

MITSUBISHI DENKI GIHO

三菱電機技報



Vol.52 No.10

照明特集

三菱電機技報

Vol. 52 No. 10 OCTOBER 1978

照明特集

目次

特集論文

新しい三菱高演色性けい光ランプ——「色評価用」, 「ハイデラックス白色」及び「デラックス白色」——	701
省電力けい光ランプ《ネオルミスーパーⅡ》	706
工場環境改善用照明器具《パワー lumi》の開発	711
昼光利用照明システム	716
HID ランプ用新電子放射物質の開発	721
高圧ナトリウムランプ点灯条件の諸特性への影響	725

普通論文

《MELCOM》医療情報システム	733
電子機器実装のための定常熱解析シミュレータ“STAC”	738
サイリスタレオナード方式《サイリストグライド》ギヤレスエレベータ	743
プレス監視装置《プレスダイモニタ》	747
気中形沸騰冷却整流器	752
《MELCOM》80/38 シリーズデータベースマネージメントシステム	757
新給排油構造電動機	762
農業用水集中管理システム	768
特許と新案	731
無整流子電動機装置・車両用電気装置の制御方式・フライングスポット走査素子	730・777・778
当社の登録特許一覧	773
スポットライト	
中央給電指令所給電指令台システム・白熱灯用小形調光器・3 灯用水銀灯安定器・FF 式石油ガス化給湯機・照明施設例 (表紙-3)	

FEATURING ILLUMINATION

CONTENTS

FEATURED PAPERS

New Fluorescent Lamps with Accurate Color Rendition	Katsuo Murakami et al. 701
New Fluorescent Lamps That Save Energy	Sadaharu Doi et al. 706
Development of Power-Lumi Industrial Lighting Fixtures	Shigeyuki Ishii & Teruaki Takeda 711
A Power-Saving Lighting System That Makes Effective Use of Daylight	Osamu Myodo et al. 716
A Newly Developed Electron Emitter for High-Intensity Discharge Lamps	Keiji Watanabe et al. 721
The Effects of Ignition Conditions on the Characteristics of High-Pressure Sodium Lamps	Norihiko Tanaka et al. 725

GENERAL PAPERS

The MELCOM Medical Information System	Norito Iriguchi et al. 733
A Static Thermal-Analysis Simulator for Computer Packaging	Yasuo Kimura et al. 738
Thyrist-Glide Gearless Elevators with Thyristor-Converter Control	Eiki Watanabe & Toshiaki Ishii 743
A Press-Die Monitoring Apparatus	Hisaichi Maruyama et al. 747
Rectifiers for the Nonimmersion-Type Boiling-Condensation Cooling System	Toshio Suzuki et al. 752
A Data-Base Management System for Models 31 and 38 of the MELCOM 80 Series	Tetsuo Mizoguchi et al. 757
Motors with a New Lubricating Mechanism	Masaru Tanaka et al. 762
A Centralized Water-Management-Control Systems for Irrigation	Shigeru Kobayashi et al. 768

表紙

三菱重工業(株)神戸造船所二見工場の照明

高圧ナトリウムランプは従来の水銀ランプの約2倍の効率を有し、2200Kの色温度と、12000時間の長寿命など一般照明用光源として省エネルギー時代にマッチする光源であり、工場・道路・グラウンド・体育館など多方面に使用されている。

写真は間口45m、奥行192mの大形鋳物工場で、反射かき形器具に高圧ナトリウムランプ(700W)を床12.5m及び14mの高さに計91灯が取り付けられている。この照明を水銀ランプで同じ照度にするれば、消費電力は約2倍必要になり、すなわち高圧ナトリウムランプの使用により、電力費は約半分ですみ経費節減になっている。なお同工場には他に同規模の工場が2棟あり、いずれも高圧ナトリウムランプを使用しており、暖味のある光色が気持ちのよい作業環境をつくり出し好評を得ている。設計照度は200lxである。

COVER

Illumination at the Futami Factory of Mitsubishi Heavy Industries' Kobe Shipyard

Mitsubishi Electric's high-pressure sodium lamps have an efficiency approximately double that of conventional mercury vapor lamps and a long service life of 12,000 hours. Emitting light with a color temperature of 2200K, these lamps are ideal for general illumination and meet the present critical need to save energy, and as a result are extensively used in factories, gymnasiums, and sport grounds, and for street and highway illumination.

The Futami Factory, producing large metal castings, measures 45m in frontage by 129m in depth. A total of ninety-one 700W high-pressure sodium lamps are installed in reflective shades at heights of 12.5m and 14m to provide an intensity of 200lx. This arrangement consumes only half the power required for mercury-vapor illumination of the same intensity. Sodium lamps also have a warmer color tone, contributing to a comfortable working environment, and winning a favorable evaluation.

新しい三菱高演色性けい光ランプ

—「色評価用」、「ハイデラックス白色」及び「デラックス白色」—
村上勝男・安西良矩・伊藤 弘・土井貞春・栗津健三
三菱電機技報 Vol.52・No.10・P701～705

実用性のきわめて高い新しい光体 $[2(\text{Sr}_1\text{Eu})\text{O} \cdot 0.84\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 0.16\text{B}_2\text{O}_3]$ を開発し、けい光ランプへ適用した。この新しい光体は紫外線だけでなく可視青色光を吸収して青緑色に発光し、高演色性けい光ランプの青緑成分として適している。この新しい光体の使用によって青色光を吸収するフィルタ層を用いることなく $R_a=99$ の高演色性けい光ランプが実現できた。本文では、この新しい光体の発光特性と、それを適用した新しい高演色性けい光ランプについて述べる。

高圧ナトリウムランプ点灯条件の諸特性への影響

田中紀彦・山ノ下真理・鈴木 量・大谷勝也・山本広二
三菱電機技報 Vol.52・No.10・P725～729

高圧ナトリウムランプは、高圧水銀ランプの約2倍の高い効率を持ち、省電力光源として急速な伸びが期待されている。本文では、このランプを使用するに際して、各種の点灯条件のランプ諸特性に与える影響—特に、ランプ立消えに及ぼす電源電圧と照明器具の影響、並びに始動に及ぼす安定器2次側配線の影響—について高圧水銀ランプと比較検討し、使用上留意すべき事項を記述する。

省電力けい光ランプ《ネオルミスーパーII》

土井貞春・伊藤 弘・安西良矩・野田昭吉・坂山幸平
三菱電機技報 Vol.52・No.10・P706～710

省資源・省エネルギーの社会要請の大きくなる中で、照明における省エネルギー化の一方策として、省電力形けい光ランプ《ネオルミスーパーII》の開発を行った。今回開発した省電力形けい光ランプは、従来品と寸法を同じくし、内部封入ガスに、クリプトン—アルゴン—ネオンの混合ガスを採用し、40Wタイプで5%、110Wタイプで9%の電力節減を図ったものである。

《MELCOM》医療情報システム

入口憲人・中山静男・大森昭彦
三菱電機技報 Vol.52・No.10・P733～737

近年、医療を含む社会福祉の向上と情報化社会の形成が我が国においても進められており、医療需給のアンバランスの解消、医療情報の有効利用等が重要な課題となっている。このため医療分野でのコンピュータ利用が注目されることとなり、当社も《MELCOM》医療情報システムを確立し、臨床検査システムを中心に広く医療界に貢献してきている。本文ではこのシステムの基本理念及び最近開発したシステムを紹介し、あわせて技術、市場動向を概説する。

工場環境改善用照明器具《パワールミ》の開発

石井重行・武田輝明
三菱電機技報 Vol.52・No.10・P711～715

工場は作業性、安全性等への影響を考えると照明の量・質両面にわたってもっとも重視されてよい場所であるが、我が国では規則で定められた明るさを守ることさえ危ない現状である。しかし、すべての環境向上が叫ばれている今日、工場照明も是正される必要があり、メーカーとしてもそれに呼応し得る照明器具を提供すべきとの確信のもとに、このたび、工場環境改善を助ける照明器具を開発、納入実績をもったので報告する。

電子機器実装のための定常熱解析シミュレータ“STAC”

木村育雄・吉岡 猛・大串哲朗・福島 満
三菱電機技報 Vol.52・No.10・P738～742

電子計算機を始めとする最近の電子機器は、高性能・高信頼度・高密度実装の要求が強い。これらの要求を満たす場合、究極的には冷却の問題を解決しなければならない。このシミュレータ“STAC”は、機器の設計に先立って電子部品の温度をシミュレートし、冷却条件を確認する目的で開発され、入力には機器構造、部品配置、部品消費電力等であり、熱的知識や経験がなくても使用できるように配慮されている。本文に熱設計の背景、“STAC”の原理、効用等を記す。

昼光利用照明システム

明道 成・森本俊一・狩野雅夫
三菱電機技報 Vol.52・No.10・P716～720

室内に入射する昼光を利用し、照明用電力を低減するシステムを開発した。このシステムは、天空及び地表から室内に入射する昼光を受光装置で測定した光量と、あらかじめ設計計算において計算されている結果から室内照度を決定し、昼光で不足する照度を補うよう自動的に照明器具を点滅制御するもので、昼光を利用しない照明方法に対し、約40%の節電が可能となる。

サイリスタレオナード方式《サイリストグライド》ギヤレスエレベータ

渡辺英紀・石井敏昭
三菱電機技報 Vol.52・No.10・P743～746

当社で新しく開発したサイリスタレオナード方式ギヤレスエレベータについて紹介。サイリスタレオナード方式は無循環電流方式で、エレベータ用として乗心地改善のため新しい位相制御回路を採用し、またエレベータ機械室に収納するためコンパクトな設計となっている。MG方式をサイリスタレオナード方式にすることによってエレベータの消費電力は25%以上も減らすことができた。本稿では更にサイリスタレオナード化によるかすかすのメリットをも紹介する。

HIDランプ用新電子放射物質の開発

渡部勁二・齊藤正人・福山敬二・土橋理博
三菱電機技報 Vol.52・No.10・P721～724

水銀ランプや高圧ナトリウムランプなどのHIDランプの電極用に、酸化トリウムを使用しない電子放射物質を研究し、バリウムのタングステン酸塩に酸化イットリウムと酸化ベリリウムを混合した新物質を開発した。この物質は耐熱性と電極コイルへの接着性に優れているので、これを用いた水銀ランプにおいては、初期始動電圧が低く、寿命中の始動電圧上昇が少ない。またランプの光束維持率も向上した。

プレス監視装置《プレス ダイ モニタ》

丸山寿一・松本康司・青木正夫
三菱電機技報 Vol.52・No.10・P747～751

高速加工性を有するプレス加工では、異常が発生すると大量の不良製品が発生し、これを初期の段階で検出するモニタ装置が必要になる。この装置は、プレスの振動量を積分して正常時の値と比較するとともに、データが収集できるモニタ装置である。本文では、その原理、装置の概要について述べ、また、フィールドでのデータとモニタ結果について報告する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 10, pp. 725~29 (1978)

The Effects of Ignition Conditions on the Characteristics of High-Pressure Sodium Lamps

by Norihiko Tanaka, Makoto Yamanoshita, Ryo Suzuki, Katsuya Otani & Koji Yamamoto

With an efficiency approximately double that of the high-pressure mercury vapor lamp, high-pressure sodium lamps are expected to achieve rapid growth as light sources that save on power. The article discusses the effects of ignition conditions on the characteristics of high-pressure sodium lamps based on a comparison with high-pressure mercury lamps, and specifically reviews the effects of the power-source voltage and lighting apparatus on lamp dropout, and effects of the secondary ballast winding on lamp start-up. Precautions to be taken in the use of high-pressure sodium lamps are also discussed within the same frame of reference.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 10, pp. 701~05 (1978)

New Fluorescent Lamps with Accurate Color Rendition

by Katsuo Murakami, Yoshinori Anzai, Hiroshi Ito, Sadaharu Doi & Kenzo Awazu

Mitsubishi Electric has developed a new, highly practical phosphor and has applied it to fluorescent lamps. The substance, with a chemical formula of $[2(\text{Sr}_1\text{Eu})\text{O} \cdot 0.84\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 0.16\text{B}_2\text{O}_3]$, absorbs both ultraviolet and visible blue light, and emits blue-green light, making it ideal as the blue-green component in fluorescent lamps of accurate color rendition. The use of this phosphor makes it possible to produce fluorescent lamps having an Ra value of 99 even without the use of filters to absorb blue light. The article discusses the luminous properties of the new phosphor, and the new fluorescent lamps with accurate color rendition developed using it.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 10, pp. 733~37 (1978)

The MELCOM Medical Information System

by Norito Iriguchi, Shizuo Nakayama & Akihiko Omori

Recent advances in social amenities, including the level of medical care and the effects of the information explosion have confronted Japan with the problems of an imbalance in the supply of and demand for medical services and poor utilization of medical data. Computers have attracted attention as a possible remedy for these problems, and Mitsubishi Electric has established the MELCOM computerized medical-information system, which makes a significant contribution to the field. The article discusses the philosophy underlying this system, which is mainly used to automate clinical laboratories, and introduces other recently developed systems. Technology and trends in the market are also discussed.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 10, pp. 706~10 (1978)

New Fluorescent Lamps That Save Energy

by Sadaharu Doi, Hiroshi Ito, Yoshinori Anzai, Teruyoshi Noda & Kohei Sakayama

In response to the continually increasing needs of society for economical use of energy and natural resources, Mitsubishi Electric has developed the Neolumi Super II fluorescent lamp. Identical in size to conventional Mitsubishi fluorescent lamps, the Neolumi Super II lamps are filled with a mixture of krypton, argon and neon, and achieve a power saving of 5% for the 40W and 9% for the 110W types.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 10, pp. 738~42 (1978)

A Static Thermal-Analysis Simulator for Computer Packaging

by Yasuo Kimura, Takeshi Yoshioka, Tetsuro Ogushi & Mitsuru Fukushima

Currently, there are urgent requirements for higher efficiency, higher reliability and higher packaging densities for such electronic equipment as computers. In order to meet these requirements, satisfactory cooling becomes a primary goal. STAC, Mitsubishi Electric's static thermal-analysis simulator for computer packaging, was developed to simulate electronic-component temperatures prior to the design of the apparatus to be produced, and to confirm the cooling conditions required. Input factors are equipment structure, parts layout and component power dissipation. Care has been taken to enable beginners without detailed knowledge of heat engineering to operate the simulator. The article discusses the background of the thermal design and the principles and advantages of STAC.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 10, pp. 711~15 (1978)

Development of Power-Lumi Industrial Lighting Fixtures

by Shigeyuki Ishii & Teruaki Takeda

Factories are places where the greatest care should be given to the intensity and quality of illumination to ensure satisfactory conditions of work and high safety standards. In Japan, however, even the minimum levels specified by official regulations are often not attained. The article describes lighting fixtures developed and supplied by Mitsubishi Electric in our effort to improve factory illumination and working environments.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 10, pp. 743~46 (1978)

Thyrist-Glide Gearless Elevators with Thristor-Converter Control

by Eiki Watanabe & Toshiaki Ishii

The gearless elevators recently developed by Mitsubishi Electric feature, among other components, dual converters without idling current and a new phase-controller circuit to improve riding comfort. The system is of compact design, ensuring a smaller machine room. The use of the thyristor-converter system in place of the conventional Ward-Leonard drive system has resulted in power savings of 25% or more. The article introduces the advantages of the new system.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 10, pp. 716~20 (1978)

A Power-Saving Lighting System That Makes Effective Use of Daylight

by Osamu Myodo, Shun'ichi Morimoto & Masao Karino

Mitsubishi Electric has developed a lighting system that reduces the power requirements for illumination by utilizing all the daylight that enters a room. Photodetectors are used to measure the intensity of the room illumination produced by daylight entering from the sky and by reflection from the ground, and this value is then compared with reference values calculated at the design stage. Lighting fixtures in the room are then turned on or off automatically to make up for any inadequacies. This lighting system saves approximately 40% of the power required by systems that do not utilize available daylight.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 10, pp. 747~51 (1978)

A Press-Die Monitoring Apparatus

by Hisaichi Maruyama, Yasuji Matsumoto & Masao Aoki

In press works with high-speed processing capabilities, the occurrence of abnormal conditions causes a large number of substandard products, and the use of monitors to detect such conditions at an early stage is required. Mitsubishi Electric's press-die monitoring apparatus integrates press-vibration readings, compares them with normal values, and thus provides for the collection of data on substandard production. The article discusses the principles, outlines the apparatus, and reports on some actual field-use data for these monitors.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 10, pp. 721~24 (1978)

A Newly Developed Electron Emitter for High-Intensity Discharge Lamps

by Keiji Watanabe, Masato Saito, Keiji Fukuyama & Michihiro Tsuchihashi

Extensive research into the electron emitters for use in the electrodes of high-pressure mercury vapor lamps, high-pressure sodium lamps and other high-intensity discharge lamps, which do not use thorium oxide, has led us to develop a new mixture of barium tungstate, yttrium oxide and beryllium oxide. The excellent thermal stability and satisfactory electrode-coil adhesive capabilities add to the usefulness of the new mixture. Mercury lamps using it have starting voltages that are low initially and undergo minimal rises throughout their service life. The use of this mixture also ensures better maintenance of illumination levels.

アブストラクト

気中形沸騰冷却整流器

鈴木敏夫・米畑 譲・笠原 清

三菱電機技報 Vol.52・No.10・P752～756

気中形沸騰冷却整流器は、素子をはじめとする電気部品をすべて冷媒系の外に取付けて点検・交換を容易にした新しい沸騰冷却構造を採用した整流器である。この装置は、気中形沸騰冷却における問題点を効率的に解決し、かつ沸騰冷却のもつ特長を十分に生かした構造方式で、部品の点検・交換を優先させる用途に適している。本文では、この気中形沸騰冷却装置の概要を述べるとともに、実績中から2～3の製品例を紹介する。

新給排油構造電動機

田仲 勝・吉田正治・中野 修・前原利昭・川崎勝行

三菱電機技報 Vol.52・No.10・P762～767

誘導電動機に限らず、回転機における軸受の果たす機能は、最も重要な要素の1つである。今回、従来行われてきた潤滑構造の基本的な再検討をおこない、モデル試験機によるテスト、トレーサグリースを用いたグリースの挙動解析などによって、カートリッジタイプの新形給排油機構を持った電動機を完成させたので紹介する。

《MELCOM》80/38シリーズ データベース マネージメント システム

溝口徹夫・魚田勝臣・小碓暉雄・山崎洋美

三菱電機技報 Vol.52・No.10・P757～761

《MELCOM》80シリーズ／モデル31及び38のデータベース マネージメント システムDMS-3は、国産小形コンピュータで初めて実現された汎用データベース システムでありCODASYL DBTG提案を基本にして作られている。また、小形機とはいえオンライン データベースを可能としており、レコード保護機能なども備えている。本稿では、このDMS-3の紹介としてデータベースの構造及びDMS-3の構成、機能等について述べる。

農業用水集中管理システム

小林 茂・羽子岡蕃・竹野宏平・牧本健二

三菱電機技報 Vol.52・No.10・P768～772

農業用水の安定供給を目指し、大規模な用水施設建設事業が数多く計画施工されているが、最近の水需要増大に伴い、水の合理的配分・有効利用への要求が強くなり、農業用水の集中管理システムが導入されつつある。本稿では、農業用水集中管理システムの概要を東海農政局羽布ダム及び、九州農政局駅館川地区での実施例を基に紹介する。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 10, pp. 762~67 (1978)

Motors with a New Lubricating Mechanism

by Masaru Tanaka, Masaharu Yoshida, Osamu Nakano, Toshiaki Maehara
& Katsuyuki Kawasaki

Recently, the fundamental concepts of conventional lubricating housings for rotary equipment have been reviewed, and motors with a new, cartridge-type lubricating mechanism were developed through simulations based on models and grease-behavior analysis using tracer grease.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 10, 752~56 (1978)

Rectifiers for the Nonimmersion-Type Boiling-Condensation Cooling System

by Toshio Suzuki, Yuzuru Yonehata & Kiyoshi Kasahara

With all its semiconductor elements and electrical parts installed outside the cooling system, the rectifiers for Mitsubishi Electric's nonimmersion-type boiling-condensation cooling system provide ease of inspection and replacement. These rectifiers are designed to effectively overcome the difficulties inherent in nonimmersion systems while exploiting the advantages of the boiling-condensation cooling concept. They are best suited to applications in which ease of parts inspection and replacement is of the greatest importance. The article outlines these rectifiers and introduces a few types from among those already marketed.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 10, pp. 768~72 (1978)

A Centralized Water-Management-Control System for Irrigation

by Shigeru Kobayashi, Shigeru Haneoka, Kohei Takeno & Kenji Makimoto

With the aim of providing a stable supply of irrigation water, many large-scale enterprises are being formed for the construction of irrigation facilities. Recent increases in demand for water have intensified the requirement for rational distribution and effective utilization of water, leading to the introduction of centralized irrigation-water control systems. The article outlines these control systems, with reference to the Tokai Region's Hafu Dam, and to the irrigation of Kyushu's Ekidategawa district.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 52, No. 10, pp. 757~61 (1978)

A Data-Base Management System for Models 31 and 38 of the MELCOM 80 Series

by Tetsuo Mizoguchi, Katsuomi Uota, Teruo Koikari & Hiromi Yamazaki

The DMS-3 data-base management system for Models 31 and 38 of the MELCOM 80 series is the first general-purpose data-base system developed for Japanese small computers in accord with the CODASYL DBTG proposals. In spite of its small size, the DMS-3 makes handling online data bases possible and has a memory-protecting function. This article introduces the DMS-3, concentrating on discussions of the data-base structure, and the configuration and functions of the management system.

新しい三菱高演色性けい光ランプ

—「色評価用」、「ハイデラックス白色」及び「デラックス白色」—

村上勝男*・安西良矩*・伊藤 弘*・土井貞春**・栗津健三***

1. ま え が き

けい光ランプは、白色や昼光色等の一般形を主体として普及してきた。しかし、これら一般形のけい光ランプは赤色波長域のエネルギーが少なすぎることが主な原因で、その演色性が不十分であり、照明下にいる人の膚色が悪く見えたり物の色が自然光の下と比べて著しく違って見える欠点がある。

けい光ランプの用途には、高い演色性をそれほど要求しなくてもすむ工場や事務所等の外に、物の色の見え方の良さを重視するデパート、呉服店、食料品店、美術館、印刷工場、一般家庭等があり、当然のことながら各方面でけい光ランプの演色性改善方法が盛んに検討されてきた。

けい光ランプの演色性は、新しいけい光体の開発やけい光体の応用技術の開発等によって改善されてきたが、当社はけい光ランプが実用化された当初からその演色性を改善すべく努力してきた。その成果のひとつが、昭和24年の深赤色に発光するマンガン付活ひ酸マグネシウムけい光体の発明である⁽¹⁾。これによって、それまでのけい光ランプに不足していた赤色波長域のエネルギーを適正量加えたけい光ランプを得ることが初めて可能になり、昭和25年にこのけい光体を使用した高演色性けい光ランプ「デラックス」(DL)⁽²⁾⁽³⁾を昼光色、白色、温白色の各光色について製品化した。このランプは白色光のもので平均演色評価数 Ra が82程度の演色性を有し、当時としては極めて優れたものであった。その後、この種の演色性改善形けい光ランプの普及とともに、なお一層の演色性改善が望まれるようになり、当社ではこれに答えるため昭和42年更に演色性の改善された「ハイデラックス」(SDL)⁽⁴⁾を白色、昼光色の光色について製品化した。更にその後性能改善の努力を重ね、昭和51年には上記「デラックス」の演色性を維持して効率を20%近く高めた新しいタイプの「デラックス白色」(DL-H)⁽⁵⁾を製品化した。

一方、昭和40年、日本印刷学会においてカラー印刷物等の色評価用光源として最適の色温度、演色性を決定するための委員会が設けられ、「製版ならびに印刷における標準照明」として同学会から推薦基準が発表された⁽⁶⁾。その要旨は

- (1) 色温度は $5,000 \pm 200$ K であること。
- (2) 平均演色評価数 Ra は95以上であること。
- (3) 輝線スペクトルのエネルギーは全放射エネルギーの15%以下であること。

である。この基準を満足するけい光ランプは当時実現されておらず更に演色性を改善することが必要とされたが、当社では昭和43年2層塗布技術を採用して上記基準を満足し演色性を最高度に高めた「印刷用」(EDL-F)を製品化した⁽⁴⁾。この「印刷用」けい光ランプは、演色性を阻害する青色光を吸収抑制するフィルタ層をガラス管とけい光体層の間に設けたもので、この工夫により平均演色評価数 $Ra=97$ が達成されていた。このような2層塗布技術は、極めて高い演色性を得る場合に有効な手段として現在でも平均演色評価数 Ra が95

以上のいわゆる EDL 形けい光ランプにおいて一般的に採用されている。しかし、このような2層塗布技術によって演色性を改善したけい光ランプは、後述のようにその性能において、また製造面においても解決すべき問題を有している。

ここでは、新しい青緑色けい光体を開発し、その発光特性、吸収特性を利用することにより、上記2層塗布技術を採用せずに一般のけい光ランプと同様1層塗布により平均演色評価数 $Ra=99$ の「色評価用」けい光ランプを開発し⁽⁷⁾製品化することに成功したので、これについて述べる。また、この新しい青緑色けい光体を従来の「ハイデラックス白色」及び「デラックス白色」にも適用し、その性能を改善することができたので、これについても報告する。

2. けい光ランプの演色性改善方法

けい光ランプは、その内面に塗布されているけい光体の種類とその混合比率を変えることによって、原理的には無限数の分光分布を得ることができる。演色性は分光分布の形状によって決定される。そのため、従来からけい光体の混合比率を検討して最適な分光分布を得ることで演色性を高める方法が一般に行われている。この場合、一般的にはけい光ランプの分光分布が基準光源のそれにできるだけ近似させて高い演色性を得ようと努力されており、上記従来の「ハイデラックス」けい光ランプはこの方法によって演色性を改善したものである。しかし、実際上は使用できるけい光体の種類がけい光体の発光効率や光束維持特性等の面から制限を受け、更にけい光ランプから発せられる光は、けい光体層から放射される連続スペクトル部分の外に水銀蒸気放電による輝線スペクトル部分も含むので、実現できる分光分布の形状も制限されている。このため、従来技術においてはけい光体の種類と混合比率のみを検討したけい光ランプでは実現できる演色性の程度にも限りがあり、例えば色温度 5,000 K 付近の白色光では平均演色評価数 $Ra=93$ 程度が上限とされていた。

これに対し、405 nm や 436 nm の青色水銀輝線の存在が演色性向上の妨げになっており、この青色水銀輝線を抑制すると演色性が更に改善できることが知られている⁽⁸⁾。そこで、この青色水銀輝線を抑制するため、マンガン付活ひ酸マグネシウムけい光体やマンガン付活フルオロゲルマニウム酸マグネシウムけい光体、あるいは黄色顔料のような青色波長域に吸収のある物質を用いてフィルタ層を設ける2層塗布技術が開発されており、上記「印刷用」けい光ランプはこの技術の応用例である。ところが、このような2層塗布技術には、

- (1) フィルタ層がけい光体層からの光を吸収し、エネルギーの損失が生じるので効率が低い。
- (2) 塗布工程が2度必要なので工費がかさむ。
- (3) フィルタ層の層の厚さが増えるとランプの光色や分光分布が変化するので、製造上一定の品質を保つのがむずかしい。

等の欠点がある。2層塗布技術によるけい光ランプの構造を図1に、またフィルタ層に用いられるけい光体や顔料の反射スペクトルを図2に示す。

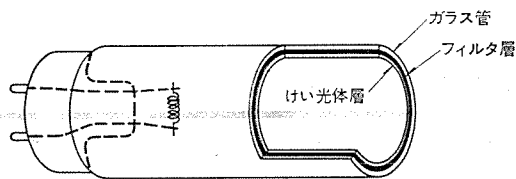


図 1. 従来の「印刷用」けい光ランプの構造

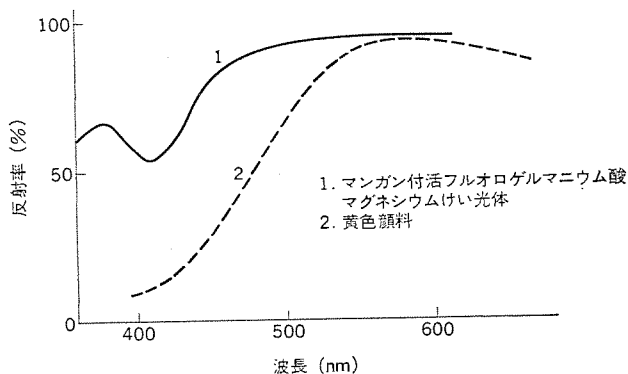


図 2. フィルタ層に用いられる物質の反射スペクトル

今回、筆者らは上記 2 層塗布技術の問題点を考慮して、フィルタ層を除去した 1 層塗布のけい光ランプで高い演色性を得ることを検討してきたが、フィルタ層の持つ次の作用、

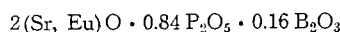
- (1) 青色水銀輝線を抑制する。
- (2) けい光体層から発せられる光のうち青色波長域の光を吸収抑制する。

を別の手段で得ることに成功した。すなわち、上記 2 つの作用を併せ持つ下述の新しいけい光体を見出し、それを他のけい光体と混合し 1 層塗布することで、青色波長域のエネルギーを高演色性を実現する上で十分な量にまで抑制することが可能になった。

3. 新しい青緑色けい光体とその諸特性

上記「印刷用」、「ハイドラックス」等の高演色性けい光ランプに用いられ、青緑色波長域で発光するけい光体としては、現在までアンチモン付活ハロりん酸カルシウムけい光体が最も多く使用されてきたが、今回、より実用性の高い新しい青緑色けい光体を開発することができた。

新しく開発されたけい光体は、2 価のユーロピウムを付活剤とし、特定の化学組成を有するほうりん酸ストロンチウムを母体としたもので、このけい光体特有の青緑色発光は、図 3. に示す $\text{SrO}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{B}_2\text{O}_3$ 系において、その母体を斜線で示す化学組成とした場合に認められる。その中で特に強い発光を示すけい光体は、化学組成式が次式、



で表されるものである。

この新しい 2 価ユーロピウム付活ほうりん酸ストロンチウムけい光体は、紫外線励起によって Eu^{2+} に基づく約 480 nm を発光ピークとした青緑色光を発する。図 4. にこのけい光体の 254 nm 紫外線励起による発光スペクトルを、アンチモン付活ハロりん酸カルシウムけい光体と比較して示す。また図 5. に、励起スペクトル及び反射スペクトルを示す。これらの図から以下のことが分かる。すなわち、2 価ユーロピウム付活ほうりん酸ストロンチウムけい光体は、

- (1) アンチモン付活ハロりん酸カルシウムけい光体と比べ、400～440

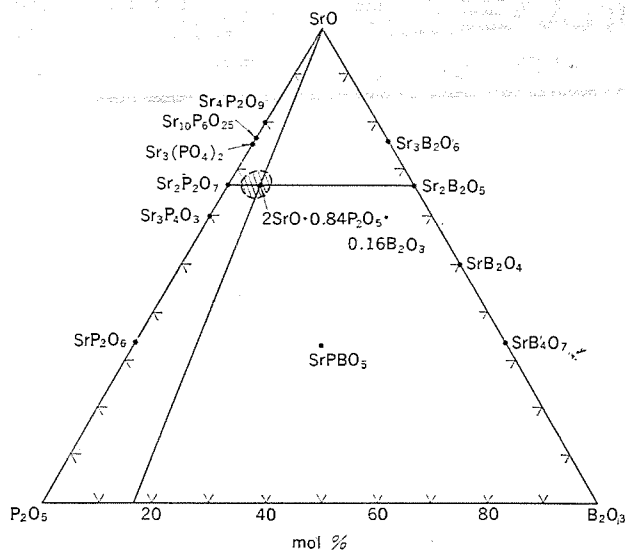


図 3. $\text{SrO}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{B}_2\text{O}_3$ 系化合物と新けい光体の化学組成

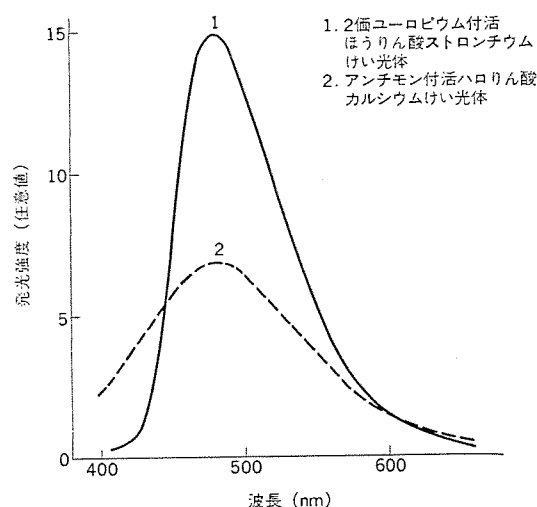


図 4. 新青緑色けい光体の発光スペクトル

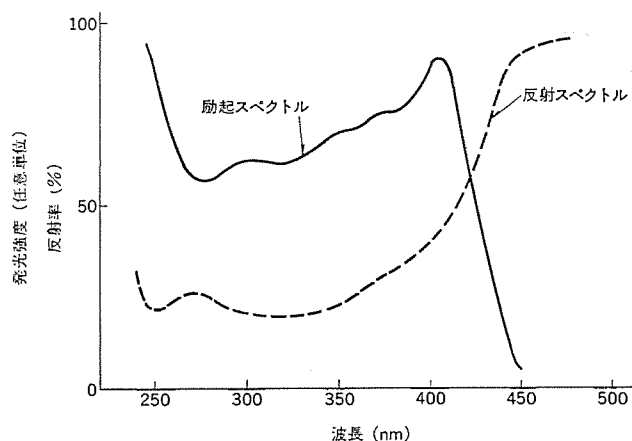


図 5. 新青緑色けい光体の励起、反射スペクトル

nm 付近の青色波長域のエネルギーが少ない発光スペクトルを有する。

- (2) 紫外線だけでなく、青色水銀輝線の存在する波長域 (400～440 nm) の光を吸収し、そのエネルギーを青緑色光に変換する。という特性を有している。この特性の利用によって、フィルタ層なしでもけい光ランプの青色波長域のエネルギーをより少なくすることが可能であり、上記 2 層塗布技術におけるフィルタ層と同じ作用が得られるこ

とが判明した。

けい光ランプに適用するけい光体は、ランプに使用した場合、発光効率が高く、かつ光束維持特性が良好であることが必要とされるが、この新しいけい光体は、単独でけい光ランプに使用した場合、アンチモン付活ハロリン酸カルシウムけい光体よりも約30%程度高い発光効率を示し、また1,000時間後の光束維持率も95~96%と良好であり高い実用性を有していることが分かった。

4. 色評価用けい光ランプ

カラー印刷物等の厳密な色評価が行われる印刷工場などで用いる色評価用光源は、日本印刷学会で発行している前述の「製版ならびに印刷における標準照明」としての推薦基準を満足するものであることが望ましい。従来の「印刷用」けい光ランプは、もちろんこの基準を満足し同学会から推奨を受けたものであったが、その内容には前述の2層塗布技術に起因する問題点を有していた。

ここで述べる「色評価用」けい光ランプは、日本印刷学会の推薦基準を極めて高水準で満足し、かつ2層塗布技術に起因する問題点を解決すべく設計されたものであり、同学会にランプを提供し厳正な審査を受けた結果、反射原稿並びに印刷物の色評価標準照明用実用光源として同学会より推奨ランプに指定された。

4.1 ランプの設計

前述のように新しい青緑色けい光体 $[2(\text{Sr}, \text{Eu})\text{O} \cdot 0.84 \text{P}_2\text{O}_5 \cdot 0.16 \text{B}_2\text{O}_3]$ は、演色性に有害な青色水銀輝線を吸収し、けい光体自身から発せられる青色波長域のエネルギーも少ないので、これとオレンジ色けい光体 $[(\text{Sr}, \text{Mg})_3(\text{PO}_4)_2 : \text{Sn}]$ を主なけい光体成分とし、更に少量のハロリン酸カルシウムけい光体と緑色けい光体 $[\text{Zn}_2\text{SiO}_4 : \text{Mn}]$ を混合して青色波長域のエネルギー量を抑制し最適化した分光分布(図6.)を有するけい光ランプを設計した。

ランプの色温度は日本印刷学会推薦基準 $5,000 \pm 200 \text{ K}$ を満足するように設計した。一般に、色温度 $5,000 \text{ K}$ 付近の白色体を得る場合、青緑色ないしは青色のけい光体は比較的多くの混合比率で用いられるが、「色評価用」けい光ランプには上記新しい青緑色けい光体が全けい光体量の約半分を占める程大きな比率で用いられているため、従来のように2層塗布をしてフィルタ層を設けなくても青色波長域

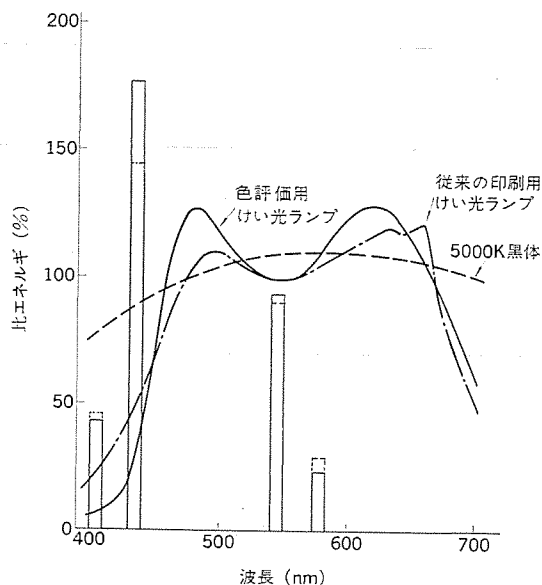


図 6. 色評価用けい光ランプの分光分布

のエネルギーを最適まで抑制でき、高演色性を得ることが可能になった。

また、高演色性のけい光ランプは、印刷の分野だけでなく美術館、染色工場、呉服店、洋服店などで用いられることが多い。このような分野では、被照明物が光の照射によって退色(変色)しては困る場合が多くあり、物の色を退色させやすい紫外線を放射しないように設計されたいわゆる退色防止形のランプが望まれる。従来最も演色性の高いけい光ランプ(EDL形)は、上述の2層塗布技術によって製造されており、フィルタ層の効果で物の色を変色させやすい紫外線の出力が一般のけい光ランプに比べて約半分程度に抑えられているが完全ではなかった。しかし、紫外線が放射されないようにするためにはもう1つの層(紫外線吸収層)を設けて製造が困難な3層塗布とする必要があったため、平均演色評価数が95以上で、しかも、退色防止形のけい光ランプはこれまで実現されていなかった。当社では新しい青緑色けい光体の採用によって1層塗布でも高演色性が実現できることに着目して、今回、ガラス管とけい光体層の間に紫外線吸収物質(酸化チタン)の層を設けて紫外線が放射されないように設計された退色防止形の「色評価用」けい光ランプも開発製品化した。従来、このような構造の退色防止形けい光ランプは、紫外線吸収層における可視光の吸収などにより明るさが減少(約5%)するのが避けられなかったが、今回、新しい青緑色けい光体の紫外線吸収効果も考慮して紫外線吸収層とけい光体層の膜厚に検討を加え、これらを従来より薄くすることによって明るきの減少を防止することができた。

4.2 ランプの諸特性

図7.にランプの色度を示す。「色評価用」けい光ランプの色温度は $5,000 \text{ K}$ であり、その色度は黒体軌跡に近接している。日本印刷学会発行の「製版ならびに印刷における標準照明」では、色度の緑側、マゼンタ側への偏りは図中のABCD内にあることが望ましいとされるが、このランプの色度はこの色度範囲ABCDのほぼ中心に位置している。この色度設定によってランプの光色は自然な感じを与える白色を呈しており光源の存在感がほとんど感じられなくなっている。

表1.に「色評価用」けい光ランプの演色性と定格を示す。このランプの平均演色評価数 R_a は99と、従来最高の演色性を有した「印

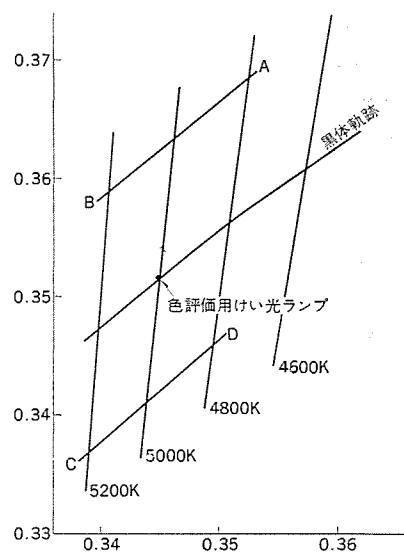


図 7. 色評価用けい光ランプの色度

表 1. 色評価用けい光ランプの特性

(1) 演色性

色 度		色温度 (K)	平均演色 評 価 数 (Ra)	特 殊 演 色 評 価 数						
x	y			R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅
0.345	0.352	5,000	99	99	99	97	97	99	98	98

(2) 定 格

種 類	形 名	大 き さ (W)	ラ ン プ 長 さ (mm)	ラ ン プ 径 (mm)	ラ ン プ 電 流 (mA)	全 光 束 100 時 間 後 (lm)
一 般 形	FL20SW-50-EDL	20	580	32	0.36	920
	FL40SW-50-EDL	40	1,198	32	0.42	2,370
	FLR40SW-50-EDL/M	40	1,198	32	0.42	2,320
退 色 防 止 形	FL20SW-50-EDL・NU	20	580	32	0.36	920
	FL40SW-50-EDL・NU	40	1,198	32	0.42	2,370
	FLR40SW-50-EDL/M・NU	40	1,198	32	0.42	2,320

4. 3 ランプの用途

以上説明した「色評価用」けい光ランプの優れた演色性を生かす用途としては次のものがある。

- (1) カラー製版、印刷、写真、塗料、染色などの色検査用照明及び全般照明。
- (2) 美術館、博物館、画廊、アトリエ等の全般照明及び局部照明。
- (3) 呉服店、洋服店、装飾店、宝石店、化粧品店などの演色性を重視する商店照明。
- (4) 病院、レストラン、美容理髪店などの全般照明。

5. ハイデラックス白色けい光ランプ

高演色性けい光ランプとしてどの程度の演色性が要求されるかは、その用途によって変わる問題である。上記「色評価用」けい光ランプが厳密な色評価用としても用いられるように演色性を最高度まで高めたものであるのに対し、このけい光ランプは特に普及性を考慮

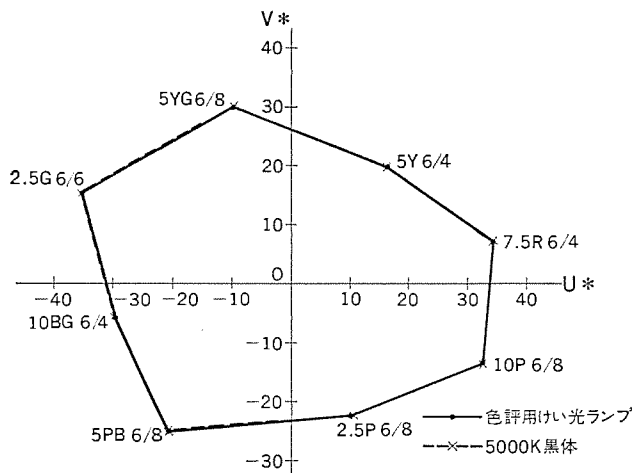


図 8. 色評価用けい光ランプで照明した色紙のクロマチクネス

刷用」けい光ランプの 97 と比べて 2 点向上しており、これまでけい光ランプで実現し得なかった高演色性が実現されている。特殊演色評価数はすべて 97 以上の値であり、あらゆる色に対して優れた演色性を有することを裏づけている。従来一般に平均演色評価数 Ra が 97 程度まで改善されたけい光ランプでも、このようにすべての評価数を同時に高めることは困難とされ、特に R₉ (赤), R₁₀ (黄), R₁₁ (緑), R₁₂ (青) 等の彩度の高い色に対する評価数の中には 90 程度の値を示すものがあつたのに対し、「色評価用」けい光ランプの特殊演色評価数は最低でも 97 と著しく改善されている。図 8. に「色評価用」けい光ランプで照明した場合の色紙のクロマチクネスを示すが、基準光の 5,000 K 黒体とほとんど差がないことが理解される。

「色評価用」けい光ランプの明るさ (光束) は、40 W 直管形 (グロースタート式) で 100 時間点灯後 2,370 lm であり、従来の「印刷用」けい光ランプに比べ約 20 % 程向上している。これは、「色評価用」けい光ランプがフィルタ層を用いず 1 層塗布によって作られているためエネルギー損失がないこと、及び新しい青緑色けい光体の発光効率が高いことによるものである。

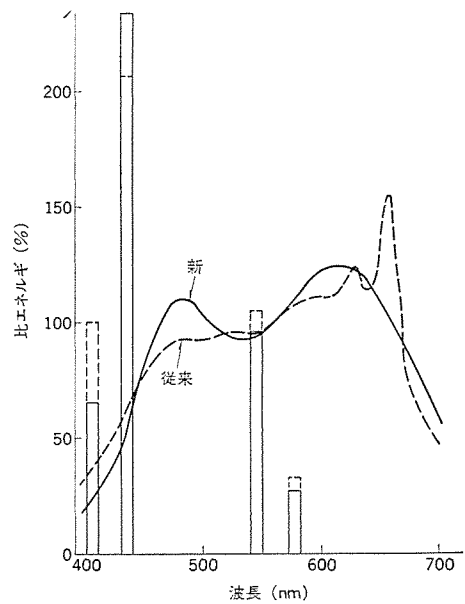


図 9. ハイデラックス 白色けい光ランプの分光分布

表 2. ハイデラックス 白色けい光ランプの特性

(1) 演色性

色 温 度 (K)	平均演色 評 価 数 (Ra)	特 殊 演 色 評 価 数						
		R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅
5,000	93	96	81	94	90	95	92	96

(2) 定 格

形 名	大 き さ (W)	ラ ン プ 長 さ (mm)	ラ ン プ 径 (mm)	ラ ン プ 電 流 (mA)	全 光 束 100 時 間 後 (lm)
FL10W-SDL	10	330	25	0.23	350
FL15SW-SDL	15	436	25	0.30	610
FL20SW-SDL	20	580	32	0.36	860
FL30W-SDL	30	630	38	0.62	1,280
FL40SW-SDL	40	1,198	32	0.42	2,200
FCL20W-SDL	20	208 (外径)	32	0.375	760
FCL30W-SDL	30	226 (外径)	32	0.61	1,130
FLR20SW-SDL/M	20	580	32	0.36	840
FLR40SW-SDL/M	40	1,198	32	0.42	2,150
FLR110HW-SDL/A	110	2,367	38	0.8	6,300

して昭和42年製品化されたものである。このランプは、分光分布の青色波長域と赤色波長域のエネルギーを若干多めにするにより、物体の色をより鮮やかに、より好ましく見せる特長を有する高演色性けい光ランプであるため、特に商店やデパートなどの衣服や食料品の売場用照明で好評を得ている。

今回、上記「色評価用」けい光ランプで用いた性能改善技術をこの「ハイデラックス白色」けい光ランプに適用してその特性を向上させることができた。

従来の「ハイデラックス白色」けい光ランプには、青色けい光体としてアンチモン付活ハロりん酸カルシウムが用いられているが、この一部を上記青緑色けい光体で置き換え、外にオレンジ色けい光体 $[(\text{Sr}, \text{Mg})_3(\text{PO}_4)_2 : \text{Sn}]$ と白色けい光体を混合した結果、光色、演色性を維持しながらその明るさ（光束）を約10%向上させることに成功した。ランプの分光分布を図9に、演色特性、定格を表2に示す。

6. デラックス白色けい光ランプ

ビル、商店、一般家庭等の照明では、高演色性であると同時に高照度であることが望まれる。更にここ数年來の省エネルギー、節電の問題から高演色性でしかも明るいけい光ランプが望まれるようになった。当社ではこれに答えるため昭和51年演色性と明るさを高度に両立させた「デラックス白色」けい光ランプを開発し製品化した⁽⁵⁾。

このけい光ランプには、高演色性を保ちながら明るさを向上させるため赤色けい光体 $[\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Eu}]$ 、オレンジ色けい光体 $[(\text{Sr}, \text{Mg})_3(\text{PO}_4)_2 : \text{Sn}]$ 、緑色けい光体 $[\text{Zn}_2\text{SiO}_4 : \text{Mn}]$ 及び主体となるハロりん酸カルシウムけい光体が混合使用されていたが、今回性能改善のため使用けい光体とその混合比率について再検討を加えた。その結果、上述の新しい青緑色けい光体を採用し、外に上記赤色けい光体とオレンジ色けい光体とハロりん酸カルシウムけい光体を混合使用することで、従来品の光色を維持しつつ、平均演色評価数を2点向上させて84とし、かつ明るさを約5%向上させることができた。ランプの分光分布を図10に、演色性、定格を表3に示す。

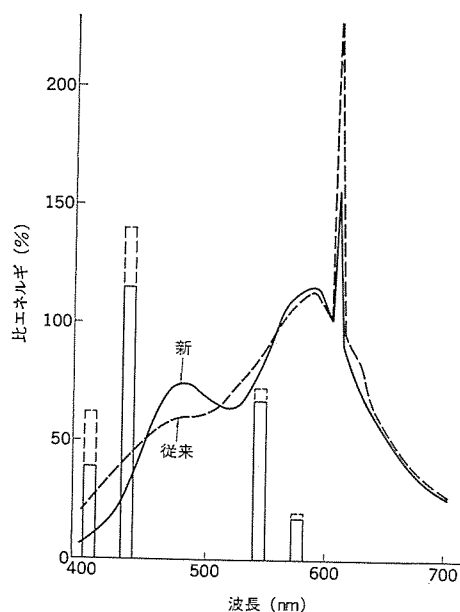


図10. デラックス白色けい光ランプの分光分布

表3. デラックス白色けい光ランプの特性

(1) 演色性

色温度 (K)	平均演色 評価数 (Ra)	特殊演色評価数						
		R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15
4,200	84	15	74	74	80	83	95	78

(2) 定格

形名	大きさ (W)	ランプ 長さ (mm)	ランプ径 (mm)	ランプ 電流 (mA)	全光束 100時間 後 (lm)
FL20SW-DL-H	20	580	32	0.36	1,120
FL40SW-DL-H	40	1,198	32	0.42	2,780
FCL30W-DL-H	30	226 (外径)	32	0.61	1,550
FCL32W-DL-H	32	304 (外径)	32	0.435	1,960
FCL40W-DL-H	40	379 (外径)	32	0.435	2,410
FLR40SW-DL-H/M	40	1,198	32	0.42	2,750
FLR110HW-DL-H/A	110	2,367	38	0.8	2,650

7. むすび

印刷工場、染色工場、美術館などの厳密な色評価用に、2層塗布をしてその演色性を $Ra=97$ 程度まで高めたいいわゆる EDL 形けい光ランプが開発されてから既に10年を経過したが、この種のランプのフィルタ層を除去するためにはフィルタ層の持っている青色光抑制効果を他の手段で置き換えてやる必要があった。その解決策として新しい青緑色けい光体を開発し、その発光特性と吸収特性とを利用することによってフィルタ層なしでも高演色性を得ることが可能になった。その結果、平均演色評価数 Ra を99まで高め、明るさも約20%近く高めた「色評価用」けい光ランプを開発、製品化することができた。近年印刷や染色の技術は非常に高度化してきたが、最終的な色彩の評価、判定は結局視感によって行われており、このランプの今後の普及が期待される。また、このランプで開発された技術を外の高演色性けい光ランプにも適用し、それらの性能を改善することができたことを報告したが、高演色性けい光ランプの一層の普及や照明の質的向上に貢献できるものと考えらる。

最後に、ここで報告した新けい光体とけい光ランプの開発に当たり、多くの教示とご協力をいただいた関係諸氏に深謝の意を表します。
(昭和53-7-5 受付)

参考文献

- (1) 日本特許, 186213 (昭24)
- (2) 井手, 伊吹: 近代照明と色, 三菱電機技報臨時号, 3 (昭29)
- (3) 井手, 伊吹: 照明学会誌, 40, No. 9, p. 36 (昭31)
- (4) 大田ほか: 三菱電機技報, 42, No. 8, p. 1,076 (昭43)
- (5) 村上ほか: 三菱電機技報, 50, No. 11, p. 573 (昭51)
- (6) 日本印刷学会推薦基準「製版ならびに印刷における標準照明」
- (7) 村上ほか: 昭53年度照明学会全国大会論文集, 9
- (8) A. A. Kruithof, J. L. Ouwertjes: Philips Tech. Rev., 18, No. 9, p. 249 (1957)

省電力けい光ランプ《ネオルミスーパーII》

土井貞春*・伊藤 弘**・安西良矩**・野田昭吉**・坂山幸平**

1. ま え が き

戦後、世界の繁栄をエネルギー面から支えてきたものは、中東の豊富で廉価な石油であったが、昭和48年の石油ショックを契機として、その石油価格は高騰し、今後も石油資源そのものが1990年代をピークとして生産量は減少するといわれていることから、電力の約77%を石油に頼っている我が国では、産業用・民生用を問わず省電力化への方向を強力に押し進めなければならない。

しかし、1973年の石油ショック当時のように“省電力”イコール照明の間引き点灯に代表されるような“画一的な照明の量の削減”に結びつけられてよいものではない。働いたり、生活する人間には快適な視環境が必要である。科学的な研究に基づいて設定された“照度基準”(JIS Z 9110-1977)以下にすることは、快適性・安全性・生産性などに影響を与えることになり、過度の場合には大きな損失をこうむることになる。本来、省エネルギー照明とは、目的に合った照明をできるだけ少ないエネルギーで達成することである。そのためには、光源や照明器具などハードウェアの高効率化を図ることはもちろん、室内面の仕上げ反射率や、照明と空調との協調、昼光の利用などソフト面、照明システムをも含めた総合的な視野に立った省エネルギー化が考えられなければならない。

このような意味から、1974年、ウエスティングハウス社によっていち早く製品化された省電力形けい光ランプ“ECON-0-WATT”は、従来の照明システムのままで、照度分布を悪くすることなく電力節約を図ろうとするもので、光源(けい光ランプ)の立場から省エネルギー化の提案として注目を浴びた。

“ECON-0-WATT”ランプの技術的骨子は、けい光ランプの封入希ガスとして、クリプトンを導入した点にあるが⁽¹⁾、このランプの長所(省電力効果)と裏腹な特性上の短所を、我が国の市場での使用条件の中でどこまで克服するかについて筆者らは今まで多くの苦心を払い、現在の市場の実情に最も妥当と考えられる形の省電力形けい光ランプ《ネオルミスーパーII》を製品化したので、その大要を以下に報告したい。

2. 省電力形けい光ランプの設計パラメータ

一般に、けい光ランプの消費電力(ランプ電力)は、ランプの長さを一定とした時、

$$W_L = I_L \times V_L \times \phi_L$$

と表すことができる。

ここで、 W_L はランプ電力、 I_L はランプ電流、 V_L はランプ電圧、 ϕ_L はランプ力率を表す。上式より、ランプ電力(W_L)を低下させるには、ランプ電流(I_L)とランプ電圧(V_L)の積($I_L \times V_L$)を低下させるか、又は、ランプ力率(ϕ_L)を低下させるかの2つの方法がある。この観点に立って、下記に掲げる3項目の設計上のパラメータについて考察してみる。

2.1 封入希ガス

従来、一般にけい光ランプに使用されている封入希ガスはアルゴンであるが、このアルゴンより原子量が大きく、電離電圧の小さいクリプトンやキセノン等のガスを混合使用することにより、ランプ電圧を低下させ、若干のランプ電流の増加はあるものの、 $I_L \times V_L$ を低下させランプ電力を減少させることができる^{(1)~(3)}。

図1.に管径32mm、管長1,198mm、直管40ワット形けい光ランプで、アルゴンとクリプトンの混合希ガスを用いたランプの周囲温度20°Cで測定した時のランプ特性を示す。図より明らかなように、クリプトンの混合量が多くなるにつれランプ電力は低下し、クリプトン100%とした時のランプ電力は、アルゴン100%のランプ電力に比し約20%の減少となる。しかし、ランプ電力の減少とともに光出力が低下することと併せてランプ電流が増加する。ランプ電流の大幅な増加は、安定器の2次巻線を過熱したり、直列コンデンサに過大な電圧を印加することになり、安定器の寿命を早める恐れがある。

また、けい光ランプの重要な特性であるランプの始動電圧について、アルゴン-クリプトン混合比率を変えた各種のランプを、JIS C 7601-1978のラピッドスタート回路で測定した結果を図2.に示す。周囲温度25°Cのいわゆる常温では、クリプトンを混合使用したランプはアルゴン100%ランプとそれほど変わらない電圧で始動するが、5°Cの低温になるとアルゴン100%ランプに比べて始動電圧は10~20%高くなるという欠点がある。

アルゴンガスの場合は、図3.に示すように水銀原子の電離電圧の近くのちょっと高いレベルに準安定状態があり、この準安定状態に励起されたアルゴン原子と水銀原子の衝突により水銀を電離すると

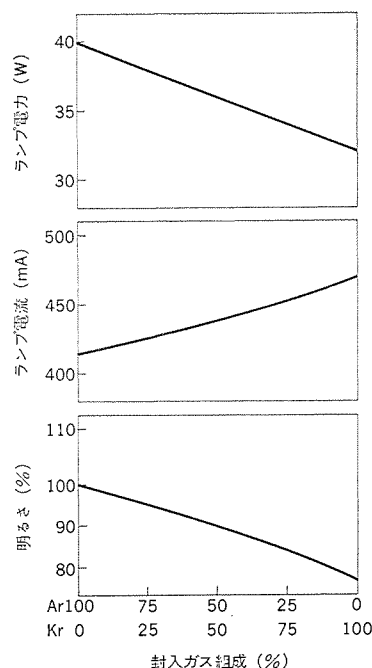


図1. Ar/Kr ガス組成とランプ特性

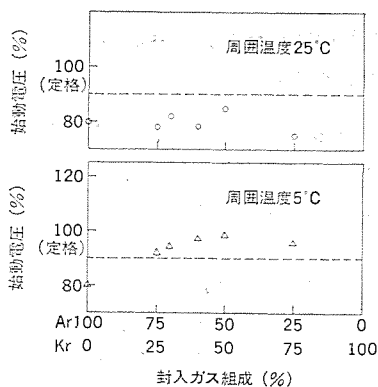


図 2. Ar/Kr ガス組成と始動電圧

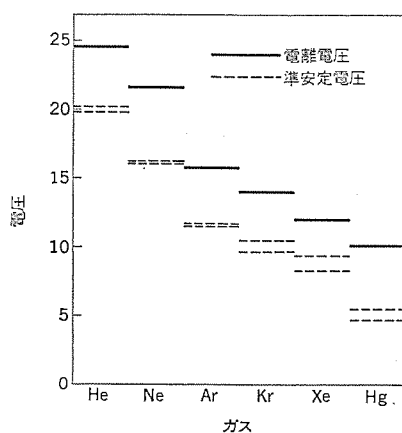


図 3. 各種ガスの電離電圧・準安定電圧

いう、いわゆるペニング効果がランプの始動補助として働くが、クリプトンガスの場合は2つの準安定状態のうち、低いほうの水銀の電離電圧よりも低いので水銀の電離には役立たず、また高いほうは、この状態へ励起される確率自体が小さいということで、ペニング効果が働かない。加えてクリプトンガスの場合、効率の点から封入圧力を低くして用いるためにガス原子の密度が小さく、更にアルゴンに比べて原子量が大きく移動度が小さいので、結局水銀原子との衝突確率が小さく、かつ衝突あたりの水銀の電離確率も非常に小さいことから始動電圧の上昇が必要となっている⁽¹⁾。

また、希ガスとしてクリプトンを用いた場合、特に低温度で顕著に光のちらつきが現れることもこのガスの場合の問題の1つである。これは、いわゆる移動しま(縞) (moving striation) 現象によるもので、点灯後バルブ温度がある温度以上に上がるまでの時間(数分～10数分)発生する。

以上のように、クリプトンガスの導入はランプ電力の減少は実現できるものの、光出力の低下、ランプ電流の増加、始動電圧の上昇、光のちらつきなどの問題をもっている。これらの問題を解決する手段として、少量のネオンガスの場合について検討した。図4. は、クリプトン-アルゴン混合ガスのアルゴンをネオンで置換したクリプトン-アルゴン-ネオンの3種混合ガスを、管径32mm、管長1,198mmの直管40ワット形けい光ランプに用いたもので、周囲温度20°Cで測定したランプ特性を示している。クリプトン組成を一定にすれば、ネオンガスの混合量の増加にしたがってランプ電力、光出力は増加を示し、ランプ電流は減少する傾向を示している。図5. にラピッドスタート回路における周囲温度5°Cの始動特性を示した。ネオンガス混入による始動電圧の低下が確認できた。また低温時の光のちらつきが、ネオンガス混入に

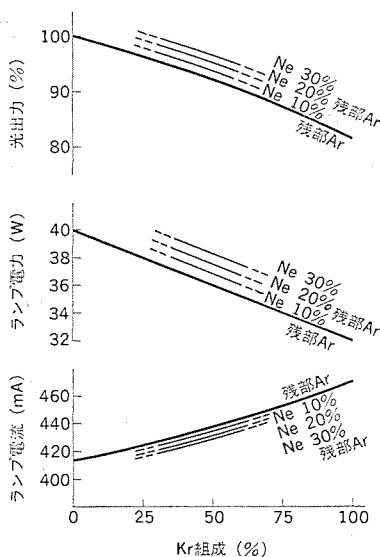


図 4. ネオン混合によるランプ特性変化

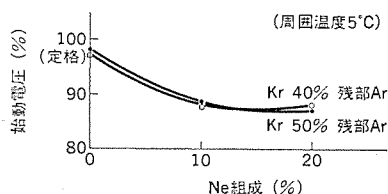


図 5. ネオン混合による始動電圧

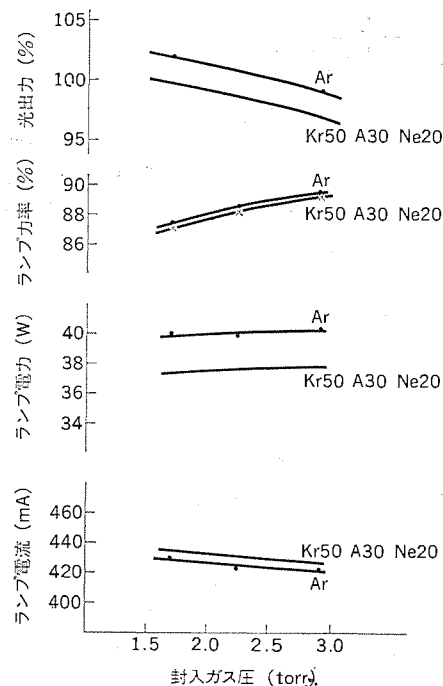


図 6. 封入ガス圧によるランプ特性

より著しく改善されることも確認された。

以上封入希ガスの検討から、ガス組成として、クリプトン30～60%、ネオン10～30%、残部アルゴンの3種混合が始動電圧の上昇も少なく、ランプ電流の大幅な増加もなくて、ランプ

電力約5%の減少を実現できる範囲であることが結論された。換言すれば、この範囲を超えたガス組成から、更に大きなランプ電力の減少を期待できても、ランプの実用上重要な特性、すなわち始動、光のちらつき、明るさ、ランプ電流と関連した安定器の安全性などの面で、不具合な問題を大きくするわけである。

2.2 封入ガス圧

封入ガス圧によるランプ特性の変化を図6.に示す。管径32mm、管長1,198mmの直管形40ワットけい光ランプについて、アルゴン100%の場合と、クリプトン-アルゴン-ネオン混合ガスの場合とも比較して示した。封入ガス圧の低下はランプ電流の増加傾向をもっているが、光出力を増加する手段として有効である。ランプ電力の変化は大きくはないが、ランプ力率はガス圧の低下とともに減少する。封入希ガスは水銀イオンによる陰極コイルの衝撃を緩和するパフの役を果たすので、封入ガス圧を余り低くすることはできない。2.0 torr以上が望ましい。

2.3 管径

ガラス管径によるランプ特性の変化を図7.に示す⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾。管長1,198mmの40ワット直管形ランプで、アルゴン2.5 torrの場合を示した。管径を細くすることにより、ランプの管壁での電子再結合損失が多くなり、ランプ電圧が上昇する結果、ランプ電流は減少する。ランプ電力は管径を細くするとともに減少の傾向を示すが、管径約29mmまでは大きな減少はなく(約1%)、更に細く25mmで約6%の減少となる。ランプ力率も低下傾向を示す。これは管径を細くするにしたいが、上述したように管壁での電子の再結合の割合が増加するために放電電流の位相が遅れるためであろう。また光出力は管径29mm近傍で最大を示す(管径32mmに比較して1%増加)。一方、始動

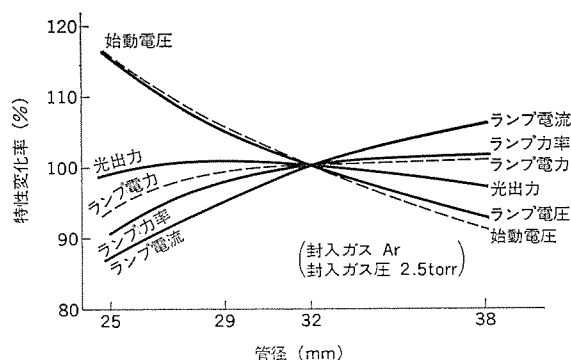


図 7. 管径と ランプ 特性

電圧は管径を細くするにしたがい上昇し、29 mm で約 5 % の上昇、25 mm で約 18 % と大幅に上昇する。

けい光ランプの省電力化の手法として、ランプ管径を細くすることはそれ相応のランプ電力の減少効果が得られないことはないが、何と言っても始動特性の悪化から逃れることはできない。少なくともラピッドスタート形ランプの場合は、この欠点は重大であり、従来のランプ寸法 32 mm からの細管化はまだ実用上の制約が大き過ぎると考える。

2. 4 けい光体の選択

以上述べた設計パラメータの選定により、40 ワットランプの場合約 5 % のランプ電力の節減を実現することができるが、これに伴って光出力が約 3 % 低下する。これを補償する手段としてけい光体の選択がある。その 1 つは、白色けい光ランプの場合に使用するハロりん酸カルシウムけい光体のふっ素とマンガンの配合量の選択により視感上余り問題とならない範囲内で視感効率を高めるように色度点を移行することである。例えば色度点を $x=0.377$, $y=0.387$ から、 $x=0.379$, $y=0.394$ へ移行することにより約 1.5 % の光出力の増加が得られた。

現在、けい光ランプの省電力化に関心の深い大口ユーザの多くは、デパート、スーパーなどの店舗関係のかたがたである。この方面では、商品の色彩を美しく見せるために高演色性のけい光ランプが多く使用されている。別稿で詳しく報告するとおり、当社はこのランプに使用する青緑色けい光体として従来の青色けい光体より約 30 % 明るいほう(碯)りん酸塩けい光体を開発したので、これを利用することによってランプ電力の減少に伴う光出力の低下分を十分補うことができ、更に若干の演色性の改善も果たすことができた。

3. 三菱省電力形けい光ランプ《ネオルミスーパー II》の特性

省電力形ランプの製品化にあたっての設計規範は、「省電力量の大きさのみを追求する余り、照明の質の低下を招いたり、安全性に不安を残すようなものであってはならない」ということであった。具体的に次の条件を掲げた。

- (1) 従来の照明器具に互換性があること。
- (2) 安定器 1 灯用、2 灯用ともに使用可能なこと。
- (3) 屋内の実用温度として、5°C 以上で支障なく始動すること。
- (4) 明るさは、従来ランプのレベルを保つこと。
- (5) 一般の使用条件で、安定器の安全性に不安のないこと。
- (6) 白色、昼光色とともにデラックス系の品種も同時に完成すること。

3. 1 仕様

40 ワットタイプの省電力形けい光ランプとして、ランプ寸法は従来品と同じ(管径 32 mm)とし、封入ガス組成をクリプトン 50 %, アルゴン 30 %, ネオン 20 % とし、その封入圧力を 2.3 torr とした。110 ワットタイプについても同様仕様とした。ただし管径は従来品同様 38 mm である。

3. 2 ランプ定格

表 1. に示す。一般の白色、昼光色の外にデラックス白色、ハイデラックス白色の高演色性の機種もそろえた。

3. 3 ランプ特性

3. 3. 1 電源電圧変動特性

電源電圧の変動によるランプ特性の変化を、図 8. (a), 図 8. (b) に示す。図から明らかなように、電源電圧変動に対するランプ電流、電圧、電力及び光束は、従来品よりその変動率が小さくなる傾向がある。

3. 3. 2 周囲温度特性

周囲温度によるランプ特性の変化を、図 9. (a), 図 9. (b) に示す。省電力形ランプは低温になるほど入力電力及び光束が急激に低下する。10°C における光束は、25°C での光束から約 15 % ダウンする。高温側では、省電力形のほうが従来品より光束の低下は若干少ない。

3. 3. 3 始動特性

表 2. に示すとおり、周囲温度 5°C の低温でも定格の 90 % 以下の電圧で始動し、始動時のちらつきの問題も起こらない。

3. 3. 4 点灯後の光束の立上がり特性

点灯後の時間経過に対するランプ光束の立上がり特性を、周囲温度

表 1. 省電力形けい光ランプの定格

ランプの種類	大きさ (W)	全光束 100 時間後 (lm)	光 色	寸 法 径		ランプ電流 (A)	平均演色 評価数 (Ra)	平均寿命 (時間)
				ランプ長さ (mm)	ランプ径 (mmφ)			
FLR 40 SW/M-EW	38	3,000	白 色	1,198	32	0.43	64	10,000
FLR 40 SD/M-EW	38	2,610	昼 光 色	1,198	32	0.43	77	10,000
FLR 40 SW-DL/M-EW	38	2,680	デラックス白色	1,198	32	0.43	84	10,000
FLR 40 SW-SDL/M-EW	38	2,120	ハイデラックス白色	1,198	32	0.43	93	10,000
FLR 110 HW/A-EW	100	8,800	白 色	2,367	38	0.82	64	10,000
FLR 110 HD/A-EW	100	7,650	昼 光 色	2,367	38	0.82	77	10,000
FLR 110 HW-DL/A-EW	100	7,600	デラックス白色	2,367	38	0.82	84	10,000
FLR 100 HW-SDL/A-EW	100	6,200	ハイデラックス白色	2,367	38	0.82	93	10,000

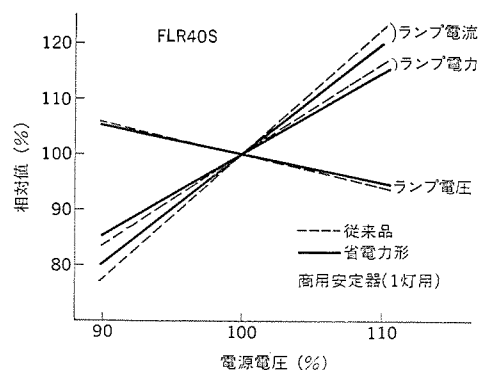


図 8. (a) 電源電圧変動特性 (FLR 40 S)

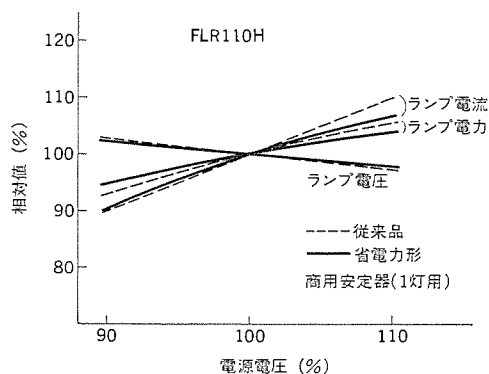


図 8. (b) 電源電圧変動特性 (FLR 110 H)

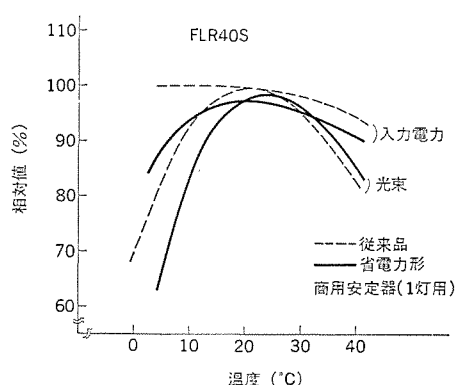


図 9. (a) 周囲温度特性 (FLR 40 S)

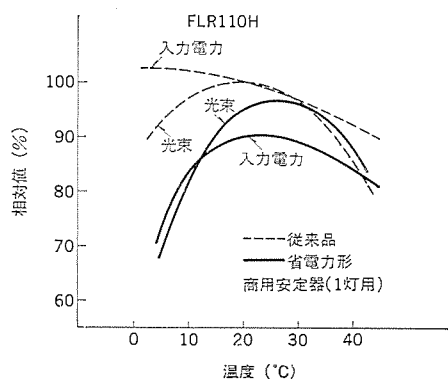


図 9. (b) 周囲温度特性 (FLR 110 H)

常温 25°C 及び低温 5°C の場合について、図 10. (a), 図 10. (b) に示す。省電力ランプでは光束の立上りが遅く、ほぼ安定するまで常温の場合でも 4～5 分を要する。

省電力形ランプでは、低温度で始動しても光束の立上りが遅く、

表 2. 省電力形ランプの始動特性

(a) FLR 40 S W/M ランプの場合

安定器の種類	ランプの種類	始 動 電 圧	
		25°C	5°C
1 灯用 商用安定器	従 来 品	80 %	82 %
	省 電 力 形	82	89
2 灯用 商用安定器	従 来 品	75	79
	省 電 力 形	80	85

(b) FLR 110 H W/A ランプの場合

安定器の種類	ランプの種類	始 動 電 圧	
		25°C	5°C
1 灯用 商用安定器	従 来 品	80 %	83 %
	省 電 力 形	82	88
2 灯用 商用安定器	従 来 品	77	80
	省 電 力 形	81	83

定格電圧を 100 % とする

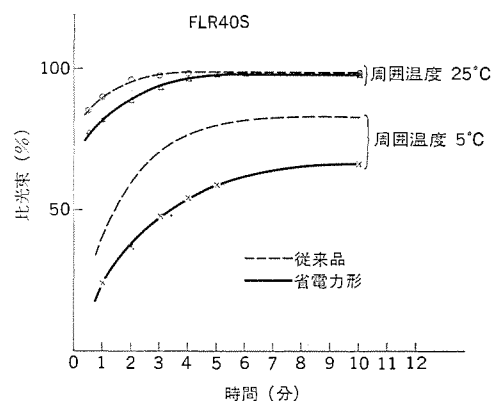


図 10. (a) 光束立上がり特性 (FLR 40 S)

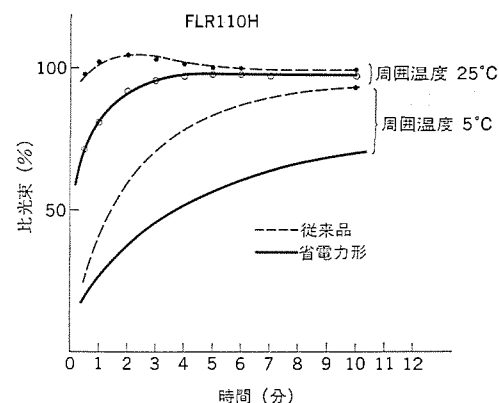


図 10. (b) 光束立上がり特性 (FLR 110 H)

表 3. 省電力形 ランプの省電力特性

(a) FLR 40 S W/M ランプの場合

安定器の種類	ランプの種類	入 力 電 圧 (V)	入力電力 (W)	入力電流 (A)	ランプ電力 (W)	省電力率 (%)
1 灯用 商用安定器	従 来 品	200	58.0	0.326	39.8	—
	省 電 力 形	200	56.0	0.338	37.0	3.4
2 灯用 商用安定器	従 来 品	200	95.8	0.488	37.1	—
	省 電 力 形	200	90.2	0.461	34.1	5.8

(b) FLR 110 H W/A ランプの場合

安定器の種類	ランプの種類	入 力 電 圧 (V)	入力電力 (W)	入力電流 (A)	ランプ電力 (W)	省電力率 (%)
1 灯用 商用安定器	従 来 品	200	145.5	0.725	109.2	—
	省 電 力 形	200	134.5	0.685	94.9	7.6
2 灯用 商用安定器	従 来 品	200	249.3	1.253	102.4	—
	省 電 力 形	200	223.8	1.123	95.0	10.2

表 4. 安定器の温度上昇試験 (FLR 40 S)

ランプ種類	安 定 器 温 度 上 昇 値				入力電流	ラ ン プ 電 流
	1 次コイル	2 次コイル	ケース	コンデンサ		
従 来 品	59°C	66°C	50°C	34°C	0.999	0.424
省 電 力 形	59	68	51	34	0.952	0.440

(測定温度: 30°C)

かつその時の光束値がかなり低いことから、低温での使用、例えば冬期の屋外などの使用には問題がある。

3. 3. 5 省電力特性

40 ワットタイプ、110 ワットタイプそれぞれについて、1 灯用及び 2 灯用の商用安定器での省電力率 (安定器ロスを含む入力電力としての) の 1 例を表 3. に示す。安定器の種類により多少の変動があるが、40 ワットタイプ (当社比) では、1 灯用安定器で入力電力としての省電力量 2 W、3.4 % の省電力率、2 灯用安定器で 5.6 W、5.8 % の省電力となり、他方 110 ワットタイプ (当社比) では、1 灯用で 11 W、7.6 %、2 灯用で 25.5 W、10.2 % の省電力となる。実際に省電力形ランプを使用しての節電費用は、1 年間 4,000 時間の点灯とし、電気料金を 15 円/kWh とすれば、40 ワットタイプで、年間 1 本当たり約 144 円、110 ワットタイプで、約 648 円となり、需要家にとり大きな経費節減効果をもたらすであろう。

3. 3. 6 灯具内安定器の温度上昇

表 4. に、40 ワットタイプの ランプ についての安定器の温度上昇試験結

果の 1 例を示す。使用安定器は 2 灯用商用安定器で、特に温度試験用としてランプ電流が標準的レベルより大きくなるようインピーダンス調整してあるものを用いた。省電力形ランプのランプ電流を従来品の 5 % 増に抑えた結果、2 次コイルの温度で 2°C 程度の上昇に抑えることができた。

4. 総合的な見地からのけい光ランプの省電力化

照明の省エネルギー化として、上述のようなランプの仕様変更によりその目的も達成することの他に、照明器具、特に安定器との組合せで省エネルギーの効果を出す方法も考えられる。例えば、安定器の回路常数の一部変更でランプ電流を抑制するとか、安定器の半導体化により安定器損失の軽減をはかるとか、あるいはその高周波点灯によるランプ効率の向上など、点灯回路の改善との協調によって更に大きな省電力の効果は期待できそうである。

他方、でき上がった製品 (けい光ランプ) の使用中の電力節約を図る外に、製品を製造するために費やす資源 (ランプ材料) 及びエネルギー (燃料、動力) についても必要最小限とするのでなければ本当の省エネルギー化にはならないであろう。このような観点から筆者たちは、また製造の現場でいろいろな改善に取り組んでいる。例えば、水銀粒の正確な封入を余分な資材を一切使用しないで実行する方法⁽⁹⁾や、燃焼ガスの消費を半減にする加工方法などの開発に既に幾つかの効果を得ている。

5. む す び

照明における省エネルギー化の 1 つとして、省電力形けい光ランプを、クリプトン-アルゴン-ネオンの希ガス 3 種混合を骨子として、一部の機種 (ラピッドスタート形 40 ワット及び 110 ワットタイプ) について製品化することができた。しかしながらこれらのランプにも使用条件の制約 (特に低温度条件) や、ランプ電流の増加による不安 (特に古い安定器に取付けられた場合など) があり、設計担当としてはなほだ心苦しい限りである。今後一層の研究により修正改良を加えていくつもりである。

参 考 文 献

- (1) G. S. Evans : Light. Des. Appl., p. 10~14 (Jul. 1974)
- (2) G. Meister, et al. : Illum. Eng. 44, p. 681~686 (Nov. 1949)
- (3) G. Meister, et al. : Illum. Eng. 47, p. 159~164 (Mar. 1952)
- (4) G. Meister, et al. : Illum. Eng. 47, p. 660~666 (Dec. 1952)
- (5) 広田ほか : 光源関連装置研究会資料 No. LS-77-12 (昭 52)
- (6) 橋本ほか : 東芝レビュー, 18, 10, p. 1,116~1,123 (昭 48)
- (7) 大塚ほか : National Tech. Rept., 20, 3, p. 340~346 (1974)
- (8) 池田ほか : 東芝レビュー, 33, 4, p. 312~315 (昭 53)
- (9) 伊藤ほか : 昭和 53 年度照明学会全国大会, No. 12 (昭 53-4 月)

工場環境改善用照明器具《パワールミ》の開発

石井重行*・武田輝明*

1. ま え が き

工場照明においては明るさはもとより、工場作業者の安全を守り、疲労を少なく、能率よく、快適な環境を作り出すために照明の質が果たす役割は大きい。しかしながら、従来からの我が国の工場照明は一部の例外はあるにしてもその点十分考えられてなく、他の照明場所の最近の照明手法の進歩からとり残されている感がある。このような状況のもとに今回“望ましい工場照明”を原点に立って見直し、それを基にした工場用照明器具を開発、納入実績を得たので報告する。

2. 関係資料の紹介

2.1 法令

昭和47年に施行された労働安全衛生規則の改正により、工場作業場所として守るべき最低照度がそれぞれの段階について一挙にそれまでの3倍に引き上げられた。例えば精密な作業については100ルクス以上だったのが300ルクス以上になった⁽¹⁾。

この規則はその第604条で最低照度についての規定をした上で第605条では

「事業者は、採光及び照明については、明暗の対照が著しくなく、かつ、まぶしさを生じさせない方法によらなければならない。

2. 事業者は、労働者を常時就業させる場所の照明設備について、6月以内ごとに1回、定期に、点検しなければならない」

この2つの条文によって(1)明るさ、(2)対比、(3)まぶしさ、(4)保守、について規定している訳であるが、明るさ以外は定量化されていない。しかし、今後の工場照明にあっては、これらの充足を具体化していくことが重要である。

2.2 文献

“新編・照明のデータブック”では工場照明の改善によって得られる効果を図1のように示している⁽²⁾。対比については「全般照明の照度が局部照明のその10%以上であることが望ましい」⁽³⁾「反射カサを使う場合は天井面を別に照明するか、上方光束の十分出る器具で、作業面と天井面の輝度比があまり大きくならないよう留意す

る」⁽⁴⁾。保守については「高天井照明には、ほとんど反射カサだけが使われるが、ほこりによる光束低下を避けるため、器具の上部に通風孔を設けて、ランプや反射面にほこりが付着しないように考慮する」⁽⁴⁾など指導している。照明普及会発行の“新しい工場照明”⁽⁵⁾にも同様趣旨が盛られている。

米国の“IES Lighting Handbook”では、工場照明の質について具体的な指導をしている。例えば、しゃ光角として「(水平より)最少25°しゃ光すべきであり、希望としては45°とすべき」⁽⁶⁾。対比として「工場の一般照明は均一に設計すべきである。均一とはいかなる点における最大照度又は最小照度も平均照度の1/6以上又は以下とならない照明」⁽⁷⁾。配光に関して「上方光をもつ照明器具は全直接照明による“土ろう(牢)”効果を減少させ、より満足でより愉快な環境を創造する」⁽⁸⁾。その他の一般的配慮として「照明器具の外表面と内面反射面及び光源との間の輝度比を減少させるための照明器具外面の明色の仕上げ」⁽⁸⁾。保守に関して「照明器具の頂の開孔はごみ片を空気に乗せて器具外に運び出し反射カサやランプのちり(塵)のたい(堆)積を抑え保守の手間を減少させる可能性を持っている」⁽⁸⁾などが抽出できる。

2.3 納入例、施設例

過去に“工場照明器具”として納入した器具の図面から、その形状、取付方法について調査した。また近隣の工場を巡って、工場照明の現状を確認した。照明器具はほとんどが反射かきつきの、けい光灯又は高圧水銀灯で、高照度の施設ではけい光灯器具が主であった。また取付け高さは2.5~5mが多かった。取付方法では電設資材メーカーによって開発されたレススウェイの多用が目立ち、大規模施設ではワイロープに取付ける方式も数例に及んだ。このほか、型鋼へ取付けたものでは配線の処理にそれぞれ苦心が払われていることが注目された。

3. 設計仕様

3.1 設計方針

これらの関係資料から、望ましい工場照明器具の姿を求めると

●深いしゃ光角 ●むらの出ない配光 ●上方への配光 ●汚れ防止のための通気 ●明色の外面仕上げ ●取扱い性の改良・省力化、などが挙げられる。その外に器具効率(照明率)の維持向上、コストの維持・低減努力などは一般照明器具にも課せられた宿命的課題として工場照明器具にも適用される。

このような本格的工場照明の施設は、量的にも十分な照度を必要とする場所と見なせるから、JISの照明基準で500ルクス以上を推奨している場所を対象にしてみると、高天井の必要がない業種が多い。その場合の光源はまぶしさや影のつき方、演色性などの質の面、

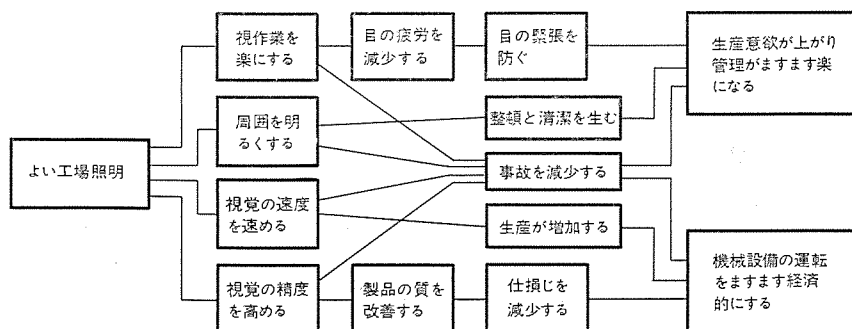


図1. 工場照明の改善によって得られる効果

ワットあたりの光出力を総合してけい光灯が適当といえる。“深いしゃ光角”と“むらの出ない配光”は、配光制御できる形状の深い反射かさで、反射面を鏡面とすれば効果的だが、コスト的な問題もあるので、反射面は鏡面と白色面との両建てで進む。“上方への配光”“汚れ防止のための通気”は、その反射かさの頂部に採光兼用換気穴を適量設ける。なお換気は単に“汚れ防止”にとどまらず、けい光灯にとって好ましくない高温になりがちな日常環境において管壁の過熱を防ぎ光出力を維持し、更に過熱によるランプ及び電気部品の寿命短縮防止の効果なども得られる。

“明色の外面仕上げ”については外面白色とすれば、白色反射面の場合には器具全体が1色に統一できて塗装工程も簡略にできよう。

“取扱い性の改良、省力化”については“1人で取付け・保守作業ができる”ことを目標に、特に取付けは仮止め可能な方法、配線は器具外部から電源接続できる機構、保守は取付け取外しの容易な反射かさとするため取付方法を改良する。

3.2 ワット数、灯数

労働安全衛生規則の「精密な作業 300 ルクス」を対象に、照明経済的な観点及び構成のとりやすさから 110 W 2 灯と、低天井の場合のための補足として 40 W 2 灯とを選んだ。

3.3 反射かさの形状

しゃ光角については、水平視線に対しグレア帯域といわれる 30° 以内をカットするという一般的な考え方と、鉛直角 45° から配光を規制するという CIE で暫定採用された考え方がある。この両方の折衷案として、ランプ軸に直角断面の配光について鉛直角 45° から制御、鉛直角 60° では全面カットを目標にして、反射かさの形状は

- (1) 鉛直角 60°～90° の範囲ではランプが見えないこと。
- (2) 反射かさによる反射光は鉛直角 0°～45° の範囲に極端なむらなく配分されること。
- (3) 効率がよく、かつ小形であること。

の4点から定めた。まず(1)によって、反射かさの下縁は照明器具が使用状態のときランプの下側に外接する鉛直角 60° の直線で定める。また(2)について、反射面の断面形状はランプを一方の焦点とする楕円で、正反射面のときはランプ中心から反射かさ下縁に入射した光の反射後の方向が鉛直角 45° になるように構成した。

このような深い反射かさの最大の欠点は多重反射による効率の低下である。特にけい光ランプの管壁反射率は 64% 程度と低いから⁽⁹⁾、反射かさからの反射光がランプに再入射することが効率低下の要因の1つとなっている。しかし、正反射面の場合は反射かさの頂部を

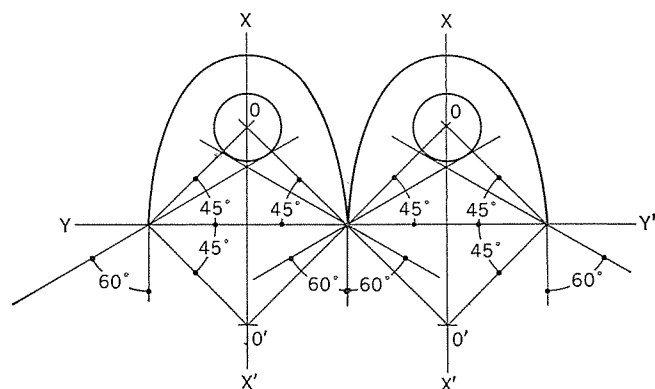


図 2. 反射かさの幾何学的構成

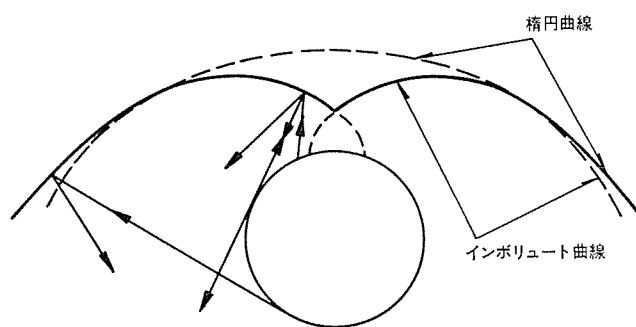


図 3. 楕円曲線とインボリュート曲線の組合せ

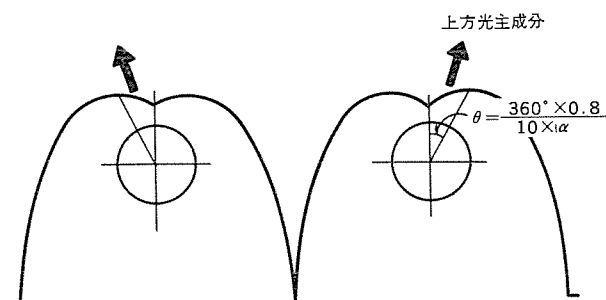


図 4. 採光穴の構成

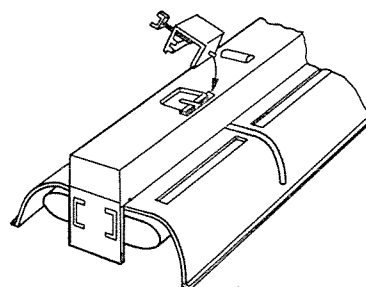
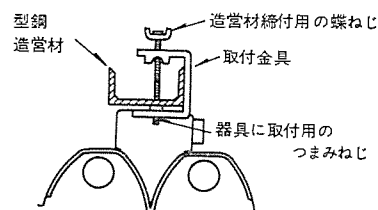


図 5. 取付金具の使用法

けい光ランプの断面円を基準円とする右巻き、左巻き2つのインボリュート曲線とすれば反射かさ内頂部の反射光はランプに再入射しない方向に向けることができる⁽¹⁰⁾。そこで頂部はこの2つのインボリュート曲線とし、これが反射かさの基本形状である楕円と内接する構成とした(図3.)。

3.3 採光・換気穴

上方への配光及び反射面の汚れ防止のため反射かさ頂部に設ける採光・換気穴の量については、まず上方光の量の根拠をJISの照度基準にも示されている局部照明に対する全照明の比 1/10 に求めて⁽¹¹⁾、下方光の 1/10 とし、これを得るための目安として、採光穴はランプに沿った長い角穴、器具効率は約 80% と見なし、採光穴のランプ全長に対応する延長長さの比を α としたとき、ランプ中心に対する採光穴幅の開き角 (θ) を下式で定めた。

$$\theta^\circ = \frac{360 \times 0.8}{10 \times \alpha}$$

3.4 取扱い性の改良

レスウェイやみぞ型鋼、ワイロープを対象に、専用の取付金具を開発した。これは照明器具の外側から器具に脚部を差し込んで固定できるもので、照明器具を取付ける時、床面で照明器具を反射かきからランプまで組込んだ「完全武装」の状態にした上で取付けできることをねらい、取付金具付きの照明器具はレスウェイ等に取付金具のがく(頸)部を引掛けることで仮止め状態とし、取付作業の容易化、省力化をはかった(図5.)。また、電源接続方法については器具外側面に端子盤を設けて、器具取付け後に接続が可能にした。

反射かきも一端は差し込み固定方法とし、一端だけをねじ止めとして省力化を図った。特に110ワット器具では反射かきを中央で2つ割にして、中央をねじ止め、両端を差し込みとし、中央に足場を置いて1人で反射かきの着脱ができるようにした。その上、安定器取付位置を器具中心からずらして、片方の反射かきをはずすだけで安定器の点検ができるようにした(図6.)。

これら設計仕様と機能要素との関係を図7.に示す。

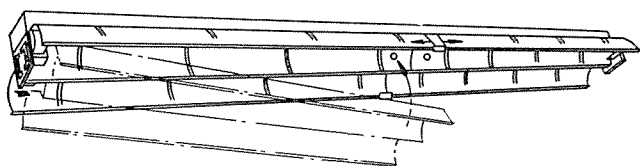


図6. 110ワット器具の反射かきの取付要領

4. 試 験

これら設計仕様に基づいて数種のプロトタイプを試作し、実験によりその効果を確かめた。

4.1 初期効果の確認

反射かきの断面形状は、インポリュート曲線と楕円を組合せた形を基本に、反射かき下縁の形状を種々に変えたもの、全体を小形化したもの及び断面形状を基本形状に近似した単純な直線で構成したものを試作し、配光測定して効率を比較し、最も効率のよい縁端部形状を選ぶとともに、全体を小形化することが効率の悪化に即つなぐこと、直線で構成したものより基本形状のほうが白色反射面の場合でも効率が良いことを確かめた。

また、採光・換気穴については配光測定の結果、理論計算によるスリット幅では上方光量が多過ぎたので、スリット幅を0mmから理論計算による25mmまで6種に変化させて、それぞれの場合の下方光量と対する上方光量の比、ランプ管壁温度、器具直下照度を測定し、最適値を求めた。その結果、鏡面反射かきでは16mm、白色反射かきでは12mmの場合に上方光量が下方光量の10%を超えるとともに、ランプ管壁温度もそれ以上スリット幅を大きくした場合と大差ない値となり、更にスリット幅16mm以上からは直下照度が急速に低下することが判明したので、スリット幅は16mmに決定した。その場合器具効率は110ワットでは白色反射面の場合で当社従来品と同等、鏡面反射面ではこれを上回る値となり、照明率に換算すると白色反射面では照明率表の約半分の範囲、鏡面反射面ではほぼ全域にわたって従来品以上の値となり、特に鏡面反射面の場合には約半分の範囲で従来品を10%以上上回る値が得られた。また、ランプ管壁温度は当社従来品に比べ40ワットの場合で1.5deg、110ワットの場合には4deg下がり、特に110ワットの場合にこれによる光出力の維持が期待できることが分かった。

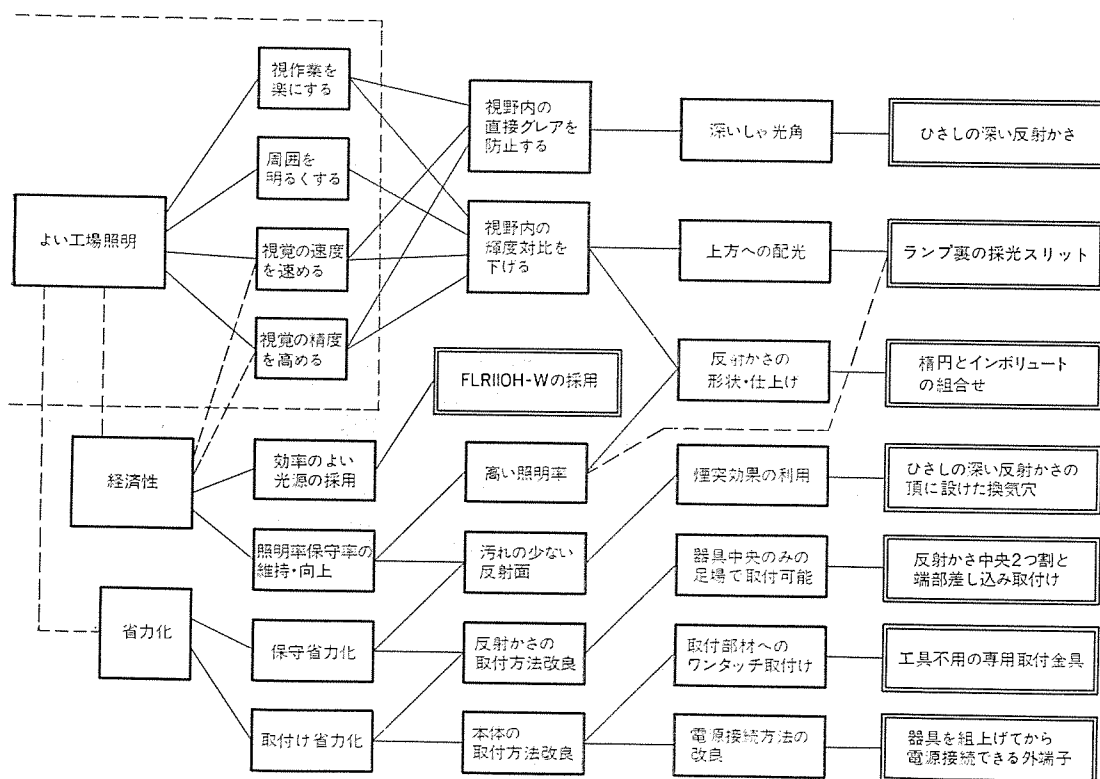


図7. 工場環境改善用照明器具の機能要素と実現方法

取扱い性の改善については、上向きのみぞ型鋼への取付けについて、設計者が当社従来品と交互に取付作業を行い、その所要時間を比較したが、従来品の約2/3の時間で完了し、かつ作業が軽労働化することを確認できた。

4.2 換気による汚れ防止効果の確認

換気による汚れ防止効果は換気穴とともに反射かき下縁の形状にもよるとの情報を得ていたため、反射かき下縁の形状を変えた数種類について、その点灯時の換気流をシュリーレン装置により観察、これによりそれぞれの汚れ方を推測した。次いで、



図 8. 片側スリットつき、片側スリットなしの組合せの場合の反射面の汚れ方の比較

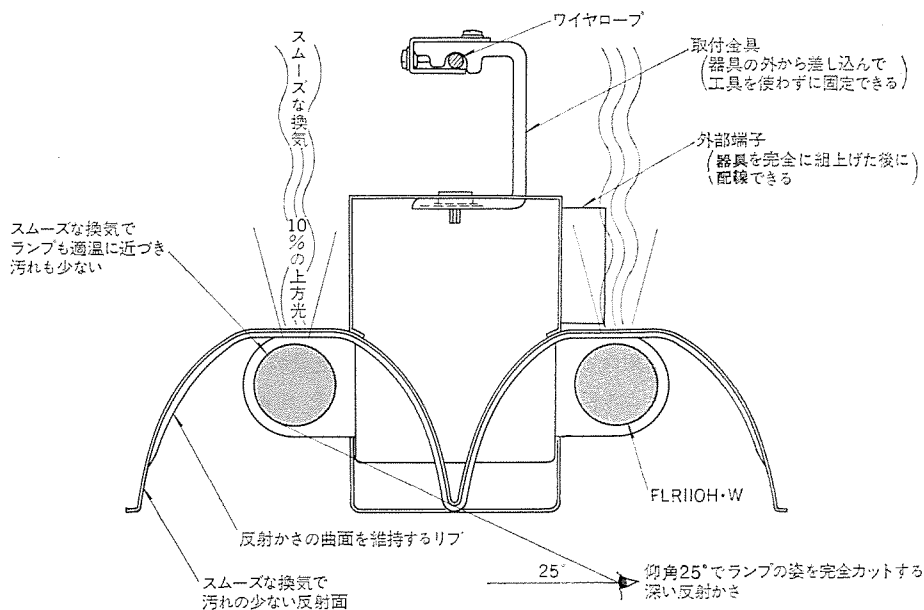


図 9. 工場環境改善用照明器具《パワールミ》の主な特長

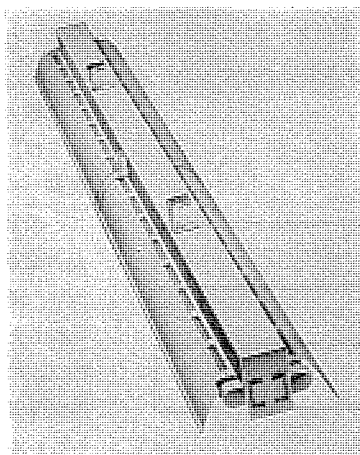


図 10. 110ワット用《パワールミ》(背面)

は換気スリットがあり片側はないもの、といった組合せて、同時に当社従来品も比較のため取付けた。測定はそれぞれの器具直下の照度を、長いフードで受光面を指向させた照度計で測定し、また写真撮影を行った。その結果、換気スリット付器具はスリットのない器具に対し約5割も照度低下が防止できることが判明した。しかし従来品に比べると反射かさの大きさが違うのでそれ程の差が現れず、保守

率として0.6を0.65とする程度であった。

片側は換気スリットつき、片側はなしの器具の設置1年後の直下からの写真を図8.に示す。

これら実験に基づいてまとめ上げた照明器具の特長を示す横断面図を図9.に、外形写真を図10.に示す。

5. 評価

昭和52年8月、操業を開始した三菱自動車工業(株)名古屋自動車製作所岡崎工場の主要部分の全般照明用として、客先のご理解を得て約2,000台採用いただき、本来の工場環境改善はもとより取付けの省力化についても評価をいただいた。完成に先立ち工事関係者と面接した結果では、特に取付け省力化についての評価が大きく、少なくとも30%以上の省力化ができたとのことである。なお、この照明施設は昭和52年度の照明普及賞を受

賞している。これらの実績を加え、評価のむずかしい照明の質の問題も含めて、この照明器具の定量的評価を以下に試みる。なお、明るさについては使用場所の条件にもよる上、一般に理解が行届いていると思われるので、以下の評価では除いておく。

5.1 取付け省力化

取付工数が従来品の2/3になると仮定すると、工賃は建設物価によれば当社従来品の器具価格の約15%であるから、約5%節約できる。

5.2 深いしゃ光角によるグレア防止

ものを見ようとする人の目にまぶしい光が入ると、見ようとするものが見えにくくなる。この現象は次式で示される⁽¹³⁾。

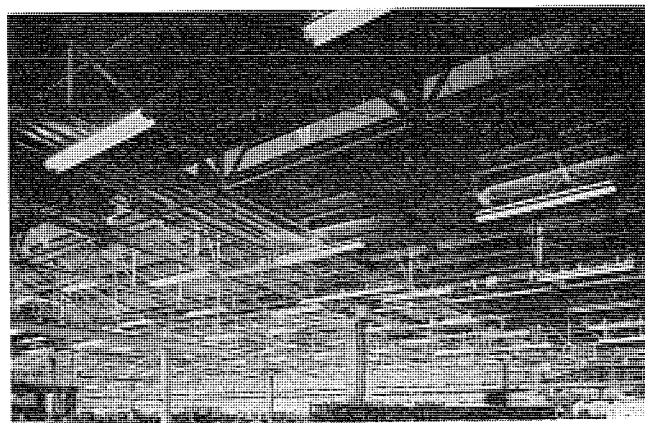


図 11. 《パワールミ》による自動車工場全般照明

汚れの状況の加速テストとして蚊取線香による方法の情報を得たので⁽¹²⁾、これを基に使用状態に取付けた器具の反射かさ直下に煙突を置き、煙突の下で蚊取線香を燃やしてその煙を集中的にかつ自然対流として反射面に導き、この実験前と実験後にそれぞれ配光を測定して比較したが、短期間で行ったためか確定的なデータが得られなかった。そんな矢先、某客先のご好意により実用試験の場を提供いただき、汚れの激しい溶接工場に6種の110ワットプロトタイプを設置し、設置後3か月、半年、1年にわたって実用試験を行うことができた。このプロトタイプは鏡面反射面及び白色反射面、それぞれについて換気スリットのあるもの及びないもの、及び1台の器具で片側

実作業のために引用される標準の4'視標の関連
(露出時間1/5秒.99%精度)

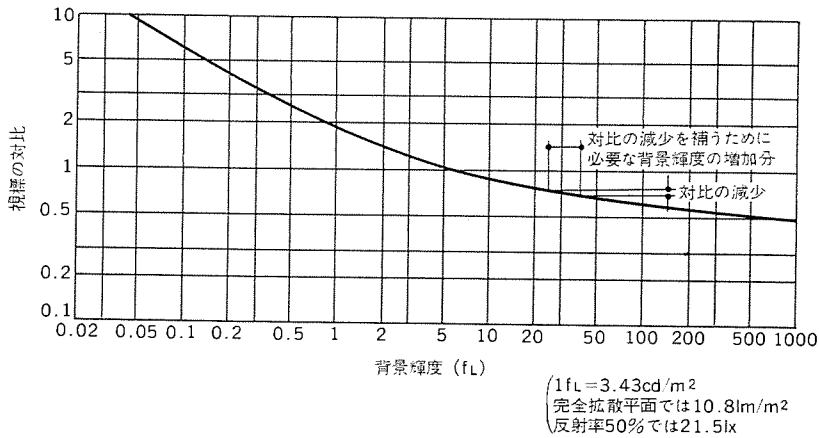


図 12. 見やすさを一定にするための対比と背景輝度の関連 グラフ

$$C_e = C \left(\frac{B}{B + B_u} \right)$$

ここに C_e : まぶしい光源がある場合の視標の見かけの対比

C : 視標の本当の対比

B : 視標の本当の輝度

B_u : 目の中に飛び込んでくるまぶしい光源からの光により視野がかすむ程度を示す値 (光幕輝度という)

なお、視標とは見ようとするもの、対比とは見ようとするものを背景と区別するための明暗の比率で、 B_b を背景輝度とすると

$$B < B_b \text{ のとき } C = \frac{B_b - B}{B_b} \times 100$$

で示される。

光幕輝度 (B_v) は次式で示される。

$$B_v = \frac{9.6 \times 10^{-3}}{\pi} \sum_{i=1}^n \frac{G_i \cos \theta_i}{\theta_i^2} \omega_i$$

ここに n : まぶしい光源の数

θ_i : まぶしい光源それぞれの視線に対する角度

G_i : まぶしい光源それぞれの輝度

ω : まぶしい光源それぞれの目に対する大きさ (立体角)

要約すれば、高輝度の、大きな光源が、数多く、視線の近くにあるほど、視標の見かけの対比が少なくなり見えにくくなることを示す。

ところが、視標の対比が少なくても明るさを増加すれば見やすさは同じにできるという理論があり、見やすさを一定にするための対比と明るさ (背景輝度) との相関が図 12. のように示されている⁽¹⁴⁾。これを利用すると、まぶしさのために悪くなった対比を補うために、何倍の照度が必要か知ることができる。これに基づいて標準的な条件で当社従来品による施設についてランプからの直射グレアによる影響を防止するための照度比を求めると、40ワット用で1.6倍、110ワット用で1.5倍となる。逆の見方をすれば、ランプからの直射グレアのないこの開発品は、この点で従来品の1.6倍、1.5倍の照明効果があるといえる。

5.3 上方光による環境改善

これは単純に、上方光がほとんどない従来品は同様の環境を作るためにその分の照明器具を上向きに取付けると考える。もっとも天井方向に放出した光も天井面で反射して作業面を明るくするので、そ

のために50%が利用できる見なすと、下方光に対し10%の上方光を得るために従来品では5%余分の器具が必要となる。逆に、この開発品はこの点でもプラス5%の価値があるといえる。

5.4 換気による汚れ防止効果

これは4.2節で得た値から $(0.65/0.6=1.08)$ プラス8%の価値と見なす。

5.5 ランプ管壁温度の低下による効率維持

夏期、冬期により周囲温度が大幅に変わるだろうし、温度調節をしているか否かでも違うが、周囲温度25℃とした場合、管壁温度は45℃前後となり、この付近で1℃低温になると光出力は1.5%以上上昇するから、110ワット用では4degだからプラス6%、40ワット用で1.5degだからプラス2.5%の価値になる。

5.6 総合評価

このほかランプや電気部品の過熱防止効果、保守の際の取扱いやすさなどもあるが省略して、以上5.1節～5.5節にあげた効果による価値を累積すると、

●40ワット用の場合: $1.05 \times 1.6 \times 1.05 \times 1.08 \times 1.025 = 1.95$

●110ワット用の場合: $1.05 \times 1.5 \times 1.05 \times 1.08 \times 1.06 = 1.89$

明るさを含めずに約2倍の価値が生じている。更に取付け省力化以外の各項については、同等の価値を得るために従来品では増灯が必要となるから、長い償却期間にわたってその間の電力コストまで含めると、この価値はもっと大きな値となる。

6. む す び

工場照明にも当然は正がなされてよい時期と思う。この認識が高まったためか、この開発品についても最近需要が急増してきたことは開発担当者としても喜ばしい限りであるが、最近出版された照明ハンドブックにおいても、工場照明におけるグレアの規制についてはじめて具体的な値が提示されており⁽¹⁵⁾、これを機会に、工場照明の質の改善がすう勢としてとりあげられることを祈ってやまない。

終わりに、この開発品にご理解をいただいて実用試験の場をご提供くださったキャピラー三菱(株)に深謝いたします。

参 考 文 献

- (1) 昭和49年9月30日官報 p. 43
- (2)～(4) 照明学会編:新編照明のデータブック, p. 359, 366, 367 (昭47)
- (5) 照明普及会:照明教室27 新しい工場照明, p. 3, 4 (昭45)
- (6)～(8) IES Lighting Handbook, 5th 14-2, 14-3, 14-4 (1972)
- (9) 坊, 竹山:照学誌, 41, p. 20 (昭32)
- (10) 実用新案登録, No. 995095 (昭48)
- (11) 日本規格協会:JIS Z 9110-1975 p. 2 (昭50)
- (12) 野本, 安, 栗田:昭和42年度照明学会東京支部大会講演論文集, p. 108
- (13) 真辺:照学誌, 48, p. 512 (昭39)
- (14) IES Lighting Handbook, 4th 2-16
- (15) 照明学会編:照明ハンドブック, p. 535 (昭53)

昼光利用照明システム

明道 成*・森本俊一*・狩野雅夫*

1. ま え が き

近年、事務所・工場照明における省エネルギー対策の一環として昼光の利用が注目され、昼間は窓際に取付けられた照明器具を消灯している例が多くみられるが、その場合、点灯消灯の励行が部屋の構成員になかなか徹底しなかったり、それによって引き起こされる照明環境の変化に十分な考慮が払われていないのが現状である。

そこで、部屋に入射する昼光を測定する受光装置を窓際に設置し、この装置からの信号によって照明器具を自動的に点滅させるシステムが考えられた。従来、この種のシステムにおいては、通常、天空からの光を測定し、それをもとに照明器具を点滅させている。しかし、部屋に入射する昼光は天空のほかに地表からのものも存在する。地表からの光は直射日光の有無により大きく変化するが、特に直射日光が存在する場合、部屋の照度に与える影響は大きく、これを考慮して照明器具を点滅させることは、天空だけを考慮する場合に比べてより多くの節電が期待できると考えられる。

本文では、天空及び地表からの光を考慮して自動的に照明器具を点滅させる昼光利用照明システムの開発の概要を述べる。

2. 昼光利用照明の基本的な考え方

作業に必要な照度の分布（以下、基準照度分布という）が図1.の破線で示されるような部屋において、窓から入射した昼光による照度分布（以下、昼光照度分布という）が実線のような場合、人工照明で補う照度は基準照度分布と昼光照度分布の差であるハッチングで示す不足照度の部分である。昼光利用照明の方法はいくつか発表されているが⁽¹⁾、このように、一定の基準照度を必ず満足させるようにする方法は一般に定照度方式と呼ばれている。

図1.において、不足照度を補うための人工照明としては、照明器具Cが点灯しなければならないことは一見して理解できる。しかし、照明器具Bが点灯する必要があるか否かは微妙であり、図1.から判断することは困難である。

この報告の昼光利用システムは時々刻々変化する昼光の輝度を受光装置で測定し、あらかじめ計算されている照明器具の点滅パターンの中から最適なパターンを選択して点滅制御するものであり、図1.の

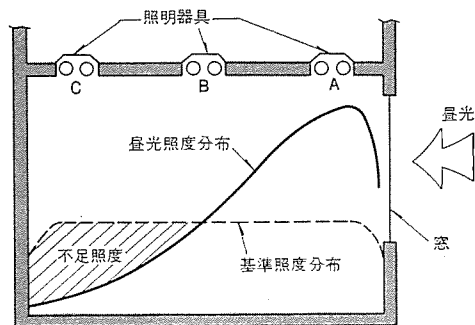


図1. 昼光利用照明の考え方

ような微妙な昼光照度分布の状態においても適正な点滅制御が可能となる。ここで点滅パターンとは、昼光の種々の輝度値に対しての照明器具の点滅状態をあらわすものである。

3. 三菱昼光利用照明システム

三菱昼光利用照明システムは、節電率・点滅パターンを計算する設計プログラムと、受光装置・制御装置・分電盤から成る昼光利用照明制御装置から構成されている。ここで、節電率とは1日のうち昼光利用照明を行う時間帯（例えば、9:00～17:00）において、昼光利用照明を行った場合の照明器具の消費電力と、その時間帯に照明器具を全数点灯した場合の照明器具の消費電力との比（%）を意味する。

3.1 昼光利用照明システム設計プログラム

節電率は照明計画時に昼光利用照明設備の設置が経済的か否かを判断するのに必要な要素であり、そのために、あらかじめ建物の条件などから予測計算をする必要がある。

また、点滅パターンは節電率計算の過程で算出されるもので、実際に昼光利用照明設備を設置するときに制御装置に記憶させておくデータとなる。

節電率・点滅パターンの計算の概略は図2.のフローチャートに示しており、以下これに沿って説明する。

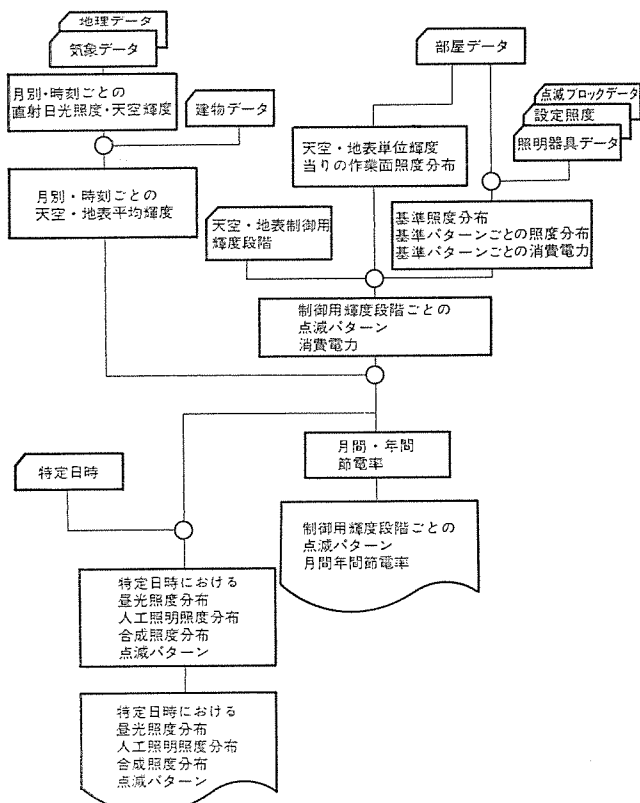


図2. 三菱昼光利用照明システム設計プログラム概略フローチャート

(1) 天空・地表の輝度

室内の昼光による照度は、天空光成分（直射日光を除いた空からの光による成分）と地表光成分（天空光及び直射日光が地表で反射した光による成分）の2成分から成り立っており、直射日光照度と天空輝度はおのれの独立して変化するため、天空・地表の輝度は別々に求めておく必要がある。

(a) 月別・時刻ごとの天空輝度と直射日光照度

地理データ（緯度・経度）から太陽位置を求め、気象データ（月別日照時間・大気透過率など）から天空輝度・直射日光照度を計算する。

(b) 月別・時刻ごとの天空・地表平均輝度

(a)で計算された天空輝度及び直射日光照度と建物データ（計算対象の部屋の建物及び周囲の建物の寸法、相互位置関係を示すデータ）により、計算対象の部屋から見た平均天空輝度・平均地表輝度を計算する。

(2) 点滅パターン

点滅パターンは基準照度分布と昼光度分布を比較して計算する。昼光照度分布は任意の天空・地表輝度ごとに計算する方法では計算量が膨大となるので、天空・地表が単位輝度のときの天空・地表による昼光照度分布をおのれの計算しておき、任意の輝度のときの昼光照度分布は単位輝度のときの昼光照度分布をもとに計算される。

(a) 天空・地表単位輝度当たりの作業面昼光照度分布

部屋データ（間口・奥行・高さ・反射率・窓寸法など）から窓を通して見える天空及び地表が、単位輝度であるときの作業面昼光照度分布を計算する。なお、この計算は、天空光や地表光が壁・天井面で反射して作業面に入射する照度（間接照度）として、壁・天井面における入射光の分布を考慮して行われている。

(b) 基準照度分布・基準パターンにおける照度分布と消費電力

照明器具データ（配光・光束・保守率・1台あたりの消費電力など）、設定照度（作業に必要な照度の平均値で設計照度を用いる）、点滅ブロックデータ（照明器具配置、器具が所属するブロック番号など）の各データから、基準照度分布及び基準パターンにおける照度分布と消費電力を計算する。

ここで、点滅ブロックとは、部屋の用途などから同時に点滅させたい照明器具の集合を意味し、計算上は1台の照明器具として取扱っている。また、各ブロックの点滅状態を種々組合せたものを基準パターンと呼び、組合せごとにパターン番号がつけられている。

いま、点滅ブロックの数を N 個とすると、基準パターンの数は全ブロック点灯・全ブロック消灯を含めて最大 $2N$ 個となる。

(c) 点滅パターン・消費電力

天空・地表制御用輝度段階（昼光利用照明制御装置が、受光装置の観測した天空・地表輝度値から、点滅パターンを選択するための比較用のしきい値）と、単位輝度あたりの作業面昼光照度分布から、各輝度段階ごとの昼光照度分布を求め、それを(b)で求めた基準照度分布と比較して不足照度を算出する。次に、不足照度と基準パターンの照度分布を比較し、不

足照度を満足する基準パターンの中から最も消費電力の少ないものを、その輝度段階における点滅パターンと決定する（消費電力も同時に求める）。

(3) 節電率の計算

(1)で求めた月別・時刻ごとの天空・地表平均輝度を(2)の輝度段階にあてはめることにより、月別・時刻ごとの点滅パターンを求めて節電率を計算する。

(4) 特定日時の昼光・人工光・合成照度分布と点滅パターン

このプログラムでは、特定日時のデータから、(1)によって天空・地表の平均輝度を算出し、(2)で求めた点滅パターンから、このシステムにより制御された特定日時の昼光・人工光・昼光人工光合成照度分布も計算可能としている。

3.2 昼光利用照明制御装置

昼光利用照明制御装置は図3に示すように、室内に入射する光量を測定して電気信号に変換する受光装置、受光装置からの信号を照明器具の点滅信号に変える制御装置、制御装置からの信号によって照明器具を点滅する電磁開閉器などを収納している分電盤、より構成されている。

(1) 受光装置

受光装置は屋外からの光を測定し、電気信号に変換する受光素子（シリコンホトダイオード）と受光素子からの信号を増幅する増幅回路より構成されており、受光装置には、これら受光素子と増幅回路を組合せた回路が2個収納されている。そして、1個の受光素子では天空輝度を、また他の1個で地表の輝度を測定し、それぞれの信号を増幅して制御装置に送っている。

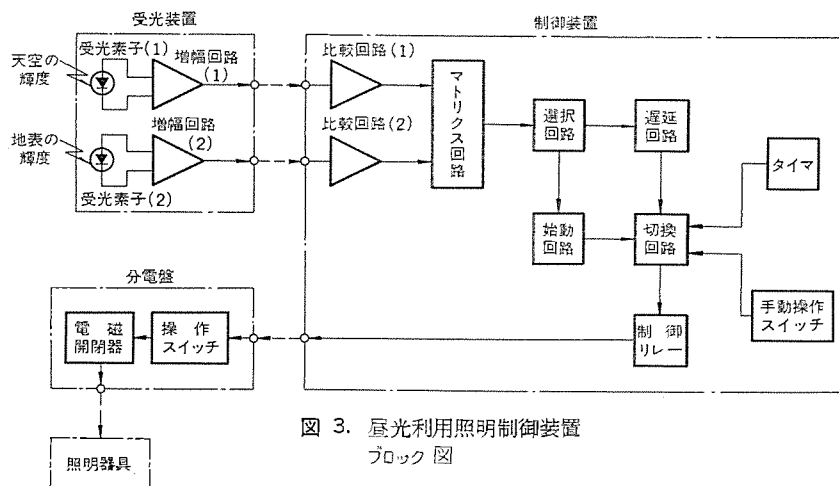


図3. 昼光利用照明制御装置
ブロック図

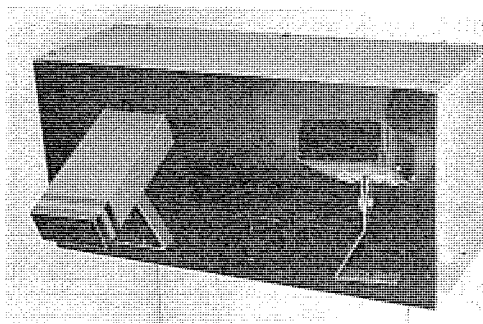


図4. 受光装置

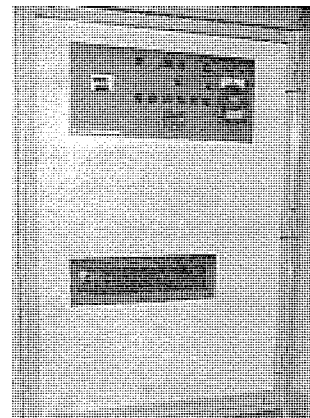


図5. 制御装置

(2) 制御装置

受光装置から送られてきた信号は、それぞれ比較回路に印加される。比較回路では、この信号の値と、あらかじめ算出され設定された、照明器具の点滅状態を選択するための天空・地表輝度に対応する値が比較され、その出力がデジタル信号に変換される。比較回路は天空輝度用と地表輝度用に分かれており、回路数は点滅ブロックを決定するための天空輝度と地表輝度の分割数の和となる。例えば、天空の輝度を5段階、地表の輝度を4段階に分割すると仮定すれば、比較回路は9回路必要となる。これら比較回路の出力はマトリクス回路に印加されるが、マトリクス回路では、天空の輝度に相当する比較回路の出力と地表の輝度に相当する比較回路の出力をそれぞれ検出し、その状態に応じて出力にデジタル信号を発生させる。天空の輝度を5段階、地表の輝度を4段階に分割すると、その組合せ（点滅パターン）は20個となる。この20個のパターンで照明器具を点滅させることも可能であるが、回路が複雑となる上に配線費用も高くなるため、マトリクス回路の出力信号を選択回路に印加し、選択回路で実際に照明器具を点滅させるブロックにまとめるようにしている。選択回路の出力信号は遅延回路に印加されるが、遅延回路では選択回路からの信号を一定時間遅延させ、外光の変化が激しくて選択回路の出力信号がひんぱんに変化しても、比較的照明器具の点滅回数が少なくなるようにしている。なお、この遅延回路はただ単に選択回路からの信号を遅らせるのではなく、選択回路の出力が変化してから決められた一定時間経過後に選択回路の出力の状態を検出し、この状態に応じて遅延回路の出力を変えるか否かの動作をするようになっている。一方、選択回路の出力は始動回路にも印加されるようになっているが、始動回路は電源を投入した時又は停電して電源が復帰した時だけ動作するようになっている。外光の変化が激しい場合でも、照明器具の点滅ひん度を極力少なくするためには遅延回路の遅延時間を長くすればよいが、遅延時間が長いと、電源を投入しても照明器具が点灯するまでに時間がかかってしまう欠点がある。このため、電源投入後の一定時間は遅延回路を短絡させて始動回路を動作させるようにしており、この回路を設けることにより、電源投入後の一定時間は選択回路の出力に応じた動作をすることになる。遅延回路及び始動回路の出力は切換回路に印加され、制御リレーの開閉動作を行わせるようになっている。

制御装置にはこの外にタイマが内蔵されており、あらかじめ点滅時間が設定できるようになっている。このタイマを利用することにより例えば朝8時から夕方5時までタイマを動作させ、その間屋光

利用照明制御装置を動作させ、夕方5時から朝8時まででは電源をしゃ断するなどの使用も可能である。またタイマに1週間タイマを使用すれば、プログラムの設定にもとづいた1週間の制御が可能となる。

(3) 分電盤

分電盤には照明器具を開閉させる電磁開閉器及び操作スイッチ（自動操作・手動操作の切換スイッチ）が内蔵されており、制御装置からの信号によって照明器具を点滅させる。この分電盤は照明の各区分（例えば部屋とか階）ごとに設けるが、回路数が少ない場合には制御装置に組込むことも可能である。

4. 計算例

図6. に示す部屋を想定して昼光利用照明の設計を行ったので、以下その結果について述べる。

4.1 入力データ

(1) 部屋データ・建物データ

部屋の仕様は図6. に示すとおりであり、この部屋は25m×32.5m高さ17.5mの5階建の建物の3階に位置し、窓は北向きとした。

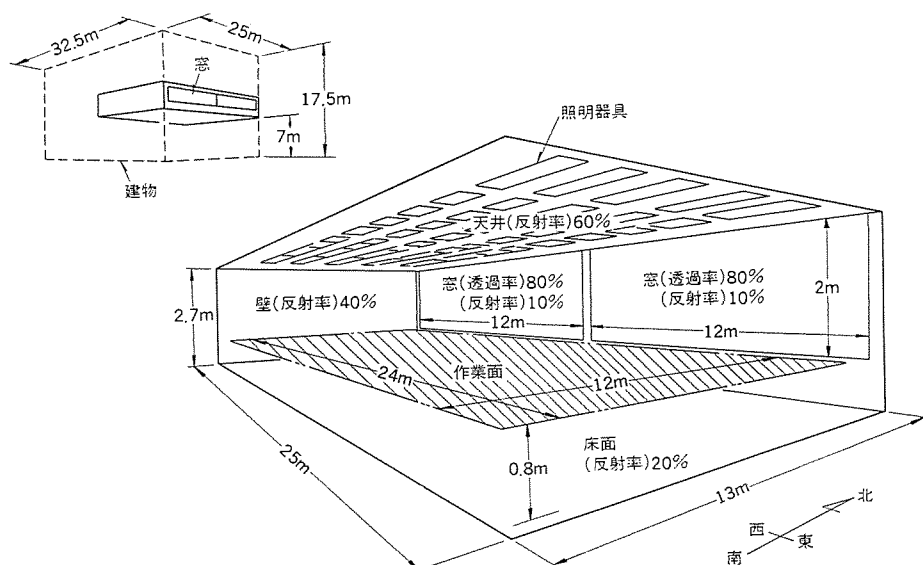


図6. 部屋データ

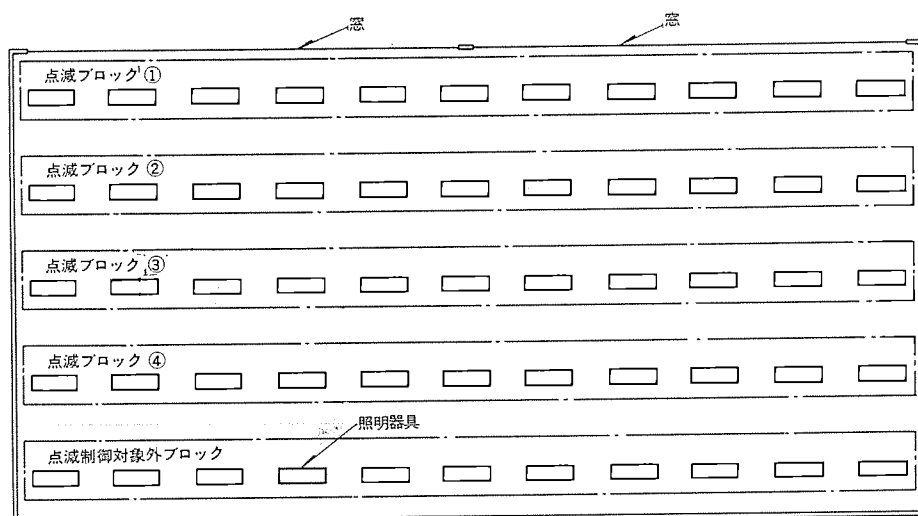


図7. 点滅ブロックデータ

また、周囲にほかの建物はなしとし、
地表反射率は0.25とした。

(2) 照明器具データ

照明器具： 埋込下面開放40W 3灯
用けい光灯具具
FB-4633 S・R

ランプ： ラピッドスタート 形けい光
ランプ
FLR 40 SW×3 (ランプ
光束 3,150lm×3)

保守率： 0.7

消費電力： 0.15 kW/h

(3) 設定照度 750 lx

(4) 点滅ブロックデータ

照明器具配置は図7.に示すとおり間
口方向11台、奥行方向5台、計55台
であり、ブロック番号①～④の4個の点

滅ブロックと、1個の制御対象外ブロッ

クに各11台ずつ割当てた。この場合、基準パターンは $2^4=16$ 個考え
られ、その内訳を表1.に示す。

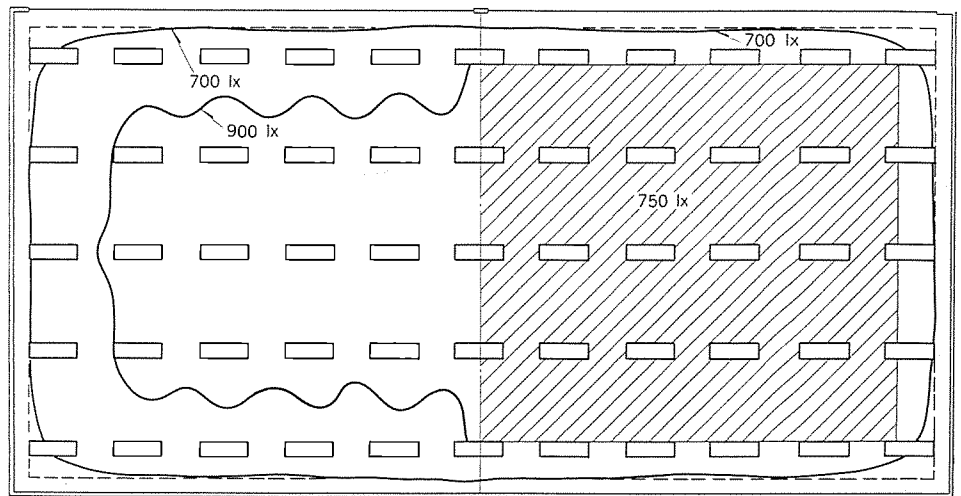
(5) 地理データ・気象データ⁽²⁾

この計算に用いた部屋の所在地を神奈川県横浜市(北緯35.43°, 東
経139.65°)とした。気象データとしては、東京天文台編理科年表よ
り横浜の月別日照時間、大気透過率などを入力し、昼光利用照明を
行う時間帯を9:00~17:00とした。

(6) 天空・地表制御用輝度段階 (cd/m²)

天空輝度 0 2,000 4,000 6,000 8,000 10,000
地表輝度 0 2,000 4,000 6,000 8,000

(7) 特定日時の照度分布計算のためのデータとして、9月20日9



人工照明照度分布 (昼光なし、全数点灯時)
平均照度 890 lx
最大照度 1050 lx
最小照度 504 lx

基準照度分布
平均照度 740 lx
最大照度 750 lx
最小照度 504 lx

図8. 人工照明照度分布、基準照度分布

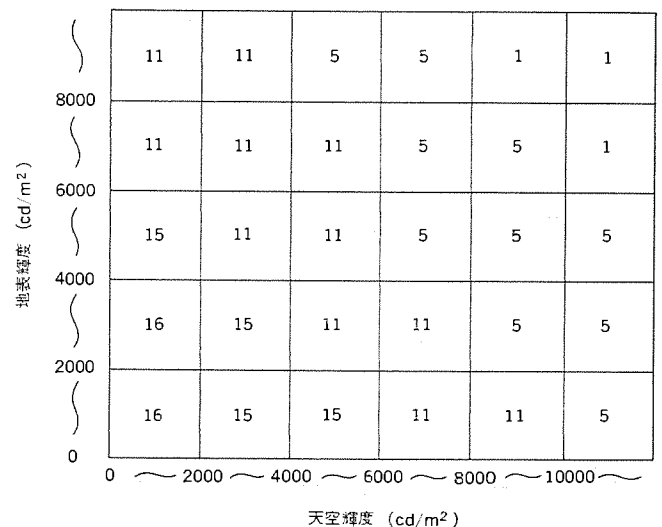


図9. 点滅パターン

表1. 基準パターン

パターン 番号	ブロック番号			
	①	②	③	④
1	OFF	OFF	OFF	OFF
2	ON	OFF	OFF	OFF
3	OFF	ON	OFF	OFF
4	OFF	OFF	ON	OFF
5	OFF	OFF	OFF	ON
6	ON	ON	OFF	OFF
7	ON	OFF	ON	OFF
8	ON	OFF	OFF	ON
9	OFF	ON	ON	OFF
10	OFF	ON	OFF	ON
11	OFF	OFF	ON	ON
12	ON	ON	ON	OFF
13	ON	ON	OFF	ON
14	ON	OFF	ON	ON
15	OFF	ON	ON	ON
16	ON	ON	ON	ON

: 30, 直射日光ありの場合を想定した。

4.2 計算結果

(1) 人工照明照度分布・基準照度分布

図8.において、人工照明照度分布・基準照度分布とも左右対称と
なるため、2つの分布を便宜上1つの図面に描いている。基準照度
分布は人工照明照度分布を設定照度(この場合は750 lx)でクリップ
させた分布である。

(2) 点滅パターン

図9.は実際の照明器具の点滅制御において、測定された天空及び
地表輝度に対する点滅パターンを示す。図中の1~16の番号は表1.
におけるパターン番号に対応している。

例えば、天空輝度5,000 cd/m²・地表輝度3,000 cd/m²と観測され
た場合、図9.より点滅パターンはパターン番号11となり、これは表
1.より、

点滅ブロック番号 ① ② ③ ④
点滅状態 OFF OFF ON ON

となり、図7.より窓側の2列を消灯すればよいことが分かる。

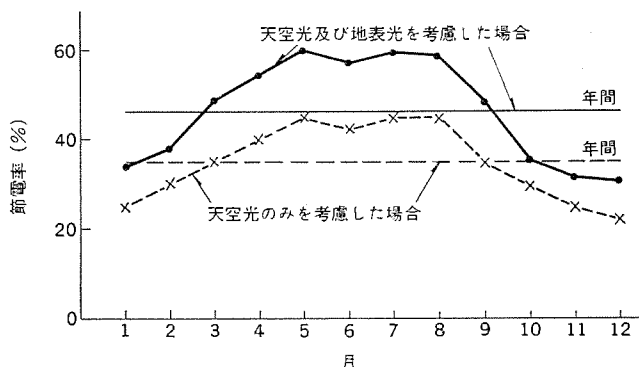


図 10. 月間・年間節電率

(3) 節電率

図 10. はこの計算例における月間の節電率の変化及び年間の節電率をあらわす。図中、実線は天空光及び地表光を考慮した場合、破線は天空光のみを考慮して地表光は無視した場合を示す。この図から明らかなように、天空光及び地表光を考慮した場合は天空光のみを考慮した場合に比べて月間で 6～15%、年間で 12% 節電率が上昇することが分かる。

(4) 特定日時照度分布

図 11. (a) は天空光及び地表光を考慮した場合、図 11. (b) は天空光のみを考慮し、地表光は無視した場合の昼光人工光合成照度分布を示し、各図とも照度分布は左右対称となるため、右方にはその

ときの昼光照度分布を描いている。このときの平均天空輝度は $7,693 \text{ cd/m}^2$ 、平均地表輝度は $6,844 \text{ cd/m}^2$ であり、点滅パターンは図 9. よりパターン番号 5 であることが分かる。図 11. (a) (b) の昼光人工光合成照度分布を比較すると、図 11. (b) の場合は地表光を考慮していないため、必要以上の照度に点滅パターンが選択されている状態が分かる。

5. む す び

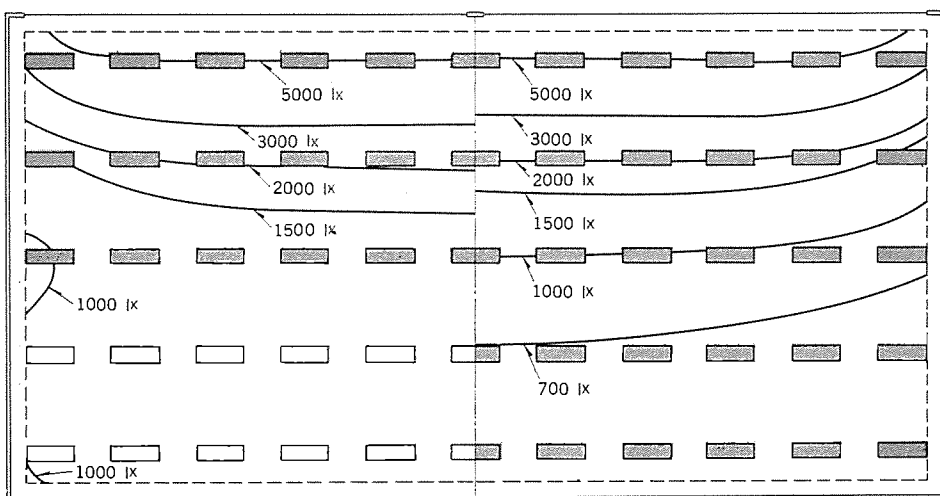
定照度方式の昼光利用照明システムでは、天空だけでなく、直射日光が反射した地表からの光も考慮する方式が、より経済的であると結論できる。(この報告の計算例では、天空光のみを考慮した場合の節電率 35% に対し、地表光も考慮した場合には 47% にもなる。)

今後更に省エネルギー効果を上げるためには、昼光利用照明に最も適した照明器具を開発したり、部屋に直接入射する直射日光を効率的に利用する方法を見いだす必要があると考えられる。

なお、昼光利用照明制御装置には、この報告の装置以外に、点滅回路数を少なくした簡易形装置も開発されている。(昭和 53-7-5 受付)

参 考 文 献

- (1) 田淵ほか：省エネルギーを考えた昼間人工照明の効果的な制御方式、電気と工事、昭 51 年 8 月号、49
- (2) 東京天文台編：理科年表

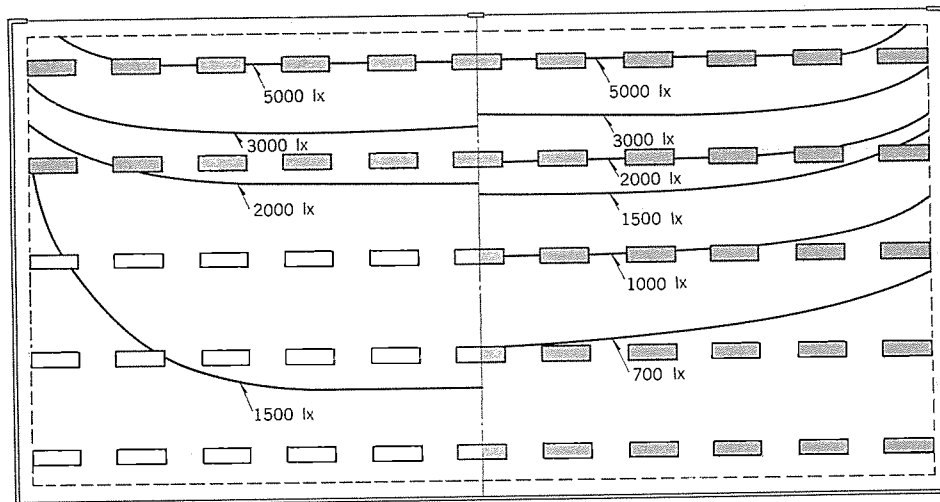


昼光人工光合成照度分布
平均照度 2030 lx
最大照度 6895 lx
最小照度 945 lx

昼光照度分布
平均照度 1684 lx
最大照度 6832 lx
最小照度 524 lx

点灯
消灯

図 11. (a) 天空光及び地表光を考慮した場合の照度分布



昼光人工光合成照度分布
平均照度 2229 lx
最大照度 6938 lx
最小照度 996 lx

昼光照度分布
平均照度 1684 lx
最大照度 6832 lx
最小照度 524 lx

点灯
消灯

図 11. (b) 天空光のみを考慮した場合の照度分布

HIDランプ用新電子放射物質の開発

渡部 勁二*・斉藤 正人*・福山 敬二*・土橋 理博*

1. ま え が き

高圧水銀ランプ・メタルハライドランプ及び高圧ナトリウムランプを総称してHIDランプ (High Intensity Discharge Lamp) という。HIDランプは、従来から道路・公園・広場・スポーツ体育施設・高天井の工場などに使われていたが、このランプがコンパクトでしかも高効率であることから、最近の省エネルギー・省資源の要求に応じて、オフィスビル・市庁舎・百貨店・商店などの屋内照明にも広く使われてきている。

この種のランプの寿命は、おもに電極によって決まる。電極のいかなる変化によって寿命に至るかは、後述のように複雑であるが、ランプの種類によっていろいろの電極構造・電子放射物質が使われ、ランプの特性安定化に寄与している。水銀ランプでは、例えば図1.に示す構造の電極に、バリウム・ストロンチウム・カルシウムなどのアルカリ土類金属酸化物に酸化トリウムを混合した電子放射物質が塗布されている。酸化トリウムは放射性物質であり、その取扱いに十分な管理を要するので、最近、酸化トリウムを含まない電子放射物質が発表されている^{(1)~(3)}。メタルハライドランプでは、発光管に封入する金属によってさまざまな発光が得られるので、商品化されているランプも多岐にわたっている。このランプには、反応しやすい金属ハロゲン化物が封入されているため、水銀ランプに使われているバリウム・ストロンチウム・カルシウムなどのアルカリ土類金属酸化物からなる電子放射物質は、上記金属ハロゲン化物と反応するので使用できず、一般にトリウムあるいは酸化トリウムが用いられる。発光物質として、ジスプロシウムとタリウムのような化合物を封入した当社メタルハライドランプ (商品名BOCランプ) では、電子放射物質として一般的な酸化トリウムの使用では満足な特性が得られず、酸化ジスプロシウムという希土類酸化物を使用することにより、同ランプの特性安定化に成功した⁽⁴⁾⁽⁵⁾。高圧ナトリウムランプでは通常、水銀ランプと同種の電極が用いられる。

HIDランプの電極においては、現在もなおランプ特性の安定化・長寿命化・製作の容易さ等多くの課題があり、各方面で研究開発が進められている。本報では、水銀ランプなどのHIDランプ用に新しく開発した、酸化トリウムを含まない電子放射物質の特性とその開発の基礎となる電極劣化の機構について述べる。

2. 電極劣化機構

水銀ランプの電極に、初めて酸化バリウムを主体とする電子放射物質が使われたのは1960年ころである⁽⁶⁾。その後、種々の改良研究がなされてきたが、ランプ点灯中に電極がどのような過程を経て劣化するのかはいまだ明らかでない。これはアーク放電の電極動作解析がむずかしいことによるが、筆者らは最近の進歩した測定技術を駆使して逐次基礎データを集め、その解明を行っている。以下に電極劣化機構を定性的にまとめる。

図1.の上図に、一般的な水銀ランプの電極の構成を示す。これはタングステンの心線にタングステンのコイルを2層に巻き、酸化バリウムなどの電子放射物質をコイル表面あるいはその間げき (隙) に塗布した

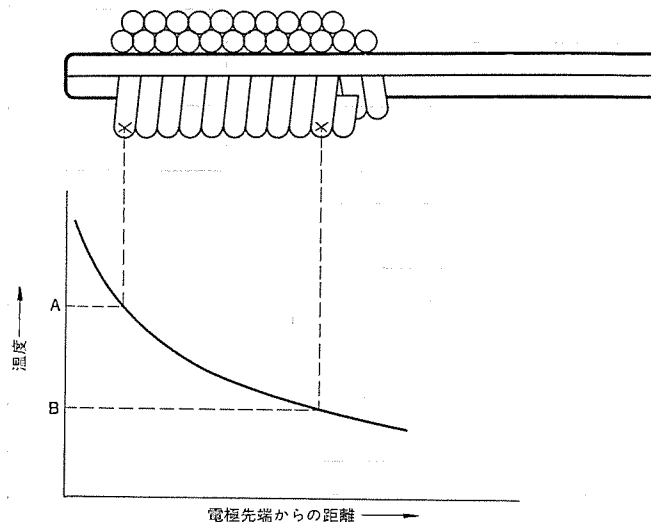
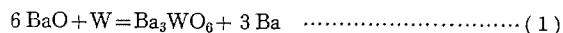


図1. 水銀ランプ用電極とその温度分布
上図：電極構成を示す図
下図：ランプ点灯中の電極温度分布

後、高温で加熱処理を行ってコイルに固着したもので、これを発光管の両端に封止してランプを製作する。

ランプを点灯すると、アークスポットが心線先端に形成され (しばしばダブルスポットとなり、カソードスポットはコイルに、アノードスポットは心線先端にできる)、電極は図1.の下図に示すような温度分布になる。図のA点・B点の温度は、電極の大きさ・電子放射物質の種類・ランプの電流値などによって異なるが、1.2φの心線に0.6φのコイルを巻いた400W水銀ランプ電極の場合、A点で1,350~1,500°C、B点で1,100~1,250°Cである。コイルに塗布した酸化バリウムは、このような温度で



の反応によって活性バリウムな原子を生成する。このバリウムが心線先端に拡散移動してタングステン表面を被覆する結果、心線先端の仕事関数が小さくなって電子放出が容易になる。一方、心線先端に付着したバリウムは、先端温度に依存した速度で蒸発し、発光管の壁に付着する。上記バリウムの生成が過剰であると、発光管管壁への付着が大きくなり、管壁が黒化してランプの光束が減衰する。逆に、バリウムの生成が少ないと、心線先端の電子放出がわるく、先端温度が高くなる。その結果もまた、タングステンの蒸発が大きくなって発光管の黒化に進展する。

ランプの寿命を、ここではランプが点灯しなくなるまでの合計点灯時間、若しくは全光束が初光束の70%まで下がるまでの合計点灯時間で定義すると、水銀ランプの不点や光束劣化の原因の大部分は電極に関係しているので、ランプの寿命はほとんど電極の性能に依存する。図2.に電極の損耗要因とそれによって不点、光束劣化にいたる過程を示す。この図では、電極損耗の要因を①電子放射物質のはく(剝)離・熱蒸発・スパッタリングなどによる電子放射物質の消耗

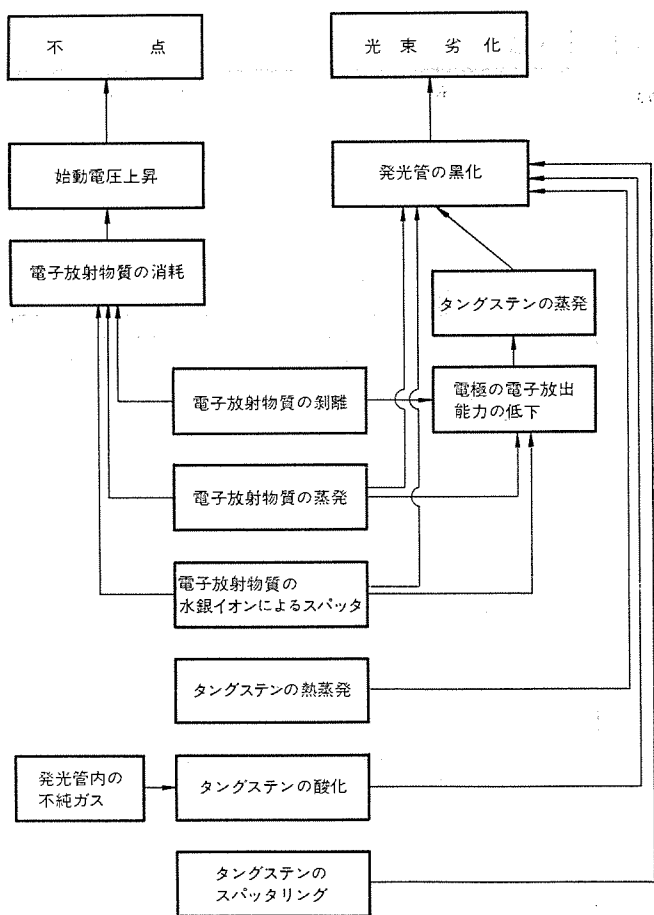


図 2. 電極損耗要因とそれによるランプ寿命への過程

電子放射能力の低下、②電極心線材料であるタングステンの熱蒸発、発光管内の不純ガス中の酸素によるタングステンの酸化、水銀イオンによるタングステンのスパッタリング、などに分けて示してある。このなかで主要な劣化過程は上記①である。この剥離・蒸発・スパッタリングのそれぞれによる電子放射物質消耗の割合は明らかでないが、Waymouth はけい光ランプの電極における電子放射物質の蒸発とスパッタリングによる消耗量を推算し、連続点灯の場合、蒸発による消耗がスパッタリングによる消耗に比べて1けた以上大きいと報告している⁽⁷⁾。水銀ランプの陰極降下電圧は、けい光ランプと同様、10 V 前後であるので、スパッタリング率が小さく、これによる消耗は無視できるであろう。

また、筆者らは蒸発速度の異なる電子放射物質を水銀ランプの電極に用いて点灯試験を行い、蒸発速度の差がランプの光束劣化に影響することを明らかにした⁽⁸⁾。したがって、長寿命ランプには電極からの脱落が少なく、かつ熱蒸発の小さい電子放射物質が望ましいが、蒸発が小さくなると、通常、式(1)で示したバリウムの生成が少なくなり、そのため電極先端の仕事関数が大きくなるので、最適な蒸発速度の範囲がある。

3. 新電子放射物質の選定

電子放射物質の性質が、ランプの寿命に大きく影響することを上記で述べたが、以下では、新しく開発した酸化トリウムを含まない電子放射物質について、その耐熱性及び接着性を検討して物質を選定した経緯を述べる。

3.1 電子放射物質の耐熱性

水銀ランプの電子放射物質は、一般にバリウムなどのアルカリ土類金属酸化物と酸化トリウム・酸化アルミニウム・酸化ジルコニウム・酸化けい素などの耐熱酸化物との混合物である。このような混合物の耐熱性をよくするためには、通常、耐熱酸化物の混合割合をふやすことが行われるが、これを行うと電極に塗布される酸化バリウムの量が相対的に減少するので、ランプの寿命に影響する。

筆者らは観点を換え、バリウムの化合物を耐熱性のものにし、バリウムタングステート (Ba_3WO_6) に注目した。この物質では酸化バリウム (BaO) より蒸発速度が小さいと報告されている⁽⁹⁾。 Ba_3WO_6 を基本形とし、これに種々の量のストロンチウム及びカルシウムを添加したタングステートにつき熱電子放射特性及び蒸発特性を検討し、最終的に $\text{Ba}_{1.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CaWO}_6$ なる化学式のタングステートを母体として選定した。

図 3. にタングステン板に塗布したこのタングステートからのバリウム蒸発特性を示す。この測定は Becker 法で行い⁽⁶⁾、横軸は温度の逆数で、縦軸は蒸発速度 $m(\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{s})$ の常用対数でプロットしてある。これと比較のため、従来から電子管に使われている BaO 、 SrO 及び CaO の混合物を塗布した酸化物陰極⁽¹⁰⁾の蒸発速度も同図に示すが、

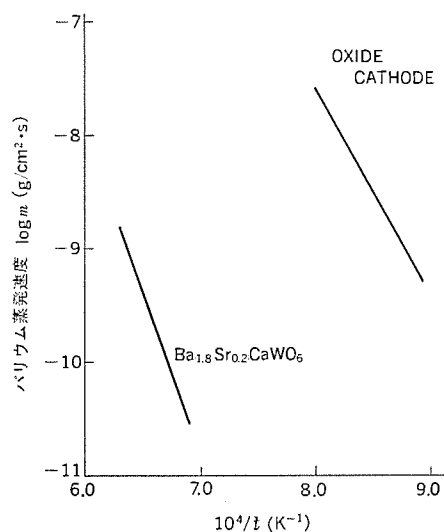


図 3. $\text{Ba}_{1.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CaWO}_6$ と他の電子放射物質の蒸発速度の比較

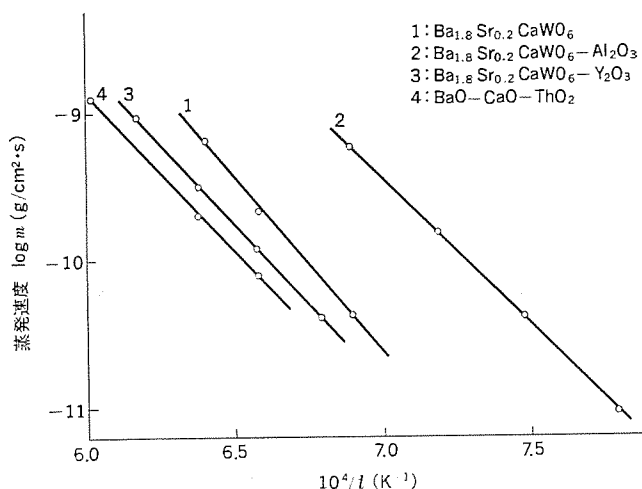


図 4. 各種電子放射物質の蒸発速度の比較

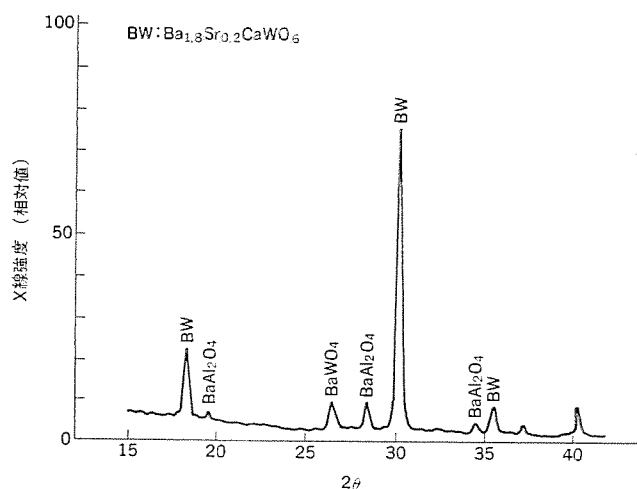


図 5. $\text{Ba}_{1.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CaWO}_6\text{-Al}_2\text{O}_3$ 系電子放射物質の X 線回折図 (Cu- $\text{K}\alpha$)

$\text{Ba}_{1.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CaWO}_6$ の蒸発速度は、 $\text{BaO} \cdot \text{SrO}$ 及び CaO の混合物よりかなり小さく、この結果からもタングステートの耐熱性が確かめられた。しかし、このタングステートのみを電極に塗布し、これを水銀ランプに用いて試験した場合、発光管の黒化が発生した。これは上記タングステートだけでは、若干耐熱性が不足しているためと考えられたので、更に耐熱性をよくするため酸化アルミニウム (Al_2O_3) や酸化イットリウム (Y_2O_3) の混合を検討した。

図 4. に、タングステートとそれに Al_2O_3 や Y_2O_3 を混合した物質及び従来から水銀ランプに用いられている BaO-CaO-ThO_2 系物質の蒸発速度の比較を示す。図から、タングステートに Y_2O_3 を加えた物質は、タングステートだけより蒸発速度が減少し、その値は従来の BaO-CaO-ThO_2 系物質の蒸発速度にほぼ近いことが判明した。したがって、タングステートに Y_2O_3 を加えた物質の耐熱性は実用的であると考えられる。 Al_2O_3 を混合した場合、タングステートだけより蒸発速度が大きくなった。

図 5. にこの物質の X 線回折の結果を示すが、タングステートとともにバリウムアルミネート (BaAl_2O_4) が検出されている。これらの化合物からのバリウム生成の難易を熱化学データを用いて検討した結果、 BaAl_2O_4 はタングステートに比べてバリウムを生成しやすいことが判明した⁽⁸⁾。したがって、 Al_2O_3 を混合した物質の蒸発速度が大きくなったのは、タングステートと Al_2O_3 が反応して BaAl_2O_4 を生成したためといえる。一方、 Y_2O_3 を混合した場合、X 線回折図にはタングステートと Y_2O_3 のピークがあらわれ、他の反応物は検出されなかった。

3. 2 電子放射物質の接着性

電子放射物質は、これにニトロセルロースラックと酢酸ブチルを混ぜてペースト状にし、図 1. のような電極のコイル部分に塗布される。この後、高温加熱処理を施してこれをコイル部分へ強く接着させ、ランプ寿命中、機械的・熱的衝撃でコイルから脱落しないようにする。この加熱は電子放射物質の融点以上の温度で行われる。

$\text{Ba}_{1.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CaWO}_6$ 粉末をペレット状にし、これをタングステンヒータの上のせて加熱すると、約 $1,900^\circ\text{C}$ で熔融した。 Ba_3WO_6 の融点は $1,790 \pm 20^\circ\text{C}$ と報告されており⁽¹¹⁾、上記測定温度は妥当な値であろう。一方、 Y_2O_3 の融点は $2,410^\circ\text{C}$ であるので、 $\text{Ba}_{1.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CaWO}_6\text{-Y}_2\text{O}_3$ 系の物質を融かすには少なくとも $1,900^\circ\text{C}$ を必要とし、電極コイルに十分強固に接着させるためにはそれ以上の温度が望ましい。

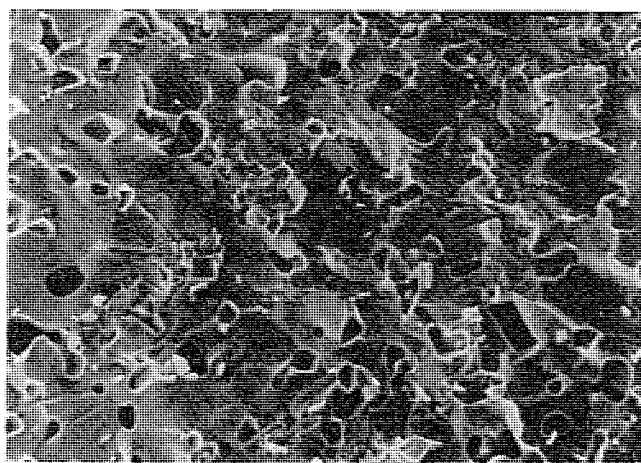


図 6. $\text{Ba}_{1.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CaWO}_6\text{-Y}_2\text{O}_3$ 系物質のシッター後の走査形電子顕微鏡写真



図 7. $\text{Ba}_{1.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CaWO}_6\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-BeO}$ 系物質のシッター後の走査形電子顕微鏡写真

このような高温加熱装置をつくることは可能であるが、高価格になり、また生産性がわるい面がある。

接着性をよくするため、しばしば酸化けい素 (SiO_2) が添加される。 SiO_2 の融点は $1,610^\circ\text{C}$ と低く、その網目構造のためタングステンコイルとの接着がよい。しかし、 SiO_2 はタングステートと反応して BaSiO_3 などのけい酸塩をつくり、蒸発しやすくなるので使用できない。

筆者らは、周期律表でバリウムと同族のベリリウム (BeO) の酸化物 (BeO) が優れた性質を持つことに注目した。すなわち、その 1 つはバリウムと同族であるので、タングステートとの反応性が弱いこと、その 2 つは Y_2O_3 と固溶体をつくり、融点が下がることである。

図 6.、図 7. は、それぞれ $\text{Ba}_{1.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CaWO}_6\text{-Y}_2\text{O}_3$ 系及び $\text{Ba}_{1.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CaWO}_6\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-BeO}$ 系物質を $1,800^\circ\text{C}$ で加熱し、そのシッター後の状態を走査形電子顕微鏡で観察したものである。後者の物質は上記温度で十分に融けているが、前者の Y_2O_3 のみを混合した物質では、粉末粒子間の凝着は進行しているが、まだ空隙が存在する。図 8. は、 $\text{Ba}_{1.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CaWO}_6\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-BeO}$ 系物質を図 1. の電極に塗布したものとそれを $1,800^\circ\text{C}$ でシッターした状態の写真である。シッターによって電子放射物質がタングステンコイルに十分よく接着し、BeO 添加の効果があらわれている。この結果から、 $\text{Ba}_{1.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CaWO}_6\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-BeO}$ 系物質を新電子放射物質として選定した。

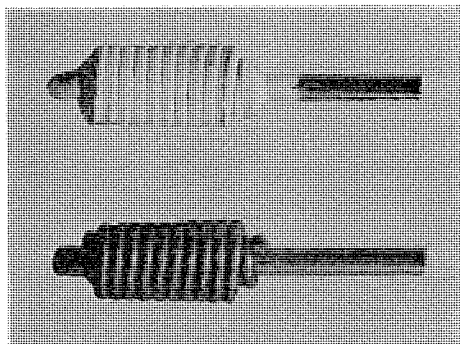


図 8. 新電子放射物質を用いた水銀ランプ電極
上段：塗布後のもの
下段：シッター後のもの

4. 新電子放射物質を用いた水銀ランプの特性

$\text{Ba}_{1.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CaWO}_6\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-BeO}$ 系の新電子放射物質を用いた 400 W 水銀ランプの特性を以下に述べる。

4.1 始動特性

常温における初期始動電圧は 110~130 V の範囲にあり、 -10°C では 130~160 V である。始動電圧はランプ点灯時間の経過とともに若干上昇するが、図 9. に示すように、定格連続点灯（5 時間点灯，1 時間消灯）の 12,000 時間では -10°C における始動電圧の上昇は

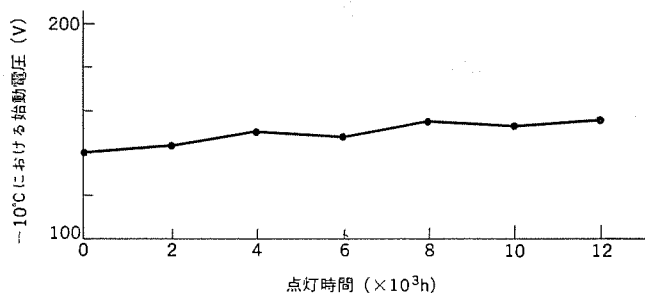


図 9. 新電子放射物質を用いた水銀ランプの -10°C における始動電圧の点灯時間による変化

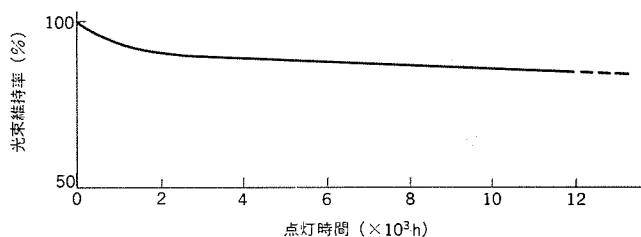


図 10. 新電子放射物質を用いた水銀ランプの光束維持率
(定格連続点灯，5 h 点灯 - 1 h 消灯)

平均 15 V にすぎない。従来の始動電圧上昇は平均 30 V であるので、新物質を用いることにより電圧上昇は半減した。この始動電圧上昇が少ないのは、上記で述べたこの物質の優れた接着性と耐熱性による。

4.2 光束劣化

図 10. に新物質を用いた水銀ランプの連続点灯における光束劣化特性を示す。従来の BaO-CaO-ThO_2 系物質を用いたランプの 12,000 時間点灯後の光束維持率が約 80% であるので、新物質を用いたランプは光束維持率の点でも従来より優れている。

5. む す び

水銀ランプ・高圧ナトリウムランプなどの HID ランプ用に新電子放射物質を開発した。この物質の特長は酸化トリウムを使っていないこと、従来の酸化バリウムより耐熱性のよいバリウムのタングステートを主体としていること、及び酸化イットリウムと酸化ベリリウムを混合して耐熱性と電極コイルへの接着性をより一層改善したことである。この新物質を用いた水銀ランプの初期始動電圧は、 -10°C においても平均 140 V で十分低く、また、12,000 時間点灯しても始動電圧の上昇は小さい。光束維持率は 12,000 時間点灯後で約 85% である。以上のように、この物質は、放射性物質であるゆえ管理上問題がある酸化トリウムを含まない上に、従来よりも優れた特性を有するので、今後 HID ランプに広く用いられるであろう。

最後に、この研究に終始ご指導・ご協力をいただいた関係各位のかたがたに深く感謝する。(昭和 53-7-5 受付)

参 考 文 献

- (1) 渡部，斉藤，福山：照明学会全国大会，15 (昭 53 年)
- (2) 清水，光行，小原：照明学会全国大会，13 (昭 52 年)
- (3) Kok, J. L. : N. L. Patent 7,507,356 (June 20, 1975)
- (4) 竹田，土橋，渡部：三菱電機技報，46, No. 4, 407 (昭 47)
- (5) M. Tsuchihashi, K. Watanabe, K. Baba, and M. Saito : The Electrochemical Society, Fall Meeting, Atlanta (1977)
- (6) E. C. Martt, K. Gottschalk, and A. C. Green : Illum. Engr., 55, 260 (1960)
- (7) J. F. Waymouth : Electric Discharge Lamps, The. M. I. T. Press (1971)
- (8) 渡部，斉藤：照明学会雑誌，62, No. 4, 175 (昭 53)
- (9) W. C. Rutledge, E. S. Rittner : J. Appl. Phys. 28, No. 2, 167 (1957)
- (10) M. Koitabashi : MITSUBISHI DENKI LABORATORY REPORTS, 10, 61 (1969)
- (11) E. R. Kreidler : J. Amer. Ceram. Soc., 55, No. 10, 514 (1972)

高圧ナトリウムランプ点灯条件の諸特性への影響

田中紀彦*・山ノ下真理*・鈴木 量*・大谷勝也*・山本広二**

1. ま え が き

近年、高圧ナトリウムランプは省電力光源として注目され、国内でも年30%以上の急速な伸びを示してきているが、年間出荷数量は約4万本(昭和52年)で、まだ高圧水銀ランプの約2%程度にすぎない⁽¹⁾。しかし、省エネルギーを推進することは新しいエネルギーを生み出すことと同義であり、省エネルギー思想が普及して実践の段階に入ったと考えられる現在、高効率光源の代表とも言える高圧ナトリウムランプの更に急速な普及が望まれている。

当社においても「ハイルックス」の商品名のもとに、パルス始動形150W・250W・400W・700W(透明形・拡散形・反射形)、更には低電圧始動形「ハイルックス・L」250W(透明形・拡散形)と機種の充実を行い、用途の拡大を図ってきている。

高圧ナトリウムランプは、従来から広く使用されている高圧水銀ランプに比較して約2倍の高いランプ効率を有する優れた光源であるが、その性能を十分発揮させるためには、点灯条件によって受けるランプ諸特性への影響を考慮する必要がある。本文では、高圧ナトリウムランプの使用に際し、起こり得るいくつかの点灯条件がランプ諸特性に与える影響につき、高圧水銀ランプと比較して述べ、特に、ランプ立消え寿命に対する電源電圧と照明器具の影響並びにランプ始動に対する安定器2次側配線の影響、等について記述する。

2. 高圧ナトリウムランプ

現在、最も高い効率の得られる照明用光源は、低圧ナトリウムランプで

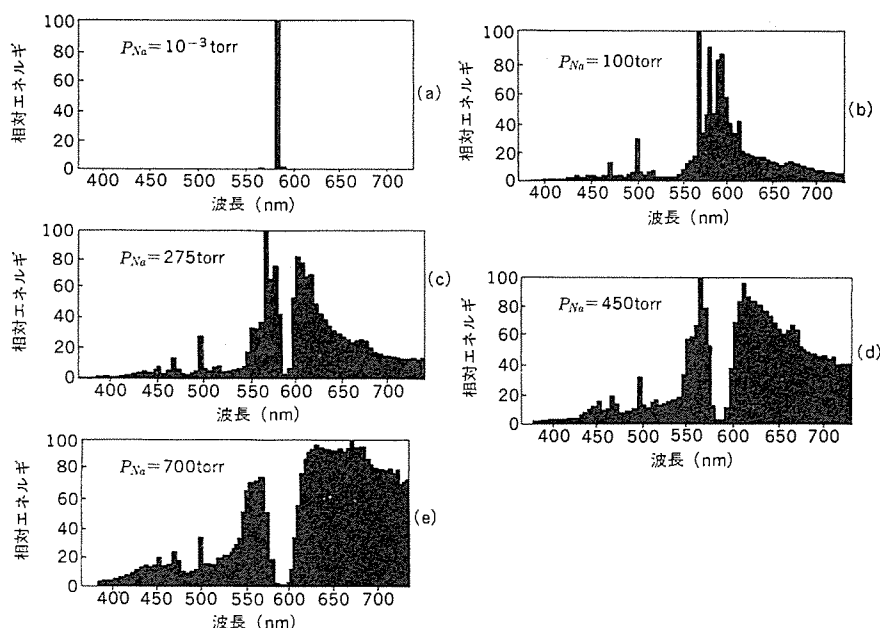


図1. ナトリウム蒸気放電ランプにおけるナトリウム蒸気圧と分光エネルギー分布
(a) 低圧ナトリウムランプ (b) 高圧ナトリウムランプ (c)~(e) 高圧ナトリウムランプにおいて、ナトリウム蒸気圧を増加させた場合の変化 P_{Na} : ナトリウム蒸気圧

あり、175 lm/W (NX 180) が得られている。このランプからの光は、低圧ナトリウム蒸気放電から発生するナトリウムのD線と呼ばれるとう(橙)黄色の単色光であり(図1.(a))⁽²⁾、演色性が極めて悪い。したがって、トンネル・道路等の限られた範囲にしか使用されていない。

高圧ナトリウムランプにおける、高圧化されたナトリウム蒸気放電からの発光は、もはや単色光の輝線スペクトルではなくなり、ナトリウムのD線を基点とする長波長側及び短波長側に広がって、連続スペクトルを形成する。また、放電中の高密度蒸気にナトリウムのD線が吸収されるため、ランプからの光は、D線の放射が抑えられて、図1.(b)~(e)のような分光エネルギー分布を示す⁽²⁾。高圧ナトリウムランプは、このように連続スペクトルを発光するので、演色性は大幅に改善され、照らされた物体の色を十分識別できる。現在実用化されている高圧ナトリウムランプは、図1.(b)に示されるような分光エネルギー分布をもち、125 lm/W (NH 400) の高効率と $Ra=25$ 程度の演色性を有する。

図2. に、高圧ナトリウムランプの構造を示す。このランプでは、高温高圧のナトリウム蒸気に耐えるように、発光管として透光性アルミナ・セラミック管を用いていることが特徴である。

3. 点灯条件のランプ諸特性に及ぼす影響

放電ランプが実際に使用される場合の点灯条件は、電源電圧・照明器具・安定器・配線状態・周囲温度、等の組合せによって種々異なり、これらの点灯条件のランプ諸特性に及ぼす影響の大きさ、ランプの種類によっても変わる。

放電ランプの諸特性を決める大きな要因は、ランプ点灯中の放電媒体の蒸気圧である。高圧水銀ランプでは、放電媒体として封入されている水銀は、ランプ点灯中には全量蒸発しており、点灯中の発光管温度の変動による蒸気

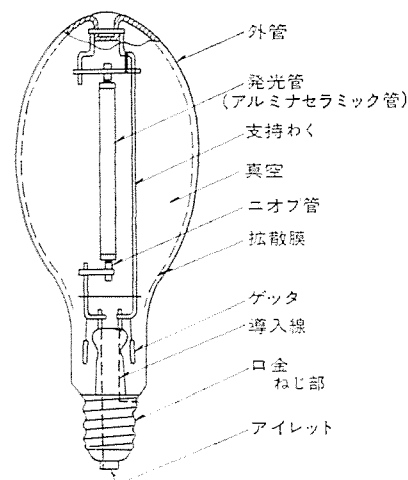
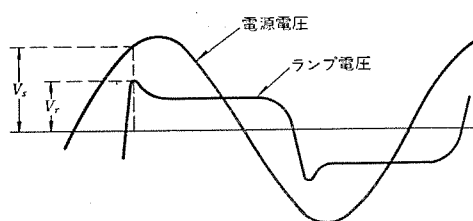
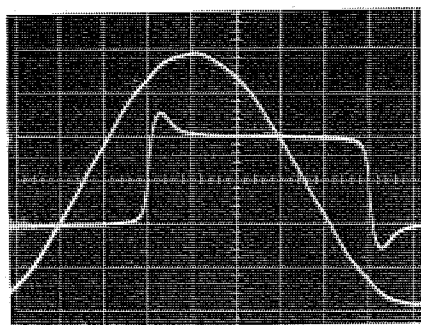


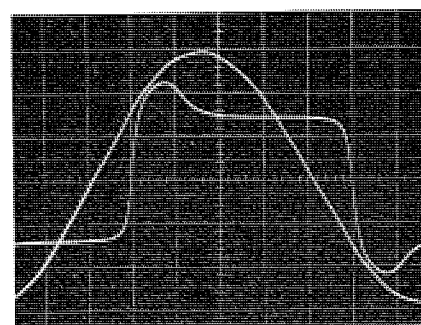
図2. 高圧ナトリウムランプの構造



(a)



(b) 電源電圧 200 V ランプ電圧 102 V
(縦軸 100 V/div 横軸 2 ms/div)



(c) 電源電圧 200 V ランプ電圧 153 V

図 3. 高圧ナトリウムランプ (NH 400) のランプ電圧波形

表 1. 高圧ナトリウムランプ (NH 400) と高圧水銀ランプ (H 400) の立消えランプ電圧

電源電圧 (V)	立消えランプ電圧 (V)	
	NH 400	H 400
180	140	155
200	155	175
220	175	195
ランプ定格値 (V)	100	130

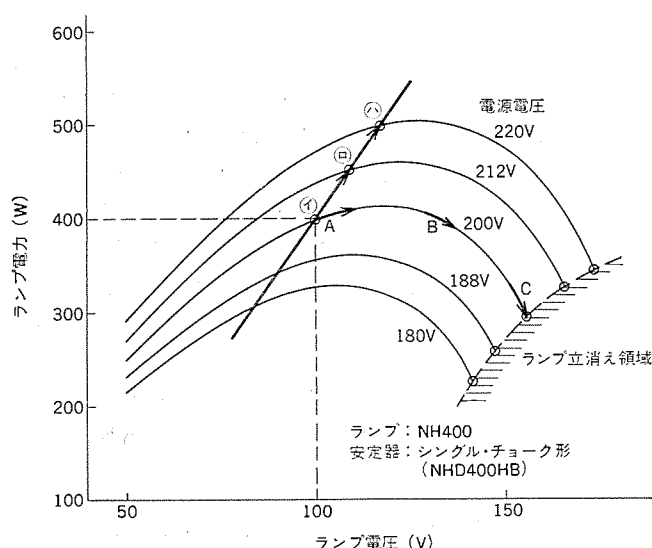


図 4. ランプ電力に与えるランプ電圧の影響

圧変動は少ない。(不飽和蒸気圧形放電灯と呼ばれる)。これに対して、高圧ナトリウムランプには、発光管内にナトリウム (Na)-水銀 (Hg) アマルガムが過剰に封入されており、点灯中には一部が蒸発して放電・発光に寄与するが、残りの大半は発光管内の最冷部に液体として残留している。したがって、点灯中の Na と Hg の蒸気圧は、この最冷部温度で決定される Na-Hg アマルガムの飽和蒸気圧となっているため、発光管温度の変動は Na-Hg 蒸気圧に影響を及ぼし⁽³⁾、この結果、ランプ諸特性も変化する。このように高圧ナトリウムランプにおける点灯条件の影響は、発光管温度の変動を介して現れることが多い。

3.1 寿命

ランプ寿命の原因としては、ランプ電圧の上昇による立消え及び発光管リークによる不点が主なものであるが、発光管封着技術の向上した現在、後者が起こることはまれであるので⁽⁴⁾、ここではランプ立消え寿命に関して述べる。

3.1.1 立消え現象

図 3. に、高圧ナトリウムランプのランプ電圧波形を示す。ランプ電圧が何らかの理由で上昇し、再点弧電圧 V_r (図 3.(a)) の高さが電源電圧 V_s の値を超える場合、又は、電源電圧が急激に低下して V_s の高さが V_r の値より低下する場合には、放電を持続できずにランプは立消えを起こす。図 3.(c) には、ランプ電圧を意図的に高めて立消え直前の状態とした場合の、ランプ電圧及び電源電圧の波形を示す。

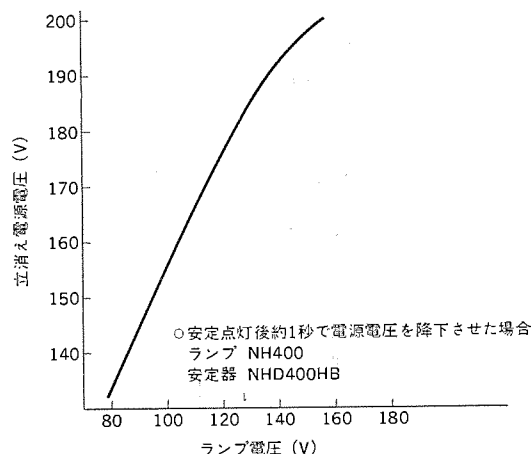


図 5. 立消え電源電圧

長時間点灯におけるランプ電圧は、図 4. の矢印 A・B・C に示すように、点灯時間の経過とともに増加し、最終的には立消えランプ電圧に達し (矢印 C)、ランプ寿命は終わる。図 3.(c) に示すものが、図 4. における矢印 C 近傍でのランプ電圧波形に相当する。

立消えランプ電圧は電源電圧 (厳密には点灯回路の回路電圧) の影響も受ける。表 1. に、高圧ナトリウムランプ (NH 400) と高圧水銀ランプ (H 400) の、電源電圧の相違による立消えランプ電圧を示す。高圧ナトリウムランプは高圧水銀ランプに比べてランプ電圧が低く、立消えしやすいため、ランプ電圧定格値を低く設定してこれを防止している (表 1.)。

電源電圧降下によって立消えを起こす電源電圧、つまり立消え電源電圧は、電圧降下の大きさだけでなくその速さにも依存する。急速な電圧降下のある場合は、発光管温度は下がらずに高温のまま保

持されるため、ランプ電圧も高いまま維持され、したがって立消え電源電圧も高いものとなる。言いかえれば、ランプは立消えしやすい。電圧降下のゆるやかな場合は、前記とは逆に、立消え電源電圧は低下し、立消えは起こりにくくなる。図 5. に、電源電圧 200 V で安定点灯後、約 1 秒間かけて電源電圧を降下させた場合の立消え電源電圧とランプ電圧の関係を示す。例えば、ランプ電圧 130 V で点灯されているランプは、200 V であった電源電圧が 185 V まで 1 秒以内の短時間で降下する場合には立消えを起こし、1 秒以上の長時間をかけて降下する場合は立消えしない、との目安が得られる。

3. 1. 2 照明器具内ランプ電圧上昇

ランプを実際に使用する大半の場合は照明器具内で点灯するが、この場合、裸点灯に比べてランプの周囲温度は高温となり、更には照明器具の反射鏡等による反射光が発光管にもどり、発光管温度が上昇してランプ電圧は増加する。この発光管の昇温による影響は、不飽和蒸気圧形である高圧水銀ランプでは少ないが、飽和蒸気圧形である高圧ナトリウムランプでは無視できない。

図 6. に、高圧ナトリウムランプを各種照明器具内で点灯した場合のランプ電圧上昇値の 1 例を示す。反射かき・道路灯では器具内ランプ電圧上昇値は 10 V 以下と少ないが、投光器、特に水銀ランプ用小形投光器では大きく、平均 20 V に至る。これらの器具内ランプ電圧上昇は、同一投光器内で反射鏡に対するランプの位置を変化させると大幅に変化し、また、拡散形ランプでは影響が少ないため、このランプ電圧上昇の原因は周囲温度の上昇によるより、むしろ反射鏡等からの反射光が発光管にもどって発光管温度を上昇させることが主であると考えられる。

このように、高圧ナトリウムランプの立消え寿命を伸ばすためには、器具内ランプ電圧上昇の少ない器具を使用する必要がある。特に小形投光器としては、器具内ランプ電圧上昇特性を考慮して設計された専用のものを使用することが望ましい。ランプ寿命に悪影響を与えないためには、器具内ランプ電圧上昇値が 15 V 以内、望ましくは 10 V 以内程度が目安になり、当社ではこの点をも考慮して高圧ナトリウムランプに適した照明器具を設定している。

3. 1. 3 長時間点灯中のランプ電圧上昇

高圧ナトリウムランプでは、点灯時間が経過するのに従ってランプ電圧は上昇していく傾向にある。この働程中のランプ電圧上昇は、発光

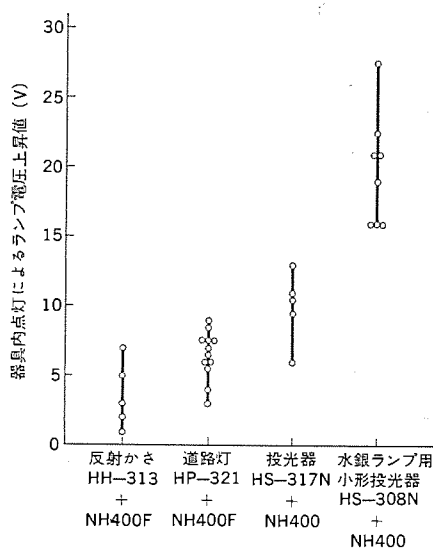


図 6. 器具内点灯による ランプ電圧上昇

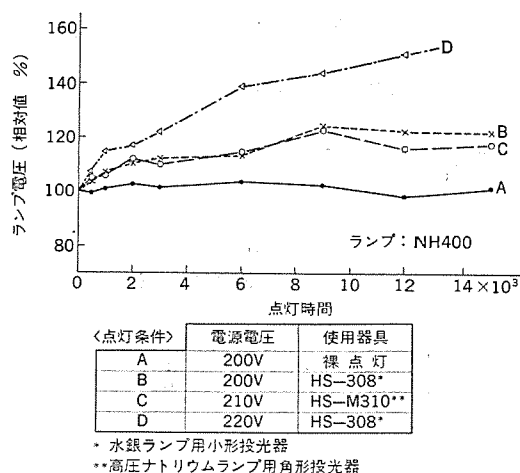


図 7. 働程中の ランプ電圧に及ぼす点灯条件の影響

管内に封入されているナトリウムと発光管材料との化学反応によるナトリウムの消失⁽⁵⁾、電極消耗によって発生する発光管端部黒化の進展のための最冷部温度の上昇⁽⁶⁾、等により説明される。この電圧上昇の大きさは、ランプの点灯条件、特に電源電圧及び照明器具や安定器の種類、により影響を受ける。

図 7. に働程中のランプ電圧上昇に及ぼす点灯条件の影響を示す。この図におけるランプ電圧は、各種点灯条件で所定の時間点灯後、標準安定器を用いて定格電源電圧で測定したものである。定格電源電圧 200 V を用いて裸点灯を行う場合は、働程中のランプ電圧上昇はほとんど見られないが(図 7. 曲線 A)、前節で述べた器具内ランプ電圧上昇の大きい照明器具を用いて点灯すれば、働程中の電圧上昇は大きくなり(曲線 B)、更に、同一照明器具を用いても、10 % 過電圧点灯の場合には大きな電圧上昇を示す(曲線 D)。曲線 C は高圧ナトリウムランプ専用投光器を用いており、過電圧点灯ではあるが、許容される範囲内のものである。

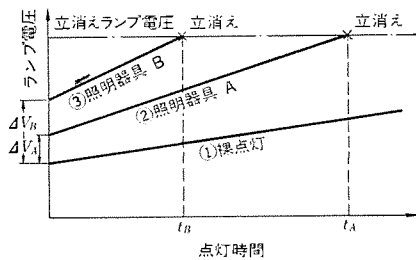
これらの働程中のランプ電圧上昇は、①器具内ランプ電圧上昇によるランプ電力の増加(図 4. A)、②電源電圧が高い場合起こるランプ電力の増加(図 4. ①→②→③)、更には、③照明器具よりもどる反射光などによって発光管温度が上昇するため生ずるものである。

高圧水銀ランプは、不飽和蒸気圧形放電灯であるために器具内ランプ電圧上昇は小さく、また、図 4. における直線①—②—③に相当するランプの電圧-電力曲線のこう配は急しゅんであり、電源電圧変化によるランプ電圧変化は少ない。また、放電媒体として化学的に安定な水銀を用いているためもあり、働程中の蒸気圧変動やランプ電圧上昇は少ない。

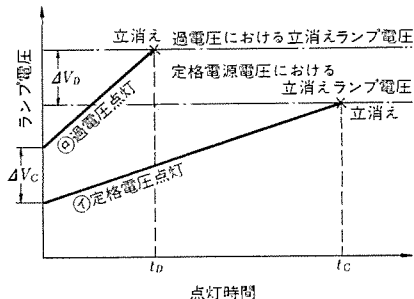
3. 1. 4 ランプ立消えによる寿命

図 8. に、ランプ立消えによる寿命の概念を図示する。裸点灯の場合は点灯中のランプ電圧上昇は少なく、極めて長時間立消えを起こさずに点灯を続ける(図 8. (a) 直線①)。適正な照明器具 A を用いて点灯される場合(直線②)には、器具内ランプ電圧上昇値 ΔV_A は小さく、働程中のランプ電圧上昇も比較的小さいため、やはり長時間(t_A)立消えを起こさずに点灯される。しかし、器具内ランプ電圧上昇値(ΔV_B)が大きい不適当な照明器具 B を用いる場合(直線③)、ランプは点灯初期から高いランプ電圧で点灯され、働程中のランプ電圧上昇も大きいので、短い点灯時間(t_B)で立消えを生ずる。

電源電圧の影響については、図 8. (b) に示すように定格電源電圧点灯の場合(図 8. (b) 直線④)に比較し、過電圧点灯の場合(直



(a) 照明器具の影響



(b) 電源電圧の影響

図 8. 立消えによる ランプ 寿命の概念

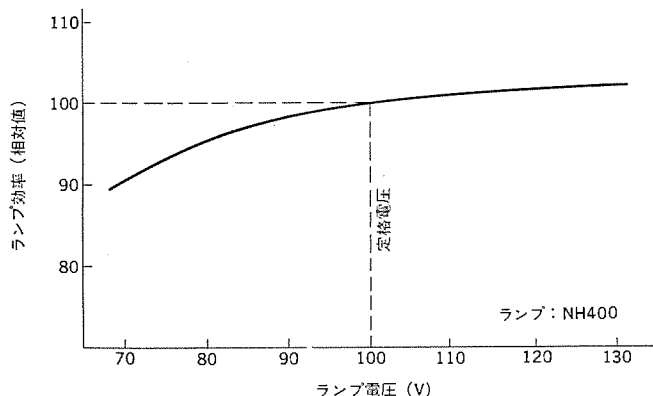


図 9. ランプ 効率に及ぼす ランプ 電圧の影響

線③), 立消え ランプ 電圧は ΔV_D だけ高くなるが (表 1.), 点灯初期における ランプ 電圧も ΔV_C だけ高まり, 更に働程中の ランプ 電圧上昇が増大するため, 結果として立消え寿命は t_C から t_D に短縮される。当社ではこの点を考慮して, 電源電圧は安定器 ヲップの指定電圧の $\pm 6\%$ 以内で使用することを推奨しており, この範囲ではランプ 寿命への悪影響は心配する必要はない。器具内 ランプ 電圧上昇の大きい照明器具を用いる場合や電源電圧の高い点灯状態では, 働程中の ランプ 電圧は常に高い状態にあるため, 電源電圧変動による立消えも発生しやすいことは図 5. より容易に想像されよう。

3. 2 明るさ

3. 2. 1 ランプ効率に及ぼす影響

ランプ 効率を決定する要因としては, 点灯中のナトリウム 蒸気圧⁽⁷⁾, 封入希ガスの種類と封入圧⁽⁸⁾, 発光管材料の透過率⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾, 発光管の管径と管壁負荷⁽¹¹⁾⁽¹²⁾等種々あるが, このうち点灯条件によって直接影響を受ける要因は, 点灯中のナトリウム 蒸気圧であり, この変動がランプ 電圧を変化させる。図 9. にランプ 効率とランプ 電圧の関係を示す。ランプ 効率はランプ 電圧が増加するに従って向上するが, 120~130 V を超えるともはや増加しない。また, ランプ 電圧が 80 V 以下の低い領域では効率の低下が大きい。したがって, 高い電源電圧や器具内ランプ 電圧上昇の大きい照明器具を用いれば若干のランプ 効率

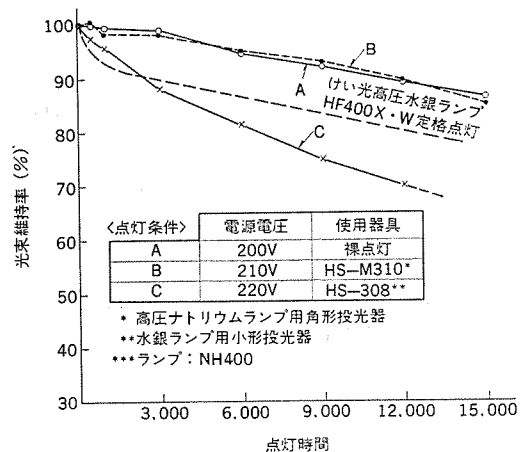


図 10. 光束維持率に及ぼす点灯条件の影響

の向上は見込めるが, ランプ 立消え寿命が短縮されるために得策ではない。また, 低い電源電圧で点灯する場合, ランプ 電圧は下がって効率低下も大きいため, やはり得策とは言えない。

3. 2. 2 光束維持率に及ぼす影響

高圧ナトリウムランプの発光管としては, 熱的・化学的に安定しているアルミナ・セラミックが使用され, 拡散形においては, 拡散膜として安定なシリカ膜を用いているため, 働程中の光束劣化は高圧水銀ランプに比べて少ない。特に, けい光高圧水銀ランプでは, 使用しているけい光膜の初期劣化による影響が大きい。

図 10. に, 各種点灯条件における高圧ナトリウムランプの光束維持率曲線をけい光高圧水銀ランプと比較して示す。高圧ナトリウムランプでは, 所定の範囲の点灯条件 (例えば定格の $\pm 6\%$ 以内の電源電圧, 適正な照明器具使用の場合など) で使用される限り, 定格標点灯の場合と同様に極めて高い光束維持率を示す (図 10. 曲線 A, B)。しかし, 定格の $+10\%$ というような高い電源電圧 (実用上は安定器の 220 V ヲップを使用して点灯すべき電圧) で, 不適当な照明器具を用いて点灯される場合 (曲線 C) には, 光束維持率は悪化する。極めて過負荷で点灯される場合には, 発光管材料のアルミナからの蒸発物が外管内表面に付着し, 光を吸収して光束を低下させることが知られている⁽¹³⁾。

3. 3 始動

標準形 (パルス 始動形) 高圧ナトリウムランプでは, 始動用封入希ガスとして, 高い効率を得るために熱伝導率の小さいキセノンガスを封入している。このためもある, 始動電圧は封入ガスとしてアルゴンを用いる高圧水銀ランプに比べて高く, 電源電圧を印加するだけでは始動しない。したがって, 始動用高圧パルス発生装置を安定器に内蔵させ, 図 12. (a) に示すような約 3,000 V の高圧パルスを始動時のみ印加するのが一般である。

3. 3. 1 安定器 2 次側配線の極性の影響

安定器の 2 次側配線を行う場合, 図 11. に示すように高圧パルス側がランプ口金のアイレット (図 2.) に持続される場合 (図 11. A 接続) と, 口金ねじ部に接続される場合 (図 11. B 接続) があり得る。この両者の接続方法で始動電圧は異なり, 支持わく (枠) 側に高圧パルス側が接続された場合 (B 接続) には高い始動電圧を示す。この 1 例を図 11. に示す。したがって, ランプ 始動を確実にするためには, 安定器の高圧パルス側口出線は口金アイレット部に接続することが望ましく, 特に, 次節で述べる安定器 2 次側配線長が長い場合, 2 次

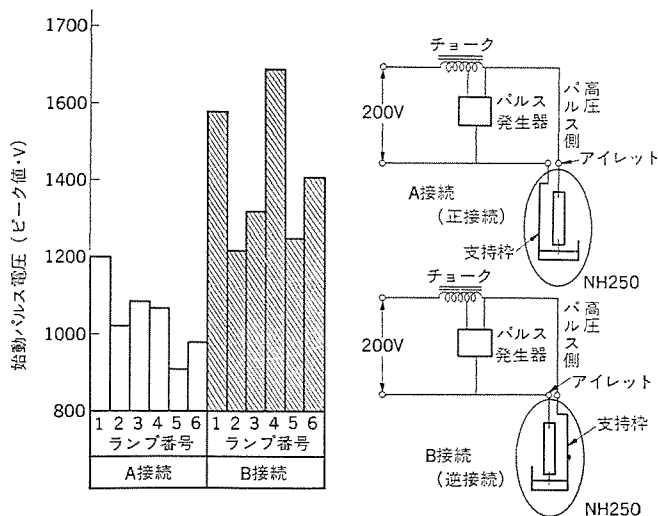
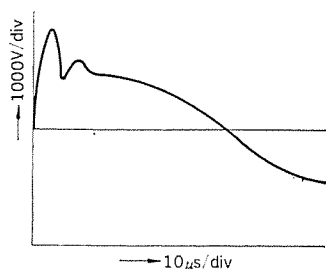
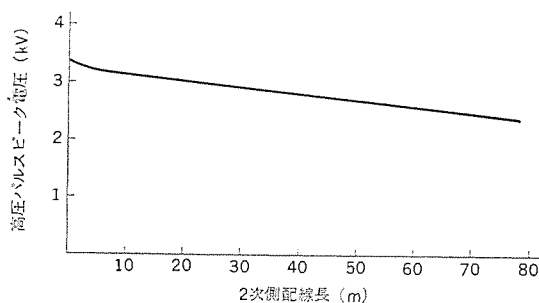


図 11. 安定器 2 次側配線極性の ランプ 始動電圧への影響



(a) 始動用高圧 パルス



(b) 始動用高圧 パルスの構成 (V. V. F ケーブル 1.6φ×2C)

図 12. 安定器 2 次側配線長による始動 パルスの減衰

側配線の極性は重要となる。

3. 3. 2 安定器 2 次側配線長の影響

安定器の 2 次電圧に重畳される始動用 パルス 電圧は、安定器とランプ間の配線長、配線の種類によってその高さ・波形が変化する。これは、安定器 2 次側配線相互間には浮遊容量があり、等価的にはランプと並列にコンデンサが接続された回路となるためである。この等価コンデンサの容量は、2 次側配線長・配線の種類によって変化し、容量自体は極めて小さなものであっても、高圧パルスの周波数は 15~17 kHz 程度であり、この周波数におけるインピーダンスは商用周波数の約 1/300 となるため、高圧パルスは減衰する。この傾向は安定器 2 次側配線長にほぼ比例して強まる。図 12. (b) に、最もパルスの減衰の激しいと考えられる V. V. F ケーブル 1.6φ×2C を使用した場合

を示す。このように、安定器 2 次側配線長はランプ始動に対して影響を持つため、定められた配線長以内、例えば当社安定器 NHD 400 HB では 50 m 以内、で使用することが望ましい。

なお、最近市販されてきている低電圧始動形高圧ナトリウムランプ(当社商品名「ハイルックス・L」)では、始動用希ガスとしてネオン・アルゴン混合ガスを用い、更に、発光管外周に始動補助導体を付設することにより、始動電圧を 150~160 V に低下させてあり、ランプ効率はパルス始動形(「ハイルックス」)に比べて約 16% 低下するが、高圧水銀ランプと同様に安定器 2 次側配線の極性・配線長等の影響を考慮せず使用できる。

3. 3. 3 周囲温度の影響

高圧水銀ランプは、発光管内に封入されている水銀とアルゴンガスが常温においては相互作用(ペニング効果)を起こし、約 140 V で始動するが、低温においては水銀蒸気圧が減少してこの相互作用が弱まるため、一般品には -15°C 以上という使用制限が必要となる。高圧ナトリウムランプでは、始動のために水銀蒸気を利用しておらず、始動電圧への周囲温度の影響が極めて小さく、-30°C でも十分始動する。

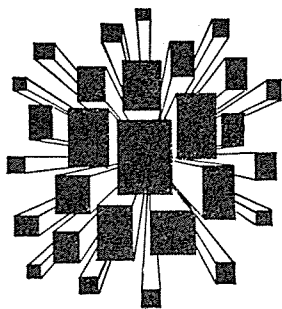
4. む す び

高圧ナトリウムランプは、高効率・長寿命・暖か味のある光色等の優れた特徴をもった経済性の高い省電力光源であり、適正な点灯条件のもとに使用されることにより、その性能が十分に発揮される。本文では、高圧ナトリウムランプを使用するに際して特に留意する必要がある点やその理由につき、主として当社高圧ナトリウムランプ「ハイルックス」に関するデータを引用しながら記述した。高圧ナトリウムランプの普及の一助になれば幸いである。

参 考 文 献

- (1) 電球工業会資料
- (2) I. F. Davies, et al.: Light. Res. Tech. 4, No. 4, p. 181, (1972)
- (3) 竹田, 加茂部, 田中: 三菱電機技報, 46, No. 4, p. 498 (昭 47)
- (4) 河原, 西楽, 岡本: 三菱電機技報, 47, No. 11, p. 1, 177 (昭 48)
- (5) R. E. Hanneman: USP 3, 453, 477
- (6) C. A. Jacobs, et al.: J. Illum. Engng. Soc. p. 125, Jan. (1978)
- (7) L. B. Beijer, et al.: Light. Des. Appl. p. 15, July (1974)
- (8) K. Schmidt: USP 3, 248, 590
- (9) 大谷, 河原, 田中, 伊吹: 三菱電機技報, 50, No. 11, p. 603 (昭 51)
- (10) 山崎, 祝, 増井: 昭和 52 年全国大会講演 15
- (11) 広瀬, 中沢: 昭和 48 年照明学会全国大会講演 9
- (12) 坪, 山崎, 岡本, 渡会: 電気学会, 光源・関連装置研究会資料, LS-74-9
- (13) R. E. Hanneman, et al.: Illum. Engng. p. 162, March (1969)

登録番号	名 称	発 明 者	登録番号	名 称	発 明 者
826826	アンテナ 装置	武市吉博・池上和生	830021	アナログ演算器自動接続 システム	中堀 一郎
826827	電解加工装置	荒井 伸治・葉石雄一郎	830022	巻径検出装置	浅野哲正
826828	信号変換装置	山際豊行	830023	限時開閉器	{ 鈴木錦治・鈴木浩平 飯田 博
826829	自動 アーク 溶接方法	{ 津田栄一・島田 弥 金野隆範	830024	半導体素子の逆回復時間測定回路	石井 真・藤丸吉男
826830	限流装置	{ 宮本紀男・和田勇一 森 貞次郎	830025	半導体素子の逆回復時間選別装置	石井 真・藤丸吉男
826831	定電圧電源装置	細野 勇	830026	半導体結晶製作装置	{ 伊藤昭子・石井 恂 十河敏雄
826832	集電装置	{ 森川鉄也・岩本雅民 小林幸人	830027	硬質磁性合金の製造法	杉原 真・奥村博司
826833	ブレーキシステム	六藤孝雄	830028	自動梱包装置	小林利行
826834	自動溶接機の開先ならい装置	堀 部 透	830029	二重ダンパーの故障検出装置	白石和男
826835	炉内監視装置	本谷昇一	830030	二重ダンパーの故障検出装置	白石和男
826836	データ 集録装置	林 正之	830031	オプティカル グラスファイバの端末固定方法	佐久真照
826837	走査装置	{ 三井田六蔵・池端重樹 布下正宏	830032	ふっ素樹脂の電着塗装法	{ 柴山恭一・地大英毅 藤井 翼
826838	カラー 受像管螢光面作成用露光装置	藤村健男	830033	清掃装置	丸山正彦
826839	マイクロ 波共振器	三井 茂	830034	薄膜 インダクタ 素子	{ 浜中宏一・羽山昌宏 井上康郎
826840	コアメモリプレッ	{ 水上益良・上坂達生 杉江 啓	830035	半硬質磁性合金	{ 奥村博司・杉原 真 村上省二
826841	半導体装置	川上 明・蒲生 浩	830036	蓄冷熱槽	{ 成田勝彦・光本誠一 池内正毅
826842	半導体装置の製造方法	半谷公弘・下斗米将昭	830037	耐熱性塗料	{ 柴山恭一・北川達夫 五島浩一
826843	光結合発振回路	桂 正	830038	耐熱性塗料	{ 柴山恭一・北川達夫 五島浩一
826844	粉体塗装法による絶縁導体の製造法	{ 西崎俊一郎・寺谷 宏 玉置明信・辻 政春	830039	半導体結晶製作装置	{ 石井 恂・十河敏雄 田中利夫
826845	温度制御装置	{ 中村富塚・中野嘉博 高梨靖士・藤井 学	831421	超電導線	{ 岩本雅民・佐藤 隆 金関直弥・岡上公彦
826846	アーク 溶接方法	山本利雄・島田 弥	832862	多重化演算装置の制御方式	六藤孝雄
826847	耐電弧用電気絶縁物の製法	{ 石井勇雄・村上忠禮 大津幸次郎	832863	整流装置	鈴木徹夫・小林 凱
826848	エポキシ 樹脂組成物	{ 西崎俊一郎・寺谷 宏 福島二郎・安田和男	832864	ブロック 伝送方式	山内才胤・田中 智
826849	エポキシ 樹脂組成物	{ 柴山恭一・北川達夫 五島浩一	832865	インバータ 装置	赤松昌彦・熊野昌義
826850	電着絶縁被覆体の製造方法	柴山恭一・佐藤文彦	832866	インバータ 並列運転装置	片岡康男・川畑隆夫
826851	液体燃料燃焼方式	{ 森川允弘・甲斐潤二郎 松永直利	832867	インバータ 装置	高橋一智
830014	発信装置	武田克己・高橋賢次	832868	テレビジョン 信号の無線伝送方式	一ノ瀬友次・関川一彦
830015	監視装置	村西有三	832869	半導体 マイクロ 波直接発振器	近藤明博
830016	数値制御装置	{ 三田村真次・米谷光雄 三ヶ田文彦	832870	タイムスイッチ	大西正義
830017	シーケンス 制御装置	山中彪生	832871	ガス シャ断器	大野 玲
830018	酸化亜鉛膜の製造法	{ 戸村光一・大西 勝 吉沢達夫	832872	モード 結合器	{ 立川清兵衛・橋本 勉 武田文雄
830019	酸化亜鉛膜の製造法	{ 戸村光一・大西 勝 吉沢達夫	832873	回転電機の電機子巻線	鍋井秀一・井上哲矢
830020	目標追尾方式	石井康一	832874	地面加熱装置	尾畑喜行
			832875	制動装置	車戸秀男



特許と新案

無整流子電動機装置 (実用新案第900660号)

考案者 赤松昌彦

この考案は無整流子電動機において、整流子の代わりにする静止形電力変換装置にサイリスタを用いることによって生ずるトルク脈動を軽減し、それによる騒音の軽減と機械的振動の防止を図ったものである。

図1.に示すように、互いにその入力側を直列接続した2台のインバータを用い、このインバータに接続される電動機交流巻線が、それぞれ2つの3相巻線を有し、一方はY結線、他方はΔ結線され、更にかつ2つの3相交流端子間電圧は等しくその位相差が 30° となるように構成されている。図2.は電力変換器として周波数変換器を用い入力側を並列接続した他の実施例であり、図においてR相のみについて考慮するとそれぞれの線電流 I_{R1} 、 I_{R2} 、 I_{S1} は図3.

(a)又は(b)ようになる。Y結線された巻線 W_1 のR相巻線 N_{1R} にはR相線電流 I_{R1} がそのまま流れ、他方Δ結線された巻線 W_2 の相R巻線 N_{2R} には $I_{R2}-I_{S2}$ が流れこの電流 I_{R2} の波形は図3.(c)のようになる。今ここで、 W_1 と W_2 の線間電圧は等しくしてあるから、そのそれぞれ巻線の巻数 N_1 と N_2 の間には、 $N_2=\sqrt{3}N_1=\sqrt{3}N$ なる関係がある。したがって、2つの巻線によるR相分合成アンペアターンは図3.(d)ごとき波形となる。これをベクトルで示せば基本波に対して図4.(a)、(b)のごとき関係がある。同図(b)はR相分合成アンペアターンのベクトル図である。

これに対して第5高調波については図4.(c)のようになり、第7高調波については図4.(d)のようになる。同図(b)において、 N_2I_{R2} に対する N_1I_{R1} と $-N_1I_{T1}$ との位相差 $+30^\circ$ 又は -30° がそれぞれ高調波に対しては

その次数倍される。

以上の説明から明らかなように、第5、第7、第17、第19、第(12n-5)と第(12-7)高調波は零となる。また、もともと第3n高調波と偶数波高調波は含まれていないから、結局第11、第13、第23、第25等の高調波のみとなり、したがって、本案装置においては、巻線の利用率を低下せしめることなく、低次の高調波成分を除去し、もってトルク脈動の軽減と、これに伴う騒音軽減と振動防止の効果を奏するものである。

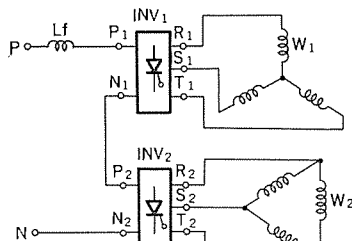


図1

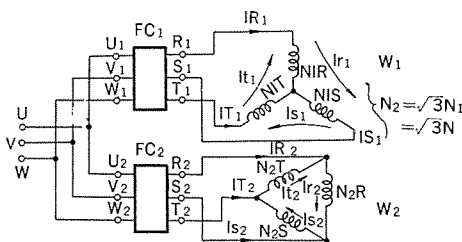


図2

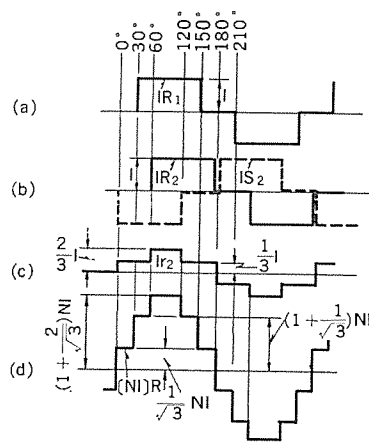


図3

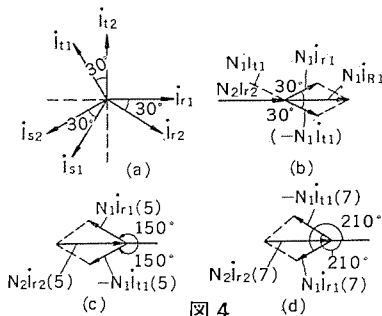


図4

車両用電気装置の制御方式 (特許第788928号)

発明者 上田 敦・石井 光明

この発明は車両用電気装置の制御方式に関するもので、特に車両等に使用される複数の電気装置を少数の制御用電線によって制御し得る方式における、これら電気装置の短絡検出装置に係るものであり、電気装置の短絡による故障を早急に、しかも容易に発見し、電気装置の短絡による電気装置多重系の故障を防止するものである。

図1.は電気装置1Bの短絡検出装置を、図2.はそのタイムチャートを示す。チェックパルス発生回路14Bはデコーダ11Bの出力パルス t_b

が発生した瞬間からチェックパルス t_b を発生する。この t_b が発生した瞬間にトランジスタ31が駆動され始める。短絡検出回路18Bは駆動信号発生回路13Bの出力がfのごとく発生しない状態では、チェックパルス t_b が発生する間、すなわちOR回路15Bの出力がHとなる間だけ図3.P点の電位を検出する。P点の電位は電気装置1Bが短絡されている状態で駆動されれば電源電位となり、非短絡状態で駆動されればほぼアース電位となる。電気装置1Bが短絡状態にある

場合、短絡検出回路 18B はチェックパルス t_5 が発生してトランジスタ 31 が駆動され始めた瞬間に、P 点の電位が電源電位であることを検出して出力パルス J のごとく発生する。記憶回路 19B は短絡検出回路 18B の出力を受けて電気装置 1B の短絡を記憶する。記憶回路 19B は短絡状態を記憶した k のとき出力信号により保護装置 17B を動作させ、電気装置 1B を駆動回路 16B から切り離して短絡電流を断つ。短絡電流が流れる期間は t_6 に示されるごとくわずかである。記憶回路 19B の出力 k は短絡信号発生回路 20B においてチェックパルス t_5 によりサンプリングされ、短絡信号発生回路 20B は短絡信号パルス t_7 を発生する。短絡信号パルス t_7 は短絡信号送信線 21 に送出され、送信線 21 には m のごとく出力パルスが現れる。この出力パルスは送信器においてデコーダで分離され短絡表示装置を作動させる。以上は電気装置 1B が駆動されている

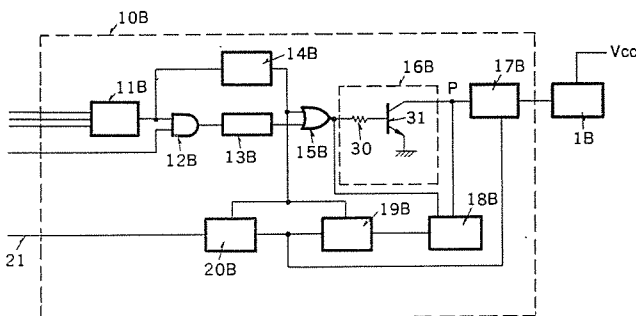


図 1

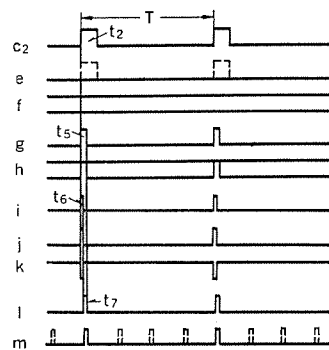


図 2

ない場合の短絡検出動作について述べたが、電気装置 1B が駆動されていて短絡事故が発生した場合においても、同様に短絡を検出できる。

この発明は時分割多重伝送系において、電気装置と、それを駆動するトランジスタとの接続点の電位を検出することによって、電気装置の短絡事故を検出、表示するとともに、電気装置を切り離して短絡電流による制御系の破壊を防止し得る工業的效果大なるものがある。

フライングスポット走査素子 (特許第 781540 号)

発明者 布下正宏

この発明は、文字や画像を含んだフィルムのような記録体を光学的に走査する走査素子に関するもので、従来の電子ビームを偏向してこれをけい光面に照射するものに比べて、構造を簡単にしかつ小形化できるばかりでなく分解能の向上をも図るものである。

図 1. において、端子 (12)、(9A) 間に同期駆動パルス印加すると陰極 (7) の突出電極 (81) と陽極 (10) との間にグロー放電が発生する。放電間隔 (171) には永久磁石による磁界 H が印加されているので、グロー放電によって発生した電子 (20) はローレンツ力によって曲げられて放電間隔 (172) に達してこの部分の放電開始電圧を低下させる。これによって放電間隔 (172) でグロー放電が発生する。放電間隔 (172) においてグロー放電が発生したときには、放電間隔 (171) におけるグロー放電は既に消滅しているものとする。放電間隔 (172) におけるグロー放電によって発生する荷電粒子 (20) は磁界 H の作用によって放電間隔 (173) に移動して、この放電間隔 (173) でグロー放電が発生する。放電間隔 (173) でグロー放電が発生すると、制限抵抗 (15) における電圧降下が増大し、この電圧降下の増大は放電間隔 (172) におけるグロー放電を消滅させるように作用して、放電間隔 (173)

におけるグロー放電だけを許容する。以下同様にして、放電間隔 (隙) (174) …… (17N) において順次グロー放電が発生する。放電電極は密封管に封入されているが、放電間隔 (171)、(172) …… (17N) に対応する管壁には発光孔が設けられており、ここから記録体を走査する光が取り出される。

図 2. はこの発明の応用例を示すもので、図中 (30) はこの発明による素子、(31)、(32)、(33) はレンズ、(34) は読み取られる文字、画像を含んだ 8 ミリフィルムのような記録体、(35) はフォトダイオードのごとき光電変換素子である。この応用例において、素子 (30) によって記録体 (34) を所定方向に走査しながら、記録体 (34) をその走査方向と直角な方向に適当な速度で移動すれば、記録体 (34) の 2 次元の文字、画像を読みとることができる。

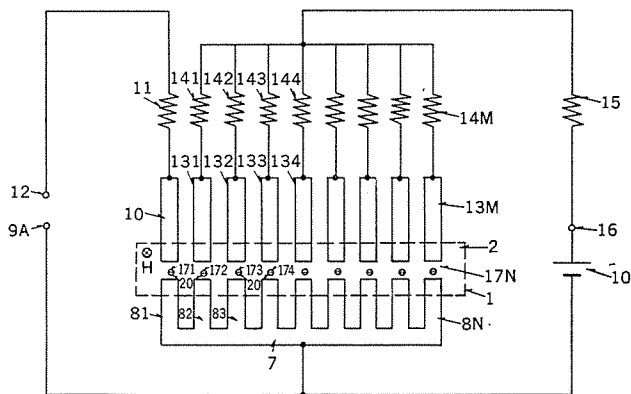


図 1

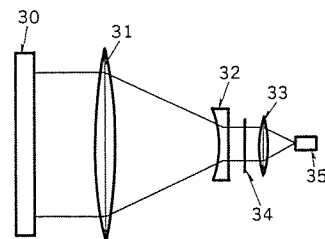


図 2

《MELCOM》医療情報システム

入口憲人*・中山静男*・大森昭彦*

1. ま え が き

我が国の医療技術は、医学及び関連分野の進歩により世界的な水準に達している。しかし、公共福祉という観点からみると今日なお多くの課題をかかえている。特に国民の医療に対するニーズはますます増大し、多様化する傾向にあるので、これに対処し、高度な医療技術を地域格差なく普及拡大させていくための技術開発が必要になってきている。このためには医療機関の有機な連携を図るなど医療のシステム化を推進する必要がある。近年発達著しいコンピュータを中心とする情報処理技術、情報伝達技術、医用電子技術などを医療の各方面に応用した「医療情報システム」の開発が強く求められてきた。最近になって、これらのニーズが社会に受け入れられ、医療機関へのコンピュータ導入は急速に進みつつある。

2. 医療分野におけるコンピュータ普及の状況

医療機関におけるコンピュータ利用の現状は次のとおりである。

- (1) 近年まさに指数関数的に増加しつつある。
- (2) 機種別にみると、マイクロコンピュータが53.9%、ミニコンピュータが

表 1. 年次別規模別 コンピュータ 設置状況

	昭和43 年以前	43	44	45	46	47	48	49	50	不 明	現 在 数
大 形	—	—	—	—	—	—	1	—	2	—	3
中 形	1	1	1	3	2	7	6	4	10	3	38
小 形	—	1	—	2	1	5	7	2	7	1	26
ミニコン	—	2	2	7	22	35	76	76	55	69	344
マイクロ	—	—	—	—	3	3	80	18	137	254	495
そ の 他	—	—	1	—	1	2	3	4	1	1	13
計	1	4	4	12	29	52	173	104	212	328	919

日本病院会調べ（昭和50年末現在）

表 2. コンピュータ 規模別適用業務状況（複数回答）

	窓 口 会 計	明 細 書 作 成	診 療 報 酬 請 求	各 種 検 査	在 庫 管 理	各 種 予 約	事 務 処 理 給 与	そ の 他	計
大形	1	1	—	—	—	—	—	3	5
中形	16	21	5	14	3	11	35	105	
小形	7	10	3	6	2	5	20	53	
ミニコン	39	53	37	10	3	12	211	365	
マイクロ	795	795	—	2	—	1	457	2,050	
その他	4	9	—	—	1	—	2	16	
計	862	889	45	32	9	29	728	2,594	
%	33.2	34.3	1.7	1.2	0.4	1.1	28.1		

日本病院会調べ（昭和50年末現在）

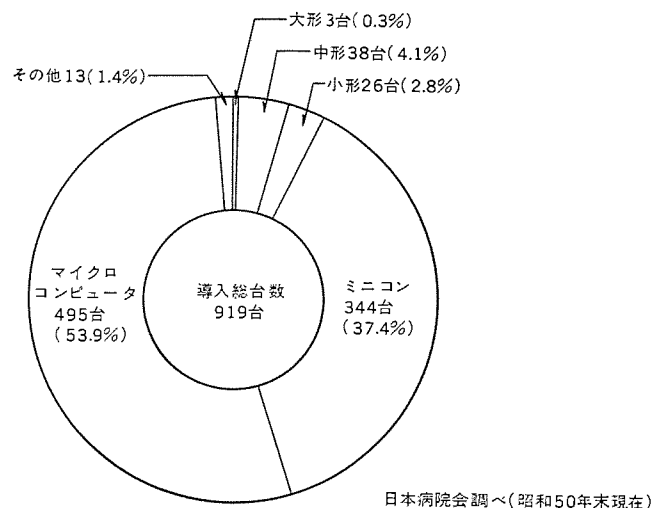


図 1. コンピュータ 規模別導入状況

37.4%を占め、小形以上のはん(汎)用コンピュータは7.2%である。

(3) 適用業務は、窓口会計と診療報酬請求明細書作成が多い。機種別には、大形・中形のコンピュータはトータルシステムを指向しているのに対し、ミニコンピュータは分散処理を指向した単能的な使用方法になっている。また、マイクロコンピュータは専用機に組込まれて使われている場合が多い。

(4) 病院規模と導入率には関連性が見当たらないが、大形・中形・小形・ミニコンの各コンピュータは、ほとんどが病院で利用されており、マイクロコンピュータは診療所で利用される場合が多い。このように、我が国の医療情報システム化は、主として窓口会計・診療報酬請求明細書作成を中心とした病院事務管理用について行われており、診療部門では検査の一部がコンピュータ化されているほかは、今後の課題となっている。

3. 《MELCOM》医療情報システム

3.1 《MELCOM》医療情報システム開発経緯

当社は昭和44年に医療システム化の調査・研究に着手し、大きな成果をあげることができた。その成果に基づき当社の基本理念としての《MELCOM-MEDIS》(MEDical Information System)を昭和45年に確立した。また昭和47年以来、トータルシステムの方から各サブシステムを独立させ、将来方向として総合化をはかる各種システムの開発に着手している。更にナショナルプロジェクトとしての厚生省・通産省による(財)医療情報システム開発センターに積極的に参画し、絶えまない研究と地域住民の健康管理に貢献している。

3.2 《MELCOM》医療情報システムの基本理念

近年の医療技術はコンピュータというツールにより急速に進展し、高度化に向かっている。しかし医療におけるコンピュータの利用には、まだ多くの問題が山積しており、社会体系の中におけるその位置づけと展開の仕方が今後の課題となっている。《MELCOM-MEDIS》は

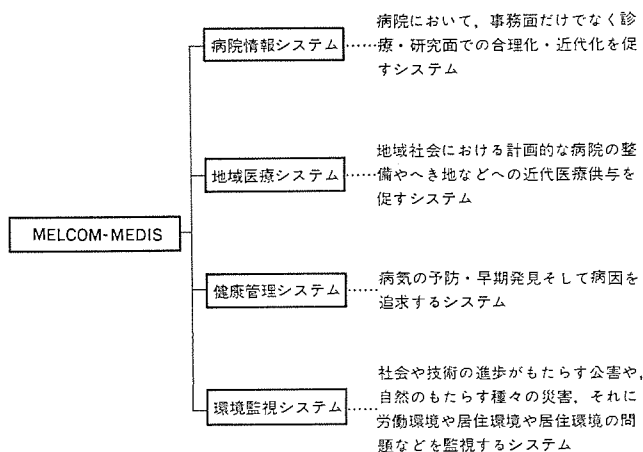


図 2. 《MELCOM-MEDIS》体系図

こうしたニーズをもとに確立した包括医療システムであり、それは図 2. に示す 4 つの柱より成っている。当社はこの考え方をもとに、病院内の情報処理による医療サービスの向上及び経営管理の効率化、情報ネットワークによる地域医療機関の連携、各種医療機器とコンピュータの結合による医療の高度化など、医療のシステム化を推進してきた。

4. 最近の主な開発システム

《MELCOM》医療情報システムは、数多くの医療機関で活躍しているが、それらの中から最近開発されたシステムを紹介する。

4. 1 臨床検査自動化システム

当社の医療情報システムの中で最も顕著な実績を上げているのが、《MELCOM》臨床検査自動化システム《MELAS》(MELCOM clinical Laboratory Automated System) である。このシステムは、病院の中央検査室や開業医が委託する臨床検査センターなどにおいて検体(血液や尿)の分析作業のスピードアップ並びに関連事務軽減化、分析データの精度向上、ひいては検査コストの通減化を目的とし、検査の受付から検査技師への作業指示、多項目自動分析装置からのオンラインデータ収集、分析精度の管理、検査結果の編集と報告書の作成、検査料金の算定など総合的なデータ管理を行うシステムである。図 3. で紹介するシステムは、京都、大阪の二か所のセンターと天王寺に支所をもつ国内でも有数の臨床検査センターに納入した《MELAS》である。

(1) 各センターには、検査業務用として《MELCOM》70 を 2 台セット(データ処理系、分析データ収集系)で設置し、検査の受付処理から分析データ収集、報告書・検査台帳作成に至る一連のデューリー業務を行っている。

(2) おおのこのセンターでは、デューリー業務終了後、会計情報を京都センター内に別途設置された《MELCOM》70 に投入し、医療機関ごとの料金集計、締切日ごとの請求、月次・年次の医療機関別売上台帳などの会計処理を行っている。

4. 2 トータルシステム

このシステムは総合病院 2 か所(各 200 床)と医院 1 か所及び 12 の診療所から構成されている。コンピュータは中央病院に導入されている。現在か(稼働)中の第 1 次システムは下記のとおりである。

(1) 臨床検査サブシステム

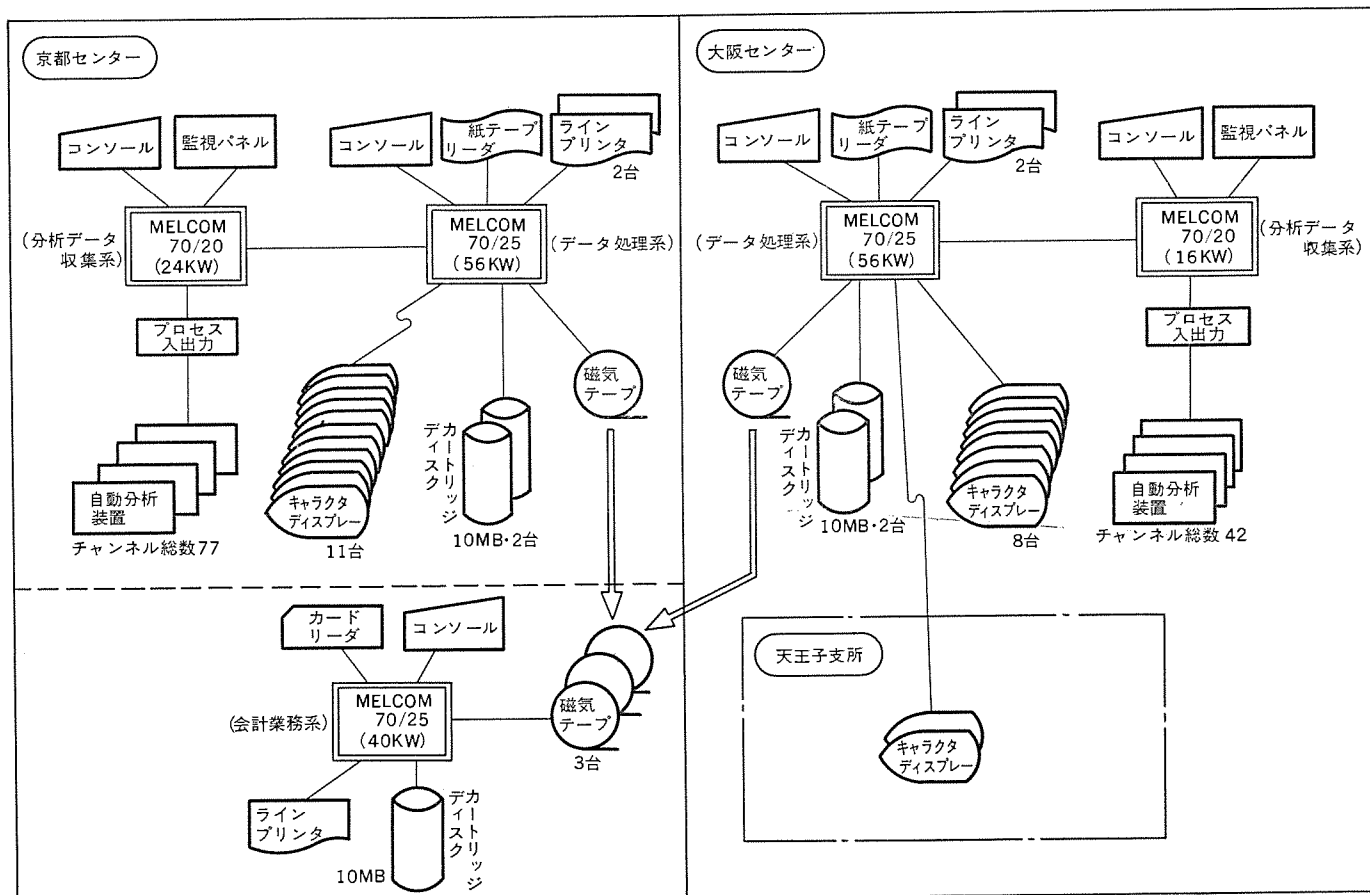


図 3. 臨床検査自動化システム構成図

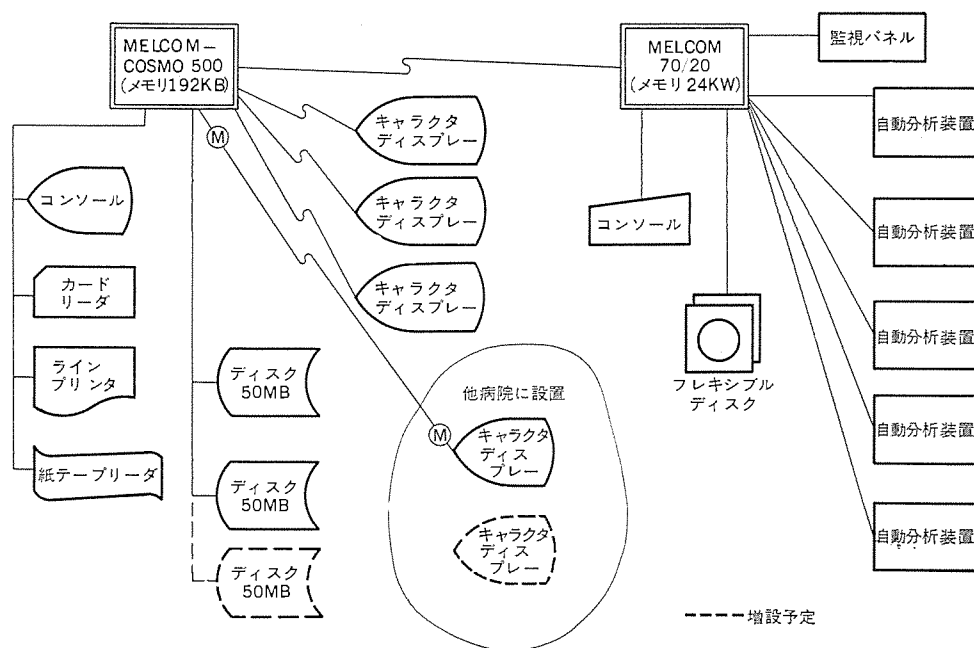


図 4. トータルシステム構成図

《MELCOM》70 により自動分析装置からのオンラインデータ収集を行い、ホストコンピュータである《MELCOM-COSMO》500 に伝送する。

(2) 医事サブシステム

窓口会計と診療報酬請求明細書作成を目的とした医事サブシステムは、現在明細書作成業務が稼働中である。

このシステムの特長は、従来の臨床検査システムが《MELCOM》70 2台による独立形システムであったのに対し、これを分析データ収集に《MELCOM》70、データ処理に《MELCOM-COSMO》500 を使用し、医事業務の外、ホストコンピュータによるシステムの拡張をはかり、トータルシステムを指向していることである。

この病院の今後の対象システム(第2次システム)としては、地域・職域の集団健診データ管理、慢性疾患管理等を考えている。更に現

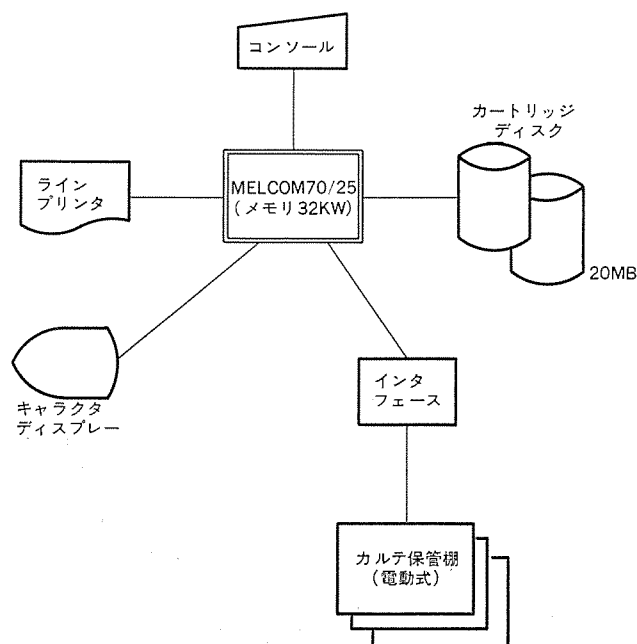


図 5. 病歴管理システム構成図

在稼働中のシステムの拡張として、診療所との検査データの照会業務のオンライン化を計画中である。

4.3 病歴管理システム

病歴管理には種々の管理方式があり、診療情報を集約的に取扱うことからしても、医療情報システムの中では難しいシステムの1つに挙げられている。ここに紹介するシステムは、某医科大学向けのシステムで、次のような目的のもとに開発されている。

- (a) 疾病統計や管理のための諸資料の作成が容易なこと。
- (b) カルテ室の作業省力化に役立つこと。
- (c) カルテと関連づけて、検索の容易性・迅速性を図ること。

このシステムは以上の考え方から、退院患者の病歴サマリを対象とし

たカルテ室中心の《MELCOM》70 による病歴管理システムで、カルテの自動取り出しができるように電動式カルテ保管だなどのオンライン接続をはかったユニークなシステムであり、次のような業務により構成されている。

- ① カルテデータの入力業務
- ② カルテ番号のチェック機能
- ③ カルテ検索・取り出し業務
- ④ カルテ貸出し管理業務
- ⑤ 諸資料作成業務

5. 最近の市場・技術動向

5.1 市場動向

5.1.1 コンピュータ利用形態の動向

医療情報システムの中核となるコンピュータの利用形態は次のようである。

(1) インハウスシステム

大形・中形コンピュータはトータルシステムを指向し、段階的にシステム化をはかる傾向にある。小形・ミニコンピュータは病院内の特定業務や部門ごとのサブシステム化をはかる傾向にある。

当社コンピュータ《MELCOM-COSMO》シリーズ、《MELCOM》70

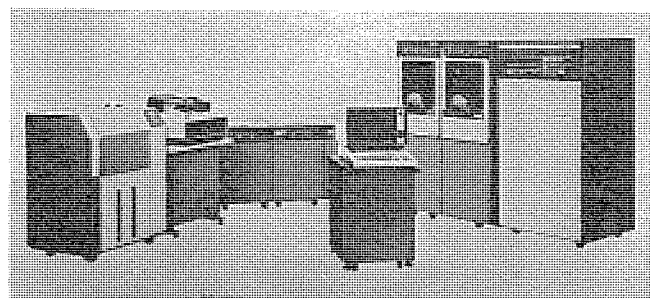


図 6. トータルシステムで活躍する《MELCOM-COSMO》500

シリーズ、《MELCOM》80 シリーズ も多くの病院で活躍している。

(2) 共同利用形 システム

共同利用形 システム の目的は、 多数の病院が ハードウェア ソフトウェア、 コンピュータ 設置のための スペース、 専門要員等を可能な限り共同利用することにより、 経済的かつ技術的にも高度な病院情報 システム を利用できるようにすることにある。この基本的考えは各病院で行われている情報処理の中で、 共通な部分は通信回線を介して、 共同の大形コンピュータ で処理し、 一方、 各病院の特性からくる独自の処理は各病院で分散処理し、 システム 全体としての コスト パフォーマンス の最適化をはかり、 コンピュータ の利用を促進することにある。現在、 厚生省・通産省が医療情報 システム 開発 センター に委託し開発が進められている SHIS (Shared Hospital Information System) に当社も臨床検査 サブシステム 担当として参画している。

5. 1. 2 漢字処理システムの動向

診療報酬請求明細書は厚生省令により、 保険証記号・病名の漢字による記入が義務づけられている。従来、 コンピュータ 処理を行っても漢字出力ができなかったため、 これらの項目は手書きで記入する必要があった。漢字診療報酬請求明細書 システム を採用すれば明細書作成業務の完全な コンピュータ 化が可能となる外、 この明細書を関係機関に提出する際の チェック 時間が大幅に短縮される。このようなメリットを持つこの種漢字処理 システム は高価なため、 普及はまだほんの一握りといった状況であった。しかし、 コスト の逡減とともに漢字

センター 利用が普及し、 単一医療機関でも漢字 システム を導入するケースが出現するなど、 受入れ側の機運も高まっており、 M 8261 など三菱漢字情報処理 システム の普及が期待されている。

5. 1. 3 医用専用機の動向

医用専用機を性能・機能から分類すると、 (1) 単独で窓口会計・診療報酬請求明細書作成の医事業務、 薬品在庫管理等の処理ができるもの、 (2) ホストコンピュータ に接続され、 分散处理的端末として位置づけられるものに分けることができる。専用機を用いた システム の特長は「簡単に操作できる安価な システム」の実現にある。《MELCOM》80 シリーズ/モデル 8 や《MELCOM》8 /ワンタッチ による医事業務、 M 2350 インテリジェント ターミナル による各種 システム が中小病院向けに開発されている。

5. 2 技術動向

医療情報 システム は、 多岐にわたる各種技術の総合化を要求されるシステム である。そのために新しい技術導入の欲求は他の分野よりも根強いものがある。したがって以下に述べるような技術の開発及び応用は急速に進展するものと予想される。

5. 2. 1 通信技術

医療分野における電気通信技術の適用は、 次の 2 つのレベルでとらえることができる。

(1) 病院施設内レベル：病院情報 システム

病院の機能を向上させるためには、 コンピュータ を中心とする情報 システム の導入が不可欠なことはいうまでもないが、 種々の搬送 システム

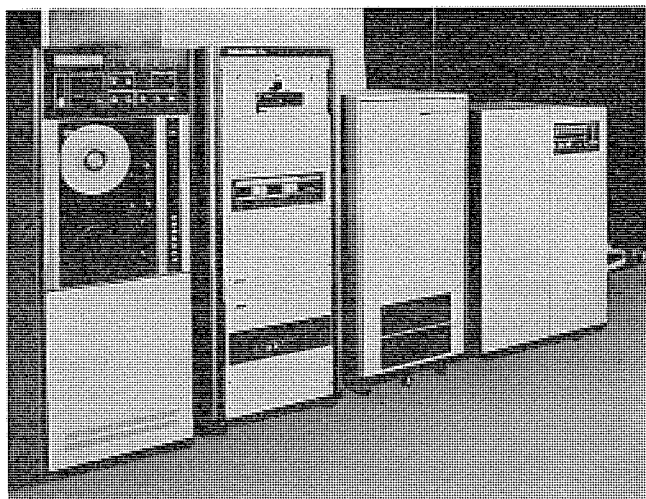


図 7. M 8261 三菱漢字情報処理 システム

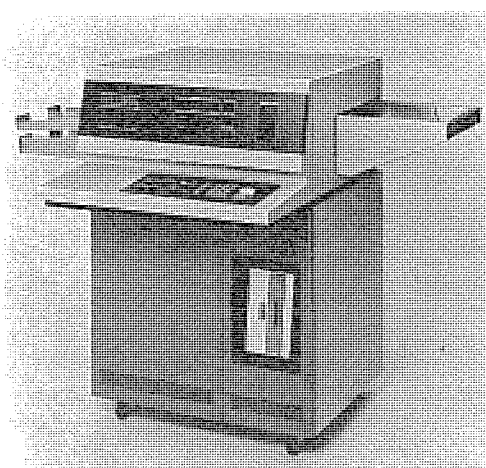


図 9. M 2481 光学文字読取装置



図 8. 《MELCOM》8 / ワンタッチ

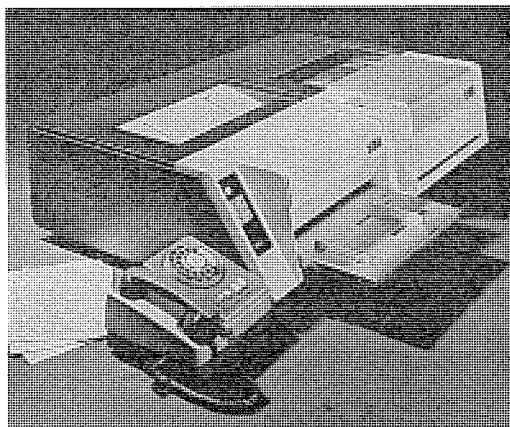


図 10. メルファス FA-300 形超高速 ファクシミリ

や通信技術、文字やパターン情報などの情報伝達技術も非常に重要な役割を担っている。院内通信の当面の課題は、専門技術を必要としない情報入力方法（手書き文字読取り、ファクシミリ交換など）の普及にある。M 2481 光学文字読取装置やメルファス超高速ファクシミリの利用は病院情報システムにとって今後ますます期待されるが、他面では低価格も要求されている。

（3）病院施設外レベル：地域医療システム

救急医療システム、へき地医療システム、情報サービスシステムなどの各種医療システムにおいて、電気通信の果たす役割は極めて重要であるが、院内の場合と異なり法制上の大きな制約がある。当面の課題は、電話回線の利用があげられ、当社も心電図電送解析システムを中心に、地域住民の健康管理に寄与している。今後、地域医療システムが充実段階に入ると、病院内の場合以上に各種医療情報の効率的伝送技術や交換技術などが必要になる。また、映像伝送は伝送路の経済問題も解決できる画期的な新伝送回線の開発が望まれている。

5. 2. 2 映像機器

医療では膨大な量の画像が扱われているが、画像を用いた検査・診断は大部分が人手によって行われている。今後、映像技術が有力な新しい診断や検査の手段を提供し、省力化・自動化に貢献できる可能性が十分あり、特に医用画像の処理技術の開発が急がれている。医用画像の処理技術の開発は、①画像観測時の見やすさの向上、②診断の省力化、客観化を目的としている。RI、赤外線、及び超音波画像については入力装置の開発及び見やすさの向上のための画像変換技術（画像の強調など）の開発が必要である。顕微鏡画像やX線像については、診断の省力化・客観化が必要である。省力化のために、最終的にはコンピュータによる自動診断を必要とするが、診断に有効な画像の特徴量を抽出するだけでも医師の労力は、かなり軽減できるものと期待されている。

5. 2. 3 医療機器（医用電子機器）

医療機器とは、高度に発達した電子技術を臨床・医学研究用の機器に導入したものをいい、通産省の統計分類では、用途別に生体現象測定記録装置、検体検査装置など10種類に分類されている。医療機器の生産額は、医療技術の進歩や医療需要の増大などにつれ着実な伸びを示している。現在の医療機器の研究開発はコンピュータによるシステム化のもとに、①無侵襲計測、②マイクロ化、③自動化・省力化、④高安全性・高信頼化などを指向している。当社は《MELCOM》70を各メーカに提供し、心電図解析システム、肺ガス分析システム、ライナック、データ処理システムなどで活躍している。

5. 2. 4 ソフトウェア

医療情報システムにおけるソフトウェアは、医療情報処理が多様性を要求されるほか、極めて多種類かつ少量の情報を取扱う必要があるので複雑にならざるを得なく、また信頼性と安全性に対し強い要求が

あるなどの特徴を有するため、医療用ソフトウェアのパッケージ化は、他の分野と比べ立ち遅れている感がある。こうした背景からメーカに依存したシステム開発からユーザによるシステム化の要求も強まってきている。当社は会話形高級言語である《MELCOM-MUMPS》を開発し、ユーザによるシステム化への道を開いている。

6. む す び

今後の医療情報システムの条件として、信頼性・操作性・拡張性・費用対効果などが十分に配慮されたシステムの開発が望まれている。ここでは医療情報システムが今後更に発展する上で重要となる点について触れておく。

（1）分散処理

医療情報システムは、信頼性や安全性が重要視されると同時に業務の中断も許されない。そのため汎用大形コンピュータによる集中一括方式よりも、対象業務ごとの分散処理を取り入れたほうが適している。したがって各部門間のコンピュータネットワーク技術、分散形データベース技術の進展と相まって急速に分散処理が普及する傾向にある。

（2）画像処理

医療情報システムにおいては、医療担当者が直接に端末を介して使用するシステムが増加する傾向にあるが、デジタル化されていない情報も多い。したがって専門技術を必要としない情報入力方法の開発が重要となる。文字や音声の自動認識、画像の自動処理装置の開発は、その要請にこたえるものであり、これらの技術の進展とともにカルテはコンピュータに置き換えられてゆくであろう。

（3）総合技術化

医療情報システムは、コンピュータ技術と関連電子技術の応用が必要であり、これら関連技術を結集させて1つのシステムとして機能させることが重要である。この意味から総合電機メーカの役割が重要となる。

総合電機メーカとしての当社は、コンピュータ技術をはじめとする各種技術を総合し、社会のニーズにあった技術開発・製品開発を通じて、医療の進歩に役立つ高度な医療情報システムの実現に今後も努力してゆくつもりである。

参 考 文 献

- （1）医療情報システム研究開発報告書、（財）医療情報システム開発センター（昭50～52年）
- （2）コンピュータ委員会：病院におけるコンピュータ利用の実態、日本病院会雑誌、昭和51年7、8月号
- （3）小特集 医療情報処理、情報処理18、No. 7
- （4）画像処理特集、電子通信学会誌、59、No. 11

電子機器実装のための定常熱解析シミュレータ“STAC”

木村育雄*・吉岡 猛*・大串哲朗**・福島 満**

1. ま え が き

電子計算機を始めとする最近の電子機器は高性能、高信頼度、高密度実装の要求が強い。特に大規模集積回路 (LSI) や超 LSI の大規模採用に伴い冷却効果、電子部品温度の把握は一層重要になり、電子機器設計に占める熱設計の割合が大きくなってきている。電子機器における熱設計の目的は冷却装置の能力、価格、信頼性及び電子機器の保守性を考慮した適切な冷却方式を用いて電子機器を安定に動作させることにある。熱設計の手段である電子計算機による熱解析は現在種々試みられ成果を上げている。しかし、解析対象は比較的単純な形状の構成物に限られており、電子計算機のような電子部品が多数実装された複雑な構成物の熱解析には不向きである。

一方、熱設計は他の実装設計、例えば論理分割設計、電子部品配置設計、ゲート割付設計、パターン設計等と同時に進められるべきであり実装設計 DA の一環となるべきものである。そのため実装設計用データベース上のデータを用いて熱解析が行えるようにしなければならず、論理設計者が通常用いている論理図面及び論理用語等を入力とした熱解析を行うことができ、冷却条件の確認を機器設計に先立って行えるシミュレータが強く望まれていた。

このシミュレータ STAC (Static Thermal Analysis Simulator Computer Packaging) はこれらの要望に基づいて開発されたものであり、製作図面に従って入力されたデータを自動的に熱解析に必要なデータに変換する。熱解析に不可欠な各種熱コンダクタンスは入力されたきょう体構造データ、冷却法データ、温度条件データ、プリント基板データ、電子部品データを用いて自動的に STAC 内で計算される。また、STAC で用いているノード分割法に必ず(須)なノード割付け、ノード番号計算の複雑な手続きもプリント基板上の電子部品配置の規則性を利用して自動的に行われる。したがって、非常に簡単な入力データで電子部品が多数実装された複雑な構成物である電子計算機等の熱解析シミュレーションを行え、熱的知識や経験を必要としない。

2. 電子計算機における熱設計の背景

現在、電子計算機に使用されている電子部品のチップの体積は、きょう体の体積の $\frac{1}{10^6}$ 程度であり、今後、実装技術の向上に伴い一層の小形化、高密度化がおし進められる。また、チップの発熱密度は高く、例えば $3\text{mm} \times 3\text{mm}$ のチップで 1W の消費電力があるとすれば、チップを寄せ集めて $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ にした場合約 1kW の発熱となる。このように電子計算機に用いられる電子部品は熱密度が高い。

一方、論理素子伝ば(播)遅延時間 (T_{pd})・論理素子消費電力 (P_d) 積が一定という関係の場合、電子計算機を高速にすることは消費電力増加を意味する。更に、LSI 及び超 LSI を用いた電子計算機においては全伝播遅延時間に占める回路布線長及び負荷条件の割合が増加し、より高密度な実装が要求される。このように電子計算機を高速にすることは、消費電力増加だけでなく高密度実装も必要とな

り電子計算機の熱密度は上昇する。熱のために実装を大幅に変更して、高速の空気流による強制空冷を行った計算機システムや液冷の計算機システムもある。

ここで電子計算機を発熱源あるいは冷却対象と考えた場合に分けおのおのについて記す。

(電子計算機を発熱源と考えた場合の熱密度)

$$\text{集積回路 (IC) 等の論理素子: } \frac{1 \sim 10 \text{ W}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{機能ブロック: } \frac{0.01 \sim 1.0 \text{ W}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{実効冷却体積: } \frac{0.01 \sim 0.1 \text{ W}}{\text{cm}^3}$$

(電子計算機を冷却対象と考えた場合に採用可能と思われる冷却方式)

伝導熱伝達を用いた冷却方式

対流熱伝達を用いた冷却方式

相変化を伴う熱伝達を用いた冷却方式

ペルチェ効果による冷却方式

以上の各冷却方式を冷却能力、価格、信頼性及び電子機器の保守性を考慮して採用しなければならない。

3. 定常熱解析シミュレーション

3.1 シミュレーション概略

STAC による定常熱解析シミュレーションの概略は図 1. のとおりである。STAC ではノード分割法を用い実際の電子部品とう載プリント基板に数多くのノードと称する温度代表点を設け、それらのノード間を熱コンダクタンスで結び各ノードの温度を未知数として連立多元 1 次方程式を導き、それを解くことで定常温度分布を求める。シミュレータ規模は FORTRAN IV で約 4,100 ステップであり 1 枚のプリント基板にとう載された電子部品が 200 個程度の時、1 枚の電子部品とう載プリント基板の定常温度分布を求めるのに図 2. に示すように約 10 秒を要する。また、図 3. に示すようにメモリは約 800 KB を要する。以下、各処理内容を記す。

3.1.1 入力処理

定常温度分布を知りたい電子計算機等のきょう体構造、冷却法、温度条件、プリント基板データ、電子部品データ、定常温度分布を求める電子部品とう載プリント基板選択データ等の図 4. に示す入力データの入力処理を行う。

3.1.2 エラー処理

入力処理中にコーディングミス、パンチミス等のエラー及び計算が途中でできなくなる可能性のある入力データが発見された場合に実行され、エラー発見箇所、エラー内容、対応策が出力される。

3.1.3 きょう体構造処理

各種のきょう体構造、冷却法での熱解析を行えるようにする処理である。強制空冷の場合には、風速・風量計算がこれにあたる。

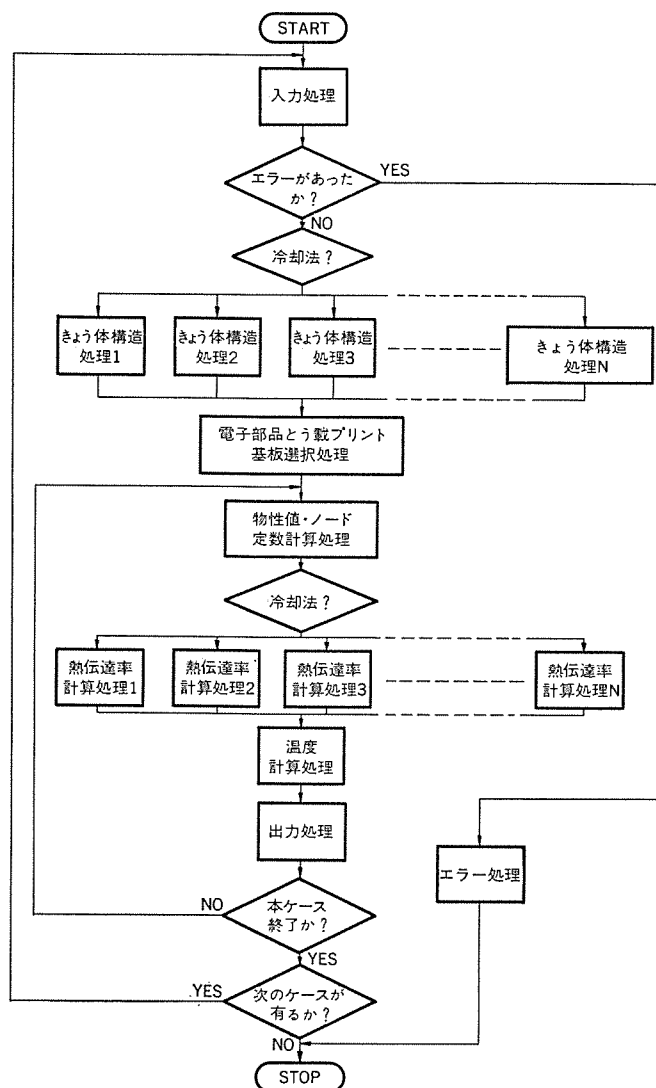


図 1. STAC 概略 フローチャート

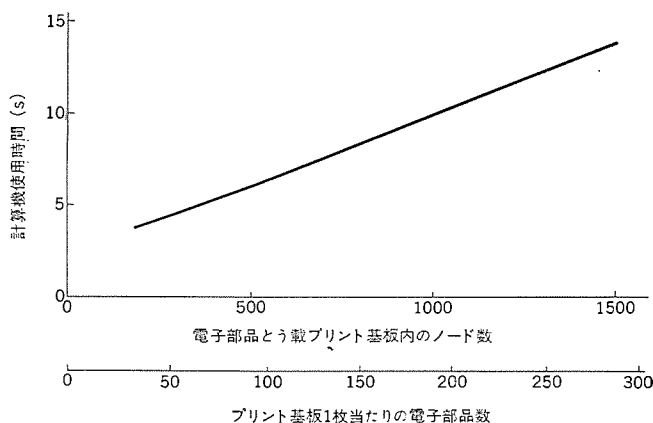


図 2. 計算機使用時間

3. 1. 4 電子部品とう載プリント基板選択処理

きょう体に多数実装された電子部品とう載プリント基板の中から熱解析を行うものを選択する処理である。入力データの指定により選択を行う手動選択と STAC が選択を行う自動選択があり、選択枚数は別途入力データで指定できる。

3. 1. 5 物性値・ノード定数計算処理

空気の比重量、動粘性係数等の物性値の計算及びノード番号計算、ノード割付け、ノード間伝導熱コンダクタンス、ノード占有面積計算を行う。

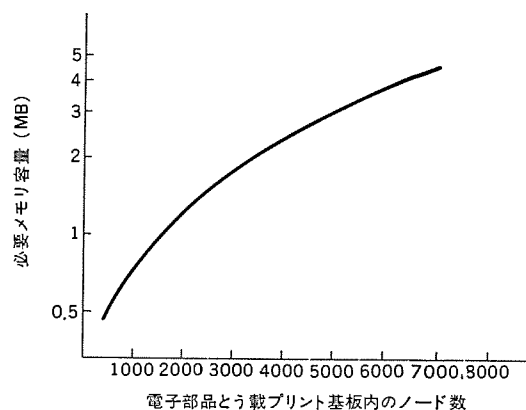


図 3. 必要メモリ容量

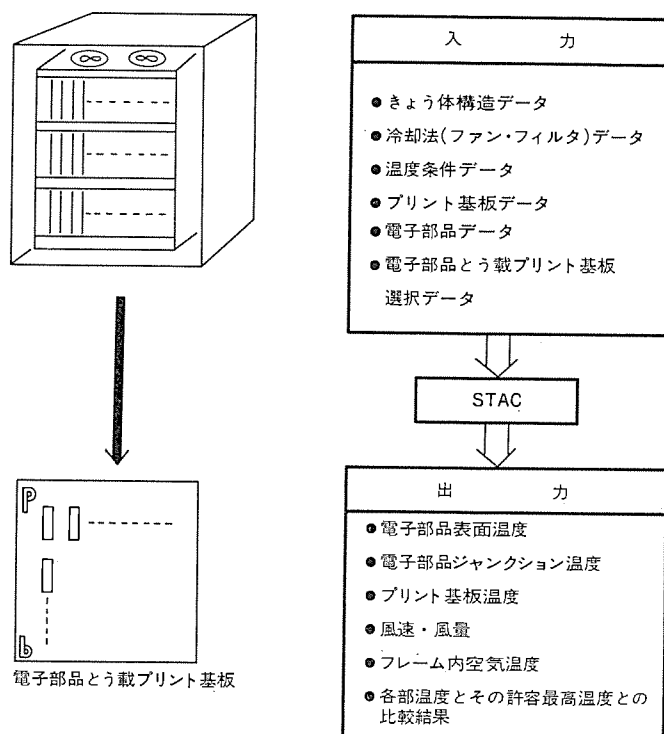


図 4. STAC 入出力内容 (強制空冷の場合)

3. 1. 6 熱伝達率計算処理

各種冷却法に対応して電子部品とう載プリント基板表面各部から周囲空気への熱伝達率を計算する。

3. 1. 7 温度計算処理

3. 1. 1～6 項により得たデータで連立多元 1 次方程式を組立て、これを解き電子部品とう載プリント基板の定常温度分布を求める。

3. 1. 8 出力処理

入力処理で入力された内容、電子部品表面温度、電子部品ジャンクション (接合部) 温度、プリント基板温度、フレーム内空気温度、及び上記温度とその許容最高温度との比較結果が出力され、強制空冷の場合は風速・風量も出力される。また、同一の実装条件において何枚もの電子部品とう載プリント基板の温度分布を求める場合には図 1. の物性値・ノード定数計算処理以下を繰り返し温度分布が出力される。電子部品の消費電力、表面積、パッケージ、プリント基板上のとう載位置の変更、電子部品とう載プリント基板のフレーム内実装位置、実装枚数の変更、強制空冷の場合におけるファン個数、フィルタの変更等の実装条件の変更の場合には再び入力処理から繰り返して処理が行

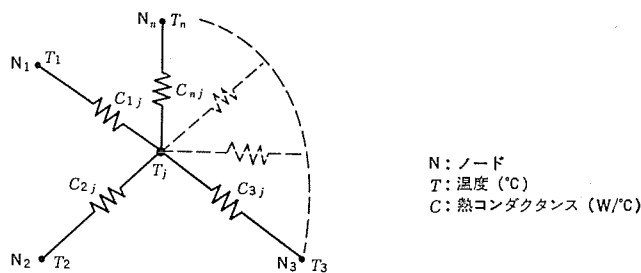


図 5. 熱回路網

われる。

3.2 温度計算原理

定常状態では1個のノード N_j に流入する熱流の和は0となり次式が成り立つ。以下の式(1)～式(4)は $i \neq j$ の時のみ定義される。

$$\sum_{i=1}^n Q_{ij} = 0 \quad (j=1, \dots, n) \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし Q_{ij} : ノード N_i からノード N_j に流入する熱量 (W)
 n : 全ノード数

図 5. に示す熱回路網に対し式(1)を適用する。

$$\sum_{i=1}^n (T_i - T_j) \cdot C_{ij} = 0 \quad (j=1, \dots, n) \quad \dots\dots\dots (2)$$

ただし T : ノードの温度 (°C)
 C : ノード間熱コンダクタンス ($\frac{W}{^\circ C}$)

ノード N_j に q_j (W)の発熱があるとすれば式(2)は

$$\sum_{i=1}^n (T_i - T_j) \cdot C_{ij} + q_j = 0 \quad (j=1, \dots, n) \quad \dots\dots\dots (3)$$

となる。式(3)において、ノード N_n を熱いゆ(溜)のノード(強制空冷においては空気)とし、ノード N_n の温度 T_n を $T_n = T_a$ 、ノード N_j と熱溜間の熱コンダクタンス C_{jn} を $C_{jn} = C_{ja}$ とすれば

$$\begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1n-1} \\ C_{21} & C_{22} & \dots & C_{2n-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{n-11} & C_{n-12} & \dots & C_{n-1n-1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ \vdots \\ T_{n-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -(q_1 + C_{1a} \cdot T_a) \\ -(q_2 + C_{2a} \cdot T_a) \\ \vdots \\ -(q_{n-1} + C_{n-1a} \cdot T_a) \end{pmatrix} \quad \dots\dots (4)$$

$$\text{ただし } C_{jj} = -\left(\sum_{i=1}^{n-1} C_{ji} + C_{ja}\right) \quad (j=1, \dots, n-1)$$

$$C_{ij} = C_{ji} \quad (i, j=1, \dots, n-1)$$

と表せる。ここで、 C_{ij} 、 q_j 、 C_{ja} 、 T_a は既知である。連立多元1次方程式(4)を解くことにより未知数の各ノードの温度 T_1, \dots, T_{n-1} が得られる。

3.3 等価熱回路モデル

電子部品とう載プリント基板に図 6. のようにノードをとり 3.4 節の熱コンダクタンスを用いてノード間を結び、図 7. のような等価熱回路モデルを作る。式(4)の C_{ij} 、 C_{ja} は、図 7. の C_{RI} 、 C_{VI} 、 C_{RP} 、 \dots 、 C_{PC} の合成されたものである。

3.4 熱コンダクタンス

1例として図 8. のようなきょう体(箱)に実装された電子部品とう載プリント基板の温度分布を計算する場合に必要な対流熱コンダクタンス、ふく射熱コンダクタンス、伝導熱コンダクタンス、空気流方向の熱コンダクタンスについて記す。なお、図 8. のきょう体は3D実装方式であり、各段に数10枚のプリント基板が装着されている。電子部品冷却用ファンは、きょう体の上下に1組ずつ取り付けられており、強制空冷により電子部品を冷却している。

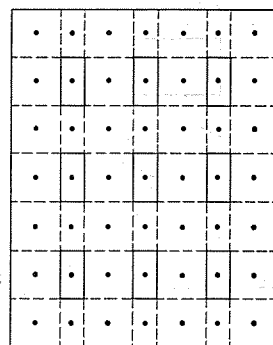
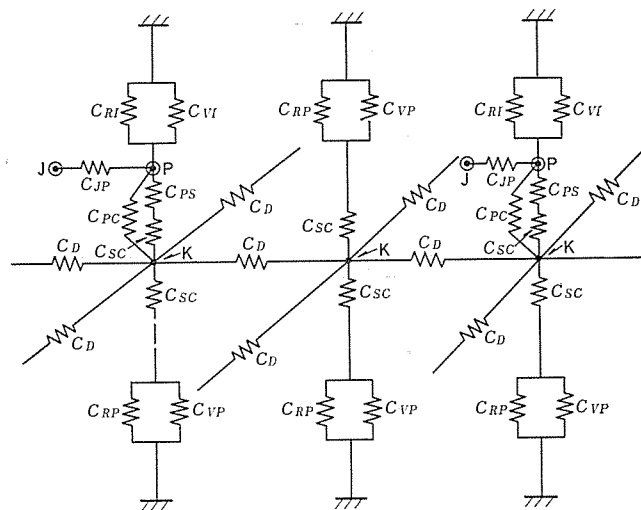


図 6. ノード分割



K : 基板中心ノード P : 電子部品パッケージ表面ノード
J : 電子部品ジャンクションノード

C_{RI} : 電子部品表面から空気へのふく射熱コンダクタンス
 C_{VI} : 電子部品表面から空気への強制対流熱コンダクタンス
 C_{RP} : 基板表面から空気へのふく射熱コンダクタンス
 C_{VP} : 基板表面から空気への強制対流熱コンダクタンス
 C_{PS} : 電子部品パッケージ表面-基板表面間伝導熱コンダクタンス
 C_{SC} : 基板表面-基板中心間伝導熱コンダクタンス
 C_D : 基板内伝導熱コンダクタンス
 C_{JP} : 電子部品パッケージ表面-ジャンクション間伝導熱コンダクタンス
 C_{PC} : 電子部品パッケージ表面-基板中心間伝導熱コンダクタンス

図 7. 電子部品とう載プリント基板の等価熱回路モデル (強制空冷の場合、一部分)

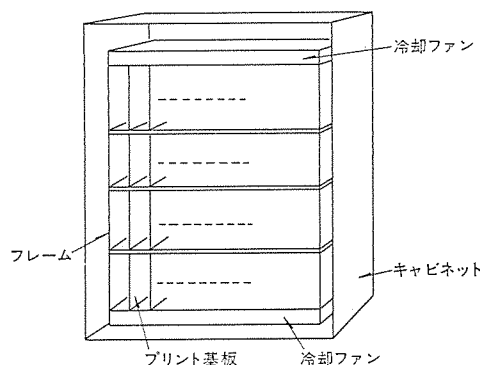


図 8. きょう体

3.4.1 対流熱コンダクタンス

ここでは強制対流熱コンダクタンスについて記す。強制対流熱コンダクタンスは、電子部品とう載プリント基板内のノード N_j の位置 (x, y) 、プリント基板間距離 P 、プリント基板長 l 、重力加速度 g 、空気の動粘

性係数 ν 、空気の体膨張率 β などにより表せ、図 7. においては C_{VI} 、 C_{VP} がこれに該当する。

ここで強制対流の熱コンダクタンス $C_{FC} \left(\frac{W}{^\circ C} \right)$ を示す。

$$C_{FC} = H_{FC} \cdot S = N_{ux} \cdot \frac{k}{x} \cdot S = K_{F1} \cdot R_{ex} K_{F2} \cdot \frac{k}{x} \cdot S \quad (5)$$

ただし H_{FC} : 強制対流熱伝達率 $\left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right)$

S : ノード占有面積 (m^2)

N_{ux} : 局所ヌセルト数

k : 空気の熱伝導率 $\left(\frac{W}{m \cdot ^\circ C} \right)$

x : ノード N_j の空気流方向距離 (m)

R_{ex} : 局所レイノルズ数

K_{F1} 、 K_{F2} : 実験により求める定数

K_{F1} 、 K_{F2} はプリント基板間距離 P 及び ノード位置 (x , y) によって決まる定数である。

3. 4. 2 ふく射熱コンダクタンス

温度 T_1 、 T_2 なる物体表面間のふく射による単位時間、単位面積当たりのエネルギー交換量 $E \left(\frac{W}{m^2} \right)$ は次式で表せる。

$$E = F \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4) \quad (6)$$

ただし F : 物体表面のふく射率、物体表面間の形態係数により決まる総括吸収率

σ : ステファン・ボルツマン定数 $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K^4} \right)$

$$\left(= 5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4} \right)$$

T_1 、 T_2 : 物体表面の温度 (K)

総括吸収率 F はプリント基板間距離 P 、ノード位置 (x , y)、物体表面のふく射率 ϵ によって変わるもので図 9. に F を示す。

また、ふく射による単位時間、単位面積当たりのエネルギー交換量 $E \left(\frac{W}{m^2} \right)$ は熱伝達率 $H \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right)$ を用いれば

$$E = H \cdot (T_1 - T_2) \quad (7)$$

と表せる。式(6)、式(7)から熱伝達率 H は $T_1 \neq T_2$ の時

$$H = F \cdot \sigma \cdot (T_1 + T_2) \cdot (T_1^2 + T_2^2) \quad (8)$$

となる。よって、ふく射熱コンダクタンス $C_{RAD} \left(\frac{W}{^\circ C} \right)$ は次式で表せ、図 7. においては、 C_{RI} 、 C_{RP} がこれに該当する。

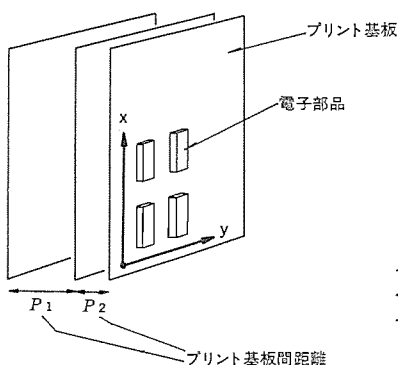
$$C_{RAD} = H \cdot S$$

$$= F \cdot \sigma \cdot S \cdot (T_1 + T_2) \cdot (T_1^2 + T_2^2) \quad (9)$$

ただし S : ふく射面積 (m^2)

3. 4. 3 伝導熱コンダクタンス

伝導による熱コンダクタンス $C_{DN} \left(\frac{W}{^\circ C} \right)$ は次式で表せる。



$$F = f(x, y, P, \epsilon)$$

ノード表面のふく射率 ϵ
ノードの位置 (x, y)

図 9. 総括吸収率 F

$$C_{DN} = K \cdot \frac{A}{L} \quad (10)$$

ただし K : 材料の熱伝導率 $\left(\frac{W}{m \cdot ^\circ C} \right)$

A : 伝導断面積 (m^2)

L : 伝導距離 (m)

伝導熱コンダクタンスは、図 7. においては C_{PS} 、 C_{SG} 、 C_D 、 C_{JP} 、 C_{PC} がこれに該当する。

3. 4. 4 空気流方向の熱コンダクタンス

図 8. のようなきょう体を用いる場合は、下流のプリント基板の周囲環境温度は上流のプリント基板にとう載された電子部品の発熱により $\Delta T_a (^\circ C)$ 上昇する。

$$\Delta T_a = \frac{Q}{F \cdot \rho \cdot C_P} \quad (11)$$

ただし Q : 上流のプリント基板にとう載された電子部品の単位時間当たりの発熱量合計 (W)

F : 単位時間当たりの空気量 $\left(\frac{m^3}{sec} \right)$

ρ : 空気の比重量 $\left(\frac{kg}{m^3} \right)$

C_P : 空気の定圧比熱 $\left(\frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \right)$

ΔT_a を空気流方向の熱コンダクタンスを用いて表すこともできるが、通常は式(11)のように ΔT_a を計算して下流に実装された電子部品にとう載プリント基板の周囲環境温度を求める。

4. シミュレーションの効用

4. 1 電子部品温度の把握

ある与えられた実装方式、冷却方式の場合のプリント基板上の電子部品及びプリント基板の温度分布を知ることができる。

図 10. は、消費電力 1.4 W の LSI を 18 石とう載したプリント基板の強制空冷の場合の表面温度分布である。電子部品ジャンクション温度分布も求められる。式(5)、式(10)の熱コンダクタンスは実験により求めているのでシミュレーション精度が高い。

4. 2 電子部品最適配置

図 10. から分かるとおり、同一電子部品でもプリント基板上の位置によりかなり温度差がある。したがって高発熱の電子部品を冷却されやすい位置に置きかえれば電子部品温度を下げられる。図 11. にこの効果の例を示す。80 石の電子部品をとう載したプリント基板上で、とう載位置を変えることにより電子部品表面及び電子部品の周囲のプリント基板表面と周囲空気間の熱伝達率が増大し、電子部品表面温度が $5.8^\circ C$ 下がり、同時にジャンクション温度も $5.8^\circ C$ 下がることが分かる。このように電子部品にとう載位置による温度低下の効果を定量的に把握でき、最適な電子部品配置を求められる。

4. 3 プリント基板最適配置

電子部品に最適配置があるように、プリント基板のフレーム内配置にも最適配置があり、このシミュレーションも行える。

4. 4 冷却装置の有効利用

4. 1 節に記したような電子部品温度の把握をすることにより、他の設計に先立って冷却装置の能力を確認できる。また、4. 2、4. 3 節のようにして電子部品及びプリント基板の最適配置を見い出すことにより、冷却装置の限られた能力を最大限に引き出せ冷却装置の有効利用が図れる。

4. 5 入力容易さ

STAC の入力内容はきょう体構造データ、冷却法データ、温度条件デ

```

CARD CND0 BUNPU ... CARD POSITION 2 DAN 16 SLUT CARD NAME=48PIN1.4 AIR VELOCITY= 3.00 M/S
                                AMBIENT TEMP. = 39.18 DEGREE
                                INLET AIR TEMP. = 30.00 DEGREE
                                TEMP. RISE IN FRAME = 9.18 DEGREE

-----> AIR FLCW

-----> Y

I XXXXXXXX XXX XXXXXXXX XX XX XXX XXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX XXX XXX XXXXXXXX
I XX XX XX XX XXX XX XX XX XX XX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX
I XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX
V XXXXXXXX XX XX XX XXXX XX XX XX XXXXXXXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX
X XX XX XX XX XXXX XX XX XX XXXXXXXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX
  XX XXXXXXXX XX XX XX XXXXXXXX XX XXXXX XX XXXXX XX XXXXX XX XXXXX XX
  XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX XX
  XX XX XX XXXXXXXX XX XX XX XX XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXXXX

1 39.42 39.82 39.86 40.10 40.06 40.27 40.20 40.35 40.29 40.40 40.31 40.38 39.97
2 40.04 43.16 41.75 44.08 42.26 44.60 42.60 44.96 42.63 45.20 42.90 45.05 41.34

IC-DUMMY IC-DUMMY IC-DUMMY IC-DUMMY IC-DUMMY IC-DUMMY
Q... 53.86 55.63 56.69 57.45 58.04 58.42

3 39.68 40.61 40.62 41.17 41.01 41.50 41.26 41.73 41.44 41.87 41.47 41.71 40.70
4 40.03 43.23 41.84 44.15 42.35 44.74 42.75 45.12 43.00 45.37 43.07 45.20 41.47

IC-DUMMY IC-DUMMY IC-DUMMY IC-DUMMY IC-DUMMY IC-DUMMY
Q... 53.37 55.66 56.73 57.50 58.09 58.47

5 39.68 40.61 40.61 41.17 41.00 41.49 41.26 41.73 41.44 41.87 41.46 41.71 40.70
6 40.04 43.14 41.73 44.06 42.26 44.56 42.57 44.94 42.63 45.19 42.92 45.03 41.35

IC-DUMMY IC-DUMMY IC-DUMMY IC-DUMMY IC-DUMMY IC-DUMMY
Q... 53.35 55.62 56.68 57.45 58.04 58.42

7 39.51 40.09 40.13 40.47 40.40 40.70 40.59 40.87 40.71 40.97 40.73 40.80 40.25

MAXIMUM TEMPERATURE BELONGS TO NODE NO. 64 Y= 12 X= 4 MAXIMUM VALUE = 58.47 DEGREE IC-DUMMY
MINIMUM TEMPERATURE BELONGS TO NODE NO. 1 Y= 1 X= 1 MINIMUM VALUE = 39.42 DEGREE

TEMPERATURE LIST ( LOWER THAN OR EQUAL TO AMBIENT AIR TEMPERATURE ) ... IF ANY
NONE

TEMPERATURE LIST ( HIGHER THAN OR EQUAL TO PERMITTED MAX. PACKAGE TEMPERATURE ) ... IF ANY
NONE

```

図 10. シミュレーション結果の1例（強制空冷の場合）

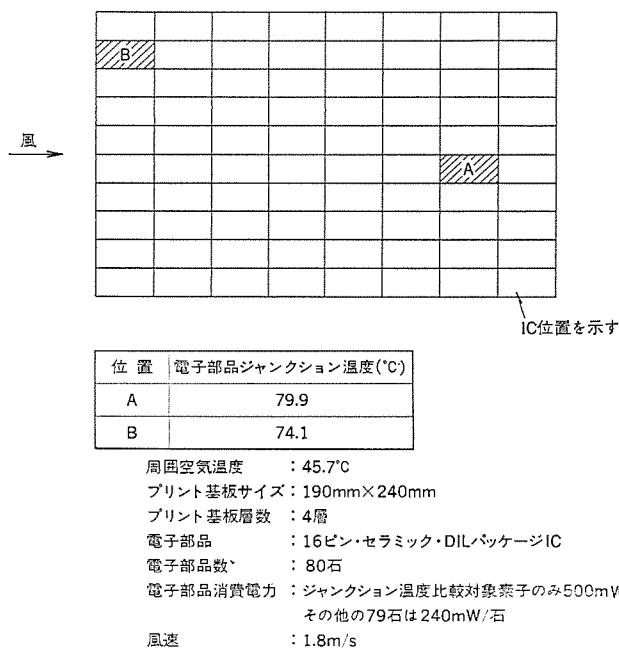


図 11. 電子部品と搭載位置による温度変化（強制空冷の場合）

ータ、プリント基板データ、電子部品データ等であり、熱的知識や経験がなくても使用できるように配慮されている。

5. 問題点

5.1 実装設計 DA との関係

本来、STAC は他の実装設計 DA プログラム 群とともに、DA モニタ プログラム の管理下で運用されるべきである。STAC の入力の実装設計用データベース上のデータを使用できるが、熱設計条件と他の実装設計条件の競合の問題、すなわち、両者の条件をどのような割合で実

装に反映させるかという問題を解決しなければならない。

5.2 ノード分割

STAC で用いているノード分割法は、連続的な温度変化をしている構造体を小区間に分け、区間内の平均温度をノードの温度とし連続構造を集中定数構造で近似するものである。したがって、近似の良否はノード分割の細かさに大きく依存する。そのために、ノード数を増大させ近似精度の向上を望めば、連立方程式の解を得るために必要なメモリ容量が飛躍的に増加し計算機使用時間も多くなる欠点がある。ノード分割はノード数の増減に伴う利点と欠点を十分考え、最適で行わなければならない。

6. むすび

定常熱解析シミュレータ STAC の概要を、主として強制空冷の電子計算機を例に記した。

STAC は当社電子計算機《COSMO》シリーズの熱設計に使用した。STAC は電子計算機の高密度実装、消費電力の増大、LSI の使用に伴い、電子計算機開発には必要不可欠の熱設計手段であり、今後とも使用していく予定である。

参考文献

- (1) 伝熱工学資料、日本機械学会
- (2) 横堀、久我訳：基礎伝熱工学、丸善
- (3) 甲藤：伝熱概論、養賢堂
- (4) 日本マイクロエレクトロニクス協会編：エレクトロニクス実装技術便覧、工業調査会
- (5) 木村、吉岡、阪尾：電子機器用定常熱解析シミュレータ、昭和52年度電子通信学会総合全国大会講演論文集、385, p. 2～162 (昭52-3月)

サイリスタレオナード方式《サイリストグライド》ギヤレスエレベータ

渡辺 英紀*・石井 敏昭*

1. ま え が き

従来ギヤレスエレベータはMGセットを用いたワードレオナード方式が採用されてきた(図1.(a))。一方、エネルギー資源の乏しい我が国にとって省エネルギー化は非常に重要である。そこで当社ではワードレオナード方式ギヤレスエレベータの消費電力を分析し、省エネルギー化の検討を行った。ワードレオナード方式の消費電力の分析の1例を図2.に示す。図からMGセットで消費される電力が相当大きな%を占めていることが分

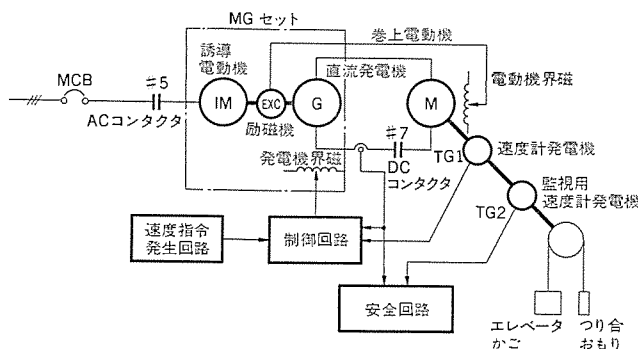


図1.(a) ワードレオナード(MG)方式エレベータの構成

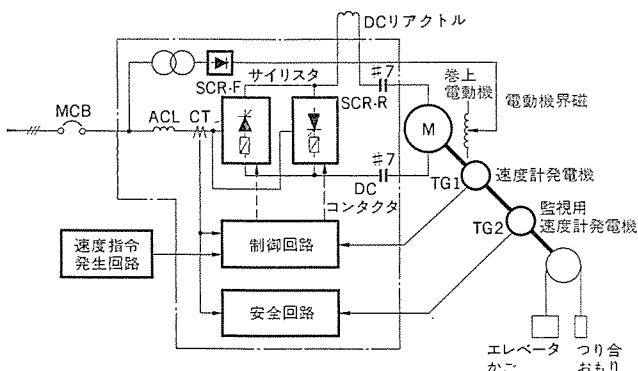


図1.(b) サイリスタレオナード方式エレベータの構成

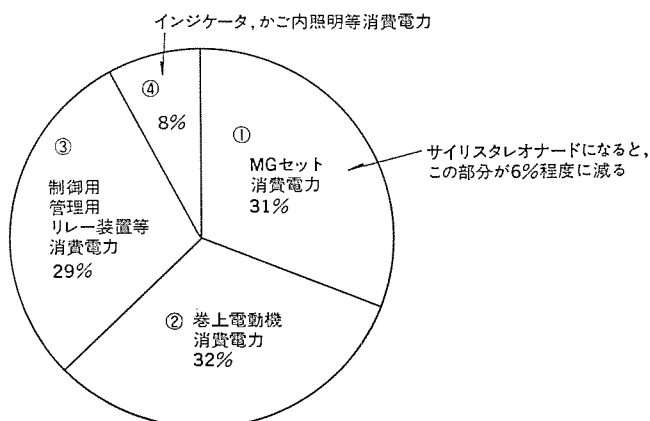


図2. MG方式エレベータ消費電力の分析の1例



図3. 兵庫県新農業会館

かる。MGセットは3相交流電源で誘導電動機を回転し、これに直結された直流発電機によって直流を発生するものであるから、誘導電動機と直流発電機の両方の内部損失により変換効率が悪い。更にMG方式はMG始動時の大電流による電力消費、及びエレベータが停止している間もMGは回転しているのでこのアイドリング電流による電力消費もある。この不具合を本質的に持たない方式としてサイリスタレオナード方式があり、この方式の応用によって相当の省電力が期待できるのでエレベータにも応用しようという試みは相当以前からあったが⁽¹⁾、種々の問題点があり当時は商業的には実用化されなかつた。

当社では数年来サイリスタレオナード方式のエレベータ応用を研究し、先に三田国際ビル向けに我が国初のサイリスタレオナード方式エレベータ(1,150 kg, 240 m/min)を納入した⁽²⁾が、その後更に改良を加えて標準化を完了し、兵庫県新農業会館向け(1,150 kg, 150 m/min)3台を納入したので⁽³⁾以下に当社の開発したサイリスタレオナード装置の特長、その省電力効果等について紹介する。

引き続き当社では新宿センタービル向け(1,450 kg, 360 m/min)8台、第一勧業銀行本店ビル向け(1,500 kg, 1,350 kg, 180 m/min各4台)を初めとして、Mandarin Hotel (Singapore)向け等多数のサイリスタレオナード方式エレベータを受注し、製作中である。

2. ギヤレスエレベータ用サイリスタレオナード

2.1 サイリスタレオナード装置の方式

エレベータの場合には4象限運転(すなわちエレベータかご内の乗客数・運転方向等によって電動機電圧・電流が正・負に変化する運転)をするが、このような場合に採用される代表的なサイリスタレオナード方式には次の4つの方式がある。

(1) 無循環電流方式

当社の採用している方式で、電動機界磁はほぼ一定に励磁しておき、負荷及び運転方向によって2つのサイリスタ群SCR-F、又はSCR-R

表 1. 各種サイリスタレオナード方式の比較

方式	①無循環電流方式 (三菱エレベータに適用)			
	②循環電流方式	③界磁切換方式	④電機子切換方式	
回路構成	SCR-F, SCR-R, DCL	SCR-F, DCL, SCR-R	サイリスタブリッジ, DCL, SCR-F	
省電力	○	○	○	○
機器の所要スペース	○	○	○	○
制御回路の信頼性	○	○	○	○

のいずれかを選択して電動機電機子に電流を流す方式。

(2) 循環電流方式

電動機界磁をほぼ一定に励磁しておくのは(1)と同じだが、2つのサイリスタ群 SCR-F と SCR-R 間に常時循環電流を流しておく方式。

(3) 界磁切換方式

電動機電機子には一定方向の電流を流しておいて、界磁電流を正負に制御することによりトルクを制御する方式。

(4) 電機子切換方式

電動機界磁はほぼ一定に励磁しておき、電機子電流の方向をサイリスタブリッジによって切換える方式。

エレベータ用としてこれらの方式を比較したものを表 1. に示すが、当社では種々検討の結果、省電力・機器の所要スペース・制御回路の信頼性等の見地から表 1. ①の無循環電流方式が最適との結論に達した。図 1. (b) にそのエレベータとしての構成を示す。

2.2 サイリスタレオナード方式エレベータの問題点とその解決手段

(1) サイリスタ変換器の切換時間の問題

当社の採用した無循環電流方式は省電力の面では非常に優秀であるが、図 1. (b) においてサイリスタ SCR-F と SCR-R が電動機方向が反転する時切換えられるが、従来の方式ではこの切換時間として 100~300 ms も要し、このためエレベータ用としては乗り心地が悪い欠点があった。当社では IC (集積回路) を応用した新しい位相制御回路を採用したので、切換時間は数 ms となり、エレベータ用として十分な性能を得ることができた。図 4. に兵庫県新農業会館向け 150 m/min エレベータの実測加速度曲線を示す。

(2) 巻上電動機からの磁気騒音の問題

サイリスタレオナードで電動機を駆動すると、高周波によるリップル電流が巻上電動機を流れ、巻上電動機から大きな磁気音が発生する。この磁気音を消すためには電動機に処置する方法と、DC リアクトルを大きくしてリップル電流を減らす方法、電機子回路にリップル電流吸収回路を設ける方法とがあるが、当社では経済性、機器所要スペース等の観点からリップル電流吸収回路を採用した。これによって電動機の騒音は MG 方式とほぼ同じレベルとなり、またリップル電流による電動機の整備劣化を防止できる。また、電機子回路にそう(挿)入してある DC リアクトルもリップル電流により若干の騒音が発生するが、そのレベルは小さいので、機械室では MG 方式と比較すると MG 騒音

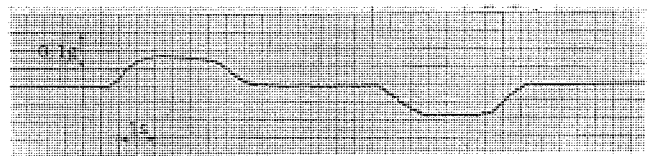
の分だけ静かである。騒音のデータの 1 例を図 5. に示す。

(3) 据付スペースの問題

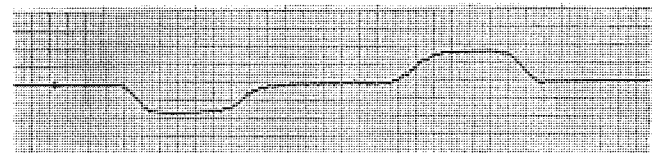
一般工業用サイリスタレオナード盤では、機械室所要スペースが MG 方式より大きくなることがあったが、当社では当社独自の H 形冷却フィンと当社の高信頼度フラック形サイリスタを組合せたサイリスタスタック(図 6.)を採用し、集積回路(IC)の大幅な採用等によって図 7. のようにコンパクトなサイリスタレオナード盤を開発したので、据付スペースの問題は解消した。この盤内には図 1. (b) の 1 点鎖線で囲った部分を収納している。

(4) 高調波の問題

サイリスタレオナード方式では高調波電流が発生することはよく知られている。この高調波電流の周波数は $(6n \pm 1)f_0$ ($n=1, 2, \dots, f_0$: 電源周波数) であり、エレベータ用電力線に並行して通信線が敷設されていると、通信線に雑音



定格負荷上昇運転



定格負荷下降運転

図 4. 兵庫県新農業会館納め 150 m/min エレベータ
実測加速度曲線

機器	MGセット	サイリスタ レオナード盤	DCリアクトル
測定モード			
MG 始動時	76dBA(図5(a))	—	—
全負荷 上昇時	71dBA(図5(b))	60dBA(図5(c))	57dBA(図5(d))

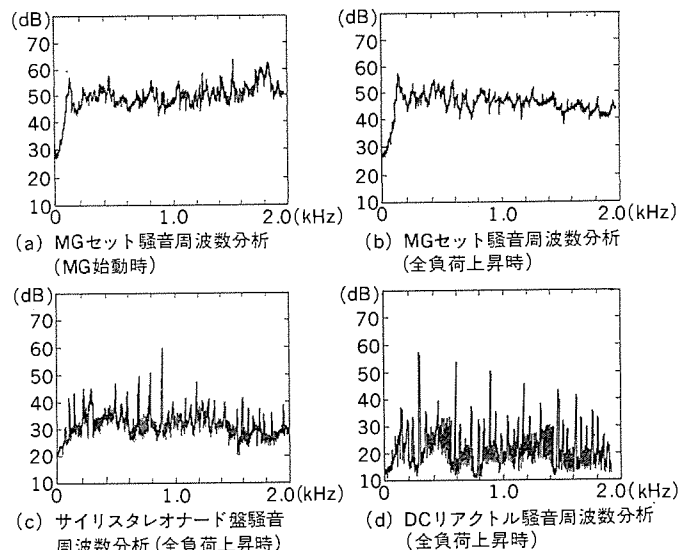


図 5. MG 方式とサイリスタレオナード方式の騒音比較
(150 m/min の場合)

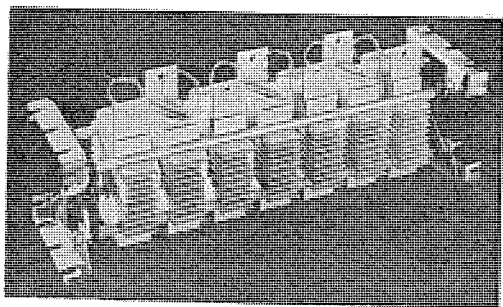


図 6. サイリスタスタック

が誘導され問題となることがある。当社では試験塔で電力線と通信線との離隔距離に対して、通信線にどの程度の雑音電圧が誘起されるかの大規模な実験を行った。その結果通信線との離隔距離を1m以上確保すれば、雑音電圧の影響は実用上無視できるレベルとなる。

2.3 サイリスタレオナード方式エレベータの安全回路・保護回路
サイリスタレオナード方式エレベータには、建築基準法等の法規で定められている従来通りの安全装置が設けられているのはもちろんであるが、ANSI⁽⁴⁾では1975年に新しく Static Control の場合に適用する規格を追加した。その内容は

- (a) ガバの過速度検出スイッチの動作速度は非常止め動作速度の90%以下であること。
- (b) 綱伸び床合わせできるゾーン(乗客の乗降によって巻上げロープが伸縮し、このためのかごと床とのずれを自動的に修正できるゾーン)は±3"以内とし、この範囲を越えている時はとびらを閉めなければ始動できないこと。
- (c) 戸開時の床合わせ速度を150 FPM (45 m/min) 以下に制限する装置を設けること。

であり、当社もこの規格に準拠している。

更に当社ではサイリスタレオナード装置が万一故障した場合のために種々の安全回路を設け、乗客の安全を確保するとともに機器の損傷を最小限にとどめるようにしている。安全回路・保護回路としては次を備えている。

(1) 速度指令・速度計発電機電圧比較回路

速度指令値と実際のエレベータ速度のズレを監視するもの、エレベータ速度の検出には図2.(b)の監視用速度計発電機(タコメータゼネレータ)の出力を用いている(特許出願中)。

(2) スピードチェック回路

着床時のエレベータの速度を監視するもの(特許出願中)。

(3) 過電流検出回路

主回路電流の異常を監視するもの。

(4) ヒューズ及びヒューズ切れ検出回路

サイリスタの保護には速断ヒューズを挿入し、このヒューズが溶断したことを検出する回路を設けてある。

(5) 欠相・逆相検出回路

3相交流電源の欠相・逆相を検出するもの。

(6) サイリスタ温度上昇検出

異常な過負荷等によりサイリスタの温度が異常に上昇し、破損する懸念のあるときは、サイリスタフィンに埋め込んだサーモスタットが動作し、エレベータを休止させる。温度が下がれば再び始動できる。

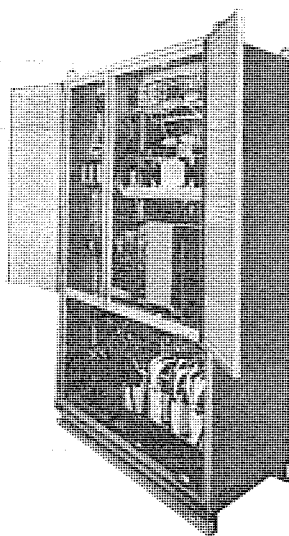


図 7. サイリスタレオナード盤

2.4 当社サイリスタレオナード方式エレベータの長所

(1) 省電力25%以上

当社では前述のようにサイリスタレオナード装置の中でも省電力効果の大きい無循環電流方式を採用したので、この省電力効果につきコンピュータシミュレーションを行った。エレベータの消費電力はビル用途・交通状況等によって変わることはもちろんであるが、典型的な運転モードで運転した場合のシミュレーション結果では図2.①のMGセット消費電力に該当する分は6%程度に減り、結局エレベータ全体として25%以上の省電力が期待できることが分かった。

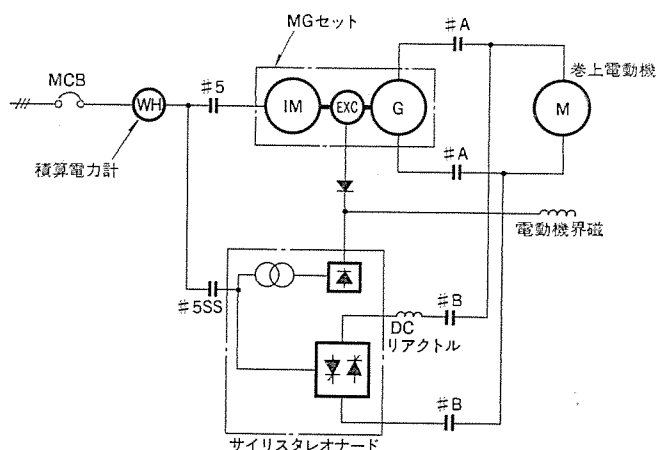
この結果は試験塔でのワードレオナード方式とサイリスタレオナード方式の比較ともよく一致したが、当社ではこれを更に実使用現場で検証するため、三田国際ビル納入の1,150 kg, 240 m/min で実

際の使用状態の試験を行った。すなわち、上記エレベータをサイリスタレオナード方式又はMGでもいづれでも運転できるように構成しており、それぞれ一定期間サイリスタレオナード方式とMG方式のそれぞれについて実稼(稼)動状態での消費電力を図8.の回路で実測した。その結果は表2.のように上記の予測を裏付けるデータを得ることができた。更に消費電力が少ないということは機械室内機器の発熱量も減ることになり、したがって機械室内機器冷却用空調設備の小形化ができるとともにその消費電力も減ることになる。いま空調設備の冷房能力を2 kcal/W・h とする時、エレベータの消費電力減少分の約40%、すなわちエレベータ全体の使用電力に換算して約10%更に節電できることになり、空調分をも合わせると35%以上の節電が可能となる。

(2) 電源設備容量の減少

図2.のように当社の無循環電流方式サイリスタレオナードを採用するとMGセット部分で浪費される電力が減るのでエレベータ走行時の電流も減り、したがって電源トランス等の設備容量がその分減らせる。

また、非常用発電機の容量は、MG始動時の突入電流によって決



MG方式の時 コンタクト#5, #Aを閉成

サイリスタレオナード方式の時 コンタクト#5SS, #Bを閉成して、消費電力を測定

図 8. 三田国際納め 1,150 kg 240 m/min エレベータ 消費電力測定用結線図

表 2. 消費電力実測値
(三田国際ビル 1,150 kg 240 m/min の場合)

ワードレオナード方式 (MG 方式)	サイリスタレオナード 方式	サイリスタレオナード方式 MG 方式
136 kWh/日	103 kWh/日	0.757

まる場合が多かったのが、サイリスタレオナード方式ではこの突入電流は無い上、定格電流が減るので非常用発電機の容量が減らせる。

(3) 機械室機器の軽量化

重量の大きい MG セット及び始動盤が軽量化したサイリスタレオナード盤に置き換わるので、機械室機器が軽量化できた。

(4) 機械室騒音の減少

MG 方式では MG セットの回転音があるが、当社のサイリスタレオナード方式は前述のように静しゅくである。これは特にホテルなど居室に近い所にエレベータ機械室のある場合に有利である。

(5) クイックレスポンス

MG 方式では閑散時 MG を休止させ、その後呼びができると、MG を始動し、始動完了後エレベータを運転している。この MG の始動には数秒かかるが、当社のサイリスタレオナードではこの始動時間に相当するむだ時間が無いので、呼びに直ちに応答でき、サービスが向上することができた。

また、停電時には非常用発電機に切換えて階と階の中間に停止しているエレベータを呼び寄せ乗客を救出するが、非常用発電機の容量は一般には小さく、すべてのエレベータを同時に動かすことはできぬので、1台ずつ MG を始動してかごを救出階に呼び寄せることを繰り返している。したがって多数台のエレベータを使用している時は各エレベータの MG の始動時間だけ乗客の救出に時間がかかった。しかしサイリスタレオナード方式ではこの MG の始動時間相当が無いのでその分救出が早くできるようになった。

3. 省電力の効果

3.1 電気料金

以上述べてきた省電力分を具体的に電気料金に換算してみる。表 3. に典型的なエレベータについて、1日当たりの省電力量及び1年当たりの電気料金の節減分を示している。

この計算において、エレベータの稼働は 365 日/年、電気料金は 15.2 円/kWh と仮定している。

また表 3. にはエレベータの直接省電力分だけを記し、発熱量減少による空調設備の省電力分は考慮していないので、もしこれも織り込むなら、実際には表 3. の 1.4 倍くらい電気料金が節約できることになる。

3.2 現在価値法による評価

ランニングコストが安くて済むということは、従来よりも価値のある商品ということになる。すなわち将来にわたって得であろう利益を現在価値法を用いて現在価値に換算してみると

未来の総利益の現在価値 = C

省電力による年々の利益 = R_1, R_2, \dots, R_n

耐用年数 = n

表 3. 省電力効果による年間節約電気料金及び現在価値
(電気代 15.2 円/kWh 365 日/年稼働)

エレベータ 容 (kg)	エレベータ 速 (m/min)	省電力 (kWh/日)	年間節約 電 (千円)	現在価値法に 基く現在価値 (千円)
1,600	150	32.3	179	2,017
1,600	180	35.8	199	2,236
1,600	210	39.2	218	2,448
1,600	240	41.9	233	2,617
1,600	300	47.1	261	2,942
1,600	360	52.3	290	3,267
1,600	420	59.3	329	3,704
1,600	480	64.5	358	4,029
1,600	540	70.6	392	4,410
1,600	600	76.7	426	4,791

表 4. 現価係数表

n (年) \ i (%)	6	8	10
30	13.765	11.258	9.427
40	15.046	11.925	9.779

金利 = i

とすると

$$C = \frac{R_1}{1+i} + \frac{R_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{R_n}{(1+i)^n}$$

いま $R_1 = R_2 = \dots = R_n = R$ ならば

$$C = R \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

と表される。

$$\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

を現価係数と呼び表 4. に示す。

いま仮りに金利 8%，耐用年数 30 年とすると、典型的なエレベータについての省エネルギー効果の現在価値は表 3. のようになる。

4. む す び

以上、当社のサイリスタレオナード方式ギヤレスエレベータについて紹介した。電力供給の大部分を石油に頼らざるを得ぬ以上、電力料金は今後も必ず高騰するであろうと考えられる。

当社ではより一層の省電力を達成すべく今後も改良を重ねていく所存である。

終わりに三田国際ビル、及び兵庫県新農業会館納入のサイリスタレオナード方式エレベータに関し、終始暖いご支援をいただいた三菱地所(株)、関東建物管理(株)、フジ工業(株)、(株)東畑建築事務所の関係者のかたがたに本紙をかりて厚く御礼申し上げる次第である。

参 考 文 献

- (1) 山根ほか：東芝 SCR 制御高速エレベータ，東芝レビュー，22，12号(昭42)
- (2) 三菱電機技報，技術の進歩特集，50，No. 1(昭51)
- (3) 三菱電機技報，技術の進歩特集，52，No. 1(昭53)
- (4) American National Standard Safety Code A 17.1

プレス監視装置《プレス ダイ モニタ》

丸山 寿一*・松本 康司*・青木 正夫**

1. ま え が き

プレスや専用加工機、自動組立機などの反復動作をくり返す機械では、生産性向上と省力化のため高速運動が行われる。また、無人運転の場合が多く、機械や金型に異常があると不良製品の発生や金型、治工具、機械の破損にみまわれることがある。特に、高速自動運転のプレス加工では、金型の損傷や潤滑不足は直ちに大量の不良製品を発生させ、異常を放置しておくと金型の大きな損傷や破壊に至り、経済的なロスも大きくなる。

そのため、プレス加工の異常を初期の段階に検出し、不良製品の発生や金型と機械の破壊を防止するモニタリング装置が必要になる。従来からこのような装置の必要性が強く要求されていたが、加工に対して高い異常検出能力を有するものは実現されていなかった。

当社ではこの点に着目し、プレスの振動波形を処理して異常を検出するとともに振動データを収集できる、マイクロプロセッサを使用したプレス監視装置《プレスダイモニタ》を開発し、初めてプレス加工のモニタリング装置を実現させた。

本文では、異常検出の原理、装置の概要、フィールドでのモニタ結果などについて紹介する。

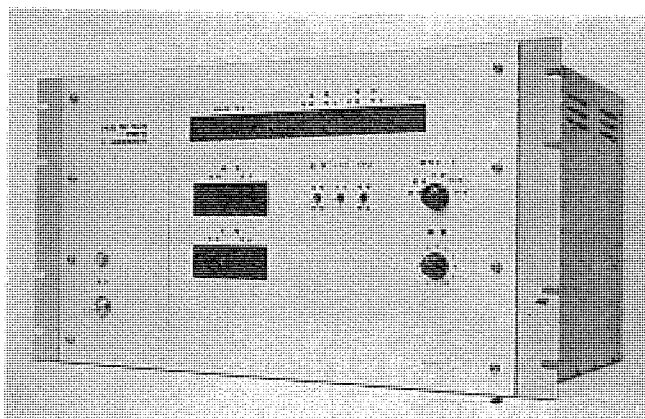


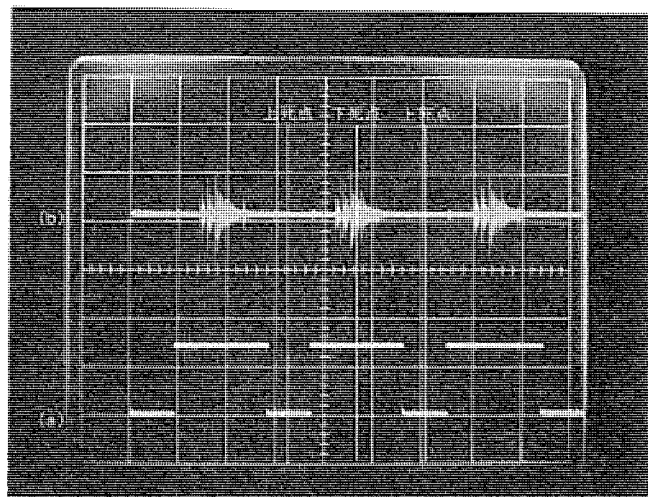
図 1. 《プレスダイモニタ》

2. 異常検出の原理

プレス加工は、往復運動を行うラムに取付けた上型とボススタに取付けた下型との間で行われ、材料の打抜きや曲げはラムの下死点で行われて衝撃やせん断により振動が発生する。

この振動をセンサで検出し、正常時の値とプレスストロークごとの値とを比較し、その差を比較して異常の判定を行う。

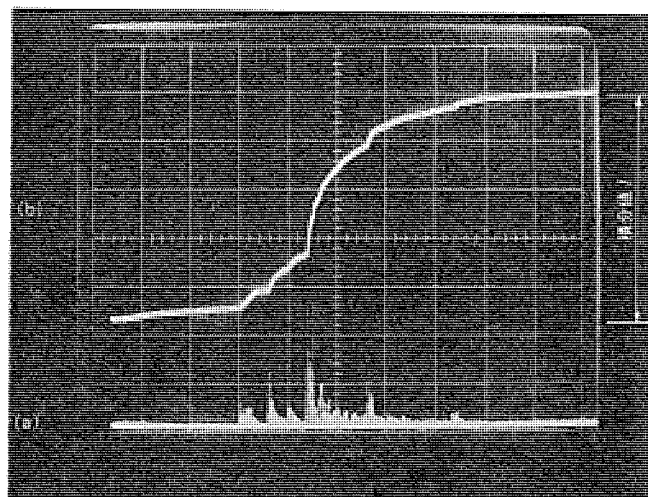
図 2、図 3 に振動波形の処理を示す。図 2. (a) はラムの位置を示す信号であり、ローレベルの中心が上死点、ハイレベルの中心が下死点である。(b) は振動波形であり、下死点の前後で発生する。従来、このような振動波形の処理は、ピーク値や平均値で行われていたが、この装置では振動の全エネルギーを求めるため波形の積分を行って



(a) ラムの位置 100 ms/div

(b) 振動波形

図 2. ラムの位置と振動波形



(a) 全波整流後の振動波形 20 ms/div

(b) 積分波形

図 3. 積分波形

いる。図 3. はこの様子を示し、(a) は振動波形の全波整流で、この波形を図 2. (a) のラム位置のハイレベルの期間だけ積分を行い、(b) の積分波形を得る。この積分波形の最終の積分値 I を振動レベルとし、以下のような判定を行う。

モニタ動作としては、始めに正常プレス時に n 回の計測を行い、平均の積分値 $\sum I/n = I_R$ を求め、基準値とする。次に、プレスストロークごとにその回の積分値 I と、その回を含む最新の n 回の平均の積分値 I_a を計測する。

判定には、軽度の異常を示す「警報」と、重度の異常を示す「停止」の判定があり、判定値は I_R に対する \pm のパーセントであらかじめ

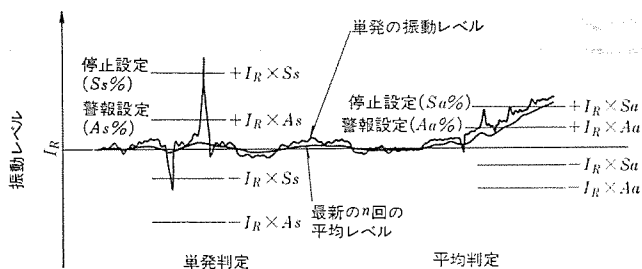


図 4. 異常の判定

め設定しておく。

図 4. に判定方法を示す。異常判定は プレスストローク ごとに行い、 $|I_R - I|$ を単発判定、 $|I_R - I_a|$ を平均判定とし、それぞれ設定値の上限又は下限を超えた場合、警報又は停止の出力を出す。単発判定は突発的な異常の判定に、また平均判定は経時的に進行する異常の判定に適し、この装置ではこれを併用することにより異なった原因による異常の検出を容易にしている。

3. 装置の概要

3.1 システム構成

図 5. にこの装置による プレス のモニタリングシステム 構成を示す。振動センサには圧電形加速度センサを用い、金型又は金型をセットするボルスタに取付ける。位置センサには近接スイッチを用い、ラムの下死点前後を検出できる位置に取付ける。

この装置からは軽度の異常発生を知らせる警報信号と、重大な異常発生を示す停止信号が出され、警報信号はランプやブザーによる表示に使われ、停止信号は制御装置を介して プレス を停止させる。

更に、この装置からは振動の積分値とピーク値が プレスストローク ごとにアナログ 信号で出力され、ペンレコーダでそのレベルを記録できる。

また、1,024 回分の プレスストローク の積分値とピーク値が内部メモリに記憶され、同期信号により一括してシンクロスコープで表示でき、これらの方法でデータ収集も行える。

3.2 回路構成と動作

図 6. はこの装置の回路構成を示し、振動波形の処理を行うアナログ部と、アナログ部及び入出力の制御と数値演算を行うディジタル部とに分けられる。ディジタル部にはマイクロプロセッサを使用し、処理プログラムを格納する ROM とデータを記憶するコアメモリがある。

チャージ増幅器は圧電素子である加速度センサのチャージ出力を電圧出力に変換する。フィルタはプレス固有の振動成分を取り除き、加工による有効な周波数成分だけを取り出すもので、多くのスペクトル分析の結果と加速度センサの共振周波数から、帯域幅を 1~15 kHz にしてある。

次の増幅器は、機械と金型ごとに異なる振動レベルを調整するた

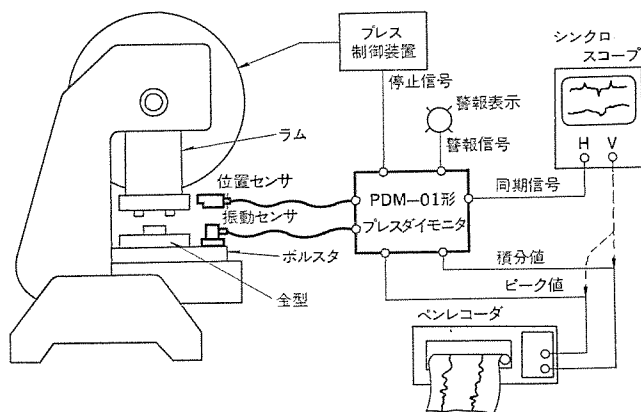


図 5. 《プレスダイモニタ》のシステム構成

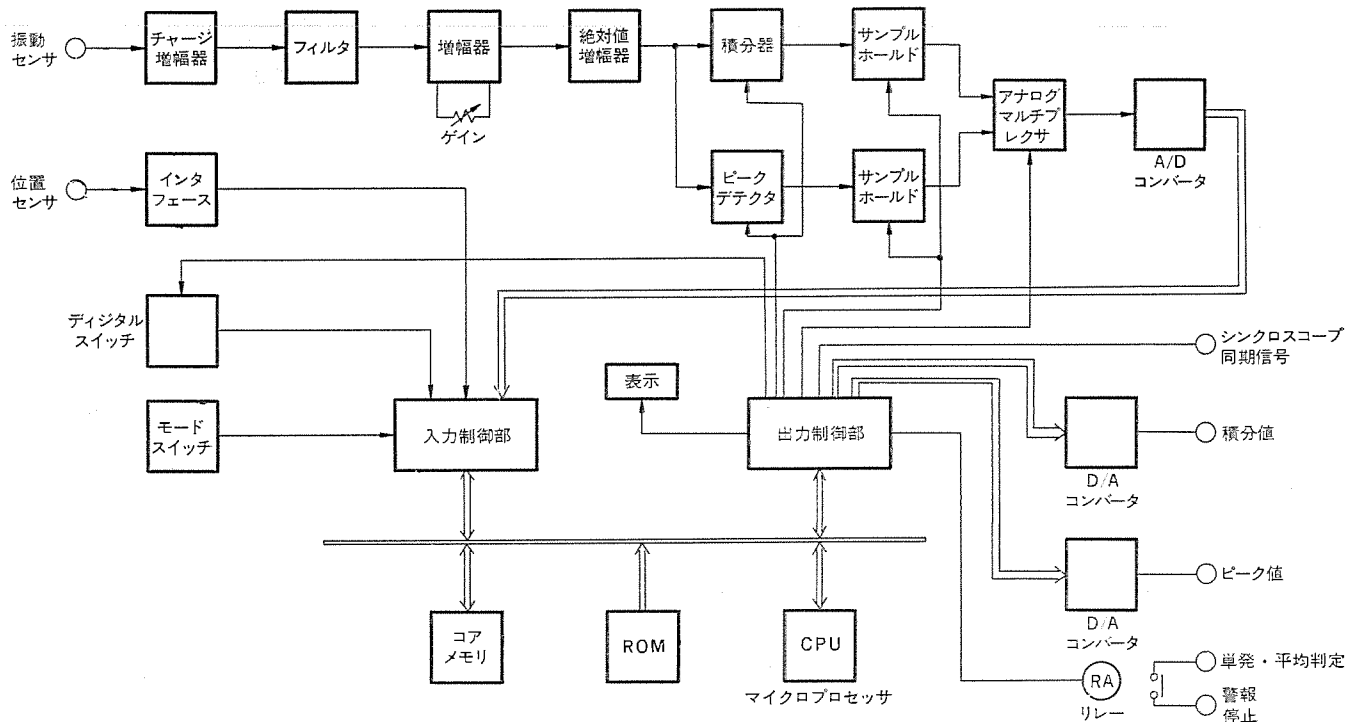


図 6. 回路構成

めの可変利得増幅器である。絶対値増幅器は、振動の全成分を積分するために全波整流を行うもので、図 3. (a) のような単一極性の波形に変換する。この波形は CPU の指令により、位置センサでラムの下死点前後を検出している期間積分器で積分し、またピークデテクタでピーク保持を行う。

積分器とピークデテクタの出力は CPU の指令でサンプルホールドし、アナログマルチプレクサで時分割によって A/D 変換して CPU に読込む。読込まれた積分値とピーク値は演算処理され、その量のデジタル表示や基準値に対する偏差の表示、及び比較判定に使う。また、D/A 変換されて記録計への出力となり、更にコアメモリに記憶され、シンクロスコープでの一括表示に使用する。異常判定の結果は、リレーを介して接点出力で出す。

デジタルスイッチには判定用の設定値を設定し、CPU の指令によりスキッピングで読取る。モードスイッチは全体の動作モードを決める。ラムの位置検出を行う近接スイッチの出力は、CPU を介して積分期間の決定と一連の演算処理のトリガに使う。

入力制御部と出力制御部は、CPU の指令により入力データの読込みと出力データ及び制御信号の出力を行う。

3.3 特長

この装置は、異常検出を行うモニタリング機能とともに振動データを収集できる測定器としての機能も有し、次のような特長をもつ。

- (1) 異常検出には振動の全エネルギーを示す積分値を使用しており、精度の高い異常検出が可能。
- (2) 異常判定はプレスストロークごとに行い、単発判定と最新の 20 回の移動平均による平均判定とがあり、それぞれに警報と停止の判定を行うことにより異なる原因と経時的な異常の検出が可能。
- (3) 異常判定の基準値は正常プレス時の学習記憶により内部で自動的に求められ、機械、金型、材料ごとに個々に設定する必要がなく、現場での取扱いが簡単。
- (4) 警報と停止の設定値は正規化された基準値に対するパーセントで設定でき、 $\pm 0 \sim 99\%$ まで設定できるため広範囲のプレスに適用可能。
- (5) 振動レベルは積分値と基準値に対する偏差 (%) でデジタル表示され、見やすい。
- (6) 積分値とともに衝撃の大きさを示すピーク値も計測でき、振動量とピークレベルがペンレコーダで記録可能。
- (7) 積分値、ピーク値とも 1,024 回分の値を記憶でき、経時変化を一括してシンクロスコープで表示可能。

3.4 仕様

(1) 振動量測定

最大加速度 1,000 g までの振動を検出し、振動エネルギーを示す積分値と衝撃を示すピーク値を測定。

(2) 基準値設定

正常プレス時の積分値の 20 回の平均値を内部で自動的に求める自動設定。

(3) 判定値設定

基準値に対し警報と停止について $\pm 0 \sim 99\%$ をデジタル設定。

(4) 異常判定

(a) 単発判定 基準値とプレスストロークごとの積分値を比較し判定値の以上、以下で出力。

(b) 平均判定 基準値と最新の 20 回の移動平均の積分値をプレスストロークごとに比較し判定値の以上、以下で出力。

(c) 出力 単発と平均の判定ごとに警報と停止の判定値の以上と以下でリレー接点で出力。表面パネル上で発光ダイオード表示。

(5) データの表示

プレスストロークごとに積分値表示 (調整モード)。

プレスストロークごとに基準値に対する偏差を \pm の % で表示 (モニターモード)。

(6) データの記録

プレスストロークごとに積分値とピーク値をペンレコーダで記録。出力電圧 0~10 V。

(7) データの記憶

1,024 回分の積分値とピーク値をコアメモリに記憶。D/A 変換してシンクロスコープで表示。出力電圧 0~10 V。

(8) 動作モード

設定 - 調整 - 学習 - モニター - 表示

(9) 内部処理方式

マイクロプロセッサによるプログラム制御方式

- | | |
|---------------|-----------------|
| (a) マイクロプロセッサ | 8,085 |
| (b) プログラムメモリ | PROM, 2 K Byte |
| (c) データメモリ | コアメモリ, 4 K Byte |

(10) センサ

- | | |
|-----------|--------------------|
| (a) 振動センサ | 圧電形加速度センサ ケーブル 5 m |
| (b) 位置センサ | 近接スイッチ ケーブル 5 m |

(11) 電源

AC 100 V, 100 VA

(12) 使用温度範囲

0~40°C

(13) 形状・寸法

JIS 標準ラック
W 480 × H 250 × D 310 mm

4. モニタ結果

この装置をフィールドテストに供し、打抜きプレスと冷間鍛造プレスでこの装置の有効性を確認できるデータを得たので、以下に述べる。

4.1 打抜きプレス

図 7. に加速度センサと近接スイッチの取付けを含むこの装置の設置状況を示す。このプレスは、40 トン、240 ストローク/分で電磁継電器

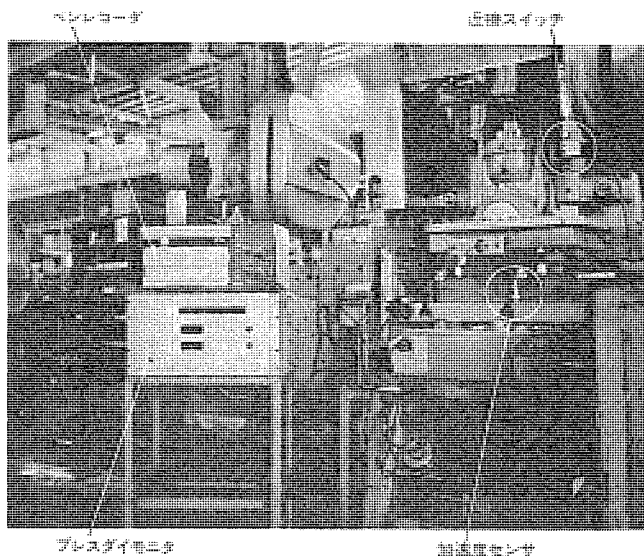


図 7. 設置状況

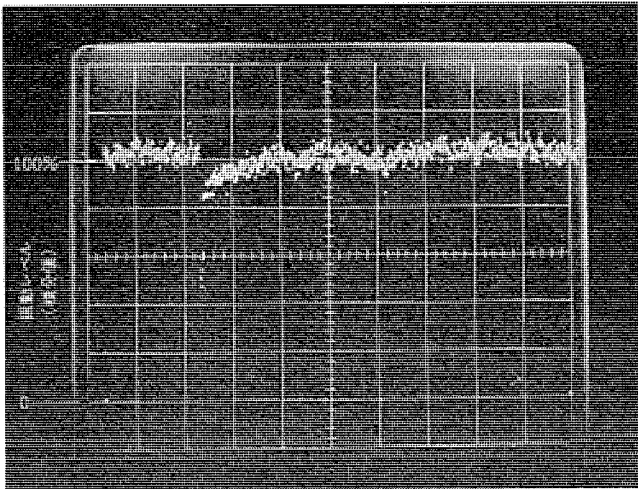


図 8. 積分値の表示

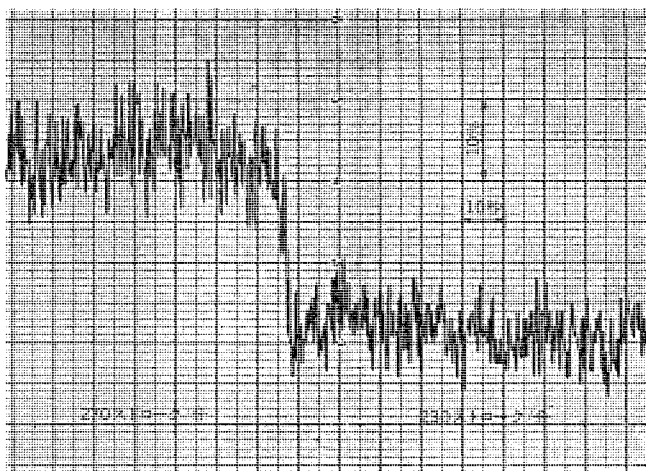


図 9. 振動レベルの変化とばらつき

用のけい素鋼板鉄心を打抜く。

図 8. は、1,024 回の積分値をシンクロスコープで一括表示したもので、このプレスでは振動レベルのばらつきは $\pm 10\%$ 以内である。図の左側の急な変化の部分は材料入替え後の運転再開時であり、材料が徐々に入っていくため低いレベルから始まる。この部分は異常ではなく、異常判定からは除外する。

図 9. は、プレスストロークごとの積分値の変化をペンレコーダで記録したもので、長期間の振動レベルはペンレコーダで記録でき、1,024 回分のような短期間のデータはシンクロスコープで表示できる。

図 9. ではストローク数を変更したときの積分値の変動を示し、平均レベルで 270 ストローク/分に対し 230 ストローク/分は 60% になっている。このように、ストローク数や金型、材料の変更は振動レベルの変動となり、ピーク値では(把)握できない変動も積分値ではよく分かる。

なお、意図的にストローク数、金型、材料などを変更したときは、学習をしないことにより新たな基準値を求めるが、基準値を正規化してあるため判定値の設定が%ででき、設定が容易である。

図 10. は異常発生時の例である。図のピークは直径 2mm のポンチの抜きかすが金型と材料の間にはさまったときの積分値で、平均レベルに対し 1.3 倍強に達している。この場合、ピーク値では通常のばらつきの中に入ってしまう、顕著には現れなかった。

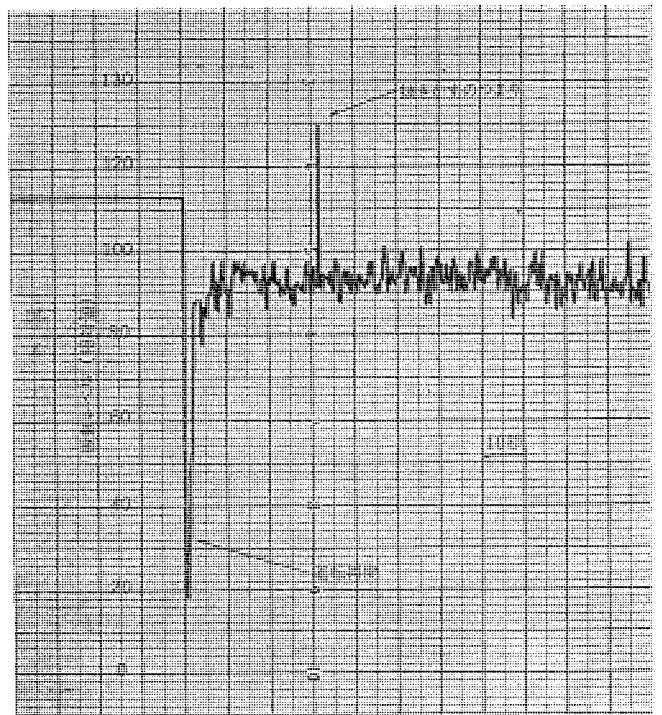


図 10. 異常の場合の振動レベルの例

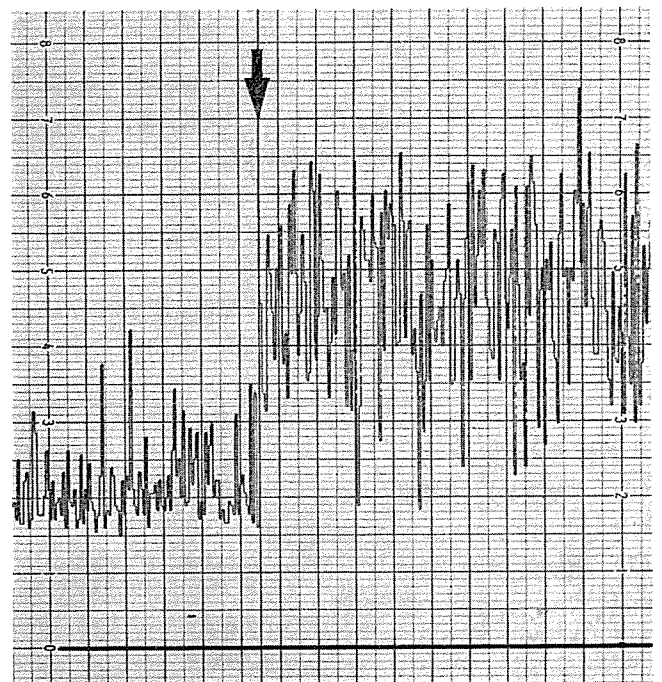


図 11. 材料の潤滑処理の違い

このプレスでの積分値のばらつきは $\pm 10\%$ 以内であり、判定値を $\pm 20\%$ に設定しておいてこの異常を検出できた。

4.2 冷間鍛造プレス

図 11. は、600 トン 冷間鍛造 プレスにおける材料の潤滑処理の違いによる振動レベルの変動を示している。このプレスでは、材料のポンデ処理を行い、金属石けんを付着させた潤滑処理をしているが、その良否により図のように平均レベルで 2.5 倍程度の变化を生じ、また、ばらつきも $\pm 30\%$ が $\pm 50\%$ 以上に大きくなっている。このように、冷間鍛造 プレスでは材料の潤滑処理の良否も判定でき、潤滑処理の管理にも使えることが分かった。

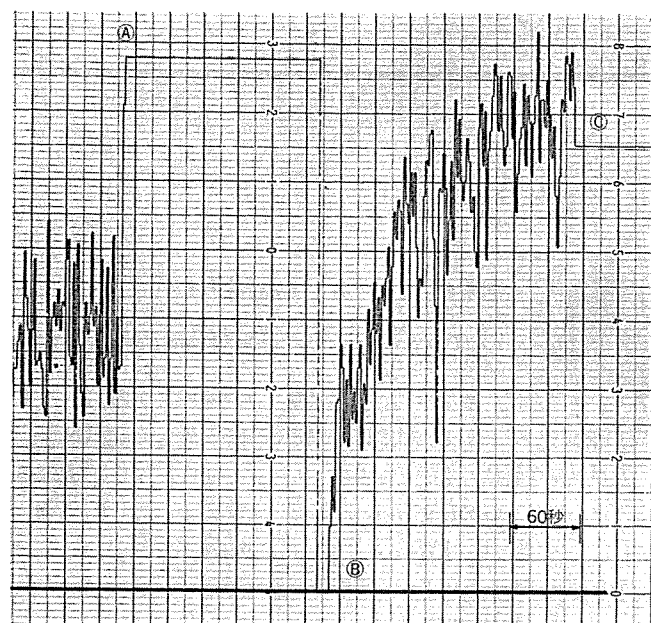


図 12. 過負荷による異常の例

図 12. は潤滑処理の不十分な材料による異常発生例で、潤滑不足により④点で過負荷となり、判定値を 50 % に設定して検出できた。また、この判定を故意に無視して⑤点で運転を再開したところ、連続して不良ロットの材料が投入されたため継続した過負荷となり、再び⑥点でプレス側の過負荷検出装置で停止している。

また、他の例では、金型の 1 mm 程度の欠け（チップング）も検出できた。

4.3 まとめ

フィールドテストの結果、この装置により次のような項目についてその変化や良否を把握することができた。

- (1) 金型の破損。
- (2) 金型への異物の混入。
- (3) 金型のセッティング不良、ゆるみ。
- (4) 金型の摩耗。
- (5) 材料の潤滑処理不良、潤滑油不足。
- (6) 材料の送り不良、2 度打ち、材料切れ。
- (7) ストローク数急変。
- (8) 機械構造のゆるみ。

5. 適 用

プレス加工では、金型、材料、ストローク数などの変更は日常的に行われ、それぞれに応じて判定値を定め、モニタリングを行うことになる。判定値の設定は、この装置の測定機能を活用し、次の項目について積分値のレベルとばらつきを前調査して決める必要がある。

- (1) 金型による違い、金型の摩耗量による違い。
- (2) 金型のセッティング、ゆるみによる違い。
- (3) 材料による違い、潤滑量又は潤滑処理による違い。
- (4) ストローク数による違い。
- (5) プレス圧力による違い。

以上の項目について個々にデータを取り、異常との対応をつけて判定値を定めると 4.3 節のような異常を検出でき、その結果、次のようなメリットが出てくる。

- (1) 大量不良品の発生防止……大量不良品が発生したときの良品との選別や廃却にともなう経済的ロスを小さくできる。
 - (2) 金型や機械のより大きな破損進行の防止……小さな破損で止めることができれば研磨ですみ、また廃却まで至らなくてすむ。
 - (3) 金型交換、寿命の予測……同一金型について長期間データをとれば摩耗による変化を把握でき、交換や研磨時期の予測ができる。
- 以上のような運転上のメリットがあり、この装置でプレスを監視することにより、作業者の音による判断や製品検査を合理化でき、また、より高速運転や無人運転も可能となって、生産性向上や省力化に寄与できる。

6. む す び

プレス加工では金型、材料、ストローク数、プレス能力など多岐にわたる変化要因があり、これらの変化を振動波形の積分値に変換し、正規化された基準値の学習記憶とパーセントによる判定値の設定で取扱いを容易にし、プレスストロークごとに異常判定を行う点にこの装置の特長があり、マイクロプロセッサの応用により初めて実現できた。その結果、《プレスダイモニタ》は、その機能とメリット、及びフィールドテスト結果から、プレス加工現場における重要な問題点の解決に相当な効果があげられると確信する。

今後、このような機械と工具や金型のモニタリング装置は生産性向上と省力化の要求から急速に発展すると予想され、我々もまたプレス加工についての研究を進め、この装置をより確度が高く広範囲な異常検出ができるものに発展させる所存である。

気中形沸騰冷却整流器

鈴木 敏夫*・米 畑 譲*・笠原 清*

1. ま え が き

沸騰冷却は、在来対流による冷却と比較して非常に優れた熱伝達特性を有しており、大電流素子の冷却が容易であること、加えて冷媒を重力を利用して自然循環させることが可能であることなどから、冷媒系の補機の省略、整流器の小形軽量化、耐環境性の向上、保守点検が簡単になる、などの数多くの特長を有している。更に、フロン系冷媒を使用することによって装置の不燃化が可能になる。このため、近年、沸騰冷却整流器の実用化が盛んに行われるようになり、車両用・電鉄変電所用・工業用などの分野で既に使用されている⁽¹⁾⁽²⁾。沸騰冷却装置は、気密構造を必要とするため、従来半導体素子と冷却フィン及び付属部品を冷媒とともにタンクに収納し、気密溶接による封じ切り構造がとられている。しかし一方、サイリスタ装置などで素子周辺の付属部品が増加した場合の部品の点検・交換を容易にしたい、あるいは素子故障時の復旧時間を最小にしたいといった要求が優先される場合がある。気中形沸騰冷却整流器は、これらの要求に答えるべく開発されたもので、素子冷却フィン内部で沸騰冷却を行わせることにより、素子をはじめ電気部品をすべて気密冷媒系の外に取付ける構造を実現したものである。

以下にこの気中形沸騰冷却整流器の概要を紹介する。

2. 冷媒循環系

気中形沸騰冷却装置の冷媒系の概念図を図1に示す。装置は大別して冷却フィン部・熱輸送管部・液だめ部・凝縮器から構成する。動作を簡単に説明すると、素子の発熱によってフィン部の内部で沸騰化した冷媒は、熱輸送管部・液だめ部を経て凝縮器部に上昇し、ここで液化されて再び液だめ部にもどり、熱輸送管部の内部もどりパイプを経て冷却フィン部に送り込まれる。この冷媒系は、基本的に2組の循環系で構成される。第1の循環系は、液だめと凝縮器間の循環系で、蒸気密度 ρ_v 、液密度 ρ_L 、気相管における流速 u_v 及び抵抗係数 ζ_v 、液相管における流速 u_L 及び抵抗係数 ζ_L 、凝縮器における相変化時圧力損失 ΔP_{TP} とすると、図1の液面差 H を

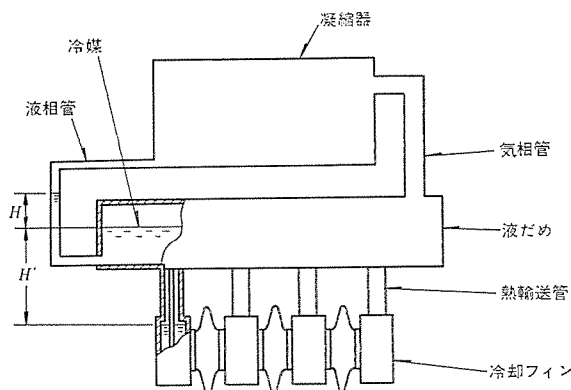


図1. 冷媒系の概念図

生じ、式(1)の関係を満足しながら自然循環する⁽¹⁾。

$$(\rho_L - \rho_v) \cdot H = \zeta_v \cdot \frac{\rho_v \cdot u_v^2}{2g} + \zeta_L \cdot \frac{\rho_L \cdot u_L^2}{2g} + \Delta P_{TP} \dots (1)$$

第2の循環系は、冷却フィン、熱輸送管及び液だめ間の循環系で、図1の液面差 H' に対して式(1)と同様の関係が成立する。冷却フィン及び熱輸送管は、素子とともにスタック部を構成し、寸法的にできるだけ小形のものが好ましい。しかし、大電流素子に対処するためには、フィン当たり1kWから2kWにも及ぶ熱量を処理できるものでなければならないので、高能力の熱輸送管が必要になる。例えば、フロンR-113が内圧1kg/cm²のときに1kWの熱を20mm径の熱輸送管で処理しようとする、熱輸送管内の蒸気速度は2.5m/sにも及び、冷却フィンへの円滑なもどり液の補給が困難になる。このため、熱輸送管の内部には、もどり液のための補助管が設けられている。その結果、20から25mmφ程度の小形の熱輸送管で約2kWまでの熱輸送が可能になった。液だめ部は、各冷却フィンへ安定した液相冷媒を補給するのに重要な役割を果たすとともに、凝縮器形式の選択自由度を向上させるものであり、各種用途に応じて種々の凝縮器をこの液だめ部に接続することができる。

この気中沸騰冷却装置は、図1に示すように、複数個の素子をまとめて1組の冷媒系で冷却するようにしたフロンユニットで構成するので、各冷却フィンごとに冷媒系の保護を設ける必要がなく、フロンユニットごとに設ければよい。また、風冷式凝縮器と組合せる場合などには、各素子は共通の冷媒系にあるので、従来の直接風冷式でみられたような冷却風出入口温度差により、風出口側の素子が不利な冷却条件になるといった問題はなく、素子の利用率を高めることができる。

3. 構 造

大容量平形素子8個でフロン整流ユニットを構成した場合の外観を図2、図3に示す。図2(a)、(b)は風冷式凝縮器を用いた場合、図3は自冷式凝縮器を用いた場合で、いずれも車両積載用である。フロン整流装置の性能を長期にわたって安定に保つためには、フロン冷却系に高度の気密性が必要になる。このため、各部材の気密接続部には、すべて溶接及びろう付けによる完全気密構造を採っている。気中形フロン整流ユニットは、大別して次の各部より構成する。

(1) 整流スタック

平形素子は円筒形の冷却片にサンドイッチされた構造で、電気的・熱的に結合されて気中にあり、素子交換時にはスタックの圧接力を開放することによって簡単に取替えることができる構造にしてある(図4.)。

(2) 冷却熱輸送管

冷却片は、図5に示すように外形80φ×30tで、従来の風冷又は油冷式冷却片と比べて格段に小形化し、1~2kWの処理熱量能力を有する。また、冷却片には平形素子の圧接力(図5.)の冷却片で3,000kgに耐える機械的強度を必要とする。このため、内部沸騰

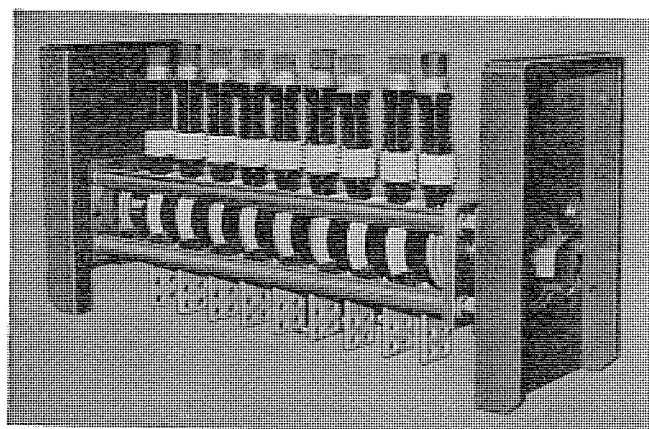
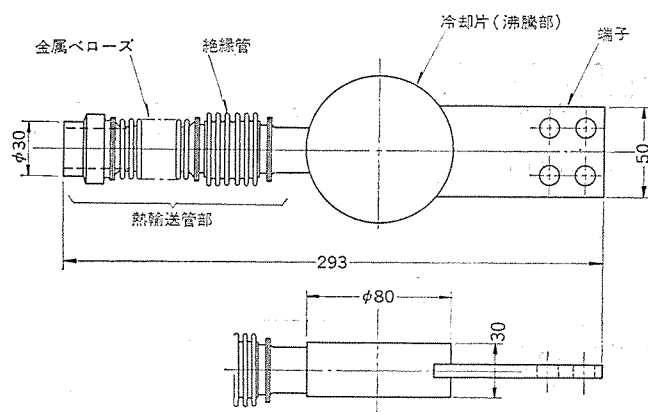
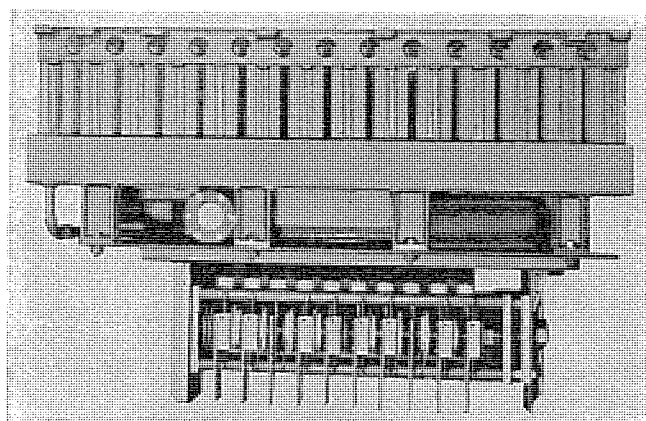
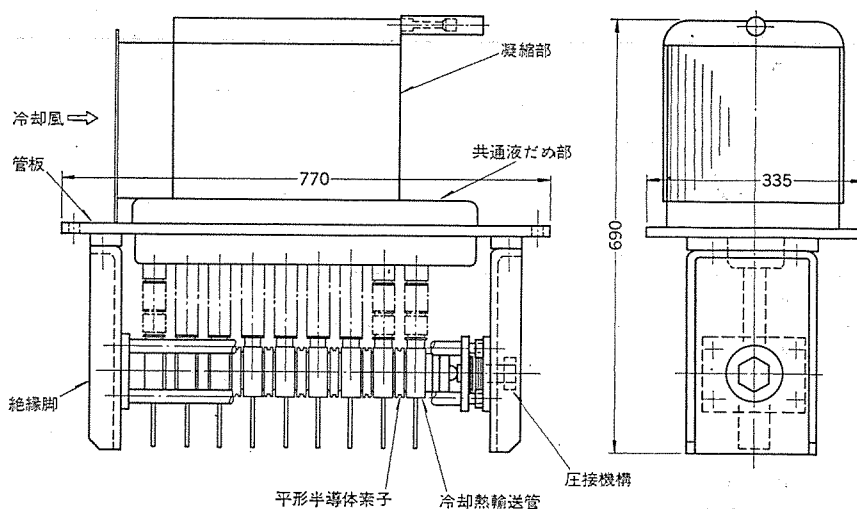
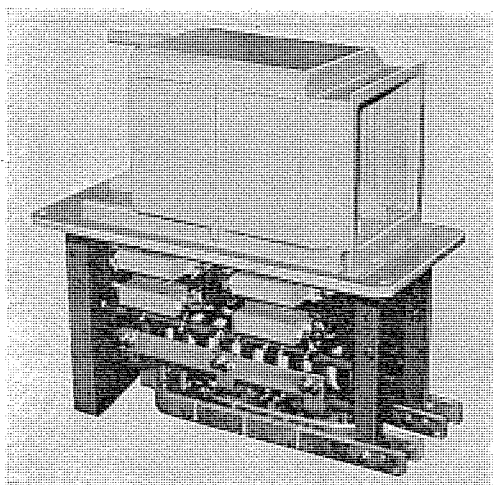


図 4. 整流スタック

熱伝達面には特殊な形状を採っている。冷却片（沸騰部）から相変化したフロン蒸気を凝縮器に導くとともに、凝縮したフロン液を冷却片内にもどすために熱輸送管を設けているが、この熱輸送管は内径がわずか 20 mm 程度で 2 kW に及ぶ熱輸送ができるほか、更に次のような 2 つの重要な機能を持つ。すなわち、素子交換時にはスタッフの圧接力を開放して冷却片を若干移動（数 mm）させる必要があり、そのために可とう（撓）性を有する金属ベローズを設けてある。また、冷却片は常に素子と同電位であるために他の冷却片及び凝縮部との電気絶縁が必要になるので、前記の金属ベローズに絶縁管を直結し、この部分で冷却片間及び大地間絶縁をとっている。

4. 保護

(3) 共通液だめ及び凝縮部

共通液だめ部は、組合わされる凝縮器によって構造が若干異なる。図 2. (a), (b) は、風冷式凝縮器を用いたもので、共通液だめは凝縮器と一体化し、凝縮器の下部が共通液だめの機能を持つ。凝縮器は直交形 アルミプレートフィンで、小形軽量化を図っている。図 3. は、自冷式凝縮器の場合で、半円形の共通液だめから気相及び液相管がそれぞれ別々に凝縮器に接続している。この場合の凝縮器の空気側冷却フィン は、自然対流による熱伝達を考慮してフィン 形状を決めている。凝縮器には、この外にフィン付チューブを用いたもの、コイル状冷却管を用いたものなどがあり、2 次冷却方法は風冷、自冷の外に液冷も可能で、用途によって各種選択することができる。

4. 保護

気中形沸騰冷却整流器の冷却系の主な故障として、次の4つを考えることができる。

- (1) 緩慢な気密漏れ
- (2) 急激な気密漏れ
- (3) 凝縮器冷却風量の減少（フロア停止等）
- (4) その他（過電流検出器異常による過負荷継続等）

これらの故障が生じて、保護装置が動作するに至るまでに、通常の保守点検で状況を知ることが信頼性向上に有効であるが、フロン沸騰冷却の場合、気密漏れの早期発見がその対象になる。具体的な手段として図 6. (a) の方法が考えられる。

表 1. 保護方式例

項目 保護装置の特徴 保護方式	定期点検		保護装置					備考
	連成計 リーク検知器	温度差検出 リーク検知器	フィン温度 リレー	フロン温度 リレー	圧力リレー	液面計	放圧装置	
	常温でチェック可能 気密部品増加	気密部品の追加不要 試験時温度上昇必要	素子保護に最適 速応性必要	液切れを除く故障全部に有効	急激な気密漏れ のとき検知不可 フロン温度リレーで代行可	液面低下検出に有効だが液面揺れ対策等必要	異常圧力保護	
方式 1		○	○	○			○	最適な保護が可能である。
方式 2		○		○			○	
方式 3		○		○				フロン温度リレーによる保護のみで 簡単で実際の。 フロン内アークの発生が構造上考 えられない場合。
方式 4	○		○	○			○	
方式 5	○				○		○	

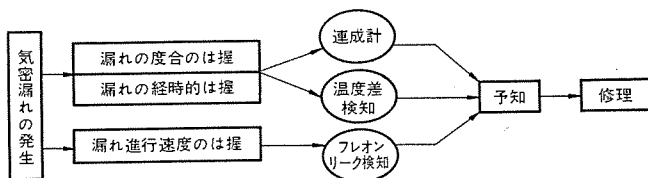


図 6. (a) 気密漏れの早期発見方法

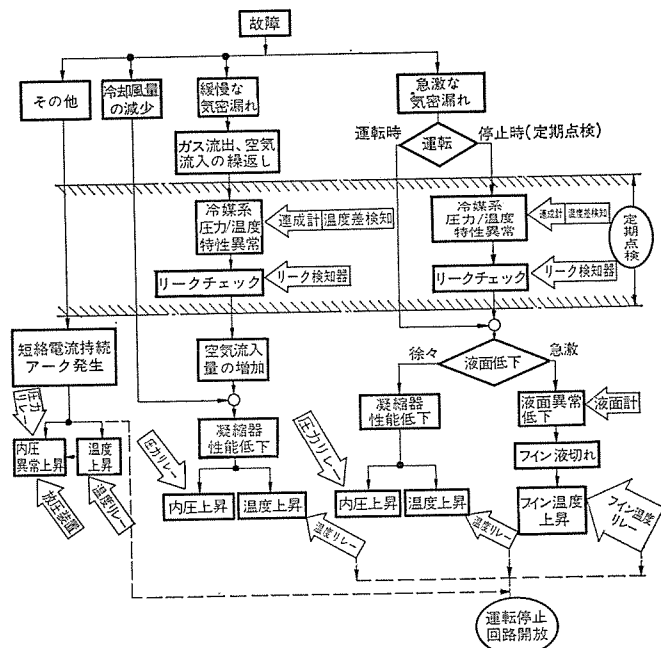


図 6. (b) 故障形態と保護

発・製品化を併せて進めた。

タンク方式の開発で得られた材料・部品の基礎調査結果、製造技術、並びに試作器の性能試験結果に加え、更に気中形沸騰冷却整流器の実現に欠くことのできない種々の開発試験を各種モデルを製作して実施した。

以下、主な試験項目と試験結果について述べる。

5. 1 基礎試験

(1) Y-1 形モデル

冷却フィン内部における沸騰現象を調査するために Y-1 形モデルを製作した。このモデルによる試験で次に示す重要な事項が確認された。

- (a) 冷却フィン内部温度と凝縮器ガス温度とがほぼ等しく、等温凝縮の条件が成立している。
- (b) 低温時でも正常な沸騰と、フロン液の供給とが行われる。
- (c) もどり液は温度が低いので、発生熱量のうち、フロン液温を上げるために使用される熱量が大きく、発生ガス量は理論値よりもかなり小さくなる。

(2) Y-2 形モデル

続いて製作した Y-2 形モデルによる試験で次に示す重要な事項が確認された。

- (a) 冷却フィンの熱抵抗は、発生熱量の増加、フロン温度上昇に従って小さくなること、更にタンク方式のフロン液-冷却フィン間の熱抵抗よりも小さな値が比較的容易に得られること。
- (b) 通電中のダイオードと、通電停止中のダイオードとが混在する場合でも、冷媒系は安定した冷却動作を行うこと。

5. 2 冷却フィンと熱輸送管

冷却フィンと熱輸送管について実施した試験の主な項目は次のようである。

(1) 冷却フィン内面処理と熱抵抗特性

銅フィンでは、内面処理をしないで通常必要とされる熱抵抗特性を得ることができるが、内面処理を施すことによって更に良好な特性を得ることができる。内面処理の方法によっては、80φ×30mmの冷却フィンで1,200Wの損失、フロン温度70°Cで0.009°C/Wが得られている。

(2) 機械的強度試験

端子・冷却フィン・セラミックス絶縁管・金属バネを接続して構成し

また、図 6. (b) は、これらの早期発見の方法も含め、上記の故障における故障形態と保護方式についてまとめたものである。

保護方式は、装置全体の仕様及び他の保護装置との兼ね合いを勘案の上、表 1. のいずれかあるいはその他の組合せが選択される。

5. 試 験

半導体素子、冷却フィン及び付属部品を冷媒とともにタンクに収納するタンク方式の沸騰冷却整流器の開発・実用化⁽¹⁾を進める一方、素子冷却フィン内部で沸騰冷却を行わせる気中形沸騰冷却整流器の開

た冷却熱輸送管について次に示す機械的試験を実施し、強度上・気密上に十分な余裕をもって仕様を満足することが確認された。なお、冷却フィン圧接部を固定して絶縁管端部に重量をかけ、破壊値と破壊部とを調べたところ、150～170 kgで冷却フィンの金属フランジ部で折れ曲がり、絶縁管には異常はなかった。

- (a) 振動試験
- (b) ヒートサイクル試験
- (c) 耐圧力試験
- (d) 試験前後の漏れ試験

(3) 熱輸送管部安定性試験

小形形状で多量の熱輸送を行うこの部分について、瞬停を含めた種々の通電状態に対して極めて安定であることが確認された。

(4) 冷却熱輸送管単体振動試験（製品状態）

もどり液用パイプを備え、内部にフロン液を満たした製品状態の冷却熱輸送管を、フロン使用温度に相当する恒温そう（槽）に収納して冷却フィン圧接面方向と金属ベローズ軸方向との2方向に対して加速耐久振動試験を実施した。その結果ろう付部・溶接部の気密に異常がなく、またフィン・熱輸送管部の内部構造についても異常がないことが確認された。

5.3 凝縮器

凝縮器の上部ヘッダにフロンガスを入れ、下部ヘッダより凝縮液をもどす循環方式は、冷却性能が優れており、自冷式・風冷式で数多く使用されている。車両用整流器のように高さ寸法に制限があり、配管をできるだけ減らす方式として凝縮器下部ヘッダと共通液だめとを直結し、フロンガスが凝縮器コア中央部を上昇し、凝縮液がコア内壁に沿ってもどる往復式が考えられているが、この方式ではフロンガス及び凝縮液が鉛直方向に往復するために冷却風をそれに直交して吹かすコルゲートフィンタイプの風冷式凝縮器が適用できる。

自冷循環式・風冷循環式・風冷往復式の凝縮器を気中フィン形沸騰冷却整流器に組込んで試験し、仕様を十分に満足することが確認された。また、凝縮器の冷却性能はフロン液面が凝縮器コアより上に達しているか否かによって変化するので、通電時の液面高さの検討が必要である。通電時の液面測定の結果は、計算結果とよく一致することが確認された。

5.4 保護試験

(1) 緩慢な気密漏れと冷却性能

冷却系へ混入した空気などの非凝縮性ガスは、冷却壁面とフロンとの接触を妨げたり、あるいは冷却管入口をふさぐことによって冷却性能を低下させることが知られている。

凝縮器に徐々に空気を混入してフロン温度及び凝縮器上部ヘッダ温

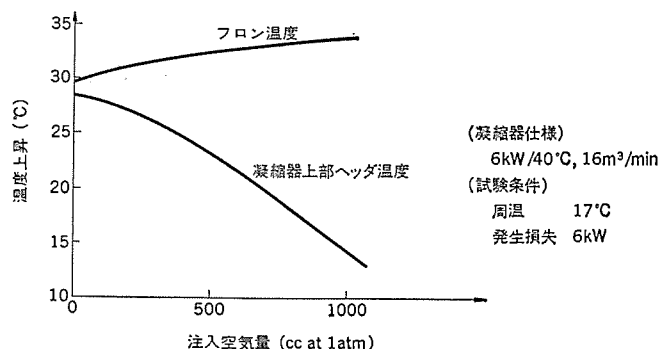


図 7. 注入空気量と各部温度上昇

度を測定した結果を図 7. に示す。この例では、フロン温度が 51°C で 1 気圧換算の空気量を 1,000 cc 注入したときの冷却性能の低下は 15% である。なお、空気量が増加するとともにフロン温度とヘッダ温度との温度差が大きくなるので、温度差検知で気密漏れ量をは(把)握することができる。

(2) 温度リレー特性

冷却系にフロン R-113 が封入された装置内の圧力は、フロン R113 の蒸気圧曲線から温度が決まれば一義的に決定される。そこで、フロン液温検出用リレーによって空気混入による凝縮器冷却性能の低下などによるフロン温度の異常上昇を検出できると同時に、装置内圧力の異常上昇を検出できる。共通液だめ外壁に温度リレーを取付けて試験した結果、この方法によってフロン温度を検出できることが確認された。

また、冷却フィンの素子圧接面外周に取付けた速応形の温度リレーによってフィン内フロン液が切れたときでも十分に保護が可能であることも確認された。

5.5 総合試験

更に、総合的な試験を実施するために同一定格を有する Y-3 形モデル、Y-4 形モデルを製作した。Y-3 形、Y-4 形モデルの定格は、次のようなものである。

定格出力： 2,000 kW, 1,900 V

負荷責務： 1,600 A 3 分間、休止 1 分間の繰り返し

ユニット数： 3 (ただし、Y-3、Y-4 形モデル各 1 ユニットずつ試作)

ユニット当り素子構成： サイリスタ FT 1000 A-50 1S×1P×2A
×2G

ダイオード FD 1600 A-50 1S×1P×2A
×2G

凝縮器： Al コルゲートフィン 往復風冷式
7.5 kW/33°C, 16 m³/min

実施した総合試験項目の主なものは次のようなもので、十分に仕様を満たされることが確認された。

- (1) 発生損失と冷却フィン内フロン挙動との関係
- (2) 液切れ試験
- (3) 部分通電試験、瞬停試験、長期通電試験
- (4) 低温始動試験
- (5) 加震通電試験

6. 特 長

(1) 高い信頼性

高耐圧・大電流平形素子が使用できるので、装置全体の素子数が少なく済み、併せて素子付属部品数も低減されるので、装置の信頼性が向上する。

(2) 耐環境性が優れている

電気部品並びに回路電圧充電部は、外部冷却風と直接接しない構造であるので、周囲環境から受ける影響は非常に少ない。

(3) 保守・点検回数が少なく済み

冷媒は、ポンプなしの完全密閉系内に収納し、一方、電気部品は外気としゃへいした箱の中に収納しているの、保守・点検回数が少なくてよい。

(4) 冷却系の静止化が可能

冷媒系は重力による自然循環方式であるので、自冷凝縮との組合せによって回転補機のない静止形が可能になり、無騒音で保守・

表 2. 車両用気中形沸騰冷却整流器一覧

仕 様	形 式	在 来 線			新 幹 線	
		RS 39 A	RS 35 B	RS 39 B	RS 926	RS 202 X
定 格 出 力	力 率	726 kW	726 kW	726 kW	2,440 kW	2,000 kW
直 流 電 圧	電 圧	1,320 V	660 V	1,320 V	1,400 V	1,900 V
直 流 電 流	電 流	550 A	1,100 A	550 A	1,740 A	1,060 A
負 荷 条 件	負 荷 条 件	100 % 連続 180 % 6 分間	同 左	同 左	100 % 連続 124 % 8 分間	1,600 A 3 分間 休止 1 分間の繰返し
周 波 数	周 波 数	50 Hz			50/60 Hz	50 Hz
周 囲 温 度	周 囲 温 度	-35°C~30°C			-20°C~40°C	-20°C~40°C
素 子 構 成	ダイオード	FD 1600 A-50 (1,600 A, 2,500 V) 1S×1P×2A×4U	FD 1600 A-50 1S×2P×2A×2U	FD 1600 A-50 1S×1P×2A×4U	FD 1600 A-50 1S×2P×2A×5U	FD 1600 A-50 1S×1P×2A×6U
	サイリスタ	FT 1000 A-50 (1,000 A, 2,500 V) 1S×1P×2A×4U	FT 1000 A-50 1S×2P×2A×2U	FT 1000 A-50 1S×1P×2A×4U	FT 1000 A-50 1S×2P×2A×5U	FT 1000 A-50 1S×1P×2A×6U
冷 却 方 式	冷 却 方 式	気中形沸騰冷却 準自冷式 4.8 kW/55°C×2 U	気中形沸騰冷却 自冷式 3.5 kW/50°C×2 U	同 左	気中形沸騰冷却 風冷式 6 kW/40°C×5 U	同 左 7.5 kW/33°C×3 U
装 置 名	装 置 名					

点検回数の少ない装置ができる。

(5) 部品交換が簡単

万一、素子故障が発生した場合、あるいは付属の電気部品に異常が発生した場合でも、素子あるいは電気部品の点検・交換が簡単にできるので、装置の停電時間を短縮できる。

(6) 不燃性

整流器用冷媒としてフロン R-113 を使用している。フロン R-113 は不燃性である。

7. 製品例の紹介

7.1 車両用

今までの車両用として製作・納入した気中形沸騰冷却整流器一覧を表 2. に示す。ここで、図 8. は国鉄車両に積載される RS 202 X 形主シリコン制御整流器の外観写真である。

7.2 地上設備

地上設備としては、電鉄直流変電所サイリスタ装置、あるいは工業用として某製鉄所納めサイリスタ装置などを製作した。図 9. は、札幌市営地下鉄変電所に設備された回生用サイリスタインバータ装置に使用した気中形沸騰冷却装置であり、その主な仕様は次のようである。

結 線 : 3 相全波直列 12 相結線

定格容量 : 990 kW

定格直流電圧 : 1,650 V

定格直流電流 : 600 A

定 格 : S 種

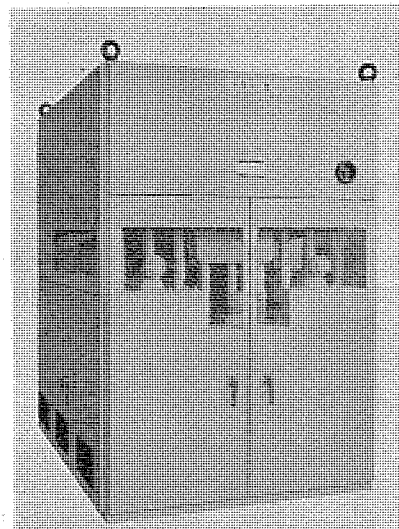


図 9. 気中形沸騰冷却による電鉄変電所用 990 kW 回生インバータ

使用素子 : FT 1000 A 形 (1,000 A)

冷 却 : 気中形 フロン 沸騰冷却自冷式

8. む す び

沸騰冷却整流器を製品化して以来、数年が経過し、その間に浸し(漬)方式の整流器を数多く生産してきたが、次第にその用途の範囲が拡大するに伴い、素子を初めとする個々の部品へのアクセシビリティを優先した装置の必要性も無視できないものになってきた。ここに報告した気中形沸騰冷却装置においては、沸騰冷却の持つ従来の特長を損なうことなく、かつ気中形装置に伴う諸問題を有効に解決することによってこれらの新しい要求に答えるものを完成することができた。在来の浸漬形装置と併せて広範囲の要求に対処できる沸騰冷却シリーズがここに完成したことにより、今後、一層その用途範囲が拡大されるものと考えられる。

参 考 文 献

- (1) 小林, 鹿野ほか: 三菱電機技報, 48, No. 2, p. 229 (昭 49)
- (2) 細野, 矢野ほか: 三菱電機技報, 50, No. 4, p. 226 (昭 51)

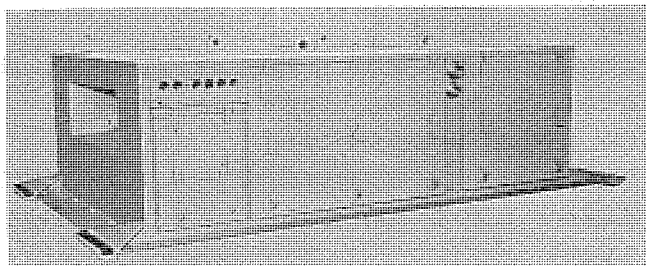


図 8. 気中形沸騰冷却による車両用 RS 202 X 形主シリコン制御整流器

《MELCOM》80/38シリーズ データベース マネージメント システム

溝口 徹夫*・魚田 勝臣**・小碓 暉雄**・山崎 洋美**

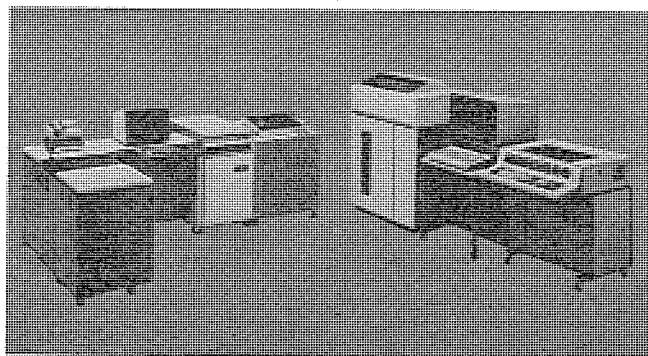
1. ま え が き

近年電子計算機のハードウェア及びソフトウェア技術の進歩によって従来は大形ないし中形計算機でしか実現できなかった機能が小形計算機で実用化されるようになった。これは、計算機の応用分野の拡大によって小形計算機の主要な適用分野である中小ないし中堅企業及び大企業の部門で行われるデータ処理がますます高度化、即時化されつつあり、そのニーズに答えるためである。

小形計算機の高性能化は種々の面で現れているが重要なものの1つにファイルの大容量化と利用技術の高度化があげられる。すなわち、従来行われていた事務データ処理の事後一括処理から脱皮し即時処理を指向した複合システムへ移行しつつある。これの実現のために統合化されたファイル処理機能と融通性のあるオンライン機能とが必要になってくる。例えばある地方自治体では数十万件のデータを扱い、これらは1つの処理にのみ使われるのではなく、いくつもの処理に重複して使われ、かつ即時に処理されねばならない。このようなことは、かつて大形計算機が直面した問題であり、これを満たす道具としてデータベース管理システム(DBMS)が考案された。小形計算機でもデータ量の増大をカバーできる大容量のファイル装置が低価格で装備できるようになりデータベースが実現可能になった。小形計算機では一般のデータベースのテーマ：

- (1) 相互に関連し合うデータの関係を容易に表現できること、
- (2) 目的に合った多様なデータ利用が効率よく実現できること、
- (3) 1度できあがったシステムに対して容易に機能追加及び変更ができること、

の外に使いやすさの追求が重要である。《MELCOM》80シリーズ/モデル38のDBMS(以後これをDMS-3と呼ぶ)は小形計算機用であることを考慮して基本的な構造は単純なものとし、それらを組合せることにより複雑なデータ表現をも可能にした。その仕様は世界的な標準と見なされているCODASYL(データシステムズ言語協議会)案に基づいたものであり国産小形計算機としては初めての本格的データベース管理システムと言える。



《MELCOM》80/38

DMS-3の特長をあげると次のとおり。

- (1) データベースのシステム設計やプログラミングが簡単である。
- (2) データの共用化が図れ重複したデータをもつ必要が少なくなる。
- (3) データの構造表現とプログラムから見たデータの表現が独立しているためデータ構造を変更してもプログラム修正の必要がない。
- (4) 親言語としてCOBOLを使用しているためプログラミングが容易である。
- (5) レコードの保護機能をもっており多数の端末から同時にデータベースへの問い合わせ、更新などのオンライン処理が行える。
- (6) エンドユーザ言語を備えているためデータベースを必要に応じて容易に参照できる。

この論文ではDMS-3について、データベースの構造とその機能について述べる。

2. データベース管理システム

データベースではデータどうしが相互に関係をもって格納されているので必要に応じてどのような見方でもできる。図1.は簡単な例として“商品”と“営業所”と“客先”の関係をデータベースで表現したものである。図中の矢印はデータどうしの結びつきを示している。このデータベースでは商品別、営業所別、客先別等どこからでも自由に効率よくデータの検索ができる。仮にこれを従来のファイル形式で図2.のように表現すると、商品順には扱いやすくなっているが、営業所あるいは客先順では即座に必要なデータを取り出すことができない。

データベース管理システムは図1.で示されるようなデータベースの検索、更新及び保守、管理などを利用者が容易に行えるように用意されて

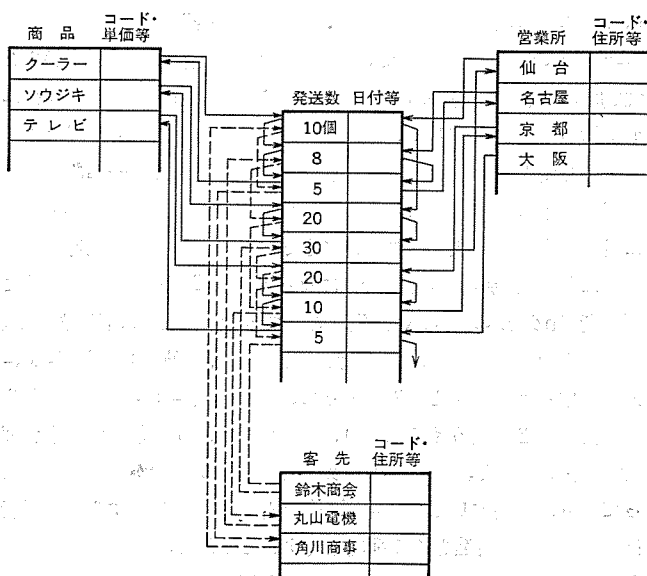


図1. データベースの例

商 品	営 業 所	客 先	発送数
クーラー	仙 台	角川商事	10個
クーラー	名 古 屋	丸山電機	8
クーラー	名 古 屋	角川商事	5
ソウジキ	仙 台	丸山電機	20
ソウジキ	仙 台	鈴木商会	30
テ レ ビ	京 都	鈴木商会	20
テ レ ビ	京 都	丸山電機	10
テ レ ビ	大 阪	鈴木商会	5

図 2. ファイル形式のデータ

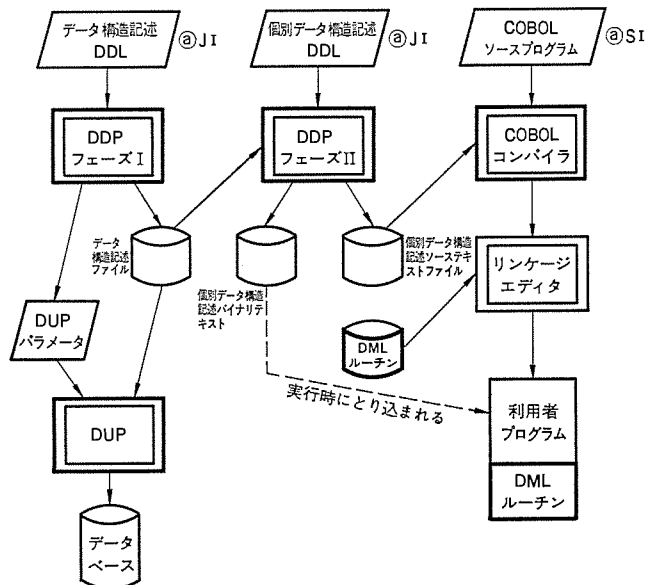


図 3. データベース管理システムの関連図

いる。図 3. は DMR-3 のシステム関連を示したもので大きく分けて次の 3 つの要素から成っている。

- (1) データベースの構造を定義する“データベース定義プロセッサ”
- (2) 利用者プログラムの実行時にデータベースとの仲立ちとなる“データベース操作言語”
- (3) データベースの保守等に必要なる“ユーティリティ”

データベースの構造を定義しているものに“データ構造記述(スキーマ)”と“個別データ構造記述(サブスキーマ)”がある。データ構造記述はデータベース全体の構造を定義しているものでデータベースを構築する場合この定義を必要とする。個別データ構造記述はデータベースの一部あるいは全部を利用者側が必要に応じて定義するもので、1 つのデータベースに対して複数個定義することができる。個別データ構造記述は利用者側に対するデータベースの定義になっており COBOL コンパイル時に利用者プログラムのデータベース定義としてソースプログラムに組込まれる。

データベース操作機能は利用者プログラムがか(稼)動したときデータベースと利用者プログラムとの間にあって、実際にデータベースを検索あるいは更新などを行うものであり、リンケージエディット時に利用者プログラムの中に組込まれる。データベースユーティリティは幾つかの機能からなっており、必要に応じてデータ構造記述ファイルを参照する。利用者はデータベースの構造をその都度定義する必要がない。

2.1 データベース定義プロセッサ (DDP)

DDP (Database Definition Processor) はデータ記述言語 (DDL:

Data Description Language) によりデータ構造記述定義を行う DDP フェーズ I と、個別データ構造記述定義を行う DDP フェーズ II とから成る。

データ構造記述定義ではデータベースの構造に関係するすべてを定義する。

- (1) データベース中に作成する全グループ、及び親グループか子グループかの区別。
- (2) グループ内に格納するレコードにもたせる全アイテム。
- (3) グループ間の関係を示す全セットなど。

データ構造記述定義を行うとデータ構造記述ファイルが作られる。このデータ構造記述ファイルはデータベース全体の構造を示す唯一のものとして個別データ構造記述定義、ユーティリティ等でも参照される。

個別データ構造記述定義は利用者側からみたデータベースの必要な部分の定義であり、DDL によりグループ単位あるいはアイテム単位まで定義することができる。個別データ構造記述で定義をしない部分は利用者プログラムでは参照することができない。例えば一般の人が操作するプログラムである項目は見せたくない場合、個別データ構造記述定義でその項目をはずしておけばよい。この機能によりアイテム単位でデータの保護を行うことができる。この定義を行うと DDP フェーズ II は“個別データ構造記述ソーステキスト”と“個別データ構造記述バイナリテキスト”を出力する。個別データ構造記述ソーステキストは COBOL コンパイル時に利用者プログラムのデータベース定義として必要なもので COBOL ソースプログラムの形をしている。個別データ構造記述バイナリテキストはデータベースの定義をプログラム実行時にわかるロードモジュールの形にしたものであり実行時に利用者プログラムの中にとり込まれる。このように個別データ構造記述ソーステキストが存在するため個々の利用者プログラムではデータベースの定義を行う必要がない。またデータベースの構造と利用者プログラムが、個別データ構造記述ソーステキストを介することにより切り離されているので、データベースの構造が変わっても COBOL のソースプログラムを修正する必要がない。データ構造記述及び個別データ構造記述を作り直して再コンパイルするだけでよい。

2.2 データベース操作言語 (DML)

DML はデータベースに対してデータの格納、検索、更新などの操作を行う 21 種類の機能をもった COBOL サブルーチンから成る。これらのサブルーチンはデータベースを使用する利用者プログラムをリンクエディットした時に、自動的に利用者プログラムに組込まれる。

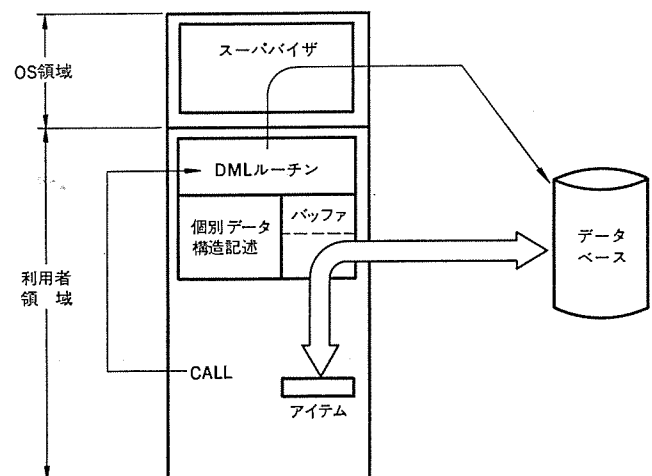


図 4. データベース操作言語での処理

図 4. は DML での処理の流れを示したものである。利用者プログラムからは CALL 命令により DML に制御が渡される。DML では CALL 機能に従った処理を行う。データベースに対してデータのアクセスを行う場合、DML 側でもっているバッファを通して利用者側のアイテム領域にデータを渡したり、アイテム領域のデータを書込んだりする。DML ではバッファを効率よく使用する管理も行っている。また DML では複数のオンラインプログラムで同時にデータベースの間合わせや更新ができるようにレコードの保護機能も備えている。

2.3 データベースユーティリティ (DUP)

DUP はデータベースの初期化、生成、保守等データベースを運用していく上で必要な機能を備えており次の 11 種類の機能をもっている。

(1) イニシャリスユーティリティ

データベースの構築を行う前に実行する。データベースの領域確保とディレクトリの作成及びページごとの割付け等データベースの初期化を行う。

(2) 生成ユーティリティ

データベース内のグループにデータを書込んでその生成を行う。親グループの生成と子グループの生成がある。

(3) 再編成ユーティリティ

データベース操作の偏りによって生じるファイル処理性能の低下などの改善のための整理を行う。

(4) コンデンスユーティリティ

データベース領域中の無効になっている領域を物理的に詰める。

(5) 拡張ユーティリティ

既存グループ領域を拡張する機能とグループ内に作られているレコードにアイテムあるいはセットの追加を行う機能がある。

(6) リンク/デリンクユーティリティ

データベース設計の変更等によりグループ間のリンク付けや、既にリンク付けしてあるセットを切り離す機能をもつ。

(7) 削除ユーティリティ

不要になったグループを削除する。

(8) ダンプユーティリティ

データベースの内容を全部あるいはグループ単位で外部媒体に出力する。

(9) ロードユーティリティ

ダンプユーティリティによって出力されたファイルを入力してデータベースにもどす。

(10) リストユーティリティ

データ構造記述情報、データベースのディレクトリ情報、グループ内の情報をプリントする。

(11) リカバリユーティリティ

停電など突発事故によりデータベースが破壊されたとき正しい形に復旧させる。

3. データベースの構造

ここでは実際に“DMS-3”を使用してデータベースを構築する場合、データベースのシステム設計者やデータ利用を行うプログラマから見えるデータの構造(論理的な構造)の表現方法と実際にデータがディスク上にどのように書込まれているかを示した物理的構造とに分けて述べる。

3.1 論理的構造

本節では従来のファイルに類似したものとして DBMS で“グループ”と名付けられるものとデータ間の関係を表現する“セット”について説明する。グループは更に“親グループ”と“子グループ”に分けられる。

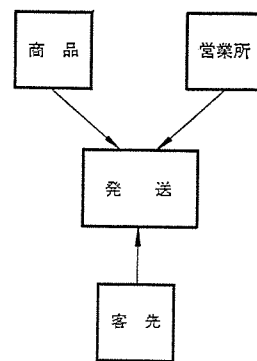


図 5. データベースの構築例

(1) グループ

データベースに格納されるデータで同一タイプのものをまとめてグループと呼ぶ。例えば図 5. では商品データの集まりを“商品グループ”としている。データどうしの関連を示す場合はグループとグループの間を矢印で結びこれをセットと呼んでいる。図 5. では“商品→発送”のセットは“商品”と“発送”のレコードを関連づけている。セットはデータどうしの上下関係を示しており矢印の後方にあるグループを親グループ、前方にあるグループを子グループと呼んでいる。DMS-3 では親グループあるいは子グループになれるグループを明確に区別している。1つの上下関係では子グループになるが別の関係でみると親グループになるといったデータ表現は許していない。したがって基本的には親グループと子グループの2階層のデータ表現になっているが、2段の関係を使って親グループ相互間、子グループ相互間の関連づけが行われる。また1つのグループに対して16個までの関連づけができるので容易に複雑な相互関連構造を実現することができる。

親グループに格納されるレコードはそのレコードを識別するキーをもっている。したがって親グループにあるレコードはキー値を与えることにより検索することが可能である。親グループは外に関連するグループのない単独の状態でも存在することもできる。

子グループに格納されるレコードは必ず1個以上の親グループに従属している。このグループに属するレコードを検索する場合は親グループのレコードから上下関係の情報をたどって順次子グループのレコードを検索する。キー値を与えて直接検索するものは子グループとして作れない。またこのグループを関連する親グループのない単独の状態では作れない。

(1) セット

セットはグループ間のデータを関係づけているもので個々のセットは別々の意味をもっている。例えば図 5. の“営業所→発送”のセットは営業所別に発送データを関連づけており“客先→発送”のセットは客先別に発送データを関連づけている。このようにセットを定義することによりデータベース上のデータをどのようにでも関連づけることが可能である。

実際にデータベースに格納されているデータを検索する場合、最初のエントリになるのは親グループのレコードになる。そしてこのグループのレコードから関連するセット情報をたどることによりデータベース中のレコードを種々の関連のもとに検索することができる。

3.2 物理的構造

データベースはディスク上に構築され、オペレーティングシステム側から見るとデータベースは1個の相対ファイルとして扱われる。データベースとして作られている相対ファイルの中は DBMS が管理している。1つのデー

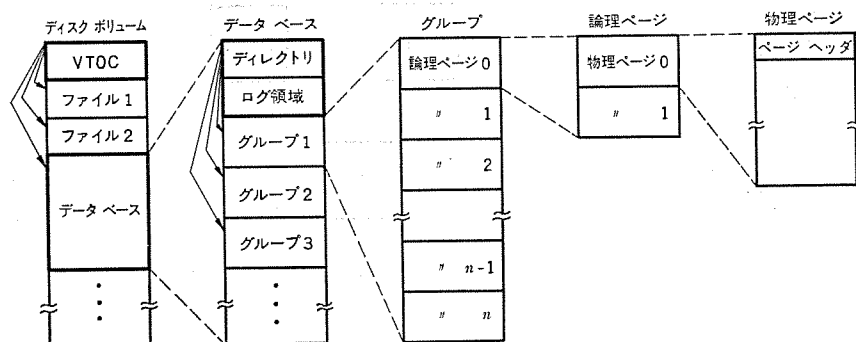


図 6. データベースの物理的構造

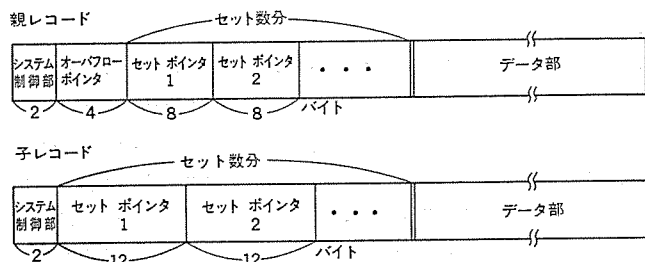


図 7. レコードの構造

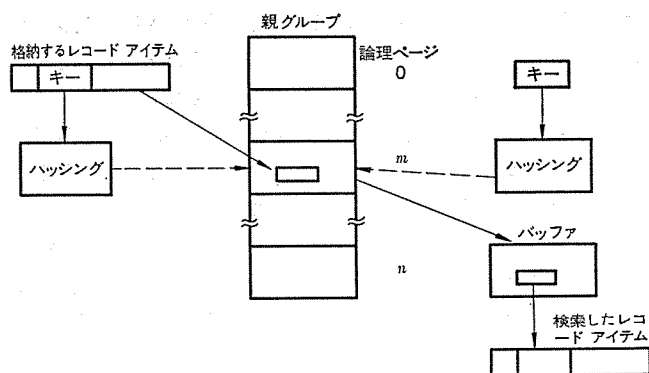


図 8. 親グループの格納, 検索

データベースの大きさは最大8ボリューム(400 MB)まで可能である。

データベースの中を大きく分けると先頭にディレクトリ領域があり続いてログ領域がある。それ以降がデータを格納する領域になっておりグループごとに分割されている。

先頭のディレクトリ領域は、このデータベース中に作られているすべてのグループの情報を登録している。最大128個までのグループを登録することができる。

ログ領域は途中の経過をロギングしておく領域である。これによりデータベースのセット情報を更新中に停電などで計算機が止まりデータベースが破壊された場合でも正常な形に復旧することができるので信頼性の高いシステムが組める。

グループの中は論理ページという単位で分割されておりグループ領域の先頭から論理ページ番号が付けられている。論理ページは最大65,535ページまでとることができる。1物理ページの大きさは1,024バイトの固定長でありデータベースに対するアクセスの単位になっている。

各物理ページの先頭は10バイトのページヘッダになっており自分の属する論理ページ番号、論理ページ内での物理ページ番号、ページに入っているレコードの状態等の情報が入っている。ページヘッダ以降がデ

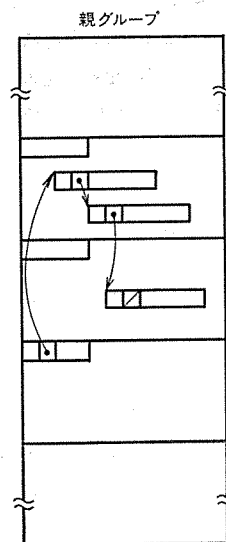


図 9. オーバフローしたレコード

ータを格納する領域になっておりその大きさは1,014バイトである。この中に書込まれるレコードは先頭からライン番号が付けられている。1論理ページが複数物理ページになっている場合は先頭の物理ページからの続きでライン番号が付けられる。1論理ページ内で最大255までライン番号を付けることができる。

グループ内に作られるレコードは制御部とデータ部からできており、制御部にはシステム制御用に使用している固定部とセット数分のセット情報エリアとがある。セット情報エリアは他のレコードと関連付けられたときにNEXT, PRIOR, HEADのアドレスが書込まれる。親グループのレコードにはHEADがない。データ部にはそのグループのレコードがもっている全アイテム情報が書込まれる。

親グループに格納するレコードはキー値により論理ページ単位にハッシングして書込む。逆に読む場合は与えられたキー値をハッシングして該当する論理ページを読み込み、そのページ内に格納されているレコードの先頭から一致するキー値のレコードをみつけている。

キー空をハッシングして該当するページに書込もうとしたとき、既にそのページ内が満杯になっている場合はディスク上でそのページが属しているシリンダの先頭セクタに対応するページにもどしそこから順次、空領域のあるページをさがして空きのあった所にレコードを格納する。最初にオーバフローしたレコードは自分の属しているページのヘッダ情報により結びつけられている。2番目以降のレコードはレコードの制御部にあるオーバフローポインタにより結びつけられている。最終のレコードには最終マークが書込まれる。

これに対し子グループに格納する場合は領域の先頭から順番に書込んでゆく。当然のことながらこのとき関連するレコードとのリンク付けを行う。

4. エンドユーザ言語 (EUL)

データベースに格納されているデータを検索する場合、対象とするグループ及びどのような関係で検索するかにより、それぞれ個々に幾本ものプログラムを作成しなければならない。データベースの規模が大きくなりデータどうしのつながりが複雑になってくると作成するプログラムの本数が多くなるうえ、システム設計時に必要なケースをすべて予想することは難しく、必要が生じる都度プログラムを作成しなければな

らない。

EUL はこのような煩わしさを解消するために開発されたもので、データベース中に格納されているデータであれば、どのような場合でも簡単に検索することができる。

《MELCOM》80/38 の EUL は“QP-3”と呼ぶ。“QP-3”はバッチジョブとして稼動するものと、CRT 画面に検索したデータを表示するオンラインジョブで稼動するものとが用意されている。

4.1 バッチ QP-3

この EUL では利用者が使用する“個別データ構造記述名”と参照したい“アイテム名”及び必要であれば検索時の条件指定を行うだけでどのような角度からでも容易にデータベース中のデータを検索することができる。

例えば図 1. のデータベースで、商品名がクーラー又はテレビであり営業所が仙台又は京都である“商品名”、“発送数”、“営業所”及び“客先”のデータを出力する場合は表 1. のように記述すればよい。このように EUL での記述は非常に簡単なので必要に応じてデータベースを参照することができる。

表 1. EUL での記述と出力リスト

EULでの記述例

```
QUERY 個別データ構造記述名 ON DP00,@SYSV.  
LIST SYOMEI, 'ショウヒンメイ',  
      HSOSU, 'ハッソウスウ',  
      EIGYOSYO, 'エイギョウショ',  
      KYAKUSAKI, 'キャクサキ'  
WHEN SYOMEI EQ 'クーラー' OR  
      SYOMEI EQ 'テレビ' AND  
      EIGYOSYO EQ 'センダイ','キョウト':  
PATH SY-HS, EI-HS.  
END.
```

EULで出力されるリスト

PAGE 0001	DATE 78/06/20		
ショウヒンメイ	ハッソウスウ	エイギョウショ	キャクサキ
クーラー	10	センダイ	カドカワショウジ
テレビ	20	キョウト	スズキショウカイ
テレビ	10	キョウト	マルヤマショウカイ

4.2 オンライン QP-3

CRT 画面から簡単な記述を行うだけでオンラインにより即時にデータベースに問い合わせることができる。必要であれば問い合わせたデータの内容を修正することもできる。CRT に表示する画面の形式はあらかじめ定義しておくことができ、問い合わせ処理ではオペレータ操作に従って自動的に表示画面の形式を変えている。オペレータが問い合わせ処理中に画面形式を意識する必要はない。

オペレータは CRT に表示されるデータをみながら問い合わせたいアイテム条件、あるいは関係(セット)を指定して次々と必要なデータを参照することができる。

5. む す び

データベースそのものはそれ程目新しいものではなく、今日まで数多くのデータベース管理システムが作られ利用されてきた。しかし、これらはほとんど大・中形機用であり小形計算機を対象にしたものは余りない。ここに記述した“DMS-3”は主メモリが 64 KB 程度から使え、しかもデータベースとして要求される機能を十分に備えている本格的なものである。このような意味から DMS-3 は小形計算機を対象としたものでは先駆的なものと自負している。

小形計算機用のデータベース管理システムに要求されることは大形機にはないより身近さを利用者に提供することであり、不必要な複雑さを避けだれでも使用できるようにすることが大切と考えられる。我々は DMS-3 を実現する上でこれらを十分考慮したつもりであるがまだ 100% 満足していない。使いやすさと能率のよさを追求するため DMS-3 を今後とも改良していくつもりである。

終わりに DMS-3 のシステム設計の段階から種々ご協力いただいた《MELCOM》ユーザ、ディーラのかたがたに厚く御礼申し上げます。特に《MELCOM》80/38 のユーザである龍村美術織物(株)営業推進部次長の龍村豊氏には種々有益な助言を賜った、記して謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) 魚田ほか：三菱電機技報，49，No. 5，378 (昭 50)
- (2) 小柴ほか：事務管理，15，No. 6，プログレス (昭 51)
- (3) 山崎ほか：三菱電機技報，51，No. 4，254 (昭 52)
- (4) 情報処理学会：CODASYL データベース用記述言語

新給排油構造電動機

田 仲 勝*・吉田正治*・中野 修**・前原利昭***・川崎勝行⁺

1. ま え が き

誘導電動機に限らず、回転機における軸受の果たす機能は最も重要な要素の1つである。グリス潤滑においては、グリスを長時間使用すると基油が減少する⁽¹⁾ことから、潤滑作用は熱などの影響を受けてグリスから離油した基油によって大部分が営まれると考えられている。しかし、グリスで潤滑した場合、油膜厚さが基油だけで潤滑した場合の30～70%になること⁽²⁾や、増ちょう剤の種類によって摩擦係数が変わること⁽³⁾から、グリス自体の潤滑作用も考慮する必要がある。このようにグリスの潤滑機構については、まだ解明されていない部分が多く、ころがり軸受のグリスによる潤滑理論は確立されていない。また、グリス潤滑構造に要求される機能として、良好な軸受潤滑が行われることはもちろん、過度な温度上昇を来さないこと、グリスの給排油がスムーズに行われ日常のメンテナンスが容易であること、など諸条件を併せ備えておかねばならない。これらの構造例は数多く紹介されているが、具体的な各要素ごとの効果、あるいはそれらの相関関係、軸受箱内におけるグリスの挙動などについて述べている文献は少ない。

今回、我々はこれらグリス潤滑構造の基本的な問題解析のためのモデル試験機を製作し、実験計画法に基づく各要素の組合せ試験、試験結果のグラフ解析、電算機利用によるグリス給排機能解析、赤外線吸収スペクトルによる軸受箱内グリスの挙動分析を行い、これらの結果をもとに潤滑性にすぐれ、保守・点検が容易な新給排油機構をもった電動機を完成させたので、その概要を紹介する。

2. 電動機の故障実態

電動機の故障は、一般に軸受部の故障、巻線及び絶縁関係の故障、その他の故障に大別される。電動機故障の実態については、過去、電気使用合理化委員会により調査が行われている⁽⁴⁾が、その結果によると故障原因は単相運転及び過負荷によるもの27.2%、絶縁劣化、断線によるもの27.4%、軸受摩耗24.1%、軸受焼付けによるもの4.7%、給油不良によるもの3.8%、その他12.8%で、軸受に関係ある故障原因には軸受摩耗、焼付け、給油不良によるものがあり、全体の32.6%を占める。このように、事故原因の多くを包含している軸受は電動機の信頼性向上の点からも極めて重要な要素であり、電動機の寿命はまさに、この軸受潤滑機能にかかっていると云っても過言ではない。

以下に、今回行った新潤滑構造確立のためのモデル試験及び実際の電動機を使用した試験結果について述べる。

なお、電動機据付後の軸受寿命及び劣化のメカニズムについては、既に本誌で紹介済み⁽⁵⁾であり参考にしていただきたい。

3. モデル機潤滑試験

軸受潤滑構造において要求される規範を列記すると次の事項があげられる。

- (1) 過大の温度上昇を来さないこと。
- (2) 新旧グリスの交換がスムーズに行われること。
- (3) 軸貫通部からのグリス漏れがないこと。
- (4) メンテナンスが容易に行えること。

これらの事項を総合的に解明するため、我々は各部の構造を種々変化させ、定量的解析を行うこととし、組合せは実験計画法によった。

計画したモデル機は、開放形ころがり軸受を使った横形及び立形電動機用の図1、図2に示す構造とし、外部から目視観察が可能なようにハウジングカバー、排油ランナなどは透明プラスチック製とした。図3に横形モデル試験装置を示す。なお、排油ランナは当社独特の構造であり、組合せ試験に先立ち詳細に試験を行った。また、軸貫通部分の形状はグリス漏れ防止を図る重要な部分であるため、個別のグリス漏れ比較試験を行い、後述する新しい油みぞ構造の開発を行った。更に、新旧グリスの交換程度を検討するため、トレーサグリスの注入による軸受箱内のグリス挙動状態を赤外線吸収スペクトル分

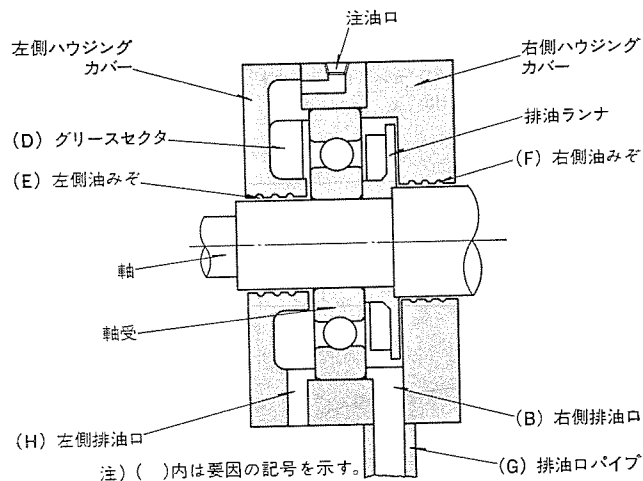


図1. 軸受箱の構造（横形）

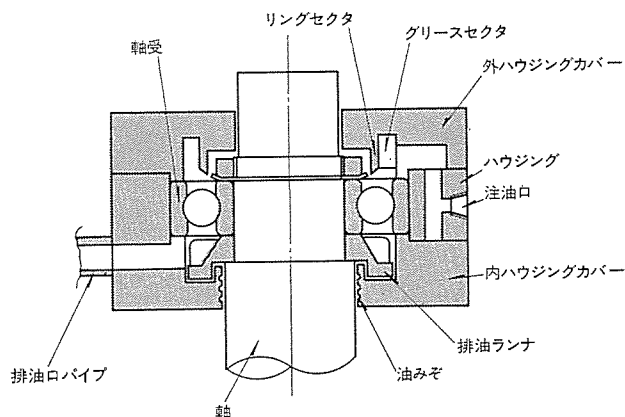
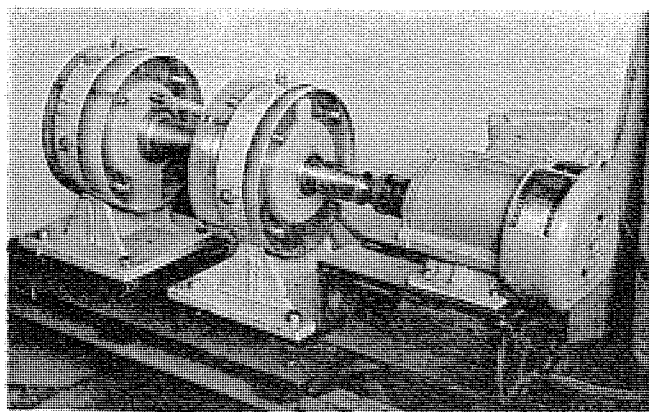


図2. 軸受箱の構造（立形）



軸 受	6313
潤 滑 方 式	グ リ ー ス 潤 滑
使 用 グ リ ー ス	リチウム系グリース2号
給 油 方 法	グ リ ー ス ガ ン
冷 却 条 件	自 冷
周 囲 温 度	室 温
駆 動 電 動 機	0.2kW 4P, 0.4kW 2P

図 3. 試験機の概要 (横形)

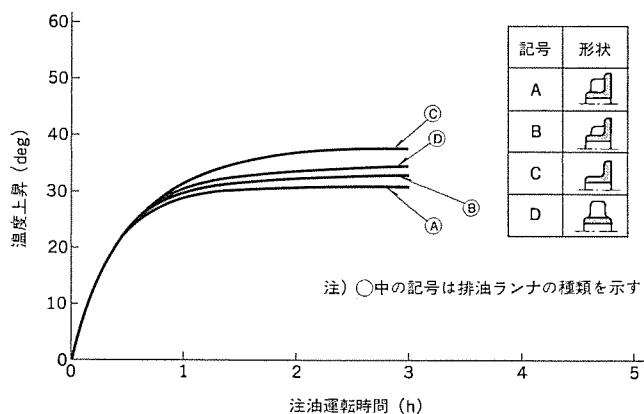


図 4. 軸受温度上昇

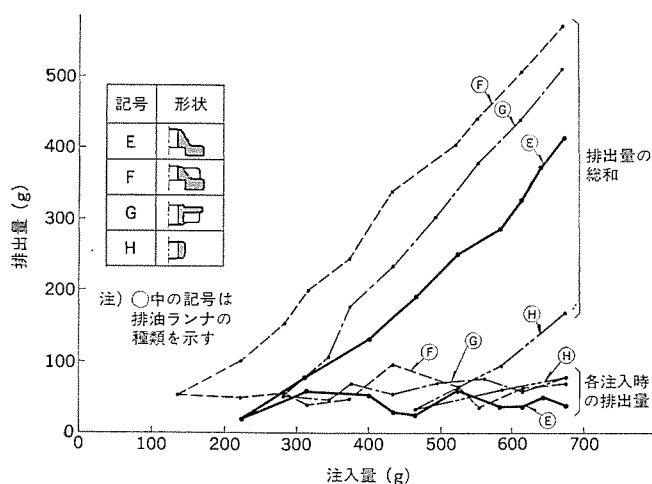


図 5. グリース 排出量特性

析により解析した。

以下これらの試験及解析結果について述べる。

3. 1 排油ランナの選定

排油ランナは、グリース 排出、残量グリース 調整などの機能を持ち、形状も種々考えられることから、その性能比較を明確にするため、立形・横形用おのおのにつき各種形状の排油ランナを製作、モデル試験機に組み込み、軸受の温度上昇、グリースの排出性について比較試験を行った。図 4. に横形モデル試験機に組込んだ排油ランナの温度上昇比較試験結果、図 5. に立形モデル試験機でのグリースの排出性能比較試験結果及び排油ランナの形状を示す。これらの試験から以下の結論を得た。

(1) 羽根なしの排油ランナは、排油性能、温度上昇のいずれにおいても、羽根付きに比べて劣り、かつ、軸貫通部よりグリース漏れを生じやすい。

(2) 温度上昇試験結果から、排油ランナの羽根によるかくはん(攪拌)損失よりも、軸受箱部へグリースが充満することによるグリースと軸受との摩擦損失のほうが大きいと考えられる。

これらの結果を総合的に判断し、図 4. の排油ランナ形状 A 及び、図 5. 中の F を最適のものと考え、次に述べる潤滑構造機能試験に固定の要因として使用した。

3. 2 潤滑構造機能試験

従来から潤滑構造各部の機能については、概念的に述べられてはいるが、これら各部の要素が軸受温度上昇、排油性などにどの程度影響を及ぼしているか、その相関関係はどの程度なのか、と言った解析はほとんどなされていない。我々はこれらの点につき定量的解析を試みた。

(1) 試験方法

横形・立形の各種軸受潤滑構造について、表 1. (代表例として横形用モデル試験機の場合のみを示す) に示す要因別割付けを行い、実験計画法による機能試験を実施した。試験は、ならし運転後一定量

表 1. 組合せ表

要因 (記号)	左 側 排油口 (H)	グリース セクタ (D)	左 側 油みぞ (E)	右 側 油みぞ (F)	排油口 パイプ (G)	右 側 排油口 (B)	回転数 (rpm) (C)
実験番号	(H)	(D)	(E)	(F)	(G)	(B)	(C)
1					○		1,800
2				○	×		3,600
3		○	○		×		3,600
4				×	○		1,800
5	×				○	○	3,600
6		×	×		×		1,800
7				×	×		1,800
8					○		3,600
9				×		○	3,600
10		○	×			×	1,800
11						×	1,800
12				○		○	3,600
13	○					○	1,800
14		×	○	×		×	3,600
15						×	3,600
16				○		○	1,800

注) 表中の○は要因が有るとき、×は無のときを示す。

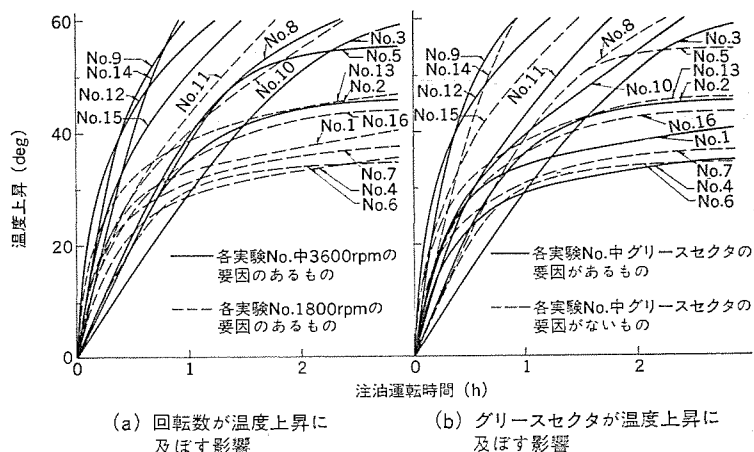


図 6. グラフ解析

表 2. 分散分析表よりの検定結果 (横形)

分類	要因	(1) 温度上昇	(2) 温度上昇	右側排油口からの排油量	左側排油口からの排油量	右側軸貫通部からの漏れ量	左側軸貫通部からの漏れ量
主 要 因	A 総注油量	**	—	**	—	—	—
	B 右側排油口	*	**	**	*		
	C 回転数	*	**	**			
	D グリースセクタ			**			
	E 左側油みぞ						
	F 右側油みぞ			*			
	G 排油口パイプ		*	**	—	—	—
	H 左側排油口	**	**	**	—	—	—
	T 注油運転時間	—	**	—	—	—	—
	E×F				—	—	—
交 互 作 用	H×C		**		—	—	—
	A×H	—	—	**	—	—	—
	A×D	—	—	*	—	—	—
	A×C	—	—		—	—	—
	T×H	—		—	—	—	—
	T×D	—		—	—	—	—
	T×C	—	**	—	—	—	—

注) 1. **……高度に有意差あり, *……有意差あり, —……要因割付なし
空欄……有意差なし
2. 表の, 温度上昇のうち, (1)は注油運転時間に対する温度上昇値, (2)は総注油量に対する温度上昇値を示す。

のグリースを繰り返し注入し, グリース排出性, 軸貫通部からのグリース漏れ量, 温度上昇などを比較した。

(2) 試験結果の解析

(1)の試験から得たデータを基にグラフ解析, 分散分析による特性解析を行った。グラフ解析は, 実験 1~16 のデータについて, 要因相互間の分散集中度合を視覚的に解析したものである。この代表例を図 6. に示す。図 6. (a) は, 明らかに回転数の違いが温度上昇に影響を与えていることを示し, 図 6. (b) では, セクタの有無による両者のカーブの分離傾向はなく, セクタの有無が温度上昇に影響を及ぼしていないことを表している。

分散分析による検定結果の代表例を表 2. に示す。表中

**は, 要因と各特性値との関係が危険率 1 % で有意であり, *は危険率 5 % で有意であることを示す。また交互作用とは要因が 2 種類組合わされた場合, 特性値にどのような影響を与えるかを表したものである。この結果を, 更に具体化し, 数値的に表して要因図とした代表例を図 7. に示す。

図 7. (a) は, 排油口パイプの有無と温度上昇との関係を解析したもので, パイプ付きはパイプをつけない場合に比し約 10 deg 温度上昇値が大であり, グリースの排出経路はできるだけ短い構造とすべきである。なお, 図中矢印の上下は誤差の範囲を表したものである。図 7. (b) は, セクタの影響を示すもので, 軸受箱内へのグリース注入量が比較的に少ない時点においても, セクタがある場合には良好なグリース排出が行われている。しかし, セクタが温度上昇に与える影響については, 表 2. に示すように有意差はあらわれていない。

(3) 構造式

(2)で述べた各要因と温度上昇との関係を, 更に展開し構造式として表すことを試みたので代表例として立形軸受構造のものについて紹介する。

立形の構造式は下式であらわされる。

$$Y = 46.9 + A \times G + F \times G \pm \varepsilon$$

ここに

Y = 軸受温度上昇値 (deg)

$$A \times G = (y_{1j}, y_{2j}) \begin{pmatrix} 1.3 & -15.2 \\ 11.1 & 2.8 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{1i} \\ x_{2i} \end{pmatrix}$$

$$F \times G = (z_{1k}, z_{2k}) \begin{pmatrix} 2.3 & -3.7 \\ 10.1 & -8.7 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{1i} \\ x_{2i} \end{pmatrix}$$

$$\text{ただし } x_{ab} = y_{ab} = z_{ab} = \begin{pmatrix} 0 \cdots \cdots a \neq b \\ 1 \cdots \cdots a = b \end{pmatrix}$$

$$i = \begin{cases} 1 \cdots \cdots \text{排油パイプあり} \\ 2 \cdots \cdots \text{排油パイプなし} \end{cases}$$

$$j = \begin{cases} 1 \cdots \cdots \text{回転数 1,800 rpm} \\ 2 \cdots \cdots \text{回転数 3,000 rpm} \end{cases}$$

$$k = \begin{cases} 1 \cdots \cdots \text{油みぞあり} \\ 2 \cdots \cdots \text{油みぞなし} \end{cases}$$

$$\varepsilon = 95 \% \text{ 信頼区間における誤差} = 4.2$$

この構造式は, あくまで今回のモデル試験結果のデータをもとに導びいた式であり, 一般的にあてはまるものではないが, 各要因を定量的に組合せた温度上昇推定式の 1 つの方法例として示す。

3.3 グリース挙動試験

前述 3.2 節の試験は, 各種軸受構造に対する温度上昇, グリース排出, グリース漏れ量の関係の解析であったが, 軸受潤滑構造に要求さ

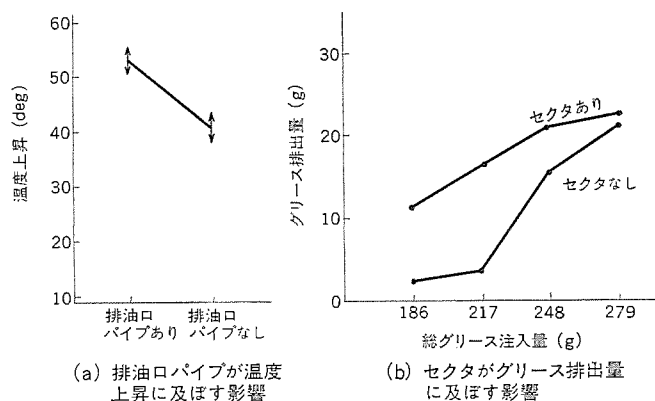


図 7. 要因図

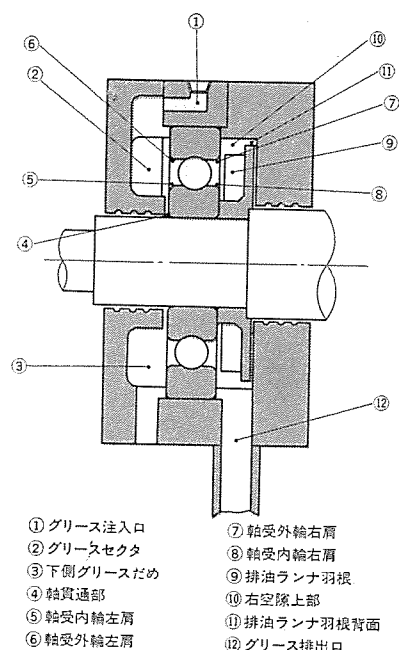


図 8. グリス 採取位置 (横形)

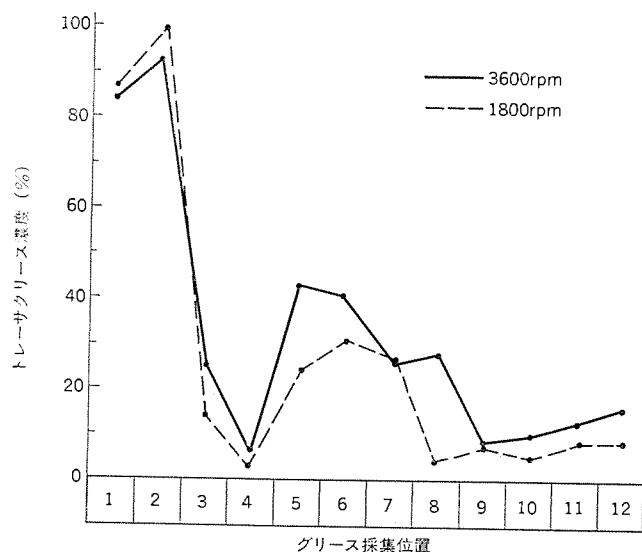


図 9. グリス 挙動 (その 1)

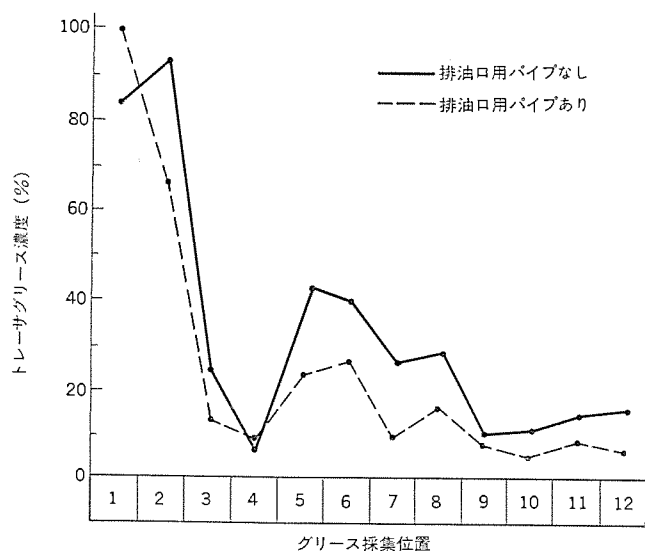


図 10. グリス 挙動 (その 2)

れるもう 1 つの機能, すなわち, 新旧 グリス 交換の難易度を比較するため, 補給 グリス の軸受箱内挙動解析を赤外線分光分析法により行った。

(1) 試験方法

いま, ある物質 (A) の (B) 内における濃度を知りたい場合, それぞれの物質に特有の吸収帯を選び, その吸光度をそれぞれ a , b とおくと

$$\frac{a}{b} = \frac{\log \frac{I_0}{I}}{\log \frac{I_0'}{I'}} = \frac{\epsilon C}{\epsilon' C'} \dots \dots \dots (1)$$

ここに

I_0 : 入射光

I : 透過光

ϵ : 分子吸光係数

C : 濃度

となり, 試料の濃度は吸光度と比例する。

そこで, 軸受箱内での新旧 グリス 分布を知るため, 軸受箱内に基礎 グリス として鉱油系 グリス を注入し, ならし運転後, 基礎 グリス とは異なる吸収帯を持つ合成油系 グリス を補給, 一定時間運転後 グリス の採取を行い, グリス の軸受箱内における挙動分析を行った。グリス 採取位置は, 図 8. に示す。

(2) 試験結果及び解析

図 9., 図 10. はトレサグリス による横形モデル機の軸受箱内における グリス 挙動分析結果の代表例である。図 9. より, グリス 採取位置 5~12 におけるトレサグリス の濃度は, 3,600 rpm のほうが 1,800 rpm に比し全般的に高く, 回転数が高いほど グリス 交換がよく行われていることを示している。また, 図 10. は排油パイプの影響を比較したもので, 採取位置 (12) 付近のトレサグリス 濃度は排油口パイプ付きのほうが低く, グリス 交換度が排油口パイプがない場合に比し悪いことを意味しており, この結果は, 3.2 節で述べた機能試験の分散分析結果とよく一致している。

3.4 結 論

これまでの試験機における実験から, 各要因における温度上昇, グリス 排出性, 軸受箱内における新旧 グリス の濃度分布などについての定性的, 定量的解析を行った結果をまとめると以下の結論を得る。

(1) 排油ランナは, グリス の排油性, オーバグリス 防止に効果的であり, 特性的には排油ランナの羽根による攪拌損失より, 軸受箱部へグリス が充満することによる グリス と軸受の摩擦損失のほうが大きいと考えられる。

(2) グリス 排出口における排出経路は, グリス 排出性, 温度上昇に大きな影響を与え, できるだけ短く, かつ, 排油口の方向性を十分配慮すべきである。

(3) 軸貫通部の油みぞ空間は, 油みぞ空間中のグリス が軸と共回りしない程度に大きく設計することにより, グリス 漏れ防止をより効果的とすることができる。

以上のモデル試験での結論をもとに, これらを実際の誘導電動機の軸受構造理論へと展開し, 以下に述べる新給排油構造を持った電動機の開発を行った。

4. 新給排油構造電動機

3章での試験をもとに当社では、軸受給排油構造について各種の実験を実施し、データを解析するとともに検討を行って製品の研究開発をすすめてきた。ここでは、安全かつ容易にグリス交換が可能な新形グリス給排構造を持った電動機とその性能について紹介する。

4.1 新形給排油構造の特長

新形給排油構造を採用した横形電動機の外観写真を図11.に示す。

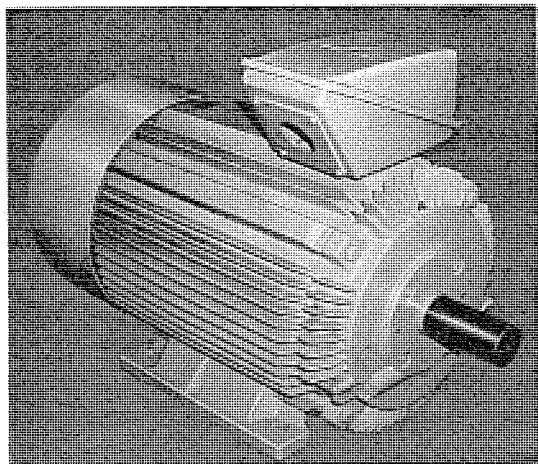


図 11. 新形給排油構造採用の全閉外扇形電動機

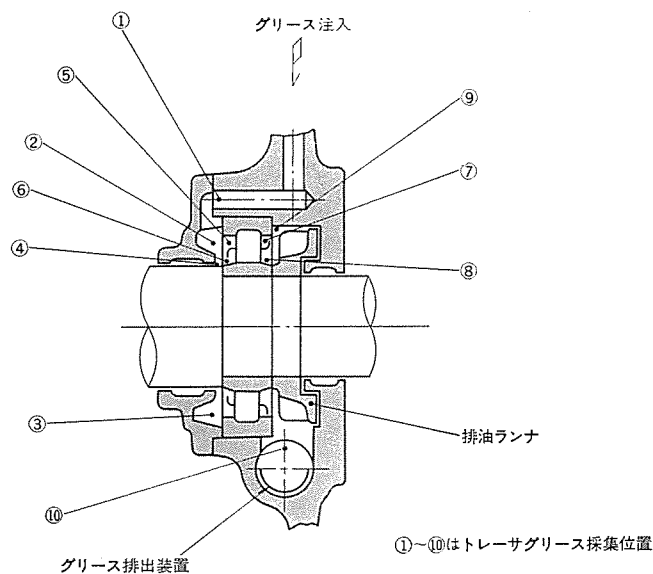


図 12. 新形軸受給排油構造 (横形)

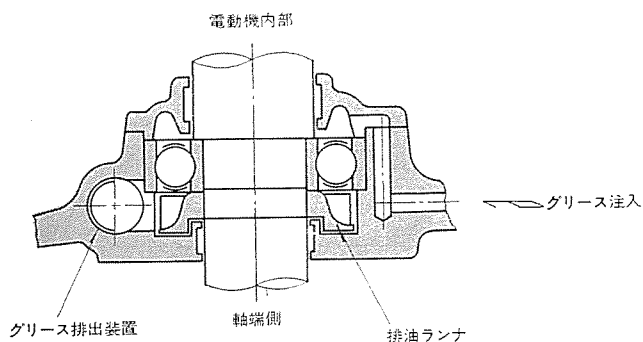


図 13. 新形軸受給排油構造 (立形)

図12.は、この軸受部拡大断面図である。また、立形電動機の軸受部拡大断面図を図13.に示す。

新形給排油構造は、次のような特長をもっており、保守・点検は従来以上に安全、かつ容易に行うことが可能となっている。

- (1) 負荷機械とのセットによって影響を受けない
負荷軸端部での操作が一切ないため、ベルト車、カップリング等による負荷機械とのセットによってグリス給排操作は影響を受けることなく安全に操作できる。
- (2) 排出グリスの処理が簡単
排出されたグリスは、グリス排出装置内に収納されているので、排出グリスの廃却は、このグリス排出装置を電動機から引き出すことによって処理できる。
- (3) グリス排出装置の引き出し方向の変更が可能
電動機の設置場所によっては、グリス排出装置の引き出し方向を変更する必要があるが、引き出し方向は電動機の左右いずれの方向からでも可能な構造になっている。
- (4) グリス排出経路が最短のため機能を十分果たすことができる。
グリス排出装置は、軸受のごく近傍にセットされているので、排油ランナの性能とあいまって、新旧グリスの交換及び排出機能を十分に発揮することができる。
- (5) 軸貫通部からのグリス漏れがない。
新しい油みぞ構造 (特許出願中) の採用と、(4)項の機能により、軸貫通部からのグリス漏れがない。
- (6) 給油による温度上昇が少ない。

注入されたグリスは、軸受内の旧グリスと効果的に交換され、旧グリスは当社独特の排油ランナによって排出されるので、給油による温度上昇の影響が少ない。

4.2 新形給排油構造の性能

新形給排油構造は、保守・点検の容易性を目的として開発したものであるが、性能についても種々検討を加えており、ここでは、新旧グリスの交換機能、軸貫通部のグリス漏れ防止構造、グリス補給と軸受部温度上昇についての実機確認データについて説明する。

(1) グリス総注入量と総排出量の関係

図14.は、グリス補給により、軸受内に注入されたグリス総注入量と総排出量の関係を示すグラフである。

試験は、全閉外扇形電動機 1,800 rpm、軸受サイズ NU 313 について、運転前に所定の量のグリスを充てんしておき、運転後、各補給時ごとに同量のグリスを注入して総注入量を横軸に、総排出量を縦

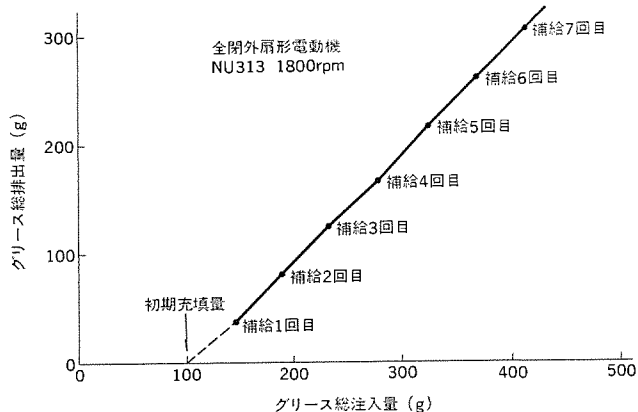


図 14. グリス 総注入量と総排出量の関係

軸にとって、その関係を描いたものである。補給1回目から7回目まで、ほぼ直線の上になっており、給排油機能を十分果たしていることが分かる。

(2) 軸貫通部のグリス漏れ防止構造

モデル試験において軸貫通部に生じた漏れグリスは、軸受箱より外部に出た所で軸周囲に均等な直径の環状となり付着する。これは、ある程度の大きさまでは急速に成長するが、それ以上の増加はあまりない。言い換えれば、漏れた環状グリスが軸に引きずられて回転している間は急速に増加するが、軸との共回りがなくなる程度に成長した段階で、その増加の割合は少なくなる。

この現象を種々検討し、4.2節の(5)で述べたような新給排油構造電動機の軸貫通部構造として応用している。

(3) グリス挙動分析

新旧グリスの交換度を実機で確認するため、3.3節で説明した赤外線分光分析試験を4.2節の(1)で述べた電動機で実施した。

試験方法は、トレサグリス補給を4回行った時の、トレサグリス濃度を測定したもので、試料グリスを図12.の①～⑩の箇所から採取している。図15.は、採取箇所を横軸に、縦軸にトレサグリス(補給グリス)の濃度をとったものである。

試験は排油ランナ付きの場合と、なしの場合の双方について行っており、グリス採取位置が注入口から排出口に近づくにつれて両者の差が大きくなっている。すなわち、排油ランナなしでは、排出口に近い箇所でのトレサグリス濃度が低く、排油ランナ付きの場合には排出口に近い箇所でも高い濃度になっており、当社独自の排油ランナと排油構造が、グリス交換に良好な性能を発揮していることが分かる。

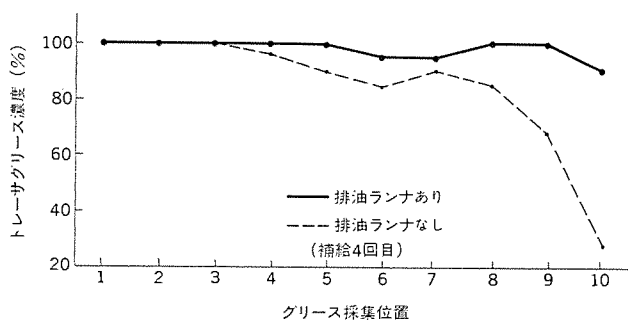


図 15. グリス挙動

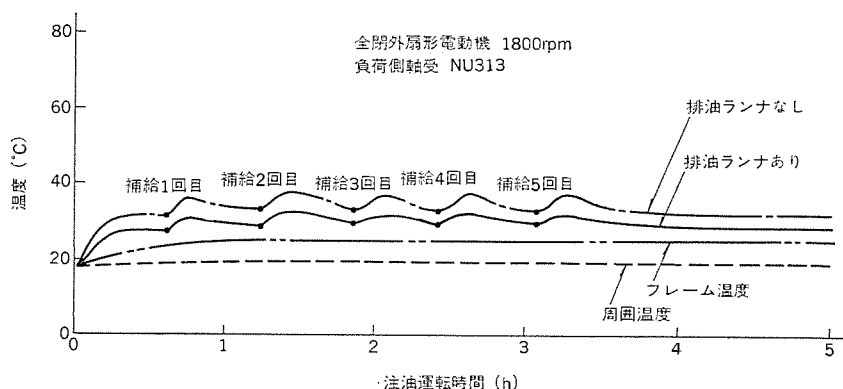


図 16. 軸受温度上昇

(4) グリス補給と軸受部温度上昇

保守を行う上で、グリス補給による温度上昇の影響は十分注意する必要があるが、これを実機で確認したものが図16.である。試験は、前述と同一機種で、無負荷運転における補給ごとの軸受部の温度を測定しており、軸受部自身の温度上昇値はフレーム温度との差の分になる。

図16.から、温度上昇についても排油ランナの効果は良好であり、補給時のオーバグリスによる温度上昇対策としても有効な機能を果たしている。

5. む す び

以上、軸受潤滑構造について、モデル試験機による機能試験、グリス挙動解析、これのデータに基づく新給排油機構をもつ電動機の特長、及びその性能試験結果について述べてきた。

いうまでもなく、機器の信頼性は、メカとユーザが作り上げる信頼性の総和であり、特に、据付け後の性能維持は日常の保守に負うところが大きい。我々は今後とも、潤滑機構の解明による信頼性の向上と、メンテナンスの容易さを追求した電動機の開発に取り組んでいく所存である。

参 考 文 献

- (1) 鈴木：潤滑，14.9 (昭44)
- (2) S. Y. POON : ASME Trans, 94 (1972)
- (3) A. C. HORTH, L. W. SPROULE and W. C. PATTENDENT : NLGI Spokesman, 32 (1968)
- (4) 志村：生産と電気，3 (昭42)
- (5) 山本ほか：化学工場用電動機の軸受の調査とその寿命，三菱電機技報，48, No. 10 (昭49)

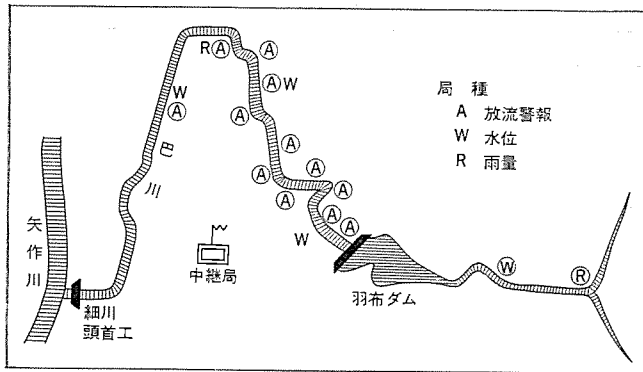


図 2. テレメータ、放流警報系統図 (羽布 ダム)

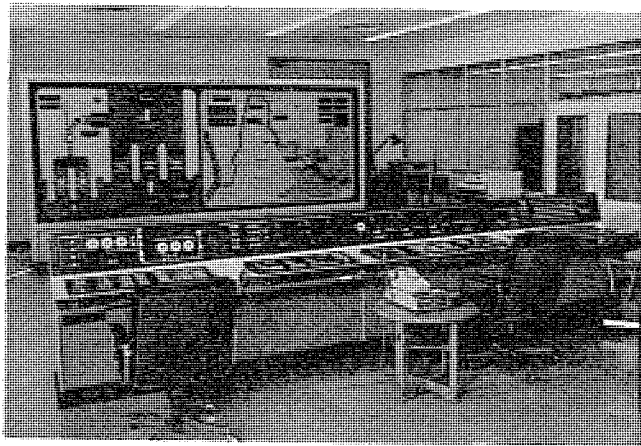


図 3. 中央管理室 (羽布 ダム)

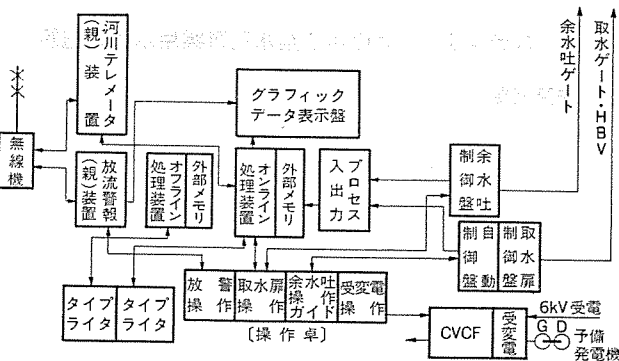


図 4. 管理設備の機器構成 (羽布 ダム)

3. 2. 1 システム構成

水文情報収集のためのテレメータ設備は、雨量観測2局、水位観測局4局から構成され、12局の放流警報局とともに70MHz帯無線回線1ペアを利用している。

図2.にテレメータ、放流警報の系統を示す。

3. 2. 2 ダム情報の検出

ダムの集中管理において、ダム情報(貯水位、ゲートバルブ開度等)を精度よく検出することが重要であるが、このシステムでは取水ゲート、流量調節用バルブのデジタル自動制御を行う点から、雑音に強く精度のよいセルシーディジタル方式を採用し、特に精度の要求される貯水位については複重構成を採用した。

3. 2. 3 情報と制御操作の一元化

従来ゲートバルブごとに操作場所が異なっていた点を改善し、管理室ですべてのゲートバルブの制御操作の一元化を図るとともに、テレメー

タ情報、放流警報運用状況、ダム情報、気象情報、受配電設備(稼働状況等)、すべての情報を管理室に一元化し、ダム施設全体施設の適切な運用を容易にした。

図3.に羽布ダムの中央管理室を示す。

温水取水設備である取水ゲート4門、並びに流量調節バルブ1門については、越流水深一定並びに放流量一定の自動制御をマイクロコンピュータによって実現しており、操作員の負担を軽減すると同時に、きめ細かい水管理設備の運用を可能にしている。

3. 2. 4 マンマシンインタフェース

多数の管理設備を、誤まりなく効率的に運用するためにマンマシンインタフェースとしての、グラフィックパネル盤や操作卓は重要な要素となる。このシステムでは、システム全体を一目では(把)握するためにグラフィックパネル盤を2分割し、右側にテレメータ情報、放流警報稼働状況、気象情報を表示して、ダムをとり囲む外部環境条件を示すと同時に、左側にはダムの流入、放流量、貯水位・貯水量等水収支に関する重要情報の表示を行っている。また操作卓についても機能ごとに下記のとおり分割し、操作の分かりやすさ、単純化を図っている。

- (1) 放流警報運用のための操作卓
- (2) こう水時の余水吐ゲート運用のための操作卓
- (3) 取水設備運用のための操作卓
- (4) 受配電設備運用のための操作卓

3. 2. 5 情報処理設備

集中管理設備の中核として、情報処理設備は重要である。このシステムでは、ミニコンピュータ《MELCOM》70モデル25の2重系の構成により、オンライン情報処理とは独立に、オフライン技術計算、年報の作

表 1. 情報処理内容一覧 (羽布 ダム)

項	目	処 理 内 容	処 理 結 果
データ読み込み	テレメータ情報 ダム情報 気象情報ほか	割込みによるデータの読み込み及び一定周期ごと(100ms)	
	フォーマット検 定	パリティ、BCD、スケールの検定	
データ検定	上限監視	雨量強度、河川水位の上限監視	アナウンスメント
	情報更新検定	一定時間以上更新されない情報の監視	
	演算処理	雨量強度、累積雨量、水位流量演算	グラフィックパネル
演算処理	ダム情報処理	貯留量、ゲート放流量、ダム流入量、貯水位の平滑演算	グラフィックパネル ゲート操作記録
	集計処理	最大、最小、平均、積算	観測記録
オペレーション ガイド	CPUモード	ダム操作規則による最適放流量の算出並びにゲート開度の演算	
	手動モード	操作員の指示によって与えられる放流モードに従って、放流量、ゲート開度指示値を算出	操作卓
作業表処理	ゲート操作記録	ゲート操作時及び毎定時の作業表	ロギングタイプライタ
	観測記録	気象、受配電情報の作業表	
	こう水日報	こう水時のダム情報記録	
オペレータ リクエスト	操作卓	デマンド印字、カレンダー修正、選択データ表示	ロギングタイプライタ、グラフィックパネル
	システムタイプライタ	係数変更、データメンテナンス、保守中設定	
データ保存		気象情報、ダム情報、こう水日報	フレキシブルディスク

成等の利用を可能にすると同時に、オンライン系の故障時は簡単な手動切換えにより、オフライン・オンラインの切換え使用を可能とし、システムの信頼性を向上させている。年報作成、こう水日報作成のための長期データ保存用外部記憶装置としては、フレキシブルディスク装置を採用しており、その操作の容易さ、データ保存の信頼性面において、従来主として使われることの多かった紙テープやカセット磁気テープに比べて、著しい向上を図ることができた。

オンライン系で行う情報処理は、

- (1) データ入力、(2) データ検定、(3) 演算処理、
- (4) オペレーションガイド、(5) 作表処理、
- (6) オペレータリクエスト処理、(7) データ保存

である。この処理内容一覧を表1.に示す。

3.3 システムの性能

羽布ダム水管理改善施設の主要性能を表2.に、使用したミニコンピュータの仕様を表3.に示す。

表2. システム性能一覧(羽布ダム)

データ諸元	種別……………第3類	余水とびら操作ガイド	条件設定
	形式……………直線越流重力式		(1) 定比率/定水位/定流量(手動, 自動)
ダム諸元	高さ……………62.5m	余水とびら操作ガイド	(2) 水収支演算時間間隔 5, 10, 15, 30, 60 分
	余水吐とびら……………6.5H×7.5W×3門		(3) 使用ゲート 1号, 2号, 3号
諸元	直接集水区域……………51.34 km ²	余水とびら操作ガイド	(4) こう水情報 警戒, こう水
	有効貯水量……………18,461 千 m ³		
元	農業用使用水量……………17.4 m ³ /s(最大)	余水とびら操作ガイド	
	計画こう水位……………EL 467.00 m		
無線	常時満水位……………EL 467.0 m	余水とびら操作ガイド	
	予備放流水位……………EL 466.7 m		
無線	周波数……………70 MHz 帯	オンライン処理装置	CPU……………MELCOM 70 (ミニコン)
	方式……………プレストーク方式		主メモリ……………32 KW
無線	中継方式……………スケルチ起動	オンライン処理装置	外部メモリ……………フロッピーディスク
	音声の中継		246 KW
無線	空中線……………八木形, 3, 5素子	オンライン処理装置	1年分データを取
	空中線高……………10~25m(地上高)		容
無線	無線出力……………1.3 W	オンライン処理装置	タイプライタ……………13インチ×2台
	中継局現用/予備…自動/テレコン切換え		システムタイプライタ…1台
伝送方式	方式、形式……………建設省方式	オフライン処理	CPU……………MELCOM 70 (ミニコン)
	河川テレメータ…ボーリング方式		主メモリ……………32 KW
伝送方式	長短符号式	オフライン処理	外部メモリ……………フロッピーディスク
	放流警報……………トーン信号式		解析……………降雨/出水
1河川テレメ	制御種類 8 種	オフライン処理	システムタイプライタ…1台
	総局数……………6 局	オフライン処理	
放流警報局	内、水位……………4 局	オフライン処理	
	雨量……………2 局	オフライン処理	
放流警報局	総局数……………12 局	グラフィック表示盤	形式……………モザイク式
	サイレン……………2.2/3.7/5.5 kW	グラフィック表示盤	表示器……………赤色発光ダイオード
放流警報局	スピーカー……………200W/400W/600W	グラフィック表示盤	4 けた表示/6 けた表示
	擬似音周波数……………400 Hz	グラフィック表示盤	
放流警報局	制御……………順次、一斉、個別放送、サイレン、警報灯	グラフィック表示盤	
	点検……………自動点検	グラフィック表示盤	
取水ゲート・HBV自動制御	CPU……………μP-80(マイコン)	C V C F	停電保証……………30 分
	メモリ……………8 KB	C V C F	容量……………5 kVA
取水ゲート・HBV自動制御	方式……………DDC 方式 (取水とびら, HBV)	予備発電機	停電時自動切換え
	自動制御	予備発電機	自動/手動始動
取水ゲート・HBV自動制御	(1) 取水流量一定制御	予備発電機	容量……………70 kVA
	(2) 取水とびら越流深一定制御	予備発電機	

表3. 中央処理装置の仕様

仕様	モデル名	モデル 25
主	素子	NMOS LSI
	語長	16 ビット+1 パリティ+1 スペアビット
記	サイクルタイム	0.5 μs
	記憶容量	8 K~64 K 語
電	増設単位	8 K/16 K 語
	素子	バイポーラ LSI, ROM など
演	制御方式	マイクロプログラム制御
	演算方式	並列2進法, 2の補数表示, 固定/浮動小数点
命	命令語長	1 語及び2 語
	命令数	70+14 (浮動小数点オプション)
令	乗除算	標準
	ビット、バイト、倍長処理	標準
算	固定小数点	16/32 ビット
	浮動小数点	32/64 ビット
制	論理演算	1/8/16 ビット
	アドレス形式	6 種(直接, 相対, インデックス, 間接及びこれらの組合せ)のほかオートインデックス, イメディエイトあり
御	アキュムレータ	4 個
	ブッシュダウンスタック	最大16 組
御	割込みレベル	内部9, 外部4
	演算速度	
御	加減算	R-R 1.30 μs
	R-S 1.75 μs	
御	乗算	11.25 μs
	除算	13.75 μs
諸機能(標準装備)		
パリティチェック, 不正アドレス検知, スタックオーバーフロー検知, メモリ読出し再試行, メモリマイクロ診断, IPL(紙テープベース), プログラム割込みなど		

4. システム例2. 駅館川農業水利事業用水管理施設

4.1 施設概要

駅館川農業水利事業は大分県宇佐郡の農業地帯に用水を供給するものである。従来この地区は降雨量少, 流域狭小, 地形急しゅんという自然条件のためかん(旱)ばつ, あるいは突発的集中降雨による田畑水没等の災害に悩まされてきた。用水施設はこのような状況を打開するため昭和39年以来建設が進められてきたものであり, 2つの貯水池(日出生ダム, 日指ダム)と4つの用水路(山中部導水路, 宇佐西部幹線, 広瀬幹線, 平田幹線)により地区内水田, 畑地への水供給を安定させるとともに, 集中降雨時の災害防止を図るものである。

施設の概要を図5.に示す。

4.2 管理内容と管理方針

駅館川用水管理の内容は大別すると

(1) 貯水池の放流管理

(2) 各頭首工での取水管理

の2つであり, これらは出水時・平常時・渇水時のおおのの状況に応じ, 下記のような考え方で管理される。

4.2.1 出水時管理

(1) 貯水池: 貯水池(特に日出生ダム)の貯水能力を超えないよう, また下流河川の流下能力を超えないよう, 予備放流を主体とした余水吐ゲート制御により適切な放流を行う。余水吐ゲートの制御は日出生ダムにおいて手動で行われる。

余水吐ゲート放流時には, 河川水位の急激な増加を付近住民に知らせるため放流警報を行う。

なお日指ダムは流域面積が小さく, 水源のほとんどを山中部導水

用水路	山中部導水路	宇佐西部	広瀬	平田
水路延長 (m)	29,566	12,178	12,026	3,272
頭首工ゲート (土砂吐)	1門	1門	1門	1門
" (取水)	1門	1門	1門	2門
最大取水量 (m³/s)	1,746	1,845	2,871	3,355
受益面積 (ha)	1,857.4	1,261.6	1,795.2	1,716.4

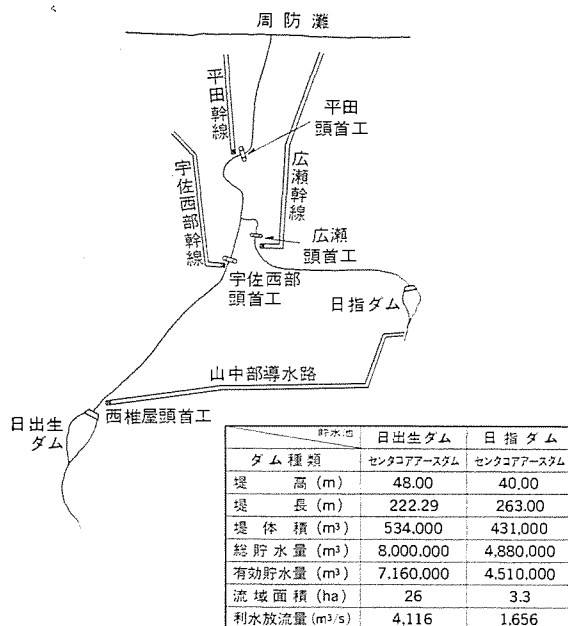


図 5. 施設概要 (駅館川)

路に依存しており、余水吐ゲートのない越流タイプのダムである。

(2) 頭首工：田畑水没防止のため頭首工取水ゲートを全閉する。

4. 2. 2 平常時管理

(1) 貯水池：下流頭首工の維持低水位が維持できなくなった場合、放流によって維持低水位を維持する試行制御を行う。貯水位の高低によって取水節減率を設定しておき、貯水位に応じて頭首工取水開度を小さくし、これを満足するための試行放流を行う。

(2) 頭首工：各頭首工地点ごとに維持低水位を決定し、期別必要取水量と維持低水位から取水ゲート開度を定める。流況が低下し維持低水位が維持できなくなった場合(1)の貯水池放流によって取水を確保する。平常時に起こり得る過大取水は問題にしない。

4. 2. 3 渇水時管理

(1) 貯水池：設定された貯水位ごとの取水節減率に応じ、頭首工取水開度を絞りを、これを満足させるための貯水放流を行う。この取水節減率は貯水池有効最低水位で100%となる。いわば、10年1回の早ばつに対応した貯水池容量を節減率設定によって20年～30年1回の早ばつに対応できるように運用するものである。

(2) 頭首工：貯水池水位に応じて取水開度を絞るものとする。例えば、その時点の取水開度が8なら8×節減率%によって開度を定める。

4. 3 管理項目と局構成

上記管理内容、管理方針に基づき表 4. に示す管理項目、局構成を選定する。

(1) 中央管理所：平野部の四日市に位置し、用水施設全体の管理を行う。

(2) 副管理所：日出生ダムに位置し、出水時の日出生ダム管理を行う。

(3) 水位観測局：ダム流入点、ダム下流、用水路等の水位を観測し、中央管理所又は副管理所へ伝送する。

(4) 雨量観測局：各貯水池流域、用水路流域の雨量を観測し、中

表 4. 管理項目及び局構成 (駅館川)

系 統	局 構 成		管 理 項 目	
	局 名	局 種	監 視	制 御
貯水池	日出生台*	雨量観測局	ダム上流雨量	
	石 飛	水位 "	ダム流入点水位	
	恵 良 川	水位 "	ダム下流水位	
	日出生ダム*	ダム局副管理所	雨量, ダム水位, 放流量, 放流バルブ開度	放流バルブ制御
	下 恵 良	放流警報局		放流警報制御
	三 又*	同 上		同 上
	川 部*	同 上		同 上
	日指ダム系	古 川	水位観測局	ダム流入点水位
		日指ダム	ダム局	雨量, ダム水位, 放流ゲート開度
				放流ゲート制御
用水路	西 椎 屋	頭首工局	頭首工水位, 取水ゲート開度	取水ゲート制御
	平 山	雨量観測局	雨量	
		無線中継局	無線中継装置状態	
	平山水位	水位観測局	用水路水位	
	古 川	同 上	同 上	
	宇佐西部	頭首工局	頭首工水位, 取水ゲート開度	取水ゲート制御
幹線	広 瀬	頭首工局	頭首工水位, 取水ゲート開度	取水ゲート制御
	平 田	頭首工局	頭首工水位, 取水ゲート開度	取水ゲート制御

*印は副管理所においても管理される局を示す

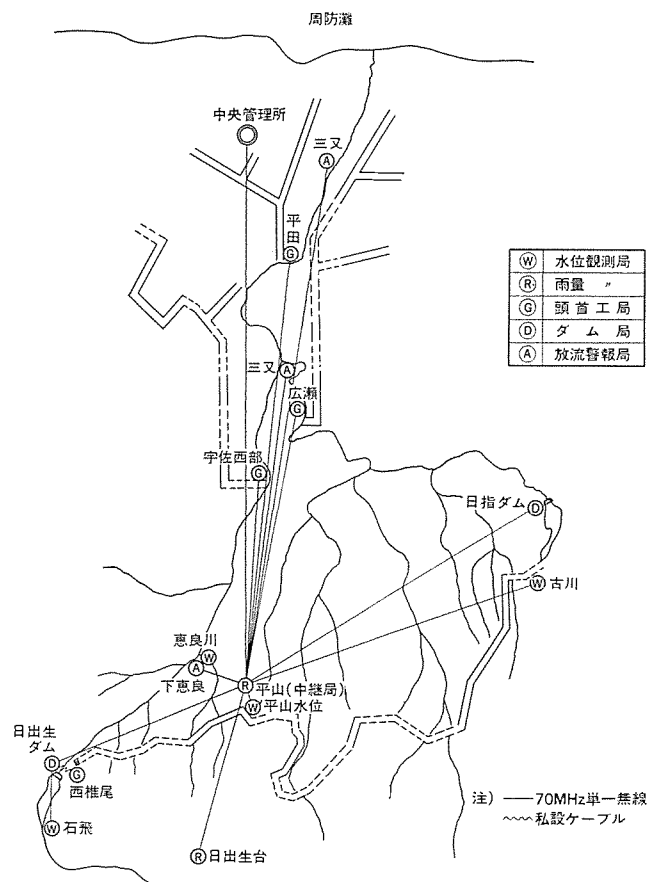


図 6. 回線系統図 (駅館川)

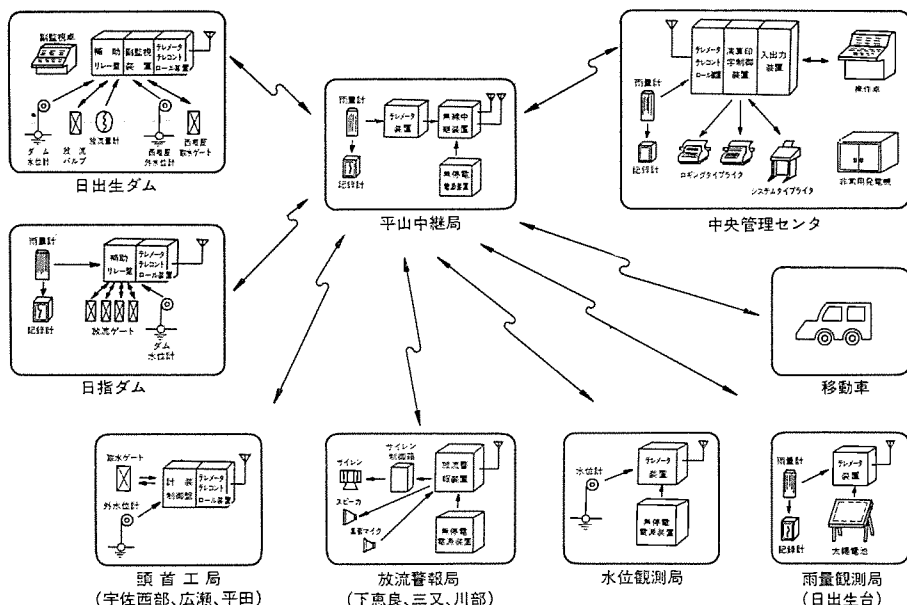
中央管理所又は副管理所へ伝送する。

(5) 頭首工局：頭首工水位、取水ゲート開度を観測して中央管理所へ伝送するとともに、中央管理所から取水ゲート制御指令を受ける。

(6) ダム局：各貯水池の水位・雨量・利水放流量等を観測して中央管理所へ伝送するとともに、中央管理所から利水放流バルブ又はゲートの制御指令を受ける。

(7) 放流警報局：日出生ダム余水吐ゲート放流時に、中央管理所又は副管理所からの指令によりサイレン又はスピーカーを吹鳴し、流域住民に警報を発する。

(8) 移動車：無線電話装置を装備し、中央管理所又は副管理所と無線で連絡を行い、巡視、日出生ダム余水吐ゲート放流時の警報等を行う。



4. 4 情報伝送

管理を行うに必要な情報の伝送路と伝送方式は下記のように選定した。

4. 4. 1 伝送路

管理対象区域は東西約20km、南北約25kmと広域にわたるうえ、南部は急しゅんな山岳地帯になっており、またシステムの目的上豪雨等災害時にも十分機能を果たす必要があるため、伝送路として70MHz無線回線を採用した。回線系統を図6.に示す。

4. 4. 2 伝送方式

このシステムが管理する対象は、秒を争う程の速応性は要求されないため、1:N選局呼出し方式を採用した。

4. 5 情報処理

中央管理所では下記の処理を行い、操作員の負担を軽減させるとともに、管理データの蓄積を図っている。

(1) 演算処理

- (a) 水位→流量換算
- (b) 水位→貯水量換算
- (c) 必要取水量、水位→必要開度換算

(2) 監視処理

- (a) 水位、流量上限、下限監視

(3) 操作指針

- (a) ゲート又はバルブ開度操作指針

(4) 日集計

- (a) 1日当たりの水位の最大値、最小値、平均値算出
- (b) " 流量の " " " 積算値算出
- (c) " 雨量の積算値算出

(5) 印字

- (a) 時報印字 (毎正時の印字)
- (b) 日報印字 (日集計結果の印字)
- (c) 故障及び異常発生時の印字

機器名	仕 様	機器名	仕 様	機器名	仕 様
テレメータ装置	MELTEC-8 方 式 ボーリング方式 呼 出 信 号 トーン信号 テレメータ信号 NRZ等長符号 テレコン信号 NRZ等長符号	演算印字制御装置	演 算 部 MELECOM 70-20 主メモリ 16kW ロギングタイプライタ 2台 システムタイプライタ 1台(M271)	副 監 視 卓	卓 上 形 計 測 値 表 示 (数字表示) 状 態 表 示 (ランプ) テレメータ制御 放 流 警 報 制 御
放 流 警 報 装 置	MELTEC-8 制御方式 個別、順次 制御信号 トーン信号 確認信号 可聴音及びFS信号	操 作 卓	コントロールデスク形 計 測 値 表 示 (数字表示) 状 態 表 示 (ランプ) テレメータ制御 放 流 警 報 装 置 ゲ ー ト 制 御	非 常 用 発 電 機	PG-10C 出力 AC100V単相 容量 10kVA 停電時自動切換

図 7. 構成機器 (駅館川)

4. 6 構成機器及び機器仕様

このシステムを構成する機器及び概略仕様を図7.に示す。

5. む す び

以上農業用水集中管理システム導入の経緯と、その実施例として東海農政局羽布ダム水管理改善施設及び九州農政局駅館川用水管理施設について大要を述べた。

農業用水への集中管理システムの導入は、まだ実施例が比較的小さいが、今後は急速に増加するものと思われる。

管理対象施設としてダム、河川、用水路 (開きょ (渠)、低圧管路、高圧管路)、ポンプ場、ファームポンド等が混在し、複雑な系を構成するが、今後も経験の積重ねにより更によいシステムへと発展させてゆきたい。

終わりに当たり、上記2システムの設計・施工にご指導いただいた、東海農政局矢作第二農業水利事業所、九州農政局駅館川農業水利事業所その他関係各位に深く感謝する次第である。

参 考 文 献

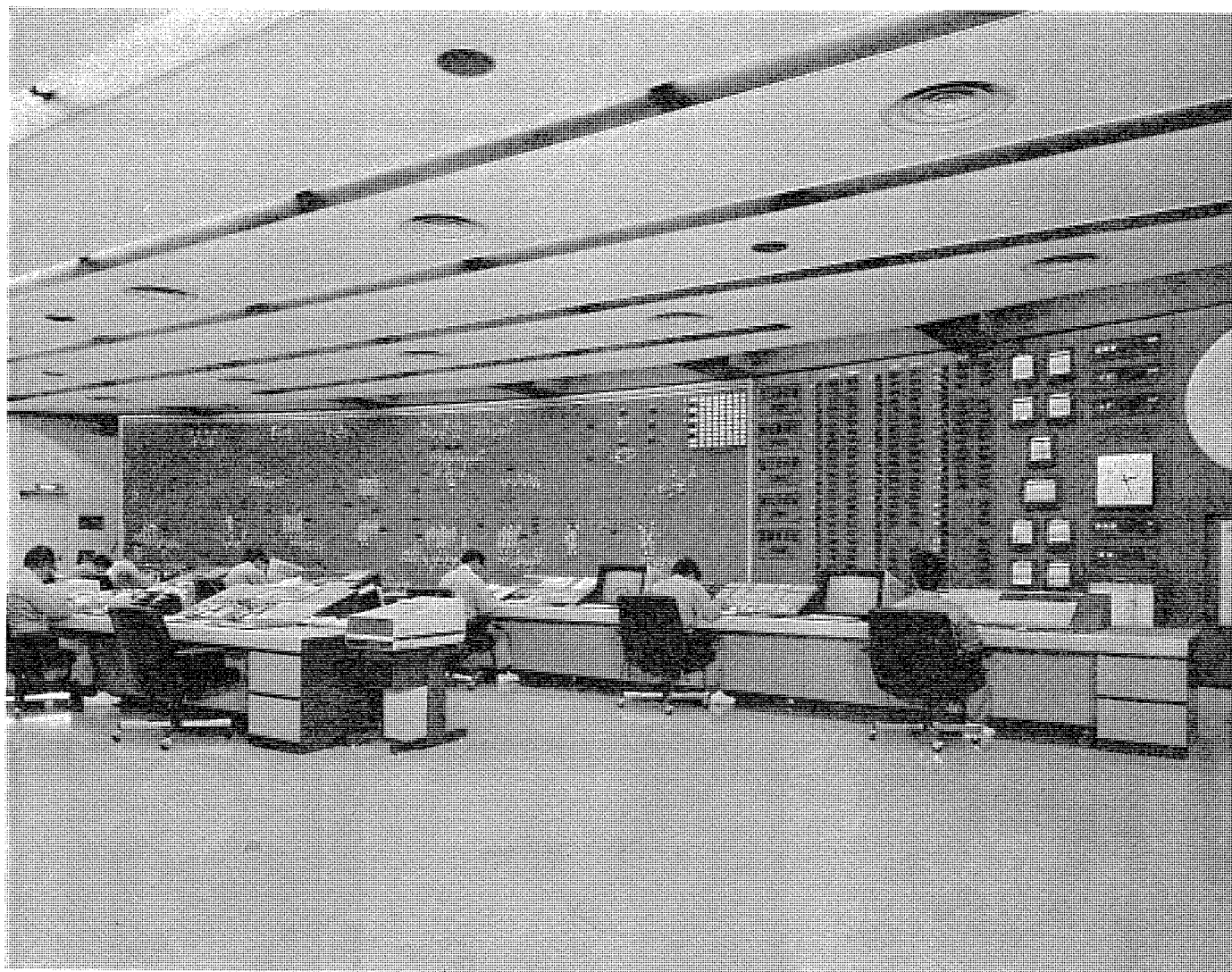
- (1) 柳沢ほか：三菱電機技報，49，No. 6 (昭50)

関西電力(株)納め 中央給電指令所、給電指令台システム

関西電力(株)では、昭和53年6月に関西電力別館が完成。この別館は、従来本館に置かれていた中央給電指令所、中央通信所などを一括収容する専用ビルです。

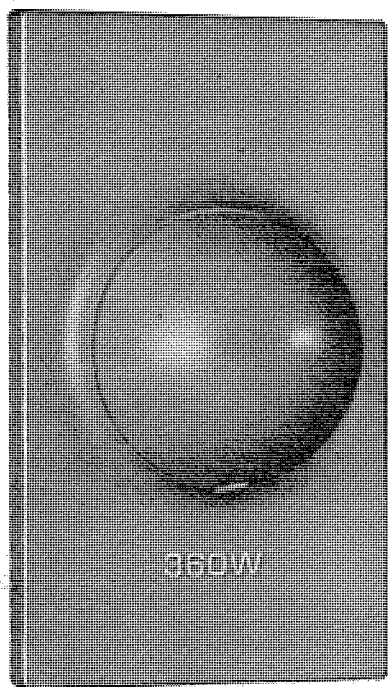
三菱電機では、中央給電指令所の給電指令台システム他を受注し、人間工学に基づくデザインを取り入れた、人間性豊かな給電指令台システムを完成し、電力の安定供給と合理的な運用に貢献しています。

この給電指令台システムは、給電指令電話、一斉指令電話などによる給電指令業務、自動給電システム(ELD)の運用、運転基準値指令制御装置の運用、自動交換機を利用した給電情報サービス、気象観測装置の運用、系統監視盤、各種計器盤の操作など、中央給電指令所の業務を円滑に行うためのシステムです。



関西電力(株)中央給電指令所、給電指令台システム

スポットライト 三菱白熱灯用小形調光器



- DLM-1004B-W
 - DLM-1004B-LB
 - DLM-1004B-BR
- 価格 2,600円

三菱電機では白熱灯用小形調光器シリーズに新たに、一般家庭、小店舗向きの360W用を開発、53年9月より発売いたしました。シンプルなデザインと3色揃ったカラーで、どのような部屋、店舗にもマッチします。

■特長

- 従来の小形調光器のイメージを脱皮した、シンプルなデザインです。
- 壁埋込み1個用ボックスに収納でき、既設のタンブラスイッチと簡単に取り替えられます。
- 電線との接続は速結端子を採用しましたので取付工事が簡単です。
- 価格2,600円と低価格です。

■用途

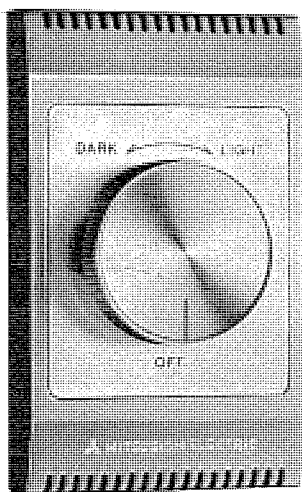
一般家庭の応接間、居間、寝室、子供部屋、および、喫茶店などの小店舗の調光照明。

■仕様

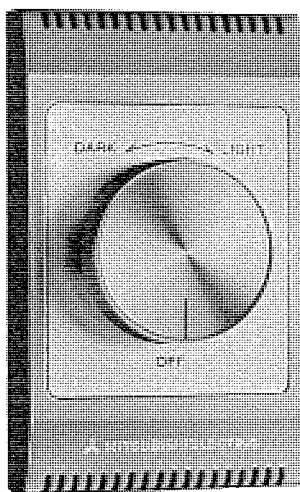
- 100V 50/60Hz
- 白熱灯 360Wまで
- 色：ホワイト、ブラウン、ライトブラウン。

■既発売小形調光器

100V 500Wまで



DLM-1005C
価格 4,600円



DLM-1005C-BR
価格 4,600円

100V 1,500Wまで



DLM-1015C
価格 41,000円

スポットライト

三菱3灯用水銀灯安定器

三菱電機ではLLCBシステムの第2弾として、水銀ランプを多数点灯するときのランプ・安定器の取付・配線工事の省力化および安定器の取付(収納)スペースの縮小が可能な3灯用水銀灯安定器を発売いたしました。

■特長

●安定器の取付工事が省力化できます。

従来、ほとんどの場合水銀ランプ1灯に対し1台の安定器を使用していましたが、三灯用安定器は1台で3灯のランプを点灯できますので、取付工事が省えます。

●配線工事の省力化ができます。

3灯点灯の場合、従来は安定器と水銀ランプの間に6本の配線と電源側の並列配線が必要でしたが、三灯用安定器は安定器とランプ間が3本、ランプの共通線1本と安定器より1本とが電源となりますので、配線、接続工事の省力化および配線材料の節減ができます。

●安定器の取付(収納)場所が縮小されます

従来、3灯点灯には3台の安定器を使用し、取付けには放熱を良くするため各安定器間を100mm以上とる必要がありましたが、3灯用安定器は1台の安定器ですむので、安定器間隔をとる必要がなく取付(収納)スペースが大幅に縮小されます。

●設備費用が節減できます。

水銀ランプを一般形安定器で点灯するとき、始動時の入力電流は安定時の約1.8倍になります。分岐回路の設計はこの大きい始動時の電流値を基準として行いますので、安定時には電流が設計値の60%程度になり、使用電線・機器などに余裕のありすぎる、無駄の多い設計となっていました。3灯用安定器は始動時の入力電流が安定時入力電流1.2倍以下ですので、分岐回路の容量も一般安定器使用時の67%程度となり、使用電線・機器などの設備経費が節減できます。また、水銀ランプ安定後も設計時の85%程度と無駄の少ない経済的な分岐回路設計が可能となります。

●高力率形です。

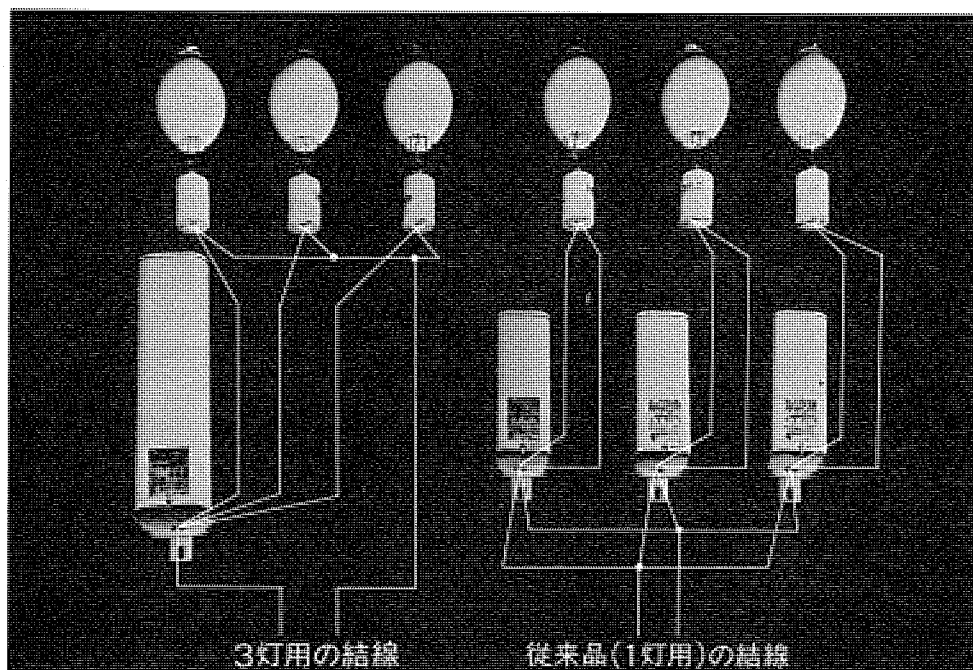
■用途

- 広場・構内・駐車場など1基のポールに多数点灯する場所
- 体育館のように安定器を収納ボックスに取付け使用する場所
- 工場などで安定器とランプの距離を離して使用する場所

なお、安定器とランプを近接して設備する場合には1灯用安定器を使用し、分岐回路設計上の組み合わせによる三菱LLCBシステムで、3灯用安定器と同等の特性を与えることができます。

■種類および仕様

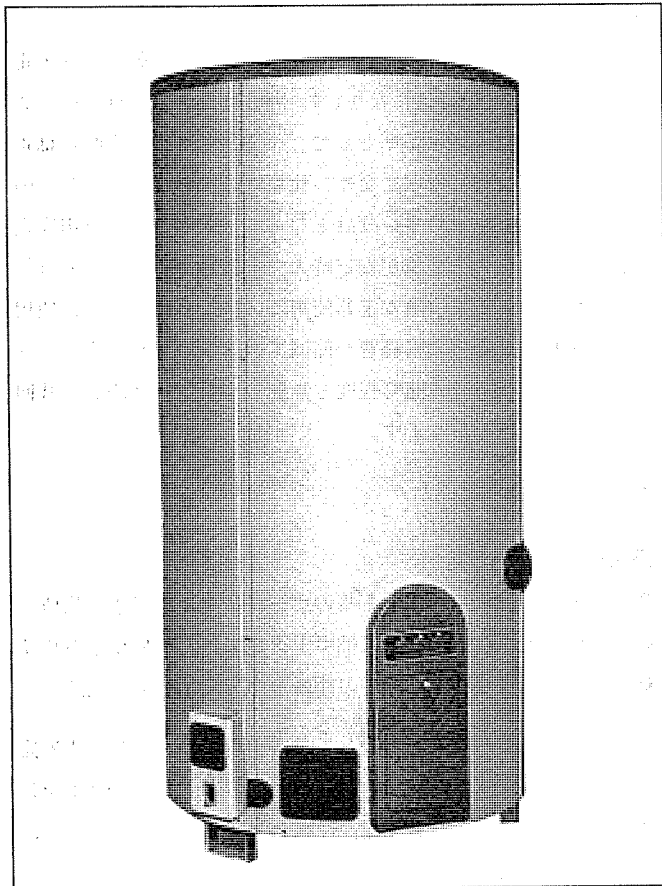
形名	使用するランプの大きさ(W)	定格電圧(V)	力率	入力電流(A)		重量(kg)
				始動時	安定時	
LLCB-200A	200	200	高	4.2	3.6	12.0
LLCB-250A	250	200	高	5.1	4.5	12.0
LLCB-300A	300	200	高	6.3	5.3	12.5
LLCB-400A	400	200	高	8.0	7.0	14.0



3灯用の結線

従来品(1灯用)の結線

三菱FF式石油ガス化給湯機



今や給湯設備は豊かな住宅生活環境に欠かせないものとなり、最近の給湯機の伸びは目覚ましいものがあります。とくに石油方式のものは、その安い維持費のために主流となっております。

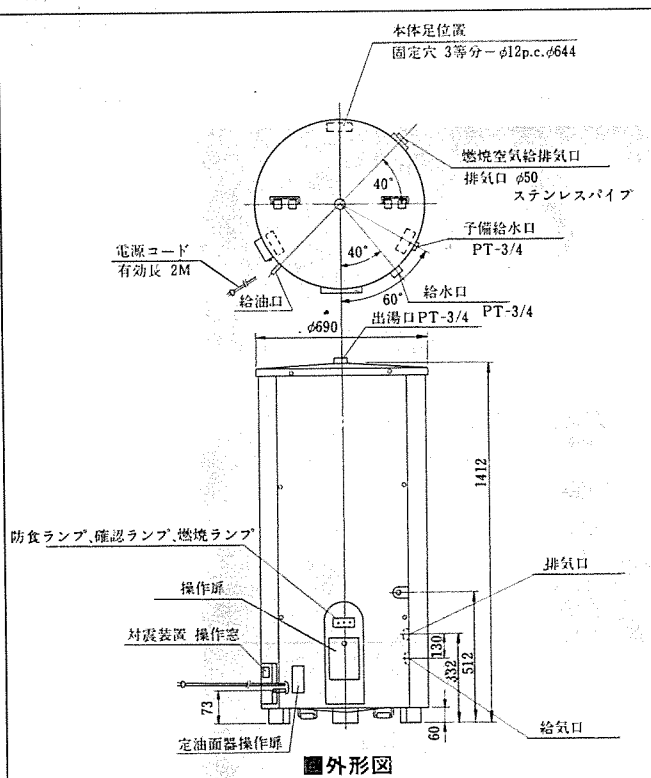
三菱電機が新しく開発した「FF式石油ガス化給湯機」はこの市場欲求に応え、当社の誇るFF式温風暖房機《クリーンヒーター》の燃焼技術を応用して製品化したもので、従来のガンタイプバーナーに比べて、低騒音である、高燃焼効率のため維持費が安い、給排気工事が簡単などの特長をもつ、使い易い給湯機です。

■特長

- 貯湯式で、その保温性が良く熱損失が少ない。
- 小流量から大流量まで、温度ムラのない一定温度の湯が得られる
- 湯温サーモによる自動運転で、湯切れの心配がない。
- 熱効率約85%と高く、省エネルギータイプ
- 運転音、35ホン。室内設置でも気にならない低騒音設計。
- 灯油をガス化して完全燃焼させるので、スス、タールの発生がほとんどない。
- フェイルセーフシステムと安全回路の採用で高い安全性
- 直径6.5cmの穴を壁にあげるだけ、面倒な煙突工事がいらないFF式構造。

■CB-200形仕様表

能力	貯湯量(ℓ)	200
	灯油消費量(ℓ/h)	0.728
	給湯能力(kcal/h)	5,100
	暖房効率(%)	85
電気特性	沸上り時間15℃→85℃	2時間45分
	電源	AC 100V
	消費電力(W)	点火時 550
	燃焼時ヒーターON 578/582(50/60Hz)	ヒーターOFF 28/32(50/60Hz)
缶体構造	缶体容量(ℓ)	200
	缶内面仕上	グラスライニング処理
	缶体防食	外部電源防食法
	伝熱面積(㎡)	0.32
	配管接続径(A)	20(3/4B)
	最高使用圧力(Kgf/cm ²)	1.0
安全装置および機能部品	缶体試験圧力(Kgf/cm ²)	17.5
	バーナー形式	石油ガス化スリットバーナー
	湯温調節	ディスク形サーモスタット
	過熱防止(湯温)	85℃ OFF
	燃焼器過熱防止	95℃ OFF手動復帰形
	燃焼異常過熱防止	95℃ OFF手動復帰形
	火災検知	温度ヒューズ
	点火安全装置	フレイムロッド+IC回路
	停電時安全装置	風圧スイッチ
	対震自動消火装置	停電時燃料遮断式
付属品	燃焼用送風機	落球式燃料遮断形 100~170 Ga ₂ 動作
	給油装置	2段ターボファン 2極コンデンサモーター
	重量(kg)	電磁ポンプ+オイルレベラー
	大きさ(mm)	100(製品重量)
給排気筒壁貫通部穴径(mm)	高さ(mm)	φ690 高さ1412
	給排気筒トップ式	給油エルボ1個
	ジョイントパイプ1個	配管固定金具1個
	アース棒1個	排気筒固定金具1個
	排気エルボ1個	給排気筒(1M)1個



■外形図

登録番号	名 称	発 明 者	登録番号	名 称	発 明 者
832876	電力制御装置	{ 遠藤吉隆・富山勝己 高梨靖士	832914	モータ駆動電源装置	{ 萩原史朗・森川鉄也 岸本 健
832877	集中制御方式	武田克己	832915	無整流子電動機の転流装置	{ 宇野克己・大屋英雄 福村憲一郎
832878	集中制御用受信機	武田克己	832916	半導体装置組立用 リードフレーム	西村征治・森田 豊
532879	表示装置	佐竹正章・田中利二	832917	シャフトエンコーダを用いる圧下位置制御装置の較正方法	佐々木武男・今道周雄
832880	電子機器筐体	岡本勝義・田中稔男	832918	蛍光体膜を有する水銀放電ランプ	{ 朝長 朗・末安高幸 小峰義治
832881	測距 システム	小林信二・太田堯久	832919	タイマー付電動インパクトレンチ	秋吉俊男
832882	回転速度検出装置	才田敏和	832920	防虫用蛍光ランプ	大田重吉
832883	走査装置	戸村光一・吉沢達夫	832921	印刷配線板保護用合成樹脂組成物	児玉峯一
832884	送信管の保護回路装置	増野芳樹	832922	印刷配線板保護用合成樹脂組成物	児玉峯一
832885	計器用変成器のヒューズ断線検出方式	稲垣宏明	832923	かんがい制御装置	坂田保男
832886	アナログ積商回路	高田信治	832924	樹脂組成物の硬化方法	農守熊太郎
832887	液体燃料燃焼方式	{ 田畑則一・伊藤利朗 野間口有	832925	管球内面に導電性被膜を有するけい光ランプ	{ 土井貞春・安西良矩 坂山幸平
832888	半導体装置	藤川恭一郎・高宮三郎	832926	蛍光ランプなどのガラス管処理装置	白木正之
832889	リニアモータ列車の電源制御装置	尾畑喜行	832927	円筒形オープン発生装置	林 行 蔵
832890	リニアモータ列車の電源制御装置	尾畑喜行	833001	蓄冷熱装置	{ 成田勝彦・池内正毅 大串哲朗
832891	細線接合装置	{ 山本 勇・小倉正久 山崎雅敏	833106	インバータ装置	赤松昌彦
832892	電気車制御方式	芦谷正裕	833107	インバータ装置	赤松昌彦
832893	電気車制御方式	芦谷正裕	833566	電力制御装置	赤松昌彦
832894	電気車制御方式	芦谷正裕	833773	直流間変換装置	赤松昌彦
832895	目標追尾方式	{ 石井康一・山田洪平 迎雅宏	833775	位相比較継電装置	鈴木健治
832896	目標追尾方式	{ 山田洪平・石井康一 迎雅宏	833776	同期信号再生方式	平沢茂一
832897	直流電動機制御用保護回路	田原 武・寺田節夫	833777	情報収集分配方式	斉藤忠夫
832898	電気車制御方式	芦谷正裕	833778	真空スイッチ	{ 秋葉稔光・高倉康一 上田孝寿・磯貝文彦
832899	電気車制御装置	北岡 隆・芦谷正裕	833779	距離測定装置	{ 中沢斉彦・中村泰而 北原照義・羽深嘉郎
832900	移動目標表示方式	{ 山内信治・柴田信之 森本克英	833780	距離測定装置	{ 中沢斉彦・斉藤光夫 北原照義・羽深嘉郎
832901	移動目標検出方式	赤木治生	833781	距離測定装置	{ 中沢斉彦・斉藤光夫 北原照義・羽深嘉郎
832902	レーダ方式	岩部 昭・津藤正信	833782	帯域増幅器	{ 大西良一・岩田修司 立木武彦
832903	線形粒子加速装置	上富 勇	833783	掃引制御装置	中村信弘
832904	測距用 トランスポンダ 中継装置	斎藤幸夫	833784	変圧器保護継電方式	天野 恒
832905	レーダ方式	{ 近藤輝夫・岩部 昭 津藤正信	833785	接触子の製作法	本田真也・稲村 実
832906	偏向装置用増幅回路	坂井孝之・網脇英哲	833786	力供給往復ポンプ	{ 藤原弘之・平野一郎 太田和年
832907	信号検出装置	{ 橋本直樹・平山元哉 木島 武	833787	スラグ除去装置	{ 加藤弘之・名和章好 堀部 透
832908	タイムスイッチ	林 正之・新川成美			
832909	タイムスイッチ	林 正之・新川成美			
832910	カテーテル型半導体放射線検出器	浜 正治			
832911	電気接続体の通電加工方法	斎藤長男・高岡明雄			
832912	放射線測定装置	塩田 勝			
832913	中心周波数可変帯域濾器を用いた広帯域発振器	橋口進一			

登録番号	名 称	発 明 者	登録番号	名 称	発 明 者
834073	半導体装置の製造方法	土佐雅宣・西海 宏	837063	レーザアンテナ方式	渡 部 優・篠原英男
834076	変位測定装置	白岩俊男・小林純夫 吉 山 裕 二・立川清兵衛 小 畑 哲 男	837064	半導体 P-N 接合 レーザ ダイオード 共振器の製造方法	須 崎 渉・十河敏雄
834877	真空遮断器	伊吹恒二・信崎泰秀	837065	自動車用内燃機関の潤滑油量確 認装置	坂本敏之
834878	電力制御装置	赤松昌彦	837066	自動映像補正回路	鈴木莊一郎
834879	直流高電圧 ケーブルの端末装置	上田和宏・広 三寿	837067	エレベータの信号伝達装置	石川理一
834880	電界緩和塗料組成物	草川英昭・橋本 修 高橋健造	837068	エレベータ 速度制御方式	宮 城 晃・渡辺英紀
834881	集積回路用 コンデンサの製造方法	八原俊彦	837069	遠方監視制御装置	中 島 正
834882	電力系統の潮流変化率検出装置	寺 田 真・仁科重雄	837070	制御格子付限流装置	宮本紀男・和田 勇一 浜野末信
834883	電場測定装置	渋谷義一・渡 部 優	837071	発光 ダイオードの故障検出装置	青木正夫
834884	電場測定装置	渋谷義一・渡 部 優	837072	パルス 列発生回路	森中明善
834885	電場測定装置	渋谷義一・渡 部 優	837073	回転速度検出装置	稲荷隆彦・高嶋和夫
834886	電場測定装置	渋谷義一・渡 部 優	837074	張力制御装置	柏原正信
834887	電場測定装置	渋谷義一・渡 部 優	837075	集中制御用受信機	武田克己・三好明好 小林照明
834888	巻線機の制御装置	中 畑 稔	837076	所定成分導出装置	高田信治
835649	半導体装置の製造方法	海老原雄二	837077	点火時期調整装置	大西正義
835650	電解加工装置	久慈陽一・弘中一光 丸 山 寿 一	837078	線材位置検出装置	村西有三
837061	負荷時 タップ 切換装置	松 本 進	837079	移動磁性物体の圧下率測定装置	村西有三
837062	半導体制御整流器の点弧装置	光 岡 宏			

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 52 No. 11 研究・マイコン応用家電機器特集

特集論文

- 6 MVA 超電導発電機の試作研究
- 回転機用新ブリプレグ絶縁
- 自動ゴースト除去回路
- トランスバース ジャンクション ストライプ形レーザ ダイオード
- LiNbO₃ を基板とした光集積回路
- DSA MOS マスタースライス LSI
- 大形計算機を利用した汎用マイクロ プログラム サポート システム

●M58840 P 用デバックマシン

●マイコン内蔵電子レンジ

●TV 用プログラマブルタイマーへのマイコン応用

●ルームエアコンへのマイコン応用

●石油温風暖房機《クリーンヒーター》へのマイコン応用

普通論文

●ダム河川管理用テレメータ放流警報装置

●《MELSYS》による学内事務処理システム

●基板コンピュータ 《MELCS》 8/2 の自動製造装置への応用

三菱電機技報編集委員

委員長	榎本俊弥	常任委員	久保田伸夫
副委員長	浦徳太郎	“	平林庄司
“	後藤正之	委 員	遠藤裕男
常任委員	佐々木二郎	“	村上卓弥
“	荒川信雄	“	神谷友清
“	葛野信一	“	橋 爪 基
“	武藤 正	“	吉田 太郎
“	奈川敏雄	“	土井貞春
“	瀬原田三郎	“	貴志清志
“	高橋広光	“	小野勝啓
“	忍足 博	幹 事	本間吉夫
“	武田克己	“	足立健郎
“	清田 浩	10号特集担当	山 崎 肇
“	福家 章		

三菱電機技報 52 巻 10 号

(無断転載を禁ず) 昭和53年10月22日 印刷
昭和53年10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
「三菱電機技報社」Tel. (03) 243 局 1785
発 売 元 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 (〒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)

静岡・田中屋伊勢丹(静岡市)



このデパートは静岡市の中心街呉服町の一角に建設された、地上8階、地下1階、延べ面積約34,000㎡のデパートである。デパート照明の中心である1階の照明は、FLR40S×8灯の天井埋込み下面特殊ルーバー付きの空調形器具をメインに、売場間通路には、60Wシルバーボール電球1灯用、内面クロームメッキ屋根形反射板付きのダウンライトを整列配置し、間接照明の効果を出し、明るくしかも落ち着いた高級ムードをつくり出している。照度は1,000～1,600lx。

首都高速道路 横羽線(横浜市)



首都高速道路、横羽線が横浜市の中心街まで延長された。照明は、HP-323形ハイウエイ灯器具(建設省KC-4形、ランプはHF400×W) 計156台を路面上10mの高さのテーパーポールに取付け、また国鉄横浜駅付近の2重高架下には、じか付け形器具(ランプはHF200×W) 29台が取付けられ全線照明されている。設計照度は20～25lx(高架下は15～20lx)

長岡市役所(新潟県)



長岡市ではこれまで分散していた庁舎を統合して、堂々たる新庁舎を建設した。写真は市長室で照明は、FLR40S×20灯用の大形天井埋込み下面アルミルーバー付き器具が市長執務机上と、応接セット上に各1台ずつと、部屋の周辺部に60Wボール電球半埋込形ダウンライトが15台配置されている。照度はけい光灯具直下で2,000lx。なお、市庁舎の玄関ホール、事務室、会議室、市議会議場、応接室など、それぞれ用途に応じた照明器具が多数納入されている。

日岡球場(大分市)



大分市が市民の体力増強、余暇の有効利用を目的につくった市民球場である。グラウンドは150m×75mあり、軟式野球場が2面取れる広さがある。照明は、地上高14mのコンクリート柱照明塔4基と、同20mのもの2基に計156台の投光器を搭載した。光源は高効率を誇る高圧ナトリウムランプ(700W)と水銀ランプ(1,000W)を光速比50:50の割合で使用し、また経済的な回路設計ができる「LLCBシステム」を使用して、省電力、省資源が図られている。照度は内野502lx、外野292lx。

函館駅前通り商店街アーケード(北海道)



函館駅前大通りに面した駅前商店街に雨の日も楽しく買物ができるようにアーケードがつくられた。この照明は、FLR40S×6灯用の天井埋込み下面アールルーバー付き器具が約4m間隔で取付けられ、その中間に60Wボール電球が2灯ずつ取付けられている。アーケード照明は一般にキラビヤカさを売物にしたものが多いが、この照明は歩道上の照明を重点にして、各店舗の個性を生かした照明が特長である。照度は350～400lx。

新宮町役場(福岡県)



新宮町役場ではますます複雑多様化する地方行政に対処するため、新庁舎を建設した。玄関ホール・一般事務室・会議室および町議会場の照明には、高層ビルの照明で工期の短縮、省力化など大きなメリットが認められているシステム天井方式がとられた。写真は町議会場で、システム天井用器具(FLR110H×2灯用下面乳白アクリルカバー付き)を使用し、議長席後方には電球用ダウンライト、同側方にはBOCランプ用ダウンライトを配し、単調になりがちな天井面に変化をつけている。照度は800～1,100lx。