

MITSUBISHI DENKI GIHO 三菱電機技報



Vol.54 No.5

冷凍と空調特集


 未来を開発する
三菱電機

5
 1980

冷凍と空調特集

目次

特集論文

空気熱源式ヒートポンプチリングユニットCAH-L20D・25D・30D形.....	1
横山誠志	
事務所・店舗用エアコン《Mr. SLIM》天吊り.....	5
中島康雄・中島 勇・安立博樹・森主 憲・田中直樹	
カセット形ファンコイルユニット及び柱形ファンコイルユニット.....	10
佐藤峯夫・川口忠明・富永篤夫	
フィンコイル式温水床暖房パネル.....	14
湯山 栄・佐藤峯夫	
住宅用太陽冷暖房給湯システム.....	19
西山 槐・杉原正浩・甲斐潤二郎・大坪道夫	
2ステップクーリング式オープンショーケース.....	24
瀬下 裕・笠置 紘・松本 徹・高妻光昭	

普通論文

光ファイバ伝送用光部品.....	31
松井輝仁・久間和生・布下正宏・浜中宏一・平野昌彦	
カーラジオ用周波数カウンタ・クロックLSIと基板実装技術.....	36
加藤直之・登坂高夫・越智克則	
横浜市下水道局納め港北下水処理場総合監視システム.....	40
上原 藤・左向隆一・小松角郎	
DRS-N形新シリーズ半導体タイマ.....	45
五十嵐正光	
最新鋭大容量火力プラントの中央制御盤.....	49
森 健次・佐々木俊之・篠原光一・須山 勉・谷口政弘	
空心導体の電磁諸量計算プログラム.....	54
成川武文・塚本忠則	
日本語処理システムへのファクシミリの応用.....	59
吉川勝康・市川照久	
カラーグラフィックCRTによる発電プラントの監視.....	63
白石之規	

特許と新案.....29

移動目標表示装置における自動利得平衡方式
 冷凍装置
 熱硬化性組成物
 送風機の軸封装置

当社の登録特許一覧.....69

スポットライト

ロータリー圧縮機搭載の冷凍冷蔵庫.....	67
屋外用高圧気中負荷開閉器（トリップ付）.....	68
空調換気扇《ロスナイ》.....	(表3)

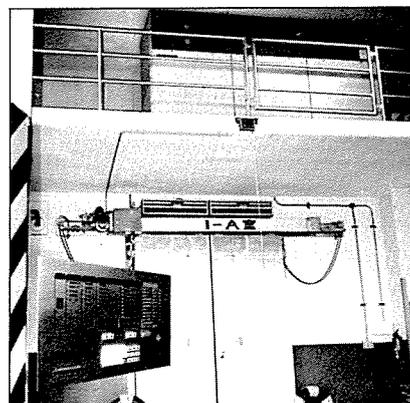
表紙

大形冷蔵庫用マルチコントローラシステム

最近の大形冷蔵庫用冷却設備は、従来のアンモニア中央方式から、安全・省力化を目的としたフロン使用の冷蔵冷凍クーリングユニットの分散冷却方式へとその主流が変わりつつあり、当社はこのたび省力化・省電力化を同時に実現できる分散方式のコンピュータ制御マルチコントローラシステムを開発した。

冷却効率の高い分散方式に、デフロスト時の庫内温度上昇をなくすデフロストシステム、インテリジェンスサーモによるむだな運転の排除、夜間運転を効率的にセットするナイトセットバックなど、保守管理面で省電力化、省力化を図ることができる。

写真は埼玉県戸田市の冷蔵庫庫に納入した冷凍クーリングユニットACS-80及びコントローラである。



アブストラクト

空気熱源式ヒートポンプチリングユニットCAH-L20D・25D・30D形

横山誠志

三菱電機技報 Vol.54・No.5・P1～4

昨今、省エネルギー化・無公害化の声は現実的な社会問題として大きくとりあげられている。ヒートポンプチリングユニットCAH形はこのような社会情勢を背景に省エネルギー化を指向し、低振動・低騒音化及び使いやすさの向上を中心にモデルチェンジを行い、更にこのクラスでは業界初のマイクロコンピュータを搭載し制御精度の向上とこれまでにない制御機能の充実を図った。本文ではCAH形の省エネルギー性、マイコンの制御機能等を中心に紹介する。

住宅用太陽冷暖房給湯システム

西山 槐・杉原正浩・甲斐潤二郎・大坪道夫

三菱電機技報 Vol.54・No.5・P19～23

通産省工業技術院のサンシャイン計画に参画し、冷凍能力IRTの小形ランキンサイクル駆動冷凍機、蓄熱容量10,000kcalの潜熱形蓄熱槽、選択吸収膜処理を施した平板形コレクタ等から構成される個人住宅用太陽冷暖房給湯システムを開発した。開発したシステムは、綾瀬市に建設した実験住宅に設置され、3年間にわたり順調に運転を継続してきているので、システム概要、運転結果及び主要構成機器の特徴と性能について報告する。

事務所・店舗用エアコン《Mr. SLIM》天吊り

中島康雄・中島 勇・安立博樹・森主 憲・田中直樹

三菱電機技報 Vol.54・No.5・P5～9

近年パッケージエアコンの市場で大きな地位を占めてきている事務所・店舗用エアコンは、薄形化・低騒音化・性能向上が強く望まれている。今回開発した《Mr. SLIM》天吊りは、当社従来品と比較した場合、室内ユニットに対しては一般使用ノッチで約10ホンの大幅低騒音化と一部埋込可能構造にすることによる取付時で約4割の薄形化を、室外ユニットに対しては奥行で約5割の薄形化を、全体として1割弱の効率向上を達成したので紹介する。

2ステップクーリング方式オープンショーケース

瀬下 裕・笠置 紘・松本 徹・高妻光昭

三菱電機技報 Vol.54・No.5・P24～28

最近、食品店舗における省電力は、社会的な要求となってきている。当社ではこれに対応するため、冷却器を2分してそれぞれの温度を最適に制御し、着霜量を低減させることによって、安定保冷と省エネルギーの両者を満足させることのできる新冷却方式(2ステップクーリング方式)を開発し、オープンショーケースに適用した。本報では上記方式の特徴と新製品の概要について述べる。

カセット形ファンコイルユニット及び柱形ファンコイルユニット

佐藤峯夫・川口忠明・富永篤夫

三菱電機技報 Vol.54・No.5・P10～13

セントラル冷暖房の放熱器であるファンコイルに対し、ビル機能の多様化、建築コストの上昇に伴い、快適性、省工事性、省スペース性が一層要求されるようになってきた。このような要求に対応して吸込み、吹出口を有する天井パネルが天井面より露出したカセット形ファンコイルユニット及び香港ホテルに納入した据付スペースを縮小した配管付柱形ファンコイルユニットの2種類の新形式ファンコイルユニットを開発したので、その概要について説明する。

光ファイバ伝送用光部品

松井輝仁・久間和生・布下正宏・浜中宏一・平野昌彦

三菱電機技報 Vol.54・No.5・P31～35

絶縁性に優れ、サージや電磁誘導に強い光ファイバの魅力ある特長のために、光ファイバ伝送の適用範囲は電力系統、製鉄等各種工業プラントなどにおける高電磁界環境下における計測制御、保護監視のための情報伝送システム分野にまで拡大されつつある。このような多様な多モード光ファイバ伝送を担う高性能の各種光部品(光素子-光ファイバ結合ユニット、光送信・受信モジュール、光分配器、光スイッチ、光減衰器)を開発し、それらの原理・性能仕様について報告する。

フィンコイル式温水床暖房パネル

湯山 苙・佐藤峯夫

三菱電機技報 Vol.54・No.5・P14～18

低温輻射による床暖房方式が快適でかつ省エネルギー暖房として認識され、急速に普及している。このたび当社では、空調用プレートフィン熱交換器の基本構造を応用した、ユニット式温水床暖房パネルを開発した。このパネルは、圧縮強度・放熱性能が優れているため、低温水による暖房システムに適用できる。本稿では、このパネルの構造・特徴を紹介するとともに、放熱特性・温度分布、省エネルギー効果などの解析結果、並びに暖房システムへの応用例について述べる。

カーラジオ用周波数カウンタ・クロックLSIと基板実装技術

加藤直之・登坂高夫・越智克則

三菱電機技報 Vol.54・No.5・P36～39

カーラジオ等の車載用音響機器の小形化、多機能化を図る目的で開発した周波数カウンタ・クロック等の機能を有するバイポーラLSI「M54861P」について、その機能・特性を述べ、更にM54861Pをカーラジオに搭載する場合において、その実装密度を飛躍的に向上させ、セットの小形化に大いに役立った基板IC化の技術について報告する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 5, pp. 19~23 (1980)

A Solar Heating and Cooling System for Domestic Use

by Enju Nishiyama, Masahiro Sugihara, Junjiro Kai & Michio Otsubo

Mitsubishi Electric is participating in the "Sunshine Project" of the Agency of Industrial Science and Technology, and has developed a solar heating, cooling and hot-water system for domestic use, including a small Rankine-cycle engine-driven refrigerator with a refrigeration capacity of IRT, a latent-heat storage unit with a storage capacity of 10,000kcal, and flat-plate solar collectors with selective absorption surfaces, etc. The complete system has been installed in a test house, and has operated well for three years. The article presents a general description of the system and describes the results of operational experience, and the special features and performance of the main equipment.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 5, pp. 1~4 (1980)

Models CAH-L20D, -25D, -30D Package Air-Source Heat-Pump Chilling Units

by Seishi Yokoyama

In recent years, energy-saving and antipollution measures have been strongly urged, reflecting current social needs. Model CAH heat-pump chilling units are outstanding examples of units meeting these needs. They generate less vibration and noise, and the use of a microprocessor offers great ease of operation and highly accurate control. The article introduces the energy savings achieved by Models CAH and the control functions provided by the microprocessor.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 5, pp. 24~28 (1980)

An Open Display Case Utilizing a Two-Step Cooling System

by Yuu Seshimo, Hiroshi Kasagi, Toru Matsumoto & Mitsuaki Kozuma

Mitsubishi Electric has responded to demands by developing a new, two-step cooling system for supermarkets and grocery stores. This offers stable cold storage and achieves energy saving by controlling both temperatures of the two-step cooling device and reducing the frost-coating volume. The system has been successfully applied to an open display case. The article describes the characteristics of the system and gives a general description of the new device.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 5, pp. 5~9 (1980)

Mr. Slim Ceiling-Type Packaged Air Conditioners for Offices and Stores

by Yasuno Nakajima, Isamu Nakajima, Hiroki Adachi, Ken Morinushi & Naoki Tanaka

The primary features of the Mr. Slim line of ceiling-type packaged air conditioners developed by Mitsubishi Electric are considerable reduction of the noise levels, to around 7 phons for indoor units when used at the "low" setting, and the reduction of about 40% in thickness for indoor units in a partially recessed installation and about 50% for outdoor units. Efficiency has also been improved by a little less than 10%. The article details these high performance features of the Mr. Slim product range.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 5, pp. 31~35 (1980)

Optical Components for Fiber-Optic Communications

by Teruhito Matsui, Kazuo Kyuma, Misahiro Nunoshita, Koichi Hamanaka & Masahiko Hirano

Optical fiber communications, by exploiting the excellent insulation and resistance to surges and electromagnetic interference of optical fibers, are employed in information-transmission systems for instrumentation and control, supervision and protection under the strong magnetic fields of electric power-generating systems and iron, steel and other industrial plants. Mitsubishi Electric has developed high-performance optical components suitable for multiple, multi-mode fiber communications, including optical semiconductor device-to-fiber coupling units, optical transmitter-receiver modules, optical branches, switches and attenuators. The article reports on the principles, specifications and performance of these components.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 5, pp. 10~13 (1980)

Partially Recessed Ceiling Fan-Coil Units and Column-Type Fan-Coil Units

by Mineo Sato, Tada'aki Kawaguchi & Atsuo Tominaga

With buildings being designed for multiple functions and with the rising cost of their construction, there has been strong demand for fan-coil units, the radiator equipment used with multiple central heating and cooling systems. These space-saving units offer comfortable and economical installation. Mitsubishi Electric is meeting this demand by developing not only partially recessed ceiling fan-coil units, in which the ceiling panel itself is fitted with return and discharge grilles that project from the ceiling, but also column-type fan-coil units with piping sets that require less installation space, and which have been delivered to hotels in Hong Kong. The article describes in outline two new fan-coil units.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 5, pp. 36~39 (1980)

A Frequency-Counter and Clock LSI for Car Radios, Mounted on a Glass-Epoxy Board

by Naoyuki Kato, Takao Tosaka & Katsunori Ochi

Mitsubishi Electric has developed a bipolar LSI (M54861P) with a frequency-counter and clock functions, etc. specifically to achieve reductions in the size and increases in the variety of functions of audio equipment for installation in cars and similar applications. The article describes the functions and characteristics of the M54861P, and reports on the techniques for mounting integrated circuits on a glass-epoxy board, which make a major contribution to saving space, and thus reduces the size of the audio equipment using this new LSI.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 5, pp. 14~18 (1980)

A Fin-Coil Floor-Heating Panel

by Hiroshi Yuyama & Mineo Sato

Floor-heating systems using low-temperature radiation have attracted attention for their comfort and energy savings, and are achieving remarkable market penetration. Mitsubishi Electric has developed a unit-type hot-water floor-heating panel, based on the standard structure of a plate-fin heat exchanger for air-conditioning. The panel features high tensile strength, high radiant-heat performance, and is suitable for low-temperature water-heating systems. The article introduces the structure and characteristics of the panel, and also describes the analysis of the experimentally determined radiant-heat characteristics, thermal distribution and energy saving, etc., with examples of its application to heating systems.

アブストラクト

横浜市下水道局納め港北下水処理場総合監視システム

上原 薫・左向隆一・小松角郎

三菱電機技報 Vol.54・No.5・P40～44

横浜市港北下水処理場では、今まで《MELCOM350-7》による集中監視制御を行っていたが、このたび上位機種《MELCOM350-50》の2重化構成による集中監視・分散制御形の新システムとして生まれ変わったのでその概要を報告する。

信頼性・拡張性・省力化にも十分留意し、データウェイ(MDWS-30)やCRTの採用など、今後の下水処理システムに大きな第一歩を築いたといえよう。

空心導体の電磁諸量計算プログラム

成川武文・塚本忠則

三菱電機技報 Vol.54・No.5・P54～58

このプログラムシステムは、空心導体を線電流路及び構造体電流路にモデル化し、電流路の記述と電流路の変更記述を容易にし、電流路内外の磁界、電流路の抵抗、インダクタンスの算出や電磁力の解析を可能にしたものである。磁界閉じ込め方式による核融合実験装置である ASDEX の16個からなるトロイダルコイルの電磁諸量の計算にこのプログラムシステムを適用し、実用的な計算精度が得られることを示した。

DRS-N形新シリーズ半導体タイマ

五十嵐正光

三菱電機技報 Vol.54・No.5・P45～48

半導体タイマは高信頼性・高ひん度動作・長寿命の特長が活かされ近年需要が高まりつつある。ここに紹介する新シリーズタイマは従来半導体タイマで実用化できなかった長時間領域を発振計数方式で実現し、構造面でも小形化を図って市場の要求にこたえたものである。

本文はこの新形タイマの構造・性能と適用面について紹介する。

日本語処理システムへのファクシミリの応用

吉川勝康・市川照久

三菱電機技報 Vol.54・No.5・P59～62

ファクシミリと計算機とを接続した新しいファクシミリ利用システムとして、日本語処理システムへファクシミリを応用したシステムについて、その処理内容、特徴並びにシステム事例について紹介する。ファクシミリの持つ多様な機能を利用して、図形や日本語を出力できるので今後各分野で利用されてゆくであろう。

最新鋭大容量火力プラントの中央制御盤

森 健次・佐々木俊之・篠原光一・須山 勉・谷口政弘

三菱電機技報 Vol.54・No.5・P49～53

最新鋭火力プラントでは中間負荷運転を要求されるが、これには最新の高度な自動化技術の投入と併せて中央制御盤を中心とする最適なマンマシンインタフェースの充実が望まれる。このために自動化基本方針に基づく盤面取付機器の見直し、CRTの利用方法の検討及び盤面機器配列、盤形状等に対する人間工学的検討を行った上で更に中央制御室全体をトータルデザインした。本文では検討結果の概要を紹介する。

カラーグラフィックCRTによる発電プラントの監視

白石之規

三菱電機技報 Vol.54・No.5・P63～66

近年の発電プラントにおいては高効率運転、高信頼度運転、また一方では大容量化、全自動化等が進むにつれ情報の集中的、総合的監視がこれまで以上に要求されている。これに答えるためにカラーグラフィックCRTを使用してプラント マンマシン コミュニケーションを大幅に改良しようとする試みがなされ、実プラントでの適用例も急速に増加する傾向にある。ここではこれらのカラーグラフィックCRTによる発電プラントの監視機能について述べる。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 5, pp. 54~58 (1980)

A Program for Calculating the Electromagnetic Parameters of Current Paths in Homogeneous Media

by Takefumi Narikawa & Tadanori Tsukamoto

This program system has modeled air-core coils on line-current paths and rectangular and sector current paths, and has simplified the assignment and modification of the descriptions of current paths. It has also enabled calculations of the magnetic field within and outside the current loci, their resistance and inductance, and the analysis of electromagnetic forces. The article introduces applications of this program system to the calculation of the electromagnetic parameters of 16 toroidal field coils for the ASDEX TOKAMAK (nuclear fusion experimental equipment), by the use of a system-closing magnetic field, and demonstrates that useful accuracies can be achieved in practical calculations.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 5, pp. 40~44 (1980)

A Computer-Based Integrated Supervisory System for the Kohoku Sewage-Treatment Plant

by Dai Uehara, Ryuichi Sako & Kakuro Komatsu

At the Kohoku sewage-treatment plant in Yokohama, in place of centralized supervisory control using conventional MELCOM 350-7 equipment, centralized supervision and distributed control have been implemented by a duplex system using MELCOM 350-50 equipment with improved functionality. The new system, outlined in the article, offers high reliability, extensibility and energy saving by the use of Dataways (MDWS-30) and CRTs, and has contributed to the development of the sewage-treatment system.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 5, pp. 59~62 (1980)

A Facsimile Application for a Japanese-Language Word-Processing System

by Katsuyasu Yoshikawa & Teruhisa Ichikawa

The article introduces the processing content and characteristics of a system that applies facsimile equipment to a Japanese-language word-processing system. It is a practical example of the application of new facsimile equipment that interfaces with the computer. The article gives a general description of typical application examples. The system will find uses in many fields, exploiting the advantage of the multiple functions of facsimile equipment, including those of an output device for generating graphics and Japanese-language characters.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 5, pp. 45~48 (1980)

Series DRS-N Solid-State Time-Delay Relays

by Masamitsu Igarashi

Demand has burgeoned recently for solid-state time-delay relays combining high reliability, frequent operation capability, and long service life. Series DRS-N solid-state time-delay relays have achieved long operational lives by using a novel oscillation-counter system of time delay that cannot be achieved with conventional equipment, and has responded to market demand for a reduction in size. The article describes the construction and performance of the relays, and also details how they are used.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 5, pp. 63~66 (1980)

Power-Plant Monitoring by the Use of a Color-Graphic CRT

by Yukinori Shiraiishi

Power plants are increasingly required to operate with improved efficiency and to maintain operational availability, particularly with the growing number of very large-capacity automated power plants. This requires centralized and integrated supervision. Plant man-machine communications have been greatly improved by the use of color-graphic CRTs, and their applications to actual plants are rapidly increasing. The article describes the supervisory functions of a power plant by the use of a color-graphic CRT.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 54, No. 5, pp. 49~53 (1980)

A Control-Board Design for Modern Thermal-Power Plants

by Kenji Mori, Toshiyuki Sasaki, Koiichi Shinohara, Tsutomu Suyama & Masashiro Taniguchi

Centralized control boards employing modern, sophisticated automation technology and the most suitable man-machine interfaces are essential for middle-load operation of modern thermal-power plants. Mitsubishi Electric has responded to this requirement by applying human-factor engineering criteria to the form and configuration of control-board equipment and by identifying the desirable features of the associated equipment, together with investigations of how CRT displays are actually used. The investigations have led to a total redesign of a central control room. The article gives a general description of the results of the investigations.

空気熱源式ヒートポンプチリングユニット CAH-L20D・25D・30D形

横山 誠志*

1. ま え が き

昭和48年の第1次石油ショックを契機として省資源・省エネルギー化がさげられたが、昨今の石油需給状況は第2次石油ショックとして一層の省資源・省エネルギー化が要請されている。我が国の省エネルギー化への施策は「エネルギー使用の合理化に関する法律」が昭和54年6月に公布され、我々空調機業界も国策としての省エネルギー化へ対応することとなった。空気熱源式ヒートポンプチリングユニットCAH-D形シリーズは、このような社会情勢を背景に省エネルギー化を指向し、低騒音・低振動化及び使いやすさの向上を中心にモデルチェンジを実施し、更にこのクラスでは業界初のマイクロコンピュータをとう(搭)載し、制御精度の向上と制御機能の充実を図った。

以下、CAH-D形シリーズのうちCAH-L20D・25D・30D形の3機種を完成したのでその概要を紹介する(図1.)。

2. 空気熱源式ヒートポンプチリングユニットCAH形の省エネルギー性とその評価方法

2.1 CAH形の省エネルギー性

ヒートポンプチリングユニットが他熱源方式に比べ省エネルギー性に優れていることは、これまでも機会あるごとに強調してきたが、ここであらためてその概要を紹介しておきたい。

ヒートポンプチリングユニットが電気を使用し省エネルギー機器である点は、電気を電熱器として使用するのとは異なり「動力」として熱を低温から高温の場所へくみあげる仕事、すなわち熱ポンプ(ヒートポンプ)として使用することにある。表1., 表2.に10,000kcal/lの重油を原料とし各種冷暖房熱源機のエネルギー利用効率を示す。表にみられる

表1. 暖房時のエネルギー利用効率

熱源機器の種類	重油所要熱量(kcal/l)	ガス発生所発電所効率	輸送効率	機器効率	利用熱量(kcal/l)	利用効率(%)	比率	備考
重油ボイラ(A重油)	10,000		→	0.7	7,000	70	100	
ガスボイラ	10,000	0.8	0.95	0.7	5,320	53	76	
電熱器	10,000	0.4	0.9	1.0	3,600	36	51.5	
2重効用都市ガス吸収式冷凍機	10,000	0.8	0.95	0.77	5,852	58.5	83.5	
空気熱源式ヒートポンプチリングユニット	10,000	0.4	0.9	2.8	10,080	101	144	外気0°C 温水 40→45°C

表2. 冷房時のエネルギー利用効率

熱源機器の種類	重油所要熱量(kcal/l)	ガス発生所発電所効率	輸送効率	機器効率	利用熱量(kcal/l)	利用効率(%)	比率	備考
2重効用重油吸収式冷凍機	10,000		→	0.7	7,000	70	1,000	
2重効用都市ガス吸収式冷凍機	10,000	0.8	0.95	0.74	5,624	56.2	55.5	
空気熱源式ヒートポンプチリングユニット	10,000	0.4	0.9	2.81	10,116	101.2	144	外気30°C 冷水 12→7°C

* 長崎製作所

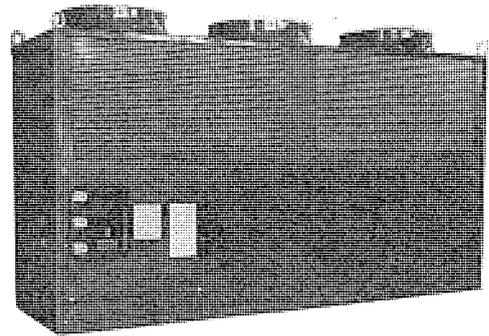


図1. CAH-L20D形外観

表3. 省エネルギー性の各種評価計算方法

評価方法	評価計算法	備考
COP (成績係数)	$\frac{\text{冷(暖)房能力(kcal/h)}}{860 \times \text{冷凍機全入力(kW)}}$	Coefficient of Performance
EER (エネルギー有効比)	$\frac{\text{冷房能力(Btu/h)}}{\text{消費電力(W)}} = \frac{RT_{us}}{12 \times \text{消費電力(kW)}}$	Energy Efficiency Ratio (ASHRAE Standard 90-75より)
SEER	$\frac{\text{年間の空調期間における総冷房能力}}{\text{年間の空調期間における総消費電力}}$	Seasonal Energy Efficiency Ratio

ように冷暖共に空気熱源式ヒートポンプチリングユニットCAH形がエネルギー利用効率が高く省エネルギー機器であることがわかる。

2.2 省エネルギー性の評価方法

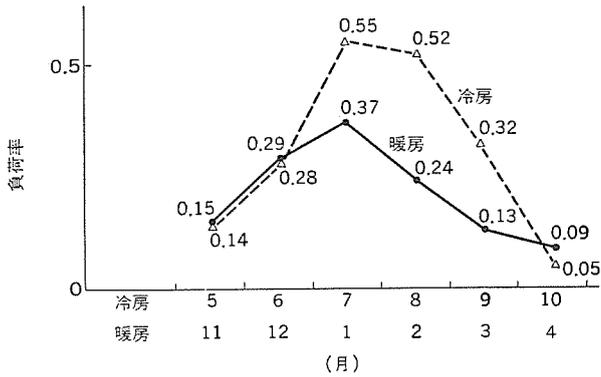
空調熱源機器のエネルギー消費効率を評価する方法として、これまで成績係数(COP=Coefficient of Performance)が用いられてきた。しかし近年のポイントにおける運転条件での評価方法から総空調運転期間におけるエネルギー消費効率を評価する方法へと移行している。これは自動車業界でみられる10モード燃費に相当する考え方であるが、今後空調熱源機器にも「季節的性能」を評価する方向へ移行してゆくものとおもわれる(表3.)。

3. CAH-D 形シリーズの省エネルギー性

3.1 容量制御運転特性の向上とその必要性

CAH-L 20 D・25 D・30 D 形は全密閉形コンプレッサをおのおの3台ずつ搭載し、コンプレッサの台数制御を行うことにより、軽負荷時の容量制御運転特性を向上し年間消費電力量を低減化した。これにより当社従来機種 B 形シリーズの半密閉形搭載時に比べ容量制御運転特性を向上することができた。

一方、空調システムの負荷パターンはグラフに示すように平均的な負



注) 1. 負荷率は各月の平均負荷率
2. 負荷率は当社でシミュレーションしたもので算出条件は下記による

設定場所：東京
空調時間：9:00~19:00

図 2. 空調負荷率

表 4. 月別省エネルギー率

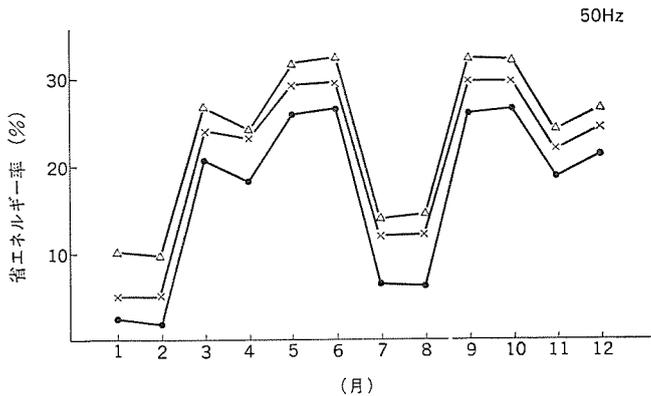
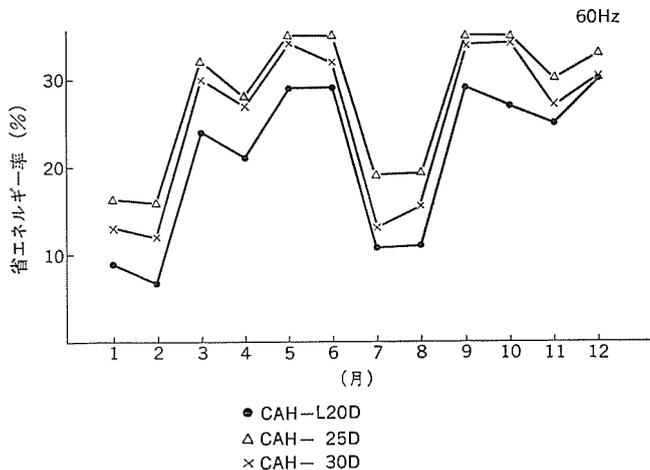


表 5. 月別省エネルギー率



荷率からみても熱源機にかかる負荷は小さく、中間期の負荷率に至っては更に小さくなるため容量制御運転特性のよい熱源機器が必要となって来る。なお空気熱源式ヒートポンプチリングユニットは機器の特性上外気温度によって能力が変化し、冷房時は外気温度が低いほど能力が大となり、暖房時は外気温度が高いほど能力が大となるため中間期の負荷率は更に小さいものとなる(図 2.)。

3.2 CAH-D 形シリーズの省エネルギー率

3.1 節の負荷率をもとに当社の新旧機種 (CAH-B 形と D 形の比較) について比較計算を行い省エネルギー率を求めた (表 4.~表 7.)。

計算条件

(a) 外気温度

50 Hz 地区は東京, 60 Hz 地区は大阪をそれぞれ計算の対象とし外気温度はその地区の平均外気温度とした (表 8.)。

(b) 空調システム

用途：一般事務所ビル

空調時間：1日8時間, 1か月に20日の空調とした。

(c) 消費電力

平均外気温度よりチリングユニットの消費電力を求めた。

(d) 省エネルギー率 =

$$\left(1 - \frac{\text{CAH-D 形の各月又は年間の消費電力量}}{\text{CAH-B 形の各月又は年間の消費電力量}}\right) \times 100$$

3.3 D 形シリーズと「Hi-SEER」

3.2 節で当社の新旧機種の比較を行い D 形シリーズの省エネルギー性の概要を紹介した。CAH-D 形シリーズはこれからの省エネルギー時代における空調システムの熱源機器としてマッチした製品であり、年間を通して省エネルギー化が図れることから D 形シリーズを「Hi-SEER」シリーズと称することとした。

表 6. 年間省エネルギー率

50 Hz	
	省エネルギー率
CAH-L 20 D	13.4 %
CAH-25 D	20.5 %
CAH-30 D	17.7 %

表 7. 年間省エネルギー率

60 Hz	
	省エネルギー率
CAH-L 20 D	18.5 %
CAH-25 D	25.7 %
CAH-30 D	22.2 %

表 8. 外気温度

地区	月											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
東京	4.1	4.8	7.9	13.5	18.0	21.3	25.2	26.7	23.0	16.9	11.7	6.6
大阪	4.5	4.9	8.0	13.9	18.6	22.5	26.8	28.0	23.9	17.6	12.1	7.0

出典：理科年表

4. CAH-D 形シリーズへのマイクロコンピュータ搭載とその機能

マイコン技術の急速な発展にともない各種用途にマイコンが採用されている。一方空調熱源機器のマイコン化は、これまで小形機が主流とされ、大形機のマイコン化は制御部品の大形化により耐ノイズ性能・使用環境など技術的な面よりちゅうちょされていた。

CAH-D 形シリーズは、このような技術的な諸問題点を当社のエレクトロニクス技術により克服し、このクラスでは業界初のマイコン搭載に成功した。以下マイコンによる運転制御の概要を紹介する。

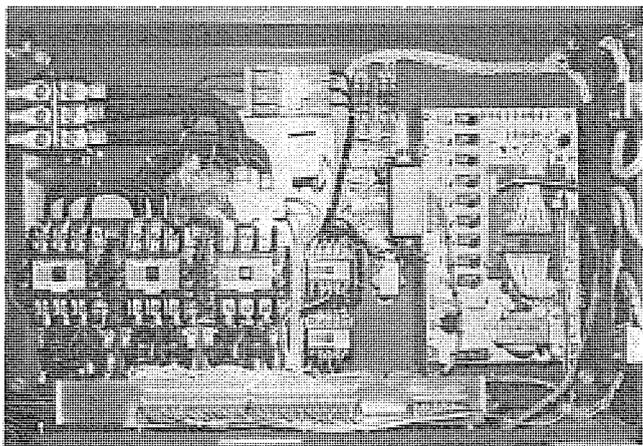


図 3. マイコン基板取付状況

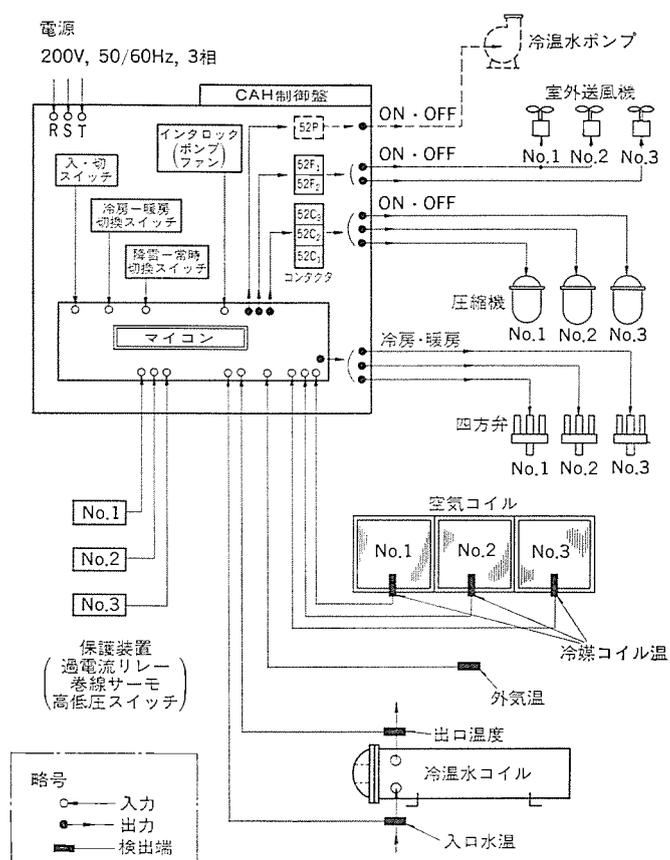


図 4. マイコン制御系統図

4.1 マイクロコンピュータ基板の外観

CAH-L 20 D・25 D・30 D 形に搭載したマイコン基板の取付状況写真を示す(図 3.)。

4.2 マイコン制御系統

マイコンと入出力制御系統を図 4. に示す。図で各スイッチ類・保護装置及びセンサからマイコンへの矢印が入力信号で、マイコンから各機器への矢印が出力となり各機器の ON・OFF 制御を行う。

4.3 マイコンの制御機能

(1) 順次始動機能

ポンプ、ファン、コンプレッサが順次始動し、始動時のラッシュ電流を防止している。

(2) コンプレッサショートサイクル 運転防止機能

ユニットの容量に対し、水配管回路内の水量が少ないと、コンプレッサの発停がひん繁になる場合があるため、サーモによって停止したコンプレッサはサーモ停止時間をキープし、ひん繁な発停を防止するようにした。

(3) コンプレッサ自動ローテーション 運転機能

ユニットは複数台のコンプレッサを搭載しているため、容量制御運転によって生ずるコンプレッサ間の運転時間差をなくすようコンプレッサの運転時間を平均化させる自動ローテーション機能を設けた。これは、負荷の変動によって容量制御の必要が生じた時にコンプレッサを停止させる場合は一番長く運転しているコンプレッサを選択して停止させ、また、停止しているコンプレッサを運転させる場合は一番長く停止しているコンプレッサを選択し運転させる方式とした。

(4) 冷温水自動温度制御機能

冷温水の温度を応答性の早いサーミスタにより検出し、コンプレッサの運転台数を自動制御するようにした。

(5) 冷温水ポンプ 冬期凍結防止機能

冬期夜間などにヒートポンプチリングユニットを休止している場合、屋外に設置されたポンプや露出配管が凍結パッキする虞れがあるので、これを防止するため外気温度と水温をサーミスタにより検出し、水温が一定値以下になったらポンプを自動的に運転し、水を循環させることにより凍結パッキを防止するようにした。更に屋内部分の水が循環し、水温が一定値以上となり一定時間経過したら自動的にポンプを停止する運転機能も設けている。

(6) フロストクリアストップ 機能

寒冷地においては、冬期ユニット停止時に室外熱交換器(空気コイル)に霜が付着していることがある。霜が付着したままユニットを休止すると霜が夜間に氷結し、翌朝の暖房立上がりが悪くなることがある。このような寒冷地における問題点を解消するため、ユニットを停止する場合は霜をとりのぞいたあとユニットを停止させるようフロストクリアストップ機能を設けた。なお温暖な地域では、この機能を必要としない場合もあるためキャンセルスイッチを設けている。

(7) デフロスト 運転制御機能

空気コイルに付着する霜付きの検出から除霜完了検知までのデフロスト運転はすべてマイコンで制御するようにした。霜付きの検出は外気温度と冷媒コイル温を検知し、デフロスト完了は冷媒コイル温を検知し、マイコン内に記憶されているデフロスト特性曲線により処理される。またデフロスト運転は、水温、タイマによって監視され正確かつ短時間内に完了するようにしている。

(8) ファン 運転台数制御機能

空気熱源式ヒートポンプは、広い外気温度の範囲で使用されるため、過酷な外気温度域でも運転を安定させる必要がある。D形ミリスは外気温度を検出し、冷房時は外気温度が低下したとき、また暖房時は外気温度が上昇した場合に送風機の運転台数を変更しヒートポンプの運転が過負荷運転にならぬよう安定させるようにした。

(9) 降雪時ファン連続運転機能

降雪スイッチにより、ユニット休止中もファンのみ連続運転させファン部への積雪を防止することができる。

(10) マニュアルセット 機能

中間期や軽負荷時に強制容量制御したい場合、マニュアルセットスイッチでコンプレッサの運転台数を変更することができる。

5. D形シリーズの低騒音化・低振動化

空気熱源式ヒートポンプチリングユニットは、ビルの屋上に設置されることが多い。このためユニットから発生する騒音は周辺住民へ影響を及ぼし、振動は昨今のビル構造の軽量化にともない居住者への影響を考慮しなければならないため空調設備の計画・設計段階で低騒音・低振動形製品を要求されることが多くなった。D形シリーズは、このような背景を開発テーマの1つにとりあげ低騒音化・低振動化を図った。以下CAH-30D形を例として測定結果を示す(図5.)。

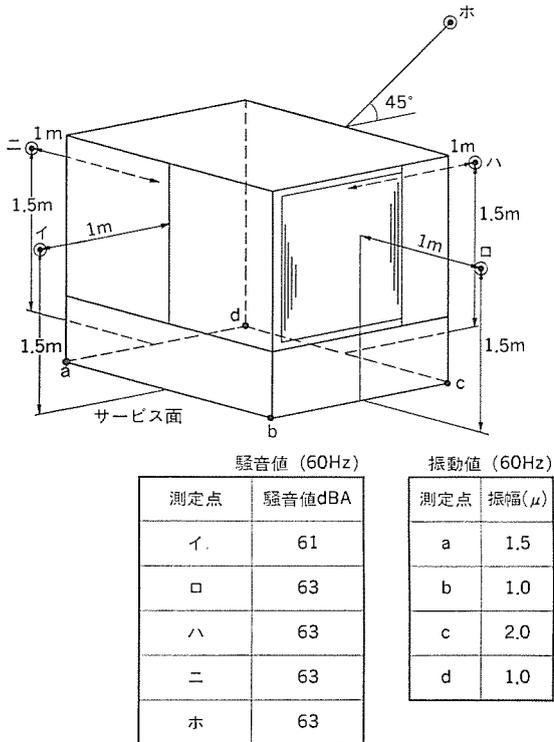


図5. 騒音・振動の測定

6. 使いやすさへの配慮

空調システムのなかでも空気熱源式ヒートポンプチリングシステムは、他熱源方式に比べ設備設計・工事性のよいこと、火やガスを使わないための安全性・使いやすさが優れていることなどが大きなメリットとなっている。D形シリーズは以上のようなヒートポンプシステムとしてのメリットに加え、工事性・使いやすさを更に向上させるために次のような改良を行った。

(1) リモコンパネルを標準装備し操作性をアップした

従来オプション部品として用意していたリモコンパネルを顧客の要望に答えて標準部品として取扱う一方、「冷-暖切替スイッチ」「常時-降雪切替スイッチ」の機能部品を追加して操作性を向上させた(図6.)。

(2) 冷温水ポンプを内蔵できるようにした

冷温水ポンプはビルの屋上に屋外設置されることが多く、このため雨ざらしにされたり、寒冷地では雪に埋もれ、夜間に凍結するなどポンプの機能を害することがある。更にポンプから発生する騒音が問

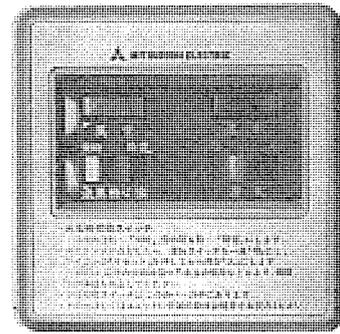


図6. リモコンパネル 外観

題となることもあるため、ポンプ用ケーシングを現地で手配されているケースが多くみられた。CAH-L20D・25D・30D形ははん(汎)用ラインポンプで3.7kWまで内蔵可能となったので現地での工事を省力化することができるようになった。

(3) 軽量化した

ビルの軽構造化に対応するため製品重量を軽量化した。CAH-L20D形で25%、25D形22%、30D形で15%軽量化した。

(4) 耐食性をアップした

CAH形は屋外に設置されるため耐食性を要求されるのは当然のことであるが、CAH形の用途が多くなるにつれ海岸に近い場所への設置が増え、いわゆる「耐塩仕様」が多くなった。これまで耐塩仕様については特殊仕様で受注していたが、D形シリーズから空気コイルのアルミフィン以外は耐塩仕様を標準とし耐食性をアップした。その主な内容を次に示す。

(a) 上部ケーシングは樹脂製を採用した

上部ケーシングは、雨に打たれやすく直射日光を受けるなど、防食上問題になる部分であるが、樹脂製ケーシングの採用により耐食性を大幅に向上した。

(b) ドレンパンをステンレス製とした

ユニット内部で防食上問題となるのはドレンパンである。ドレンパンは雨などのドレン水を外部へ排出するために設けてあるが、排水が悪い場合に水がたまり腐食の原因となることが多い。このためドレンパンはステンレス材を使用し耐食性をアップした。

(c) ボルト・ナットのステンレス化

外部に接している締付ボルト・ナットはステンレス製を採用し、発せいの(錆)を防止した。

7. む す び

以上、ヒートポンプチリングユニットの空調用熱源機器としての省エネルギー性をはじめとし、CAH-D形シリーズの省エネルギー性、マイコン制御とその機能などを中心にその概要を紹介した。

今後とも、低騒音・低振動化、使いやすさの向上、省エネルギー化を推進し、ヒートポンプ空調システムの一層の発展のために努力してゆく所存である。

参 考 文 献

- (1) 冷凍空調技術(昭54-9)

事務所・店舗用エアコン《Mr.SLIM》天吊り

中島康雄*・中島 勇*・安立博樹*・森主 憲**・田中直樹**

1. ま え が き

最近、20坪以下の事務所や店舗が多くなり、5HP以下の小容量の空冷式パッケージエアコンの需要が増大している。

このような店舗・小事務所などでは床面積の有効利用のため、室内ユニットは天つり(吊)形あるいはすえ(据)付面積の少ない床置形が選ばれることが多いが、単に省スペースにとどまらずインテリア性、快適性、据付性などの面で優れたものが要求されている。また室外ユニットも据付スペースが確保しにくいという狭い我が国の据付事情に適した省スペースタイプの要求が大きい。更に全体としての省エネルギー化の要求も日増しに強まってきている。当社は、これらのニーズにこたえ《Mr. SLIM》シリーズを販売し好評を得ているが、今回、省スペース、省エネルギー、低騒音などという特徴をさらに押し進め55年度製品として天吊形8機種、床置形11機種、室外ユニット6機種を開発した。なお、従来の店舗用エアコンを事務所・店舗用エアコンと改称した。

ここでは天吊形ヒートポンプPCH-3D形(3HP)を中心にとりあげ、製品の開発目標とこの目標を達成する上での問題点、及びこれらの問題点をどのような方法で解決したかについて説明する。

2. 開 発 目 標

インテリア性、快適性、性能、据付性、及び操作性のすべてに対し従来品より大幅なレベルアップすることを目的として全シリーズの開発を行った。

2.1 インテリア性の向上(室内ユニット)

天吊形エアコンでは高さ寸法がインテリア性に大きく影響する。そこで、以下の目標を設定した。

- (1) 当社従来品より実寸法で1割以上薄形化する。
- (2) 従来の後吸込方式から完全下吸込方式に変更し吹出口高さを全高の約7割におさえて上部の3割を天井内に埋込める構造にすることにより、取付時には当社従来品よりも合わせて約4割の高さ寸法の低減が図れるようにする。

なお下吸込方式は背面の壁に密接して取り付けられるメリットもある。

2.2 快適性の向上(室内ユニット)

快適性に非常に大きな影響を与えるファクターとして騒音が挙げられる。そこで、以下の目標を設定した。

- (1) 運転開始時などの特別な場合を除いた通常の使用で必要とされる能力に対するファン運転ノッチ(中ノッチ、弱ノッチ)での騒音を、従来より約10ホンを低い40ホン以下とする。
- (2) 従来より1割程度能力アップしたファン運転ノッチを設けるが、騒音は従来の強ノッチより低くおさえる。また騒音以外の快適性の向上のため室内温度分布の向上を目的としてシングルバを採用する。

2.3 性能の向上

冷暖房能力、エネルギー消費効率、運転範囲限界に対し以下の目標を設定した。

- (1) 能力を約1割アップする。
- (2) エネルギー消費効率を5~10%アップする。
- (3) 安定した暖房運転が可能な外気温度を、従来より8°C低い-15°Cまで下げる。

2.4 据付性の向上(室外ユニット)

室外ユニットの奥行寸法を従来品の半分程度にし、重量を約2割軽くすることにより、据付場所の制約を大幅に減少させると同時に容易に搬入できる重量まで軽量化する。また、据付時の配管作業も容易にできる構造とする。

2.5 操作性の向上

表示機能の拡充を行う。表示機能を拡充するため以下の目標を設定した。

- (1) 設定温度と室温を同時に表示するニューグリーンサインを採用する。
 - (2) フィルター清掃時期を知らせるフィルターアイを組込む。
- 以下に、この目標を達成した設計内容について具体的に述べる。

3. 設 計

3.1 設計の概要

パッケージエアコンは、周知のように圧縮機、凝縮器(熱交換器)、膨張機構(キャピラリチューブ)、蒸発器(熱交換器)、送風用ファンなどより構成されている。性能、騒音、ユニット寸法などの目標仕様を満足させるには、まず上記各構成部品の持つ特性を効果的に組合せたシステム設計が必要となる。そのためには、各部品単体の特性と、組合せた場合のそれらの特性変化が、定量的には(把握)されていなければならない。当社では、現在までにそれらの基礎的な研究とデータの蓄積を行い、それらのデータを基に、任意の組合せに対して性能、騒音などの製品特性を算出でき、最適組合せが予測できるシミュレーションプログラムを開発した。

そこで、このプログラムを使って前述の開発目標を満足させる最適組合せを検討し、更に実験的にも追求した。その結果、目標の寸法と冷暖房能力という基本的な仕様を満足させた場合には、まず室内ユニットの騒音がファン騒音の増大のため目標値より10ホン近く大きくなること、更にエネルギー消費効率も従来品程度にしかならないことが明らかとなった。このように目標達成を困難としている要因として、①室内ユニットの薄形化のため収納可能なファンがより小さいものとなり、最も音の低い動作点で使えなくなったり、ファン特性自身が悪くなったりしたこと、②同じく薄形化と完全下吸込方式への変更により、最適配置の場合でも従来品より通風抵抗が増大したこと、③能力向上とユニット寸法の制限という相反する目標のため、圧縮機の出力増大分程は熱交換器の伝熱面積や風量を増すことができなかったことなどが挙げられる。

このような困難さを克服して設計目標を達成するためには、前述の最適組合せだけでなく、各構成部品単体の特性改善、すなわちファンの低騒音化、圧縮機、熱交換器の特性向上、冷媒管路系圧力損失の低減などを行うことが必要となる。今回の開発では、これら部品単体での特性改善も図った。

以下に、前述の最適組合せの段階で特に重要であった部分と上記の部品単体での特性改善の具体的内容について、低騒音化設計と冷媒回路設計とに分けて説明する。また、自動表示機能の拡充や暖房運転時の霜取制御方法の改善などのための電気回路設計と、その他の構造設計上の特長についても簡単に説明する。

3.2 低騒音化設計

パッケージエアコンの騒音発生源としては、室内ユニットについてはファン自身の空力騒音(以後単にファン騒音と呼ぶ)、モータ磁気音、軸受け音、フィン通過音、冷凍サイクル系での騒音などがあり、室外ユニットについては前述の発生源に圧縮機音が追加される⁽¹⁾。しかしながら、ファン騒音以外は従来から行っていた対策で低減できたので、ここではファン騒音に的を絞って説明する。

ファン騒音の低減のためには、次の方法が最も効果的である。

- (1) 最適ファンの種類と形状の選択
- (2) 最適配置による通風抵抗の低減
- (3) 吸音材内張りファンの採用

室内ユニットについてはこれらすべてを行ったが、室外ユニットについては屋外に設置するという条件を考慮して(1)と(2)だけ行った。以下にこれらについて具体的に説明する。

3.2.1 室内ユニット

(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の種類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有している。ファン単体での騒音で考えると、シロッコファンを使った場合が最も低騒音となる可能性があると言えるが⁽²⁾、実際にはユニット寸法からくるファン形状寸法の制約やユニット内配置の違いによる風圧損失の差などによりプロペラファンや貫流ファンを使ったほうがより低騒音となる場合も多い。

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がシロッコファンを使うのに適し、最も低騒音となることが明らかとなったので、シロッコファンを採用した。

シロッコファンの騒音特性は、羽根断面形状、羽根取付角、羽根枚数、羽根車外径、羽根車幅、ケーシング幅、ケーシングの広がり形状などのパラメータにより大きく影響を受ける。今回これらのパラメータすべてについてユニットの風量・風圧仕様点で最も低騒音となる形状を実験的に見出すことを行った。この結果得られた最適形状のシロッコファンによって、従来のシロッコファンより約3ホン騒音を低減することができた。図1.にこのシロッコファンの空力・騒音特性を従来ファンと対比させて示す。図中の ϕ 、 ψ 、 K_s はそれぞれ流量係数、圧力係数、比騒音レベルで以下の式で表される。

$$\phi = (Q/60) / \pi D_2 b u_2 \dots\dots\dots (1)$$

$$\psi = P / (\rho/2) u_2^2 \dots\dots\dots (2)$$

$$K_s = SPL_A - 10 \log P^2 Q \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 Q は風量(m³/min)、 P は風圧(mmAq)、 D_2 は羽根車外径(m)、 b は羽根車幅(m)、 u_2 は羽根車外周速度(m/s)、 ρ は空気密度(kg・s²/m⁴)、 SPL_A はJIS規格で測定した騒音レベル(ホン)である。この図より、新シロッコファンは旧シロッコファンと比べて同一回

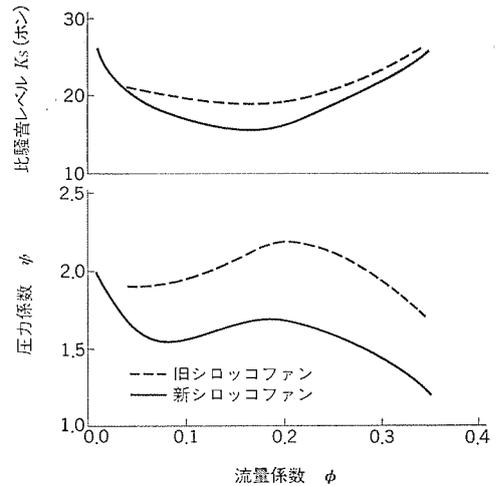


図1. シロッコファンの特性曲線 ($D_2=160$ mm)

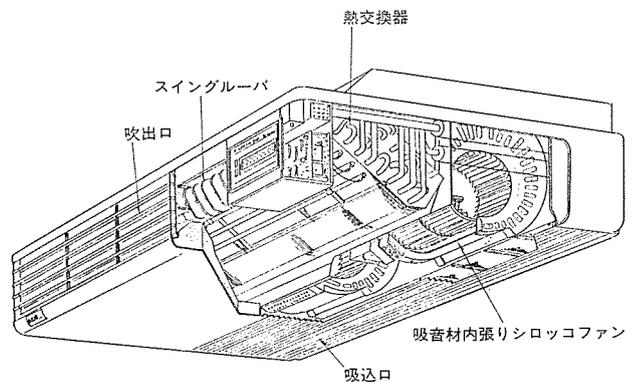


図2. 室内ユニット透視図

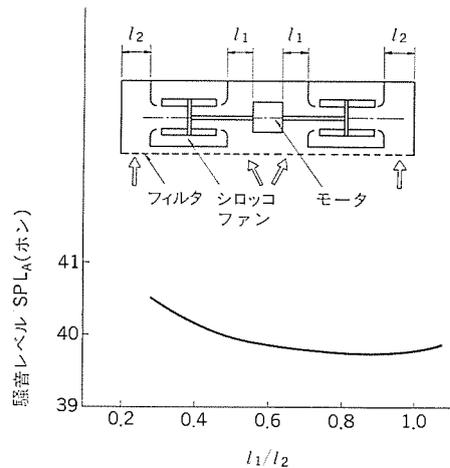


図3. モータとファンとの配置寸法の影響

転時の圧力が低い、これは、羽根車内の流れが改善されたためと推測される。

(2) 最適配置による通風抵抗の低減

配置の変更により通風抵抗を減少させる可能性がある部分として、ファンと熱交換器との配置とモータと2つの両吸込シロッコファンとの配置が考えられる。ファンと熱交換器との配置についてはユニットの厚みと奥行の制約により図2.に示すような配置にしたが、モータと2つの両吸込シロッコファンとの配置については実験的に最適配置を求めることを行った。その結果を図3.に示す。このような検討の結果、当初より2ホン騒音低減することができた。

(3) 吸音材内張りファンの採用

上記までの低騒音化だけでは目標に対しまだ不十分であったので、ファンケーシングに多孔質吸音材を内張りすることを行った⁽³⁾⁽⁴⁾。ユニット厚みの制約及び吸音材の固定などのために図2.に示す部分にだけ吸音材を使用し、吸音材の材質、比重、厚みなども空力・騒音特性やユニット寸法などを考慮して最適なものを選択した。図5.に吸音材内張りの効果について示す。この吸音材内張りにより約2.5ホンの低騒音化がはかれた。

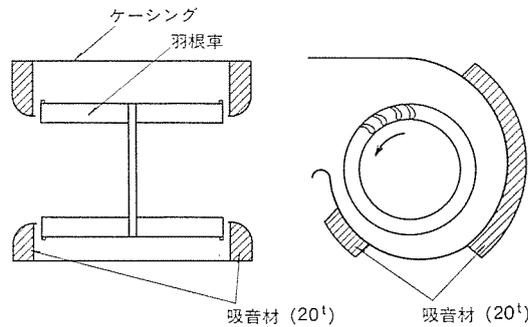


図4. 吸音材の内張り構造

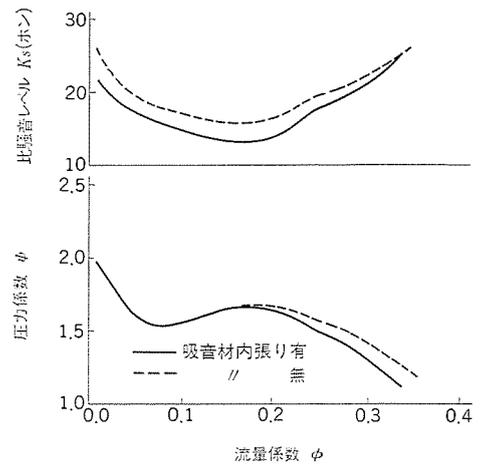


図5. 吸音材内張りによるシロッコファンの特性変化

以上のことにより、2.1, 2.

2節で挙げた開発目標を達成することができた。

3.2.2 室外ユニット

(1) 最適ファンの種類と形状の選択

ユニット形状寸法や必要風量・風圧の仕様から、前述のプログラムを使ってファンの種類の選択を行った結果、プロペラファンが最も低騒音となることが明らかとなったので、プロペラファンを採用することとした。同時にこのプログラムの中で、現在までに開発したプロペラファンの中から選んだ最も低騒音のファン(比騒音レベル K_s の最小値が最も小さいファン)の相似ファンをユニットに組込んだ場合の、図6.に示すようなファン外径と騒音レベルとの関係を探り、最も低騒音となるファン外径を予想した。その結果を使って実験的にも検討しファン外径を決定した。

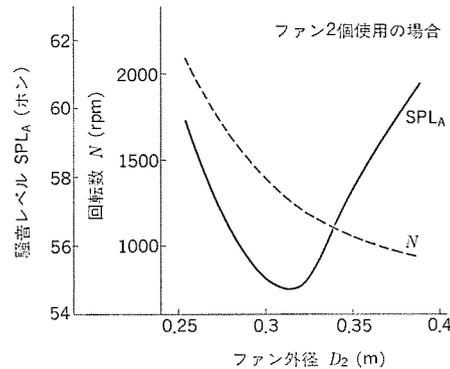


図6. 騒音レベルとファン外径との関係 (相似設計)

(2) 最適配置による通風抵抗の低減

熱交換器とファンとの配置を最適にすることにより通風抵抗の低減を図り、低騒音化を実現させた。具体的には、ファンの吸込側に設けられたL形熱交換器に対するファンの左右方向の最適位置を実験的に求めることを行った。その結果を図7.に示す。この結果より W_1/W_2 が0.85程度となるように熱交換器とファンとの配置を行った。

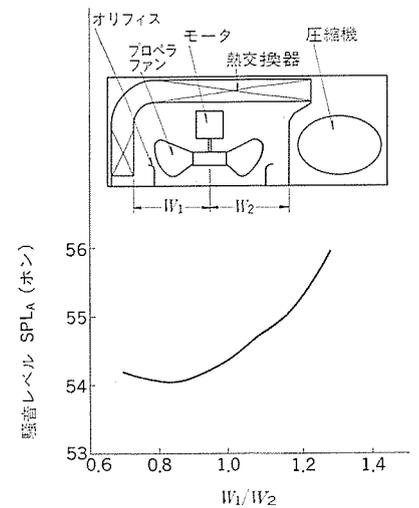


図7. 熱交換器とファンとの配置寸法の影響

以上のことを行うことにより、図8.に示す形状で2.4節で挙げた開発目標を達成することができた。結果を当社従来品と比較して図9.に示す。これを見てわかるように奥行寸法で47%減、本体床面積で30%減、吸込み・吹出し・サービススペースを据付必要スペースで45%減と大幅な省スペースを達成できた。更に重量も19%の軽量化を実現した。

3.3 冷媒回路設計

3.3.1 冷暖房能力・エネルギー消費効率の向上

能力・効率の向上のためには、以下が最も効果的な方法である。

- (1) 冷媒回路系圧力損失の低減
- (2) 圧縮機単体性能の向上
- (3) 冷媒流量の最適制御

以下にこれらについて具体的に説明する。

(1) 冷媒回路系圧力損失の低減

冷媒回路においては特に蒸発器入口から圧縮機に至る間の圧力損失

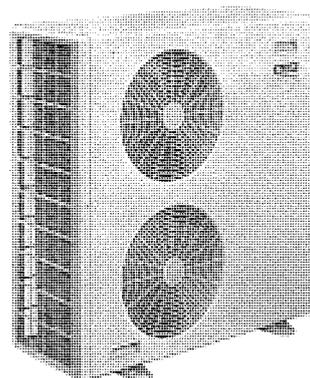


図8. 室外ユニットの外観

		従来形	新形
製品寸法	高さ(mm)	945	850
	幅(mm)	600	800
	奥行(mm)	600	320
床面積(m ²)		0.36	0.256
重量(kg)		104	84

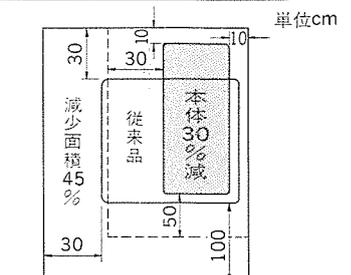


図9. 室外ユニット据付性の新旧比較

が、冷暖房能力とエネルギー消費効率(EER=冷暖房能力/電気入力)に大きく影響する。例えば、圧力損失を0.1(kg/cm²)改善すると1~1.5%能力を向上することができる。そこで冷媒回路各部の圧力損失の詳細な検討をもとに、室内外熱交換器パス数の増加、合理的な配置による配管の節約、及び室内外接続配管、四方弁、アキュ

ムレタなどの改善を行った。これらの改善により、従来品と比較して低圧側の圧力損失を $0.35\sim 0.4$ (kg/cm^2) 減らすことができた。

なお、アキュムレータの改善に際し、U字管の径や曲率・油もどし穴の径や位置を変化させ、サイトグラスによる観察によって冷暖房ともあらゆる運転条件で従来よりスムーズな油もどりが可能となるような最適形状・寸法を決定した。これにより、圧縮機の信頼性を更に向上することができた。

(2) 圧縮機単体性能の向上

圧縮機単体では主に、圧縮機内での吸入ガスへの熱漏れの減少による吸入ガスのスーパーヒートの低下、流路改善による吸入抵抗の低下、及び効率のよいボア/ストローク比の選定を行うことにより性能向上を達成した。

(3) 冷媒流量の最適制御

冷媒流量の制御はキャピラリーチューブで行った。一定の冷媒充填量のもとでは冷暖房能力がキャピラリー長さに対して図 10. のように変化する。したがって最適運転を実現するためには暖房用のキャピラ

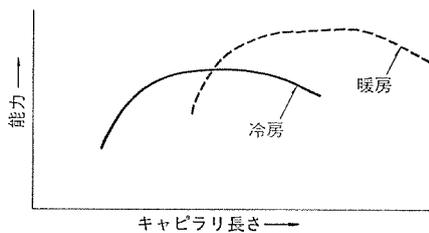


図 10. キャピラリー長さに対する冷暖房能力

リを少し長くとる必要がある。今回の設計ではシミュレーション計算によって冷房用・暖房用のキャピラリー長さの範囲を予測し、室内外温度の変動に対しても冷暖房能力が十分高く維持できることを実験的に確認して最終的なキャピラリー長さを決定した。

以上のような種々の改善により、従来と比べ冷暖房能力で約 10% アップ (60 Hz で冷房 7,700 (kcal/h), 暖房 8,200 (kcal/h) を達成した。また EER も 7% 向上した。

3.3.2 低外気温時の暖房特性の向上

低外気温時の暖房特性で問題となるのは、蒸発器 (室外熱交換器) への着霜現象と、低蒸発温度で生ずる油循環の不良である。そこで図 11. に示すような冷媒回路の改良と、霜取り制御用電気回路の改良によってこれらの問題の解決をはかった。

冷媒回路に対しては、キャピラリー入口と蒸発器出口の冷媒を熱交換することにより蒸発器出口の冷媒を湿り状態に維持して蒸発器の伝熱を促進し、フィン温度を高めて着霜を減少させた。しかも蒸発器からの液もどりがスムーズとなるため低外気温時の特性も向上した。また、霜取りはリバースサイクル方式をとっているが、図 11. に示すように室外熱交換器を上下 2 段に分割し、除霜時上部熱交換器へは最上部へホットガスを送り、下部熱交換器へは最下部へホットガスを送るようにしたため、熱交換器最下部での再氷結が防止でき、除霜を短時間で効率よく行うことが可能となった。

このような冷媒回路の改良と、後述の霜取り制御用電気回路の改良とにより、従来より 8°C 低い -15°C の外気温温度まで安定した暖房運転が可能となった。

以上の冷媒回路設計を行うことにより、2.5 節で挙げた開発目標

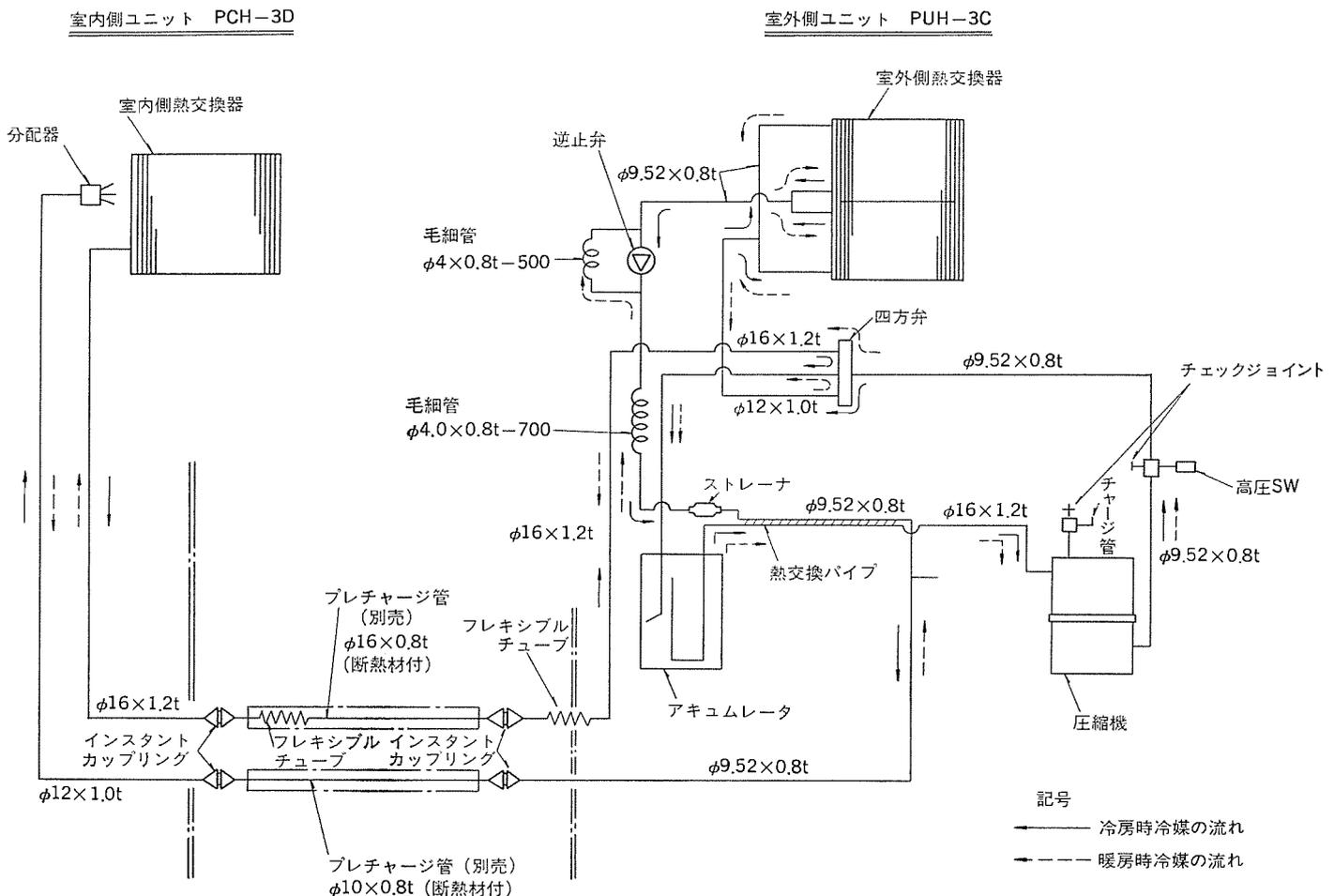


図 11. 冷媒回路図

表 1. 製品仕様

項目		形名	PCH-2D	PCH-3D	PCH-4D	PCH-5D
冷房	定格冷房能力	kcal/h	4,500/5,000	7,100/7,700	9,000/10,000	11,200/12,500
	定格消費電力	kW	2.24/2.6	3.1/3.8	4.1/5.0	5.1/6.3
暖房	定格暖房能力	kcal/h	5,200/5,700	7,500/8,200	9,500/10,600	12,900/14,400
	定格消費電力	kW	2.0/2.4	2.9/3.4	3.7/4.5	4.7/5.8
定格電源			3相 200V 50/60Hz			
室内ユニット	外形寸法 高さ×幅×奥行	mm	250×1,187×665		250×1,556×665	300×1,556×730
	熱交換器形式		クロスフィン			
	送風機形式×個数		シロッコファン×2		シロッコファン×3	シロッコファン×2
	“ 風量	m ³ /min	12-13.5-18/13-15-20	13-14.5-20/14-16-22	16-19-25/18-21-28	21-24-32/23-26.5-35
	“ 電動機出力	kW	0.03	0.06	0.042+0.055	0.12
	補助電熱器	kW	2.1	2.4	2.7	3.0
	運転調整装置		リモートコントローラ (操作スイッチ, 温度調節) 表示灯			
	騒音	dB(A)	32-35-42/34-38-44	36-38-45.5/37-40-48	38-41-47/39-43-50	39-43-50/42-46-52
製品重量	kg	38	40	58	59	
室外ユニット	形名		PUH-2D	PUH-3C	PUH-4C	PUH-5C
	外形寸法 高さ×幅×奥行	mm	516×785×414	850×800×320	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	1.5	2.2	2.7	3.75
	送風機形式×個数		プロベラファン×1	プロベラファン×2		
	“ 風量	m ³ /min	32/33	46/47	87/87	
	“ 電動機出力	kW	0.04	0.035+0.03	0.08+0.055	
	霜取方式		リバーサイクル			
圧縮機保護		HP, TH, TOCR	HP, TH		HP, TH, OCR	
騒音	dB(A)	53/55	54/55	56/57		
製品重量	kg	83	84	113	138	

を達成することができた。

3.4 電気回路設計

電気回路における主な改良点は、ニューグリーンサインやフィルターアイなどの表示機能の拡充と、霜取制御方法である。

ニューグリーンサインは、設定温度 (t₀) を点灯表示、室温 (t_R) を点滅表示で表して空調効果を視覚に訴える回路とし、また表示幅も冷房時 22~30°C、暖房時 17~25°C と広く、1 deg ごとに表示するようにした。

フィルターアイは E-CELL により 70 時間 (約 1 週間使用) 積算後表示し、フィルターは清掃時期が分かるようにした。リセットは吸込グリル内部に設けたリセットボタンにより清掃後リセットするようにした。

霜取制御方式は従来のサーモ方式からサーモとタイマを連動させて除霜を行う方式に変更した。しかも従来のサーモとタイマ連動方式 (ダイヤサ方式) の欠点であったタイマとサーモ命令のずれによる除霜のとびこし現象を防止させた。

3.5 その他の構造上の特長

室内ユニットに対しては、完全下吸込方式にすると同時にユニット上面と側面におう (凹) 部を設けて据付時の取付足とアンカーボルトが露出しない構造にしたことにより、天井面・壁面に密着して取付けられるようになった。また機内での配管接続も可能とし、取付足や配管等が全く露出しないインテリア性に優れた構造とした。

室外ユニットに対しては、ねじ 1 本でサービスパネルの取外しが可能な構造にすると同時に配管接続部にはフレキシブルチューブを標準装備して、配管作業の改善を行った。

4. 仕様

天吊形ヒートポンプ PCH-D 形シリーズ (2~5 HP) の仕様を表 1. に示す。

5. むすび

事務所・店舗用エアコン《Mr. SLIM》シリーズは、ユーザーや据付業者のニーズを十分調査検討して目標を設定し、薄形化・低騒音化・性能アップに重点を置いて開発したものである。今後も市場のニーズを適確にとらえた製品を、さらに技術力の蓄積により開発していく所存である。

参考文献

- (1) 中島：冷凍，53，No. 609，p. 641 (昭 53)
- (2) 秋下，森主：冷凍，53，No. 609，p. 592 (昭 53)
- (3) 田中：騒音制御，3，No. 4，p. 21 (昭 54)
- (4) W. Neise, et al.: Noise Control Engineering, 8, No. 3, p. 100 (1977)

カセット形ファンコイルユニット及び柱形ファンコイルユニット

佐藤 峯夫*・川口 忠明*・富永 篤夫*

1. ま え が き

ファンコイルユニット空調方式は、各部屋を個別に快適に空調ができるなどの利点を有し、一般的なビル空調システムであるが、近年、このセントラル冷暖房の放熱器であるファンコイルユニットに対しビル機能の多様化、建築コストの上昇に伴い、快適性、省工事性、省スペース性が強く要求されてきている。

当社では、このような要求に対応してサービス性、工事性を改善した空気吸込口、吹出口を持つ天井パネルを天井面から露出させた天井半埋込タイプのカセット形ファンコイルユニット、また、すえ(掘)付スペースを縮小し、上下階を貫通する断熱材付配管セットを持つ柱形ファンコイルユニットの2種類のファンコイルユニットを開発したので、その概要について説明する。

2. カセット形ファンコイルユニット

2.1 概要及び仕様

図1.の据付例に示すように、天井パネルのみ露出し、コイル、送風機を内蔵した本体は天井内に埋込まれて設置される。従来のファンコイルの機種は床置形、天井形、天井埋込形があり、据付けが容易なことから床置形が設置されるケースが多かったが、床面スペースの有効利用から天井形、天井埋込形が多く設置されるようになってきた。しかし、天井形は天井面よりユニットをつ(吊)り下げのために圧迫感があり、また、ドレン水を排出するために壁際などに設置しなければならないという制限がある。天井埋込形は吸込グリル、吹出グリルを天井面より露出させ、ユニットは天井内に埋込み、グリルとはダクトで接続されるため意匠的にもよく、設置場所は特に制限を受けないが、ユニットをメンテナンスする際は天井内は狭いため作業がしにくいなどの問題がある。カセット形ファンコイルユニットは以上のような天



図1. カセット形ファンコイルユニット据付例

表1. カセット形ファンコイルユニット仕様

形名		LH-200 CR	LH-300 CR	LH-400 CR	LH-600 CR
外装	本体	亜鉛引鉄板			
	パネル	冷間圧延銅板 メラミン挟持ハンマーネット塗装 マンセル 5Y9/1.5			
冷房能力 (kcal/h)		1,320	2,190	3,060	4,650
暖房能力 (kcal/h)		2,350	3,620	4,870	6,790
水量 (l/min)		4.4	7.3	10.2	15.5
水頭損失 (mAq)		0.66	1.4	2.0	1.9
電源		単相 100V 50/60Hz			
入力 (W)		22/25	31/36	45/55	98/109
風量 (m ³ /min)		0.1	8.5	11.0	17.0
風量調節		強・中・弱・切の押ボタンスイッチ			
吹出口		鋼板製風向グリル			
フィルタ		サラネットフィルタ〈水洗浄式〉			
騒音 (ホン)		32	35	35	37
外形寸法	高さ(mm)	天井パネル 74+本体 525			
	奥行(mm)	508			
	幅(mm)	820	1,060	1,260	1,640

注) 1. 強ノッチの特性値
2. 冷房能力は冷水温度 7°C, 吸込空気 DB=27°C, WB=19.5°C 水出入口温度差 5°C
暖房能力は温水温度 60°C, 吸込空気 DB=21°C の条件

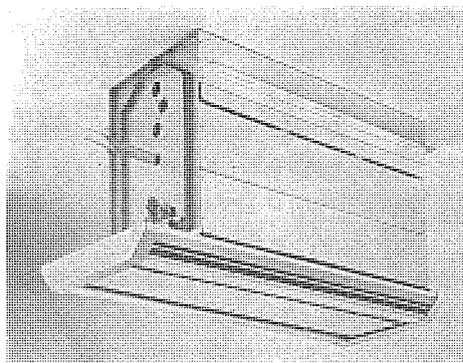


図2. カセット形ファンコイルユニット

井形、天井埋込形の問題を解決すべく開発した機種である。

機種は室内熱負荷容量に応じて4機種あり、その主な仕様を表1.に示す。また図2.に外観を示す。

2.2 特長

カセット形ファンコイルユニット LH-CR 形の特長として次のようなことがあげられる。

2.2.1 据付性、サービス性の向上

従来の天井埋込形は、ユニットを天井内に吊り下げ、吸込み、吹出ダクトを接続し、吸込グリル、吹出グリルを天井面に取付けていたが、カセット形は送風機、コイルを内蔵するユニットを天井内に据付け、天井をはった後、吸込み、吹出口を有する天井パネルを本体に取り付けることにより据付工事が完了できる。また、天井パネルとフィルタを

取外したスペースがサービススペースとなるので従来の天井埋込形に不可欠であったメンテナンス用点検口を天井面に設ける必要がない。このため据付工期は大幅に短縮でき、かつ工事費用を縮減することができる。

図3.のサービス要領図に示すように、フィルタの清掃に際してはヒンジ式のサービスパネルを開ければ、天井パネルから簡単に取外することができる。冷温水中に含まれる空気がコイルに滞留すると冷暖房能力が低下するために冷暖房シーズンの開始に際してはエア抜きの必要があるが、そのエア抜きバルブの操作もサービスパネルを開けることにより操作可能となる。サービスひん度は少ないが、送風機のファン、モータの清掃、交換、また、ドレンパンの清掃などの保守については、本体を天井内より取外して行う。万一熱交換器を取外す場合でも配管を外しコイルが組込まれた内わく(枠)組立てが継ぎ板を外すことにより外枠組立てから外れて下方に降ろすことができる構造としている。

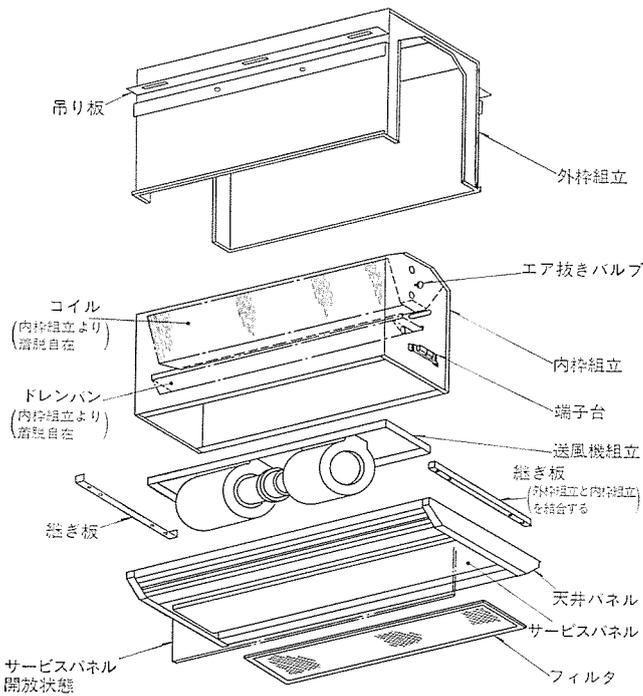


図3. サービス要領図

2.2.2 低騒音

通風抵抗の減少、高効率送風機の採用等により低騒音化を図った。図4.はLH-400CR形の騒音分析結果(NC線図)でユニットを防音室に設置し、ユニットから1.5mの位置で測定したものである。図からわかるように事務所などに設置されたときにも騒音が気にならないほどの低音化となっている(強ノッチで35ホソ)。

2.2.3 気流分布の向上

天井パネルは長方形であり、各種類のパネル寸法は短辺を一定とし能力の大きな機種は長辺を大きくして、かつ吹出口は長手方向の両側となっている。このため各種類の吹出口風速は同等で風の到達距離の機種によるばらつきは少なくより広い空調範囲で良好な気流分布が得られる。また、吹出口には風向き変更ルーバを有しているので暖房時は下向きにし、冷房時は上向きにすることにより室内の上下温度差を少なくすることが可能となる。図5.に冷房時における気流分布特性を示す。

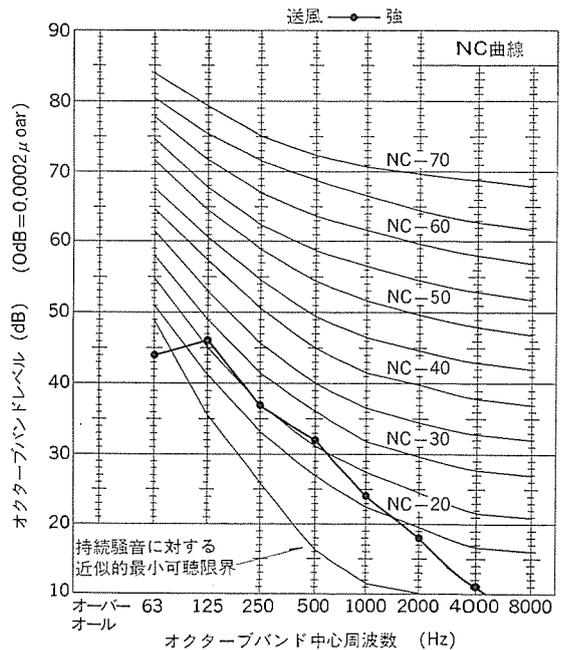


図4. LH-400CR形騒音分析表

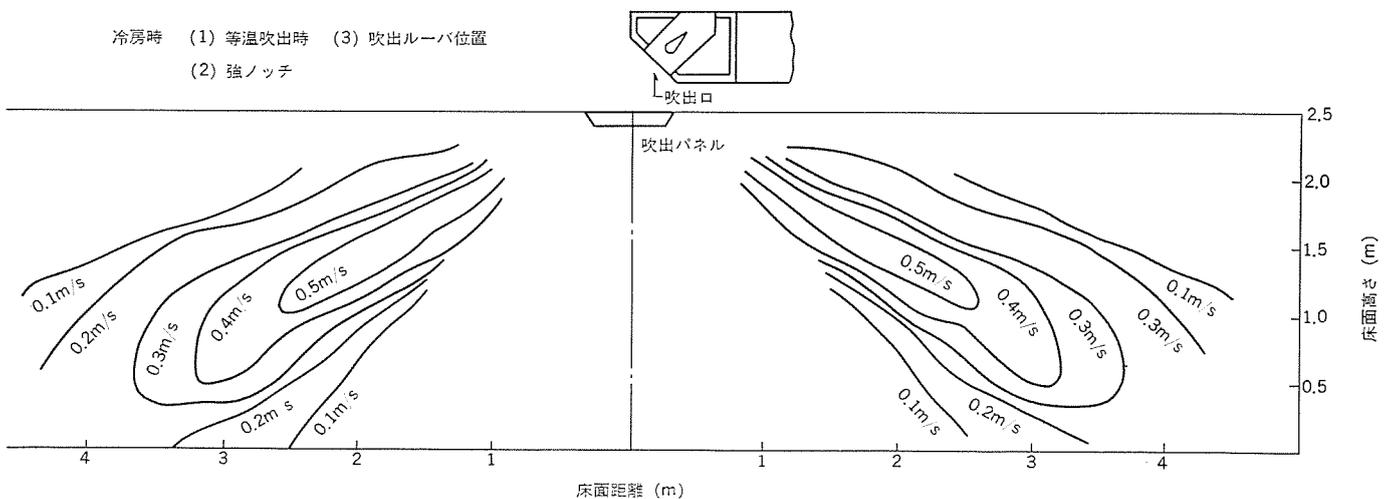


図5. LH-CR形風速分布

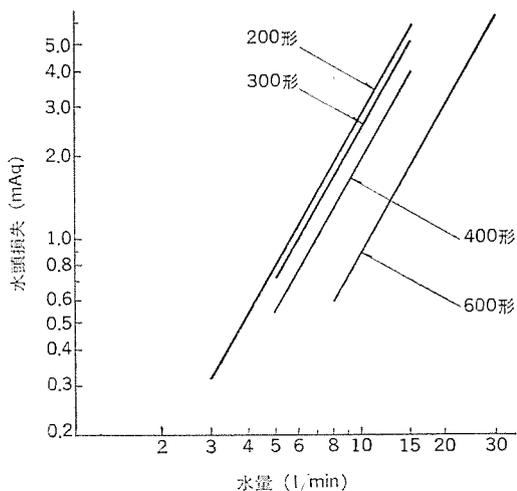


図 6. LH-CR 形水頭損失線図

2.2.4 水頭損失特性の改善

熱源機器の関連より、ファンコイルユニットの選定はユニットへの冷温水の出入口温度差を一定として行われる。冷暖房能力は水量と出入口温度差の積であるため、能力の大きな LH-600 CR 形は LH-200 CR 形に比較して多くの水量を必要とする。一方配管システムから考えると、各ユニットに流れる水量は循環ポンプの揚程特性とポンプからユニットまでの水頭損失とユニットの水頭損失とによって決定されるため、各機種の水頭損失が大きく異なると調整バルブで各ユニットごとに水頭損失を調整する必要が生ずる。図 6. に示すように多くの水量を要する機種ほど水頭損失が少なくなるようにコイルの流路設計をしたため、各機種の必要水量時の水頭損失は同等となり、配管系のバランスはよくなる。特にリバースリターン方式の配管システムでは、ユニットまでの配管長さはほぼ同等となるため各機種の流量調整は容易となる。

3. 柱形ファンコイルユニット

3.1 概要及び仕様

通常ファンコイルユニットは室内負荷及び設置場所に応じて形式、能力サ

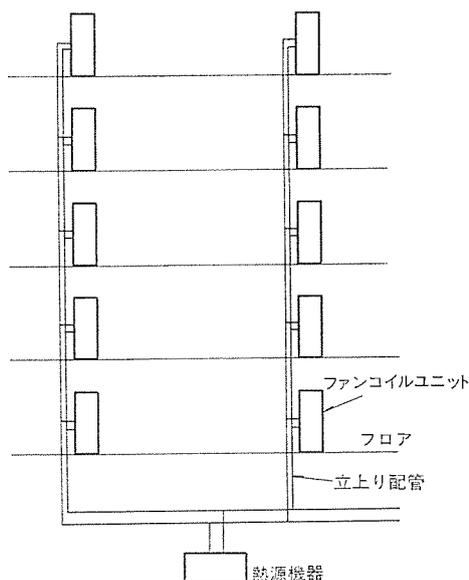


図 7. 配管システム例

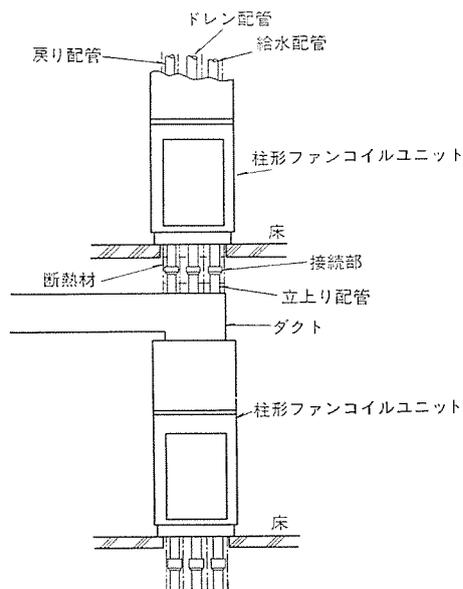


図 8. 配管接続部概要

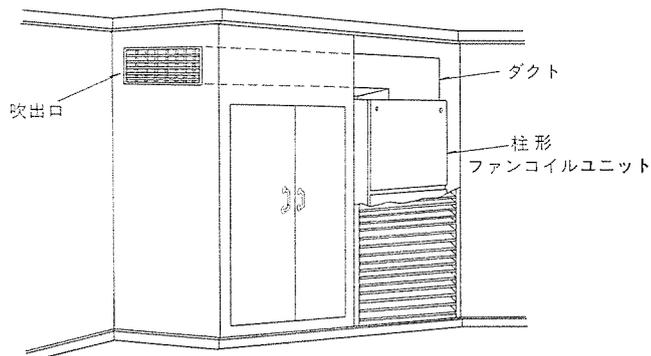


図 9. 柱形ファンコイルユニット据付例

イズが選定されるが、ホテルなどの下層階から上層階までの室内の形状、負荷が同等である建物では同一の機種が各階同一場所に据付けられることが多い。その際、配管方法は図 7. に示すように 1 階から最上階まで垂直に配管を立上げる方式が最も簡易である。ファンコイルユニットに関しては、ホテルなどにおいては据付スペースが限定されるため床面積の小さいものが要求される。したがって、ファンコイル形状を縦長にした柱形が望ましいことになる。上下階を貫通する立上がり配管と柱形ファンコイルユニットとを工場で製作し、しかも配管に断熱材を施工しておけば現地での作業は図 8. に示すように立上がり配管の接続及び同箇所断熱工事のみですむため非常に現場工事が簡易化される。図 9. は設置例を示す図であり、ホテルの洋服ダンス横に埋込まれ短いダクト接続で室内に冷温風が吹出される。

表 2. は今回開発した床置埋込形 LV-CR 形 3 機種の仕様である。

3.2 特長

3.2.1 据付性、サービス性の向上

図 10. に構造図を示す。ユニット後部に断熱材付きの立上がり配管(冷水、温水、ドレン配管)と配管取付金具がセットされている。この配管セットとファンコイルユニットとも工場で製作され、おのおの別梱包で出荷される。据付けは配管セットを 1 階から最上階まで接続し、接続部を断熱工事し、次にファンコイルを据付け、機内配管とフレアノットで接続し工事は完了する。配管セットとファンコイルが一体化され

表 2. 柱形 ファンコイルユニット仕様

形名	LV-600 CR-EX	LV-800 CR-EX	LV-1000CR-EX
外装	亜鉛引鉄板		
冷房能力 (kcal/h)	5,050	7,100	9,200
暖房能力 (kcal/h)	7,650	10,800	14,000
水量 (l/min)	16.8	23.7	30.7
水頭損失 (mAq)	2.5	2.8	2.7
電源	単相 220 V 50 Hz		
入力 (W)	135	160	230
風量 (m ³ /min)	16.8	22.8	28.2
風量調節	強・中・弱・切		
吹出口	フランジ		
エアフィルタ	不織布〈水洗浄式〉		
立上り配管	冷水	1 1/2" 銅管	
	温水	1" 銅管	
	ドレン	1" 銅管	
騒音 (ホン)	37	39	42
ユニット外形寸法	高さ (mm)	1,840	
	奥行 (mm)	460	
	幅 (mm)	500	600

注) 1. 中ノッチの特性値
 2. 冷房能力は冷水温度 7°C, 吸込空気 DB=27°C, WB=19.5°C, 水出入口温度差 5°C
 暖房能力は温水温度 60°C, 吸込空気 DB=21°C の条件

送風 強 ● 中 ▲ 弱 ■

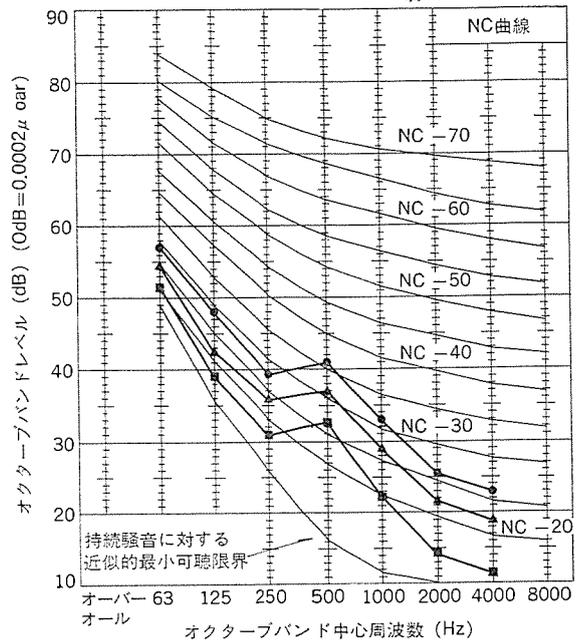


図 11. LV-800 CR 形騒音分析表

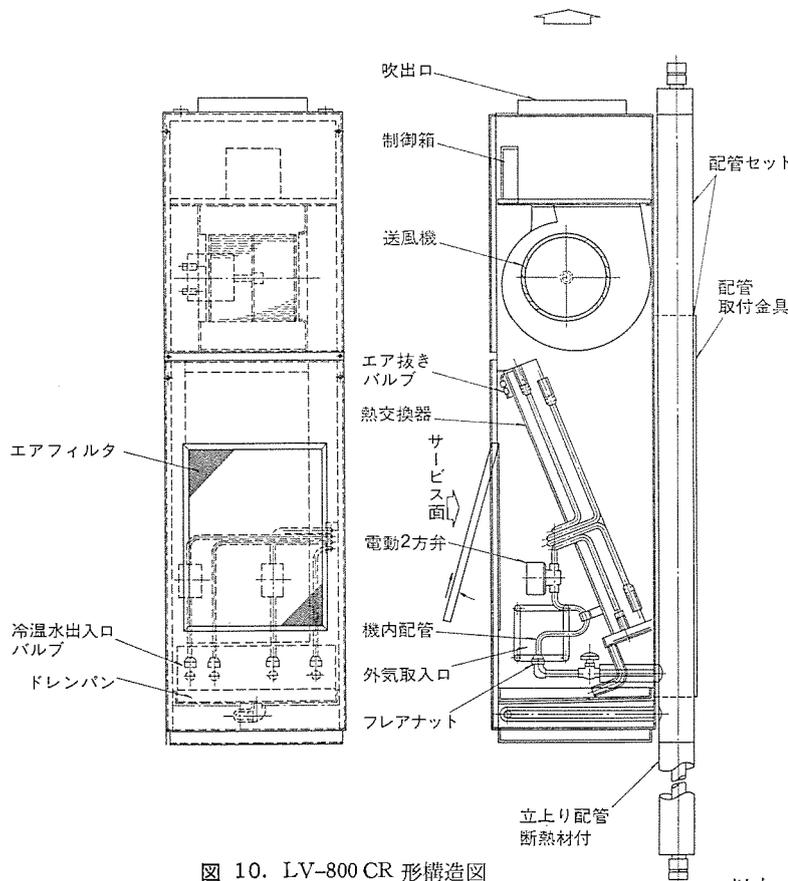


図 10. LV-800 CR 形構造図

で出荷されるのに比べて、個々が軽量なため工事性がよくなる。このように大部分の配管システム部材は工場ユニット化されるため現場での工事が大幅に縮減される。

エア抜きバルブ、冷温水の出入口バルブの操作は前面のフィルタを取外すことにより実施でき、また、送風機の点検が必要とされたときもすべて前方より容易に行える構造としている。万一ユニットを取外す場合も、バルブを閉じてフleaナットを外すことで可能となる。このようにすべてのサービス作業が前面1方向から行える。

3.2.2 銅配管の使用

立上り配管及び機内配管は銅管を使用しているため、耐食性に優れており、接続はろう付けにて容易に行うことができる。

しかし一方、銅管の線膨張係数は大きいため、冷温水の温度立上がり時には伸縮率は大きい。このため機内配管はループをとり 15 mm 程度の立上り配管の伸縮に耐えるように設計した。しかし高層ビルの場合配管全体が長くなるため、中間階に伸縮継手を入れて伸びを吸収して配管に過大な応力が加わらなくする必要がある。

3.2.3 低騒音

ホテルなどに使用されるため、騒音は重要視される。このため通風路しゃ音の見直し、送風機の振動改善等により低騒音とした。図 11. は LV-800 CR 形の騒音分析結果 (NC 線図) でユニットを防音室に設置しユニット前方 1 m の位置で測定したものである (強ノッチで 39 ホン)。

4. むすび

以上、2種類のファンコイルユニットの特長、特性について簡単に述べた。今後とも省エネルギー、省工事は大きな課題であり、工事施工サイドの要求とユニットにおける機能、コストの接点を求めて今後とも改良、開発を続ける考えであるので各方面からご指導いただければ幸いである。

フィンコイル式温水床暖房パネル

湯山 英*・佐藤 峯夫**

1. ま え が き

近年、床暖房が、暖房形態として極めて優れていることが認識され、急速に普及している。これは、床暖房のメカニズムがふく(輻)射を主体に対流を伴う“頭寒足熱”という暖房の基本的な原則を満たしていること、また快適暖房温度が温風暖房の場合よりも約4℃低いため、省エネルギーが必然的に達成される暖房形態であることなどが認識されてきたためと考えられる。

更に、床暖房では室内に熱源及び可動部分を必要としないために安全で衛生的であり、かつ騒音がなく、室内の有効スペースを取らないなど数多くの特徴を挙げることができる。

しかしながら、欠点として次のことが指摘されてきた。

- (1) 初期の設備費が比較的高い。
- (2) 立上がり時間が長く、負荷の変動に対する即応が難しい。
- (3) 暖房負荷が大きい場合、必要な暖房床面積を取れないことがある。
- (4) 重量物及び局所荷重に対して懸念がある。

などである。

これに対して、我々は上記欠点を解消する床暖房パネルの実現を目標にして、空調用プレートフィン熱交換器の基本構造を応用した、フィンコイル式温水床暖房パネルを開発した。本稿では、その構造・特徴を紹介するとともに、放熱特性・温度分布などの解析結果と具体的な省エネルギー効果並びに暖房システムへの応用例について述べる。

2. フィンコイル式床暖房パネル

2.1 フィンコイル式パネルの構造

プレートフィン熱交換器は、多数枚積層したフィンに伝熱管をそう(挿)通し、拡管によってフィンと管の接触面を密着保持させて成るものであり、熱的な性能が優れているため、ルームエアコンなどの空調機器に多用されている。

フィンコイル式パネルは、このプレートフィン熱交換器のフィンの片側を折り曲げてパネル面を形成し、内部に充填材を発泡してユニッ

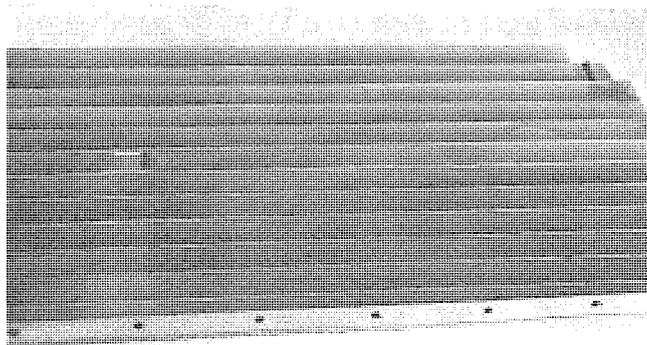


図 1. フィンコイルパネル 外観

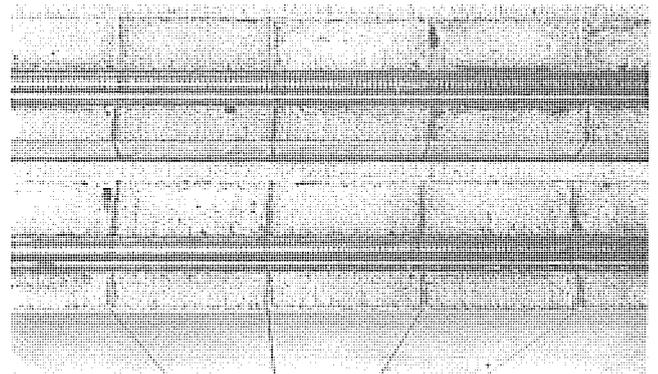


図 2. フィンコイルパネル 断面 (2枚重ね)

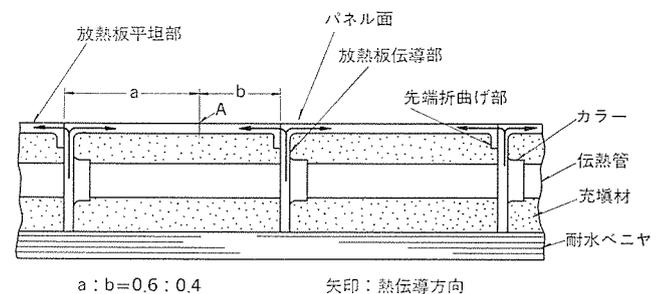


図 3. フィンコイルパネルの断面構成

トパネルとしたもので、図 1. にパネル外観、図 2. に断面構造を示す。

2.2 フィンコイル式パネルの特徴

図 3. にパネルの断面構造を示す。このパネルの特徴は次のとおりである。

- (1) 放熱板伝導部がパネル面への熱伝導要素であるとともに、床荷重に対する支持要素となっているため、曲げ及び圧縮荷重に対して優れており、特に局所荷重に強い。
- (2) 拡管方式のために接着が不要で、放熱板と管の接触熱抵抗が極めて小さく、更に先端折り曲げ部が隣接する放熱板伝導部と密着するため、パネル面の温度が均一となる。
- (3) パネルの熱通過率が大きいため、低温水でも十分な放熱量が得られ、しかも、高温水を通してパネルが変形しない。
- (4) プレートフィン熱交換器の製造工程を利用できるため、生産性・信頼性が高い。

3. 解 析

パネルの熱的な性能を支配する、管ピッチ・放熱板幅・厚さなどの構造形状の最適値を得るため、水平平板からの放熱量・放熱板温度分布及び構造要因が経済性に及ぼす影響などについて解析した。

3.1 床面からの放熱量

床暖房の場合、室内への放熱量 Q_t は次のように表される。

$$Q_t = Q_c + Q_r \dots\dots\dots (1)$$

ここに Q_t : 室内側への全放熱量 (kcal/h)

Q_c : 対流による放熱量 (kcal/h)

Q_r : 輻射による放熱量 (kcal/h)

ここで、対流による放熱量は、水平平板の上向き面が高温側となる場合の熱伝達率より得られる。

$$Q_c = \frac{N_u \times \lambda_a}{l} (\Delta t) A \dots\dots\dots (2)$$

ここに N_u : ヌッセルト数 $\{=0.14(G_r \times P_r)^{0.333}\}$

λ_a : 空気の熱伝導率 (kcal/m・h・°C)

l : 放熱板の代表長さ (m)

Δt : 床表面 t_f と室内空気 t_a との温度差 (°C)

A : 床暖房面積 (m²)

次に輻射による放熱量は次式(3)で表される。

$$Q_r = \varepsilon \times 4.88 \left\{ \left(\frac{t_f + 273}{100} \right)^4 + \left(\frac{UMRT + 273}{100} \right)^4 \right\} A \dots\dots (3)$$

ここに ε : 床面の輻射率

$UMRT$: 非加熱面の温度と表面積に基づいた平均表面温度 (°C)

式(1), (2), (3)により、床面の輻射率を通常の値である0.75~1.00の範囲とし、一般的な床暖房条件における放熱量を求めると、全放熱量に対する輻射放熱量の比は

$$\frac{Q_r}{Q_t} = 0.5 \sim 0.6$$

となり、輻射による放熱量が多いという快適条件を満たしている。

実際には、天井・周壁から冷輻射があるため、各部分の面積と温度から室内の平均的な輻射温度 (MRT) を求め、これと室温から有効温度 t_e を算出する。

床暖房で快適と感じるのは、有効温度が15~21°Cの範囲であるとされており、設計・施工ではパネルの枚数、温水温度でこれを調整する。

3.2 放熱板温度分布の解析

パネルを軽量化し、管内の圧力損失を小さくするためには管数が少ないほうがよく、パネル面の温度を均一にする要求からは管ピッチ、放熱板幅を適切な値に設定しなければならない。

フィンコイル式パネルの銅管から放熱板への熱伝導は、放熱板の展開形状が簡単でないため、等価的な円形フィンの熱伝導問題としては捕えにくい。このため、放熱板温度分布の解析は次のような数値解法(ち(弛)緩法 relaxation method)によって行った。

これは、放熱板を長さ Δx , Δy の辺をもつ微小格子に区分して、その中心点(以下温度点と呼ぶ)1, 2, 3, ……の温度を $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \dots\dots$ とし、この格子上を流れる熱流を2次元定常流とみなして、各温度点における熱の平衡式を考えたものであり、例えば、図4.に示す放熱板伝導部では、次式(4)が得られる。

$$\theta_1 = \lambda z \left\{ \frac{\Delta y}{\Delta x} (\theta_2 - \theta_1) + \frac{\Delta x}{\Delta y} (\theta_3 - \theta_1) + \frac{\Delta y}{\Delta x} (\theta_4 - \theta_1) + \frac{\Delta x}{\Delta y} (\theta_5 - \theta_1) \right\} + K \Delta x \Delta y (\theta_a - \theta_1) \dots\dots\dots (4)$$

ここに Q_1 : 点1における各温度点からの流入熱量

λ : 放熱板の熱伝導率, z : 放熱板厚さ

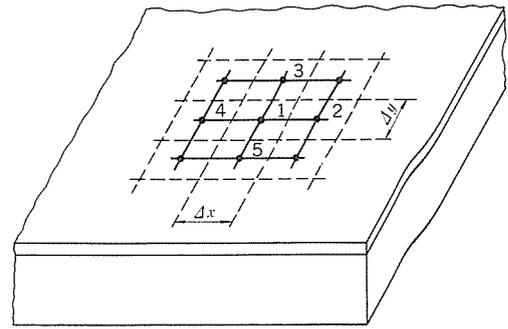


図4. 放熱板の分割(点線)と温度点

46.476	46.458	46.438	46.421	46.409	46.401	46.396	46.394	46.392	46.392
46.507	46.472	46.447	46.429	46.418	46.411	46.407	46.405	46.404	46.404
46.587	46.525	46.486	46.461	46.446	46.437	46.432	46.430	46.429	46.429
46.740	46.630	46.564	46.522	46.496	46.481	46.472	46.468	46.467	46.467
47.016	46.814	46.695	46.621	46.575	46.546	46.529	46.521	46.518	46.517
47.507	47.130	46.914	46.780	46.695	46.641	46.608	46.589	46.581	46.580
48.389	47.675	47.279	47.038	46.882	46.781	46.717	46.679	46.660	46.654
50.000	48.628	47.899	47.463	47.184	46.999	46.878	46.801	46.756	46.736
50.000	48.940	48.224	47.732	47.390	47.154	46.994	46.890	46.827	46.798
49.453	48.907	48.327	47.850	47.491	47.233	47.055	46.936	46.865	46.832

図5. 放熱板の温度分布(温水温度50°C, 空気温度17°C)

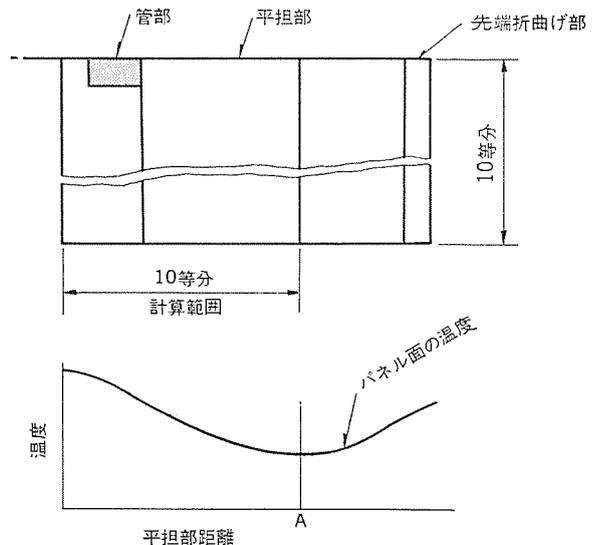


図6. 放熱板の展開モデルと温度パターン

K : 放熱板から敷物表面までの熱通過率

θ_a : 温度点上部の空気温度

同様に、各中心点の熱平衡式を得、これらの式から $Q_{1,2,3,\dots} = 0$ となるような各点の温度を求める。

図5. はパネルの構成単位を100等分し、じゅうたん敷きにおける放熱板表面温度を求めた解析結果の例である。放熱板表面で最も低温となる点でも、温水温度より4deg以内の低下にすぎない。したがって、じゅうたん表面における温度差は更に小さくなる。図6. は放熱板の展開モデルと温度パターンである。

4. 仕様と特性

前章で述べたような解析及び種々の試験に基づいて決定したユニットパネルの仕様を表 1. に示す。重量は 9 kg と軽く、しかも荷重に対して強い。

4.1 ユニットパネルの放熱特性

図 7. にユニットパネルの実測の放熱特性を示す。アルミニウムの放射率は

表 1. フィンコイル式ユニットパネル仕様

パネル外形寸法 (mm)	1,700×650×25	
有効放熱面積 (m ²)	1.445	
放熱板厚さ (mm)	0.6	
伝熱管径ピッチ (mm)	9.52, 177.8	
材 質	放熱板	アルミニウム板
	伝熱管	りん脱酸鋼継目無銅管
	充填材	発泡ウレタン
暖房能力	図 7. 参照	
最高平均使用荷重 (kg/cm ²)	30	
重 量 (kg)	9	

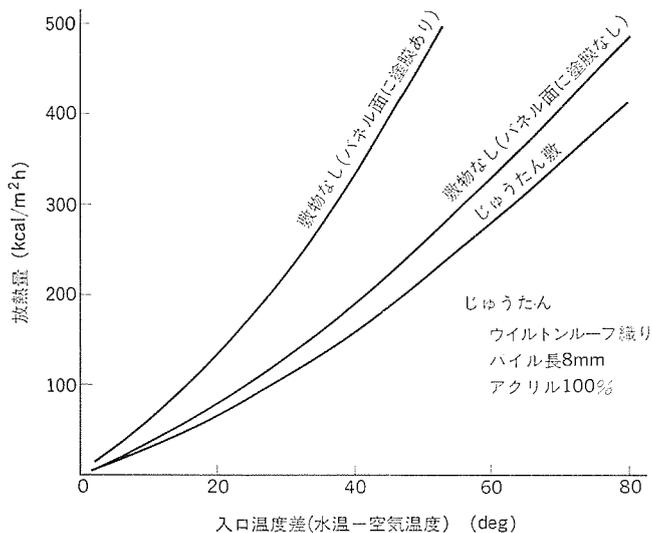


図 7. ユニットパネルの放熱量

0.1 以下であるが、塗膜の形成によって約 1.0 となるので、図の塗膜ありとなしの場合の放熱量の差から、塗膜ありの場合の放射による放熱量が求められる。この放射による放熱量は全放熱量の約 50 % であり、これは、3 章の検討結果と一致している。

床暖房で一般的な、パイル長 8 mm のルーフ織り・ウィルトンじゅうたんを敷いた時の放熱量は、入口温度差 30°C において 110 kcal/m²・h であり、40~50°C の低温水でも通常の床暖房の熱負荷を十分満たすことができる (以下図 8., 9., 10. でも上記と同様のじゅうたんを用いている)。

4.2 じゅうたん表面温度

床暖房の快適条件は、室内有効温度 15~21°C、床表面温度 25~30°C である。この時、当然ながら温水の温度は、配管と床下への熱漏れ及びパネル・建物の耐久性と安全性の点から、なるべく低いほうがよい。図 8. に温水温度とじゅうたん表面温度の関係を示しているが、上述の快適条件は温水温度 35~45°C で満たされており、水温 50°C ではむしろ不快の領域に入る。なお、水温が 10°C 高くなると、じゅうたん表面温度は約 3°C 上昇する。

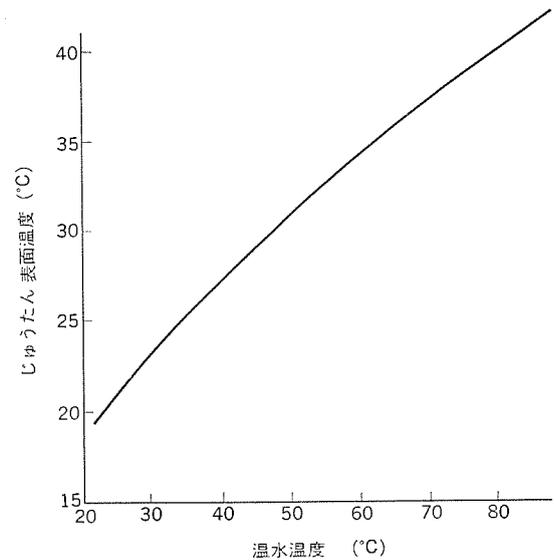
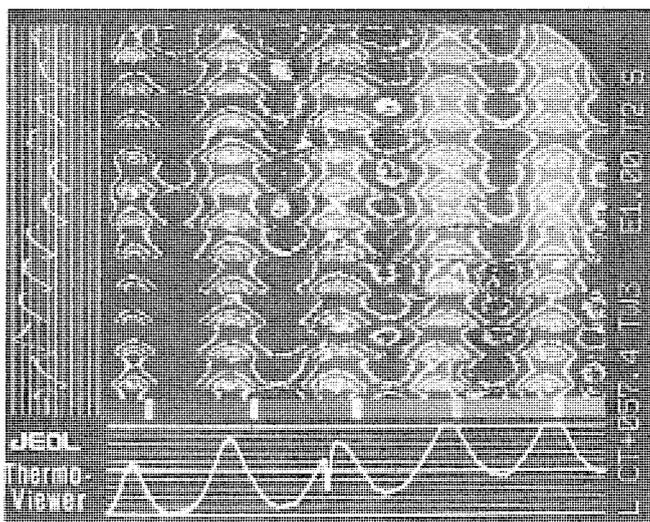
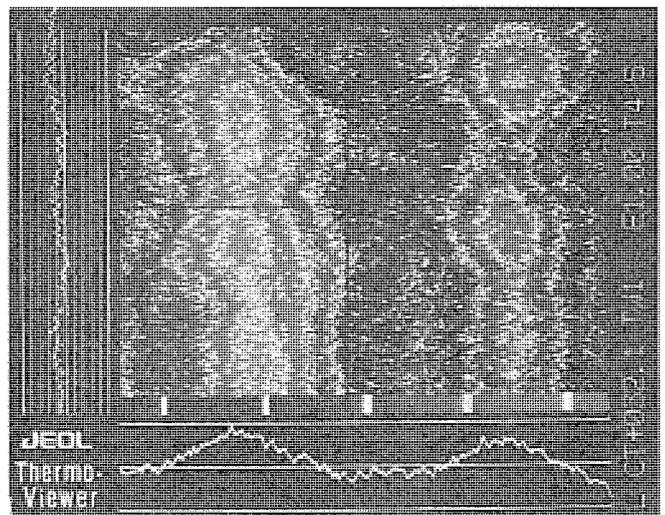


図 8. じゅうたん表面温度



(a) 敷物なし (放熱板表面) (水温 60°C, 温度幅 3 deg)



(b) じゅうたん敷き (水温 50°C, 温度幅 1 deg)

図 9. 赤外線カメラによるパネル面温度分布

4.3 パネル面温度分布

図9.(a)に敷物なしの場合、(b)にじゅうたん敷きの場合の赤外線カメラによって撮影したパネル面温度分布を示す。画面は5本等温線で表示している。

4.3.1 敷物なしの場合

水平位置温度波形では右側が高く、左側が低くなっている。これはパネル内の水温の変化を示している。更に、波形の山が管の位置、山と山の距離が管ピッチである。

次に垂直位置温度波形から、放熱板先端の温度のほうが平たん(坦)部中央付近の温度より高いことが分かる。これは、隣接する放熱板からこの部分への熱伝導があることを表している。波形の温度幅にほぼ波形全体が入っていることから、パネル面の温度が3~4 deg以内であることが明らかであり、これらは図5の解析結果の傾向とよく一致している。

4.3.2 じゅうたん敷きの場合

じゅうたん敷きでは、画面及び水平位置温度波形に管の位置及び放熱板の折り曲げによる影響が少し見られる程度で、波形の温度範囲は1 deg以内に入っている。垂直位置温度波形ではほとんど直線であり、実用状態では床面の温度むらは全く感じられないと考えられる。

なお、じゅうたん表面温度は、画面では32°Cとなっているが、熱電対による測定では29°Cであった。これは赤外線カメラではじゅうたんの表面よりも温度の高いパイルの中間又は基部からの熱が測定されるためと考えられる。

4.4 パネル各部温度の上昇特性

床暖房の欠点として、立上りの遅い点がしばしばあげられる。床暖房では、快適温度条件とパネル及び床面仕上材などの使用限界から放熱量が押さえられるため、このことは本質的な欠点とも言えるが、パネルの構造に起因することも多いため、構造改良によって相当の改善が可能である。

図10.はパネル各部温度の上昇特性であるが、水温50°Cにおいてじゅうたん表面温度が30°Cに達するまでに要する時間は約15分である。銅管を蓄熱材に埋設したパネルでの、同一条件における所要時間は90~120分であり、その状況を図中点線で示す。

従来から、パネルの熱容量が大きいことによる“やわらかな暖かさ”を強調する例が見受けられる。しかし、床暖房の快適性は床面の温度に支配されるもので、床面の温度が適確に制御されるならば、

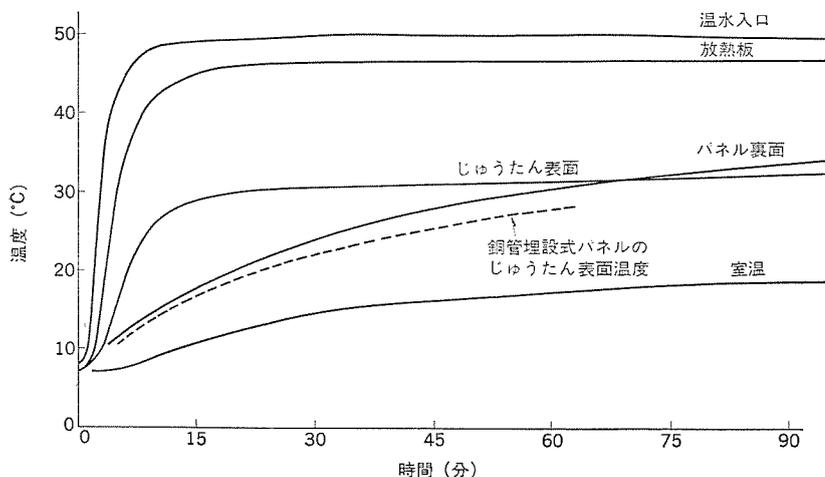


図10. 各部温度の上昇特性

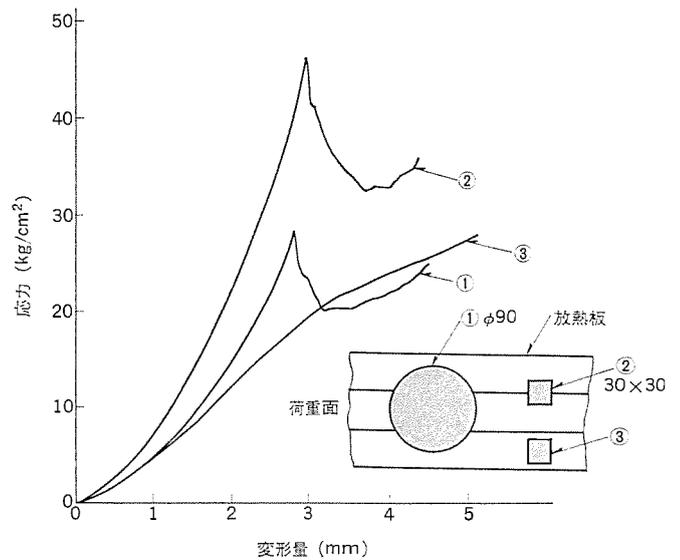


図11. パネルの圧縮強度

熱容量には影響されないものと考えられる。また、立上りの遅いパネルでは、タイマなどを用いてあらかじめ暖房しなければならず、しかも、運転停止後パネル内の熱は損失となるため、省エネルギー効果でも劣っている。したがって、熱応答性が速いこのパネルは、従来の床暖房パネルの欠点を十分改善したものであるといえる。

4.5 圧縮強度

圧縮強度を図11.に示す。一般に床暖パネルの強度は、約10 kg/cm²は必要とされており、この程度の強度があれば、通常の重量物に対してほとんど問題ない。しかし、机の足・ベットの局所的な荷重に対しては、まだ多少の不安があった。

フィンコイル式パネルの平均圧縮強度は、従来の約2倍であり、特に局所荷重に対して強いという優れた特性を有している。また、伝熱管が放熱板平坦部から約5 mm下に埋設されているため、突起物に対しても十分安全である。

図1.のパネル外観の放熱板変形部は、圧縮強度試験の荷重面であり、図11.の測定面と対応している。

5. 表面仕上材の影響

床暖房では、表面仕上材の選定が放熱特性に大きく影響する。通常の表面仕上げでは、見映え・感触・豪華などを優先して考えやすいが、一般的な仕上げとは異なり、床暖房ではその効果が十分発揮できるような配慮をする必要があり、室内への放熱を妨げるような断熱仕上げとにならないよう注意すべきである。

表2.は、じゅうたんの材質・厚さ・織り方による放熱特性の比較である。この試験はウルトン織りじゅうたんを用いて行ったものである。表より仕上材の影響について考察すると、床暖房じゅうたんの生地・材質としてはアクリルなどの合成繊維のほうがよく、純毛は比較的劣っている。パイル長は6~8 mmが適当で、パイルの織り方としてはループパイルがよい。

ループ織りが優れているのは、パイル内で対流が起りやすく、パイルが拡大伝熱面として寄与するためと考えられる。また、じゅうたんの熱抵抗は、

表 2. 表面仕上材と放熱能力比

表面仕上	厚さ (mm)	材質	放熱能力比
じゅうたん (1), ループパイル	6.5	ポリプロピレン	1.00
じゅうたん (2), ループパイル	7.0	純毛	0.84
じゅうたん (3), ループパイル	8.0	アクリル	0.88
じゅうたん (4), カットパイル	7.0	アクリル	0.93
じゅうたん (5), カットパイル	12.0	アクリル 70%, ナイロン 30%	0.77
フェルト+じゅうたん (1)	フェルト厚さ	フェルト材質	0.70
フェルト+じゅうたん (2)	7.0	雑織	0.67
じゅうたん (1), テープ張り	(じゅうたん用両面テープ)		1.06
ガフシート+じゅうたん (1)	ガフシート 厚さ		0.95
ガフシート+じゅうたん (2)		0.82	
ガフシート+じゅうたん (3)		1.8	0.85

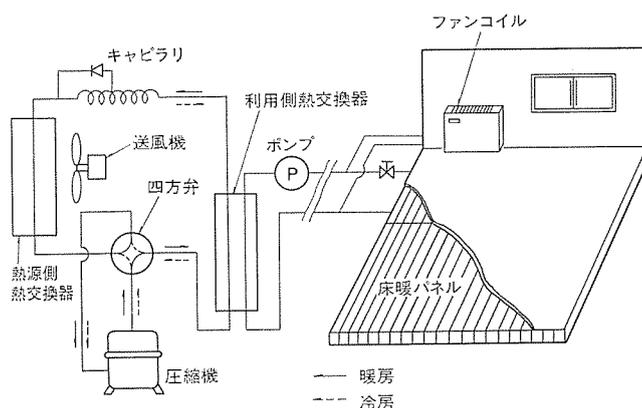


図 12. フィンコイル式パネルによる暖房システム

パイルとその間げき(隙)を満たしている空気熱伝導率、及び両者の体積比率によって変わるため、単に素材の熱伝導率と厚さから求めても実際と一致しない。実測の熱伝導率、すなわち有効熱伝導率は素材(ループパイル・アクリル 100%)の約2倍であった。

敷物なしの場合の対流と輻射($\epsilon=0.75\sim 1.00$)による全熱伝達率は $7\sim 9\text{ kcal/m}^2\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}$ であるが、じゅうたん表面では $10\sim 16\text{ kcal/m}^2\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}$ となる。

また、表 2. からわかるとおり、パネルの要所要所にじゅうたん用両面テープを使用することにより、放熱特性が約6%向上している。じゅうたんの下敷として、ガフシート・フェルトなどを敷くことは、前述の断熱仕上げとなるが、表からわかるとおり、フェルトでは $20\sim 30\%$ 、ガフシートでは比較的少なく5%弱の能力低下がある。

6. 省エネルギー効果

床暖房の省エネルギー性は、快適となる室温を温風暖房より低く設定できることに外ならない。暖房負荷は換気量・室内の発熱量などによって多少変わるが、室内外の温度差にほぼ比例する。快適室温は床暖房で 17°C 、温風暖房で 21°C であり、床暖房の省エネルギー率は、

外気温度	0°C	20%
"	5°C	25%
"	10°C	35%

となる。

実際に、昭和54年2月に鎌倉市において、両暖房方式の室温を被験者の感覚によって快適となる温度に設定し、おのおの数日間運転して供給熱量を測定したところ、約30%の省エネルギー効果が得られた。また、換気量が多い場合は、更に有利となる結果が得られている。

7. フィンコイル式パネルのシステムへの応用

現在、床暖房の制御には、床暖の温水出入口温度差・室温・床面温

度などを検知し、三方弁・四方弁によるバイパス・ミキシングを行うとか、ボイラ又はポンプのON・OFFを行う方法が多くとられている。

フィンコイル式パネルでももちろん、上記のようなシステムを採用することができるが、低温水でも十分暖房負荷を満足できるという長所により、その1例として図12.のようなシステムを省エネルギー・省資源指向の空調システムとして適用できる。すなわち、1台の空気熱源ヒートポンプ式チリングユニット(当社CAHシリーズ)により、冷房はファンコイル、暖房は床暖パネルのみ、又は立上がりだけ床暖を主体にファンコイルを併用するシステムである。

この方式では、1台の熱源機で冷暖房が行えると同時に、高価な三方弁・四方弁を用いる必要がなく、更に、室温が上昇して暖房の必要性がなくなると、自然に放熱量が減少するという低温水による暖房システム特有の自己調整機能により、制御が比較的簡単で確実に行えるという、経済上・使用上の利点を有している。

8. むすび

床暖房の概要とフィンコイル式パネルの構造・特徴を説明し、この方式を採用すれば、性能・快適性共に良好な床暖房を行うことができることを述べた。

床暖房は、ユーザーの快適性と省エネルギー化への要求を同時に満足させる極めて効果的な暖房形態であるため、今後一層の普及が期待される。同時に、この暖房方式の推進は、我が国の省エネルギー策にとっても有効な方策であると思われる。

フィンコイル式パネルによる床暖房方式は、今後、セントラルヒーティングシステムにおいて他に優る暖房形態となり、ユーザーの住生活向上に寄与することを期待している。

参考文献

- (1) 甲藤：伝熱概論，(昭52) 養賢堂
- (2) 日本機械学会：伝熱工学資料 (昭53)
- (3) 加藤：空気調和と冷凍，19, No. 4 (昭54)

住宅用太陽冷暖房給湯システム

西山 槐*・杉原正浩*・甲斐潤二郎**・大坪道夫***

1. ま え が き

現在、脱石油を目指す技術開発があらゆる分野で試みられているが、民生用としては、太陽冷暖房システムは実用化に近い位置にあると考えられている。我々は、通産省工業技術院のサンシャイン計画の一環として、大成建設(株)と共同で昭和49年以來、個人住宅用太陽冷暖房システムの研究開発にとり組んできた。

太陽熱による暖房・給湯システムについては、技術的には既に製作可能であり、コスト低減が主たる課題と考えられたので、この研究開発では、特に冷房システムのための機器の開発とその実証に重点がおかれた。その主なものは潜熱形蓄熱槽(槽)とランキンサイクル駆動冷凍機である。これまでに建設された太陽冷暖房システムでは、蓄熱槽に水顕熱形を採用することが多いが、スペースの関係から小形にする必要があり、高温蓄熱槽及び冷温水蓄熱槽に潜熱形を開発した。冷凍機には、補助入力運転も含めた成績係数の評価によりランキンサイクルエンジン駆動方式を採用し、1RT級の冷凍機を開発した。太陽冷暖房システムは、神奈川県綾瀬市に建設された実験住宅に設置し、3年間の運転計測を実施した。この結果、太陽冷暖房システム及び各構成機器の動作特性をは(把)握することができたので報告する。

2. 冷暖房・給湯システムの概要

太陽冷暖房・給湯システムは、太陽エネルギーを集める集熱器、日射の変動及び集熱時間帯と空調時間帯のずれに対処するための蓄熱槽、冷凍機並びに室内ユニットなどから構成される。太陽熱で運転可能な冷凍機としては、ランキンサイクル駆動冷凍機、吸収式冷凍機がある。吸収式は既に市販されており、これを低温熱源用に改造することでシステムに適用可能となる。一方、ランキンサイクル式は大型機が試作段階にあり、これとタイプの異なる小形機を新たに開発する必要がある。両者の成績係数を比較すると、使用温度レベルにもよるが、熱入力基準では吸収式が幾分すぐれている。しかしながら、太陽冷暖房システムでは通常補助入力が必要とするが、ランキンサイクル式では電気を補助入力とした場合には、化石燃料換算でも成績係数は吸収式より高い。したがって、補助エネルギーも含めた成績係数の優位性から、冷凍機にランキンサイクルエンジン駆動方式を選んだ。蓄熱槽については、太陽熱で冷凍機を効果的に運転するために、熱源側と負荷側の両方に設ける方式とした。すなわち、前者は熱源の変動を平準化し冷凍機を安定に運転することを、後者は、日照時に冷凍機を連続運転し蓄冷することを目的としている。冬期には通常集熱温度レベルが低下するので、冷凍機のヒートポンプ運転ではなく直接暖房方式が適切であり、このとき両蓄熱槽は同一温度レベルで動作する。このように、太陽冷暖房システムには蓄熱槽が必要であるが、従来は水を蓄熱材とする顕熱蓄熱方式が一般に用いられるのが普通で小形化が望まれていた。このため、このシステムでは潜熱蓄熱方式を採用し蓄熱槽の小形化をはかった。

実験住宅は、昭和52年に神奈川県綾瀬市の大成建設(株)敷地内

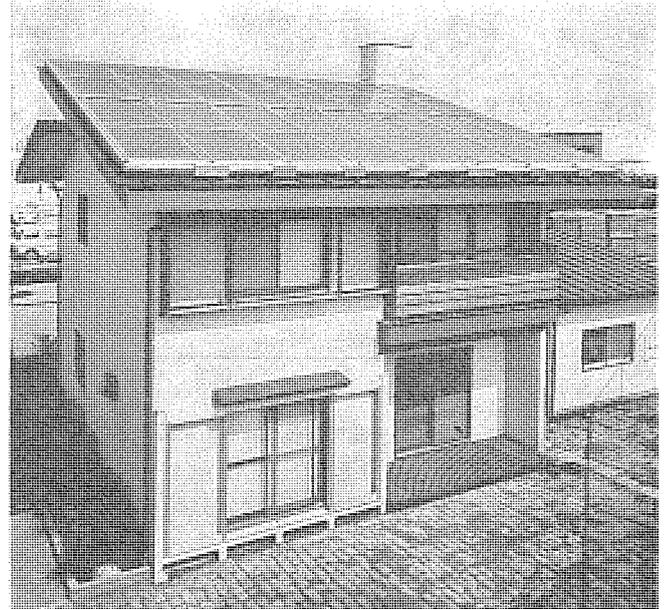
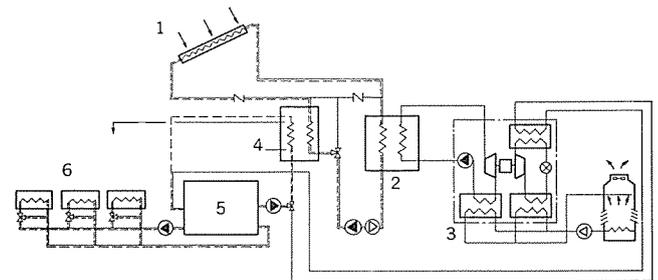


図 1. 実験住宅建物外観



1: 集熱器 2: 潜熱形高温蓄熱槽 3: ランキンサイクル駆動冷凍機
4: 貯湯槽 5: 潜熱併用冷温水蓄熱槽 6: ファンコイルユニット

図 2. 冷暖房給湯システム系統図

に建設され、同年夏からシステムの運転に入った。建物は、最も一般的な形式である木造、2階建、切妻屋根(変形)を採用し、床面積も標準世帯人員である4人を基準として延床面積及び室数を定めた。集熱器を設置した状態での建物外観を図1.に示す。

システムは、年度により幾分変更があるが、潜熱方式を採用した昭和53年度以後のシステムを図2.に示す。冷房時のフローは実線で示され次のとおりである。集熱器で約95°Cに昇温された温湯水は、アンモウムみょうばんを蓄熱材とする高温蓄熱槽に入り蓄熱される。この熱は、高温蓄熱槽内に設置された蒸気発生器を介して、ランキンサイクル駆動冷凍機の熱源となる。冷凍機で生成された冷水は冷温水蓄熱槽に蓄えられ、負荷のない時間を除いて常時室内に供給される。貯湯槽は高温蓄熱槽と直列に設置され、貯湯槽が所定の温度を越えたときに温湯水は三方弁により貯湯槽をバイパスする。暖房時のフローは破線で示されているが、約65°Cで集熱され、貯湯槽内に設けた

表 1. 熱源機器諸元

設備機器名	仕 様	備 考
集 熱 器 (平 板 形)	材 質—銅管・アルミニウムプレート 積 積— $3.0\text{m}^2 \times 16$ 枚 (48m^2) ガ ラ ス—2重ガラス	選択吸収膜 ■吸収率 0.9 ■放射率 0.1 屋根面傾斜角 17度
高 温 蓄 熱 槽	蓄 熱 材—アンモニウムみょうばん 240 kg 外 形 寸 法— $1,040 \times 840 \times 680$ (高)mm	夏期のみ使用 94°C
冷 凍 機	能 力—3,100 kcal/h 循 環 冷 水 量—25 l/min	ランキンサイクルエンジン 駆動冷凍機 入熱 7,700 kcal/h
冷 温 水 蓄 熱 槽	蓄 熱 材—水 2,300 l, 酢酸ソーダ 250 kg 外 形 寸 法— $1,000 \times 2,350 \times 1,750$ (高)mm	夏 5~10°C 冬 50~60°C
空 気 調 和 機 ファンコイルユニット	LV-150 KE—冷房能力 1,700 kcal/h 暖房能力 3,200 " LV-250 KE—冷房能力 2,300 " 暖房能力 4,400 "	LV-150 KE×2 台 LV-250 KE×3 台 室温調節は三方弁による
貯 湯 槽	容 量—250 l	夏 50°C 冬 60°C
冷 却 塔	放 熱 量—12,500 kcal/h 冷 却 水 循 環 水 量—75 l/min	

熱交換器を介して冷温水蓄熱槽に蓄熱される。冷温水蓄熱槽には暖房用蓄熱材として酢酸ソーダ 3 水塩を一部用いており、暖房時・冷房時の必要蓄熱容積のバランスをとっている。システム構成機器の諸元と標準的な動作条件を表 1. に示す。

3. 構成機器の特性

3.1 集熱器

実験住宅に設置した集熱器は、ブラックニッケルによる選択吸収膜処理を施した引抜きアルミニウム材を吸収板とし、強化ガラス 2 枚を透過面とした平板形 16 枚から成り、全集熱面積は 48m^2 である。昭和 51 年 11 月設置以来 3 年以上を経過しているが、この特性の変化を図 3. に示した実測値と工場試験データとの比較によって評価する。集熱効率は、集熱温度 (t_c) と周囲温度 (t_a) との差や日射量 (I) によって異なるので、パラメータ $(t_c - t_a)/I$ で整理すると集熱温度や日射量によらず 1 つの曲線で整理される。実験住宅における実測値は、流量や温度レベルを制御できないのでばらついており、破線で示した工場における実験値と比較すると、幾分集熱効率が下がっているがその差は大きなものではない。この理由としては、ガラス面の汚れや内面の結露などが考えられる。

実験住宅には適用しなかったが真空形集熱器の開発を併せて行い、

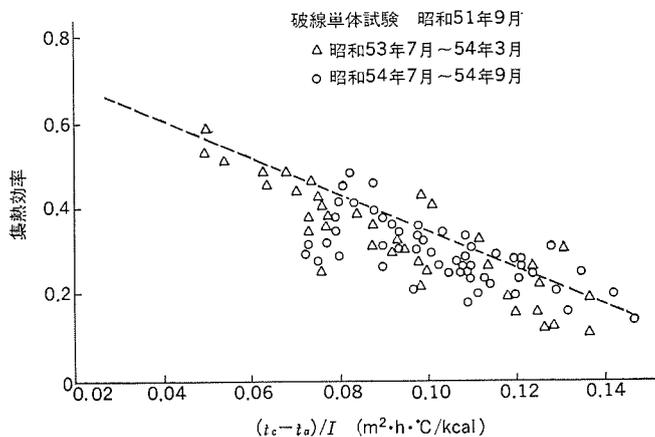


図 3. 集熱器特性

高温で良好な集熱特性を得ている。

3.2 蓄熱槽

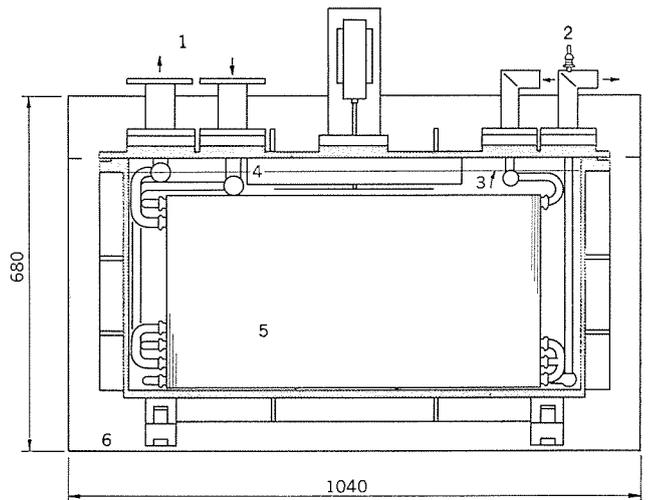
蓄熱システムは、夏期にランキンサイクルエンジンのボイラとして動作する高温蓄熱槽と、太陽エネルギーの入射と冷暖房の熱需要との時間的なずれの調整の役割をもつ冷温水蓄熱槽とで構成されている。これらには、潜熱蓄熱材を応用し、小形化・低熱損失化を実現した。

(1) 潜熱形高温蓄熱槽

この蓄熱槽は集熱器から水を熱媒体として入熱し、ランキンサイクルエンジンにフロン R 114 の蒸気の供給という形で出熱する。出力の安定なボイラとして動作するためには、日射の時間帯における太陽熱入力とランキンサイクルエンジンへの熱出力との差の変動分を吸収し得る程度の蓄熱容量と、集熱系とランキンサイクルエンジンから要請される熱入出力速度を満足できる熱交換能力を持っていなければならない。水頭熱形高温蓄熱槽による実験結果から、蓄熱容量: $10,500\text{ kcal}$, 最大入力速度: $10,000\text{ kcal/h}$ が必要不可欠となり、また、 92°C (過熱分 2°C), 11.7 kg/cm^2 の R 114 蒸気として $7,700\text{ kcal/h}$ の熱出力速度が要請される。

これらの特性を満足するために、潜熱蓄熱材としてアンモニウムみょうばん ($\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, 融点 94°C , 融解熱 92.4 kcal/l (融液)) を選定し、その熱的・化学的物性や過冷却、熱交換等に関する基礎検討を行った。この結果に基づき図 4. に断面を示したように、アンモニウムみょうばんをプラスチック内張りの鉄槽に入れ、その中に脱酸銅製のプレートフィンチューブ形熱交換器を浸し(漬)した構成とした。その主要諸元は表 2. に示すとおりであって、水頭熱形の場合に比べて容積が約 $1/4$ に小形化され、熱損失も約 20% 小さくなった。

実験住宅における運転結果から、最大熱入力速度 $12,000\text{ kcal/h}$, 熱出力速度 $8,000\text{ kcal/h}$ が実現できることがわかった。また、蓄熱効率(蓄熱槽からの出熱量/蓄熱槽への入熱量)は約 77% で水頭熱形の場合の 63% に比べて向上した。これは小形化による熱損失の低減によるものと考えられる。表 2. に示すように、蓄熱材の融点



1: 集熱系水出入口 2: R114 出入口
3: アンモニウムみょうばん (融液面)
4: 結晶核生成機構 5: 熱交換器 6: 断熱層

図 4. 潜熱形高温蓄熱槽断面図

表 2. 潜熱形高温蓄熱槽の主要諸元

蓄熱材	NH ₄ Al(SO ₄) ₂ · 12H ₂ O, 240 kg
熱交換器	プレートフィンチューブ形, フィンピッチ 2.54 mm
槽箱体	KF-ポリマ内張り鉄槽
断熱層	100 mm 厚さガラスウール系断熱材
外径寸法	1,040 × 845 × 680 mm (高さ)
全重量	650 kg
潜熱蓄熱容量	10,500 kcal
顕熱容量 (94°C 以下)	148 kcal/°C (ただし 66~91°C で測定)
熱損失 (90°C)	160 kcal/h (周囲温度: 17°C のとき測定)

以下の温度では、顕熱容量は、水顕熱形に比べて 1/7 以下である。このため、潜熱形高温蓄熱槽は槽温の上上がりが遅く、集熱開始後冷凍機の運転開始までの時間が、水顕熱形の場合よりも短縮できることがわかった。

(2) 潜熱併用冷温水蓄熱槽

この蓄熱槽は、夏期にはランキンサイクル駆動冷凍機からの熱出力たる冷水を蓄え、冬期には、集熱器側の循環水と熱交換して得られる温水を蓄える。冷暖房・給湯の負荷と集熱量を考えると1日をこえて蓄熱を行うほどには、夏期・冬期ともに集熱量の余裕はない。したがって、所要蓄熱量は、1日の太陽熱による入力パターンと負荷への出力パターンによってきまり、夏期は5-10°C間で11,500 kcal、冬期は50-60°C間で36,000 kcalである。この条件で必要水量を求めると、夏期2.3 m³、冬期3.6 m³となる。そこで、水量を2.3 m³とし、冬期に不足する蓄熱容量13,000 kcal分を暖房用潜熱蓄熱材で補助するようにして小形化を行った。

暖房用蓄熱材としては、なるべく使用温度域の高温側で動作することを考え、酢酸ソーダ・3水塩 (NaCH₃COO · 3H₂O, 融点 58°C, 融解熱 76.5 kcal/l (融液)) を選定し、熱的・化学的特性を検討した。その結果に基づいて、ステンレス鋼板製の平板形容器を設計し、この中に酢酸ソーダ・3水塩を封入し、水槽内に配列した構成とした。実際には、水流抑制板を用い、槽中央部に潜熱蓄熱容器を配列した。このように構成された潜熱併用冷温水蓄熱槽の主要諸元を表3.に示してある。すなわち、内容積約2.5 m³となり、暖房用蓄熱材を全部水で賄った場合と比べると約1 m³小さくできたことになる。

実験住宅における運転試験の結果、顕熱容量は2,500 kcal/°Cで夏期の所要蓄熱量は温度幅5°C以内で実現できること、また、冬期は潜熱蓄熱が併用されて温度幅12°Cで所要の蓄熱を行えることがわかった。また、熱損失は、冬期で390 kcal/h、夏期140 kcal/hであった。

3.3 ランキンサイクル駆動冷凍機

ランキンサイクル駆動冷凍機は太陽熱を軸動力に変換するランキンサイクル、得られた軸動力によって圧縮機を駆動し冷凍を発生する蒸気圧縮式

表 3. 潜熱併用冷温水蓄熱槽の主要諸元

蓄熱材	水: 2,300 kg, NaCH ₃ COO · 3H ₂ O: 234 kg
蓄熱水槽	SUS 304 製
蓄熱容器	SUS 304 製, 800 × 860 × 10 mm 6.1 kg, 29 個
断熱層	75 mm 厚さガラスウール系断熱材
外径寸法	1,000 × 2,300 × 1,800 mm (高さ)
全重量	3,070 kg
潜熱蓄熱容量	13,000 kcal
顕熱容量 (58°C 以下)	2,500 kcal/°C
熱損失	夏期 140 kcal/h (温度差 15°C) 冬期 390 kcal/h (温度差 44°C)

表 4. ランキンサイクル 駆動冷凍機の仕様

ランキンサイクル	熱入力	7,700 kcal/h	
	作動流体	R 114	
	蒸気発生温度/圧力	90°C/10.7 kg/cm ²	
	凝縮温度/圧力	38°C/3.2 kg/cm ²	
	膨張機	形式	スライディングベーン形
		出力	750 W
		回転数	2,800 rpm
	熱交換器	蒸気発生器	プレートフィンチューブ形
		凝縮器	シェルチューブ形
		再生熱交換器	シェルチューブ形
ポンプ形式	トロコイドポンプ		
冷凍サイクル	冷凍能力	3,100 kcal/h	
	冷媒	R 22	
	凝縮温度	38°C	
	蒸発温度	5°C	
	圧縮機形式	ローリングピストン形	
	凝縮器形式	2重管形	
蒸発器形式	2重管形		

冷凍サイクルから構成されている。ランキンサイクルは太陽熱から高温蒸気を作る蒸気発生器、高温蒸気を低温まで膨張させて軸動力を取り出す膨張機、膨張機の排気を冷却液化する凝縮器、液化した作動流体を昇圧し蒸気発生器に送り込むポンプ及び膨張機の排気熱を回収する再生熱交換器から、また冷凍サイクルは周知のように圧縮機、凝縮器、蒸発器、膨張弁、等多くの機器の組合せから作られているので総合的な観点から検討を実施し表4.に示す仕様のランキンサイクル駆動冷凍機を開発した。ランキンサイクルの作動流体は、圧力レベル、熱安定性、熱伝達特性、サイクル効率、単位体積流量当たりの出力、対材料特性、飽和蒸気線のこう(勾)配、価格、等の評価を行ってR 114を選択し、冷凍サイクルの作動流体は機器の小形化、サイクル効率を優先してR 22を採用してある。蒸気発生温度は高ければ高い程サイクル効率が上昇するが、コレクタ効率が逆傾向となるので、コレクタとランキンサイクルの組合せ効率が高くなるように90°Cに選んである。

一方、凝縮温度は低い程望ましいので水冷式としたが、クーリングタワーの補機損失及び熱交換器寸法を考慮に入れて38°Cに設定してある。ランキンサイクルの心臓部である膨張機の形式は、その出力特性、効率、価格、等を考慮しスライディングベーン形を採用し、図5.に示す構造の膨張機を開発した。6枚の特殊カーボン製のベーンを持ったロータは両端を油軸受によって支持され、シリンダ内に偏心して取り付けられており、出力軸は下部からメカニカルシールを経て取り出されている。上軸受の端部から油ポンプによって供給された潤滑油は軸受を潤滑した後にシリンダ内に流入し、ロータ端面及びベーンを潤滑して排気ガスとともにシェル内の油分離器に達して分離された後にシェルの下部にたまる構造になっている。シェルの下部にたまった油はフロンガスの自然循環を利用した油加熱管によって適温に保持されており、R 114の過度な溶解による潤滑不良の発生を防ぐ工夫が施してある。開発した膨張機の行程容積は13 cc/revであり、設計点における全断熱効率率は67%である。ポンプははん(汎)用の油ポンプの軸シールと潤滑システムを改造したトロコイド形を採用したが、R 114の粘性係数が小さいために洩れの影響があり、効率は約30%である。蒸気発生器は潜熱形高温蓄熱槽に組込むためにプレートフィンチューブ形を採用し

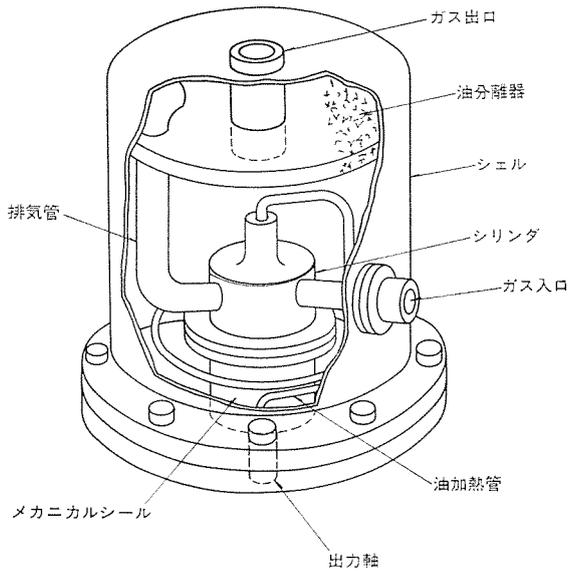


図 5. 膨張機構造

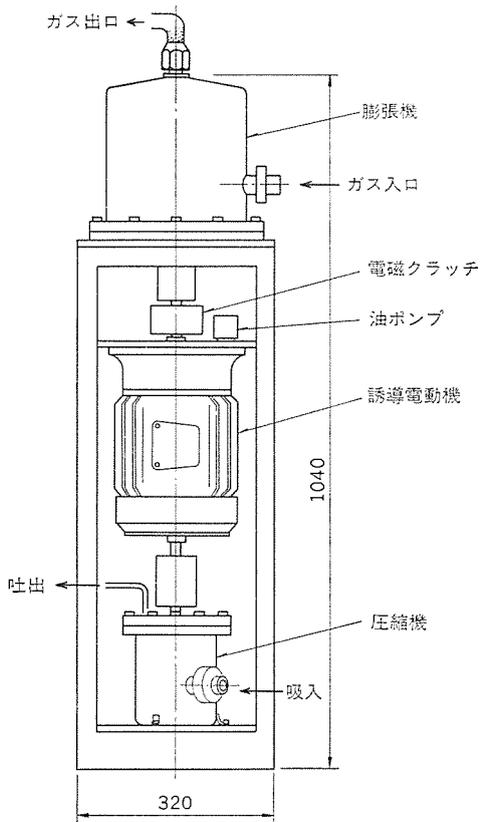


図 6. 回転機ユニット外観図

であるが残りの熱交換器類は冷凍機用に開発された汎用の物を使っている。なお再生熱交換器は膨張機から排気されるガスの有効熱量の約60%を回収する能力を持っている。

一方、冷凍サイクルの心臓部である圧縮機形式は、高速運転が可能で、効率のよいローリングピストン形を採用し、行程容積20.1cc/revの開放形圧縮機を開発した。開発した圧縮機的设计条件における成績係数は4.83、容積効率は94%、全断熱効率は67%である。これらの機器は最終的に2台のユニット、すなわち膨張機と圧縮機を組合せた回転機ユニットとその他の機器を収納した熱交換器ユニットにまと

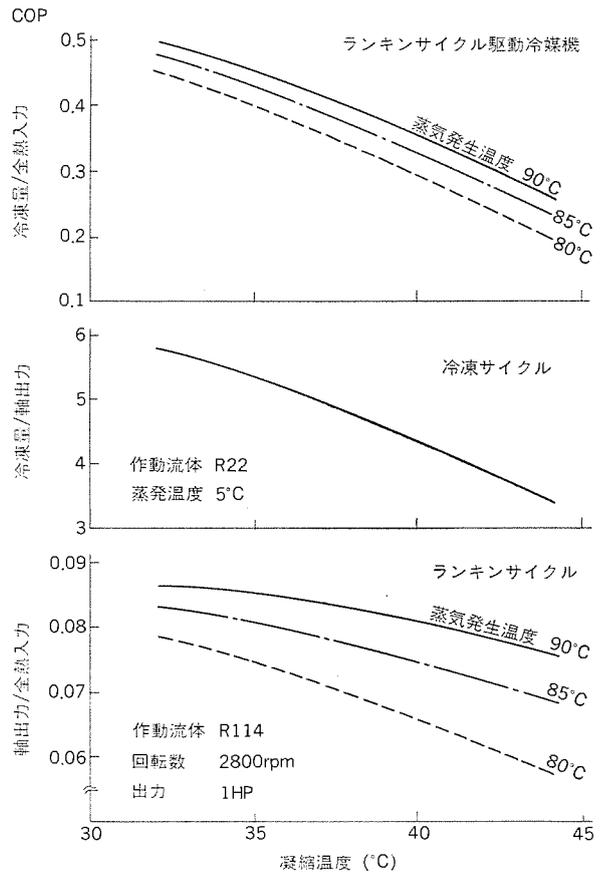
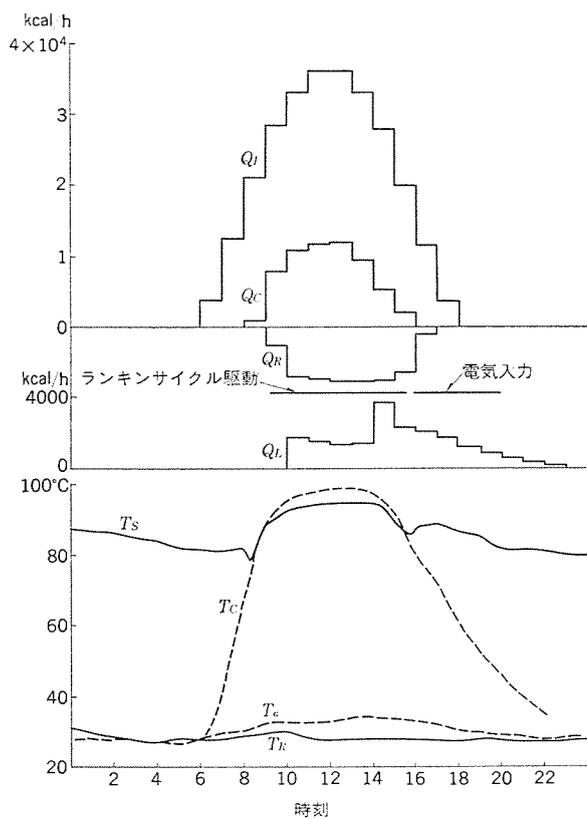


図 7. ランキンサイクル駆動冷凍機の成績係数

めて実験住宅に設置した。図 6. に回転機ユニットの外観図を示す。最上部に設置された膨張機は電磁クラッチを介して誘導電動機に接続され、誘導電動機と圧縮機は軸継手によって直結されている。誘導電動機は膨張機の運転中常に通電されており、膨張機の出力変動を補償しつつ電源周波数で決まるほぼ一定の回転数に保持する作用をする。すなわち太陽熱利用冷凍機にとって不可避な熱入力変動を吸収するだけでなく補助入力が自動的に供給されるので、この方式の採用によって制御システムの簡素化と信頼性の向上が得られている。また太陽熱入力が少ない場合はクラッチを切り離して電動機単独で圧縮機を運転することも可能であるので、変動する太陽熱入力や冷房負荷に対する適応性に優れている。図 7. に実験住宅に設置したランキンサイクル駆動冷凍機の成績係数(COP)を示す。設計点(蒸気発生温度90°C、凝縮温度38°C、蒸発温度5°C)においてランキンサイクル COP 0.083、冷凍サイクル COP 4.8、冷凍機の総合 COP 約 0.4 が得られている。なおその後の改良開発によって、膨張機的全断熱効率は77%、ポンプ効率は50%まで向上しているので現在ではランキンサイクル駆動冷凍機の総合 COP 0.47 が実現可能となっている。

4. 運転結果

実験住宅における運転は、先に述べたように昭和52年7月から行われたが、翌年7月からはデータ処理設備を拡充して、各パターンでの連続無人運転が行われた。計測システムは、外界条件、室内状態、冷暖房システムの状態など合計192点のアナログ入力と、ポンプなどの起動・停止を表す12点のデジタル入力を1分周期で走査し、15~20分ごとにその瞬時値とその間の平均値、積算値を出力する仕組みになっている。これらの値をもとに評価した各構成機器の特性につ



室温 (T_R), 外気温 (T_e), コレクタ温度 (T_c), 高温蓄熱槽温度 (T_s), 冷房負荷 (Q_L), 冷凍機入熱量 (Q_R), 集熱量 (Q_c), 日射量 (Q_d)

図 8. 夏期冷房運転例 (1979年8月2日)

いては前章で述べたので、ここでは長期間にわたるシステムとしての特性の検討を行う。データとして53年12月11日から54年3月29日までの109日間の暖房運転、54年4月11日から5月13日まで33日間の給湯運転及び54年7月1日から9月17日までの79日間の冷房運転の結果について検討する。

まず冷房運転結果の1例(昭和54年8月2日)を図8.に示す。図には、時間ごとの日射量、集熱量、冷凍機への入熱量、空調負荷、室温(居間)、外気温を示しているが、晴天時に太陽熱によって冷凍機を運転できた時間は約16時間、電気入力で運転される時間が約4時間で、この日冷房についてみれば太陽熱依存率は約60%である。

次にシステム性能を巨視的に見るために、熱流のブロックダイアグラムを用いて評価する。太陽冷暖房システムの評価指数として定まったものはないが、ここでは補助熱量と負荷の比でシステム成績係数(S COP)を定義する。これは太陽熱のコストを無料と考えるものであるが、通常太陽冷暖房システムを運転するのに搬送動力を必要とするので太陽熱はただではない。この観点から搬送動力を補助熱量と等価に考え、この和と負荷の比を全システム成績係数(TSCOP)と定義し、この両者を評価指数とする。79日間の冷房運転のうちデータの欠測がある期間を除いた33日間のデータを積算して、冷房時の熱収支を図9.に示した。集熱効率は0.202と瞬時値に比べると相当低いが、これは朝夕は日射があっても運転されないことや集熱系の温度上昇に消費されることによる。高温蓄熱槽の蓄熱効率は一見すると非常に低いが、これは集熱系の配管損失を含んだ値で、この配管損失を20%と見積ると蓄熱効率は75%となる。ランキンサイクル駆

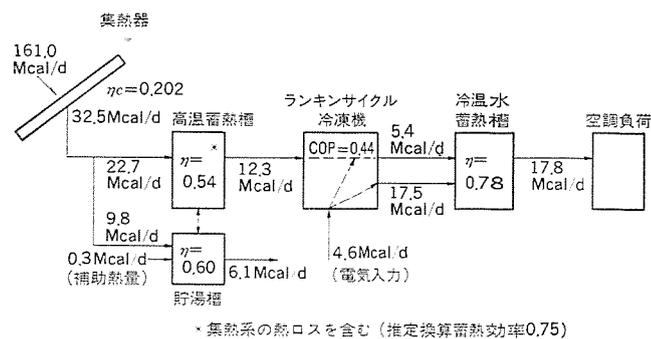


図9. 冷房時熱収支

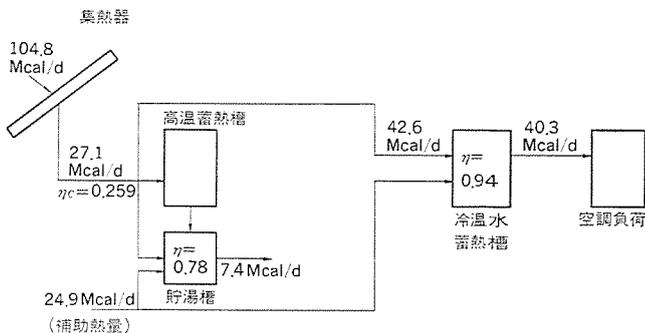


図 10. 暖房実験熱収支

動冷凍機の成績係数は0.44と実験室データに近い値が得られているが、太陽熱による冷凍の生成は全冷凍生成量の24%にすぎない。これは、太陽熱で圧縮機を運転するときの補助電動機の無負荷損失が大きいため、冷温水蓄熱槽の蓄熱効率が78%と低いことによる。給湯も含めた夏期冷房時のSCOP, TSCOPはおおの4.43と1.80である。

給湯運転時は、熱負荷が小さいため太陽熱で大部分を賄うことができSCOP, TSCOPはおおの3.50, 2.80が得られた。

109日間の暖房運転のうち、データの欠測のある期間を除いた70日間のデータを積算して、暖房時の熱収支を図10.に示した。空調負荷が設計値よりも大きかったため、集熱器面積が不足気味で補助熱量が集熱量と同程度必要となった。このため集熱された熱は常に有効に消費され蓄熱効率は高くなったが、このことは逆にシステム成績係数を低下させている。給湯も含めた暖房時のSCOP及びTSCOPはおおの1.92, 1.56である。

5. む す び

潜熱形蓄熱槽、ランキンサイクル駆動冷凍機などの特徴を有する太陽冷暖房給湯システムを実験住宅に設置し3年間の運転を行った。この結果、集熱器、蓄熱槽、冷凍機などの機器は、予期された動作特性を示し、太陽冷暖房システムへの適用の見通しを得た。

今後、各機器の信頼性の向上、機器相互間の整合性、システムの制御性及び経済性などに検討を重ねて、このシステムの実用化を図る所存である。

この研究は、通産省工業技術院サンシャイン計画の一環として実施したものである。この研究に協力いただいた関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

2ステップクーリング方式オープンショーケース

瀬下 裕*・笠置 紘*・松本 徹**・高妻光昭***

1. ま え が き

食生活の多様化と豊かさの要求から、コールドチェーンの普及は近年めざましいものがある。それに伴って食品店舗でのオープンショーケースの需要はとみに増加しつつあるが、経営者は大いに期待しショーケースに対しても、最近の社会的問題である省エネルギー化を要求してきているので保冷性能の向上も、より一層進めていく必要がある。

当社では冷却器への着霜量の減少を図ることによって省電力と安定保冷の両者を満足させることが可能な新冷却方式（2ステップクーリング方式）を開発し、この冷却方式が、オープンショーケースなど冷却器への着霜の著しい特殊空気条件下での冷却系に対して極めて有効であることを確認した。

本報では、上記新冷却方式の概要、動作原理、特徴などを述べるとともに、この冷却方式を適用した冷凍機内蔵オープンショーケースの新製品の概要について紹介する。

2. 方式の概要

従来、一般の空気冷却装置では、1個の冷却器で空気を冷却する方式を採用していたが、この2ステップクーリング方式は、上記の冷却器を2分しておのおの冷却器の温度をそれぞれ独立に制御することにより、第1冷却器で着霜が起こらない状態で空気の予冷及び除湿を行い、更に第2冷却器で、要求される空気温度まで冷却するというものである。この冷却方式では、第2冷却器の蒸発温度は従来方式と同等で、この成績係数も変わりはないが、第1冷却器の蒸発温度は従来冷却方式の蒸発温度より高くなるので、ここでの成績係数が高くなり、結果として全冷却方式の成績係数を高めることとなる。また、第1冷却器の温度を冷却器に着霜が起こらないように制御して予冷・除湿しているので、空気中の水分は第1冷却器でドレンとして除去され、第2冷却器に着霜する水分の量は従来冷却方式に比して減らすことが可能となる。

この冷却方式は空気の温度と湿度が比較的高い場合に特に有効で、例えば連続凍結装置・野菜の産地冷却・オープンショーケースなどの着霜の著しい冷却装置で特長を発揮する。すなわち、従来システムに比べ次のような効果が期待できる。

- (1) 冷却システムの効率が向上し、省エネルギー化が可能となる。
- (2) 除霜回数が大幅に減少し、除霜のための消費電力量の節減と安定冷却（食品の安定保冷）が可能となる。
- (3) 冷却系を2分しているため、負荷変動に対する容量制御運転が容易となり、運転効率向上による省エネルギーと機器の信頼性向上が図れる。

この冷却方式を採用したオープンショーケースの動作概要を説明する。図1に示すように冷却された空気がエアカーテンとして庫内に吹出され、食品を冷却するとともに、周囲の高温多湿空気の侵入を防止しているが、エアカーテンの吸込口からの周囲空気の混入は避け難く、吸込口の空気の状態は温度については吹出口空気温度よりも上昇し、

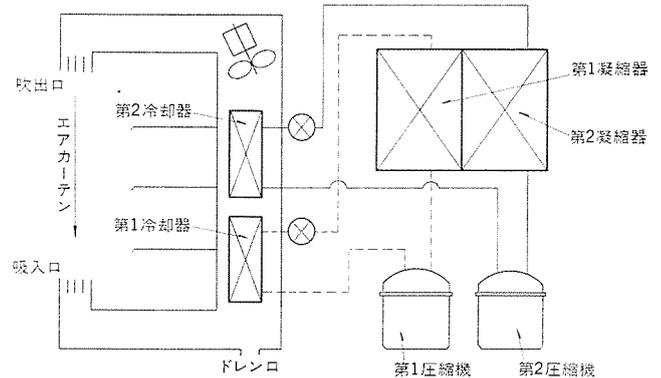


図1. 2ステップクーリング方式オープンショーケースモデル図

湿度もほとんど飽和に近い状態となる。

第1冷却器は約0°Cに制御されているため、吸込口を通過した前記状態の空気は冷やされる一方空気中の水分は水滴となって除去される。

このように設定された第1冷却器の冷凍サイクルは、蒸発温度がほぼ空気調和機程度となっており、高い成績係数で動作することとなる。

次に、第1冷却器で予冷及び除湿された空気は、第2冷却器で必要な温度まで冷却され、エアカーテンとして庫内に吹出される。

以上のように、第1冷却器で予冷・除湿された空気が再冷却されるので、第2冷却器においては着霜量の従来に比し少なくなっている。このため、除霜に要する消費電力量の節減と同時に、除霜回数の低減による食品のより一層の安定保冷を図ることができる。

3. 冷却器の特性

この方式は今まで述べてきたように、ショーケース吸込口から冷却器へ流入する高エンタルピー空気を氷点以上で予冷・除湿の前処理を行い、その後所定温度まで冷却するシステムである。

動作を検討していくうえで最も大事なことは、2つの温度の異なる冷却器（氷点以上の第1冷却器と低温の第2冷却器）の特性である（第1冷却器は当然ぬれ（濡）面であり、第2冷却器は着霜面ということになる）。以下その濡面と着霜面の特性、主に熱通過率について検討していく。

3.1 熱通過率の検討

我々はまず、ショーケース用冷却器を実装したモデル機を製作して冷却器の特性を検討した。

図2. はモデル機による実験結果で、前面風速を1.1 m/sに設定したときのショーケース用冷却器の濡面熱通過率と着霜下の熱通過率の時間的な推移を示している。これによると、着霜下の熱通過率は運転開始直後では濡面熱通過率にほぼ等しいが、その後時間経過に従って漸減し、運転開始後2時間ないし3時間で半減してしまう。濡

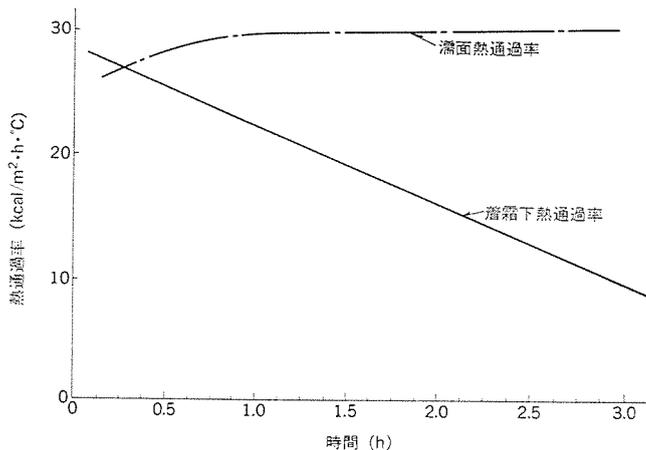


図 2. 熱通過率の推移 (モデル機による実験結果)

表 1. 熱通過率の比較 (試作機による実験結果)

	2ステップクーリング方式	従来方式
濡面熱通過率 (第1冷却器)	255	100
着霜下熱通過率 (第2冷却器)	97	
加重平均値	157	

(運転開始 2 時間後)

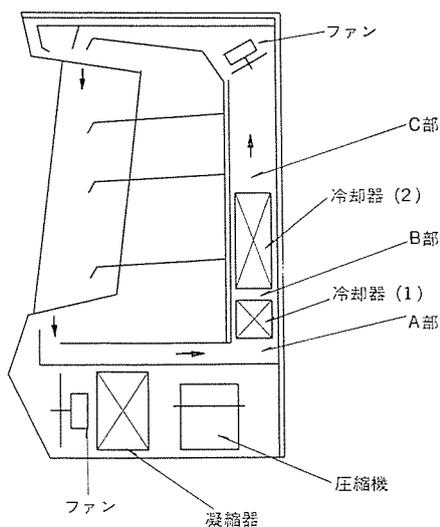


図 3. 試作機断面図

面熱通過率はやや増え気味に推移するが、1時間程度で飽和してその後は一定値をとる。

着霜下の熱通過率の減少は、冷却器表面上の霜層の成長による熱抵抗の増加に起因する(図2の実験は前面風速を一定にしている)ものであるから、実際の機体の場合のように、霜層の成長によって冷却器を通る空気自由通過面積が減少し、循環する空気量が減衰するものにおいては、着霜下熱通過率の減少はより顕著に表れると見てよい。

表1. は冷凍機内蔵の生鮮食品用オープンショーケースにこの方式をとり(搭)載した試作品(図3.)において熱通過率を測定した結果で従

来の熱通過率を100としたときの各冷却器の熱通過率の値を示したものである。それによると、この方式の第2冷却器(B-C間)の熱通過率は、当然と従来と同等の97である。しかし、第1冷却器(A-B間)の熱通過率は255と約2.5倍である。

このように、着霜下の熱通過率に比して第1冷却器の熱通過率は予想以上に高く、この方式を採用した場合でも従来方式に比して冷却器の伝熱面積を増加させなくてもすむ可能性があることが分かった。

一般に、単位時間あたりの冷却器の交換熱量 Q (kcal/h)は式(1)のように表現できる。

$$Q = W(T_1 - T_E)\phi \dots\dots\dots (1)$$

- ここに W : 空気側の水当量 (kcal/h・°C)
- ϕ : 空気側の温度効率 (-)
- T_1 : 入口空気温度 (°C)
- T_E : 冷媒蒸発温度 (°C)

空気側温度効率 ϕ は、冷却器を向流形の熱交換器とみなし、冷媒側の水当量を仮に無限大とすれば、式(2)・式(3)のように書ける。

$$\phi = 1 - \exp(-KA_0/W) \dots\dots\dots (2)$$

$$\phi = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_E} \dots\dots\dots (3)$$

- ここに K : 熱通過率 (kcal/m²・h・°C)
- A_0 : 冷却器管外伝熱面積 (m²)
- T_2 : 出口空気温度 (°C)

ここで、第1冷却器を想定して、同一の入口空気条件で同じ出口空気条件を得たいとき、濡面の冷却器と着霜下の冷却器では必要な伝熱面積はどうなるのかを前述の理論から検討してみる。

まず、濡面冷却器の冷媒の温度を0°Cとし、着霜下冷却器の冷媒の温度を-17°Cとする。また、入口空気温度を8.5°C、出口空気温度を3.0°Cとする。

式(1)の空気側水当量 W は

$$W = G \cdot C_p / S.H.F \dots\dots\dots (4)$$

で与えられる。

- ここに G : 循環風量 (kg/h)
- C_p : 循環空気の比熱 (kcal/kg・°C)
- S.H.F: 顕熱比 (-)

循環風量 G を500 kg/h、 C_p を0.243と仮定し、S.H.Fは実測によって求めた値を使うものとすれば、式(3)から、濡面の温度効率は $\phi=0.647$ 、着霜下の温度効率は $\phi=0.250$ となる。これらを使って、式(2)から濡面の必要伝熱面積と着霜面冷却器の必要伝熱面積を求めると式(5)のようになる。

$$\frac{\text{濡面冷却器の必要伝熱面積}}{\text{着霜下冷却器の必要伝熱面積}} = 1.10 \dots\dots\dots (5)$$

つまり同一の出口空気温度を得たい場合、濡面冷却器の冷媒温度は0°C、一方、着霜下冷却器冷媒温度は-17°Cと大きな相違があるにもかかわらず、必要な伝熱面積は、濡面冷却器のほうが10%だけ大きければよいという結果になる。

以上説明してきた数値は、比較的溫度レベルの低い生鮮食品用オープンショーケースの例であり、より高温の、例えば乳製品用・野菜用などで考えるならば、これ以上に冷却器の溫度効率は改善され、より顕著な効果が期待できる。

このように、冷媒の蒸発温度を高く設定すると、熱伝達の状況が改善されるだけでなく、後述するように冷却系の成績係数も向上させることが可能である。

3.2 着霜量の減少

第1冷却器は、既に述べたように氷点以上に保たれているから、そこに結露する流入空気中の水分の分だけ、第2冷却器への着霜量は減少することになる。

第1冷却器と第2冷却器の S.H.F は、冷却器の温度レベルに差があるために当然異なり、生鮮用のオープンショーケースに適用するとき、第1冷却器では約 0.7、第2冷却器では 0.5~0.6 となっている。そのため、両冷却器の能力比と除去水分比は同一にならず、第1冷却器に結霜してドレンとして回収される水分量は、全除去水分量（着霜量+ドレン回収分）の 30~35%（生鮮用）である。また、この生鮮用よりやや温度レベルの高い乳製品用のオープンショーケースでは、全体の約 50% をドレンとして冷却運転中に除去できる。

4. 特徴

先に説明したとおり、2ステップクーリング方式は、冷却器が前段・後段に分割され、異なった蒸発温度で循環空気が冷却されるという比較的簡単な冷却方式ではあるが、従来の単一冷却器による方式に比べていくつかの優れた特徴を備えている。以下にその概要を示す。

4.1 トータル成績係数の向上

一般に、冷却装置の効率を示す成績係数は次式によって定義されている。

$$\text{成績係数} = \frac{\text{冷却熱量}}{\text{圧縮に要する熱量}} \dots\dots\dots (6)$$

前述のように、この方式は異なる蒸発温度の2つの冷凍サイクルから構成されているから、成績係数もおおの異なる、それらを合成することによってこの方式の成績係数が定義できる。

成績係数は、使用する冷媒、冷却装置等の条件が同一の場合、蒸発温度が高い程大きく、例えば、R-22 を用いた凝縮温度 45°C の理論冷凍サイクルは表 2. のとおり求められる。

冷却装置の効率を示す成績係数は、従来方式の 3.3 に対して 4.0 と約 20% 向上しており、同一冷却能力では約 17% の省電力が期待できる。

4.2 除霜回数の低減

ショーケース循環空気の冷却過程で生ずる水分は、0°C 以下の冷却器表面において氷結・霜層となり、冷却器フィンの目詰まり、風量低下、冷却能力の低下を招くため、着霜状態に応じて冷却を中断し、加熱して除霜を行う必要がある。

従来の単一冷却器では、生ずる水分がすべて冷却器表面に霜として付着するため、比較的短時間のうちに除霜を繰り返す必要があったが、2ステップクーリング方式では、予冷・除湿を目的とした前段冷却器により、生ずる水分の一部をドレンとして回収・排水できるため、後段冷却器への着霜が軽減されて除霜間隔を伸ばすことが可能となっている。

表 2. 成績係数の比較

	2ステップクーリング方式		従来方式 (単一冷却器)
	前段	後段	
蒸発温度	0°C	-17°C	-17°C
成績係数	5.2	3.3	3.3
	4.0		

冷媒：R-22
凝縮温度：+45°C

4.3 冷却、加熱負荷の低減

先の除霜回数の低減と関連するが、除霜のためには冷却を中断して何らかの方法で加熱することが必要であり、除霜後は、余分に昇温された冷却器・冷却室・ダクト系等を含め、再び冷却を行わなければならない。また、本来ショーケース循環空気の冷却過程で生ずる水分を霜化するための凝固潜熱は、ショーケース冷却のためには、むだなエネルギーであり、この方式のように水分の一部を霜とせず、冷却運転中にドレンとして除去すれば、除霜回数の低減による加熱・再冷却のエネルギーを軽減することができる。

4.4 安定保冷性能の向上

ショーケースの機能は、庫内に陳列した食品を適切な温度に保冷して、品質の維持・販売の促進を行うことであるが、生鮮食品用・乳加工食品用などのショーケースでは、その特性上除霜を行うことが不可欠である。除霜中は冷却を中断し、霜融解のための加熱を行うことにより、食品表面への結露、ドリッパの発生などの不具合が生じてしまう。すなわち、食品の品質は除霜の繰返しによって低下していくと言っても過言ではなく、除霜に伴うヒートショックの回数を減らせる2ステップクーリング方式は、すぐれた安定保冷性能を発揮する。

以上述べたように、いくつかの特徴があるが、これらが有機的に機能することによって、図 4. にまとめたように機器信頼性の向上、トータル省エネルギーなどに一層の効果を期待することができる。

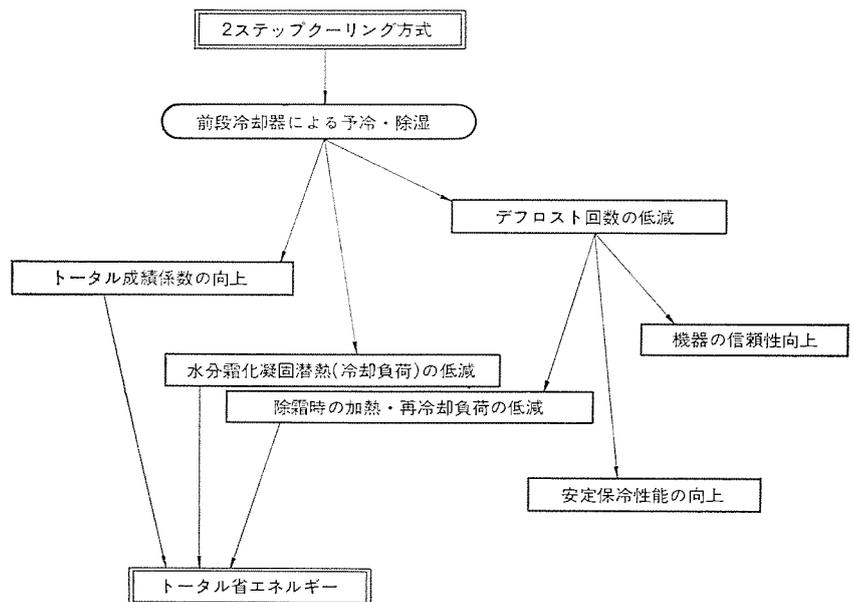


図 4. 2ステップクーリング方式の特徴

5. 製品への適用

5.1 内蔵多段形オープンショーケース

コンビニエンスストアや小規模食品店舗向けに需要の多い冷凍機内蔵多段形オープンショーケースのモデルチェンジ（以下ニューEDシリーズと呼ぶ）に伴い、この方式の一部機種への適用を実施した。

図5.はこの方式を採用したEDM-820A形の外觀図である。ニューEDシリーズは用途面からは青果用・乳加工品用・及び生鮮食品用を有し、ケース幅には従来の1,300mm（4尺）・1,910mm（6尺）タイプに新しく2,520mm（8尺）タイプを加えて機種構成を充実させ、幅広いニーズの拡大に対処できるようにしている。この方式を採用した機種は、保冷温度の異なる3機種（乳加工品用1機種、生鮮食品用2機種）で、それぞれ空冷式と水冷式の凝縮器をもったものがある。

ここでは、特にこの方式を採用した製品について、従来品との比

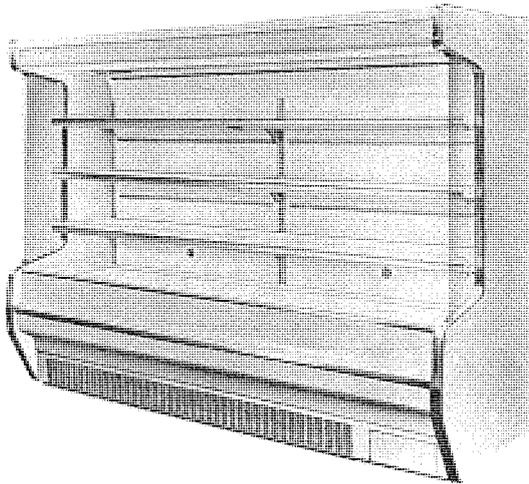


図5. EDM-820A 形外觀

表3. 従来形との主要仕様の比較

項目	形名	従来形	新形
		EDM-62A	EDM-620A
使用温度		-2~2°C	
断熱材		グラスウール	ポリウレタン注入発泡
有効内容積		997 l	1,116 l
陳列面積		2.95 m ²	3.30 m ²
開口面積		1.93 m ²	1.94 m ²
照明庫外		40 W + 20 W	
庫内		—	40 W × 4, 20 W × 4
圧縮機 前段		—	0.6 kW
後段		1.1 kW × 2	1.5 kW
冷却器・凝縮器		クロスフィン	
庫内ファン出力		5 W × 2	6 W × 2
凝縮機ファン出力		6 W × 3	8 W × 3
除霜方式		ヒータ方式 850 W × 1	
冷媒		R-12	
膨張弁 前段		—	0.5 トン用
後段		1 トン用 × 2	1.5 トン用
電源		単相 100 V, 3相 200 V 50/60 Hz	

較を行いながらその機能、構造及び性能などについて述べる。

5.2 機能、構造

表3.に1例として、従来品との主要仕様の比較を示す。主な改良点は次の項目である。

- (1) 庫内各々な(棚)は照明付きである。そのため、従来品に比べて庫内の展示効果(照度)が大幅に向上している。
 - (2) 断熱材の性能がポリウレタン注入発泡によって改善され、キャビネット外面の露付きはほとんど生じない。
 - (3) 圧縮機及び冷却器が前段用・後段用に分離され2ステップクーリング方式を使用したために、圧縮機の容量は従来品より小さい。
 - (4) 内容積、陳列面積は従来品に比べて約12%増大している。
- ショーケース本体の風路系を含むキャビネットの構成は図6., 図7.に示すようになっており、基本構造は従来品とほとんど変わっていない。

前記図6., 図7.に対応する冷却器を含む冷媒回路図をそれぞれ図8., 図9.に示す。

この方式を採用した新製品の冷却器は、先に述べたように2つに分けられており、予冷・除湿用の第1冷却器には霜がつかないため、フィンピッチを空調用程度まで小さくして、冷却器収納スペースの有効利用を図っている。

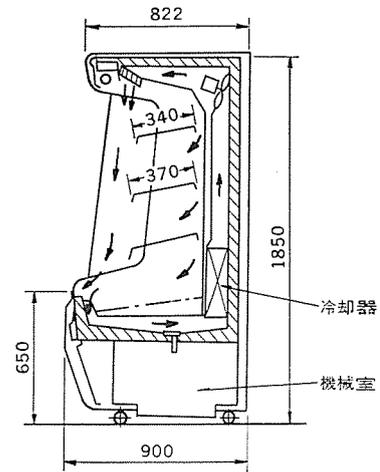


図6. 従来品の断面図

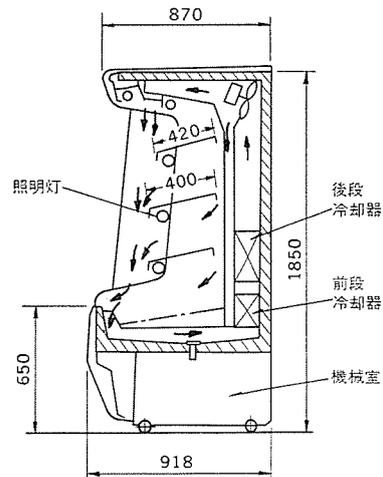


図7. 新形品の断面図

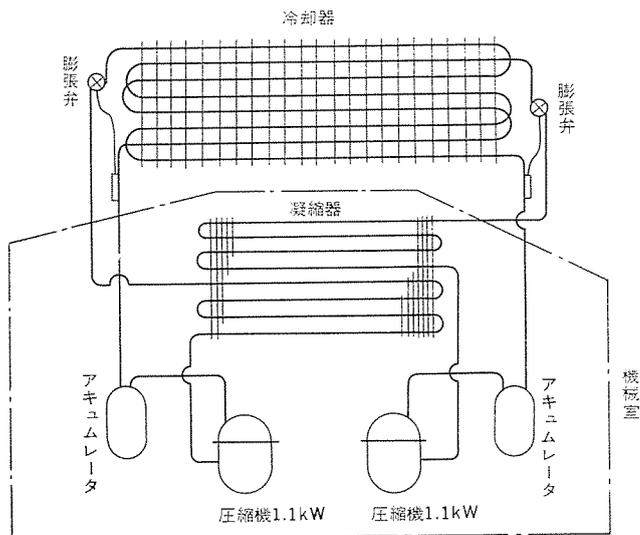


図 8. EDM-62 A 形 (従来品) 冷媒回路図

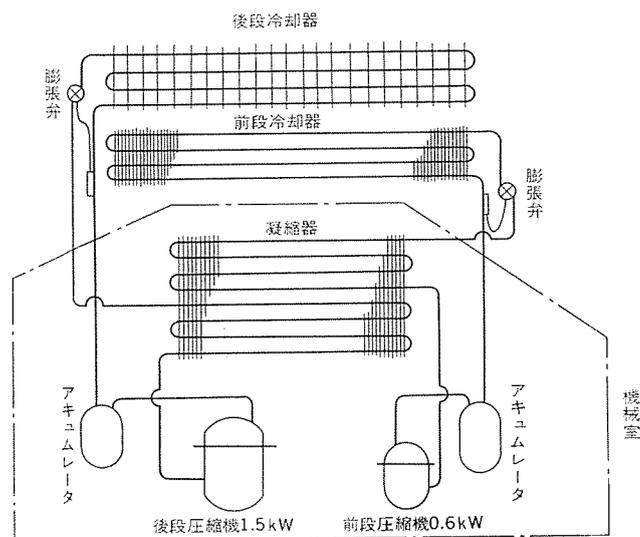


図 9. EDM-620 A 形 (新形品) 冷媒回路図

5.3 保冷性能

以上述べてきたように、多段形オープンショーケースはエアカーテンによって保冷性能を維持している。このエアカーテンの効果は、逆説的には1日当たりの除霜回数で評価されることが多い。図10. は従来品EDM-62A形とこの方式のEDM-620A形の保冷性能曲線、図11. はEDM-620A形のプルダウン特性である。図10. に示すように、EDM-620A形は従来品よりも庫内平均温度が低下し、除霜回数も減少しており、保冷性能の向上及び除霜時の電力が節減できている。また図11. に示すように吹出口から吸込口に達する間に温度上昇してきた吸込空気は前段冷却器で5~6°C予冷され、更に、後段冷却器で5~6°C冷却されて吹出口へ達し、庫内温度を保持する。こ

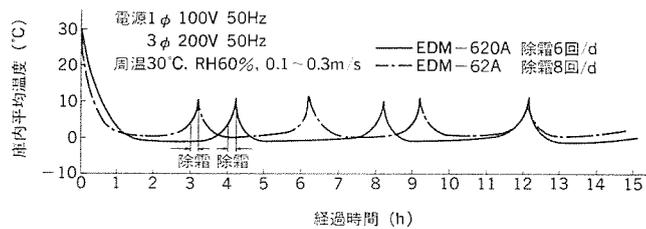


図 10. 無負荷保冷性能曲線

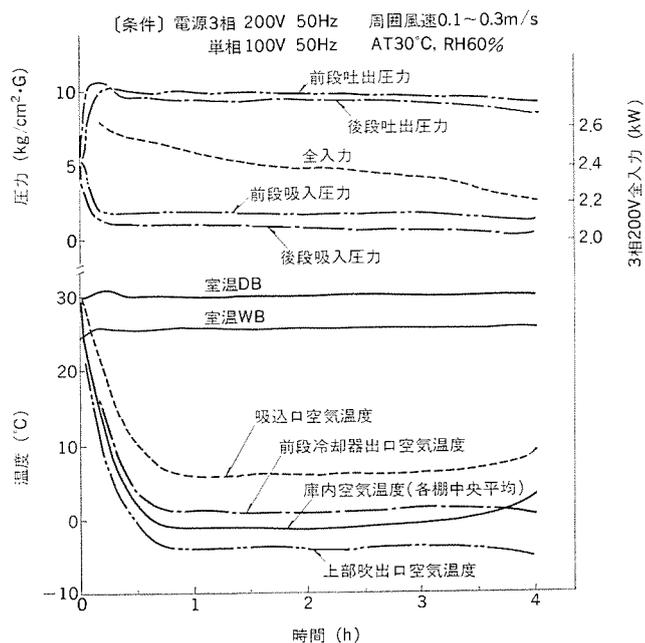


図 11. EDM-620 A 形無負荷プルダウン特性

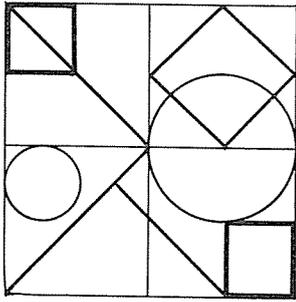
の結果、従来品に比べて庫内容積の増大及び陳列効果(棚照明の増加)の向上が図られているにもかかわらず、全入力は従来と同等以下であり、成績系数は大幅に向上している。また、除霜回数が減少し、安定保冷性能が一層強化されている。

6. む す び

着霜の著しい空気冷却に効果を発揮し、省エネルギーと除霜回数の減少が図れる2ステップクーリング方式の特徴と、この冷却方式を搭載した冷凍機内蔵オープンショーケースの概要について述べてきた。

現在コールドチェーン・食品店舗の進展は著しく、これらに使用する冷却システムの省エネルギーと安定保冷の研究開発は、今後ますます真剣に取組まねばならないテーマである。

2ステップクーリング方式は、負荷変動に対応したより適切な制御によって一層の効果が期待できる。したがって今後は、更にこの方式の改善を図り、ショーケースを始めとする各種冷機応用製品に拡大展開を図っていきたい。



特許と新案

移動目標装置における自動利得平衡方式 (特許 第 783048 号)

発明者 横尾正孝

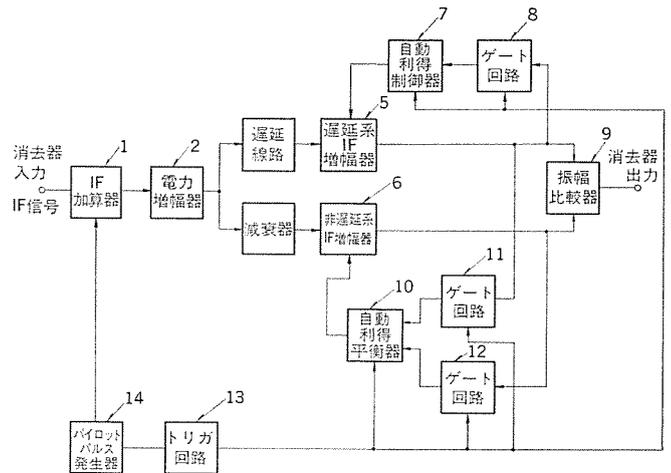
この発明はレーダの移動目標表示装置における固定目標反射波の消去器に関し、消去器の入出力がビデオ信号又はIF信号の場合でも遅延系と非遅延系間の自動利得平衡が簡単にできる方式を提供するものである。

図はこの発明の自動利得平衡方式のブロック図であり、IF加算器(1)でIF信号にパイロットパルス発生器(14)からのパルスをレーダパルス周期ごとに加算し、この加算した信号を電力増幅器(2)で増幅した後、遅延系と非遅延系に伝送させる。遅延系にてレーダパルス周期時間だけ遅延されて伝送したパイロットパルスと、非遅延系を伝送したパイロットパルスとを振幅比較器(9)に加え、両パイロットパルスの振幅差によって自動利得制御器(7)を制御する。一方ゲート回路(11)、(12)はトリガ回路(13)よりトリガ信号を受けて、パイロットパルスの時間だけゲートを開き、自動利得平衡器(10)に遅延系及び非遅延系を伝送してきたパイロットパルスのみを与える。自動利得平衡器(10)は2つのゲート回路からのパイロットパルスを検波するとともにこれを比較する。そして2つのパイロットパルスの振幅差、すなわち遅延系と非遅延系間の利得差を自動利得平衡器(10)で直流電圧に変換し、これを非遅延系IF増幅器(6)に加え、この増幅器(6)の利得を制御し、遅延系と非遅延系の利得を平衡させる。

またゲート回路(8)においても、パイロットパルスの時間だけゲートを開き、自動利得制御器(7)内でパイロットパルスを検波保持して、直流

電圧に変換し、基準電圧と比較し、基準値からのずれを遅延系IF増幅器(5)に帰還し、この増幅器(5)の利得を制御し、遅延系の利得を一定に保持する。

このようにこの発明は遅延系及び非遅延系のそれぞれを通過したパイロットパルスの振幅差を比較して遅延系と非遅延系の利得を平衡させるようにしたので、従来のビデオ入力信号の検波直流電圧を比較するものに比べ簡単な構成の消去器を得ることができる。



冷凍装置 (実用新案 第 987810 号)

考案者 中西幸弘・酒井誠記

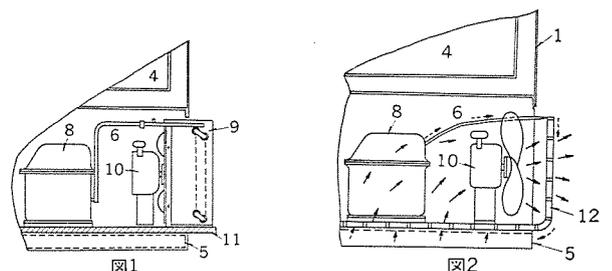
本案は冷凍装置、特にその凝縮装置の部分に関するものである。

従来、凝縮装置は図1に示すように圧縮機(8)、凝縮器(9)、凝縮器用送風機(10)などを台わく(枠)(11)に取付けており、台枠の製作のための材料費及び加工費が非常に高価となるなどの欠点があり経済的でなかった。

そこで、本案は図2に示すように構成しており、(1)は外箱、(4)は冷蔵室、(5)は凝縮装置を取付ける取付台、(6)は機械室、(8)は圧縮機、(10)は凝縮器用送風機、(12)はL字形に形成した凝縮器で、その一辺に載置された圧縮機、凝縮器用送風機等によって上記凝縮装置を構成している。

したがって、本案によれば凝縮器をL字形に形成することによって、その一辺に圧縮機等を取付けることができるので、従来の台枠が不要となり経済的であるとともに、凝縮器用送風機の風の流れは図示実線矢印のように凝縮装置下部から冷たい空気を吸込み、凝

縮器と熱交換し、次に圧縮機を冷却した後、再び凝縮器と熱交換し、暖かい空気となって外部に吹き出されるため、圧縮機の冷却が十分に行われる。そしてまた、液化冷媒は送風機で冷却された後も冷たい空気と熱交換することができるので、十分冷却された液冷媒を得ることができるものである。



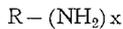
熱硬化性組成物 (特許 第 880294 号)

発明者 不可三 晃・森脇 紀元・広田 潔・山本 泰

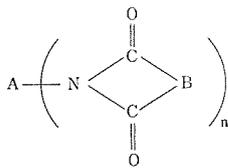
この発明は、エポキシ化合物、アミン化合物及びマレイミド化合物を含有した熱硬化性組成物に関し、耐熱性、電気的性質及び機械的性質のいずれにもすぐれた硬化物を与えることのできる組成物を提供しようとするものである。

従来より、注型、成形、積層、含浸あるいは接着など種々の用途にエポキシ化合物及びマレイミド化合物などが用いられているが、これら従来のものは一般に機械的性質にすぐれる反面耐熱性に劣り、耐熱性にすぐれる反面機械的性質に劣るという欠点があった。

この発明の組成物は、エポキシ化合物(A)と、一般式



(式中、R は 2 価の有機基、x は少なくとも 2 に等しい整数) で表されるポリアミン(B)と、一般式



(式中、A は少なくとも 2 個の炭素原子を有する有機基、B は炭素-炭素 2 重結合を含む 2 価の基を示し、n は 1, 3, 4 の整数又は平均として分数) で表される不飽和マレイミド(C)を必ず(須)成分とし、該必須成分の配合比が上記(A)のエポキシ基 1 個当たり(B)が 0.25~10 モル、(C)が(B)のアミノ基(NH₂) 1 モル 当たり 0.50~20 モルの範囲であることを特徴とするものであり、無溶剤で注型含浸に最適である外、その硬化物は熱安定性、機械特性及び接着性にすぐれているので特にH種の耐熱絶縁物として好適に用いることができる。

また上記必須成分に N, N'-ビスマレイミド(D)を(D)/(C)+(D)が 50~70 % なるモル比で配合することにより硬化樹脂の高温における強じん(靱)性と接着性を増加させ得るものである。

送風機の軸封装置 (実用新案 第 982995 号)

考案者 村岡 正隆

この考案は、過酷なふんい気中例えば高温ガス・硫酸ガス中において使用される送風機、特にその軸封装置に関するものである。

過酷なふんい気中において使用される軸封装置には、そこから高温ガスが外部に漏れ出たり、また低温の外気がそこから流入しガスを露点以下にして硫酸等を結露させたりすることを防ぐため、ガスの露点(硫酸ガスの場合 130°C~150°C)以上の温度を有し、かつケーシング内より高い圧力を有する軸封用空気を送り、外気とケーシング内のガスが混合しないようにすることが要求される。

この要求を満たすため、この考案は以下のように構成している。すなわち風圧が安定し、灰分や腐食成分を含まない空気を、例えばボイラプラントにおいては、煙道ガスによるエアヒータに至る前の段階(この際の温度は 80°C 前後)で軸封用空気として取り出し、この空気をフィルタ箱(4)に通し、より清浄な空気にして管(5)に導く。この管(5)は高温ガスが流通しているケーシング(1)近くに近接して配管され、保温材(8)によって覆われるとともにこれらによって支持されている。したがってこの管(5)に導かれた清浄空気は高温ガスから、ケーシング(1)、管(5)へ伝わる熱によって露点温度以上に温められ、軸(2)の軸封部(3)に吹き込まれる。もともとケーシング(1)の内壁面には内部の熱が逃げないように保温材(8)で保温されてお

り、管(5)もその保温材(8)で共通に覆われ、これにより支持されているので、管(5)のための保温材、支持体を別に設ける必要はなく、構造が簡単となる。しかも比較的低温の空気をケーシング内の熱を利用して加熱しているので、エアヒータの前の段階で取り出される清浄な空気が利用できる。

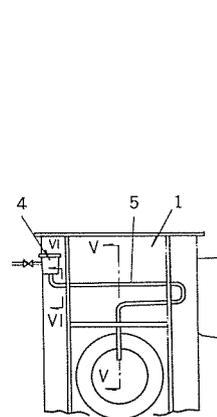


図1

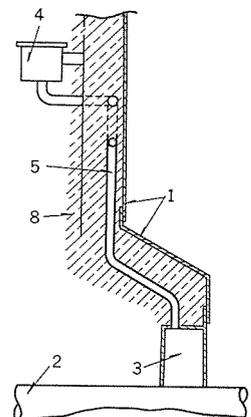


図2

光ファイバ伝送用光部品

松井輝仁*・久間和生**・布下正宏**・浜中宏一*・平野昌彦***

1. ま え が き

夢の通信と言われる光伝送における画期的な出来事は、1970年の20 dB/kmの伝送損を持つ光ファイバと室温で連続発振する半導体レーザーの出現であった⁽¹⁾⁽²⁾。その後光伝送分野の研究開発と技術の進歩は目を見張るものがあり、最近では波長0.8 μm帯の光に対して3~4 dB/kmの伝送損をもつ多モード光ファイバ(コア内をクラッドとの境界で全反射をくり返しながらか伝搬する光の導波形態(モード)が多数存在するもの)は容易に入手できるようになり、更に単一モード光ファイバでは長波長帯(1.55 μm)の伝送損としてガラス材料のほぼ理論限界の0.2 dB/kmを記録するに至った⁽³⁾。光源としては0.8 μm帯の発光ダイオード(LED)はすでに市販されており、半導体レーザー(LD)も寿命10⁵時間を越え実用段階に達し、現在光ファイバの最低損失領域に適した長波長帯のLDやLEDの開発が急ピッチで進められている。

光ファイバ伝送の魅力的な特長は主に伝送媒体である光ファイバのもつ(1)広帯域性、(2)低損失性、(3)高電気絶縁性、無電磁誘導性、(4)軽量、可とう性等の優れた特性によるものであり、無中継長距離伝送が可能であるという利点を生かして公衆通信や海底ケーブル通信等への導入が積極的に進められている。他方光ファイバの高絶縁性や無誘導性などの特長が注目され、従来の同軸ケーブルでは雑音や接地の問題で困難であった高電磁界環境下における計測制御、保護監視のための情報伝送システム、例えば電力系統保護制御、道路・鉄道などの交通管制、製鉄・石油化学などの大規模工業プラントの計算機管理計測制御等のシステムへの光ファイバ伝送の適用の要望が最近急速に高まっている。これらの分野における制御対象はますます大規模化しシステムには非常に高い信頼性が要求されている。更に制御のハイアーキ(階層構造)化の要求、信頼性向上のためのコンピュータシステムの2重化の要求、マイクロプロセッサの実用化による制御の分散化の要求のために情報伝送は1対1通信では不十分となり、多数の端末装置を連結した通信ネットワークを構成するデータベースやデータウェイ、あるいは双方向伝送等の導入が考えられており、光ファイバ伝送システムも用途によりその構成の多様性が要求されてきた。しかしこれらのシステムはデジタル伝送あるいは画像等アナログ信号伝送でも比較的伝送容量でかつ短距離の情報伝送でよい場合がほとんどであって、伝送帯域が比較的狭いが、コア径が50~80 μmと大きくて接続などの取扱いが容易な多モード光ファイバの使用に適している。当社においても、既に変電所内の保護制御システム、阪神高速道路公団交通管制システム、当社内コンピュータリンク等の多モード光ファイバ伝送の実装試験が行われ、光ファイバ伝送の有用性が実証されている。

このような多様なシステムの実現のためには、発光・受光素子以外の光分配器、光スイッチ等各種光部品の開発が不可欠である。

ここでは、当社において研究開発が行われている多モード光ファイバ伝送システム用の各種光部品(光素子-光ファイバ結合ユニット、光送信受信モジュール、光分配器、光スイッチ、光減衰器)についてその

機能・原理・性能を述べる⁽⁴⁾。現在開発中のLDユニット、光インテラ、光分波器等については別の機会に述べる。

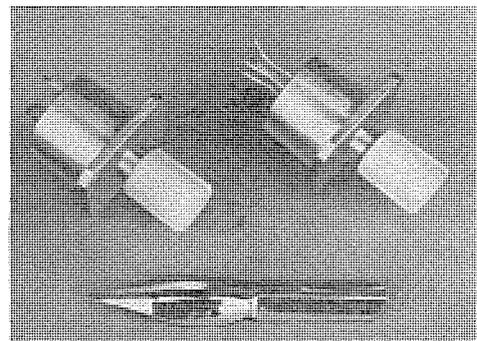
ここに掲げた光部品の性能特性値は、コア径60 μmφ、NA(Numerical Aperture) 0.17の多モードステップインデックス形光ファイバ及び波長0.85 μmのLEDを使用した場合のものである。

2. 光素子-光ファイバ結合ユニット

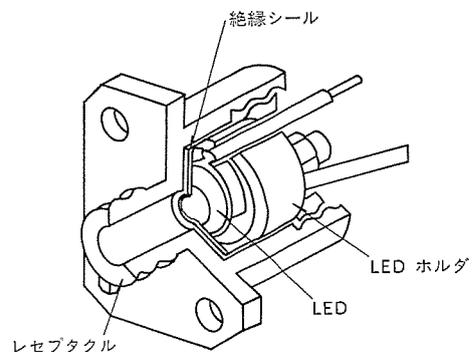
2.1 発光ダイオード-光ファイバ結合ユニット(LEDユニット)

このユニットは光源であるLEDと光ファイバを効率よく結合するためのデバイスである。当社製LEDは光伝送用に開発された面発光のGaAlAs 2重ヘテロ構造形で高輝度長寿命(室温10⁷時間以上)を有する。このLEDは微小球レンズがチップの発光面前面部に取付けられていて、ここで使用したLED(ME 1203)のパッケージの保護窓(サファイア板)を介しても光ファイバとの結合効率は大きくとれる。発光面の直径は35 μm、球レンズの直径100 μm、屈折率2.0である。

図1.(b)に示すように、このユニットにおいてLEDの発光部の中心が、レセプタクル部の中心にくるように作られており、ユニット内部に他のレンズや光ファイバを介することなく、レセプタクル部に光コネクタプラグを差し込むだけで、光ファイバに効率よく光が結合される。



(a) 外観(白いものは保護キャップ)
左: LEDユニット, 右: PINユニット



(b) LEDユニットの構造

図1. 光素子-光ファイバ結合ユニット

表 1. 光素子-光ファイバ結合ユニット性能

LED ユニット		PIN ユニット		APD ユニット
中心波長	0.8~0.88 μm	中心波長	0.90 μm	0.80 μm
適合光ファイバ	指定なし	適合光ファイバ	指定なし	指定なし
光ファイバ内 光パワー (順方向電流 使用光ファイバ)	-15 dBm (I _r =50 mA) (SI形 コア径60 μmφ NA 0.17)	量子効率	83%	77%(V _a =50 V)
		応答感度	0.6 A/W	0.45 A/W($\frac{M=1}{V_a=50V}$)
		降伏電圧	---	150 V(I _D =100 μA)
		暗電流	30 nA	0.3 nA(V _a =50 V)
シャ断周波数 (-3 dB)	50 MHz	シャ断周波数 (-3 dB)	70 MHz	0.4 GHz($\frac{M=100}{R_L=50\Omega}$)
外形寸法 重 量	17×17×20(mm) 14 g	外形寸法 重 量	17×17×20(mm) 14 g	

LED ユニットの性能を表 1. に示す。LED の通電電流 50 mA に対して光ファイバ内パワーは -15 dBm 以上であり、また、コネクタプラグの脱着、交換等による結合変動は 1 dB 以内である。

2.2 光ファイバ-受光素子結合ユニット (PIN ユニット, APD ユニット)

0.8 μm 帯の光伝送に使用される受光素子には、Si-アパランシェホトダイオード (APD) と Si-PIN ホトダイオード (PIN PD) とがある。これらの受光素子と光ファイバとを効率よく結合させるために、LED-光ファイバ結合ユニットと全く同一レセプタクル形式の光ファイバ-受光素子結合ユニットを開発した。図 1. (a) には PIN ユニットを示したが、外観上は APD ユニットも同一である。各ユニットの性能を表 1. に掲げる。APD は電流増幅作用を有しているため、高速微弱光信号の受信に適している。当社製 APD は利得・帯域幅積が大きく低雑音である。またこの APD の光-電気信号の変換効率の指標である量子効率は 77% である。高速あるいは長距離伝送を要するシステムにおいては、高い S/N 比が得られる APD が適しており、一方、低速あるいは高速でも伝送距離の短いデータバス等においては、低バイアス動作が可能であり、取扱いの容易な PIN PD が適している。いずれの受光素子ユニットも光ファイバとの結合効率は 95% 以上である。

3. 光送信・受信モジュール

上記の LED ユニット, PIN ユニットと駆動, 増幅等の周辺電子回路を組込んだ電気-光信号変換伝送装置で、コネクタプラグ付光ファイバを接続するだけで 10 Mb/s までのデジタル信号あるいはアナログ信号が伝送できるように設計している。デジタル光送信・受信モジュールの外観を図 2. に示す。アナログ光送信・受信モジュールの外観もほとんど同じである。各モジュールの仕様を表 2. に掲げる。

はん(汎)用デジタル光送信・受信モジュールの例をあげると、光送信モジュールは TTL (Transistor Transistor Logic) レベルの入力信号で駆動回路により電流増幅をした後、LED を輝度変調し、電気-光変換を行っている。また、光受信モジュールは、PIN-PD で受けた光信号を電気信号に変換し、波形整形した後、TTL レベルで出力している。この光受信モジュールは、キャリア検出部が内蔵されているので、光信号断の検出が可能であり、また 10 Mb/s 以下のビットレートにお

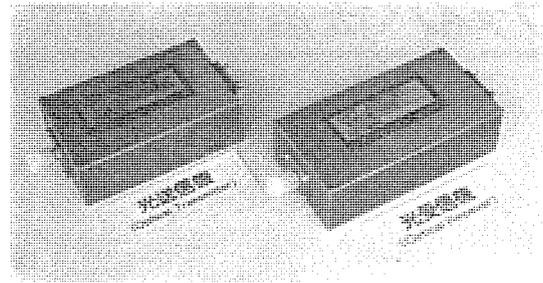


図 2. 光送信・受信モジュールの外観
左：光送信モジュール, 右：光受信モジュール

表 2. 光送信・受信モジュール性能

品 名	デジタル光送信受信モジュール	アナログ光送信受信モジュール
伝送容量	10 Mb/s 以下	10 Hz~10 MHz
変調方式	IM	IM
最小受信光 パワー(平均値)	-43 dBm($\frac{10 \text{ Mb/s}}{\text{BER}=10^{-9}}$)	-32 dBm(S/N=42 dB)
電気信号インタ フェース	TTL	1 VP-P, 75 Ω
電 源	T _X =+5 V R _X =±12 V	T _X =±12 V R _X =±12 V
外形寸法	T _X =69×40×25(mm) R _X =79×40×25(mm)	T _X =59×40×25(mm) R _X =79×40×25(mm)

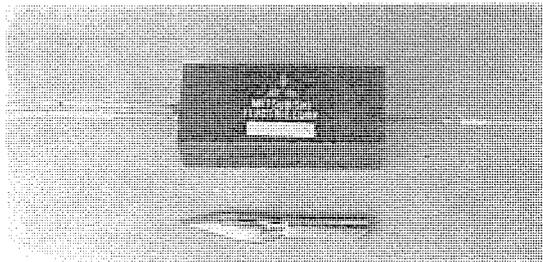
いても動作が安定するように設計している。10 Mb/s の場合、受信光レベル(平均値) -43 dBm で符号誤り率 (BER) 1×10^{-9} が得られている。この光送信モジュールを使用すれば、例えば伝送損失 5 dB/km の光ファイバで約 5 km の無中継伝送が可能である。またアナログ光送信・受信モジュールは、ベースバンドビデオ信号の伝送が可能であり、ITV に適用した場合無中継で良質な画像を 3 km 以上 (S/N=42 dB) 伝送できる。受光素子として APD を使用した場合は更に伝送距離を延ばすことが可能である。

4. 光分配器

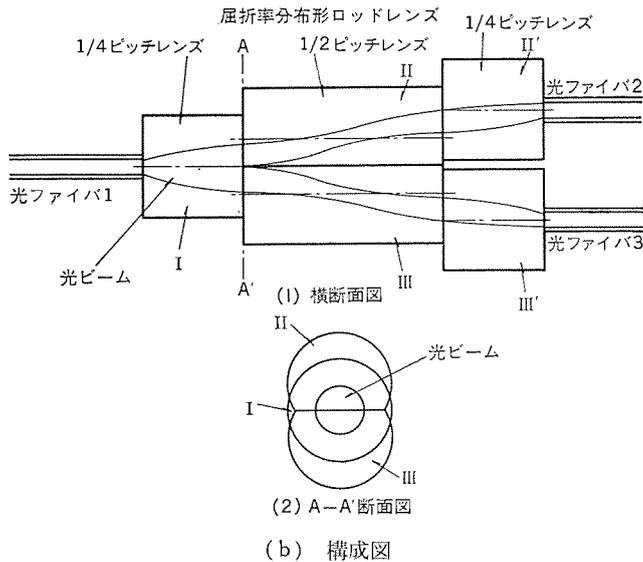
光ファイバ中を伝搬する信号光の分岐・合流の機能を有する光部品である。光源や伝送路の状態の監視用モニタ, 分散形光データバスの端末分岐用, 双方向伝送など多目的に使用される重要な光部品であり、適用範囲は広い。

開発した光分配器としては、図 3., 図 4. に示すようなピッグテイル形とプラグ直結形とがある。光の分岐方法はそれぞれ屈折率分布形ロッドレンズを組合せる方式及び屋根形反射鏡を使用する方式を採用している。これらの光分配器の分岐比は通常 1:1 に設定されているが、システム設計の必要に応じて 1:100 程度まで随意に製作できる。そう(挿)入損はピッグテイル形で 2.5 dB 以下、プラグ直結形では、光ファイバコネクタの損失を含めて 2.0 dB 以下である。これらの主な性能は表 3. に掲げる。

屈折率分布形ロッドレンズを組合せたピッグテイル形光分配器は図 3. (b) に示すようにレンズの側面の一部を削り落とし、対向して張り合わせた 1 対の 1/2 ピッチの長さを持つレンズが、光の分岐と光路変更の 2 つの機能を果たしている。したがって光ファイバから射出され

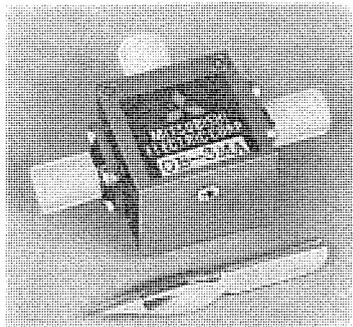


(a) 外観

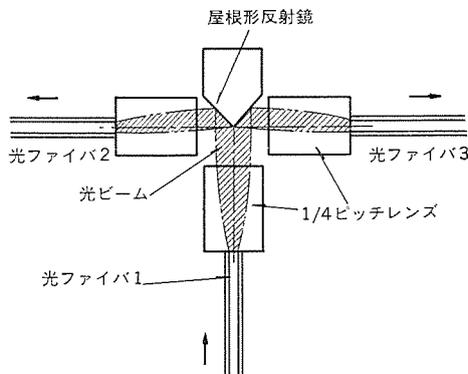


(b) 構成図

図 3. ビッグテイル形光分配器



(a) 外観



(b) 構成図

図 4. プラグ直結形光分配器

表 3. 光分配器性能

品名	プラグ直結形光分配器	ビッグテイル形光分配器
分岐比	1:1	1:1
挿入損	2 dB 以下	2.5 dB 以下
外形寸法	23×23×20(mm)	20×45×13(mm)
重量	30 g	30 g

た光が 1/4 ピッチのレンズによって平行ビームに変換され、上記 1 対のレンズの接合部に導入されて 2 つのビームに分割され、それぞれの 1/2 ピッチレンズの中心軸に対して入射位置と対称な位置に射出し、再び集光用 1/4 ピッチレンズによって光ファイバに結合される。分岐比の調整は中央の 1 対の 1/2 ピッチレンズを光路に対して垂直に移動させることにより可能である。

屋根形反射鏡を使用した光コネクタプラグ直結形光分配器の原理を図 4. (b) に示す。入力用光ファイバから射出された光は、屈折率分布形ロッドレンズによって平行光線とされた後、屋根形反射鏡によって 2 分割され、それぞれ入射光に直角な方向に反射される。分割された光はそれぞれ再びレンズによって集光され、2 本の出力用光ファイバに結合される。分岐比は反射鏡の頂角の位置を入射光線の光路に対して垂直に移動させることにより調整することができる。この光分配器は通常光ファイバ 2 及び 3 の端子間はシャ断されているが、必要であればこの光ファイバ 2 及び 3 の端子間を部品内部で光学的に結合させるように製作し単心光ファイバ用の T 形光結合器として使用できる特長をもっている。

5. 光スイッチ

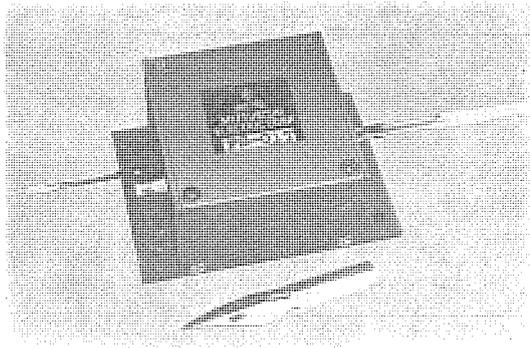
光を電気に変換することなく、光ファイバ中を伝搬している信号光の伝送路を切換える光スイッチはデータパスの端末、光交換機等に必要機能部品である。電気光学効果、音響光学効果を利用した光スイッチも研究されているが、現状では以下に述べる機械駆動式のものに比べて多モード光ファイバに適用するには損失等の点で解決されなければならない問題がまだ多く残されている。

ここでは、当社で開発した実用的な多モード光ファイバ用光スイッチのいくつかについて述べる。これらの光スイッチはいずれも屈折率分布形ロッドレンズ、プリズムあるいはミラーを電磁石とばねとによって機械的に駆動するもので、 10^6 回以上の繰返し動作に対しても何ら特性の劣化は認められず、光ファイバを移動させるタイプのスイッチでみられるチャタリング現象もほとんどない。

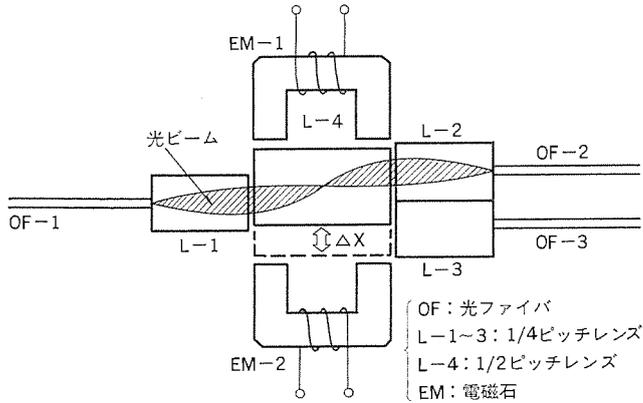
図 5. のビッグテイル形単極双投 (1×2) 光スイッチは、中央の光路切換用の 1/2 ピッチの屈折率分布形ロッドレンズを挿入した鉄片を電磁石によって移動させる方式のもので、他のレンズは光線のコリメートあるいは集光用の 1/4 ピッチレンズである。

1×2 光スイッチとしては、他に電磁機械駆動式の光コネクタプラグ直結形のものも開発した。これには出力端の間隔を十分とるために 2 個のひし(菱)形プリズム又はミラーを光路に挿入する方式を採用した。

更に特殊な用途の光スイッチとしては、光データバスシステムに組込まれた端末装置を接続、切り離し(バイパス)を行うための 2 入力 2 出力のバイパス光スイッチを開発した(図 6.)。その構成は図 6. (b) に

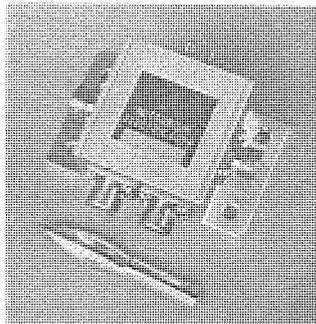


(a) 外観

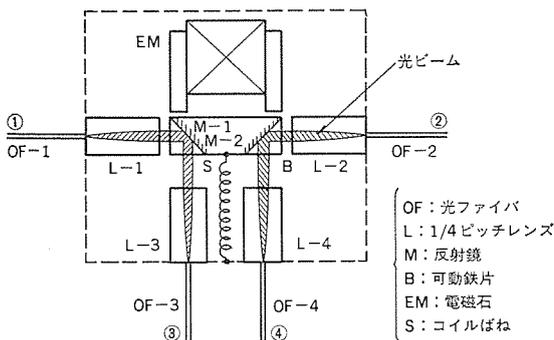


(b) 構成図

図 5. ピッグテイル形1対2光スイッチ



(a) 外観



(b) 構成図

図 6. プラグ直結形バイパス光スイッチ

表 4. 光スイッチ性能

品名	ピッグテイル形 1×2光スイッチ	プラグ直結形 1×2光スイッチ	プラグ直結形バイ パス光スイッチ
挿入損	2.0 dB 以下	1.5 dB 以下	1.5 dB 以下
漏話量	-45 dB 以下	-45 dB 以下	-45 dB 以下
スイッチング時間	10 ms 以下	10 ms 以下	10 ms 以下
駆動条件	80 AT $\left(\begin{smallmatrix} 5V \\ 120mA \end{smallmatrix}\right)$ ばね	150 AT $\left(\begin{smallmatrix} 5V \\ 150mA \end{smallmatrix}\right)$ ばね	150 AT $\left(\begin{smallmatrix} 5V \\ 150mA \end{smallmatrix}\right)$ ばね
繰返し動作	10 ⁶ 回以上	10 ⁶ 回以上	10 ⁶ 回以上
外形寸法	40×50×25(H) (mm)	40×35×25(H) (mm)	30×50×25(H) (mm)
重量	90 g	50 g	60 g

に配した端子③、④とそれぞれ結合させ、端子①及び②に接続された光データバスに対して光信号の取り出し及び挿入を行うことができる。この光スイッチは正常時にデータバスと端末を光学的に接続させておき、異常発生時に、反射鏡を光路よりばね駆動によって取り除き、端子①、②間で結合を生じさせ、端子③、④に連絡されている端末をデータバスより切り離し光信号をバイパスさせる機能を担う。

上記3種類の光スイッチの性能を表4.に掲げる。ピッグテイル形光スイッチの挿入損は2.0 dB以下、プラグ直結形光スイッチの挿入損は光コネクタ損失を含めて1.5 dB以下、いずれもスイッチング切替時の損失変動は±0.05 dB以下、漏話量はいずれも測定限界の-45 dB以下である。これらのスイッチング速度は機械式駆動のため10 ms以下と電気光学効果、音響光学効果によるもの比べて遅いが、現時点での多モード光ファイバ用光スイッチとして十分使用できる。

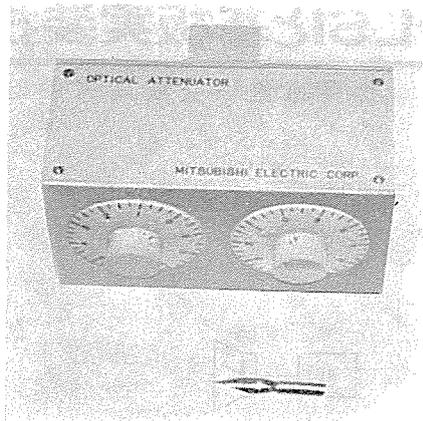
6. 光減衰器

可変光減衰器は光ファイバ伝送システム、装置の各種特性チェック、調整用として使用される光部品である。用途の性格上、広いダイナミックレンジ、高い精度が要求される。そのためにガラス円板に金属Ta膜をスパッタし、陽極酸化法によりその透過量を精密に設定し円周方向に、連続的あるいはステップ状に変化させたものを用意し、図7.に示すように大きな減衰ステップをもつ可変ND (Neutral Density) フィルタと小さな減衰量変化をもつ可変NDフィルタを2枚重ねて0~60 dBの範囲にわたって0.25 dBステップで光量を調整できるように構成している。またNDフィルタ板からの反射光のもどりを防ぐため、2枚のNDフィルタ板は光路に対して傾斜して回転させるようになっている。

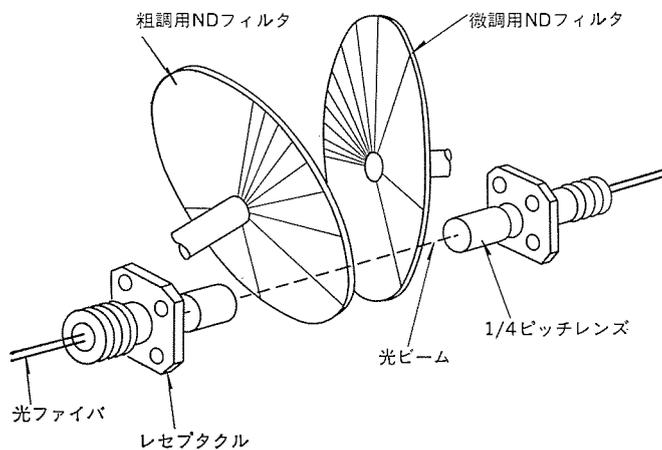
この可変光減衰器には1対の屈折率分布形ロッドレンズを挿入しており、光ファイバ中を伝搬している信号光を入力側レンズで平行ビームに変換した後、2枚のNDフィルタ板を透過させ、再び出力側のレンズによって集光される。入力側及び出力側端子のレセプタクルにコネクタプラグを直接挿入する構造を採用しているため、光ファイバの種類によらず接続が可能であり、あらゆる光ファイバに適用が可能である。可変光減衰器の外観を図7.(a)に示す。主な性能は表5.に掲げるように、挿入損2.0 dB以下、波長範囲0.8~2 μmの広範囲にわたって減衰変動は0.4 dB以下である。

他方、図に示していないが、一定の減衰量をもつ固定光減衰器は、光ファイバ伝送システムに組込まれるもので、構成としては可変光減

示すようにある間隔をおいて配置した①、②端子の屈折率分布形ロッドレンズの間に非バイパス時に2枚の光路に対して45度の角度をなす反射鏡を電磁石の吸引力によって光路と同時に挿入し、直角方向



(a) 外観



(b) 構成図

図 7. 可変光減衰器

衰器のNDフィルタの作製と同じ方法を用いて、所定の透過減衰量になるように調整されたNDフィルタを屈折率分布形ロッドレンズ間の平行光ビーム内に光路に対して斜めに挿入したもので、減衰量も任意に作成が可能であり、表5.に掲げるように6dB、10dB、20dBの3種類を標準的に製作している。

表 5. 光減衰器性能

品名	可変光減衰器	固定光減衰器
挿入損	2.0 dB 以下	減衰量 6, 10, 20 dB (± 0.5 dB) の3種類
減衰量可変範囲	0~60 dB	
可変減衰量	0.25 dB ステップ	
外形寸法	180×80×70(mm)	14φ×40(mm)
重量	800 g	22 g

7. むすび

以上、当社で開発を行った多モード光ファイバ伝送用光部品について、その構成、特徴及び性能について述べた。

各光部品については、小形化、低挿入損、組立調整・取扱いの容易性に注意を払った。また各光部品の耐環境試験については電子部品に対するJIS規格を参考にして、温度 $-10\sim 70^{\circ}\text{C}$ 、温湿度30~95%、 40°C 、振動10~500 Hz、10 Gの条件に対する連続動作試験を行い、これらの規格を十分満たすことを確認した。

ここに述べた各光部品は製作所において、製品化を推進している。ここで割愛した半導体レーザ(LD)ユニット、光アイソレータ、光分波器、複合化光機能部品は現在研究開発中であり、また今後は光分岐、光スイッチ等の複数の素子を同一基板上に集積化した光集積回路の研究開発を進めてゆく予定である。

参考文献

- (1) I. Hayashi et al. : Junction lasers which operate continuously at room temperature, Appl. Phys. Lett. 17, p. 109 (1970)
- (2) F. P. Kapron et al. Radiation losses in glass optical waveguides, Appl. Phys. Lett. 17, p. 423 (1970)
- (3) 宮坂か : $1.5\ \mu\text{m}$ 帯用単一モード光ファイバの作製, 信学技報 OQE 79, p. 73 (1979)
- (4) M. Nunoshita et al. : Micro-Optic Components for Multi-mode Optical Fiber Systems, FOC'79 (Chicago, 1979-9) にて講演

カーラジオ用周波数カウンタ・クロックLSIと基板実装技術

加藤直之*・登坂高夫*・越智克則*

1. ま え が き

最近の各種民生用機器の分野において、エレクトロニクス化は目覚ましいものがあり、半導体集積回路(IC)を応用してのセットの多機能化、小形化が強力に推進されている。現在では、セットのコストパフォーマンスを支配するのはICと言っても過言ではなく、ICにはより一層の高集積度化、多機能化が要求されている。しかしその反面、多機能化に伴うピン数の増大はセットの小形化を図る上で障害となっており、コンパクト化されたICパッケージの開発が焦点となってきている。

この論文では、特に小形化、多機能化が要求されるカーラジオ・カーステレオ等の車載用音響機器を取り上げ、カーラジオ用周波数カウンタ・クロックとして開発した多機能LSI「M54861P」について、製品化の過程を含めて、その機能及び特性について報告し、更にこの「M54861P」を例にあげ、40pin以上の多機能LSIの実装密度を飛躍的に向上させた基板IC化の技術について紹介する。

2. カーラジオ用周波数カウンタ・クロック

現在、カーラジオ・カーステレオ等の車載用音響機器は収納スペース上の制約からますます小形化される傾向にあり、同時に表示をデジタル化し、運転中における見やすさを高め、操作性を向上させる方向に進みつつある。また表示をデジタル化すると同時に時計、積算タイム等の機能を付加し、ラジオセットの多機能化を図るといったことも行われている。

2.1 周波数カウンタの構成

周波数カウンタを使用して、デジタル表示システムを構成した場合のブロック図を図1.に示す。

基本原理は、ラジオの受信周波数を f_r 、中間周波数を f_{IF} とすると、局部発振周波数 f_{LOCAL} は次式で示される。

$$f_{LOCAL} = f_r + f_{IF}$$

そこで中間周波数値の補数をプリセットしたカウンタで局部発振周波数をカウントし、LED等の表示素子に受信周波数を表示する。

カウンタ用ICに時計、積算タイム等の機能を追加することによって、現在時刻や経過時間をデジタル表示させることが、部品点数の増加なしに可能となり、セットのコストパフォーマンスの向上が極めて容易にできる。以下、カーラジオ用周波数カウンタLSIとして製品化された「M54861P」について、設計開発から量産化までの問題点に触れながら、その機能及び特長について述べる。

2.2 「M54861P」概略

M54861Pには、次の4機能を1チップ上に集積している。

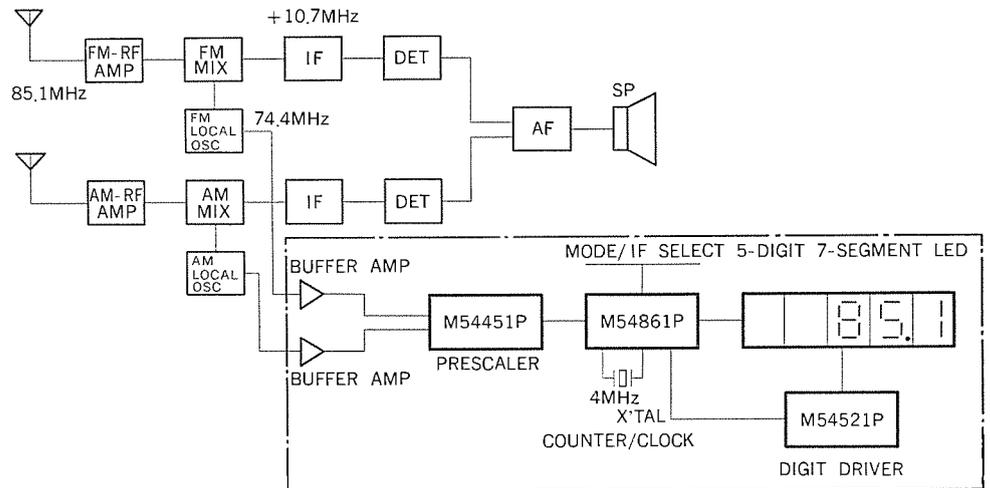
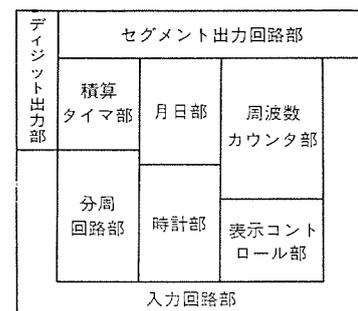
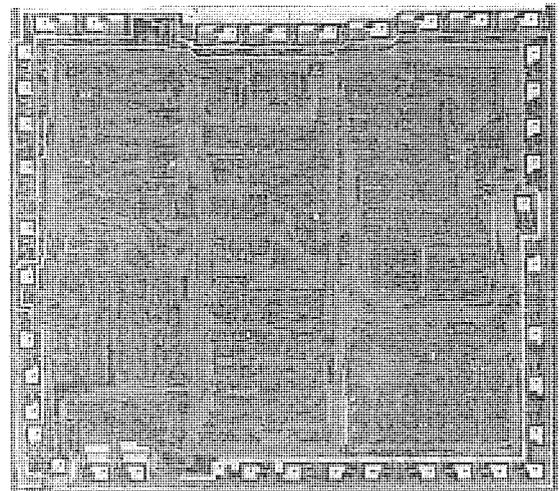


図1. 周波数カウンタの構成ブロック図



チップサイズ: 5.66×5.08mm

図2. M54861Pチップの概要

- (1) 周波数カウンタ (AM/FMラジオ受信周波数の表示)
- (2) 時計 (現在時刻の表示)
- (3) 積算タイム (経過時間を時分及び分秒で表示)
- (4) デート (月日の表示)

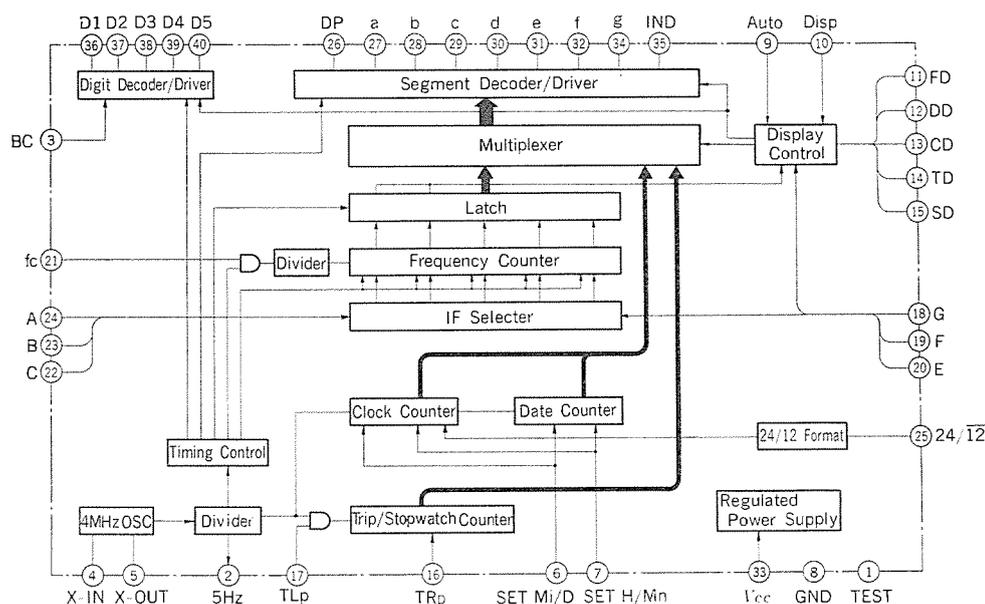


図 3. M54861P ブロック図

チップ写真を図 2. に示す。I²L (Integrated Injection Logic) 技術を用いることにより、5.66×5.08 mm 上に約 2,300 ゲートを集積している。当社の従来 I²L 製品に比して、チップ面積及びゲート数とも 2 倍以上となった。チップ面積が増大するにつれて同一チップ内の素子特性のばらつきも広がると考えられ、また M54861P の場合には、セグメント出力回路に LED の電流制限抵抗を内蔵しており、かなりの発熱を伴うため、チップ内の温度の不均衡による V_{BE} の差が動作マージンを減少させる可能性が考えられた。そこでパターンレイアウトに関しては、特にインジェクタライン及びグランドラインに注意を配り、またチップの一端より他端まで伝達する信号ラインの電流吸収能力は、標準の設計基準以上の動作マージンが確保されるよう考慮した。表示コントロール部など、高速の動作速度を要しない信号ラインには、ベース領域内のエミッタ拡散クロスオーバーをアルミ配線並みに使用し、集積度を高めた。量産時の歩留りを考慮して、局部発振周波数カウント用 ECL プリステータと、MAX 300 mA の電流が流れるデジタルドライバは別チップとした。以上のようにして設計した M54861P は設計評価の結果、目標規格を十分満足していることを確認した。

IC の機能ブロック構成を図 3. に示す。基準周波数は内蔵の発振回路に 4 MHz の水晶振動子を外付けすることによって得られるので、周波数カウンタ及び時計の精度は極めて高い。

2.3 機能上の特長

特に盛り込んだ機能上の特長について述べる。

(1) 操作の簡易化

車載用の音響機器セットの場合、スイッチ操作は運転中にも行う必要があり、できるだけ簡略化したほうがよい。そこで M54861P に、優先表示への自動復帰機能及び周波数変化検知機能を内蔵した。自動復帰機能は、優先表示モード (通常は時計である) 以外が選択されたあと、5 秒後に再び優先表示モードに復帰する機能である。周波数変化検知機能は、受信周波数が変化したとき自動的に周波数表示が選択される機能である。変化検知は、ラッチされた新旧のカウンタ値を比較することによって行った。

(2) 各国仕様に対応可能

現在、世界各地域の放送仕様並びに時計の表示モードは、表 1. に示

すようにかなり地域差がある。例えば、FM 放送の局間ステップは国内では 100 kHz 単位であるが、米国では 200 kHz 単位、ヨーロッパでは 50 kHz 単位である。そこで各地域の表示モードに対応可能なように

FM 受信周波数表示 : 10, 50, 100, 200 kHz

AM 受信周波数表示 : 1, 10 kHz ステップでの表示が入力 E・F・G の切替えのみで選択可能とした。また時計も AM/PM 表示付 12 時間モードと 24 時間モードが切換え可能とした。

(3) 低消費電流化

車載のバッテリーはかなりの容量を持っているため、携帯用のラジオなどの場合よりも電流的に余裕がある。

しかし極力、消費電流を押さえる方針で回路設計を行った。まず、ラジオが「OFF」になっている状態 ($E=F=G="L"$ 状態) のときには、周波数カウンタは動作させる必要がないので、図 4. のような電流スイッチ回路を用いて、周波数カウンタ部に電流を供給しないような回路構成とした。

また駐車などでエンジンを掛けず長時間保管するような場合、LED 表示器を点灯し続けると常時 200~300 mA が浪費され、場合によっては問題となるため、表示を常に消すモードを設定した。そのモード切替えは Disp 入力によって行われる。Disp 入力が "L" になった状態では出力回路には 1 μ A 程度のコントロール電流しか流れない構造となっている。しかし Disp 入力が "L" の状態でも、表示選択信号が入力されれば指定された表示を 5 秒間行う。この場合の 5 秒タイムは、優先表示への自動復帰機能に使用されている 5 秒タイムを共用しており、回路を簡略化している。通常、Disp 入力は車のイグニッションキーで制御されるようにセットされ、運転中は常時、何らかのモードが表示される。

表 1. 地域別仕様の比較

	国内	米国	ヨーロッパ
時計	12h モード	12h モード	24h モード
周波数表示 ステップ	AM	10 kHz	9 kHz
	FM	200 kHz*	100 kHz

* : 200 kHz ステップで奇数である。

** : まれに 25 kHz ステップの局もある。

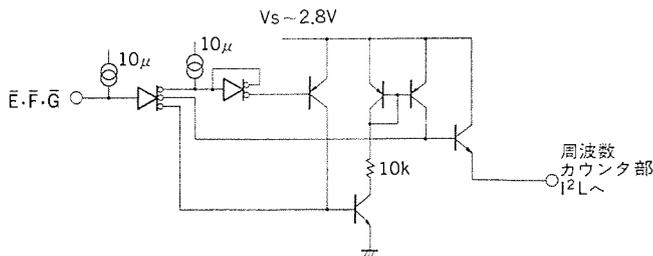


図 4. 周波数カウンタ部電源スイッチ回路

表 2. 電気的特性及び仕様

項目	記号	特性
電源電圧	V_{CC}	5V ±10%
カウント周波数	f_c	2 MHz
セグメント出力電流	I_{seg}	40 mA
ディジット出力電流	I_{dig}	5 mA
消費電流	I_{cc1}	5.5 mA (表示オフ時)
	I_{cc2}	20 mA (表示中)
動作周囲温度	T_{OpT}	-30 ~ +75°C
外形	—	40 pin プラスチックモールド DIL
駆動表示素子	—	4桁～5桁カソードコモンLED

以上のような回路構成により、ラジオオフ、表示オフ時のスタンバイ電流は、5.5 mA (標準値 at $V_{CC} = 5V$) に押さえた。

2.4 電気的特性

主な電気的特性、仕様を表 2. に示す。標準のパッケージは 40 pin プラスチックモールド DIL であるが、その外に以下に述べるように、基板上にダイレクトに IC チップをボンディングした F 基板を製品化している。

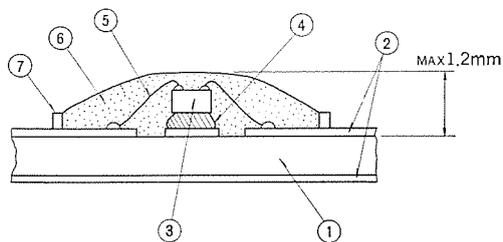
3. 基板 IC 化

既に述べたように、民生用機器の多機能化、小形化が追求されるに従って、IC の収納スペースの問題は重大となってくる。今や、標準の DIL パッケージではセットメーカーの多くの要望に答えられない段階となっている。当社はこの問題を解決するために、基板上に直接、IC チップをボンディングし、封止することによって基板自体を IC のパッケージとしコンパクト化を図り、広く顧客の要求に対応している。この基板 IC 化の技術を今回の M 54861 P を例にとって、紹介する。

3.1 基板 IC の構造

図 5. に基板 IC の構造図を示す。基板材料としては、300°C 以上の耐熱性を持ったガラスエポキシ基板を使用する。耐熱性の低い一般のガラスエポキシ基板では、超音波熱圧着によるワイヤボンディング時、基板のふくれ、クラックが生じ、信頼性の点で問題となる。図 6. に、使用した基板の特性図を示す。ワイヤボンド時に要求される耐熱性 (240°C, 30~60 秒) は十分に保証されている。

基板上の配線パターンにはすべて金めっきを施している。通常、配線パターン幅及び間隔は 0.3 mm TYP であるが、微少電流の信号ラインは 0.2 mm 程度まで使用可能である。基板 IC のアセンブリフローチャートを、図 7. に示す。



- ①ガラスエポキシ基板…板厚は通常1.6mmを使用
- ②リード …金めっき
- ③ICチップ
- ④ダイボンド用接着剤
- ⑤金線 …25 $\mu\phi$
- ⑥封止樹脂 …エポキシ樹脂
- ⑦流れ止めシート

図 5. 基板 IC の構造図

図 7. に示す。右側は比較のため掲載した標準プラスチックモールドパッケージのフローである。基板 IC の場合、アセンブリの工程数は大幅に減少しており、アセンブリ納期の短縮、コストの低減更には自動化装置の導入が期待できる。

図 8. は、基板のサンプル写真である。表、裏面のパターンは、0.8

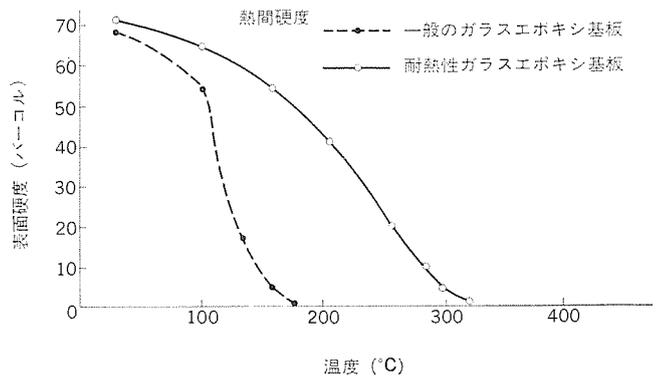
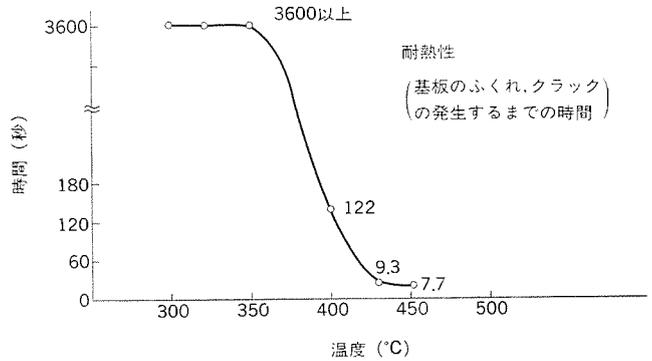


図 6. ガラスエポキシ基板特性図

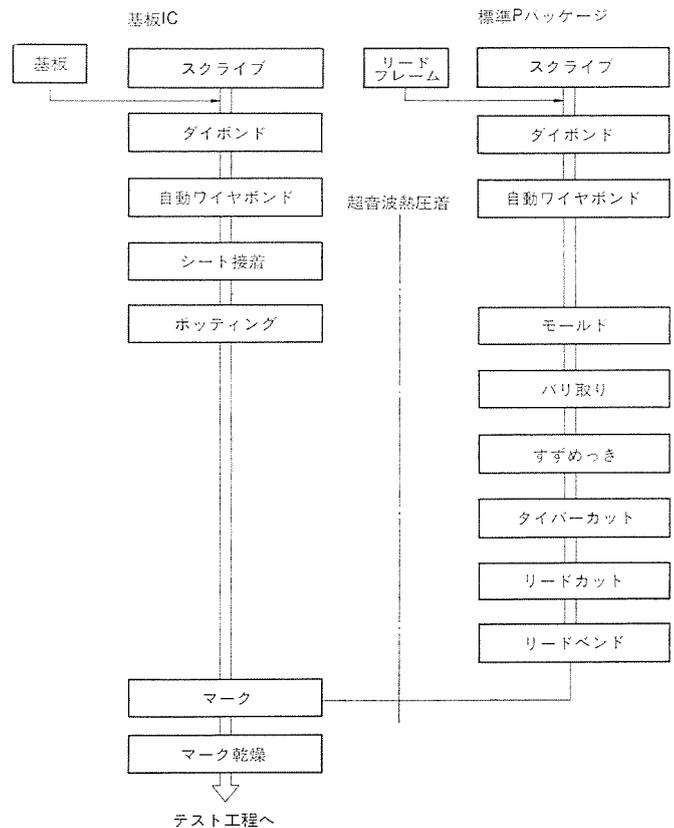
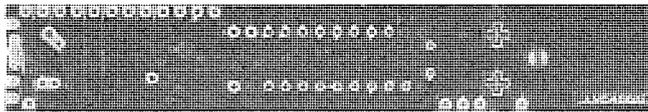


図 7. アセンブリフローチャート



(a) 表面パターン (チップボンディング側)



(b) 裏面パターン

図 8. 基板 IC のサンプル写真

mmφのスルーホールにて接続する。基板の外形及び仕様はユーザーの要求に応じて自由に変更可能である。写真のサンプル(ほぼ実寸大)は、M54861PとM54521Pをチップボンディングしたものである。

3.2 基板 IC の特長

基板 IC は以下のような特長を有している。

- (1) コンパクト化, 組立作業の簡単化
- (2) トータルコストの低減
- (3) 基板仕様(外形, 機能)の自由度大
- (4) LED駆動ノイズの対策が容易

基板の外形, 寸法等はラジオセット側の収納スペースに応じて自由に変更可能であり, また同一基板上に LED 表示素子などの他の部品も取付けることができるため, コンパクト化, 組立作業性の向上, コスト低減が同時に期待できる。また LED 表示素子をダイナミック駆動する場合問題となっていたノイズ発生に関しても, LED と IC を一体化できるため配線長を最小限に押さえることができ, 比較的容易に対策可能である。図 9. は部品を取付けた状態の基板写真である。基板上には, LED 表示素子, 水晶振動子及びトリマコンデンサ類の外付け部品を配置しており, 写真のサンプル基板は, 後は電源及び入力を印加するだけで動作する。

3.3 基板 IC の信頼性

基板 IC は構造上の観点から, 信頼性については厳密にテストした。テスト結果を表 3. に示す。熱的ストレス及び高温高湿保存に重点を置いてテストしたが, 問題は発生しなかった。動作寿命試験も全く問題はなく, DC パラメータもほとんど変化しないことが確認された。結論として, 基板 IC の信頼性は標準 DIL プラスチックモールドパッケージと同レベルであり, 民生用 IC に要求される信頼性は十分に保証できるものとする。



図 9. 外付け部品を取付けた基板 IC

表 3. 信頼性試験内容と結果

素子	試験項目	試験条件	サンプルサイズ	故障
M54861XF	動作寿命試験	$T_a=75^{\circ}\text{C}$, 1,000 h Fig. 8	22	0
	高温保存	$T_a=125^{\circ}\text{C}$, 1,000 h	22	0
	耐湿試験	65°C , 95% RH, 500 h	22	0
M54521P Chip Bonding	熱的ストレス	はんだ付け試験 260°C , 10 sec	22	0
	熱衝撃	$-40^{\circ}\text{C}\sim+125^{\circ}\text{C}$, 10 min/cycle 15 cycles		
	温度サイクリング	$-55^{\circ}\text{C}\sim+125^{\circ}\text{C}$ 1 h/cycle 10 cycles		

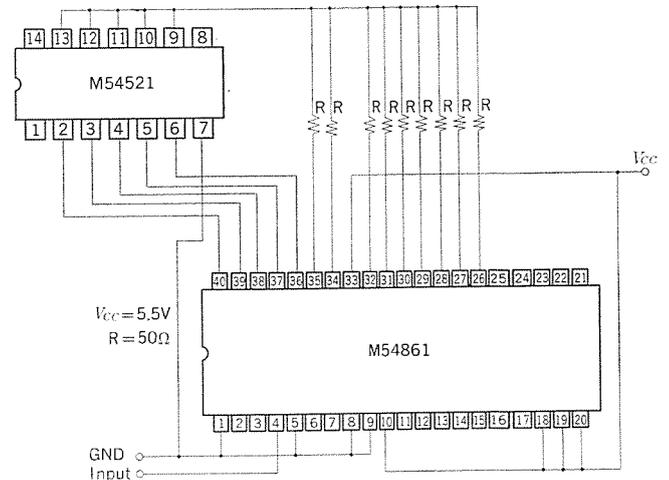


図 10. 動作寿命試験回路

4. む す び

以上カーラジオ用の LSI「M54861P」について, 機能及び特性を述べ, ラジオセットにとう(搭)載する場合に実装密度の点から有利な基板 IC 化の技術について報告した。

カーラジオ用 LSI に要求される機能は多岐にわたるが, ここでは周波数カウンタに関連して, 時計, 積算タイマなど 4 機能を 1 チップの LSI に収納して多機能化を図った。そのため, この LSI は PL によるパイポーラ LSI であるが, 集積度は MOS LSI なみとなった。パイポーラ IC も本格的な LSI 化の時代に入ったと考えられ, 今後一層の多機能化が進展することになる。

またラジオセットに組む場合を考え, コンパクト化, 組立作業性の改善を図るべく, チップを基板に付けしたが, その信頼性は満足すべきものであった。このような基板 IC は, 今回述べた車載用音響機器に限らず, 時計, カメラなど高密度実装化が要求される分野に広く応用可能であり, この基板 IC の開発は, 得るところ大であったと考える。今後は多層基板の導入, 印刷抵抗及びチップコンデンサの使用により, 更に高密度化を図るとともに, 外付け部品を組込んだモジュール基板として製品化を進める方針である。

横浜市下水道局納め港北下水処理場総合監視システム

上原 薫*・左向隆一**・小松角郎*

1. ま え が き

横浜市郊外のベッドタウン、いわゆる田園都市と呼ばれている所の人口増加率は、他都市に比較して驚異的な高い値を示しており、横浜市の人口は既に東京都に次いで第2位となっている。

このような人口増加に伴い、公共事業の拡充が急速に進められており、その中でも重要な一端を担うのが下水処理設備である。

そこで下水処理設備に高度な計算機システムを導入し、各施設の総合監視制御（情報の整理・要約、下水処理の高効率化、高度な処理等）を行うことにより、操作、保守の充実を図る必要がある。

ここで紹介する港北下水処理場は、新横浜駅近く、鶴見川沿いに位置し、横浜市港北区、緑区、神奈川区の一部を処理範囲とし、現在の処理能力58,800 m³/日(113,000人)で、最終目標能力は439,000 m³/日(844,000人)である。

今回、処理場能力を拡充すべく計算機システム《MELCOM 350-50》2台、及びデータウェイシステム「MDWS-30」を導入した。以下、その概略を紹介する。

2. 港北下水処理場の概要

2.1 施設

この処理場は昭和46年度より工事に入り、現在処理系列としては2系列が完成か(稼働)中で、昭和55年度には1系列増設予定である。またその後、処理北4系列、処理南6系列の増設も予定されており、施設の拡張、充実を図っている。

2.2 受変電設備

66kV 3φ 2回線にて受電し、5,000kVA トランス2台で3.3kVに変圧、各高圧モータ(汚水ポンプ、雨水ポンプ、プロフ)及び低圧動力設備用トランス等に配電している。また非常用として3.3kV 1,875kVA 発電機2台を具備している。

2.3 機械設備

(1) 取水設備

汚水ポンプ 5台(220kW×2, 350kW×2, 600kW×1)

内3台は共通セルピウス方式による速度制御、及び1台は2次抵抗制御方式による速度制御を行う。

雨水ポンプ 6台(240kW×2, 480kW×2, 680kW×2)

内2台は2次抵抗制御方式による速度制御を行う。

(2) 最初沈殿池設備

生汚泥ポンプ 2台

(3) エアレーション設備

プロフ 8台(内将来5台)(260kW×3, 490kW×5)

(4) 最終沈殿池設備

余剰汚泥ポンプ 2台

返送汚泥ポンプ 3台

(5) 汚泥処理設備

濃縮そう(槽) 4槽

消化槽 1次2槽, 2次1槽

洗浄槽 2段洗浄 1組

薬品注入 2系列(内将来1系列)

脱水機 6台(内将来4台) フィルタプレス

(6) ガス、ボイラ設備

(7) 汙過設備

(注) 以上、主要機器のみリストアップし、低圧機器は台数のみ掲げている。

2.4 場外ポンプ設備

(1) 新羽ポンプ場

港北下水処理場より3.3kVにて引込み、下記の各ポンプに供給している。また非常用として3.3kV, 5,625kVA×2台の発電機を具備している。

汚水ポンプ 7台(内将来5台)(770kW×3, 410kW×4)

内4台は2次抵抗による速度制御を行う。

雨水ポンプ 6台(内将来2台)(800kW×2, 1,450kW×2, 2,250kW×2)

全台2次抵抗による速度制御を行う。

(2) 菊名ポンプ場

6.6kV 1回線にて受電、1,000kVA トランスにて3.3kVに変圧し、各ポンプに供給している。また非常用として3.3kV 875kVAの発電機を具備している。

汚水ポンプ 4台(45kW×2, 70kW×2)

全台2次抵抗による速度制御を行う。

雨水ポンプ 6台(180kW×1, 270kW×2, ディーゼル×3)

内1台は2次抵抗による速度制御を行う。

以上2か所のポンプ場より港北下水処理場へ汚水を圧送している。

3. システムの設計方針

下水処理プラントの特性を十分熟慮し、総合監視システム設計上の基本事項を次のように設定した。

(1) 省力化： 従来、中央監視室には24時間運転員が駐在し、プラント運転監視設備の緊急故障時には人的操作によりプラント運転の維持を補っている。そこで、このよな事態をできる限り少なくし、自動化を進め、無人化の方向にもっていく必要がある。

(2) 拡張性： 下水処理場は建設当初から全設備が設置されることは少なく、何回かに分けて段階的に設置されるのが普通である。また生活様式の変化、人口の増加など必ず増設工事が生じている。このために既設プラントへの影響をできる限り与えないで増設工事が可能であること。

(3) 信頼性： とすれば、中央にプラント運転の全機能を集中しがちであるが、このような方式では中央の故障によってプラント全体の運転ができなくなる。このためには、2重化などバックアップを充実する外、一部の故障が全体へ及ぼす影響を最小限とするよう制御の分散化を図る。

- (4) 操作性：運転管理のための操作は簡化する。
 - (5) 経済性：当然のことであるが、設備費用の削減も考える。
- 以上のことから総合監視システムとしての方式を次のように考えた。
- (1) 集中監視する上位計算機は2重化する。
 - (2) 各設備単位にコントローラを設置し、分散制御方式を採用する。
 - (3) 中央監視室と各プロセスとの信号接続には、遠制装置とデータウェイ装置で使い分ける。
 - (4) 運転員と計算機システムのマンマシンコミュニケーションにCRT装置を採用し、会話形式のコミュニケーションを行う。
 - (5) 監視盤・操作デスクは集約化・簡素化を図る。

4. システムの構成

総合監視システムの全体構成を図1.に示す。

4.1 上位計算機システム

処理場の中央監視室に設置され、プラントの各設備から直接、あるいは下位マイクロコントローラ及びシーケンスコントローラを経由して送られてくる情報を一括集中監視する。

高い信頼性を実現させるために上位計算機は《MELCOM 350-50》の2重系を構成するとともに、場内のプロセス信号はすべてデータウェイ経由とし、ケーブルコストの低減と設備の増設・拡張にも容易に対処できるようになっている。

上位計算機をとりまく監視用機器としては次の機器があり、上位計算機と有機的に接続されて監視システムの操作性を向上している。

- (1) 監視盤：情報を集約化したグラフィック監視盤によって見や

すく、全体が一括監視できる。

- (2) 操作デスク：操作場所単位に設置され、2挙動、3挙動方式が主な操作である。またCRTに操作画面の状態表示、選択機器のフリッカ表示を行い操作性の向上を図っている。

- (3) CRTオペレータコンソール：マンマシンコミュニケーションの中心機器であり、従来のオペレータコンソールに比べ押ボタンスイッチ、表示灯などを最小限に押さえ、CRT画面中心のキーボード、ライトペン操作による対話形式で行っている。このCRTオペレータコンソールは複数台が設置され、設備単位あるいは機能単位の分割操作又はバックアップ操作として使用できる。

- (4) 指示計・記録計：刻々と変化するプラントの状態を表示、記録することができる。

- (5) タイプライタ：アナウンスメントタイプライタ1台、日誌タイプライタ2台、日報タイプライタ1台、月報タイプライタ1台を設置し、それぞれの作表を行う。

4.2 下位コントローラ

現場の各設備単位にコントローラが設置され、一部の故障が全体システムに影響を与えないように制御の分散化を行っている。下位コントローラとしての主な機器は次のとおりである。

- (1) 《MELCOM 350-7》：既設システムとして監視を行っていたミニコンピュータであったが、今回の総合監視方式の採用により、《MELCOM 350-7》は処理場内のポンプ制御・電力制御用コントローラとして生まれ変わった。

- (2) 《MACTUS-800》：汚泥処理関係の制御用、新羽ポンプ場のポンプ制御・電力制御用として合計3台のデジタル制御装置《MACTUS-800》が設置されている。

- (3) 《MACTUS-810》：菊名ポンプ場のポンプ制御・電力制御用として設置された本格的なDDC用コントローラである。

- (4) 《MACTUS-400》：各設備に設置され、直接あるいはコントローラからの指令を受けてシーケンス制御を行う。

- (5) 《MACTUS-110》：各制御ループのバックアップ用として設置されているバックアップ操作器である。

4.3 データ伝送用機器

広範囲に分散する処理場の各設備、また各地に点在する周辺ポンプ場からの多量のデータを高速に中央監視室へ集めること、逆に中央監視室からの制御指令を確実に各プラントへ送ることのために次の機器を採用している。

- (1) データウェイ装置：処理場内の各設備にサステーションを設置し、データウェイ装置「MDWS-30」によって高速伝送(6MBPS)を実現している。この「MDWS-30」は中央のメインステーションを2重化しており、信頼性の向上、増設等の拡張性に十分対処できる。

- (2) 遠方監視制御装置：処理場から離れたポンプ場とのデータ伝送は、《MELFLEX》などの遠制装置で行い、直接にプラントとのやりとりを行うばかりでなく、上位計算機と下位コントローラ間の情報交換にも使用している。特に《MELFLEX》は高速伝送が可能であり、処理のスピード化が図られている。

- (3) 通信回線装置：隣接する処理場間のデータ伝送用に設置され、将来の処理場間の総合監視への第一段階といえる。

5. システムの機能

5.1 監視・警報機能

計測値データによる上下限監視、監視用データによる機器の状態変化

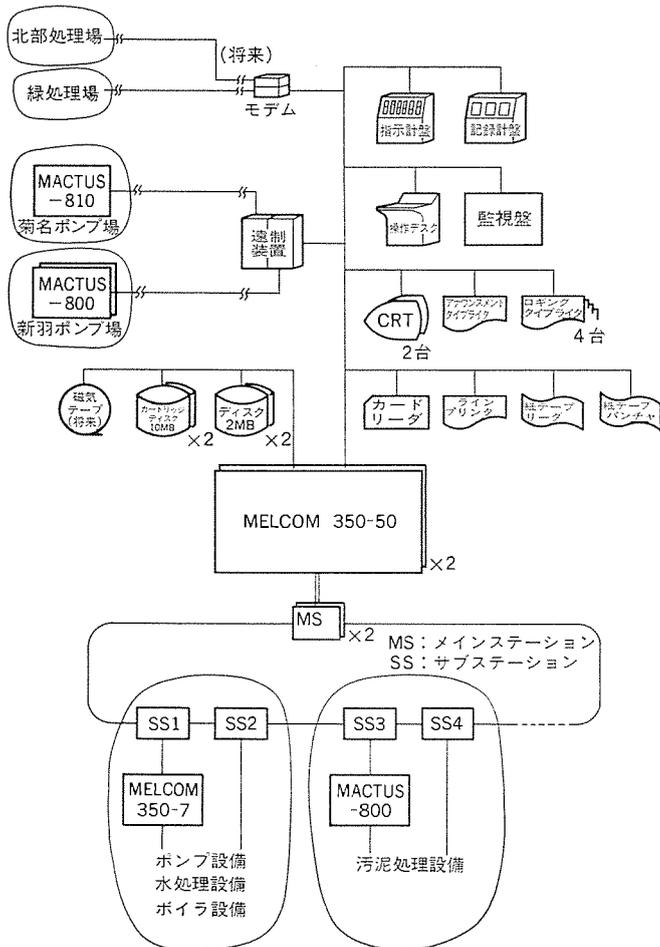


図1. システム構成図

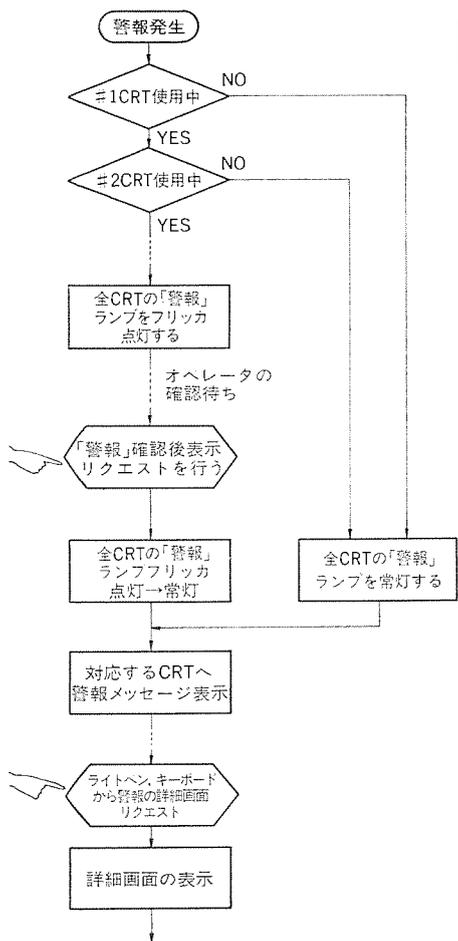


図 2. 警報 CRT 表示フロー

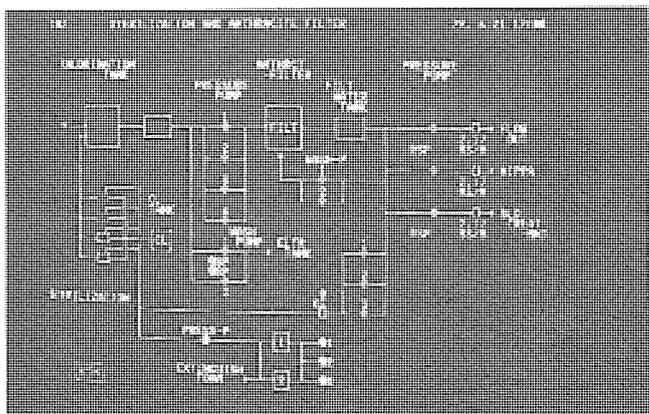


図 4. 滅菌・濾過フローシート画面

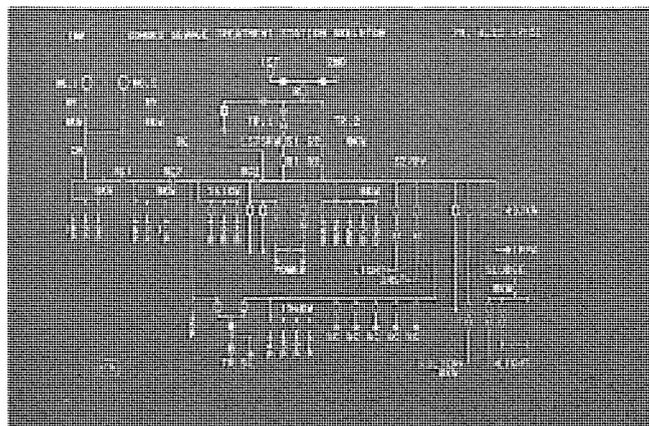


図 5. スケルトン画面

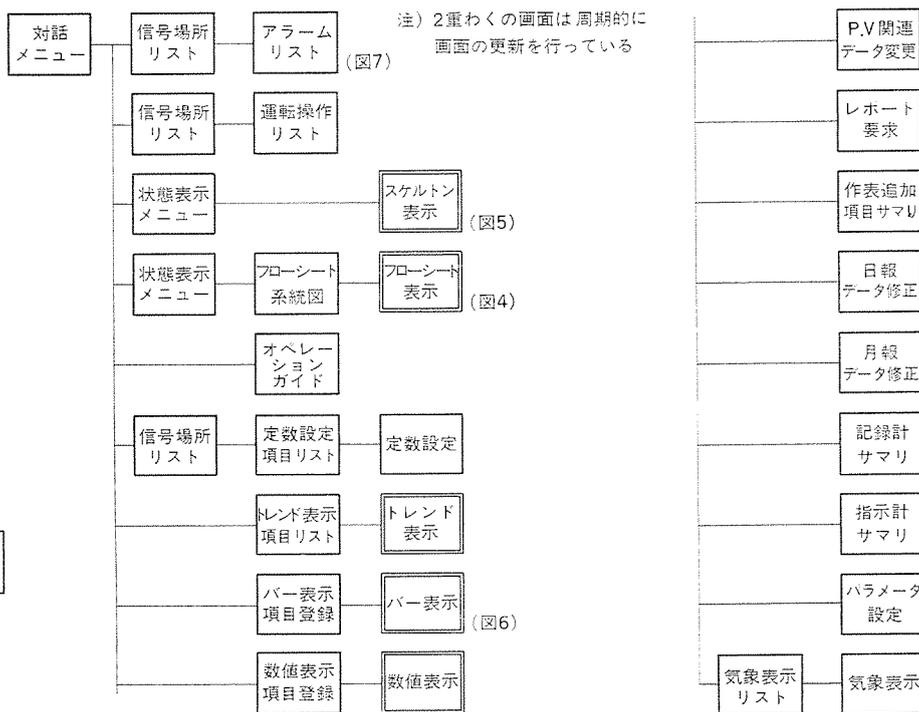


図 3. 対話画面構成

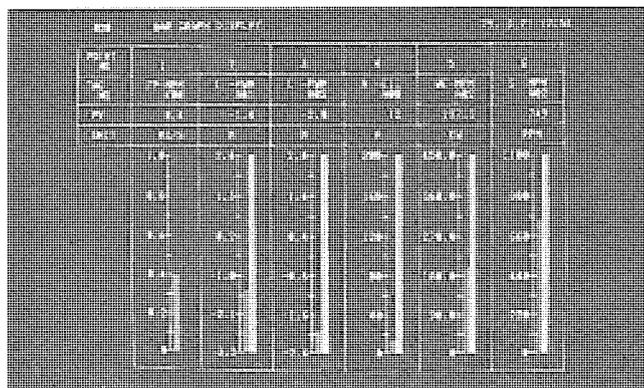


図 6. バー表示画面

・故障状況の監視をはじめとし、プロセス値の表示・記録を行っている。また警報発生時はブザーで運転員に知らせている。

5.2 CRT 機能

5.2.1 警報表示機能

図 2. のように警報発生と同時に空いている CRT にその警報項目を表示する。警報項目をライトペン又はキーボードからリクエストすることによって警報項目に対応する詳細画面が表示され、故障状況をフローシート、スケルトン画面として見ることができる。警報が復帰した場合は自動的にその項目が消去される。

5.2.2 対話機能

運転員が CRT を介して計算機と対話する方法で各種情報の表示や変更を行うことを目的とした機能であり、ライトペン、キーボードの併用、画面の構成など操作性を十分考慮している。

図 3. は対話機能の画面構成を示した図である。「メニュー 選択」をリクエストすることにより対話メニューが表示され、その中から希望する機能を選択する方式である。図 4. ～図 7. は対話画面の例である。

ALARM NO.	TIME	DESCRIPTION
1	11:00	TRUCK
2	11:00	TRUCK
3	11:00	TRUCK
4	11:00	TRUCK
5	11:00	TRUCK
6	11:00	TRUCK
7	11:00	TRUCK
8	11:00	TRUCK
9	11:00	TRUCK
10	11:00	TRUCK
11	11:00	TRUCK
12	11:00	TRUCK
13	11:00	TRUCK
14	11:00	TRUCK

図 7. アラームリスト画面

ITEM	DESCRIPTION
1	INCINERATOR AND GENERATOR
2	CRT CHAMBER
3	WASTE PUMP
4	PRE-HEATERS
5	PRIMARY SETTLING TANK
6	SOFT AND HARD SILL TANK
7	BLINDS
8	SETTLING AND SANDS BLEND
9	CLAY STRAIGHT & INJECT FILT
10	THICKENER & STORAGE TANK
11	SLURRY TREATMENT
12	DEHYDRATION
13	SLURRY DRYING
14	DRILLER
15	DEHYDRATION BASIN
16	PRESURIZED PUMP

図 8. 操作メニュー画面

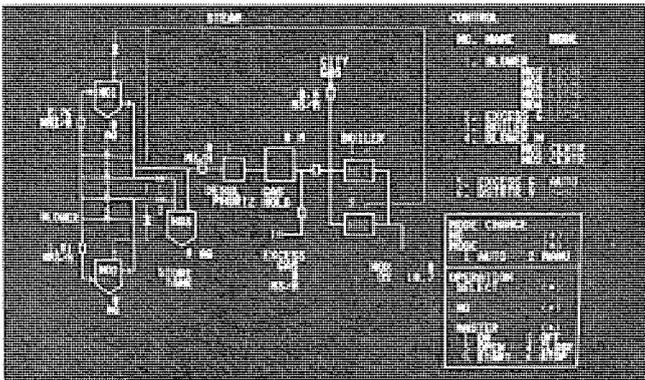


図 9. ボイラ・ガスフロー 操作画面

5. 2. 3 操作機能

現場の各機器に対する操作は操作デスクによって行われるが、同様の機能をCRTでも行うことができる。「CRT操作」リクエストによって操作メニュー(図8.)が表示される。この操作メニューは、場所別、設備別に分かれており、それぞれに対応する操作画面(図9.)が表示されて、周囲の機器の状態を見ながら操作できる。

CRT操作手順のフローを図10.に示す。

5. 3 操作デスク機能

現場の各機器に対して個別操作を行う(中央手動モード)機能である。2挙動、3挙動方式を主体に従来に比べ操作ボタンの簡素化を図り、機器のモード表示、故障表示、CRTへの画面表示により操作性が向上している。

デスク操作手順のフローを図11.に、挙動数の定義を表1.に示す。

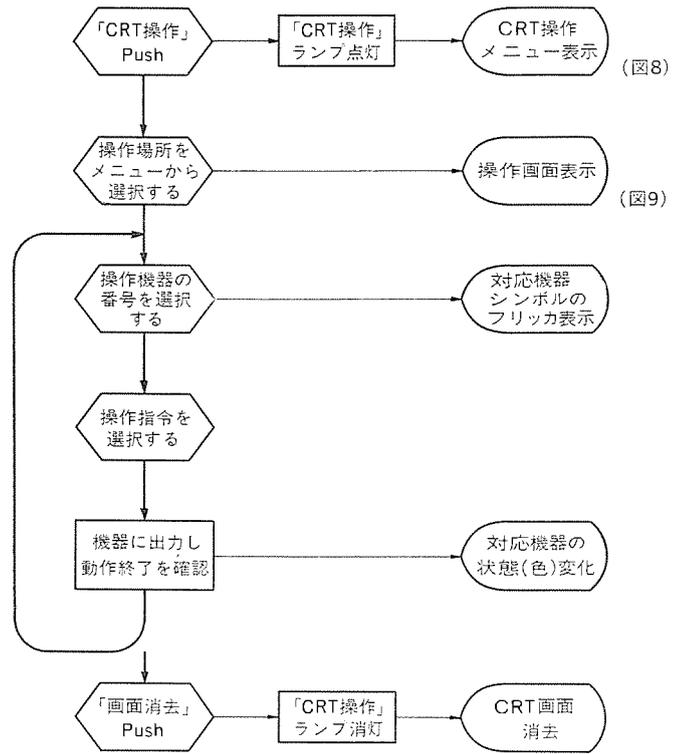


図 10. CRT 操作フロー

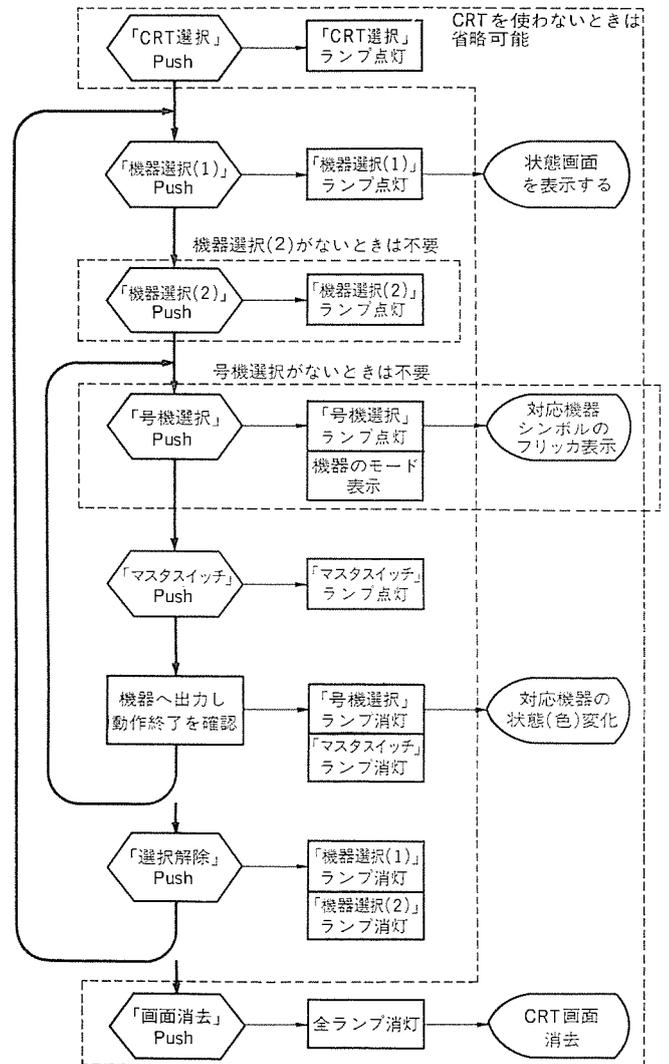


図 11. デスク 操作フロー

表 1. 挙動数の定義

挙動数	押ボタン	機器選択(1)	機器選択(2)	号機選択	マスタスイッチ
2 挙動方式		①			②
3 挙動方式		①		②	③
4 挙動方式		①	②	③	④

表 2. 作表種類一覧

用紙	種類	印字内容	印字方法
日誌 (2種)	定時印字	1時間ごとのデータを印字する。	正時に自動印字
	デマンド印字(1) (Daily)	リクエスト時のデータを印字する。積算データについては00時00分～リクエスト時刻の積算値。	オペレータ リクエスト
	デマンド印字(2) (Hourly)	リクエスト時のデータを印字する。積算データについてはリクエスト時00分～リクエスト時刻の積算値。	オペレータ リクエスト
日報 (2種)	日報印字	1日のデータを印字する。	24時に自動印字
	リクエスト日報印字	指定月日のデータを印字する。	オペレータ リクエスト
	積算印字(1)	当月の1日～昨日までの積算値を印字する。	オペレータ リクエスト
	積算印字(2)	指定月日～指定月日までの積算値を印字する。	オペレータ リクエスト
月報 (21種)	月報印字	今月又は前月の月データを印字する。	オペレータ リクエスト

5.4 作表機能

毎正時に印字する日誌，毎24時に印字する日報，月単位で印字する月報をそれぞれの決まったタイプライタに印字する。この外にリクエスト時点のデータを印字するデマンドログ，過去の日報を作成できるデマンド日報がある。これら作表の種類は表2.に示す。

日報，月報については印字データを修正する機能（対話機能）があり，計器の異常で入力できなかったデータなどの設定，修正が可能である。

5.5 オフライン処理機能

上位計算機を始めとし，下位の各コントローラのソフトウェア作成，保守が行える外，FORTRAN言語による統計解析など技術計算が行える。これらのオフライン処理はプラント監視の空き時間に行われ，オンライン系の処理に影響を与えることはないし，待機系計算機によっても処理することができる。

6. 信頼性の向上策

下水処理場は公共施設であるために一般産業に比べ高い信頼性が要求され，このシステムの設計にあたっては十分考慮を図ってきたことは設計方針でも述べたが，その具体的な対策を説明する。

6.1 上位計算機の2重化

上位計算機は図12.に示すような待機予備方式の2重系を構成し，常時は1台の計算機でプロセスの運転を行い，計算機の異常時に自動的に待機系に切り替わってプロセスの運転を続行する方式である。

6.2 ディスクファイルの2重化

プラントデータを管理するディスクファイルは2重化し，常時ファイルの2重書きを行っている。

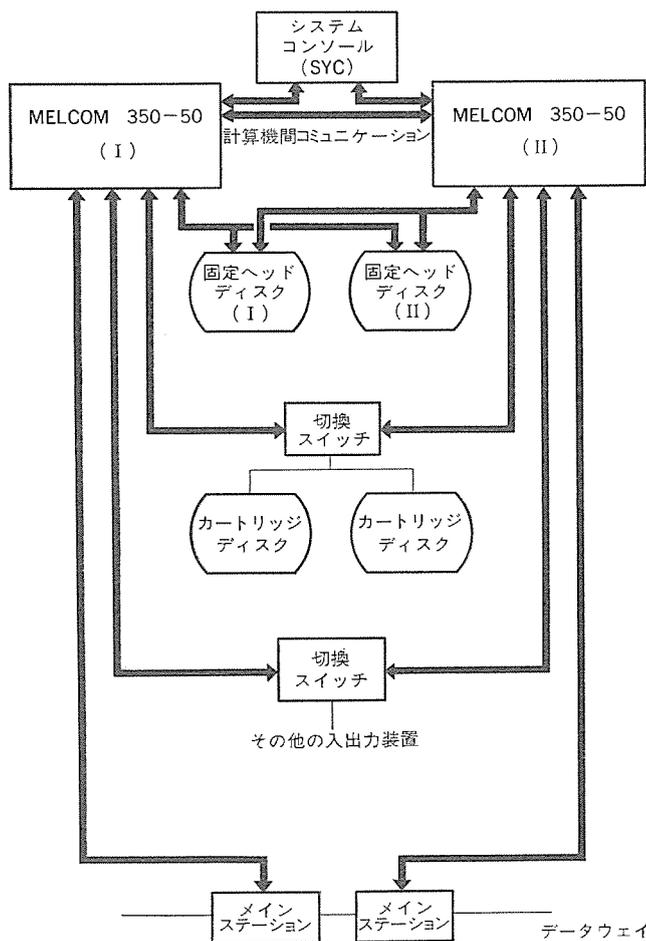


図 12. 2 重系構成図

6.3 データウェイのメインステーションの2重化

重要なデータ伝送を行うデータウェイのメインステーションを2重化し，データ伝送の信頼性を高めている。

6.4 制御の分散化

各設備単位に制御を分散させて，一部の故障が全体に波及しないよう考慮した。

6.5 バックアップの多重化

コントローラの故障を他のコントローラや各種調節計，設定器等によって何段階にもバックアップが完備している。

7. む す び

以上，下水処理場の集中監視分散制御方式の代表例としての横浜市港北下水処理場総合監視システムの概要と，その機能について説明した。

このシステムは稼働後まだ日は浅いが，所期の導入目的を十分達成したと考えられる。また近々処理場の拡張が行われ，総合監視システムとしても増設の段階に入ってきている。

今後，更に大規模化し，情報量の増大とともに計算機システムの重要性はますます深まってくる。このためにも従来以上の信頼性の向上を目指し，また下水処理場の水質制御，広域下水処理場の総合監視にも力を入れ努力する所存である。

最後に，このシステム設計製作にあたり，ご指導・ご協力をいただいた横浜市下水道局の関係者はじめ関係各位に深く感謝する次第である。

1. ま え が き

最近の制御機器は各種産業分野の自動化・省力化の発展とともに幅広く使用されるとともに、エレクトロニクス技術の発展を背景にして機器の小形化・電子化が進み制御装置の小形化・信頼性の向上が図られている。これら産業機器の中にあつて時間制御を行う制御用タイマの分野においても、モータタイマ万能の時代から電子制御時代に適合する半導体タイマの需要が増加し、半導体タイマも信頼性の向上を目的としてIC化が進み、精度の向上・時間帯の拡大等機能アップされ、更に小形化されたタイマがユーザーに積極的に使用されるようになってきた。このような市場の要求に対処すべく小形・高精度で時間帯も短時間から長時間までの仕様を満たす新形半導体タイマを開発したので、その特長、性能及び信頼性を実現する上での技術、適用について紹介する。

2. 新形 DRS 半導体タイマの開発

従来の半導体タイマはCR方式を採用し、高精度・高ひん度動作などの特長によってユーザー各位に愛用されてきたが、最大時限が3分までと短くコンデンサ等の電子部品の耐環境性や経時特性、取扱い性などの面で需要の伸びが遅かった。新形半導体タイマはかかる市場ニーズをより完全な形で製品に盛り込み、信頼性、耐環境性、取扱い性等の改善向上を図るとともに時限をモータタイマと同じ範囲まで拡大させることにある。またモータタイマのJIS規格が制定され、外形寸法、接続端子の統一化が実施されていることから、新形半導体タイマにもこれらを取り入れてモータタイマと互換性を持つ製品として開発改良を行った。

3. 新形半導体タイマの設計思想と特長

新形DRSタイマの設計思想は信頼性・性能の向上、耐環境性の向上、取扱いやすさの3点に集約することができるが、その主な特長をまとめると次のとおりである。

(1) 信頼性・性能の向上

- (a) IC化及び部品の縮減による信頼性の向上
- (b) 故障率の少ない電子部品の採用
- (c) 無配線化
- (d) 時限精度の向上
- (e) 時限範囲の拡大
- (f) 時間切換えによる設定時限の拡大

(2) 耐環境性の向上

- (a) 電圧変動に対する安定性の向上
- (b) 温度・湿度に対する安定性の向上
- (c) ノイズ・サージ電圧に対する強度アップ

(3) 取扱い性の改善

- (a) 大形透明つまみによる時限設定の容易化
- (b) 小形化による取付スペースの縮減

(c) 電源・出力表示による動作確認

4. 種類と仕様

DRS形タイマの時限仕様は5機種で構成され、各機種は内蔵の時間切換つまみにより4種類の時間帯に切換えができる。表1.にその標準仕様を示す。

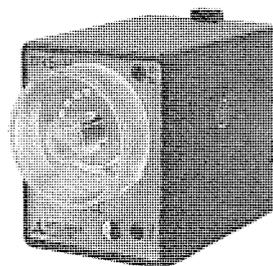


図1. DRS-N形タイマ

表1. DRS-N形タイマ標準仕様

項 目		仕 様			
定 格 電 圧		AC 100-110 V, AC 200-220 V 50/60 Hz DC 24 V, DC 48 V, DC 100-110 V			
時 限	Aシリーズ	0.05~0.5秒	0.5~5秒	3~30秒	0.5~5分
	Bシリーズ	0.1~1秒	1~10秒	6~60秒	1~10分
	Cシリーズ	0.3~3秒	3~30秒	0.3~3分	3~30分
	Dシリーズ	6~60秒	1~10分	6~60分	1~10時間
	Eシリーズ	0.3~3分	3~30分	0.3~3時間	3~30時間
電 圧 変 動 範 圍		定格電圧の85~110%			
周 圍 温 度 ・ 湿 度 範 圍		-10~50°C 85% RH 以下			
耐 電 圧		AC 2,000 V 1分間 (同極接点間は AC 1,000 V 1分間)			
絶 縁 抵 抗		100 MΩ 以上 (500 V 絶縁計)			
耐 振 動 ・ 耐 衝 撃		10~55 Hz 0.5 mm 最大 2 g · 10 g			
精 度	繰返し誤差	±0.5% ±10 ms			
	電圧誤差	±1% (85~110% 定格電圧)			
	温度誤差	±3% (-10~50°C)			
最 小 休 止 時 間		100 ms (途中復帰も含む)			
機 械 的 寿 命		1,000 万回			
電 気 的 寿 命		50 万回			
出 力	接点構成	限時1C			
	接点容量	AC 110 V 1.5 A (AC11級) AC 220 V 1 A (")			
	連続通電容量	3 A			
動 作 表 示		電源表示・出力表示			

5. 構 造

半導体タイマの取扱い性、信頼性を高めるポイントは電子回路の部品選定、配列設計及び構造部品設計にある。新形DRSタイマの基本構造を図2.に示す。このタイマにおける構造上の詳細を以下に紹介す

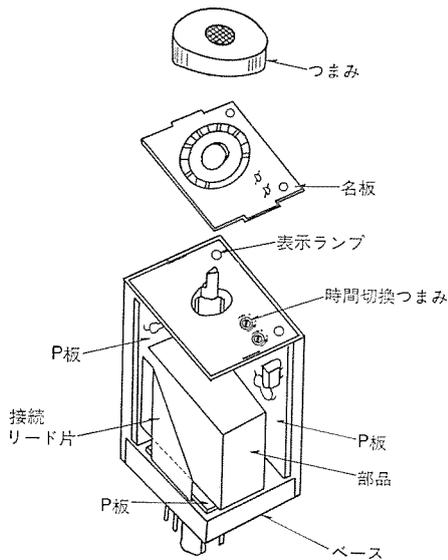


図 2. タイマ構造図

る。

5.1 電子回路部

半導体タイマは電子回路部でその性能が決定されるため、各電子部品の各種試験による特性は(把握、信頼性試験の実施、各部品の特性に影響を与えない部品配置等、高い信頼性が維持できるように部品的、構造的な改善を加えた。

部品配置では、電源回路の抵抗、出力リレー等発熱をともなう部品から温度の影響を受ける半導体部品、コンデンサ等を離して配置し、またIC、トリガ回路の配線を短くするとともに電源・アースラインのパターンを太くしてノイズ、サージ電圧に対して効果をあげ特性・信頼性を向上させている。

一方、小形化を図るためプリント基板は、回路部品を実装した2枚とピンベースとの接続用1枚の計3枚で構成されているが、これらのプリント基板間の接続は複数のリードを持つ接続用リード片の採用で、組立時の一括接続で配線作業を無くすと同時に誤配線も無くし信頼性を向上させている。

5.2 構造部

DRSタイマは使いやすさと信頼性の面より次に示す構造仕様をもたせた。

(1) つまみは大形透明つまみを採用し時限設定が容易にできる形状とした。また時間切換時に取付け取外しできるはめ込み式で、軸部に脱落防止用スプリングを取付け振動・衝撃に対して十分な強度を持たせると同時にプラスチック材への過度な応力による割れ防止対策を施した。

(2) 目盛名板は直読目盛りでこれは操作面に4枚重ねて取付けができ、時間切換時の名板取替えと紛失防止構造とした。

(3) 時間切換つまみは操作面に配置し、盤面に取付けたまま切換操作ができるよう配慮した。時間切換は可変抵抗器を採用してスイッチ使用の場合に発生する切換端子の開路状態による外来ノイズの影響及び接触不良を防止し、その最大抵抗と最小抵抗の2値の利用でスイッチ的に切換えを行い切換端子の開路状態を無くし外来ノイズの影響と接触不良対策に効果をあげ信頼性を向上させている。この時間切換つまみの設定位置と時限仕様を表2.に示す。

(4) 端子配列はモータタイマのJIS規格に準拠し、モータタイマと互換

表 2. 時間切換位置と時限仕様

つまみセット位置	①	②	③	④
	時間	Aシリーズ 0.5秒	Bシリーズ 1秒	Cシリーズ 3秒
	Eシリーズ 3分			

時間	①	②	③	④
Aシリーズ	0.5秒	5秒	30秒	5分
Bシリーズ	1秒	10秒	60秒	10分
Cシリーズ	3秒	30秒	3分	30分
Dシリーズ	60秒	10分	60分	10時間
Eシリーズ	3分	30分	3時間	30時間

性をもたせた。

6. 性能と信頼性

従来、半導体タイマの時限方式のほとんどがCR式であり、これは時限精度、信頼性の関係から時限用コンデンサとしてタンタル電解コンデンサを使用しているが、このコンデンサの漏れ電流が長時間仕様の実現を困難にした上経時変化の要因となった。新形DRSタイマは、時限方式を発振回路とこの発振出力をカウントする計数回路より遅延時間を得る発振計数式の採用で、発振回路の時限用コンデンサ容量をCR式の1/1,000以下とし、長時間仕様でも故障率が小さく経時変化の少ないフィルムコンデンサの採用により経時変化特性を改善し、かつ信頼性を向上させている。

タイマの精度は目盛りに対する実際の動作時間とのずれの設定誤差と、同一設定値において繰返し動作させた時の動作時間のばらつき繰返し誤差がある。設定誤差は最大目盛時間に対する誤差で表され、これは時限設定用可変抵抗器の抵抗誤差、つまみ設定時の目盛位置からのずれなどで発生するが、設定誤差は必要な時間につまみ修正できるのでタイマの時限精度は繰返し誤差が重要な要素となる。繰返し誤差も設定誤差と同様最大目盛時間に対する誤差で表される。CR式タイマでは時限用コンデンサの残留電荷の影響で初回時限と2回目以降の時限に数パーセントの誤差を発生するが、新形DRSタイマでは、この残留電荷の影響を受ける発振周期の初回半サイクルの誤差を計数回路で計数比以下の誤差に縮小し、初回の時限精度を改善し高精度の時限を得ている。この繰返し誤差の特性を図5.に示す。

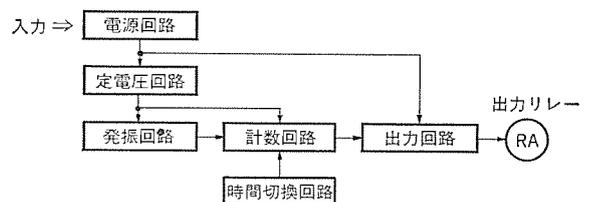


図 3. タイマ回路ブロック図

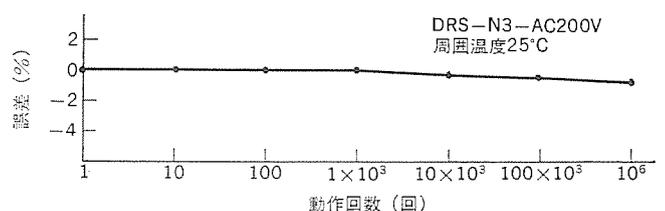


図 4. 経時変化特性

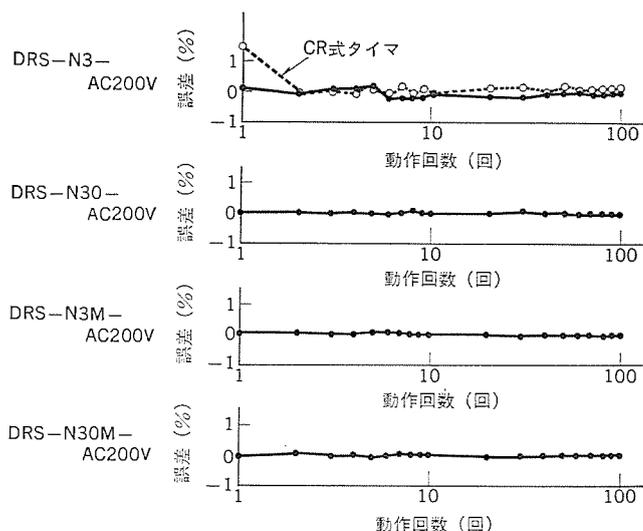


図 5. 繰返し誤差

発振計数回路で高精度の時限を得るには発振周波数を高く保つことがポイントとなる。特に長時限仕様では発振周波数を高くすることが精度の面で効果がある。この点を考慮し長時限仕様は計数比切換えにより高い計数比で発振周波数を高く保って実現し、長時限でも高精度の時限が得られ、時限範囲の拡大を図ることができた。

7. 耐環境性

タイマの繰返し誤差に影響を与える要因には次の事項がある。

- (1) 操作電圧の電圧変動
- (2) 周囲温度・湿度の変化
- (3) ノイズ・サージ電圧
- (4) 誘導電圧
- (5) 振動・衝撃

これらタイマを取りまく要因に対して、タイマを安定に動作させるようにすることが精度、信頼性を向上させる上で必要である。以下これらの外的要因に対する対策について述べる。

(a) 操作電源の電圧変動

発振計数式タイマの時限精度は発振回路の発振周期と、この発振出力をカウントする計数回路の安定性で決定される。電圧変動に対し、この発振回路と計数回路を安定させる対策として使用電圧範囲(85%~110% 定格電圧)でこれらの回路の電源を定電圧ダイオードで一定電圧とした。これによって発振周期の変動を無くし、計数回路も安定させ時限誤差を小さくしている。この試験結果を図 6. に示す。

(b) 周囲温度・湿度の変化

周囲温度に対し発振回路は影響を受けるが、計数回路はデジタル回路であるため影響は受けない。この対策に、発振回路の時限用コンデンサは温度に対して容量変化の少ないフィルムコンデンサを使用し、使用温度範囲 $-10^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ における時限誤差を抑えている。この試験結果を図 7. に示す。また周囲温度 50°C で連続通電試験を 1,000 時間実施し経時変化に対する安定性を確認している。

湿度による時限誤差は主に発振回路の可変抵抗器の吸湿による抵抗変化に起因する。この対策として吸湿性がなく湿度に対して安定な抵抗特性を持つセラミック材の可変抵抗器を採用し、湿度 95% RH, 48 時間放置試験を実施し時限誤差が $\pm 1\%$ 以下である

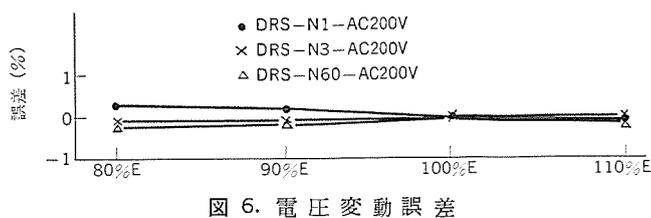


図 6. 電圧変動誤差

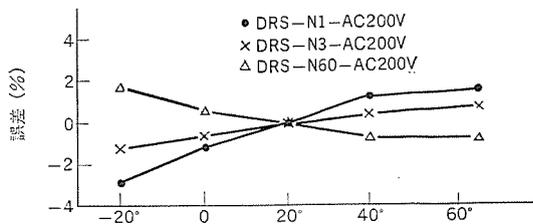


図 7. 周囲温度誤差

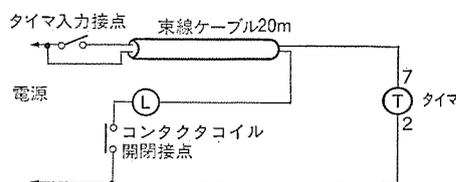


図 8. コンタクタコイル 開閉による サージ印加回路

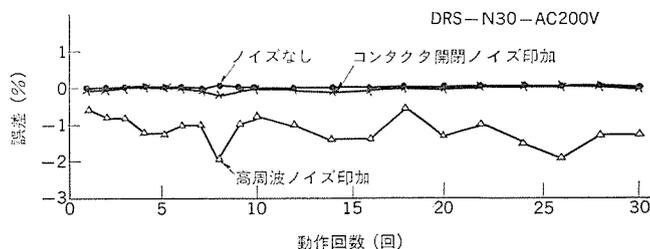


図 9. 耐ノイズ誤差

ことを確認している。

(c) ノイズ・サージ電圧

半導体タイマは、同一電源に接続された誘導負荷の開閉によって発生するサージ電圧や外来ノイズで誤動作したり、場合によっては素子の破壊にもつながる。これらノイズ・サージ電圧に対して、タイマ入力回路にサージ吸収回路を設け、更にノイズの影響を強く受ける発振回路と計数回路に十分なノイズ吸収回路を設けて対策し安定化を図っている。

ノイズやサージ電圧に対する確認は、図 8. に示す回路でのコンタクタコイルの連続開閉によるサージ電圧印加と、高周波ノイズ発生器による 2,000~3,000 V ノイズ印加及びノイズシミュレータにより実施し、時限誤差が 5% 以下であることを確認している。また 3,000 V, $1 \times 40 \mu\text{s}$ のインパルス電圧印加試験を実施しこれに十分耐えることを確認している。

(d) 誘導電圧

電源を開放したとき、誘導電圧によりタイマ入力に電圧がかかる場合があり、この電圧が復帰電圧以下のときは問題はないが、復帰電圧以上のときは回路が復帰できず電源再投入時瞬時動作となる。発振計数式タイマはタイムアップ前の消費電力が小さく高入力インピーダンスとなり誘導の影響を受けやすい。これを改善するため入力回路にサージ吸収回路を設けてインピーダンスを下げ、ケーブル長さ

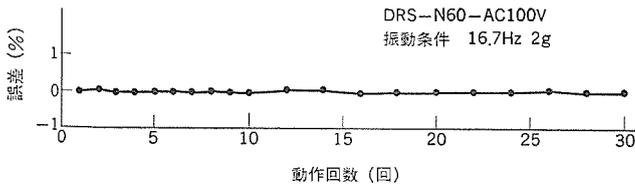


図 10. 振動-時限誤差

100 m までその浮遊容量で発生する誘導電圧に対して誤動作しないよう対策している。

(e) 振動・衝撃

フィールドで想定される振動・衝撃強度を持っており、ここでは説明を省略する。

8. 適用と選定

新形 DRS タイマを使用する上で特に注意を要する点について以下にまとめる。

(1) 時間設定

目盛りに対する実際の動作時間とのずれは、前記のように最大目盛値に対する誤差で規定しているため、最大時限よりも最小時限のほうが目盛値に対する誤差が大となる。したがってタイマの時間仕様を決めるときは、最大時限目盛りに近い時限を選定することで誤差を少なくできる。このタイマではこの設定誤差を $\pm 10\%$ 以下と規定している。

(2) 操作電圧

操作電圧は交流では 50 Hz, 60 Hz 共用であり、直流では単相全波整流以下のリップル率の電源が使用できる。使用電圧範囲 (85%~110% 定格電圧) 外での使用は部品劣化や故障又は誤動作の原因となる。

(3) 休止時間・途中復帰時間

休止時間とはタイマを図 11. のように繰返し動作させたときの電源オフ時間をいい、途中復帰時間とは図 12. のように動作途中でタイマを復帰させて使用するときの電源オフ時間をいう。タイマを安定に動作させるために、これらの時間は復帰時間 (100 ms) 以上必要で、これ以下ではタイマは時限動作せず瞬時動作となる。この休止時間

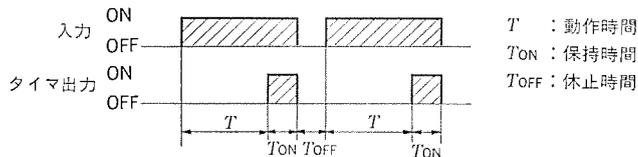


図 11. 繰返し動作パターン

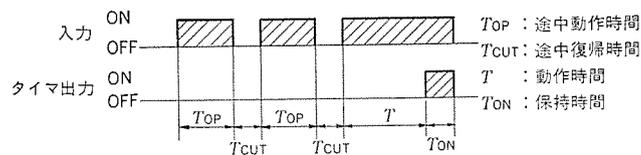


図 12. 途中復帰動作パターン

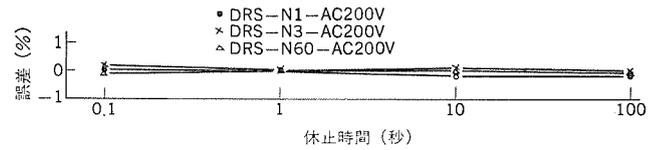


図 13. 休止時間誤差

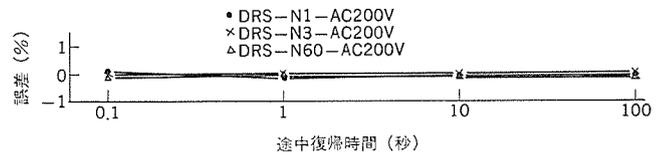


図 14. 途中復帰誤差

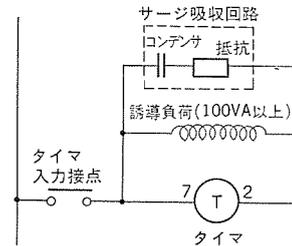


図 15. サージ電圧に対する保護

・途中復帰時間特性を図 13., 図 14. に示す。

(4) サージ電圧に対する保護

通常の使用回路では十分サージ電圧に耐えるが、3,000 V $1 \times 40 \mu\text{s}$ 以上のサージ電圧やタイマと並列に 100 VA 以上の誘導負荷が接続される場合は、図 15. のようにサージ吸収回路を付加することが必要である。

(5) 無通電放置

緊急・非常用など、タイマが長期間無通電放置されるような使い方の場合、電源平滑用コンデンサの漏れ電流が増加し、長期無通電放置後電圧を印加すると増加した漏れ電流の流入によりコンデンサが熱破壊することがあるので、最低1年に1回1時間以上通電してこれを防止し、また、この漏れ電流は温度が高くなるほど増加するので、高温での無通電放置では3か月に1度同様に通電して故障を未然に防止することが必要である。

(6) その他

0°C 以下の低温で使用する場合はタイマに霜・氷等が付着しないことが条件であり、また湿度が高い場所では露結しないように注意しなければならない。

9. む す び

新形 DRS-N 形タイマは、開発の主要なポイントとなった時限仕様面で機能拡大を実現し、温度特性・耐ノイズ特性等性能面でも十分な回路対策を行い信頼性の向上した安定な製品となっている。この一段と小形化し性能も向上した新形 DRS-N 形タイマは産業用機器として幅広く使用され、自動化・省力化に寄与できるものである。更にシリーズを拡大して使用面での範囲の拡大、使いやすさを考えてゆく。

最新鋭大容量火力プラントの中央制御盤

森 健次*・佐々木俊之**・篠原光一***・須山 勉†・谷口政弘††

1. ま え が き

原子力発電プラントの増大とともに最新鋭大容量火力プラントはサイクル運用、あるいは深夜停止を行うといった中間負荷運転を要求されるようになってきた。

中間負荷運転には急速でひん繁なプラントの起動停止、急速負荷変化及び最低負荷での安定した運転が要求されるため運転員の監視操作は従来にも増して複雑化する。このために高度な自動化技術による広範囲の自動化を行い、少人数の運転員による迅速かつ安全な運用を図ることが必要となる。その結果、中央制御盤の取付機器が増加し、全体として大形化を招くことになるがこれはプラント全体の運転、管理が従来に比し困難となる傾向を示す。この対策として運転操作面、保守面の改善及び運転信頼性の向上を図るために最新の自動化技術に基づく最適なマンマシンインタフェースが要求される。すなわち、人間工学に基づいた検討を行いマンマシンインタフェースを最高の状態に維持して運用の効率と信頼性を高め、その結果として制御システムの総合効率を最大にする必要がある。

このような背景から、この度、最新鋭大容量中間負荷運用火力プラントの中央制御盤に対する検討を行ったのでその結果について概要を紹介する。

2. 中央制御盤の動向

中央制御盤はこれまでにいろいろな形態が採用されてきているが、それぞれに特徴をもっているためどれが最適であるかということとは難しい。これはその時代の計装制御技術、プラントの性格付けあるいは社会的要因、時代の流行などにより影響を受け評価される。

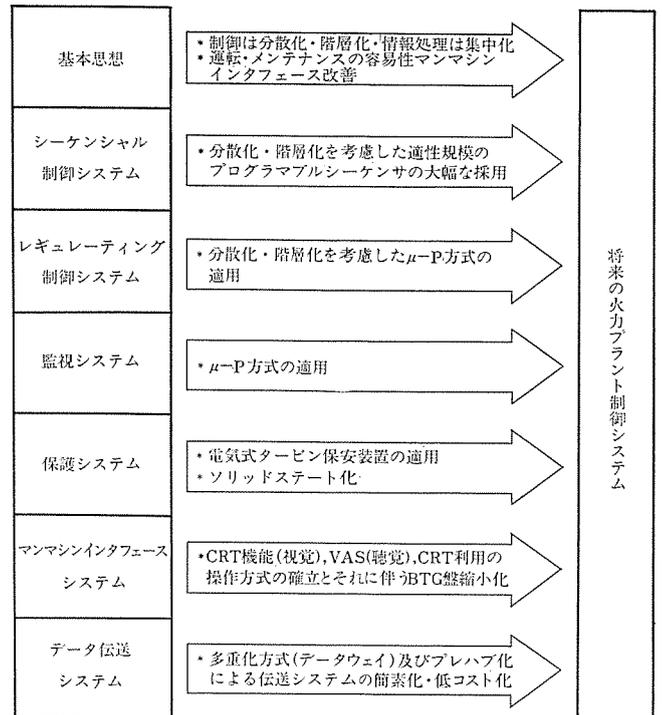
しかし、大きな流れとして最近の火力プラントの中央制御室及び中央制御盤の大きさは従来に比し小さくなってきている。また盤の床面積の部屋の広さに対する割合は約20%でほぼ一定であり、この占有率は経験的、実績的に決まってきた。

このように狭く小さくなってきた傾向の背景には次のようなことが言える。すなわち、

- (1) 制御システムが空気式から電気式に変わったことによる小形化。
- (2) 照光式スイッチの採用。
- (3) 指示計、記録計の小形化。
- (4) 警報表示システムのソリッドステート化。
- (5) 電動弁用制御スイッチの低圧化。
- (6) 制御ロジックのソリッドステート化。
- (7) 制御用計算機、CRTの採用。

このような技術動向は大規模集積回路技術の飛躍的な発展に負うものであり、電子制御装置の高信頼性、高保守性の実現とコストパフォーマンスの大幅な改善は今後も更に高まっていくものと考えられる。このようなことから、火力プラントにおける制御システムの将来への指向を示したのが表1である。

表 1. 火力プラント制御システムの将来への指向



最新鋭中間負荷運用火力プラントの中央制御盤はこれらの将来指向の上に立脚したものでなければならない。

3. 中央制御盤の計画と設計

中間負荷運用火力プラントの特徴として、ユニットの急速でひん繁な起動停止、急速な負荷変化及び最低負荷での安定した運転が要求される。この対策として、少人数の運転員で容易に、かつ安全に行えるように広範囲な自動化をとり入れ中央制御盤を中心とする最適なマンマシンインタフェースの充実、改善を図ることが重要となる。自動化プラントにおけるマンマシンインタフェースの特徴として、

- (1) 運転員の少人数化と監視範囲の拡大化。
- (2) 機器操作が逐次、制御装置により行われるためプラントの全体的な(把握及び操作の流れが理解しにくくなる。などがあげられる。このような状況下において通常運転中の運転管理及びプラント並びに制御装置の異常の早期発見とその対応、更には機能の早期復元が容易に行えるよう中央制御盤について以下のように検討してみた。

3.1 自動化方式と自動化範囲

最新鋭中間負荷運用火力プラントの中央制御盤のあり方を考える場合、その基本となるのは自動化方式と自動化範囲の慎重な選定である。我が国の火力プラントの自動化システムは一般に次のような基本方針に基づいて計画されているが、これは中間負荷運用火力の場合も同様な基本方針となる。

(1) 自動化方式

ユニット制御用計算機を用い、これとプラントのアナログ制御装置、シーケンス制御装置を組合せた総括監視制御方式を主体に一部 DDC を取り入れた方式とする。

(2) 自動化の範囲

ユニット起動準備段階から全負荷までの起動過程と全負荷から負荷減少、解列、タービン停止、ボイラ消火までの停止過程を含めた広範囲にわたるものとする。これよりユニット起動停止のすべての操作が中央制御盤のオペレータコンソールの数個の押ボタン操作により達成される。

なお、自動化プラントとしてシーケンス制御回路の渋滞監視、プラントの状態予測及び異常時における監視制御をより一層強化することが必要となる。

3.2 盤面取付機器の選定

上記の基本方針に基づき盤面取付機器の増加を極力おさえることをポイントとして従来の自動化プラントの盤面取付機器をもとに機能目的、操作監視のひん度あるいは他の機器との集約統合など総合的に検討した。

(1) 基本的な設計方針の設定

(a) 操作スイッチ

計算機による全自動運転時中央制御盤における情報の過多、2重配置を避けるため盤前面には全自動運転時に操作するもの及び大形回転機のスイッチだけを設ける。なお、電動弁などの単体で手動操作し開閉を確認するための表示灯は、万一の計算機故障時の対応が迅速かつ適確に行えるよう盤裏面にまとめて設ける。ただし、ローカルの小形回転機器のスイッチは操作性などを考慮し現地に設ける。

(b) 監視計器

記録計、指示計の入力は相互に重複させないものとし、かつ計算機入力とは極力2重計装を避けることとする。また、プラントの運転状態監視に必要な記録計、指示計を盤前面に配し、機器単体の性能監視を目的とした記録計類は盤裏面に設置する(表2.)。

(2) 運転員の意見集約

実際に運転に携わっている運転員の意見を反映することも重要であり、今回の検討では約100項目に及ぶ貴重な建設的意見と要望とを収集したが大きく分類すると次のようになる。

- (a) 制御サブグループのまとめ方と操作スイッチの要、不要及び設置箇所に関するもの。
- (b) 監視計器の設置箇所に関するもの(盤前面、裏面等)。
- (c) 記録計の入力点、指示計の取捨選択に関するもの。
- (d) 自動化にあたっての留意事項に関するもので自動化が必要

表 2. 監視計器の使用目的分類と取付箇所

監視計器	使用目的	取付場所
連続記録計	重要なプロセス量、主機の状態監視及び公害監視等で、常時監視を要するもの。及び計算機による計算値のうち、重点監視を要するもの。	表面中央部
指示計	運転操作の指標となるもの	表面
打点記録計	プラント異常の早期発見、又は事故時の解析用として経時的变化の記録を要するもの。	裏面

な系統とそのインタロック及び制御装置間の協調に関するもの。

(e) CRT に表示すべき系統の選択と表示方法に関するもの。

(f) その他、中央制御盤の機器配列方法への提案など。

これらの意見を集約して全体の自動化基本方針と設計方針に基づき実際の盤面機器配置計画に反映した。

3.3 CRT の利用方法

近年、人間にとって理解しやすい形で情報を提供できる機器として視覚に訴えるカラーグラフィック CRT と聴覚に訴える自動音声告知装置の利用技術の開発が盛んであり、火力プラントへの適用例も急速に増加してきている。ここでは高度に自動化される中間負荷運用火力プラントにおいて、従来の記録計、指示計と調和を取りながらその特徴を生かした利用方法について述べる。なお、CRT の台数は最小規模の2台を前提とした。

(1) CRT の表示内容

CRT の表示内容は事象発生ごとに自動表示するものと、運転員の要求に応じて表示する要求表示の2つに分類される。したがって最小限2台は必要であり1台は自動表示用、他の1台は要求表示用として用いる。なお、おのおの CRT は選択スイッチによりいずれの表示も可能としているため、例えば通常運転に入って自動表示される項目がない場合などには2台とも要求表示で監視することができ、高い利用効率を得ることができる。表示内容の概要を表3.に示す。

(a) 自動表示は、プラントの事象発生を迅速にまた正確に運転員へ知らせる必要があるため、国内の火力プラント用にはすべて漢字を主体とした和文表現を採用することとした。また、CRT の画面は個々の表示機能ごとに4分割して表示する(図1.)。

(b) 自動表示のもう1つの特長として、サブグループの進行状態監視ができるようにしている。これは、制御シーケンスの進行状況あるいは渋滞警報などが一目で分かるようにして自動化プラントにおける人間の介在を容易にしている。

(c) 要求表示は、プラントの状態を適切に把握できるように、相互関連のある情報を集約したり、系統図又は機器概略図上に状態量を重畳表示するなど CRT の特長を十分に引き出せるような計

表 3. CRT 表示内容概要

分類	表示内容	説明
1. 自動表示	(a) サブグループ進行表示	各サブグループの制御状態を起動、渋滞、及びステップ数により自動表示する。
	(b) 主要機器の動作表示	各サブグループの内、主要大形回転機器の動作内容を自動表示する。
	(c) 警報表示	タービン、及びボイラの熱応力等計算機からの警報内容を自動表示する。
2. 要求表示	(a) 制御系統図表示	各系統及び弁、機器の運転状態を色別して表示する。
	(b) ロジックチャート表示	計算機制御ロジックを表示するとともに入力信号の有無を色別して表示する。
	(c) ユニット起動スケジュール表示	ユニット起動時の主要ブレイクポイント到着時刻及び昇温、昇圧予測カーブを表示し、実績値も挿入した起動スケジュールを表示する。
	(d) トレンド及びデジタル表示	計算機の入出力値及び計算値を折線グラフ及びデジタルにて表示する。
	(e) グラフィック表示	プラント監視データをグラフィック表示する。

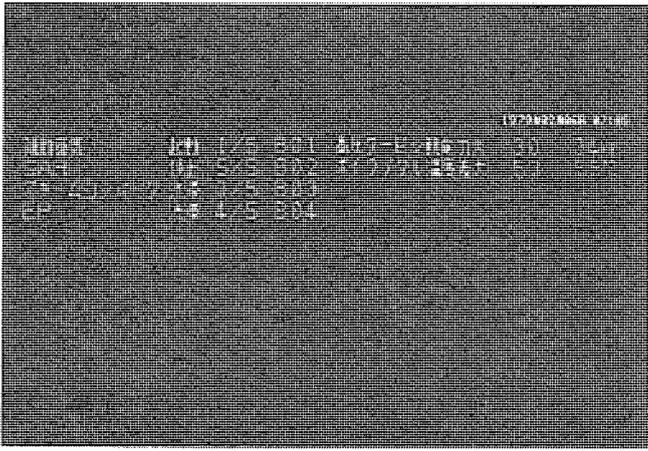


図 1. 自動表示画面例

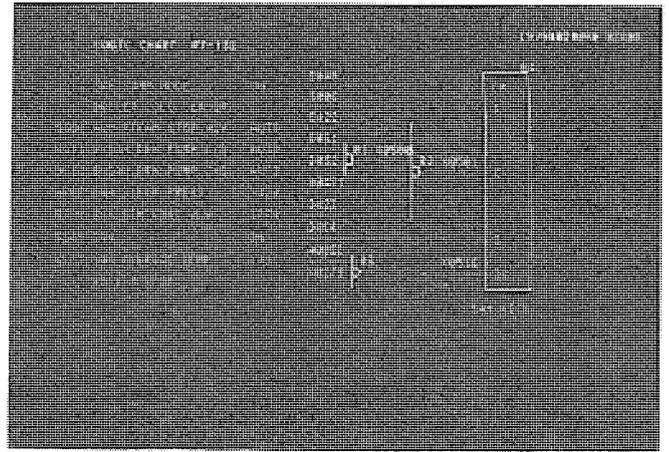


図 4. ロジックチャート表示例

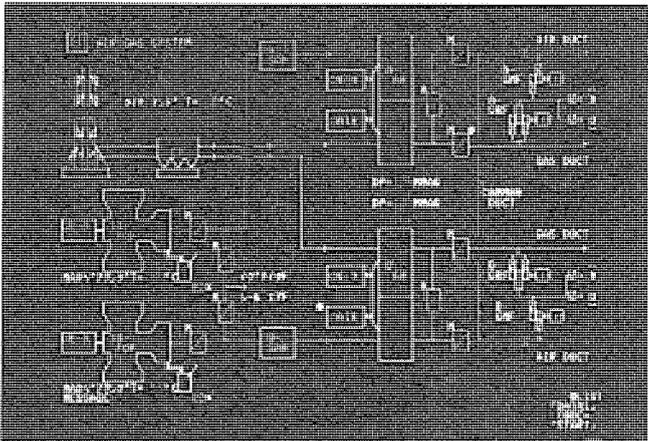


図 2. 制御系統図表示例

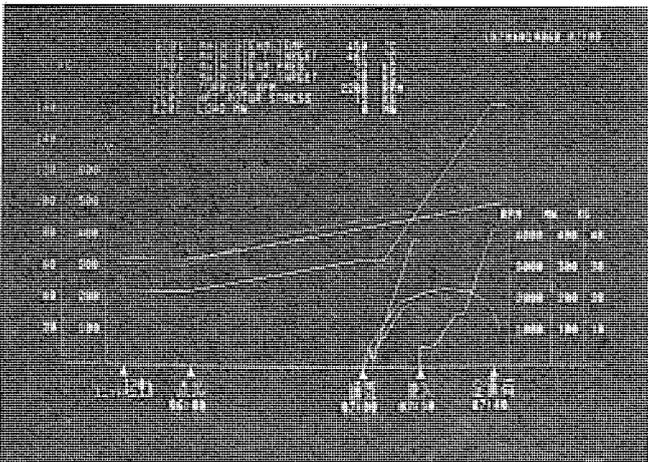


図 3. ユニット起動スケジュール表示例

画が重要である。図 2. に制御系統図表示例を、図 3. にユニット起動スケジュール表示例をそれぞれ示す。

(d) 要求表示の中で、制御系統図表示はアクセスひん度も高く、また、自動表示との関連で瞬時に表示させる必要性から制御系統全体を約 10 種類程度に集約の上 1 フラッシュでの選択表示を可能としている。その他の表示機能については、階層画面方式をとり会話形式で必要な情報が容易に得られるようにする。

(e) グラフィック表示の種類としては防災監視、環境データ監視を

含めて約 10 種類程度とした。

(f) 要求表示の中で、他の特長として図 4. に示すような計算機の制御アルゴリズムのロジックチャート表示がある。これは従来ブラックボックスであった計算機の制御状況を細かく把握し、渋滞時の対応を迅速に行い、更にはロジックの変更を CRT 画面上から容易に行えるようにするものである。

(2) CRT 表示色

人間工学的な面から表示色について次のような配慮が必要である。

(a) 画面イメージが背景から分離し、表示対象の形や細部がはっきり認知されること (視認性)。

(b) 魅力ある画面イメージを与えること (誘目性)。

(c) 運転員の疲労が少ないこと。

以上の点から画面の配色を次のとおりとした。

(d) 背景画面は、図柄の視認性が高くしかも疲労感の少ない輝度の低い暗色を用いる。

(e) 文字及び図柄の表示色は従来の慣習 (物理的意味) を加味して表 4. 及び表 5. に示す色を用いる。

なお、個々の画面では、比較的長時間監視するものは、背景と図柄

表 4. 系統図表示色

項 目		停止完了	起動完了
グラフィック部	タイトル及び年月日	水色	水色
	説明文	水色	水色
	機器シンボル	緑	赤
	上記以外 補機略号	青 水色	青 水色
ライン部	水	緑	桃
	蒸気	緑	赤
	空気がス	緑	黄 白
運転メッセージ部	タイトル	水色	水色
	ステップ No.	白	黄
	機器番号及び状態表示	白	黄
	モニタチャートのページ数	白	黄
その他		水色	水色

～1.5m が最適である。

(b) 運転員の視線と盤面との交わる角度(視方向)は 90° ～ 60° が好ましい。 45° 以下となる機器配置は誤読率を高めるため避けたほうがよい。

この外、定常運転時の「い(椅)座姿勢作業域」のデータ、異常時の「立位姿勢作業域」の諸データをもとに機器配列と盤形状を検討した結果は図 5. のようになる。

3.6 中央制御室のトータルデザイン

人間工学とデザインの協調関係から「制御の中核」にふさわしい信頼感、精度感をあらわすと同時に、運転員にとって高い信頼性や快適な居住性をもつ中央制御室とすることも大きな課題である。

そのためには中央制御盤単体をとらえて人間工学的デザインを加えるだけでなく、中央制御室を含めた総合設計により調和ある室内空間をつくり出す必要がある。特に照明と色彩計画が大切となる。

照明計画の 1 例をあげると、最適照度は操作卓の机面が 700 lx、CRT 面は 350～500 lx、また、直立盤の垂直面は 300～550 lx を基準とするのがよい。また CRT 球面の反射光が運転員の目に入らないことも考慮すべきである。

盤の色彩は計器を見えやすくし、疲労を低下させるため色彩の機能性を重視して決定する。また壁面、床及び天井の色彩や材質感などが調和を保つような室内デザインを施すことも重要なテーマとなる。

4. 盤形状の模型による検証

以上に述べてきたような検討結果から、実際の盤面設計を行って次の 2 様の盤形体について縮尺 (1/20) 模型を製作の上検証した。

TYPE-I : ベンチボード形一体化 BTG 盤

(従来の火力プラントでの代表形態)

TYPE-II : 機能別分離形 BTG 盤 (自動化デスク盤+直立形 BTG 盤)

TYPE-II ではそれぞれ次のように機器配置されている。

(a) 自動化盤 (デスク形)

カラーグラフィック CRT (2 台)、計算機 (自動化) コンソールパネル、ABC 統括監視パネル、ページング、非常押ボタンパネルほか。

(b) BTG 盤 (直立形) の盤表面

指示計・ペン書記録計、操作スイッチ、警報窓、ABC・自動バーナ制御装置・EH ガバナ制御装置等の操作パネルほか。

(c) BTG 盤 (直立形) の盤裏面

打点記録計、操作スイッチ、大形回転機の電源故障表示灯。

なお、TYPE-I は上記自動化盤取付機器を BTG 盤の前面中央部に取付けたものである。図 6. は 1 中央制御室に 3 ユニット分の中央制御盤を納める場合の TYPE-II の縮尺模型である。

この縮尺模型によって主に次のような検討を行った。

- (1) 中央制御室内の色彩、照明と盤形状のトータルデザイン面からの評価。
- (2) 全自動運転時の監視操作機器の適性配置評価。
- (3) プラント並びに制御装置の異常時における運転員の円滑かつ、

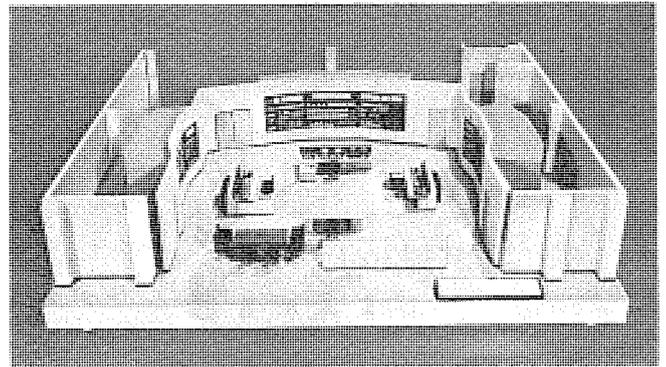


図 6. 中央制御室の 1/20 縮尺模型

迅速確実な操作性の評価。

この内、(3)については 10 数ケースの予想されるプラントの異常状態を設定の上、運転員の操作責務に応じた動きが円滑に行われるかの評価を、道程を図解の上おこなった。

以上のようにして多角的に評価の結果、今回の検討では TYPE-II が人間工学的にも、またデザイン面からも優れているという結論を得た。

5. む す び

以上、今後の技術動向をふまえて中間負荷運転を要求される火力発電プラントの中央制御盤についての一考察を紹介した。

今後の計装制御システムは中間負荷火力としての要求だけではなく、近代火力としてのニーズから生ずる諸機能を満足するために総合的なプラント管理制御システムを指向し、最新の電子制御装置を駆使したデジタルシステムを有効に、適切に組合せ統合したものになると考えられる。この中で中央制御盤の形態は、その取付機器の技術革新とプラント状態の全体像を容易に把握させ、更に、適切な判断と操作を可能とさせるソフトウェア面の開発に呼応して種々のバリエーションを伴いながらより良いマンマシンインタフェースとして実現されてゆくものと考えられる。

参 考 文 献

- (1) W. J. Kerchner : Why fossil plant's control rooms and Control boards are shrinking, Power, October (1978)
- (2) Susan, C. Brewer : Interactive Graphics : A Powerful Tool Supplants Large Control Panels, Control Engineering, September (1978)
- (3) J. Candel, Baden : Control Room Design for Thermal Power plants—Considerations for a Modern Concept, Brown Boveri Rev. 5-79
- (4) MH Raudenbush : Human Engineering Factors in Control-Boad Design for Nuclear Power Plants, Nuclear Safety, 14, No. 1
- (5) 須山 : 系統監視制御室のトータルデザイン, 三菱電機技報, 53, No. 10, p. 728 (昭 54)

空心導体の電磁諸量計算プログラム

成川 武文*・塚本 忠則*

1. ま え が き

コイル、真空容器、コイル電源等で構成される磁界閉じ込め方式における核融合実験装置等のコイルや給電線の導体設計においては、磁界の解析やコイルに発生する電磁力を、またコイルに通電する電源の設計においては、コイルのインダクタンスや電気抵抗等を知る必要がある。一般にこのような装置は、コイルやコイル支持構造物、真空容器間に許容される空間は狭く、したがってこれらの空間を取り合う条件はきわめて厳しい。このため幾通りかのコイル配置やコイル寸法及びコイルへの通電条件に基づいて、ケーススタディを行い好適な設計条件を見い出さなければならない。これらに対処して、任意形状コイル(電流路)の記述及び電流路の変更を容易に行え、これに基づいて空心コイルの電磁諸元(インダクタンス、電磁力、電気抵抗等)の算出や磁界解析を計算機により一貫して行えるプログラムシステムを開発した⁽¹⁾⁽⁵⁾。本報ではシステムの概要、機能、計算例について述べる。

2. プログラムシステムの機能と特徴

図1. にプログラムシステムの構成を示し、これに基づいてシステムの有する機能と特徴を以下に述べる。

2.1 電流路の記述

- (1) 空間に複雑に分布する電流路を、(a)線電流路(円形電流路、折線電流路)、(b)構造体電流路(く(矩)形断面扇形電流路、直方体電流路)にモデル化して、電流路を容易に記述できる。
- (2) 電流路を編集するコマンド(電流路の追加、変更、削除を行うLIST, 電流路の移動を行うPAR, ROT, 電流路の記憶や電流路間の置換を行うSTORE, LOAD, REPLACE)により、電流路の変更が容易に行え、また記述された電流路をプリント出力により確認できる。
- (3) 折線電流路モデルで、円や楕円形状の電流路は、コマンド(CIRC, ELLI)により容易に記述できる。
- (4) 線電流路は磁界、インダクタンス等の電磁諸元、電磁力の各計算

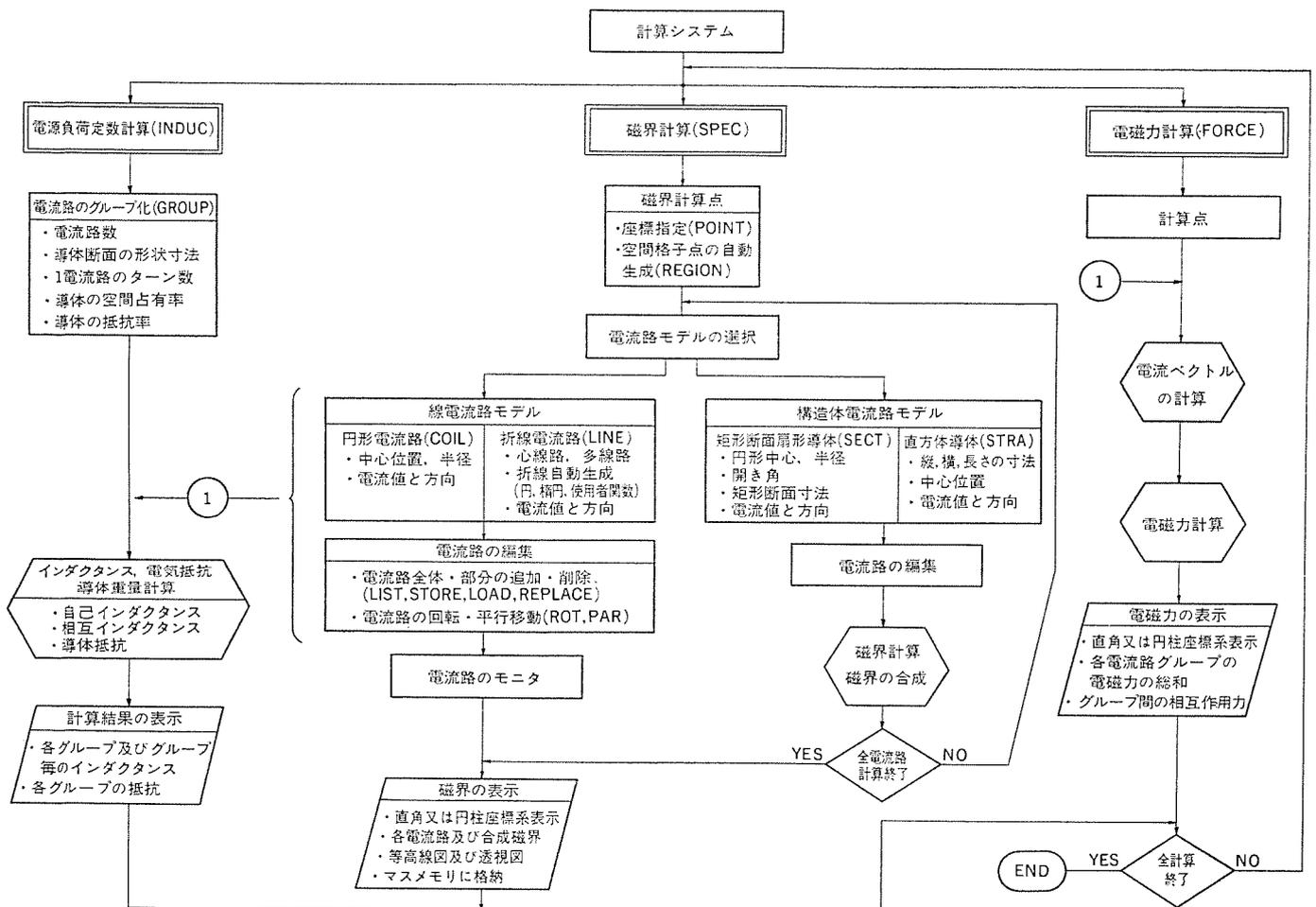


図1. プログラムのシステム構成

に共通して適用できる。

(5) 電流路の中心部を通る線路(心線モデル)にコマンド(LINE(OP))を適用すれば、電流路に沿って複数の線電流路(多線路)を生成し、したがって電流路の空間広がりやを容易に記述できる。

(6) コマンド(FUNC)を用いれば折線電流路として、折線電流を記述するユーザープログラムをシステムにリンクできる。

2.2 磁界計算

(1) 磁界を計算する位置((磁界)計算点とよぶ)や計算精度に応じて、電流路の任意の部分を選線電流路又は構造体電流路とすることができる。

(2) 構造体電流路モデルでは、積分の分点数、積分の許容誤差も必要に応じて指定でき、計算精度を高めることができる。

(3) 電流路が記述されると、直ちに磁界計算を行うので、電流路を記憶する必要がなく、電流路数に関係なく磁界計算ができる。

(4) 磁界計算の出力は、円筒座標表示、直角座標表示のいずれかを選択でき、磁界分布を透視図や等高線図として表示することもできる。

(5) 空間に規則正しく並んだ磁界計算点をコマンド(REGION)により容易に記述できる。

2.3 電源負荷等(自己及び相互インダクタンス、電気抵抗、導体重量、体積)の計算

(1) 1つ又は複数の電流路を1つのグループとして扱え、グループの自己インダクタンス、電気抵抗、導体重量、体積とグループ間の相互インダクタンスを計算できる。

(2) 電流路の断面形状として円形と矩形を選択できる。

(3) 電流路のターン数、導体の空間占有率、電気抵抗率を与えることができ、これらに基づいた電源負荷等の計算が行える。

2.4 電磁力計算

(1) 1つ又は複数の電流路を1つのグループとして扱え、グループの電磁力とグループ間に作用する電磁力を計算できる。また円形電流路では1ターンごとの電磁力も表示できる。

2.5 その他の機能

(1) 入力データの記述はフリーフォーマットである。

(2) 2.2節~2.4節の計算において、各計算を実行するとき、その計算に必要なデータのみ自動的に選択されるので、その計算に関係しないデータ(例えばインダクタンス計算における磁界計算点など)が入力されても支障なく計算される。

(3) 磁界計算やインダクタンス計算の結果を磁気テープなどのマスメモリに保存することができる。

3. プログラムにおける電流路の記述と計算式

電流路をプログラムの記述言語として広く用いられるバックス記法⁽²⁾に基づいて記述し、これをもとに各諸量を計算する基本式を示す。

3.1 電流路の記述

- (a) <電流路> ::= <線電流路> | <構造体電流路> | <線電流路> <電流路> | <構造体電流路> <電流路>
- (b) <線電流路> ::= <円形電流路> | <折線集合電流路>
- (c) <折線集合電流路> ::= <折線電流路> | <折線電流路> <折線集合電流路> | <移動演算> <折線集合電流路>
- (d) <移動演算> ::= <回転移動演算> | <平行移動演算>
- (e) <構造体電流路> ::= <直方体電流路> | <矩形断面扇形電流路> | <直方体電流路> <構造体電流路> | <矩形断面扇形電流路> <構造体電流路>

面扇形電流路> <構造体電流路> | <回転移動演算> <構造体電流路>

- (f) <折線電流路> ::= <LINE> | <LINE(OP)> | <CIRC> | <ELLI> | <LIST> | <FUNC>
- (g) <円形電流路> ::= <COIL> | <COIL, 1>
- (h) <直方体電流路> ::= <STRA>
- (i) <矩形断面扇形電流路> ::= <SECT>
- (j) <回転移動演算> ::= <ROT>
- (k) <平行移動演算> ::= <PAR>

上記において(f)~(i)は電流路を記述するコマンドを示す。

LINE, LINE(OP) : 心線路, 多線路を記述するコマンド。

CIRC, ELLI : 円形路, だ(楕)円路を記述するコマンド。

LIST : 折線路中の任意の折線部の変更, 追加, 消去を行うコマンド。

FUNC : 利用者の折線路発生プログラムをリンクするコマンド。

COIL, 1 : X軸に対称に円形電流路(COIL)対を記述するコマンド。

この外に電流路を記述する補助コマンドを下記に示す。

STORE : 電流路を記憶するコマンド。

LOAD : STOREで記憶した電流路を呼び出すコマンド。

REPLACE : 電流路を記憶している任意の電流路と置換するコマンド。

POS : 点の名前を定義するコマンド。

3.2 計算式

3.2.1 磁界計算

3.1節で記述した電流路に電流*I*と(磁界)計算点*P*を与えれば、計算点における磁界*B*を計算できる。以下で使用される式はすべてMKS実用単位系を用いる。

(1) 構造体電流路による磁界

(a) 矩形断面扇形電流路

図2に示す矩形断面扇形電流路*v*の電流*I*による計算点*P*(ρ_0, ϕ_0, z_0)の磁界*B*は、真空中の透磁率を μ_0 として、ビオ・サバールの式⁽³⁾より式(1)で与えられる。

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{\rho_1}^{\rho_2} \int_{\phi_1}^{\phi_2} \int_{z_1}^{z_2} \frac{I \times \rho}{\rho^3} d\rho d\phi dz \dots \dots \dots (1)$$

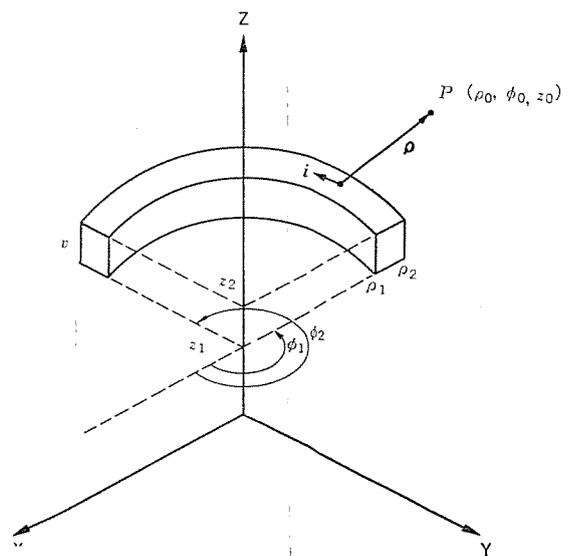


図2. 矩形断面扇形電流路

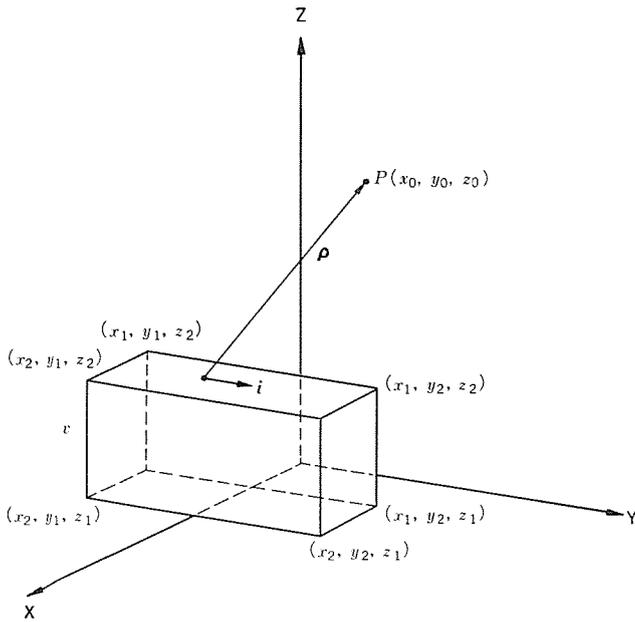


図 3. 直方体電流路

(b) 直方体電流路

図 3. に示す直方体電流路 v の電流 I による計算点 $P(x_0, y_0, z_0)$ における磁界 B は式 (2) で与えられる。

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} \int_{z_1}^{z_2} \frac{I \times \rho}{\rho^3} dx dy dz \dots\dots\dots (2)$$

(2) 線電流路による磁界

(a) 折線電流路

図 4. で示すように有限長の折線電流 I による計算点 ρ の磁界 B は、ビオ・サバルの式により、 I に垂直な面内で

$$B = \frac{I}{4\pi\rho_0} (\sin\phi_2 - \sin\phi_1) \dots\dots\dots (3)$$

で表せる⁽³⁾。したがって有限個の折線電流による ρ の磁界は、個々の折線電流によって作られる磁界のベクトル和をとることにより得られる。

(b) 円形電流路

図 5. に示す円形電流路 C の電流 I による計算点 $P(x_0, y_0)$ における磁界 B は、 B の x, y 成分をおのおの B_x, B_y とすると式 (4) で表せる⁽⁴⁾。

$$\left. \begin{aligned} B_x &= \frac{\mu_0}{2\pi} \left\{ \frac{y_0}{x_0 \sqrt{(a+y_0)^2 + y_0^2}} \right\} \times \left\{ E(k) \cdot \frac{a^2 + x_0^2 + y_0^2}{(a-x_0)^2 + y_0^2} - K(k) \right\} I \\ B_y &= \frac{\mu_0}{2\pi} \left\{ \frac{1}{(a+x_0)^2 + y_0^2} \right\} \times \left\{ K(k) + \frac{a^2 - x_0^2 - y_0^2}{(a-x_0)^2 + y_0^2} E(k) \right\} I \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

ただし

$$\left. \begin{aligned} k^2 &= \frac{4ax_0}{(a+x_0)^2 + y_0^2} \\ K(k) &= \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\theta}{\sqrt{1-k^2 \sin^2 \theta}} \\ E(k) &= \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1-k^2 \sin^2 \theta} \cdot d\theta \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5)$$

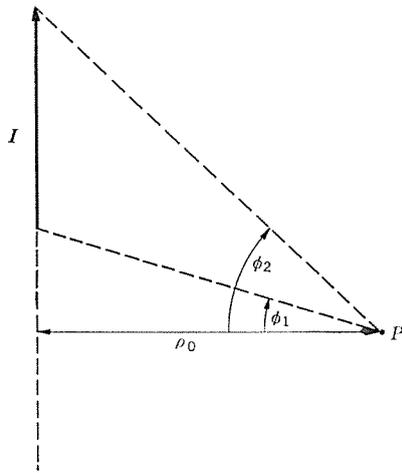


図 4. 有限長の直線電流

(3) 磁界計算における発散の処理

(a) 構造体電流路

構造体電流路モデルによる磁界は式 (1), 式 (2) で示すように、磁界計算点が電流の流出入面にあるとき発散する。プログラムではこれを避けるため、積分区間を電流の流出入面に平行にこの面から微小距離はなれた所 (オフセットと呼ぶ) に選ぶ。プログラム使用者がオフセットを任意に設定することもできるが、オフセットが小さい (プログラムでは初期設定されている) とき、積分値はオフセットにほとんど依存しない。

(b) 折線電流路

折線電流路モデルによる磁界は、式 (3) で示すように $\rho_0 \rightarrow 0$ で磁界は発散する。したがってこのモデルで磁界計算を行う場合、磁界計算点を少なくとも折線から、コイル断面程度の距離をはなす必要がある。また例えば計算点が折線電流路上に与えられたときでも、計算点を含む折線部の磁界を計算しないことにより磁界の発散を防いでいる。したがってこの場合でも、計算点を含む折線部が電流路に比して十分短いときは、実用上特に問題とならない。

3. 2. 2 インダクタンス計算

電流路及び電流路間のインダクタンスは、線電流路モデルによって計算される。

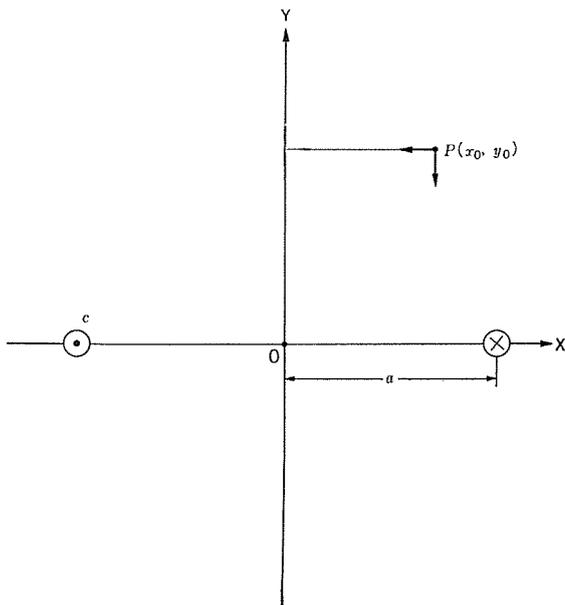


図 5. 円形電流路

(1) 自己インダクタンス

(a) 折線電流路

電流路 C の自己インダクタンス L は、ノイマンの式⁽³⁾に基づいて、電流路を無数の線素電流路からなるものとみなし、線素電流路間の相互インダクタンスと、線素電流路部の自己インダクタンスの和で表せる。ここでは C を n 個の線素電流路 dl から構成されるものとして

$$L = \frac{\mu_0}{4\pi} \oint_C \oint_C \frac{dl_i \cdot dl_j}{\rho} = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n M_{ij} |_{i=j} + \sum_{i=1}^n \frac{\mu_0 l_i}{2\pi} \left(\ln \frac{2l_i}{R_G} - 1 \right) \dots\dots\dots (6)$$

で表す。

ただし ρ : 線素間の距離, l_i : 線素 i の長さ

M_{ij} : 線素 i, j 間の相互インダクタンス

R_G : 電流路 C の断面の平均的幾何学的距離 (G. M. D.)

で

$$R_G = \begin{cases} a e^{-0.25} & (\text{断面形状が半径 } a \text{ の円の時}) \\ e^d & (\text{断面形状が辺の長さ } a, b \text{ の矩形の時}) \end{cases}$$

ここで d は式(7)で与えられる⁽³⁾。

$$d = \frac{1}{2} \ln(a^2 + b^2) - \frac{b^2}{12a^2} \ln\left(1 + \frac{a^2}{b^2}\right) - \frac{a^2}{12b^2} \ln\left(1 + \frac{b^2}{a^2}\right) + \frac{2}{3} \frac{b}{a} \tan^{-1} \frac{a}{b} + \frac{2}{3} \frac{a}{b} \tan^{-1} \frac{b}{a} - \frac{25}{12} \dots\dots\dots (7)$$

(b) 円形電流路

半径 a の円形電流路の自己インダクタンス L は R_G を用いて

$$L = \mu_0 a \left(\ln \frac{a}{R_G} - 2 \right) \dots\dots\dots (8)$$

で与えられる。

(a), (b) で示す電流路が n ターンで構成される場合の自己インダクタンスは $n^2 L$ となる。

(2) 相互インダクタンス

線電流路 C_i, C_j 間の相互インダクタンス M は、ノイマンの式より C_i, C_j 上の n, m 個からなる線素ベクトル dl_i, dl_j を用いて式(9)で表す。

$$M = \frac{\mu_0}{4\pi} \oint_{C_i} \oint_{C_j} \frac{dl_i \cdot dl_j}{\rho} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{ij} \dots\dots\dots (9)$$

C_i, C_j がおのおの n_i, n_j ターンから構成される場合の相互インダクタンスは $n_i n_j M$ となる。

3.2.3 電気抵抗 (Ω), 導体体積 (V), 重量 (W) の計算

電流路 C を構成する電流路 i の長さを l_i , 断面積を S_i , 導体の空間占有率を f_i , 導体の比抵抗を ρ_i , 密度を σ_i , ターン数を n_i とすれば、電流路 C の Ω, V, W は式(10)で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} \Omega &= \sum_i \rho_i \frac{l_i}{S_i} \cdot f_i \cdot n_i \\ V &= \sum_i V_i = \sum_i S_i \cdot f_i \cdot l_i \cdot n_i \\ W &= \sum_i V_i \cdot \sigma_i \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

3.2.4 電磁力

電流路上の点 P を含む体積素 v に作用する電磁力 F は、点 P における磁界を B , 電流を I , 電流路長を l とすれば式(11)で与えられる。

$$F = (I \times B) \cdot l \dots\dots\dots (11)$$

電流路が半径 a の円形路のとき、円形路全周に作用する拡張力 F は式(12)で与えられる。

$$F = \frac{1}{2} \mu_0 I^2 \left(\ln \frac{8a}{R_G} - 1 \right) \dots\dots\dots (12)$$

4. プログラムシステムによる計算例

トカマク形核融合実験装置 ASDEX⁽⁶⁾ の16個からなるトロイダルコイル (図6.) の磁界, インダクタンス, 向心力を2~3の電流路モデルについて計算し, ASDEX の諸元⁽⁷⁾と比較する。使用した計算機は IBM 370/168 である。

(1) 磁界

図7. に示すように電流路が1コイルあたり(a)43の折線かなる1線電流路 (心線モデル), (b)直方体及び矩形断面扇形電流路がおのおの3個からなる構造体電流路で構成される場合の計算結果を表1. に示す。一般に計算点が電流路の中や近辺にあるときは、多線

表1. 磁界計算

電流路モデル 計算項目	ASDEX	心線モデル	構造体電流路モデル
X=1.65m での磁界 (T)	2.8*	2.793	2.793
計算時間 (秒)		0.5	5.7

* 磁気蓄積エネルギーに基づいて筆者が算出した値である。

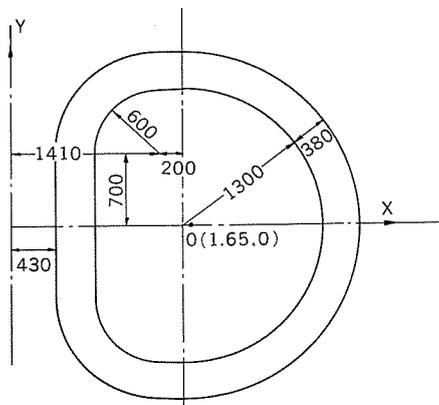


図6. ASDEX トロイダルコイル

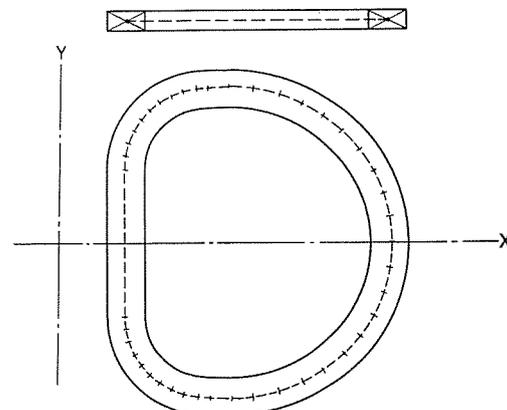
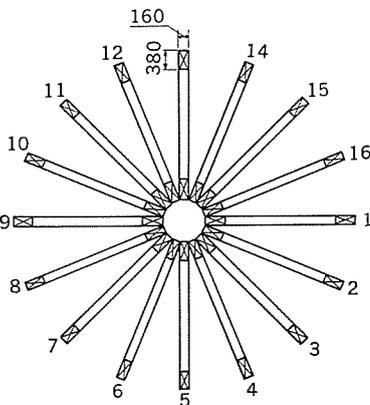


図7. 電流路心線モデル

表 2. インダクタンス計算

電流路 モデル	ASDEX	心線モデル	2線電流路 モデル	4線電流路 モデル
インダクタンス (H)	0.234	0.205	0.214	0.226
計算時間 (秒)		35.4	140.9	554.0

表 3. 電磁力計算

電流路 モデル	ASDEX	心線モデル	4線電流路 モデル	6線電流路 モデル
向心力 (10 ⁰ kg)/コイル	1.14	1.42	1.26	1.24

路や構造体電流路モデルにより電流路の記述精度を高める必要があるが、導体断面の距離を目安として、この例のように計算点が導体路から十分離れていれば、心線モデルで十分な計算精度が得られる。構造体電流路モデルによる磁界計算では、積分計算を行うため線電流路モデルに比し、計算時間が長くなる。したがって計算点が多い場合には、計算時間が無視できなくなるので、電流路モデルの記述に際しては、構造体電流路による記述を極力少なくすることが必要である。

例えばトロイダルコイル(1)の導体内にある多数の計算点について磁界計算を行う場合、コイル(1)を構造体電流路で、他のコイルを線電流路で記述して計算するのはこの例である。またここで示す例のように、コイルが対称に配置される場合は、コイル(1)~(9)のおおのの磁界計算を行うだけで16個のコイルによる磁界が計算でき、計算時間の短縮が計れる。

(2) インダクタンス

電流路として(a)心線モデル、1コイルあたり n 方向に、(b)2線電流路、(c)4線電流路と分布させたときのコイルのインダクタンス値を表2に示す。計算値は電流路の記述精度に伴ってASDEXの諸元値に近づく、一方、計算時間は電流路を記述する折線数の2乗に比例して増大するため、折線数を少なくするのが望ましい。一般に計算精度と計算時間を考えて、折線数を選択する必要がある。ここで示す例のように、コイルが対称に配置される場合には、半分の電流路数でインダクタンス計算を行える。例えばコイル(1)~(9)をおおの

別のグループとして計算し、コイル i, j の相互インダクタンスを L_{ij} 、コイル i の自己インダクタンスを L_{ii} とすれば、全コイルのインダクタンス L は式(13)で与えられる。表2.はこの方法に基づいたものである。

$$L = \{ (L_{11} + \sum_{j=2}^8 L_{1j}) \times 2 + L_{19} \} \times 16 \dots\dots\dots (13)$$

(3) 向心力

電流路として、(a)心線モデル、1コイルあたり半径方向に(b)4線電流路、(c)6線電流路と分布させたときの計算結果を表3.に示す。電磁力計算は式(11)で示すように、体積素 v 内の平均磁界 B に比例する。コイル断面内での磁界は計算位置に依存(ここで示す例では半径方向に磁界は大きく変化している)しており、コイルの物理的中心位置での磁界は、コイル断面内の平均磁界に対応していない。このため心線モデルではASDEXの諸元値に比して大きく相違していて、コイル断面内の電流路数の増大とともに向心力の精度が向上していくことがわかる。

5. む す び

本報では空心導体の電磁諸量を一貫して算出するプログラムシステムの概要、機能について述べ、ASDEXの16個からなるトロイダルコイルの電磁諸量の計算にこのプログラムシステムを適応し、実用的な計算精度が得られることを示した。核融合実験装置のトロイダル及びポロイダルコイル、コイルの給電線、コイル電源の設計に際し、これらの電磁諸量の計算にこのシステムを有効に活用していきたい。

参 考 文 献

- (1) 成川, 塚本: 任意形状空心コイルの一磁界計算法, 昭53核融合講演会, e-34
- (2) 電信学会編: 電子通信ハンドブック, p. 1,353, オーム社(昭54)
- (3) 竹山: 電磁気学現象理論, 丸善(昭50)
- (4) 電気学会編: 超電導ハンドブック, p. 94, 電気学会(昭43)
- (5) 塚本, 成川: 任意形状空心コイルのインダクタンス近似計算法, 昭53核融合講演会, e-35
- (6) J. C. Rauch et al: The D-Shaped Main Field Coil for the ASDEX Fusion Experiment of the Max Plank Institute for plasma physics at Garching near Munich, Broun Boveri Rev., 2-77, p. 92 (1977)
- (7) The ASDEX Group: Divertor Tokamak ASDEX, IPP III/27, p. 33, Max-Plank-Institute für plasma physik (1976)

1. ま え が き

最近 ファクシミリの普及は目ざましい。ファクシミリは昭和47年の公衆電話回線網の開放を契機に、電話回線があれば手軽に導入できる事、相手に記録(文書)が残り、誤り防止ができる事、テレックスに比べ手書文字や図面等の図形情報が送れる事、専用のオペレータを必要としない事、などの理由で官公庁や企業等に幅広く採用されている。

ファクシミリの普及に伴い、利用者側から更に高度な処理要求がなされ、それに答えるために各種システムの開発が行われている。例えばファクシミリを大規模に使用するときにはファクシミリ及び回線網の効率的な利用と操作性の向上をはかるため、ファクシミリと計算機を結合したファクシミリネットワークシステムがある。また、計算機の高度な図形処理技術の要求を満たすため図形情報入出力装置としてファクシミリを利用するシステムなどがある。

本章ではファクシミリを日本語情報処理システムへ応用したシステムについて利用法、処理内容、特徴並びにシステム事例について紹介する。

2. ファクシミリと計算機の接続

2.1 接続形態

高速伝送を目的に開発された高速デジタルファクシミリの普及によりファクシミリと計算機とが比較的容易に接続できるようになった。これらの技術進歩によりファクシミリと計算機を接続した各種システムが各計算機メーカーで開発されている。ファクシミリと計算機を接続して利用する方向として次の2つがある。

- (1) ファクシミリ通信の改善のため、計算機を活用してファクシミリの操作性、信頼性、機能性を向上させるとともに通信回線の有効利用を図る。
- (2) ファクシミリを計算機に対する文字、図形情報の入出力端末装置として利用する。

当社では上記の区分のうち(1)に相当するものとして、複合交換方式を採用したファクシミリネットワークシステムを《MELFANET》(MELCOM FACSIMILE NETWORK SYSTEM)という名前で既に商品化している⁽¹⁾。

2.2 ファクシミリによるデータ入出力⁽²⁾

ファクシミリの画像送受信機能を計算機の入出力に利用する技術の開発が最近活発に行われている。

2.2.1 データ入力

ファクシミリでは入力された画像の「白」「黒」の画素情報をデジタル信号化して伝送しているため、計算機側で画像情報を解析し必要な文字データに変換する必要がある。

(1) マーク読取り

送信原稿上の決められた位置に入力させるデータに応じて黒くぬりつぶし、これを計算機側で判読する方式。ファクシミリによるデータエントリとして実用化されている。

(2) 文字・記号の識別

OCR(光学文字読取装置)の技術を応用し、計算機側で画素情報から文字・記号を識別する方式。しかし、これは識別不良時の再走査ができないことや手書文字等に対する文字識別アルゴリズムが十分でないなどの理由から今後研究の余地がある。

2.2.2 データ出力

ファクシミリに画像を出力させるため、計算機の中で画像の画素情報を生成する必要がある。

(1) 文字の出力

計算機で文字の画素情報を生成する方法として、あらかじめ文字ごとの画素ドットパターンを用意しておき、出力する文字に対応するドットパターンを画像バッファにセットした後、ファクシミリの走査信号に変換する技術が実用化されている。

(2) 図形出力

直線で形成された帳票類のわく(枠)組などは文字と同様のドットパターンを利用することで実現できる。曲線を含む複雑な図形の場合には、図形をあらかじめファクシミリ送信機若しくは画像分析機(デジタルライザ)により画素信号に変換したものをデータとして入力し、これを画素情報として使用する。また、この画素情報に帳票の枠組や他の図形や文字の画素情報を合成したのち出力させる技術も実用化されている。

本章で述べる日本語処理へのファクシミリの適用システムは、基礎となる技術はこの文字・図形処理技術を応用したものである。

3. ファクシミリの日本語処理への適用⁽³⁾

3.1 システム概要

昨今日本語処理システムが脚光を浴びてきている。80年代の計算機処理技術の目玉の1つとして発展することは間違いないし、事実いろいろの分野で応用事例が開発されてきつつある。それに伴い顧客の要望もだんだん高度になるとともに、経済的なシステムへの要望が高まってきつつある。

今般、当社が開発したシステムはファクシミリの持つすぐれた特性に着目しこの機器も日本語処理の出力端末として適用して、日本語処理の応用分野を広げようとするものである。

ファクシミリは漢字や図形を画像として取扱えるので出力における自由度が大きい。このため、端末側のハードウェアの制約でできなかったものや帳票の変更を強いられていたものがこの制約を解き放ち高度な処理要求に応じられるようになる。また、通常のファクシミリを利用することにより経済的なシステムの構築を可能にする。

このシステムの特長は計算機で漢字混りの文章や図形を編集し、それをファクシミリへ出力できる機能を持たせたことである。更に、ファクシミリは特別に開発したものでなく、通常のファクシミリを使用している点で経済的であり、EDPSに適さない文書の伝送も独立して行える。このようにファクシミリを単なる漢字ディスプレイのハードコピー用としてでなく、ファクシミリ網として独立させ、計算機網の1端末装置としてファクシミリを利用するために柔軟性に富んだシステムが実現

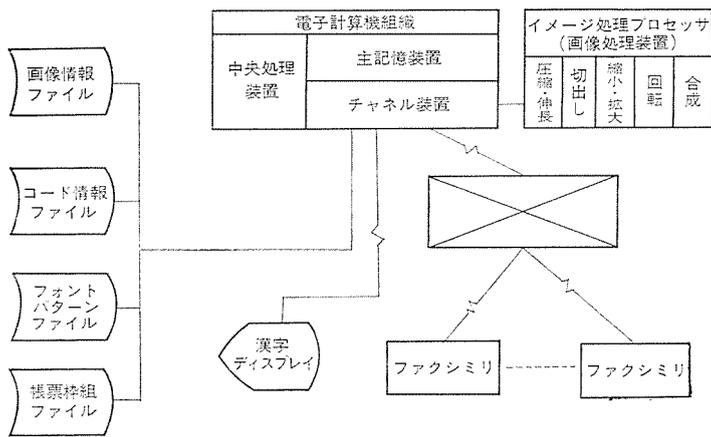


図 1. 計算機のシステム構成図

できる。

3.2 システムの構成

この日本語処理システムの利用できるホスト計算機システムには《MEL-COM-COSMO》シリーズのはん(汎)用計算機システム、《MELCOM70》シリーズのミニコンピュータシステムがある。

適用ファクシミリは《MELFAS》300, 330, 350, 380である。

ファクシミリ画素情報は計算機内部ではビットに置換されるが、膨大なビット単位の処理を高速に処理するために特別なハードウェア装置を開発した。これをイメージ処理プロセッサと呼ぶが、このプロセッサはホスト計算機のチャンネルに直結され、専用プロセッサとして動作する。

このプロセッサが画素情報の合成、圧縮等の処理を行い必要な画像を生成して、その結果を回線経由でファクシミリへ出力する。このイメージ処理プロセッサを含む計算機のシステム構成を図1.に示す。

3.3 イメージ処理プロセッサ

3.3.1 編集機能

イメージ処理プロセッサは画像処理を専ら行う専用のプロセッサである。一般に画像処理という場合、色彩・濃度・階調等の処理も対象になる場合もあるが、このシステムでは白・黒の2値データで表される範囲の処理を行う。2値で表される図形と文字の画素情報を計算機内部で編集して文章の形成を整え、更にその中に別の図形や印影などを合成して最終的に必要な文章を作成する。

2値データは計算機内部ではビットで表されているが、この状態を通常の計算機で取扱うデータの単位であるコードと区別する意味でイメージ情報と呼んでいる。

このようなイメージ情報を処理するため、イメージ処理プロセッサは編集に必要な機能として次のものを持っている。

- (1) 合成機能……画像データへ文字パターンの合成、別の画像の合成を行う機能
- (2) 切出機能……画像データの一部を切出す機能
- (3) 縮小・拡大機能……画像データを縮小・拡大する機能
- (4) 回転……画像データを90°回転する機能

3.3.2 送信・受信機能

ファクシミリは伝送時間を短縮するため帯域圧縮の手法を用いている。これは送信する文書の白紙の部分には文字が表れるまで読みとばすなどの技法であり、これにより伝送量を $\frac{1}{5} \sim \frac{1}{10}$ に圧縮できるので伝送時間が短縮できる。また、圧縮して送られた情報は受信機で元の形に復元される。この復元アルゴリズムを伸長と呼ぶ。

この圧縮・伸長はファクシミリの送受信機が具備している機能であ

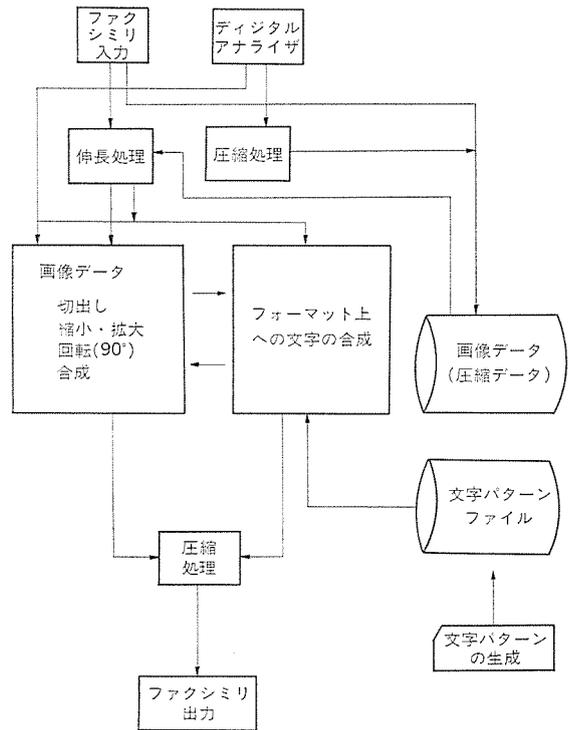


図 2. イメージ処理プロセッサの処理概念図

るので計算機がファクシミリを入出力機器として取扱う場合には伸長・圧縮の機能を持つ必要がある。イメージ処理プロセッサはファクシミリとのインタフェースを保つためこの機能を具備している。イメージ処理プロセッサでの処理の流れを図2.に示す。

4. 日本語処理の流れ

4.1 日本語の処理方法

日本語は漢字、カタカナ、ひらがな、英数字等で構成される。文字も大きなもの、小さいものを混在して使用する。また、図形や表をその中へ入れることもある。このようにして1通の書類ができあがるが一般にオンライン処理に利用する漢字出力端末装置ではハードウェア上いくつかの制約がある。文字サイズの可変、図形の出力、任意文字の表示、新規作成文字の登録などの要求に対し必ずしも応じられない。

一方、ファクシミリは画像を表示する機器であり、この点出力の自由度は大きい。文字は画素情報(ドットパターン)で表現されたものが用意されていれば任意の大きさ、文字種を表示できる。

ファクシミリへ出力する文字のパターンはホスト計算機で集中的に管理しているものを用いる。このパターンは漢字プリンタで使うパターンである。1つの漢字でも大・小のサイズのものがあ、文字種も既に1万字以上存在する。必要に応じ新規に発生した文字をデザインしてパターンファイルへ登録すれば出力可能となる。これを外字処理と呼ぶ。

ファクシミリが扱う文字は計算機の保有するすべての文字パターンが対象となるし、必要に応じ外字処理も可能である。これにより、漢字プリンタに出力する漢字の形体とファクシミリへ出力するものは完全に同期とれるので、法律的拘束を持つ文書で字体を尊重する場合でも漢字プリンタ出力もファクシミリ出力も字体が同じとなり問題は生じない。

4.2 図形、枠組の処理方法

曲線を含む複雑な図形は、図形をあらかじめファクシミリ送信機若し

くはデジタルアナライザにより画素信号に変換したのもも計算機へ出力しそれを画像として取扱う。

一方、様式の定まった帳票を登録しておき、その中へ可変項目(住所、氏名など)を埋めこんで目的の帳票を完成する場合、元の帳票形式は表頭、表則、枠組など固定的なものであるため、元の帳票形式をイメージデータとして入力し、それを枠組ファイルとして計算機で保持しておき必要の都度それを呼出し可変項目の文字パターンと合成して帳票が完成する。

4.3 合成処理

枠組ファイルを索引しそれをイメージプロセッサのメモリ上へ展開しておき、この中へ漢字コードに該当する文字のパターンを抽出して指定された位置へ合成してゆく。このとき禁則処理などを行って文章として整えるために編集処理機能が必要となるので、日本文テキスト・エディタソフトウェアがこれのサポートを行う。

図形や印影は図形イメージをとり出して文章の中の所定の位置へ合成してゆくが、必要に応じて画像データの一部分を切出したり、図形を縮小、拡大、回転した上で合成を行うこともできる。

また、或る文章において、それを抹消してしまうのではなく、元の文章は残しておきながら、それが意味をなさないと示すため抹消記号を付けることを要求される場合がある。例えば、氏名を記入した上でその上から×により抹消を示すケースである。このような記号の重ね合わせを行うときでも、合成処理により処理可能となる。バーコードなどの任意図形も出力できる。

このような図形の合成、編集処理は容易に行うための図形編集ソフトウェアが用意されているので、利用者はそれを利用して手軽に編集が可能である。

5. このシステムの特長のまとめ

この日本語処理システムの特長は次のように集約できる。

(1) 文字の自由度

出力したい文字の種類はほとんど無制限であり、文字の大きさも数種類のサイズのものが取扱える。

(2) 図形処理

図面、地図、印影などを出力できる。それらを拡大、縮小、回転したり、全体の一部を切出したあと処理を行った上、文章と合成することもできる。バーコードなどの任意図形も取扱える。

(3) 文字の重ね合わせ

文字に対する抹消記号の重ね合わせ、文字自身の重ね合わせ、あるいはアンダーライン等も必要に応じて行える。

(4) 帳票形式の変更不要

帳票形式はその形で登録するので現行の様式の帳票をかえなくてもよい。

(5) 文字パターンの集中管理

計算機で集中して管理するので漢字プリンタで用いるものと字体は同じである。

(6) 外字処理

文字パターンファイルに存在しない文字が出現しても、必要に応じて利用者側でデザインして登録すれば出力できる。

(7) 効率的利用

通常のファクシミリをそのまま使用しているので、EDPSに適さない文章は通常の相互間のファクシミリ通信に使用できる。

(8) 経済性

利用効率からみた経済性はもちろん、ファクシミリを何ら改修してない点からも経済的なシステムとして利用できる。

6. 地方自治体システムへの応用⁽⁴⁾

6.1 窓口処理システム

地方自治体においてEDPシステムの中に漢字を取り入れる計画が活発化している。従来、住所、氏名など基本的に漢字で表記されるべきものが計算機の都合でカタカナでしか表記されないため利用者に不便をかけていたわけで、経済的な面で折り合うなら漢字の使用が急速に発展することはまちがいない。

自治体での事務処理上漢字処理の適用を行う業務は数多く存在するが、この中で窓口処理に漢字処理を適用したいという希望は多い。

窓口で取扱う証書類は図3.に示すものがある。これらのうち税の証明書関係について既にオンライン即時発行システムを実現している自治体はいくつか存在する。しかし、戸籍抄本や住民票写などは対象外としている。それは漢字で表記されなければならないからであり、しかも次のような要件が要求されるため今までは技術的、経済的な面で適用が難しかったからである。

- (1) 氏名を表す漢字の字体は基本的に戸籍に記載された字体と同一のものとする。
- (2) 死亡、転出等で削除した場合は抹消表示(×)を氏名の上に重ねて表示する。

このような要求に対し、それを満たすことができるものはファクシミリである。ファクシミリ以外の端末装置では端末側の都合で要望を変えなければならない場合もある。ファクシミリは次の要望に答えることができる。

発行業務	名 称	備 考 (用途その他)
市民関係	戸籍謄本	身分を明確にする戸籍簿より発行(複写)する。(戸籍法第10条1)
	戸籍抄本	
	身分証明書	
	住民票写	地域住民であること、又はないことを証明する。(住民基本台帳法第12条)
	不在証明書	
印鑑証明書	届出された印影を証明する。	
税務関係	所得証明書	評価額に関するもの 地方税法第20条10 弁護士法第23条2の1 国民年金法第108条 公営住宅法第23条2 その他 [登記 公庫・公団申込 各種保証人用 福祉関係申請用 狩猟免許申告用等]
	課税証明書	
	納税証明書	
	非課税証明書	
	扶養証明書	
	土地評価証明書	
	家屋評価証明書	
	固定資産評価証明書	
	資産証明書	
	土地公課証明書	
家屋公課証明書		
公租公課証明書		
軽自動車税納税証明書	道路運送車両法第62条(継続、廃車)	
車庫証明書		
国民健康保険関係	国民健康保険証	
	国民健康保険納税証明	
国民年金保険関係	国民年金手帳	
	国民年金保険料納付証明	

図 3. 窓口で発行する証書、証明書の種類

カラーグラフィックCRTによる発電プラントの監視

白石之規*

1. ま え が き

発電プラントにおいては従来よりカラーCRTが工業用計算機の端末装置として採用され、プラントの運転監視装置として使用されてきた。しかし、近年のカラーCRTの表示機能及び性能の向上と、高信頼度化に伴い、このカラーCRTを使用してプラントマンマシンコミュニケーションを大幅に改良しようとする試みがなされるようになり、実プラントにおける適用例も急速に増加する傾向にある。

当初のカラーCRTによるプラント監視は数値・文字及び記号等を表示するいわゆるキャラクタ表示が主であったが、やがて、図形、棒グラフ、トレンドグラフ等の表示ができるカラーCRTが登場するにおよび、従来のデジタル量の表示に加えアナログ量及びアナログ的パターン表示を織り混ぜたグラフィック表示に置き換わり、より人間が理解しやすい形での情報提供が可能になってきた。一方、近年の省資源・省エネルギーの社会的要請からプラントの高効率運転、高信頼度運転が要求され、プラント運転員には、それだけプラントをより緻密に監視・管理することが必要となってくる。更に、プラントの大容量化、自動化が進むにつれてプラントの監視範囲の拡大化を招いており情報の集中的、総合的監視がこれまで以上に強く要求されている。カラーグラフィックCRTはこれに答えるものであり、その応用分野はこれからますます増大する。ここではカラーグラフィックCRTによる発電プラントの監視機能について述べることにする。

2. 従来のプラント監視

発電プラントの監視は在来の中央操作盤(B. T. G 盤又は R. T. G 盤)と補助盤等に設置されている警報表示窓、記録計及び指示計類に加え計算機も自動監視機器の1つとして重要な役割を果たしてきた。計算機による発電プラントの監視にはデジタルディスプレイ、警報表示窓、トレンド記録計及びプリンタ等が標準的な端末機器として使用されてきた。プラントの監視には計算機の入力となっているプラント状態量が制限値をオーバーしたとき、警報メッセージのプリントアウトなどで見られるように自動的にプラント状態を運転員に通報する方法とコンソールからのリクエスト機能により、運転員が選択したプラント状態量のデジタルディスプレイへの表示、プリンタへの印字あるいはトレンド記録計への記録など、リクエストによるプラント状態量の選択監視の方法があり、プラントの状態を正確につかむには情報量として不足していた。その後カラーCRTが上記のデジタルディスプレイに置き換わり、1画面上に複数個の情報を同時にしかも、色分けして表示できるため運転員に提供できる情報量が著しく増大した。しかし、カラーCRTが発電プラントに登場し始めた当時は文字及び数値と記号のようないわゆるキャラクタ表示が主であり、これらはプリンタに印字されるものとはほぼ同形式のメッセージ又は数値表示に過ぎなかった。

一方、プラント規模の大形化、自動化が進むにつれ、これを監視操作するための盤の表面積が増大化するに加え、近年の省資源、省エネルギーの社会的要請は、必然的にプラントの高効率運転、高信頼度運

転となり、運転員は盤面に分散している計器類をこれまで以上に緻密に監視し、管理する必要が生じてきた。このような状況のもとでは当然のことながら運転員の負荷は増大する。在来の盤に設置された計器類を監視すると同じように同一の場所あるいは狭い行動範囲内で必要なプラント情報を監視できれば運転員の負荷は軽減される。更に、多くのプラント情報を生の形で提供するだけでなく、複数の情報を従来運転員が頭の中で再編集し理解していたと同じように監視の目的に応じて計算機で情報を再編集し表示すれば監視機能としてのマンマシンコミュニケーションは一段と向上する。ほかのプロセスでは、このような考え方による試みは以前からなされていたが実際の発電プラントで本格的にこの監視方法が採用され始めたのは最近のことである。これを実現するためには従来のカラーCRTの性能では不十分であり、種々の改良が加えられた結果多彩な表示機能と高性能、高信頼度をもつカラーグラフィックCRTが誕生したわけである。

3. カラーグラフィックCRTを使用したプラント監視

3.1 カラーグラフィックCRT表示機能

3.1.1 高密度カラーCRT

最近の発電プラントに使用されている当社の高密度カラーCRTのうち代表的なモデルM-2396, M-2397, M-2398についてその主要性能を表1.に示す。

これらの高密度カラーCRTには表示キャラクタ数として2,000, 3,200, 4,800/7,200があり、いずれも高密度でしかも鮮明に表示できるため発電プラントにおける緻密なプラント監視に十分適用できる。

3.1.2 表示機能

高密度カラーCRTを使用した発電プラントの監視機能には次のものがある。

(1) 系統図表示

機器あるいは系統ごとの監視単位に分類し、機器の物理的配置、これらをつなぐ配管配線ライン等の図柄を表示させ、その上にプロセス状態量を同時に重畳表示する。この系統図表示により、監視領域の状態量が一望できその領域内の相関、バランス状態などを容易に監視することが可能である。また、この系統図表示を階層的に構成すれば全体系統から部分的な系統まで監視対象を拡大あるいは縮小して表示させ目的に応じたプラントの監視ができる。

(2) 棒グラフ表示

スケール上にノーマルバンドあるいは設定点、警報点、トリップ点などとともに、実際のプロセス量をこの上に棒グラフで表示させる。このような棒グラフ表示により、現在の状態が正常領域内で運転されているか、設定点との偏差がどの程度あるか、あるいは警報点、トリップ点に対しどの程度余裕をもって運転されているかをひと目で監視できる。また関連あるプロセス量を並列して棒グラフに表示させることによりそれらの比較あるいは分布特性等のは(把)握を容易にする。これは盤面に分散している複数の指示計及び記録計などに示される情報を監視目的に応じて計算機で再編集し集合表示することと等価で

表 1. 代表的な高密度 カラー CRT の主要性能

形名	特長	表字文字数	表示色	表示装置	表示種類	伝送速度	オプション
M-2396	高性能 図形用カラー	80字×25行 (2,000字)	7色	20" 高解像度 カラーブラウン管	文字 128 図形 128	5 KB/S (並列インタフェース)	割込専用キーボード ライトペン、ハードコピー 重ね合せ表示、トレンドグラフ(7本)
M-2397	高性能 図形用カラー	80字×40行 (3,200字)	7色	20" 高解像度 カラーブラウン管	文字 128 図形 384	5 KB/S (並列インタフェース)	割込専用キーボード ライトペン、ハードコピー 重ね合せ表示、トレンドグラフ(7本) 倍サイズ表示、長プリンク表示
M-2398-10	高性能 図形用カラー ・画面移動	100字×48行 (4,800字)	7色	20" 高解像度 カラーブラウン管	文字 128 図形 384	10~15 KB/S	割込専用キーボード ライトペン、ハードコピー 重ね合せ表示、トレンドグラフ(本数 制限なし) 倍サイズ表示
M-2398-20		120字×60行 (7,200字)					
M-2398-30	100字×48行 (4,800字)	文字 128 図形 384 フルグラフィック (ベクトル、円弧 色の塗りつぶし その他)			同 上 ジョイスティック		
M-2398-40	120字×60行 (7,200字)						

あり、この再編集機能こそカラーグラフィック CRT でしかなし得ない機能である。

(3) トレンドグラフ表示

プラント状態量の過去の履歴と将来の予測をトレンドグラフで表示する。あるいは目標カーブと実績カーブとを同時に表示させる。このトレンドグラフ表示により、ある状態量の推移を一望でき現時点から今後どのような状態になるかの推定を容易にする。また目標値からの実績の偏差の推移もひと目で分かる。このトレンドグラフ表示は従来の盤面にあるトレンド記録計の記録とほぼ同じであるが、監視の目的に応じて状態量を計算機で再編集して集合表示できる点は、前述の棒グラフ表示と同じ長所をもっている。

(4) X-Y プロット表示

X 軸、Y 軸をおのおの時間あるいは物理量に対応させ X-Y プロットと同様な機能をもたせ、現在のプラント状態を XY 座標で決まる 1 個のスポット点として表示することができる。

X-Y プロット表示では X 軸、Y 軸をプラントを運転する上で重要なパラメータ(例えば火力プラントでは空気量、燃料流量、給水流量、蒸気流量等)に対応させ、ノーマルを運転領域と、現在状態をプロット表示することにより、プラントの運転状態がひと目で分かり、安全な運転管理を容易にする。

(5) その他の表示機能

M-2398 高密度 カラー CRT を使用することにより、前記の 4 つの表示機能のほかに、次の新しい機能を追加することができる。

(a) 画面移動

表示画面の 4 倍の表示情報をハードウェアメモリに記憶させ(このメモリは大画面メモリと呼ばれる)、このメモリ内の情報により画面移動機能を使い CRT 上で任意に移動表示できる。従来の CRT では画面情報が表示能力を超えると別画面として表示せざるを得なかった。画面設計の際に、相つづく別画面との接合部にある情報をどちらの画面として表示するかいつも問題となり、これを決めるためにユーザー、メーカーとも頭を悩ませていた。大画面メモリと画面移動機能はこの問題を解決するために生まれたものであり、画面は連続移動ができるため監視すべき対象の近傍をも常に幅広

く表示でき、また画面設計に対する制約条件も少なくなった。この機能は特に系統図表示に対し有効である。

(b) 画面のズームアップ/ズームダウン

表示情報を 2~8 倍あるいは 1/2~1/8 倍に拡大、縮小表示できる。この機能はマクロ的な監視とミクロ的な監視を同一画面上で自在にやるのが有効な場合に適している。例えばシステム全体をマクロ的に表示しておき、何か状態変化が生じた場合にその部分をつリックないしは色変化させる。つづいて、この部分をライトペンで拡大要求することにより、その部分が詳細に拡大され、必要な情報が読取れる。

(c) フルグラフィック表示

表示画面上の指定エリアを指定色での塗りつぶし、任意方向のベクトル表示、円弧表示ができる。従来では図柄の構成が画素の組合せであるため制約が多く、円や任意のこう(勾)配をもつ直線などの表示は階段状にならざるを得なかったものが、実物に近い図形が表示できる。

3.2 カラーグラフィック CRT 表示の人間工学的考察

3.2.1 表示色に関する考察

カラーグラフィック CRT 表示においては表示色の選定がその画面のイメージを大きく変え、したがって画面設計上重要な要素となる。プラント監視に適用するカラーグラフィック CRT としては次の条件を満足する必要がある。

(a) 視認性があること

表示内容が背景から分離され、形状や細部がはっきり認知されること。

(b) 誘目性、美的機能を有すること

不快感や煩雑さを感じさせず、魅力ある画面イメージを与えること。

(c) オペレータの疲労が少ないこと

このような観点から表示色を考察した 1 例を以下に示す。

(1) 画面全体の背景色としてはできるだけ輝度の低いもの(例えば黒)が好ましい。

(2) 画面はある程度アクセントをもたせたほうが人間にとって好ま

しく、この場合背景色を局部的に有彩色にし、これにマッチした表示色で構成すると効果的である。ただし、いたずらににぎやかな配色にするとかえって煩雑さが人間の疲労を大きくするので注意を要する。

(3) 文字及び図柄の表示色選定については、その画面の使用目的を明確にし、それに適した色を選ぶのがよい。例えば

長時間監視するもの：背景と図柄のコントラストが小さく監視による疲労が少ない色がよい。

短時間監視するもの：ひと目で監視対象が知覚できる色が効果的である。この場合疲労度は高いが刺激感覚のほうを優先させてよい。

(4) 具体的な表示色の提案を表 2. に示す。

3. 2. 2 表示文字の視認性に関する考察

表示画面からプラント情報を定量的に詳細に知るためには、表示文字が読取りやすく表現されていることが必要である。このためには次のことを満足するように設計するのが好ましい。

(1) 視力及び文字認識においては中心視と周辺視とでは大きく相違し、中心視の視力は周辺視の約 20 倍というデータがある。このことから画面の中枢部を中心視とするよう考慮すべきである。

(2) 近年漢字文字を使う例が多くなったが、漢字文字の適正寸法について表 3. のデータがある。これによると視距離が 45~90 cm 程度であれば文字寸法の適正値はほとんど変わらないことが分かる。なお英数字表示の場合は視距離 70 cm で 3~5 mm の文字寸法が適当との報告がある。

(3) 漢字表示において適正な字間隔と行間隔に関する実験結果として表 4. のデータがある。この表から分かるように文字を複数行表示する場合は行間を 1 文字程度空けるのが好ましい。

表 3. 文字寸法の適正値

視距離	下限値	中央値	上限値
45 cm	4.3 mm	5.3 mm	6.5 mm
65 cm	4.4 mm	5.5 mm	6.5 mm
90 cm	4.9 mm	6.0 mm	7.0 mm

表 4. 字間隔, 行間隔の適正値

	下限値	中央値	上限値
字間隔	0.4 mm	1.6 mm	2.8 mm
行間隔	3.2 mm	5.2 mm	8.0 mm

ただし、文字寸法 5.5 mm 角

(4) 文字の大きさを数種違えて表示すると、その画面にアクセントが付き好ましい場合がある。例えばその画面で表示している情報内容を総称した画面タイトルなどを大きな文字で表現すると効果的である。

3. 3 実プラントでの使用例

カラーグラフィック CRT を使用したプラント監視の実使用例を紹介する。

3. 3. 1 火力発電プラントでの使用例

ここでは 100 万 kW 級火力発電プラントでの実例を紹介する。このプラントではボイラ点火後のプラント起動・停止はもとより通常運転中におけるプラントの監視にグラフィック CRT を使用しマンマシンコミュニケーションの向上を図っている。その代表的な監視機能に次のものがある。

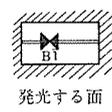
- (a) ボイラメタル温度分布の監視
- (b) 昇温制御の監視
- (c) ボイラ・タービンのバランス監視
- (d) タービン熱応力監視
- (e) タービン起動スケジュールと実績
- (f) タービン振動監視 (回転数/振動振幅値, 振動振幅値/位相, 振動振幅値/軸受メタル温度, 油温度等の相関監視)
- (g) 発電機出力と所内電力の監視
- (h) 発電機機内水素圧力と機内温度分布の監視
- (i) その他ボイラ・タービン, 発電機系の系統監視

図 1., 図 2. はその表示例の一部を示す。

3. 3. 2 原子力発電プラントでの使用例
ここでは PWR 形原子力発電プラントでの実例を紹介する。このプラントでも原子炉起動から定常運転及び原子炉停止までのすべてをグラフィック CRT で監視できるよう設計されている。その代表的な監視機能は次のとおりである。

- (a) 燃料アセンブリ相対出力及び温度分布の監視
- (b) 原子炉冷却設備の温度, 圧力, し

表 2. 具体的な CRT 表示色の提案

背景の色	文字・図柄の色 (推奨順位は左から右へ)	得失・評価	備考	
A 黒 (発光なし)	① 白, 水(シアン), 緑, 黄	<ul style="list-style-type: none"> ● 図柄の視認性が高い。 ● 最も一般的な表示となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 背景と図柄とのコントラストが大きく長時間監視では疲労が発生する。 ● 文字や図柄の視認性は比較的高い。 ● 新規性の少ないパターン。 ● 図柄のフリッカが誘目性を高める情報となる。 	
	② 白, 水, 緑, 黄の順に面を発光し図は黒とする。 (備考を参照のこと)	<ul style="list-style-type: none"> ● 誘目性がやや高くなる。 		
	③ 赤, (橙), 黄	<ul style="list-style-type: none"> ● 誘目性が高い。 ● 監視者に緊張を強いることになる。 		
B 背景が発光する場合	緑	① 黄, (橙), 黒, 水, 白	<ul style="list-style-type: none"> ● 視認性, 誘目性共に低い。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 背景と図柄のコントラストが小さく長時間の監視でも疲労は少ない。 ● 多様性のあるディスプレイパターンがデザインできて新しい表現ができる。
	シアン(水)	② 黄, (橙), 白, 黒	<ul style="list-style-type: none"> ● テレビジョン放送の画面表示に多くみられ, なじみやすいパターン。 	
	黄	③ 青, 黒	<ul style="list-style-type: none"> ● 誘目性は比較的高くなる。 ● 疲労の発生が考えられる。 	
C 背景で誘目性を得る	(橙)	① 黒, 青	<ul style="list-style-type: none"> ● 画面全体が高い誘目性を示す。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 疲労の発生も高いが特殊な用途, 緊急時の表示等に利用される。 ● 図柄のフリッカでは効果が小さい。 ● 背景全体のフリッカが特殊な用途に用いられる。
	赤	② 白, 黄, 黒	● 同上	
	黄	③ 赤, 黒	● 同上	
D 黒, 発光	① 白, 黄, 青, 緑, 赤	<ul style="list-style-type: none"> ● 動きのげししいパターンには (150cm/s以上) これらの色を用いる。 		

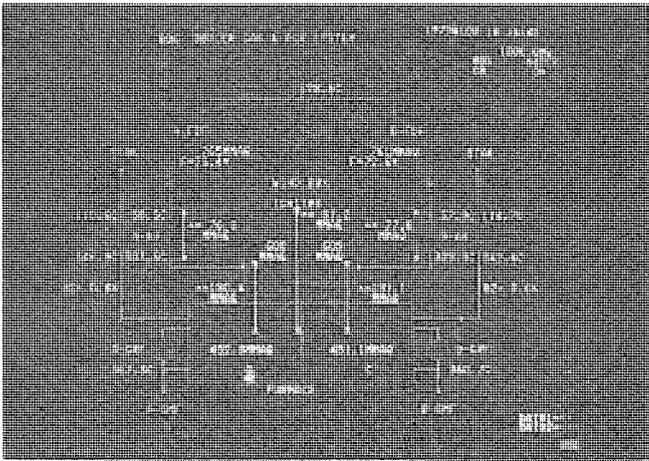


図 1. ボイラガス・空気系監視の表示例

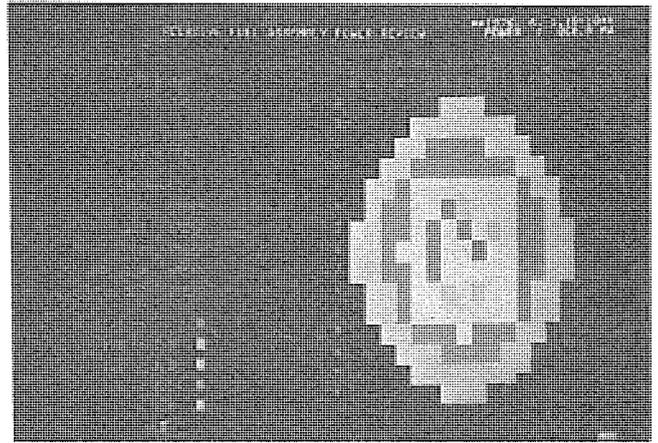


図 3. 燃料アセンブリ相対出力分布監視の表示例

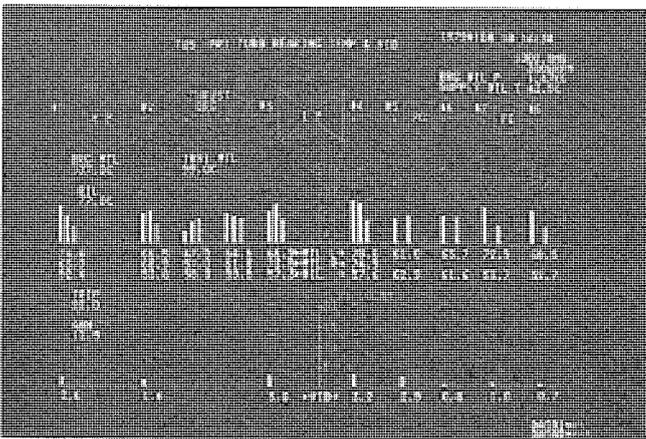


図 2. タービン・発電機軸系バランス監視の表示例

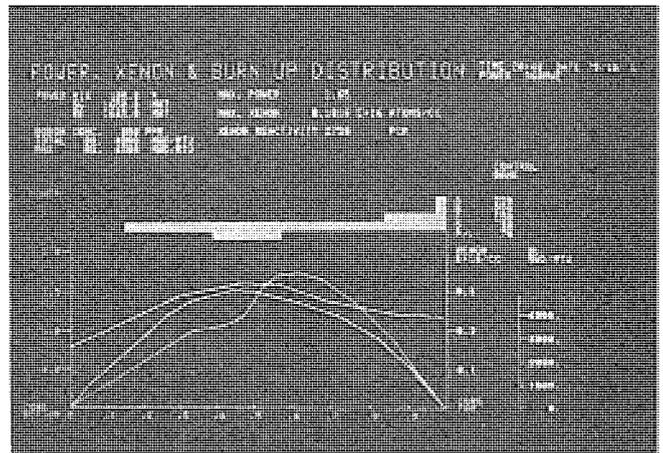


図 4. 出力・キセノン分布監視の表示例

ペルの監視

- (c) 炉内中性子束分布の監視
- (d) 炉内出力, キセノン, 燃焼度分布の監視
- (e) 冷却材ループの温度, 圧力制御の監視
- (f) タービン起動スケジュールと実績
- (g) 運転ガイダンス表示
- (h) 負荷変動に対するキセノン濃度制御の監視
- (i) その他1次系及び2次系の系統監視

図 3., 図 4. は, その表示例の一部である。

4. む す び

近年の発電プラントではカラーグラフィック CRT を使用しプラントマンマシンコミュニケーションの向上を図る例が多くなってきた。本稿では発電プラントの監視が従来どのように行われていたか, そしてカラーグラフィック CRT が登場したことによりどのような監視が行われるようになって

きたかを述べた。また, この中でカラー CRT の人間工学的な考察を加え, 実際の火力・原子力発電プラントでの代表的な実用例を紹介した。発電プラントにおいては, 今後ますます集中的監視あるいは総合的監視の要求が増大すると思われる。カラーグラフィック CRT はこれに答えるための最適な装置であり, この装置自身の機能及び性能の改善と相まって, これを使用するソフトウェア技術もこれに答えるべく改善していかねばならない。

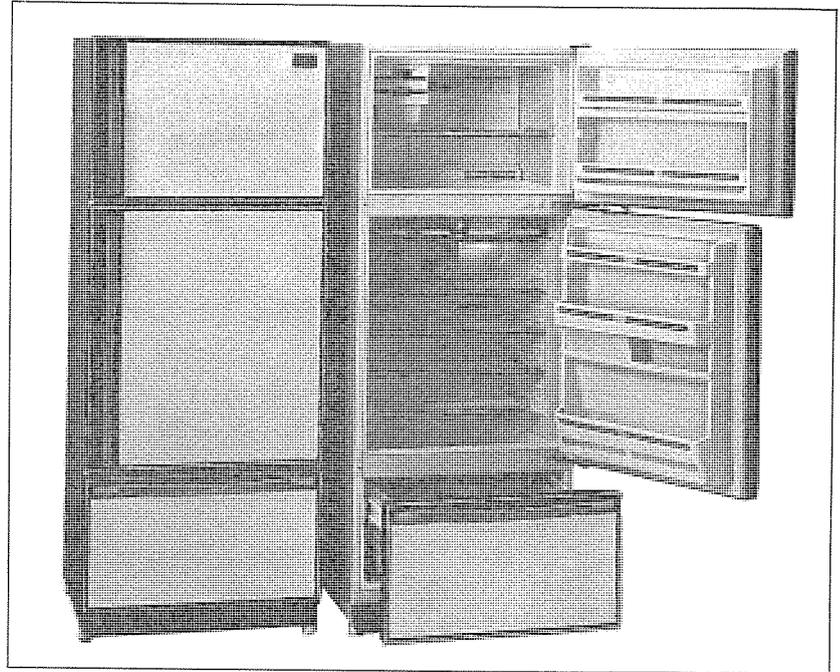
終わりに, 本稿内容のプラント監視機能に関しいろいろご指導いただいたプラントメーカー並びに電力会社の関係各位に感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) 篠原ほか: 工業分野における端末システム, 三菱電機技報, 52, No. 8 (昭 53)
- (2) 小川ほか: 主観評価実験により求めた CRT 漢字表示装置への文字表示条件, テレビジョン学会誌 (昭 53-1)

業界初のロータリー圧縮機搭載 三菱冷凍冷蔵庫《みどり》

三菱電機ではこのたび、業界に先がけてロータリー圧縮機を搭載した冷凍冷蔵庫《みどり》を発売しました。新発売機種は、292ℓ-3ドア野菜専用室付の3機種と、298ℓ-2ドア3機種の合計6機種で、お客さまのニーズに合せた使いやすさの改善と、ロータリー圧縮機搭載で省電力化を図りました。ここでは代表機種である3ドア野菜専用室付のMR-2920VA形を中心に、その特長を説明します。



特長

●ロータリー圧縮機を搭載

- (1)業界で初めて、冷蔵庫にロータリー圧縮機を搭載して、省エネルギー時代にマッチした冷蔵庫となりました。
- (2)エネルギー効率のよい低温用ロータリー圧縮機の採用で、従来機種と比較して21/22%減の49/49kWH/月(50/60Hz)を実現し、電力消費量を大幅に低減しました。(当社54年該機種MR-343FVA形と比較)
- (3)ロータリー圧縮機による小形軽量化により、機械室のスペースの有効利用ができ(当社比MR-343FVA形に対して8ℓ増加)、この結果、野菜専用室の大形化が実現しました。

●外形寸法を一新

- (1)外形寸法は、高さ1627mm、幅638mm、奥行640mmと一新し、高さ寸法を高く、奥行寸法をうすくすることにより、場所をとらないプロポーションのよい冷蔵庫となりました。
- (2)高さを高くすることにより、冷蔵室の有効内容積の増加を図り、奥行をうす形とすることにより、据付けおよび食品の出し入れの改善を行いました。

●大きく使える庫内設計

- (1)冷蔵室の使い勝手を大きく改善しました。159ℓの大容量で、肉・魚を別々に保存できる大形低温ケースが2個ついています。またワイヤー製の1・2・3棚を採用。扉棚の構成は、上からフリーポケット、オープンポケット、ミニポケット、ボトルポケットの5段で、扉棚への収容性をさらに大きく改善しました。
- (2)野菜室は好評の引出し式専用タイプ。広いアルミ冷却板による自然対流方式を採用し、おだやかな冷気と湿度が野菜室全体を包み込み、野菜を新鮮なまままで保存します。70ℓの大形で、野菜カゴは45ℓあり、広く深くいろいろな種類の野菜がたっぷり保存できます。

(3)7ℓのフルーツケース付き。また野菜カゴはワイヤーとトレイの構成のため、清掃もたいへん容易です。

機種系列

野菜専用室付3ドア

- MR-2920VA形 右開き扉 アーモンド
- MR-2920VG形 右開き扉 グリーン
- MR-2920VLA形 左開き扉 アーモンド

2ドア

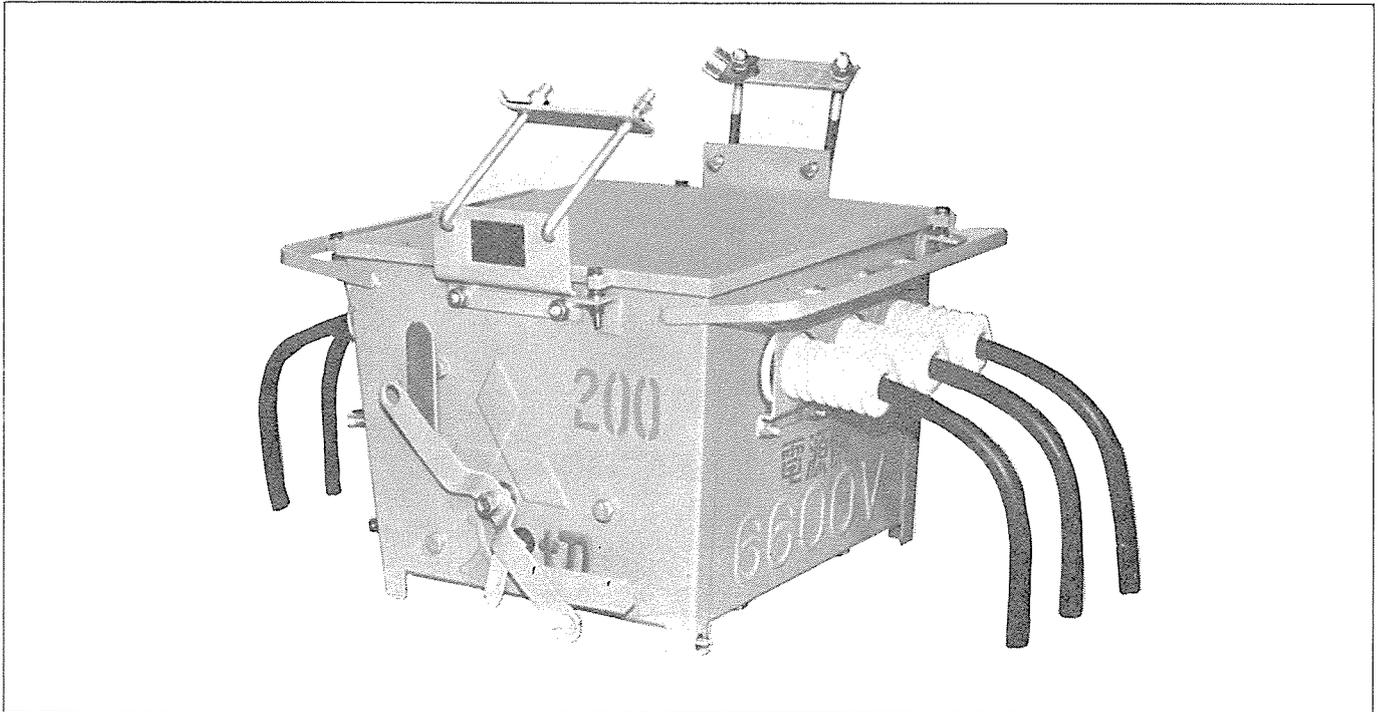
- MR-2980A形 右開き扉 アーモンド
- MR-2980G形 右開き扉 グリーン
- MR-2980LA形 左開き扉 アーモンド

標準仕様

種別	冷凍冷蔵庫		
	3ドア		2ドア
形名	MR-2920VA・VG・VLA	MR-2980A・G・LA	
有効内容積(ℓ)	合計	292	298
	冷凍室	63	63
	冷蔵室	R159・V70	235
外形寸法(mm)	高さ	1627	1627
	幅	638	638
	奥行(除ハンドル)	640	640
冷却方式	冷蔵室	強制対流循環方式	強制対流循環方式
	冷凍室	R強制対流循環方式・V自然対流方式	強制対流循環方式
電動機消費電力(W)	50Hz	130	125
	60Hz	135	130
消費電力量(kWH/月)	50Hz	49	43
	60Hz	49	43
ジャンボポケット	付	付	
1・2・3棚	付	付	
低温ケース(個)	2	2	
製氷コーナー	付	付	
プラスチック製氷皿(個)	1	1	
貯氷箱(個)	1	1	
フルーツケース(ℓ)	7	5	
密閉野菜ケース(ℓ)	-	27	

スポット ライト

大幅な小形・軽量化を実現した 屋外用高圧気中負荷開閉器PST形 (トリップ付)



三菱電機では、屋外用高圧気中負荷開閉器を、従来のもと比べ約40%も縮小(当社比)し軽量化しました。このように大幅な小形化が実現できたのは、気中アークガス流の熱流体力学的解析にもとづく小形・高性能の絶縁容器式新消弧室の採用と、3CT方式による過電流および地絡電流検出要素の一体化などによるものです。

特長

●小形・軽量タイプ

従来品に比べて、容積で約50%、重量で約40%の小形・軽量となり、運搬・装柱工事などがきわめて楽になりました。(当社比)

●入切指針表示は3面

装柱後、下から見やすい底面にも入切表示があり、操作をしたその位置で入切の確認が行えます。

●速入・速切機構付

独特のバネ機構により、コンタクトは確実に速入・速切動作を行います。

●付属リレーも小形・軽量化

本体開閉器に付属する過電流蓄勢・地絡保護リレーも、IC化により従来品に比べ約50%の小形・軽量化を実現しました。(当社比)(リレー重量約2.5kg)

定格一覧表

形 名		PST形(トリップ付)			
形 番		PST-1B-SOG	PST-1LB-SOG	PST-2B-SOG	PST-2LB-SOG
トリップの種類		SOG	SOG	SOG	SOG
構 造		耐中塩	耐重塩	耐中塩	耐重塩
準 拠 規 格	開 閉 器	JIS C 4507			
	地絡継電器	JIS C 4601			
定 格 電 圧 (kV)		7.2/3.6			
定 格 電 流 (A)		100		200	
定 格 開 閉 容 量	負 荷 電 流 (A)	100		200	
	充 電 電 流 (A)	30		30	
	コンデンサ電流 (A)	30		30	
定格過負荷しゃ断電流 (A)		400			
ロック電流OC蓄勢電流 (A)		250			
開 閉 寿 命	電氣的(回)	200(コンデンサ電流の場合は開閉寿命は1000回です)			
	機械的(回)	3000			
定格短時間電流 (1秒 kA) (相当短絡容量)		4 (50MVA)		8 (100MVA)	
定格投入電流C(3回) (kA)		10		20	
絶 縁 階 級		6号A			
定 格 周 波 数 (Hz)		50/60			
定 格 制 御 電 圧 (V)		AC100			
地絡継電器タップ値 (A)		0.2, 0.4, 0.6			
開 極 時 間	地絡入力130%のとき0.4秒以内				
	地絡入力400%のとき0.3秒以内				
	過電流のとき停電後0.5秒以上				
重 量	開 閉 器 本 体 (kg)	38	39	39	40
	制 御 箱 (kg)	屋外形2.5, 屋内表面形1.8, 屋内埋込形1.4			
塗 装 色		マンセルN5.5			

当社の特許

登録番号	名 称	発 明 者	登録番号	名 称	発 明 者
872652	コルゲートホーンの製造方法	田中義昭	874213	制御装置	安田宜弘
873527	距離継電装置	高田信治・前田耕二	874214	絶縁導体装置	岸田光弘
873528	周波数ソフト変調回路	永田良茂	874215	部品分配供給装置	井上隆之・滝原征一郎
873529	負荷時タップ切換器	樋口昭・吉田和夫	874713	耐熱処理パルプマイカ	伊藤公男・小川博
873530	避雷器	{永井信夫・但田昭司 小鯛正二郎	874917	建築構造体のエレベータ架設方法	{桑原達夫・松田行雄 牧野守・古賀矩信 池田弘
873531	インバータ回路	民井精三・竹内宗昭			
873532	多端子表示線保護継電装置	菅井英介・下迫賀生	876600	送電線保護継電器の誤動作防止方式	川上一郎
873533	タービン発電機の乱調防止装置	塩谷和茂	876601	配電線制御装置	川上一郎
873534	搬送保護継電装置	中村勝己・坂本昌一	876602	配電線保護装置	川上一郎
873535	電圧変動補償用リアクトルを備えた変圧器装置	久岡俊之	876603	放電灯用電極	{竹田俊幸・土橋理博 若林正雄
873536	限流ヒューズ	森貞次郎・宮本紀男	876604	地絡過電圧継電器	三宅康明
873537	タップ切換器の駆動装置	樋口昭・外賀俊彦	876605	地絡過電圧継電器	三宅康明
873538	タップ切換器の駆動装置	外賀俊彦	876606	電力系統の保護継電方式	海老坂敏信
873539	タップ切換器の駆動装置	外賀俊彦	876607	母線保護継電装置	海老坂敏信
873540	ネマチック液晶組成物	柴山恭一・小野博	876608	ネットワークプロテクタリレー	川上一郎
873541	着磁方式	大藪勲	876609	ネットワークプロテクタリレー	川上一郎
873542	着磁方式	大藪勲	876610	ネットワークプロテクタリレー	川上一郎
873543	空転検出感度補正法	森原健司	876611	ネットワークプロテクタリレー	川上一郎
873544	電気車制御方式	{石原米彦・北岡隆 芦谷正裕	876612	負荷選択しゃ断装置	塩谷和茂
873545	突入電流防止用断続開閉装置	石井真	876613	負荷選択しゃ断方式	塩谷和茂
873546	燃焼装置	大畑晃一	876614	分波回路	橋本勉・武田文雄
873547	液体燃料燃焼装置	{野間口有・酒井正博 藤原通雄・向井正啓	876615	給電系方式	富松英二・秋月忠幸
873548	ガス放電表示素子	鳥取浩	876616	利得制御回路の手動自動切替方式	手塚雅之
873549	コンパアのテンションウインチの制御装置	神田政典	876617	放電灯用電極	{竹田俊幸・土橋理博 若林正雄・渡部勤二
873550	電子ビーム溶接法	奥村謙・須藤富弘	876618	高速度しゃ断器	石田秀樹
873551	エレベータの機械室床	池田弘	876619	コード変換装置	{遠藤義昭・山本征二 河村英四郎
873552	姿勢制御装置	丸山正彦	876620	映像磁気記録再生装置	大垣克一
873553	接点溶接機用下部電極	吉川光平	876621	心出し装置	津田栄一
873554	半導体素子の製造方法	松島勇・榎本龍弥	876622	薄膜装置の製造方法	{草川英昭・榎本順三 池端重樹
873555	物体検出装置	西田忠臣			
873556	誘導溶解炉の炉体乾燥法	広川利雄・田中伸雄	876623	系統の電圧、電流相差角導出装置	前田耕二・小谷源三郎
873557	電気絶縁塗料の製造法	高橋一郎	876624	ディスプレイ装置	山中彪生
873558	自己融着性絶縁電線	{江藤昌平・不可三晃 西崎俊一郎	876625	搜索受信機	沢田道弘・田原清一
873559	半導体装置におけるコンタクトの製造方法	三木秀二郎・隈部久雄	876626	移動体用伝送路方式	阿部修・浅野哲正
873560	光電変換増幅回路	早水弘一	876627	浮動形磁気ヘッド	東山昇
873561	光電変換素子制御回路	早水弘一・下酉和博	876628	サイクロコンバータ	栗田静夫
874161	タップ切換器の駆動装置	樋口昭・外賀俊彦	876629	磁気ディスク記憶装置	東山昇
874210	熱交換器	森口哲雄	876630	磁気ディスク記憶装置	東山昇
874211	内燃機関用燃料噴射制御装置	佐々木武夫	876631	鋸歯状波発生回路	嶋谷洋
874212	限流装置	{井上武男・白沢宗 伊藤利朗・宮本紀男	876632	並列接続されたサイリスタ装置	中田仗裕
			876633	半導体装置	三井茂

登録番号	名 称	発 明 者	登録番号	名 称	発 明 者
876634	半導体通倍装置	三井 茂	876650	沸騰冷却形半導体装置	{ 木村好男・光岡 宏 細野 勇
876635	エレベータの減速着床装置	小沢 靖彦	876651	熱硬化性エポキシ樹脂組成物	五島 浩一
876636	エレベータ用昇降路	池田 弘	876652	半導体装置の製造方法	{ 梶原康也・永井 精一 萩野浩靖
876637	トランジスタの動作試験法	岩本英雄	876653	光電変換増幅回路	早水 弘
876638	半導体基板の分割装置	神崎 遼・植松 滋行	876693	表示管駆動回路	橋本春夫・茂木 充
876639	半導体基板分割装置	阿部 東彦	876695	搜索受信機	沢田道弘・田原 清一
876640	サイリスタのハイゲート駆動方式	石堂 道治	876708	発電機の励磁装置	前川一夫・下村 勝
876641	半導体装置の製造方法	的場 敏昭	877034	搬送保護継電装置	古谷昭雄・高田 信治
876642	半導体装置の製造方法	{ 植松滋幸・近藤久雄 水島昌俊・奈良愛一郎	877035	保護継電装置	北浦孝一・高田 信治
876643	蓄冷熱材	{ 成田勝彦・小島 秀子 平田 郁之・高田 守 小俣虎之助	877036	電力制御装置	赤松昌彦
876644	溶接装置	魚森昭義・宮本雅行	877037	陰極線管	中西 寿夫
876645	自動板厚制御装置	{ 高柳正弘・外山守城 稲本 惇	877038	金属ハロゲン化物入り水銀ランプ	{ 竹田俊幸・土橋 理博 若林正雄
876646	耐熱マイカ品の製造方法	{ 柴山恭一・北川達夫 五島 浩一	877039	放電加工用グラファイト電極の製 作法	斎藤長男・加藤 強
876647	水分散電着フタの製造法	{ 柴山恭一・小野 博 地大英毅・佐伯英夫	877040	鋸歯状波発生装置	早水弘一・村上 謙二
876648	半導体装置	山下 信三	877041	半導体装置の製造方法	山根 正熙
876649	沸騰冷却式半導体装置	小林 凱・鶴田 正博	877916	地絡方向継電器	{ 鈴木健治・中村勝巳 野沢輝夫

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 54 No. 6 500 kV 変電所特集

特集論文

- 中西地区連系 500 kV 系統の役割
- 500 kV 変電所機器の基本的考え方
- 中部電力(株)北部変電所 500 kV 変電機器
- 中国電力(株)東山口変電所の新設工事
- 九州電力(株)西九州変電所 500 kV 変電機器
- 500 kV 変電所監視制御システム
- 500 kV 用系統保護システム

普通論文

- 電子制御方式ビデオカセットレコーダー
- ドップラレーダ車両感知器用プリント化スロットアレイアンテナの試作
- データベース自動設計・自動生成プロセッサ MADAM
- 工業用計算機のソフトウェア生産性・信頼性向上支援システム
- 音声出力用基板 PCA 8520 の機能と応用
- ゲート付トランジスタ (GAT)
- 高電圧機器絶縁特性自動計測システム
- 磁気ディスク装置用浮動ヘッド

三菱電機技報編集委員

委員長	喜連川 隆	常任委員	的 場 徹
副委員長	浦 徳 太郎	委 員	齋 藤 春 雄
"	横 浜 博	"	徳 山 長
常任委員	佐々木二郎	"	樋 口 昭
"	増淵 悦男	"	神谷友清
"	葛野 信一	"	池上麒一郎
"	三 輪 進	"	福 井 三 郎
"	高 月 一	"	土 井 貞 春
"	河原四良	"	川 井 尚
"	高橋 広光	"	小野勝啓
"	忍 足 博	幹 事	本 間 吉 夫
"	武田克巳	"	足 立 健 郎
"	清 田 浩	5号特集担当	清 田 浩
"	福 家 章		

三菱電機技報 54 巻 5 号

(無断転載を禁ず)

昭和 55 年 5 月 22 日 印刷
昭和 55 年 5 月 25 日 発行

編集兼発行人	本 間 吉 夫
印 刷 所	東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 12 番地 大日本印刷株式会社
発 行 所	東京都千代田区大手町 2 丁目 6 番 2 号 (〒 100) 菱電エンジニアリング株式会社内
発 売 元	「三菱電機技報社」 Tel. (03) 243 局 1785 東京都千代田区神田錦町 3 丁目 1 番地 (〒 101) 株式会社 オーム社書店 Tel. (03) 233 局 0641, 振替口座 東京 20018
定 価	1 部 400 円送料別 (年間予約は送料共 5,200 円)

スポット ライト

自動運転もできる

三菱空調換気扇《ロスナイ》VL-1500A形

三菱電機では、全熱交換器により排気から熱回収する空調換気扇《ロスナイ》を、さらに省エネルギー運転させるために、室内空気の汚染度をキャッチして、自動的に運転・停止する機能を持たせた自動運転《ロスナイ》(VL-1500A形)を開発しました。この《ロスナイ》は、たばこの煙や可燃性ガスが接

触すると敏感に電気抵抗を変化させる特殊半導体よりなるガス感知部の働きにより、常に健康で快適な環境を作り出します。しかも取付場所の汚染などに合せて、手動で感度調節が可能のため、きめの細かい運転ができ、省エネルギー運転にも一層の効果を発揮します。

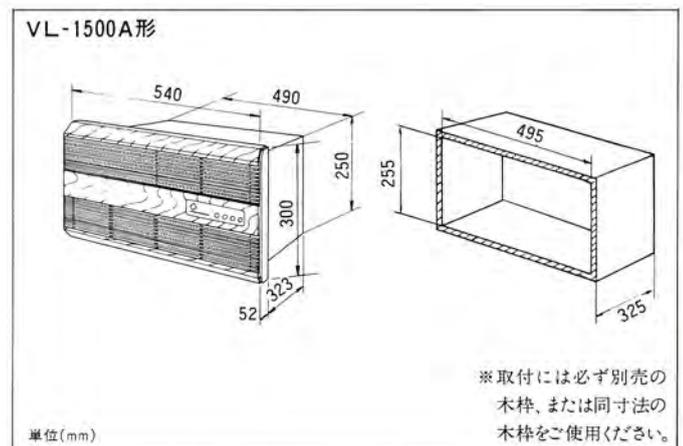


特長

- 室内の汚染をキャッチして自動運転を行い、安全性と快適性を向上します。
- 汚染がなくなると自動停止して、さらに省エネルギー(換気による熱損失の防止、モータ駆動電力の節減など)を推進します。
- 使用される部屋の汚染度や、使用する人の感覚によって、感度調節がダイヤルひとつで容易に可能です。
- 引ヒモ式ロータリースイッチで強・中・弱および切の4段切換ができます。また自動/手動切換スイッチがあり、これを切換えて手動運転させることも可能です。
- 自動運転により就寝時、外出時の消し忘れを防止できます。
- 上記の自動運転による特長の他に、従来タイプ同様ロスナイ自体換気しながら冷暖房維持費が節約できる。強制同時給排気方式により密閉度の高い部屋でも十分な換気効果が得られる。遮音効果がすぐれている。などの特長があります。

応答ガスの種類

都市ガス、天然ガス、不完全燃焼排気、たばこの煙、アルコール、有機溶剤、ガソリンなど



特性

形名	給排	周波数 (Hz)	ノッチ	消費電力 (W)	風量 (m ³ /時)	熱交換効率 (%)	騒音 (ホン)	重量 (kg)
VL-1500A	強制同時給排	50	強	41	110	72	42	10
			中	30	94	73	37	
			弱	19	58	75	27	
		60	強	46	120	70	43	
			中	33	90	73	36	
			弱	20	52	76	26	