

MITSUBISHI

三菱電機技報

MITSUBISHI DENKI GIHO Vol.59 No.5

5

1985

冷凍・空調特集



冷凍・空調特集

目次

特集論文

冷凍・空調技術の展望.....	1
岩崎善彦	
空調の気流・温度分布シミュレーションシステム.....	3
山崎起助・小松正樹・大坪道夫	
大形環境試験設備.....	8
小澤 明・平山良雄・新井卓史・高橋康英	
シングルスクリュー圧縮機.....	14
相良泰一・野田定文・平井哲夫	
冷蔵庫用小形ロータリ圧縮機.....	19
石嶋孝次・佐野文昭・大石善堂・平原卓穂	
インバータ制御冷凍機.....	23
木村誠夫・山口敏明・浜口真理雄	
汎用パッケージエアコン New Pシリーズ.....	27
知久道明・中村 節	
産業空調用パッケージエアコンPAT・PWT-Bシリーズ.....	31
知久道明・今西正美・田頭秀明・吉村 晃・望月道明	
複数台集中設置形パッケージエアコン室外機.....	36
中島康雄・杉山徹雄・榎本寿彦	
薄形天吊りカセット式パッケージエアコン.....	41
山田 信・中島 勇・大島勝久	
ヒートポンプ式浴室衣類乾燥ユニット.....	46
佐久間 清・清水 誠	

普通論文

NC工作機械用ワーク着脱ロボット.....	51
岩佐辰弥・大富貞行・西脇宗夫・浜口修喜・岩田俊治	
電子ビーム溶接におけるオンラインシームトラッキングシステム.....	56
平本誠剛・山根義雄・森安雅治・大峯 恩	
三菱パーソナルコンピュータ《MULTI 16 II》日本語コンカレントCP/M-86... 61	
丸子和美・安藤澄夫・村尾茂明	

特許と新案

電気掃除機

スポットライト

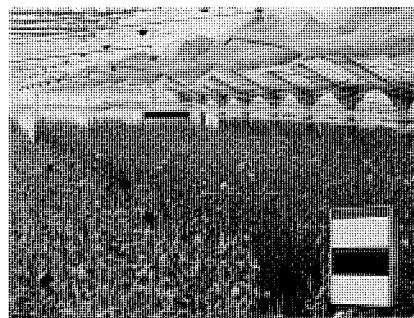
非常用ガスタービン発電設備の自動点検装置.....	66
ディジタル光送受信モジュールMF-500DF-T/-R.....	67
三菱冷蔵庫チルドルーム付きジャンボフリーザーMR-3035CF形.....	(表3)

表紙

ヒートポンプの施設園芸への利用

施設園芸は太陽熱エネルギーを利用して、冬季（特に夜間）は外気温度とともに室温が低下し、栽培作物の低温限界を下回るため、暖房設備が必要となる。現在暖房熱源は重油や廃油利用のボイラがほとんどであるが、燃費の節約又は作業の省力化のためにヒートポンプの利用が普及しはじめている。

表紙は栃木県の——200坪×2棟のガラス一層ビニールカーテンの施設園芸で、水熱源ヒートポンプパッケージエアコン22,100kcal/h 2台と水熱源ヒートポンプチラー49,000kcal/h 1台を、カーネーションの栽培に利用していただいている情景である。



アブストラクト

冷凍・空調技術の展望

岩崎善彦

三菱電機技報 Vol.59・No.5・P1～2

我国の冷凍空調の歴史は一世紀になるが昭和59年度では生荷高が16,000億円の規模となった。技術動向として、ヒートポンプの産業用途への利用、省エネルギー、省工事性への対応、高精度環境制御であるが、将来の冷凍、空調のための課題は、ソフト技術、ヒートポンプの研究、システム化指向である。従来の分野よりも新しい分野への進出が多くなり、対応技術も幅広くなる。

冷蔵庫用小形ロータリ圧縮機

石嶋孝次・佐野文昭・大石善堂・平原卓穂

三菱電機技報 Vol.59・No.5・P19～22

昭和55年に業界に先駆けて、冷凍冷蔵庫用横据付形ロータリー圧縮機の実用化に成功したが、このほど、小形軽量、高効率といったロータリ圧縮機の特長を、更にもう一歩追求した超小形、高効率、低騒音タイプのロータリ圧縮機“XLZシリーズ”の開発実用化に成功したのでここに紹介する。

空調の気流・温度分布シミュレーションシステム

山崎起助・小松正樹・大坪道夫

三菱電機技報 Vol.59・No.5・P3～7

スーパーコンピュータ（クレイ1）を利用して空調室内の温度・気流分布を、汎用性の高い解析手法に基づき精細に解析するシミュレーション計算システムを開発した。計算システムの理論的な背景と概要、計算結果の例と実測データとの比較について述べる。このシステムを利用し、製品開発あるいは設備設計を行うことによって、より快適な空調環境を実現できる。

インバータ制御冷凍機

木村誠夫・山口敏明・浜口真理雄

三菱電機技報 Vol.59・No.5・P23～26

インバータ制御方式の冷凍機を開発・製品化した。インバータ制御冷凍機は、冷凍機専用に開発したインバータと電子コントローラを内蔵し、圧力センサからの信号により、負荷変動に追従する最適運転（33～11.6%無段階制御）が可能である。主な特長としては省エネ効果とともに、食品の鮮度保持向上並びにピーク負荷時の能力が向上できた。

大形環境試験設備

小澤 明・平山良雄・新井卓史・高橋康英

三菱電機技報 Vol.59・No.5・P8～13

屋外に設置・運転される変電機器・電気機器を高温、凍結、降雪、降雨などの環境条件において、信頼性試験をするための大形環境試験設備を建設したので紹介する。試験室は有効寸法8m×8m×8mで、温度範囲-40～+80℃、毎時変化量10℃のパターン運転及び湿度範囲20～95%RHでの運転が可能である。これにより世界各地での気象を想定した試験が出来る。

汎用パッケージエアコン NewPシリーズ

知久道明・中村 節

三菱電機技報 Vol.59・No.5・P27～30

現在の業務用パッケージエアコンの主力機種である“Pシリーズ”は、開発以来10年を経て買換え期を迎えている。この期に市場ニーズにきめ細かく対応すべく、プレナム専用形、ダクト専用形の2系列化し、特にプレナム専用形は大市場である、事務所、製造業、店舗に合わせた崭新なデザインで新規開発を行っているので、その概要を紹介する。

シングルスクリュウ圧縮機

相良泰一・野田定文・平井哲夫

三菱電機技報 Vol.59・No.5・P14～18

効率向上、信頼性向上、小形軽量化を目的として、半密閉形シングルスクリュウ圧縮機を開発した。この形式の基本的な原理・特長を紹介するとともに、新しく技術開発した液冷媒噴射方式、エコノマイザサイクルの採用など技術ポイントについて解説し、最後に今回開発した製品の構造・性能について説明する。なお、この圧縮機は、仏国オンファール社から基本特許を導入して開発を進めているが、試作検証を重ねた結果、製品化に至ったものである。

産業空調用パッケージエアコンPAT・PWT-Bシリーズ

知久道明・今西正美・田頭秀明・吉村 晃・望月道明

三菱電機技報 Vol.59・No.5・P31～35

高度集約技術産業などの発展により電算機室、環境試験室、電子関連産業、各種精密機器産業、印刷産業、食品プロセスセンターなどへの空調ニーズは年々高くなっている。当社ではこの市場ニーズに対応するために、産業用途向けの年間空調可能なパッケージエアコンを開発した。このパッケージエアコンは、空冷式PAT-B、水冷式PWT-B形の2シリーズをそろえており、今回その製品概要を説明する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 5, pp. 19 ~ 22 (1985)

A Compact Rotary Compressor for Home Refrigerators

by Koji Ishijima, Fumiaki Sano, Yoshitaka Oishi & Takuho Hirahara

In 1980, Mitsubishi Electric was the first in the world to succeed at making a practical, horizontally mounted rotary compressor for refrigerator-freezers. Recently, we improved the technology for this compact, lightweight, highly efficient rotary compressor to produce even smaller and more efficient models, the practical, low-noise Series XLZ.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 5, pp. 1 ~ 2 (1985)

Technical Trends in Refrigeration and Air Conditioning

by Yoshihiko Iwasaki

Refrigeration and air conditioning in Japan have a history of only 100 years, but in fiscal 1984 production totaled 1,600 billion yen. Present technical trends include the use of heat pumps for industrial applications, energy saving, the requirement for simpler installation methods, and more precise control of the environmental climate. Future subjects for refrigeration and air-conditioning development will include software technology, heat-pump research, and systematization. The technology will find a wider range of applications and will itself expand in the process.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 5, pp. 23 ~ 26 (1985)

An Inverter-Controlled Refrigeration Unit

by Masao Kimura, Toshiaki Yamaguchi & Mario Hamaguchi

This refrigeration unit contains an internal inverter (developed for freezer units) and an electronic controller. Signals from a pressure sensor make possible optimum operation (33~11.6% stepless control) that follows load fluctuation. The design not only achieves low-energy operation but also offers improved preservation of food freshness, and upgraded output to meet peak-load requirements.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 5, pp. 3 ~ 7 (1985)

A Numerical Computation System for Determining Airflow Distribution in Air-Conditioned Rooms

by Kisuke Yamazaki, Masaki Komatsu, & Michio Otsubo

By using a Cray-1 supercomputer and an analytical method with excellent generality, we have developed a computerized simulation system that accurately analyzes the temperature and airflow distribution in air-conditioned rooms. The article discusses the algorithms of the computer system, cites a number of examples of the computer calculations, and compares the latter with actual measurement data. The new system facilitates product development and equipment design to achieve a more pleasant air-conditioned environment.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 5, pp. 27 ~ 30 (1985)

New Packaged Air Conditioners for Series P

by Michiaki Chikyu & Takashi Nakamura

It has been ten years since the development of Series P, the mainstay of the Mitsubishi line of packaged air conditioners for business, and we are facing a period when operators will wish to buy replacement equipment. To respond fully to current market needs, two systems have been developed: a plenum type and a duct type. Since the plenum type has an especially large market, the Corporation developed for it innovative designs suitable for offices, workshops, and stores. The article outlines these developments.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 5, pp. 8 ~ 13 (1985)

A Climatic Test Laboratory

by Akira Ozawa, Yoshio Hirayama, Takashi Arai & Yasuhide Takahashi

The article introduces the large-scale Climatic Test Laboratory built to conduct reliability experiments under different climatic conditions (i. e., rain, snow, severe cold, heat, etc.) on transformers and electrical equipment located and operated outdoors. The effective dimensions of this test laboratory are 8×8×8m. The lab can be operated over the temperature range -40~+80°C, varying the temperature by 10°C per hour for pattern operation and with a range of relative humidities from 20~95%. Using this laboratory, experiments can be conducted under any of the world's climatic conditions.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 5, pp. 31 ~ 35 (1985)

Series PAT-B and PWT-B Packaged Air Conditioners for Industrial Use

by Michiaki Chikyu, Masami Imanishi, Hideaki Tagashira, Akira Yoshimura & Michiaki Mochizuki

Due to the development of technologically sophisticated and intensive industries, the air-conditioning needs of food-processing centers, computer rooms, climatic test laboratories, precision-instrument industries, electronics-related industries, and the printing industry are increasing annually. In response to such needs, Mitsubishi Electric has developed two year-round packaged air-conditioning systems. These packages are available in two series: the air-cooled Series PAT-B, and the water-cooled Series PWT-B. The article briefly describes these products.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 5, pp. 14 ~ 18 (1985)

A Single-Screw Compressor

by Taiichi Sagara, Sadafumi Noda & Tetsuo Hirai

With goals of higher efficiency and reliability and lower size and weight, a semihermetic, single-screw compressor has been developed. The article introduces this compressor's basic principles and characteristics, explains such newly developed technical features as liquid-refrigerant injection and how the economizer cycle is employed, and explains the construction and performance of the product. The compressor is undergoing further development based on fundamental patents held by France's Omphale company. Based on testing with many prototypes, Mitsubishi Electric will soon put this compressor into production.

アブストラクト

複数台集中設置形パッケージエアコン室外機

中島康雄・杉山徹雄・榎本寿彦

三菱電機技報 Vol.59・No.5・P36～40

セントラルダクト空調方式から小形パッケージエアコンの分散設置方式への需要構造の変化にともない、狭いビルの屋上など限られたスペースにより多くの室外機を設置することが必要となり、同時に冷媒配管の許容長も拡大することが求められていたが、この度、3HPクラスで当社比設置台数、許容高低差とも2倍の新室外機“トップフローシステム”を開発したので、特長、技術的課題などを紹介する。

NC工作機械用ワーク着脱ロボット

岩佐辰弥・大富貞行・西脇宗夫・浜口修喜・岩田俊治

三菱電機技報 Vol.59・No.5・P51～55

旋盤、マシニングセンターなどの工作機械のCNC化率は最近増加の一途をたどっており、これらの工作機械をいかにして長時間無人運転するかが重要な課題となってきた。今回開発した《MELFA》工作機械用ワーク着脱ロボットは、NC工作機械の長時間無人運転の実現をねらったものであり、工作機械のワーク着脱作業の省人化、多品種少量生産への容易な対応、加工品質の向上などに資するものである。本稿では、これらの特長、仕様、応用例について紹介する。

薄形天吊りカセット式パッケージエアコン

山田 信・中島 勇・大蔭勝久

三菱電機技報 Vol.59・No.5・P41～45

スリムエアコン《Mr.SLIM》において、第2の柱に急成長した天吊りカセット形に、今回新規開発した翼形プロペラファンを導入し、製品の高さを39.8cmから29.8cmと10cmの薄形化を行い市場ニーズに対応した製品化が図れた。また、そのほかに工事品質、空調品質の向上のため種々のメリットアップを図っているのでその内容について紹介する。

電子ビーム溶接におけるオンラインシームトラッキングシステム

平本誠剛・山根義雄・森安雅治・大峯 恩

三菱電機技報 Vol.59・No.5・P56～60

電子ビーム溶接における反射電子を利用したオンラインシームトラッキングシステムを開発した。これは溶接時に一定周期で溶融池前方にて溶接線を横ぎるように電子ビームを高速走査し、継手部から反射される電子流の変化から溶接線の位置を割り出してNC装置により溶接線を做うものである。ソフトウェアによる検出エラー処理を行うことにより、誤動作を防止するなど信頼性向上を図った結果、精度 $\pm 0.05\text{mm}$ の高精度做いが可能となった。

ヒートポンプ式浴室衣類乾燥ユニット

佐久間 清・清水 誠

三菱電機技報 Vol.59・No.5・P46～50

“浴室を衣類乾燥機に”をテーマとし、今回天井埋込カセット形のヒートポンプ式浴室衣類乾燥ユニットを開発した。このユニットの特長は、入浴以外には使用されない浴室の有効利用を図る省スペース形であるとともに、除湿機能を持ち、湿度、風速を主体に乾燥を促進するため、従来の電熱式やドラム式電気衣類乾燥機の温度を主体とした方式と比較し大幅な省エネルギー化を達成している。本稿では、開発品のねらい、仕様、性能などについて紹介する。

三菱パーソナルコンピュータ《MULTI 16II》日本語コンカレントCP/M-86

丸子和美・安藤澄夫・村尾茂明

三菱電機技報 Vol.59・No.5・P61～65

近年のビジネス分野におけるパーソナルコンピュータ使用形態の発展により、《MULTI 16II》において日本語コンカレントCP/M-86の開発が必要となった。このOSはパーソナルコンピュータでは初めてのシングルユーザー/マルチタスクOSであり、従来のCP/M-86下のリソースの流用及び保持も配慮されている。日本語処理としては、文節単位のかな漢字変換システムが導入され、《MULTI 16II》の新たな適用分野の展開が期待できる。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 5, pp. 51 ~ 55 (1985)

A Robot for Loading and Unloading NC Machines

by Tatsuya Iwasa, Sadayuki Otomi, Munee Nishiwaki, Shuki Hamaguchi & Shunji Iwata

The application of computerized numerical control (CNC) to lathe and machining centers continues to increase, and an important question is whether or not these machines can operate by themselves for long periods. Mitsubishi Electric has developed a robot that will load and unload MELFA machine workpieces, enabling these machines to operate unattended for long periods of time. This will contribute to reducing the number of people necessary for loading and unloading machines, make the production of shorter runs of more variant products possible, and raise the processing quality. The article describes the characteristics, specifications, and some of the applications of this robot.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 5, pp. 36 ~ 40 (1985)

A New Outdoor Unit for Air-Cooled Split-Type Air Conditioners Used in Concentrated Installations

by Yasuo Nakashima, Tetsuo Sugiyama & Toshihiko Enomoto

With demand changing from central-duct air-conditioning systems to packaged air-conditioning systems for decentralized installations, it has become necessary to install more outdoor units in a limited amount of space (e.g., on the roofs of buildings). At the same time, an increase in the allowable length of refrigerant piping is called for. The article introduces the characteristics and technical problems of the new 3HP-class outdoor-unit Top-Flow System developed to give twice the allowable difference in height and double the number of installable devices compared with other Mitsubishi air-conditioning systems.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 5, pp. 56 ~ 60 (1985)

A Real-Time Seam-Tracking System for Electron-Beam Welding

by Seigo Hiramoto, Yoshio Yamane, Masaharu Moriyasu & Megumi Dmine

The article describes a real-time seam-tracking system that uses back-scattered electrons in electron-beam welding. The system projects an electron beam at high speed across the weld line, cycling it constantly in front of the molten pool for scanning. It then computes the location of the weld line from changes in the electron flow reflected off the seam. An NC device is used to follow the weld line. Reliability was raised by the use of a software error-detection system to prevent malfunctioning. This makes it possible to follow the weld line with a very high accuracy of $\pm 0.05\text{mm}$.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 5, pp. 41 ~ 45 (1985)

A New Type of Centrally Located, In-Ceiling Packaged Air Conditioner

by Makoto Yamada, Isamu Nakajima & Katsuhisa Otsuta

Mitsubishi Electric has introduced a newly developed, wing-shaped propeller fan into the centrally located Mr. Slim in-ceiling air conditioners, which have become a major category in this family. At the same time, in response to market needs, the height of the model was reduced from 39.8 to 29.8cm, an improvement of 10cm. It was also possible to raise the field-working quality and air-conditioning performance through the many different improvements described in the article.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 5, pp. 61 ~ 65 (1985)

The FSX-86 Japanese-Language, Concurrent, Operating System for the MULTI 16II Personal computer

by Maruko Kazumi, Sumio Ando & Shigeaki Murao

Because of developments in the use of personal computers in new business fields, it became necessary to develop a Japanese-language, concurrent operating system for the MULTI 16II computer. The FSX-86 is the first single-user, multi-task operating system for a personal computer. The maintenance and resource allocation capabilities of the earlier version (CP/M-86) were also taken into consideration with this system. A *kana-kanji* conversion system that also converts compounds was introduced for Japanese-language processing. It is expected that this will open up new areas of application for the MULTI 16II.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 59, No. 5, pp. 46 ~ 50 (1985)

A Heat-Pump-Type Clothes Dryer for Bathroom Installation

by Kiyoshi Sakuma & Makoto Shimizu

Under the slogan "Turn Your Bathroom into a Dryer," Mitsubishi Electric has developed a heat-pump, cassette-type clothes dryer for installation in bathroom ceilings. Not only does this unit make efficient use of the bathing area (which is only used while bathing) it also acts as a dehumidifier. Because the drying function depends largely on low humidity and wind speed, it uses much less energy than earlier electric-heat or drum-type electric clothes-dryer systems which mainly use thermal energy. The article describes the aims, specifications, and performance of this dryer.

1. ま え が き

我が国の冷凍の歴史は、明治の初めに アンモニア 冷凍機で人工氷をつくったという記録があるので、もう既に一世紀になる。現在の冷凍・空調産業は、コールドチェーンに代表される「冷凍」と、エアコンに代表される「空調」の二つの部門に支えられ、食品の鮮度維持と快適な環境作りというように、我々の日常生活に密着したものとなった。

生産高の推移は昭和24年に8億円だったが、昭和43年には、2,000億円となり、その後の高度成長時代を背景に需要拡大、石油ショックによる鈍化を経て昭和53年には1兆円産業の仲間入りをした。その後の低成長で伸び悩んだが、昭和59年度には16,000億円になった。

この間、冷凍・空調関連機器は各時代のニーズに対応し、省エネルギー性、快適性、そして新用途開発に技術対応してきた。そしてこれからも国民生活の向上、産業の発展に寄与する不可欠の技術となるであろう。以下冷凍・空調関連機器を技術面から展望し、最近の技術推移、将来に対する研究・開発課題について概説する。

2. 製品の動向

冷凍・空調機器の主機能は、「冷やす」「暖める」そして「空気を清浄にする」ことで集約できる。また顧客の求めているものは単なる効率の高い冷凍装置ではなく、最終的にこれらの設備が創出する環境の適性である。最近の製品動向を主たる3項にわけて以下に述べる。

2.1 ヒートポンプの産業用途への利用

従来から「冷やす」目的では多く実用化されていたが、「暖める」機能は、温水ボイラ、オイルファーネスが主であった。しかしヒートポンプは、その両機能を同時にかつ省エネルギー的に実現するものである。この機能に着目し、加熱用途にもヒートポンプを利用した。主な実用例は、水産では養ばん(鰻)の水温管理、施設園芸では室温湿度管理、食品工業では製造工程の加熱、冷却用、あるいは給湯用などである。食料品、繊維、木材木製品、出版印刷、化学など各産業分野で、現ヒートポンプ実用の可能性は十分考えられるが、実用化されているのはわずかである。すなわち需用の拡大にはシステム技術の修得、設備コストの低減が必要である。

2.2 省エネルギー性、省工事性

石油ショックから10年を経たが、我が国は欧米に比べエネルギーの海外依存度が高く、かつ石油はほとんど輸入しており、各産業は全力をあげて省エネルギーに取り組み、目覚ましい成果を収めた。もちろん冷凍・空調機器でも例外でない。省エネルギーの旗頭の一つであるヒートポンプを中心に技術対応内容について述べる。

2.2.1 運転の効率化

冷凍・空調負荷は絶えず変動しているため、全負荷運転よりも部分負荷運転の期間が長いのが普通である。省エネルギーを考える場合、全運転時間を通じて考える必要がある。この対応には、ユニットの分散設置で、運転台数制御によるもの、あるいは一つのユニットに圧縮

機を複数台搭載し、負荷に応じ運転台数を制御する方式が利用されている。運転台数を効率的に制御するため、エレクトロ技術を応用した集中制御盤も開発されている。近來のパワーエレクトロニクス技術の技術進歩により、インバータによる圧縮機回転数制御が数年前から実用化された。冷凍・空調分野の約40%を占めるルームエアコンでは、ヒートポンプ化率が昭和59年度で60%に達し、その中でインバータ搭載機は20%を超えてきた。今後インバータが中大形機にも波及し、省エネルギー化がますます発展するであろう。

2.2.2 基幹部品の改善

冷凍・空調機器は成熟製品であり、コストが需要に大きく影響している。したがって効率の向上、コンパクト化、品質の向上のために基幹部品の改善効果も著しい。

圧縮機は従来の往復式から、部品点数が少なく、性能の良い回転式へ移行しつつある。すなわち小形はローリングピストン式圧縮機が定着した。大形にはスクルー式圧縮機が定着しつつある。残された中形クラスについては、低騒音のメリットももつスクロール式圧縮機が実用化されつつある。これらの圧縮機は、仕様面、コスト面で有利である。

熱交換器については、その機能上、小形コンパクト化が重要である。その必要条件の一つに伝熱性能の向上があるが、その手段として、表面積の増加と熱伝達率の向上に分けて考えられる。表面積増加は、コルゲート、溝加工などの表面加工で対応している。熱伝達率の向上には、温度境界層を薄くする(例えば流体の流れかく乱)こと、更に沸騰・凝縮現象そのものの改善として、蒸発側には核沸騰さす(例えば多孔質層の形成)こと、凝縮側には滴状凝縮と液膜を薄く保つ(例えばフィンを設け表面張力を利用すること)などの面から技術開発がなされている。

冷媒の流量制御については、ヒートポンプの用途拡大、インバータによる圧縮容量の変化に追随するために、広域制御が不可欠となった。従来の機械式膨脹弁に代り、制御の自由度の多い電子リニア膨脹弁が開発された。この特長は精度がよく、応答が早く、広い容量範囲で直線的な制御ができ、制御信号にいろいろなものが導入できることで、ヒートポンプのように負荷変動が大きく、運転条件の厳しく、容量制御幅の大きいものでも、これを採用すれば各運転条件で高効率、かつ信頼性の高い運転が可能である。

2.3 高精度環境制御

先端技術の大きな柱であるエレクトロニクスやバイオテクノロジーの関連産業における製造工程で、最も厄介なのがじんあい対策である。例えばLSIの集積度は毎年2倍のペースで向上しており、製造の際1Mビット以上の超LSIとなると、描かれた回路パターン線の幅は1~1.5μmかそれ以下を要求される。製品の歩留りに影響するじんあいの粒径は、最小寸法の1/10程度といわれている。現在のLSI製造工程はクラス10~100が標準になっているが、これからの集積度の高いLSI製造には、クラス1相当のものが求められるようになるであろう。すなわちクリーン度の高い環境作りに対応している。対人間の空調は快適なそして健康的な環境を与えるものであり、居住空間における気流分布、美観を考慮している。例えばヒートポンプエアコンでは、吹出

し気流を冷房・暖房の切換はもちろん、暖房時の立上りに対する冷風対策が実施されている。温風ヒーターでは頭寒足熱に沿い「コンベーションフロー」「デュエットフロー」(原理的には暖気を下部にうまく抑え込む)により省エネルギー効果もある。

3. 将来に対する開発及び研究課題

冷凍・空調両分野共既存の応用分野では、かつてのような大幅な伸びは期待できないであろう。しかしヒートポンプという代表的省エネルギー機を中心に、新しい分野での利用が拡大するであろう。世の中は既に「量」経済から「質」経済に移行している。従来の「物中心」の量的拡大は期待できず質的充実、そして多様化、差別化を指向しなければならない。将来の課題について主な3項目について述べる。

3.1 ソフト技術の確立

設備については新しい用途開発が課題であり、商品については「普及」から「選択」へ移行している。このように未踏の分野へ介入していくためには、従来の経験則では追従し得ないものが多くなる。短い期間で最適解を求める一つの方法が、コンピュータによるシミュレーションである。新しいシステムをつくったり、古いシステムを改良したりする場合、いったいどのようにすればその性能をより良く、最適化できるかを考える場合、システムの構造が複雑になると人間が頭の中で考え、勘を働かしてもうまくいかない。こんな時にコンピュータを駆使して、人間と共に試行錯誤させて最適なシステムを、速やかにつくることがシミュレーションの目的である。その効果は設計の初段階で重要な情報を得られ、様々な設計のアイデアについて検討でき、複雑なメカニズムを明らかにする手がかりが得られ、実験の回数を減らすことができる。すなわちコンピュータの中の大実験室で検討でき、開発期間の大幅な改善が図れる。利用する技術者は理論上の仮定とその限界をよく理解しておくことが前提である。

例えばある建物の空調で、空調機器の仕様、据付け方法をどのようにすれば、建物にマッチするかを明確にするために、空調空間を数値的モデルに構築し、気流の吹出し位置、方向、速度による空間内の風速分布、温度分布を解析していく気流シミュレーション技術が代表的である。このほかにヒートポンプにおける冷凍サイクルの流れ解析により、コストの安い、信頼性の高いシステム構成が検討できる。将来はシミュレーションだけで最適設計が実現されることになりそうであるが、実際の流れの経験、知識の蓄積が不可欠である。

3.2 ヒートポンプの研究

3.2.1 現ヒートポンプの改善

ヒートポンプによる加熱は非常に省エネルギー的であるが、加熱温度レベルに制約がある。実用化されている最高温水はR-12用で80°C程度である。可能性のあるものとしてR-114を使うことにより100°C前後といわれている。一方産業用途の加熱用として実用するためには、150°C位まで昇温できれば、対応産業も著しく拡大する。

省エネルギー性については、産業用に一番普及しているのは電動式往復動圧縮機を使ったものであるが、その成績係数はグロス的には逆カルノーサイクルの理想成績係数は50%前後というのが現状である。

工業技術院が推進している「スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システム」の研究課題は、圧縮式ヒートポンプは出力温度が現状の冷暖房・給湯用の効率を2倍程度を目標とした高効率形及び効率は現状の最高を維持し、出力温度を現状より40~190°C高くする高温出力形を目標としている。

ヒートポンプの需要拡大では、コストも重要課題である。加熱につい

ては従来の温水ボイラがあり、経済性は維持費と設備費の合計で評価すべきであるが、今一層のコスト低減が重要である。

高温水出力、効率向上、コスト低減をねらうためには、ヒートポンプを構成する基幹部品の大幅な改善が必要である。すなわち圧縮機、熱交換器、制御器、ファンなど新材料、新部品の導入も含め、システムを構成する各部品が、システム性能向上につながるようきめ細かい検討が重要である。ヒートポンプ導入の成否を左右するものの一つとして熱源の求め方がある。すなわち太陽熱、空気、土壌、水、河川、排水などその対象は多岐にわたるが、材料の耐食性も含め、熱回収技術の確立である。

3.2.2 新ヒートポンプの研究

実用ヒートポンプは電動蒸気圧縮式、エンジン駆動蒸気圧縮式、吸収式ヒートポンプが、それぞれの用途で運転されている。ヒートポンプの要求として、より高い成績係数、より幅の広い温度的使用限界があり、その対応として、国内外で活発な研究開発が進んでいる。例えば高効率、低騒音、低公害そして多種燃料への対応可能なスターリングエンジンヒートポンプ、蓄熱・増熱機能をもつ熱駆動形ケミカルヒートポンプがあるが、これらの実現には機械、化学、電気技術者の協力が不可欠である。これらの優れた原理をもつヒートポンプを形式にとらわれず研究開発を進め、またお互いの特長を生かす組合せも含め、実用化段階では将来の幅広い分野に使われるようになるであろう。

3.3 システム指向

冷凍・空調用途は機器単体の性能よりも、システムとしての要求(空調用途ならば設備が作り出す環境のよさ、効率のよさなど)が本命である。ヒートポンプそのものは、改善により使用限界も拡大していくが、新しい用途に利用するためには、対象物の適性環境を実現するためのアルゴリズムを解明し、それに最適なシステムに対する関連機器の組合せ、機器容量とその組合せ、最適制御方法に関連する技術確立が必要である。例えば、省エネルギービル空調の場合、ビルの空調負荷に対応する熱源機、室内空調機との組合せ、機器の容量と対応台数、蓄熱利用による余剰エネルギーの利用など、建物に対する効率面、コスト面、サービス面、安全面から最適システムを確立しなければならない。換言すれば、従来は機器単体の効率向上、低コスト化の追求が努力の対象であったが、重要なのは最終に仕上げられたシステムで、機器単体がうまく組み合わせられ、システムを満足させるシステム指向である。これからは単品でなく、システムの時代になってくる。当然冷凍、空調以外の技術を結集することもシステムとして必要になってくるが、産業用用途のように新分野への介入のためには不可欠の要素となる。

4. む す び

冷凍・空調業界は成熟産業といわれているが、今では成長産業の基幹装置の性格を帯びている。例えばエレクトロニクス、バイオテクノロジー向けのクリーンルームが代表例である。また今後のエネルギー問題は深刻であり、冷凍、空調の需要はエネルギー源の多様化を含め新しい方向にも浸透していくであろう。したがって技術的に解明すべき課題も広範囲にわたって多くなることが考えられる。

一方、産業は「プロダクトアウト」から「マーケットイン」へ移行していると言われる。ニーズを的確にとらえ、そのための技術の在り場所を探し、最適な技術の組合せを考え、不確実なものも明確にし、絶えず変化する周辺条件に適応しつつ、ニーズにタイムリーに対応していくことが肝要である。

1. ま え が き

空調環境の快適性向上に対する市場からの要求は、近年ますます強く、より質の高いものになってきている。その実現には、空調される室内の空調状態を把握することが必要であり、従来からの室内各部の温度・気流などを測定する実験的方法に加えて、今回新たに汎用性の高い解析手法に基づき、スーパーコンピュータにより温度・気流分布を求める計算システムを開発した。

この計算システムでは、流体力学の基礎方程式群と乱流の流れに及ぼす影響を考慮した2方程式モデルによる式について数値解を求めている。特に、室内に冷暖房機を置いたとき、室内空調環境は機器から吹き出される温風あるいは冷風によって決められるので、その空気流の浮力による現象を精細に解析している。また、計算機のシステム構成として、最近普及の著しいパソコンから公衆電話回線を介して、スーパーコンピュータへの指令及び計算データの転送ができるようにして、手元で空調環境のシミュレーション計算ができる。

ここでは、計算の基礎となる理論式、計算システム及びシミュレーション計算例について述べ、計算結果の検証のベースとなる実験システムと実測例について簡単に紹介する。

2. 理 論 式

空調される室内の温度・気流分布などに現れる空気の流れは、流体力学の基本運動則によって支配される。流体力学では、与えられた境界条件を満足する流れの状態を求めることが目的であり、空間の座標例えば直交座標では x, y, z 、及び時間 t の四つの独立変数に対して、空気流の速度ベクトル(x, y, z 3方向)と圧力、温度などの状態量の未知数がある。これらの未知数は、質量保存則、運動量保存則及びエネルギー保存則を満足する基礎方程式群を解くことによって求められる。しかし、空調環境など実際の流れ場では、ほとんどが乱流になっており、直接計算して解こうとすると膨大な計算時間を要し、実用上困難である。そのため乱流をモデル化して、計算

の安定性を高め収束を早くする方法が考えられている。ここでは、乱流エネルギーと乱流エネルギーの散逸率を式化した2方程式モデルのうち、 $k-\varepsilon$ モデル⁽¹⁾による方程式を上述の基礎方程式群と連立させて解いている。

表1. は、これら基礎方程式群と $k-\varepsilon$ モデルによる式を、空調環境シミュレーション用に整理して示している⁽²⁾⁽³⁾。空調機器の開発及び設置にあたって定常状態における最適化への検討が問題となり、このシミュレーションでは、三次元の定常空調状態を対象とする。通常の空調環境はほとんど $0\sim 80^{\circ}\text{C}$ の範囲に入っており、気流速度も高々 10m/s であるため、流体の密度に対して Boussinesq 近似及び非圧縮性の近似を仮定することができる⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

表1. に示すように、座標 (x^*, y^*, z^*) 、速度 (u^*, v^*, w^*) 、はそれぞれ代表長さ L 及び代表速度 U_0 で無次元化している。ここで*印のつけた量は無次元化前の量である。代表長さ L は、室の寸法あるいは吹き出し口の寸法をとることが多いが、特にある場所の値として限定する必要はない。代表速度は空調機の吹き出し風速である。 ν, ν_t, T はそれぞれ無次元化した空気の動粘性係数、乱流の渦動粘性係数、温度を表す。 T_a はある点 (x, y, z) のまわりの局所的な平均温度で、 ΔT^* は空調機吹き出し・吸込空気の温度差である。

表1. の第2欄以下は、テンソル信号を用い、総和規約に従って書いた式で、 $i, j=1, 2, 3$ であり、 $i, j=1$ のときは x 軸成分、2は y 軸成分、3は z 軸成分を表すものとする。

(1) 質量保存の式

連続の式ともいわれ、ある空間に流入する空気と流出する空気の質量が等しくなることを表している。

(2) 運動量保存の式

流体に働く力によって生ずる運動を表し、Navier-Stokesの式といわれる運動方程式である。この運動方程式で、右辺第4項の e_i は、 z 方向にのみ成分をもつ単位ベクトルとしている。空調環境では、室内に冷風あるいは温風が吹き出されるので、室内空気に対して浮力の効果が働き、この第4項は空調環境のシミュレーションを行うとき、

表 1. 基礎方程式群及び乱流モデル式

	表 式
無次元化	$x=x^*/L, y=y^*/L, z=z^*/L, u=u^*/U_0, v=v^*/U_0, w=w^*/U_0$ $\nu=\nu^*/U_0L, \nu_t=\nu_t^*/U_0L, T=(T^*-T_a^*)/\Delta T^*$
質量保存の式	$\frac{\partial u_j}{\partial x_j}=0$
運動量保存の式	$\frac{\partial}{\partial x_j}(u_j u_i) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\frac{1}{Pr} + \nu_t\right)\frac{\partial u_j}{\partial x_j} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\frac{1}{Re} + \nu_t\right)\frac{\partial u_j}{\partial x_i} + e_i \cdot \frac{Gr}{Re^2} \cdot T$
エネルギー保存の式	$\frac{\partial}{\partial x_j}(u_j T) = \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\frac{1}{Pr} + \frac{\nu_t}{\sigma_T}\right)\frac{\partial T}{\partial x_j}$
乱流エネルギーの式	$\frac{\partial}{\partial x_j}(u_j k) = \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\frac{1}{Re} + \frac{\nu_t}{\sigma_k}\right)\frac{\partial k}{\partial x_j} + G - \varepsilon$
乱流エネルギー散逸率の式	$\frac{\partial}{\partial x_j}(u_j \varepsilon) = \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\frac{1}{Re} + \frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon}\right)\frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} + (c_1 G - c_3 \varepsilon) \cdot \frac{\varepsilon}{k}$
備 考	$G = \nu_t \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_j}, \nu_t = c_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$ $c_1, c_2, c_\mu, \sigma_k, \sigma_\varepsilon$: 定数

重要な役割を果たす。実際の計算でも、浮力が体積力であることから、周囲の空気温度を考慮して計算する必要がある。我々はシミュレーションを行うにあたり、この項の取扱いについて特に留意している。

(3) エネルギー保存の式

エネルギー保存則によれば、流体のもつ内部エネルギーの変化及び運動エネルギーの変化は、外力による仕事、圧力こう配による仕事、機械的摩擦仕事、体積変化による仕事、流体摩擦による発生熱及び外部からの熱又は内部発生熱と釣り合っている。このようなエネルギー保存の式を、Navier-Stokesの式及び連続の式を用いて整理し、更に空気が完全気体であり、内部発生熱がないと仮定すれば、表1.に示すような温度に対する式⁽³⁾が得られる。

(4) 乱流エネルギー(k)の式

流れの速度を平均値と変動値の二つの成分に分けて考えると、変動値分は、乱流の乱れ速度を表すことになり、この変動速度から乱流のエネルギーを求めることができる。表1.に示すように、乱流エネルギー(k)の式は、エネルギー保存から求めた温度の式に類似しており、この式に $(G-\varepsilon)$ の項を加えた形となっている。

(5) 乱流エネルギー散逸率(ε)の式

乱流エネルギー散逸率 ε は、変動速度のこう配から求められる量で乱流エネルギーの消散を表し、上述と同様に温度の式に類似した形をしている。

3. 計算システム

3.1 計算フロー

この計算プログラムは、前述の基礎方程式群と k - ε モデルによる式から離散化方程式をそれぞれ求め、「SIMPLE法」⁽³⁾(Semi-Implicit Pressure-Linked Equations)によって、三次元の空間で数値解を求めるものであり、特に、空調機から吹き出される空気流の浮力の現象を精細に解析している。また、陰解法により各未知数に対する行列式について繰返し計算を行い、収束解を求めるものである。寸法、温度及び気流速度などは各代表値により規格し、 G_r (グラスホフ)数と R_e (レイノルズ)数及び P_r (プラントル)数で表される。

計算では、空間を X 、 Y 、 Z 方向に不等間隔の格子で分割しており、計算の安定性を得るために温度、圧力、乱流エネルギー、エネルギー散逸率、渦動粘性係数を同じ格子交点上にとり、各方向の速度成分 U 、 V 、 W については、温度などに比べてそれぞれ X 方向、 Y 方向、 Z 方向にのみ半格子間隔ずつずれているstaggered gridを用いている。

図1.は、この計算プログラムの全体計算フローを示している。まず、室の大きさと格子間隔などの寸法、吹出し部分と境界面の温度、吹

出し風速と吹込風速などの計算に必要な条件を入力する。次に、行列計算について前処理計算を行う。

次に圧力場を推定し、繰返し計算に入る。繰返し計算部分に入ると、気流速度成分を三次元の各方向について計算し、これらの速度を用いて圧力変動分を計算する。更に、この圧力変動分で前回の圧力を補正し、この圧力を用いてそれぞれの速度成分を補正する。この速度を用いて、乱流エネルギー、乱流エネルギー散逸率、渦動粘性係数及び温度の計算を行う。

以上の計算結果が収束したかを判断するために、7個の変数について前回の繰返し計算結果と今回の計算結果の誤差を計算し、すべての変数に対して誤差が所定の範囲に収まるまで繰返し計算を行う。誤差がその範囲以下になると、繰返し計算の最終回の結果を各変数ごとにメモリディスクに出力し、計算を終了させる。

3.2 計算機システムの構成

表1.に示す方程式群を解く計算をスーパーコンピュータ(CRAY-1)で行

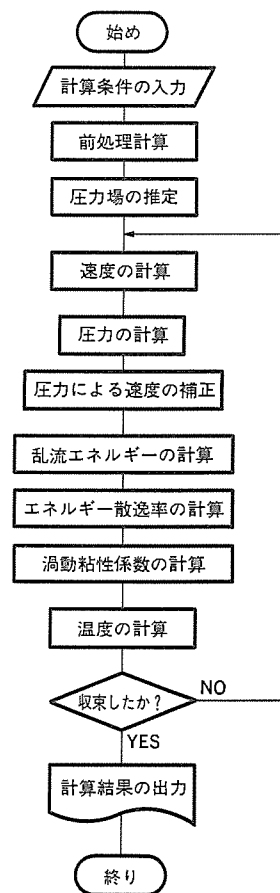


図1. 計算フローチャート

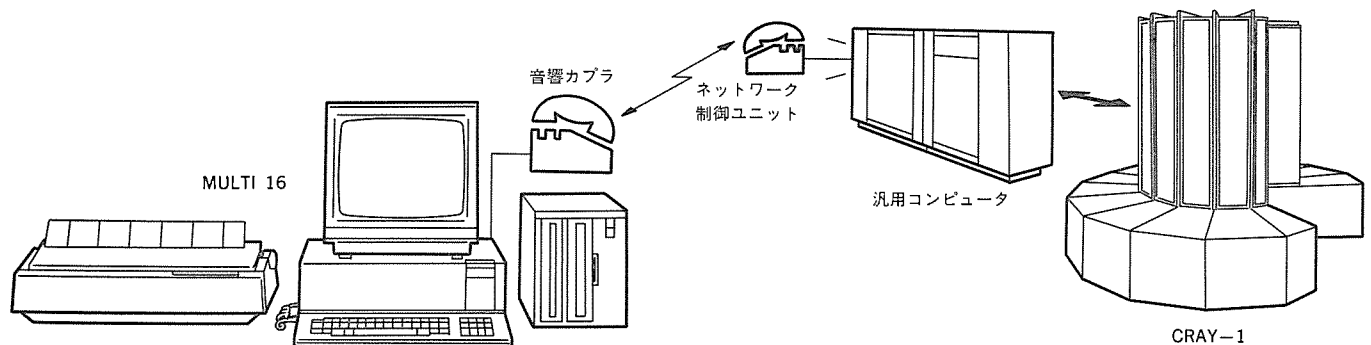


図2. 計算機システム構成

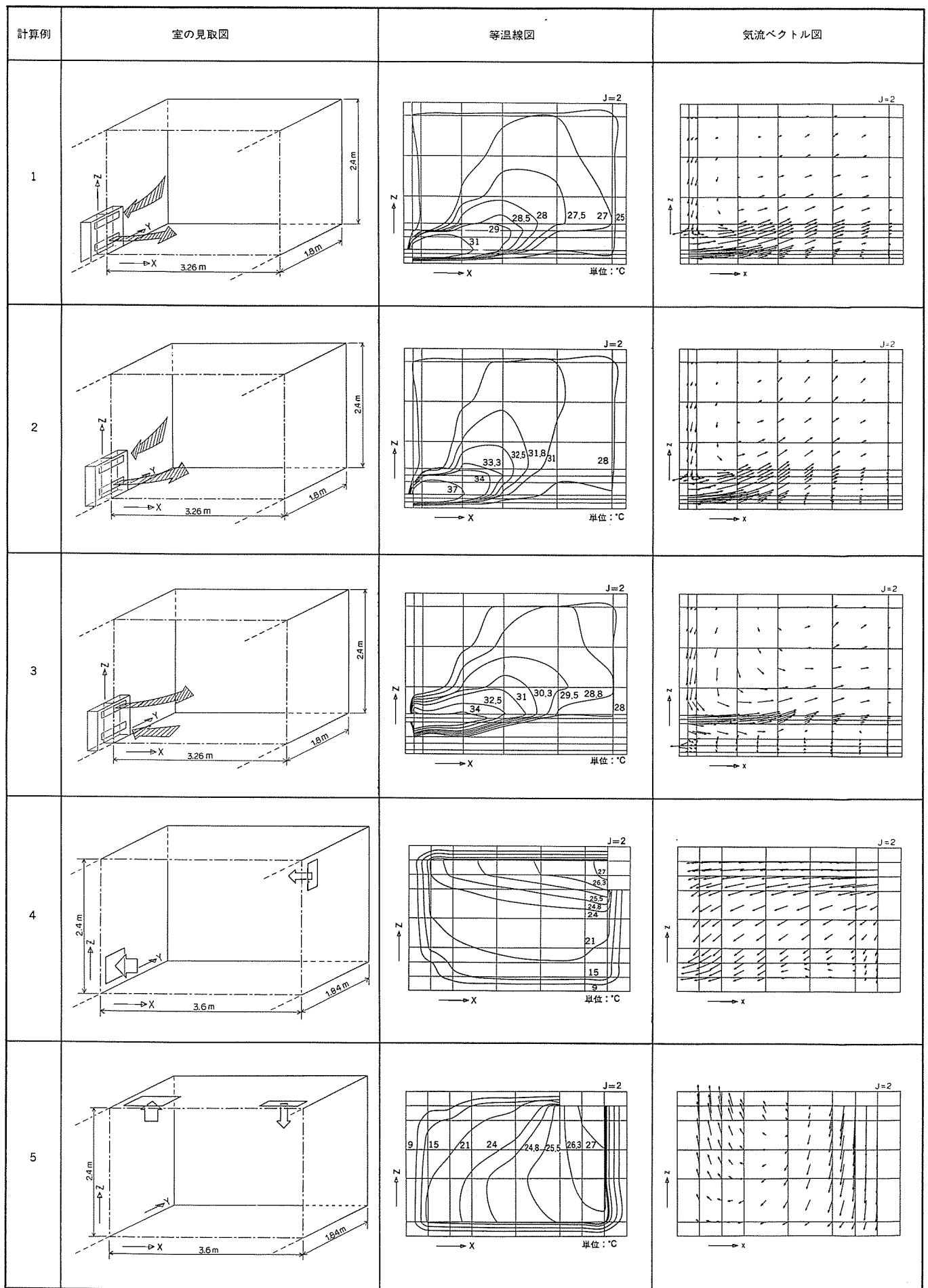


図 3. シミュレーション 計算例

表 2. 計 算 条 件

計算例	計 算 対 象 物	吹出し風速 $V_{in}(m/s)$	温 度 差 $\Delta T(^{\circ}C)$	室の寸法(m) 横×縦×高さ
1	床 置 形 暖 房 機 (前面下吹出し)	3.0	20	3.26×1.8×2.4
2	床 置 形 暖 房 機 (前面下吹出し)	3.0	30	3.26×1.8×2.4
3	床 置 形 暖 房 機 (前面上吹出し)	3.0	30	3.26×1.8×2.4
4	暖 房 時 壁 吹 出 し 壁 吸 込 み	2.0	30	3.6×1.84×2.4
5	暖 房 時 天 井 吹 出 し 天 井 吸 込 み	2.0	30	3.6×1.84×2.4

い、その計算指令及び計算データの転送は、公衆電話回線を介してパソコンで行うことができる。このシステム構成を図2.に示すが、スーパーコンピュータを利用する際、汎用コンピュータをパスルーで使うとともに、計算結果のデータ処理を行う。この図形処理プログラムにより、メモリディスクの計算結果を読み取り、各点での気流速度ベクトルと等温線分布などの計算をし、CRTにその図形出力を行うと同時にプロッタ、プリンタ出力させることも可能である。

このようにして必要な場所から手軽に計算できるので、室内の温度・気流分布などの室内環境をビジュアルに評価することができ、更に空調機器開発時あるいは空調機器設置時に最適化への検討を容易に行うことができるようになった。

3.3 計算例

床置形暖房機とダクト方式による吹出し、吸込みに関する計算条件を表2.に示し、その結果の一部を図3.に示す。室の大きさは8畳間相当とし、温度・気流分布が左右対称となるような面対称の吹出しと吸込みの条件としたので、室半分について計算を行っている。計算結果は、X-Yの水平方向、X-Z、Y-Zの鉛直方向について、注目したい面での温度・気流分布の図形出力を行う。ここでは、機器の吹出し口と吸込口を横切るX-Z平面についてのみ、その温度分布と気流速度分布を示す。

計算例1では、吹出しと吸込空気の温度差が20 deg Cあり、吹出し空気温度は室内空気に比べて高温になっており、吹き出された温風は床面に沿って流れ、その後徐々に上昇する状況が見られる。計算例2は温度差が30 deg Cであり、温風温度は計算例1に比べて高いため浮力の効果がより強く出ている。また、計算例1、2の気流ベクトル図からも分かるように、吹き出された温風は機器前面から徐々に上昇し、室内を循環して吸込口から吸い込まれる経路をた

どっている。更に吹出し気流の影響により、吸込口付近の空気流が一部ショートサイクルする状況も見られる。

計算例3は、暖房機の前面上に吹出し口があり前面下に吸込口のあるタイプで、吹出し空気の主流は吹出し口より上方で室内を循環している。このため、床付近の空気温度は前述の2例に比べて低くなっている状況が見られる。これらの計算例では、吹出し口と吸込口が近傍にあり、かつ温度差による浮力の効果が加わり、室内を循環する空気の流れは複雑な状況を呈している。

計算例4、5はダクト方式を想定しており、壁面又は天井面に吹出し口と吸込口のある例である。この2例とも吹出し空気温度と壁面の温度差が30 deg Cあり、計算例4では天井面に沿って吹き出されているので天井付近の気流速度が大きく、天井付近と床付近の空気では大きな温度差が現れている。気流ベクトル図を見ると、天井から吹き出された温風は天井面に沿う流れと吸込口による吸込効果により、室内を上から下に横断するような流れが生じている。

計算例5は、天井面から床方向に向かって吹き出す例であり、温風が床付近まで到達し床付近の空気温度を上昇させている。このような場合には、計算例4に比べて比較的良好な温度分布になっている。気流ベクトル図を見ると、天井面にある吹出し口から床面方向への下降流が室内で大きく循環して、同じ天井面にある吸込口へ吸い込まれるU字状の流れが形成されている。天井付近での吹出し口と吸込口の中間部分でも、小さな流れではあるがほぼ同じ傾向を示している。

4. 実験システムと測定例

空調される室内の温度分布・気流分布を測定する実験システムは、図4.に示すような構成をしている⁽⁶⁾。温度・湿度レベルを自由に設定できる恒温恒湿室の中に、3.6 m×3.6 m×2.4 mの大きさをもつ8畳間のモデル室を設けている。この室内に冷暖房機器を設置して運転するときの空調状態について、温度・湿度・気流センサの取り付けられた測定装置を移動させながら詳細な測定を行う。その測定点は図5.に示すように水平方向11×11点、高さ方向12点であり、測定データはコンピュータを介して記憶装置に集録され、必要に応じて

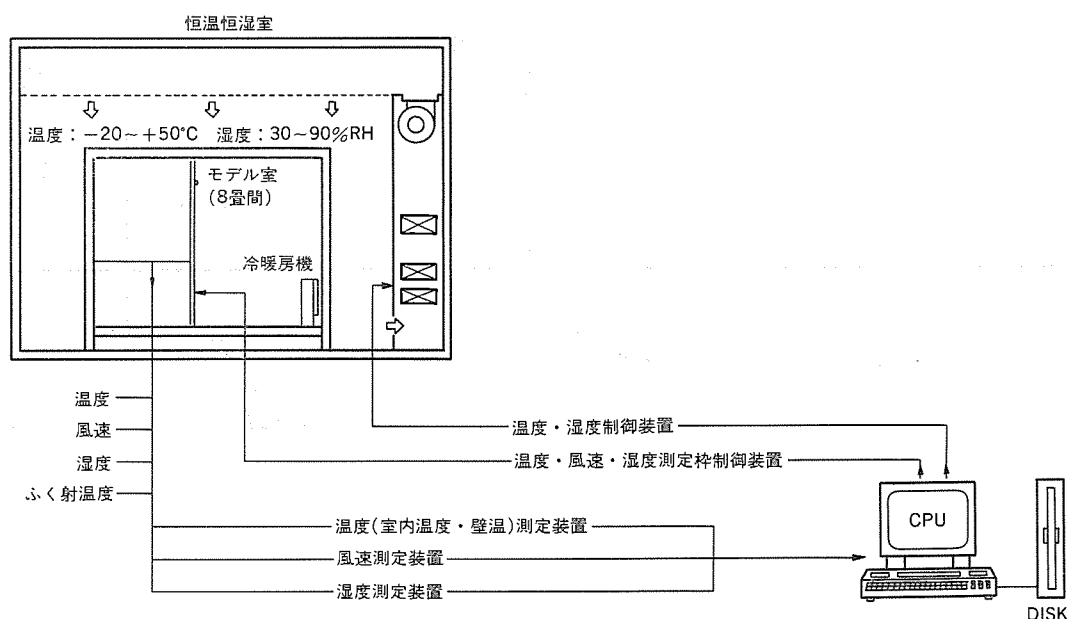


図 4. 実 験 シ ス テ ム 構 成

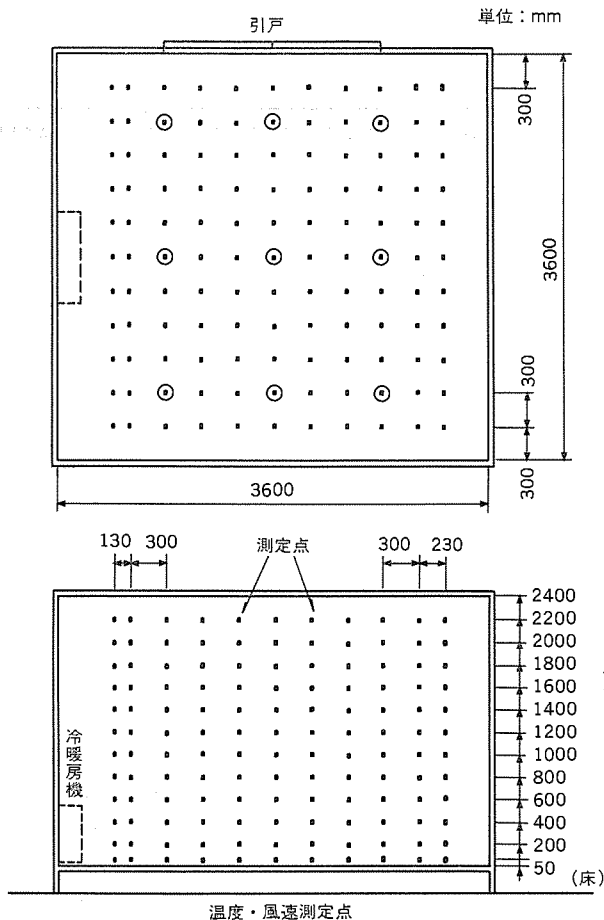


図 5. モデル室内測定点

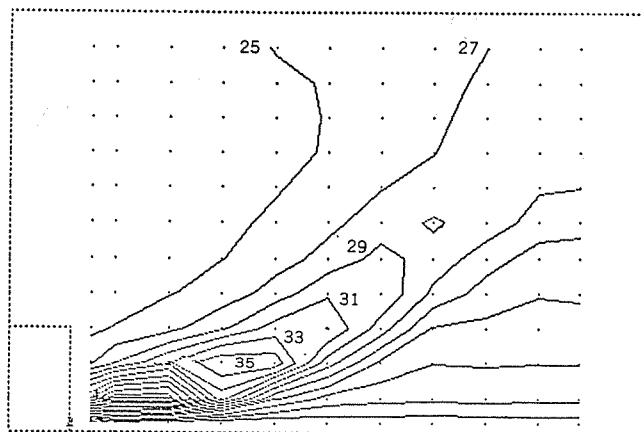


図 6. 床置下吹き出し形暖房機の等温線図

データ解析、図形処理などに用いられる。

図 6. は、床置形暖房機をこのモデル室内に設置して、運転状態及び室内状態が十分安定に達してから測定した室中央断面における等温線図を示す。このときの運転状態はシミュレーション計算による図 3. の計算例 2 に対応して吹き出し風速 3 m/s、吹き出し・吸込温度差は 30 deg C としている。機器前面下部の床上付近から吹き出された温風は床面に沿って流れるが、浮力によって、徐々に室内上方に上昇していく様子が分かる。

図 7. は、図 6. と同様な条件で運転された場合で、シミュレーション

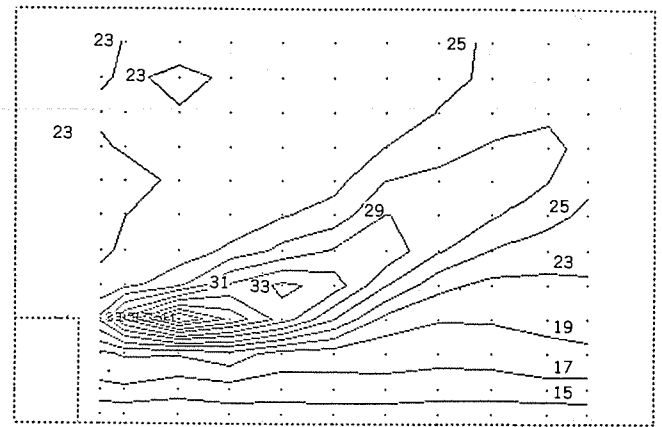


図 7. 床置上吹き出し形暖房機の等温線図

による図 3. の計算例 3 に対応して、機器前面上部から温風を吹き出すタイプのものである。これらの温度分布パターンはシミュレーションによる吹き出し口付近のパターン及び温風の上昇傾向とよく一致している。

5. む す び

空調環境シミュレーションによって求められた室内温度・気流分布は、計算メッシュの粗さによって多少の相違はあるが実験データと対応して、室内空気循環の特徴をよくとらえている。

このシミュレーションは、①機器から吹き出される気流の快適制御法の開発、②室内に数箇所設置する吹き出し口、吸込口の位置及び形状の決定、③複数台の空調機を設置したときの気流の相互干渉、④劇場、公会堂など大空間の空調設計、⑤列車冷房などの空調設計に適用できる。

今後、更にこのシミュレーション技術を発展させ、計算精度の向上、計算時間の短縮を図り、より広く快適な空調環境実現に向けて応用範囲の拡大を図っていく予定である。(昭 60-1-18 受付)

参 考 文 献

- (1) B. E. Launder and D. B. Spalding : "The Numerical Computation of Turbulent Flow", Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 3 pp. 269-289 (1974)
- (2) S. Shimoji : "A Comparison of Calculation Methods of Thermally Induced Flow Fields for Small Personal Computers, The Fourteen International Symposium on Space Technology and Science, Tokyo, 1984 (14-ISTS-Tokyo, 1984)
- (3) S. V. Patankar : "Numerical Heat Transfer and Fluid Flow", McGraw-Hill Book Company (1980)
- (4) 武本行正, 阿部芳彦 : 自由表面をもつ 3 次元鉛直噴流の数値解析法, 農業土木学会論文集, (106), (昭 58-8)
- (5) 内藤ほか : 長方形水路における温排水の熱拡散に関する研究第 5 報, 空気調和, 衛生工学会論文集, (No. 23), (昭 58-10)
- (6) 菅原ほか : 暖房室内における温度気流分布と快適性, 三菱電機技報, 56, No. 12 (昭 57)

大形環境試験設備

小澤 明*・平山良雄**・新井卓史*・高橋康英***

1. ま え が き

工業製品の開発過程において、従来からその素材、部品、モデルなどを対象に信頼性確保の観点から各種の試験が行われてきた。近年、精密機械、電子・制御機器、住宅関連産業など様々な分野について、その完成品を使用される温度、湿度、その他の環境下で、信頼性試験が行われるすう勢にある。

当社では、変電機器など、大形機器の耐環境性検証は、小形環境試験槽にてモデル試験や現地における耐環境試験の実施を行い、多くの成果を上げてきた。しかし、この場合は季節的、時間的、あるいは地理的制約を受けることになる。最近の輸出増で、国内と違った格段に厳しい気象条件に対応するため、寒冷地、熱帯、あるいは砂漠地帯などで使用される変電機器、電気車両、電気応用機器などの信頼性を一層向上させることが必要となり、予測され得る環境の極限状態で完成品の耐環境試験を可能にした大形環境試験設備を、当社伊丹製作所内に設置したのでその概要を紹介するものである。

この環境試験室は 8m×8m×8m(H) の広さであり、

- (1) 低温、あるいは高温下での機器の動作試験
- (2) 降雪、降雨下での機器の動作試験
- (3) 熱サイクルによる機器の信頼性検証試験

などの環境試験が実施できるものである。

特に、全世界の陸地の70%で観測できる降雪、日本においては全国土の50%程度が50cm以上の積雪地帯（降雪は沖縄地方を除く全国で観測されている）であることを考慮すると、凍結、降雪、降雨試験なども可能にしたこの設備は、変電機器をはじめとして当社の各種製品試験にも大きな成果が期待される。

2. 大形環境試験設備の特長

この環境試験設備は、表1.に示すと通りの仕様である。この試験室の広さは、300kVガス遮断器を完全組立状態で、課電試験及び機械試験が実施可能なものとなっている（図1.）。また、温度条件に関しては、供試品（500kVガス遮断器）が設置されているとき、その温度変化こう配は、 $\pm 10^{\circ}\text{C/h}$ が可能であり、湿度条件に関しては供試品負荷（45kW相当）発生時にその仕様を満足するものである。

なお、これらは変電設備の開閉器の環境試験に関するIEC（国際電気標準会議）新規格をも満足するものとなっている。

2.1 環境試験室

図2.にしたがってその概要並びに特長を下記に示す。

(1) 床

低温長期試験に際し、床下地中の水分が凍結し、試験室を持ち上げることのないよう、メンテナンスを考慮した強制通風式の凍土防止対策を施している。断熱材としては、熱抵抗の大きいウレタンフォームを採用し、高温試験時の断熱材二次発泡防止策を講じている。また、供試品の試験室への搬入・搬出にはエアパレットが使用されるため、床面の平滑性、うねりなど精度を上げるためと、蓄熱による冷却並

表 1. 環境試験設備諸元

	項 目	仕 様
試 験 設 備 諸 元	試験室寸法 (m)	
	幅	8
	奥行き	8
	高 さ	8
	床 面 耐 荷 重 (t/m^2)	10
	温 度 範 囲 ($^{\circ}\text{C}$)	-40~+80
	湿 度 範 囲 (%RH)	20~95
	造 雪 量 (m^3/h)	約 1.6
	降 雨 量 (mm/h)	50
	室内循環風量 (m^3/h)	45,000
	冷 凍 設 備 (ブラインクーラーユニット)	55.5 法定トン×2台
	通 電 電 流	三相, 8 kA
	交 流 試 験 電 圧 (kV)	460
	雷インパルス電圧 (kV)	1,050

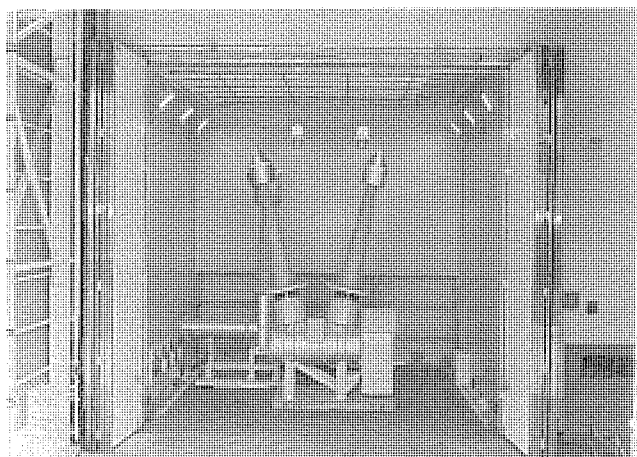


図 1. 試験室へ設置された 300 kV ガス遮断器（準備室より）

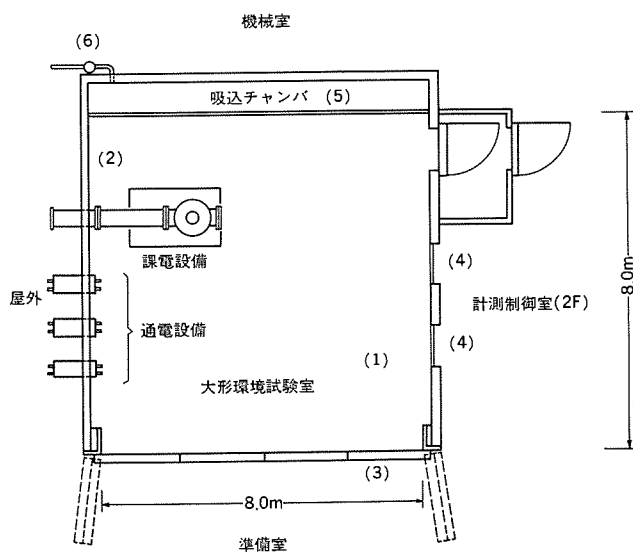


図 2. 大形環境試験室平面

びに加熱時の負荷を少なくする目的で、木材に樹脂を含浸させた強化木を採用し、防水処理をしている。

(2) 壁 体

断熱材としては、床面と同様であるが、吸湿による熱抵抗の低下並びに塩害試験も将来は可能にするため、断熱材 200 mm を FRP でサンドイッチにしたパネルとしている。FRP 断熱パネルには、課電、通電用 プッシング が貫通しているため、この FRP パネル の熱的な挙動も考慮されている(後述)。

(3) 大 扉

供試品搬入・搬出用の大扉は幅 8 m、高さ 8 m であり、試験室と同じ大きさの物でも搬出入できる防熱扉である。この大扉は手動の折戸タイプになっており、一人で開閉ができる。また、扉部分からの外気侵入による無駄な冷却、加熱負荷をなくし、室内の温・湿度分布精度の向上などを図るため気密対策を行っている。

(4) 観測窓

2 階の計測制御室に設置されている観測窓は、試験中の供試品状態が観察できるほか、VTR 撮影も可能で、幅 1 m、高さ 0.6 m のものが 2 面設置されている。この窓は、低温試験時に計測制御室側に凍結や結露を生じさせないこと、降雪時に試験室側に着雪させないこと並びに試験室が高温高湿時には試験室側に結露を生じさせないよう、ガラスの温度をコントロールできるようになっている。

(5) 風 路

試験室内空気は、室内片面に設けられた吸込口から吸込チャンパに導かれ空気調和機へと入る。ここで各種条件に調節された空気は、天

井全面に敷設されたパンチングメタルから吹き出すいわゆる空気循環方式である(図 3. 参照)。この天井裏面には、試験室内温湿度分布幅を小さくするための整流板や風向板が取り付けられている。

(6) 試験室圧力制御弁

この試験室は -40°C から $+80^{\circ}\text{C}$ を $\pm 10^{\circ}\text{C/h}$ の温度こう配で変化できるが、この温度変化時に生ずる室内空気の圧力変化はかなりのものとなる。温度上昇時には大気に対してプラス圧力に、温度降下時には、マイナス圧力となる。この圧力差は FRP パネル 並びにこれを支えている(軀)体に相当の力が加わることになる(後述)。この室内圧 プラス 時には室内空気を外気に放出し、マイナス時には外気を室内に取り入れ、その差圧を適当に保つための制御弁が設置されている。

2. 2 空気調和設備

図 3. にしたがってその概要並びに特長を下記に示す。

(1) 冷却(凍)設備

冷却・除湿をする冷熱源として、冷却塔あるいは 2 段圧縮機のブライン冷凍機(クーラー)ユニット(図 4.)を使用し、空気調和機に冷却された R-11 ブラインを循環させる間接冷却方式を採用し、また加熱源には電気ヒータを、加湿は蒸気ノズルから蒸気を噴出させる方式で、温度・湿度の制御性の向上を図っている。

ブライン回路は、環境試験室の温度・湿度条件により冷熱源を切り換えるとともにブラインの制御温度を変え、制御性の向上並びに省エネルギーを図っている。これは、必要ブライン温度が $+40^{\circ}\text{C}$ 以上の場合には冷却塔を冷熱源とし、熱交換器(高温)を介し必要温度のブ

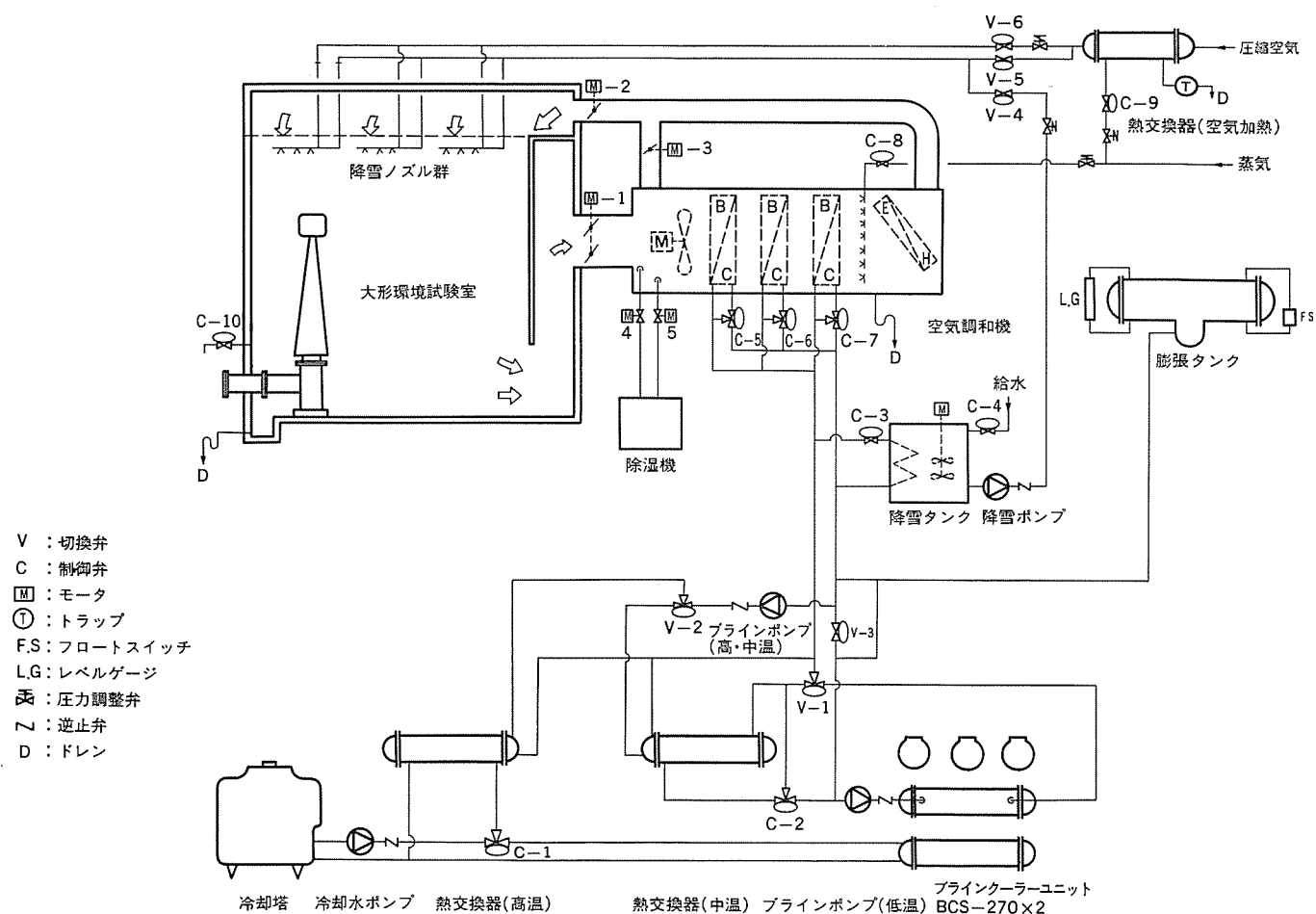


図 3. 空気調和設備 システムフロー

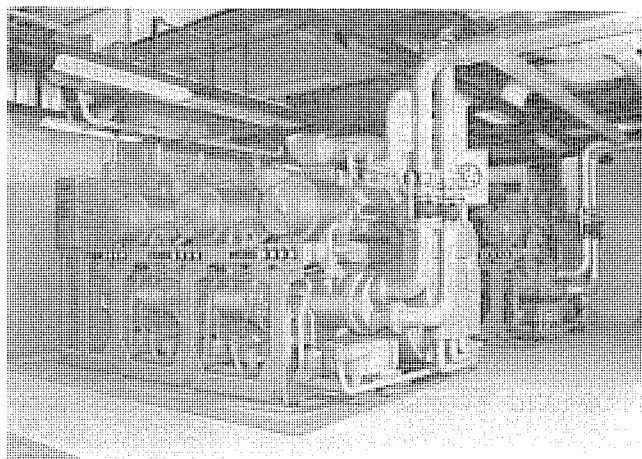


図 4. ブラインクーラーユニット BCS-270 の外観

ラインをブラインポンプ（高中温）にて空気調和機へ搬送する。0℃以上の場合には、ブラインクーラーユニットを冷熱源（冷却塔はブラインクーラーの冷熱源として使用）とし、熱交換器（中温）を介し必要温度のブラインをブラインポンプ（高中温）にて空気調和機へ搬送する。また、-50℃以上の場合には、ブラインクーラーユニットから出たブラインを直接空気調和機にブラインポンプ（低温）にて搬送する。

C-1, V-1, V-2, V-3 はこれらのブライン回路を切り換える自動バルブであり、C-1, C-2 はブライン温度をコントロールするバルブである。更に、ブラインポンプ（高中温）あるいは（低温）で搬送されたブラインは、C-5, C-6, C-7 でその流量がコントロールされ空気調和機内の B/C 空気冷却コイルに入る。また、C-3 は降雪タンク内に蓄えられている降雪用噴霧冷水の水温をコントロールするバルブである。

なお、R-11 ブラインはその温度が -50℃ から +70℃ の広範囲で使用されるため、ブラインの膨張、収縮を吸収し、また蒸発を防ぐ目的から密閉式の膨張タンクが設置されている。

(2) 空気調和機

空気調和機は試験室裏側の 2 階にあり、軸流送風機により吸込チャップから導びかれた室内空気は、一部除湿機に入り（湿度制御運転時のみ）、空気冷却器、蒸気加湿ノズル、電気ヒータの順に通り各々の環境試験条件を満たした空気となり、ダクトにより室内天井裏へ吹き出す。

試験室への人の出入り、室内空気の体積変化などにより室内に湿気のある外気が侵入する。この湿気は低温運転時に空気調和機内の冷却コイル面に霜として着く（フロスト）。低温運転が長期にわたると、冷却コイルが霜により、目詰状態となり空気が循環しなくなる。これを防ぐには除霜（デフロスト）が必要となる。この設備は、デフロスト方法として、空気調和機の吹出し並びに吸込口に設置した電動ダンパ（M-1, M-2）を閉じ、バイパスの電動ダンパ（M-3）を開け、空気調和機内の電気ヒータで加熱された空気を循環させることにより行っている。また、デフロスト完了後の冷却運転に際しては、あらかじめ空気調和機内を冷却した後各々の電動ダンパを切り換え、デフロスト時の暖気が試験室へ吹き出されることを防止している。

(3) 降雪設備

降雪タンクで冷却された水は、降雪ポンプにより試験室天井面に設置された 36 個の二流体（水並びに空気）ノズルから噴霧される。この冷水が落下中、試験室内の冷氣により凍結し、降雪状態となる。

なお、試験室天井面の冷水配管は、冷水噴霧前においては室内と

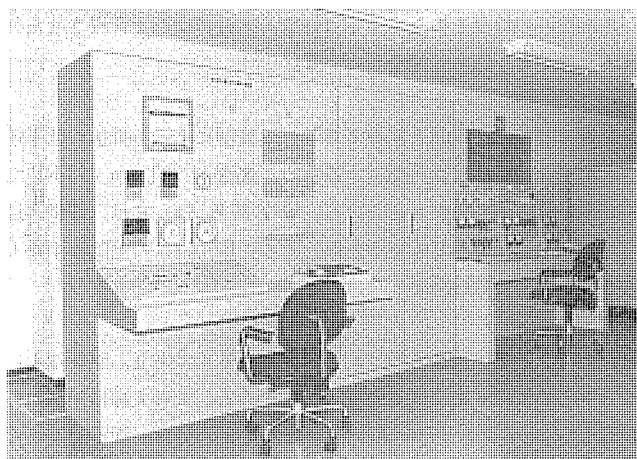


図 5. 環境試験室空調制御盤の外観

同程度の温度となっているため、ここに冷水を通すと、その水が配管途中で凍結することとなる。これを防ぐため、冷水配管には、熱交換器（空気加熱）で加熱された空気を通し、通水中を除き常に冷水配管を加熱している。これは同時に、降雪完了後の冷水配管内の水を抜く役割も果たしている。V-4, V-5, V-6 は、これらの切換をする自動バルブであり、C-9 は加熱空気の温度をコントロールする制御バルブである。

また、二流体ノズルから噴霧された水は、一部空気調和器に吸い込まれ冷却コイル面に着霜する。このため空気調和機は低温運転時より、デフロスト頻度を増す必要があるが、降雪⇄デフロストを繰り返すことにより、長時間（断続的）に及び降雪が可能となっている。

(4) 運転制御

空気調和設備の制御盤（図 5.）は、観測窓から試験室を監視しながらできるよう、2 階の計測制御室に設置されており、温度試験、湿度試験、降雪試験の各々の運転が、この制御盤からのボタン操作で行え、熱源選択、熱交換器切換なども含め自動制御される。この制御盤では、試験室の温度をあらかじめ定められた温度パターン（温度こう配、一定温度保持、ヒートサイクルなど）で運転できるように、プログラム設定器（デジタル式）が設けられており、数種類の温度パターンをインプットできるほか、パターン以外の温度への設定切換も可能となっている。

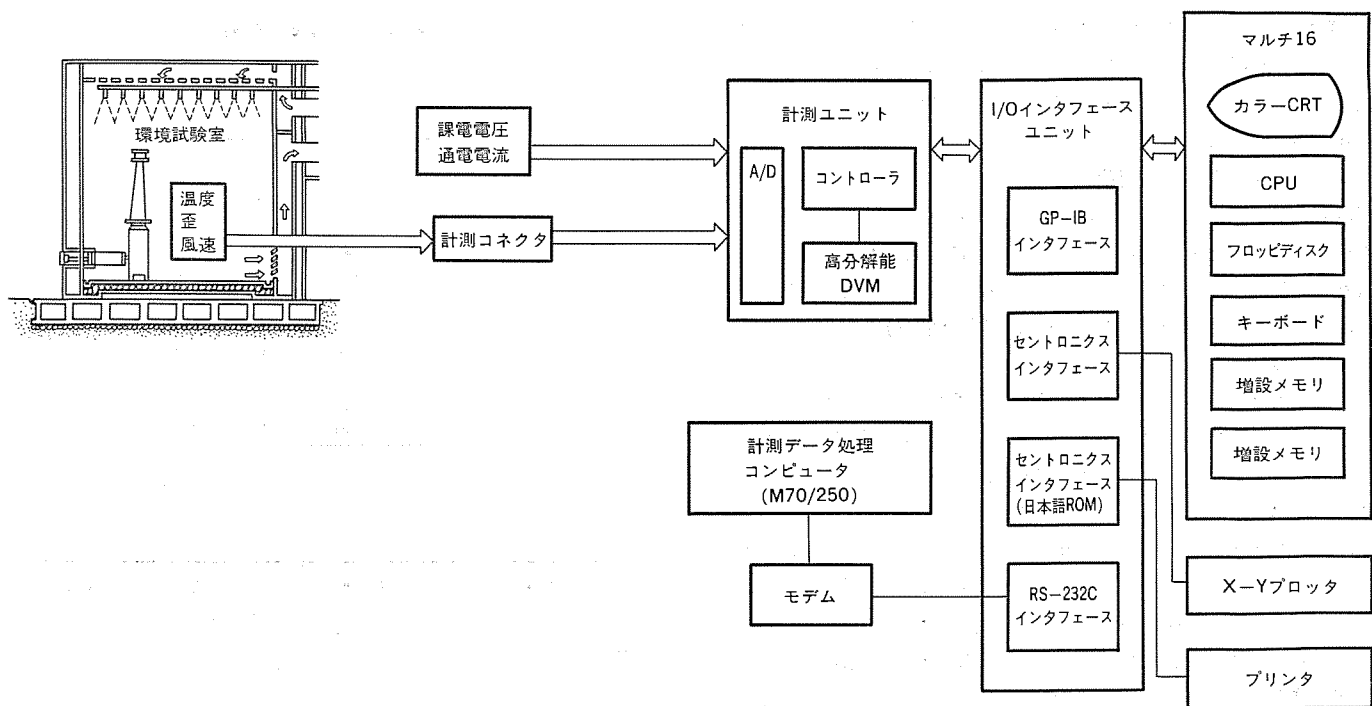
また、空気調和設備が何らかの原因で故障し、停止した場合には、その原因箇所が一目で分かるよう、表示がされ無人運転時の対応がなされている。

2.3 計測データ処理

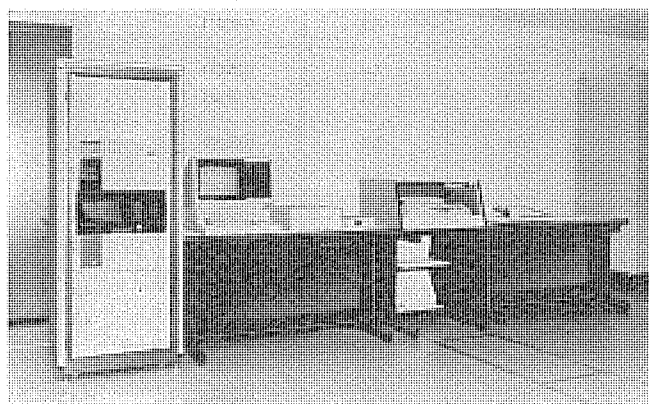
この設備は、環境試験中に温度 230 点、ひずみ 30 点、電圧 20 点を計測できるようになっている。計測データは LAN を介して、ミニコン M 70/250 でオンラインリアルタイム処理を行い、プリントアウトあるいはプロッタで作図させることもできる。また、データ処理装置に取り込んだ後、パソコンを用いて任意に処理を行うことも可能である（図 6.）。

3. 設計上のポイント

この環境試験室での設計上のポイントは、その幅広い温度変化範囲と設備の大きさに対応することにある。これは広い温度範囲で使用できる材料選択とその材料の温度膨張対策である。環境試験室においては、120 deg℃（-40～+80℃）の温度差と、8 m 立方という大きさであり、冷却設備においては、ブライン温度が同じく 120 deg℃



(a) ブロック図



(b) 計測データ処理システム

図 6. 環境試験設備の計測データ処理システム (ブロック図)

(-50~+70°C) の温度差があることに対する対策が必要となる。

使用材料については、この温度範囲に使用可能な、銅、ステンレス、高分子材料などを選択した。表 2. には材料に対する温度膨張係数を示し、以下にはその温度膨張対策について記す。

3.1 FRP 断熱パネルの伸縮対策

試験室の高さは有効で 8m であるが、FRP 断熱パネルとしては、室内降雪配管部分、天井裏部分並びに床面下部分を含めると、その断熱パネル高さ(長さ)は約 10m (幅 1m) となる (図 7. (a) を参考)。

今、この断熱パネルに試験室内側と外側に温度差が生ずると、その温度差により断熱パネルはバイメタルのように反りが発生する。その反り量は一般的に式(1)で表される。

$$\delta = \frac{\alpha \Delta t l^2}{8h} \quad (1)$$

ここで、 δ : たわみ量、 α : 線膨張係数、 Δt : 温度差、 l : 断熱パネル長さ、 h : 断熱パネル厚さである。試験室内温度が、夏季 -40°C、冬季 +80°C になったとすると、各々 70 deg °C の表面温度差が生じ、

表 2. 温度膨張係数例

材 料	線膨張係数 (1/°C) 他
炭 素 銅	12.2×10 ⁻⁶
ス テ ン レ ス	16.7×10 ⁻⁶
銅	17.7×10 ⁻⁶
FRP 断熱パネル	15.0×10 ⁻⁶
強化 木	2.9×10 ⁻⁶

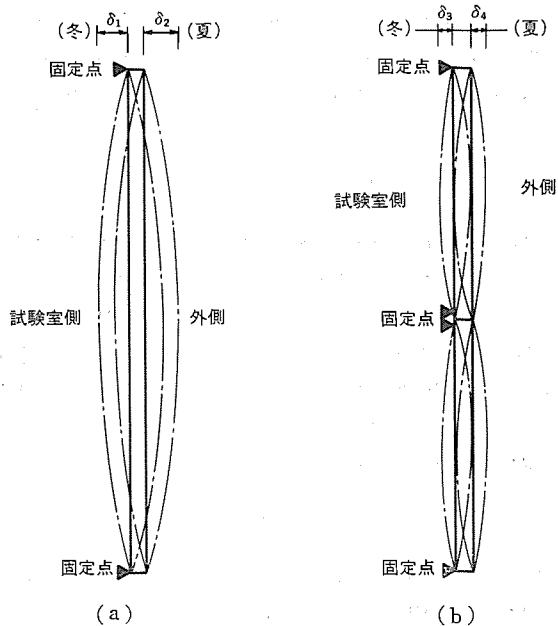


図 7. 環境試験室 FRP 断熱パネルの反り

高さ方向に対して各々 $\delta_1 = \delta_2 = 65$ mm (幅方向に対しては 0.65 mm でほとんど反りに対する問題はない) となる。これに対し、断熱パネルの高さを半分 (図 7. (b)) にすることにより、たわみ量は各々

$\delta_3=\delta_4=16\text{ mm}$ (幅方向は同じく 0.65 mm) となる。これは、伸び率 400% 程度の弾性シーラントを 5 mm ほど断熱パネルの突合せ部に施工することにより、そのたわみが吸収され、断熱パネル間目地部の結露や凍結が防止される。

3.2 試験室圧力変化と対策

温度変化幅の大きいこの試験設備では、その温度変化によって生ずる室内空気圧の変化対策が必要となる。特に低温運転時における無駄な外気侵入による冷却負荷の増大、冷却コイルへの着霜防止、室内温度分布精度の向上等々から試験室に気密性を持たせているため、特に圧力変化が生じやすい。

ここで温度変化により、どの程度の圧力変化があるかを考える。 $PV=RT$ (P : 絶対圧力, V : 容積, R : ガス定数, T : 絶対温度) であるから、 V 一定で、試験室温度を、① 0°C から $+80^\circ\text{C}$ へ、② $+30^\circ\text{C}$ から -40°C へ、各々温度変化させたとすると、室内圧力は、① $1.34\text{ kg/cm}^2\text{abs}$ 、② $0.79\text{ kg/cm}^2\text{abs}$ となる。この圧力は、試験室外との圧力差として、① 約プラス 0.3 kg/cm^2 、② 約マイナス 0.24 kg/cm^2 となり、試験室の構造体に作用し、駆体に加わる力となる。大扉で考えてみると、約 $150\sim 190\text{ トン}$ の力が加わることとなり、大扉の強度、これを支持する構造体を強固なものにする必要が生じてくる (断熱パネルについても同様)。

ここで、この設備では、試験室に気密性は持たせているが圧力差を生じさせないよう、室内外の差圧をコントロールするバルブを設置し、バルブのハッチングを防止すること、また、室内温度分布精度の向上を考慮し、吸込チャンパ付近に、その差圧が $0\pm 5\text{ mmAq}$ になるようにしている。なおこのバルブは、降雪時の二流体ノズルから噴射される空気による室内圧力上昇防止も兼ねている。

3.3 その他の対策

3.1 節、3.2 節と同様に、床面材の強化木に対しては断熱パネルと同様、目地と弾性シーラントで、ブライン配管に対してはフレキシブル継手で、風路に対してはキャンパス継手で、ブライン自体の膨張に対しては膨張タンクで各々対応している。特にブライン配管回路については、回路切換に際しても液封状態とならないような回路構成としている。

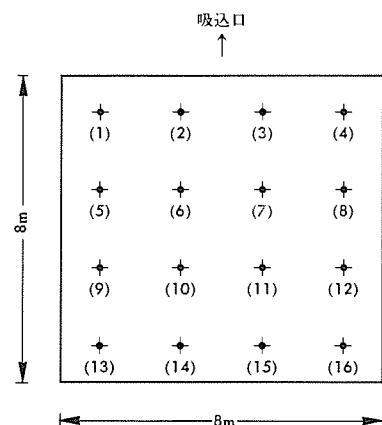
4. 運転と結果

運転結果については、その計測、記録の結果を表 3. 並びに図 8. に示すが、温度分布、湿度分布、その制御性とも良好な結果を得ている。図 8. において、温度が一時下がっているのは、減湿をしたため一時的に冷却された結果である。温度試験、降雪試験運転などにおいては長期間に及んだため記録などは割愛するが、試験運転に際してのプログラム設定運転をした温度パターンを図 9. に、また冠雪状態で試験中のガス遮断器を図 10. に示す。

5. むすび

環境試験室というのは当初、官公庁・学校の研究機関や素材メーカーの研究所などで試験槽といわれる小さなものが使用されてきたが、徐々にモデル試験や部品の一部の作動試験ができる中形のものへと変ってきた。最近においては、完成品を丸々入れ種々の試験をする大形のものへとってきている。今後これらの大形化とともに、一室での幅広い温・湿度環境、あるいは特殊環境下 (雪・雨・風・気圧・日照・塩害等々) での検証試験の需要が増してくる考えられ、我が国最大といわれるこの環境試験室をこのような時期に建設した

表 3. 温・湿度分布例



測 定 点	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)	絶対湿度 (kg/kgʹ)	露点温度 (°C)
	FL+1 m			
	FL+2 m			
1	10.3	7.3	0.00511	4.2
	10.3	7.3	0.00511	4.2
2	10.3	7.3	0.00511	4.2
	10.3	7.3	0.00511	4.2
3	10.4	7.3	0.00507	4.1
	10.3	7.3	0.00511	4.2
4	10.4	7.3	0.00507	4.1
	10.5	7.4	0.00512	4.2
5	10.4	7.4	0.00516	4.4
	10.4	7.4	0.00516	4.4
6	10.3	7.3	0.00511	4.2
	10.2	7.3	0.00515	4.4
7	10.3	7.3	0.00511	4.2
	10.3	7.3	0.00511	4.2
8	10.4	7.3	0.00507	4.1
	10.4	7.3	0.00507	4.1
9	10.4	7.4	0.00516	4.4
	10.4	7.4	0.00516	4.4
10	10.4	7.4	0.00516	4.4
	10.3	7.3	0.00511	4.2
11	10.5	7.4	0.00512	4.2
	10.4	7.3	0.00507	4.1
12	10.7	7.5	0.00512	4.3
	10.6	7.6	0.00525	4.6
13	10.4	7.3	0.00507	4.1
	10.5	7.4	0.00512	4.3
14	10.4	7.3	0.00507	4.1
	10.6	7.5	0.00516	4.4
15	10.4	7.3	0.00507	4.1
	10.6	7.4	0.00508	4.1
16	10.8	7.6	0.00516	4.4
	10.8	7.5	0.00508	4.1

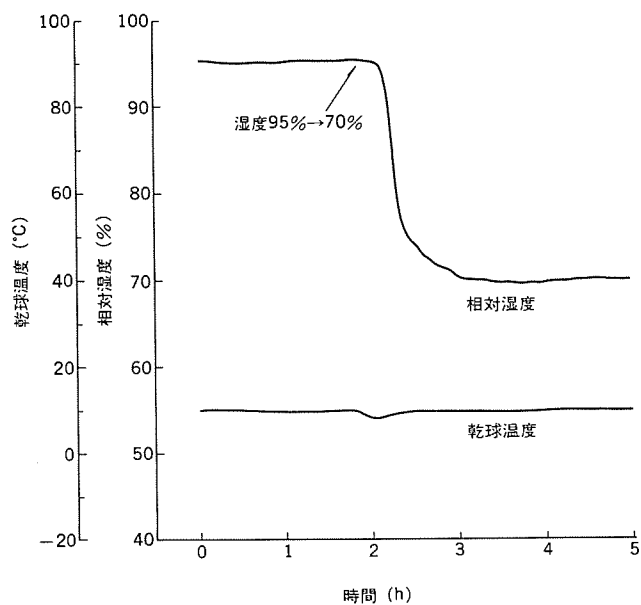


図 8. 湿度試験運転結果例



図 10. 冠雪試験中のガス遮断器（観測室より）

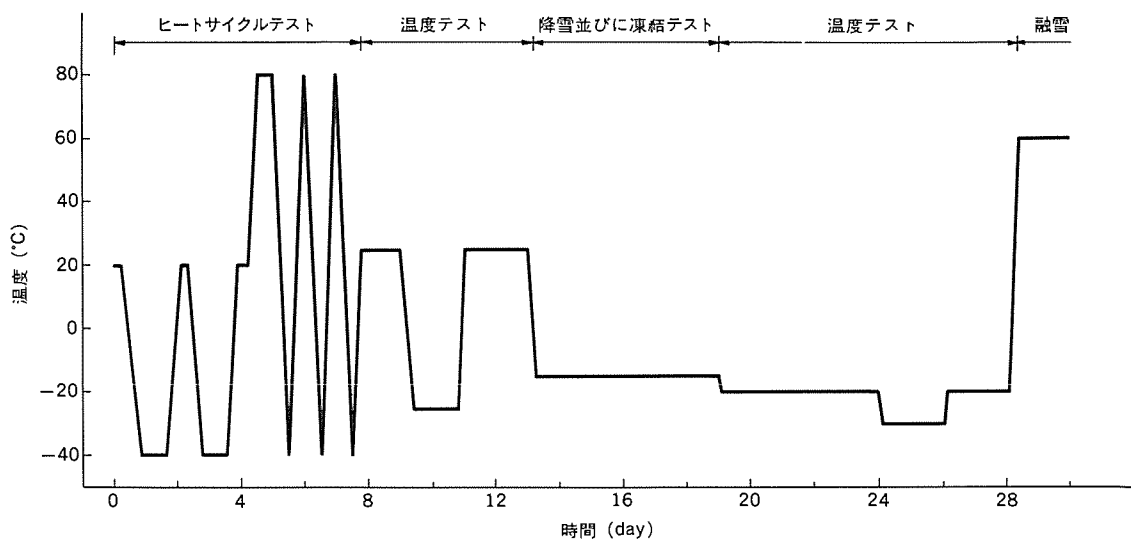


図 9. 試験室温度パターン例

ことは、大いに意義のあることである。

関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

最後に、この設備の設計・建設に際し、御指導、御尽力を賜った、

~~~~~

# シングルスクリュウ圧縮機

相良 泰一\*・野田 定文\*・平井 哲夫\*\*

## 1. ま え が き

冷凍・空調業界では、石油危機を契機に省エネルギー、省資源の推進が最大の課題である。冷媒圧縮機は、冷凍・空調機の中で最もエネルギー消費が高く、信頼性を要求されるコンポーネントであることから、効率向上、信頼性向上、軽量化に対する市場の要求に対応して、最近では容積形回転式圧縮機が多用されている。

容積形回転式圧縮機の一形式であるスクリュウ圧縮機は、従来の往復動式にはない種々の特長をもっており、近年その性能、耐久性が認識され、中・大容量（数十kW以上）に好適と評価されている。スクリュウ圧縮機には、ツインスクリューとシングルスクリュウの両形式がある。ツインスクリュー圧縮機は、1934年スウェーデンのLysholm氏によって発明され、SRM社が開発、実用化し、現在では空気圧縮機、冷媒圧縮機として幅広く使用されている。

一方、シングルスクリュウ圧縮機は、1960年フランスのB. Zimmern氏によって発明され、日本では1973年に最初の基本特許が成立した比較的新しい形式である<sup>(1)</sup>。当初、大形の空気圧縮機として開発されたが<sup>(2)</sup>、その後、冷媒圧縮機として開発が進められ、大容量の開放形では、既に製品化されている<sup>(3)(4)(5)</sup>。シングルスクリュウ圧縮機は、スクリュウロータ軸の軸荷重が小さいこと、吸入弁・吐出弁が不要なこと、可動部品点数が少ないこと、軸受以外での金属接触がなく、摩擦・焼付きの心配がないことなど、構造的に優れた特長をもって

いる。当社では、特にシングルスクリュウ圧縮機はゲートロータがスクリュウロータからの駆動伝達力をほとんど受けず、金属接触を避けやすい構造であるから、従来のスクリュウ圧縮機で必要とされてきた油噴射を廃止できる可能性があることに着目し、フランスのOmphale社から基本特許を導入して、半密閉形のシングルスクリュウ圧縮機の開発に着手した。今回開発したシングルスクリュウ圧縮機は、この分野で初めて冷媒液噴射方式を採用し、従来の油噴射方式の欠点を解消するとともに、

高精度加工・組立技術の確立により、漏れすきまを最小に抑え、従来形に対して性能を向上させている。また、往復動式に比べて、体積で35%小形化し、重量で15%軽量化したほか（当社37kW）、大幅な振動・騒音の低減を図っている。

本稿では、シングルスクリュウ圧縮機の原理的な特長と、当社開発の液冷媒噴射方式半密閉形圧縮機（図1参照）の構造と特長について解説を行う。

## 2. シングルスクリュウ圧縮機の原理と特長

シングルスクリュウ圧縮機には、スクリュウロータ・ゲートロータの形状とその組合せ方によって、CC、CP、PC、PP形の四つの基本構成がある。以下、当社が開発したCP形について説明する。

### 2.1 圧縮原理

図2は、CP形シングルスクリュウ圧縮機の圧縮原理を説明する図で、6条のねじ溝をもつトロイドウォーム形のスクリュウロータに対して、歯数11の2枚の平板形ゲートロータが、軸対称にかみ合っている。ガスの吸入・圧縮・吐出は、スクリュウロータ、ゲートロータ及びそれらを覆っているケーシングによって構成される歯形空間で行われる。すなわち圧縮行程は、スクリュウロータが回転しこれに従動して、ゲートロータがスクリュウロータの歯溝内を吸入側から吐出側へ進んで行く過程で、歯溝が容積変化を生ずることを利用している。

図2では、スクリュウロータの上半分（紙面表側）の圧縮行程を示しているが、下半分（紙面裏側）でも全く同様の圧縮が行われている。

### 2.2 排除容積と容積・圧力変化

シングルスクリュウ圧縮機の理論排除容積 $V_h$ は、図3の幾何学的パラメータによって計算できる。このうちゲートロータ半径 $R$ 及びロータ軸間

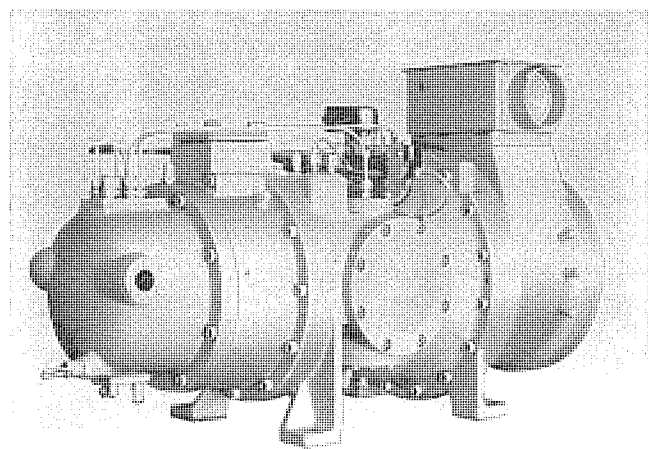


図1. 半密閉形シングルスクリュウ圧縮機の外観

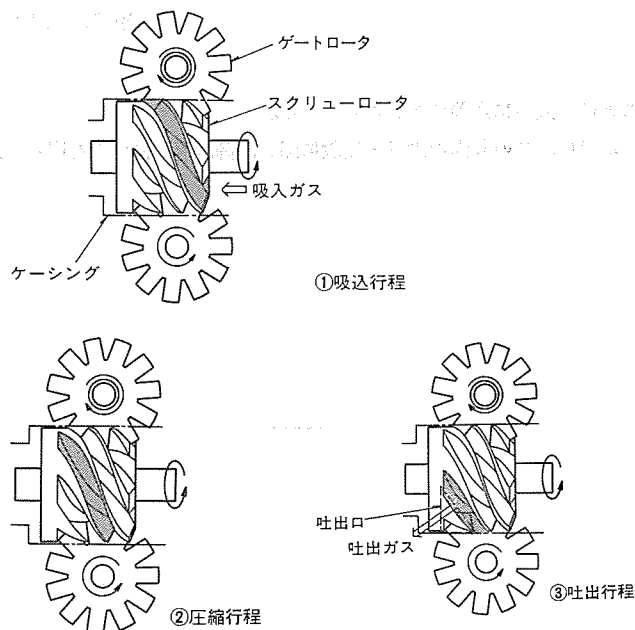


図2. シングルスクリュウ圧縮機の圧縮原理



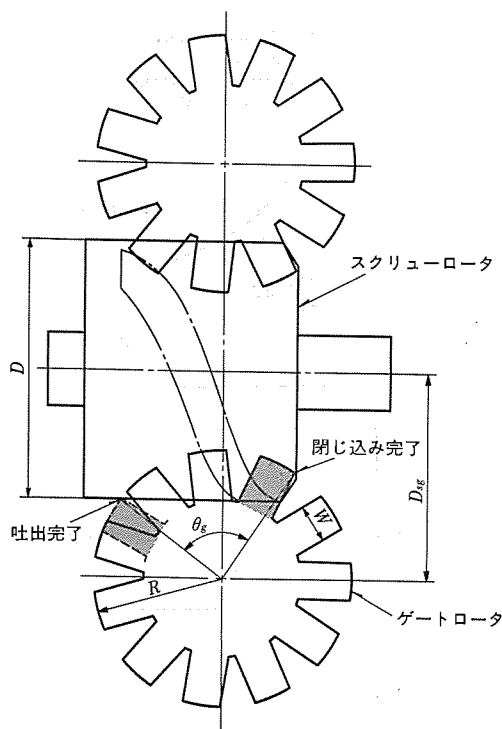


図 3. シングルスクリー圧縮機の幾何学的パラメータ

距離  $D_{sg}$  は、スクリーロータ直径  $D$  によって決定されるので、 $V_s$  は次式のように表すことができる。

$$V_s = C_0 \cdot C_s \cdot D^2 \cdot W \cdot N$$

ここで  $C_0$  : 歯形によって定まる定数

$C_s$  : かみ合い角度  $\theta_g$  によって定まる定数

$D$  : スクリーロータ直径

$W$  : ゲートロータ歯幅

$N$  : スクリーロータ回転数

スクリーロータ回転角に伴う一つの歯溝の容積変化は、簡単な幾何学的計算によって求められ、図 4. のようになる。圧縮室の容積変化は回転角に対し、吐出完了直前まではほぼ直線的である。この容積変化から、ポリトロプ過程を仮定して、圧力変化を計算することができる(図 4.)。このような歯溝の圧縮行程は、スクリーロータ回転角において  $60^\circ$  の位相差で繰り返されるので、前述の計算を、ゲートロータがかみ合っている歯溝全体について合成すれば、圧縮機全体の圧縮に伴うガス荷重、軸受荷重、トルクなどの諸量が算出できる。

また、同様にかみ合い幾何学計算を利用して、圧縮行程の歯形空間の漏れ線長さが計算できるので、すきまや開口の流れを仮定することによって、圧縮機の体積効率、指示効率を算出し、性能予測を行うことができる。

## 2.3 原理的な特長

シングルスクリー圧縮機は、回転式圧縮機としての一般的な特徴のほか、次のような優れた特性をもっている。

(1) 吸入完了から吐出完了まで、スクリーロータ回転角で  $160^\circ$  程度であり、ガス圧縮速度が速く、圧縮中のガスがすきまから漏れる時間が短いので体積効率が良い。

(2) 全く同じ圧縮行程が、スクリーロータ軸の対称位置で行われるので、スクリーロータ軸にかかるラジアル方向のガス荷重は完全にバランスする。したがって、スクリーロータ軸は、たわみがなく、振動の

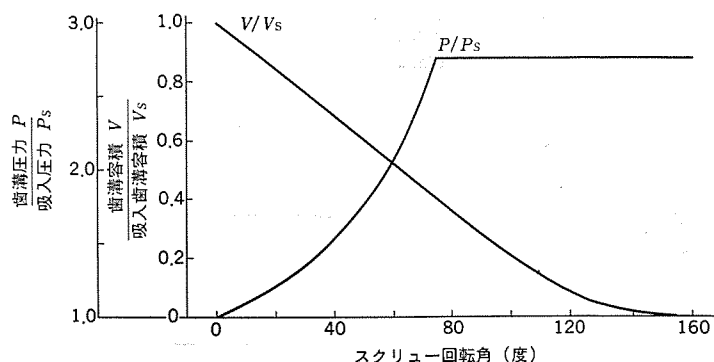


図 4. 圧縮室(一つの歯溝)の容積・圧力変化

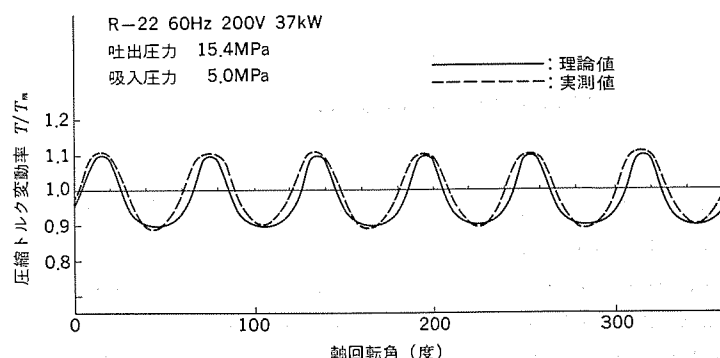


図 5. シングルスクリー圧縮機のガス圧縮トルク

発生やケーシングとの接触事故などの心配がない。また吐出ガスは、図 2. に示すようにスクリーロータの半径方向に吐き出されるので、スクリーロータ端面に作用するガス圧を低圧に均圧すれば、スラスト荷重も非常に小さくできる。このように、スクリーロータ軸には、ほとんどガス荷重がかからないので、軸受設計上極めて有利である。

(3) ゲートロータには、その面に垂直方向にガス荷重が作用するが、回転方向にはガス荷重が作用しない。ゲートロータの歯側面にかかる力は、ゲートロータ軸受のごくわずかな摩擦抵抗のみである。實際上このゲートロータは、自己潤滑性の高い特殊エンジニアリングプラスチック製で、しゅう動性に富んでいるため、長時間の運転でも摩耗・焼付きがなく、性能低下がほとんど認められない。

(4) 図 5. に示すように、ガス圧縮に伴うトルク変動は、平均値に対して  $\pm 10\%$  程度であり、これに起因する圧縮機の周方向振動は、往復動式に比べて本質的に小さくなり、低振動・低騒音の特長が得られる。

## 3. 開発上の技術ポイント

当社シングルスクリー圧縮機は、量産形の冷凍・空調機用圧縮機として開発することを目的とした。そのためには、できるだけ小容量域まで適用できる方式であって、小形軽量化を図る必要があった。これを実現するため、当社は従来の油噴射方式をやめ、液冷媒噴射方式を採用することとし、更に小容量機で能力、効率アップの可能なエコマイザサイクルの活用を考えた。

### 3.1 液冷媒噴射方式の採用

スクリー圧縮機は、すきまから圧縮ガスが漏れるのを防止するために、圧縮中の歯溝に多量の油を噴射する方式が採用されてきた。しかし、この方法では、断熱圧縮によって発生する吐出ガスの過熱が避けられず、スクリーロータやケーシングが吐出ガスによって加熱され

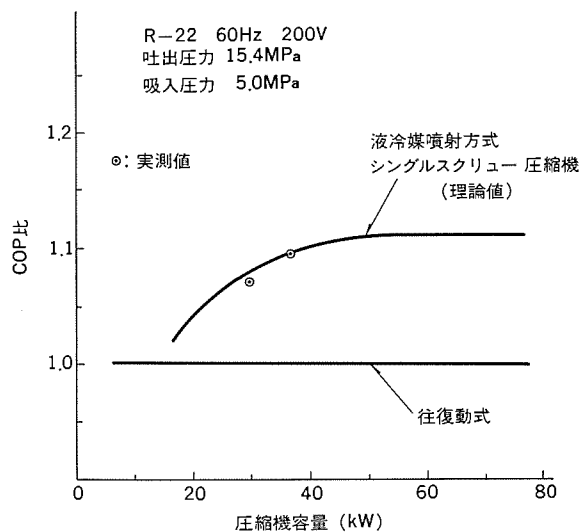


図 6. 往復動式に対する液冷媒噴射方式  
シングルスクロール 圧縮機の効率比較

熱変形を起こすので、スクロールロータとケーシングのすきまを大きくすることによって、接触を防止してきた。このため小容量機では、すきまからの漏れが大きく、十分な性能を得ることが困難であった。また、歯溝内に噴射された油が、冷媒回路中に流出すると熱交換器の性能低下をきたすので、圧縮機吐出部に大形の油分離器を設けるなど、油を処理するための大形の補機を必要とし、コンパクト性に劣るという欠点や、運転条件の急変（ヒートポンプでのデフロスト運転など）があると、油分離器内の油が激しくフォーミングするので、給油不良を生じやすいなどのトラブルが懸念される。

そこで当社は、シングルスクロール 圧縮機において、油の代りに凝縮液冷媒を噴射する方式の技術的可能性を、性能解析シミュレーションと実機試験によって、詳細に比較検証した。その結果、往復動式との効率比較において、図 6. から液冷媒噴射方式のシングルスクロール 圧縮機は、十数kW以上の容量域で実用性のあることが推定できた。また、油噴射方式との比較においても、図 7. に示すように、性能的に全くそん色のないことを確認した(当社比)。当然、この液冷媒噴射は、スクロールロータの歯溝の閉じ込み直後に行われるので、能力、動力の増減には影響を及ぼさないことも特長である。また、噴射量は吐出ガスの過熱量をすべて吸収するよう制御されているので、吐出ガス温度は、吐出圧力に相当の飽和温度に等しくなる(図 7. 参照)。したがって、圧縮機の過熱がないので、高凝縮温度の運転が容易となり、従来機に比べて運転領域を大幅に拡張できるという利点が生まれた。

しかし、液冷媒噴射方式の場合、油に比べて粘度が低く、ガスのシール性が劣るので、油噴射方式以上の性能を確保するには、すきまを半減する必要がある。幸い前述のように液冷媒方式では、圧縮機の過熱がないので、スクロールロータとケーシングの熱変形については、相当緩和されたとはいえケーシング、スクロールロータ、ゲートロータ、軸受などの部品加工精度は、油方式以上のものを要求される。そこで、この開発においては、三次元測定器、高精度マシニングセンターなどを新規に導入し、加工・組立技術の確立に勢力を傾注し、安定的に高性能を得ることに成功した。

### 3.2 エコマイザサイクルの活用

スクロール 圧縮機は、冷媒液の過冷却度を大きくし、冷凍効果を増大させるエコマイザサイクルを単段機で構成できる。しかし、従来のエコ

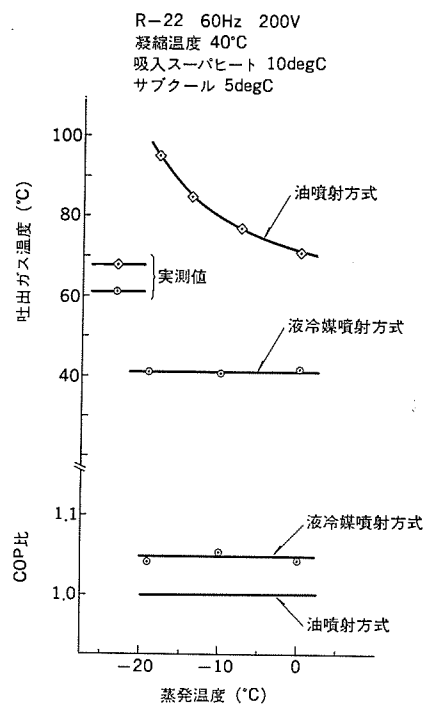


図 7. 油噴射方式と液冷媒噴射方式の特性比較

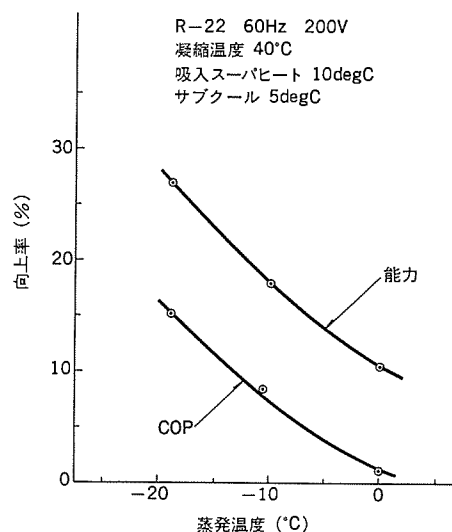


図 8. エコマイザサイクルの効果による性能向上

マイザサイクルは、大形の中間圧気液分離タンク、ないしは過冷却熱交換器を設置する必要がある、装置が複雑でコスト高であった。そこで、当社はスクロールロータ軸端に、遠心式気液分離装置を組み込み、エコマイザサイクル全体をコンパクト化することに成功した。当社のシングルスクロール 圧縮機は、この装置を標準装備とすることにより、図 8. に示すように圧縮機能力・効率を大幅に向上させている。特に、蒸発温度が低いほど能力・COP(Coefficient of Performance)の利得が大きいため、ヒートポンプ運転などでは、威力を発揮することがわかる。

図 9. に、この方式の圧縮機を適用した装置の冷媒配管系統を示す。

### 3.3 要素解析

(1) 計算機で行う性能解析と並行して、実機運転における圧縮過程を把握するため、圧縮行程の歯溝圧力を計測した。これにより、実運転での指圧線図を求め、動力損失の発生原因を推定し、効率改

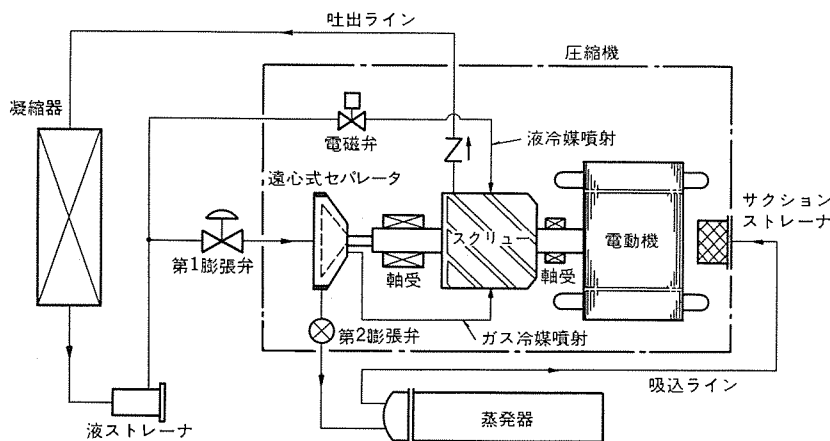


図 9. 装置冷媒配管系統図

善の足がかりとしている。

(2) ゲートロータなど比較的単純な形状の部品については、有限要素法を用いて強度解析を行ったが、強度計算の容易でない、例えばケーシング、スライドバルブなどは、実際に荷重試験を実施することにより、強度・剛性不良箇所を摘出し、材質変更、構造変更など適切な対策を施すことができた。

(3) ゲートロータの摩耗特性を定量化するため、摩耗試験機上で液冷媒噴射状態を模擬した試験を実施した。あわせて、実機において長期耐久試験を行った結果、ゲートロータの摩耗は、性能に影響を及ぼす程進行しないことを確認した。

(4) スクリューロータ加工機の精度が、スクリューロータフランクのプロファイル誤差にどの程度表れてくるか、幾何学的に理論解析した。この結果を分析し、加工機に大幅な改良を加えることによって、スクリューロータの加工精度を大幅に向上させることができ、圧縮機の性能改善を図った。

#### 4. 当社シングルスクリー圧縮機の概要

##### 4.1 構造概略

図 10. に当社が開発した 37 kW シングルスクリー圧縮機の組立断面図を示す。

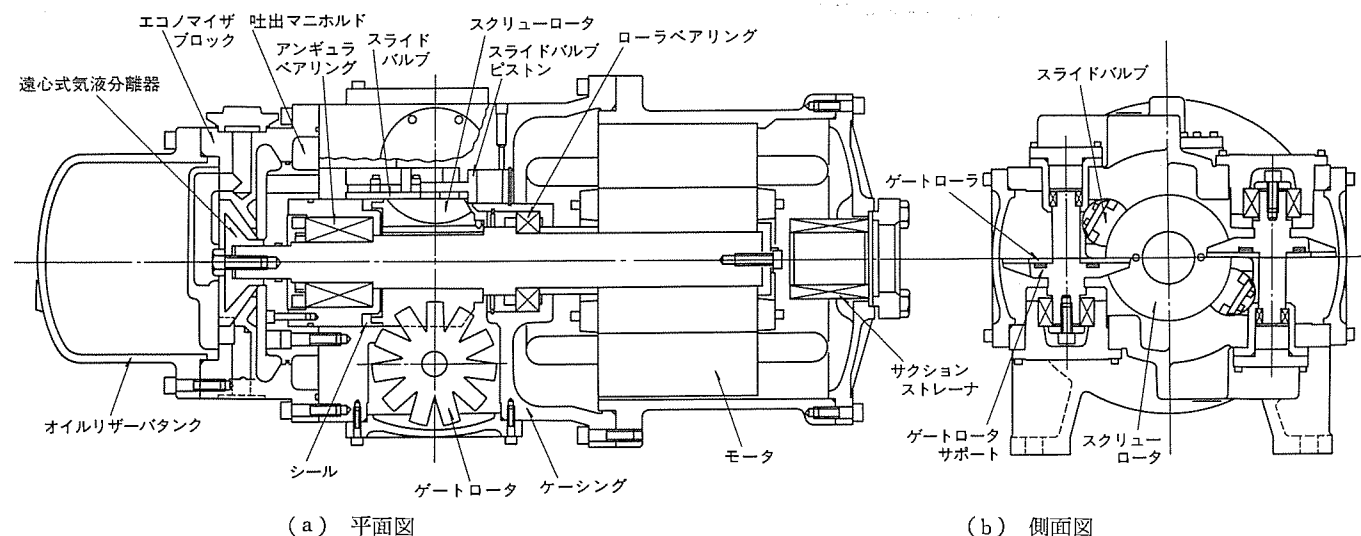


図 10. シングルスクリー圧縮機の組立断面図 (37 kW)

構造は、この形式では初めての半密閉形である。サククションストレーナを通過した吸入ガスは、低圧側に収納された2極のハーメチックモータを冷却した後、ケーシングのモータ室隔壁底部に設けられた吸入口を通して、スクリーロータに吸入される。スクリーロータに吸入されたガスは、図 2. に示した圧縮行程を経て吐出ガスとなって、ケーシングのシリンダ内周にあけた2箇所の吐出口から吐出され、エコノマイザブロックに形成された吐出マニホールドを経て、吐出チェック弁室(図示せず)を通り装置吐出管に至る。図 9. の系統図に示すように、液冷媒噴射が凝縮器から歯溝内に、またガス冷媒噴射が遠心式気液分離器で分離された後、圧縮行程中の歯溝内に差圧によって注入され、吐出ガスとともに装置側へ圧送される。

スクリーシャフトは、スクリーロータとモータロータを直結しており、スクリーロータの吐出側をアンギュラ、吸入側をローラ形のころがり軸受によって支承されている。これらの軸受はスクリーロータとゲートロータの軸方向における関係位置を正しく規定するとともに、ケーシングとの間のすきまを最小に維持するため、高い回転精度をもっている。スクリーシャフトの左端には図 9. に示したように、中間圧に膨張した二相冷媒を気液に分離するための遠心式分離器が装着されている。

スクリーロータは、吐出側端面に非接触シールが装着されており、吐出ガスが端面から漏えいするのを規制していると同時に、端面全体に高圧のガス圧が作用しないよう、スクリーロータには低圧側に通じる均圧穴をあけている。

一方、ゲートロータは、スクリーロータとかみ合い圧縮作用を行うので、歯に垂直な面にはガス圧荷重がかかる。この荷重は、ゲートロータを背面から保持しているゲートロータサポートが負担するようになっている。回転方向には、ゲートロータはサポートに対し弾性支持されており、始動・停止時の回転衝撃及び運転中の脈動トルクによる回転変動を緩衝させている。ゲートロータサポートの両端には、ころがり軸受が取り付けられており、アンギュラ軸受が、ゲートロータの軸方向の動きを規制し、ゲートロータ平面とケーシング間のすきまを最小に維持している。

ケーシングに埋め込まれた半月形のスライドバルブは、ケーシングシリンダの

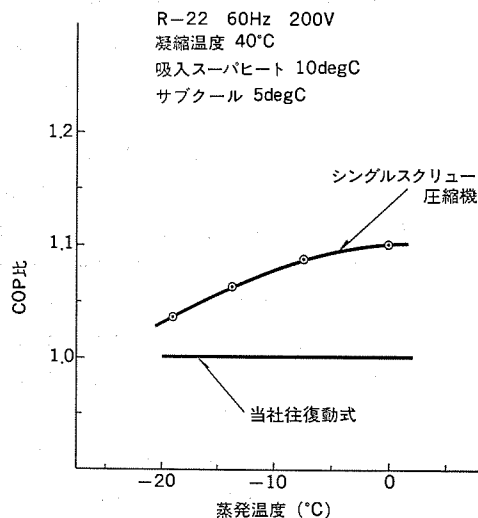


図 11. シングルスクリー 圧縮機の COP 特性

一部を形成すると同時に、吐出口の位置と形状を規定しているので、これによって圧縮機の組込み容積比が決定される。容量制御時は、高圧ガスでスライドバルブピストンを作動させ、ピストンロッドでスライドバルブを吐出側へスライドさせることにより、ケーシングシリンダの吸入側にガスバイパス口を形成し、歯溝閉じ込み容積を縮減することによって容量制御を行う。このスライドバルブは、スクリー圧縮室の上側、下側の2箇所にて設けられており、互いに独立して作動することにより、3段階の容量制御を行うことができる。

オイルリザーバタンクは、給油用の油を貯留するタンクであり、低圧側に開放されている軸受室に対して、若干圧力を高めにコントロールしている。リザーバタンクへは、油を何%も含む冷媒液を吹き込み、これをヒータで加熱することによって、タンク内で冷媒ガスを蒸発させ油を残留生成させる。このとき蒸発した冷媒ガスは、軸受室より少し高い圧力をもつよう制御されているので、タンク内の油を少量同伴させる特殊な装置を通して、タンクから軸受室へ搬送される。

#### 4.2 性能

現有の往復動式圧縮機に対するシングルスクリー圧縮機の性能を、蒸発温度とCOPの関係で示すと図11.のようになる。蒸発温度が低い範囲では、往復動式に接近する傾向にあるものの、単段機の運転領域で往復動式を十分クリアしている。同様に、容量制御性能を往復動式と比べると図12.のようになる。容量制御時のCOPも、往復動式より改善されているので、SEERの向上が期待できる。

#### 5. む す び

シングルスクリー圧縮機は、高効率、低振動、低騒音、小形軽量の特長をもち、しかも弁が不要で、部品点数も少ないことから、新しい容積形回転式圧縮機として今後注目されてくると考えられる。当社は、業界に先駆けて、液冷媒噴射方式のシングルスクリー圧縮機

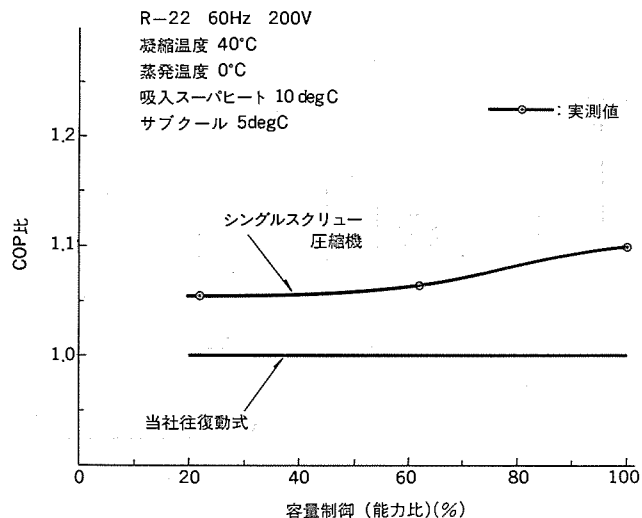


図 12. シングルスクリー 圧縮機の容量制御特性

を開発した。この開発において、シングルスクリー圧縮機の諸特性を解析、試験し、液冷媒噴射方式の実用化のめどを得たので、その成果を下記にまとめる。

- (1) 液冷媒噴射により、吐出ガス過熱に起因する熱変形を少なくし、高精密加工、組立技術の向上を行ってすきまを最小に抑え、更にエコマイザサイクルを活用することによって、従来の油噴射方式をりょうがする性能を達成した。また、往復動式に対しては、数%から10%の性能改善を行った(当社37kW比)。
- (2) 油噴射方式で必要な種々の油処理装置を不要とし、半密閉化することにより、往復動式に比べて体積で35%小形化し、重量で15%軽量化した(当社37kW比)。
- (3) 液冷媒噴射方式で、往復動式並の性能が得られる最小容量は十数kWであると推定した。
- (4) 液冷媒噴射では、吐出ガス過熱がないので、高凝縮温度の運転が容易になった。

#### 参 考 文 献

- (1) B. ツインメルン：回転流体機械，日本国特許，昭48-12203
- (2) 松下：シングルスクリーコンプレッサーについて，塗装技術，P.151-162 (昭53-1)
- (3) C. Y. Chan, G. G. Haselden and G. Hundy : The Hall Screw compressor for refrigeration and heat pump duties, 4, No. 5, P. 275-280 (1981)
- (4) 沢井ほか：シングルスクリー冷凍機，冷凍58, No. 666, P. 387-393 (昭58-1)
- (5) A. Lundberg and R. Glandvall : A comparison of SRM and Globoid type screw compressor, 2, No. 4, P. 221-231 (1979-7)



# 冷蔵庫用小形ロータリ圧縮機

石 嶋 孝 次\*・佐 野 文 昭\*・大 石 善 堂\*・平 原 卓 穂\*

## 1. ま え が き

当社が昭和 55 年に世界に先駆けて開発し、製品化に成功した冷凍冷蔵庫などに用いる横据付け形低温用ロータリ圧縮機 (KLZ シリーズ) は、その小形軽量、高効率、低騒音という優れた特性と、エゼクター給油方式の採用にともなう横形据付けという新規性によって、業界各方面からその特長が評価されるとともに、世界の圧縮機、冷蔵庫業界に強烈なインパクトを与えた。また、横据付け形、小形ロータリ圧縮機を搭載した冷凍冷蔵庫は、その省電力、低騒音、高容積 (スペース) 効率という点において高く評価されてきた。

この種の横据付け形低温用ロータリ圧縮機は、その後業界各社の追従するところとなり、今や国内の家庭用冷凍冷蔵庫の主力容量ゾーン (有効内容積約 200~300 l) のほとんどに採用されるとともに、冷凍冷蔵庫用ショーケースなどのいわゆる業務用機器にも採用されるに至っている。更には、ヨーロッパやアメリカなどの主力圧縮機メーカーにおいても追従の動きが見られ、低温用圧縮機の新時代を迎えるに至っている。

このように、冷凍冷蔵庫などに用いる低温用横据付け形ロータリ圧縮機の本格的実用化に先駆的役割を果たしてきた当社では、このほど、これまでに培われてきたロータリ圧縮機、特に横据付け形低温用ロータリ圧縮機に関する先進技術力を駆使し、従来の KLZ シリーズの小形、軽量、高効率、高スペース効率というロータリ圧縮機の特長を更に追求した、低騒音、高効率タイプの超小形低温用ロータリ圧縮機 “XLZ シリーズ” (図 1.) の開発製品化に成功した。この超小形、高効率、低騒音化を実現した “XLZ シリーズ” 圧縮機の出現によって、冷蔵庫業界におけるエンドレスな技術テーマである省電力、低騒音化の推進並びに圧縮機据付けスペースの縮小に伴う高容積効率化などに大きく寄与するものと思われる。

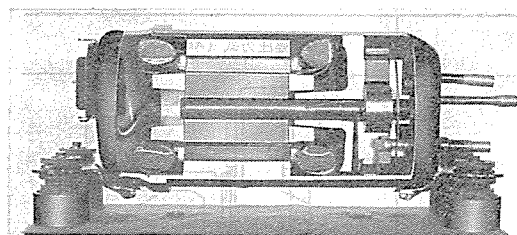


図 1. XLZ シリーズ低温用ロータリ圧縮機

## 2. 低温用ロータリ圧縮機 “XLZ シリーズ” の特長

今回開発製品化に成功した “XLZ シリーズ” 横据付け形低温用ロータリ圧縮機の主な特長は次のとおりである。

### 2.1 超小形軽量化

従来の当社 KLZ シリーズと比較して、表 1. 及び図 2. に示すように、

(1) 体積 : 30% 減 (密閉容器内容積比)

(2) 重量 : 19% 減

表 1. XLZ シリーズの特長 (当社 KLZ シリーズ との比較)  
(圧縮機出力 (= 冷凍能力) = 150 kcal/h クラス)

|                        | XLZ シリーズ | KLZ シリーズ |
|------------------------|----------|----------|
| 外 径 寸 法 (mm)           | φ92×195  | φ112×190 |
| 容 積 (l)                | 1.30     | 1.87     |
| 重 量 (kg)               | 5.2      | 6.4      |
| 成 績 係 数                | 1.4      | 1.3      |
| 騒 音 (dB <sub>A</sub> ) | 38       | 42       |

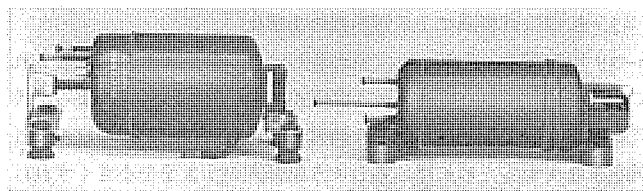


図 2. KLZ ロータリ圧縮機(左)と XLZ ロータリ圧縮機(右)の比較

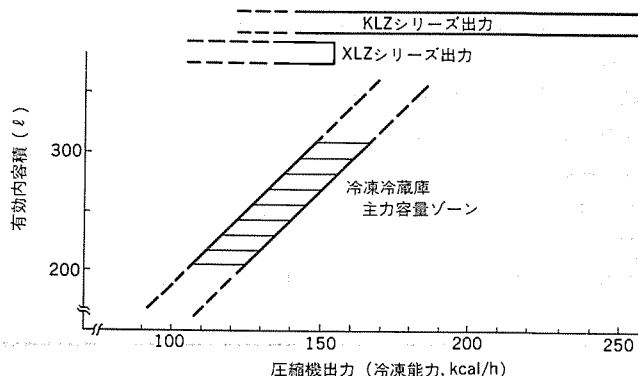


図 3. 冷凍冷蔵庫主力ゾーンと圧縮機出力

と同一出力 (冷凍能力) 機種において大幅な小形軽量化を達成している。この超小形軽量化を達成した主要因として次の点があげられる。

### (1) 電動機の $D$ (外径) / $H$ (軸方向長さ) の限界設計

電動機の外径 ( $D$ ) を小さくすることは、同一出力の電動機であった場合は、電動機の軸方向長さ ( $H$ ) が大きくなる。これは回転子に作用する磁気力によるモーメントが大きくなり、起動性や電磁加振力による騒音に悪影響を及ぼすが、 $D/H$  の限界を把握したうえで外径 ( $D$ ) の縮小を採用した。更に図 3. に示すように圧縮機の出力 (冷凍能力) レンジを冷凍冷蔵庫の主力容量ゾーン (有効内容積 : 約 200~300 l クラス) に合わせた、すなわち、主力容量ゾーンの最大容量である 300 l クラスの冷凍冷蔵庫に使用される冷凍能力=150 kcal/h クラス

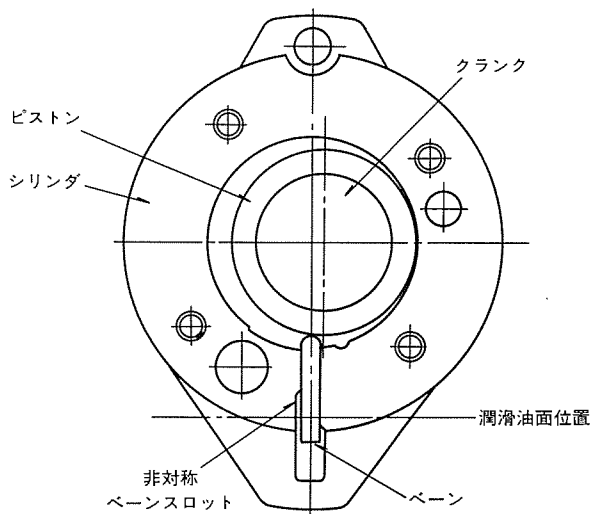


図 4. 非対称ベーンスロット

の圧縮機を“XLZ シリーズ”の上限機種とすることによって、圧縮機外径を約 18% 縮小することが可能となった。

## (2) 起動負荷軽減による電動機の小形化

ロータリ圧縮機は、そのシリンダ室が各しゅう動部品によって構成されているため、これらの各しゅう動面からの冷媒の洩れ量によって性能が大きく影響をうけるという特質をもっている。この冷媒の洩れ量を少なくするためには、各しゅう動部間のすきまを小さくすればよいわけであるが、その場合、圧縮機の停止時において高低圧の圧力バランスが遅くなり、結果的に起動負荷の増大を招くこととなる。今回開発した“XLZ シリーズ”は、図 4. に示すように非対称のベーンスロットを採用することにより、運転中の冷媒の洩れ量を抑制するとともに、停止時の洩れ量を増大させることに成功した。このことは高低圧の圧力バランスを速めて、起動負荷の軽減による電動機の小形化及び高効率化に結びついた。

## 2.2 高効率化

冷凍冷蔵庫などは、年間を通して常時運転されており、また家庭用電気機器の中で最も電力を消費することから、その省電力化は各方面から強く要望されるとともに、冷蔵庫メーカーにとっては最大のセ

ールポイントである。この冷蔵庫などの電力消費は、圧縮機によって決定されるとしても過言ではなく、圧縮機に対する高効率化の要求は大きいものである。

今回開発の“XLZ シリーズ”は表 1. に示すように、従来の KLZ シリーズに比較して、

$$\text{成績係数 (COP)} \text{ は約 } 8\% \left( \text{成績係数} = \frac{\text{冷凍能力 (kcal/h)}}{\text{入力 (W)} \times 0.86} \right)$$

と大幅に向上している。この高効率化を達成した主な要因は、

(1) 前述のように圧縮機出力の上限を抑えて、径方向の縮小を図った。

(a) 軸受系のディメンションの最適化が図れ、それに伴って機械効率が向上した。

(b) シリンダ室 (シリンダ内径) を縮小し、冷媒の洩れ面積 (構成するしゅう動部品のしゅう動面積) の縮小が図れた。

(2) 非対象ベーンスロット (前述) の採用

(a) 起動性を損うことなく各しゅう動部品のすきまを小さくし、運転中の冷媒の洩れによる損失を低減した。

(b) 起動負荷の軽減により、電動機出力を低減し、その効率向上を図った。

(3) 図 5. に示す差圧給油方式の採用によって、より高密度 (冷媒によって薄められる割合の少ない) の潤滑油を各しゅう動面に給油することで、冷媒のシール性をより向上させた。

などが挙げられる。

## 2.3 低騒音化

一般に、圧縮機の騒音発生源、すなわち加振源は大別すると、

(1) 運動部品の、主に非線形振動によるものと推定できる機械的な加振力

(2) シリンダ内の冷媒の吸入、圧縮、吐出によって、主に渦流によって生じる流体的加振力

(3) 電動機の電磁的な加振力

に分けられる。これらの加振力によって発生した振動は、機械 (固体) 部品、流体 (冷媒や潤滑油) などの伝達系によって、減衰あるいは増幅されて、ケースに伝達され、騒音として放射される。

ロータリ圧縮機においては図 1. に示すように、その内部機構が直接にケースに固定されているため、伝達系による大幅な減衰効果は

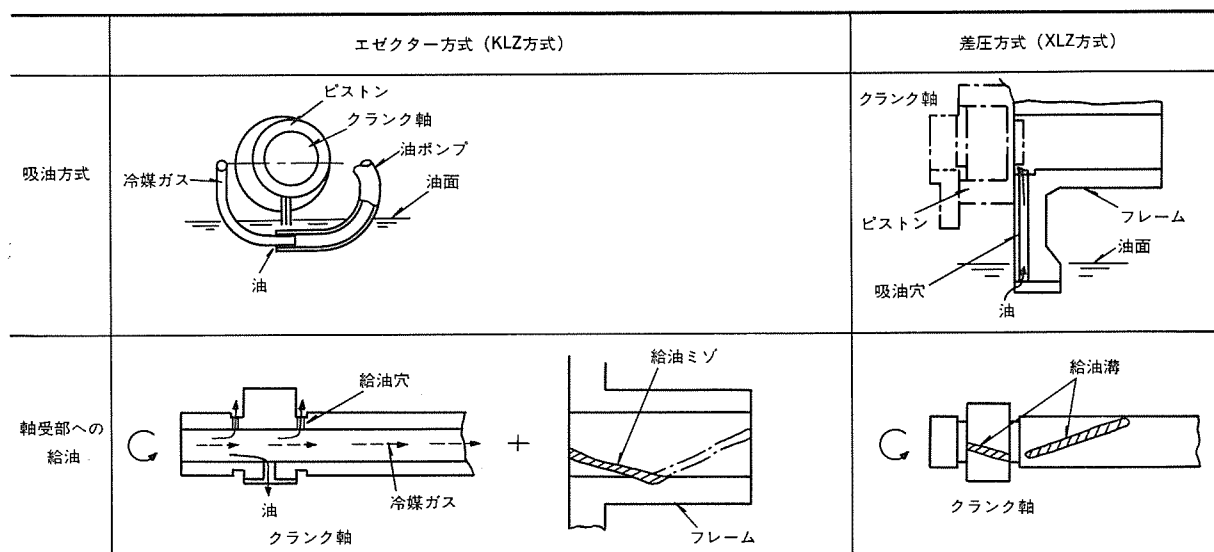
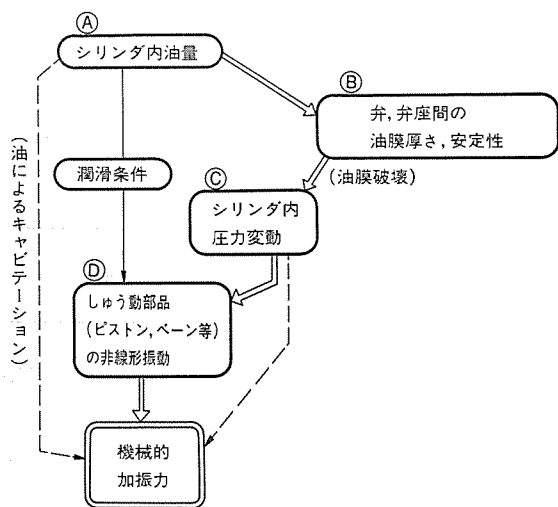


図 5. 給油システム



| 要因        | 寄与度 | 制御項目    |
|-----------|-----|---------|
| 吐出弁の剛性    | △   | (B)     |
| 吐出弁かしめ状態  | ○   | (B)     |
| 弁座形状      | ◎   | (B)     |
| トップクリアランス | △   | (A) (C) |
| 吐出孔入口形状   | △   | (C)     |
| 吐出マフラ特性   | ◎   | (B) (C) |

図 6. 機械的加振力の発生メカニズム

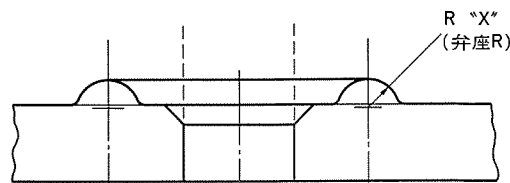
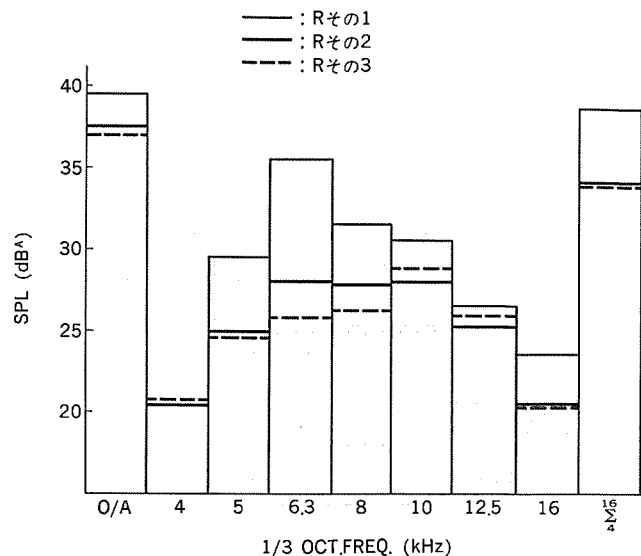


図 8. 吐出弁座の検討

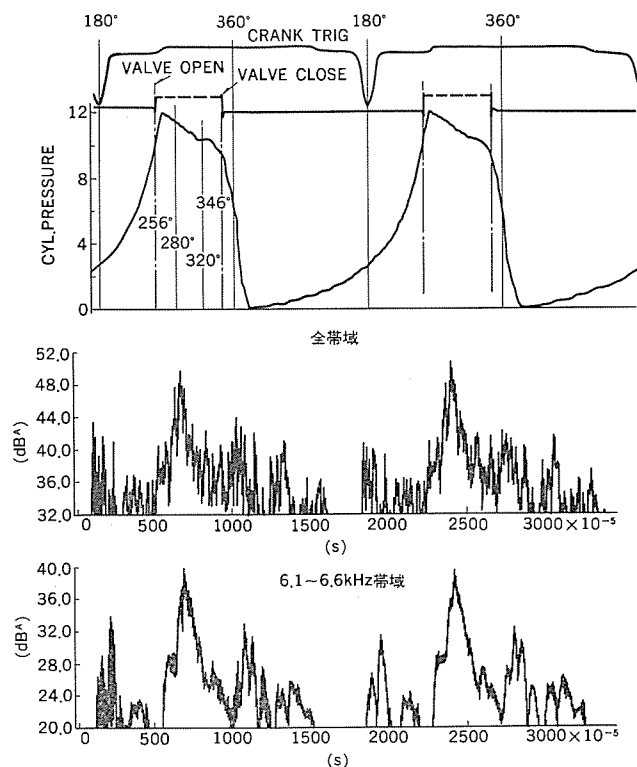


図 7. 加振力発生タイミング

ほとんど期待できない。

### 2. 3. 1 機械的加振力の抑制

特に今回開発の“XLZ シリーズ”のような小出力の低温用圧縮機においては、周波数帯域の広い機械的加振力が主流を占めるため、伝達系の改善で対処することは困難な状況にある。ただし、伝達系における共振現象や、最終的な騒音放射要素であるケースなどについて

は、その振動特性を十分に検討しておく必要がある。

このような低温用ロータリ圧縮機の機械的加振力の発生メカニズムは、これまでの検討により図 6. に示すようなメカニズムが推定できる。これは図 7. に示す加振力発生タイミングによって、吐出弁が開放している期間に集中して加振されていることから推定できる。上述のような加振メカニズムに対し、

(1) 吐出弁のかしめ状態の安定化、及び弁座形状の検討（一例を図 8. に示す）を実施し、吐出弁と弁座間に介在する油膜の安定化を図った。

(2) 吐出マフラの特性検討による吐出弁開放時期のシリンダ内微小圧変動の抑制。

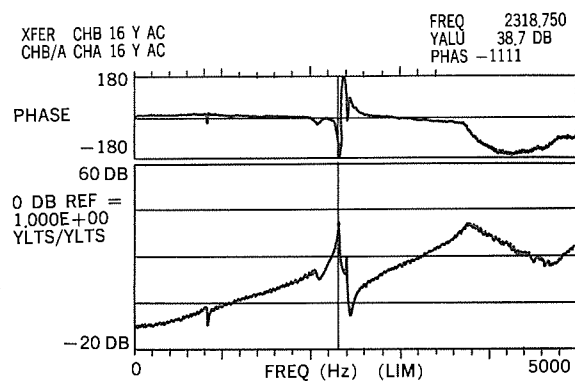
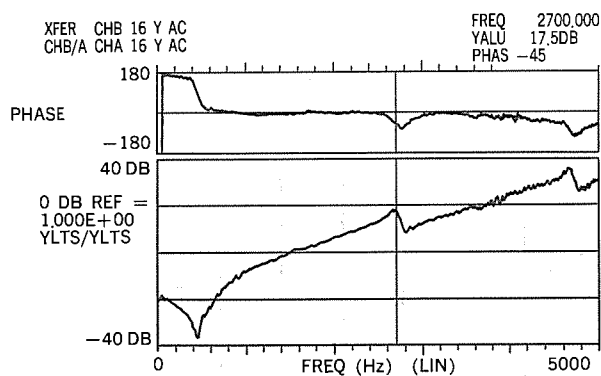
などを実施し、機械的加振力の低減による低騒音化を図った。

### 2. 3. 2 伝達系の検討

前述のような観点から、最終的な騒音放射要素である、ケース及び取付脚について低騒音化を図った。図 9. はケース底面部の応答特性の一例を示し、形状変更によって、応答特性が大幅に改善されているのがわかる。このような一連の検討の結果、表 1. に示すように従来の当社 KLZ シリーズと比較し、約 4 dB の低減が得られ、旧来のレシプロ形圧縮機の下限の騒音レベルに匹敵する低騒音形ロータリ圧縮機が得られた。

## 3. 振動の低減

ロータリ形圧縮機は、旧来の内部防振構造をもつレシプロ圧縮機に対し、前述のように内部機構が直接ケースに固定されていることにより、冷媒ガスの圧縮に伴う負荷変動が圧縮機本体の回転方向振動を発生し、防振構造に不具合がある場合などは、防振機や配管を介して冷凍冷蔵庫などに伝達され、低周波の騒音（振動音）を発生するという特質をもっている。



(a) 形状変更後

(b) 形状変更前

図 9. ケース 底面部の振動応答特性

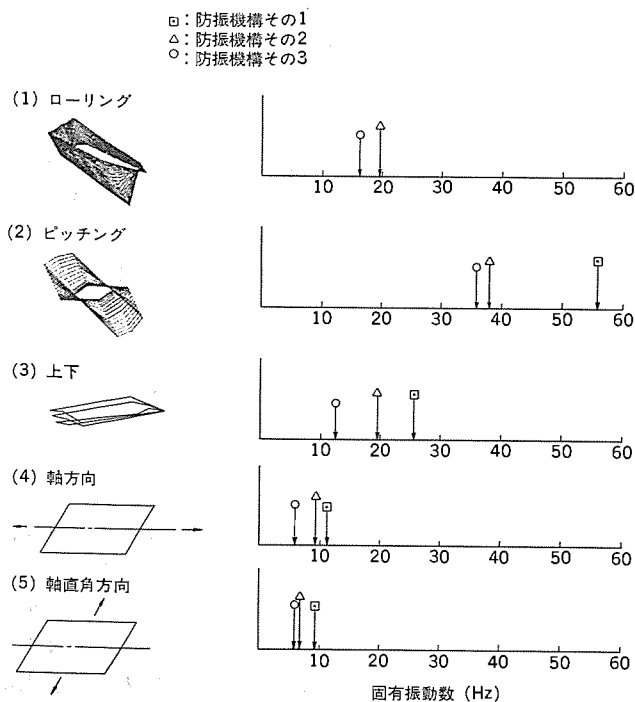


図 10. 圧縮機（取付脚）の振動モードと固有振動数

これらの振動音を低減させるため、内部運動要素の機械的釣合いを十分にとる必要があることはもちろんであるが、これに加えて、

- (1) 圧縮機の重心と防振機構の弾性中心を合わせて、連成振動を減少させる。
  - (2) 本体の各方向の固有振動数を、加振周波数（基本次数の加振周波数は圧縮機の回転数）より十分に低くする。
- などの検討を加え、振動レベルの低減も実現できた。なお図 10. に圧縮機の各振動モード（ここでは、取付脚部のみを図に表現している）と、その固有振動数を種々の防振構造において検討した結果の一例を示す。

#### 4. む す び

以上に述べたように、今回開発の超小形ロータ圧縮機は、高効率、低騒音振動という優れた特長があるため、冷凍冷蔵庫などの冷凍機器の高性能化に役立つものであることを確信している。また今後、省エネルギー、低騒音、省スペースなどに対する要求は、更に強くなる。このような要求に対し、より一層の改良を推進してゆく所存である。

## インバータ制御冷凍機

木村 誠夫\*・山口 敏明\*・浜口真理雄\*

## 1. ま え が き

生鮮食料品を主体に取り扱うスーパーマーケットでは、電力、燃料などのエネルギー費用が、売上高の1.5%程度と営業利益に匹敵する金額になっている。スーパーマーケットにおける消費電力量の約50%を冷凍動力が占めており、冷凍システムの省エネが重要なポイントとなっている。また、生鮮食料品を取り扱う店においては、品質の維持、すなわち商品の鮮度保持について関心が強まっている。

当社では、従来から複数台圧縮機を搭載した台数制御方式の冷凍機があるが、今回、冷凍機専用に設計したインバータと電子コントローラを装備し、冷却負荷の変動に相当する信号により、無段階容量制御を行うインバータ制御方式の冷凍機を開発したので、その概要を以下に紹介する(図1.)。

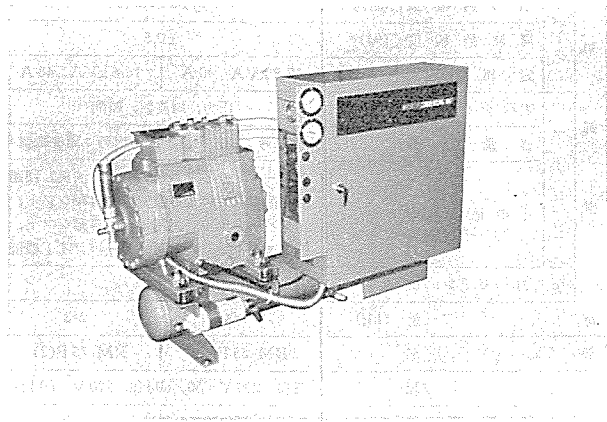


図1. インバータ制御冷凍機 ERR-55 VAF 形の外観

## 2. 冷凍機負荷変動とインバータの必要性

スーパーマーケットなどではショーケースが使用されるが、ショーケースの所要冷凍能力は、侵入外気熱量、内部発熱量、ふく射熱量及び壁からの伝導熱を加算したものであり、その内訳は表1.のようになっている。侵入外気熱量がショーケースの所要冷凍能力に占める割合は65.4%と大きく、冷凍機の冷却負荷は四季の気温変化、空調稼働時と停止時の差異、昼夜の差異などの周囲条件に大きく左右される。図2.に、実際のスーパーマーケットで冷却負荷変動を測定した例を示すが、

表1. ショーケース TSM-853 MB 形における侵入外気熱量の占める割合 (単位: kcal/h)

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

冷凍食品を除き、夏期90%、冬期50%、中間期70%になり大きく変動していることがわかる。更に短い時間で見てもショーケースの負荷に伴い、冷却負荷は数十分間ごとに大きな変動をしている(図3.)。

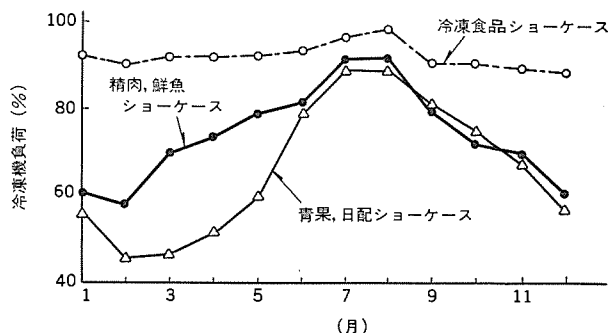


図2. 年間の冷凍機負荷変動

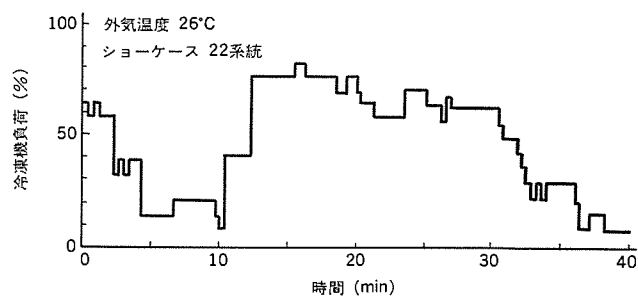


図3. 個別制御した場合の負荷変動

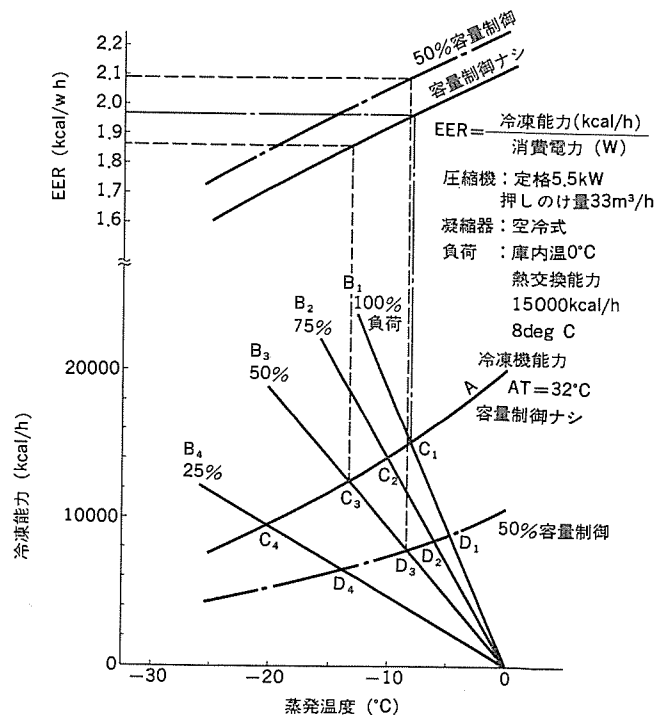


図4. 負荷変動とEERの関係

したがって、冷凍機としては上記負荷変動に追従し効率の良い運転を行うものが必要となる。次に冷凍機の基本的な特性について述べる。

図 4. において、A は冷凍機的能力曲線、B<sub>1</sub>~B<sub>4</sub> は蒸発器（冷却器）の熱交換能力又は必要冷却能力を示す。C<sub>1</sub> 点は夏季の最大負荷時の運転点を示し、冷凍装置の蒸発温度（以下、ET）-8.2℃、冷凍能力 15,200 kcal/h、EER（エネルギー消費効率）1.97 で運転している。これが冬季になり冷却負荷が減少して、50% 負荷まで減少すると上記冷凍装置の運転点は C<sub>3</sub> に移り、ET -13.3℃ となる。その結果、圧縮比が増加して圧縮効率が低下し、EER も 1.86 まで低下する。ここで、冷却負荷に応じ容量制御を行い、50% 容量制御を行えば凝縮温度も低下し運転点は D<sub>3</sub> に移り、ET -8.5℃、EER 2.09 となる。したがって、冷却負荷に応じ圧縮機的能力を可変にすることにより、常に設計条件に近い効率で運転可能となる。これが冷凍機の容量を制御することにより、省エネ効果が得られる理由である。

容量制御の方法としては、複数台圧縮機搭載による台数制御方式及び圧縮機の回転数を変化させる方式が考えられる。圧縮機の回転数  $N(\text{rpm})$  は、周波数を  $f(\text{Hz})$ 、極数を  $P$ 、すべりを  $S$  とすれば次式によって決まってくる。

$$N=120 \cdot f / P \cdot (1-S)$$

したがって、圧縮機の回転数を変化させる方法としては、周波数を変化させる周波数制御、極数を変化させる極数変換などがある。これらの中で、無段階容量制御が可能で効率の良い運転を行えるのは周波数制御であり、今回はインバータ制御方式の容量制御を採用している。

### 3. 三菱インバータ制御冷凍機の特長

今回開発したインバータ制御冷凍機の周波数制御範囲は 30~75 Hz であり、主な特長は次のとおりである（表 2.）。

#### （1）省エネルギー

冷凍装置の冷却負荷の変化に応じ、圧縮機の回転数を変え容量制御するので蒸発温度が高く保たれ、常に最適な能力で運転することができ、所要動力の節減ができる。しかも、蒸発温度が高く保たれるので霜量が減少し、除霜回数が減少するという効果がある。また、商品の鮮度保持よりも省エネを重視する場合、インバータ制御冷凍機の電子コントローラの中に内蔵されているデューティサイクルコントロールを使用することにより、無駄な冷やし過ぎを防止し、更に省エネを図ることができる。

#### （2）冷蔵品の鮮度維持

連続的な容量制御をするので、庫内サーモの入切差を小さく設定でき、庫内温度変化も緩やかで発停回数が減少し、しかも冷凍装置の蒸発温度を高く維持するため乾燥による食品の目減りが少ない。また、一時的な冷却負荷の増加に対しても、増速により冷蔵品の温度変化を少なくすることが可能である。

#### （3）冷却能力の向上

密閉式のモータ直結式の圧縮機では、50 Hz 地区は 60 Hz の約 80% の能力であったが、電源周波数に関係なく一定の能力が期待でき、50 Hz 地区でも 60 Hz の能力で機種選定ができる。

#### （4）操作性、サービス性

制御盤の表示部に吸入圧力、出力周波数及びデューティ時間をデジタル表示するとともに、容量制御の圧力設定はボリュームのつまみにて

表 2. 三菱電機 リモート 空冷式半密閉形 インバータ 制御冷凍機の仕様

| 形 名                       |                     |                               | ERR-55 VAF                        | ERR-75 VAF                                                                                 |                                |
|---------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 圧 縮 機                     | 形 名                 |                               | ER-55 VA                          | ER-75 VA                                                                                   |                                |
|                           | 圧 縮 機               | 形 名                           | FB-2 LVT                          | FB-3 MVT                                                                                   |                                |
|                           |                     | 気筒径×行程×気筒数 (mm)               |                                   | 62×52×2                                                                                    | 62×50×3                        |
|                           |                     | 押 し の け 量 (m <sup>3</sup> /h) |                                   | 27.3/33.0                                                                                  | 39.4/47.5                      |
|                           | 圧 縮 機               | 法定冷凍トン                        | R 12                              | 2.0/2.4                                                                                    | 2.8/3.4                        |
|                           |                     |                               | R 22                              | 3.2/3.9                                                                                    | 4.6/5.6                        |
|                           |                     |                               | R 502                             | 3.3/3.9                                                                                    | 4.7/5.7                        |
|                           | 圧 縮 電 動 機 冷 却 方 式   |                               | 冷 媒 冷 却 方 式                       |                                                                                            |                                |
|                           | 冷 凍 機 油             | 種 類                           |                                   | SUNISO 3GS                                                                                 |                                |
|                           |                     | 潤 滑 方 式                       |                                   | オイルポンプ給油式                                                                                  |                                |
|                           |                     | 圧 縮 機 用 電 動 機                 | 電 源                               |                                                                                            | 三相 200 V 50/60 Hz, 220 V 60 Hz |
|                           | 極 数                 |                               | 4 P                               |                                                                                            |                                |
|                           | 全 負 荷 電 流 (A)       |                               | 25.0/21.8                         | 32.5/29.7                                                                                  |                                |
|                           | 出 力 (kW)            |                               | 5.5                               | 7.5                                                                                        |                                |
|                           | 受 液 器 (l)           |                               |                                   | 17.2                                                                                       | 31.6                           |
| ニ ュ ー ト ン                 | 吸 入 圧 力 飽 和 温 度 範 囲 | R 12                          | -15～+5℃ 高温<br>〈青果、日配、乳製品〉         |                                                                                            |                                |
|                           |                     | R 22                          | -20～-5℃ 中温<br>〈青果、日配、精肉、鮮魚、乳製品〉   |                                                                                            |                                |
|                           |                     | R 502                         | -45～-15℃ 低温<br>〈チルド、冷凍食品、アイスクリーム〉 |                                                                                            |                                |
|                           | 制 御 盤               | イ ン バ ー タ                     | 出 力 波 形                           | PWM                                                                                        |                                |
|                           |                     |                               | 出 力 周 波 数 (Hz)                    | 30～75                                                                                      |                                |
|                           |                     |                               | 周 波 数 精 度 (%)                     | ±0.5                                                                                       |                                |
|                           |                     | マ イ コ ン                       | 定 格 出 力                           | 13.8 kVA 40 A                                                                              | 16.6 kVA 48 A                  |
|                           |                     |                               | 表 示 (デ ジ タ ル)                     | 圧力、周波数、時間                                                                                  |                                |
|                           |                     |                               | 容 量 制 御                           | 入力信号：吸入圧力、出力信号：周波数信号                                                                       |                                |
|                           | イ ン バ ー タ           | そ の 他 の 機 能                   |                                   | デューティサイクル(2系統)、油戻し回路、<br>店内温度検知による設定圧力自動シフト、<br>インバータ異常時商用電源へ自動シフト、<br>電源モード手動切換可、オーバライド機能 |                                |
|                           |                     | 圧 力 セ ン サ                     |                                   | 付 き                                                                                        |                                |
|                           |                     | 重 量 (kg)                      |                                   | 164                                                                                        | 213                            |
|                           | リ モ ー ト コ ン ト ロ ー ラ | 形 名                           |                                   | RM-55 F(2)                                                                                 | RM-75 F(2)                     |
|                           |                     | 送 風 機                         | 電 源                               | 三相 200 V 50/60 Hz, 220 V 60 Hz                                                             |                                |
|                           |                     |                               | 直 径 (mm)                          | 700                                                                                        | 900                            |
| 形 式                       |                     |                               | プロペラファン                           |                                                                                            |                                |
| 出 力 (W)                   |                     |                               | 200                               | 360                                                                                        |                                |
| 風 量 (m <sup>3</sup> /min) |                     |                               | 115/135                           | 210/235                                                                                    |                                |
| 熱 交 換 器                   |                     | プレートフィンチューブ                   |                                   |                                                                                            |                                |
| 重 量 (kg)                  |                     | 85                            | 140                               |                                                                                            |                                |

デジタル表示を見ながら行える。また、圧縮機の停止内容（油戻し停止、デューティ停止、異常停止、ショートサイクル停止）が表示される。

### 4. インバータ制御システムと容量制御方法

この冷凍装置では、負荷変動に応じ圧縮機の回転数を制御する方法として圧縮機の吸入圧力検知方式を採用している。上述のように、冷却負荷の変動に応じて吸入圧力のバランス点が変わるため、吸入圧力によって圧縮機の回転数を制御することができる（図 5.）。

その方法は図 6. に示すように、圧力センサにより検出した吸入圧力があらかじめ設定した増速圧力以上であれば、周波数をアップさせ、逆にあらかじめ設定した減速圧力以下であれば、周波数をダウンさせ、吸入圧力が上記増速圧力と減速圧力の間に収束するようにインバータ出力周波数を制御している。負荷変動と運転パターンの一例

吸入圧力が上記増速圧力と減速圧力の間にできるだけ速く収束し、しかもハンチングしないように、増速側及び減速側について次のような機能をもたせている。

増速側については、ピーク負荷時のラダウンを速くし、しかも過電流が流れないように周波数の変化値を 1 Hz とし、増速偏差（吸入圧力ー増速設定圧力）によって周波数のアップ時間を下記のように変化させている。

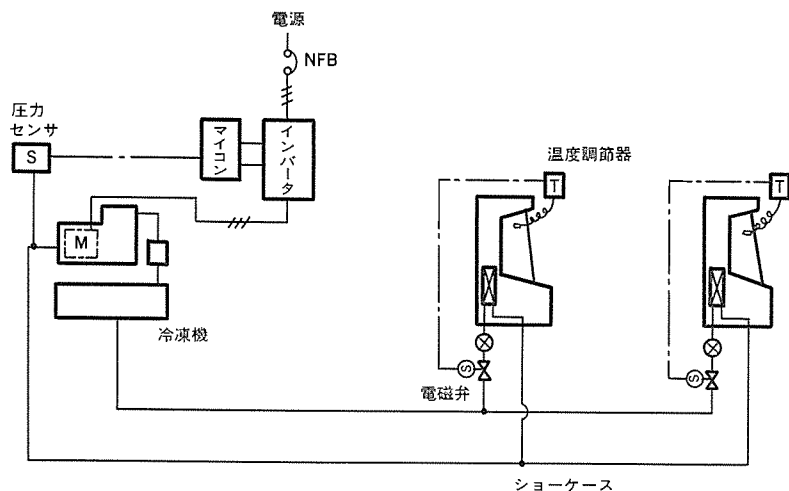


図 5. インバータ制御冷凍装置

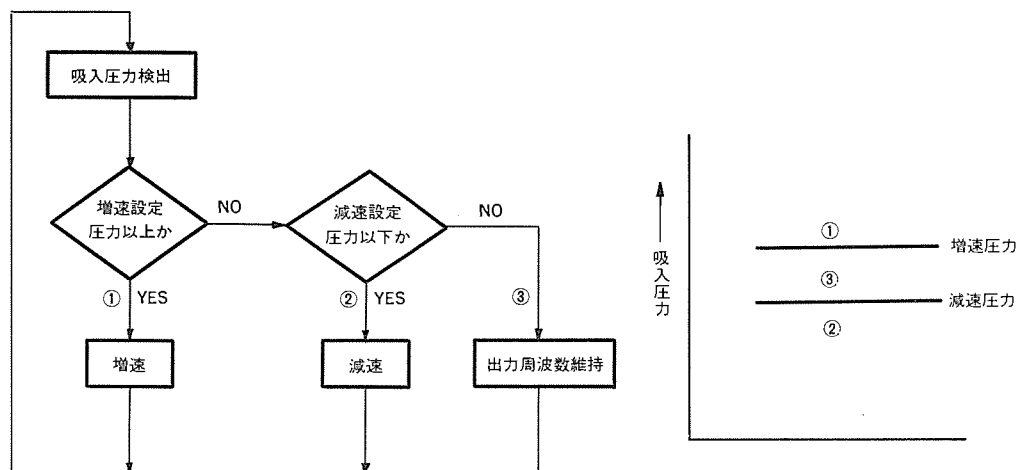


図 6. 容量制御方法の概略図

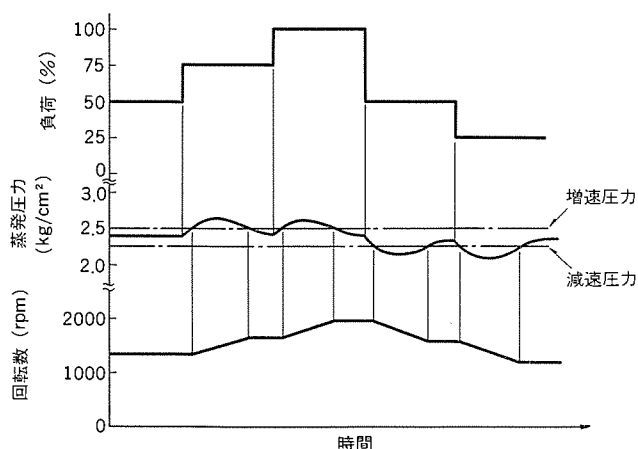


図 7. 負荷変動と運転パターンの例

増速偏差  $\geq 2.0 \text{ kg/cm}^2$  の場合

5 秒間隔で 1 Hz アップ

増速偏差 $\leq 1.15 \text{ kg/cm}^2$  の場合

10 秒間隔で 1 Hz アップ

1.15 < 増速偏差 < 2.0 kg/cm<sup>2</sup> の場合 6~9 秒間隔で 1 Hz アップ

一方、減速側については、周波数の変化値を大きくしても過電流が流れることがないので、負荷減少時の追従をよくするため、周波数のダウン時間をできるだけ短くするとともに、減速偏差（減速設定圧力－吸入圧力）によって、周波数の変化値を下記のように変化させている。

減速偏差  $> 0.5 \text{ kg/cm}^2$       3 秒間隔で 3 Hz ダウン減速偏差 $\leq 0.5 \text{ kg/cm}^2$       3 秒間隔で 1 Hz ダウン

更に、省エネ効果をより大きくするために、例えばショーケースの場合、表 1. に示されているように冷却負荷の中で侵入外気熱量の占める割合は 65.4% であり、ショーケース周囲温度が低い場合、冷却負荷自体が減少するので、蒸発温度をあげて冷却運転を行っても冷却不良になることはない。そこで、周囲温度を検出して、その周囲温度が低くなるほど上記増速及び減速設定圧力が高くなるようにシフトさせ、蒸発温度の高い状態で運転させる機能をもたせている。

## 5. インバータ制御冷凍機における課題とその対策

### (1) 起動電流の低減と起動不良対策

半密閉形冷凍機では、起動電流が大きく、例えば 7.5 kW の場合、定格電圧で 190 A 近く流れる。このために、条件によってはトランジスタ保護用過電流継電器が作動する、という問題がある。そこで、起動時の周波数を 20 Hz 低電圧でスタートさせ、起動電流を小さく抑えた。

また、本インバータは出力電圧をオープン制御としているので一次側電圧の変動に対し、同率で二次側電圧も変動する

ため、一次側電圧 180~240 V のすべての範囲にわたって、高低圧差が大きい条件で起動させた場合、1 種類の V/F パターンでは起動できない電圧範囲がある。すなわち、一次側電圧が低い場合に起動トルク不足とならないような V/F パターンにすると、一次側電圧が高いと、過電流が流れ起動不良となる。逆に一次側電圧が高い場合に過電流が流れないような V/F パターンにすると、一次側電圧が低いと、起動トルク不足となり起動不良となる。そこで、V/F パターンを 2 種類もたせ、起動させるようにしている(図 8.)。

パターン 0      一次側電圧      180~204 V

パターン 1 一次側電圧 205~240 V

作動は最初 パターン0 で起動し、0.5 秒間以内でピーク過電流設定以上になると、パターン1 に変更して再起動する。

## (2) 圧縮機の潤滑対策

レシプロ方式の圧縮機では、回転数が低下してくると、圧縮機のしゅ



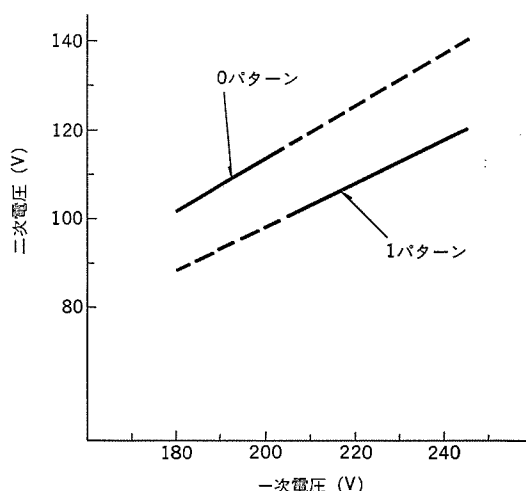


図 8. 起動時の一次電圧の変動に対する二次電圧の変化

う動部に異常摩耗が発生することがある。そこで、この冷凍機では低周波数の給油量が不足しないように、給油機構の改良を実施している。また低周波数運転を行うと、冷媒循環量が低下し油返りが悪くなるため、40 Hz 以下の運転時間を積算して、通算 48 分に達するといったん停止し、3 分後に再起動する油戻し機能を設けている。圧縮機が 3 分間停止することにより、吸入圧力が上昇し、冷却負荷が増加するため再起動時圧縮機の回転数が増速され、冷媒循環量が増加し冷媒回路中の油が圧縮機に戻ってくる。

### (3) 過負荷対策

除霜後のラダウン時などの冷却負荷が急激に増大した場合、吸入圧力が大幅に高くなることから、インバータの出力周波数を高くして圧縮機の回転数を増加させると、この増速時に圧縮機やこれを駆動するモータが過負荷となる。そこで、過負荷運転にならないように、吸入圧力に応じてあらかじめ周波数の上限を補正する対策を行っている。また、過電流保護装置の作動を未然に防ぎ、冷却運転を続行させるために、インバータの二次側の運転電流を検出器で検出し、その値が過電流設定値以下のある値に達すると、自動的に周波数をダウンさせ、その後電流が小さくなると徐々にアップさせている。

## 6. 省エネ効果

冷凍装置は年間稼働しており、季節によりかなり大きな冷却負荷の変動がある。この負荷変動に対するインバータ制御冷凍機（容量制御有り）と ON-OFF 制御冷凍機（標準冷凍機）の EER の比較を行うと図 9. のようになる。また、例としてモデル食品店舗を想定した負

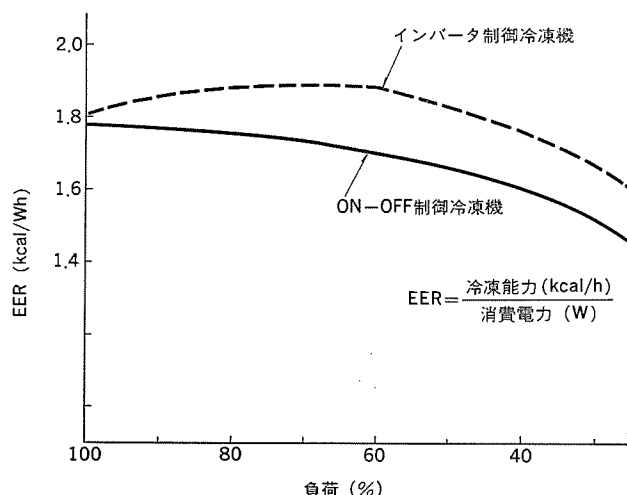


図 9. 負荷変動に対する EER の変化

表 3. インバータ制御冷凍機の省エネ効果

| ((単位: kWh)) |       |              |            |
|-------------|-------|--------------|------------|
|             |       | ON-OFF 制御冷凍機 | インバータ制御冷凍機 |
| 夏           | 期     | 26,781       | 24,695     |
| 中           | 間     | 25,575       | 22,876     |
| 冬           | 期     | 22,956       | 18,754     |
| 年           | 間     | 75,312       | 66,325     |
| (%)         | 合 計   | (100)        | (88.1)     |
| 省           | 電 力 量 | 0            | -8,987     |

荷計算により算出したインバータ制御冷凍機 ERR-55 VAF 形 1 台の年間の消費電力量を比較すると、表 3. のようになり約 12% の省エネ効果が得られる。ところで、今回開発したインバータ制御冷凍機には、上述のインバータによる容量制御によって生じる省エネ効果のほかに、デューティサイクルコントロールによる省エネ効果及びショーケースなどの周囲温度によって圧力設定値を自動的にシフトさせ、蒸発温度を高くして運転させることによって生じる省エネ効果、更には蒸発温度の上昇により着霜量が減少し、除霜回数が減少するという効果が得られ、システム全体としては約 30% の省エネ効果になる。

## 7. む す び

以上述べてきたように、インバータ制御冷凍機は省エネ効果のほかに、増速により夏季の一時的なピーク負荷に対応できること、きめ細かな温度制御が可能となるなどの特長があり、インバータ応用技術の開発とあいまって今後普及が進むと予測される。

## 汎用パッケージエアコン New Pシリーズ

知久道明\*・中村 節\*

## 1. ま え が き

一般事務所、店舗などに代表される業務分野における空調方式の代表的なものに、直膨式のパッケージエアコンがある。このパッケージエアコンは、近年各種用途ごとに特化した製品が数多く発表されているが、我が国において数十年来の根強い需要にこたえ、また幅広い汎用性を持っている製品として床置形のパッケージエアコンがある。当社では昭和20年代からこの床置形のパッケージエアコンを既に開発し販売してきたが、この間、圧縮機の半密閉から全密閉化、更にその高効率化へ、また水冷から空冷化へ、冷専からヒートポンプ化へと、機種レンジの拡大、機能アップと時代に沿った製品改良を重ねてきており、現在はPシリーズパッケージエアコンとして業界でも屈指の優秀な製品として各方面から好評を博している。

今回、当社ではこのPシリーズパッケージエアコンを最近の空調ニーズにマッチするような新しいメリットの付加、機能アップによる製品改良を施して“New Pシリーズパッケージエアコン”を開発した。特に今回は5HPから20HPのダクト吹出しタイプ28機種と、5HPから10HPのプレナム直吹きタイプ12機種を開発したので、その製品概要について紹介する。

## 2. 開発の課題

“New Pシリーズパッケージエアコン”開発における注力ポイントとして次の点を考慮した。

## (1) 市場要求項目による製品力の強化

従来の製品シリーズは、開発以来既に10年が経過しており、この間に空調市場も種々変化し、表1.に示すような市場からの製品に対する要求が生じており、これらの要求を製品へ織り込むことにより製品力の強化を図る。

## (2) 小形機種におけるプレナム直吹き比率の拡大

表 1. Pシリーズパッケージエアコンの市場要求例

|               |            |
|---------------|------------|
| 騒音低下          | 特にプレナム直吹き形 |
| デフロスト時の冷風ストップ | 空冷ヒートポンプ   |
| 冷媒配管の長R化      | 空 冷        |
| 現地配線の簡易化      | 全機種        |
| 据付け性の向上       | “ ”        |
| 小形軽量化         | 特にプレナム直吹き形 |
| 新デザインの採用      | “ ”        |

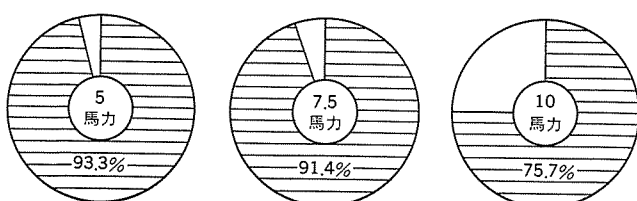


図 1. 5, 7.5, 10 HP の直吹き使用比率 (当社調べ)

表 2. パッケージエアコンの表示冷房能力

| (単位: kcal/h)      |                   |              |
|-------------------|-------------------|--------------|
| 空冷式のもの (50/60 Hz) | 水冷式のもの (50/60 Hz) | 現用称呼相当馬力(参考) |
| 5,000/ 5,600      | 6,300/ 7,100      | 2.5          |
| 6,300/ 7,100      | 8,000/ 9,000      | 3            |
| 9,000/ 10,000     | 10,000/ 11,200    | 4            |
| 11,200/ 12,500    | 12,500/ 14,000    | 5            |
| 16,000/ 18,000    | 20,000/ 22,400    | 7.5          |
| 22,400/ 25,000    | 25,000/ 28,000    | 10           |
| 31,500/ 35,500    | 40,000/ 45,000    | 15           |
| 45,000/ 50,000    | 50,000/ 56,000    | 20           |
| 50,000/ 56,000    | 63,000/ 71,000    | 25           |
| 63,000/ 71,000    | 80,000/ 90,000    | 30           |
| 90,000/ 100,000   | 100,000/ 112,000  | 40           |
| 112,000/ 125,000  | 125,000/ 140,000  | 50           |
| 125,000/ 140,000  | 160,000/ 180,000  | 60           |
| 180,000/ 200,000  | 200,000/ 224,000  | 80           |
| 224,000/ 250,000  | 250,000/ 280,000  | 100          |
| 250,000/ 280,000  | 315,000/ 355,000  | 120          |

注 上表の表示冷房能力値は、JIS B 8615 (パッケージエアコンディショナ試験方法) による。

5HP から10HP までの機種は、図1.に示すように直吹きで使用されるケースが非常に多くなってきており、従来のダクトとの兼用形から、専用形をシリーズ化することにより製品イメージの新規性をねらう。

## (3) 表示冷房能力の業界統一化

昭和59年10月1日からJIS B 8616, JRA-4014-1981により、業界にてパッケージエアコンの表示冷房能力の統一化が申し合わせ事項として実施されたため、このシリーズもこれに沿うものとし、かつ消費電力の見直しによるEERの向上をねらう。表示冷房能力の基準値を表2に示す。

## 3. 製品の概要

Pシリーズパッケージエアコンは、床置形の業務用パッケージエアコンであり、空冷式と水冷式があり各々のヒートポンプ、冷房専用タイプにより構成している。このパッケージエアコンは市場における汎用性を確保するために、各種別売部品の市場組込みを可能とし、かつ、市場での制御配線の改造を容易化するなど、開発にあたり今まで培ってきた基本仕様を守りつつ新規のメリットを付加することに注力した。

今回は、このシリーズ中5HPから20HPの中形タイプについてモデルチェンジを実施し、特にプレナム直吹きタイプとダクト吹出しタイプの2系列の製品構成とし、表3.に示すような機種構成とした。この表からわかるように、製品形名の末尾にプレナム直吹きタイプはPA、ダクト吹出しタイプはDAと付し区分している。ダクト吹出しタイプは、従来のPシリーズパッケージエアコンと外観、形状を基本的に同一とし、特

に 5 HP, 8 HP はプレナム室を廃止することにより製品高さを抑えている。プレナム直吹きタイプはデザインの一新と小形軽量化を図り据付け性を向上させた。製品特長はプレナム直吹きタイプ、ダクト吹出しタイプと可能な限り共通化したものとしている。4章にプレナム直吹きタイプを中心に製品特長、構造、性能について述べる。表 4. にそ

の製品仕様を示している。

#### 4. プレナム直吹きシリーズ

##### 4.1 特長

##### (1) デザインの一新

今回のモデルチェンジにおける一つの重要ポイントに、プレナム直吹きタイプは従来のパッケージエアコンにないざん新なデザインに変更した点がある。

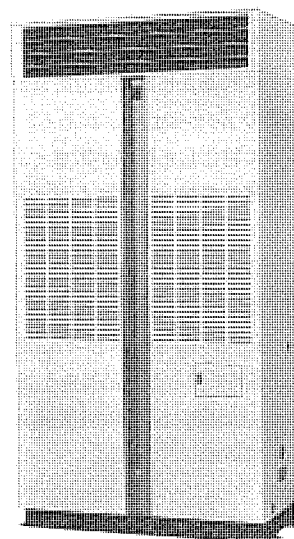


図 2. New P シリーズパッケージエアコンの外観 (PAH-8 PA 形)

表 3. New P シリーズパッケージエアコン機種構成

|               |     | 5 HP     | 8 HP     | 10 HP     | 15 HP     | 20 HP     |
|---------------|-----|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 空 冷<br>ヒートポンプ | 直吹き | PAH-5 PA | PAH-8 PA | PAH-10 PA |           |           |
|               | ダクト | PAH-5 DA | PAH-8 DA | PAH-10 DA | PAH-15 DA | PAH-20 DA |
| 空 冷<br>冷房専用   | 直吹き | PA-5 PA  | PA-8 PA  | PA-10 PA  |           |           |
|               | ダクト | PA-5 DA  | PA-8 DA  | PA-10 DA  | PA-15 DA  | PA-20 DA  |
| 水 冷<br>冷房専用   | 直吹き | PW-5 PA  | PW-8 PA  | PW-10 PA  |           |           |
|               | ダクト | PW-5 DA  | PW-8 DA  | PW-10 DA  | PW-15 DA  | PW-20 DA  |
| 水 冷<br>ヒートポンプ | 直吹き | PWH-5 PA | PWH-8 PA | PWH-10 PA |           |           |
|               | ダクト | PWH-5 DA | PWH-8 DA | PWH-10 DA | PWH-15 DA |           |

表 4. プレナム直吹きシリーズ製品仕様

|                              |           | 空 冷 ヒ ー ト ポ ン プ       |                       |                         | 空 冷 冷 房 専 用         |                     |                       |
|------------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
|                              |           | PAH-5 PA<br>(PVH-5 C) | PAH-8 PA<br>(PVH-8 C) | PAH-10 PA<br>(PVH-10 C) | PA-5 PA<br>(PV-5 C) | PA-8 PA<br>(PV-8 C) | PA-10 PA<br>(PV-10 C) |
| 冷 房 能 力 (kcal/h)             |           | 11,200/12,500         | 16,000/18,000         | 22,400/25,000           | 11,200/12,500       | 16,000/18,000       | 22,400/25,000         |
| 暖 房 " ( " )                  |           | 11,800/13,200         | 17,000/19,000         | 24,500/27,000           |                     |                     |                       |
| 電 源                          |           | 三相 200 V 50/60 Hz     |                       |                         |                     |                     |                       |
| 圧 縮 機 出 力 (kW)               |           | 3.2                   | 5.5                   | 7.5                     | 3.2                 | 5.5                 | 7.5                   |
| 送風機出力<br>(kW)                | 室 内       | 0.15                  | 0.28                  | 0.35                    | 0.15                | 0.28                | 0.35                  |
|                              | 室 外       | 0.15                  | 0.36                  | 0.36                    | 0.15                | 0.36                | 0.36                  |
| 風 量<br>(m <sup>3</sup> /min) | 室 内 Hi-Lo | 45-38                 | 60-48                 | 80-64                   | 45-38               | 60-48               | 80-64                 |
|                              | 室 外       | 100/110               | 190/200               | 220/230                 | 100/110             | 190/200             | 220/230               |
| 標 準 機 外 静 圧 (mmAq)           |           | 0                     | 0                     | 0                       | 0                   | 0                   | 0                     |
| 補 助 電 熱 器 (kW)               |           | 3.0                   | 5.1                   | 7.5                     |                     |                     |                       |
| 外 形 寸 法<br>(mm)              | 室内(高×幅×奥) | 1,900×760×500         | 1,900×980×500         | 1,900×1,200×500         | 1,900×760×500       | 1,900×980×500       | 1,900×1,200×500       |
|                              | 室外( " )   | 798×729×729           | 743×985×985           | 997×985×985             | 798×729×729         | 743×985×985         | 997×985×985           |
| 騒 音<br>(dB(A))               | 室 内 Hi-Lo | (53-48)               | (56-52)               | (57-54)                 | (53-48)             | (56-52)             | (57-54)               |
|                              | 室 外       | 56/57                 | 58/59                 | 59/60                   | 56/57               | 58/59               | 59/60                 |

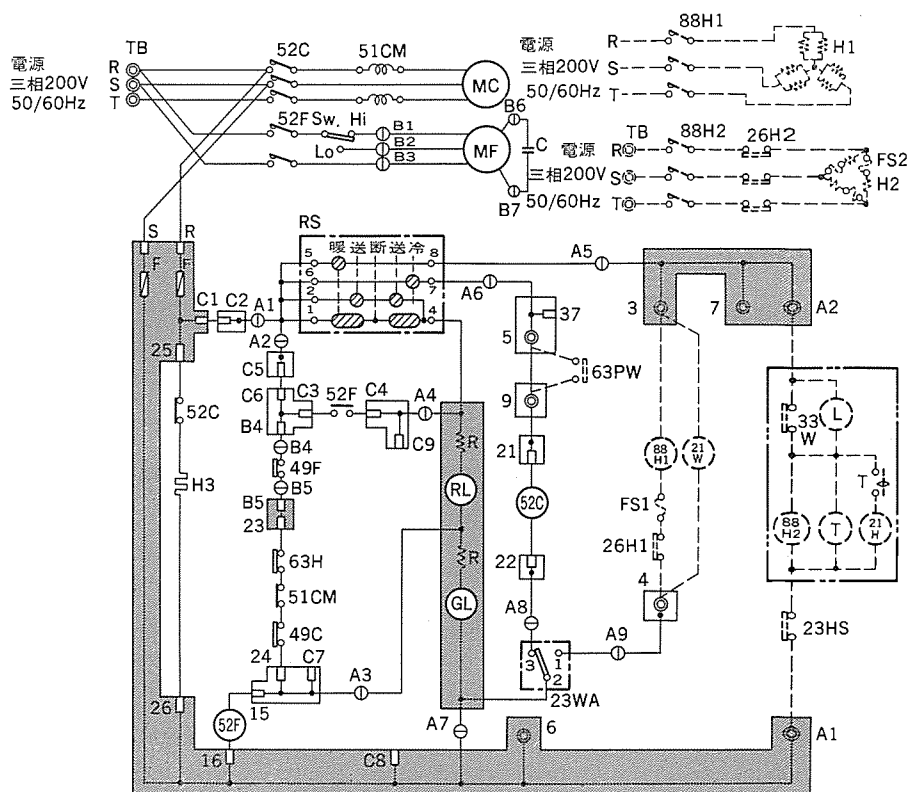
|                                 |  | 水 冷 ヒ ー ト ポ ン プ   |               |                 | 水 冷 冷 房 専 用   |               |                 |
|---------------------------------|--|-------------------|---------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|
|                                 |  | PWH-5 PA          | PWH-8 PA      | PWH-10 PA       | PW-5 PA       | PW-8 PA       | PW-10 PA        |
| 冷 房 能 力 (kcal/h)                |  | 12,500/14,000     | 20,000/22,400 | 25,000/28,000   | 12,500/14,000 | 20,000/22,400 | 25,000/28,000   |
| 暖 房 " ( " )                     |  | 14,000/16,000     | 21,200/23,600 | 26,500/30,000   |               |               |                 |
| 電 源                             |  | 三相 200 V 50/60 Hz |               |                 |               |               |                 |
| 圧 縮 機 出 力 (kW)                  |  | 3.2               | 5.5           | 7.0             | 3.2           | 5.5           | 7.0             |
| 送 風 機 出 力 (kW)                  |  | 0.15              | 0.28          | 0.35            | 0.15          | 0.28          | 0.35            |
| 風 量 Hi-Lo (m <sup>3</sup> /min) |  | 45-38             | 60-48         | 80-64           | 45-38         | 60-48         | 80-64           |
| 標 準 機 外 静 圧 (mmAq)              |  | 0                 | 0             | 0               | 0             | 0             | 0               |
| 外形寸法(高×幅×奥行) (mm)               |  | 1,900×760×500     | 1,900×980×500 | 1,900×1,200×500 | 1,900×760×500 | 1,900×980×500 | 1,900×1,200×500 |
| 騒 音 Hi-Lo (dB(A))               |  | (53-48)           | (56-52)       | (57-54)         | (53-48)       | (56-52)       | (57-54)         |

パッケージエアコンを空調空間のインテリアと融合させ、その存在感を最小限に抑えたデザインを採用し、その外観は図2.に示す写真のとおりである。つまり、2枚の縦形パネルと中央部の幅の狭い色違いのアクセントパネルによる構成とし、中央部パネル上部にシンボルマークを配置するとともに、縦形パネルの内側にコーナトリムを取り付けて高級感を強調した。また縦形パネルの中央部分に空気吸込グリルを切起し成形し、その列数を変化させることにより各馬力のイメージの統一を図った。

(2) モジュール設計による小形軽量化  
製品高さを1,900mm、奥行を500mmに統一し、幅を5HP 760mm、8HP 980mm、10HP 1,200mmと幅寸法のみ変化させてモジュール化を行い、かつ幅寸法はダクト吹出しシリーズより1サイズダウンして小形化を図っている。図3.に5, 8, 10HPの室内ユニットの床面積を示してあるが、約20%強の小形化を図っている。また製品重量も空冷ヒートポンプを中心に約20%の軽量化を図り、省スペース性、据付け性の向上を図った。

(3) フィルタメンテナンスの向上

前パネル吸込グリル裏側に取り付けたエア



注(1) 配線図中 A1~A9, B1~B7はコネクタ。◎3~9, A1, A2は端子盤, □15~38, R, S, B4, B5, 差込端子タブを示す。  
(2) 破線部分は、別売品を示す。  
(3) 陰影部分はプリント板を示す。

図5. PW-8, 10 PA形三菱パッケージエアコン電気配線図

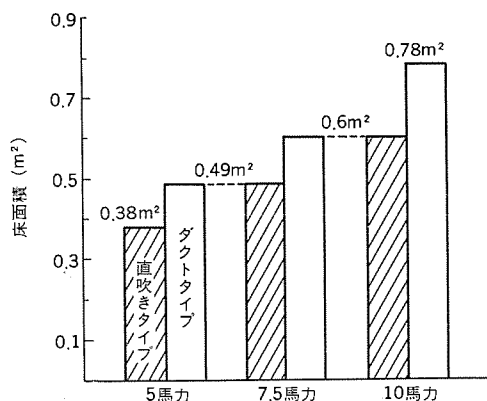


図3. 床面積比較表

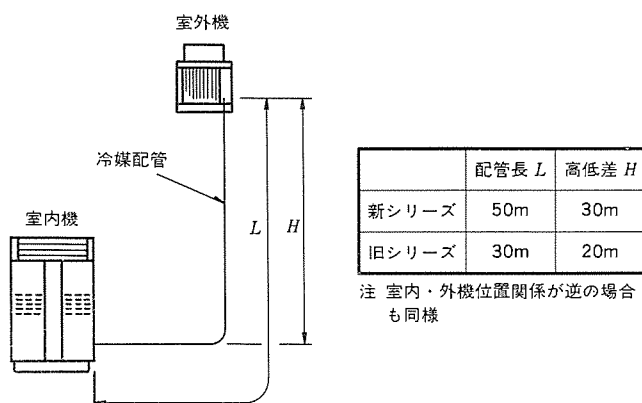


図4. 冷媒配管図

フィルタは、樹脂成形品とし、前パネルを取り付けたままで、中央パネル部から引き出し可能とし、エアフィルタのメンテナンス性を向上させた。

(4) 据付け、信頼性の向上

空冷機種の冷媒配管の延長距離を50mとし、高低差を30mとして室外ユニットの据付け位置の自由度を拡大した。配管長、高低差の新旧比較を図4.に示す。また、配管の接続方法をフライング、ろう付け方式として冷媒回路の信頼性を向上させた。

(5) 制御回路の改善

プリント基盤を改良し、市場における各種制御回路の改良を容易とするために、回路変更用端子をプリント基盤に設けて対応力の向上を図った。図5.にPW-8, 10 PA形の電気結線図を示す。

(6) 豊富な別売部品

パッケージエアコンの汎用性向上のために、加湿器、各種ヒータ、分ダクトなどの豊富な別売部品を用意しており、これらが容易に市場で取り付けできるようにした。

## 4.2 構造

Pシリーズパッケージエアコンのような中形エアコンの生産は、多機種小ロット生産される製品であり、更に昨今の市況からみれば客先納期と生産を同期化して最小限の生産ロットに細分化し製品を供給する必要がある。このため生産設備としては、従来の金型によるプレス加工主体の設備から、スレットパンチプレスと自動曲げ機のような汎用設備主体となり、生産方式もこれに合うように変更しなければならない。また組立ラインへの部品供給方式もジャストイン方式が検討される中に

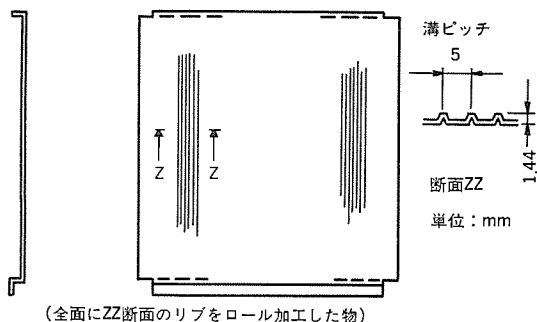


図 6. 後パネル形状（エンボス鋼板使用例）

あって、今回の製品モデルチェンジはこれらの効率化を図るために、大物板金部品の形状の単純化、生産設備に合った形状の部品となるよう製品構造の設計を行った。室内ユニット、室外ユニットの構造設計の主眼点は次のとおりである。

#### (1) 室内ユニット

外観キャビネットは幅のみ変化させたモジュール設計により、前パネル、後パネルの幅を変えることによりシリーズ構成して、生産加工が同一思想ですべてできるようにした。前パネルの取付けはファンプレート前部の溝に下方より差し込み、台枠上に載せた後、上下にスライドする座板で容易に固定できるようにした。後パネルは図 6. に示すような、薄板全面に微細リブをロール加工したエンボス鋼板を今回新規に採用し、単純形状のままで運転中の振動を抑えるとともに、鋼板の薄肉化を実現した。左右側面パネルは曲げ形状を同じとして穴位置のみ一部変更して加工工程を一本化した。

内部構造は前側左右の 2 本の柱にドレンパン、熱交換器を  $\Delta$  (デルタ) 形状にて取り付けたことにより、部品点数の縮減と組立性の向上を図っている。ユニット機械室の主要部品の取付位置を統一化し、冷媒配管の形状変更による水、空冷、冷専、ヒートポンプ間の共通性を持たせている。送風機は全シリーズ直線駆動方式とし、左右側面パネルへ送風機組立を前面からスライドして取り付けることにより組立性、サービス性の向上を図った。吹出しグリル部分は左右側面パネルとファンプレート、トップパネルにより、ねじなしで固定できる構造とした。

#### (2) 室外ユニット

2 個の L 形状の大形熱交換器を採用し、熱交換器面を四面に設けたことにより、四側面からの空気吸込みを可能とし、製品高さを低く抑えるとともに、風速分布が均一となる形状とした。更に、サービス面をコーナに持ってきたことにより、サービススペースの縮小を実現した。また、板金部品を可能な限り少なくした設計とし、旧形より約 20% 軽量化を図っている。5 HP については 60 cm の高性能プロペラファン

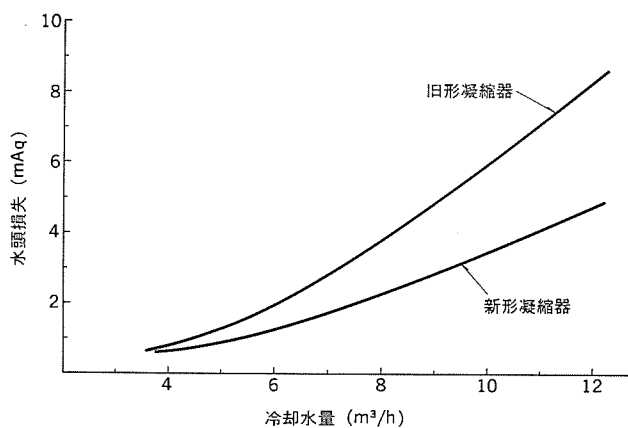


図 7. 新、旧凝縮器水頭損失の比較（例：PW-15 DA 形）

を採用し、床面積を約 15% 縮小した。

#### 4. 3 快適性

送風装置に強、弱 2 段の送風ノッチを設けることにより、運転立上り時の強運転による強力空調と、通常運転時は弱運転によるソフト空調と低騒音化を実現し、汎用パッケージエアコンでありながら高い快適性を実現した。また、空冷ヒートポンプタイプは、デフロスト運転時の冷風の吹出しを抑えた微風回路を追加、デフロスト時間の短縮化を図りながら、室内の温度低下を抑えた設計とした。

#### 4. 4 水冷凝縮器の改善

水冷凝縮器の伝熱管に高効率伝熱管を採用して、凝縮器の小形軽量化を図ると同時に、水頭損失の低圧損化を実現して、冷却水ポンプの小形化を可能とした。図 7. に PW-15 DA 形の新旧凝縮器の水頭損失の比較を示す。

### 5. む す び

パッケージエアコンは、近年ビル空調用、店舗用へと製品の多様化が進んできているが、今回紹介した“New P シリーズパッケージエアコン”は、その中にあって長い間市場で好評を得てきた製品であり、今後共、工事の容易さ、従来製品との互換性、簡易空調の手段としてその需要は根強いものと思われる。また、加湿、暖房、静圧変更などに対処可能な豊富なオプション部品を取りそろえていることから、その使用用途も多岐にわたり、特にこれからは製造業を中心とした用途の拡大が望まれるものと推測できる。

これからも、省エネルギー性、快適性、省工事性など、多岐にわたる市場ニーズの取り込みを行い、製品改良を実施してゆく所存である。

## 産業空調用パッケージエアコンPAT・PWT-Bシリーズ

知久道明\*・今西正美\*・田頭秀明\*・吉村 晃\*\*・望月道明\*\*

## 1. ま え が き

パッケージエアコンは業務用としての対人空調用途に加え、この数年来急速に市場からの要求の高まってきている用途として、電子機器製造、精密機器製造、食品加工業などをはじめとする各種産業での空調用途がある。これら各種産業から要求される空調方式としては、一般の対人空調より更に低温度範囲を年間を通じ常に一定に保ち、かつ湿度保持も必要とする恒温、恒湿度の年間冷房方式、及び室内の空気清浄度を保持するために、常に新鮮外気を導入しこの新鮮外気の温湿度調整を行うことを目的としたオールフレッシュ冷房方式がある。このような方式にて空調を行う場合、一般の汎用パッケージエアコンでは、冷媒回路系統、送風回路系統の制御面での対応が不可能になってしまう。

汎用パッケージエアコンを上記のような産業用途向けとして使用した場合、考えられる問題点として次のような点をあげることができる。

(1) 汎用パッケージエアコンの運転可能な室内最低温度は約15°C WBであり、これ以下の低温域で使用すると、室内熱交換器が着霜し、機内静風圧が増大し風量ダウンを招くと同時に、熱交換器内の冷媒の蒸発が不完全となり液バック現象を生じ、圧縮機の損傷などにより運転不能となる。

(2) 空冷式の場合、外気温度が低下すれば、凝縮圧力が低下し吸入圧力も低下するが、その圧力差が小さくなり、絞り装置を通過する冷媒量が不足し、冷房能力のダウン、室内熱交換器への着霜などを生じ、冷媒回路系統がアンバランスとなる。

(3) オールフレッシュ空調では、室温より外気温が高温状態で使用することが多いため、室内熱交換器での冷却負荷が過大となり、熱交換器の容量不足を生じ、冷媒がスーパーヒート大の状態では圧縮機へ吸入されるため、圧縮機シェル温度上昇、吐出温度上昇を招き、保護装置の作動により運転が停止する。

以上のように汎用パッケージエアコンは、産業用途への使用は不可能であり、冷媒回路コントロール、送風機風量コントロールの装備したものが、産業用途向けパッケージエアコンとして必要になってくる。

従来、当社にはこれらに対処したパッケージエアコンとして、空冷式GAT形、水冷式GT形と呼ばれるシリーズがあったが、この製品は開発以来既に約15年を経過し、現在での省エネルギー化、小形化、低騒音化などの市場要求に対し、対応が不十分な製品となりつつある。そこで、今回、従来のGAT形、GT形の基本機能を生かし、かつ時代の要請に十分対応可能な、年間空調用の空冷タイプPAT-B形、水冷タイプPWT-B形とオールフレッシュ仕様の空冷タイプPAT-BF形、水冷タイプPWT-BF形を開発したので、その概要について紹介する。今回開発したPAT-B(F)、PWT-B(F)シリーズは、5HPから20HPまでの各5機種計20機種のシリーズとなっており、“Pシリーズ”と称される汎用パッケージエアコンと可能な限り共通化を図り、使用方法、据付け性などの製品特性の向上を図ったものである。

## 2. 仕様及び構造

以上の観点から開発したのが産業用パッケージエアコンPAT-B形、PWT-B形であり、その仕様及び構造を以下に述べる。

## 2.1 PAT-B形

室内機及び室外機の外観を図1、図2に、製品仕様を表1に示す。機種シリーズは、従来5、8、10HPの3機種であったが今回の開発で、これらを全面的にモデルチェンジし、更に15、20HPまでの豊富な機種シリーズ化を行った。

構造については、室内機及び室外機の内部構造図を図3、図4に示す。すなわち室内ユニットには、中央部に除じん装置としてのエアフィルタ及び蒸発器があり、室内の空気はユニット中央部の前面グリル、左右側面吸込口の4面から吸い込まれ、エアフィルタ、蒸発器を通過して所定の温度に制御された後、送風機により上部吹出し口から調和空気として室内に供給される。ユニット下部は、機械室で圧縮機、

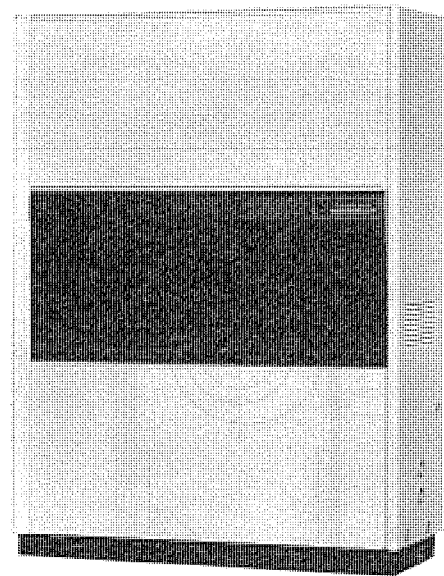


図1. 室内機PAT-8B, PWT-8B形の外観

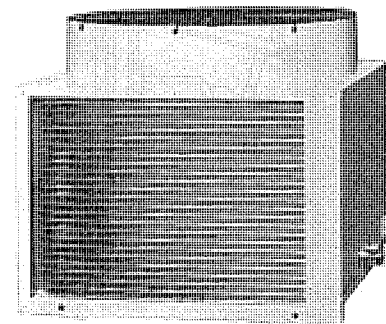


図2. 室外機PWT-8B形の外観

表 1. 産業用 パッケージエアコン の主仕様

## 空冷式 PFT・PAT 形

| 項 目                       | 形 名        | PAT-5B          | PAT-8B          | PAT-10B         | PAT-15B         | PAT-20B           |
|---------------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 冷 房 能 力 (kcal/h)          |            | 9,000/11,000    | 14,500/15,500   | 18,500/20,000   | 29,000/31,500   | 32,000/35,000     |
| 電 源                       |            | 3φ 200V 50/60Hz |                 |                 |                 |                   |
| 圧 縮 機 出 力 (kW)            |            | 3.75            | 5.5             | 7.5             | 5.5×2           | 7.5×2             |
| 送風機出力 (kW)                | (内)        | 0.13            | 0.3             | 2.2             | 2.2             | 3.7               |
|                           | (外)        | 0.16            | 0.36            | 0.36            | 0.36×2          | 0.36×2            |
| 風 量 (m <sup>3</sup> /min) | (内)        | 50              | 70              | 90              | 140             | 180               |
|                           | (外)        | 110/120         | 190/200         | 220/230         | (190/200)×2     | (220/230)×2       |
| 外形寸法 (mm)                 | (内)高さ×幅×奥行 | 1,650×980×500   | 1,650×1,200×500 | 1,850×1,200×650 | 1,850×1,640×650 | 1,850×1,860×650   |
|                           | 分割できる高さ    | —               |                 |                 | 1,315×535       |                   |
|                           | (外)高さ×幅×奥行 | 851×785×785     | 876×985×985     | 1,207×985×985   | (876×985×985)×2 | (1,207×985×985)×2 |
| 製品重量 (kg)                 | (内)        | 191             | 246             | 320             | 465             | 620               |
|                           | (外)        | 75              | 100             | 130             | 100×2           | 130×2             |

## 水冷式 PWT 形

| 項 目                       | 形 名                     | PWT-5B          | PWT-8B          | PWT-10B         | PWT-15B         | PWT-20B         |
|---------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 冷 房 能 力 (kcal/h)          |                         | 11,500/12,500   | 16,000/17,500   | 19,000/22,000   | 32,000/35,000   | 42,000/47,000   |
| 電 源                       |                         | 3φ 200V 50/60Hz |                 |                 |                 |                 |
| 圧 縮 機 出 力 (kW)            |                         | 3.75            | 5.5             | 7.0             | 5.5×2           | 7.0×2           |
| 送 風 機 出 力 (kW)            |                         | 0.13            | 0.3             | 2.2             | 2.2             | 3.7             |
| 風 量 (m <sup>3</sup> /min) |                         | 50              | 70              | 90              | 140             | 180             |
| 冷 却 水 (水温 30°C)           | 水 量 (m <sup>3</sup> /h) | 3.0/3.3         | 4.4/4.8         | 5.2/6.2         | 8.5/9.6         | 11.1/12.7       |
|                           | 水頭損失 (mAq)              | 2.4/3.0         | 2.3/2.7         | 2.0/2.9         | 2.5/3.2         | 2.7/3.6         |
| 外形寸法 (mm)                 | 高さ×幅×奥行                 | 1,650×980×500   | 1,650×1,200×500 | 1,850×1,200×650 | 1,850×1,640×650 | 1,850×1,860×650 |
|                           | 分割できる高さ                 | —               |                 |                 | 1,315×535       |                 |
| 製 品 重 量 (kg)              |                         | 195             | 230             | 310             | 490             | 550             |

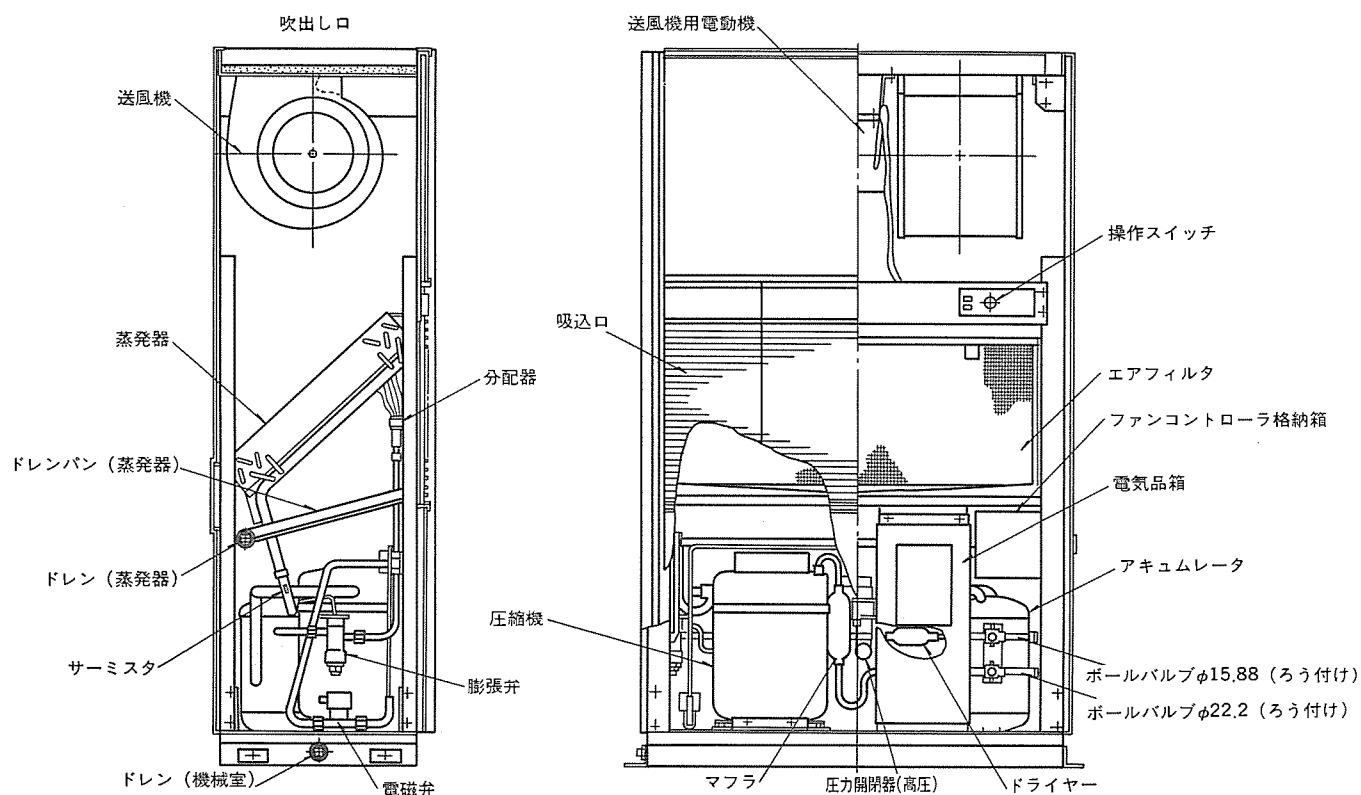


図 3. 室内機 PAT-B 形の内部構造図



アキュムレータ、膨張弁、電気品箱及び回転数制御器（以下、ファンコンローラ）を収納し、着霜防止、起動保証回路用サーミスタを蒸発器2次側配管に取り付けている。室外ユニットは、凝縮器及び送風機から構成されており、また凝縮温度を検知し、送風機回転数を制御するセンサを取り付けている。

また、PAT-B形の運転可能な温度範囲は、図5.(b)に示すとおり室内吸込空気湿球温度10～22.5℃、室外吸込空気乾球温度-15～+43℃までの運転を可能としている。

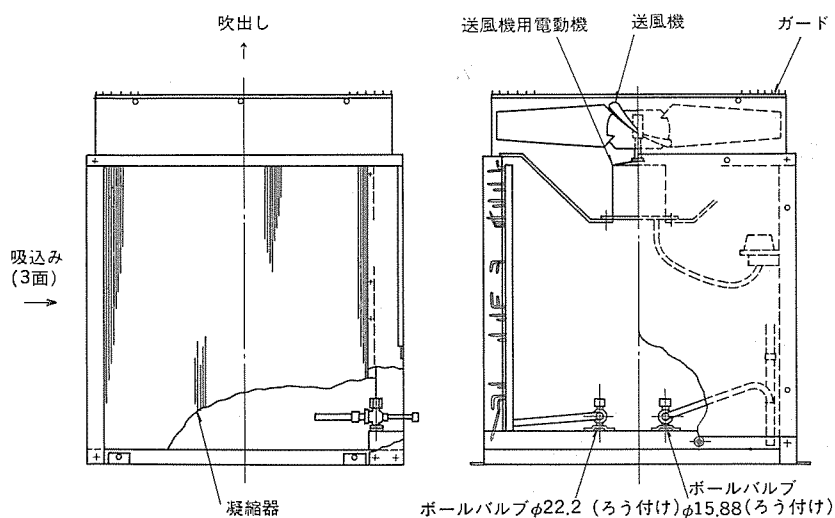
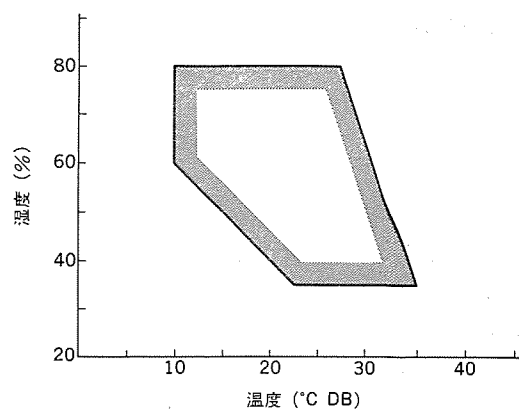
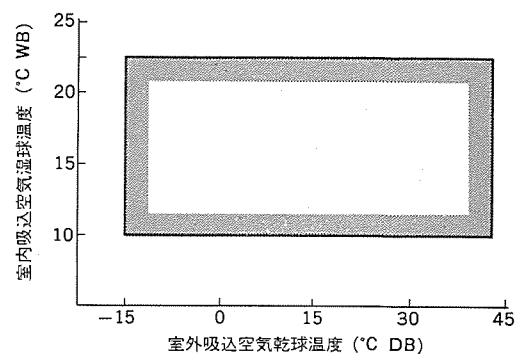


図 4. 室外機 PVT-B 形の内部構造図



(a) 室内使用温度範囲 (PWT-B 形)



(b) 年間冷房可能な外気温度範囲 (PAT-B 形)

図 5. 運転可能範囲

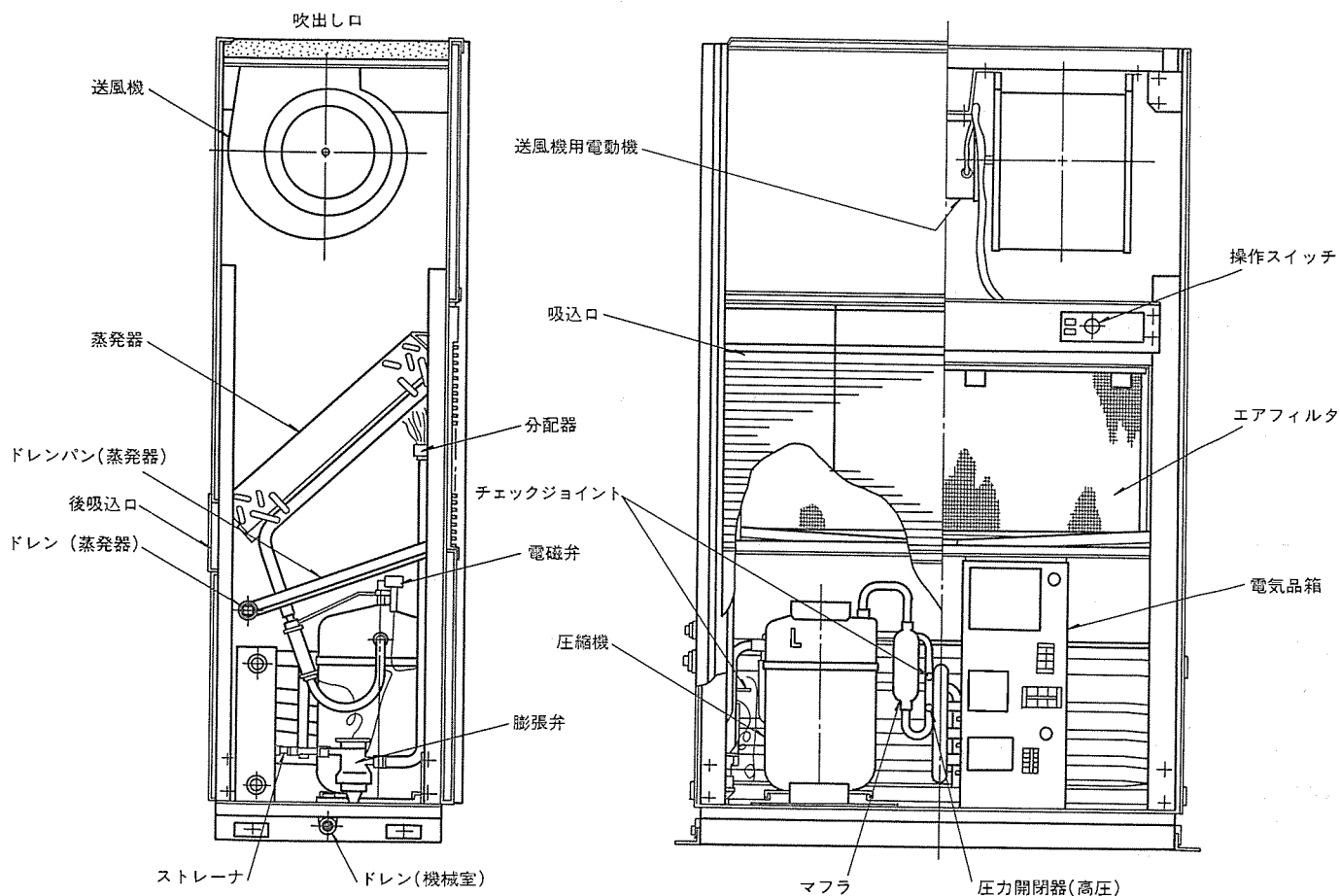


図 6. 室内機 PWT-B 形の内部構造図

## 2.2 PWT-B 形

外観を図 1. に、製品仕様を表 1. に示す。機種シリーズは従来 5, 8, 10, 15HP の 4 機種であったが、今回の開発でこれらを全面的にモデルチェンジし、更に 20HP を新規開発し、豊富な機種シリーズ化を行った。

構造については、内部構造図を図 6. に示す。すなわち、ユニット中央部に除じん装置としてのエアフィルタ及び蒸発器があり、室内の空気は、ユニット中央部の前面グリル、左右側面吸込口の 4 面から吸い込まれエアフィルタ、蒸発器を通して所定の温度に制御された後、送風機により上部吹き出し口から調和空気として室内に供給される。ユニット下部は機械室で圧縮機、凝縮器、膨張弁及び電気品箱を収納している。

また、PWT-B 形の運転可能な温度範囲は図 5. (a) に示すとおり、室内吸込空気湿度 35～80% までの運転を可能としている。

## 3. 運 転 制 御

一般的に空冷式凝縮器の熱交換能力は、外気温度（凝縮器吸込乾球温度）の影響を受け、外気温度が低下するにつれて熱交換能力は増加していく。ところが、熱交換能力の増加に伴い冷凍サイクル上での凝縮圧力及び凝縮温度は低下する。夏期、冬期の広範囲な外気温度範囲で使用する年間空調用パッケージエアコンは、外気温度の変化に追従して常に熱交換量を一定に保ち、安定した運転状態を得るために高圧圧力を制御する必要がある。

空冷式凝縮器の熱交換能力（凝縮能力）は、一般に次式で示すことができる。

$$Q = G \cdot C_P \{1 - \exp(-K \cdot A / G \cdot C_P)\} \cdot \Delta T \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで  $Q$  : 熱交換能力（凝縮能力）(kcal/h)

$G$  : 冷却空気流体重量（風量）(kg/h)

$C_P$  : 冷却空気の定圧比熱 (kcal/kg・°C)

$K$  : 熱通過率 (kcal/m<sup>2</sup>h・°C)

( $K \div a \cdot v_f^b$ )

$A$  : 熱交換面積 (m<sup>2</sup>)

$\Delta T$  : 冷却空気と凝縮温度との温度差 (°C)

( $\Delta T = \text{凝縮温度} - \text{外気吸込温度}$ )

$v_f$  : 前面風速 (m/s)

$a, b$  : 定数

式(1)から、空冷式凝縮器の熱交換能力は空気の定圧比熱 ( $C_P$ ) を一定とすると、風量 ( $G$ ) と熱交換面積 ( $A$ ) 及び凝縮温度と外気温度との温度差 ( $\Delta T$ ) に比例する。したがって、外気温度の低下につれて、温度差 ( $\Delta T$ ) の値が大きくなれば熱交換能力が増加し、能力制御として風量 ( $G$ ) 又は、熱交換面積 ( $A$ ) を変化させる必要がある。

なお、熱交換面積の制御及び風量制御として、次の方法がある。

### (1) 熱交換面積制御

- (a) 室外ユニットの細分化による台数制御
- (b) 熱交換器パス数の開閉制御
- (c) 熱交換器内の液冷媒量制御

### (2) 風量制御

- (a) ダンパなどによる静圧制御
- (b) 送風機の二位置制御及び台数制御
- (c) 送風機の回転数比例制御

今回開発した PAT-B 形は、信頼性、保守性、省工事性、価格など

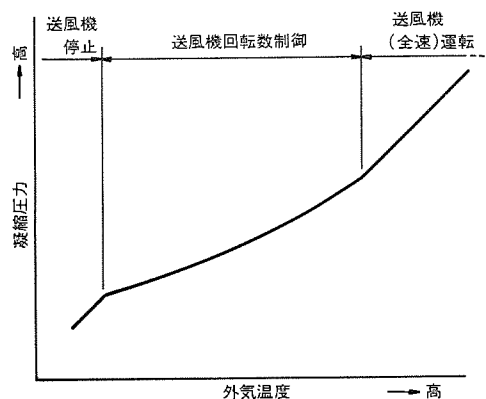


図 7. 回転数制御時の凝縮圧力変化

から、(2)(c)送風機の回転数制御方式を採用した。

これは、近年特に技術が進歩した IC を利用して制御するものであり、送風機の回転数制御方式は凝縮温度が低下すると、サイリスタにより送風機用電動機への供給電源の位相を制御し、一次電圧（実効電圧）を降下させて送風機の回転数を連続無段階に変化させる方式である。したがって二位置制御又は台数制御などとは異なり、きめ細かい凝縮温度コントロールが可能となる。この結果として、凝縮器の熱交換能力が外気温度の変化に追従して常に一定の能力を維持することになる。一例として図 7. に回転数制御を行った場合の凝縮圧力変化を示す。

また、空冷式及び水冷式ともに、冬期、中間期などでは、外気温度の低下につれて室内の空調負荷が減少し、低圧圧力降下をきたす。したがって、蒸発器フィンに着霜が生じるため、蒸発器出口側配管に取り付けてあるセンサにより、ホットガスバイパス弁を開き着霜防止を行う。また、蒸発器フィン温度を検知する凍結防止サーモスタットにより圧縮機の運転を停止し、室内送風機のみ運転させ着霜防止を行い、幅広い温度範囲において安定した運転を行うことができる。

## 4. 特 長

### (1) 室外吸込空気温度の拡大 (PAT-B 形)

上述のとおり、凝縮温度コントロール方式としてサイリスタによる位相制御方式を採用するとともに、①蒸発器 2 次側配管温度を検知し、ホットガスバイパスによる着霜防止機能、②蒸発器フィン温度を検知し (−8°C 以下) 圧縮機の発停を行うオフサイクルデフロスト機能、③低外気温時において圧縮機の起動をスムーズにするため、凝縮器のホットガスバイパス方式による圧縮機のアンローダ機構と低圧圧力の降下防止、④高圧圧力開閉器と室外送風機を連動させ、立上り特性の向上を図るなど、多くの機能の併用により室外吸込乾球温度が−15～+43°C の範囲で運転可能としている。

### (2) 着霜防止機能

蒸発器出口側の配管温度を PAT-B 形は、ファンコントローラのサーミスタ、PWT-B 形はリードスイッチサーモにより検知し、蒸発器出口冷媒温度が 0°C 以下になり着霜しそうになった時、ホットガスバイパス弁を開き着霜防止を行う。したがって、蒸発圧力が低下したときでも安定した冷房運転を行うことが可能である。更に蒸発圧力が低下すると、蒸発器フィン温度を検知し (−8°C)、圧縮機の発停を行い冷房運転を継続することが可能である。

### (3) 容量制御機能

中間期、冬期などの軽負荷時に対し、室内温度保持を容易に行うた

め、2ステージサーモスタット（客先工事）の高段側接点と上記ホットガスバイパス弁を有効に利用し、ホットガスバイパス方式による容量制御を可能としている。容量制御率は、5、8、10HP機種（1圧縮機搭載形）で100%—50%—0%、また15、20HP機種（2圧縮機搭載形）では100%—75%—50%—25%—0%である。

#### （4）軽量、コンパクト化

産業用とはいえ、室内のスペースを有効に利用できるように空調機の据付け占有面積は、できるだけ小さくし、かつ搬入・据付け性を向上させるため、小形軽量化を図る必要がある。今回の開発品は、シリーズとしての寸法の共通化を図り、従来と比較し重量約28%軽量化、据付け面積19%のコンパクト化を図っている。

#### （5）低騒音化

低騒音形圧縮機を搭載すると同時に、吐出配管系の脈動及び振動を防止するため、適切なマフラの組み込み及び共振対策などを実施し、また室外送風機も回転数制御を行うなど、騒音に対して十分な配慮を行った。この結果、従来製品と比較してPAT、PWT-B形は4ホーン、PVT-B形は4ホーンの低騒音化を図ることができた。

#### （6）省エネルギー化

室内機及び室外機の空気側熱交換器の仕様を、切起しフィン及び内面溝付きの伝熱管構成とした高効率熱交換器仕様とした。また圧縮機の仕様は、高効率タイプとし消費電力も低減させ、エネルギー消費効率（EER）の改善を図った。

#### （7）冷媒延長配管の拡大（PAT-B形）

アキュムレータの内容積アップを行い、室内、室外間を結ぶ冷媒延長配管長を従来の冷媒延長配管長、実長30mから実長50mまで可能とした。したがって、据付け場所の大幅な拡大と施工の多様化に対応できるようにした。

#### （8）防食仕様（PAT-B形）

化学、薬品、レーヨン、パルプなどの工場構内及びその周辺地域、その

他、硫黄系統のガス雰囲気が存在するような環境地域でも使用可能とするため、室外機の配管ろう付部及びフィン部に樹脂被膜による防食処理を施し耐食性の向上を図った。

#### （9）水頭損失の低減（PWT-B形）

水冷式凝縮器は、管外面に特殊フィン加工を施し、更に管内面がらせん突起の伝熱管構成とした高効率熱交換器仕様とし伝熱管長さの短縮を図った。この結果としてPWT-5B形の場合、62%の水頭損失低減が実現し、循環ポンプの容量削減化が可能となった。

#### （10）オプションパーツ

市場ニーズの多様化、複雑化に柔軟に対応するために、加熱器、加湿器などの11種類の仕様を標準オプションパーツとし、冷媒レヒート、温度調節器など5種類の仕様を受注オプションパーツとした。

#### （11）採算性、生産性

現状汎用パッケージエアコンPシリーズの構造を母体とし、できるかぎりの部品を標準化及び共通化することにより、大幅な採算性・生産性の向上を図った。

## 5. む す び

以上、述べたとおり産業空調用パッケージエアコンPAT・PWT-Bシリーズは、

- （1）室内外吸込空気温度の拡大
- （2）低外気温時の運転特性向上
- （3）省エネルギー性の向上
- （4）省スペース・据付け性の向上
- （5）低騒音化

などの市場ニーズに合った機能、構造をもつものであり、産業空調用として十分に使用できるものであると確信する。

今後更に研究を重ね、一層の性能向上を追求していきたいと考える。

# 複数台集中設置形パッケージエアコン室外機

中島 康雄\*・杉山 徹雄\*・榎本 寿彦\*

## 1. ま え が き

セントラルダクト空調方式から小形パッケージエアコンの分散設置方式への需要構造変化は、最近の顕著な傾向となっている。これは個別分散化することによる省エネルギー性、あるいはテナントビルなどのように、複数のユーザーが入居している場合の電気料金の管理のしやすさ、あるいはメンテナンスの容易性などの理由によるものである。59冷凍年度のパッケージエアコンの総需要は44万台であった。このうち、空冷式が約90%、また空冷の中で4.5kW以下の小形パッケージエアコンの比率が75%を占め、複数台設置比率が64%も占めていることが、需要構造の変化を端的に表している。

当社では、これらの需要構造の変化にこたえるため、新たに複数台集中設置形パッケージエアコン室外機を開発した。

ここでは、この複数台集中設置形パッケージエアコン室外機（新室外機）の特長、開発上の問題点などを中心に述べる。

## 2. 開 発 の 目 標

中小ビル、特に屋上スペースの狭いビルに複数台の空調機を分散配置するとき問題となるのが、室外機の設置スペースと室内機と室外機を接続する冷媒配管の許容実長及び許容高低差である。そこで開発目標として次の2点を設定した。

- (1) 室外機を連続設置可能な構造とし、実質の設置スペースを半減する。
- (2) 冷媒配管許容長を50mとする。また許容高低差を40mとする。

この室外機を開発することによりシステムコントロール制御とあわせ、ソフトとハードの両面からビル空調の個別分散化を可能とする空調機となる。システムコントロールとは、当社が新たに開発した空調機のコントロールシステムで、標準仕様で16台まで集中制御が可能、また遠方手元切換や遠方表示など、空調機のシステム制御が可能な制御方式である。

## 3. 技 術 的 課 題

この新室外機を開発する上で解決すべき技術的課題は、二つに大別される。一方は構造上の問題であり、他は冷媒回路上の問題である。

### 3.1 構 造

この室外機の構造上の技術的課題は前に述べたように、狭いスペースにいかに効率よく室外機を設置できるかというところにある。この構造上の問題を解決するために、次のような手段をとった。

- (1) 室外機を複数台集中設置するための必要条件である室外機相互の干渉を防止するため、吹出し口を上にする。
- (2) 吸込口及びサービス面を前面だけとし、背面及び両側面は据付け時及びサービス時とも使用しない。すなわち背面及び両側面に他の室外機を接近して、設置できる構造とする。
- (3) 能力の異なる室外機の組合せも考慮して外形寸法をモジュール

化する。

- (4) 屋上での集中設置を前提とし、高さ寸法の制約を緩和する。

以上の4点を考慮して、開発した室外機を図1に示す。PUHT-63G形、PUHT-71G形、PUHT-80G形を一つの箱体とし、外形寸法を1,300mm(H)×790mm(W)×395mm(D)とした。またPUHT-100G形とPUHT-125G形を一つの箱体として、外形寸法を1,300mm(H)×1,190mm(W)×395mm(D)とした。高さ寸法は1,300mmに統一し、集中設置した場合の床スペースを800mm×400mmと1,200mm×400mmとなるように寸法を決めた。この寸法は、例えばPUHT-125G×2台とPUHT-71G×3台を背中合わせに設置した場合、ともに全幅が2,400mmとなり、またこの配列の奥行寸法は2台分で800mmとなり、これはPUHT-71G形の幅と一致することになる。図2に集中設置での配置例を示す。

### 3.1.1 風路設計

次にこの新室外機を開発する上で重要な部分を占めた風路の構成について説明する。図3はPUHT-71G形の断面斜視図である。従来の室外機PUH-71G形（図4参照）と比べ、吸込口にプロペラフ

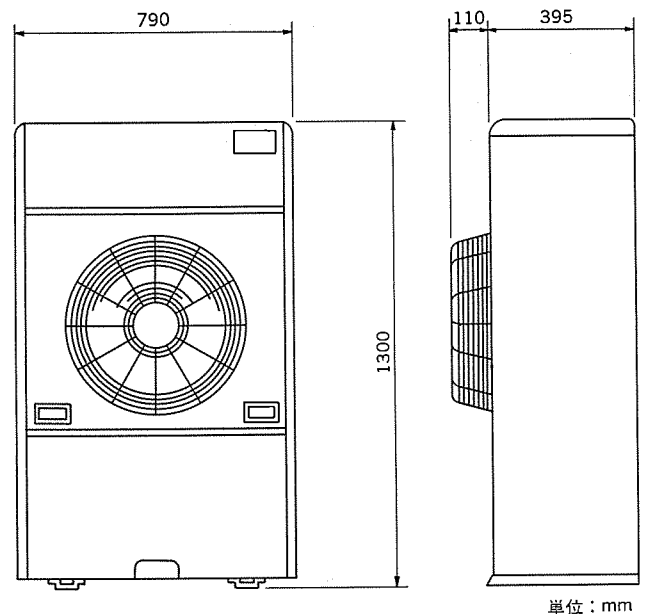


図1. 新室外機PUHT-71G形の外形図

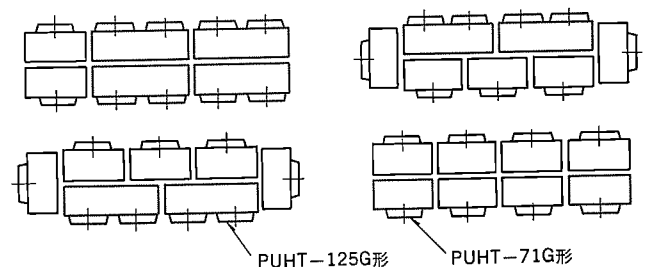


図2. 室外機の集中設置例

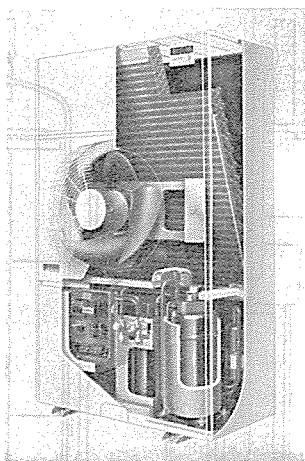


図 3. PUHT-71 G 形の断面斜視図

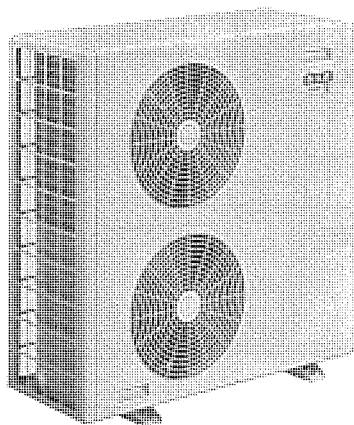


図 4. 従来形 PUH-71 G 形の室外機

ファンを配置した点が大きく異なる。空調機に使用される送風機は、①シロッコファン、②ラインフローファン、③プロペラファンの3種類が最もポピュラーであるが、空調機の構造あるいは動作点(圧力/(風量)<sup>2</sup>)で最も適した送風機が選定される。通常シロッコファンは、中風量・高静圧、ラインフローファンは中風量・低静圧、プロペラファンは大風量・低静圧で使用するが適している。

従来の室外機のように、風路が熱交換器と送風機が比較的まっすぐに配置できる場合には、機内抵抗(圧力)は小さく、大風量を必要とする室外機用送風機にはプロペラファンが最適となっている。一方、風を直角に曲げて上に吹き出す場合には、大形の空調機のように上面に大口径のプロペラファンを配置し、L形あるいはコ形の熱交換器をゆったり配置する場合を除き、機内抵抗が大幅に増加する。例えば従来の室外機と新室外機を71形で比較すると、風量が46 m<sup>3</sup>/minのとき、

従来機 機内抵抗  $P_{S1}=4.1 \text{ mmAq}$

新室外機 機内抵抗  $P_{S2}=7.3 \text{ mmAq}$

となり、同一風量で機内抵抗は約2倍となる。一般に送風機は基礎データがそろっていれば風量と圧力が決まると、騒音はかなり精度よく計算が可能となる。すなわち騒音レベル  $SPL$  は、

$$SPL = K_s + 10 \log(P_s^{2.5} Q) \quad (\text{dB(A)})$$

の式で表すことができ、風量( $Q$ )と圧力( $P_s$ )が決まれば騒音レベル( $SPL$ )は、比騒音レベル( $K_s$ )に左右されることがわかる。

ここで比騒音レベル  $K_s$  は、あらゆる送風機、すなわち送風機の種類、大きさに関係なく比較することができる音の性能で、単位圧力

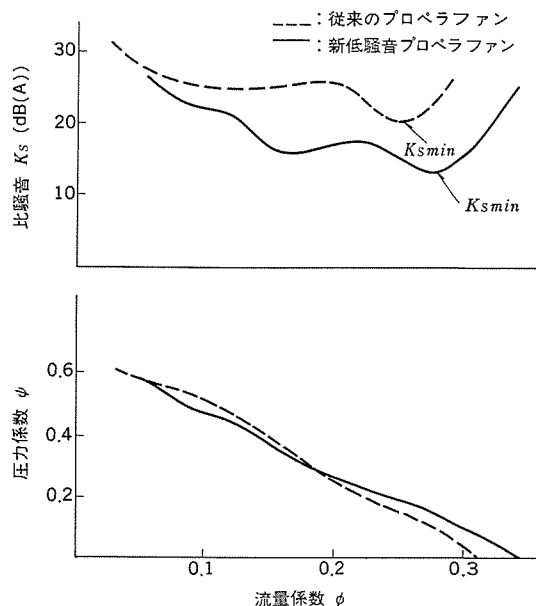


図 5. プロペラファンの特性比較

(1 mmAq)、単位風量(1 m<sup>3</sup>/min)の仕事をするときの騒音レベルである。この値は送風機の動作点の変化に伴い変化し、どの送風機にも  $K_{s \min}$  値、すなわち、 $K_s$  が最も小さくなる動作点がある。送風機を選定する上で重要な点は、 $K_{s \min}$  が小さい送風機を  $K_{s \min}$  近傍の動作点で使用することにある(どのように特性の良い送風機でも、使用する動作点が悪いと騒音は大きくなる)。従来のプロペラファンは、性能が良いといわれるもので  $K_{s \min}=21 \sim 23 \text{ (dB(A))}$  程度であった。

ここで前記の PUH-71 G 形及び PUHT-71 G 形の室外機にプロペラファンを使用し、更に動作点を  $K_{s \min}$  近傍で使うことができると、騒音は

$$\text{PUH-71 形 } SPL_1 = 22 + 10 \log \{ (4.1)^{2.5} \times 46 \} = 53.9 \quad (\text{dB(A)})$$

$$\text{PUHT-71 形 } SPL_2 = 22 + 10 \log \{ (7.3)^{2.5} \times 46 \} = 60.2 \quad (\text{dB(A)})$$

となり、6.3(dB(A))も騒音が増大することになる。この問題を解決するために、新たに比騒音レベルが8(dB(A))も低下するプロペラファンを開発した。図5.に従来のプロペラファンと新形プロペラファンの比騒音レベルの比較を示す。なお図中  $\phi$  は流量、 $\psi$  は圧力を無次元量で表したものであり、大きさや種類の違う送風機を比較する場合に使用する。この新形プロペラファンの優れた特性は、この新室外機ばかりでなく当社のプロペラファンを使用する換気扇、ルームエアコンなどにも広く使われている。

また、この新形プロペラファンを最適動作点で使用するため、360φ～420φまで比例設計したプロペラファンを試作し、ファン径及び取付位置、熱交換器の取付角度など多くの組合せ試験の結果、現在の仕様を決定した。

### 3. 1. 2 据付け性、サービス性

前面からすべて据付けあるいはサービスを可能とするため、熱交換器の下に仕切板を設け、機械室を下に設けた。従来機では配管接続部が右側面に露出していたものを、機械室内のほぼ中央に下方向に接続する構造とし、下、左、前、後の四方向に配管工事ができるようにし、据付け条件に合わせて自由に選べるようにした。特に下配管ではベースにU形の切欠部を設け、配管作業を容易にしている。また、風路と機械室の仕切板は簡単に取り外しが可能で、万一の圧縮

機サービスも容易にしているのも特長となっている。

### 3.2 冷媒回路

この新室外機の特長である冷媒配管の自由度拡大、すなわち延長配管の実長を 50 m、高低差 40 m まで可能とするため、解決すべき技術的課題は次の 3 点であった。

- (1) 延長配管長拡大による油戻りの問題
- (2) 冷媒充填量増加による圧縮機への影響
- (3) 高低差拡大による絞り機能への影響

#### 3.2.1 油戻り

密閉形圧縮機は、冷媒の吐出に伴って、必ずある程度の冷凍機油と一緒に吐出され、系内を一循環して再び圧縮機に戻るというサイクルをつくる。この冷凍機油は、系内に停滞する所が無ければ確実に戻ってくるが、系内に出ていた油が多いほど、圧縮機の油面が低下する。圧縮機の許要限界油面は圧縮機の構造により異なるが、新室外機に搭載しているロータリ圧縮機の場合にはオイルポンプが十分油中にあり、かつローリングピストンの中央付近まで油面が存在するのが好ましい。また油の濃度でも制限がある。油中には圧力と温度により必ず一定量の冷媒ガスが溶け込んでいるが、ロータリ圧縮機の場合、通常 15% 程度の冷媒が溶解し、濃度は 85% 程度となっている。この油濃度を低下させる最大の要因は液バック運転であり、圧縮機の起動直前ではいわゆる寝込みである。寝込みとは夜間など運転停止中に系内の冷媒が移動し、圧縮機のシェル(ケース)内に液冷媒となつてたまる現象をいう。

ここで圧縮機から系内に出ていた油の総量を考えると、油量  $W_{oil}$  は

$$W_{oil} = \int \frac{S^* A R_0}{\left(\frac{x}{\gamma_g} + \frac{1-x}{\gamma_l} S^*\right)} dL + \frac{R_0 W_{Acc}}{(1-x_i) + R_0}$$

で表すことができる。ここで  $S^*$  は気液速度比 ( $v_g/v_l$ )、 $A$  は管の断面積、 $R_0$  は圧縮機から吐出される油の冷媒に対する重量比率、 $x$  は乾き度、 $\gamma_g$ 、 $\gamma_l$  は冷媒のガス、液密度、 $L$  は管長である。また  $W_{Acc}$  はアキュムレータに保持している冷媒量、 $x_i$  はアキュムレータの入口乾き度である。ガス管中では、 $x=1$ 、液管中では、 $x=0$  とし系全体を積分することにより、油の総量が計算できることになる。上式の形から明らかのように、 $W_{oil}$  を小さくするためには、

- (1)  $S^*$  を小さくする。すなわち、ガス管の流速を上げる(ガス管中では冷媒流量が低下するほど、速度比が増加する)。
- (2)  $A \times dL$  を小さくする。すなわち、システム全体を小さくする。
- (3)  $R_0$  を小さくする。すなわち、圧縮機からの持出量を小さくする。
- (4) アキュムレータ内の冷媒量を小さくする。

となる。このうち、最も効果があるのは  $R_0$  を小さくすることである。新室外機では冷媒配管長を大きくすることを前提としているため、従来のシステム以上の信頼性を得るため  $R_0$  を小さくする手段をとった。すなわち、図 6. の圧縮機内部構造に示すように、圧縮機内部に油中仕切板を設け圧縮機から持ち出される油量を減らし、図 7. に示す油分離器を圧縮機出口に設けて、圧縮機から出た直後に油を分離して圧縮機に戻すようにしたことである。

#### 3.2.2 冷媒量の影響

システム内の冷媒量が増加することにより、圧縮機への液バック、起動時のフォーミングなどが問題となる。ヒートポンプでは、冷房・暖房・除霜の運転モードがあり、各々の運転モードでシステムとして必要な冷媒量の差が生じる。室外機に絞り機構(毛细管)がある場合には、

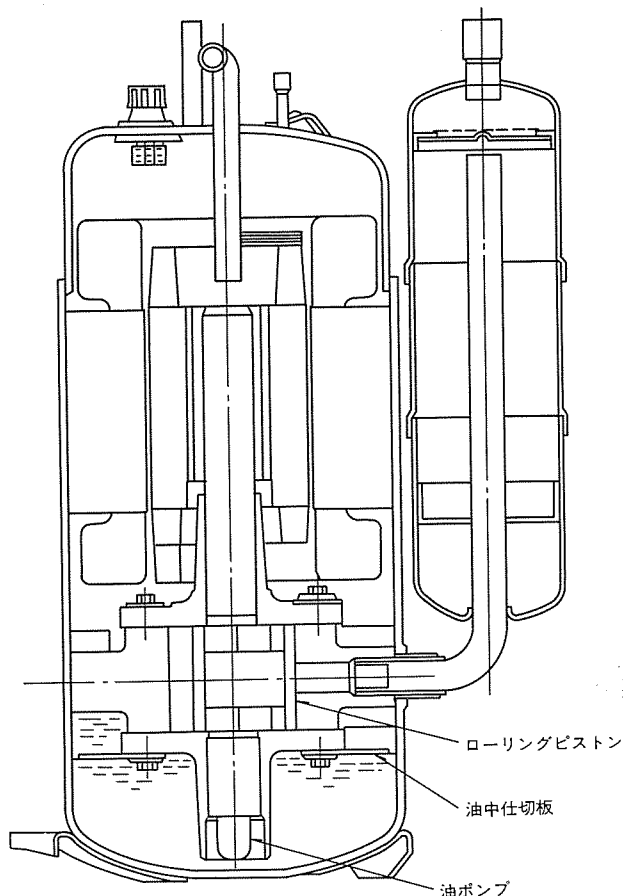


図 6. 圧縮機の内部構造

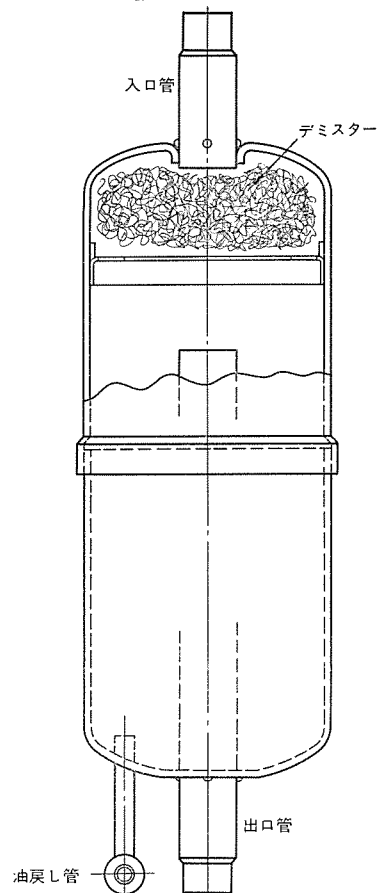


図 7. 油分離器

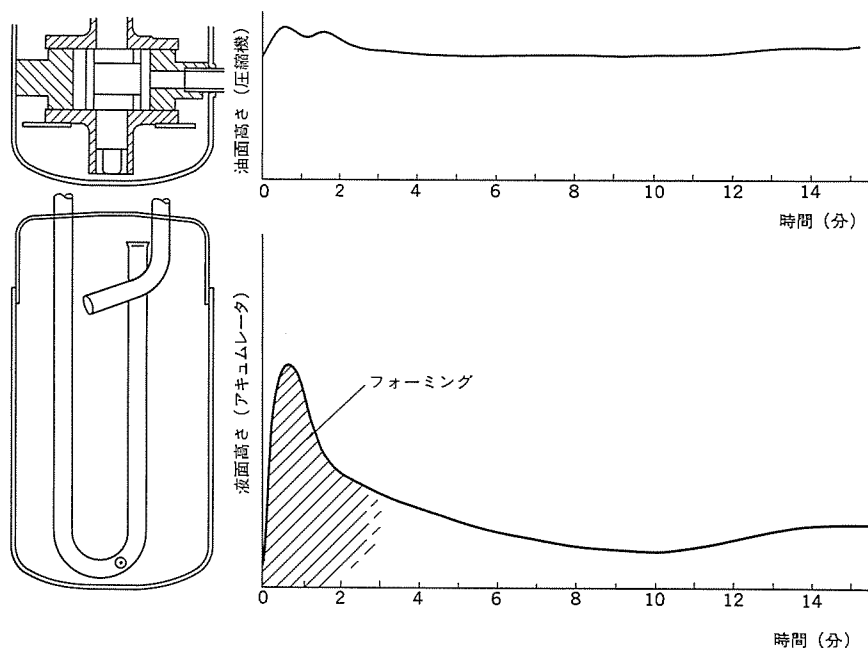


図 8. 寝込み起動時の液面変化（クランクケースヒーター 付き）

冷媒配管が短い領域では、暖房時に冷媒が余り、冷媒配管が長い場合には冷房時に冷媒が余る。余剰冷媒が最も多く生じるのは、冷媒配管が長い場合の除霜運転である。

この新室外機を開発するに当たり、アキュムレータ、サクシオンマフら及び圧縮機にサイトグラスを取り付け、あらゆる運転状態及び寝込み起動の様子を観察した。この結果、例えば PUHT-71 G 形では、従来 3 l のアキュムレータを 5 l に容量を上げ、圧縮機及びアキュムレータにクランクケースヒーターを取り付けることにより、液バックを防止し圧縮機の油面及び油濃度を十分確保できることを確認した。クランクケースヒーターは、従来 1 個であったものを 2 個にするため、効果を発揮

できる最小の入力を選定し、各々 25 W とした。図 8. に 50 m 配管での暖房時の寝込み起動における圧縮機及びアキュムレータの液面変化を示す。図から明らかなように、圧縮機の油面・濃度とも安定していることがわかる。

クランクケースヒーターは、圧縮機の熱容量や外気温度にもよるが、2.2～3.7 kW 程度の圧縮機では、およそ 6 g/Wh の効率があり、25 W × 8 h とすると 1.2 kg の冷媒を追い出すことが可能である。ただしクランクケースヒーターは、シェル（ケース）の温度を高くすることにより冷媒が寝込まないようにすることを目的としているため、空調機の使用期間いわゆるシーズン中は元電源を切らないことが必要である。

### 3. 2. 3 絞り機構への影響

高低差を大きくすることにより、冷媒配管内を液状態で循環している場合に液柱による圧力変化が問題となる。PUHT 形室外機の場合、前述したように冷暖房時とも室外機内の毛細管で減圧する方式を採用しているため、

暖房時に室内機で放熱し凝縮した液冷媒が問題となる。室外機が上にある場合、室内機での凝縮圧力より液中すなわち  $\gamma H$  ( $\gamma$  は液比重、 $H$  は高低差) だけ圧力が低下して室外機に入ることになる。逆に室外機が下の場合には、 $\gamma H$  分だけ加圧されて室外機に入ることになる。液冷媒の比重は約 1.1 (水の 1.1 倍) あり、10 m で 1.1 気圧 ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) の圧力変化を生じる。これにより室外機にある毛細管入口の圧力、サブクール（過冷却度）が変化し、毛細管流量に影響を与えるため、実験及びシミュレーションプログラムにより確認した。この結果、冷媒量又は毛細管の調整で、高低差 40 m まで拡大できることが確認できた。PUHT-71 G 形では冷媒量の調整で、また PUHT-125 G

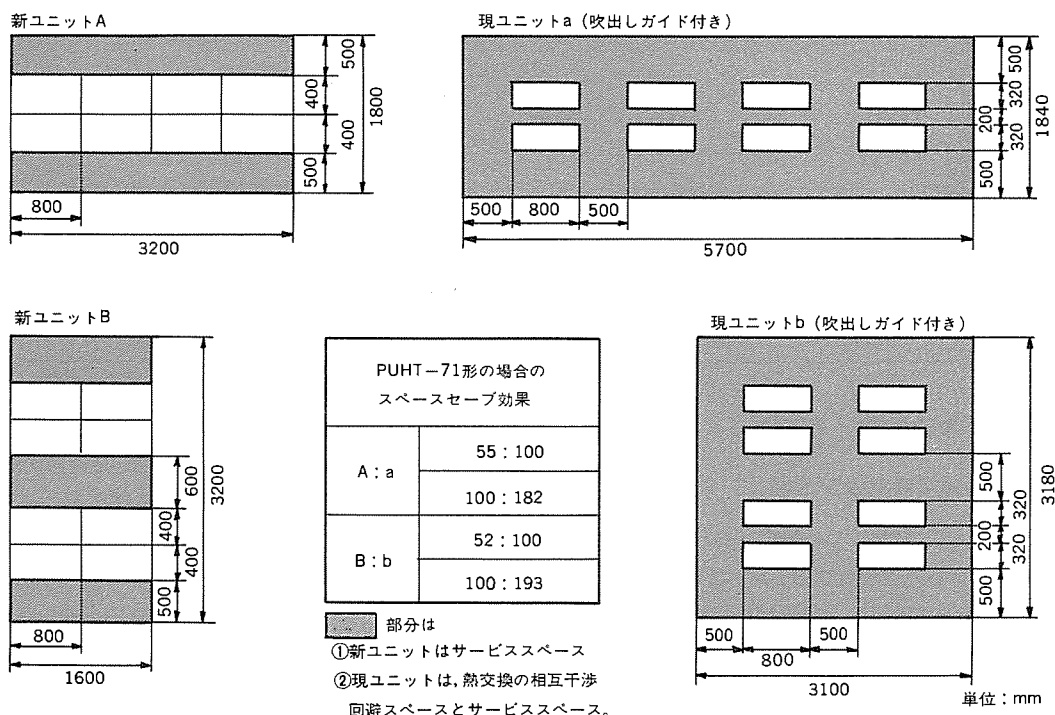


図 9. 室外機の設置スペース比較



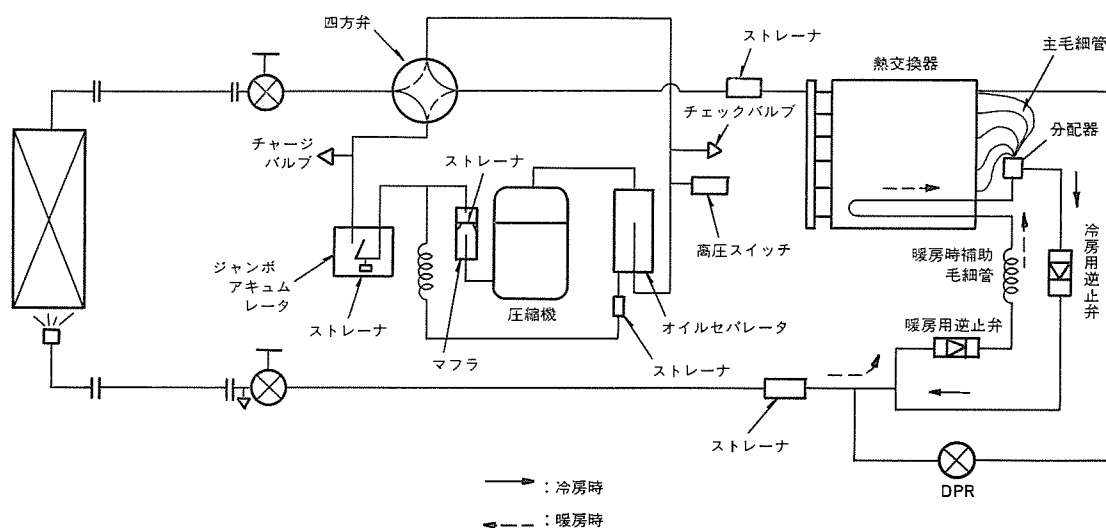


図 10. PUHT-71 G 形の冷媒回路図

表 1. 冷媒配管の許容値 (単位: m)

|       | 実 長           |              | 高 低 差     |     |           |     |
|-------|---------------|--------------|-----------|-----|-----------|-----|
|       | 新 室 外<br>PUHT | 現 室 外<br>PUH | 室 外 機 が 上 |     | 室 外 機 が 下 |     |
|       |               |              | PUHT      | PUH | PUHT      | PUH |
| 63 形  | 50            | 20           | 40        | 20  | 30        | 20  |
| 71 形  | 50            | 30           | 40        | 20  | 30        | 20  |
| 80 形  | 50            | 30           | 40        | 20  | 30        | 20  |
| 100 形 | 50            | 40           | 40        | 30  | 30        | 30  |
| 125 形 | 50            | 45           | 40        | 30  | 30        | 30  |

表 2. 室 外 機 仕 様

| 形 名                   |        | PUHT-63 G                      | PUHT-71 G   | PUHT-90 G   | PUHT-100 G            | PUHT-125 G    |
|-----------------------|--------|--------------------------------|-------------|-------------|-----------------------|---------------|
| 定 格 冷 房 能 力           | kcal/h | 5,600／6,300                    | 6,300／7,100 | 7,100／8,000 | 9,000／10,000          | 11,200／12,500 |
| 定 格 暖 房 能 力           | kcal/h | 5,900／6,700                    | 6,500／7,700 | 7,600／9,000 | 9,300／10,600          | 12,200／13,800 |
| 外 形 寸 法 高 さ×幅×奥行      | mm     | 1,300×790×395(+110)            |             |             | 1,300×1,190×395(+110) |               |
| 熱 交 換 器 形 式           |        | ク ロ ス フ ィ ン                    |             |             |                       |               |
| 圧 縮 機 電 動 機 出 力       | kW     | 1.8                            | 2.0         | 2.4         | 2.7                   | 3.5           |
| 送 風 機 形 式×個 数         |        | プロペラファン×1                      |             |             | プロペラファン×2             |               |
| “ 風 量                 | m³/min | 44                             | 46          |             | 77                    |               |
| “ 電 動 機 出 力           | W      | 70                             | 80          |             | 80+70                 |               |
| 霜 取 方 式               |        | リ バ ー ス サ イ ク ル                |             |             |                       |               |
| ク ラ ン ク ケ ー ス ヒ ー タ ー | W      | 25+25                          |             |             |                       | 52            |
| 圧 縮 機 保 護             |        | 圧力開閉器，温度開閉器，過電流継電器，逆相防止器（ロータリ） |             |             |                       |               |
| 騒 音                   | dB(A)  | 54／55                          |             |             | 56／57                 | 57／57         |
| 製 品 重 量               | kg     | 95                             | 99          |             | 125                   | 150           |

形では毛細管の切換及び毛細管の調整で対応した。

#### 4. 製品の特長及び仕様

既に説明したように、集中設置形室外機は背面・両側面を接近して設置することができることから、当社従来機と比べ設置スペースを減らすことができるようになった。図 9. に PUHT-71 G 形を 8 台設置した場合の面積比を示す。同一スペースに約 2 倍の室外機が設置可能となった。また表 1. には冷媒配管の許容値を示す。この表から明らかなように、従来機に比べ配管の自由度が大幅に改善されているのがわかる。また図 10. は PUHT-71 G 形の冷媒回路で、室外

機の熱交換器の最下部に サブクールライン を設け、暖房時に熱交換器の下部に氷が成長するのを防止している。また熱交換器のパス数だけ毛細管を設け、熱交換器の効率を上げている。また表 2. はこの新室外機の主な仕様である。

#### 5. む す び

複数台集中設置形室外機 PUHT シリーズ は、個別分散化への需要構造の変化に対応するために、据付けスペースの縮小、配管許容値の拡大を目標に開発したものである。今後も市場のニーズを的確にとらえた製品を開発していく所存である。

## 1. ま え が き

スリムエアコン《Mr. SLIM》の市場は、店舗・事務所用から中小ビル空調へと年々拡大してきた。この原動力となったのが天つ(吊)りカセットタイプである。天吊りカセットタイプは、空調する部屋のほぼ中央の天井に本体を埋め込み、吹出し口、吸込口を伴った化粧パネルのみ天井面に露出させた天井埋込タイプで、ダクト工事が不要でかつサービス、メンテナンスがユニット下面からでき、省スペース、ユニットが見えない UN SEEN タイプとしてインテリアを重視した場所への設置に適しているのが特長である。

現在のビル空調は従来のセントラルダクト方式から、経済的な個別分散複数台設置へと空調システムが移行してきており、天吊りカセットタイプは、まさにこのニーズにこたえたものである。一方、建築側からの要求として建築コストの低減化から、天吊りカセットを設置する天井ふところ高さを極力低くする要求が高まってきている。このような要求に対して、新規開発の翼形フロアファンを導入により、天井ふところ高さ 30 cm に設置できる薄形タイプで、かつビル空調に適したシステムコントロールが可能な制御、快適な温度分布を提供する ツインフロースイングルーバ、天井面からドレン高さ 36 cm まで UP 可能なドレンアップメカなどを搭載した天吊りカセットタイプを開発したので、ここにその詳細を紹介する。

## 2. 開発のねらい

以下のテーマを開発のねらいとした。

## (1) 空調品質の向上

温度分析、気流分布を最適にして快適な空調を行う。

## (2) 工事品質の向上

簡単なメンテナンス工事、簡単なメンテナンスとする。

## (3) 省スペース

薄形形状として、天井高さが低い建物にも据え付けられるようにする。

## 3. 特 長

今回、開発した天吊りカセット式パッケージエアコンの主な機能、特長は、次のとおりである。なお、外観を図 1. に示す。

## 3.1 空調品質の向上

## (1) ツインフロースイングルーバ

ツインフロースイングルーバが両方の吹出し口で風をスイング、室温むらを少なく、ドラフトを少なくして、空調の質を高めるようにした。図 2. はツインフロースイングルーバの効果例を示す温度分布図である。

## (2) 冷暖自動切換

季節の変わり目に、冷房・暖房を自動的に切り換えられるようにした。ファンコントローラ(別売)を組み込むと年間冷房(外気温度 0℃まで)も可能である。

## (3) 分ダクト・外気取入れ

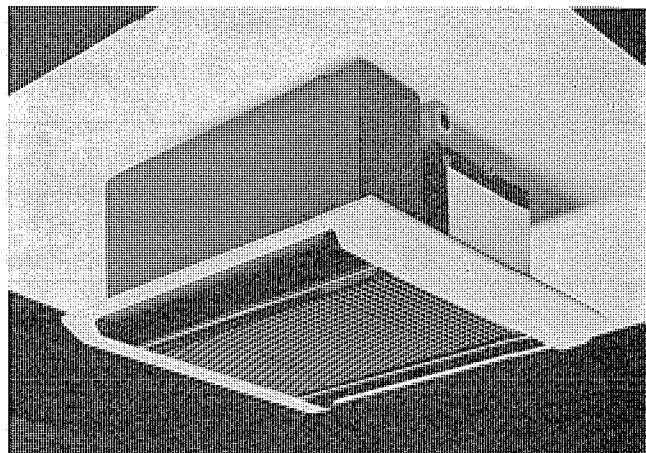


図 1. 天吊りカセット式パッケージエアコン PLH-71 BG 形の外観

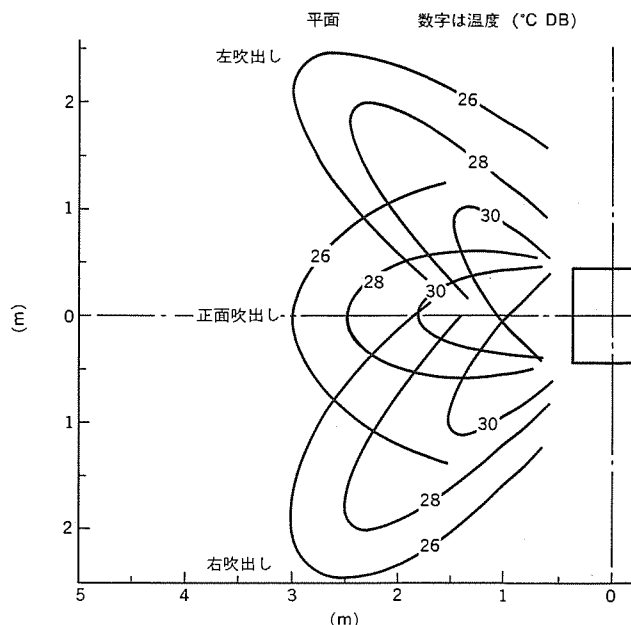


図 2. スイングルーバ効果例を示す温度分布図 (PLH-71 BG 形、暖房時、横パール下向き、Hi ノッチ)

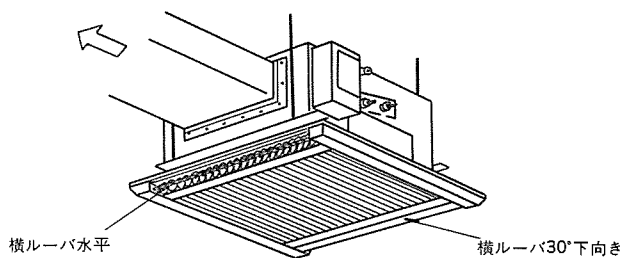
図 3. に示すように、現地工事にて分ダクト・外気取入れが可能なように、本体にロックアウト穴及びダクトフランジ取付用穴を設けた。

## (4) タイマー、加湿器接続端子

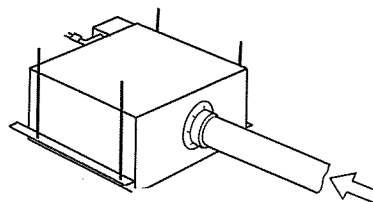
タイマーによる運転及び加湿器(別置)と空調運転の連動が簡単にできるよう、リモコンにタイマー接続端子を、室内ユニットに加湿器接続端子を設けた。

## (5) ヒーター付き、ヒーターレスの 2 シリーズ化

暖房負荷に応じて、ヒーター有り、無しを選択を行えるよう、1.6～

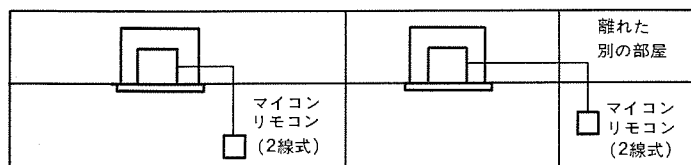


(a) 分ダクト

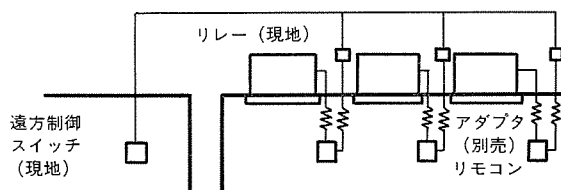


(b) 外気取り入れ

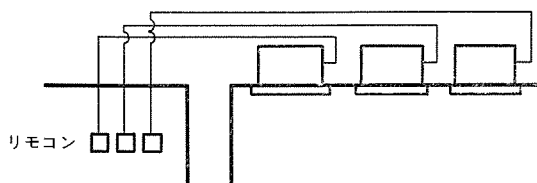
図 3. 分ダクト・外気取り入れ



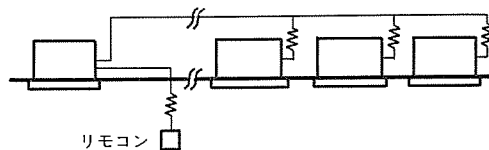
(a) 1 エアコン, 1 リモコン 操作



(b) 遠方・手元制御



(c) 離れた場所から個別制御



(d) 1 リモコン での グループ 制御

図 4. システムコントロール の システム 略図

6 HP まで全機種、ヒーター 付き、ヒーターレス の 2 シリーズ とした。

#### (6) ロングライフフィルター

フィルター 清掃の手間が省け、効率運転に役立つ ロングライフフィルター (別売) を用意した。

### 3.2 工事品質の向上

#### 3.2.1 システムコントロール

図 4. に示すような分散配置、個別制御が自由にできる システムコントロールを導入した。システムコントロールの特長は、

##### (1) 1 エアコン, 1 リモコン 操作

リモコン 及び リモコンコード も埋め込むことができ、壁面の仕上がりを美しくすることができる。

##### (2) 遠方・手元制御

遠方でエアコン全部の一斉 ON, 一斉 OFF, 遠方を解除して各 エアコンのリモコンで手元制御ができる。広い空調空間が部屋単位に仕切られている建物のコントロールに最適である。

##### (3) 離れた場所から個別制御

2 心のリモコンコードは極性がなく、500 m まで延長が可能で離れた場所からエアコンの個別制御ができる。部屋ごとに空調時間帯が異なる建物の集中コントロールに最適である。

##### (4) 1 リモコン での グループ 制御

1 個のリモコンで最大 16 台まで、同時に運転指令を出すことができ、室内ユニットは各室内ユニット内の温度センサで個別に運転制御される。会議室や銀行、ホテルのロビーなど、広い 1 ルーム に最適である。

#### 3.2.2 《マイコンドクター》(自己診断機能)

空調機に異常が発生した場合、室内基板上的 LED (発光ダイオード) の点灯パターンにより異常箇所を発見できるようにし、サービス性を向

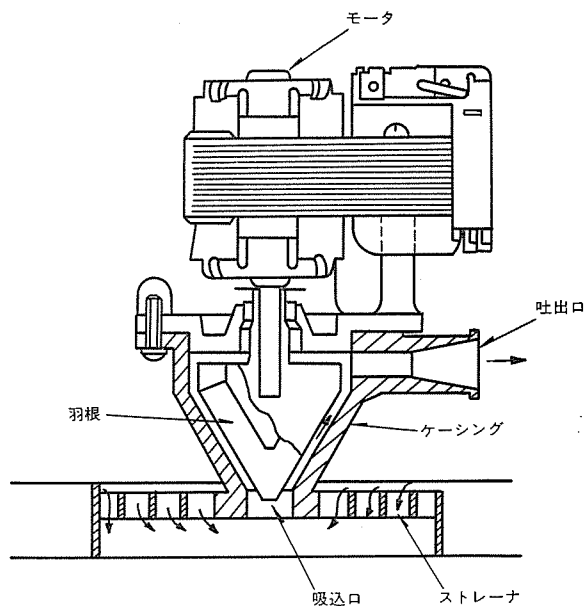


図 5. ドレンアップメカ 断面図

上させた。

#### 3.2.3 ドレンヘッド 2 段式

本体は薄く、ドレンヘッドは高くという相反する二つのニーズを満足させるため、図 5. に示す逆円すい形ドレンアップメカを搭載し、ドレン高さをユニットドレン高さ 260 mm と、現地で更に 100 mm 立上げ 360 mm まで可能なドレンヘッド 2 段式とした。これにより図 6. のようなドレン集合配管が容易にできるようにした。

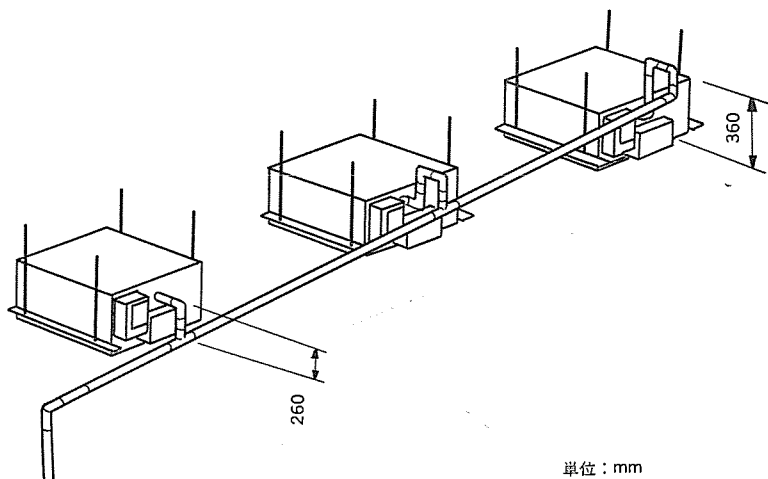


図 6. ドレン 集合 配 管

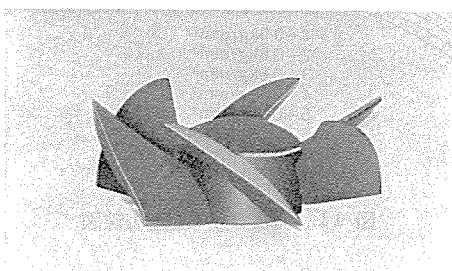
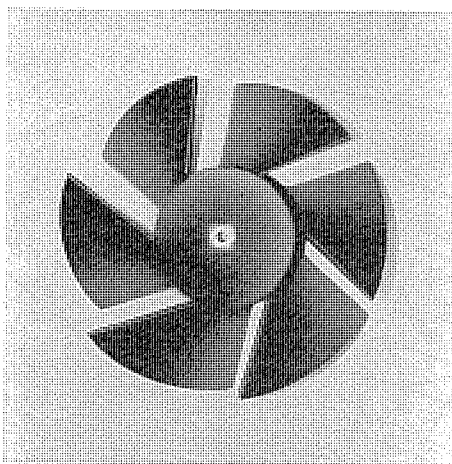


図 7. 翼形プロペラファン の 外 観

### 3. 2. 4 フラットパネル, スクエアリモコン

本体の化粧グリルは、標準仕様（厚さ 60 mm）のほかフラットパネルも準備されており、天井面からの露出が 10 mm とすることができ。またリモコンは、コンクリートボックスで壁埋込みとすることにより 6 mm の厚さとなる。

### 3. 3 省スペース

昭和 59 年度天吊りカセットタイプのユニット高さは 1.6～2 HP まで 298 mm、2.5～6 HP まで 398 mm であったが、今回 2.5～6 HP までのユニットに新規開発の図 7. に示す翼形プロペラファンを搭載して、ユニット平面積は現状のまま、ユニット高さを 100 mm 低くし、天吊りカセットタイプは全機種、ユニット高さを 298 mm とした。

また、薄形化に伴い、PLH-71 BG 形で約 10% の軽量化を図ることができた。

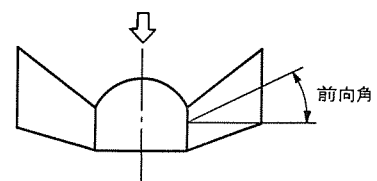
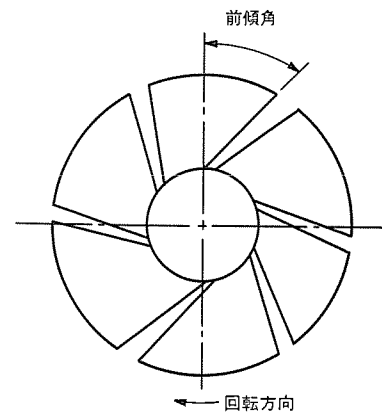


図 8. 翼形プロペラファン の 前 傾 角 と 前 向 角

## 4. 翼形プロペラファン

パッケージエアコンに初めて翼形プロペラファンを搭載したので、以下このファンの開発経過及び特性、特長について述べる。

### 4. 1 最適ファンの種類と形状の選択

空調機に使われるファンとしては、シロッコファン、プロペラファン、貫流ファンなどがあり、それぞれ異なった特長をもっている。パッケージエアコンの室内ユニットの場合、シロッコファンが主であり、従来の天吊りカセットタイプもシロッコファンを搭載していた。

今回の場合は、ユニット形状寸法や、必要風量、風圧及びユニット内の各要素の配置などにより、シロッコファン及び貫流ファンなどでは条件を満足しないことが、計算及び予備試作により明確になった。そこで、プロペラファンがユニットを薄形化するのには、最適であるという結論に達し、このプロペラファンの検討を行った。従来のプロペラファンは、低静圧、大風量タイプであるので、主に室外ユニットに使用されているのみで、高静圧を必要とする室内ユニットには使用されていなかった。このため、高静圧タイプのプロペラファンとして翼形プロペラファンに注目し、開発を行った。

### 4. 2 翼形プロペラファンの特長

- (1) 羽根断面を翼形にした。これにより、翼の負荷限界（翼の負圧面上の速度境界層が剥離し、抗力が急激に増大する限界点）が大きくとれ、同じ仕事量を得るための回転数をより低くできる。
- (2) 翼の前縁部を結ぶ線がその部分を通り、回転軸を含む平面よりも回転方向にせり出している前傾羽根とした。このため翼面上の流れが、外周部からボス部へ行くようになり、周速の大きい、ファン先端部での境界層厚さが薄くなり、そこから発生する騒音が低減できる（図 8. 参照）。
- (3) 回転軸を含む平面が、翼負圧面と交差する線が、外周方向へ行くに従い吸込方向に傾斜している前向羽根とした。このため、騒音の主なる発生原因である負圧面上の境界層を、そこに働く遠心力の翼表面法線方向分力を用いて翼表面に圧縮し、境界層の剥離をで

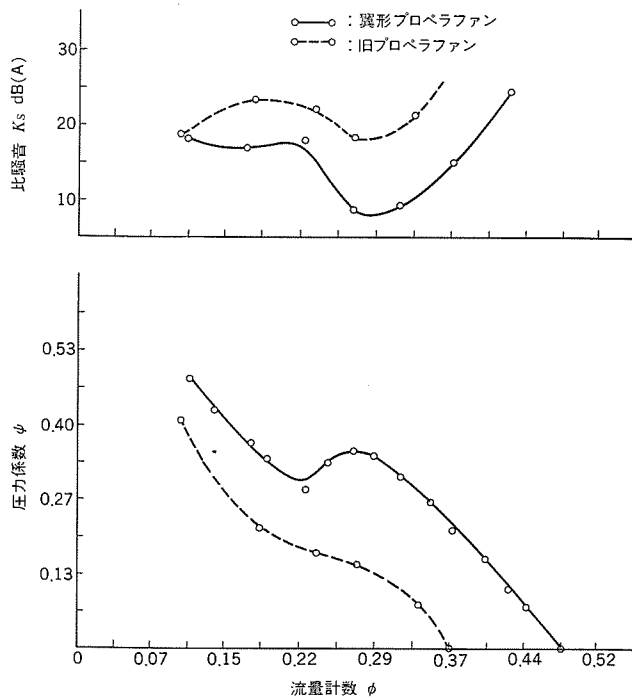


図 9. 翼形プロペラファンの特性曲線

きるだけ防止するようにした(図 8. 参照)。

以上のような特長のため、高負荷時(高静圧)でも翼が失速しない。図 9. に示すような特性をもつ高静圧タイプのプロペラファンとなった。図中の  $\phi$ ,  $\psi$ ,  $K_s$  はそれぞれ流量係数, 圧力係数, 比騒音レベルで次式で表される。なお図中,  $\phi$  は流量,  $\psi$  は圧力を無次元量で表したものであり, 大きさや種類の違う送風機を比較する場合に使用する。

$$\phi = 4Q / \{ \pi^2 (D_2^2 - D_1^2) D_2 N \}$$

$$\psi = KP / (\pi D_2 N)^2 \quad (K = 58941)$$

$$K_s = SPL_A - 10 \log P^{2.5} Q$$

ここで,  $Q$  は風量( $m^3/min$ ),  $P$  は風圧( $mmAq$ ),  $D_2$  は羽根車外径( $m$ ),  $D_1$  は羽根車ボス径( $m$ ),  $N$  は羽根回転数( $rpm$ ),  $SPL_A$  は JIS 規格で測定した騒音レベル( $dB(A)$ )である。

#### 4.3 翼形プロペラファンの製作検討及び強度解析

翼形プロペラファンを製作するにあたり, 製作方法を種々検討したが, プラスチック樹脂による射出成形方式が最良であるという結論を得た。ただし, 肉厚がもっとも厚いところでは  $10\text{ mm}$  をこえるため, 樹脂の「ひけ」「す」などの発生が心配された。このため, 羽根 1 枚分の簡易型を作製して, 射出成形し, 羽根内部に「ひけ」「す」が発生しないことを確認した。

更に, 羽根全体の重量が  $1\text{ kg}$  近くになることが予想されたので, 強度解析を有限要素法を用いて行った。要素分割は図 10. に示すように, ボス上部分, ボス側面部分, 羽根部分の三つに分けて行った。形状が 6 枚羽根の対称形であるので, 全体の  $1/6$  を取り出して, その切り口に境界条件を与えた。実際の羽根は不均一な厚さを持った複雑な形状であるが, 解析の都合上, その中心を通る板要素と考え, 分割したそれぞれの要素に板厚を与えることにより近似した。また, 応力集中が起こるとであろうと予想される部分については, 分割を細くし, 解析精度を上げた。羽根付け根においては, 曲率半径  $R$  を考慮した値を板厚とした。

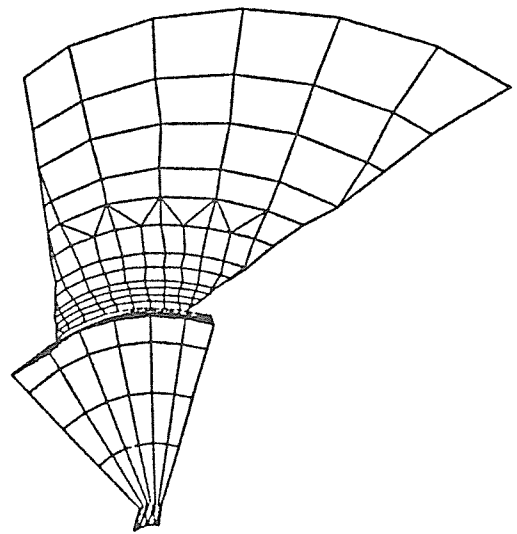


図 10. 翼形プロペラファンの要素分割図

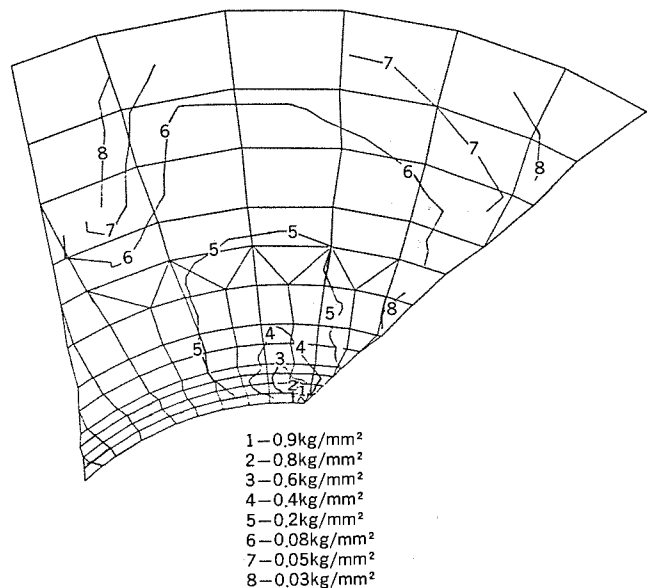


図 11. 羽根部分の等応力線図

上記解析により得られた値の最大値と, 素材の物性値と使用条件(保証条件)から求めた許容応力を比較することにより形状の良否を判定した。図 11. は有限要素法で求めた, 羽根回転時の羽根部分の等応力線図である。

以上のような検討を経て製作した翼形ファンは「ひけ」「す」の発生もなく, また  $1\text{ kg}$  の重量であるのにアンバランス量が  $120\text{ g}\cdot\text{cm}$  以下という好結果であった。また, 強度及びクリープも条件を十分満足することが確認試験により明らかになった。

#### 4.4 最適配置, 最適組合せによる騒音の低減

配置の変更, ファンとベルマウスの組合せ変更による通風抵抗の低減, 及び送風機特性を向上させる可能性がある部分として, 図 12. の次の七つが上げられる。

- a : ベルマウスと斜流板の位置関係
- b : ベルマウスの奥行寸法
- c : ベルマウスと翼形ファンの位置関係
- d : 羽根の径
- e : ベルマウスと本体の位置関係

表 1. 製品仕様

| セッ ト 形 名    |                 |        | PLH-56 BG                 | PLH-63 BG(H)                                        | PLH-71 BG(G) | PLH-80 BG(H)         | PLH-100 BG(H)          | PLH-125 BG(H) | PLH-140 BG(H)          |
|-------------|-----------------|--------|---------------------------|-----------------------------------------------------|--------------|----------------------|------------------------|---------------|------------------------|
| 冷 房         | 定 格 冷 房 能 力     | kcal/h | 5,000/5,600               | 5,600/6,300                                         | 6,300/7,100  | 7,100/8,000          | 9,000/10,000           | 11,200/12,500 | 12,500/14,000          |
|             | 定 格 消 費 電 力     | kW     | 2.31/2.92                 | 2.31/2.92                                           | 2.50/3.16    | 3.0/3.7              | 3.27/4.14              | 4.47/5.50     | 5.00/6.30              |
| 暖 房         | 定 格 暖 房 能 力     | kcal/h | 5,900/6,700               | 5,900/6,700                                         | 6,500/7,700  | 7,600/9,000          | 9,300/10,600           | 12,800/13,800 | 13,500/15,200          |
|             | 定 格 消 費 電 力     | kW     | 2.00/2.65                 | 2.00/2.65                                           | 2.35/3.25    | 3.05/3.90            | 3.10/4.00              | 4.35/5.10     | 5.00/5.90              |
| 定 格 電 源     |                 |        | 室内単相 200V<br>室外三相 50/60Hz | ヒーターレス…室内単相 200V 50/60 Hz, ヒーター付き…三相 200 V 50/60 Hz |              |                      |                        |               |                        |
| 室 内 ユ ニ ッ ト | 形 名             |        | PLH-56 BG                 | PLH-63 BG(H)                                        | PLH-71 BG(H) | PLH-80 BG(H)         | PLH-100 BG(H)          | PLH-125 BG(H) | PLH-140 BG(H)          |
|             | 外形寸法 高さ×幅×奥行    | mm     | 298×670×<br>(660+90)      | ←                                                   | ←            | 298×670×<br>(835+90) | 298×670×<br>(1,020+90) | ←             | 298×670×<br>(1,190+90) |
|             | 熱 交 換 器 形 式     |        | ク ロ ス フ ィ ン               |                                                     |              |                      |                        |               |                        |
|             | 送 風 機 形 式×個数    |        | 翼形プロペラファン×1               |                                                     |              |                      | 翼形プロペラファン×2            |               |                        |
|             | 風 量             | m³/min | 18.5-15                   | ←                                                   | ←            | 20-16                | 31-25                  | ←             | 39-31                  |
|             | 電動機出力           | kW     | 65                        | ←                                                   | ←            | 70                   | 120                    | ←             | 130                    |
|             | 補 助 電 熱 器       | kW     | —                         | 2.1                                                 | ←            | ←                    | 3.0                    | ←             | ←                      |
|             | 運 転 調 整 装 置     |        | リ モ ー ト コ ン ト ロ ー ラ       |                                                     |              |                      |                        |               |                        |
|             | 騒 音             | dB(A)  | 49-44                     | ←                                                   | ←            | 50-45                | 51-45                  | ←             | 53-47                  |
|             | 製 品 重 量         | kg     |                           |                                                     |              |                      |                        |               |                        |
| 室 外 ユ ニ ッ ト | 形 名             |        | PUH-56 GF                 | PUH-63 GF                                           | PUH-71 GH    | PUH-80 GF            | PUH-100 G              | PUH-125 G     | PUH-140 G              |
|             | 外形寸法 高さ×幅×奥行    | mm     | 605×850×290               | ←                                                   | 850×800×370  | ←                    | 1,150×950×390          | ←             | ←                      |
|             | 熱 交 換 器 形 式     |        | ク ロ ス フ ィ ン               |                                                     |              |                      |                        |               |                        |
|             | 圧 縮 機 電 動 機 出 力 | kW     | 1.8                       | 1.8                                                 | 2.0          | 2.4                  | 2.7                    | 3.5           | 4.1                    |
|             | 送 風 機 形 式×個数    |        | プロペラファン×1                 |                                                     | プロペラファン×2    |                      |                        |               |                        |
|             | 風 量             | m³/min | 38/39                     | ←                                                   | 46/47        | ←                    | 87/87                  | ←             | 91/92                  |
|             | 電動機出力           | kW     | 0.065                     | ←                                                   | 0.03+0.035   | ←                    | 0.03+0.035             | ←             | ←                      |
|             | 霜 取 方 式         |        | リ バ ー ス サ イ ク ル           |                                                     |              |                      |                        |               |                        |
|             | 圧 縮 機 保 護       |        | HP, TH, OCR               |                                                     |              |                      |                        |               |                        |
|             | 騒 音             | dB(A)  | 54/55                     | ←                                                   | ←            | ←                    | 56/57                  | 57/57         | 58/59                  |
| 製 品 重 量     | kg              | 63     | ←                         | 80                                                  | 81           | 111                  | 138                    | 145           |                        |

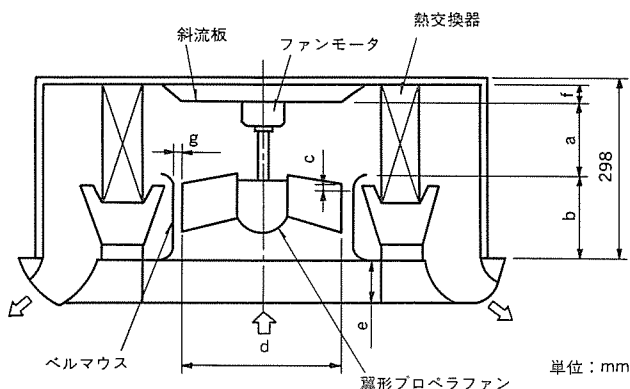


図 12. 天吊りカセット式パッケージエアコンの概略断面図

f : 斜流板の高さ

g : 翼形ファンとベルマウスのギャップ

上記 7 個の寸法関係が最適になるように、実験計画法から求めた。

以上のような検討の結果、仕様を満足する送風機及びユニットを開発することができた。

## 5. 仕 様

天吊りカセット式パッケージエアコンは、1.6～6 HP までシリーズ化されており、今回、2.5～6 HP までのモデルチェンジを行ったので表 1. に 2.5～6 HP までの主な製品仕様を示す。

## 6. む す び

天吊りカセット式パッケージエアコンは、事務所・店舗用だけでなく、ビル用、一般家庭用にも使用できるようユーザーや据付業者のニーズを十分調査検討して目標を設定し、薄形化、複数台設置化に重点をおいて開発したものである。今後も市場のニーズを的確にとらえた製品としていきたいので、各方面からの御指導ご鞭撻をいただければ幸いである。

## 1. ま え が き

近年、都市の過密化、大気汚染による衣類乾燥環境の悪化、共働き世帯の増加などによる社会情勢の変化などに伴って、洗濯した衣類を昼夜の区別なく、天候にかかわらず室内で乾燥する必要性が高まってきている。このような状況の中で衣類乾燥機の需要は、年々増加する傾向にあるが、反面現行製品の性能に対する新たな要求も発生している。

このようなことを背景に、今回ヒートポンプの応用展開として、省エネルギー、省スペースを開発主目的とし、入浴時間のほかはデッドスペースとなっている住宅の浴室を乾燥室化した、ヒートポンプ式(低温除湿)衣類乾燥ユニットを開発したので、その内容を紹介する。

## 2. 開発の背景と目標性能

ヒートポンプ式浴室衣類乾燥ユニットの開発にあたっては、受け入れられる社会環境の有無、市場性、また現行の乾燥機を使用している人々の使用感を調査し、これらの結果からこの衣類乾燥ユニットの仕様の目標指針とした。

## 2.1 開発の背景

## 2.1.1 社会状況

## (1) 都市人口の過密化

都市部への人口集中に伴う過密化により、集合住宅への新入居世帯数は全国で10万強を数えるほどになっている。このような状況をみても、我が国の住宅環境には厳しいものがあることがわかる。

## (2) 衣類乾燥環境の悪化

大気汚染など衣類乾燥をとりまく環境は悪化している。特に集合住宅では、美観上から屋外乾燥の禁止、高層階における風の影響、また屋内干しのときは居間等居住空間を使用しているなど衣類乾燥環境改善の必要性は更に強まっている。

## (3) 共働き世帯の増加

女性の社会的地位向上に伴い“婦人の社会的かわりあい”“有職婦人の増加”により外出の機会の増加のため、洗濯時間の自由度の欲求が強まっている。

## 2.1.2 衣類乾燥ユニットの要求性能

現行衣類乾燥ユニットは、各種方式が市販されているが、次のような新たな要求が生じている。この開発はこれらの要求を満足させることを第1目標とした。

## (1) 省スペース

現在の居住環境では、乾燥のための空間を新たに設けることはむずかしいため、デッドスペースを有効利用する必要がある。

## (2) 省エネルギー

現行の乾燥ユニットは、電熱器発熱による高温空気での衣類乾燥を行う方式であるため、外部との温度差による熱漏えいの発生が大である。したがってエネルギー効率のよいヒートポンプ方式による低温乾燥方式は最も適した手段である。

## (3) 乾燥時間

電気代との兼ねあいがあり、単に時間だけではないと考えられる。この開発は省エネルギーを主とし、目標時間は入浴が終わった後に浴室を使用し乾燥を行うとし乾燥時間は6時間以内とする。

## (4) 低騒音、低振動

乾燥ユニット本体の騒音、振動の小さいことが必要である。また実用上浴室の扉を閉じて使用するため、本体騒音はほとんど問題とならないが、乾燥ユニットを天井埋込みとするため、特に天井面への振動の伝達と浴室ユニットの共鳴音を少なくしなければならない。

## 2.1.3 市場性

集合住宅あるいはプレハブ住宅の浴室ユニットへの取付けをねらって市場調査を実施し、市場性を確認した結果、かなりの需要規模が期待できることが判明した。

## 2.2 開発目標性能

2.1節の背景に基づき開発の必要性を認めるとともに、次の目標を掲げて開発を行った。

与条件：浴室外空気条件 20℃ DB 60% RH

衣類量 3 kg (一般混合衣類)

性能：消費電力量 1 kWh

乾燥時間 6時間以内

## 3. 設計の基礎

乾燥ユニットの基礎設計段階においては、乾燥用空気条件と衣類の乾燥速度の関連を明らかにし、乾燥ユニットの動作状態を予測することが必要となる。今回実施した乾燥速度の要因解析結果と乾燥ユニットの動作シミュレーションの方法について述べる。

## 3.1 布の乾燥

吊り下げられた衣類を通風によって乾燥させる場合、乾燥速度は供給する空気の温度、湿度及び風速に大きく影響されることから、湿潤布の乾燥モデル試験により、乾燥速度に対するそれら要因の効果を定量的に解析した。試験は空気の温・湿度を任意に調整できる恒温恒湿試験室の室内に図1に示す試験装置を設置し、ラインフローファ

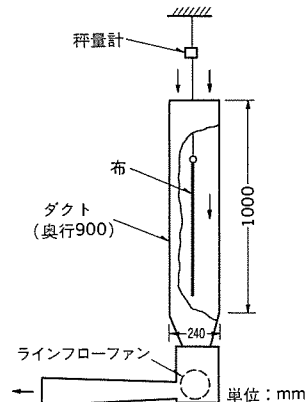


図1. 試験装置



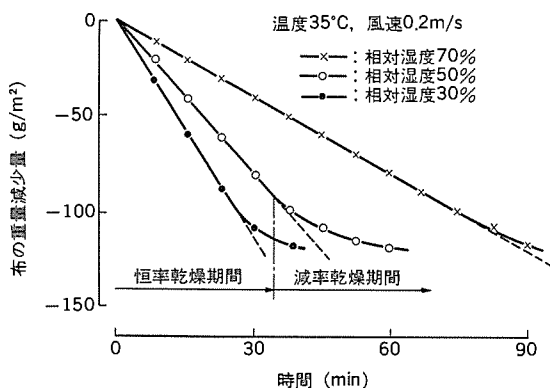


図 2. 布の乾燥推移

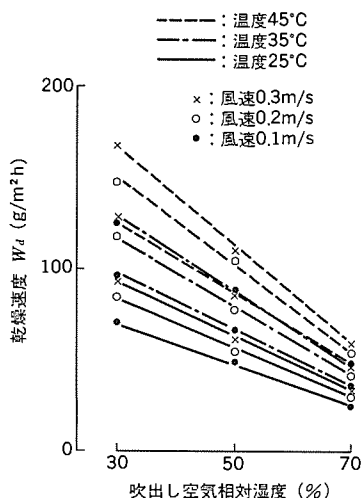


図 3. 測定結果

ンの回転数制御によって風速を任意に設定できるダクト内に、所定の脱水度に湿潤させた布（木綿布）を吊り下げ、その布の重量を所定の時間間隔で計測して乾燥の推移を測定する。各要因の試験水準は下記のとおりである。

温度………25, 35, 45 (°C)

相対湿度………30, 50, 70 (%)

風速………0.1, 0.2, 0.3 (m/s)

木綿布：電気洗濯機 JIS C 9060 規定の試験布使用、長さ 0.85 (m)、幅 0.63 (m)

脱水度：約 50 (%)……(JIS C 9060 規定準拠)

図 2. は湿潤布の水の蒸発に伴う、単位布面積当りの重量減少で表した布の乾燥推移を示す。前期は急激かつ、ほぼ一定のこう配で減少する恒率乾燥期間で、後期はその減少が刻々緩慢になってゆく減率乾燥期間に入り、最終的に乾燥終了となる。本稿では、大半の水が蒸発させられる恒率乾燥期間における単位布表面積(両面考慮)当りの蒸発水量  $W_d$  を乾燥速度の指標値とした。図 3., 図 4. は試験の結果と乾燥速度に影響を及ぼす各要因の効果を表したもので、図 4. から乾燥速度は相対湿度の影響を最も大きく受け、次に温度であり、この両者に比べて風速の影響の少ないことが分かる。また、乾燥速度はほぼ次式によって表せる。

$$W_d = C_{(\varphi)} T U^{0.25} \left( \frac{g}{m^2 h} \right)$$

ここに  $T$ : 温度 (°C)

$U$ : 風速 (m/s)

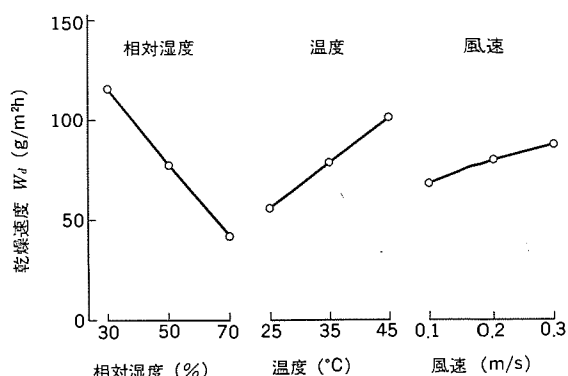


図 4. 各要因の効果

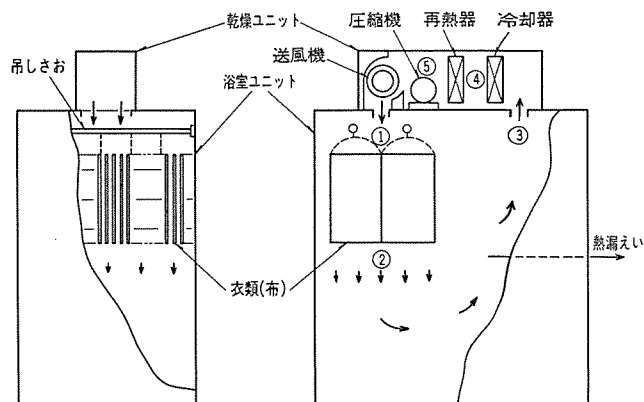


図 5. シミュレーションモデル

$\varphi$ : 相対湿度 (%)

以上のように、試験に基づく解析の結果、各要因の影響を定量的に把握することができ、温度と風速はもとより、特に相対湿度に対する配慮の重要性を知るとともに、乾燥ユニットの設計に必要な乾燥速度の式を得ることができた。

### 3.2 動作シミュレーション

この定常動作シミュレーションは、乾燥ユニットの構成部品（圧縮機、冷却器、再熱器など）の能力仕様を知るためのもので、乾燥開始から終了まで恒率乾燥期間の乾燥速度で衣類の乾燥が進行すると仮定した。

図 5. はシミュレーションのモデルを示す。各区分（各点間）ごとに熱・物質移動のバランスを考慮して、それぞれの空気状態の関係式を以下のように定める。なお、主な記号は次のとおりである。

$G$ : 循環風量 (kg/h)       $t$ : 湿り空気温度 (°C)

$x$ : 湿り空気の絶対湿度 (kg/kg)

$C_p$ : 湿り空気の定圧比熱 (kcal/kg·°C)

添え字の数字: 各点を示す。

①-②間 (空気と衣類間において熱・物質移動のある区分)

$$x_2 - x_1 + W/G = 0 \quad t_2 - t_1 + r \times W / (C_p \times G) = 0$$

ここに  $r$ : 水の蒸発潜熱 (kcal/kg)

$W$ : 衣類からの水の蒸発量 (kg/h)

$$= \zeta \times A_w \times W_d \times 1,000$$

ただし  $A_w$ : 衣類の表面積 (m²)       $\zeta$ : 補正係数

$W_d$ : 乾燥速度 (3.2 節参照) (g/m²h)

②-③間 (浴室壁を通して熱漏えいのある区分)

$$t_3 - t_2 + K_b \times A_b \times (t_2 - t_0) / (C_p \times G) = 0$$

$$x_3 - x_2 = 0$$

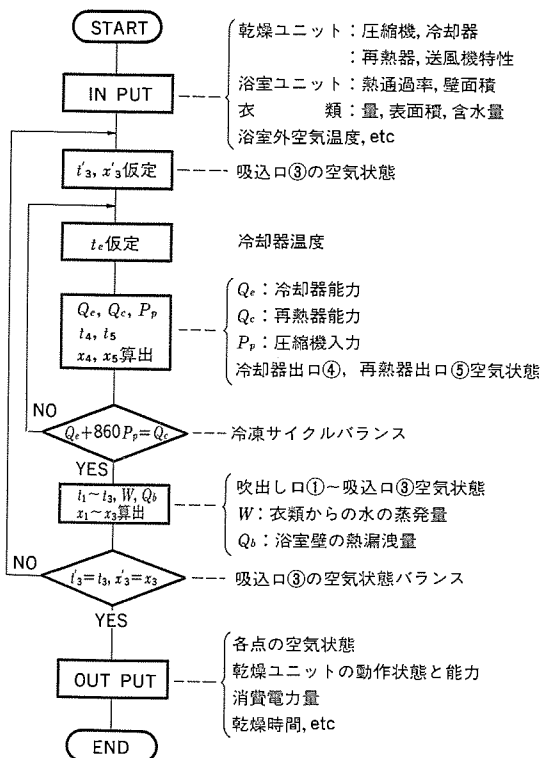


図 6. シミュレーションフロー

ここに  $A_b$ : 浴室壁の面積 ( $m^2$ )

$K_b$ : 浴室壁の熱通過率 ( $kcal/m^2h^{\circ}C$ )

③-④間 (空気を減湿冷却する冷却器区間)

④-⑤間 (加熱し相対湿度を下げ乾燥用空気として送り出す再熱器区間)

⑤-①間 (循環用の送風機の入力によって更に加熱される区間で、ここを通過した空気は再び乾燥用空気として吹出し口から浴室に吹き出される。)

次に、シミュレーションのフローについて述べる。シミュレーションフローは図 6. に示すように、各種特性・係数・条件を入力し、冷凍サイクルと空気状態のバランスを前提として、乾燥ユニットの動作状態と乾燥時間などを出力する。なお、吸込口③の空気状態の仮定を計算フローの始点としているのは、吸込空気状態によって変化する乾燥ユニットの動作係数に経験的に適切な値を、事前に定める必要があるためである。

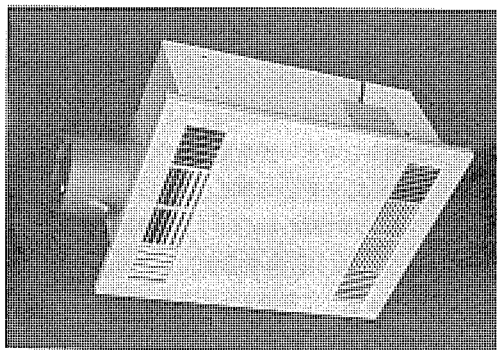


図 7. 乾燥ユニットの外観

#### 4. 乾燥ユニットの概要

乾燥ユニットは浴室ユニットの天井面に埋め込まれて使用されるため、浴室ユニットとの組合せで乾燥性能などがきまる。この開発で使用した浴室ユニットの仕様は、表 1. に示すとおりで、1216 形 (床面  $1,200 mm \times 1,600 mm$ ) と呼称されるもので標準的なものである。

##### 4.1 構造・外観

乾燥ユニットの外観は図 7. に示すとおりである。また形式は天井埋込カセットである。つまり本体部は天井内に設置し、この底部に位置する化粧パネル部のみが浴室に現れている。浴室内の空気の流

表 1. 浴室ユニットの仕様

| 項 目               | 仕 様                                         |
|-------------------|---------------------------------------------|
| 本体外寸 (D×W×H) (mm) | 1,260×1,660×2,173                           |
| 床                 | 防水パン: FRP                                   |
| 壁 パ ネ ル           | パネル: 塩ビ鋼板, 裏打ち材: 石膏ボード                      |
| 天 井               | パネル: 塩ビ鋼板, 裏打ち材: 珪藻スチロール<br>点検口: 450×450 mm |
| ド ア               | ドア本体: アルミニウム, ガラス                           |
| 浴 槽 (mm)          | FRP (L), (幅) 1,194×(奥行) 715×(高さ) 570mm      |
| 物 干 し ざ ろ         | ステンレス鋼管                                     |

表 2. 乾燥ユニットの仕様・性能

| 項 目                       |                | 仕 様                 |
|---------------------------|----------------|---------------------|
| 除 湿 可 能 室 温               |                | A 形                 |
| 外 観 色                     | 化粧カバー          | ホワイト                |
|                           | キャビネット         | ベージュ                |
| 空 気 の 流 れ                 |                | 下吸込み, 下吹出し          |
| 電 源                       |                | 単相 100 V 50/60 Hz   |
| 性 能<br>(50/60 Hz)         | 除 湿 能 力 (l/日)  | 4.8/5.1             |
|                           | 換 気 量 (m³/min) | 1.5 (静圧 7 mmAq 時)   |
| 消費電力<br>(50/60 Hz)<br>(W) | 乾 燥 (除湿) 時     | 270/310 (670/710)   |
|                           | 換 気 時          | 25                  |
| 乾燥時運転電流 (50/60 Hz) (A)    |                | 2.9/3.2 (6.9/7.2)   |
| 排 水                       |                | 連続排水 (工事要)          |
| リ モ コ ン                   | 切換スイッチ         | 乾燥 (除湿), 換気         |
|                           | タイマー           | 10 時間計, 連続          |
|                           | パイロットランプ       | 運転ランプ               |
| エ ア フ ィ ル タ ー             |                | ○                   |
| 商 品 重 量 (kg)              |                | 23.0                |
| 外 形 寸 法<br>(mm)           | 本 体            | 幅 530×奥行 400×高さ 215 |
|                           | 化粧カバー          | 幅 600×奥行 430×高さ 27  |

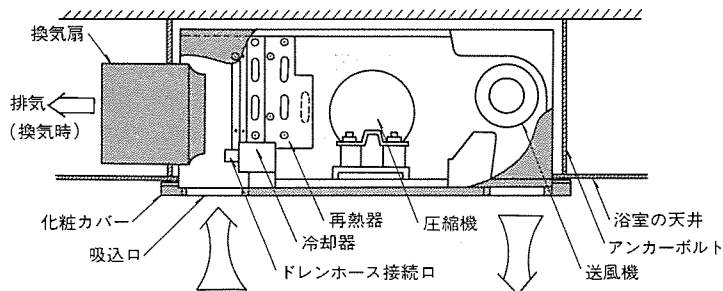


図 8. 乾燥ユニットの構造

これは、格子状の写真左部から多湿空気を吸い込み、除湿された乾燥空気が右部から吹き出され、この下部に吊り下げられる衣類を乾燥する。また本体は、衣類乾燥に寄与する除湿機本体と、換気扇が独立に作動する複合体で構成は、図 8. に示すとおり、底板にすべての機能部品（圧縮機、熱交換器、送風機、電熱器）を設置し、風路構成用パネルを上部からかぶせている。

#### 4.2 仕様

開発した乾燥ユニットの仕様は表 2. のとおりである。外形寸法は幅 530 mm、奥行 400 mm、高さ 215 mm で、浴室に設置したとき、天井内に占める高さ寸法は 205 mm で、集合住宅の天井内に取付けできる寸法となっている。このユニット内の換気扇は、圧力損失 7 mmAq 時 1.5 m<sup>3</sup>/min の風量で集合住宅に適応できる能力をもっている。性能面においては、乾燥ユニットへの吸込空気温度 27°C、湿度 60% RH 時、除湿能力 4.8/5.1 l/日 (50/60 Hz)、消費電力 270/310 W (50/60 Hz) と低消費電力を達成している。

リモコンは、例えば浴室外入口近辺に設置し、乾燥及び換気の操作は独立して行うことができる。乾燥はタイマーにて行い、衣類の量に合わせて時間設定を行う。

#### 4.3 乾燥性能

空気条件が調節可能な試験室に設置した浴室ユニットの天井に乾燥ユニットを取り付け、浴室ユニット内の乾燥ユニットの乾燥空気吹出し口下部に一般家庭で使用者される各種形状、素材からなる実用衣類を吊り下げた状態で、乾燥性能の試験を行った。試験は、浴室ユニットの外側の温度が設定値に安定した後、乾燥ユニットを運転し、衣類重量の変化、乾燥ユニットの吸込み、吹出しの空気温湿度、消費電力(量)を測定した。

この実用衣類は、下式で表す乾燥度が 96% に達すると、ほぼ乾いた感触が得られることから乾燥完了時点を乾燥度 96% と定めた。

$$\text{乾燥度} = \frac{\text{絶対乾燥衣類重量}}{\text{測定時衣類重量}} \times 100 (\%)$$

絶対乾燥衣類重量：この試験では乾燥している衣類を更にドラム式電気衣類乾燥機 (70°C) で連続 3 時間乾燥させた直後の重量とした。測定時衣類重量：乾燥状態がどの程度かを測定したときの重量である。

また、衣類の乾燥を開始するときの状態は、衣類の脱水度を 65% とした。なお、脱水度は乾燥度と同じ式で表し、脱水度 65% は、脱水機で約 1 分間脱水したときに得られる衣類の湿り状態をいう。衣類 3 kg、浴室ユニット外温度 20°C 時の乾燥性能は、乾燥時間 260 分、消費電力量 1.0 kWh という目標値を満足している。

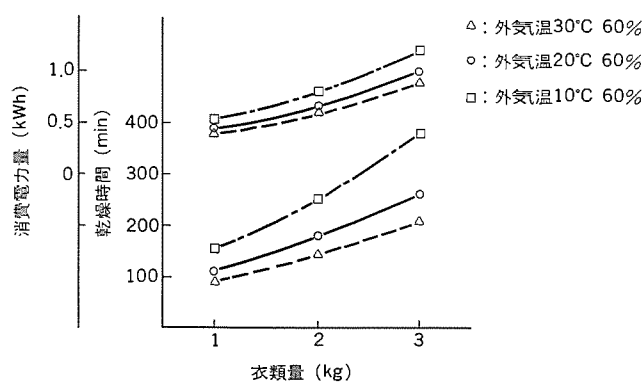
##### 4.3.1 衣類量と性能

乾燥性能試験にて使用した衣類は、一般の家庭で使われる実用衣類を想定したもので、各種形状、素材を含んだ混合衣類である。衣類重量の変化は 1 ~ 3 kg とした (衣類の形状、素材は必ずしも一律には変化していない)。以下図 9. (a) にて説明する。衣類重量が増加すると、衣類から蒸発する水分量も増加する。しかし乾燥ユニットの水分処理能力は一定なため乾燥時間、消費電力量とも増加する。

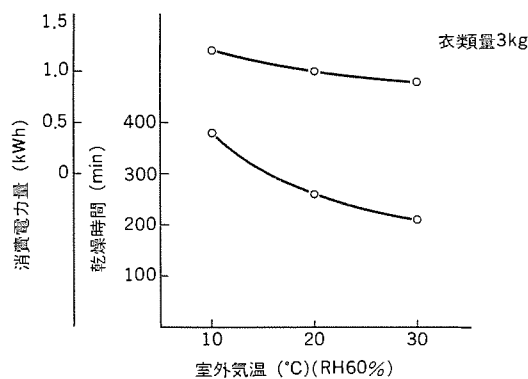
衣類乾燥性能を評価する方法とし、次式に表すエネルギー効率という考え方をを用いると、

$$\text{エネルギー効率} = \frac{\text{衣類水分蒸発に必要な熱量}}{\text{乾燥完了までの消費電力量} \times 860} \times 100 (\%)$$

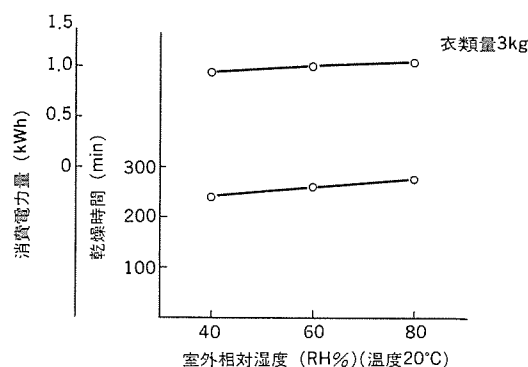
ここに 衣類水分蒸発に必要な熱量は 586 kcal/kg (20°C における) で与えた



(a) 衣類量の影響



(b) 室外気温の影響



(c) 室外相対湿度の影響

図 9. 乾燥性能

衣類重量 1, 2, 3 kg 時でエネルギー効率は、浴室ユニット外気温 20°C のとき、それぞれ 78, 102, 102% で衣類重量が多いほど効率の良いことが分かる。この理由として、乾燥ユニットからの空気の衣類と接触しない空気バイパス量差、乾燥時間に占める冷媒回路の立上り時間の差などが考えられる。

##### 4.3.2 浴室ユニット外気温と性能

衣類重量 3 kg のときの浴室ユニット外気温変化による乾燥性能を図 9. (b) に示す。浴室ユニット外気温が低下するほど、乾燥時間は長くなり、また消費電力量も増加する。前述エネルギー効率の比較では、浴室ユニット外気温 30°C に比べ、20°C では 13%, 10°C では 17% 低下する。これは外気温が低下するにつれ、ヒートポンプ冷媒回路の蒸発温度が低下し、圧縮機のエネルギー効率(成績係数)が低下することが主な原因である。すなわち、乾燥ユニットの吹出し空気温度が低下し、衣類からの水分蒸発量が減少し、吸込空気温度も

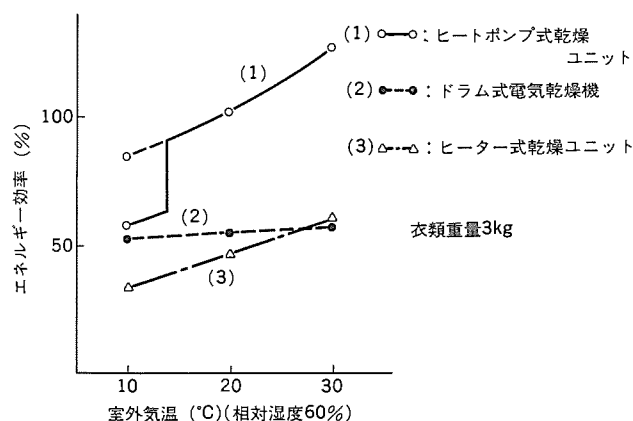


図 10. 衣類乾燥方式による効率比較

低下し、乾燥ユニットの除湿量も減少する。このため、運転時間が長く、エネルギー効率の悪い条件で使用するため消費電力量も増大する。外気温10℃では蒸発温度が0℃近辺となり、着霜の限界となる。このためこの乾燥ユニットのシステムでは、10℃近辺の低温領域以下では補助電熱器をも運転している。

#### 4. 3. 3 浴室ユニット外気相対湿度と性能

衣類重量3kg、浴室外気温20℃における浴室外気相対湿度と性能を図9.(c)に示す。浴室外気相対湿度40%及び80%時比較で、80%の方が運転時間は35分、消費電力量で0.07kWh増加している。浴室の扉にある換気用スリットからの空気中水分の侵入などで若干多めであるが、相対湿度の影響は少ない。

#### 4. 3. 4 他方式との性能比較

エネルギー効率の定義は前述したが、この開発によるヒートポンプ式乾燥ユニット、ドラム式電気衣類乾燥機及びヒーター式乾燥ユニット(電熱器0.8kW内蔵)の3方式のエネルギー効率の比較を、図10.で説明する。

三つの乾燥方式のうち、ヒートポンプ式乾燥ユニットは、他の二つの方式よりエネルギー効率が優れている。すなわち、ドラム式電気乾燥機は、外気温の影響を余り受けず、エネルギー効率は53~57%であり、ヒーター式乾燥ユニットは、外気温30℃時、エネルギー効率55%、10℃時35%と著しく低下する。一方ヒートポンプ式乾燥ユニットのエネルギー効率は、外気温30℃時は127%、20℃時は102%、そして10℃時85%(補助電熱器を入れて58%)と高い値を示しており、大きな省エネルギー効果を達成している。

#### 4. 4 運転状態の推移

乾燥ユニットによる衣類乾燥開始から終了までの運転状態の時間的推移を、各要因別(乾燥度、衣類重量、圧縮機入力、吸込みと吹出し空気絶対湿度差、浴室内空気温度)に図11.で説明する。

衣類重量の推移は、運転開始直後の変化は少なく、その後の恒率乾燥期間に入り、水分蒸発量が増大し、重量の減少は多くなる。大半の水分が蒸発した後、減率乾燥期間に入り、重量変化は次第に少

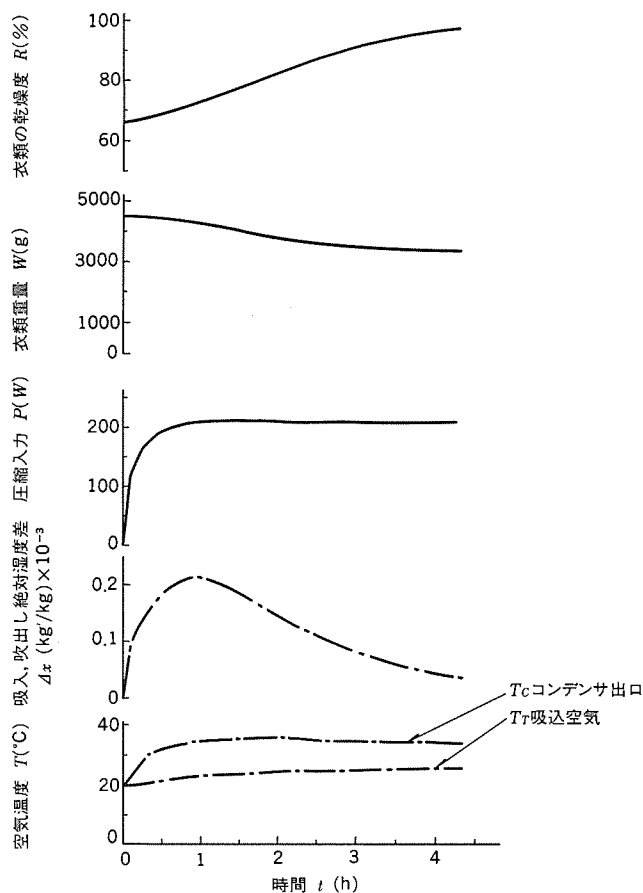


図 11. 各部時間的推移

なくなり乾燥完了となる。乾燥度は、衣類重量の減少とともに上昇する。

冷媒回路を構成する圧縮機の入力及び吹出し空気温度は、運転開始後急激に上昇しやがて定常状態となる。吸込み、吹出し絶対湿度差は、運転開始後急激に大きくなり、その後恒率乾燥期間に入る。そして以後減率乾燥期間に入り、変化は小さくなる。

## 5. む す び

以上のように、この開発のヒートポンプ式浴室衣類乾燥ユニットは、浴室の有効利用を図るとともに、大きな省エネルギー化を達成することが出来た。

今後の課題は、

- (1) 低温領域の効率の改善を行い、より一層の省エネルギー化を図る。
- (2) 乾燥完了の検出方法を追求する。

ことである。なお、このヒートポンプ式浴室衣類乾燥ユニットの開発は、東京電力(株)営業開発部殿との共同研究として実施したもので、多大な御支援をいただいた関係者各位に厚く感謝の意を表する。

# NC工作機械用ワーク着脱ロボット

岩佐辰弥\*・大富貞行\*\*・西脇宗夫\*\*・浜口修喜\*\*・岩田俊治\*\*\*

## 1. ま え が き

工作機械の CNC 化率は年々増加の一途をたどっており、ここ数年これら高価な工作機械の有効活用を図るために、いかにして長時間無人運転を実現していくかが重要な課題になってきている。

元来、NC 工作機械の発展は、多品種少量生産の生産性向上を目指したものであり、工作機械自体としてはその目的が達成されつつある。他方工作機械へのワークの着脱は、作業者が行うようになっており、無人運転を行う場合作業者に代るワーク着脱装置が必要となる。ここ4～5年前からNC旋盤などへのワーク着脱にロボットが使われはじめ無人運転への機運が盛り上がってきている。最近の市場調査によると、工作機械へのワーク着脱ロボットは、図1.に示すような規模(国内)になっており、今後FMSの進展に伴いますます増加するものと期待されている。

当社では、NC 工作機械のワーク着脱の需要に、これまで汎用のマテハンロボットでこたえてきていたが、今回いままでの納入実績を踏まえた新シリーズのロボットを開発したので、その特長・仕様・応用例・今後の方向付けなどについて以下に紹介する。

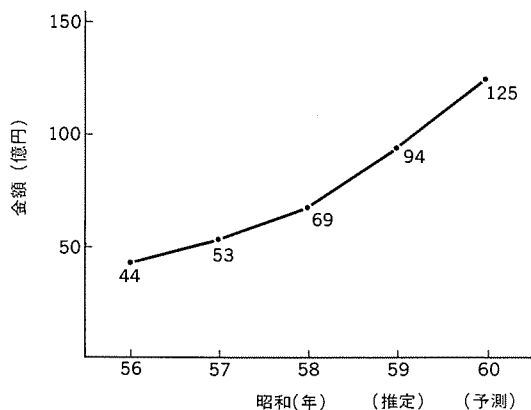


図 1. 工作機械用ロボットの市場規模(国内)

## 2. NC 工作機械用ロボットの動向

ここ4～5年前から、NC 旋盤、マシニングセンターと無人搬送車、ロボットからなるFMSが各方面で実現するようになり工場のFA化が一步步ずつ前進しつつある。また他方では、極く小規模な形として1台のNC旋盤とロボットからなる無人化機械加工セルも普及してきている。ここでは最近のNC工作機械の無人運転の動向について述べる。

### 2.1 無人運転時間の拡大

高価なNC工作機械を購入又はリースにより導入した場合、これをいかに有効利用していくかが問題となる。すなわち、限られた作業でいかにして機械の稼働率を向上し、工場コストを低減していくかを考えなければならない。一般に工場で作業者が働く時間は、年間時間の約1/4といわれている。残りの3/4は何らかの手を打たな

ければ機械は停止し付加価値を生まない。こういう背景から無人運転の要求が強まっており、これを実現するためのいろいろな研究が行われている。

無人運転を行うためには、工作機械側では、機械自体の信頼性向上、各種監視機能(ツール、加工精度、切粉など)、ワーク側では、自動供給と自動着脱の信頼性向上が必要となる。現状では完全24時間無人運転は無理であるが、夜間のみ無人運転はかなり実現されており、今後もこの方式が普及していくと思われる。

### 2.2 工作機械用ロボットのシステム

現在世の中で実用されているNC工作機械用ロボットは、基本的には図2.に示す三つに分類される。

#### (1) タイプA: 内蔵形

NC 工作機械内部にロボットをもち外部のフィーダからワークをロード・アンロードする。主として小物のワークで少品種多量生産に適している。

#### (2) タイプB: 横付け形

NC 工作機械の前面横側に外部取付けし、フィーダからワークをロード・アンロードする。主として中物のワークで多品種少量生産に適している。

#### (3) タイプC: スタンドアロン形

NC 工作機械の前面から離れて配置し、フィーダからロード・アンロードする。主として大物のワークで多品種少量生産に適し、またロボット1台で2～4台の複数工作機械にも対応できる。

以上の3基本形のほかに走行形のロボット、天井つ(吊り)下げ形ロボット、天井吊り走行形ロボットを配する例もある。また無人搬送車からワークをロード・アンロードする高度なFMSの例も出現している。

次に、NC 工作機械にロボットを組み合わせた場合のコントロールシステムの例を図3.に示す。図のセルコントローラはロボット、NC 工作機械、ワークフィーダを統括制御するとともに、ワークの種類、数量、異常表示

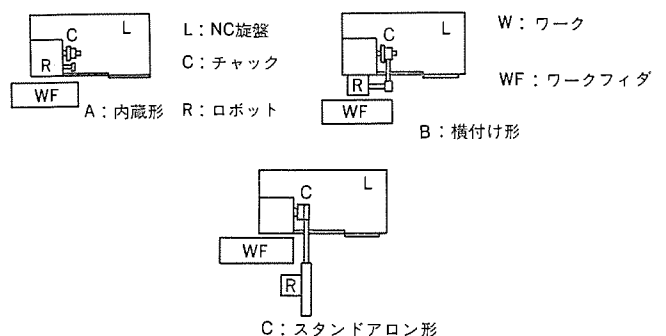


図 2. 工作機械用ロボットの基本レイアウト

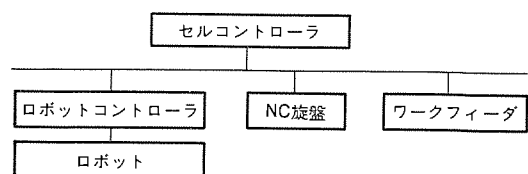


図 3. 工作機械用ロボットセルのコントロールシステム

などを指示する機能を持っている。また数個のセルをホストコンピュータで管理する例も実現しはじめている。

### 2.3 NC工作機械用ロボットの開発課題

NC工作機械のワーク着脱にロボットがかなり普及しつつあるが、まだ全面的に取り付けられているわけではない。今後更に普及させていくためには次のような開発課題を解決していく必要がある。

- (1) 投資効果の向上
- (2) 設置面積の縮減
- (3) 多品種ワークのハンドリング容易化
- (4) 高速・高加減速化
- (5) 知能化
- (6) 操作性の容易化
- (7) 安全対策
- (8) 信頼性・保守性の向上

これらの課題は急速に解決されつつあり、数年後にはNC工作機械へのロボット普及率は一段と高まるものと期待している。

## 3. 《MELFA》工作機械用ロボット

今回開発した新シリーズロボットは、NC工作機械用としての機種強化と前記開発課題を追求したものになっている。以下に基本的なねらい、仕様、特長について述べる。

### 3.1 基本的なねらい

#### (1) ロボットの機種

NC工作機械に用いるロボットとして、機械に横付けするタイプとして水平関節形のRH-Bシリーズ、複数台の機械にサービスできるスタンダオンタイプとして円筒座標形のRCシリーズの2種類を用意し、かつ各シリーズとも2～3機種のバリエーションを持たせて、すべてのニーズに対応できるようにした。

#### (2) 高機能化

NC工作機械がもつ高度の加工機能に対応するためには、ロボット側でも機能の高度化が必要である。すなわち、多品種少量生産に対応したメモリ容量の拡張性、FMSを実現するための上位との通信機能の充実、ワーク確認のため各種センサへの対応、工作機械の停止時間を短くするためのアームの高速・高加減速化、複雑形状のワーク把持に必要な重量ハンドに耐えうる可搬重量、などの機能強化を図った。また機械加工用にも従来組立ロボットで開発した《MELFA》ロボット言語を選択採用し言語大系の一元化を図っている。

#### (3) 機械加工用ハンドの標準化

これまでの特注ハンドに加え、標準ハンドもシリーズ化した。

#### (4) 省スペース化

ロボットの専有面積を極力小さくし、フロアスペースの有効利用が図れるようにした。

#### (5) 省エネルギー

大形ロボットでは新機構を採用して省エネルギーを図った。

### 3.2 RH-Bシリーズの仕様と特長

#### 3.2.1 仕様

RH-Bシリーズには、表1.に示すように、RH-221 B, RH-222 B, RH-223 B, RH-224 B形の4機種を設け、工作機械の大きさとワークフィーダとの距離、ワーク重量とハンド重量などの多様な要求に応じられるようにした。更に手首の軸数により4軸と5軸の両タイプがある。図4.に外観を示す。

#### 3.2.2 特長

##### (1) 関節のモジュール化を一段と推進

4機種のロボットに対して、上下軸(Z)が2種類、旋回軸( $\theta$ )が5種類と従来より一段とモジュール化を進め、フレキシビリティの高い標準化、保守性の向上などを図った。

##### (2) 旋回軸のダイレクトドライブ化

図5.は旋回軸( $\theta$ )の断面構造を示したもので、サーボモータにより直

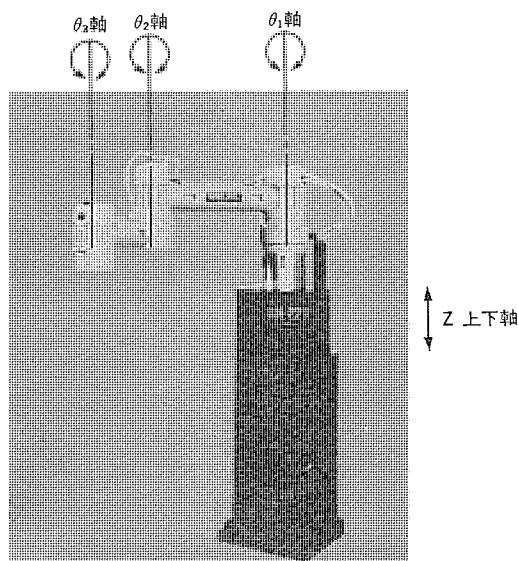


図4. RH-B形ロボット(4軸)

表1. RH-B形ロボットの仕様

| 項 目                 |                           |  | 仕 様                      |                         |                          |   |                          |       |                          |       |
|---------------------|---------------------------|--|--------------------------|-------------------------|--------------------------|---|--------------------------|-------|--------------------------|-------|
| イ プ                 |                           |  | RH-221 B                 |                         | RH-222 B                 |   | RH-223 B                 |       | RH-224 B                 |       |
| 構 造                 |                           |  | 水 平 多 関 節 形              |                         |                          |   |                          |       |                          |       |
| 制 御 軸 数             |                           |  | 4                        | 5                       | 4                        | 4 | 5                        | 4     | 5                        |       |
| 動 作 範 囲<br>(最大動作速度) | 上 下 軸 Z                   |  | 300 mm (600 mm/s)        |                         | 300 mm (600 mm/s)        |   | 500 mm (600 mm/s)        |       | 500 mm (600 mm/s)        |       |
|                     | 肩 軸 $\theta_1$            |  | $\pm 135^\circ$ (180°/s) |                         | $\pm 135^\circ$ (180°/s) |   | $\pm 135^\circ$ (140°/s) |       | $\pm 135^\circ$ (140°/s) |       |
|                     | 肘 軸 $\theta_2$            |  | $\pm 135^\circ$ (180°/s) |                         | $\pm 135^\circ$ (180°/s) |   | $\pm 135^\circ$ (140°/s) |       | $\pm 135^\circ$ (140°/s) |       |
|                     | 手 首 軸 $\alpha$            |  | $\pm 150^\circ$ (180°/s) |                         | $\pm 150^\circ$ (180°/s) |   | $\pm 150^\circ$ (140°/s) |       | $\pm 150^\circ$ (140°/s) |       |
|                     | 手 首 軸 $\beta$             |  |                          | $\pm 95^\circ$ (180°/s) |                          |   | $\pm 95^\circ$ (140°/s)  |       | $\pm 95^\circ$ (140°/s)  |       |
| 可 搬 重 量             |                           |  | 35 kg                    | 10 kg                   | 18 kg                    |   | 50 kg                    | 20 kg | 30 kg                    | 10 kg |
| 駆 動 方 式             |                           |  | 全 軸 DC サ ー ボ モ ー タ       |                         |                          |   |                          |       |                          |       |
| 位 置 繰 返 し 精 度       | $Z_1, \theta_1, \theta_2$ |  | $\pm 0.05$ mm            |                         | $\pm 0.05$ mm            |   | $\pm 0.1$ mm             |       | $\pm 0.2$ mm             |       |
|                     | $\alpha, \beta$           |  | $\pm 0.02^\circ$         |                         | $\pm 0.02^\circ$         |   | $\pm 0.04^\circ$         |       | $\pm 0.04^\circ$         |       |

接ハーモニックドライブを駆動している。更に、旋回軸のサーボモータのフレーム及び歯車ケースをロボットアームの構成部材とし、部品点数の削減を図り、ひいては経済性、信頼性、保守性を一段と向上させることができた。

### (3) 手首軸にウォームギヤの採用

ハンドを取り付ける手首軸にウォームギヤを採用することにより、構造の単純化、軽量化を図り経済性のあるものにした。更には歯車の剛性向上により、振動の低減、ワーク有無に伴う位置偏差の縮小が可能となった。

### (4) 胴体のスリム化

ロボットの据付けスペースを決める胴体は、CAEを活用することによりスリム化を実現し、従来比30%省スペース化した。

### (5) 高速・高加減速化

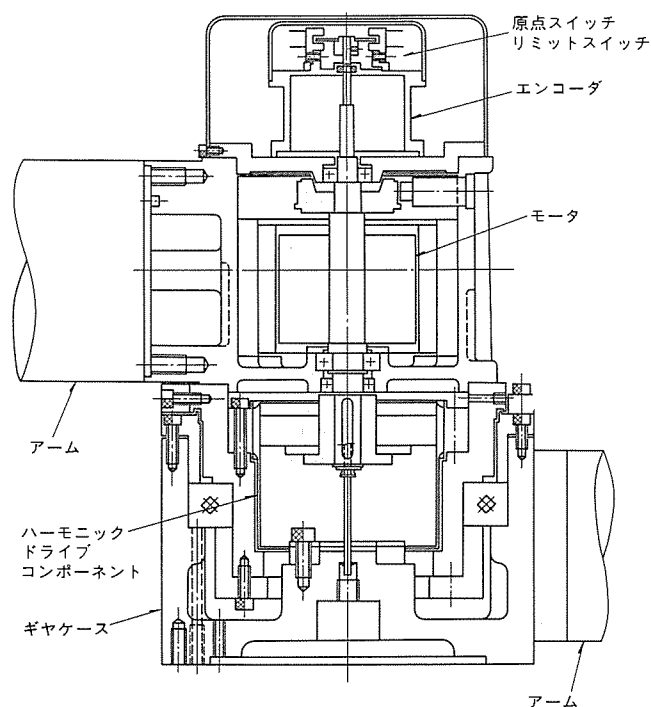


図5. 関節モジュールの断面図 (RH-B形)

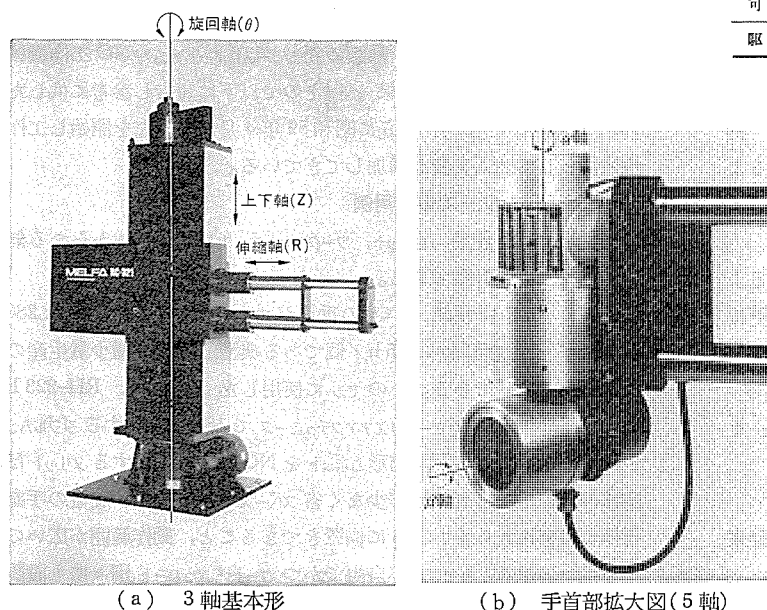


図6. RC-321形ロボット

上下軸(Z)の速度を従来比2倍に、旋回軸( $\theta$ )を3倍に高速化するとともに、加減速時間も40%短縮し、タクトタイム3~4秒の要求まで対応できるようにした。

### (6) 密閉構造の採用

胴体部、アーム部は、オイル、ミスト、切粉などの影響を受けないよう極力密閉化し、信頼性、保守性の向上を図った。

## 3.3 RCシリーズの仕様と特長

### 3.3.1 仕様

今回新たに開発したRCシリーズには、表2.に示すように、RC-227, RC-321形の2機種を設け、各機種に1軸手首と2軸手首を用意した。図6.(a)に3軸の本体を、図6.(b)に手首2軸の外観を示す。

### 3.3.2 特長

#### (1) 高速・高加減速度化

大形機種ながら従来になく高速化と加減速時間の短縮を実現した。特にアームを一杯伸ばしてワークフィードからワークを取ったり返したりするような場合でも定格の性能が発揮できる設計にし、タクトタイムの短縮をねらった。

#### (2) テレスコープ式アームによる省スペース化

大形の円筒座標形ロボットでは、図7.に示すようにアームロッド収納ブームの本体中心から後方への突出し寸法が大きくなり、周辺装置との干渉を避けるため広い設置面積を要する欠点があった。RC-321形では、伸縮軸(R)をテレスコープ構造にして前記欠点を解消し、大

表2. RC形ロボットの仕様

| 項 目                 |              |   | 仕                       |                             | 様                        |                             |
|---------------------|--------------|---|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| タ                   | イ            | ブ | RC-227                  |                             | RC-321                   |                             |
| 構 造                 |              |   | 円 筒 座 標 形               |                             |                          |                             |
| 制 御 軸 数             |              |   | 4                       | 5                           | 4                        | 5                           |
| 動 作 範 囲<br>(最大動作速度) | 旋回軸 $\theta$ |   | 300°(90°/s)             |                             | 300°(70°/s)              |                             |
|                     | 上下軸 Z        |   | 500 mm(600 mm/s)        |                             | 1,200 mm(500 mm/s)       |                             |
|                     | 伸縮軸 R        |   | 1,000 mm(1,000 mm/s)    |                             | 1,200 mm(1,000 mm/s)     |                             |
|                     | 手首軸 $\alpha$ |   | $\pm 150^\circ$ (140/s) |                             | $\pm 150^\circ$ (140°/s) |                             |
|                     | 手首軸 $\beta$  |   |                         | $\pm 135^\circ$<br>(140°/s) |                          | $\pm 135^\circ$<br>(140°/s) |
| 可 搬 重 量             |              |   | 35 kg                   | 25 kg                       | 100 kg                   | 60 kg                       |
| 駆 動 方 式             |              |   | 全軸 DC サーボモータ            |                             |                          |                             |

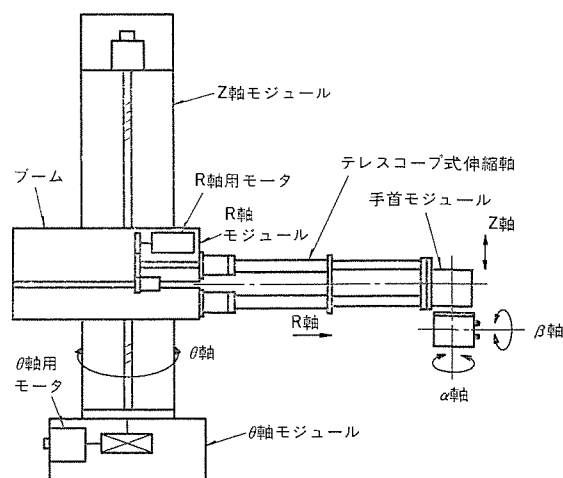


図7. テレスコープ式伸縮軸の断面図 (RC-321形)

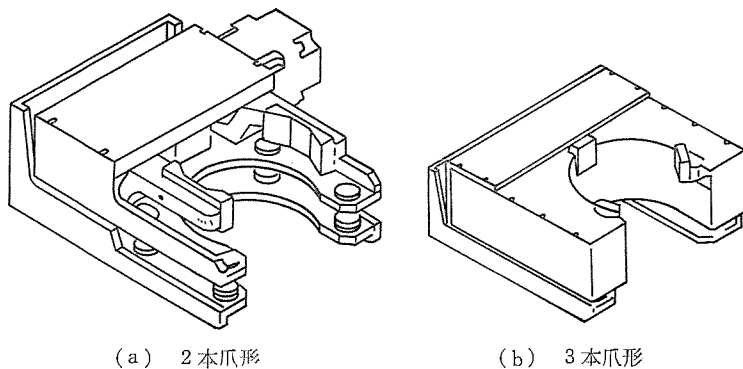


図 8. 標準ハンド

幅な省スペース化を図った。

### (3) 重力補償機構の採用による省エネルギー化

RC-321 形の上下軸 (Z) では、チェンによるカウンタバランス機構を採用して、サーボモータの小容量化を図り省エネルギーを実現した。

### (4) 旋回軸にウォームギヤの採用

RC-227, RC-321 形両タイプの旋回軸 ( $\theta$ ) には、ウォーム減速機を採用し、機構の単純化を図るとともに、歯車剛性を向上させて振動の低減を図った。

### 3.4 機械加工用ハンド

多種多様なワークが対象となる機械加工において、ワークを把持するハンドの標準化は非常に困難であるが、当社でこれまで開発してきた注文ごとのハンドを集大成して、図 8. に示すような標準ハンドを開発した。図 8. (a) に示すハンドは 2 本爪 (爪) タイプでワーク重量 10 kg、最大直径 150 mm、把持力 100 kg、図 8. (b) に示すハンドは 3 本爪タイプでワーク重量 20 kg、最大直径 200 mm、把持力 180 kg となっている。いずれも機構を単純化して、標準の部品を使い製作性が良く信頼性の高いものにした。また標準ハンドが使用できない場合でも、類似設計によりサイズアップ・サイズダウンなど容易にできるようにした。

### 3.5 ロボットコントローラ

今回の新シリーズロボットの開発に合わせて、ロボットコントローラも一新した。ロボットコントローラは、設置面積の縮減を図るため小形化に努めた。またサーボモータ容量によりきょう (筐) 体を 2 種類用意した。その仕様を表 3. に、外観を図 9. に示す。主な特長は次のとおりである。

#### (1) 《MELFA》言語の充実

動作記述言語である《MELFA》言語を従来より更に充実させ、約 160 語まで用意し、種々の使い方に対し容易にプログラミングできるようにした。

#### (2) 外部 I/O の充実

ハンド関係の外部 I/O を標準装備し、各種のハンドに対応できるようにした。また周辺装置に対する外部 I/O も標準の 16 点に更に 16 点追加オプションを用意した。

#### (3) メモリ容量の拡充

標準メモリ容量 2,400 点に、更に最大 12,000 点までの追加オプションを用意し、多品種のワークに対応できるようにした。

#### (4) 筐体の小形化

サーボアンプを一体化することにより小形化を図り、筐体の容積を従来比 60% にした。

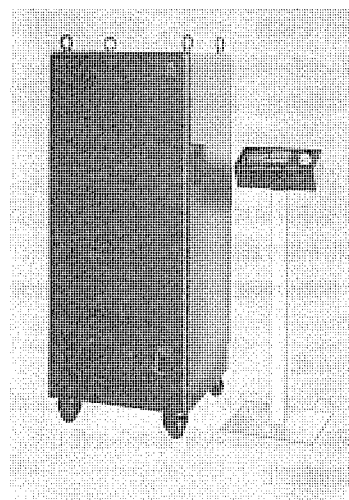


図 9. ロボットコントローラ

表 3. ロボットコントローラの仕様

| 項 目                  | 仕 様                                                                                                              |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 制 御 軸 数              | 4, 5 軸 (同時), 最大 7 軸 (同時)                                                                                         |
| 軌 跡 制 御              | 関節補間, 直線補間, 円弧補間 (オプション)                                                                                         |
| サ ー ボ 制 御            | ソフトウェアサーボ, PWM サーボアンプ                                                                                            |
| 位 置 教 示              | ティーチング及び MDI                                                                                                     |
| 作業手順教示               | ロボット言語 (MELFA) 約 160 個                                                                                           |
| プログラム数               | 最大 40                                                                                                            |
| 記 憶 容 量              | 1,000 点/プログラム, トータル 2,400 点 (標準)<br>12,000 点 (オプション)                                                             |
| 入 力 点 数              | 40 点 (標準), オプションで 32 点追加可能                                                                                       |
| 出 力 点 数              | 32 点 (標準), オプションで 32 点追加可能                                                                                       |
| そ の 他 の<br>オ プ シ ョ ン | カセット MT (プログラムバックアップ用) インタフェース<br>プリンタ・インタフェース<br>ファクトリランド (当社製 FA コンピュータ)・インタフェース                               |
| 電 源                  | AC 200/220 V $\pm$ 10%, 50/60 Hz                                                                                 |
| 外 形 寸 法<br>(mm)      | 550 W $\times$ 580 D $\times$ 1,350 H (RH-B 4 軸用)<br>650 W $\times$ 700 D $\times$ 1,550 H (RH-B 5 軸, RC 4, 5 軸) |

## 4. 応 用 事 例

当社では、今回開発した 2 種類の新シリーズロボットを、NC 工作機械のワーク着脱に応用し好結果を得たので以下に報告し参考に供したい。なお、このロボットは既に昭和 59 年 4 月から販売を開始し工作機械用として納入実績が増加してきている。

### 4.1 RH-B シリーズの応用例

図 10. は、NC 旋盤、ロボット、ワークフィード、セルコントローラからなる無人化加工セルの外観である。

対象ワークが 18 種類、ワークの重量が max 18 kg、直径が max 280 mm、平均加工時間が 0.15 h/個である典型的な多品種少量生産の無人化加工セルである。このセルに使用したロボットは、RH-223 B 形 (4 軸)、ハンドはロータリエアクチュエータで 180 度回転するダブルハンドになっている。水平関節形ロボットを NC 旋盤に使用するメリットは、胴体部が縦形で占有面積が少なく省スペースであること、旋盤の手動操作に障害にならないように横置きでできること、動作範囲が広いのでワークフィードのレイアウトが自由でかつロード・アンロード別々にも設置できること、など数多く挙げることができる。

セルコントローラは、ワークの種類と数量の NC 旋盤とロボット双方への



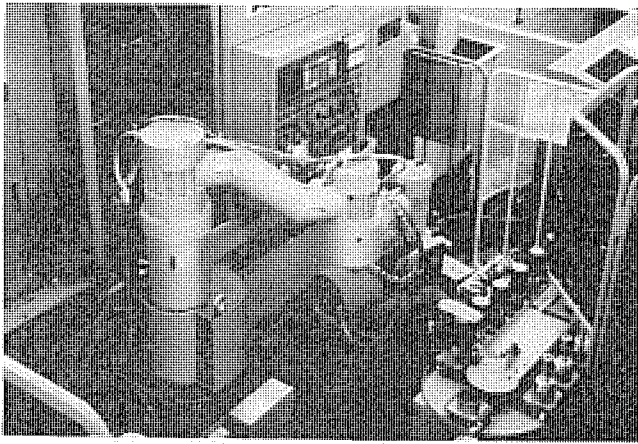


図 10. 機械加工用ロボットセル (RH-B 形)

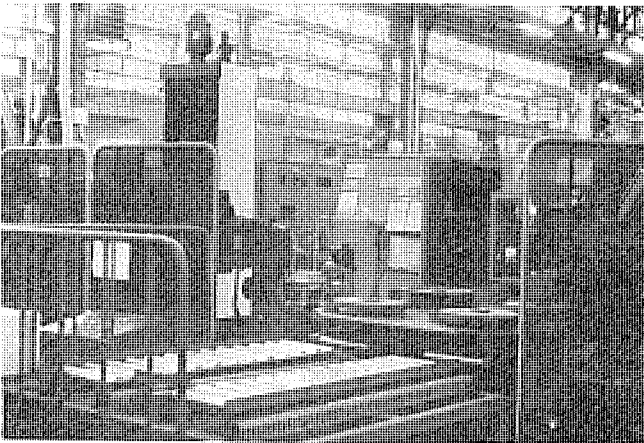


図 11. 機械加工用ロボットセル (RC-321 形)

指示, 加工完了数とアラームの表示, ワークフィーダの制御などを行う。この加工セルの運用は, 昼間バイト交換の多いワークを加工し, 夜間バイト交換の不要なワークを加工する方式とし, できるだけ無人運転時間を長くできるように工夫している。

#### 4.2 RCシリーズの応用例

図 11. は, NC 旋盤, 立形 M/C, 走行ロボット, ワーク台, セルコントローラからなる無人化加工セルの外観である。対象ワークが 18 種類, ワークの重量が max 35 kg, 直径が max 380 mm, 平均加工時間が 0.4 h/個である典型的な多品種少量生産の無人化加工セルである。このセルに使用したロボットは, RC-321 形 (5 軸) に走行軸 (ストローク 5 m) を付加し 6 軸同時制御にしたものである。ハンドはワークの外径が大きく重量物であるため, 把持条件が厳しく約 50 kg の重量となっている。

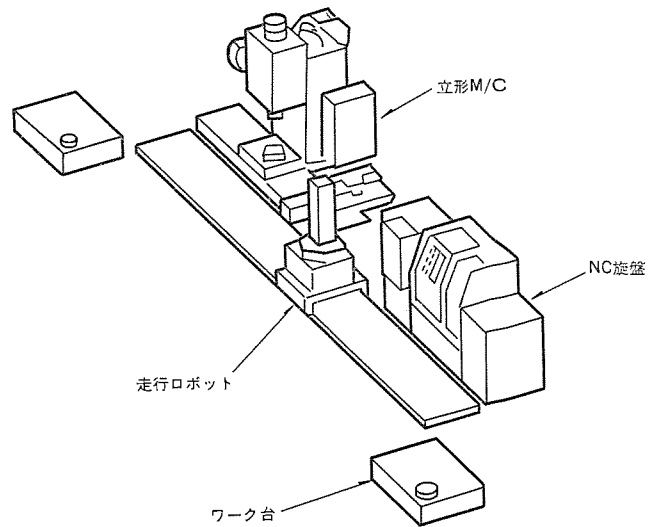


図 12. 機械加工用ロボットセル (RC-321 形)

この加工セルに用いたロボットは, 図 12. に示すような 2 台の大形工作機械へワーク着脱するため走行機能を持たせたこと, 多品種・多数ティーチポイントに対し十分なメモリ容量を持っていること, ロボットの伸縮軸がテレスコープ形になっているため全体的にフロアスペースが縮減できたこと, マテハン中のワーク飛び出しに対する安全を確保するため把持力の大きい重量ハンドでも使用できる可搬重量をもっている, などの特長がある。

#### 5. む す び

工作機械へのワーク着脱作業は, 次のような環境下であり今後着実にロボット化が進展していくものと予想される。

- (1) 作業の繰返し単純作業性
- (2) 若い人のデスクワーク指向
- (3) 人件費の確実なアップ
- (4) ニーズ多様化と多品種少量生産
- (5) 生産指示のコンピュータ化

今後我々は, 上記の背景を十分認識しつつ, お客様にとって更に導入しやすいロボット及びシステムを目指して努力していきたい。

#### 参 考 文 献

- (1) '84 産業用ロボット市場実態総調査, (株)富士経済 (昭 58-12)
- (2) 佐藤: 自動化・無人化を実現するための諸条件, 機械技術, 29, No. 1 (昭 56-1)

# 電子ビーム溶接における オンラインシームトラッキングシステム

平本 誠 剛\*・山根 義 雄\*・森 安 雅 治\*・大 峯 恩\*

## 1. ま え が き

電子ビーム溶接は、ビームのエネルギー密度が  $10^5 \sim 10^7 \text{ W/cm}^2$  と極めて高く、幅が狭く深い溶込みの溶接部が得られるので、自動車部品や航空機部品などの精密溶接をはじめとし、各種部品の高能率溶接法として実用化されている。電子ビームは、そのビームスポット径が約  $0.1 \text{ mm}$  と極めて微小に絞られるので、ビームの照射位置と溶接線とを正確に合わせることが、溶接品質を確保するうえで非常に重要である。このような観点から、近年、ビーム照射によって二次的に放出されるX線や反射電子線を用いた電子ビームプローブ方式の溶接線検出装置が開発され、一部実用化されている<sup>(1)</sup>。

筆者らは実用面での機能を重視し、検出の簡便さやセンサの耐久性などに着目して、反射電子検出方式によるオンラインシームトラッキングシステムの開発を進めてきた。

本稿では電子ビーム溶接における溶接線検出方式の特長並びにオンラインシームトラッキングシステムの概要について紹介する。

## 2. 溶接線検出方式

高速度に加速された電子ビームを被溶接物（以下ワークと称す）に照射すると、その表面からX線や反射電子、二次電子、熱電子、更には赤外線などが二次的に放出されることが知られている<sup>(2)</sup>。

本章では、反射電子、二次電子及び熱電子を利用した溶接線検出方式の原理及び特長について述べる。

### 2.1 二次放出電子線とその特長

ビームを溶接線（継目）を横切るように走査すると、ビームが継目を通過するときに、反射電子や二次電子などの二次放出電子線は特徴的な変化を示す。

図1は二次放出電子線の検出原理を示したものである。ワークと対向する位置に金属板からなるコレクタを設け、対アース間に流れる電流として二次放出電子線を検出する。電子ビームは偏向コイルに流す電流  $i$  に応じた振幅及び周期でワーク表面上を走査される。ビームが継目を通過するときにコレクタによって捕そくされる二次放出電子線は、照射ビームの継目への落ち込みに対応して急激に減少し、継目の中心部で極小となる。この極小値を示したときの偏向コイル電流  $i$  の瞬時値を読みとることによって、継目位置を知ることができる。なお今回用いたコレクタは銅（JIS C 1201）製円板（直径  $160 \text{ mm}$ 、板厚  $3 \text{ mm}$ ）で中心に直径  $10 \text{ mm}$  のビーム通過孔をもつものである。

また、電子ビーム溶接機は定格出力  $6 \text{ kW}$ （加速電圧  $60 \text{ kV}$ 、ビーム電流  $100 \text{ mA}$ ）の市販装置で、溶接室の真空度は  $1 \times 10^{-2} \text{ Torr}$  である。

一般に反射電子線の発生量は、ワーク材質の原子番号に依存するといわれている。すなわちアルミニウム、軟鋼、銅、モリブデンというように原子番号が大きくなるに従ってコレクタに捕そくされる電子線の量が増加するわけである。図2に各種材料におけるコレクタ電流と入射ビーム電流との関係を示す。図から明らかなように、コレクタ電

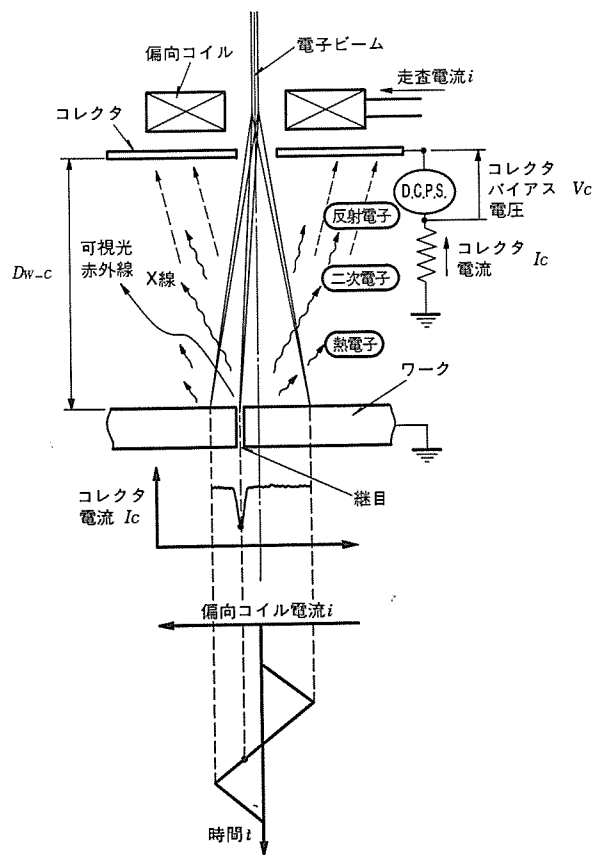


図 1. 溶接線検出方法

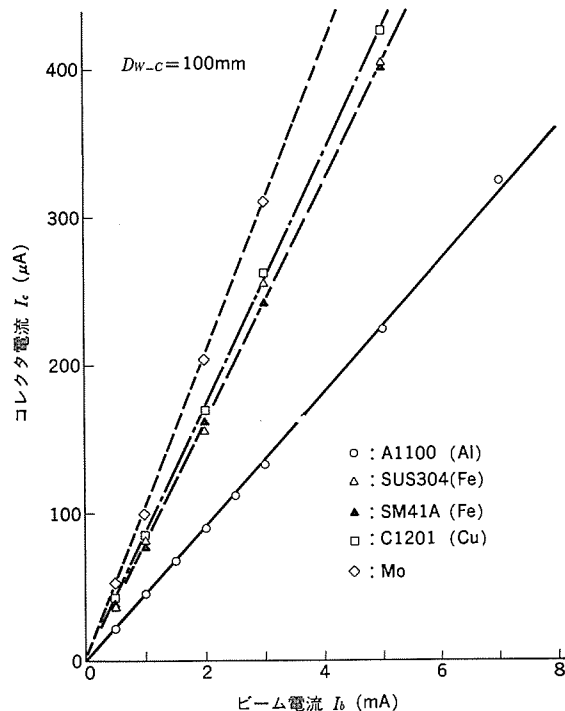


図 2. 入射ビーム電流とコレクタ電流の関係

流は入射ビーム電流に比例する。またワーク材質の原子番号が大きくなるとコレクタ電流も大きくなる。

また二次放出電子線は、ビーム入射点から球状に放射分布するので、コレクタ・ワーク間距離を変化させると当然コレクタ電流も増減する。本稿では特にことわりのないかぎり、ワーク・コレクタ間距離を100mmとしている。

## 2.2 S/N比の向上

ところでコレクタ電流として検出される二次放出電子線の中には、エネルギーレベルは低いものの、その発生量が多い二次電子や熱電子が含まれている。これらの二次電子や熱電子の発生量は、ワークの表面状態に大きく影響されるため、これらをすべてコレクタで捕そくと継目検出を行ううえで不都合が生じることになる。すなわち、継

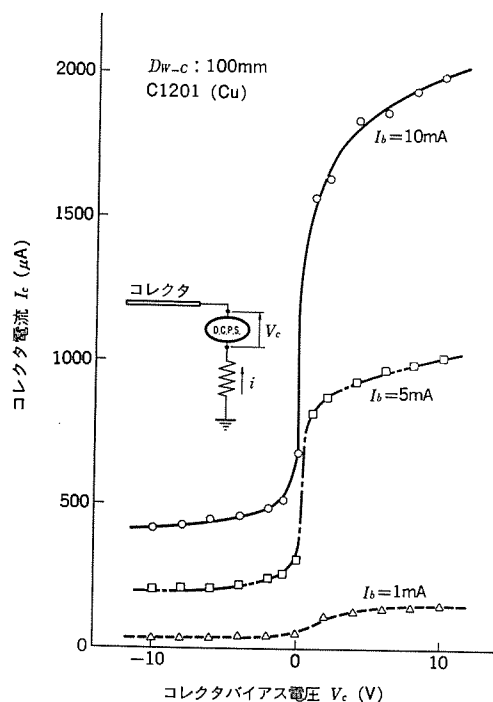


図 3. コレクタバイアス電圧印加による反射電子の分離

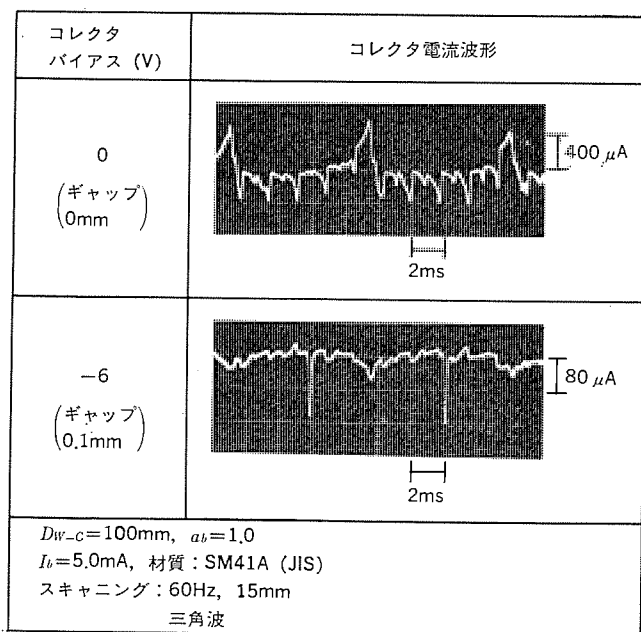


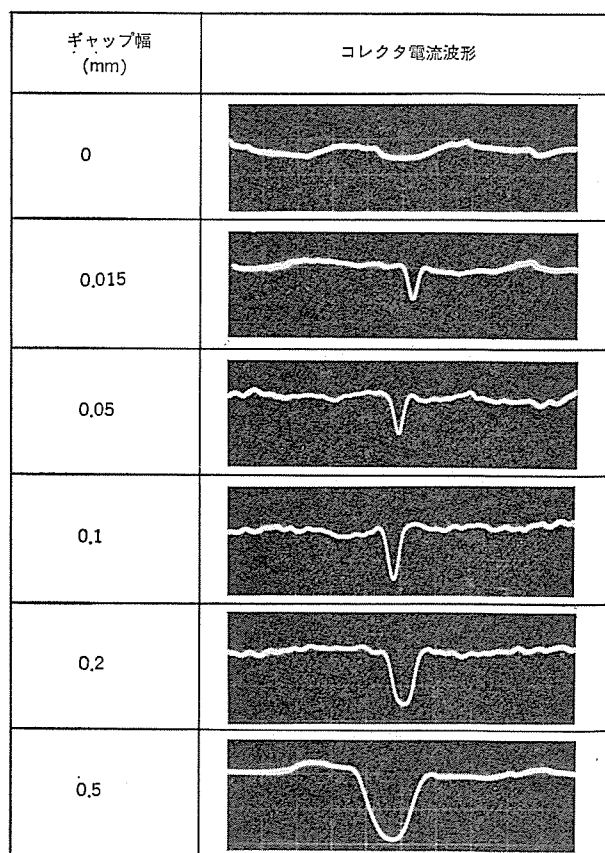
図 4. コレクタバイアス電圧印加による S/N 比の向上効果

目部でのコレクタ電流の変化が、ワーク表面上の微小な凹凸によって生じる電流の変化と区別しにくくなり、誤検出を招く。つまり S/N 比が小さいわけである。そこで、これらエネルギーレベルの低い二次電子や熱電子と比較的エネルギーレベルの高い反射電子とを分離することが必要となる。

図 3. はコレクタに正負のバイアスを印加した場合のコレクタ電流の変化を示したものである。コレクタに正のバイアスを印加すると、エネルギーレベルの低い二次電子や熱電子が引きよせられて、コレクタに到達するためにコレクタ電流は急激に増加する。またコレクタに負のバイアスを印加すると、電子は反発されるためエネルギーレベルの高い反射電子のみがコレクタまで到達し、コレクタ電流として検出されるものと考えられる。

これらの現象は、ワーク材質として比較的溶融しやすいアルミニウム材を用いた場合に顕著にあらわれる。すなわち、ワーク表面がビーム照射によって溶融すると、コレクタ電流が急激に増大し、熱電子放出が盛んになったものと判断される。しかし、負のバイアスを印加した場合には、このような現象は認められない。したがって、コレクタに負のバイアスを印加することにより、反射電子のみを検出することができる。

図 4. はビームをワーク表面上で走査したときのコレクタ電流波形の一例を示すものである。コレクタにバイアスを印加しない場合には、継目がないにもかかわらず 400  $\mu A$  程度の電流変化がみられ、たとえこれに継目検出信号が重畳されても、その判別はできない。しかし、わずか -6 V 程度のバイアスを印加するだけで、図にみるようにパッ



$D_{W-C}=100\text{mm}$ ,  $a_b=1.0$   
 $I_b=1.0\text{mA}$   
 スキャンング: 60Hz, 15mm 三角波  
 SM41A (JIS)

図 5. ギャップ幅とコレクタ電流波形

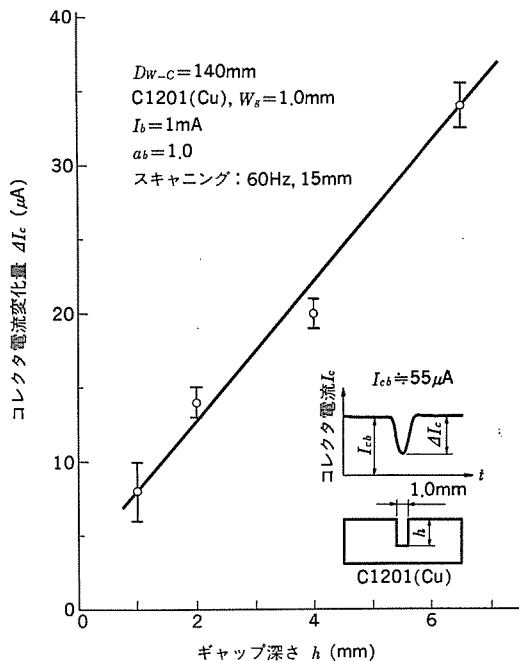


図 6. ギャップ深さとコレクタ電流変化量の関係

クグラウンドの電流変化は  $80\mu\text{A}$  以下となり、継目信号が明確になる。

このように、検出信号の  $S/N$  比を向上させるためには、コレクタに負のバイアスを印加して反射電子のみを検出することが必要不可欠である。

### 2.3 継目検出特性

実際の溶接継手ではセッティング状態によっては、継目に幾らかのギャップが存在する。ここでは継目ギャップ幅と深さが検出感度に及ぼす影響について述べる。

図 5. はギャップ幅を種々変化した場合のコレクタ電流波形の変化を示したものである。ギャップ幅が 0 の場合（実験ではビードオンプレート）には、当然電流のピークは表れない。ギャップ幅を広げてゆくと、ギャップ中心部に相当するところに電流波形のピークが見られるようになるが、ギャップ幅があまり大きくなると電子ビームがギャップ内に完全に落ち込み、検出不可能となる。今回の実験結果では、ギャップ幅が  $0.5\text{mm}$  まで検出可能であった。

図 6. は同様な観点からギャップ深さとコレクタ電流変化について調べたものである。この場合には、ビームがギャップ内に完全に落ち込むようにギャップ幅を  $1.0\text{mm}$  と広くした。コレクタ電流の変化量  $\Delta I_c$  は、ギャップ深さに比例し、深くなるほど変化量は大きくなるのがわかる。

ここに示した結果は、いずれも  $a_b=1$  ( $a_b=\text{ワーク・コレクタ間距離}/\text{焦点距離}$ )、すなわちワーク表面上にビーム焦点がある

場合についてのものであるが、ビームの焦点位置が変れば、検出特性も変化する。 $a_b \geq 1$  ではワーク表面上のビームスポット径は、 $a_b=1$  に比べて大きくなり、継目での電流変化は緩慢になる。したがって継目位置検出精度が悪くなる。

### 3. オンラインシームトラッキングシステム

以上、継目検出方式について述べてきたが、以下に溶接中に継目を検出し、溶接線倣いを行うオンラインシームトラッキングシステムについて、基本的な考え方及びシステム構成について述べる。

#### 3.1 オンラインシームトラッキングの基本的な考え方

溶接しながら溶接線倣いを行うには、溶接部前方の継目位置をあらかじめ検出し、その点に向かって熱源を移動させることが必要である。

図 7. はオンラインシームトラッキングの基本的な考え方を示すものである。現在のビーム位置を  $P_0(x_0, y_0)$  とすると、点  $P_0$  から極短時間だけ溶接部前方かつ継目を横ぎるようにビームを高速で走査して、継目位置  $P_4$  を検出する。そして  $x$  方向、 $y$  方向のずれ量  $D_f$ ,  $\Delta Y$  をもって点  $P_4$  の座標、すなわち  $(x_0 + D_f, y_0 + \Delta Y)$  を記憶する。図中の点  $P_1 \sim P_3$  はこのような動作により既に記憶している点である。そして  $P_0 \sim P_4$  間の各点を直線補間しながらビームを移動させ

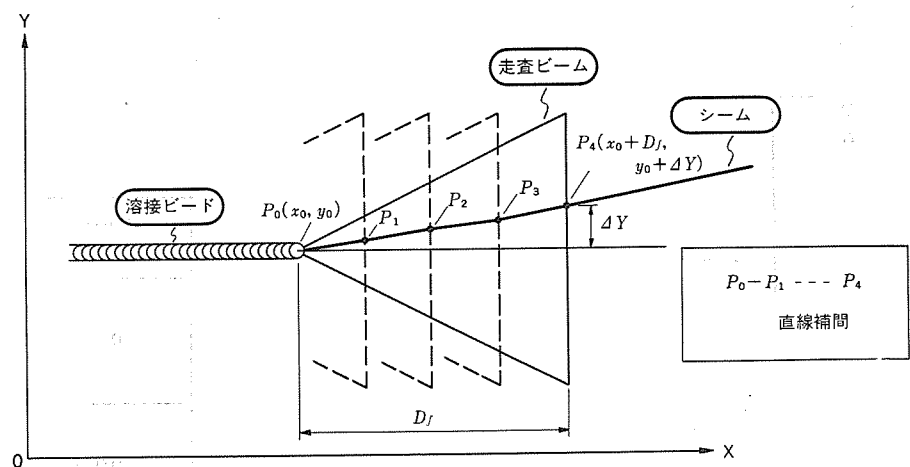


図 7. オンラインシームトラッキングの原理

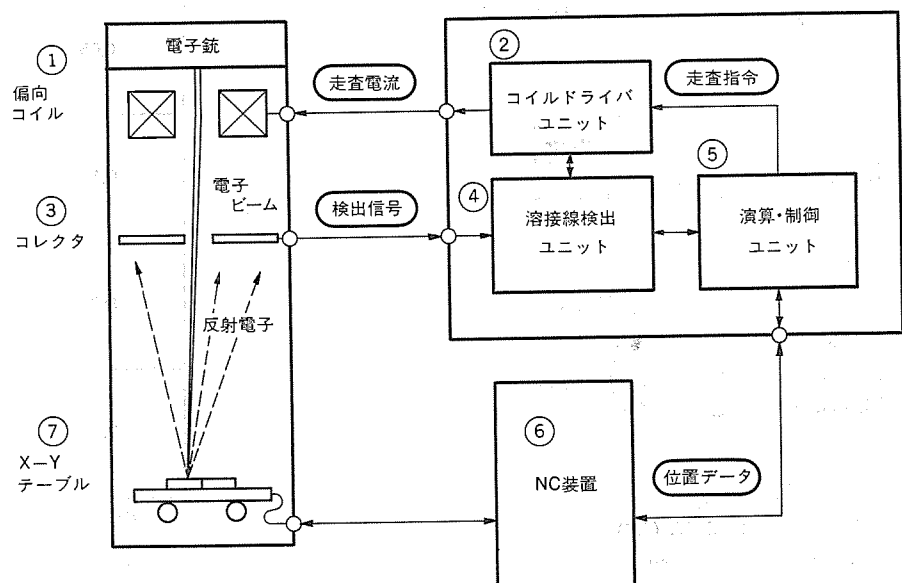


図 8. オンラインシームトラッキングシステム

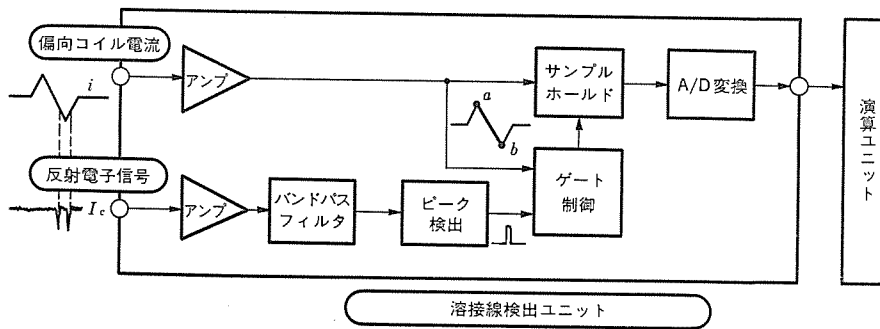


図 9. 溶接線検出ユニットの動作ブロック図

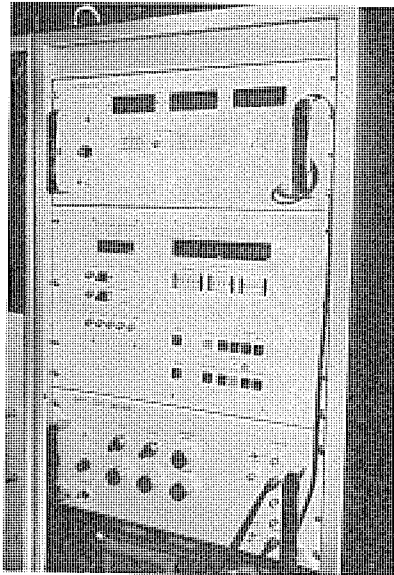


図 10. システム制御盤

ると、オンラインシームトラッキングが実行されることになる。

### 3.2 システム構成

このシステムの構成を図 8. に示す。大別して七つの要素で構成されており、それぞれ次に示す機能をもっている。

- ① 偏向コイル……ビームを極短時間だけ高速走査する。
- ② コイルドライバユニット……演算制御ユニット⑤からの走査指令に基づき、偏向コイルに走査電流を供給する。
- ③ コレクタ……ワークからの反射電子を捕そくする。
- ④ 溶接線検出ユニット……反射電子検出により偏向コイル電流とコレクタ電流から継目のずれ量  $\Delta Y$  を検出する。
- ⑤ 演算・制御ユニット……システム全体の制御、ずれ量  $\Delta Y$  から位置座標の算出、記憶、検出データの評価、NC 装置への位置データ出力などを行う。
- ⑥ NC 装置……演算・制御ユニットからの位置データをもとに XY テーブルの制御を行う。
- ⑦ XY テーブル……位置決め精度  $\pm 5 \mu\text{m}$

次に溶接線検出ユニットの動作について説明する。図 9. は検出ユニットの詳細を示すブロック図である。反射電子信号  $I_c$  は増幅されたのち、バンドパスフィルタによりノイズが除去され、継目に対応した  $I_c$  の減少のピークをピーク検出部で検出し、パルスが発生する。ゲート制御部は、このパルスによってサンプルホールド回路のゲートを制御して、 $I_c$  の減少のピークに対応する偏向コイル電流値をホールドし、これを A/D 変換して演算・制御ユニットへデータを出力する。

実際のゲート制御回路では、偏向コイル電流  $i$  が図中の a-b 間のみピーク検出パルスによって、サンプルホールド回路のゲートを制御するようにしている。また、ワーク表面の傷やスパッタの付着などにより溶接線を誤検出する場合があるが、演算・制御ユニットのマイクロプロセッサによって、溶接点前後の数点のデータを比較することにより、継目からの信号とそれ以外からの信号とを区別し、誤動作を防止している。

図 10. は オンラインシームトラッキングシステムの外観を示すものである。X, Y 方向の移動量が表示されるようになっている。

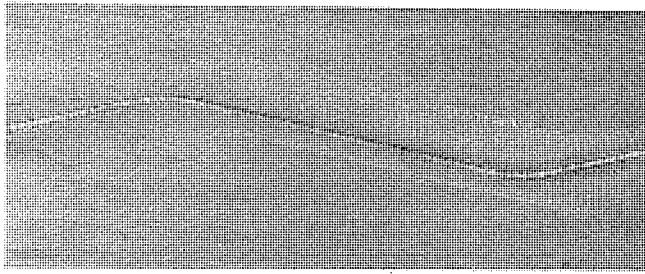
### 3.3 溶接品質

このシステムでは、溶接と継目検出のためのビーム走査とを時分割で行うために、継目検出時は溶接が一時中断される。すなわち、溶接が継続的に繰り返されるため、ビード形成が不安定になることが予想される。

図 11. は溶接ビードの縦断面を示したものである。電子ビーム溶接では、電源リップルやスパイク現象により溶込み深さがばらつくが、図に示すようにビーム走査時間が 5 ms 程度では、ビーム走査による溶込み変化はみられず、ビーム走査をしない場合とほとんど差はない。またビーム走査により、ワーク表面が一部溶融することがあるが、走査時間を 2 ms 以下とすることにより、ビーム走査跡は残るものの、表面溶融のない溶接を行うことができる。図 12. は溶接部の外観を示すものであるが、この走査跡は実用上何ら問題ないものと判断される。

| スキニング時間 (ms)                                                          | 縦断面 |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| スキニングなし                                                               |     |
| 5                                                                     |     |
| $I_b = 20\text{mA}$ , $a_s = 1.0$<br>$v = 16.7\text{mm/s}$<br>SUS 304 |     |

図 11. ビーム走査の溶込みに及ぼす影響



$f_b=20\text{mA}$ ,  $a_b=1.0$   
 $v=16.7\text{mm/s}$   
 スキャニング時間=2ms  
 SUS304, 板厚10mm

図 12. 突合せ継手における オンラインシームトラッキング例

ならい精度については、溶接ビードの断面マクロに観察及び演算・制御ユニットからNC装置に送られるデジタルデータの解析結果から $\pm 50\mu\text{m}$ 以内になっていることを確認しており、通常突合せ継手に適用する場合には実用上十分である。

#### 4. む す び

電子ビーム溶接において、ビーム照射時にワークから発生する反射電子を検出するオンラインシームトラッキングシステムを開発し、CNC電子ビーム

溶接機に組み込み、性能検証を行った。

このシステムの特長をまとめると次のようになる。

- (1) コレクタに数ボルトの負電位を印加することにより、ノイズの原因となる二次電子、熱電子が除去されるので、 $S/N$ 比が大幅に改善されている。
- (2) 種々のノイズ対策とソフトウェアによるエラー処理によって信頼性が向上され、倣い精度 $\pm 0.05\text{mm}$ が確保されている。
- (3) 継目検出のためのビーム走査は、高速かつ短時間であるので、ビード幅や溶込みなどの溶接品質はほとんど影響されない。

このシステムは従来、オペレータの目視にたよっていた目合せ作業を撤廃し安定な品質を確保するとともに、溶接中に生ずるワークの変形などによる目はずれを自動修正する完全自動溶接を実現するもので、精密部品の高精度溶接に貢献しうるものと期待される。

(昭59-12-20受付)

#### 参 考 文 献

- (1) Sasaki S., et al. : "Automatic Weld line Sensing and Work Positioning for Electron Beam Welding" IIW Doc. IV-368-84 (1984)
- (2) 内田ほか : X線マイクロアナライザ, 日刊工業新聞社 (昭48)

# 三菱パーソナルコンピュータ《MULTI 16II》 日本語コンカレントCP/M-86

丸子和美\*・安藤澄夫\*・村尾茂明\*

## 1. ま え が き

《MULTI 16II》は、《MULTI 16》、《MULTI 16 カスタム》に続いて開発された16ビットパーソナルコンピュータである。CPUには、16ビットマイクロプロセッサ i8086-2 (8 MHz) を用いた高速、高機能形ビジネス用パーソナルコンピュータである。図1. と表1. に、《MULTI 16II》の外観と機器仕様を示す。

当社では、当初からOS (オペレーティングシステム) にシングルユーザー、シングルタスクOS、CP/M-86を採用し、その下で各種業務用パッケージを提供してきた。しかしながら最近のビジネス分野では、パソコン業務

の多様化により、使用形態が複雑化し、複数業務の併行処理を求めるニーズが発生してきた。その一例として、企業はパソコンをローカルな単体機器としてとらえるのではなく、OAシステムの構成要素として、その通信機能を重視し始め、パソコンをホスト計算機に接続して通信業務を行いながら、同時に簡易言語による作表計算、日本語ワードプロセッサによる日本語文書処理などの業務を行うといった要求がでてきた。このような要求に対して、従来のシングルタスクOS CP/M-86で対応するには、おのずと限界があり、マルチタスクOSが必要になってきた。

マルチタスクOSの検討に際しては、CP/M-86下の豊富な業務用ソフトウェアパッケージの移行の容易性、及びユーザー操作の一貫性を配慮し、CP/M-86の上位のOSである日本語コンカレントCP/M-86<sup>TM</sup> (以後、日本語CCP/M-86という)を採用するに至った。以下に、この日本語CCP/M-86の概要、特長について述べる。

## 2. 日本語 CCP/M-86 の概要

### 2.1 機能と特長

CCP/M-86は、米国デジタル・リサーチ社で開発されたシングルユーザー/マルチタスク用OSである。このCCP/M-86に、デジタル・リサーチ・ジャパン社が日本語処理機能を付加したものが日本語CCP/M-86である。次に日本語CCP/M-86の標準的な特長を示す。

#### (1) マルチタスク機能

この機能により、従来のCP/M-86では不可能であった、エディタを使いながらプリンタ出力をする。簡易パッケージを使いながら回線関係のパッケージを使用する、といったことが可能になった。

#### (2) 仮想コンソール

日本語CCP/M-86の大きな特長の一つであり、この機能によりユーザーは、日本語CCP/M-86でシングルユーザーでありながら、マルチタスクという環境が提供されるわけである。

#### (3) ファイルの共有

ファイルを複数のプログラムから同時にオープンして共有することができ、ファイル単位、レコード単位でのロック機構が用意されている。

#### (4) パスワードによるファイルの保護

ファイルに8文字以内のパスワードを割り当て、パスワードを知らないユーザーからのアクセスを、読出し、書込み、削除の各レベルで制限することができる。

#### (5) ファイルの日時スタンプ

リアルタイムクロックを利用して、ファイルの作成/最終アクセス、最終更新の日付を記録することができ、ファイルの管理に役立てることができる。

#### (6) 大容量ファイルシステム

1ファイルあたりの容量とドライブあたりの最大容量が、CP/M-86の8Mバイト、128Mバイトから32Mバイト、512Mバイトにそれぞれ増え、システムがサポートできるディスクの最大容量は8Gバイトである。

#### (7) 高速ファイルアクセス

BDOS (Basic Disk Operating System) のマルチセクタI/Oファンクション

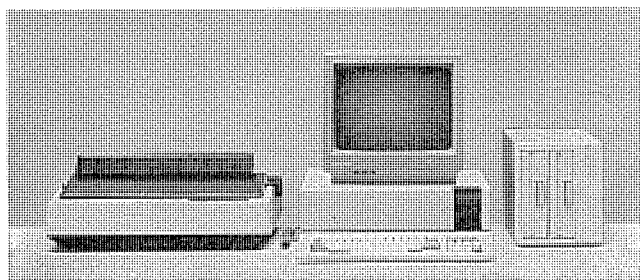


図1. 《MULTI 16II》の外観

表1. 《MULTI 16II》の機器仕様

| 諸 元           |              | 仕 様                                                                                                                                             |
|---------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 中央処理装置 (CPU)  |              | 16ビットマイクロプロセッサ i8086-2 (8 MHz)<br>高速演算プロセッサ i8087-2 (8 MHz) (オプション)                                                                             |
| メモリー          | 主メモリ (RAM)   | 256 K バイト (パリティビット付き)<br>メモリ増設 256 K バイト (オプション)<br>基本 256 K バイト ~ 最大 640 K バイト                                                                 |
|               | 表示用メモリ (RAM) | 64 K バイト (MP-1642)<br>192 K バイト (MP-1645)                                                                                                       |
|               | 日本語 ROM      | 128 K バイト (JIS 第1水準)<br>128 K バイト (JIS 第2水準) (オプション)                                                                                            |
| 表示機能          | サイズ          | 12 インチ / 14 インチ                                                                                                                                 |
|               | 色            | グリーン / カラー (8 色)                                                                                                                                |
|               | グラフィック表示     | 640 × 400 / 450 ドット ラスタスキャンインターレース<br>(ドットごとに色指定可)                                                                                              |
|               | 文字表示数        | 英数・カナ使用時...30 字 × 25 / 20 行<br>日本語使用時...40 字 × 25 / 20 行                                                                                        |
| 内蔵インタフェース     | 文字種          | 英数、カナ及び図形記号 256 種 (8 × 16 ドット)<br>日本語及び全角文字<br>第1水準 2,965 字 非漢字 453 字<br>第2水準 3,384 字 (オプション)                                                   |
|               |              | フロッピーディスクインタフェース<br>(ミニフロッピーディスクユニット 2 HD 又は標準<br>フロッピーディスクユニット接続用)<br>RS-232C インタフェース<br>セントロニクスインタフェース<br>拡張用インタフェース<br>(5 インチハードディスクユニット接続用) |
| カレンダー時計機構     |              | 年, 月, 日, 時, 分, 秒 (バッテリーバックアップ付き)                                                                                                                |
| ミニフロッピーディスク電源 |              | ミニフロッピーディスクユニット 1 台に供給可能                                                                                                                        |

ン、ディレクトリハッシングなどの採用により、CP/M-86の弱点の一つであったファイルアクセスの遅さが克服されている。

## (8) 日本語処理機能 FSX

日本語 CCP/M-86 において、日本語処理を行っているのが FSX (Foreign Language System Extension) である。FSX は、従来のかな漢字変換にはなかった文節単位のかな漢字変換、プログラムインタフェースによるかな漢字変換などを実現させている。

この日本語 CCP/M-86 の内部的なモジュール構造を、図 2.、表 2. に示すとともに、ソフトウェア構成図を図 3. に示す。次に、この中から日本語 CCP/M-86 の代表的な特長といえる仮想コンソール、

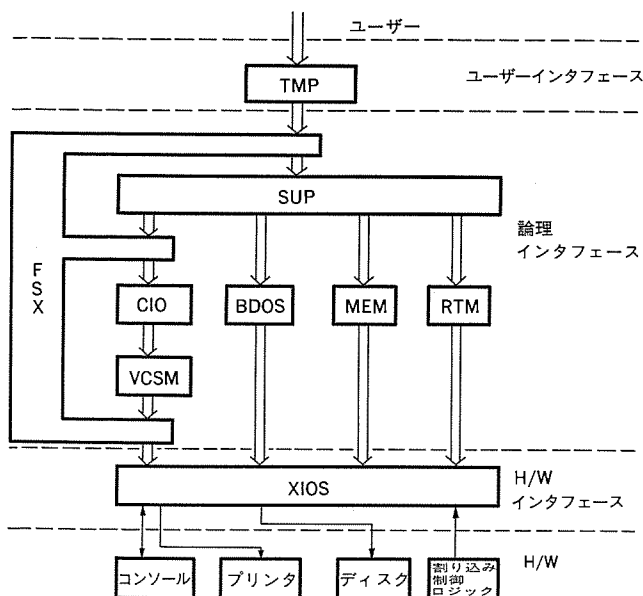


図 2. 日本語 CCP/M-86 の構造

表 2. 日本語 CCP/M-86 を形成するモジュールの機能

| モジュール名                                     | 機能                                               |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| TMP<br>(Terminal Message Process)          | CP/M-86 の CCP に相当するモジュールで、ユーザーからのコマンドを制御する部分である。 |
| SUP<br>(Supervisor)                        | すべてのシステムコールを管理する部分である。                           |
| BDOS<br>(Basic Disk Operating System)      | ファイルシステムを管理する部分で、CP/M-86 のそれと互換を持っている。           |
| XIOS<br>(Extend I/O System)                | CP/M-86 の BIOS にあたる部分で、ハードウェアとのインタフェースとなる部分である。  |
| MEM<br>(Memory Management Module)          | メモリを管理する部分で、マルチタスク機能により、CP/M-86 と比べ、複雑な処理になっている。 |
| RTM<br>(Real Time Monitor)                 | プロセスのスケジューリング、キュー管理などを行うマルチタスキングの核となる部分である。      |
| CIO<br>(Character I/O Module)              | コンソールなど、キャラクタデバイスの管理を行う部分である。                    |
| VCSM<br>(Virtual Console Session Manager)  | CIO と XIOS のインタフェースとなる部分で仮想コンソールの管理を行う。          |
| FSX<br>(Foreign Language System Extension) | 文節単位のかな漢字変換などを行う日本語処理システム。                       |

マルチタスク、日本語処理について詳述する。

## 2.2 仮想コンソール

ユーザーからみて日本語 CCP/M-86 が従来の OS と最も違うのは、仮想コンソールの概念である。日本語 CCP/M-86 は、単にマルチタスクの世界を実現しただけでなく、CP/M-86 のプログラミング環境の特徴をうまくとらえて、それをマルチタスク化している。多くのプログラムは、コンソールとの入出力を前提として作成されている。したがって単にマルチタスク化しただけでは、コンソールの入出力待ちのプログラムばかりになって、業務がスムーズに処理されず、システム全体の効率が低下する。このような問題を解決し、CP/M-86 を前提とした複数個のプログラムが同時に実行できるように、仮想コンソールの概念を導入している。

図 4. は、仮想コンソールの概念を示したものである。CP/M-86 の場合、プログラムは実コンソール（キーボード入力可能）に直結されている。しかしながら日本語 CCP/M-86 では、図のように仮想コンソール（仮想的なもので、キーボード入力は不可能）が提供されている。今、プログラム 0 が仮想コンソール 0 で、プログラム 1 が仮想コンソール 1 で実行されており、仮想コンソール 1 が実コンソールに接続されているとする（したがって仮想コンソール 1 に対してはキーボード入力が可能）。このとき、実コンソールに接続されている仮想コンソール 1 をフォアグラウンド、仮想コンソール 0 をバックグラウンドという。ユーザーはキーボードからの入力により、実コンソールに接続されている仮想コンソールを、次々と切り換えることができる。

仮想コンソールは、次の三つのモードのいずれかの状態にある。

### (1) フォアグラウンドモード

仮想コンソールが実コンソールに接続されている状態をいう。したがってキーボード入力は可能である。また、実際に CRT 上に仮想コンソールの内容が表示されている。

### (2) バックグラウンドダイナミックモード

バックグラウンドの仮想コンソールへの出力は、実際に CRT 上へは出力されない。ダイナミックモードの場合、メモリ上の仮想スクリーンバッファに出力されるが、1 画面を越える分はスクロールアップされ、越えた分のデータは失われてしまう。

### (3) バックグラウンドバッファードモード

バックグラウンドの仮想コンソールの出力は、ディレクトリファイルへすべて出力される。したがって 1 画面を越える分も捨てられず履歴をとることができる。フォアグラウンドモードになると、ディスクファイルに保持されていた画面の内容が順に実コンソールに出力されていく。

標準的な日本語 CCP/M-86 の仮想コンソールは、キャラクタデータのみが対象となっており、グラフィックデータについては、一切、考慮されていないが後述のように《MULTI 16 II》グラフィックサポートが用意されている。

## 2.3 マルチタスク機能

次に日本語 CCP/M-86 のマルチタスキング手法について述べる。このマルチタスキングをつかさどっているのが、前に示した RTM (Real Time Monitor) である。次に、この RTM のディスパッチング、スケジューリング、キュー管理について述べる。

### (1) ディスパッチング、スケジューリング

システム上のプロセス (CCP/M-86 では実行中のプログラムをプロセスという) は、図 5. に示すように、ランニング、レディ、ウェートのいずれかの状態にある。

ランニング：現在、実行中であり CPU が割り当てられている。



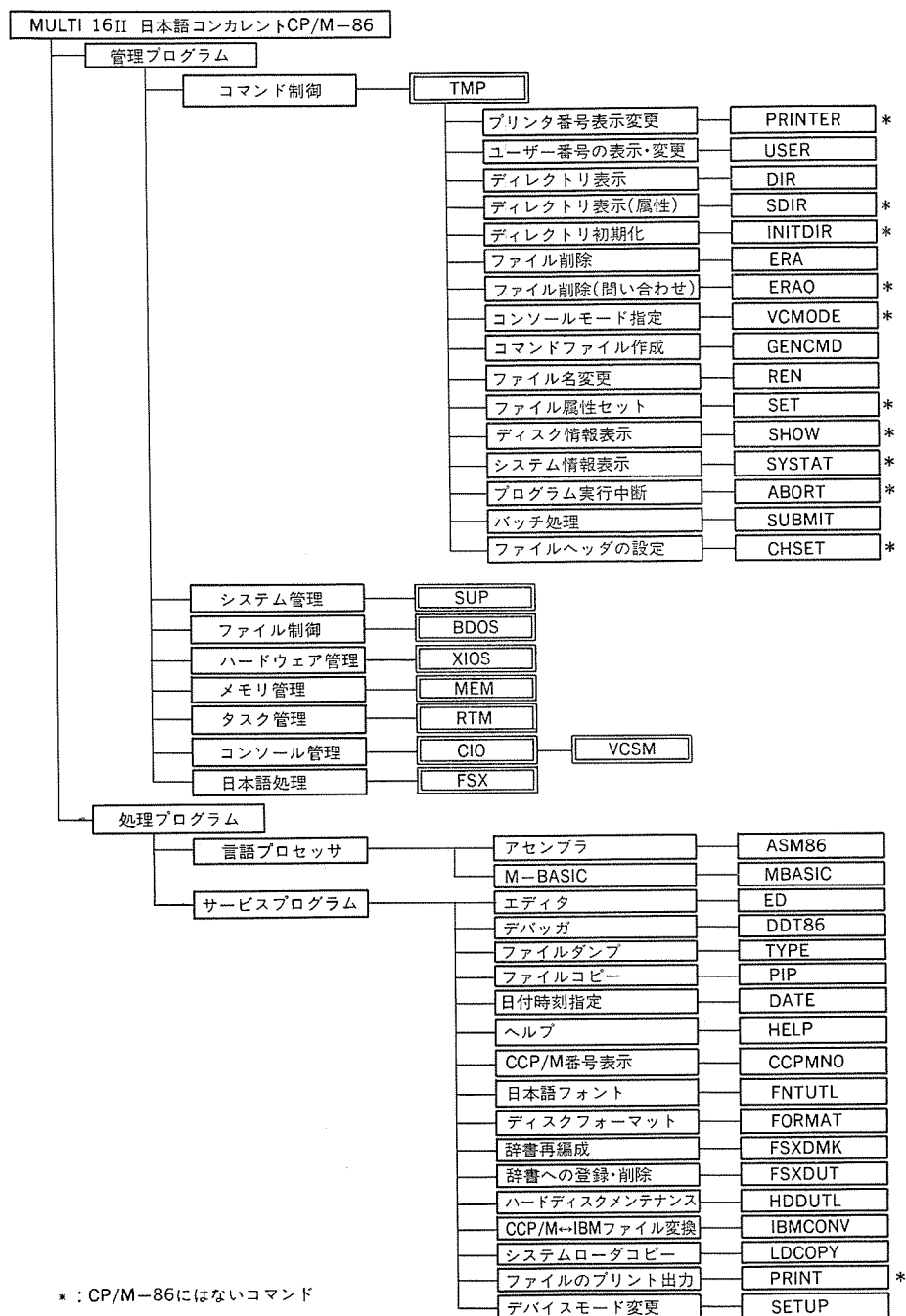


図 3. 《MULTI 16 II》日本語 CCP/M-86 のソフトウェア構成

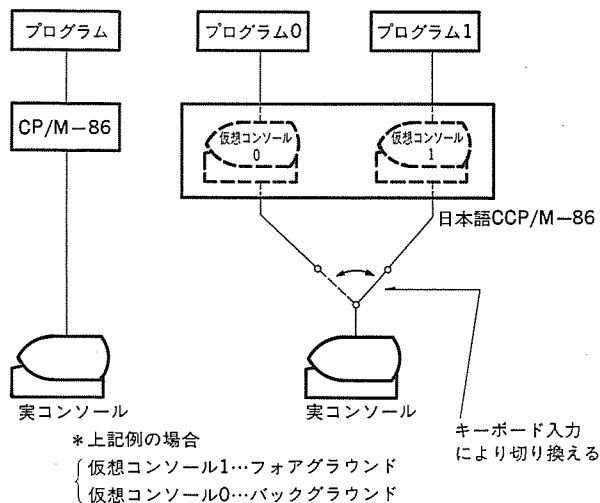


図 4. 仮想コンソールの概念

レディ : プロセスはいつでも走れる状態にあり、CPU の割り当てを待っている。

ウェート : I/O 動作の終了などのイベントを待っており、このイベントがないかぎり、レディ状態になることができない。

図 5. に示したようにプロセスの状態は遷移するわけであるが、レディ状態のプロセスに順々に CPU を割り当てるのが、ディスパッチャの仕事である。プロセスはプライオリティを持ち、プロセスのスケジューリングはこのプライオリティによって行われる。現在、実行中のプロセスは、I/O などのリソース待ち、割り当てられたタイムスライスを使いきる、まで走る。そしてそのとき、スケジューラは、レディ状態の中の最も高いプライオリティをもつプロセスを選択し実行させる。

プロセスの状態遷移のタイミングとしては、次の事象があげられる。その詳細ここでは省略する。

- ・システムフラグ
- ・タイムディレー
- ・キューオーバーレーション
- ・タイムスライス
- ・デバイスボール
- ・プロセスの I/O 処理

## (2) キュー管理

プロセスが並行して走る場合は、お互いが協調して走れるようにプロセス間通信、プロセスの同期、排他制御などをサポートする機構が必要になる(図 6.)。そのため、キューというものを用いられている。キューは、ファイルと同じようなイメージを持ったバッファと考えることができる。プロセスはキューに対し、リード/ライトを行い、プロセス間通信などを実現する。キューのアクセス

には、バッファがフル、又は空でリード/ライトができないとエラーで返ってくるものと、他のプロセスが先にアクセスしてリード/ライトが可能になるまで待たされる(前項で述べたウェート状態)ものがある。名前が、頭文字が M で始まるキュー(MX)はシステムリソースの排他制御

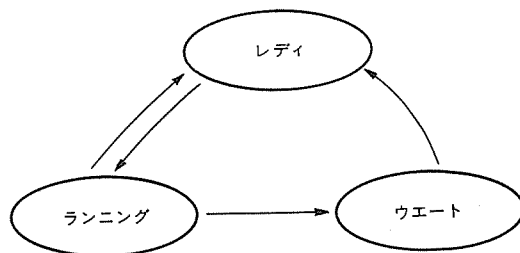
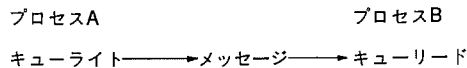
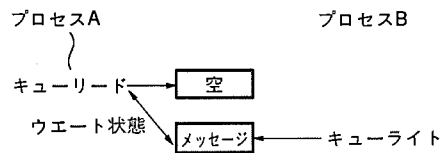


図 5. プロセス遷移図

## プロセス間通信



## プロセス同期



## 排他制御

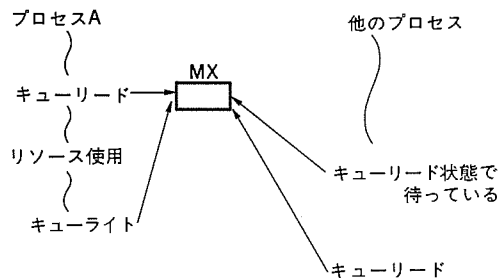


図 6. キュー管理

に用いられる。

## 2.4 日本語処理機能

日本語 CCP/M-86 で、日本語処理を行うのが前述の FSX である。今まで、パーソナルコンピュータの日本語処理は、各 OEM のハードウェアに結びついた形で実現され、日本語処理機能を備えた汎用 OS は存在しなかった。これに対し、FSX は、OS の一部に組み込まれる形でメモリに常駐し、プログラムの負担の軽減、日本語入出力の手法の統一化ということを実現した。

FSX のかな漢字変換機能は、文節単位に文法解析を行っており、次のような単文節を一度に変換できる。

読み入力> あらゆるちようしぜんてきな

交換後 > あらゆる超自然的な

FSX は、このようなかな漢字変換法を、次のような 2 レベルの入力方法で行うことができる。

- ・ローカル かな漢字変換
- ・プログラムインタフェース

### (1) ローカル かな漢字変換

ローカル かな漢字変換とは、キーボードから入力したかな文字を、画面上に表示された変換行上で漢字に変換する機能をいう。変換の種類には、表 3. に示す四つのモードがあり、それぞれのモードにおいてユーザーの目的に応じた変換をすることができる。図 7. に、ローカル かな漢字変換の一例を示す。

#### ■ 学習機能

FSX には学習機能がある。これは最後に選択された熟語が、次の変換から同音異義語のなかでも第一候補として選ばれる方式で、最終使用語優先方式と呼ばれる。

#### ■ 辞書

FSX の基本辞書は、文法解析を行うための文法情報などを含んでいる。登録語数は約 45,000 語で、人名と地名も含んでいる。

### (2) プログラムインタフェース

この機能は、プログラムが日本語 CCP/M-86 の各機能のエントリであ

表 3. ローカル かな漢字変換の変換モード

| 変換モード  | 機 能                                     |
|--------|-----------------------------------------|
| 〔か な〕  | 入力領域のカタカナを全角ひらがな又は漢字かな混じり文に変換する。既定のモード。 |
| 〔カ ナ〕  | 入力領域のカタカナを全角カタカナ又は漢字かな混じり文に変換する。        |
| 〔英 数〕  | 入力された英数字を全角の英数字に変換する。                   |
| 〔CODE〕 | 入力された JIS 区点番号を漢字に変換する。                 |

(■ はカーソル)

|          |                         |
|----------|-------------------------|
| 〔かな〕     | アラユルチョウシゼンテキナ ■         |
| 10       | PRINT* ■                |
| ↓ 変換キー押下 |                         |
| 〔かな〕     | アラユルチョウシゼンテキナ あらゆる超自然的な |
| 10       | PRINT* ■                |
| ↓ 決定キー押下 |                         |
| 〔かな〕■    |                         |
| 10       | PRINT* あらゆる超自然的な ■      |

図 7. ローカル かな漢字変換の例

表 4. プログラムインタフェースのシステムコール

| 名 称               |                       | 機 能                  |
|-------------------|-----------------------|----------------------|
| 起 動<br>と<br>終 了   | FSX Open              | FSX の使用宣言            |
|                   | FSX Close             | FSX の使用終了            |
| モ ー ド<br>設 定      | Select Character Mode | 入出力単位を 8/16 ビットに設定   |
|                   | Select Input Mode     | ローカルかな漢字変換機能の ON/OFF |
|                   | Select Learn Mode     | 学習機能の ON/OFF         |
| カ ナ<br>漢 字<br>変 換 | Convert String        | 与えられた文字列に対して、カナ漢字変換  |
|                   | Convert Next          | 次候補を要求               |
| 辞 書<br>ア ク セ ス    | Dictionary Append     | 辞書ファイルへの追加           |
|                   | Dictionary Delete     | 辞書ファイルからの削除          |
|                   | Dictionary Learn      | 辞書ファイルへの学習指示         |
|                   | Dictionary Search     | 辞書ファイルの検索            |
|                   | Dictionary Next       | 検索時の次候補要求            |

るシステムコール (INT 224 命令) 群を拡張したシステムコール 75(H) を用いることにより、FSX にかな漢字変換をリクエストするものである。このシステムコールは、表 4. に示すような 12 個のサブファンクションから構成される。

この機能により、従来プログラムが辞書アクセスなどでハードウェアに依存していた部分を OS にまかせることができ、複雑な日本語処理から開放された。なお、プログラムインタフェースは、同時に複数プログラムが使用することができ、日本語 CCP/M-86 のマルチタスク機能というものを十分に生かしている。

その他の日本語処理機能として、16 ビットの入出力をサポートし、

漢字コード(2バイト長)をデータ授受単位として扱う機能や、システムメッセージ、トランジェントコマンドの日本語化があげられる。

### 3. 《MULTI 16 II》での仮想コンソールとグラフィック画面

標準的な日本語 CCP/M-86 の仮想コンソールは、キャラクタデータの処理のみを行い、グラフィックデータの処理は考慮されていない。標準の日本語 CCP/M-86 上でグラフィック処理を行うプログラムを実行させると、次の二つの問題点が生じる(図 8.)。

(1) 画面切換で、それまでフォアグラウンドに描かれていたグラフィックが消失する。

(2) バックグラウンドで実行しているグラフィックプログラムが、フォアグラウンドの画面を破壊する。

(1)に関しては、キャラクタの出力は OS の機能を使うため、OS 側でキャラクタを VRAM (ビデオ表示用メモリ)へ出力すると同時に、各仮想コンソールに対応したキャラクタ用仮想スクリーンバッファへ出力し保存することができる。したがって画面切換が行われても、現在表示されているキャラクタデータを失なうことはない。しかし、グラフィックの出力を考えると、パソコンの現状ではソフトウェアは OS を通さず直接、グラフィックデータを VRAM へ出力するのが大半なため、OS にてそのグラフィックデータを保存することはできない(図 9.)。

仮にキャラクタ用仮想スクリーンバッファ同様、グラフィックデータ用バッファを各仮想コンソール対応に持つとなると、《MULTI 16 II》の場合、カラーモデルで VRAM が 96~192 K バイトあるため、メモリ容量の制約上、不可能である。

(2)に関しても、グラフィックデータの出力が OS を通さずに、直接 VRAM へ出力していることが問題となる。グラフィックデータの出力が OS を通していないため、VRAM への出力の排他制御が OS では不可能となる。

上記二つの問題を解決するため、《MULTI 16 II》では、次のような対策を行った。

(1)については、画面切換時に VRAM の内容をセーブエリアにセーブする。《MULTI 16 II》の場合、仮想コンソール数は二つ存在している。したがって二つの仮想コンソールが、画面切換が行われるごとに交互にこのセーブエリアに VRAM の内容を保持し、画面切換によるグラフィックの消失を防いでいる。

(2)については、グラフィック処理を行うプログラムをサスペンドモードにしておく。サスペンドモードとは、そのプログラムが実行されている仮想コンソールがバックグラウンドになると、そのプログラムを停止するモードをいう。これにより、バックグラウンドで実行されているグラフィックプログラムが、フォアグラウンドの画面を破壊するという問題を防いでいる。

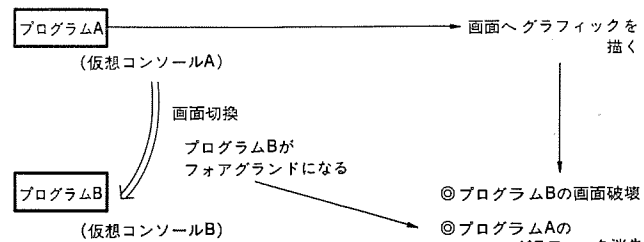


図 8. 標準日本語 CCP/M-86 のグラフィック処理における問題点

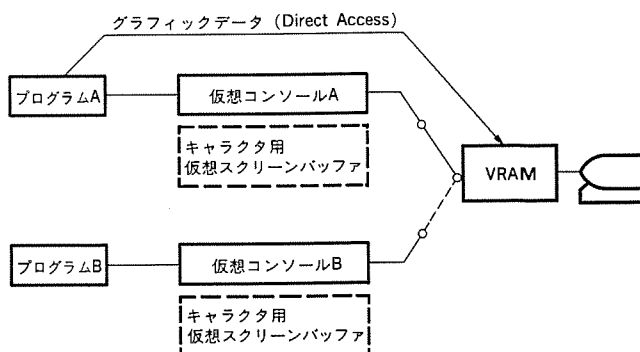


図 9. パソコンソフトのグラフィック処理

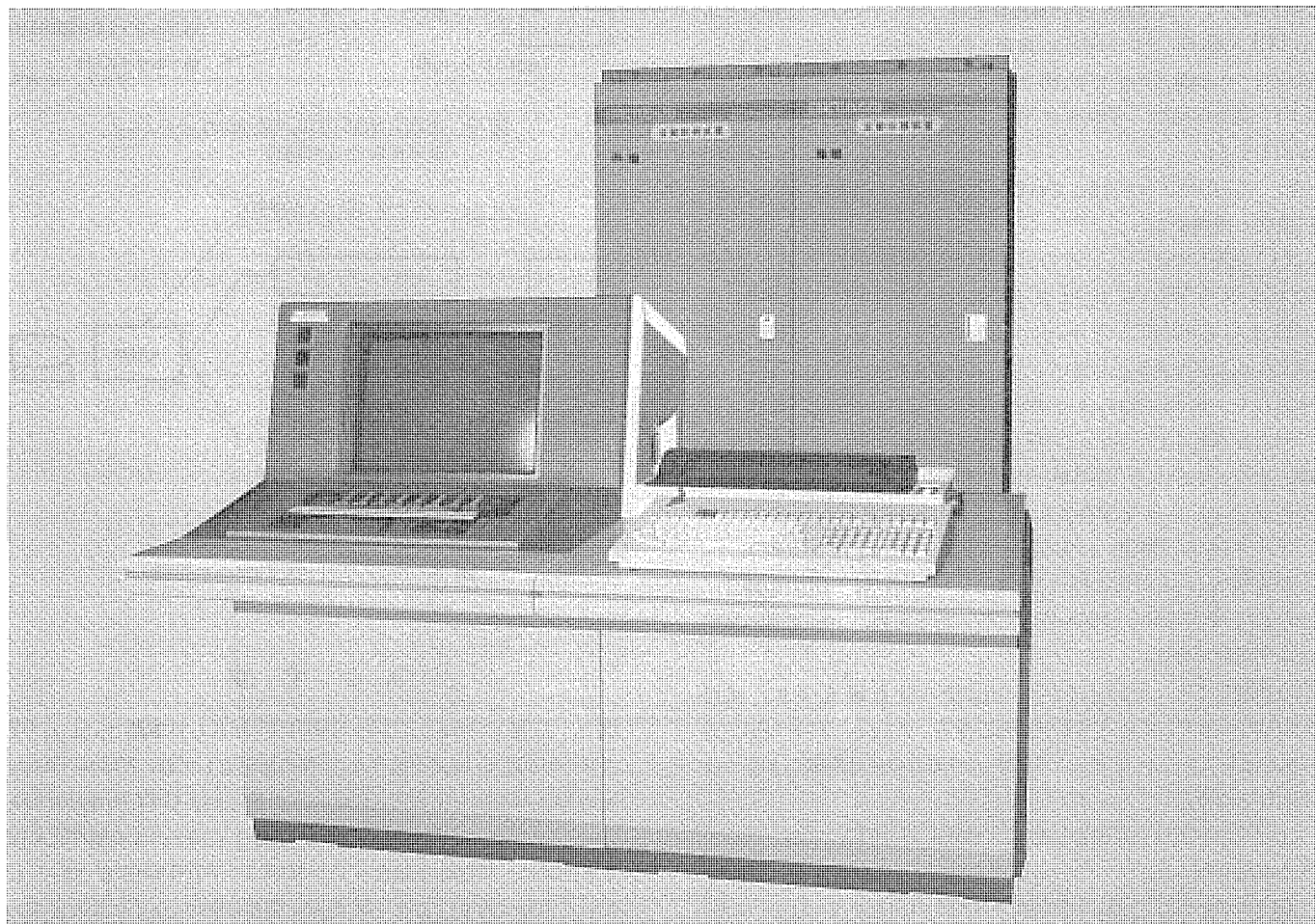
## 4. む す び

以上、三菱パーソナルコンピュータ《MULTI 16 II》日本語コンカレント CP/M-86 の概要、特長を述べた。今後の展望としては、Visual Device Interface の流れをふまえ、グラフィック処理システム GSX (Graphic System Extension) を用い、グラフィック処理のインタフェースの標準化を図ると同時に、操作性を強化して、MULTI WINDOW をサポートしていく方針であり、より一層ビジネス業務分野のニーズにこたえていきたい。

## 参 考 文 献

- (1) 北原：CP/M 系オペレーティング・システムの機能と最新動向，システムと制御，28，9 (昭 59)
- (2) 山崎：コンカレント CP/M-86 とマルチタスクの世界 Perso Com WORLD (昭 59)
- (3) Concurrent CP/M-86 SYSTEM GUIDE, Digital Research Inc
- (4) Concurrent CP/M-86 Programmer's Reference Guide, Digital Research Inc

## 非常用ガスタービン発電設備の 自動点検装置



非常用ガスタービン発電設備は、商用停電時に時動起動、給電して、施設の機能を維持する重要な責務を負っています。このため、定期点検運転と保守が大切ですが、ガスタービン、発電機、制御盤などの構成機器に関して高度な知識と技術を必要とし、保守者に大きな負担感を与えていました。

このたび三菱電機は、非常用ガスタービン発電設備(KDD新宿ビル向2×3500kVA)の自動点検装置を開発、点検の自動化と省力化を実現しました。この装置は、三菱総合計装システムMACTUS-620を応用して、運転時にタービン、発電機、制御盤などのデータを収集、各機器の異状の有無を点検して、その点検結果と運転記録を出力させるものです。

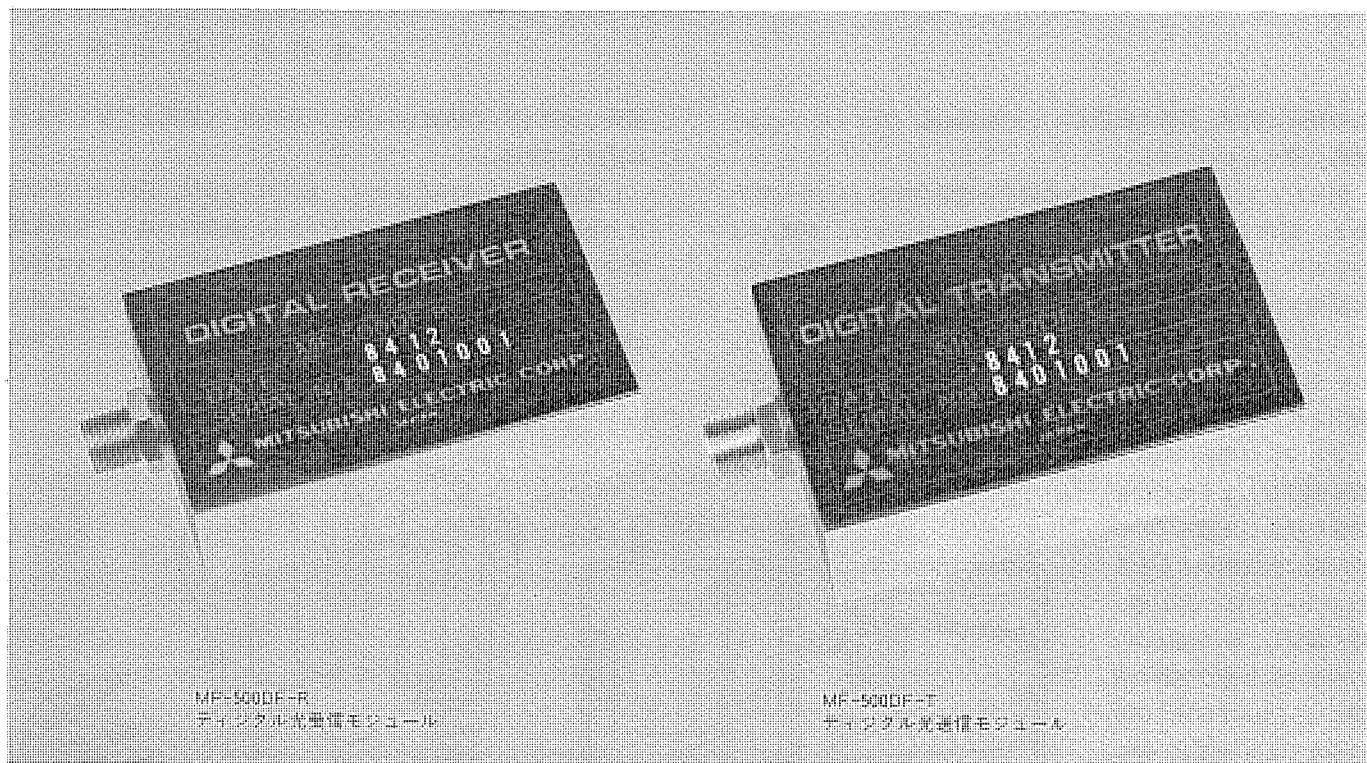
### 機能

- 定時、任意時の点検運転制御
- 自動点検処理
- 運転状態のCRT画面表示(運転停止状態及び運転データ、異常時は赤色点滅)と異常時の中央への出力
- 点検結果、運転データ、異常時のガイダンスT/W出力
- 負荷量トレンドデータのCRT画面表示

### 仕様 (注記外はGT/G 2台分)

|          |                       |
|----------|-----------------------|
| コントローラ   | MACTUS-620            |
| 電源       | AC100V, 50Hz          |
| プログラムメモリ | 2×8kW                 |
| データメモリ   | 2×16kW                |
| 入力点数     | 576点                  |
| アラーム方式   | CRT, ブザー, 表示灯         |
| CRT表示枚数  | 13枚/台                 |
| CRT表示項目  | 状態 96項/台, データ 34項/台   |
| T/W出力枚数  | 3枚/台                  |
| T/W出力項目  | 点検結果32項/台, 運転データ43項/台 |

## デジタル光送受信モジュール MF-500DF-T/-R



このたび三菱電機では、コンピュータ間等の伝送路（石英光ファイバ採用）に高速デジタル信号を伝送する〈デジタル光送受信モジュールMF-500DF〉を開発しました。

### 特長

- 高速デジタル信号(100Mb/s)の伝送が可能です。
- 高信頼度のレーザダイオードを使用しています。
- デュアルインライン形パッケージ(DIP)を採用し、小形で、基板への実装が容易です。
- 無調整で2kmまでの信号伝送ができます。

### 仕様

|             |           |                     |
|-------------|-----------|---------------------|
| 送<br>信<br>器 | 信号伝送速度    | 20~100Mb/s          |
|             | 伝送距離      | 0~2km               |
|             | 光送信レベル    | -5dBm               |
|             | 光波長       | 820nm               |
|             | 使用素子      | レーザダイオード            |
|             | 入力インタフェース | ECL                 |
|             | 電源電圧      | -5.2V               |
| 受<br>信<br>器 | 消費電流      | 95mA                |
|             | 寸 法       | 30×45.5×11.5(mm)    |
|             | 光受信レベル    | -4~-18dBm           |
|             | 符号誤り率     | 10 <sup>-9</sup> 以下 |
|             | 使用素子      | PIN-PD              |
|             | 電源電圧      | -5.2/+5V            |
|             | 消費電流      | 55mA/80mA           |
|             | 寸 法       | 30×45.5×11.5(mm)    |
|             | 使用ファイバ    | GI 50/125           |
|             | 使用コネクタ    | SMA形                |
| 使用温度範囲      |           | -20~+60℃            |

# 特許と新案 有償開放

有償開放についてのお問合せ先 三菱電機株式会社 特許部 TEL (03) 218-2136

## 電気掃除機 (特許 第1016781号)

発明者 福田 興 司

この発明は塵落とし装置の組込まれた電気掃除機、特にそのフィルター装置に関するものである。

図において、本体ケース(1)内に設けた電動送風機(4)を付勢すると、塵埃を含んだ空気流が吸込口(12)から吸込まれ、集塵ケース(11)内のフィルター装置(19)に塵埃が捕集される。フィルター装置(19)に捕集された塵埃が所定量堆積して吸込力が低下したら、本体ケース(1)から集塵ケース(11)を分離し、塵落とし装置(34)を操作してフィルター装置(19)の除塵を行った後、集塵ケース(11)内の塵埃は外部へ排出される。

ここでこの発明におけるフィルター装置(19)は、濾材を断面波形に折り曲げるとともにこれを筒状に形成した濾筒(20)の両端面に合成樹脂よりなるエンドプレート(21)、(22)を一体に覆着し、かつ濾筒(20)の内側の折り曲げ突部の表面にエンドプレート(21)、(22)の少なくとも一方と一連にリブ(26)を一体成形により形成してあり、このリブを

塵落とし装置(34)の除塵レバー(35)が逐次弾いて振動を付与するように構成している。

したがってこの発明によれば、エンドプレート(21)、(22)とリブ(26)は合成樹脂による一体成形が可能であり、量産性が良く、しかも濾筒(20)と一体に形成されたリブ(26)に塵落とし装置(34)によって逐次弾曲振動を与えるものであるから、除塵効果が大きい。また濾筒(20)の表面を直接弾くものではないから、濾材を損傷することなく、寿命が長いなどの効果がある。

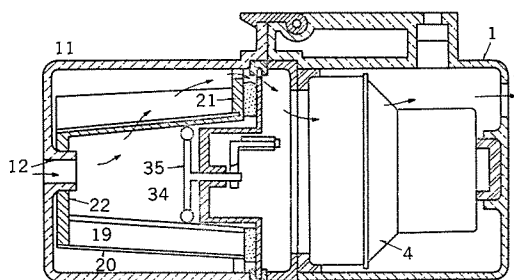


図1

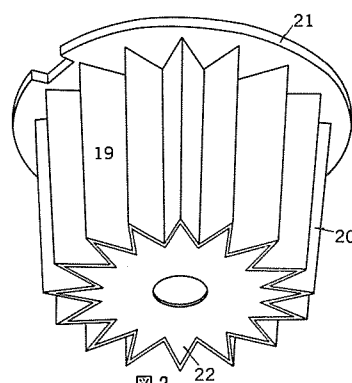


図2

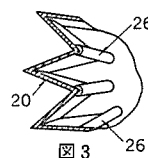


図3

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 59 No. 6 衛星通信特集

### 特集論文

- 衛星通信特集に寄せて
- 衛星通信の歩みと今後の課題
- 自治省消防庁衛星通信システム
- 衛星利用パイロット計画実験用地球局システム
- スウェーデン納め ECS 地球局
- イギリス電気通信公社向け C/Ku バンド共用アンテナ
- 衛星通信制御装置
- 通信衛星2号(さくら2号)とその軌道上動作状況

- 衛星搭載用マイクロ波部品の製造技術
- 14 GHz 帯高出力 GaAs FET

### 普通論文

- 発電プラント大容量ファン向け電気式回転数制御システム
- 簡易通信会議システム
- 《MELCOM 80》システム 40・30・20・10 のハードウェアとソフトウェア
- 同相リニアネットワークを採用した新方式スピーカーシステム

### 三菱電機技報編集委員

|      |        |        |       |
|------|--------|--------|-------|
| 委員長  | 馬場 準一  | 委員     | 馬場 俊晃 |
| 副委員長 | 岸本 駿二  | "      | 山内 敦  |
| "    | 三浦 宏   | "      | 武富 大児 |
| 委員   | 峯松 雅登  | "      | 瀬辺 国昭 |
| "    | 翠川 祐   | "      | 竹内 政和 |
| "    | 三浦 弘明  | "      | 徳山 長  |
| "    | 大年 倉像  | "      | 柴山 恭一 |
| "    | 吉田 太郎  | "      | 永井 昭夫 |
| "    | 川井 尚   | "      | 小原 英一 |
| "    | 立川 清兵衛 | "      | 尾形 善弘 |
| "    | 的場 徹   | 幹事     | 岡田 俊介 |
| "    | 田中 克介  | 5号特集担当 | 鈴木 正高 |
| "    | 野村 兼八郎 |        |       |
| "    | 酒井 靖夫  |        |       |

### 三菱電機技報 59 巻 5 号

(無断転載を禁ず) 昭和60年5月22日印刷  
昭和60年5月25日発行

編集兼発行人 岡田 俊介  
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内  
「三菱電機技報社」Tel. (03) 243 局 1767  
発売元 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 (〒101)  
株式会社 オーム社  
Tel. (03) 233 局 0641(代), 振替口座東京 6-20018  
定価 1部500円送料別(年間予約は送料共6,700円)



## 三菱冷蔵庫チルドルームつき ジャンボフリーザー MR-3035CF形



三菱電機では、引出式チルドルーム付きの4ドア冷蔵庫〈チルド・4ドア〉を業界に先駆けて開発。食品の「質の保存」に対する高い市場評価をいただいています。

このたび当社は、多様化する消費者ニーズに豊富な品揃えで対応するため、主力の300ℓクラスで、引出式チルドルームに102ℓのジャンボフリーザーの付いた3ドア冷蔵庫〈チルドルームつきジャンボフリーザー〉を新発売しました。

### 特長

- 102ℓのジャンボフリーザーつきで多量に収納できます。従来の3ドアタイプ(MR-2755V)より42ℓアップのフリーザーで、まとめ買いや作りおきに大変便利。また、フリーザー内にも庫内灯をつけました。
- 独立自動温度コントロールの0℃チルドで「食品の質」を保存します。
  - ①37ℓのチルドルームは0℃ですから、氷結点の異なるさまざまな食品を安心してほとんどどんなものでも入れられます。
  - ②このチルドルームは、キャビネット前面の操作パネルのスイッチ切換えにより37ℓの引出式フリーザーにもなります。この場合、上部の102ℓのジャンボフリーザーと合わせて最大139ℓのダブルフリーザーとしても使用できます。
- 電子コントロールによる前面操作パネルを採用しました。前面操作パネルの採用により扉を開けずに各室の温度調節が可能となりました。

- ①クイック冷凍ボタンを押すと、3時間連続運転により、す早くフリージングします。
- ②チルドルーム↔冷凍室の切換えスイッチの機能を設けました。
- キャビネットカラーに新色シェリーショコラを採用しました。クリスタルホワイト・シルキーブラウン・グリーンの基本色に加え、新たに「ときめき感」のある落ち着いた深化色シェリーショコラを採用。4色のキャビネットカラーはすべて左扉にも用意しました。
- 移動にラクな4輪キャスターを採用しました。

### 仕様

|                                  |                             |
|----------------------------------|-----------------------------|
| 有効内容量(ℓ)                         | 303(冷凍室102・チルドルーム37・冷蔵室164) |
| 外形寸法(mm)                         | 1793×590×605 (キャビネットまでは600) |
| 高さ×幅×奥行(除ハンドル)                   |                             |
| 製品重量(kg)                         | 69                          |
| 電動機定格消費電力<br>50/60Hz(W)          | 99/110                      |
| 電熱装置定格消費電力<br>50/60Hz(W)         | 154/154                     |
| 年平均1ヵ月当りの消費電力量<br>50/60Hz(kWh/月) | 32/32(冷蔵室に<br>切換えた場合31/31)  |