高いため照明からの発熱は大きくなる。この照明熱の対策として空調照明器を使用する。

空調照明器は水冷式と空冷式があり、メリットとして

- (1) 冷房負荷の軽減
- (2) 光出力の増大
- (3) 快適な環境

などがあり、冷気回収と組合せることによりコールドアイル対策の効果が上がる。また、水冷式を使用すればヒートポンプの熱源として利用できるので一段と省エネルギー効果が得られる。

3.5 熱回収システム例

熱回収システムの一例を図 1. に示す。

空調機からサブライエアにより店内へ給気し、リターンはショーケース込みのキックプレートからコールドアイルより回収する空気と通常のリターンダクトからの空気と天井チャンパで混合された空気とし、一部はロスナイを通り排気され、新鮮空気はこのロスナイを通して熱交換を行ったのち、空調機へ送られる。

夏季において、空調機は冷房運転を行い、冬季は冷凍機の冷却水

(温水)をヒートポンプに送り暖房運転を行う。

以上熱回収システムの一例を説明したが、店舗の状況に応じ表 1. の方式を組合せる事により最適なシステムが選定できる。

4. 実 施 例

4.1 概 要

今までの実施例から西日本地区のスーパーマーケットを採りあげる。昭和51年6月にオープンしたもので、建物はボーリング場を改造した平屋建て、総面積1,780 m²、売場面積1,350 m²、事務所・作業室、冷蔵庫など430 m²でチェーンストアの一店舗である。

使用しているショーケースは陳列効果の高い大形店向けのTシリーズを43台、温蔵ケースを2台で、ショーケースレイアウトを図2.、ショーケース一覧を表2.に示す。冷凍機はショーケース冷却用と冷蔵庫用で下記の機器が使用されている。

並列式半密閉形	SSW-110	4台
	SSW-150	1台
開放形	S7W-55U	1台
半密閉形	SRW-37	3台
	SRW-55	1台

パッケージは30トン、40トン2台使用しており、冷気回収方式は建物が既設のため天井内の改造が困難である事とボーリング場であったため床の改造を必要としたので地下ダクト方式を採用した。冷気回収用送風機は片吸込シロッコファンを使用している。

4.2 店内温度

店内温度の測定は、冷房時は8月、暖房時は12月に行い、コールドアイルの解消がなされている結果を得た。

温度の測定点は下記のように図3.に概略を示す。

店 内	中央部
-----	-----

表 2. ショーケース一覧

ケース番号	ケース形式	用途
① ②	TVP-62 S	青 果
③ ④	TVP-82 S	"
⑤	TVP-12 S 内	"
⑥	TVP-82 S	"
⑦	平 台	"
⑧ ⑨ ⑩	平 台	"
⑪	平 台	"
⑫ ⑬ ⑭ ⑮	TVP-82 S	"
⑯ ⑰ ⑱	TKF-60 S	冷 蔵
⑲	TDM-62 L	冷 凍
⑳ ㉑ ㉒ ㉓	TDM-82 L	冷 蔵
㉔ ㉕ ㉖ ㉗	TDM-82 L	"
㉘	TDM-12 L 内	"
㉙ ㉚ ㉛ ㉜	TDM-82 L	"
㉝	TDM-62 L	"
㉞ ㉟	TDM-62 L	"
㊱	TDM-82 L	"
㊲ ㊳ ㊴	TDM-62 L	"
㊵ ㊶ ㊷ ㊸	TKF-82 B	冷 凍
㊹ ㊺	温蔵ショーケース	温 蔵

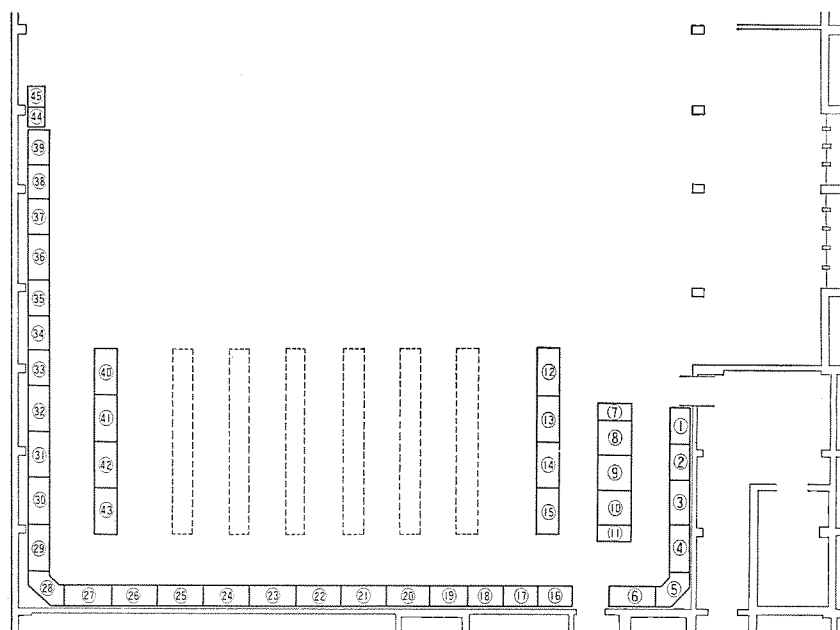


図 2. ショーケースレイアウト

ショーケース前面

青果用ケース

冷蔵ケース

冷凍ケース

図中の各ポイントの数字は測定した温度を示している。また点線内はコールドアイルのできている状態を示す。

冷房の設計条件は

外 気 33.6°C DB

店内中央 27°C DB

実測では外気 31°C, 店内 24°C であったので, 空調設備には問題なく, またコールドアイルの状態も上下の温度差がほとんど 4~5 deg 以内なのでショッピング環境としては良好である。

暖房は外気 0°C, 店内 15°C で設計したが, 実測では外気 10.1°C, 店内 19°C であった。また, 冷房と同じようにコールドアイルの状態も上下の温度差はほとんど 5 deg 以内であったので年間を通して快適なショッピング環境がつけられている。

4. 3 冷凍機排熱量の検討

暖房時の省エネルギーに必要な冷凍機の排熱量は, 冷凍機の運転率から検討する。

冷凍機は負荷変動の大きい冷蔵ショーケース用冷凍機の1時間の運転を測定し, 結果を図 4. に示す。測定からの冷凍機運転率は平均 59% であった。他の青果・冷凍用冷凍機も同じような運転率を示すと思われるが, ショーケース冷却能力から暖房時の冷凍機排熱量をみると冷凍機の放熱係数・利用効率等からショーケース所要冷却熱量の 50% ぐらいになる。

4. 4 熱回収の効果

店内負荷の計算は電子計算機による負荷計算プログラム MACS-B (MITSUBISHI AIR CONDITIONING COMPUTER SERVICE) により行った。

従来方式では外気負荷を加えた必要な冷却熱量は 211,000 kcal/h になり, 空調機は 80 トンが必要となる。熱回収システムでは, 省エネルギー効果は約 60,000 kcal/h なので必要冷却熱量は 151,000 kcal/h になり 60 トンの空調機でよいことになる。

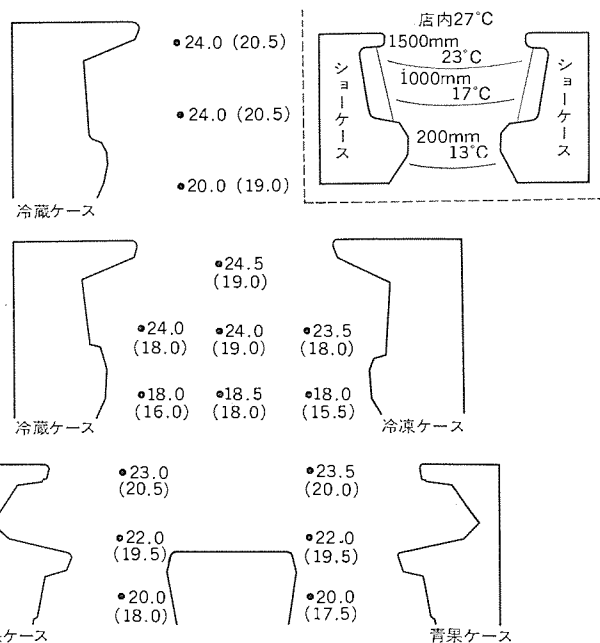


図 3. 温度分布

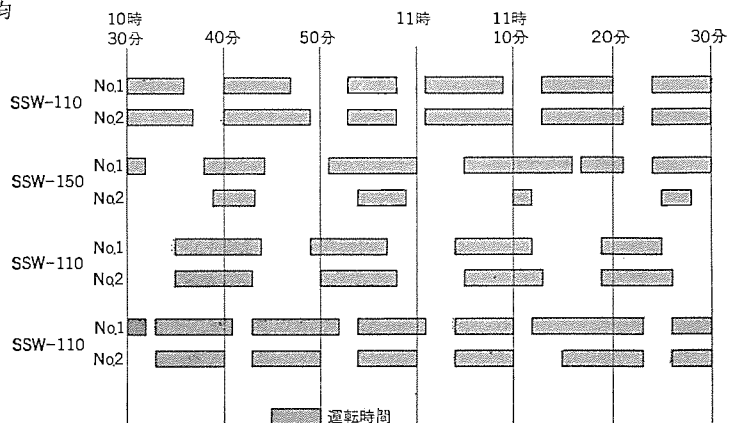


図 4. 冷凍機の運転時間

表 3. 設 備 比 較

	熱 回 収 シ ス テ ム	従 来 方 式
空 調 機 パッケージエアコン	30 トン 圧縮機 22 kW 送風機 5.5 kW	80 トン 圧縮機 60 kW 送風機 15 kW
	40 トン 圧縮機 30 kW 送風機 7.5 kW	電気ヒータ 100 kW
冷 却 塔	送風機 2.2 kW	送風機 2.2 kW
冷 却 水 ポ ンプ	3.7 kW	3.7 kW
冷 気 回 収 送 風 機	5.5 kW	—

しかし、このスーパーマーケットでは将来の増設等を考え設備は40+30トン=70トンを設置しており、補機類を含めて比較すると表3.に示すようになる。

冷却時における熱回収システムと従来方式を単純に電気料金の比較をすると、電動機容量は熱回収システム76.4kWに対し、従来方式80.9kWであり、消費電力量は熱回収システム75,700kWh、従来方式96,300kWhになるのでおよそ400,000円の節約になり省エネ効果が十分示される。

暖房負荷は計算では90,000kcal/hになるので、従来100kW相当のボイラなどが必要であったが、ショーケース・冷蔵庫用冷凍機の凝縮熱で十分賄えるので省エネ効果は大きい。

5. 設 計 手 順

新しい店舗に熱回収システムを応用するには次の手順で行う。

- (1) 店舗建物の調査
- (2) 店舗の冷暖房負荷計算
- (3) オープンショーケースレイアウトの確認
- (4) 外気取入量と直接排気量の検討（ロスナイ採用の検討）
- (5) 必要な冷却能力の算出
(店舗負荷・外気負荷・ショーケースからの冷氣回収効果から算出する)
- (6) パッケージエアコンの選定
- (7) 必要な暖房能力の算出
- (8) 冷凍機排熱量の検討
- (9) 補助熱源の検討（冷凍機排熱量－暖房負荷）
- (10) 機器の選定（加熱器・補助熱源）

パッケージ選定をまとめると図5.になる。計算は下記の条件によりMACS-Bで行った。

所在地 東京
構 造 中構造 平屋建
内 部 人員 0.28人/m²
照明 40W/m²
店内温湿度 27°C DB 50% RH

図5.(a)は外気取入量を1人当たり30m³/hとしロスナイを使用する場合を示した。Aは従来方式を示し、Bは24m²(8坪)に1台、Cは30m²(10坪)に1台、Dは45m²(15坪)に1台の割合でショーケース(中温用多段形)を設置した熱回収システムの対応パッケージエアコンを示す。図5.(b)はロスナイを使用しない場合でEは24m²(8坪)に1台、Fは30m²(10坪)に1台、Gは45m²(15坪)に1台の割合でショーケースを設置する場合のパッケージを示す。図5.(a)を例にとると店舗面積800m²の場合、ショーケースを15坪で1台の割合約18台設置した熱回収システムではPW-40(40トン)でよく、従来方式ではPW-60(60トン)を必要とする。

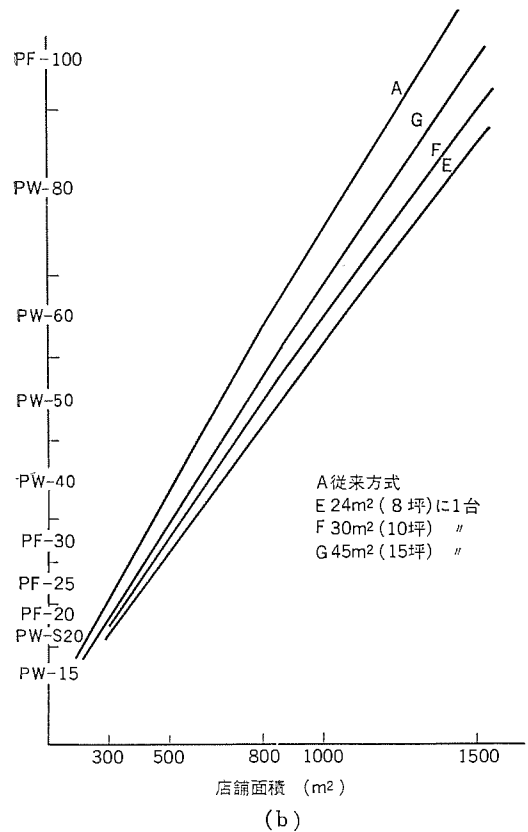
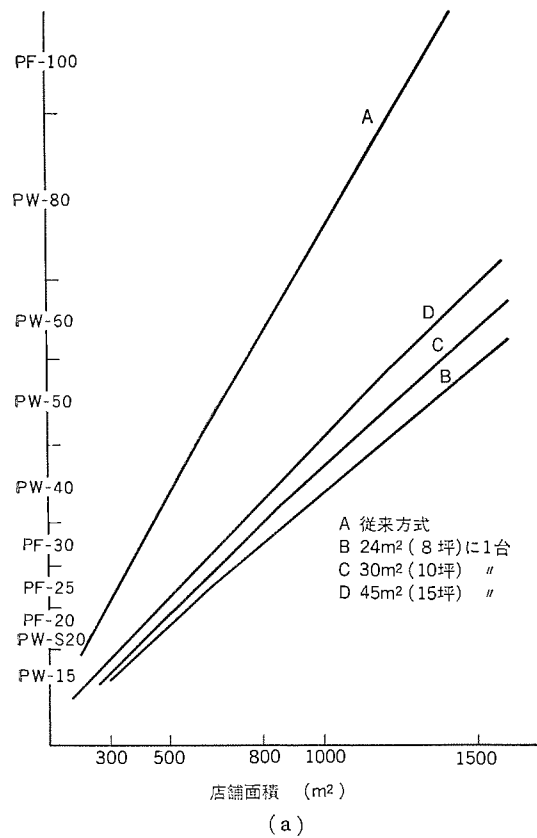
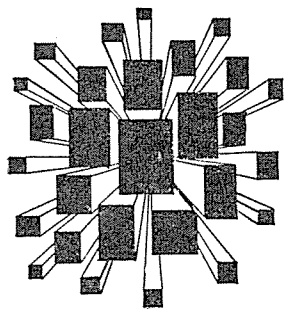


図 5. パッケージの選定

6. む す び

今後はほとんどすべてのスーパーマーケットがコールドアイルを解消し、省エネ空調を行う熱回収システムを採用するものと思われる。

最後にこの熱回収システムの測定に当たり、ご協力をいただいた関係諸氏に感謝の意を表する。



特許と新案

低温容器 (特許 第 779018 号)

発明者 明石克寛・荻野 治

この発明は小形軽量にして、かつ堅ろう(牢)な低温容器に関するものである。

図 1. に示すように従来の低温容器は連通状態にあるネックパイプ(1)が設けられた内側容器(2)とこの内側容器(2)を収納した外側容器(3)とからなり、さらに支持棒(5)と振れ止め棒(7)によって補強する構造になっていた。ネックパイプ(1)は熱侵入を小さくするために薄肉で、かつ長くすることが望ましいが、そのためには支持棒(5)や振れ止め棒(7)などの補強手段を増すことが必要であり、増せばそれだけこれら補強手段からの熱侵入が大きくなり、構造を複雑にするのでいずれにしても小形軽量化を計ることは困難であった。

この発明による低温容器は図 2. に示すようなナイロン合成紙などの繊維質材料(101)とアルミ蒸着マイラなどの固体膜材料(102)とを交互に積層した断熱支持材(11)を図 3. に示すように、内側容器(2)と外側容器(3)との間に弾性変形を可能にする程度にその積層方向に圧縮されて局部的に配設したものであり、従来の欠点を完全に排除するものである。

図 4. は断熱支持材(11)の熱的特性を示し、この曲線から明らかに熱絶縁性が大であるから使用時の厚さが薄くてすみ、かつ圧縮による熱伝導率の変化は極めて小さい特性を有する。更に断熱支持材(11)は圧縮変形率もまた極めて小さいので容器の強度に影響

を与えないという特徴がある。このような断熱支持材(11)が容器(2),(3)の間げき(隙)に介在するので、これら容器(2),(3)の部材は薄くすることができ、強度メンバーを特に設ける必要がなくなる。

上記のようにこの発明によれば構造が簡単で安価に製造でき、小形軽量化ができるばかりでなく、熱的特性が向上し、さらに堅牢であるなどの利点を有する。

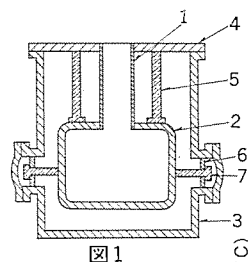


図 1

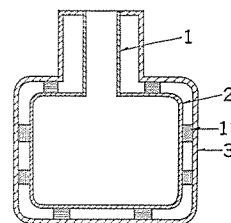


図 3

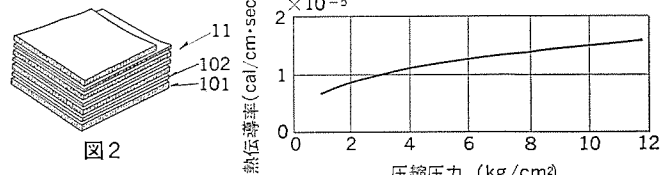


図 4

送風機の軸封装置 (実用新案 第 982995 号)

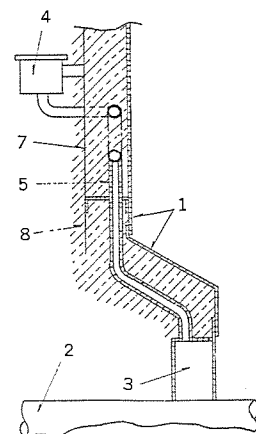
考案者 村岡正隆

この考案は、高温ガス、とくに腐蝕性ガスを含むものを扱う機器の軸貫通部に、軸封用空気を吹き込んで軸封するようにした送風機の軸封装置に関するものである。

一般にこの種の送風機においては、たとえば硫酸ガスなどの腐蝕性ガスを含む高温ガスを扱う機器のケーシング軸貫通部には、そのガスの露点以上の温度を有し、かつケーシング内より高い圧力を有する軸封用空気を送り、外気とケーシング内のガスが混合しないようにしている。例えば硫酸ガスの露点は、130°C~150°Cであるので、150°C以上の空気を必要とするため、ボイラプラントでは煙道ガスによるエアヒータで加熱する方法がある。この考案はこの方法をさらに改良したものである。つまり、例えばボイラプラントにおいては、煙道ガスによるエアヒータに至る前の段階で軸封用空気を取り出し、より清浄な空気にするためにこの空気をフィルタ箱(4)に通す。この場合ガス温度はスチームエアヒータを通っただけなので、80°C前後の低温であり、軸封用空気としては不適當である。そのためフィルタ箱(4)から出た管

(5)は高温ガスが流通しているケーシング(1)の外壁近傍を湾曲させて配管すると共にケーシング(1)及び配管(5)を保温材(8)で覆いケーシング(1)の外壁部の熱を利用して、管(5)を暖めて管(5)内の空気温度を硫酸ガスの露点以上に上昇させて軸封部(3)に吹き込むようにしてある。管(5)内の空気温度は、管の長さを適当に変えることにより、所望温度を得ることができる。

このように構成することにより、清浄かつ所望温度の軸封用空気を容易に手に入れることができる送風機の軸封装置を実現できる。



タイマ回路 (特許 第 755821 号)

発明者 竹垣 弘

この発明はタイマ素子として水銀電量計を用いたタイマ回路に関するものである。

図 1. に従来の水銀電量計をタイマ素子として用いたタイマ回路を示す。今、スイッチ(7)を閉成すると電源(6)から定電流素子(8)、電量計(9)を介して電池(10)に充電することができるが、電量計(9)内の電極(5)側の水銀(4)が電極(1)側の水銀(2)の方へ移行して電池(10)への充電が終了したときには電解液(3)の再生は困難となり、このままでは電量計(9)の再使用は不可能であった。

この発明は従来の水銀電量計に検出電極(11)、(12)を設け、これをタイマ素子として用いるようにしたもので、具体例を図 2. に示す。

図 2. において、スイッチ(7)を閉成した初期状態では電極(1)と検出電極(11)間には水銀(2)が充満しており、電極(11)の電位は電極(1)の電位にほぼ等しい。a 点より b 点の電位を高くあらかじめ設定しておき差動増幅器(14)を駆動すると、リレー(15)が動作し、その接点(16)は閉成し、充電動作が開始される。この状態が進行して電解液(3)が

検出電極(11)に、到来すると、電極(1)と(11)との間のインピーダンスは大きくなり、b 点の電位は a 点のそれより下がる。したがって差動増幅器(14)は不動作となり、リレー(15)の復旧によって接点(16)は開き自動的に充電動作は終了する。このような回路で電量計を再使用するには電量計の極性を交換すればよく、また長時間繰返しタイマ動作を自動的に行うように構成することも可能である。

以上のように構成されたタイマ回路は水銀電量計を繰返し再使用でき、また検出電極の配置によって種々のタイマ動作時間の設定が可能となる。

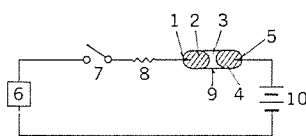


図 1

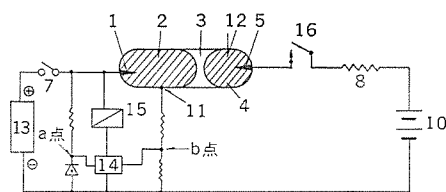


図 2

打刻ハンマ装置 (特許 第 785176 号)

発明者 藤原 智・林 原 毅

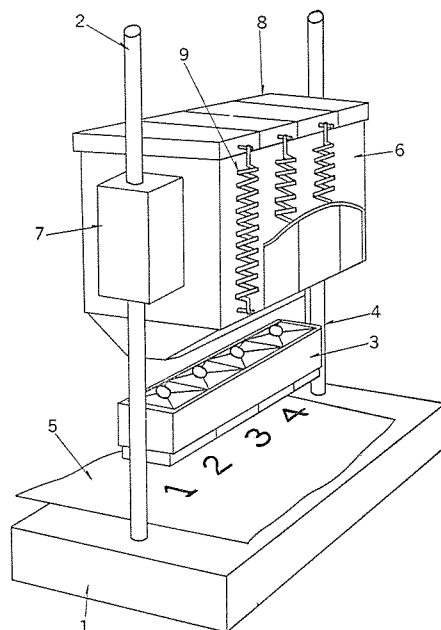
この発明は板金などに複数個の刻印を同時に打刻する打刻ハンマの改良に関するものである。

従来のこの種の装置では、刻印を並列させてその頭部が一平面をなすように刻印の高さをそろえておき、一方打刻ハンマの当り面もおうとつ(凹凸)のない平面となし、これら両平面の均整な衝合により打ちむらのない打刻を得るようにしている。しかしながら、このような打刻手段では刻印、ハンマ共に工作精度の高いものを用い、打撃動作そのものを正確に案内させる装置を選ばない限り、各刻印個々に均等な打撃力を加えることができなかった。

この発明は図示するように、金床(1)上に植設された案内かん(杆)(2)に軸受(7)を介してしゅう(摺)動自在に取付けられたハンマ保持わく(枠)(6)内に、刻印取付枠(3)内に有する複数個の刻印(4)のそれぞれに対応して打刻ハンマ(8)を分割して設け、更にこの打刻ハンマ(8)と上記保持枠(6)との間をばねなどからなる緩衝部材(9)により連結したものである。

したがって刻印(4)と金床(1)との間に刻印されるべき板金(5)をそう(挿)入し、保持枠(6)を打刻ハンマ(8)と共に自由落下させたとき、打刻ハンマ(8)は各刻印(4)と同一ピッチで分割されているため、各打刻ハンマ(8)間あるいは各刻印(4)間に多少の不整合があったり、保持枠(6)の落下移動に若干のかたよ(偏)りがあっても、各打刻ハンマは互いに独立して作動しその打撃動作に関して相互干渉を受けることがないから、各刻印に明確な印字を打刻させる

ことができる。そしてこの打刻ハンマ(8)が刻印(4)に衝接した後も、保持枠(6)はなお落下を続けて緩衝部材(9)を介して各打刻ハンマ(8)にその落下エネルギーを伝え、打刻ハンマ(8)の跳ね返りによる保持枠(6)からの逸出を防止し、各刻印(4)を板金(5)の打刻表面に押圧作動させ、各刻印(4)における打撃動作の偏りを修正すると共に打撃によって生じた板金(5)における急激な金属の流れをなだらかなものとし、極めて明確で表面に凹凸のない美しい刻字表面を作ることができるものである。



《MELCOM-COSMO》700 PL/I コンパイラ

太 細 孝*・山口和彦*・角田久雄*

1. ま え が き

これまでに各種の高水準言語が開発され、データ処理の要求に応じてきたが、これらのプログラミング言語は事務計算又は技術計算のいずれか用に作られている。またこれらのプログラミング言語はハードウェアの細かい機能を使用するためには、ほかの言語（一般にアセンブラ言語）を使用する必要があると言われていた。

PL/I は FORTRAN のプログラミングのしやすさと、アセンブラの融通性、COBOL のドキュメンテーションの利点などを合わせもち、異なる種類のアプリケーションを作成するために従来必要とされた数種の言語を一本化して科学技術計算及び経営事務計算とを同一言語で作成することを可能にしており、広範囲に使われる共通言語となりつつある。

以下に《MELCOM-COSMO》シリーズ・モデル 700 のオペレーティングシステム UTS/VS のもとで動作する《MELCOM》PL/I の特徴及び製作時に採用した開発方式などについて紹介する。

2. 言語仕様の特徴

PL/I の言語仕様は、現在いまだ日本工業規格 (JIS) においても規定されておらず、したがって開発着手時点においては、1965 年に IBM 社により発表された PL/I 言語仕様がほぼ唯一の実用化された言語仕様として参照されていた。

《MELCOM》PL/I は上述の PL/I 言語仕様のごく一部を除き、ほぼその全仕様を満足する仕様をもち、現在国産では最高水準の PL/I である。以下に言語仕様の主な特徴を記述する。

2.1 構造上から見た特徴

PL/I はプログラミングの容易さを一つの大きな特色としているが、これは主に構造上の特徴から生まれている。構造上から見た特徴としては、次の三つのことが挙げられる。

- ・ 表現の自由さ
- ・ 言語の積木性
- ・ 省略時の解釈

(1) 表現の自由さ

PL/I の表現の自由さは、自由な形式でプログラミングすることを可能にしており、ほぼ完全に近いフリーフォーマットが実現されている。また厳密な意味での予約語をもたないため、本来キーワードとなるようなものをデータの名前や文の名札として使用することも可能であり、更に異種のデータを同一の式に混合して使用することも許される。

(2) 言語の積木性

PL/I 言語の全体は、かなり大きいと言える

が、利用者は必要な部分を知るだけで、それらをあたかもサブセットとしてプログラムを書くことができる。したがって初心者には小さなサブセットを想定して利用できるし、より複雑な機能を必要とする場合は、必要とする機能に合ったサブセットを想定すればよい。

(3) 省略時の解釈

プログラムが計算機システムにおいて動作するとき、データの属性や処理の内容は正確に定義されていることが必要である。すなわちプログラマが正確に定義するか、言語によって定義されているかのどちらかを必要とする。PL/I では、プログラマが正確に定義することが可能であるし、またプログラマがデータの属性や処理の内容を定義しないと、“最も可能性のある”属性又は処理内容を仮定するという機能をもっている。この機能により初歩的な誤りをなくすることができる。

2.2 データの種類及び処理の多様性

《MELCOM》PL/I で取扱えるデータは非常に多くの種類がある（表 1. 参照）。これらのデータは一部の特殊な形のデータを除き、異なった表現のデータを混合させることが可能であり、また最終的な結果のデータの形式に自動的に変換させたりすることも許される。

行列や表あるいは構造をもつデータについては、FORTRAN の配列や、COBOL の構造体のように定義でき、したがって PL/I だけで科学技術計算も経営事務計算も扱うことが可能である。更に PL/I の大きな特色の一つとして、集合体式の取扱いが挙げられる。すなわち、配列や構造体全体を一つの変数と同様に式の中で使用することができ、それらの配列や構造体の各要素間の演算を一つの式で表すことができる。また配列の断面 (Cross-section) を式の中で使

表 1. データの形式と属性

データタイプ	デ　　タ　　属　　性	範　囲　属　　性	記憶域クラス属性	アライメント属性
算　術　変　数	REAL COMPLEX FLOAT FIXED BINARY DECIMAL (精　度)	{INTERNAL EXTERNAL}	{AUTOMATIC STATIC BASED CONTROLLED}	{ALIGNED {UNALIGNED}}
列　　変　　数	BIT CHARACTER (長　さ) [VARYING]			{ALIGNED {UNALIGNED}}
ピクチャ変数	PICTURE REAL COMPLEX PICTURE			{ALIGNED {UNALIGNED}}
名　札　変　数	LABEL			
ファイル変数	FILE VARIABLE			
入　口　変　数	ENTRY [IRREDUCIBLE REDUCIBLE] [RETURNS] [OPTIONS] [VARIABLE]			{ALIGNED {UNALIGNED}}
	位置指定子変数			
領　域　変　数	AREA (サイズ)			
事　象　変　数	EVENT			
	その他の属性 1. ファイル属性： FILE, STREAM RECORD, INPUT OUTPUT UPDATE,PRINT, SEQUENTIAL DIRECT, BUFFERED UNBUFFERED, BACKWARDS, ENVIRONMENT, KEYED 2. その他： BUILTIN, CONNECTED, DEFINED, GENERIC, INITIAL, LIKE, パラメータ, POSITION			

一方これらのデータの入出力についても多種類の処理機能を備えており、プログラムはこれらの処理機能を必要に応じて選択することが可能で、必要によっては細かい複雑な制御の方式なども使用することができる。レコード転送方式としては流れ向き (Stream directed) 転送とレコード向き (Record directed) 転送とを備えており、FORTRAN 形の入出力も可能であり、また COBOL 形の入出力も可能となっている。

PL/I のもう一つの大きな特徴としてブロック構造が挙げられる。ブロック構造は、コーディングやテストや保守を単純化できるし、また効果的なオペレーションも可能にしている。

ブロックのもつ効果の一つは識別子の適用範囲を限定することであり、これはプログラムが望めば同一の名前の識別子を同一のデータとすることも、あるいは異なるデータとすることもできることを意味する。またブロックは記憶域管理の上でも効果をもつ。すなわち、AUTOMATIC 属性をもつ変数のデータ領域は、そのブロックが始動

2.4 その他の特徴

(1) 組み込み関数 (Built-in function)

また、組込み関数の一種として、受取り側のフィールドに使える擬変数 (Pseudo-variable) と呼ぶ組込み関数もある。

基底付きデータ、指針データの取扱いが可能であり、リスト処理が可能である。連鎖 (Chain)、木 (Tree)、環 (Ring) などのリスト構造を簡単に生成したり処理したりすることができる。

プログラマが割込み処理を指定することが可能である。プログラム実行中にある条件が発生すると、通常の実行順序が中断されて、割込みが発生し、特別の処置をとるようにできる。

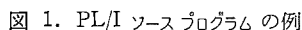
割込み処理を使ってプログラムの誤りを検出したり、変数の変化や、

3. コンパイラとライブラリの特徴

コンパイラの機能は、PL/I の所定の言語仕様にに基づき作成された原始プログラムを翻訳し、機械語命令から成る目的プログラムを生成することである。

《MELCOM》PL/I コンパイラの機能上の特徴を以下に記述する。

ソースプログラム中に PL/I の言語仕様に違反している記述があれば、その仕様違反項目を検出する機能である。検出した仕様違反項目をその重要度によって分類し、かつ対応する文番号とともに診断メッセージとして表示する。診断機能の特徴は、検出した誤りに対して、最も可能性のある仮定を行うことである。特に重要度の低い誤りに対しては、ほぼ完全な仮定を行うことにより、翻訳処理を継続し、



DEF. NO.	IDENTIFIER	ATTRIBUTES AND REFERENCES
33	ARRAY	(10) AUTOMATIC ALIGNED BINARY FIXED (10*25+28)
3	ARRAY	(10*10) AUTOMATIC ALIGNED BINARY FIXED (10*10*10+10*10*10)
3	ARRAY	(10*10) DEFINED ALIGNED BINARY FIXED (10*10*10)
3	ARRAY	(10*10) AUTOMATIC ALIGNED BINARY FIXED (10*10*10)
5	ARRAY	(10*10) AUTOMATIC ALIGNED BINARY FIXED (10*10*10)
12	END	1/4 STATEMENT LABEL CONSTANT BY 10
1	END	EXTERNAL ENTRY IN DECIMAL TO BINARY BY 10*10*10
1	END	AUTOMATIC ALIGNED BINARY FIXED (10*10*10)
1	END	AUTOMATIC ALIGNED BINARY FIXED (10*10*10)
6	END	AUTOMATIC ALIGNED LABEL
1	END	1/4 STATEMENT LABEL CONSTANT BY 10
1	END	EXTERNAL FILE INPUT ENVIRONMENTAL BY 10*10*10
7	START	1/4 STATEMENT LABEL CONSTANT BY 10
4	START	AUTOMATIC 1/4 STATEMENT BY 10
1	START	1/4 STATEMENT

図 2. 相互参照表／属性表の例

PL/I COMPILER	EXIT	PROC OPTIONS(MESSAGE)
COMPILER DIAGNOSTIC MESSAGES OF SEVERITY A AND ABOVE		
ERROR ID	SYMT	MESSAGE DESCRIPTION
SEVERE AND ERROR DIAGNOSTIC MESSAGES		
PL/I COMPILER IS IN RIGHT PARENTHESIS ASSUMED AFTER '1/4 STATEMENT'.		

図 3. 診断メッセージの例

を備えている。

- (a) オプション 表
- (b) ソース リスティング
- (c) 属性表
- (d) 相互参照表
- (e) 集合体の長さの表
- (f) 主記憶の必要容量
- (g) 静的記憶域 マップ
- (h) 外部参照／外部定義表
- (i) 文の相対番地の表
- (j) オブジェクト リスティング
- (k) 診断 メッセージ

目的 プログラム を生成する。仮定が不可能であれば処理を中断することになる。このとき診断 メッセージ には仮定された内容及び結果が表示されるようになっている。

(2) コンパイル 時 オプション

翻訳機能に関するその他の機能として、任意選択処理とリスティング出力がある。これらの機能のために 30 種の コンパイル 時 オプション を準備している。翻訳処理制御についての オプション としては、誤り検出時に処理を中断するか継続するかの指定がある。出力指示 オプション には、目的プログラム、ソース プログラム のコピー出力、文番号テーブルなどの出力指定がある。リスティング 出力には以下に示す数多くの オプション

(3) 動作上の特徴

動作上の特徴としては、図 4. に示すように主記憶上のワークスペースと直接アクセス装置上のワークファイルがあり、これらを理論的に同一に取扱うことから、理論上のソースプログラムの容量に制限がないことが挙げられる。また主記憶容量をより多く使用できるよう資源を与えてやれば、それだけ翻訳処理速度が向上するよう設計されている。なおバッチコンパイルも可能である。

3.2 《MELCOM》PL/I ライブラリの特徴

PL/I ライブラリ は、PL/I プログラム の構成上完全なコードを生成する代わりに、引数のリストを持ったサブルーチン呼出し形式にすることによ

って、目的 プログラムを簡潔化し、そのために必要な機能を実現する サブルーチンの集合として作成されている。

これらの ライブラリ モジュール は、使用形態から常駐 ライブラリ モジュール と非常駐 ライブラリ モジュール とに大別される。前者は、ロード を使用することによって ロード モジュール の一部となり、プログラムの実行中は主記憶装置上に存在する。後者は ロード モジュール に含まれず、プログラムの実行中に必要に応じて主記憶装置上に呼出されて実行される。必要がなくなれば解放され、そのとき使用した領域を他の目的で使うことが可能になる。

常駐 ライブラリ には、実行ひん(頻)度が高いと予想される ライブラリ が含まれ、実行速度の低下を抑え、また非常駐 ライブラリ には、実行頻度が低いと予想される ライブラリ が含まれ、ロード モジュール の大きさの増加を抑えている。

また機能的な面で分類すると表 2. に示す 11 種類の モジュール 群に分けられる。各モジュール群は、それぞれ常駐 ライブラリ と非常駐 ライブラリ から構成されており、全体として大きさ、実行効率の点で均整のとれた PL/I プログラム が作成されるよう設計されている。

4. コンパイラ開発方式

PL/I は言語仕様の全体がかなり大規模なこともあって、コンパイラ、ライブラリ 共にソフトウェアとしては膨大なものとなっており、合わせて数百 キロステップ にもなっている。このため開発段階において、それ

表 2. ライブラリ の モジュール と概略機能

モジュール群	モジュール数	主 機 能
A	10	集合体データの処理
B	13	列データの処理
C	27	データ変換処理
E	13	エラー処理
J	4	分類などを除く雑多な処理
M	56	数学組込み関数処理
O	5	ファイルのオープン/クローズ処理
P	13	記憶域管理
Q	5	モニタ インタフェース処理
R	13	レコード向き入出力処理
S	27	流れ向き入出力処理

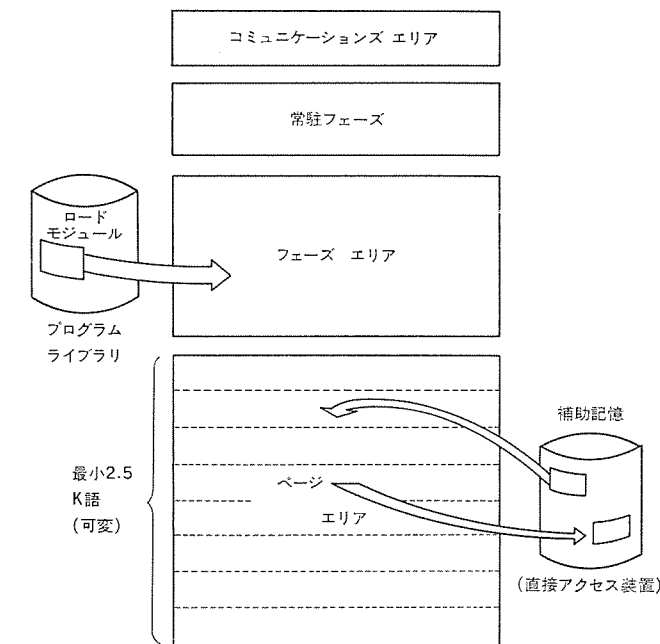


図 4. コンパイル 時の主記憶割当て

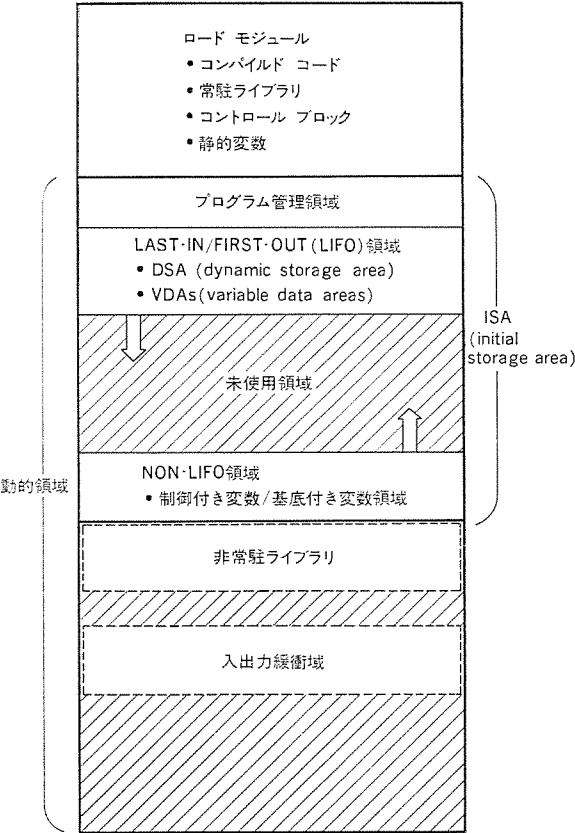


図 5. 実行時の主記憶割当て

の工夫を行ったが、ここでは コンパイラ 開発にあたって実施した方式の一部を紹介する。

4. 1 開発方針

ソフトウェア の作成方式として、現在ではストラクチャード プログラミング (Structured programming) 等が注目を浴びているが、開発着手当時には、それらの方式の必要性が問題となっていたものの、確立された方式はなく、開発担当者としては模索しながらも、次のような基本方針を選択決定した。

「コンパイラ をモジュール に分割するとともにそれらのモジュールの大部分を単独に作成することができ、また単独にデバッグ ングできること。」

この方針のもとに、

- (1) 各モジュール は独立している。
- (2) インタフェース 部分を分離する。
- (3) デバッグ ングの単位に自由度をもたせる。
- (4) 中間結果を必要に応じて出力できる。

といった、幾つかの開発方式を検討した。

これらの方式を実現するため、以下の三つの考え方及び環境を採ることにした。

- (1) 記憶域操作方法に ページ の概念を採り入れる。
- (2) ダイナミック リンキング (Dynamic linking) を行う。
- (3) デバッグ ングシステムを開発する。

4. 2 ページの概念

ここで考えている ページ の概念について述べるが、一般に言われている概念とは必ずしも同じでないので注意していただきたい。

図 4. で示したようにコンパイラ動作時に主記憶上のワークスペースと直接アクセス装置上のワークファイルが操作されるが、このときワークスペース及びワークファイルをともにページと呼ぶ論理的な領域に分割する。

翻訳処理中これらのページを必要に応じて数種のチェーンで結び、所定の約束を満たしていれば主記憶上に存在しても、直接アクセス装置上に存在してもよく、直接アクセス装置上にあるページのアクセスが必要な場合は、ページに付けられた識別番号を基に呼出してアクセスを可能にする（この操作はインタフェースモジュールが行う）。

ページ概念は中間結果の出力及びデバッグシステムにおける初期化においても効果を発揮することになった。

4.3 ダイナミックリンクング

コンパイラ全体がかなり大規模になることから、全体をリンクエディット(Link edit)することは時間的な面及び保守の面から問題とされた。このため独自に個々のモジュールを動的にプログラムライブラリから呼出し、制御権を渡すという方式を実現し、これをダイナミックリンクングと呼ぶことにした。

コンパイラの制御フェーズを除く各ワークフェーズ(モジュール)は、UTS/VSシステムにおいてロードモジュールの形式でプログラムライブラリ中に存在し、制御フェーズの管理のもとで主記憶上に呼出される。

4.4 デバッグシステム

デバッグシステムは個々のモジュールを単独にデバッグするために開発したもので、図6.にその動作原理を示す。

このシステムの基本的な動作は以下のとおりである。

- (1) あらかじめ準備しているデータを初期化処理を行って指定のモジュールの実行直前の状態に初期設定する。
- (2) 初期化の状態（一般的には中間結果）を必要に応じて、編集されたリスト形式で出力する。
- (3) 対象のモジュールの実行(デバッグ)を行う。
- (4) トラップ(Trap)が発生するか、実行終了時点でそのときの主記憶、ワークファイルの状態（これも一般的には中間結果）を編集されたリスト形式で出力する。

ここで作成者は、そのリスト出力をもとに正しく動作しているかどうかをチェックする。このとき各モジュールには追跡機能のための準備をしており、リスト出力の一部にその追跡の経過が示されているので、処理中断などの場合は容易に実行の経過をたどることが可能になっている。

このシステムは前述のページ概念及びダイナミックリンクングを利用す

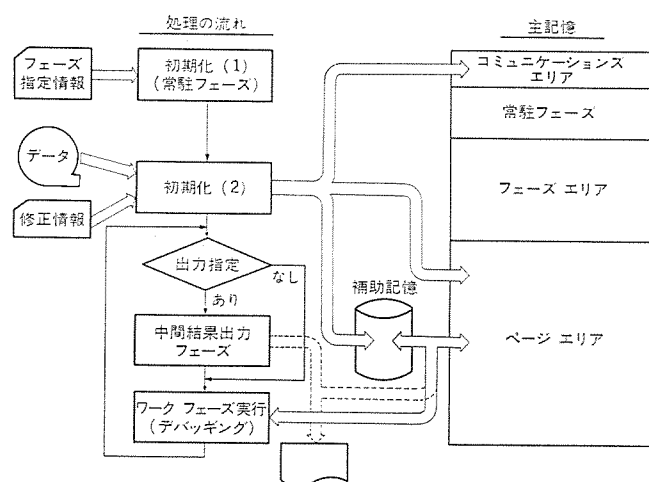


図 6. デバッグシステムの動作原理

ることによって、更に大きな効果を得ることができた。すなわち、次の2点のことが可能になったことにある。

- (1) 完成されたコンパイラが動作しているページの状況と、デバッグ中のページの状況は、物理的に一致している必要はなく、論理的に一致していればよく、テスト環境の作成が容易になった。
- (2) 当初単一モジュールのデバッグを目的としたシステムであったが、連続したモジュールについては、そのモジュールのロードモジュールをプログラムライブラリに登録しておけば、次々と実行することが可能になった。つまりダイナミックリンクングは、単一モジュールのデバッグを目的としたこのデバッグシステムを複数モジュールのデバッグシステムに拡張させたということである。

また、一つのモジュールの初期化状態が直前のモジュールの実行終了状態と論理的に一致していることを利用して、実行終了時の結果を機械的にチェックするユーティリティ等を作成し、デバッグ作業の効率化を図った。

このようなデバッグシステムを開発したことによって、開発作業の形態を単純化することが可能になり、開発作業担当者が多人数となったにもかかわらず、作業効率を大幅に向上できた。

5. 今後の課題

これまで述べてきたように、《MELCOM》PL/Iは言語仕様の高い水準の仕様を備えており、また開発作業としても成功の部類に入ると考えているが、幾つかの問題点あるいは課題をかかえている。それらを以下に列挙する。

- (1) 言語仕様が大きいため翻訳処理速度の面で問題がある。
- (2) 言語仕様が大きいため目的プログラムの効率の一部に十分な配慮が届いていない。
- (3) 今後決定されると思われる言語規格、例えば国際標準化機構(ISO)あるいは日本工業規格(JIS)と合致しない仕様に対する処置。
- (4) 膨大なソフトウェアに対する保守の問題。
- (5) 機能的に、
 - (a) コンパイル時機(プリプロセッサ)
 - (b) 広域最適化機能
 - (c) 他の言語との接続機能
 - (d) SORT接続機能などの機能追加。

なお、(2)、(5)の一部については、現在改良作業として作業中又は計画中の項目もある。

6. むすび

今回開発したPL/Iは、本格的なPL/Iとして仕様面では十分にユーザの要望にこたえられるものと考えている。前述のように、今後ISO規定やJIS規格が決定されれば、それらの規格に対応する処置が要求されるであろう。また、速度性能的な面では若干課題があるが、現在これらの面の改良を計画中であり、改善されるものと思う。

PL/Iはプログラミング言語として、徐々に使用される範囲が広がりつつある。一方、ソフトウェア作成の生産性の点から、記述言語としてのPL/I仕様が注目されており、我々としてもこれらの方面に目を向ける必要性を感じている。

レーザによる金属板表面自動検査装置

稲 荷 隆 彦*・亀 井 光 仁*

1. ま え が き

生産ラインの省力化、合理化は加工や組立ての機械化、各種の電気的特性の試験の自動化等によって大きく進展してきた。しかしながら人間的な要素の残る作業の自動化は、技術的に極めて困難なままに残されてきた。視覚による各種の表面検査はその代表的なものとして知られている。生産工程中で連続的に走行する金属板の光学的自動検査技術は、現在では各種の視覚検査の中で最も規模の大きい、かつ技術的に進展した分野であり、多くの光学的自動検査装置が実現されている。

光学的検査装置を特徴づける要点は、まず正常表面と欠陥部分とを識別するために用いている光学的原理、そして対象物の条件に対応する投光、受光の方式である。すなわち対象物の表面に対し、光を投射、又は走査する方式及び、反射、又は散乱する光を集める方式は、対象物の種類や搬送される条件により、それぞれ最も簡単で高い能率のものを選ばねばならない。幅広い、走行する金属板の場合には、反射光が広い範囲に広がって、能率よく集光することが困難であり、そのために特別に製作されたおう(凹)面鏡等を利用した投受光系などがしばしば用いられる。

通常最も多く利用されている光学的検査装置は、水銀灯などの通常光源を用いた方式で、欠陥による反射光強度変化を検知するものである。これに対し、最近レーザ光を用いるものが実現されている。この場合もほとんどは光源としてレーザを用いただけで、検出原理はやはり光強度変化である。レーザを用いた場合は通常光源に比べ、より小さい欠陥まで検出できる。

これに対し我々はレーザ光のもつ回折現象を用い、欠陥検査分解能(検出できる最小の欠陥の大きさ)の優れた、また投受光方式を極めて簡単な構造とした、新しい検査装置を開発した。レーザ光は金属表面などの粗面に照射された場合、その表面粗さ構造により回折をうける。平坦金属板の場合には、その回折像は金属板の走行方向と直角をなす方向に広がった帯状の像となる。我々の開発した検査装置はこの帯状の回折像を利用して、0.1 mm 以下の検査分解能をもつ検査機として実プラントで稼動中である。

2. 表面粗さによるレーザ光の回折

金属表面などの粗面にレーザ光を照射し、その反射光を直接観測すると、表面粗さによる特徴的な回折像がみられる。この回折像は表面粗さの相関関数のような統計的特徴に対応しており、この回折像の形状、分布を検出することにより表面粗さの状態を検知することができる⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。一般的にはこの回折像の形状、分布の変化により表面の欠陥を知ることができる。また欠陥の形状を識別することも原理的には可能である。通常の検査は欠陥の有無の判別で十分な場合が多く、我々の検査装置では、極めて簡単な回折像の分布変化検知方式をとっている。

この回折現象については従来より理論的な説明が与えられている。

いま回折像の観測系を図1に示す。表面粗さ構造のプロファイルを $Z(x, y)$ とし、 x, y 平面は $Z(x, y)$ の平均の面にとり、 Z 軸をそれに垂直にとる。反射面に対向して置かれた観測面を u, v 平面とする。反射面上での反射光波振幅の分布 $U(x, y)$ と、観測面上で観測される光波振幅分布 $\Psi(u, v)$ との間には、観測距離 h が、回折に關する反射面上の範囲に比べ十分大きい場合には、互いにフーリエ変換の關係にあり、次式で与えられる⁽⁴⁾。

$$\Psi(u, v) = \frac{k}{2\pi h} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} U(x, y) \exp[i(k/h)(ux+vy)] dx dy \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし k は波数で $k=2\pi/\lambda$ 、 λ は波長、で与えられる。

実際に観測される回折像は光の強度分布 $I(u, v)$ であり、これは振幅分布の絶対値の2乗で与えられるから、

$$I(u, v) = |\Psi(u, v)|^2 = \left(\frac{1}{2\pi}\right)^2 \int \int \rho(s, t) \exp[i(us+vt)] ds dt \quad \dots\dots (2)$$

となる。ただし

$$\rho(s, t) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} U(x, y) \bar{U}\left(x - \frac{h}{k}s, y - \frac{h}{k}t\right) dx dy \quad \dots\dots (3)$$

$s = (k/h)(x-x')$ 、 $t = (k/h)(y-y')$ 、 (x, y) 、 (x', y') はそれぞれ異なる散乱点の座標、 \bar{U} は U の複素共役(輻)関数である。式(3)は $\rho(s, t)$ が反射光波分布 $U(x, y)$ の相関関数であることを示し、したがって、式(2)が $\rho(s, t)$ のフーリエ変換になっていることから、 $I(u, v)$ が $U(x, y)$ のパワースペクトルに相当していることが分かる。

反射光波分布 $U(x, y)$ と表面粗さ構造 $Z(x, y)$ とは次式の関係にある。

$$U(x, y) = f(x, y) \exp[2ikZ(x, y)] \quad \dots\dots\dots (4)$$

ただし $f(x, y)$ は表面の反射率分布である。 $Z(x, y)$ は $U(x, y)$ の位相分布を決めており、したがって $I(u, v)$ は $Z(x, y)$ そのもののパワースペクトルにはならないが、 $Z(x, y)$ の概略の統計的な特徴を反映したものとなることが分かる。

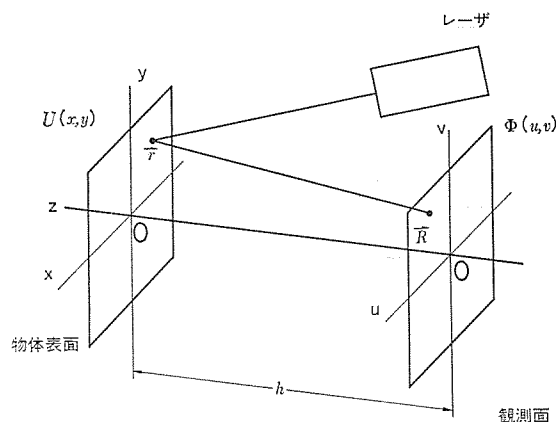


図 1. 回折像観測の光学系

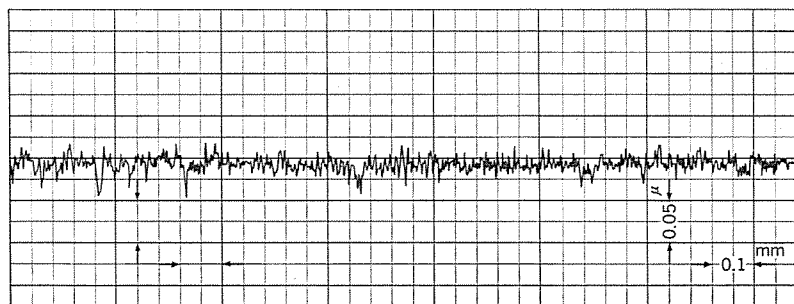


図 2. 板幅方向表面粗さ構造の一例（表面粗さ計による実測例）

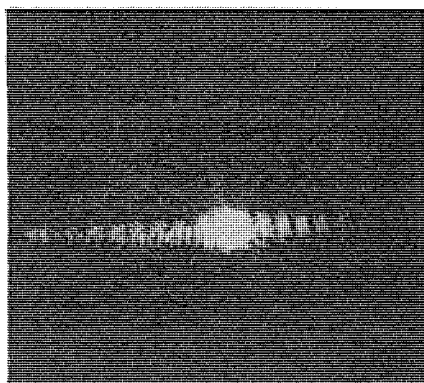


図 3. 圧延金属板からの帯状回折像の例

3. 圧延金属板による回折像

圧延された、滑らかな金属板表面は圧延のために一定方向の傷がついており、これが表面粗さ構造を決定づけている。いま金属板の走行方向（圧延方向）を y 軸、板幅方向を x 軸とすると、表面粗さ構造は y 軸方向には滑らかで、 x 軸方向にはある程度の周期性をもった複雑な構造となっている。この x 軸方向の構造は一般に、異なった周期をもつ周期構造を多数重畳したものとして表現される。したがってその回折像も、それぞれの周期構造からの回折像を多数重畳したものと考えてよい。図 2. は x 軸方向表面粗さを粗さ計で実測した一例である。

y 軸方向に滑らかで、 x 軸方向にのみ一つの周期をもつ周期構造からの回折像は、格子からの回折像を考えれば分かるとおり、式 (2) より反射光波の パワースペクトル で与えられるため、観測面上の u 軸方向に配列されたスポットの列で与えられる。多数の周期構造からの回折像を重畳すると、あたかも 1 本の帯状の回折像が、 u 軸方向、すなわち板の走行方向と直角方向に広がって観測されることになる。

帯状回折像の幅方向分布は表面粗さ構造の y 軸方向の性質により与えられる。圧延金属板では y 軸方向は滑らかであり、もし完全に滑らかであれば、式 (2) の計算結果では δ 関数になる。実際には y 軸方向にも微細構造があり、このため幅方向分布に広がりが発生する。この広がりには y 軸方向の構造の統計的性質に依存するため、一つの種類の板の正常な金属表面に対しては、常にほぼ一定である。実際の圧延金属板からの帯状回折像の例を図 3. に示す。これにより、上に述べた u 軸方向にのびた帯状回折像の形成がよく分かる。

4. 欠陥検査装置の原理と構成

3章で述べた帯状回折像の形状変化を検知すれば、すなわち表面の変化が検知できることになる。実際の装置では表面の欠陥の形状まで類別する必要は少なく、欠陥の有無の判定が第一である。我々の開発した装置では、帯状回折像の幅方向の変化を簡単な検出機構

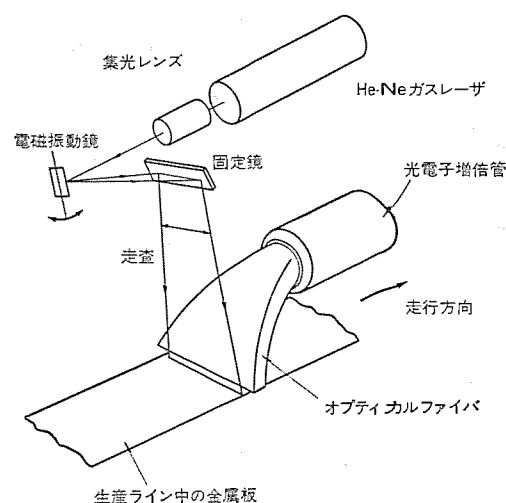


図 4. 検知部（ヘッド部）の基本構成

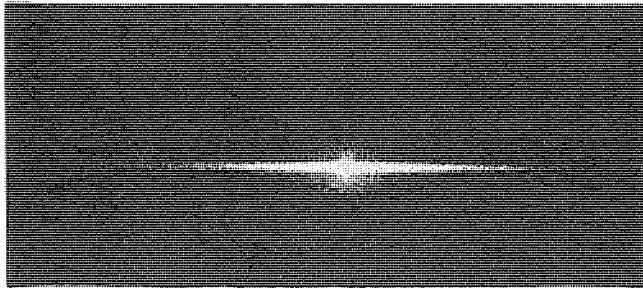
で検知するようにしている。圧延金属板では欠陥は圧延方向に長くのびる場合が多い。3 章で述べた原理によれば、このような欠陥は y 軸方向には変化を与えず、本来検知が困難となるはずであるが、実際には欠陥があれば、必ず y 軸方向にも変化が現れ、十分に検知が可能である。

我々が開発した装置の検知部（ヘッド部）の基本構成を図 4. に示す。He-Ne 小形レーザからの光線は電磁振動鏡とく（矩）形状固定鏡により光路を曲げられ、走行中の金属板に照射される。金属板からの反射光は、3 章に述べたとおり、板幅方向にのびた帯状回折像となって正反射方向に進む。金属板に接近して設置した短冊状の、細長い開口をもつ検出器でこの帯状回折像を受光する。この短冊状の開口の幅は、帯状反射像の幅方向分布にほぼ一致するように設定するのが理想的である。次に入射レーザ光線は電磁振動鏡により、板幅方向に走査されると、帯状回折像は板幅方向、すなわち回折像の長手方向に移動する。上記の短冊状開口をもつ検出器の長さが、走査範囲よりやや長い程度にとてれば、上記の帯状回折像の全体が常に検知器に受光された状態にあり、金属表面が正常であれば検出器の出力はほぼ一定に保たれている。もし走査途中に欠陥があれば、帯状回折像の形状、分布が変化する。回折像の幅方向分布の変化により短冊状開口に反射光が一部入らなくなり、検出器出力が変化する。図 5. は表面欠陥による帯状回折像の変化の一例である。以上が欠陥の検出の基本原理である。

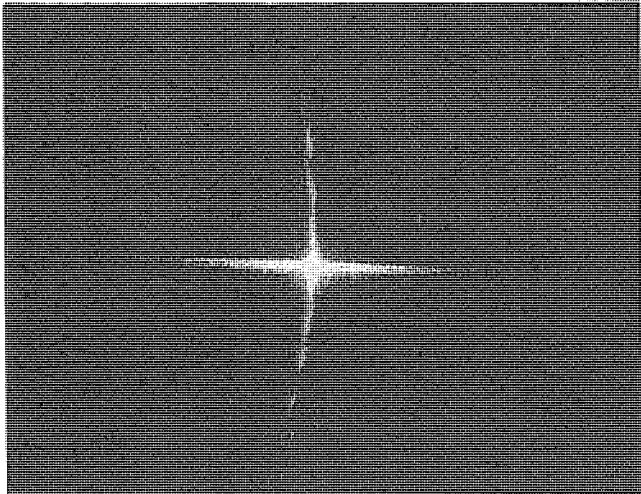
光源は通常の冷間圧延板に対する場合には標準的な小形 He-Ne ガスレーザ（1～3 mW）で十分である。特殊用途に対しては、それぞれ工夫が必要である。短冊形開口の検出器として、我々は短冊形の開口をつけたオプティカルファイバによる集光系を用い、検出器としては光電子増倍管を用いた。これは主として高速で走行する金属板に対する応答速度を考慮したためで、応答速度に問題がなければ、短冊状のシリコンの検出器を用いてもよい。図 6. に集光系を示す。

短冊状検出器の開口幅 d は実質的な検査分解能を決める。理想的には d は帯状回折像の幅の程度に設定すればよいが、実際には板のパスライン変動を考慮して、幾分大きく設定する必要がある。パスライン変動は検査分解能をあげるために、なるべく小さく抑える必要がある。パスライン変動は通常、ローヤ押さえ板により規制することになるが、おのおののラインにおいて工夫する必要がある。

次に光電子増倍管からの信号を処理する方式について述べる。図



(a) 正常表面からの回折像



(b) 欠陥部からの回折像

図 5. 表面欠陥による帯状回折像の変化の例

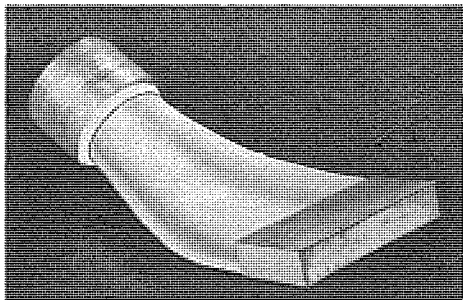


図 6. オプティカルファイバによる集光系

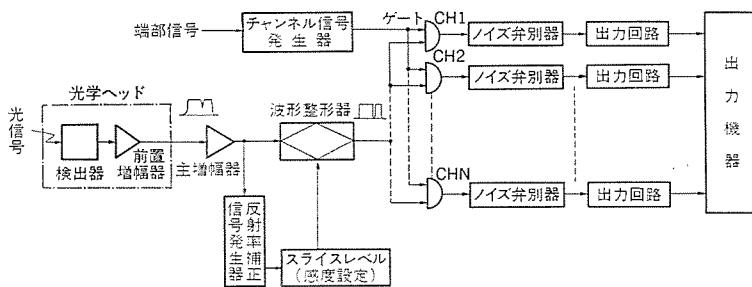


図 7. 信号処理装置の基本構成

7. に処理方式の基本構成を示す。信号処理は大別して、通常はほぼ一定値を示す光電子増倍管の出力から、異常に小さい信号（欠陥信号）を抽出する検出回路と、その欠陥信号の走査周期の中での位置を判別して、板幅方向のどの部分に欠陥があるかを検出し、何らかの形の出力を行う判定回路、並びに板の端部等を処理する付属回路より構成されている。

検出回路は、前置増幅器・主増幅器から成る広帯域増幅器群と適当な スライスレベルを持つ波形整形器で構成され、図 7. に示すように原信号（増幅器群出力）のディップとして現れる欠陥を 2 値信号として検出する。また場合によっては異なったスライスレベルを持つ複数の波形整形器を用いて原信号のディップ深さを計測し、欠陥の大小を判定することも可能である。

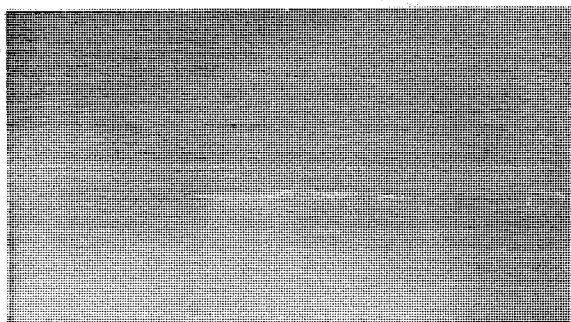
判定回路は、チャンネル 分割器と ノイズ 弁別器及び出力回路より構成されている。チャンネル 分割器は検査域を試料板幅方向に細分化し、独立した検査域（チャンネル と称す）を試料上に設定するもので、板幅方向の欠陥発生位置の確認や次に記する ノイズ 弁別のために 利用される。ノイズ 弁別器は上記各チャンネルごとに各走査ごとの欠陥の有無を調べるもので、少なくとも同一チャンネルに 2 走査以上にわたって欠陥信号が出ない限り欠陥の認定を行わず、単発性の ノイズ の除去ができる。また出力回路は、ノイズ 弁別器からの欠陥発生信号を受けた瞬間から、定められた時間を経過した後に リレー 接点の開閉を行う。定められた時間とは リレー 接点により駆動される各種出力機器（例、マーキング、ブザー 等）のライン上設置場所と、ラインスピードにより決定されるもので、出力機器の作動が試料走行方向の欠陥発生位置に同期するようにされている。

付属回路は試料の材質、板幅等の変更や実際の走行における蛇行等の問題に対処するための回路で、反射率補正、板幅記憶、端部検出の 3 機能を標準として持っている。反射率補正は、外部からの補正信号に同期して板材の反射率の変化を読みとり、前記の波形整形器のスライスレベルに フィードバック させるもの、また板幅記憶は板幅を、外部からの読込信号に同期して適当な デジタル 値で記憶するもので、共に新しい試料が入った時にだけ操作される。端部検出は、検査中各走査ごとの端部の位置を検出するもので、この信号に同期して各走査での検査が実施され、あらかじめ読込まれている板幅と走査位置が一致した時に検査が終了する。このため試料の蛇行に無関係に、しかも端部近辺の欠陥まで検査することができる。また、正常試料においても連続的な反射率の変化がある場合、前記の反射率補正を自動で各走査ごとに行うか、増幅器を フローティング にして、ディップ 状の変化だけを検出することにより対処できる。

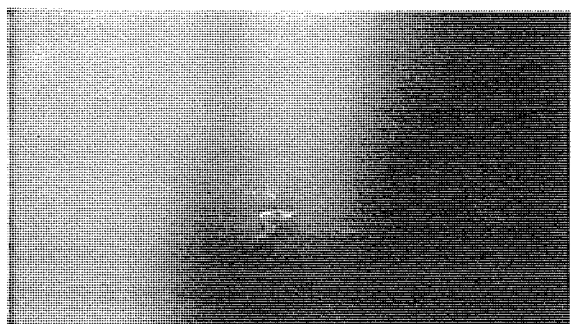
5. 検査装置の性能

表面検査装置の性能をあらわす パラメータ の一つに、欠陥検査分解能がある。この検査分解能は装置、対象の表面、その表面の パスライン 変動等の各種の条件により決められる。対象の表面は与えられたものであり、パスライン変動はどの程度抑えられるかは、ある程度そのラインの事情によっている。装置としては照射 レーザ 光のスポットの大きさと、検出器の短冊状開口の幅 d が検査分解能を決める パラメータである。照射 レーザ 光のスポットは数ミクロンの大きさにまでしぼれるが、通常はあまり小さくしぼると、正常表面に対しても出力信号に含まれるノイズが大きくなり、分解能を低下させる。

短冊状開口の幅 d は、帯状回折像の幅程度に設定した場合、最も検査分解能が高くなる。しかし現実にはパスライン変動等により回折像の位置が変化し、それをカバーするため、ある程度、開口の幅 d を大きくとらねばならない。開口の幅 d により検査装置の分解能が定義される。帯状回折像の幅 d は、3 章で述べたとおり、板の走行方向の表面粗さの統計的性質により決まっており、もし開口幅 d を



(a)



(b)

図 8. 表面欠陥例の顕微鏡写真

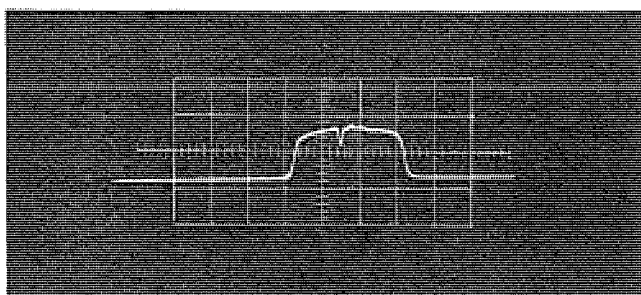


図 9. 欠陥信号波形例

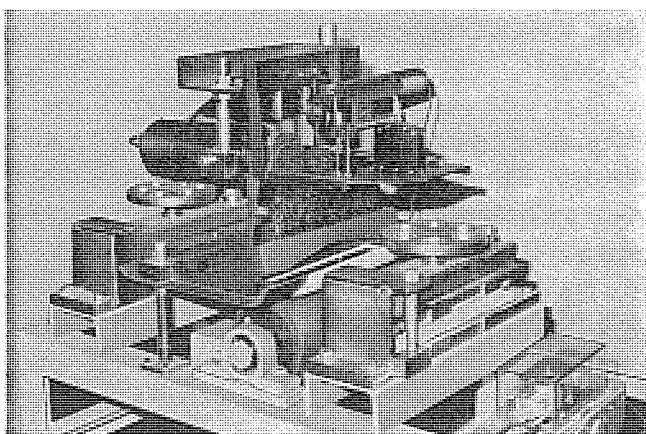


図 10. 検出ヘッド部外観

回折像の幅の程度に設定することが可能であれば、理論的には表面粗さの程度の欠陥まで検出できることになる。

実際の検査にはそれほど高い検査分解能は必要とせず、現実にはこの方式の検査装置は、検査分解能を低くしたところで用いている。以下に実プラントで現在稼働中の我々の検査装置の概略仕様を示す。

検査対象 各種シート材（金属を主とする）
検査幅 250 mm/ユニット

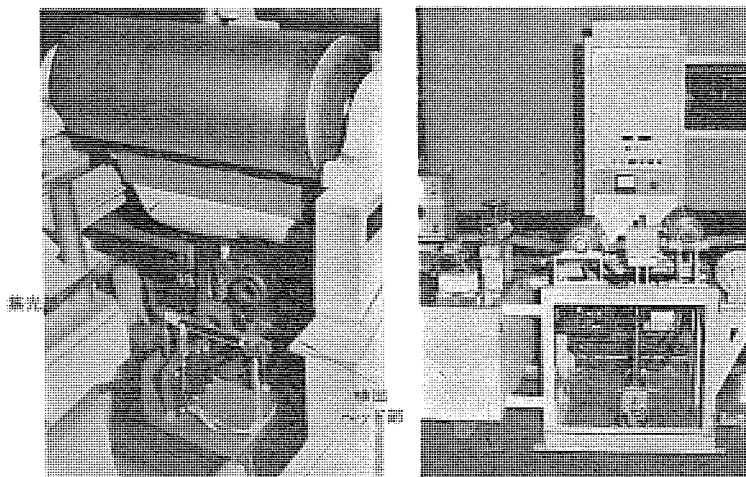


図 11. 検査装置実装状況

走査方式	電磁振動鏡
走査周波数	1 kHz
集光方式	短冊形開口付 オプティカルファイバ
受光器	光電子増倍管
光源	He-Ne ガスレーザ
検査分解能	鏡面状の金属板上 30 $\mu\text{m}\phi$ の黒点 } の検出が可能 30 μm 幅の傷 }
電源	AC 100 V 5 A 50/60 Hz

図 8. (a), (b) に検出された表面欠陥例の顕微鏡写真を示す。図 9. に検出された欠陥信号波形の例を示す。図 10. は我々の検査装置の検出ヘッド部の写真である。図 11. はプラントに検査装置を実装している状況である。

6. む す び

光学的検査装置は相当以前より開発が行われてきたが、最近の自動化の要請、殊に人間の感覚に頼る作業の自動化の要請が高まるに従い、著しく進歩したといえる。レーザによる検査装置はその中で最も新しいものであり、今後新しい可能性をひらいてゆくものと期待される。

この論文では金属板のオンライン検査装置に関して述べたが、基本的には同様な回折の原理を用いた、針金などの細線のオンライン検査装置の開発も我々を行っている⁽⁵⁾。また小形の歯車などの部品の表面検査装置なども実現されている⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

表面検査装置開発の困難さは、検査の判断基準が従来人間の感覚にゆだねられてきたことであり、このため極めて多様であり、かつ機械の検査基準とは最終的に合致しないところがある。両者の検査基準を考慮し、生産ラインとして、本当に必要な検査基準を見直すことが、目視検査自動化の第一歩であろう。(昭和 52-2-16 受付)

参 考 文 献

- (1) 稲荷：応用物理学会講演予稿集 p. 262 (昭 46, 秋季)
- (2) 稲荷：学術振興会第 130 委，光と電波の境界領域研究会 (昭 47)
- (3) T. Inari: Proc. 16th S. P. I. E. Annual Meeting 47 (1972)
- (4) R. B. Crane: J. Opt. Soc. Am. 60, 1,658 (1970)
- (5) 稲荷，亀井：計測自動制御学会学術講演会予稿集 p. 439 (昭 49)
- (6) 稲荷，亀井：計測自動制御学会学術講演会予稿集 p. 445 (昭 50)
- (7) 井上，岩佐，稲荷：第 18 回自動制御連合講演会予稿集 p. 559 (昭 50)

カラーTVカメラを用いた色彩画像解析システム

秋田興一郎*・辻 秀一**・中塚 国男*・伊藤 貴康**

1. ま え が き

自然の情景、図形等の画像を自動的に計算機で処理、認識する研究が近年盛んに行われている。例えば、航空写真、X線写真、超音波画像、顕微鏡像等の処理、3次元情景の認識、指紋の識別などがあり、一部は実用化の段階にも至っている。ところで、これら画像の大半が色彩情報を含み、かつその処理、認識が重要な役割を果たす。色彩画像情報を処理、認識する⁽¹⁾には、まず第一に対象に適した計算機への色彩図形入力装置が重要となる。一般に、入力装置には図面、写真等を入力できるフライングスポットスキャナやドラムスキャナがある。更に、カラーTVカメラを用いてオンラインで高速に色彩画像データを入力するものがあり、これは図形情報をいったんフィルムに変換するのではなく、直接高速に入力することができるので、医用・生物関係の顕微鏡画像の処理や製品のオンライン検査、3次元情景の認識等に用いられる。

当社では早くから色彩画像入力装置の重要性に着目し、高性能カラーフィルムリーダ(ドラムスキャナ)の開発⁽²⁾以来、カラーTVカメラを用いた画像入力装置の開発をつづけ⁽³⁾、このたびデジタルカラーTVスキャナを開発し⁽⁴⁾、カラー図形ディスプレイ、その他の装置を含めた色彩画像解析システムを完成した⁽⁵⁾。

このシステムは、微小画像から一般図形まで種々の倍率の対象TV画像をオンラインで高速、高精度でミニコンに入力し、オンライン対話形で色彩解析、図形処理が行え、はん(汎)用性と柔軟性を持ち、今後幅広い応用が期待される。

なお、この開発は通商産業省大型工業技術研究開発「パターン情報処理システムの研究開発」の当社受託テーマ「色彩図形認識の研究開発」の一環として実施したものである。

2. システムの概要と基本機能

色彩画像解析システムは、色彩画像入力装置としてデジタルカラーTVスキャナを用い、カラー図形ディスプレイ、入力タブレットをミニコンピュータに接続したものである。カラーフィルムリーダによる色彩図形解析表示システム⁽²⁾と同じ構想に基づくものであるが、デジタルカラーTVスキャナを用いることにより、その適用機能は大幅に向上している。まず画像入力機能については、カラーフィルムリーダでは実現できなかった3次元情景、カラー図面、顕微鏡像等の多種類の画像データを直接オンラインで高速に入力する機能を持つだけでなく、動画像の入力も可能である。次にこのような画像データ入力機能に見合った処理機能として、実時間で画像データをカラー図形ディスプレイに表示しながら、対話的に指示を与えて解析を行える。このシステムにより、種々の対象図形について、高度な図形処理、認識を行うための色彩図形情報の解析、計量化がオンライン実時間で行うことができ、赤(R)、緑(G)、青(B)データのひん(頻)度分布による少数色の色彩分離などの簡単な色彩図形処理も行うことができる。

画像解析システムの基本機能は、大別して入力・記憶機能、表示機

能、対話形処理機能及び解析機能の四つからなるが、具体的に述べると次のようである。

(1) 一般図形($\sim 150\mu\text{m} \times 150\mu\text{m}/\text{点}$)から微小図形($20\mu\text{m} \times 20\mu\text{m}/\text{点}$)までの色彩図形を入力できる。

(2) 一つのTV画面を 256×256 点でサンプリングし、R、G、Bの三つの色画面を同時に高速でA/D変換して、8ビット/点・カラーのデジタル画像データ($64\text{KB} \times 3$)とし、全画面データを画像メモリ(192KB)に格納する。ここで、A/D変換時間は、各点単位で 200ns 、画面単位で 15ms である。

(3) 画像メモリからミニコンのコアメモリへ、またコアメモリから画像メモリへ画像データを高速に転送する。データ転送速度は 400KB/s で、全TV画面データは、約 0.5s でコアメモリへ転送可能であり、ミニコンの磁気ディスク装置へは約 15s で転送できる。

(4) 動画像を磁気ディスクへは約 15s 間隔で、コアメモリへは 0.5s 間隔で1画面ずつ入力でき、各画面についてR、G、B3色画面間の色ずれがない。

(5) 画像メモリをミニコンの汎用外部メモリとして利用できる。

(6) 色彩画像の入力データ、処理データを磁気ディスク、磁気テープに記憶できる。

(7) カラー図形ディスプレイに、表示モードを指定し、入力データや処理データを擬似カラー表示できる。

(8) 図形データの指定された領域について、R、G、Bの各色画面ごとの濃淡値ヒストグラムや正三角形色度図をカラー図形ディスプレイ上に表示できる。

(9) 入力タブレットとカラー図形ディスプレイにより、画像データの特定点、特定領域を対話形で指定できる。

3. システム構成

ここに紹介する色彩画像解析システムは、図1.に示すような構成をしており、動作手順は次のようである。まず、デジタルカラーTVスキャナにより色彩画像データをミニコンのコアメモリへ入力した後、カラー図形ディスプレイと入力タブレットを用いて対話形で色彩画像解析、処理を行うもので、また解析、処理においても画像メモリをミニコンの汎用外部メモリとして用い、処理を高速化できる(磁気ディスクに比べて $10\sim 20$ 倍速くなる)。更に、上位計算機《MELCOM》7500を用いることにより、ミニコンピュータではできない複雑な色彩画像解析ができるようになっている。

3.1 デジタルカラーTVスキャナ

デジタルカラーTVスキャナは、カラーTVカメラから色彩画像データをミニコンへ入力するための装置で、微小画像から一般図形まで種々の大きさの対象画像、図形をオンラインで高速に入力する。装置の構成は図2.に示すとおりで、データの入りは次のように行われる。

(1) 標準方式カラーTVカメラ出力の1フィールド画面を撮る。

(2) 256×256 点にサンプリングして、R、G、Bの3色画面アナログデータを3台の高速A/D変換器により並列に変換する。

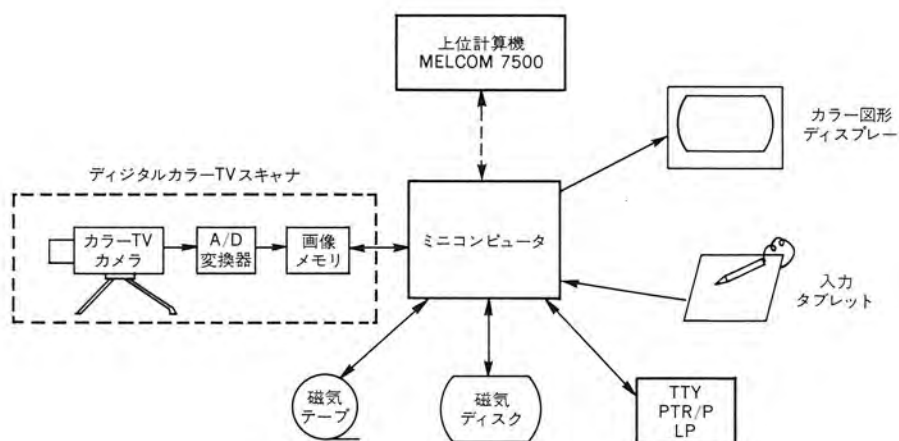


図 1. 色彩画像解析システムの基本構成図

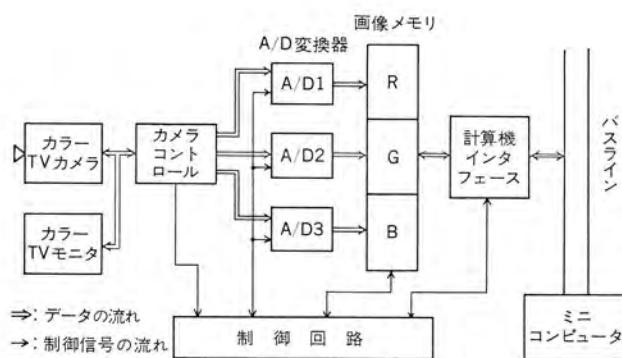


図 2. デジタルカラーTVスキャナの構成図

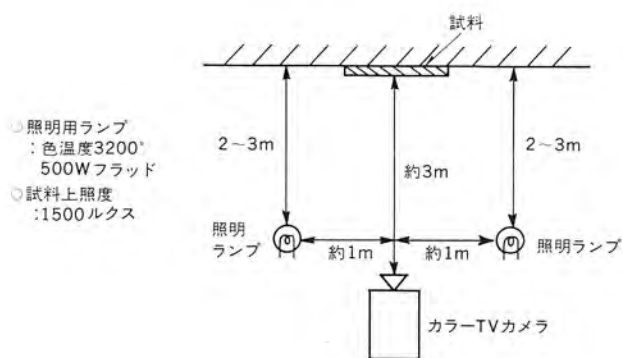


図 3. 撮像装置の相対関係

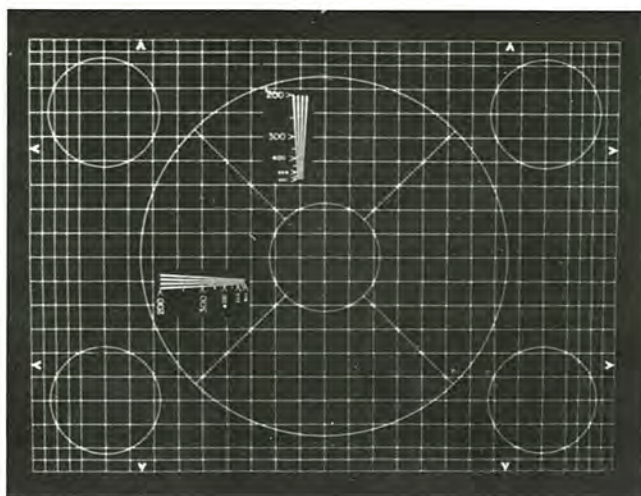


図 4.(a) レジストレーション測定用テストパターン

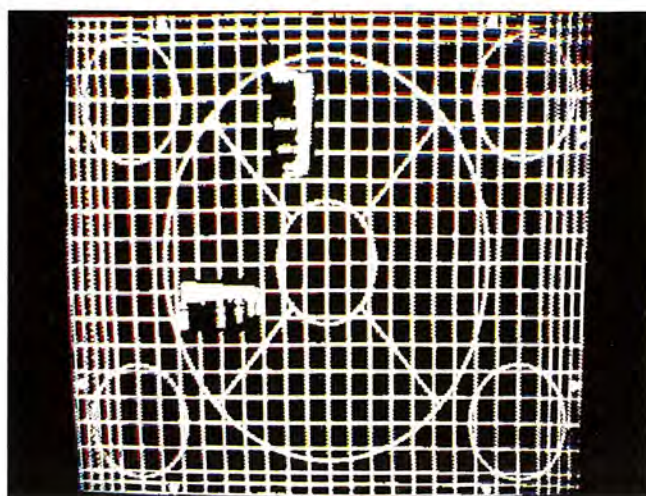


図 4.(b) レジストレーション表示

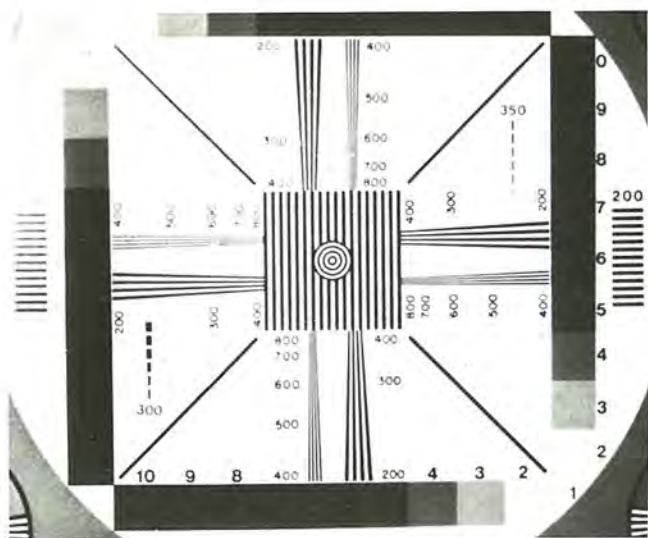


図 5.(a) 解像度標準パターン

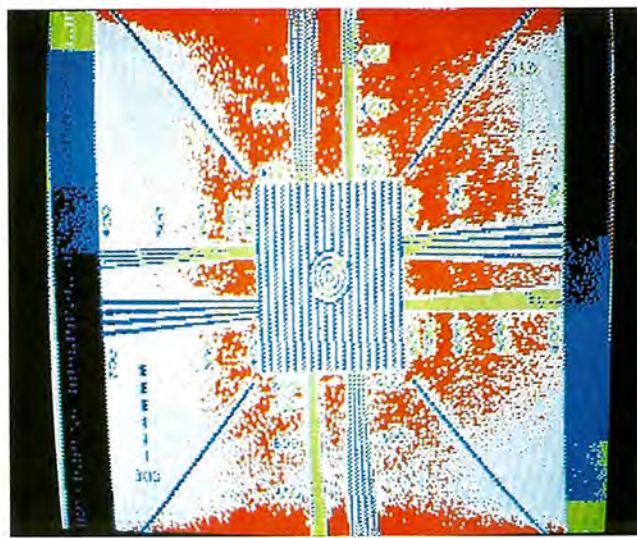


図 5.(b) 解像度表示(R画面擬似カラー表示)

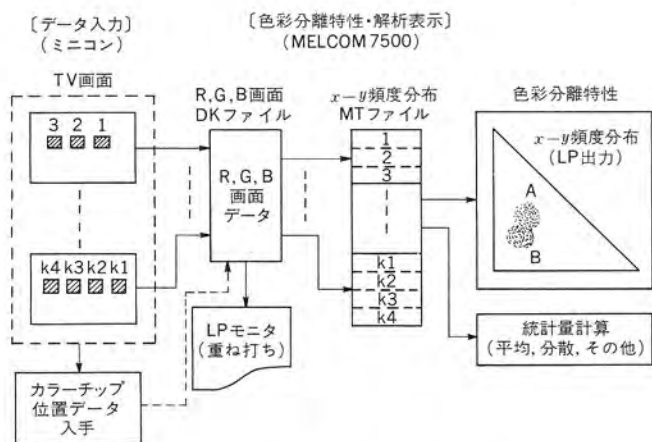


図 6. 色彩分離特性解析手順

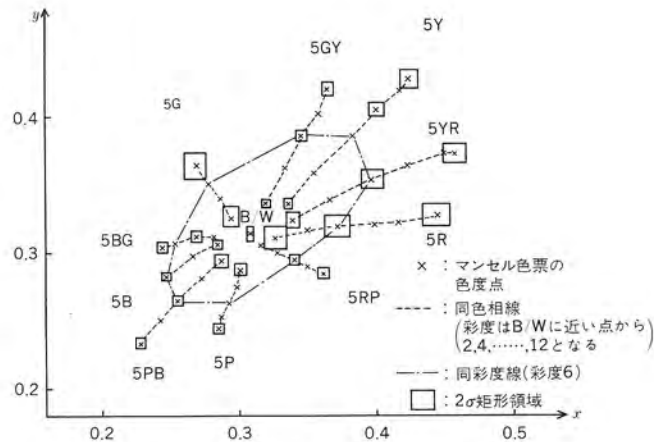


図 7. マンセル色票のx-y色度空間分布図

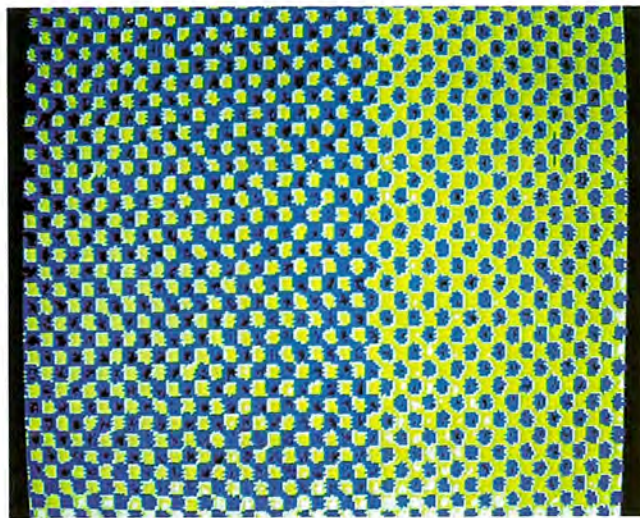


図 8. 微細画像入力例
—印刷網点のG画面の擬似カラー表示(網点間隔は200μm)

表 1. デジタル カラー TV スキャナの性能

項 目	内 容
カラー TV カメラ	○三管式プランビコンカメラ
光 学 系	○TV カメラ標準光学系 ○クローズアップレンズ (～150 μm ×150 μm /点) ○微小画像入力用アダプタ (20 μm ×20 μm /点) ○顕微鏡も使用可能
サンプリング・A/D 変換	○サンプル点数 256×256 点/画面 ○データレベル 8 ビット (256 レベル)/点・カラー ○A/D 変換方式 3 色画面同時変換 ○変換時間 15 ms/画面, 200 ns/点
ミニコンとのデータ転送	○400 KB/s
画 像 メ モ リ	○MOS・IC メモリ ○容 量 192 KB ○サイクルタイム 800 ns
高 速 A/D 変 換 器	○変換速度・最大 10 MHz ○入力レンジ -1.024 mV～+1.024 mV ○出力ビット数 8 ビット

(3) 8ビット/点・カラーのデジタル画像データとし、192 KB の容量をもつ画像メモリに格納する。

(4) この画像メモリ内の色彩画像データを計算機インタフェースを通して順次ミニコンへ転送して入力動作を完了する。

(5) 画像メモリは、画像データの入力後に行われる色彩解析の際に、192 KB の容量を持つ高速外部メモリとして有効に利用することができる。

なお、表 1. にデジタルカラー TV スキャナの主な性能を示す。

3. 2 カラー図形ディスプレイ

画像データはデータ量が膨大となるので、複雑な解析・処理を行わせる場合にも、できるだけ処理時間を短縮し、実用性を持たせるためには、入力画像データや処理の中間結果を見ながら対話的指示を与えて処理過程を進めて行くのが効果的である。この対話的機能を実現するために、画像データ表示用のカラー図形ディスプレイ、画像の領域情報や点情報指示用入力タブレットを備えている。これら二つの装置は対話形処理ソフトウェアによってサポートされ、画像のオンライン対話形画像解析を可能にする。

カラー図形ディスプレイはリフレッシュ形の CRT ディスプレーで次のような性能、仕様を持っている。

- ・画素数：水平方向 356 点、垂直方向 240 点
- ・表示色数：15 色/画素点
- ・ベクトル発生：8 方向
- ・文字表示：英数字、仮片名
- ・表示時間：15 s/画面

入力タブレットは次のような性能、仕様を持っている。

- ・画素数：1024×1024 点
- ・ペン制御：ペン圧縮モード、ペン近接モード
- ・入力モード：フリーランモード(常時、位置データの入力)、スキップモード(指示時、位置データの入力)

4. ソフトウェア構成

色彩画像解析システムには、システムを構成する各装置を動作させて諸機能を実現するには大別して四つのソフトウェアが用意されている。

4. 1 入力ソフトウェア

入力ソフトウェアには、各装置に直接関係したミニコンのアセンブラ言語による基礎入力ソフトウェアと、各基礎入力ソフトウェアや他のサブルーチンソフトウェアを結合したフォートラン言語による汎用入力ソフトウェアと

があり、いずれもサブルーチンの形でも使えるようになっている。

(1) 基礎入力ソフトウェア

WMOD1: R, G, B 3 色画面のアナログ画像データを 256×256 点/画面、8ビット/点・カラーにサンプリングして A/D 変換し、3 色画面デジタルデータを画像メモリに格納する。

RMOD: 画像メモリ内画像データの n ライン分 (256×n 点) データをミニコンのコアメモリの配列に入力する。

WMOD2: ミニコンのコアメモリの配列内データを画像メモリへ転送する。

(2) 汎用入力ソフトウェア

MOSMT: 画像メモリ内の TV 画像データを R, G, B の各 1 ラインずつ並べて、全画面分をミニコンの磁気テープ又は磁気ディスクに入力する。

MTMOS: 磁気テープ又は磁気ディスクの 1 画面分色彩画像データを画像メモリへ転送する。

TVMT: カラー TV 画面データを A/D 変換して画像メモリへ格納した後、R, G, B 各色画面単位で磁気テープ、磁気ディスクへ入力する。

4. 2 表示ソフトウェア

カラー図形ディスプレイへ画像データを表示する次のようなソフトウェアがある。

DSPLY: 画像メモリ内の一つの色画面濃淡データを、適当な色割当てを行って擬似カラー表示する。

HST: 図形データの指定された領域内の濃淡値ヒストグラムをカラー表示する。

MONC1: 磁気テープ、磁気ディスク内 TV 画像データの一つの色画面データを擬似カラー表示する。

4. 3 解析ソフトウェア

入力タブレットとカラー図形ディスプレイを用いた対話形画像解析ソフトウェアは次のようである。

TAB: 入力タブレットによる点の指定。

PAIR: 入力タブレットによる領域の指定。

TRIT: 指定された領域内データの正三角形色度空間分布の計算。

CUT: 画像データが色度空間の指定領域に写影される点の表示。

CLASS: 指定された濃度分布特性を持つ領域を抽出、表示。

4. 4 その他のソフトウェア

《MELCOM》7500 上で大量データを高速に処理するためのソフトウェアが用意されている。

MTDK: ミニコンで作られた磁気テープ内画像データを《MELCOM》7500 の磁気ディスクに格納する。

DDOUT: 磁気ディスク内画像データを、ラインプリンタに重ね打ちで濃淡情報を出して出力する。

RGBXYH: 指定された領域内データの x-y 色度空間分布を求める磁気ディスクに出力する。

XYTOLP: 複数の x-y 色度空間分布の合成和を計算して一つの分布とし、これをラインプリンタに重ね打ち出力する。

MSKEIS: 指定された領域内データの平均、分散を計算する。

5. 色彩画像入力特性

カラー TV カメラを用いた場合に、基本特性量として (1) 解像度、(2) 図形ひずみ、(3) レジストレーション、(4) シェーディング等があるが、

本格的な画像処理を行わせるためには、デジタル化の過程も含めた入力システム全体を考慮して、計算機処理に適した入力画像データの評価とデータ補正を行う必要がある。ここでは従来のTVカメラ用標準チャートの画像を入力して、これをカラー図形ディスプレイにカラー表示し、この画像データにより画像ひずみ、レジストレーション、解像度の各特性量を算出する。更に、色彩画像処理において重要な指標となる色彩分離特性を調べる。

入力実験時における照明条件は図3.に示すようである。

5.1 画像ひずみ、レジストレーション

図4.(a)のテストパターンを入力し、この画像データに適当なしきい値処理を行い、R、G、Bの各色画面を2値(1又は0)画面データに変換し、この2値3画面データを各色に対応するカラーで三つ重ねて表示すると、図4.(b)のように色ずれのある部分はカラーで色ずれのない部分は白で示される。この処理画面データから、ひずみ、色ずれを計算すると、その結果は次のようである。ここで、おのおのの特性の表現は画面の水平、垂直幅の何パーセントかで決定され、中心部は面積80%の円内を、周辺部は同円の外側を表す。

(1) レジストレーション： 中心部0.4%(1点のずれ)以下

周辺部0.8%(2点のずれ)以下

(2) 画像ひずみ： 中心部0.4%以下 周辺部1.1%以下

5.2 解像度

図5.(a)の標準パターンを入力し、これを擬似カラー表示したのが図5.(b)である。TVカメラそのものの特性評価は、白黒しま(縞)を撮影しモニタTVに映して、人間の目でどの程度近接した縞まで見分けられるかによるが、ここでは縞の隣接白黒部分の入力データ比(白/黒)がある値C以上となる一番密集した縞パターンによる。定数Cは処理の対象、目的によって最適な値は異なるが、ここではC=3として、入力データから解像度を計算する。なお、解像度表示は、TV画面のそれぞれ水平、垂直方向の幅内に何本の白黒縞があるかによる。計算結果は次のようである。

解像度： 水平、垂直とも 150本

5.3 色彩分離特性

この入力システムにより入力された画像データは、もともとどのような色が分離され得るのか、更にすべての色のうち何色が分離可能であるかという、色彩分離能力の評価を行うために、標準マンセル色票を用いて、色彩分離特性を求めた。

解析実験の手順は図6.に示すようである。まず40色相の色票を各色相ごとに1TV画面内に入れ、各色相について3~7個の彩度の異なる色票があるので、合計約200色の色票データをミニコンに入力する。次にこのデータを磁気テープを介して《MELCOM》7500に入力し、各色票について、各点のR、G、Bデータを次の変換式

$$X=0.61R+0.17G+0.20B$$

$$Y=0.30R+0.59G+0.11B$$

$$Z=0.07G+1.12B$$

$$x=X/(X+Y+Z)$$

$$y=Y/(X+Y+Z)$$

でx、yデータに変換し、x-y空間頻度分布を求め、任意の色票に関する分布状況をLPに重ね打ち出力して分布の状況を調べ、更に分布の平均、分散をx、y独立に求める。二つの色票がx-y空間で分離できるかどうかは分布の形が問題になるが、ここでは各色票について、色度点(M_x , M_y)を中心にx方向に $\pm 2\sigma_x$ 、y方向に

$\pm 2\sigma_y$ のく(矩)形領域を取り、この矩形領域が重なるかどうかでこの領域に対応する二つの色彩が分離できるかどうかを決めることにする。ここで、 M_x , M_y はx、y座標の分布の平均で、 σ_x , σ_y はx、y座標の分布の分散である。典型的な色彩についてその色度点と 2σ 矩形領域の一部をグラフに表示したのが図7.である。このグラフにより、この入力システムは色相、彩度の二つの情報をもとにして、約70~100色の色彩分離能力を持つことが明らかになり、更に5PB~5RP、5GY~5G間の色相を持つ色彩については分離度が良く、5BG~5PB間の色相を持つ色彩については分離度が悪い事も判明した。もちろん、この結果と色彩学及びカラーTVカメラ自身の特性との対応関係の研究は残された問題である。

6. 微細画像入力

5章における画像データ入力においては、標準光学系の付いたカラーTVカメラによって行われており、この光学系では拡大率最大の場合500 μ m \times 500 μ m/点の形で入力でき、更に標準拡大レンズ(クローザアップレンズ)を用いると、拡大率最大の場合150 μ m \times 150 μ m/点の形で更に拡大されて図形が入力される。しかし、カラー土地利用図の処理、印刷物の色むら検査などにおいては、これらカラー図面をもう少し拡大された50 μ m \times 50 μ m/点の形の画像データとして入力する必要がある、この目的のために微細画像解析用アダプタ(拡大光学系)を備えた。この光学系では50 μ m \times 50 μ m/点~20 μ m \times 20 μ m/点の形で図面データを入力できる。入力例として図8.に印刷の網点図形を示す。

7. む す び

計算機による色彩画像処理において、白黒画像データ処理に比してデータ量が膨大になることと、処理の対象、目的が多様であることから画像処理を行える実用的システムは少なかった。我々は、カラーTVカメラからの色彩画像を直接オンラインで高速に入力する装置としてデジタルカラーTVスキャナを開発し、これを用いた対話形色彩画像解析システムを実現した。

この色彩画像解析システムはオンライン性、高速性、汎用性、柔軟性等を備えた特長あるシステムであるので、カラー情景、カラー図面の処理、顕微鏡からのカラー画像解析⁽⁶⁾などの幅広い分野に応用されつつある。

参 考 文 献

- (1) 伊藤：コンピュータによる色彩画像処理、日経エレクトロニクス、12月29日(昭50)
- (2) 伊藤、中島、福島、成川：色彩図形解析表示システム、三菱電機技報、49、No. 3、276(昭50)
- (3) 秋田、伊藤、磯田：カラーTVカメラを用いた色彩図形入力システム、信学会パターン認識と学習研究会資料、PRL 74-13~19(昭49)
- (4) 伊藤、辻、中塚：デジタルカラーTVスキャナによる色彩画像入力特性、信学会全大、No. S20-5(昭51)
- (5) 辻、中塚、伊藤：カラーTVカメラを用いた色彩画像入力システム、信学会画像工学研究会資料、IE 76-62(昭51)
- (6) 伊藤、佐藤：色彩効果法によるLSIマスクパターン欠陥認識、信学会全大、No. S20-4(昭51)

1. ま え が き

最近、キャッシュレジスタ、自動券売機、自動集札機、自動販売機の制御には大幅に IC、MC がとり入れられている。これは半導体化することによって計算速度が早くなり、複雑な計算処理が可能となるだけでなく、信頼性が向上し、保守が容易になり、また機能の多様化に対処できる メリットがあるからである。

一方、ソリッドステートリレー (SS リレー) は 1971 年ごろ米国で初めて市販された。その後 2～3 年遅れて日本の市場にも出回りはじめた。この SS リレーには赤外発光の LED と光学的に結合された ホトトランジスタとが一体化されたホトカプラが使用されており、光学的に信号を伝達することができるので、ノイズをきらう信号回路と パワー 回路間の インタフェース として最適である。

装置の全無接点化は常に市場の要求である。高度な制御は IC、MC 等が受持ち、出力部はこの SS リレー が分担すれば IC 等を誤動作させる心配もなく、複雑な制御を全無接点化することが可能である。IC、MC は今後ともますます普及することは疑う余地のないところである。それに呼応して SS リレー の需要も拡大していく。当社はこのような将来性のある SS リレー の市場に注目し、いち早くそれを開発し、各方面に販売してきた。ここでは当社が開発した SS リレー-SF 10 D-M1、H1 (10 A 110 V、220 V)、SW 1 D-M1、H1 (1.2 A、110 V、220 V) の定格、特性、特色、更にその応用について報告する。

2. 動作原理と各部波形

SS リレー はホトカプラによって入力-出力間が完全に電気絶縁されていることが一つの特長となっているが、零電圧スイッチ方式であることももう一つの大きな特長となっている。電源電圧の零位相付近で毎 サイクル、オン・オフ させ、特に オン 時の電流上昇率 (di/dt) を小さくして、高周波雑音の発生、すなわち ラジオ 周波障害を抑制している。

この SS リレー の動作原理を図 1. のブロック図によって説明する。図に示すように SS リレー は、発光デバイス (LED) と受光デバイス (ホトトランジスタ) からなるホトカプラと、零電圧スイッチ回路、トライアック、更にコンデンサと抵抗器のアブゾーパから構成されている。図のように出

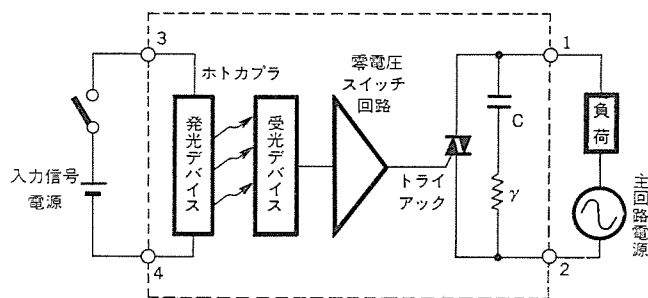


図 1. SS リレー のブロック図

力端子 1, 2 と負荷と主回路電源を直列に接続する。入力端子 3, 4 には入力信号電源の正極及び負極をそれぞれ接続する。いま外部入力信号がない場合には、トライアックはオフ状態で、負荷には電流が流れない。一方規定の入力信号 (DC 3～24 V) が印加されると、LED が発光し光学的に結合されたホトトランジスタがオンする。受光デバイスがオンすることにより、零電圧スイッチ回路が動作して、出力端子 1, 2 間電圧の零電圧付近でトライアックをオンする。したがって電源から負荷を通してトライアックに電流が流れる。この負荷に流れる電流波形とトライアックに印加される端子間電圧波形は負荷の種類によって変わってくる。

(1) 抵抗負荷

図 2. は負荷が抵抗のときの各部の基本動作波形である。図では、丁度 90° の電源電圧位相のときに、入力信号電圧が印加されているが、負荷に電流が流れ始めるのは、次のサイクルの電源電圧の零電圧付近からになっている。零電圧回路が正常に動作していることを示している。負荷に流れる電流は電源電圧と同相であり、入力信号がなくなり負荷電流が零になると、電源電圧と同じ電圧が出力端子 1, 2 間にあらわれる。

(2) 誘導性負荷

負荷が誘導性のときの各部波形を図 3. に示す。入力信号が加えられる位相にかかわらず、負荷に電流が流れ始めるのは電源電圧の零位相付近からである。したがって負荷には次式に従う電流が流れる。

$$i = \frac{\sqrt{2} \cdot E}{\sqrt{(\omega L)^2 + R^2}} \sin(\omega t - \phi) + \frac{\sqrt{2} \cdot E}{\sqrt{(\omega L)^2 + R^2}} e^{-\frac{R}{L}t}$$

$$\tan^{-1} \phi = \frac{R}{\omega L}$$

ただし E = 電源電圧, L = 負荷のリアクタンス, R = 負荷の抵抗
 ω = 主回路電源の角速度

(3) 容量性負荷

図 4. は容量性負荷のときの各部波形である。この負荷の場合、負荷となるコンデンサに蓄えられた電圧と電源電圧とが加算され、それが SS リレー の出力端子間にあらわれる。したがって電源電圧の零電圧から電流が流れはじめるのではなく、SS リレー の出力端子にあらわれる電圧の零電圧付近から、電流が流れ始める。

3. 定格、特性とその用語

SS リレー を使用する上で大切なことは、SS リレー のもつ定格と特性を十分理解することである。そこで SS リレー 独自の用語を説明し、表 1. に主要定格、特性を示す。

定格主回路電圧： 出力端子、負荷、電源を直列に接続して使用する場合に連続して使用できる交流電源電圧実効値。

定格通電電圧： 指定の冷却条件のもとで出力端子に連続して流しうる最大実効値電流。

絶縁耐力 (1)： 入力端子と出力端子間及び入出力端子と金属ケース間で互いに絶縁された部分に 1 分間加えうる交流電圧

* 北伊丹製作所

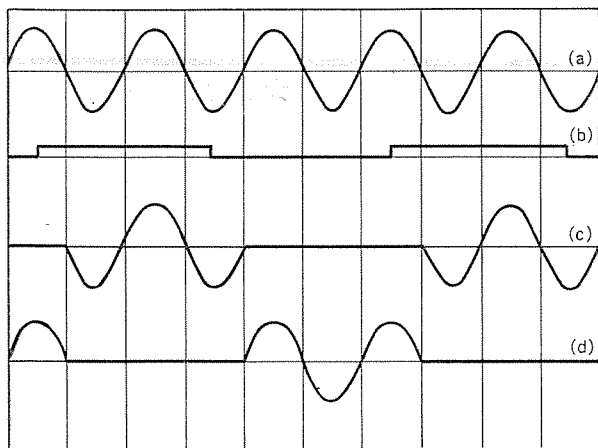


図 2. 抵抗負荷時の各部波形

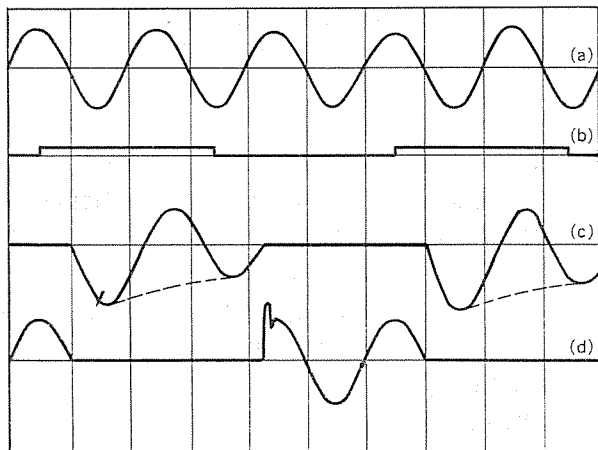


図 3. 誘導性負荷時の各部波形

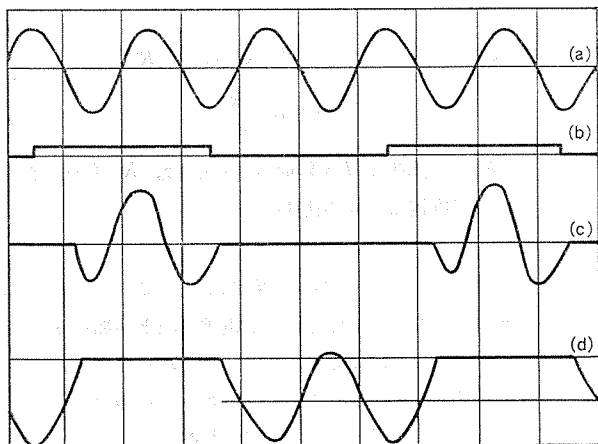


図 4. 容量性負荷時の各部波形

- (a) 交流電源電圧
(b) 端子③—④間の入力信号電圧
(c) 負荷電流
(d) 端子①—②間のトライアック端子間電圧

実効値。

絶縁耐力(2)： 出力端子，負荷，電源を直列に接続し，電源電圧を指定の電圧とする。そして出力と入力の各端子間にサージ電圧を印加した場合に誤動作することなく耐えうる電圧の最大値で，ピーク電圧であらわす。

絶縁耐力(3)： 出力端子，負荷，電源を直列に接続し，電源電

表 1. SS リレーの主要定格特性

項 目	単 位	SW 1 D		SF 10 D	
		M 1	H 1	M 1	H 1
1. 主 回 路 電 圧	V	110	220	110	220
2. 通 電 電 流	A	1.2 ($T_a=40^{\circ}\text{C}$)*1		10 ($T_a=40^{\circ}\text{C}$)*2	
3. 周 囲 温 度	$^{\circ}\text{C}$	-20～+80		-20～+80	
4. 絶 縁 耐 力 (1)	V	1,500 ($T_a=25^{\circ}\text{C}$, 1 分間, 入力 - 出力間) 2,000 ($T_a=25^{\circ}\text{C}$, 1 分間, 入力・出力 - ケース間)			
5. 絶 縁 耐 力 (2)	V	1,500 (立上り $1\mu\text{s}$ サージ電圧, 入力 - 出力間印加, ピーク値, 定格主回路電圧印加, 入力信号なし, $T_a=25^{\circ}\text{C}$)			
6. 絶 縁 耐 力 (3)	V	1,250 (交流電圧入力 - 出力 間 印 加, 実効値, 60 Hz, 定格主回路電圧印加, 入力信号なし, $T_a=25^{\circ}\text{C}$)			
7. 過負荷通電電流	A	10 ($T_a=-20\sim+80^{\circ}\text{C}$ $\cos\phi=0.2$ 以上 主回路電圧印加)		50 ($T_a=-20\sim+80^{\circ}\text{C}$ $\cos\phi=0.2$ 以上 主回路電圧印加)	
8. 入力信号電圧	V	24 ($T_a=-20\sim+80^{\circ}\text{C}$)			
9. ビックアップ電圧	V	3 ($T_a=-20\sim+80^{\circ}\text{C}$)			
10. ドロップアウト電圧	V	1 ($T_a=-20\sim+80^{\circ}\text{C}$)			
11. 開路時漏れ電流	mA	5	10	6	12
12. 開路時電圧降下	V	1.5 (通電電流 1.2 A のとき)		1.5 (通電電流 10 A のとき)	
13. 応 答 時 間	cycle	$\frac{1}{2}+1\text{ ms}$			
14. 入 力 抵 抗	k Ω	1.2 ($T_a=25^{\circ}\text{C}$)			

* 1 自冷，冷却フィンなし

* 2 自冷，150×150×3 t 黑色アルミニウム板に取付けた場合

圧を指定の電圧とする。そして出力と入力の各端子間に交流電圧を印加した場合に誤動作することなく耐えうる最大交流電圧で，実効値であらわす。

過負荷通電電流： 指定された負荷及び周囲温度の条件のもとで正常に 1 サイクル間通電しうる電流のピーク値。

開路時漏れ電流： 出力端子，負荷，電源を直列に接続し，入力端子を開放し，電源電圧を定格主回路電圧としたときに，出力側に流れる漏れ電流の実効値。

開路時電圧降下： 指定の入力信号電圧を印加し，出力側に定格通電電流を流した場合，出力端子間にあらわれる交流電圧の実効値。

ビックアップ電圧： 出力端子，負荷，電源を直列に接続し，指定の電源電圧を印加して，入力信号電圧を徐々に増加していき，出力がオンに動作するときの入力信号電圧。

ドロップアウト電圧： 出力端子，負荷，電源を直列に接続し，指定の電源電圧を印加して，入力信号電圧を加えてオンに動作させて後，徐々に入力信号電圧を減少させて，出力がオフとなるときの入力信号電圧。

4. 構 造

SS リレーは電氣的に厳しい条件で，また悪環境で使用されることが考えられるので，ヒートショック，ヒートサイクル，温度，じんあい，断続通電，及び耐振性などを問題としなければならない。これらの項目を考慮して製品化した SS リレーの SW 1 D シリーズ，SF 10 D シリーズの断面を図 5. に，その外観を図 6. に示す。SW 1 D シリーズは構造的に簡単であるため説明を省略し，SF 10 D シリーズについてのみ構造の説

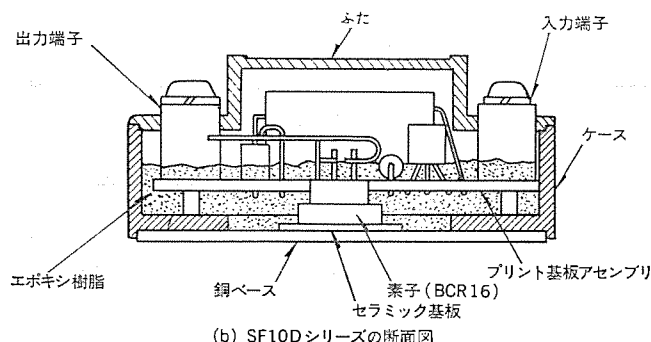
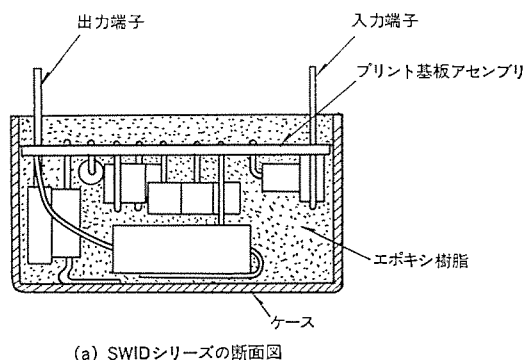


図 5. SW 1 D シリーズと SF 10 D シリーズの断面図

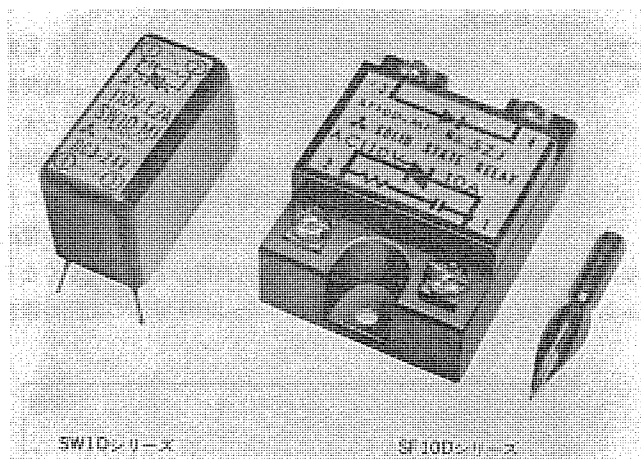


図 6. SW 1 D シリーズと SF 10 D シリーズの外観

明をする。図 5. に示すごとく、銅ベースと主素子のトライアック (BCR16) が、両面に M_0-M_n がメタライズされたセラミックを介してはんだ付けされる。これをケースの下側にはめ込み、プリント基板アセンブリをケースの上部よりそう (挿) 入し、素子とプリント基板アセンブリを配線する。エポキシ樹脂を少量充てん (填) しふたをすることにより完成させる。この SS リレーは構造上、以下の点について配慮されている。

- (1) 両面メタライズのセラミック基板を用いて素子と銅ベースをはんだ付け固定しているのは、素子と銅ベースとの間を絶縁し、ヒートショック、ヒートサイクルに耐え、かつ熱伝導を良くするためである。
- (2) エポキシ樹脂を少量充填している。それは各部品を固定し、耐振性、耐衝撃等の機械的強度をもたせると同時にプリント基板面上の銅はく (箔) 間及び各部品のリード間への湿気の浸入を防ぎ、絶縁抵抗、絶縁耐力の劣化を防ぐためである。

(3) プリント基板はガラスエポキシ (G10 クラス) を用いている。それはヒートサイクル、ヒートショックが加わっても、基板の銅箔のはく離を防ぎ、また高温時の絶縁抵抗の劣化を防ぐためである。

5. 三菱 SS リレーの特色

SS リレーの特長は以下のとおりである。

- (1) 光絶縁により、出力側のノイズを入力側にフィードバックしない。
- (2) 零電圧スイッチ回路により、ラジオ周波障害を抑制する。
- (3) DTL, TTL 等 IC 回路と直結できる。

一般に SS リレーはこのような特長があるのであるが、三菱 SS リレーは国内外の他社 SS リレーに比べ更に次の点で特色をもたせている。

5.1 完全絶縁

図 7. は一般的に使用される基本的応用回路例である。この回路で交流電源と並列に接続された他の機器がサージ電圧発生源となることがしばしばある。特に機器が誘導性であるとき、電磁リレーでそれに流れる電流を遮断すると、リレーのチャタリングが災いして立上りの急しゅんでしかも繰り返し周波数の早いサージ電圧が数百 μ s 続く場合がある。また、SS リレーの負荷が誘導性負荷である場合、 SW_1 が投入されるときにもサージ電圧は発生する。

図 8. は、このようなサージ電圧が発生したときの電圧波形例である。 SW_2 が開路状態で入力信号が加えられない状態でも SW_1 が投入されていると、発生したサージ電圧はトランスの浮遊容量を通して SS リレーの端子 4 と 1、あるいは 4 と 2 間に加わる。SS リレー内部では端子 1 あるいは 2 と受光デバイスのホトトランジスタとは電気的につながっているの、端子 4 と 1 あるいは 4 と 2 間に加わる電圧は結局ホトカプラの入出力間に加わることになる。このようなサージ電圧がホトカプラに加わると、入出力間容量を通して

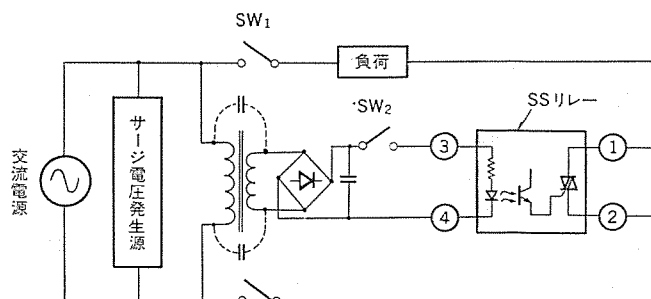


図 7. サージ電圧印加模擬回路

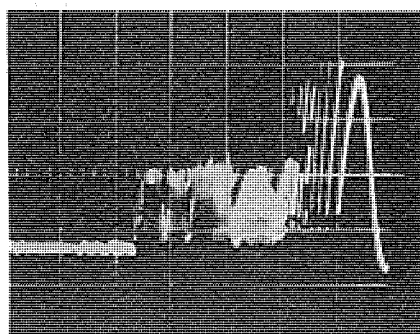
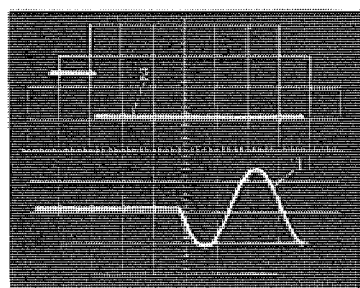


図 8. サージ電圧発生源にあらわれるサージ電圧波形



1. 出力端子1, 2間電圧波形
縦軸 100V/div
横軸 5ms/div
2. 入力端子3, 4間電圧波形
縦軸 10V/div
横軸 5ms/div

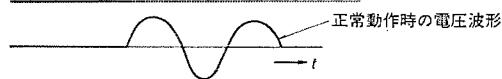
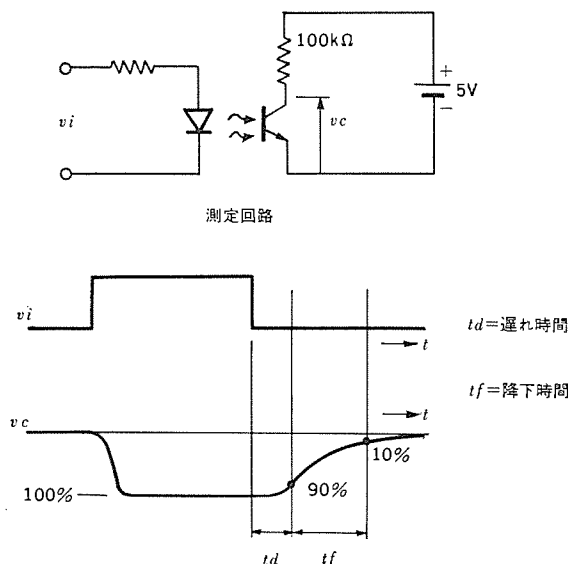


図 9. 入力信号電圧除去後も通電した不良動作時の波形

表 2. ホトカプラの降下時間

メーカー名	素子 No.	降下時間 (μs)
B 社	287	60
"	402	191
"	279	347
C 社	25	1,410
"	36	1,340
A 社	48	438
"	37	215
"	32	248
D 社	411	1,740
"	414	2,200

(a)



電流が流れ正規信号と同様 ホトトランジスタは オン 状態になり、出力側のトライアックは誤動作する。一般に市販されている ホトカプラ の入出力間容量は 1 pF 程度である。仮りにそれが 1 pF とすると 50 ns の立上りのサージ電圧が加わったときには、 $i = C \frac{dv}{dt} = 50 \mu A$ の充電電流が流れる。十分誤動作の対象となる電流である。

また、通常の使用状態で図 7. の SW₁ が閉状態、SW₂ が開路状態のとき、トランスの絶縁抵抗を通して、ホトカプラの入出力間には常に交流電圧が印加される。この交流電圧が大きくなるとそれに流れる電流も大きくなり誤動作となる。

更に、4 章でも示したように、SS リレーの内部部品は ディスクリートをを用いているが、高密度に実装されており、それらの部品間の浮遊容量も同様問題となってくる。

当社の SS リレーはこのような問題点を考えて、SS リレー 内部でその対策をとるようにした。入出力間容量が小さい ホトカプラ の選定、特別な回路上の工夫（特許申請中）と部品配置を考えることによってこの問題を解消した。先に示した表 1. の主要定格表の絶縁耐力(2)及び(3)はこの問題を規格として取りあげ、保証するようにした項目である。

5.2 正確な動作

SS リレーは入力信号に応動して、正確に出力電流が流れることが要求されている。部品の選定を誤るとこれを満たさないものができる。

図 9. は正確な動作を行わない例で、入力信号が除去されても次の半サイクル電流が流れていることを示している。

ホトカプラの降下時間は受光側のホトトランジスタによって決まる。それはホトトランジスタの接合容量×コレクタ抵抗× h_{FE} に比例する。表 2. 中に示す条件で市販されているホトカプラのそれを測定した。その結果を同表に示す。非常に大きいものが多い。降下時間が長いことは、入力信号がなくなっているにもかかわらず、ホトトランジスタ内のキャリアがなかなか消滅しないことを示しており、それはホトトランジスタが依然としてオン状態にあることを意味している。当然出力側のトライアックはオン状態となり正確な動作を行わないことになる。当社の SS リレーはホトカプラと回路定数の選定によってこの問題を解消した。電源電圧が 0 となる時点より 1 ms 以上前に入力信号が除去されて

いるならば次のサイクルは通電しないという規格を作り、保証するようにした。すなわち表 1. の主要定格特性において応答時間の最大値は $\frac{1}{2}$ サイクル+1 ms とした。

6. 雑音端子間電圧

SS リレーの場合、零電圧スイッチング方式を採用し、雑音電圧の発生を極力小さくすることを特長としている。トライアックの点弧角を小さくすることによってそれを達成している。電源電圧 AC 100 V、周囲温度 25°C のとき、点弧角が 1.25~3.25 度の範囲に入るよう定数の選定が行われている。

図 10. は SS リレーの周波数に対する雑音端子間電圧測定結果の一例である。負荷が電磁開閉器、電動機等誘導性であるとき、雑音電圧は小さくなり、負荷が白熱電球のように抵抗器であるとき大きくなる。これは毎サイクルトライアックがオンするときの電流変化率が誘導性負荷のとき低くなり、抵抗負荷のときは大きくなるからである。電気用品取締規則では 525~1,605 kHz の範囲の雑音

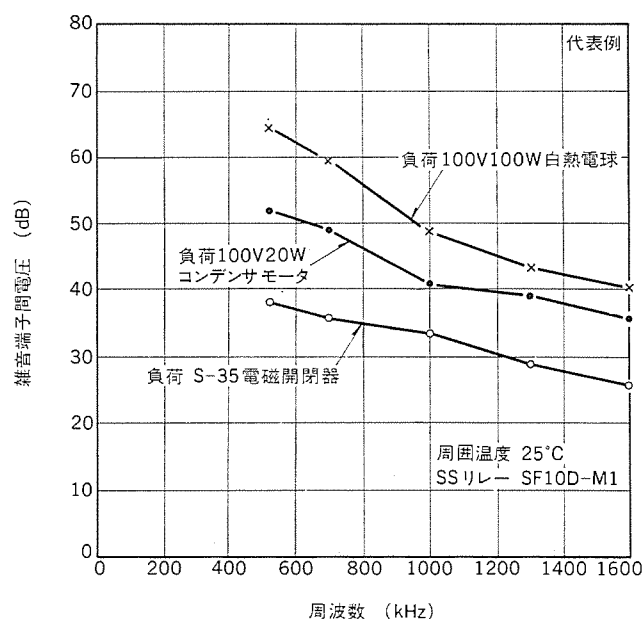


図 10. SS リレーの雑音端子間電圧

端子電圧は 65 dB 以下であると規定されているが図 10. から分かるように SS リレー それ自体で合格していることが分かる。

7. 応 用

7. 1 電磁バルブの制御

SW 1 D-M1 を用いた電磁バルブ (定格 AC 100 V 300 mA) の制御回路例を図 11. に示す。図中 NAND ゲート M53200P に H レベルの入力が加えられると出力は L レベルとなり、 V_{cc} から SS リレーの端子 3, 4 へと電流が流れ、それは オン状態となる。電磁バルブは動作する。

7. 2 単相誘導電動機の可逆制御

40 W, 110 V 単相誘導電動機の可逆制御例を図 12. に示す。正転から逆転あるいはその反対の切換えのとき、コンデンサ $16\mu\text{F}$ によって高 di/dt の電流が流れる。それを抑制するため、R あるいは L をコンデンサと直列に接続する必要がある。この例では 15Ω 抵抗器を挿入している。

7. 3 白熱電球の点滅制御

SF 10 D-M1 による 100 V, 100 W×6 灯の白熱電球の点滅制御回路例を図 13. に示す。

7. 4 三相誘導電動機の可逆制御

SF 10 D-H1 を 4 コ用いた 0.75 kW 200 V 電動機の可逆制御回路例を図 14. に示す。SS リレー 2 と 3 を オン状態にし、電動機を正転させる。逆転させるには相を入れかえる必要があり SS リレー 1 と 4 を オン状態にして、それを行う。正転用 SS リレーと逆転用 SS リレーが同時にオン状態になると、電源短絡となり、過電流が流れ、SS リレーは破壊する。これを避けるには互いにインタロックする必要がある。図では SS リレーの入力側にそのインタロック回路が付加されている。

8. む す び

SS リレーは電磁リレーの代替製品である。電磁リレーは材料の高騰により、将来値上がりしていくことが予想され、また寿命にも限度があり、更に雑音電圧が発生するなどの欠点もあるので、そのうちのいくらかは SS リレーにとって代わられるものと予想される。

SS リレーは、現在のところまだ高価なものであるが、ユーザの採用が拡大し、メーカーの原低努力があって、近い将来生産数量の飛躍的増大が期待される。

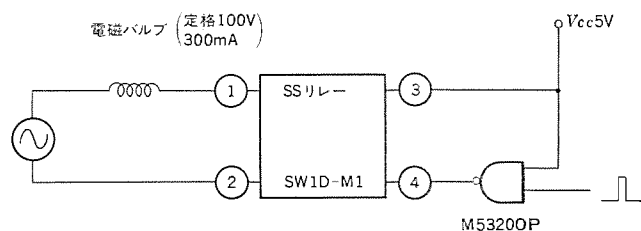


図 11. 電磁バルブのオンオフ制御

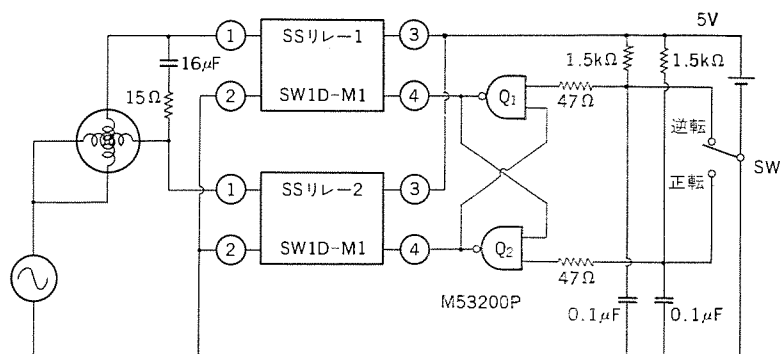


図 12. 単相誘導電動機の可逆制御

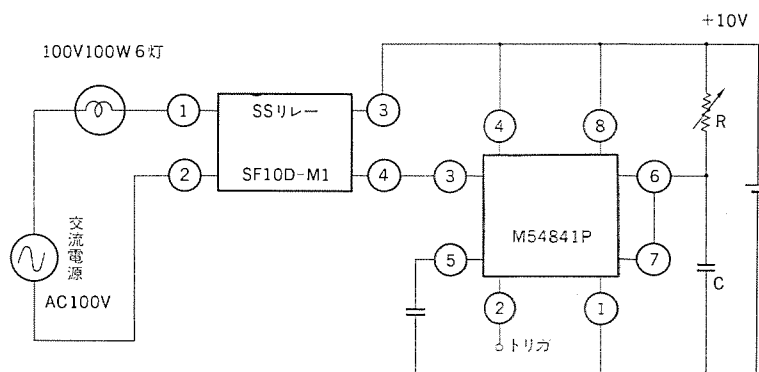


図 13. 白熱電球の点滅制御

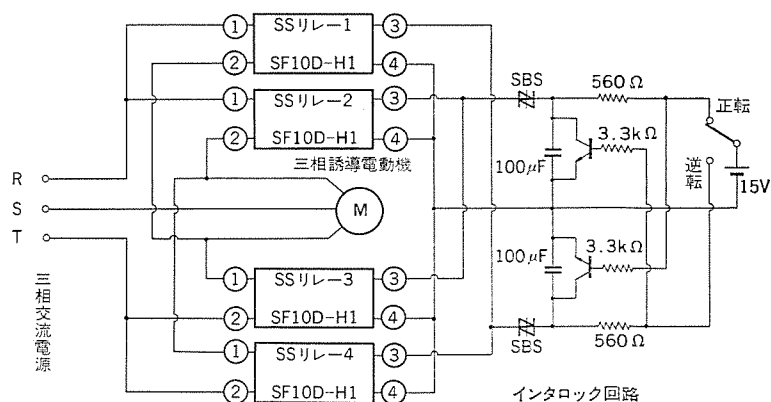


図 14. 三相誘導電動機の可逆制御

ヒートパイプ利用による4,000A WN形メタルクラッド開閉装置

田中 修*・大串哲朗**・村上政明**・津久井 進***

1. ま え が き

近年、火力・原子力発電プラントの発電容量の増大は著しいものがある。このため火力プラントにおいては、脱硫・脱硝設備、その他所内設備の電源が増加し、所内変圧器の容量を増大させつつある。そこで当社では、ヒートパイプを用いた冷却方式により、定格電圧 7.2 kV、定格電流 4,000 A、定格しゃ断電流 40 kA の磁気しゃ断器を収納した自然空冷の屋内用メタルクラッド開閉装置 (Metal-clad Switchgear) の開発・製作に成功し、中国電力(株)下関発電所に納入した。

WNメタルクラッド開閉装置において、主な発熱源は、磁気しゃ断器と、主母線室の導体とを接続しているチューリップコンタクト部の接触電気抵抗によるジュール熱である。従来ある 3,000 A までの開閉装置においては、チューリップコンタクト部で発生した熱は、磁気しゃ断器表面及び導体の表面から盤内空気へ放熱されていた。しかしこれらの放熱表面積を大きくするには限度があり、自然冷却ではこれ以上電流値を増加させることは、チューリップコンタクト部の温度上昇の限界から困難であった。

当社では、ここ数年来、ヒートパイプの基礎研究と開発を行ってきた。ヒートパイプとは流体の相変化と多孔質材料の毛管作用を利用した伝熱素子のことで、構造が簡単で軽く、熱コンダクタンスが極めて大きいという特長をもっている。このヒートパイプをメタルクラッド開閉装置に適用することにより、自然空冷で定格電流を従来の 3,000 から 4,000 A に容量増大した開閉装置を開発することができた。

ここでは、ヒートパイプについてその概要を紹介し、ヒートパイプを応用した WN 形メタルクラッド開閉装置の開発について述べる。

2. ヒートパイプ冷却方式

ヒートパイプの原理、構造、動作特性について概説し、ヒートパイプによる冷却方式を WN 形メタルクラッド開閉装置へ応用する場合の熱計算手法について述べる。

2.1 ヒートパイプの原理、構造及び動作特性

ヒートパイプは、図 1. に示すように、容器である円管の壁に目の細かい金網・焼結金属・フェルトなどの多孔質材料 (ウイック) を内張りし、真

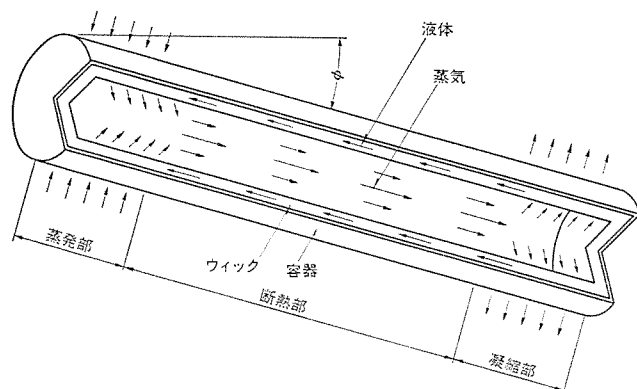


図 1. ヒートパイプの構造と動作原理

空にして水・フロン・エタノールなどの流体を少しばかり充てんして密封したものである。このパイプの一端を加熱すれば、ウイック中に浸透している液体が熱せられて蒸発する。そのため、この蒸発部の温度・圧力は他端の温度・圧力より高い。したがって蒸気は他端へ向かって移動する。他端を冷却すると到達した蒸気はウイックに接した面で凝縮し液化する。液体はウイックの毛管作用で蒸発部へもどる。かくして、液体は 1 本のパイプの中で絶えず循環し、熱は一端から他端へ伝えられる。その場合、両端での温度差が非常にわずかで熱輸送できるため、熱の輸送効率が極めて大きくなる。このように、ヒートパイプは、熱コンダクタンスが極めて大きいこと、軽いこと、ポンプがいらないこと、材料を選べば $-270 \sim 2,000^{\circ}\text{C}$ まで使用できることなどの特長がある。

ヒートパイプの定常熱輸送状態においては、蒸発部と凝縮部のウイックの毛管作用による毛管圧力差が、蒸気の圧力降下、ウイック中の液体の圧力降下及び重力による圧力差の和と平衡している。しかしこの毛管圧力差には限界があり、そのためにヒートパイプの熱輸送量は制限を受ける。この毛管圧力の限界による最大熱輸送量 Q_{\max} は次式で表される⁽¹⁾。

$$Q_{\max} = 2K_p \left(\frac{\sigma L}{\gamma_l} \right) \left(\frac{A_w g}{l + l_a} \right) \left(\frac{2}{r_{eff}} - \frac{1}{\sigma \gamma_l} l \sin \phi \right) \dots \dots \dots (1)$$

ここに l : ヒートパイプ全長

l_a : ヒートパイプ断熱部長さ

A_w : ウイック断面積

r_{eff} : 有効気孔半径 $\left(= \frac{r}{\cos \phi} \right)$ $\left\{ \begin{array}{l} r: \text{ウイックの平均気孔半径} \\ \phi: \text{接触角} \end{array} \right.$

K_p : 透過定数

γ_l : 液体の比重

ν_l : 液体の動粘性係数

σ : 液体の表面張力

L : 液体の蒸発潜熱

ϕ : 傾斜角

ヒートパイプの熱輸送に限界を与えるものとしては、上記の毛管圧力の外に、蒸気の音速、液体のエントレインメントがあるが、これらの限界による最大熱輸送量は、常温付近で動作するヒートパイプの場合、毛管圧力の限界に比べてはるかに大きく、通常無視できるものである。

ヒートパイプの構成要素は、容器、ウイック及び作動流体である。ヒートパイプによって熱を輸送する場合、その容器の壁を通して熱が伝えられるから、容器の材料としては、熱伝導率の大きいものを選び、肉厚を薄くする必要がある。しかし内圧を考慮してこれに耐えるものにし、かつ腐食による性能劣化を考慮して長寿命の使用が可能なものを選ばなければならない。

式(1)から明らかなように、ウイックを選ぶ場合には、最大熱輸送量 Q_{\max} を大きくするために、作動液体との接触角が小さく、平均気孔径の小さい、しかも透過定数の大きいウイック材料を選ぶ必要が

ある。また作動流体を選ぶ場合には、式(1)の右辺の項にある作動流体の物性値から定まる次の係数

$$(FOM)_0 = \frac{\sigma L}{\nu_l} \dots\dots\dots (2)$$

$$(FOM)_1 = \frac{\sigma}{\gamma_l} \dots\dots\dots (3)$$

を考慮し、傾斜角 ϕ が正の場合は、 $(FOM)_0$ 、 $(FOM)_1$ の両者が大きい液体を、負の場合は $(FOM)_0$ が大きく、 $(FOM)_1$ が小さい液体を選べばよい。式(2)は重力のない場合(0g)での“よさの指数(Figure of Merit)”を表す液体輸送係数、式(3)は重力場(1g)での液体輸送係数として定義されている。

WN形メタルクラッド開閉装置に適用したヒートパイプは、図2.に示すように容器の内面をみぞ(溝)形にしたアルミパイプを用いており、パイプ内面の溝をウイックとして利用している。また作動流体はフロン21を使用している。

2.2 WNメタルクラッド開閉装置への応用

メタルクラッド開閉装置は高圧(3~10kV)用の単位式全閉鎖形配電盤の一種で、高圧回路の大電力を開閉する装置であり、電力系統の重要な役割を担っている。

この装置は安全及び信頼性の点から、その構造については各種の規格で規定されており、WN形メタルクラッド開閉装置は、JEM-1153のG形に相当するとともに、ANSI、IECのメタルクラッド開閉装置にも合致する最高級の機能を備えた開閉装置で、火力発電所、大事業所の受変電設備等にも広範囲に使用されている。

この開閉装置内部において、磁気しゃ断器と主母線室の導体とを接続しているチューリップコンタクト部の冷却に、ヒートパイプを応用したものの構造を図3.に示す。ヒートパイプの一端は端子内部にそう(挿)入され、他端は冷却フィンがろう付けされている。この場合、チューリップコンタクトの接触電気抵抗により発生したジュール熱は、端子からヒートパイプへ伝達され、ヒートパイプの冷却フィンを介して、自然対流により盤内空気へ放熱される。ヒートパイプによりチューリップコンタクト部を冷却する場合の熱回路網を図4.に示す。

図において、 R_1 はヒートパイプフィン部(凝縮部)表面と盤内空気間の熱抵抗で、フィンの放熱表面積及びフィン周囲の空気の熱伝達率によって与えられる。 R_2 、 R_3 はヒートパイプ内部の熱抵抗で、それぞれ作動流体の凝縮及び蒸発により生じるものである。これらは、それぞれ凝縮熱伝達率 h_c 及び蒸発熱伝達率 h_e により与えられる。 R_{d1} 、 R_{d2} はチューリップコンタクト内

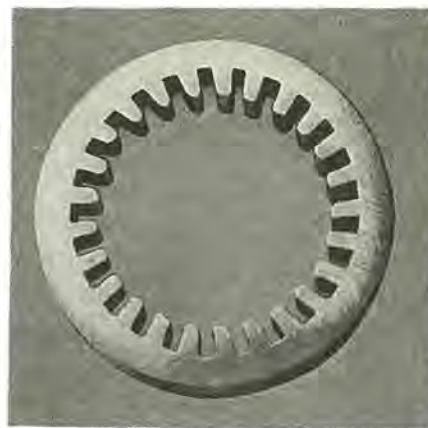


図2. アルミニウム溝形ウイック

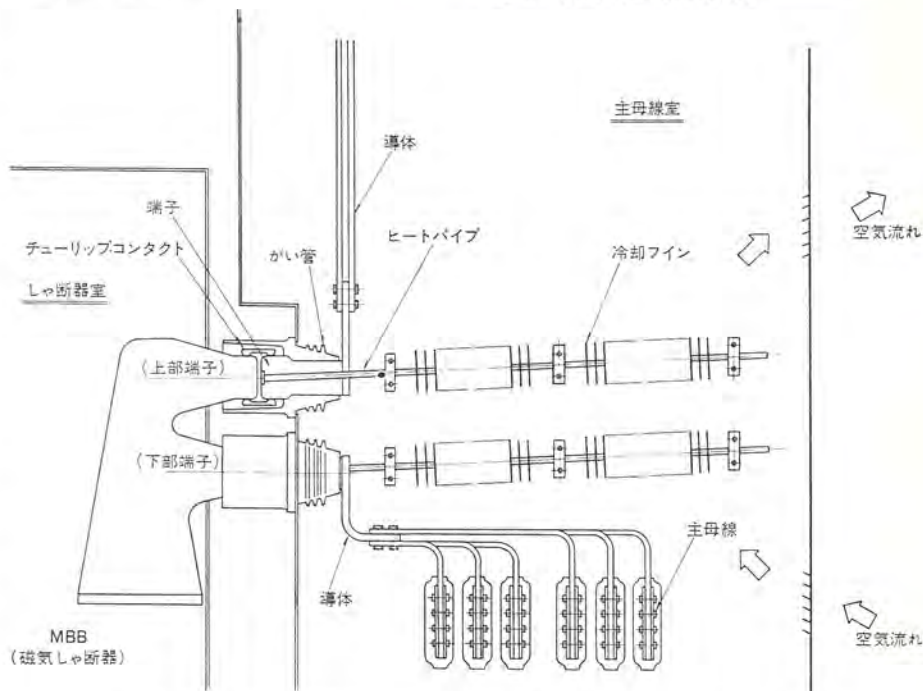
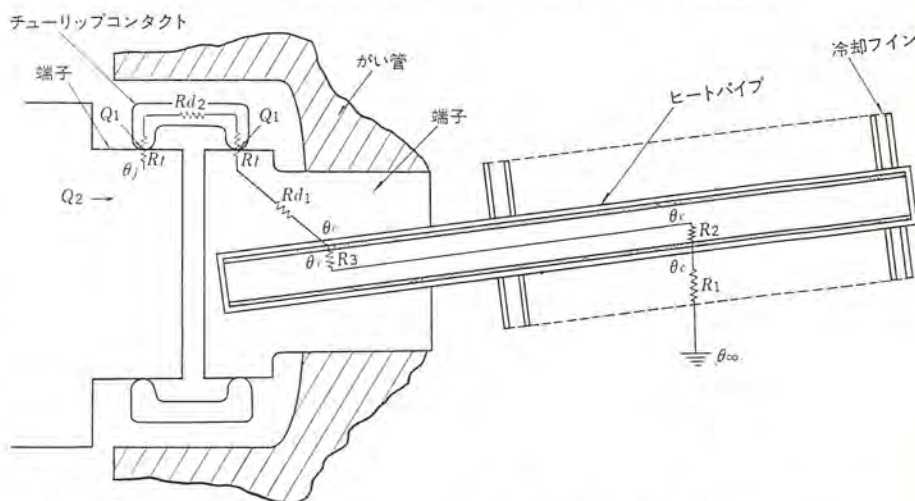
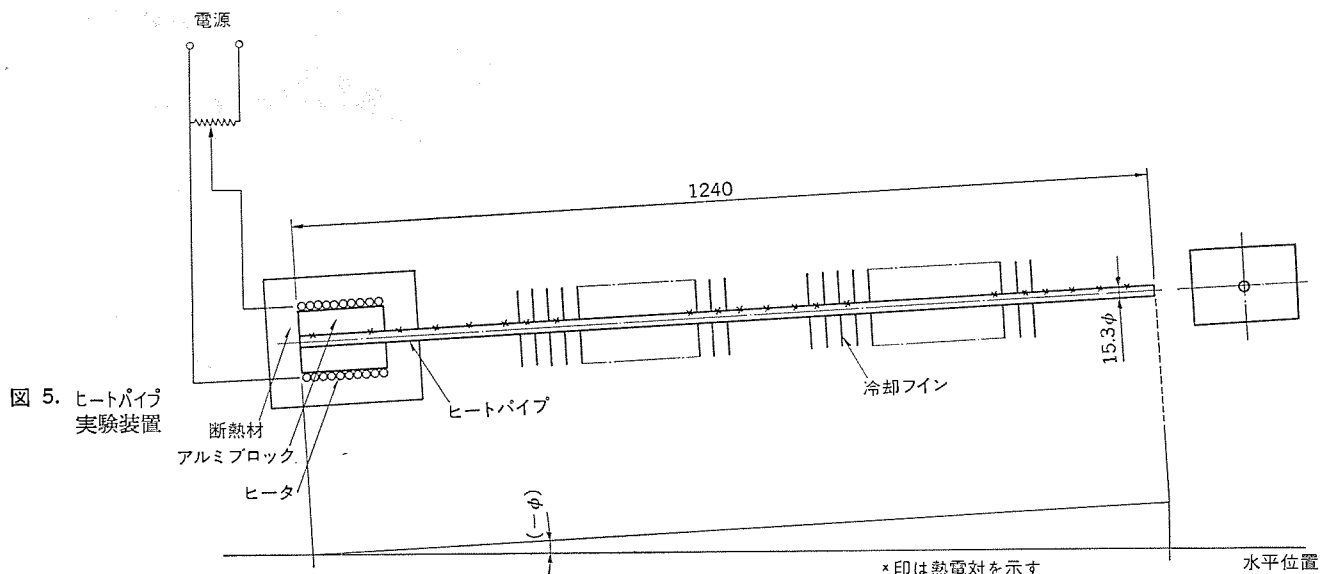


図3. ヒートパイプ冷却方式による4,000 A WN形メタルクラッド開閉装置構造図



- | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| Q_1 : 接触電気抵抗によるジュール熱 | R_{d1} : 端子内の熱伝導による熱抵抗 |
| Q_2 : 磁気しゃ断器からの漏れ熱量 | R_{d2} : チューリップコンタクト内の熱伝導による熱抵抗 |
| θ_j : チューリップコンタクト部温度 | R_t : チューリップコンタクトと端子の接触熱抵抗 |
| θ_e : ヒートパイプ蒸発部表面温度 | θ_c : ヒートパイプ凝縮部表面温度 |
| R_1 : ヒートパイプフィン部表面と盤内空気間の熱抵抗 | θ_v : ヒートパイプ内蒸気温度 |
| R_2 : 凝縮熱伝達による熱抵抗 | θ_{∞} : 盤内空気温度 |
| R_3 : 蒸発熱伝達による熱抵抗 | |

図4. ヒートパイプによる冷却システムの熱回路網



を熱が伝導により流れる場合の熱抵抗であり、 R_t はチューリップコンタクトと端子の接触による熱抵抗である。ヒートパイプによる放熱量としては、チューリップコンタクトと端子の接触電気抵抗によるジュール熱及び磁気しゃ断器からの漏れ熱量がある。

これから各部の熱抵抗及び発熱量を用いて、図4.に示した熱回路網により各部の温度を求めることができる。

3. 基礎実験

ヒートパイプをホットスポットの冷却に応用するにあたっては、ヒートパイプの動作特性を実験的に求めておかなければならない。

3.1 径方向熱伝達特性

図5.に示す実験装置により、ヒートパイプによる熱輸送実験を行い、蒸発部、凝縮部における熱伝達率 h_e , h_c を求めた。実験に供したヒートパイプは、アルミ製の容器の内面を溝形にした溝形ウイックヒートパイプで、作動流体はフロン21を使用している。ヒートパイプ外形15.3 mm、全長1,240 mmで、冷却フィン(凝縮部)としてアルミ板を29枚装着している。ヒートパイプの一端はヒータが巻かれたアルミブロックに挿入されている(蒸発部)。ヒータで発生した熱は、アルミブロックを通してヒートパイプに伝達され、ヒートパイプにより熱輸送された後、冷却フィンから周囲空気へ放熱される。このときのヒートパイプの温度分布の一例を図6.に示す。図から分かるように、熱輸送量がある値以下では、蒸発部と断熱部の間及び断熱部と凝縮部の間のわずかな温度差のもとに、円滑な熱輸送が行われている。しかし熱輸送量がある値以上になると、蒸発部端は急激な温度上昇を示している。これは、毛管圧力の限界のために、作動液体が蒸発部端までもどらなくなったために生じたものである。

蒸発部、凝縮部の熱伝達率 h_e , h_c は次式で定義されている。

$$\frac{Q}{A_e} = h_e (\theta_e - \theta_v) \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$\frac{Q}{A_c} = h_c (\theta_v - \theta_c) \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここに Q : 熱輸送量
 A_e : 蒸発表面積
 A_c : 凝縮表面積

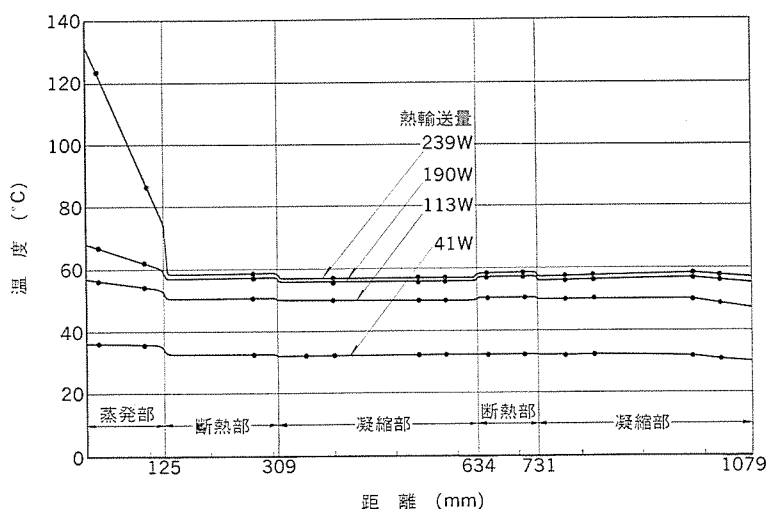


図6. 傾斜角 -0.83° での、ヒートパイプ定常動作時の温度分布

ヒートパイプの蒸気温度 θ_v は、蒸発部ウイック中の液体の温度 θ_l 及び断熱部壁温 θ_w にほぼ等しいと考えられる。図7.に、実験により得られた蒸発部壁温と液温の温度差 $(\theta_e - \theta_l)$ と熱流束 $\frac{Q}{A_e}$ の関係を示す。図には、ヒートパイプの傾斜角 ϕ による熱伝達特性の変化も示している。熱流束がほぼ 1×10^3 kcal/hm 2 °C よりも小さい場合は、ウイック中の伝導若しくは自然対流により熱は液体に伝えられ、その表面で蒸発が生じており、熱伝達率 h_e は小さな値となっている。 1×10^3 kcal/hm 2 °C 以上の熱流束では、ウイック中に沸騰が生じ、熱伝達率は急激に大きな値となり、1,000~4,000 kcal/hm 2 °C の値を示した。この場合、熱流束が大きいくほど、また傾斜角が大きいくほど熱伝達率 h_e は大きな値となっている。

図8.には、実験により得られた、蒸気温度と凝縮部壁温との差 $(\theta_v - \theta_c)$ と熱流束 $\frac{Q}{A_c}$ の関係を示す。この場合も傾斜角が大きいくほど、わずかであるが凝縮熱伝達率 h_c は大きくなっている。この場合 h_c はほぼ、2,500~3,300 kcal/hm 2 °C の値を示した。

3.2 最大熱輸送量

ヒートパイプの熱輸送量がある値以上になると、毛管圧力の限界のために、蒸発部端まで作動液体がもどらなくなり、蒸発部端の温度が急激に温度上昇するドライアウト現象がみられる。このドライアウトが生じる寸前の熱輸送量を最大熱輸送量と定義して、ヒートパイプの傾斜角に

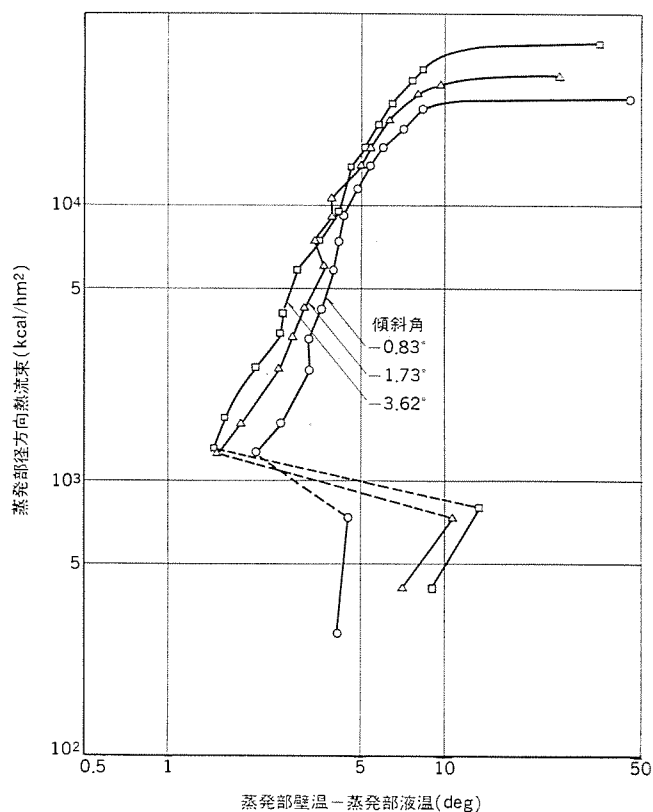


図 7. 蒸発部径方向熱伝達特性

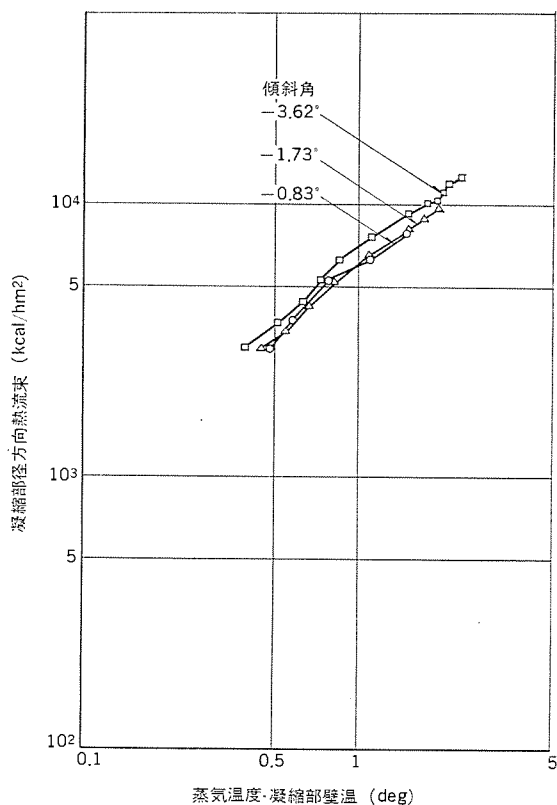


図 8. 凝縮部径方向熱伝達特性

よるこの値の変化を求めた。図 9. に凝縮部高さ $\Delta y (= -l \sin \phi)$ に対する最大熱輸送量の実測結果を示す。傾斜角が 0 度の近傍では、最大熱輸送量は図 9. に示すように、凝縮部高さ Δy にほぼ比例している。式(1)から分かるように、 Q_{\max} が 0 のときの Δy の値から r_{eff} を、 Δy が 0 のときの Q_{\max} の値から K_p を求めることがで

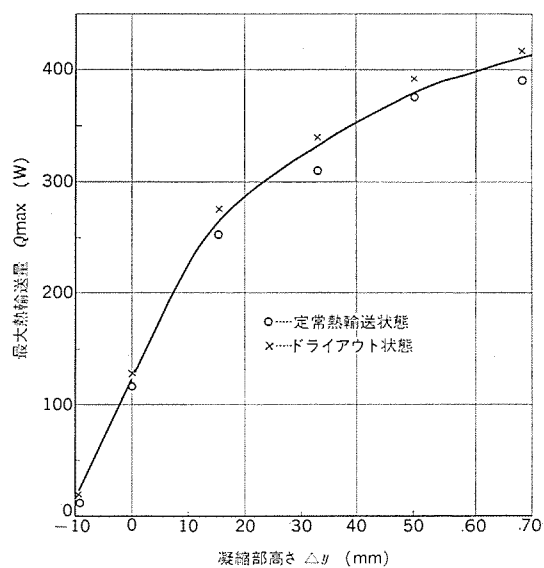


図 9. 凝縮部高さに対する最大熱輸送量

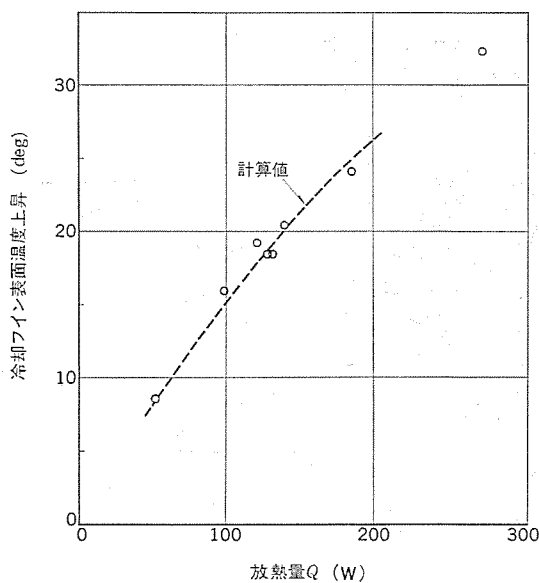


図 10. 冷却フィンの放熱特性

きる。図 9. に示した実測値から得られた値は、 r_{eff} が 0.22×10^{-3} (m)、 K_p が 3.0×10^{-8} (m^2) であった⁽²⁾。ウイックの有効毛管半径 r_{eff} は、ウイックである溝の幅の約 $\frac{1}{3}$ 程度の値であった。

WN メタルクラッド 開閉装置においては、ヒートパイプの熱輸送量は約 100 W である。ヒートパイプは、水平にして端子に挿入した場合、どんな原因で蒸発部が水平位置より上になるか分からないため、実用上は安全をみて、凝縮部を水平位置よりやや高くし、傾けて端子に挿入されている。図 9. から明らかなように、ヒートパイプは、水平位置 ($\Delta y = 0$) でも定格熱輸送量約 100 W を満足するが、熱輸送量には十分余裕をもたせた傾きに設計されている。

3. 3 冷却フィンの放熱特性

2. 2 節において述べた空気の熱伝達率は、自然対流熱伝達率及びぶく射熱伝達率の和で与えられる。これらの熱伝達率は、フィンとフィンの間と端部のフィンの外面とは異なった値となる⁽³⁾。

これらの熱伝達率を用いて図 4. に示した熱回路網により計算したフィン部表面温度と実測値とを比較したものを図 10. に示す。計算値と実測値はほぼ一致している。

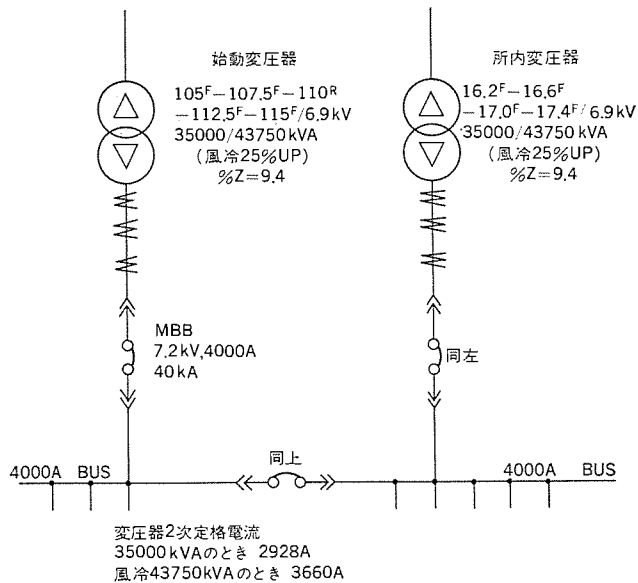


図 11. 変圧器回りの単線接続図と各機器の容量

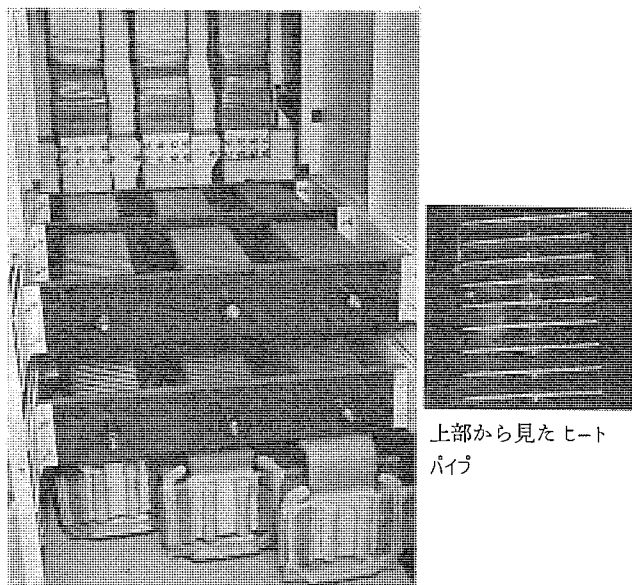


図 12. 4,000 A WN 形 メタルクラッド 開閉装置内部のヒートパイプ

表 1. 開閉装置各部温度上昇

	温度上昇値 (周囲空気温度 18°C)
チューリップコンタクト部	51 deg
端子部	46
ヒートパイプ表面	35
盤内空気	20

4. 工場試験

冷却方式にヒートパイプを用いた 4,000 A WN 形 メタルクラッド 開閉装置の概要及びその温度上昇試験結果について述べる。

4. 1 4,000 A WN 形メタルクラッド開閉装置

ヒートパイプ冷却方式により、4,000 A WN 形 メタルクラッド 開閉装置を開発したが、その主要定格は次のとおりである。

定格電圧： 7.2 kV

定格電流： 4,000 A

定格しゃ断電流： 40 kA

メタルクラッド： JEM-1153 G 形

この開閉装置を中国電力(株)下関発電所第 2 号機 (450,000 kVA) の所内変圧器、始動変圧器の 2 次しゃ断器、母線連絡しゃ断器として 3 台納入した。図 11. にその単線接続図と各機器の容量を示す。この 4,000 A WN 形 メタルクラッド 開閉装置の各部の温度上昇限度は、JEM-1153 により規定されているが、チューリップコンタクト部の温度上昇限度は 65 deg となっている。図 12. にヒートパイプの実装状態を示す。

4. 2 温度上昇試験

ヒートパイプを実装した WN 形 メタルクラッド 開閉装置に 4,000 A 通電した場合の、定常状態における各部の温度上昇値を表 1. に示す。チューリップコンタクトの温度上昇値は 51 deg で、許容値 65 deg に対して十分余裕をもった値となっている。

5. む す び

電気機器の冷却への応用を目的として、ヒートパイプの研究開発を行い、ここに初めて開閉装置の冷却器として実用化した。この開閉装置に用いたヒートパイプは、外径 15.3 mm のアルミ製で、パイプ内面の溝をウイックとし、作動液体はフロン 21 を使用している。自然空冷用のフィン装着したこのヒートパイプにより、1 本当たり約 100 W の熱量を除去した結果、従来自然空冷で定格電流容量が最大 3,000 A であった開閉装置を、全く形状の変更を行うことなく、4,000 A に電流容量を増大することができた。

これまで開発を行ってきたヒートパイプは、熱コンダクタンスが大きいという特長から、更に各種の機器の冷却器として広範囲に利用されるものと思われる。(昭和 51-1-25 受付)

参 考 文 献

- (1) 田中：ヒートパイプの性能と最近の動向，空気調和・衛生工学，50, 3 (昭 51)
- (2) 田中，大串，村上：第 13 回日本伝熱シンポジウム講演論文集，373 (昭 51)
- (3) 甲藤：伝熱概論 (9 版) 養賢堂 (昭 47)

モニタスピーカーの新技術

進 藤 武 男*・鈴 木 英 男*・興 野 登*・酒 井 新 一*・柴 田 繁 憲*

1. ま え が き

現在最も広く用いられている直接放射形のダイナミックスピーカーは、1925年に C. W. Rice, E. W. Kellogg によって発表されて以来 50 余年を経過しているが、基本的な構造についてはその当時とほとんど変わっていない。これはスピーカーがマイクロホンと同じ機械振動系をその基本構成としており、エレクトロニクス技術によって置き換えられるところが少ないためと思われるが、一方 10 年前と現在のスピーカーの設計技術を比較すれば格段の差があることもまたうなずけるところである。例えば振動板材料としてはカーボンファイバ、ベリウムなど時代の先端を行くものが使用されるようになり、それに伴って再生帯域の拡大、ひずみの低減がなされている。また振動モードの計算、音の放射などについてもより実際に近いモデルを想定して解析することが可能となって来ている⁽¹⁾⁽²⁾。計測の分野ではディジタル技術を応用したインパルスレスポンスの活用などによって新しい分野からの性能改善、音質改善が行われつつある⁽³⁾。

以上述べたような進歩はスピーカーに限らず、他の音響機器にもみられることであり、音響再生技術全体が従来のレベルの積重ねから質的な変化の時代に入りつつあるのが現状であると言えよう。このような段階においては“音のもののさし”としてのモニタスピーカーの性能が特に重要な意味を持つ。今回開発した図 1 に示すモニタスピーカーはこのような新しい時代の要請に合致するものであり、以下そのねらい、技術的特徴及び性能について述べる。

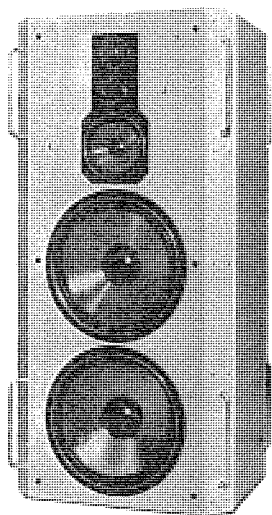


図 1. 新開発 モニタスピーカー

2. 新開発モニタスピーカーのねらい

一概にモニタスピーカーと言ってもいろいろな用途が考えられ、それぞれ要求される性能もさまざまである。開発にあたってはその使用目的を明確にしておくことが重要であり、開発のねらいについて述べる前にまず“モニタスピーカー”の意味、用途について考えてみる。

2.1 モニタスピーカーの用途

モニタスピーカーの主な用途としては次のようなものがあげられる。

- (1) テレビやラジオの放送監視用モニタスピーカー
 - (2) 放送用を含むプログラムソース一般の作成時に使用されるモニタスピーカー
 - (3) スピーカーその他音響機器を評価するための標準スピーカー
- 各用途ともに広い意味ではハイファイを目指していると言えるが、それぞれにまた異なった特徴を持っている。(1)では受信側での再生

機器の性能を考慮したモニタの方法が必要であろうと思われるし、(2)は(1)のような制約が少ない点ではより高忠実度を指向することが可能であると言える。モニタスピーカーを「その監視のもとに主業務が遂行されるところのスピーカー」というように考えれば(1)及び(2)が本来の意味でのモニタスピーカーと言える。これらは「音声モニタ装置」や「スタジオモニタ」と呼ばれており、“モニタ用”とか“プロフェッショナル用”とかは忠実再生を意味する代名詞でもあった。これに対して最近の民生用オーディオ機器の性能向上(その基となるオーディオ市場の拡大)に伴って(3)のような使われ方が多く見受けられるようになって来ている。このような目的で使用されるスピーカーを厳密な意味ではモニタスピーカーと呼ぶことはできないと思われるが、性能に対する要求は(1)、(2)と同程度に高度なものであり、モニタスピーカーの一つの範ちゅうに加えても差支えないと思われる。今回のシステムは主に(2)及び(3)の用途を念頭において、現在の技術力でもって達成しうる最高級の性能を持ったスピーカーの実現を目標としている。また近い将来における放送の高品質化に伴い(1)としての用途も十分考えられるものである。以上モニタスピーカーの使われ方がある程度明らかにされたので、次に現在の音響再生技術から見てモニタスピーカーがいかにあるべきか、今回の新開発モニタスピーカーのねらいがどこにあるかについて述べる。

2.2 開発のねらい

モニタスピーカーに対する当社の考え方については放送技術(昭和 51 年 10 月号)に詳しく述べられているので、ここでは今回の開発品に関連した 2~3 の点をとりあげる。

第 1 点は広帯域再生である。音響機器の諸特性のうちで最も音質に影響するのが再生帯域とその平坦性(坦)性であることは言うまでもないが、この特性に関し再生機器中一番劣っているのがスピーカーである。特に再生帯域とひずみの点で問題のあったアナログ方式のテープレックに代わり、PCM 方式のテープレックが出現したことによって、録音系の技術レベルは大幅に向上した。低域において音質を劣化させる大きな要因であったモータのゴロやつわ、フラッタなどの問題が解決された現在、低域の再生限界を広げることは高忠実再生にとって特に重要であると思われる。このような見地から今回のスピーカーの開発にあたっては音圧特性の平坦化を含めて、広帯域再生を第一のねらいとした。すなわち低域限界は 20 Hz とし、音圧特性上はオーディオ帯域を完全にカバーすることを目指した。

第 2 点はひずみに関するものである。スピーカーを除く音響再生機器の低ひずみ化傾向は最近とくに著しく、高調波ひずみ率が 0.01% 以下の増幅器は珍しくない。連続正弦波によるテストではこのひずみの値が検知限以下であることは明らかである。また従来のレコードプレーヤーやテープレックは周波数帯域によっては 1% を上まわる高調波ひずみ率を持っているが、PCM 方式によるテープレックではこれが 1 けた(桁)以上小さくなっている。このように見て行くと音響再生系の高調波ひずみに関してはスピーカーの入力端まで検知限以下に抑えられるようになったといえる。問題は電気音響変換器(スピーカー、

ヘッドホンなど)にあり、ほかの機器の低ひずみ化の効果を生かすにはスピーカー自身の低ひずみ化を達成することが急務となっている。今回の装置では1W入力時に基本波に対して各高調波ひずみを-50dB(0.3%)以下に抑えることを目標とし、これを十分達成することができた。

第3のねらいはダイナミックレンジを拡大するための耐入力性の向上である。生演奏時のダイナミックレンジは聴取位置における最大音圧レベルと背景雑音との比で与えられるが、高忠実度再生には音響再生系が原音と同等以上の最大出力音圧レベルとダイナミックレンジを有することが望ましい。スピーカー自身はノイズと無関係であり、下限を決める要因がないので、最大出力音圧レベルを高めることが第一義となる。この装置は最大出力300Wの増幅器で駆動することを基本設計としているが、このような大パワーにも耐え、常に安定した再生音を十分なダイナミックレンジで提供することはモニタスピーカーの基本的性能であると考えられる。耐入力性向上を第3のねらいとしたのはこのような理由からである。

以上のねらいのほかに、今回の開発にあたって音質を改善するために位相特性に関して多大の考慮を払っている。次章では以上の4点につき技術的にどのように取組んだかその特徴について述べる。

3. 新開発モニタスピーカーの技術的特徴

3.1 再生帯域

音響再生機器に要求される再生帯域幅は、目標としては人間の可聴帯域を完全にカバーすることであろうが、現在の最高級スピーカーといわれるものでも30Hzがほぼ低域の限界となっている。一方、他の音響機器は可聴限界といわれる20Hzを十分カバーするところまで伸びており、スピーカーだけが30Hzでよい理由は特に見当たらない。問題は実際に再生する音源(レコード・テープなど)が30Hz以下の成分をどの程度含んでいるかということである。例え少ない成分であっても音質上非常に重要であれば、十分なレベルで再生する必要がある。そこで実際の音源がどの程度の低域成分を含んでいるか、数種のレコードについて周波数スペクトル分析を行ったのでその結果について述べる。

3.1.1 プログラムソースに含まれる低域成分

図2.(a)~(e)は数種のレコードの特に低域成分が多く含まれていると思われる部分について、1/3オクターブ幅のスペクトル分析を行ったものである。効果音ではかなりの低域成分が含まれていることが分かる。ロックミュージックなどでは低域の傾斜はほぼ18dB/octとなっており、25Hzを中心とする1/3オクターブバンドのレベルと100Hzを中心とするそれとの差は25~30dBである。ただ録音段階で再生系の特性を補償する目的で低域のレベルをかえている可能性もあり、「生の音」がこのようなスペクトル分布を有しているかどうか不明である。参考のために当社の応用機器研究所で開発したPCM方式のテープデッキで録音・再生したバスドラムとティンパニー演奏の分析結果を同じく図2.(f),(g)に示す。この録音ではイコライゼーションは一切用いていないので、かなり生の音に近いスペクトル分布を示していると思われる。低域の傾斜はレコードの場合とほぼ同じであり、予想以上に低域成分が含まれていることが分かる。以上のような分析結果から、30Hz以下の低域成分を再生することは音質を改善する上で大きな効果を持つであろうと考え、低域再生の目標を可聴限界といわれる20Hzに設定した。

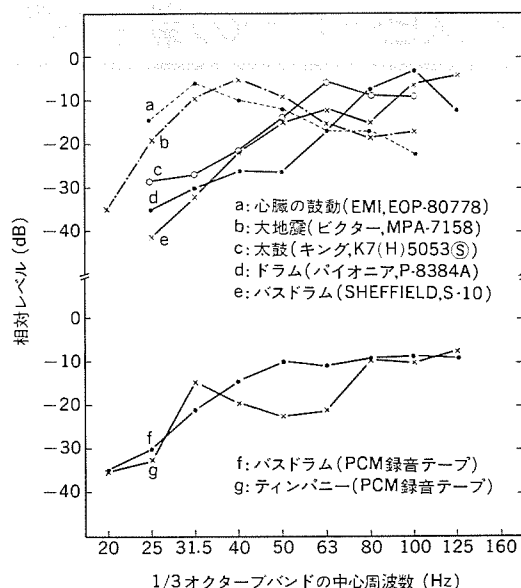


図2. 市販レコード及びPCM録音テープの低域のスペクトル分布

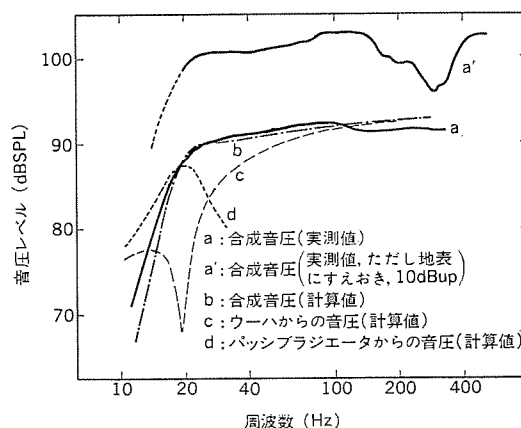


図3. 新開発モニタスピーカーの無限大パッフル中の低域特性(入力1W, マイク距離: ウーハ正面1m)

3.1.2 低域特性

20Hzの低域再生をいかに実現するかであるが、スピーカーシステムの低域限界は能率低域のせん(尖)鋭度及びキャビネットの内容積とのかねあい決まる⁽⁵⁾。通常の密閉形・アコースティックサスペンション方式及び位相反転方式について検討した結果、20Hzまで再生するには位相反転方式がキャビネット容積を小さくする上で最も有利であるとの結論に達した。まず大きなキャビネットとして内容積を400lとしダクトの内径を低音用スピーカーの実効半径と同じく16cmとすると、反共振を20Hzに合わせるにはダクトの長さが1m以上になる。内容積をかえずにダクト長を現実的な値50cmに選ぶとポート半径は11cmとなるが、それでもダクト内部の定在波のため中音域に特性の乱れが生ずることが試作の結果確かめられた。このような問題から結局今回開発したスピーカーシステムにはパッシブラジエータによる位相反転方式を採用した。またキャビネットもひとまわり小さく280lとした。図3.(a)に地中に埋めて無限大パッフルの条件のもとで測定した音圧特性、及び同図(b)~(d)に同じ条件での計算結果を示す。20Hzでは平坦レベルに対して約5dB程度の低下であり、初期の目標である20Hzまで十分再生能力を持つことが確かめられた。参考のためにスピーカーを地表に立てた時のスピーカーの正面軸上の音圧特性を図3.(a')で示す。低域は無限大パッフルとした時とほぼ同じ特性が得

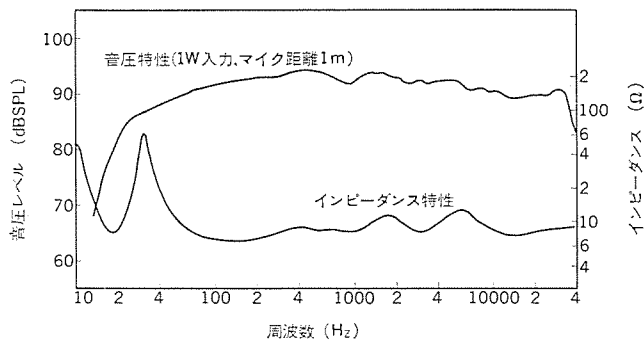


図 4. 新開発 モニタースピーカーの音圧及びインピーダンス特性

られており、実使用状態においては単に床におくことによって超低域が十分再生されることが分かった。

3. 1. 3 高域特性

高域の再生限界については高級品にランクされるスピーカーはほとんど 20 kHz 以上となっており、可聴限界以上をもってゆくことは技術的にそれほど難しい問題ではない。この装置ではアルミニウム合金のドーム形振動板を用いて 35 kHz 以上まで再生している。金属振動板を用いるときに最も注意しなければならないのは、材質が均一なためある周波数に分割共振による大きなピークが生じることである。このスピーカーでは振動板の周辺部に専用のスパイダを用いることによってこの問題を解決している。

3. 1. 4 総合音圧特性

図 4. にこの装置の音圧特性とインピーダンス特性を示す。無響室内での測定のため低域はゆるやかに低下しているが、20 Hz から 35 kHz まで可聴帯域を完全にカバーしていることが分かる。聴感試験の結果も特に低域限界の拡大により質・量ともに今までにない低音感が得られた。アンプ・デッキなどスピーカー以外のコンポーネントの低音域の音質を検討するには、絶好のスピーカーであると確信する。

3. 2 ひずみ

スピーカーの音圧ひずみの原因としては、駆動系（磁気回路）に起因するものと振動系に起因するものがあることはよく知られている。以下それぞれの原因に対して、この装置で採用している低ひずみ化の対策とその結果について述べる。

3. 2. 1 駆動系によるひずみ

駆動系のひずみはボイスコイルに交流電流が流れるときに発生する交流磁束が非直線性を持つために生じる⁽⁶⁾。これを少なくするためには交流磁束の絶対量を小さくする方法と非直線性を少なくする方法の二つが考えられる。具体的には前者の目的でポールピースやプレートボイスコイルに近接した部分を積層構造にしたり、銅はくで覆ったりする方法がとられる。後者の目的ではヒステリシスロスの少ない磁性材料を使うことが考えられる。この装置では後者の方法を採用し、低音用と中音用スピーカーに磁性材料として鉄・ニッケル合金を用い、適当な加工と熱処理により電流ひずみが極力少なくなるようにした。全高調波ひずみ率の測定では、低音用スピーカーで 0.02% 以下、中音用で 0.03% 以下となり、未対策の磁気回路と比べて 25 dB 以上の低減効果が得られた。

3. 2. 2 振動系によるひずみ

振動系によるひずみは支持系（エッジ、スパイダなど）の非直線性や放射系（振動板、キャップ、エッジなど）の分割振動が原因であるが、主なものは振動板の分割振動によるひずみである。分割振動には節円モード、節線モード及びこれらの結合されたモードがあるが、とにかく

振動板が分割振動した時にはひずみが発生する。このひずみには 2 次高調波成分が多いのが特徴であり、これを少なくするためには分割振動周波数を各スピーカーの再生帯域外に持って行くことが必要である。この装置では低音用スピーカーと中音用スピーカーにハニカム振動板を用い、大きな E/ρ （ヤング率対密度比）と厚みを得ることによってこの目的を達成した。以下このハニカム振動板の詳細について説明する。

ハニカム構造体は航空機の機体など軽量でしかも剛性の要求される分野で従来から用いられており、近年は宇宙衛星用レーダードームなどにも用いられている。スピーカーの振動板は E/ρ の点から同じ要求を持っているが、ハニカム構造体にはコストや量産性の問題があり、振動板としての実用化が遅れていた。当社は宇宙衛星用レーダードームで培われた技術により、これらの問題を解決してハニカム振動板の実用化に成功した。この装置で使用しているハニカム振動板の構造を図 5. に示す。スキンは 100 μ 厚の CFRP（カーボン繊維強化プラスチック）であり、コアは 25 μ のアルミニウム板を材料とし 3 mm の高さを有している。表 1. は天然繊維・アルミニウム単板及び図 5. に示すハニカム振動板の物性を示したもので、面密度をほぼ一定に保ったときの E/ρ 及びロスファクタを振動リード法で測定した値である。 E/ρ は従来の紙コーンの 4～8 倍、アルミニウム単板の約 1.5 倍の値が得られている。ロスファクタは紙とほぼ同じく、ヤング率が大きい割には損失の大きいのが特徴であり、振動板としての好ましい物性を兼ね備えている。図 6. に低音用スピーカーの振動板として、紙コーンとハニカムコーンを使用した場合の音圧特性と 2 次高調波ひずみ特性の比較を示す。ハニカムコーンの場合には分割振動によるひずみの発生は 1 kHz 以上であり、低音用スピーカーの使用帯域（20～400 Hz）よりはるかに上にあるため、振動板からのひずみの発生の心配はない。

3. 2. 3 総合ひずみ特性

この装置では 1 W 入力時のシステムとしての各高調波ひずみ率を 0.3% 以下におさえることを目標にした。図 7. にこの装置の高調波ひずみ特性を示す。高調波の最大レベルは -50 dB 以下となっており、平均的には -60 dB 程度（0.1%）であり、目標値を十分達成することができた。

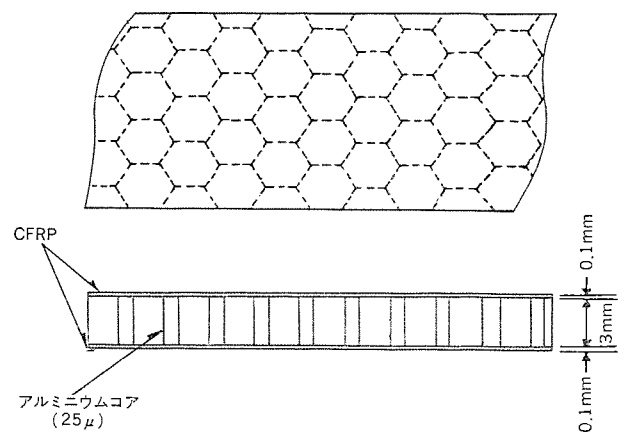


図 5. ハニカム振動板の構造

表 1. 各種振動板材料の物性

材 料	天 然 繊 維	ア ル ミ ニ ウ ム	ハ ニ カ ム (図 5.)
物 性			
$E/\rho(\text{cm/sec})^2$	$0.5 \sim 1 \times 10^{11}$	2.63×10^{11}	4.2×10^{11}
$\tan \delta$	0.03～0.05	0.01 以下	0.05

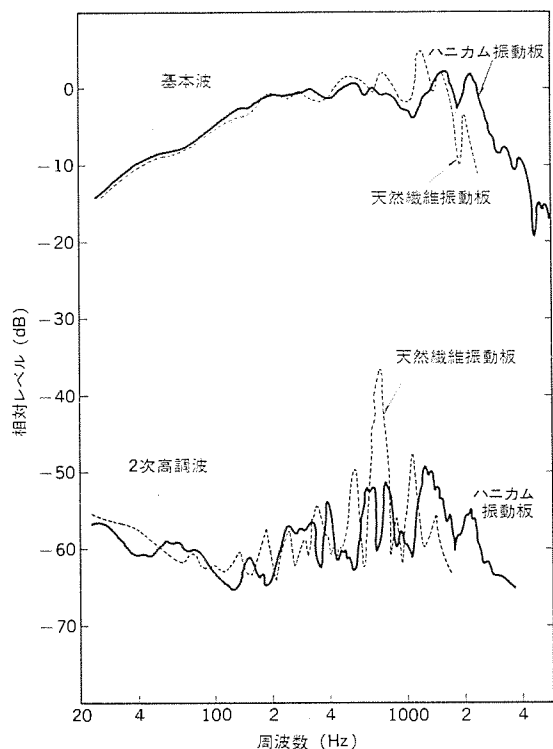


図 6. 低音用スピーカーでのハニカム振動板と天然繊維振動板による音圧とひずみ特性の比較 (1 W 入力, マイク距離 1 m)

図 8. はこの装置の動的ひずみ特性 (二階堂ひずみ) である⁽⁷⁾。a は平均的な楽音のスペクトル分布を有するように重みづけされたノイズをスピーカーに加え、全体の音圧を 0 dB とした時のスペクトル分布 (1/4 oct. 幅) を示している。b 及び c は同じノイズを 3/4 oct. の幅のフィルタでバンドエリミネートし、再生音圧をそれぞれ 90 dB SPL 及び 95 dB SPL (マイク距離 1 m) としたときに、バンドエリミネートフィルタと同じ中心周波数を持つ 1/4 oct. のバンドパスフィルタの出力レベルを示したものである。信号音に対してフィルタの出力の大きさを動的ひずみ

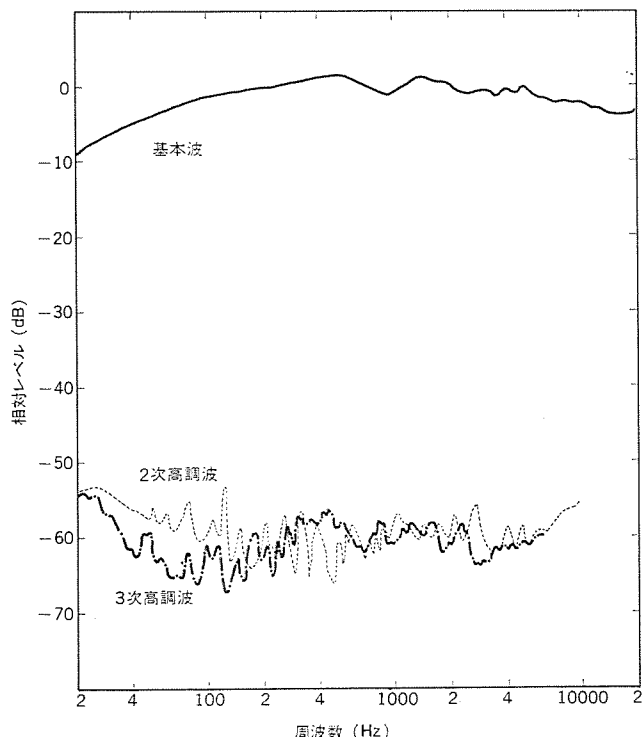


図 7. 新開発 モニタスピーカーの高調波ひずみ率特性 (1 W 入力)

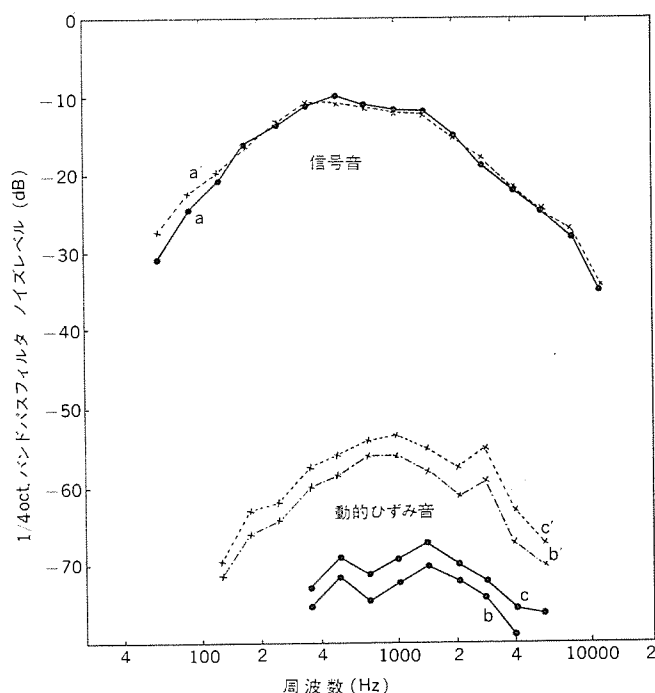


図 8. 新開発 モニタスピーカー と従来品 (AS-3001 改良形) との動的ひずみ特性の比較 (実線: 新開発品, 点線: 従来品)

と称するが、信号音に対して 60 dB 低い値となっている。図中 a', b' 及び c' は当社の従来からの モニタスピーカー 装置の測定結果を示すが、これと比べても約 15 dB 低いひずみを示している。

以上のように、最終的に得られたひずみのレベルは目標を十分達成しており、他の機器の低ひずみ効果を十分発揮しうるスピーカーと言える。

3.3 位 相

位相特性 (又は群遅延特性) と音質との関連については種々の議論がなされ、いまだに明確な結論はでていない。現段階で言えることは、聴感上検知し得る位相変化とそうでない位相変化とがあるだろうということである。スピーカーシステムに限っていえば、位相に関する議論のまとの一つはリニアフェイズが必要か否か、ということであろう。この問題についての詳しい議論は別の機会にゆずるとして、我々の考え方に若干ふれておきたい。

この装置のネットワークを検討する段階で、従来の 2 素子又は 3 素子の回路構成で最良の音圧特性と思われるものを実現しても、音質的には到底満足できるものが得られなかった。この原因についてスピーカー単体の特性や配置、キャビネットの共振などについて検討したが、いずれも十分な説明を与えるものではなかった。最後に各スピーカー間の位相関係に着目したが、これはスピーカーの一つを逆相につなぐことによって若干の音質の改良が得られることをつかんでいたからである。各スピーカーについて位相を測定したところ、クロスオーバー周波数付近でかなりの位相のずれがあることが分かった。このことから位相を調整しほぼ同相で駆動できないかということを考えオールパスフィルタの使用を思いついた。この簡単な回路構成による音質の改善効果は予想をはるかに上回るものであった。

図 9. はこの位相調整回路の構成とその位相特性を示す。 $L/C=R^2$ という条件のもとでは、抵抗両端の電圧は一定で位相が零とプラス又はマイナス 180° の間で変化する。図 10. はこの位相調整回路を持つこの装置の位相特性を示したもので、各単体の位相が連続的につ

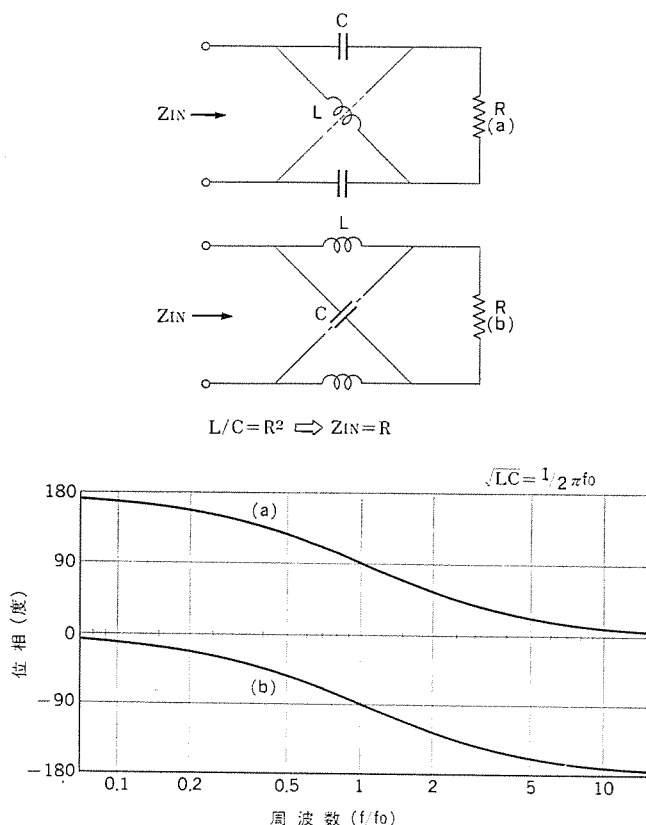


図 9. 位相調整回路の構成とその位相特性

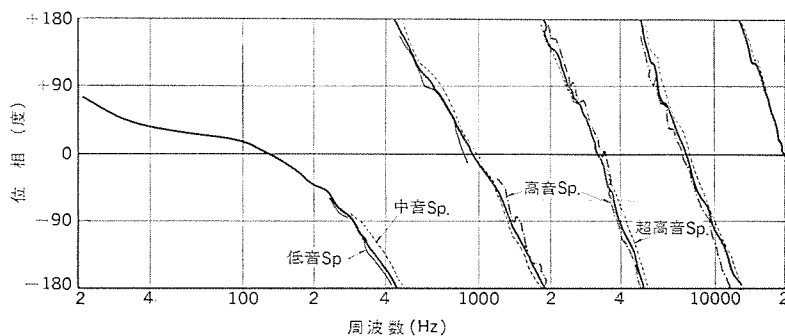


図 10. 新開発 モニタスピーカの位相特性 (太い実線は総合特性、他は単体ごとの位相を示す)

ながっていることを示している。問題は図 9. に示す位相調整回路によって音質が変わるかということである。これを確かめるためトランジスタを含む電子回路で図 9. に示す位相回路を作り、この回路を再生系に入れた場合と入れない場合の音質の差が検知できるかどうか種々の音源について検討した。その結果一部の人工音(例えばトーンバースト)では微妙な差が感じられたが、楽音では音質の変化を検知できなかった。これらの実験結果から位相調整回路の採用によって、失われるものよりもはるかに大きな音質の改善が得られることを確認した。リニアフェイズは原理的には望ましいことではあろうが、 $\pm 6 \text{ dB/oct.}$ のゆるやかな傾斜のネットワークを使わなければならないとか、スピーカの位置を変えることによって不要な反射を生ずるなどの問題があるとすれば検討の余地があろう。なお位相変化の検知限に関する詳細な結果については別の機会に報告する予定である。

3.4 耐入力性

この装置ではステレオ再生において 3 m の聴取位置で最大 120 dB

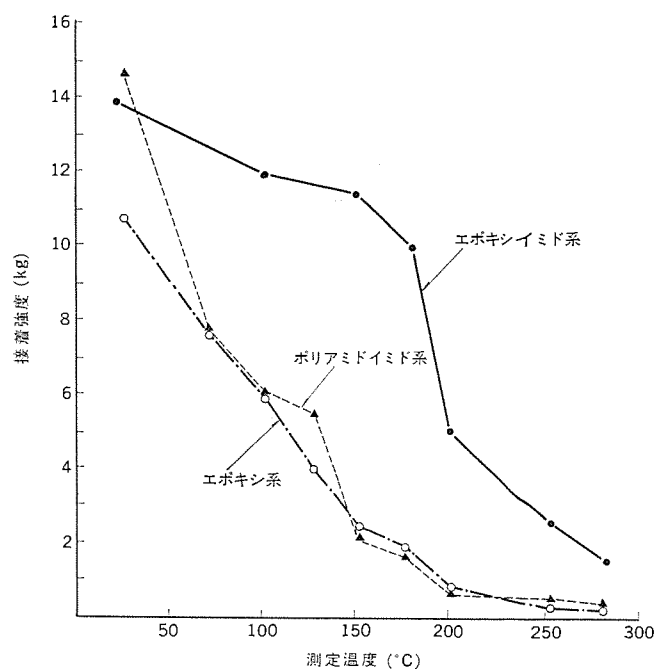


図 11. 各種接着ワニス の測定ふんい気温度による接着強度 (ヘリカルコイル 法)

SPL の音圧を得ることを目標としているが、それには約 300 W の電力増幅器が必要である。このためにはスピーカの耐入力性を高めるとともに、誤操作などで非常に大きな入力にスピーカに加えられる可能性もでてくるので、スピーカを保護するための何らかの方法が必要となる。ここではこの 2 点について述べる。

3.4.1 耐熱性接着剤

ボイスコイルの温度上昇は入力電力を一定にすれば、ボイスコイルの表面積・コイルと接するボbinの熱伝導率・ボイスコイルからセンタポールやポールピースへの距離・更に磁気回路全体の熱容量などによって決められる。この温度上昇に対して、コイル巻線間あるいは巻線とボbin間の接着強度・巻線の絶縁性・ボbinの機械的強度、更に巻線自体の最大許容電流が十分であるかどうかが問題となる。またボイスコイルの耐入力性を試験するときの信号として、直流・正弦波・ノイズ及び楽音信号などが用いられ、それぞれの利点と欠点があるが、注意すべき点は信号の種類・入力の大きさなどによって破壊の状況が異なることである。方法の選定にあたっては楽音信号での破壊状況に最も近く、しかも試験結果が定量的に短時間で得られるような方法を採用すべきである。いずれの試験方法の場合にも要求される基本的性能としては接着剤及び絶縁層の耐熱性があげられる。

実際のボイスコイルの温度は出力 300 W (8 Ω 負荷) の増幅器で楽音信号を使って駆動すると、短い時間ではあるが 300°C 程度まで達することがある。この温度上昇に耐える接着剤として当社中央研究所で開発されたユニレジン (エポキシイミド系) を用いて耐入力性を検討した⁽⁸⁾。図 11. はヘリカルコイル法により測定した接着強度であり、従来から用いられている耐熱性接着剤との比較を示す。250°C でも従来のものよりほぼ 1 桁大きな強度を有しており、耐熱性において明らかに優れている。絶縁皮膜はポリイミドとポリエステルイミドについて検討したが、耐入力性に有意差がみとめられず、はんだ付けの容易なポリ

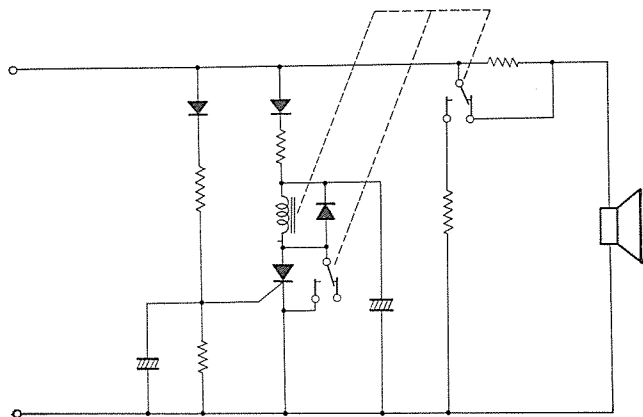


図 12. スピーカー 保護回路

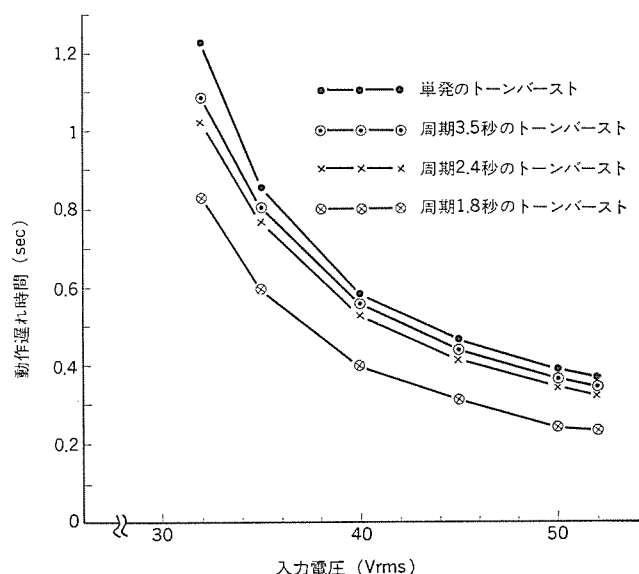


図 13. 保護回路の動作特性

エステルミッドを採用した。出力 300 W の増幅器を用いたライフテストでは 100 時間にわたる連続運転にも耐えており、目標の耐入力性を有していることが確認された。

3. 4. 2 保護回路

連続正弦波で 100 W 以上の大入力に耐えるような高音用及び超高音用スピーカーを開発することは困難である。このため増幅器の出力増加に伴い、ハウリングや誤操作などによってスピーカーを破損する機会も多くなる。ところが実際のプログラムソースでは大入力の持続時間はかなり短く、スピーカーはこのような短時間の大入力に対してはかなり耐えることができる。したがって、瞬間的な大入力は通過させ、比較的長時間接続しスピーカーを破壊するような入力はシャ断しても、正常な再生を妨げることはない。この装置ではこのような考え方から高音用及び超高音用スピーカーに保護回路を付属させた。

図 12. は保護回路の構成を示す。サイリスタのゲート電圧がある値以上になるとリレーが動作し、スピーカーに直列に抵抗が接続されスピーカーへの入力を制限する。これと同時にネットワーク側から見て負荷が一定になるよう並列抵抗を接続する。図 13. にトーンバーストを信号とした時の動作時間対入力電圧特性を示す。リレーの動作する時間(遅れ時間)は入力電圧の大きさと加え方によって異なる。入力電圧を大きくして行くに従って動作遅れ時間が短くなり、また繰り返

しを早くしても同様に短くなる。今回使用した定数ではリレーが働く限界の電圧を 30 V に設定しており、これ以下の電圧では保護回路は動作しない。スピーカーをこの入力で十分耐えるようにしておけば、スピーカーを破損する心配はほとんどなくなる。一例として 300 W 出力の増幅器を用いた種々のプログラムソースについての検討結果では、保護回路の動作は一度も確認されず、もちろんスピーカーの異常も認められなかった。正常な再生状態では保護回路は動作しないが、大入力がある一定時間以上続くような異常時に、スピーカーを保護するのがこの回路の特徴である。

4. む す び

以上、今回開発したモニタスピーカーの技術的特徴について述べたが、再生帯域・高調波ひずみ特性では可聴限界近くの特性格改善を目標とし、ほぼそれを達成することができた音質の上でもこれらの改善効果を確認した。またクロスオーバー周波数付近で各スピーカーの位相を合わせるにより、位相特性の面からも音質を大幅に改善することができた。耐熱性接着剤と保護回路の採用により得られた耐入力性向上は、モニタスピーカーとしての要求を十分満たすものである。なお参考のためにこの装置の基本仕様を表 2. に示す。

スピーカーに関して今後残された問題は、再生環境を考慮した上での音圧特性や指向特性の最適化の問題が考えられる。また音響再生系全般に言えることであるが、最近のように機器の性能が向上した段階では、どの特性の改善が音質に最も寄与するかを知るための新しい評価法を見い出して行くことが必要である。

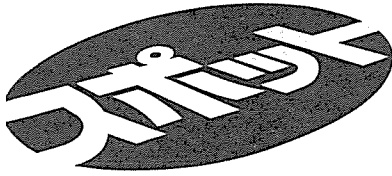
空間に満たされた音響情報を数ポイントのマイクでピックアップし、数個のスピーカーで再生する現在の方式からすれば、文字どおりの忠実再生は不可能であり、このような立場から高忠実度再生の意味と音響再生技術の進むべき方向を、もう一度考えなおして見る必要があると思われる。

表 2. 新開発 モニタスピーカー の基本仕様

方 式	4 ウェイバッシュブラジエータ方式
再 生 周 波 数 帯 域	20~35,000 Hz
音 圧 レ ベ ル	93 dB SPL (1 W 入力, 1 m)
イ ン ピ ー ダ ン ス	8 Ω
高 調 波 ひ ず み	-50 dB 以下 (各高調波)
最 大 許 容 入 力	300 W
ク ロ ス オ ー バ 周 波 数	400 Hz, 2 kHz, 7 kHz
キャビネット外形寸法	1,365 H×660 W×545 D
重 量	135 kg

参 考 文 献

- (1) 八嶋ほか：日本音響学会講演論文集, P. 507 (昭 51-10)
- (2) 大家ほか：日本音響学会講演論文集, P. 533 (昭 51-10)
- (3) Fincham, L. R. : Paper Presented at the 50 th Convention of the Audio Eng. Soc., London, (March 4 th 1975)
- (4) 佐伯：放送技術, P. 163 (昭 51-10)
- (5) Thiele, A. N. : J. Audio Eng. Soc., 19, P.471 (June 1971)
- (6) 土屋ほか：三菱電機技報, 50, No. 12, 670 (昭 51)
- (7) 二階堂ほか：NHK 技術研究, 27, No. 2, 1 (昭 50)
- (8) 不可三ほか：三菱電機技報, 49, No. 3, 193 (昭 50)



空調機複数台の運転制御装置 《ローテーションサーモ》

事務所ビルや病院などでは10t～20tの比較的小形の空調機(ヒートポンプチラーユニット)を複数台設置するケースが多くなっています。

これは

- (1)冷暖房負荷に応じたきめの細かい容量制御ができる。
 - (2)保守点検時に空調を中断しなくてすむ。
 - (3)床への荷重が分散できる。
- などの利点があるからです。

複数台の空調機を使用するには、それに適した制御装置が必要です。そこで三菱電機は空調機複数台の運転制御装置(ROTATION THERMO)を開発しました。

従来この種の装置の設計施工は工事施工業者にまかせられていましたが、この運転制御装置の開発により、各空調機の運転時間の平均化など次の様な点が改善できます。

特 長

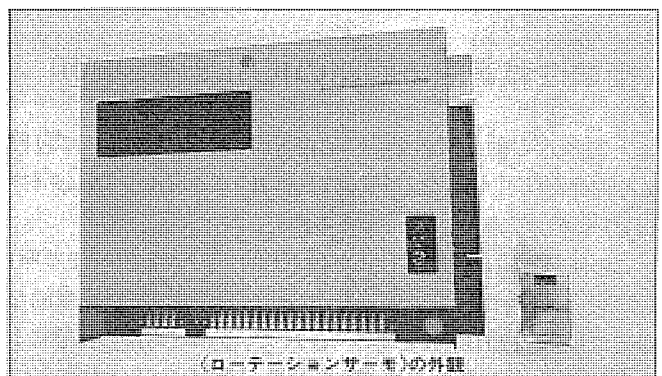
- (1)各空調機の運転時間を平均化します
全空調機が停止するたびに、最初に起動する空調機を順送りに変更します。
したがって運転時間のかたよりがなくなり、空調機全体の寿命が延び、保守点検の頻度が少なくなります。
- (2)設定温度を4段階に変えられます
空調機への帰り水温をステップサーモで検出し、冷暖房負荷に適応した4段階の運転指令ができます。
- (3)運転パターンの設定が容易です
上記各段の運転指令に対応する空調機の台数をマトリックスの形で目視できますから運転パターンの設定と変更が容易です。
- (4)過電流の発生を防止します
起動電流の重なりを避けるために、空調機の同時起動をなくします。
- (5)頻繁な起動・停止を防止します
検出部の故障や外来雑音などがあると頻繁な起動・停止が生じることがあり、圧縮機を傷めるおそれがあります。これを防止するためにステップサーモで停止した後に運転停止時間を強制的に設けました。
- (6)高信頼性です
ソリッドステート化するとともに、故障にそなえ順次起動部分などの主要部分を二重系にしました。
- (7)点検が容易にできます
本装置の前面パネルにある押ボタンで各機能の点検ができます。
- (8)小形軽量です
従来の制御装置にくらべ、たいへん小形で軽量ですから、機械室もその分小さくてすみ、床への荷重も減ります。

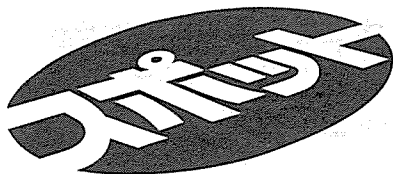
用 途

- 複数台の冷凍機を使用した冷凍システム。
- チラーやヒートポンプチラーユニットを使用した空調システム。
その他直接冷温水をファンコイルユニットに流すものからエアハンドリングユニットを使用する大形空調システムまで幅広く使用できます。

《ローテーションサーモ》の仕様

形 名	LT-870L
容量制御段数	4 段
ステップサーモ	冷房 9～12℃(OFF点) 1 deg C 間隔 暖房 47～50℃(OFF点) 1 deg C 間隔
運転パターン設定	マトリックスボード
順次起動	10sec 間隔
ローテーション	ユニット全数停止に同期して順送り
再起動防止	12min
ユニット台数	ユニット 8 台まで設定可能(ユニットをグループ別にすれば 8 台以上も可能)
表 示	LED 数字およびランプ
運転指令出力	リレー接点 10/3 A (cosφ1/cosφ0.4)
センサ	高感度サーミスタ
電源	AC 単相200 ⁺²⁰ ₋₄₀ V、50/60Hz
外形寸法(mm)	最大(タテ)350×(ヨコ)510×(タカサ)110





衝撃性雑音除去回路の 開発とその応用

三菱電機は車でFM放送を快適に楽しむため、車の点火系統や車外の電波などによる雑音を除去する回路を開発し、集積回路技術によりモノシリツクIC化しました。この回路は、当社のRX-49K形カーステレオを初め、自動車メーカー向け純正カーラジオ、カーステレオに既に採用しています。

衝撃性雑音除去回路の原理

一般にFM受信方式ではリミッター回路により、振幅変調雑音を抑制することが可能です。しかし、車の点火系統から発生するような衝撃性の雑音は

- 非常に広帯域である
- 車の公害対策により妨害レベルが高くなる

を原因として、FM放送の搬送波と干渉しあうため、位相変調が生じ、リミッター回路では除去できません。

三菱電機の衝撃性雑音除去(ノイズキラー)回路は、FM受信機の検波段から得られる信号に帯域フィルターを通し、周波数スペクトラムの差によって雑音の混入を検知して音声信号処理を行うものです(図1参照)。この回路では、FM検波された信号は前置増幅器を経過した後、FM放送のサブチャンネル(米国向けはSCAチャンネル)以上の周波数帯域を持つハイパスフィルターに入り、このフィルターを通過した信号が、雑音成分となります。これを雑音制御回路で増幅して全波整流し、雑音に対応した適切なレベルを定めてトリガーパルスを形成します。このトリガーパルスにより、シュミットトリガー回路を介してゲート回路に正の制御パルスを供給し、ゲート回路の入出力間をしゃ断します。

一方、衝撃性雑音の混入した音声信号は遅延回路および遅延増幅回路の作用で最適の時間にゲート回路へ到達するように構成しています。つまり、衝撃性雑音が重なった部分だけ、ごく短時間(数10 μ sec)、信号をしゃ断し、衝撃性雑音を除去するものです。

さらに、補助回路として①短時間信号をしゃ断している間、信号レベルをしゃ断する寸前のレベルに保ち、歪みを軽減する信号レベル保護回路②衝撃性雑音の頻度が高くなった時、信号が長くとぎれなくする連続パルス雑音制御回路を設けて、高感度の受信が行えるように構成しています。

衝撃性雑音除去回路のIC化とその応用

上記のような動作原理をもとに回路を開発し、図1の点線で包囲した部分をIC化しました(M51011P形IC)。このICはDILタイプ14ピンに納めてあります。(写真1参照)。

この回路を組込んだ当社RX-49K形カーステレオ(写真2参照)の場合、その雑音除去効果は尖頭値電圧計を使用した定量的な測定では、約12dBの改善がみられました。さらに、実際の聴感による実験では、特に中電界での除去効果が高くなっています。

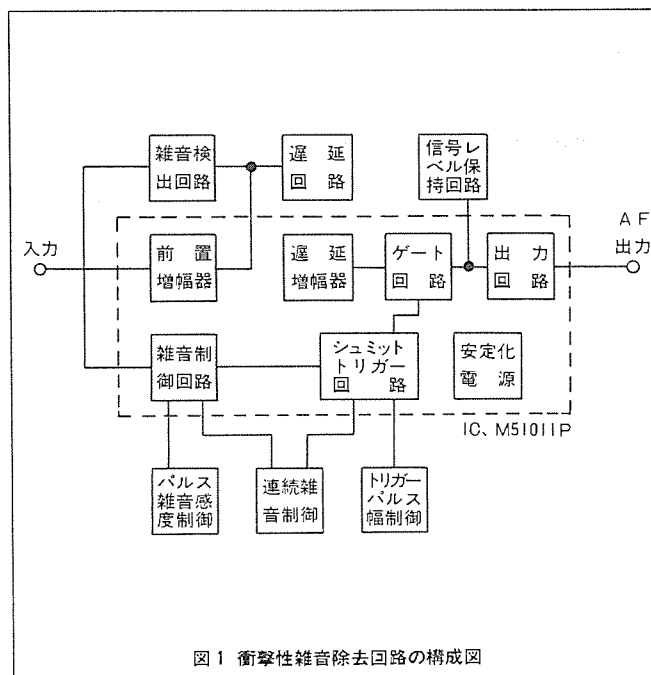


図1 衝撃性雑音除去回路の構成図

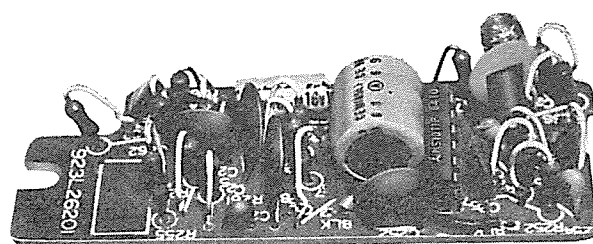


写真1 M51011Pとその周辺回路

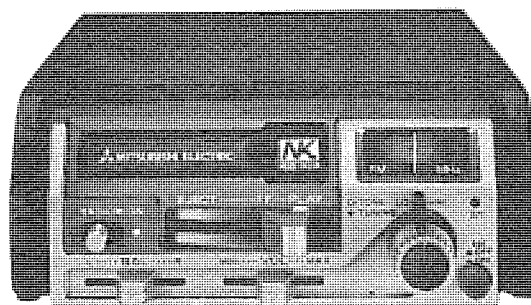


写真2 衝撃性雑音除去回路<ノイズキラー>内蔵のFMステレオ付カセットカーステレオRX-49K形



掛けふとんと敷きふとんを同時に乾燥 三菱ふとん乾燥機〈AD-600形〉

三菱電機のふとん乾燥機AD-600形は、2枚のふとんの間にエアーマット(特殊織りのナイロン布)を敷き、その中へヒータ(50Hz地区625W、60Hz地区635W)で熱した空気を送り込み、エアーマットの織目から吹き出る温風(約70℃)をふとんわた内部に貫流させ、ふとんを乾燥します。使用時間は2～3時間で、天日乾燥より早くすみます。

特に次のような所に適しています。

- ①梅雨期間の長い地域
 - ②日照時間の短い豪雪地帯
 - ③日照条件の悪い住宅過密地帯
 - ④湿気の多い地域
 - ⑤ふとんを干したくても自由に干せない住宅
- 使用中ふとんに乗りエアーマットに圧力を加えたり、温風吹出し口をふさがずと送風が妨げられ、本体の温度が上昇しがちです。このような場合にそなえ、サーマルオートカット(手動復帰式)と温度ヒューズの2重安全装置により安全を確保しています。

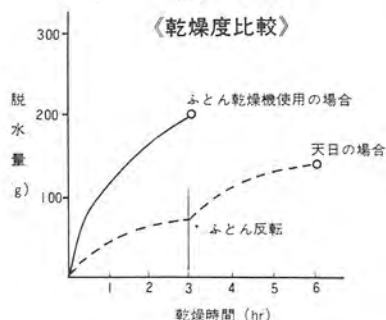
特長

- (1)ふとんを敷いたまま2枚のふとんを同時に乾燥できます。
 - (2)毎分約0.8m³の温風がエアーマットから均一に吹き出ますから、ふとん全体が短時間(2～3時間)で乾燥できます。(下図参照)
 - (3)温風乾燥ですからふとんが暖まり、冬場などは心地よく就寝できます。また、3段切替スイッチ(切・送風・温風)付ですから、夏場は乾燥後、送風をしてふとんの熱をさますこともできます。
 - (4)スイッチの消し忘れを防止するために、タイマーを取付けました。(タイマーは3時間まで)
 - (5)持ち運びや収納が便利のように本体を小形軽量にしました。
(外形寸法:長さ304×高さ255×幅169mm。重量:約3.5kg)
- 別売りの衣類乾燥ケース(AD-100形)をお使いいただければ室内で洗たく物が簡単に乾かせます。

●ふとん乾燥性能比較

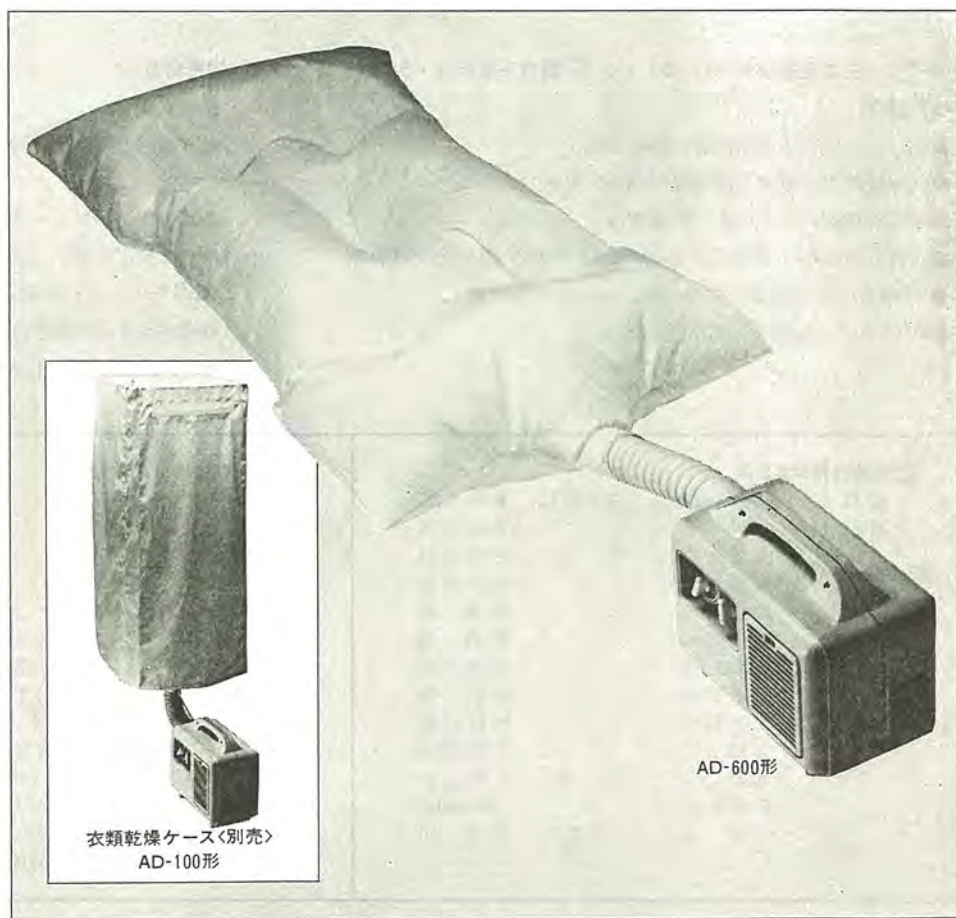
条件

- 1.冬期におけるふとん一枚の比較
- 2.天日は竿にかけて、途中で反転



●仕様表

形 名	AD-600
電 源	100V (50/60Hz)
消 費 電 力	625/635W (50/60Hz)
電 流	6.25/6.35A (50/60Hz)
乾 燥 容 量	ふとん2枚(1回に上下各1枚)
タイムスイッチ	モーター式 3時間・連続
切替スイッチ	切・送風・温風
コ ー ド	平形ビニールコード 有効長1.9m
安全装置	手動復帰式サーモスタット(55℃OFF) 温度ヒューズ(226℃溶断)
外形寸法	本 体:長さ304×高さ255×幅169mm エアーマット:縦1500×横700mm ノズル:長さ360×太さ66mm
重 量	3.5kg(本体)
そ の 他	ノズル、エアーマット付き フィルター着脱式
別 売 部 品	衣類乾燥ケース(ハンガーつき) AD-100形 標準価格4,000円



登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1104827	水冷却塔	玉山 敬	1105843	ビーム電流制限回路	丹羽 喜一
1104828	レンジフード	入沢 淳三・長瀬卯三郎	1105844	エレベータの気流整流装置	藤松 高明
1104829	レンジフード用フィルタ装置	林 悦二	1105845	ミシン	森田 稔
1104830	換気扇	林 悦二	1105846	しゃ断器の可調整電磁引はずし装置	藤沢 稔・住吉 司
1104831	天井埋込形換気扇のグリル取付装置	入沢 淳三・穴戸 幸男	1105847	コンデンサ形計器用変圧器	玉置 栄一・塩見 実
1104832	冷凍装置	牛越 康徳	1105848	モールド形変成器	本城 守
1105387	冷房負荷計算盤	中西 幸弘	1105849	エレベータ位置表示装置	舟橋 謙三
1105388	コンデンサ形計器用変圧器	平野 要蔵	1105850	プリセット機構	丸山 明男
1105389	コンデンサ形計器用変圧器	三浦 良和・岩田 光弘	1105851	電気部品の取付構造	大津 一男
1105390	半導体装置	玉置 栄一・塩見 実	1105852	換気装置用熱交換器	吉野 昌孝・白金 温
1105391	空気調和機	塩見 実	1105853	電気器具の吊下具取付装置	南 牧 安
1105392	空気調和機の熱交換器取付装置	杉本 和彦・上田 守	1105854	モールド変成器	増田 三郎・川合 輝一
1105393	空気調和機の熱交換器固定装置	高橋 克巳	1105855	半導体装置	小池 利男
1105731	換気扇の遮光ルーバー	野田富士夫・杉山 悦朗	1105856	磁気再生装置	野口 肇・小野 達男
1105836	電気マッサージャー	高橋 克巳・杉山 悦朗	1105857	気泡発生装置	前田 甫
1105837	照光模擬母線装置	白石 和雄	1105858	負荷時電圧調整装置	高石 皎・佐藤 昌樹
1105838	閉鎖形配電盤のしゃ断器ユニット	川合 輝一・橋本 一	1105859	部品供給装置	日下 俊一・福山 敬治
1105839	タイムスイッチ	立石 俊夫	1105860	防水ブッシュ	増田 三郎・川合 輝一
1105840	トルクリミッタ	水溜 和哉・白石 和男	1105861	電動マッサージャー	長田 恒資
1105841	自動列車停止装置	林 正之・新川 成美			北村 守・森田 豊
1105842	クラッパ形電磁接触器	車戸 秀男			今井 将・松尾 治
		金子 弘美・石本 正明			井上 員成
		有本 智美・庄司 伸喜			武井 久夫・川合 輝一

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 51 No. 6 電力系統保護・500 kV ガス絶縁変電所特集

特集論文

- これからの電力系統保護・制御装置
- 計算機による電力系統運用制御システム
- 系統事故時のひずみ波と保護装置
- 関西電力(株)大飯原子力発電所納め 550 kV ガス絶縁開閉所
- 550 kV ガス絶縁母線の実系統における性能試験
- 500 kV ガス絶縁変電所用避雷器

普通論文

- 関西電力(株)大飯原子力発電所納め 1,300 MVA タービン発電機
- 制御用コンピュータシステムにおけるデータウェイ
- 有線放送用電子交換システム MDS-21
- MH-A シリーズ電気ホイス
- 高速かご形回転子の強度
- 電鉄回生変電所用サイリスタインバータ設備

三菱電機技報編集委員

委員長	小原 敬助	常任委員	茶谷 三郎
副委員長	松岡 治	"	平林 庄司
"	後藤 正之	委 員	遠藤 裕男
常任委員	武藤 正	"	村上 卓弥
"	佐々木 二郎	"	熊本 永
"	葛野 信一	"	橋爪 基
"	伊原 総三郎	"	吉田 太郎
"	北川 和人	"	山崎 肇
"	三矢 周夫	"	松村 長延
"	清田 浩	"	小野 勝啓
"	阿部 修	幹 事	本間 吉夫
"	武田 克己	"	三田村 和夫
"	福家 章	5号特集担当	清田 浩

三肥電機技報 51 巻 5 号

(無断転載を禁ず) 昭和 52 年 5 月 22 日 印刷
昭和 52 年 5 月 25 日 発行

編集兼発行人	本間 吉夫
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	東京都千代田区大手町 2 丁目 6 番 2 号 (〒100) 菱電エンジニアリング株式会社 「三菱電機技報社」Tel. (03) 243 局 1785
発売元	東京都千代田区神田錦町 3 丁目 1 番地 (〒100) 株式会社オーム社書店 Tel. (03) 291 局 0811, 振替口座 東京 20018
定 価	1 部 400 円送料別 (年間予約は送料共 5,200 円)

我が国初の静止衛星「きく2号」 技術試験衛星II型打上げ成功!

我が国初の静止衛星をめざす技術試験衛星II型 (ETS-II) は昭和52年2月23日宇宙開発事業団種子島宇宙センターからNロケット3号機によって打上げられ固体ロケット (アポジーモータ) の噴射、および数次にわたるガスジェット姿勢制御などを経てインドネシア領ハルマヘラ島東方東経130°の高度約35,800kmの地点に静止することに成功した。

ETS-IIは直径1.41m、高さ0.93m、打上げ時重量が約254kgの円筒形スピン衛星で、宇宙開発事業団から三菱電機が主契約者として受注し、そのご指導のもとに副契約者のフォード・エアロスペース&コミュニケーションズ社と共に昭和49年から開発を進めてきたものである。このたびの成功により我が国は米ソにつぐ世界で3番目の静止衛星打上げ国となったわけで、実用衛星の分野で大きな躍進をとげた。

なお、ETS-IIには静止衛星用としてのアポジーモータ、スラスターをはじめテレメトリ・コマンド系、姿勢・軌道制御系などの基本機器ならびに電波伝搬実験用、打上げ環境測定用などの実験機器が搭載されており、つぎのような試験を通じて実用衛星のための総合的なシステム技術が確立される。

- 静止衛星打上げ、追跡管制技術の習得
- 静止衛星の姿勢・軌道制御の機能試験
- メカニカル・デスパン・アンテナの機能試験
- 搭載通信機器の性能試験

