

未来を開発する  
三菱電機

昭和37年9月15日第三種郵便物認可 三菱電機技報 50卷11号(通卷546号)昭和51年11月25日発行(毎月1回25日発行)

# MITSUBISHI DENKI GIHO

# 三菱電機技報

Vol.50 No.11

照明特集

11  
1976



BOCランプによる網走市総合体育館の照明

# 三菱電機技報

Vol. 50 No. 11 NOVEMBER 1976

## 照明特集

### 目次

#### 特集論文

新しい三菱けい光ランプ——「デラックス白色」及び「白熱色」——	村上勝男・大谷光興・安西良矩・伊藤 弘・栗津健三	573
新しい三菱けい光水銀ランプ——「ニューデラックスホワイト」及び「ニューデラックスソフト」——	村上勝男・大谷光興・尾崎彰紀・伊藤 弘・栗津健三	577
新しいメタルハライドランプ(ML形BOCランプ)——安定器の小形化を可能にした新設計のランプ——	土橋理博・馬場景一・山本広二・若林正雄・伊吹順章	581
水冷式照明システムの熱除去効果	山下紀夫・齊藤英二・大貫一志	585
黒板照明器具	石井重行・武田輝明	589
三菱カラーシャードー照明システム——カラフルな美しい色彩をつくりだす新しい照明方法——	土橋理博・齊藤正人・山下真理・桂 秀年・前山紘一郎	593

#### 普通論文

サファイア管を用いた高効率高圧ナトリウムランプ	大谷勝也・河原一雄・田中紀彦・伊吹順章	603
2,000kV光分圧器	渡辺次男・片岡 保・岸 章夫・川島 武	608
東京電力(株)袖ヶ浦発電所納め三相1,100MVA 525kV変圧器	但馬常夫・片岡 保・博多哲郎・徳増 治	613
ホテル冷蔵庫システム	高橋克己・高田弘明・西郷 勝・坂本泰堂	617

## FEATURING ILLUMINATION

### CONTENTS

#### FEATURED PAPERS

Two New Fluorescent Lamps	Katsuo Murakami et al.	573
Two New High-Pressure Mercury Lamps	Katsuo Murakami et al.	577
New ML BOC Metal-Halide Lamps	Michihiro Tsuchihashi et al.	581
The Effectiveness of Heat Extraction in Water-Cooled Lighting Systems	Norio Yamashita et al.	585
Two New Fixtures for Blackboard Lighting	Shigeyuki Ishii & Teruaki Takeda	589
A Color-Shadow Lighting System	Michihiro Tsuchihashi et al.	593

#### GENERAL PAPERS

High-Efficacy High-Pressure Sodium Lamps with Sapphire Arc-Tube Envelopes	Kasuya Otani et al.	603
A 2000kV Optoelectronic Voltage Divider	Tsugio Watanabe et al.	608
A Three-Phase 1100MVA, 525kV Transformer for Tokyo Electric Power's Sodegaura Power Station	Tsuneo Tajima et al.	613
Auto-Service Refrigerator-Information Systems for Hotel Use	Katsuki Takahashi et al.	617

### 表紙

#### BOCランプによる網走市総合体育館の照明

網走市では運動公園計画のもとに、すでに野球場、陸上競技場、テニスコート、洋弓場などをつくってきただが、昭和51年7月にこれらの施設に加えて北海道屈指の総合体育館が完成した。

この体育館の第1体育室の照明には、高効率・高演色性のメタルハライドランプ“BOCランプ”400Wを270灯使用し、自然光に近い光色が快適なふんい気をかもし出している。明るさもアリーナ中央部分の床面初期実測平均照度で1,753lxという高照度を得ている。

### COVER

#### Lighting the Abashiri City Multipurpose Gymnasium

In the past few years Abashiri City has constructed baseball grounds, athletics grounds, tennis courts and archery ranges and, in July 1976, it completed a multipurpose gymnasium that is probably the best of its kind in Hokkaido.

The main athletics hall of this gymnasium uses 270 high-efficiency, high-color-rendition 400W Mitsubishi BOC metal-halide lamps. The lighting is very close to natural light and creates an extremely pleasant atmosphere. Measured at floor level, the initial-use illumination average is a very high 1753 lux.

## アブストラクト

### 新しい三菱けい光ランプ—「デラックス白色」及び「白熱色」—

村上勝男・大谷光興・安西良矩・伊藤 弘・栗津健三

三菱電機技報 Vol.50・No.11・P573~576

従来の演色性改善形けい光ランプ(DL形)とほぼ同等の演色性を有して( $R_a: 82$ )、効率を約20%近く高めた(100時間点灯後 $69.1\text{lm/W}$ )「デラックス白色」けい光ランプを開発製品化した。また、白熱電球に代わる省電力形光源として白熱電球に近似の光色を有する「白熱色」けい光ランプを開発製品化した。

ここでは、以上2種類の新しいけい光ランプについて報告する。

### 新しい三菱けい光水銀ランプ\*

—「ニューデラックスホワイト」及び「ニューデラックスソフト」—

村上勝男・大谷光興・尾崎彰紀・伊藤 弘・栗津健三

三菱電機技報 Vol.50・No.11・P577~580

新しい2種類の演色性改善形けい光水銀ランプ「ニューデラックスホワイト」、「ニューデラックスソフト」を開発製品化した。前者は、新しく実用化された青緑色けい光体を適用して演色性を改善し、色温度を $4,100^{\circ}\text{K}$ としたもので、屋内外の幅広い領域で使用できるものである。後者は、演色性を改善するとともに色温度を $3,300^{\circ}\text{K}$ と低くしたもので、暖かみのある落ちついたふんい気が演出できるものである。この報告は、これらのランプの諸特性と、その演色性改善方法について述べたものである。

### 新しいメタルハライドランプ(ML形BOCランプ)

—安定器の小形化を可能にした新設計のランプ—

土橋理博・馬場景一・山本広二・若林正雄・伊吹順章

三菱電機技報 Vol.50・No.11・P581~584

メタルハライドランプでは、始動、立ち消えの問題から2次電圧の高い安定器を使わなければならず、高圧水銀ランプ用安定器に比べ大形で、重くかつ高価であるという欠点があった。

しかし、高効率高演色性のメタルハライドランプ(当社BOCランプ)を、2次電圧 $200\text{V}$ で点灯可能にすることにより、従来の昇圧トランジistor、チョークと始動用スタータを内蔵した安定器から昇圧トランジistorを除き、スタータ内蔵シングルチョーク形安定器で点灯できる新しいメタルハライドランプ(ML形BOCランプ)を開発し、安定器の小形・軽量化(約半分)に成功した。

### 水冷式照明システムの熱除去効果

山下紀夫・斎藤英二・大貫一志

三菱電機技報 Vol.50・No.11・P585~588

空調負荷を軽減し、照明器具の効率向上、寿命の延長などの効果から空調と照明を結合したシステムが開発され、空冷式照明システムがあちこちで利用されている。この効果を更に向かせるために、水冷式照明システムを開発した。これらの照明器具は天板に水路を形成し $3\text{l/min}$ 程度の流量で照明発熱を水により除去するシステムである。この水冷式照明器具を、当社商品研究所内のベターリビングセンターに設置し、クーリングタワーにより照明熱を除去する運転を行った。これら水冷式照明器具の特性とともに実装システムの特性について述べる。

### 黒板照明器具

石井重行・武田輝明

三菱電機技報 Vol.50・No.11・P589~592

学校照明において、本来的に視作業が目的とされる黒板の照明は、質・量とともに最も重視されるべきものであるが、現状はこれに適した照明器具が用意されていない。

今回、黒板照明の実情を調査し、黒板照明の要件を再確認し、これに基いて新形式の黒板照明器具を2機種開発したので紹介する。

### 三菱カラーシャードー照明システム

—カラフルな美しい色彩をつくりだす新しい照明方法—

土橋理博・斎藤正人・山ノ下真理・桂 秀年・前山絢一郎

三菱電機技報 Vol.50・No.11・P593~599

影をつくるない照明から、影を積極的に利用する照明へと、発想を転換することから生まれた、三菱カラーシャードー照明システムは、光の加法混色の原理を応用して、カラフルで美しく、幻想的な色彩をつくりだす全く新しい照明方法である。新しく開発された、カラーシャードー専用の照明装置とソフトウェアは光の機能性だけを追求していた従来の照明手法に、光のもう一つの世界を切り開いて追加し、光による新しい美的な世界をつくりだすことにつき成功した。

### サファイア管を用いた高効率高圧ナトリウムランプ\*

大谷勝也・河原一雄・田中紀彦・伊吹順章

三菱電機技報 Vol.50・No.11・P603~607

単結晶アルミナ(SCA) —サファイア—を発光管材料として使用した高圧ナトリウムランプの封着技術、設計上の問題点を検討した。SCA封着用封着剤としてM-S9130ガラスを開発し、耐熱性、耐ナトリウム性、等に良好な結果が得られ、更に400Wランプで $125\text{lm/W}$ 以上の高効率が得られた。また、多結晶アルミナ管を用いた従来の高圧ナトリウムランプと比較検討を行い、SCA管を利用した場合の効率の向上は、主として、SCA管の直線透過率が良いことに起因していることが分かった。

### 2,000kV光分圧器

渡辺次男・片岡 保・岸 章夫・川島 武

三菱電機技報 Vol.50・No.11・P608~612

試験電圧の上界に伴い、高電圧試験の精度を向上させることはますます難しくなっている。この問題の解決法を検討するため、最近進歩の著しいオプトエレクトロニクスを応用した2,000kV用光分圧器を開発した。光学系は2個の発光ダイオード、2本のライトガイド及び光電子増倍管、太陽電池で構成されているが、発光ダイオードの出力は、温度によって変化するので、特にこの装置にはこの校正回路を付加した。この装置を利用することによって高速度現象の高電圧測定とともに、高電圧部を流れる電流が測定できる。本稿では、装置の構成を紹介する。

### 東京電力㈱袖ヶ浦発電所納め三相1,100MVA525kV変圧器

但馬常夫・片岡 保・博多哲郎・徳増 治

三菱電機技報 Vol.50・No.11・P613~616

東京電力袖ヶ浦発電所に納入した、三相1,100MVA 525kV変圧器は、本邦最大容量級器で、電圧についても500kV直接昇圧となる記録的な製品である。この変圧器の構造を紹介するとともに、製品に先立って実施された、単相525kV変圧器による絶縁性能試験、40kA級相分離母線との接続部実規模モデルによる温度上界試験などの検証データをもとに、また超大型化に伴う、変圧器の工作技術についても、十分に検討のうえで製作されたもので、これらの特殊試験や工作の一端についても紹介している。

### ホテル冷蔵庫システム

高橋克己・高田弘明・西郷 勝・坂本泰堂

三菱電機技報 Vol.50・No.11・P617~620

三菱ホテル冷蔵庫システムは、ホテル・旅館の客室に備えた冷蔵庫の飲食物消費量をフロントでチェックし、精算書を発行する冷蔵庫管理システムを基本とし、フロントの会計業務を行う会計機システム、モーニングコールシステム、客室のテレビ聴視時間を積算し使用料金をフロントで出すTVシステム、防災システムなどのシステムがローコストで構成しうるようにして一連のシステムである。主な特徴は、親機にCPUを採用したので多様なユーザの希望に追従でき、システムの拡張が容易なこと、2本の配線であるため室内の美観を損なうこと、省力化機器の機能を追求したことなどである。

# Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 50, No. 11, pp. 593~99 (1976)

## A Color-Shadow Lighting System

by Michihiro Tsuchihashi, Masato Saito, Makoto Yamanoshita, Hidetoshi Katsura  
Osamu Myodo, Reiji Honjo and Keiichiro Maeyama

The Mitsubishi color-shadow lighting system was conceived by combining two opposing concepts—lighting that does not generate shadow, and lighting that makes use of the shadows it generates. This completely new lighting system, which creates a brilliant fantasy of colored shadows, is a practical application of additive mixing of colors. The lamps and software specially developed for use in the color-shadow system have realized an innovation in lighting that is completely unlike conventional approaches, in which the objectives are entirely functional.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 50, No. 11, pp. 603~07 (1976)

## High-Efficacy, High-Pressure Sodium Lamps with Sapphire Arc-Tube Envelopes

by Katsuya Otani, Kazuo Kawahara, Norihiko Tanaka and Sumiaki Ibuki

Investigation of the problems of design and sealing of high-pressure sodium lamps using single crystalline alumina (SCA) as an arc-tube material has resulted in the development of M-S 9130 glass as an SCA sealing material, and good results have been obtained with respect to resistance to heat, sodium vapor, etc. In addition, an efficacy of more than 125 lm/W has been obtained with a 400W lamp.

A comparison with the normal polycrystalline alumina tube showed that the higher efficacy obtained with the SCA tube is mainly due to the improved in-line transmittance.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 50, No. 11, 608~12 (1976)

## A 2000kV Optoelectronic Voltage Divider

by Tsugio Watanabe, Tamotsu Kataoka, Akio Kishi and Takeshi Kawashima

As higher and higher voltages are used in electrical experiments, the problem of accuracy of measurement becomes more and more difficult. As a solution, a 2000kV optoelectronic voltage divider has been developed. This is a practical application of optoelectronics, a recent and rapidly developing science. The optical part of this apparatus consists of two light-emitting diodes, two light guides, a photomultiplier and a photo cell; a calibration circuit is also included since the power output of a light-emitting diode varies according to temperature. Using this voltage divider, accurate measurement of high voltages and their attendant current flow in high-speed phenomena is possible.

The article describes the features, functions and construction of the device.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 50, No. 11, pp. 613~16 (1976)

## A Three-Phase 1100MVA, 525kV Transformer for Tokyo Electric Power's Sodegaura Power Station

by Tsuneo Tajima, Tamotsu Takaoka, Tetsuro Hakata and Osamu Tokumasu

This unit is the largest-capacity transformer in Japan, and has the biggest step-up—500kV. The article describes the features and construction of the transformer, and also the tests carried out in the course of its completion. The tests included a dielectric-strength test made on a previously completed single-phase 525kV transformer, a temperature-rise test made on a full-scale model of the 40kA isolated-phase busbar, and other tests related to the operation of ultralarge transformers.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 50, No. 11, pp. 617~20 (1976)

## Auto-Service Refrigerator-Information Systems for Hotel Use

by Katsushi Takahashi, Hiroaki Takada, Masaru Saigo and Hirotaka Sakamoto

This is a series of systems, based on a refrigerator-supervision system that permits direct front-desk checking of the items of food and beverage taken from in-room refrigerators, and automatically debits guest's accounts. The series comprises a system that performs front-desk accounting functions, a morning-call system, a system for computation of TV-viewing charges, with front-desk display, an emergency-warning system, etc. all in an integrated structure that keeps costs low.

The main feature of the series is the use of a CPU as the main apparatus, providing wide flexibility to meet the various needs of different users. System expansion is easy, labor saving is extensive, and since only two wires are needed the room interior need not be marred by the installation.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 50, No. 11, pp. 573~76 (1976)

## Two New Fluorescent Lamps

by Katsuo Murakami, Mitsuaki Otani, Yoshinori Anzai, Hiroshi Ito and Kenzo Awazu

The deluxe white lamp offers almost 20% higher luminous efficacy than conventional Type DL fluorescent lamps (69.1 lm/W after 100 hours' use), with improved color rendering, and is almost equal in color-rendering characteristics (Ra: 82).

The other new type, the incandescent-color lamp is very similar in color appearance to conventional incandescent lamps, and, used instead of them, effects considerable power saving.

The article reports in full on the two new lamps.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 50, No. 11, pp. 577~80 (1976)

## Two New High-Pressure Mercury Lamps

by Katsuo Murakami, Mitsuaki Otani, Akinori Ozaki, Hiroshi Ito and Kenzo Awazu

Two fluorescent high-pressure mercury lamps with improved color rendering, the Newdeluxe White and the Newdelux Soft, have been developed and produced by Mitsubishi Electric. The former employs a blue-green emitting phosphor that is new in practical use. Color rendering is improved and color temperature is 4,100°K, giving the lamp a wide range of application both indoors and outdoors. The Newdelux Soft, in addition to improved color rendering, has a reduced color temperature of 3,300°K, giving a warm and subdued lighting effect.

The article describes the features of the new products, and the methods used to improve color rendering.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 50, No. 11, pp. 581~84 (1976)

## New ML BOC Metal-Halide Lamps

by Michihiro Tsuchihashi, Keiichi Baba, Koji Yamamoto, Masao Wakabayashi and Sumiaki Ibuki

In metal-halide lamps, a ballast with high open-circuit voltage must be used to avoid the problems of start-dropout. Hitherto, this type of ballast suffered three main disadvantages in comparison with the ballasts used in high-pressure mercury-discharge lamps—in size, weight and cost. However, Mitsubishi Electric has introduced a new model ML in the BOC series of high-efficiency, high color-rendition metal-halide lamps, which can be lit by an open-circuit voltage of 200V. This innovation obviates the need for the step-up transformer required along with a choke coil and pulse starter in most conventional ballasts. A further advantage is reflected in a new Mitsubishi Electric ballast having a single choke coil and a built-in starter that is smaller and about 50% lighter.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 50, No. 11, pp. 585~88 (1976)

## The Effectiveness of Heat Extraction in Water-Cooled Lighting Systems

by Norio Yamashita, Hideji Saito and Kazuchi Onuki

Systems combining air-conditioning and lighting are currently in use on a large scale. Such air-cooled lighting systems reduce air-conditioning loads, and upgrade the durability and operating efficiency of the lighting equipment.

For even higher efficiency, water-cooled lighting systems have also been developed. This equipment comprises a system of water channels in the upper part of a building, in which water flowing at a rate of 3l/min is used to dissipate the heat of the lighting. One such system is in operation in the Better Living Center, of the Consumer Product Research Laboratory, where the lighting heat is being removed by means of a cooling tower.

The article describes the characteristics of water-cooled lighting systems and the features of systems that have actually been installed.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 50, No. 11, pp. 589~92 (1976)

## Two New Fixtures for Blackboard Lighting

by Shigeyuki Ishii and Teruaki Takeda

In schools, the blackboard lighting is particularly important with respect to both quality and brightness because the blackboard is a primary visual teaching aid. Nevertheless, until now, no really suitable lighting equipment has been developed to completely fill this great need.

The article introduces two types of blackboard lighting fixtures developed by Mitsubishi Electric, through special research into blackboard lighting and its particular requirements.

# 新しい三菱けい光ランプ 「デラックス白色」及び「白熱色」

村上勝男\*・大谷光興\*・安西良矩\*・伊藤弘\*・栗津健三\*\*

## 1. まえがき

我が国では、現在一般照明用としてけい光ランプが非常に多く用いられ、効率本位形の白色及び昼光色けい光ランプがその主体となっている。しかし、これらのけい光ランプは、その光色、演色性において、必ずしもすべての用途に適するものとは言えない。

そのため、従来から自然な光色や高い演色性が要求される食品、衣類、印刷物などを扱う分野においては、いわゆる DL 形、SDL 形などの演色性改善形けい光ランプが多く用いられている。また、近年、生活環境が色彩豊かなものとなるにつれ、照明の質的向上が望まれるようになり、この種の演色性改善形けい光ランプの重要性は高まりつつある。しかし、この演色性改善形けい光ランプは、白色や昼光色けい光ランプに比べると効率が低く、その経済性に解決すべき問題を含んでおり、一般照明用として広く普及するには至っていないのが現状である。

また、近年の生活水準向上とともに、従来の白色や昼光色けい光ランプによる効率本位の照明とは別に、白熱電球による暖かみのある落ちついたふんい気を求める照明が多く行われるようになり、白熱電球の需要は増加しつつある。しかし、白熱電球はけい光ランプに比べると低効率、短寿命という大きな欠点を有している。

一方、最近の省エネルギー、省資源の問題から、光源の基本性能である効率、演色性、寿命特性の向上に対する要求は強く、この傾向は今後ますます強くなると思われる。

当社では、以上の問題点を背景に、今回、高効率で普及形の演色性改善形けい光ランプとして「デラックス白色」を、また、白熱電球に代わって用いることを目的としたけい光ランプとして「白熱色」を開発製品化した。

ここでは、これら 2 種の新しいけい光ランプについて報告する。

## 2. 「デラックス白色」けい光ランプ

高演色性の特長を有したいわゆる DL 形、SDL 形などの演色性改善形けい光ランプが開発製品化されてから久しい。しかし、現在一般に用いられている演色性改善形けい光ランプは、前述したように効率が低いという欠点があり、普及性の点で問題を有している。すなわち、現在最も多く用いられていて平均演色評価数  $R_a$  が 64 の白色けい光ランプの効率が、点灯 100 時間後で 81.3 lm/W であるのに對し、 $R_a$  が 82 の DL 形けい光ランプの効率は 58 lm/W であり、演色性を改善したことによる効率低下が大きい(図 1.、図 2.)。したがって、演色性改善形けい光ランプを用いて十分な照度を得ようとすると、ランプの設置灯数が増加し、また、従来の白色や昼光色けい光ランプと交換した場合、照度の低下が大きいといふ不都合が生じる。

そこで、我々は、演色性改善形けい光ランプを一般照明用として広く導入し、照明の質の向上を計ることを目的として、演色性改善形けい光ランプの高効率化について検討し、今回、高効率により実

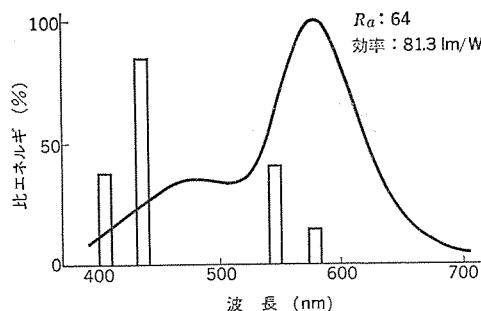


図 1. 白色けい光ランプの分光分布

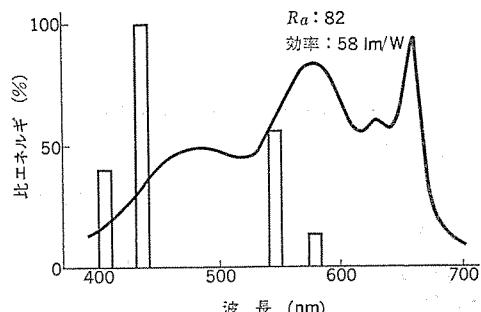


図 2. 従来の DL 形けい光ランプの分光分布

用的な「デラックス白色」けい光ランプを開発製品化した<sup>(1)(2)</sup>。

### 2.1 「デラックス白色」けい光ランプの設計、特性

けい光ランプの演色性を高める方法としては、従来から白色あるいは昼光色などのけい光ランプに不足している赤色部のエネルギーをだいだい(橙)色けい光体 [(Sr, Mg)<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> : Sn<sup>2+</sup>] や赤色けい光体 [3.5MgO · 0.5MgF<sub>2</sub> · GeO<sub>2</sub> : Mn<sup>4+</sup>] などの赤色部に発光するけい光体を付加することで補い、分光分布のエネルギーを可視部全波長域にわたって平均化することが一般に行われている。しかし、従来用いられていた上記赤色けい光体はランプ効率が低く、これを用いて演色性を改善したランプも効率が低くなるのは避けられないことが以下の検討で明らかになったため、赤色部を補う赤色けい光体を新たに選択した。

「デラックス白色」けい光ランプには、最終的に、演色性を高め効率も高められる赤色けい光体として、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : Eu<sup>3+</sup> けい光体が選択使用され、その他、橙色けい光体 [(Sr, Mg)<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> : Sn<sup>2+</sup>]、緑色けい光体 [Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> : Mn<sup>2+</sup>] 及び主体となるハロリン酸カルシウムけい光体が使用されている。図 3. に、これらのけい光体の発光スペクトルを示す。

けい光ランプに適用しうる代表的な赤色けい光体として、図 4. に示す 3 種を選び、これらがランプの演色性と効率に対し、どのような効果を有するかを調べた。図 5. は、一例としてこれらの赤色けい光体を、上記橙色、緑色、ハロリン酸カルシウムの 3 種のけい光体と混合し、色温度 4,200 K の完全放射体の色度座標上に色度点を有するランプを得た場合の特性変化を計算によって求めたものである。計算に用いた各色けい光体の特性を表 1. に示す。図 5. から、い

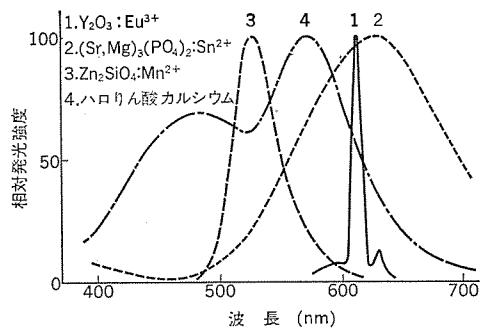


図3. 「デラックス白色」けい光ランプに用いられたけい光体の発光スペクトル

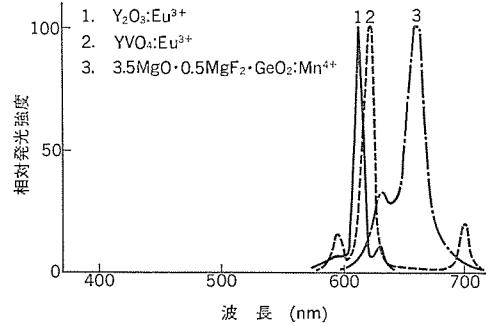


図4. 赤色けい光体の発光スペクトル

表1. 図5. の計算に用いた各色けい光体の特性

けい光体	ランプ効率 lm/W (FL 40 S)
ハロりん酸カルシウム (Sr, Mg)3(PO4)2: Sn2+	75
Zn2SiO4: Mn2+	58
Y2O3: Eu3+	113
YVO4: Eu3+	73
3.5MgO·0.5MgF2·GeO2: Mn4+	41
3.5MgO·0.5MgF2·GeO2: Mn4+	17

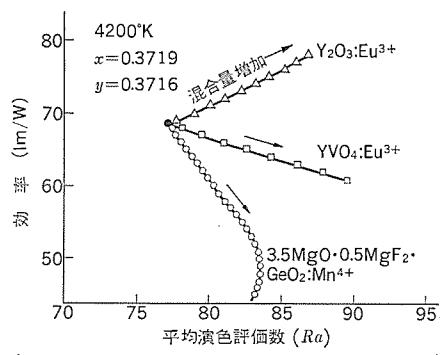


図5. 赤色けい光体の混合による4,200 Kランプの特性  
(●印は赤色けい光体を用いない場合のランプの特性を示している)

図5. 赤色けい光体の混合による4,200 Kランプの特性

いずれの赤色けい光体も  $R_a$  値を高める点では効果があるが、効率では差が生じ、 $Y_2O_3: Eu^{3+}$  けい光体を用いた場合に最も高い効率が得られ、従来一般に用いられていた  $3.5MgO \cdot 0.5MgF_2 \cdot GeO_2: Mn^{4+}$  けい光体を用いた場合には効率が低くなることが理解される。

## 2. 1. 1 光色、演色性

「デラックス白色」けい光ランプの光色は、一般照明用として幅広く用いるという意図のもとで、主観評価を含めて実験的に設計されており、色度座標は  $x=0.371$ ,  $y=0.368$  であり、色温度は  $4,200^{\circ}\text{K}$  である(図6.)。

現在、我が国では色温度  $4,200^{\circ}\text{K}$  の白色けい光ランプが非常に多く用いられていて、新しいけい光ランプを導入する場合これを無視しえないが、「デラックス白色」けい光ランプの色温度をこの白色けい光ランプに一致させたことによって、「デラックス白色」けい光ランプの

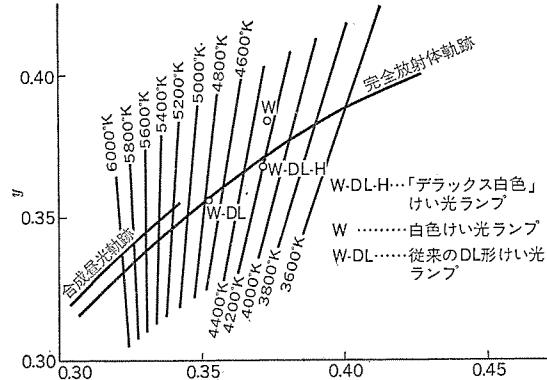


図6. 「デラックス白色」けい光ランプの色度座標

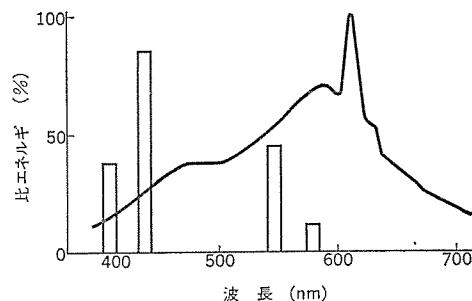


図7. 「デラックス白色」けい光ランプの分光分布

表2. 「デラックス白色」けい光ランプの演色特性

色度座標	色温度 (°K)	平均演色評価数 ( $R_a$ )	特殊演色評価数							
			$R_9$	$R_{10}$	$R_{11}$	$R_{12}$	$R_{13}$	$R_{14}$		
0.371	0.368	4,200	82	15	64	74	71	81	92	78

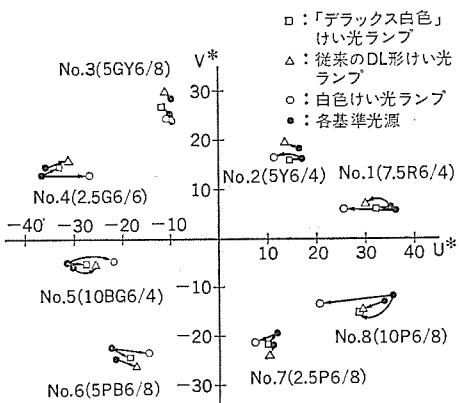


図8. 演色試験用色紙を「デラックス白色」けい光ランプで照明した場合の色ずれ

光色は、適度な自然さと落ちつきを与えるものとなっており、幅広い用途に適用できるものとなっている。

図7. に「デラックス白色」けい光ランプの分光分布を、表2. に演色特性を示す。「デラックス白色」けい光ランプの平均演色評価数  $R_a$  は82であり、従来のDL形けい光ランプと同じ値を示している。

図8. に、「デラックス白色」けい光ランプで照明した場合のCIE No. 1~8の試験色のクロマチックネス座標を示す。比較のため、白色けい光ランプ(図1.)と当社が過去に製品化した従来のDL形けい光ランプ<sup>(3)(4)</sup>(図2.)で照明した場合の試験色のクロマチックネス座標も示してある。この図から、「デラックス白色」けい光ランプによる色ずれ量は、従来のDL形けい光ランプとほぼ同等であり、また、白色けい光ランプよりもかなり少なくなっていることが理解される。

表 3. 「デラックス白色」けい光ランプの定格

形名	大きさ(W)	全光束(lm)	ランプ電流(A)	寸法	
				管長(mm)	管径(mm)
FL 20 SW-DL-H	20	1,100	0.35	580	32
FL 40 SW-DL-H	40	2,765	0.415	1,198	32
FLR 40 SW-DL-H/M	40	2,680	0.415	1,198	32
FLR 110 HW-DL-H/A	110	8,000	0.8	2,367	38
FCL 30 W-DL-H	30	1,550	0.62	(外径)226	32
FCL 32 W-DL-H	32	1,850	0.435	(外径)304	32

注) 全光束は 100 時間点灯後の値を示す。

## 2. 1. 2 効率、効率特性

一般照明用光源として特に重視されるのは、効率と効率特性であり、演色性改善形けい光ランプの場合、これらの特性に最も強い影響を与えるのは、用いるけい光体の種類とその特性である。「デラックス白色」けい光ランプは、けい光体の選択にあたって前述の基本的な検討が加えられていることから、その効率は 40W で 69.1lm/W(100 時間点灯後) と高く、同等の  $R_a$  値を有する従来の DL 形けい光ランプ(58lm/W) と比べて約 20% 前後向上している。

一般照明用として、演色性改善形けい光ランプを利用する場合、現状では白色や昼光色けい光ランプと交換することが相当あると予想されるが、このときに大幅な照度低下をきたさないことが何よりも重要である。「デラックス白色」けい光ランプを白色けい光ランプと交換した場合の照度の低下率を効率から求めてみると 15% で、従来の DL 形けい光ランプの 29% に比べて大幅に減少している。また、昼光色けい光ランプと交換した場合の照度低下は、従来の DL 形けい光ランプの 20% に対し、5% とかなり少ないものとなっている。

効率特性は、安定性のよい ハロ りん酸 カルシウム けい光体を主体として用いているため、白色けい光ランプとほぼ同等であり、従来の演色性改善形けい光ランプでときどき認められた点灯中の光色変化も少なくなっている。

表 3. 「デラックス白色」けい光ランプの定格を示す。

## 2. 2 「デラックス白色」けい光ランプの特長

以上述べたことから「デラックス白色」けい光ランプの特長は、

- (1) 色温度は白色けい光ランプと同じ 4,200 °K で、幅広い用途に利用できる。
- (2) 高演色性 ( $R_a$ : 82) であり、従来の演色性改善形けい光ランプ(当社 DL 形)とほぼ同等の特性を有している。
- (3) 高効率である(40W, 100 時間点灯後で 69.1lm/W)。
- (4) 効率特性が良好で、点灯中の光色変化も少ない。

などであり、従来演色性改善形けい光ランプが用いられていた場所に利用すれば、高演色性を保ちながら照度の向上が計れ、また、白色や昼光色けい光ランプが用いられていた場所に用いても、目立つを照度低下がなく演色性を高めることができ、照明の質的向上を計ることができる。

## 3. 「白熱色」けい光ランプ

白熱電球は、暖かみのある落ちついたふんい気が要求される場所に適した光源であるが、白熱電球には前述のごとくけい光ランプに比べて効率が低く、寿命も短いという欠点がある。したがって、従来、白熱電球が用いられていた場所に、高効率、長寿命の特長を併せもったけい光ランプが導入されればその利点は極めて大きい。このため、けい光ランプを白熱電球に代わって用いることを目的として、光色を白熱電球に合わせた白熱電球色のけい光ランプが最近いくつか開発されているが、いずれも、効率、演色性あるいは効率特性な

どの面で、なお改善の余地を残していると考えられる。

そこで、我々は、白熱電球色のけい光ランプについてその性能を改善することを検討し<sup>(5)</sup>、白熱電球の光色と、けい光ランプの特長である高効率、長寿命の特性を併せもった「白熱色」けい光ランプを開発製品化した。

### 3. 1 「白熱色」けい光ランプの設計、特性

白熱電球の代わりに用いることのできる一般照明用光源としては、光色が白熱電球に近いことのほかに、

(1) 演色性が良いこと。

(2) 効率が高いこと。

(3) 効率特性が良好なこと。

などが要求されるが、ランプの実用性を重視した場合は、特に(2)と(3)が重要となる。

けい光ランプは、用いるけい光体の種類及びその混合割合を変えることによって、非常に多くの種類をつくることが可能となるが上記(2), (3)の要求には、ハロ りん酸 カルシウム けい光体が最も優れているのでこれを主体とし、それに橙色けい光体 [(Sr, Mg)<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> : Sn<sup>2+</sup>] 及び緑色けい光体 [Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> : Mn<sup>2+</sup>] を付加して演色性を高め、光色を白熱電球に近づけた。「白熱色」けい光ランプの分光分布を図 9. に示す。

#### 3. 1. 1 光色、演色性

「白熱色」けい光ランプの光色は、もちろん白熱電球のそれに視感上近づけてあり、暖かみのある落ちついたふんい気を与えるものとなっている。

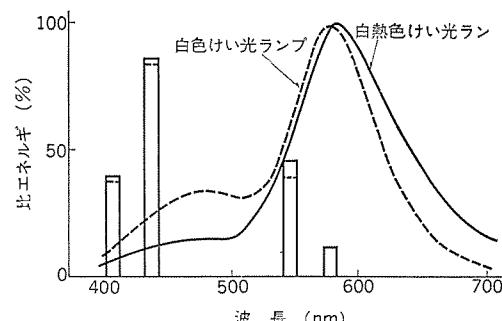


図 9. 「白熱色」けい光ランプの分光分布

表 4. 「白熱色」けい光ランプの演色特性

ランプ名称	色度座標		色温度(°K)	平均色評価数(R <sub>a</sub> )	特殊演色評価数						
	x	y			R <sub>9</sub>	R <sub>10</sub>	R <sub>11</sub>	R <sub>12</sub>	R <sub>13</sub>	R <sub>14</sub>	R <sub>15</sub>
「白熱色」けい光ランプ	0.427	0.409	3,200	67	-45	37	38	30	59	94	51
白色けい光ランプ	0.373	0.384	4,200	64	-95	41	41	49	58	97	43

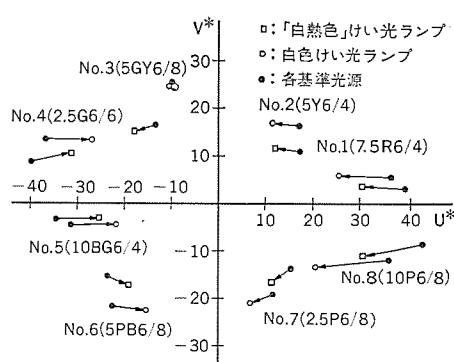


図 10. 演色試験用色紙を「白熱色」けい光ランプで照明した場合の色ずれ

表 5. 「白熱色」けい光ランプの定格

形名	大きさ(W)	全光束(lm)	ランプ電流(A)	寸法	
				管長(mm)	管径(mm)
FL 20 SL	20	1,260	0.35	580	32
FL 40 SL	40	3,000	0.415	1,198	32
FLR 40 SL/M	40	3,000	0.415	1,198	32
FCL 30 L	30	1,650	0.62	(外径)226	32
FCL 32 L	32	1,970	0.435	(外径)304	32

注) 全光束は100時間点灯後の値を示す。

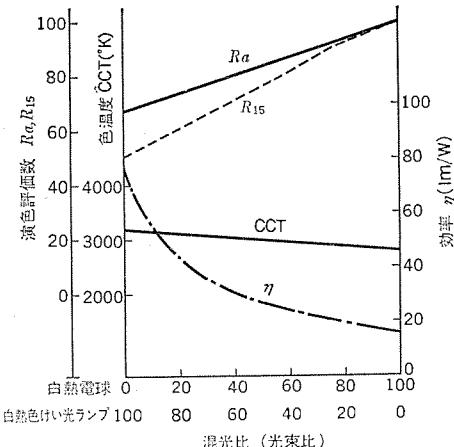


図 11. 「白熱色」けい光ランプと白熱電球の混光データ

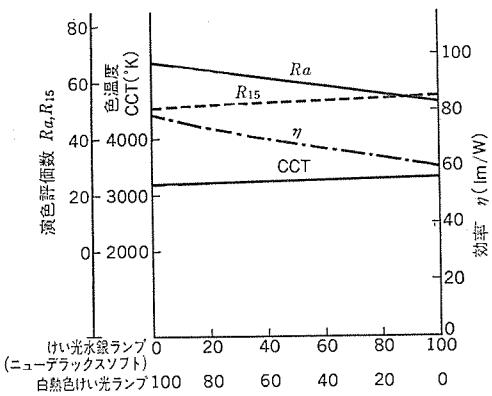


図 12. 「白熱色」けい光ランプとけい光水銀ランプ(ニューデラックスソフト)の混光データ

「白熱色」けい光ランプの演色特性を表4に示す。このランプの  $R_a$  値は 67 で、白色けい光ランプと同等であり、一般照明用としては十分な演色性を有している。特に、屋内照明において比較的重要視される膚色 ( $R_{15}$ ) と赤色 ( $R_9$ ) は、白色けい光ランプに比べて高い値を示しており、暖色系の演色性が良好である。

図10に「白熱色」けい光ランプで照明した場合のCIE No. 1~8の試験色のクロマチックネス座標を示す。この図から、「白熱色」けい光ランプと白色けい光ランプの色ずれ量は、同程度であることが分かる。

### 3.1.2 効率、働き特性

「白熱色」けい光ランプの効率は、40Wで75lm/W(100時間点灯後)と、白色けい光ランプ(81.3lm/W)より低いが、昼光色けい光ランプ(72.5lm/W)より高いものとなっており、けい光ランプの特長である高効率の特性を有している。

また、働き特性も、安定なハロゲン酸カルシウムけい光体を主体として用いているため、白色けい光ランプと同等で、点灯中の光色変

化も少なく安定している。「白熱色」けい光ランプの定格を表5に示す。

### 3.2 「白熱色」けい光ランプの特長、用途

「白熱色」けい光ランプの特長は、

- (1) 白熱電球に近似した光色をもち、暖かみのある落ちついたふんい気の照明ができる。
- (2) 効率は昼光色けい光ランプよりも高く、白熱電球の約4~5倍(安定器の電力損失を含む)の高効率である。
- (3) 白熱電球と併用しても光色上の違和感が少ない。
- (4) 働き特性が良好で、点灯中の光色変化も少なく、寿命は白熱電球の7~10倍と長い。

などであり、白熱電球に代わって暖かみのある落ちついたふんい気の省電力照明が可能である。

したがって、「白熱色」けい光ランプの用途としては、白熱電球照明のふんい気が要求される場所に、このランプ単独若しくは白熱電球と混光して用いることが考えられる(図11)。また、最近、色温度が低い演色性改善形けい光水銀ランプ(当社、ニューデラックスソフト、色温度3,300K,  $R_a$ :53)が製品化されているが、(別稿、新しい三菱けい光水銀ランプ「ニューデラックスホワイト」及び「ニューデラックスソフト」参照)。このランプとの混光でも、暖かみのある照明が可能となり、特に効率と寿命の面で好結果が期待できる。(けい光水銀ランプとけい光ランプは、共に長寿命で、効率は白熱電球の数倍あるため)(図12)。

### 4. むすび

従来の演色性改善形けい光ランプ(DL形)の演色性をほぼ維持して、効率を約20%近く高めた「デラックス白色」けい光ランプを開発製品化した。光源の演色性に対する需要家の関心が高まりつつある現在でも、一般照明用としては演色性よりもむしろ効率のほうが重視されているのが現状であり、照明の質的向上を計る上では演色性、効率の両面でバランスのとれた光源が望まれている。この意味から、ここで報告した「デラックス白色」けい光ランプの実用性は、従来の演色性改善形けい光ランプと比べて高まっているものと期待され、一般照明用として照明の質の向上に役立つものと考えられる。

また、白熱電球に近似の光色を有する「白熱色」けい光ランプを開発製品化した。白熱電球とけい光ランプとでは、その形状が異なり一概に比較することはできないが、「白熱色」けい光ランプは、白熱電球照明に近似した暖かみのある落ちついたふんい気を作りながら、電力の節約ができる点で有効なものと考えられる。

最後に、ここで報告した新しい2種のけい光ランプの開発に当たり、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51-8-4受付)

### 参考文献

- (1) 伊藤、大谷、村上:昭51照明学会全国大会9
- (2) 村上、大谷、伊藤、粟津:第161回螢光体同学会予稿(3)(昭51)
- (3) 井手、伊吹:三菱電機技術、臨時号、近代照明と色 Vol. 28. No. 3(昭29)
- (4) 井手、伊吹:照明学会誌、40, No. 9, 380(昭31)
- (5) 伊藤、大谷、村上:照明学会誌、60, No. 1, 4(昭51)

# 新しい三菱けい光水銀ランプ

—「ニューデラックスホワイト」及び「ニューデラックスソフト」—

村上勝男\*・大谷光興\*・尾崎彰紀\*・伊藤弘\*・栗津健三\*\*

## 1. まえがき

けい光水銀ランプは、水銀ランプの演色性をけい光体を用いて改善したランプであり、高効率、長寿命の特長をもった信頼性の高い光源として高い実用的価値をもっている。しかし、けい光水銀ランプはその発光の大部分を水銀ライスペクトルによっているため、演色性が十分でなく、その用途は主として演色性があまり重要視されない場所に限られている。現在最も多く使用されかつ優れたけい光水銀ランプは、希土類赤色けい光体を使用したものであるが、けい光水銀ランプを屋内外の演色性がある程度要求される場所に適用するためには、更にその演色性を高めることが望まれている。

当社では、古くから水銀ランプの性能改善について研究を重ね、けい光水銀ランプの演色性と効率を向上させてきたが<sup>(1)(2)(3)</sup>、今回、けい光水銀ランプを屋内外の幅広い用途に適用することを目的として、新しい青緑色けい光体を実用化するとともに、種々のけい光体を適用して水銀ランプの演色性改善について検討し、その成果の一部を発表するに至った<sup>(4)(5)(6)</sup>。その結果、水銀ランプの演色性を向上させることに成功し、当社が既に製品化している「ニューデラックス」けい光水銀ランプの演色性と光色を更に改善した新しい演色性改善形けい光水銀ランプ「ニューデラックスホワイト」を開発製品化した。

また、これと同時に色温度を低くして暖かみのある落ちついたふんい気が要求される分野に適用できる演色性改善形けい光水銀ランプとして「ニューデラックスソフト」を開発製品化した。

ここでは、以上2種類の新しい演色性改善形けい光水銀ランプの諸特性について報告するとともに、その演色性改善方法について述べる。

## 2. 「ニューデラックスホワイト」けい光水銀ランプ

### 2.1 演色性改善方法<sup>(5)(6)</sup>

水銀ランプ(透明形)の分光分布は、図1.に示すように可視部発光の大部分が4本の強い水銀ライスペクトルから成るため演色性が悪く、 $R_a$ (平均演色評価数)は約23程度と低い。このため、水銀ランプの演色性を改善するためには、水銀ライスペクトル間のエネルギーの欠けている赤色及び青緑色部分に、けい光体を用いて発光を補い、可視域全体の発光のバランスをとることが望ましい。

水銀ランプに用いられるけい光体は、以下の条件を満足することが要求される。

- (1) 高温( $200\sim300^{\circ}\text{C}$ )において、高効率で発光すること。
- (2) 水銀ランプの発光管から放射される短・長波長紫外線によって効率よく発光すること。
- (3) ランプの製造時及び点灯中の安定性が優れていること。

これらの制限のため、現在水銀ランプに用いられているけい光体の種類は、けい光ランプに比べて限定されている。これらの条件を満足する種々のけい光体を水銀ランプに適用して、その演色性改善方法について検討した結果、水銀ランプの演色性改善に適したものと

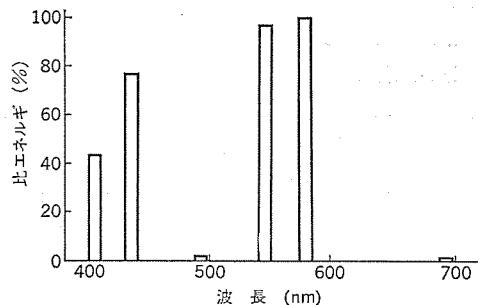


図1. 透明水銀ランプ(H 400)の分光分布

表1. 新しい演色性改善形けい光水銀ランプに使用したけい光体(室温における特性)

けい光体	発光色	主ピーク波長(nm)	半値幅(nm)
$\text{YVO}_4 : \text{Eu}^{3+}$	赤色	619	5以下
$3.5\text{MgO} \cdot 0.5\text{MgF}_2 \cdot \text{GeO}_2 : \text{Mn}^{4+}$	深赤色	660	20
$\text{Sr}_2\text{Si}_3\text{O}_8 \cdot 2\text{SrCl}_2 : \text{Eu}^{2+}$	青緑色	485	75

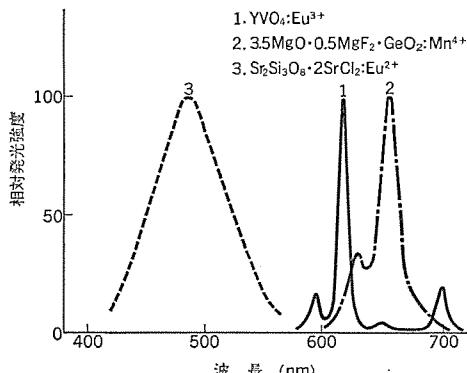


図2. けい光体の発光スペクトル(室温)

して最終的に表1.示すけい光体が選ばれた<sup>(5)(6)</sup>。これらのがけい光体はその発光が赤色域、青緑色域を占めているものであり、その発光によって水銀ラインの欠けている波長域を捕えるものである。これらのがけい光体の発光スペクトルを図2.に示す。

### 2.1.1 水銀ランプ用青緑色けい光体

赤色域の発光とともに青緑色域の発光を水銀ライスペクトルに付加することによって、水銀ランプの演色性を改善することは以前から検討されていたが<sup>(7)(8)(9)</sup>、水銀ランプに適用した場合の効率及び安定性が共に満足できる青緑色けい光体はこれまで実用化されておらず、水銀ランプの演色性を効果的に改善した商用ランプはこれまで実現されていなかった。そこで筆者らは、水銀ランプ用の青緑色けい光体として図2.のストロンチウム・クロロシリケートけい光体( $\text{Sr}_2\text{Si}_3\text{O}_8 \cdot 2\text{SrCl}_2 : \text{Eu}^{2+}$ )<sup>(10)</sup>に着目し、このけい光体の開発を行った。このけい光体は485 nmに発光ピークを有する青緑色けい光体で、良好な発光の温度依存性を示す。ストロンチウム・クロロシリケートけい光体の発光スペクトルの温度による変化を図3.に示す。このけい光体の250°Cにおける発光ピーク波長は、室温におけるそれよりも約10 nm短波長側に

移動するが、発光強度はそれほど低下しない。また、このけい光体の発光は、水銀ラインスペクトル 436~546 nm 間のエネルギーの欠けている部分を都合よく補うので、赤色域に発光するけい光体とともに用いれば、水銀ランプの分光分布を可視域全体にわたってバランスのとれたものとすることができる。

筆者らは、「ニューデラックスホワイト」を開発する過程で、このけい光体の研究を進めてきたが、最終的に効率、光束維持率ともに満足できるけい光体を実用化することができた。

## 2.1.2 けい光体の混合

図 4. は、表 1. に示したけい光体を混合して得られるランプの色度座標と  $R_a$  値を計算により求め、これを色度図上に示したものである。計算に際して、けい光体層による可視部水銀ラインの吸収と、ランプ点灯中の温度上昇によるけい光体の発光スペクトルの変化が考慮されている。この図から以下のことが理解される（以下、けい光体の種類は表 1. に示した発光色を表現する）。すなわち、赤色又は深赤色けい光体に青緑色けい光体を混合すると  $R_a$  値が高まる。 $R_a$  値の極大は赤色けい光体を含まないところにあり、この場合、色度が完全放射体軌跡の上側に大きくずれ光色は緑がかった不自然となる。また、

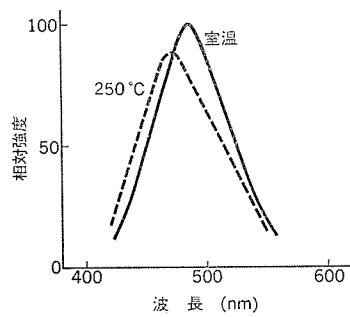


図 3. 青緑色けい光体 ( $\text{Sr}_2\text{Si}_3\text{O}_8 \cdot 2\text{SrCl}_2 : \text{Eu}^{2+}$ ) の発光スペクトル

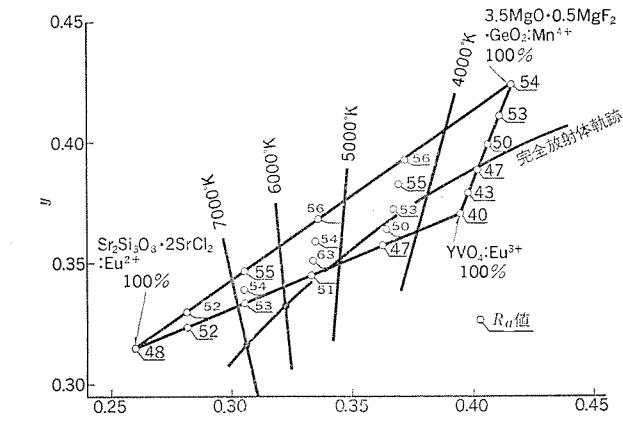


図 4. 3種のけい光体の混合によるランプの色度座標と  $R_a$  値の関係

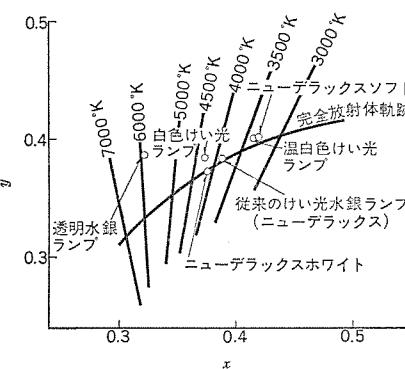


図 5. 新しい演色性改善形けい光水銀ランプの色度座標

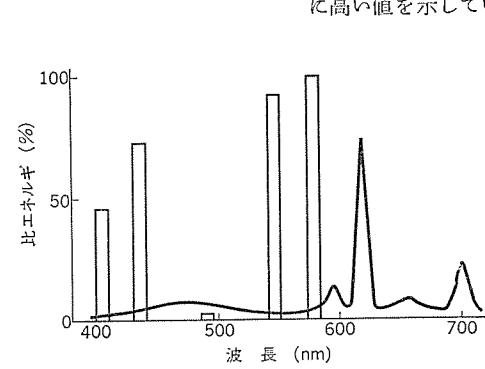


図 6. ニューデラックスホワイトの分光分布

赤色けい光体と青緑色けい光体の2種のけい光体の混合で得られる  $R_a$  値の極大は、約 7,000 K 付近の一般照明用としては高すぎる色温度域にあり、色温度を実用的に重要な約 5,000 K 以下に低くしていくと  $R_a$  値が低くなるとともに、色度は完全放射体軌跡の下側に位置するようになり、光色がピンクがかった有色感の強いものとなる。したがって、約 5,000 K 以下の色温度域において、色度を完全放射体軌跡に接近させ光色を有色感の少ないものとするには、赤色、深赤色及び青緑色の3種のけい光体を用いる必要がある。

## 2.2 「ニューデラックスホワイト」の特性

### 2.2.1 「ニューデラックスホワイト」の光色、演色性

水銀ランプを屋内外の幅広い分野で利用するという目的のためには、演色性が適当であることのほかに、光色が自然光に対して違和感が少なく自然な感じを与えるものであることが要求される。この目的のため、「ニューデラックスホワイト」の色温度は、4,100 K が採用されている。この色温度は、当社で行った主観テストから最終的に決定されたもので、現在屋内照明に最も多く用いられ、定着している白色けい光ランプの色温度 (4,200 K) とほぼ一致しており、屋内外の一般照明用として高すぎも低すぎもせず十分適当である。「ニューデラックスホワイト」の色度座標は、図 5. に示すように白色けい光ランプの色度座標に近く、また完全放射体軌跡により近接しているため、白色けい光ランプで感じられるわずかな黄味がなくなっている。このランプの光色は自然な感じを与える白色を呈している。

「ニューデラックスホワイト」には、演色性を高めるとともに色温度を 4,100 K とし色度座標を完全放射体軌跡に接近させるために、前述した赤色、深赤色及び青緑色の3種のけい光体が用いられている。このため、「ニューデラックスホワイト」の分光分布は、従来のけい光水銀ランプに比べて可視域全体のエネルギーが平均化されたものとなっており、このランプの演色性が改善されていることを裏づけている（図 6., 図 7.）。赤色けい光体は 620 nm 附近に強いラインスペクトルを与え、深赤色けい光体はそれ自身の可視青色域の吸収によって、演色性に有害な 405, 436 nm の水銀ラインを抑制するとともに、660 nm 附近の赤色部分に発光を補っている。青緑色けい光体は 436~546 nm 間の水銀ラインの欠けている部分に発光を補い、可視域全体のエネルギーを平均化するとともに、色温度を高め光色を適正なものとしている。

「ニューデラックスホワイト」の演色性を従来のけい光水銀ランプ及び白色けい光ランプと比較して表 2. に示す。これによると、「ニューデラックスホワイト」の演色性は、従来のけい光水銀ランプと比べて優れていることが分かる。すなわち、 $R_a$  値だけでなく、特殊演色評価数 ( $R_i$ ,  $i = 9 \sim 15$ ) においても、従来から高い水準にある  $R_{14}$  を除いて一様に高い値を示している。また、肩色に対する演色性は特に重要であ

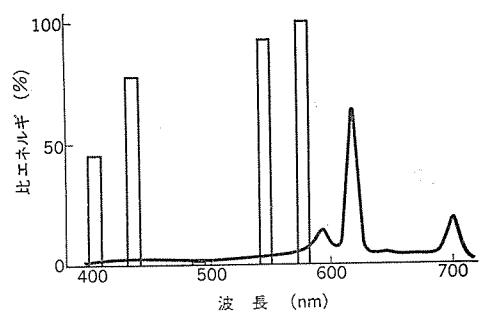


図 7. 従来のけい光水銀ランプ(ニューデラックス)の分光分布

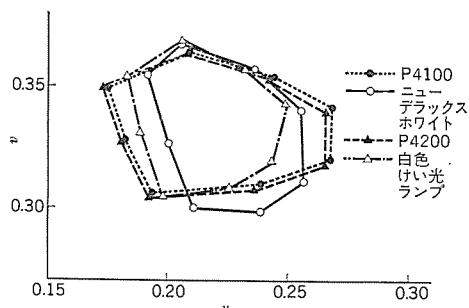


図 8. ニューデラックスホワイトの照明による試験色の UCS 色度座標

表 2. 「ニューデラックスホワイト」の演色特性

	色温度 (°K)	$R_a$	$R_f$						$R_f$	$I_a$	$G$
			$R_9$	$R_{10}$	$R_{11}$	$R_{12}$	$R_{13}$	$R_{14}$			
「ニューデラックスホワイト」	4,100	53	-65	4	20	9	46	80	45	53	0.63
従来のけい光水銀ランプ (ニューデラックス)	3,900	45	-90	-7	10	-10	38	80	32	49	0.49
白色けい光ランプ	4,200	64	-95	41	41	49	58	97	43	61	0.59

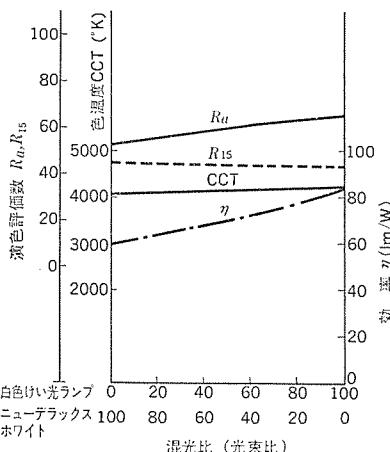


図 9. ニューデラックスホワイトと白色けい光ランプの混光データ

るが、 $R_{15}$ （膚色）は白色けい光ランプと同等で、 $R_9$ （赤色）は白色けい光ランプより高い値となっている。

最近、色の忠実性を評価する平均演色評価数や特殊演色評価数のほかに、光源の快適性を評価する Flattery Index ( $R_f$ )<sup>(11)</sup> 及び Acceptability Index ( $I_a$ )<sup>(12)</sup> や色の識別能力を評価する Color Discrimination Index ( $G$ )<sup>(13)</sup> が提案されている。「ニューデラックスホワイト」をこれらの評価方法で評価した結果を表 2. に示す。 $R_f$ ,  $I_a$  及び  $G$  の評価値は、従来のけい光水銀ランプに比べて高い値を示しており、「ニューデラックスホワイト」は光源の快適性及び色の識別能力においても改善されている。また、 $I_a$  及び  $G$  は白色けい光ランプよりも高い値を示している。

「ニューデラックスホワイト」の  $R_a$  値は白色けい光ランプよりも低いにもかかわらず、主観評価ではこのランプが屋内の一般照明に適用できるものであることが示されている。これには膚色の演色性や  $G$  の値が説明を与えており思われる。図 8. に、「ニューデラックスホワイト」の照明による CIE No. 1~8 の試験色の UCS 色度座標を白色けい光ランプと比較して示す。8 個の色度座標で囲まれる 8 角形の面積は「ニューデラックスホワイト」のほうが大きく、 $G$  値が高いことを示している。

## 2.2.2 「ニューデラックスホワイト」の効率、効率特性

「ニューデラックスホワイト」の効率は、400 W タイプで 60 lm/W であり、従来のけい光水銀ランプの性能を維持して高効率である。また、効率

特性も安定性の良いけい光体を使用しているため、従来のけい光水銀ランプと同等の特性を有しており良好である。

## 2.3 「ニューデラックスホワイト」の応用

このランプは、演色性が良好で特に膚色に対する演色性が白色けい光ランプと同等であり、また、色温度が 4,100 °K と光色が白色を呈しているため、従来、けい光水銀ランプが用いられていた場所のほか、演色性がある程度要求される屋内照明も含めた幅広い分野で利用できる。また、白色けい光ランプと光色上の違和感が少ないので、従来、白色けい光ランプが用いられていた分野に利用することもでき、この際白色けい光ランプと併用することもできる。参考のため、図 9. に「ニューデラックスホワイト」と白色けい光ランプの混光データを示す。

## 3. 「ニューデラックスソフト」けい光水銀ランプ

このけい光水銀ランプは、前述の屋内外の幅広い用途を目的とした「ニューデラックスホワイト」とは別に、暖かみのある落ちついたふんい気が要求される分野を目的として開発製品化したものである。この暖かみのある落ちついたふんい気が要求される場所では、現在電球が多く用いられているが、周知のように電球は効率も低く、寿命も短い。一方、けい光水銀ランプは高効率、長寿命の特長を有しており、けい光水銀ランプで暖かみのある落ちついたふんい気が演出できればその利点は極めて大きなものがある。以下、この目的のために新しく開発製品化した「ニューデラックスソフト」けい光水銀ランプについて述べる。

### 3.1 「ニューデラックスソフト」の特性

電球照明で代表される暖かみのある落ちついたふんい気を演出するためには、演色性を高めるとともにランプの色温度を低くする必要がある。この目的のためには、図 4. で示したように赤色けい光体と深赤色けい光体を混合して用いるのがよいので、このランプにはこれら 2 種のけい光体が適用されている。このため、分光分布の赤色部分に強い発光が補われ、また深赤色けい光体自身の可視青色域の吸収によって青色部の水銀ラインが抑制されたことにより、相対的に可視部赤色域にエネルギーの多い分光分布が形成されている（図 10.）。

#### 3.1.1 「ニューデラックスソフト」の光色、演色性

「ニューデラックスソフト」の光色は、図 5. に示すように色度座標が黒体軌跡近くにあり、色温度も 3,300 °K と低いので、暖かみのある落ちついたふんい気を与えるものとなっている。「ニューデラックスソフト」の演色性を表 3. に示す。「ニューデラックスソフト」の演色性は良好で、 $R_a$  値は従来のけい光水銀ランプ ( $R_a$ : 45) よりも高い値を示している。また、膚色と赤色の演色性が特に改善されて、近似の色温度を有す

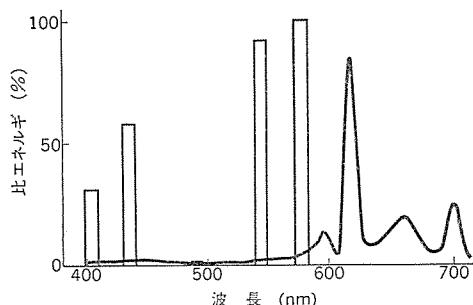


図 10. ニューデラックスソフトの分光分布

表3. 「ニューデラックスソフト」の演色特性

	色温度 (°K)	$R_a$	$R_t$						$R_f$	$I_a$	$G$
			$R_9$	$R_{10}$	$R_{11}$	$R_{12}$	$R_{13}$	$R_{14}$			
「ニューデラックスソフ	3,300	53	-45	5	14	-11	46	81	55	54	0.25
ト」											49
温白色けい光ランプ	3,350	57	-98	35	25	32	51	95	40	56	0.26
											48

表4. 「ニューデラックスホワイト」及び「ニューデラックスソフト」の定格

形名	大きさ (W)	ランプ電流 (A)	ランプ電圧 (V)	平均寿命 時間	全光束 (lm)
ニューデラックスホワイト	HF 40 X・W	HF 40 X・S	40	0.53	90 (1,400)
	HF 75 X・W	HF 75 X・S	75	0.75	115 (3,000)
	HF 80 X・W	HF 80 X・S	80	0.80	115 (3,200)
	HF 100 X・W	HF 100 X・S	100	1.00	115 (4,200)
	HF 200 X・W	HF 200 X・S	200	1.90	120 (9,900)
	HF 250 X・W	HF 250 X・S	250	2.10	130 (12,600)
	HF 300 X・W	HF 300 X・S	300	2.50	130 (15,800)
	HF 400 X・W	HF 400 X・S	400	3.30	130 (22,000)
	HF 700 X・W	HF 700 X・S	700	5.90	130 (40,500)
	HF 700 BX・W	HF 700 BX・S	700	2.80	265 (40,500)
	HF 1000 X・W	HF 1000 X・S	1,000	8.30	130 (59,000)
	HF 1000 BX・W	HF 1000 BX・S	1,000	4.00	265 (59,500)
	HF 2000 BX・W	—	2,000	8.00	265 (125,000)
HGF 100 X・W	HGF 100 X・S	ボール形 100	1.00	115	12,000 (4,200)

- 注) 1. 全光束の上段は0時間、( )内は100時間点灯後の値を示す  
 2. 「ニューデラックスホワイト」は、この外大きさ100~1,000Wの反射形(HRDF形)がある  
 3. 「ニューデラックスホワイト」と「ニューデラックスソフト」の定格は、本来別々の表に示すべきであるが、その定格値が同じ値であるため、便宜上一つの表に示した

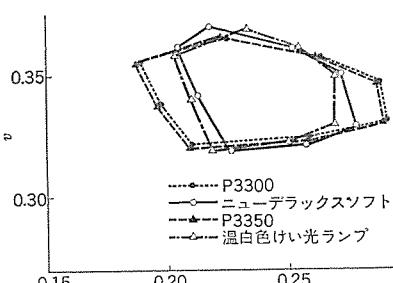


図11. ニューデラックスソフトの照明による試験色のUCS色度座標

る温白色けい光ランプと比べても優れており、暖色系の演色性が良好である。

また、快適性評価の $R_f$ 、 $I_a$ 及び色識別能力評価の $G$ は、いずれも温白色けい光ランプに近い値を示している。

図11. に、「ニューデラックスソフト」で照明したCIE No. 1~8の試験色のUCS色度座標を示す。「ニューデラックスソフト」で照明された試験色の色度座標で囲まれる8角形の面積は、温白色けい光ランプのそれとほぼ等しく、 $G$ 値が同程度であることが理解される。

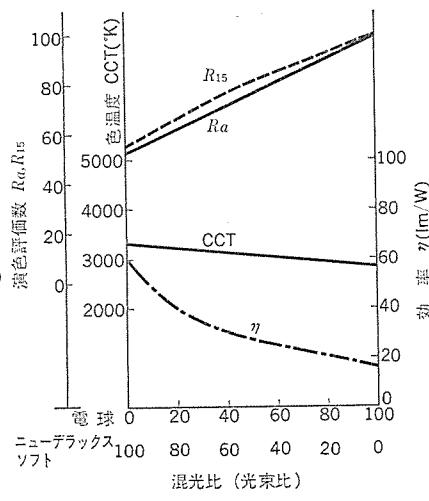


図12. ニューデラックスソフトと電球の混光データ

### 3.1.2 「ニューデラックスソフト」の効率、効率特性

「ニューデラックスソフト」の効率は「ニューデラックスホワイト」と同様400Wタイプで60lm/Wであり、効率特性も「ニューデラックスホワイト」と同等である。「ニューデラックスソフト」の定格を「ニューデラックスホワイト」とともに表4. に示す。

### 3.2 「ニューデラックスソフト」の応用

このランプは、演色性も良好で、色温度も3,300°Kと暖かみのある落ちついたふんい気を演出するのに適しているため、特にホテルやビルなどの屋内照明及び店舗照明などにその効果が発揮される。また、従来、電球が用いられていた場所に単独若しくは電球と混光して用いるのもよく、寿命、効率面で照明施設の経済性が改善される。図12. に、「ニューデラックスソフト」と電球の混光データを示す。

### 4. むすび

けい光水銀ランプの演色性改善について試み、新しい2種の演色性改善形けい光水銀ランプを開発製品化した。

この報告で紹介した2種のけい光水銀ランプは、いずれも従来になかった演色性と光色をもち、その使用される環境をあらかじめ想定して開発されたものであり、屋内外の幅広い分野で使用できるものである。今後、けい光水銀ランプの用途はますます拡大されて、新たな性能改善の必要が生じるものと思われるが、水銀ランプの実用性を更に高めるため努力を重ねる所存である。

最後に、この新しいけい光水銀ランプの開発にあたって多くの教示と協力をくださった関係諸氏に厚くお礼申し上げる。

(昭和51-8-4受付)

### 参考文献

- 立原、泰、栗津：三菱電機技報、34、No. 6, 759 (昭35)
- 小椋、大盛：三菱電機技報、35、No. 10, 1,433 (昭36)
- 大田、朝長、大谷：三菱電機技報、42、No. 8, 1,081 (昭43)
- 土井、馬込、大谷：三菱電機技報、48、No. 9, 1,059 (昭49)
- 栗津、大谷、村上：昭50照明学会全国大会8
- 栗津、大谷、村上：照明学会誌、60、No. 1, 8 (昭51)
- J. J. Opstelten, et al. : J. Electrochem. Soc. 120, 1,400 (1973)
- T. F. Soules and M. A. Maier : J. Electrochem. Soc. 121, 407 (1974)
- 猪島、岩沢、秋葉：昭48照明学会全国大会10
- H. L. Burrus et al. : J. Luminescence, 3, 95 (1971)
- D. B. Judd : Illum. Engng, 62, (10) 593 (1967)
- W. G. Pracejns : Illum. Engng, 62, (12) 663 (1967)
- W. A. Thornton : J. Opt. Soc. Amer. 62, (2) 191 (1972)

# 新しいメタルハライドランプ(ML形BOCランプ)

—安定器の小形化を可能にした新設計のランプ—

土橋理博\*・馬場景一\*・山本広二\*\*・若林正雄\*\*・伊吹順章\*\*\*

## 1. まえがき

この10年間、高圧水銀ランプの発光効率と演色性を向上させる目的で、各種金属ハロゲン化物を添加したメタルハライドランプが開発され、実用に供されている。

現在使われている一般照明用メタルハライドランプは、効率が80lm/W以上を高効率形、平均演色評価数 $R_a$ が90以上を高演色性形と定義すると、各種金属元素の導入により高効率形、高演色性形及び高効率高演色性形の3種類に大別できる<sup>(1)</sup>。すなわちナトリウム(Na)、タリウム(Tl)、インジウム(In)と、ナトリウム(Na)、スカンジウム(Sc)、[トリウム(Th)]のハロゲン化物の組合せによる効率80lm/W以上、平均演色評価数 $R_a$ 60~80の高効率形、すず(錫)(Sn)のハロゲン化物の添加による効率50lm/W、 $R_a$ 90以上の高演色性形、そしてジスプロシウム(Dy)、タリウム(Tl)、[インジウム(In)]のハロゲン化物の組合せによる効率80lm/W、 $R_a$ 90の高効率高演色性形である。この高効率高演色性形のメタルハライドランプは、効率と演色性を同時に高水準まで高めているために、技術的困難性が極めて高い。著者らは、これまでDyI<sub>3</sub>-TlI-InI<sub>3</sub>組成の高効率高演色性形メタルハライドランプ(三菱BOCランプ)の開発、改良を行い、量産化してきた。このBOCランプの特性向上のために、種々の工夫をこらしてきた。それらのうち発光管の外部要素に関しては、鉛直点灯時のアーキのスネイクの防止方法及び点灯回路の検討により、寿命中安定した特性を得る方法、原理<sup>(2)(3)</sup>、また発光管の内部要素に関しては、電極、金属ハロゲン化物封入量及び発光管形状などの検討により、ランプの光束維持率の向上、光色の変化及び寿命中のランプ電圧の上昇などを改良する方法を考案<sup>(4)</sup>してきた。しかし、従来からメタルハライドランプでは、始動、立ち消え等の問題から2次電圧の高い専用安定器を使わなければならず、このメタルハライドランプ用安定器は、高圧水銀ランプ用安定器に比べ大形で、重くかつ高価であるという欠点があった。

ここでは、BOCランプを回路電圧200Vで点灯可能にすることにより、従来の昇圧トランス、チョークと始動用スタータを内蔵した安定器から昇圧トランスを除き、スタータ内蔵シングルチョーク形安定器で点灯できる、新しいメタルハライドランプ「ML形BOCランプ」を開発し、安定器の小形・軽量化(約半分)に成功したので、この新しいメタルハライドランプと小形・軽量化した新しい安定器について述べる。

## 2. チョーク点灯時の問題点

従来からの昇圧トランス内蔵形安定器に対し、シングルチョーク形安定器でメタルハライドランプを点灯する時の問題点は二つある。

一つは、2次電圧を250Vに昇圧して始動用スタータを組み込んだ従来の安定器に対し、電源電圧と同じ200Vの2次電圧のまま使用するシングルチョークに、始動用スタータを組み込んだ安定器で点灯する場合、2次電圧は50V低くなり、高圧水銀ランプに比べ始動電圧の高いメタルハライドランプでは更に始動が困難になる。

もう一つの問題点とは、2次電圧が250Vから200Vに低くなる

ために、メタルハライドランプの寿命中のランプ電圧上昇に伴い、昇圧トランス内蔵形安定器点灯時に比べ、低いランプ電圧で立ち消えを起こしやすい。すなわち2次電圧が低いために、ランプの再点弧時に、従来より低い再点弧電圧でも、ランプの再点弧電圧が2次電圧をオーバーして、立ち消えに至りやすくなるからである。

そこで、この二つの問題点を解決するために、種々検討を行い、実用的に良い結果が得られたので、それについて述べる。

## 3. 始動特性の検討

一般にメタルハライドランプは、高圧水銀ランプに比べ始動電圧が高い。これは発光管内に、水銀のほかに金属ハロゲン化物を添加しているために、それらのハロゲン化物の影響で始動が困難になるからである。ランプの始動を困難にする要因は種々あるが、発光管内に金属ハロゲン化物を封入しているために、電極の電子放射性物質として、電子放射性の高いバリウムなどの酸化物が使えないこと、ランプを消灯した時に電極に付着したハロゲン化物と、吸湿性の高い金属ハロゲン化物と一緒に発光管内に封入されてしまう残留不純ガス、例えば水分などである。特に水分、水素などは遊離ハロゲンと反応してハロゲン化水素を形成し、これがランプ始動開始電圧を上昇させていると考えられる。したがってランプ製造中には、これら不純物が混入しないように細心の注意が必要である。このように始動電圧の高いメタルハライドランプを点灯するためには、回路に関しては、2次電圧を250~300Vに昇圧する方法及び昇圧した2次電圧に高圧パルスを重畳する方法によってランプを点灯可能にし、またランプに関しては、主電極以外に助補極を設け、主電極-助補極間でグロー放電を起こし、アーキ放電に転移させる方法と、電極物質として金属ハロゲン化物蒸気中でも安定でかつ仕事関数が比較的低いトリア(ThO<sub>2</sub>)、ジスプロシア(Dy<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)を用いる方法により、始動面で比較的良好な結果が得られた。

このように始動電圧の高いメタルハライドランプを、2次電圧200Vのチョークで点灯するためには、安定器の始動用パルスの改良と、ランプ自体の改良が必要である。はじめに、安定器の始動用パルスの改良について述べる。

現在のBOCランプ用安定器では、図1.(b)のように昇圧トランスにより2次電圧を250Vに昇圧しており、ランプ始動時の2次電圧波形は図2.(b)のように、2次電圧の半サイクルごとに高圧パルスを重畳しているが、「ML形BOCランプ」用安定器では、高圧水銀ランプ用安定器と同様な200V用のチョークに、2次電圧の両サイクルに高圧パルスを重畳して、ランプ始動時の2次電圧波形は図2.(a)に示すような形をしている。この安定器では、ランプ始動用高圧パルスの電圧はできるだけ低いことが望ましいために、高圧パルスの高さ、幅とランプ始動の関係を検討した。その結果、パルスの高さは、放電開始に関係し、パルスの幅すなわちパルスのエネルギーは、グロー放電からアーキ放電への転移に関係することが分かった。すなわち図3.のように、パルスの高さがAV以上であれば、放電を開始しやすく、

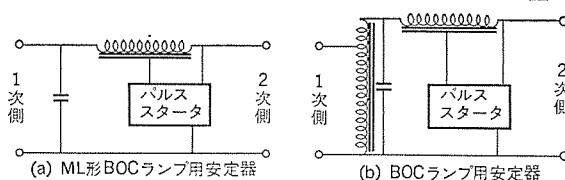


図 1. 安定器の回路図

パルス幅が  $B \mu s$  以上であれば、グロー放電からアーカ放電に転移しやすい。したがって、(a)領域であればグロー放電からアーカ放電に転移し、(b)領域ではグロー放電を起こすが、アーカ放電には転移しにくい。(c)(d)領域ではほとんど放電を開始しないが、一部グロー放電を開始したランプは、(c)領域ではアーカ放電に転移するが、(d)領域ではアーカ放電に転移しにくいという結果が得られた。このように、2次電圧 200V でも、両サイクルに高圧パルスを重複させて、パルス高さを  $A V$  以上、パルス幅を  $B \mu s$  以上にすれば、ランプを点灯することができる。

次に、ランプの始動特性改良について述べる。高圧水銀ランプの電極に一般に使われている酸化バリウム等のアルカリ土類金属酸化物を主体とした電子放射性物質は、電子放出能は優れているが、メタルハライドランプに適用すると酸化バリウムと金属ハロゲン化物との反応により、早期にその特性が失われるために用いることができない。そこで、一般にメタルハライドランプでは、電子放射性物質として金属ハロゲン化物蒸気中で安定で、かつ仕事関数が比較的低い  $\text{ThO}_2$  が用いられ、これにより始動特性は比較的よい結果が得られる。しかし  $\text{ThO}_2$  を使用した電極を  $\text{DyI}_3\text{-Tl}$  系メタルハライドランプに使用すると、電子放射性物質と金属ハロゲン化物との反応が起こり、電子放射性物質の消耗が激しく、比較的早期に電極先端が変形し、電極材料であるタンクスチンのスパッタによる管壁黒化により光束維持率が低下するため、BOCランプでは、電子放出能が比較的よく、かつ金属ハロゲン化物との相互作用が少なく、発光管内の系の物理的・化学的平衡状態を乱さない  $\text{Dy}_2\text{O}_3$  を電子放射性物質として用いている。しかし  $\text{Dy}_2\text{O}_3$  は、光束維持率の面では良好な結果が得られるが、 $\text{ThO}_2$  に比較し、始動面ではやや劣る。そのため、従来の仕様のままでは 200V 化できないので、何らかの工夫をこらす必要があり、始動に関して種々の検討を行った。その結果、発光管端部にメタルキャップを備えると始動が著しく改善されることが分かった。従来から BOCランプには、発光管最冷部である端部の温度を上げ、金属ハロゲン化物の蒸気圧を高め、高効率高演色性の特性を有するために、ジルコニア( $\text{ZrO}_2$ )を主成分とした白色耐熱保溫体を塗布している。この白色耐熱保溫体にかわって、発光管端部保溫と始動改良のために、耐熱性が高く、蒸気圧の低い難溶性金属板で一体成形して作ったメタルキャップを、発光管端部に装着した。このメタルキャップは、白色耐熱保溫体に比べ保溫効果が高い上に、主電極と、対向電位側のメタルキャップによる補助極の効果により、始動電圧を下げることができる。すなわち、主電極と、対向電位側のメタルキャップ間に電界が生じ、電子が加速され、発光管内の始動補助用アルゴン原子を励起したり、水銀を電離するため、発光管内にイオンや原子が多数存在する結果、主電極間で放電を起こしやすくなると考えられる。このメタルキャップの材質は、1,000°C における蒸気圧が  $10^{-10} \text{ mmHg}$  以下の金属又は合金を用いることにより、寿命中、外管内壁に金属が蒸発して、被膜を形成することなく安定であった。

$\text{DyI}_3\text{-Tl}$  組成の BOCランプのように、アルカリ金属ハロゲン化物を

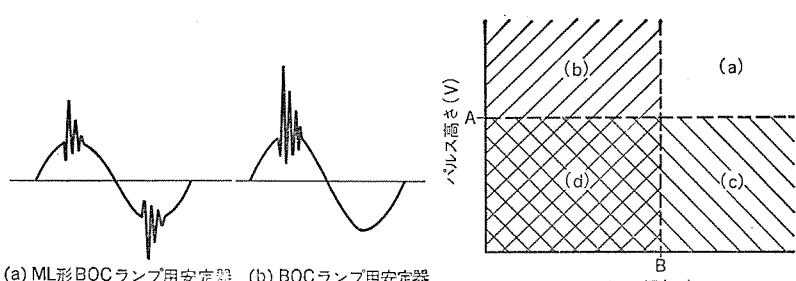


図 2. 安定器の2次電圧波形

(a) ML形BOCランプ用安定器 (b) BOCランプ用安定器

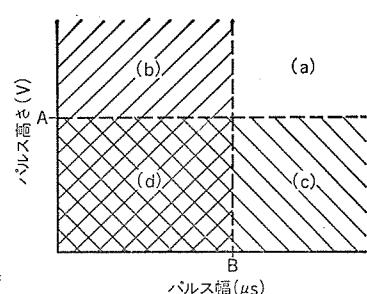


図 3. パルス高さ、幅によるランプ放電開始状態

#### 含まないメタルハライドランプ

では、動作中強力な紫外線の照射を受ける、発光管近傍に配置した金属からの光電子放射によって、発光管外壁に電子による電荷が形成され、発光管内外壁面に形成される電界によって、ナトリウム等のアルカリ金属の消失が起こるといった、アルカリ金属消失現象<sup>(5)</sup>が見られないために、メタルキャップで端部を保溫することが可能である。

このように、端部保溫用メタルキャップと、安定器の始動用スタートの改良により、スタート内蔵シングルショート形安定器で「ML形BOCランプ」を、瞬時に点灯することが可能となった。

#### 4. 立ち消えの検討

立ち消えとは、寿命中メタルハライドランプのランプ電圧が上昇し、ランプの再点弧電圧が、安定器の2次電圧を越えてしまい、放電が維持できなくなり消灯する現象である。2次電圧の低いシングルショート形安定器で点灯する場合は、昇圧トランジスト内蔵形安定器で点灯する場合に比べ、低い再点弧電圧、すなわち低いランプ電圧で立ち消えを起こす。そのため、200V シングルショートで点灯する場合は、ランプ電圧を低く設定することが望ましいが、実用的見地からランプ電圧の設定は十分な検討が必要である。その結果、寿命中のランプ電圧上昇及び器具内でのランプ電圧上昇を見込んで、BOCランプの定格ランプ電圧 130V を、「ML形BOCランプ」では 120V に設定した。「ML形BOCランプ」と BOCランプは、定格ランプ電圧が異なるため、初特性及び寿命の面から、互換性はない。図 4. には、2次電圧 200V で点灯した「ML形BOCランプ」(a)及び2次電圧 250V で点灯したBOCランプ(b)の、ランプ電圧とランプ電力の関係を示している。(a)(b)ともにランプ電圧の変化に伴うランプ電力の変化は、リードペーク形安定器点灯時に比べ少ない。(b)はランプ電圧が 140~145V でランプ電力が最大になるのに対し、(a)ではランプ電圧が 115~120V でランプ電力が最大となり、(a)(b)ともに、ランプ電圧の上昇に伴い、ランプ電力は低下する。立ち消え時のランプ電圧は、(a)では 150~155V、(b)では 175~180V であり、2次電圧 200V で点灯することにより、約 25V 立ち消えランプ電圧が低くなる。

立ち消え防止対策として、初特性時の定格ランプ電圧変更以外には、寿命中のランプ電圧上昇を極力減少させることである。ランプ電圧上昇の主な要因は、電極スパッタにより発光管端部に黒化が発生し、その黒化膜の保溫効果により端部電極近傍の温度が上昇し、その結果管内の金属ハロゲン化物の蒸気圧が高まり、ランプ電圧を上昇させることにある。

この電極スパッタ、すなわち電極主材料であるタンクスチンのスパッタの原因は、(1)電子放射性物質の枯渇による電極温度の上昇、(2)管内不純ガス、特に酸素によるハロゲンサイクル活性化による電極先端部変形(突起の形成)、(3)管内不純ガスと電極との反応などである。ここでは、これらの原因のうち(2)と(3)を改善するために検

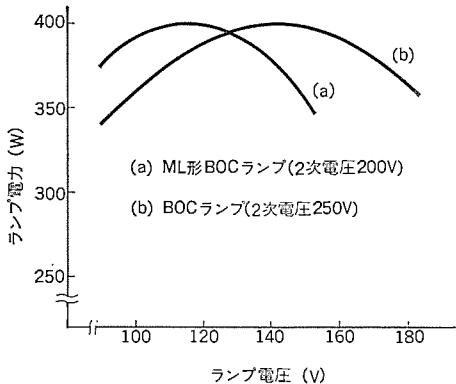


図 4. ランプ電圧とランプ電力の関係

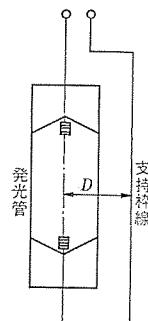


図 5. ML形BOCランプ片持ち図

討を行った。

メタルハライドランプでは、発光管内に封入されている金属ハロゲン化物の高い蒸気圧を得るために、発光管の形状を小さくし、管壁負荷を高くして、発光管の温度を高く保っている。水銀ランプの管壁負荷9~10 W/cm<sup>2</sup>に対し、BOCランプの管壁負荷は14 W/cm<sup>2</sup>とかなり高く、ランプ動作中の石英管にかかる負荷が高いので、石英自身の劣化が早く、その結果石英からの放出ガス量が多くなると考えられる。タンクステンスパッタの原因となる石英からの放出ガス量を減少させる一方法として、ランプの光学的特性を損なうことなく管壁負荷を12~13 W/cm<sup>2</sup>に下げ、動作温度を下げるにより、動作中の石英管への負荷を少なくすることを検討した。ランプ動作中のハロゲン化物の蒸気圧は、電極後方部内壁及びチップオフ部内壁温度により制御されている。管壁負荷低減に伴う最冷部の温度低下を防止するために、前記した保温効果の大きいメタルキャップで発光管端部を保温し、電極後方部内壁の温度上昇を計るとともに、動作中過剰のハロゲン化物が凝集するチップオフ部を中央に移し、その大きさを小さく形成してこの部分の温度上昇を計ることにより、光学的特性を損なうことなく、管壁負荷の低減ができた。

寿命中の、石英からの放出ガス量を減少させるもう一つの方法としては、鉛直点灯時のアーケースネイクを防止するためのマグネット方式から、アーケ電流と支持わく(枠)線電流による、相互電磁反発力を利用した片持ち方式にすることにより、放出ガス量を減少できた。

スネイク防止用マグネット方式は、鉛直点灯時の発光管下側電極近傍外壁部に設置して、発光管と直列に接続されたマグネットにより、電流の流れているアーケに直交する磁界を作成させると、アーケによる磁界との相互作用により横方向の磁界が発生し、アーケに作用してスネイクを止める方法である。このように、マグネットの電磁力により、下側のアーケを局部的に曲げておいたために、定格点灯時に比べ過負荷点灯時では、アーケの局部的な曲がりが大きくなり、アーケに近い部分の石英からの放出ガス量が多くなる傾向にある。

このマグネット方式に対し、図5のように、支持枠線を片側だけにした片持ち方式は、支持枠線を流れる電流と、平行でかつ反対方向に流れるアーケ電流との相互電磁反発力により、支持枠線と反対側にアーケを曲げる方法で、電極間全体の電磁反発力を用いており過負荷点灯時でも、アーケが局部的に曲げられ石英に近づくことがないために、石英からの放出ガス量が少なくなる。アーケ電流と支持枠線電流との相互電磁反発力は、ランプ電流値、及びアーケ中心と支持枠線中心との距離に関係し、弱過ぎるとアーケはスネイクを起こし、強過ぎると過負荷点灯時アーケが石英に極端に近づく。「ML形BOC

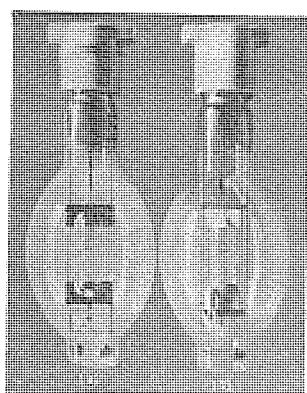


図 6. (a) 三菱 ML形BOCランプ  
MLBOC400C-V  
(b) 三菱BOCランプ  
M400C-BOC-V

ランプの片持ち方式での電磁力Fは、式(1)のようになる。

$$F = \frac{2I_L^2}{D} 10^{-2} \text{ (dyne/cm)} \quad \dots \dots \dots (1)$$

$I_L$ はランプ電流(A)、Dはアーケの中心と支持枠線中心間の距離(cm)である。ML形BOCランプ400Wでの電磁力F=1.6×10<sup>-1</sup>dyne/cmで、電磁力が比較的弱いにもかかわらずスネイクは起こらず、過負荷点灯時でもアーケは石英内壁に極端に近づくことなく、石英からの放出ガス量を減少できた。ここで、他のスネイク防止方法での電磁力を比較してみる。

発光管の鉛直に対する傾斜角度θを25度にすると、アーケのスネイクを防止でき、その時のアーケに作用している浮力 $F_\theta$ は、式(2)のようになる。

$$F_\theta = m \left( \frac{r^2}{d} \right) \frac{g}{10^3} \sin \theta \text{ (dyne/cm)} \quad \dots \dots \dots (2)$$

mは電極間距離1cm当たりの水銀量(mg)、rはアーケの径(cm)、dは発光管内径(cm)、gは重力の加速度であり、この結果、 $F_\theta = 3 \times 10^{-1}$  dyne/cmであった。この方法では寿命中アーケの浮力が強く、特に過負荷点灯時にアーケが石英に極端に近づき、石英からの放出ガス量が多くなり電極のスパッタが多かった。従来からのマグネット方式での電磁力 $F_M$ は、式(3)のようになる。

$$F_M = G \cdot I_L 10^{-1} \text{ (dyne/cm)} \quad \dots \dots \dots (3)$$

400Wランプの発光管下側のアーケスネイク部に、約1Gaussの磁束密度Gを有する磁界を作成させると、スネイクは停止した。この時の電磁力 $F_M = 3.85 \times 10^{-1}$  dyne/cmであり、片持ち方式に比べて、強い電磁力が必要であることが分かる。

このように、管壁負荷の低減及びアーケのスネイク防止方法の改良により、発光管からの放出ガス量を少なくて、電極スパッタを減少し、寿命中のランプ電圧上昇を少なくすることにより、立ち消え対策を行った。

「ML形BOCランプ」は、BOCランプに比べ、ランプ電流が増加したため、電子放射性物質の動作温度が適正になるように、電極のデザインを変更した。電子放射性物質の温度が高いと、物質が早期に消耗して、電極先端が変形し、タンクステンスパッタによる管壁黒化によって、ランプ電圧が上昇し、光束維持率が低下する。図6.(a)に、メタルキャップ片持ち方式の「ML形BOCランプ」を、(b)には、白色耐熱保温体塗布マグネット方式のBOCランプの外観を示す。

## 5. 特 性

### 5.1 ランプ特性

種々の検討の結果得られた、三菱「ML形BOCランプ」の定格値を表1に、分光エネルギー分布を図7に、電源電圧変動特性を図8に示す。発光管封入添加物にDyI<sub>3</sub>-Tl-Hgを使用し、スタート内蔵シングルショート形安定器で点灯可能な「ML形BOCランプ」の初特性は、表1に示すように、効率は80 lm/Wで平均演色評価数 $R_a$ 90が得られ、多種あるメタルハライドランプの中で効率、演色性ともに優れたメタルハライドランプである。この優れた特性は図7に示す分光エネルギー

表 1. ML形BOCランプの定格値

外 管	形 名	大き さ (W)	効率 (lm/W)	全光束 (lm)	ラン プ電 流 (A)	ラン プ電 圧 (V)	始動 時間 (min)	再始動 時間 (min)	平均演 色評価 数 $R_a$	色温 (°K)	平均 寿命 (h)	点灯 方向
透 明	ML BOC 250 C-H	250	68	17,000	2.45							水平 ±65° 鉛直 ±30°
	ML BOC 250 C-V		72	18,000		120	5	15	90	6,000	9,000	
	ML BOC 400 C-H		75	30,000	3.85							水平 ±65° 鉛直 ±30°
	ML BOC 400 C-V	400	80	32,000								
拡 散	ML BOC 250 F-H	250	64	16,000	2.45							水平 ±65° 鉛直 ±30°
	ML BOC 250 F-V		68	17,000		120	5	15	90	6,000	9,000	
	ML BOC 400 F-H		71	28,500	3.85							水平 ±65° 鉛直 ±30°
	ML BOC 400 F-V	400	76	30,500								

表 2. ML形BOCランプ用安定器の定格値

適合ランプ (W)×(灯)	定格電 源電圧 (V)	形 名	入力電流(A)		入力 電力 (W)	2次 電圧 (V)		ランプ電流 (A)		安定時
			始動時	安定時		始動時	安定時	始動時	安定時	
ML BOC 250 ×1	100	MD-250 HC 100· 6	4.8	3.2	285	200	3.8	2.45		
	200	MCD-250 HA 200· 6	2.4	1.6	275	—	3.8	2.45		
ML BOC 400 ×1	100	MD-400 HC 100· 6	7.2	5.0	455	200	6.0	3.85		
	200	MCD-400 HA 200· 6	3.6	2.45	440	—	6.0	3.85		

表 3. ML形BOCランプ用安定器とBOCランプ用安定器との形状比較

適合ランプ (W)×(灯)	定格電源 電圧 (V)	ML形BOCランプ用安定器				BOCランプ用安定器				重量 (kg)	
		外形寸法 (mm)			外形寸法 (mm)						
		重 量 (kg)	縦	横	全長	重 量 (kg)	縦	横	全長		
250×1	100	8.5	102	100	410	12	108	110	450		
	200	6.0	102	100	310	12	108	110	450		
400×1	100	10.0	110	114	430	14	108	110	500		
	200	8.5	110	114	350	14	108	110	450		

# 分布からも分かるように、可視部全域にわたって豊富な連続スペクトルを放射するジスプロシウムと、視感度のよい強力な535 nm の輝線スペクトルを放射するタリウムの組合せにより、 $R_a$  90、色温度6,000 °Kで、自然光とほとんど同じ光が得られる。またこのランプは、寿命中の電極スパッタを極力押さえることにより、ランプ電圧上昇による立ち消えの防止と、光束維持率の向上によって、寿命を9,000時間にまで延長できた。

## 5.2 安定器特性

「ML形BOCランプ」用安定器の定格値を表2に、「ML形BOCランプ」用安定器とBOCランプ用安定器との形状比較を表3に示す。

「ML形BOCランプ」用安定器は、昇圧トランジスタ除去することによって形状が小形になり、昇圧トランジスタ除去、ケースの小形化、コンパウンドの減量によって重量が軽くなり、表3の形状比較から分かるように、重量、大きさ共にBOCランプ用安定器の約半分になり、非常に扱いやすくなった。

## 6. むすび

高効率高演色性のBOCランプを200 Vシングルショートで点灯するためには、始動、立ち消えという二つの問題点があった。前者の解決策として、ランプにおける端部保温用メタルキャップの採用、点灯回路における始動用パルスの改良によって始動特性が改善された。後者の解決策として、ランプにおける(1)電極デザインの変更、(2)保温効

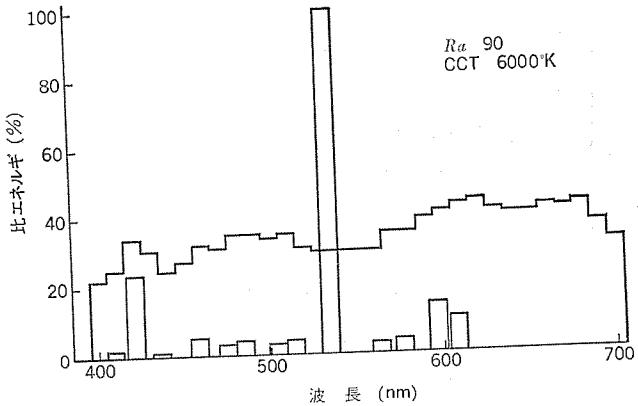


図 7. ML BOC 400 の分光エネルギー分布

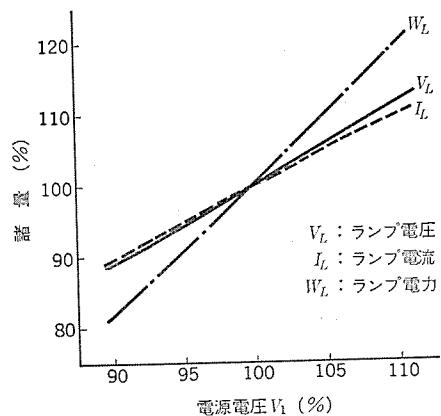


図 8. 電源電圧変動特性

果の大きい端部保温用メタルキャップによってなされた管壁負荷の低減、(3)アーカ電流と支持棒線電流との相互電磁反発力を利用しアーカのスネイクを防止した片持ち方式などによって、電極スパッタを減らし、ランプ電圧上昇を少なくして、立ち消えを防止することができた。このようにスタータ内蔵シングルショート形安定器で点灯可能になった「ML形BOCランプ」は、約半分に小型・軽量化された専用安定器と相まって、今後、照明の質的向上に使いやすさが加わり、大いに貢献できるものと確信する。

最後に、「ML形BOCランプ」の開発にあたり、惜しみなきご協力、ご指導をいただいた関係諸氏に深謝の意を表します。

(昭和51-8-4受付)

## 参考文献

- 土橋、馬場：高効率高演色性メタルハライドランプ、照明学会誌、60, 1, 27 (昭51)
- 竹田、土橋、若林、風間：メタルハライドランプ“三菱BOCランプ”的特性改善、三菱電機技報、44, No. 11, 1,447 (昭45)
- 竹田、土橋：ジスプロシウムを用いたメタルハライドランプの特性、電気学会、光源・関連装置研究会資料、LS-71-3 (昭46)
- 竹田、土橋、渡部：メタルハライドランプの改良一三菱BOCランプの特性向上一、三菱電機技報、46, No. 4, 407 (昭47)
- J. F. Waymouth, F. Koury, W. C. Gungle, C. Peterson : Sodium Loss Process in Metal Iodide Arc Lamps, Illum. Eng., 62, 4, 214 (1967)

## 水冷式照明システムの熱除去効果

山下紀夫<sup>\*</sup>・斎藤英三<sup>\*</sup>・大貫一志<sup>\*\*</sup>

## 1. まえがき

ビル内で消費されるエネルギーの節減が強調され出してから数年が経過した。しかしその問題がどれだけ効果的に実行されてきたかは疑問である。これらの問題に対処するためには総合的なシステムの観点に立って省エネルギー効果を追求する必要があるが、それがなかなか難しい問題であることも効果的に進んでいない一つの原因である。

ところでこの総合的システムの一つの例として、照明と空調との結合システムがある。いわゆる空調照明システムであるが、これは照明器具からの発生熱が空調負荷に相当の割合を占めるために空調負荷軽減などの効果をねらって利用されてきた。

また照明器具側からみれば発熱部の温度低下による照明効率の向上、あるいは器具の寿命延長などの長所があげられる。このような効果をねらって空冷式による空調照明システムが国内においても多く利用されそれなりの効果を上げている。この効果を更に向上するシステムとして水冷式照明器具を開発した。これは、従来空気により照明器具発生熱を除去していたものを水で除去するシステムである。ここでは、水冷式照明器具の特性について説明するとともに実際の建物に水冷式照明器具を設置して運転を行ったので、実装システムにおける照明熱の除去効果について述べる。

## 2. 水冷式照明器具の構造

水冷式照明器具は大きく分けて次の二つの目的が考えられる。

- (1) 通水して器具を冷却することにより、照明器具の構造材料を熱的に保護する。例えばハロゲンランプ、水銀ランプなどの光源からの熱放射が強いものにおいて、反射板やその他の構造材料の変質を防止する。

(2) 通水により照明器具からの発生熱を除去し、空調負荷を軽減させ、又は除去熱量を有効利用する。これは主に一般的に使用されているけい光灯器具が対象と考えられる。

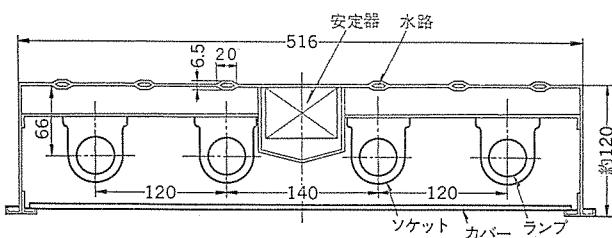
今回、実験により追究したのは後者であり、このために試作した水冷式照明器具の構造を図1.に示す。

### 試作した水冷式照明器具の仕様

形式：埋込カバー付き

ランプ：ラピッドスタート形直管 4 灯

安培器：直列逐次启动方式（2打高功率形） 2台



### 図 1. 水冷式照明器具

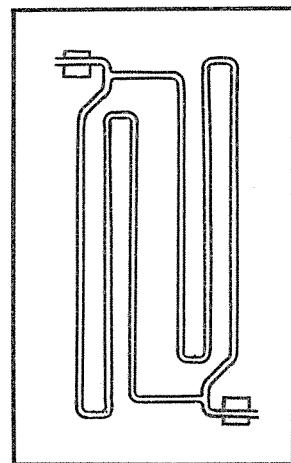
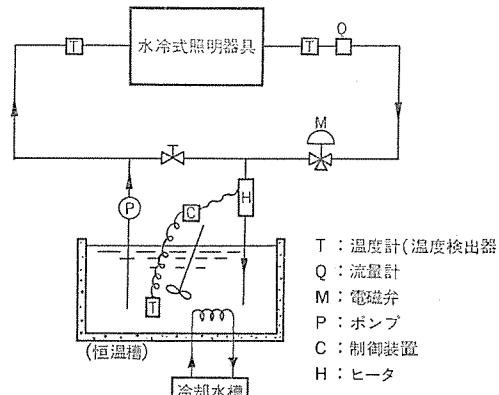


図 2. 水路パターン



### 図 3. 実験装置

ケース 天板：アルミニウム（アルミニウムボンド） 2.0 mm

側板：冷間圧延鋼板 0.6 mm

### カバー；透明クリスタルカットカバー

ケースに形成した水路は、冷蔵庫の蒸発器などで使用されているものと同じアルミロールボンド成形によるもので水路断面積は約 80 mm<sup>2</sup> で、これは内径 10 mm のパイプとほぼ同じ水路面積である。また、水路の全長は約 7.6 m で、更に水路内面は腐食防止のためのペーマイト処理を施してある。

水路のパターンは図2.に示すとおりで、安定器をケースの中央部に取付けられるように水路とランプが並行になるように設計した。また、アルミニウムは熱伝導率が大きく、水路から離れた部分でもかなりの冷却効果が発揮できることから、ケースは天板と側板を一体にし、器具内の空気がほぼ全面から効率よく冷却される構造とした。以上試作した氷冷式照明器具の構造を述べたが、次にこの器具の特性測定方法について述べる。照明器具を通過した水が除去する熱量は理論上式(1)によって求められる

ここで  $q_{\text{ext}}$  : 除去熱量 kcal/h

$t_{out}$  : 出口水温 °C

$t_{in}$  : 入口水温 °C

L : 流量 l/min

C : 比熱 kcal/kg°C

図3.は実験装置の構成を示す図で、こう(恒)温そう(槽)は冷却コイルで當時冷却されており、ヒータにより設定温度にコントロールされている。また、温度測定はベックマン温度計により読みとり、モニタ用として打点式記録温度計を併用した。流量測定は重量法を採用した。次にこれらの装置により測定した水冷式照明器具の特性について述べる。

### 3. 水冷式照明器具の特性

水冷式照明器具を採用する場合、空調システムに組み入れたシステムはいく通りの方法も考えられ、それらのシステムの効果を推定する上で重要なのが器具単体の特性である。水冷式照明器具の特性としては、器具が冷却される程度を表現したものと、水により除去される熱量を、入口水温や流量の変化でとらえたものの二つが考えられる。今回はそれらの特性を空冷式照明器具と比較しながら述べる。

図4.(a)は通水によって降下する各部の温度を測定したもので、その設定条件と結果をまとめると次のとおりである。

#### (1) 設定条件

流量 : 1.3 l/min

入口水温 : 20°C

器具周囲温度 : 25°C

#### (2) 測定結果

通水前 通水後

安定器表面温度 :	59°C → 44°C
器具内空気温度 :	44°C → 32°C
ランプ管壁温度 :	56°C → 49°C (ランプ中央)
" :	65°C → 57°C (" 端部)
天板温度 :	38°C → 25°C

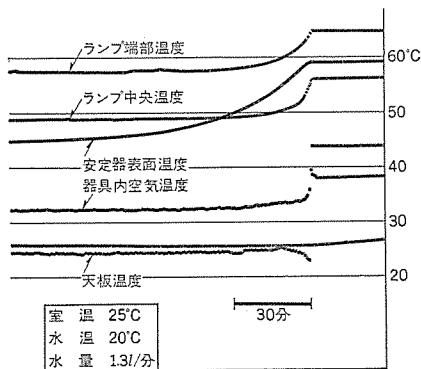


図4.(a) 各部の温度特性

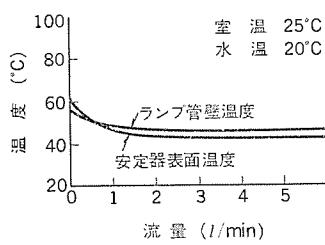


図4.(b) 水冷式の温度特性  
(40W 4灯カバー付き)

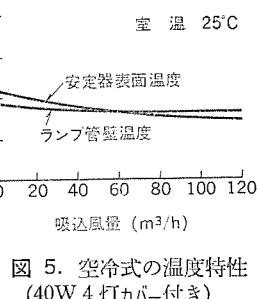


図5. 空冷式の温度特性  
(40W 4灯カバー付き)

これを空冷式照明器具の一例と比較したものが図4.(b)、図5.である。

次に除去熱量について比較してみると、図6.は水冷式照明器具への入口水温が22.5°C、25°C、27.5°Cの場合の除去熱量を、流量を変化させて測定したものである。ここで熱除去率は、熱除去率(%) = (除去熱量 / 照明器具電気入力) × 100 で示される。

除去熱量の中には、ランプや安定器からの熱のほかに、周囲の熱も含まれるので、入口水温が器具の周囲温度より数deg低くなると100%を超えることもありうる。

空冷式照明器具と水冷式照明器具とを比較してまとめると、図7.(a), (b)のようになり、水冷式と空冷式器具の差異はあまり

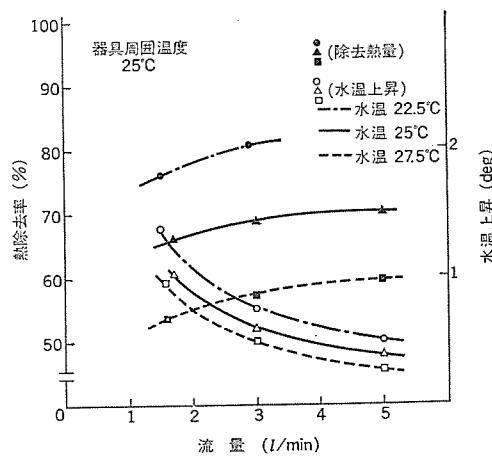


図6. 器具単体の熱除去特性

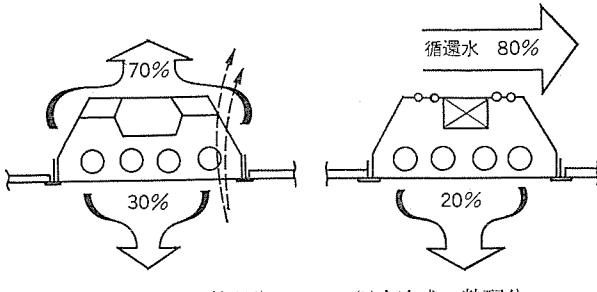


図7.(a) 空冷式の熱配分 (b) 水冷式の熱配分

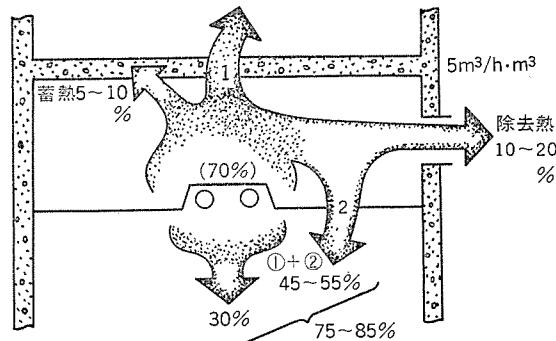


図8. 空冷式照明器具における熱移動

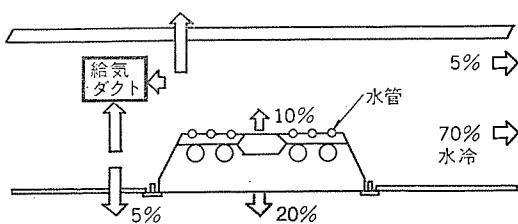


図9. 水冷式照明器具における熱移動

ない。しかし、空調システムとして考えると空気より水のほうがシステムを組みやすく、空調制御、回収熱の処理などで利用しやすい。

すなわちプレナムリターンシステムとして採用される空冷式照明器具の場合、熱除去率として表現した熱量は、一部が天井や床スラブなどから漏出するために除去可能な熱量は図8.に示すとおり、わずか10~20%に減少する。結局のところ空調負荷の軽減量や、回収利用

できる熱量はごくわずかということになる。一方水冷式の場合は、水温と室温の差が小さいので簡単な配管断熱でよく照明器具から除去された熱をそのまま室外に輸送可能で、図9.に示すように70%程度の照明熱が除去可能である。以上のことから空冷式照明器具と水冷式照明器具では、照明器具だけを考えると大きな差がないが、空調負荷の軽減や照明熱の利用の点では全体の効率において数倍の違いがあり、これは水冷式照明器具を評価する上で重要な要素である。

#### 4. 実装システムの特性

水冷式照明器具を利用しようとする場合、照明器具単体の特性をは（把）握することも大切であるが、それとともに次のような問題点から実装システムでの特性を把握する必要がある。すなわち、

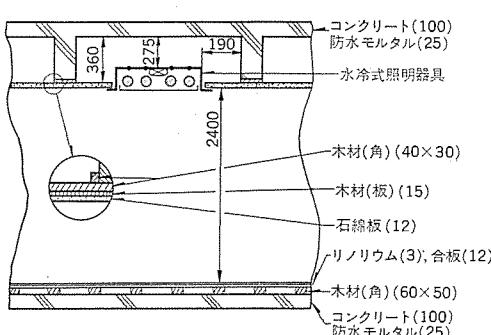
(1) 水冷式照明器具の水路は単独で使うより、数台を直列に連結して使用するほうが、運転費や設備費の点から有利であり、実際の建物に設置する場合には3～5台を連結して使用することになるが、このとき熱除去特性はどうなるか。

(2) 水冷式照明器具は運転費の安い冷却装置と組合せて使用したときにその効果を發揮する。したがって、ここでは冷却装置として冷却塔を用いるのが効果的であると考えられるが、果してこのとき所期の特性を得ることができるか。

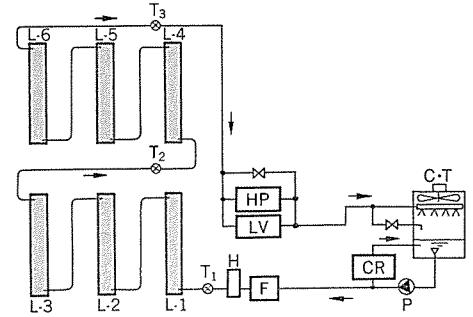
(3) システム及び水回路上にはどのような問題点があるか。

以上の点について解析、把握するため、当社商品研究所内の「ベターリビングセンター」（延床面積 423 m<sup>2</sup>、3F）の一室に水冷式照明器具（40W 4灯、カバー付き）6台を設置し、これと冷却塔などの空調機器とを結んだ実装システムを形成して、次の実験を行った。

(1) 照明器具群の特性： 照明器具6台（ここでは照明器具群と



### 図 11. 実験室概要



L<sub>1~6</sub> : 水冷式照明器具 (40W・4灯カバー付き)  
 CT : 冷却塔 (2Rt)  
 CR : 氷水装置  
 P : ポンプ (40l/min, 握程30m)  
 F : 流量計 HP : ヒートポンプエアコン T<sub>1~3</sub> : 温度計  
 H : ヒーター LV : リビングマスター

図 12. 水回路系統図

呼ぶ)当たりの特性であり、各シーズンにおける、入口水温、流量及び室温による熱除去特性や照明器具の冷却効果を測定する。

(2) システムの特性：冷却塔を含めたシステム全体での特性であり、除去熱をすべて冷却塔で放散するシステムを全シーズンを通して外気の気象状況そのままに運転したときの熱除去効果を測定する。

#### 4.1 システムの概要

照明器具の連結台数の熱除去効果への影響も検討するために、照明器具の水路は3台ずつ直列連結した2系統と、6台をすべて直列連結した1系統の2通りの水回路を設定できる構成とし、これに照明器具群並びにシステムの特性を測定するため、照明器具3台をユニットとして各ユニットの出入口に温度計、入口側に水温コントロール用のヒータ、出口側に流量計を設置した。そして循環用ポンプ、冷却塔などを備えた実装システムを図10.に示す。ここに室内側の水配管はすべて断熱をしてあり、冷却塔は地上に設置してある。また照明器具は階上の床スラブからアンカーボルトでつり下げている。

実験室の大きさは、間口×奥行×天井高さ：7.4×3.4×2.4 m であり、実験室の構造概要を図 11. に示す。

水回路の概略系統図は図 12. に示し、水は次のように循環する。  
 (1) 照明器具群特性測定では、冷却水を冷却塔及び冷水装置で設定水温より若干低くしたのち、ヒータで設定温度にコントロールし図 12. に示す矢印の方向に流す。(2) システムの特性測定では冷却水を冷却塔と照明器具の間を循環させる。

## 4.2 照明器具群の特性

表 1. に示す条件下で行った実験結果の中から、例として夏季並びに冬季における熱除去率と水温上昇の特性を以下に示す。図 13. は夏季、図 14. は冬季の熱除去率特性である。ここに熱除去率は式(2)で表される。

ここに  $\eta_e$  : 照明器具 6 台当たりの熱除去率

$q_{out}$  : " の除去熱量 kcal/h

表 1. 照明器具群特性の測定条件

季節	春	夏	秋	冬
時季	4月下旬	7月下旬	10月下旬	1月下旬
室温(°C)	24	26	24	22
入口水温(°C)	15, 20, 25	20, 25, 30	15, 20, 25	15, 20, 25
流量(l/min)	1.5, 3, 5(全シーズン共通)			

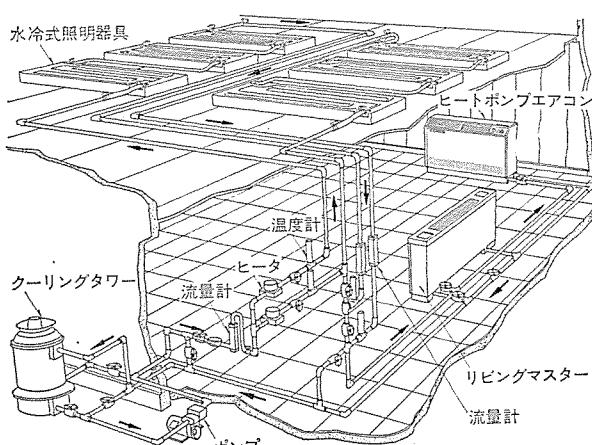


図 10. 水冷式照明器具装着率(%)

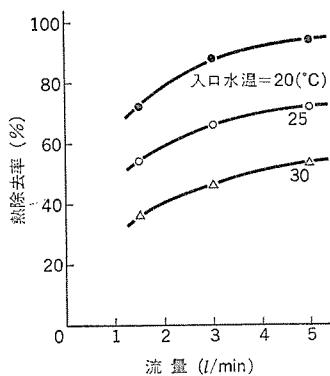


図 13. 热除去特性(夏季)

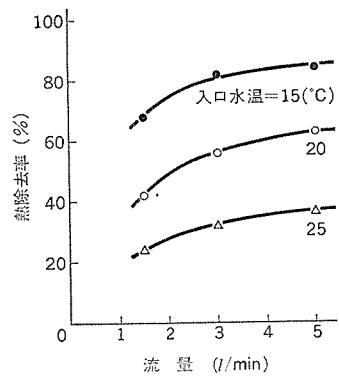


図 14. 热除去特性(冬季)

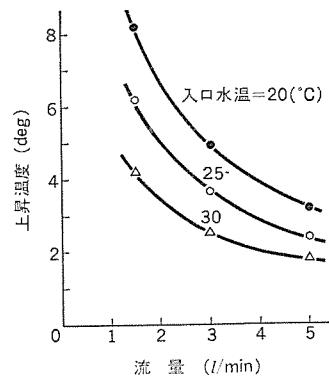


図 15. 水温上昇特性(夏季)

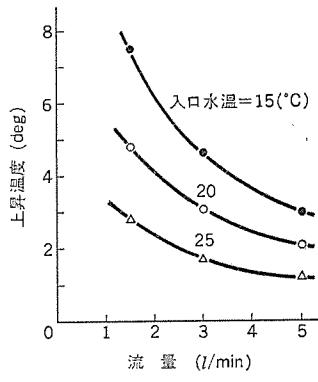


図 16. 水温上昇特性(冬季)

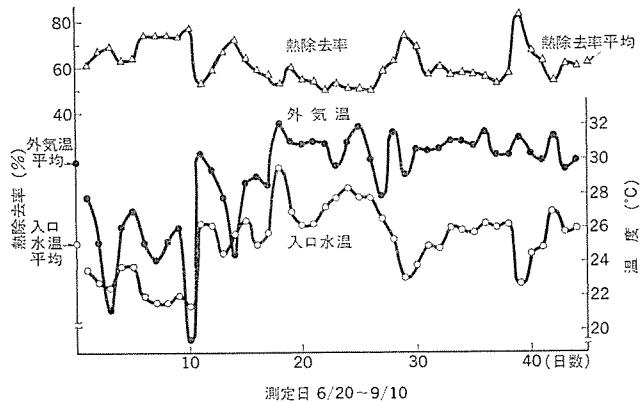


図 17. 热除去特性の日々の変化(夏季)

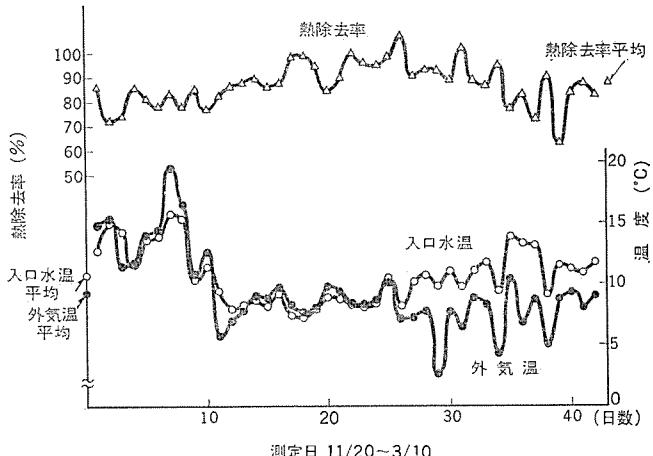


図 18. 热除去特性の日々の変化(冬季)

$q_{in}$  : 照明器具 6 台当たりの入力 kcal/h

図 15. は夏季、図 16. は冬季の上昇水温特性で、水温上昇値は照明器具 6 台当たりの出入口水温の差で、図 12. での  $T_1$  と  $T_3$  との温度差である。

以上の測定結果から次のことが言える。

- (1) 热除去率は流量を増加すると高くなるが、3 l/min のところではほぼ飽和状態になる。また送水動力軽減の点から流量はなるべく少なくする必要があり、3 l/min 以下で使用するのが効果的である。
- (2) 照明器具発生熱を除去するのが最も必要であり、かつこの熱除去が最も難しい夏季でも、入口水温 25°C、流量 3 l/min のとき約 65% 以上の熱除去率が得られる。
- (3) 冬季でも、主にインテリアゾーンにおいては照明熱による冷房負荷があり、これを軽減するために照明熱を除去することが必要で、流量 3 l/min、入口水温 15°C のとき約 80% 以上の熱除去率が得ら

れる。

(4) 水温上昇値（照明器具 6 台当たりの出入口水温温度差）は、夏季入口水温 25°C、流量 3 l/min のとき 3.7 deg となり、冬季入口水温 15°C、流量 3 l/min のとき 4.7 deg となる。

#### 4.3 システムの特性

東京地方における夏季の平均温度、湿度は DB 31.8°C, RH 65% (危険率 5%) で、このとき WB 26.4°C となり、冷却塔の容量が十分であるならば入口水温は湿球温度とほぼ等しくなり 図 13. より流量 3 l/min では約 64% 以上の熱除去が期待される。

照明器具からの除去熱を冷却塔だけで外部に放散するシステムを 1 年間にわたって運転した（土、日曜及び祭日は停止する）ときの測定結果の中から例として夏季（6月下旬～9月上旬）、と冬季（11月下旬～3月上旬）の熱除去率、外気温度及び入口水温の日々の変化を図 17. と図 18. に示す。

以上の測定結果から次のことが言える。

- (1) 夏季の平均では、外気温度 29.8°C、入口水温 25.1°C で熱除去率は 62% となり、最悪時でもほぼ 50% 以上の熱除去が得られた。
- (2) 冬季の平均は、外気温度 9.3°C、入口水温 10.8°C のとき熱除去率は 73% であった。
- (3) 年間の平均は、外気温度 19.5°C、入口水温 18.3°C で熱除去率は 73% となった。

また、水冷式照明システムの有用性を評価する一つの指標としてシステムの COP を考えると、COP は一般に達成仕事量／所要仕事量で定義され、水冷式照明システムの COP は、除去熱量／所要エネルギーで表される。この実装システムを試算すると冷却塔を含めた水冷式照明システムの COP は約 8 となり、これは一般的な空調機器の COP=3 ~4 に比較して 2~2.7 倍と非常に大きな値で、水冷式照明システムの効果が大きいことを示している。

#### 5. むすび

ビルの省エネルギーシステムを検討する上で空調照明システムは不可欠なものであり、この一環として水冷式照明システムの検討を行ってきた。この実装システムの例に示すように水冷式照明システムは冷却塔により熱除去を行うという簡単なシステムでもかなり大きい熱除去効果を示している。したがって、特に常時冷房負荷が存在するようなインテリアゾーンにおいては水冷式照明システムが有効に利用できることが明らかとなった。ここでは照明点灯時は、常に水を循環し冷却しているが、更にシステム効率を向上させるために建物負荷に合致したダイナミックなシステムコントロールからの検討が必要であると考えている。

# 黒板照明器具

石井重行\*・武田輝明\*

## 1. まえがき

教室における黒板照明の重要性はいまさら言うまでもないことに思うが、かつて夜学を経験した筆者の思い出の中には、不具合な黒板照明の記憶しか残っていない。そしてそれが現在でも放置されたままになっているように思えてならない。

例えは代表的な黒板照明器具として図1.に示すようなものが照明器具メーカー各社から発売されている。黒板前に光源をつり下げ、首振り自在として照射方向を調節できるとしているが、黒板のかなり近くにつり下げるのにもかかわらず、いい合わせたように反射面は白色塗装で、配光制御といつても生徒側に光を出さないでその分を前面に分配するだけの、変てつもないものである。したがっていくら首を振っても余り効果がなく、とても黒板面の鉛直面照度を均一化するだけの配光は得られない。

世の中がこれだけ進み、またそれを推進して行くこれらの若者が学ぶ環境の照明器具がこれであってはならないと思う。それではどのような機能にすべきかの検討をかね、新形式の黒板照明器具を2機種開発したのでここに紹介する。

## 2. 調査

JIS Z 9111-1975「照度基準」によれば、黒板面照度は鉛直面で500ルクスが必要であり、また、文献<sup>(1)</sup>によれば黒板灯は(1)生徒が黒板を見るとき、(2)先生が講義するとき、(3)先生が黒板に向かうとき、グレアを生じないように配置することが必要であり、更に黒板面中心の鉛直面照度を最大にするためには、黒板灯の照射方向がこの中心に対し55°となるように配置するのがよいとされている。開発に先立って、これらの関係が実際の学校の黒板照明

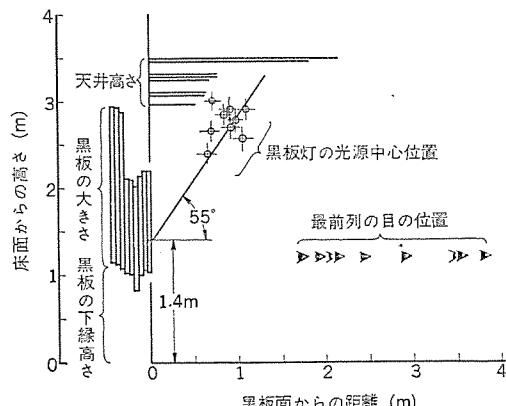


図2. 黒板照明の位置関係の測定結果

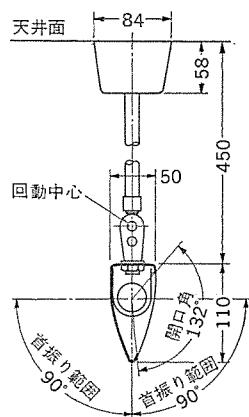


図1. 従来形の黒板灯の横断面(当社品)

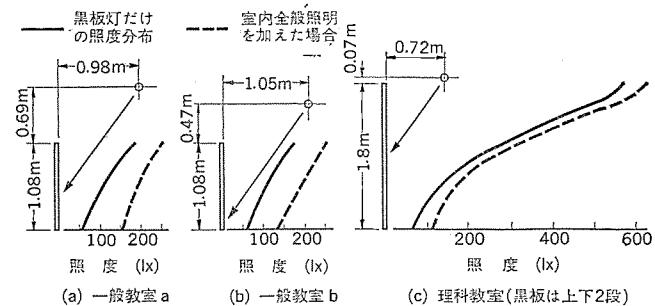


図3. 黒板灯の位置と黒板面照度分布の測定結果の例

でどうになっているか調査をし、開発の必要性の確認と設計に際しての設定条件のは(把)握を行った。各校とも、一般教室では夜間の授業が行われている学校を選んだ。

この結果から最近の学校では黒板の質も設備もかなり向上しており、特に黒板と黒板灯との位置関係では基本通り（黒板中心に対し俯角で55°となる位置）の配置がなされているが、黒板灯は図1.に示すようなものばかり使用されているので照明の質については当然、当初懸念していたような照度むらがかなり顕著に測定された。このほか、天井の高さ、教室の大きさ、最前列と黒板との距離などが開発のための有力な資料となった。

調査結果を図2.、図3.に示す。

## 3. 方針の設定

ここで、黒板灯が黒板に対するのよいとされている俯角55°が何から決まったかについて簡単に説明する。光源の光軸光度を( $I_0$ )、被照射面までの水平距離を( $\ell$ )、光源から最も明るくしたい点(P)までの鉛直距離を( $d$ )とすると、点(P)における鉛直面照度( $E_v$ )は

$$E_v = \frac{I_0 \cdot \ell}{(d^2 + \ell^2)^{\frac{3}{2}}}$$

( $\ell$ )だけを変化させて( $E_v$ )を最大にするには上式の極大値を求めればよい。上式を微分して

$$E_v' = \frac{I_0 \{ (d^2 + \ell^2)^{\frac{3}{2}} - 3\ell^2(d^2 + \ell^2)^{\frac{1}{2}} \}}{(d^2 + \ell^2)^{\frac{5}{2}}} \\ (d^2 + \ell^2)^{\frac{3}{2}} - 3\ell^2(d^2 + \ell^2)^{\frac{1}{2}} = 0$$

とおいて、 $(d^2 + \ell^2)^{\frac{1}{2}}$ で割ると

$$d^2 + \ell^2 - 3\ell^2 = 0 \quad \therefore \frac{d}{\ell} = \pm \sqrt{2} \quad \therefore \theta = \tan^{-1} \sqrt{2} \approx 55^\circ$$

照射方向を55°にした場合、照明器具の配光が図5.に実線で示す $\{I_\theta = \cos^3 55^\circ / \cos^3 (55^\circ - \theta)\}$ に比例した形であれば、照射方向より上部の黒板面で均一な鉛直面照度が得られる。一方、一般的白色反射面による照明器具の配光は図5.に点線で示す完全拡散面の配光 $\{I_\theta = \cos \theta\}$ に近似したものとなるので、両者を比較すると白色反射面を有する実際の黒板灯の照度むらが推測できるが、俯角0°～30°の間で鉛直面照度は俯角55°方向の被照点の3倍以上になり、特に15°付近では約3.7倍に達する。これを防止するためには照射方向の俯角を55°より小さくする、すなわち黒板との水平距離を広げる

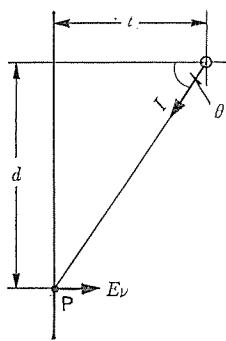


図 4. 最適照射角導出のための説明図

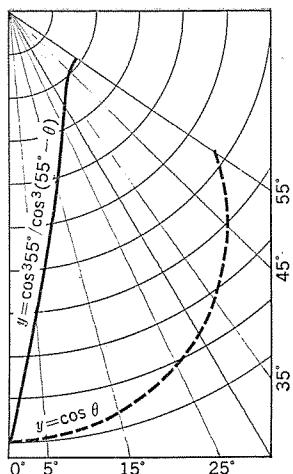


図 5. 理論値による配光曲線

か、つり下げ長さを長くするかであるが、前者によ

れば利用光束が減少して被照点の照度も下がってしまい不経済となるし、後者によれば黒板灯が視野内に入ってきて後方から黒板を見る場合には黒板に重なってしまうことも起り好ましくない。そうなるとあとは配光を制御するしかない。以上の観点から、反射面は配光を強力に制御できる鏡面とする必要性を確認した。そしてけい光灯を光源にした場合には、反射面が鏡面であっても光源が大きいために反射面の大きさを限定した場合には極端な制御が行えないことが、過去の大小放物面の実験で確認されていたので、配光を最も集約できる放物面の中から反射面の曲面を選択することにした。

更に、配光の制御によって光束が効率的に利用されるなら、従来の一般的な黒板灯のようなつり下げにせずに、目立たない位置から照射できるようにしたほうがより好ましい。このような観点から天井じか付け、又は埋込みの2種を計画した。天井じか付け・埋込みの黒板照明器具は当社にも納入の実績があり、他メーカーでも従来から発売されているが、これらに欠けている点は光源を目立たなくさせるという本来の趣旨に反してかなり後方から見ても光源が直接見えてしまうことである。開発品についてはこの点も改良し、更にこのしゃ(遮)光により得た光束を有効方向へ照射するように計画した。

また、このように配光機能が向上してくると従来のもの以上に用途が拡大され、黒板照明ばかりではなく展示場や美術館などの照明にも十分活用されよう。そのような場合には照射方向は55°に固定することなく臨機応変に調整が可能なようが望まれよう。開発品のうちじか付け形ではこの点についても広い範囲で照射方向が変えられるように計画した。

#### 4. 設 計

##### 4.1 鏡面の選択

正反射率の高い鏡面としては、金属めっき、アルミ電解研磨などが古くから知られているが、金属めっきは公害関係からあまり使われなくなったし、反射率自体もアルミ電解研磨などに比べて劣っている。一方、アルミ電解研磨は反射率は良いが材料が純度の高いアルミに限定され、価格、意匠上のまとまり等に問題が残る。これらに比べ省資源形の鏡面として最近急速に普及してきたものにアルミ真空蒸着がある。これは純度の高いアルミ材を真空中で加熱蒸発させる一方、電荷をかけて樹脂などの表面に付着させ被膜するもので、蒸着膜の厚さ自体は数μと極めて薄いため、材料アルミの消費が非常に少ない上、基材が何であっても樹脂膜をコーティングしておけばそ

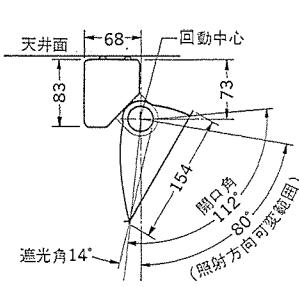


図 6. 開発されたじか付け形黒板灯の横断面

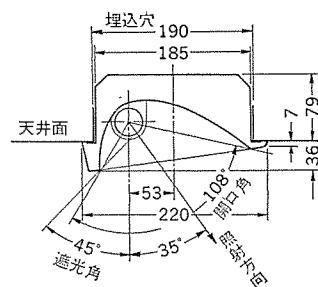


図 7. 開発された埋込み形黒板灯の横断面

の表面を被覆することができるので、意匠上のまとまりを自由に選択できる。更にアルミ自体の純度が非常に高いので反射率も一般的なアルミ電解研磨より高い。欠点は膜が薄いので摩擦に弱いことであるが、これは蒸着膜の上に更に樹脂膜をコーティングすることではなく剝離を防止することができる。

これらの長所短所を見究めた上でアルミ蒸着の採用を決定した。

##### 4.2 じか付け形の構成

反射面形状はランプ中心を焦点とする放物面を基準とするが、制御角を大きくし、かつ全体を小形にまとめ上げるためにその放物面はランプ半径より小さい焦点距離とし、ランプ近傍ではランプを中心とする円弧でつないでまとめた。反射板の開口角は112°と従来品より20°も狭くして反射面により制御できる光量の増大をはかった。照射方向は俯角10~90°の範囲で自在とし、俯角55°方向に照射の場合は直下から器具の後方14°以後でランプの直射光が完全に遮光されるように設定した。これは3.4mの高さの天井にじか付けした場合黒板面から2mの距離に居る最前列の生徒の目にもランプの直射光が入らないことになる。

また、照射方向を変える構造はランプ・ランプソケットを組み込んだ反射板全体を自在金具で回転させるのが通常の方法であったが、光源を動かさずランプ軸を中心として反射板だけを回転させるほうが理にかなっており、機構的にも簡単になるはずであるとの方針のもとに検討を重ね、ランプソケットを本体から斜めに突出させることで本体が反射板の回転の際障害となることを防いだ構成の独創的な意匠にまとめた。(実用新案・意匠登録申請中)

開発されたじか付け形の横断面を図6に示す。

##### 4.3 埋込み形の構成

反射面形状はじか付け形と同じくランプ中心を焦点とする小さい放物面とした。照射方向は俯角55°とし、枠の形状は開口が照射方向の側に約8°傾斜した独特のものとしたが、これにより器具本体の小型化と制御角の増大という、一見矛盾した二つの問題が同時に解決できた。埋込み穴の幅は従来の市販品より80mmも狭くなり、器具の小型化による材料費、輸送費等の節減を実現させたほか、開口角も17°狭くすることができて、その分反射面により制御できる光量が増大した。更に器具後方におけるランプ直射光の遮光角も従来市販品の鉛直角50°に対し45°と改善され、独創的機能的な意匠にまとめ上げられた。(実用新案・意匠登録申請中)

開発された埋込み形の横断面を図7に示す。

#### 5. 実験と結果

##### 5.1 配光

回転測光台と光電池式自記光度計の組合せにより、距離10mで從

来品と比較して測定した結果を図8.に示す。光軸光度はじか付け形で当社従来品の2.5倍、埋込み形では3.1倍に達している。これは、従来品より1.6~1.7倍黒板面より離れた位置から照射しても、被照点は従来品と同等の鉛直面照度が得られることを示し、具体的には従来黒板面から水平距離で0.8m離れた所につり下げていたものの代わりに、黒板面から水平距離で1.4m離れた天井面に埋込んでも被照点で同等の照度が得られることになる。この例で示すように、従来のつり下げ形をつり下げていた同じ天井にこの開発されたじか付け・埋込み形をじか付け又は埋込んでも、一般につり下げ形のつり下げ長さは500mm程度であるから、照射方向さえ同じ条件ならば本来の明るさの面で劣らないか、むしろ向上することが分かる。

## 5.2 黑板面照度

5. 1節で述べたことは、光源がけい光ランプの場合には光源が大きいのである程度補正する必要がある。これを確認するために、光源の位置・照射方向など同じ条件で黒板面照度を従来品と比較して測定した。測定条件は市販の長さ1.8mの緑色ほうろう黒板を最下縁が床上0.8mとなるようつり下げ、光源は床上1.4mの黒板面上の

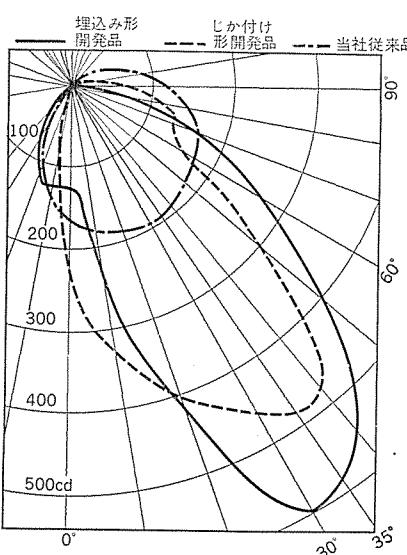


図 8. 配光測定値（ランプ軸に直角方向）

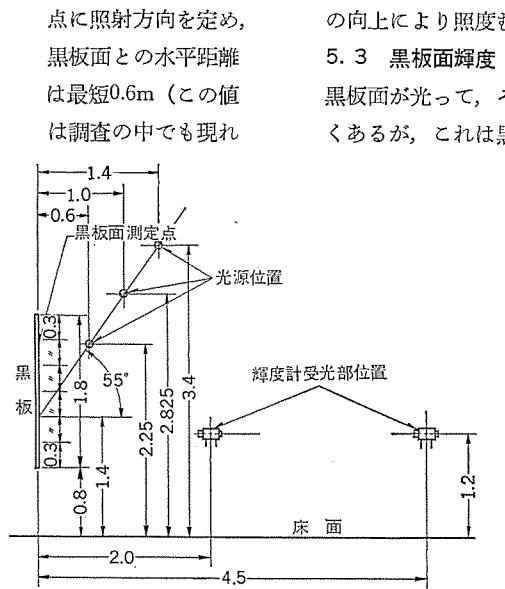


図 9. 墨板面照度分布、輝度分布実験装置(単位:m)

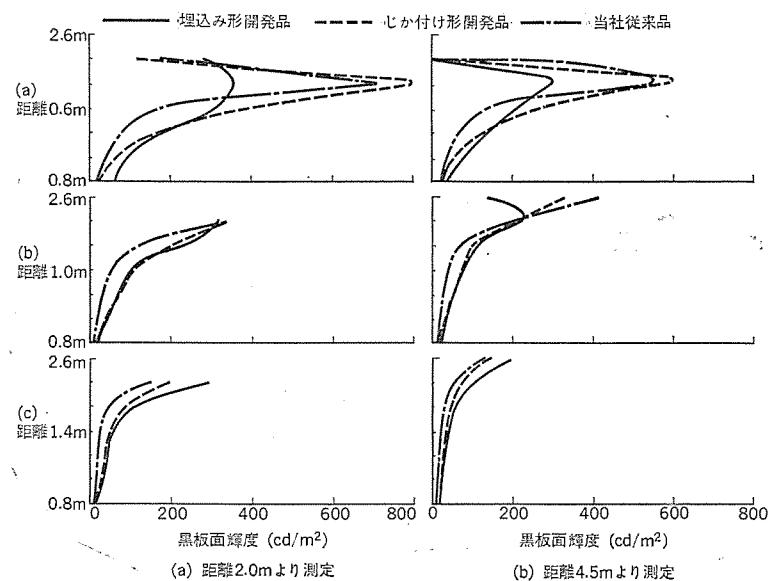


図 11. 黒板面輝度分布測定結果

なかったので現実には余りないと思われる), 一般的の条件に近い1.0 m, じか付け又は埋込みにした場合最も多く現れると思われる 1.4 m の3段階とし, 黒板の最下縁から 0.3 m 刻みで最上縁まで 7 点の位置の黒板面照度を測定した。(図 9. 参照)。

結果を図 10. に示す。水平距離 0.6m ではいずれも最大値が 700 ルクスを越えているが、その最大値は従来品では高さ 2.0 m 付近であるのに対し開発品では高さ 1.7 m 付近であり、かつ最小値はいずれも高さ 0.8 m の点であるがその値は従来品に比べ開発品が大幅に大きいので、最大値と最小値の比は従来品の 8.5 : 1 に対し開発品では埋込み形、じか付け形とともに 3.9 : 1 と大幅に改善されている。その傾向は水平距離 1.0 m では最大値の位置はそれぞれ 0.3 m 上方に移行するが他は同様で、最大値 : 最小値は従来形 7.0 : 1、埋込み形 3.1 : 1、じか付け形 3.3 : 1 と更に改善され、水平距離 1.4 m では従来形の最大値の位置は遂に黒板の最上端となって何を照明しているのか分からぬような照度分布となったが、最大値 : 最小値を同様に比較すると従来形 6.6 : 1、埋込み形 3.1 : 1、じか付け形 2.3 : 1 となる。

この結果から単純に比較しても、開発品は従来品に比べ最小照度の向上により照度がらが半分以下に改良されているといえる。

### 5.3 黑板面輝度

黒板面が光って、その上に書かれた文字が非常に見づらいことがあるが、これは黒板面のひどい昭度すらが原因であると勝手に

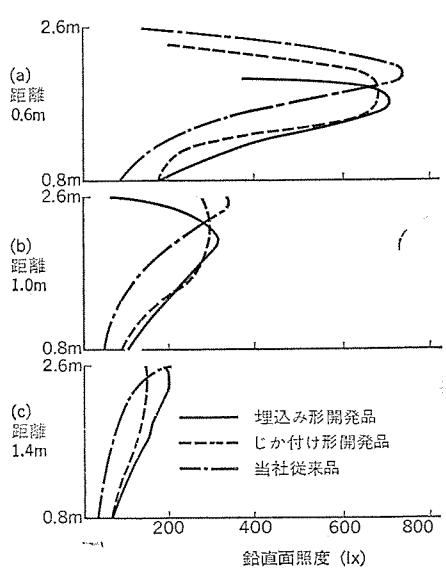


図 10. 黒板面照度分布測定結果  
(ランプ軸に直角方向)

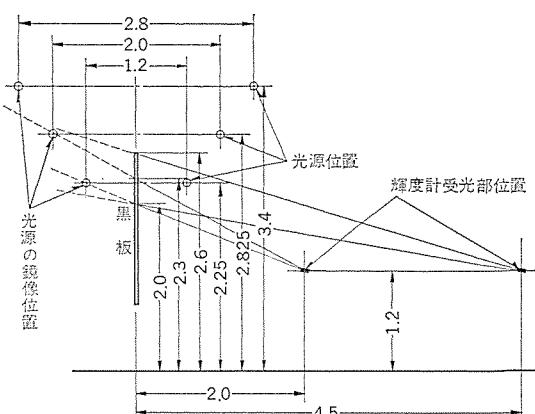


図 12. 測定位置と光源の鏡像との関係（単位：m）

解釈していたので、これが少なくなれば当然このような欠陥も改善されるであろうとの考え方の下にそれぞれの器具の各条件の場合にどのように光って見えるかを黒板面照度測定と同時に輝度計とカメラを使って測定した。

黒板面から水平距離で2m(一般教室の最前列を想定)及び4.5m(同じく中央部を想定)の点の床上1.2mの高さ(座ったときの目の位置を想定)から黒板面を測定及び撮影した。なお、輝度計の視角は1°のものを使用した。測定値を図11に示す。結果は意外にも5.2節の照度分布にあまり関係なく、しかも一般の輝度比の基準に比較して非常に悪い値となった。これは黒板面が予想外に正反射面的な特性をもっていたためで、図12に示すように鏡像の現れる位置を作図して輝度の高い点と照合するとよく適合する。もちろん、1メートルの市販ほうろう黒板一つをとらえてすべてに適用するような結論を得ることは無理な話であるが、この辺、黒板メーカーがどのような考え方で黒板を製作しているのかあわせて確かめておく必要がある。

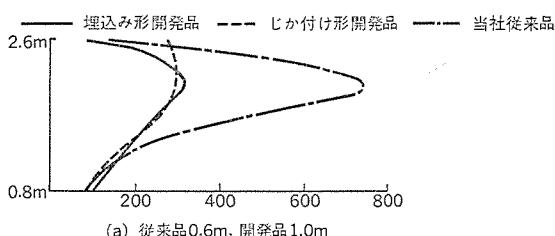
いずれにしても正反射光が視作業の妨げにならないように光源を配置すべきであり、そのためにも光源と黒板面との水平距離を離すことができる開発品のほうが有利といえる。

## 6. 考 察

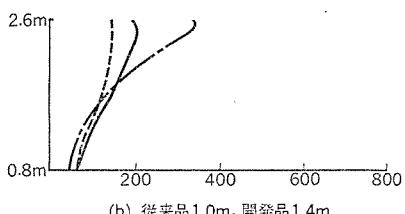
### 6.1 黒板との相関位置

調査の結果によると、一般的な教室用黒板は上下にスライドさせるものを除き、下縁が床上高さ1m、上縁が2~2.2m程度で、光源と黒板との水平距離は1m弱、光源の天井からのつり下げ長さは約0.5mである。そうすると、図12に示す黒板高さ2.3mの測定点で出てくる鏡像は一般には黒板面がそこまではないから余り心配はない。問題なのはそれより低い位置にある光源の鏡像である。例えば、黒板前0.6mにつり下げている光源はじかけや埋込みにすることにより位置を移して、黒板面に鏡像を作らないようにする必要がある。

俯角55°の軸上を光源の高さが0.5m高くなるように光源を後退させると、黒板面との水平距離は0.35m広がる。したがって、黒板前0.6mにつり下げたものは黒板前0.95mの天井面にじかけ又は埋込みしたものと比較しておけば同じ建築物で代替できる。ここでは実際より少し厳しく、黒板前1mの埋込み・じかけ形と比較した。また同じく黒板前1mのつり下げについて、黒板前1.4mの



(a) 従来品0.6m, 開発品1.0m



(b) 従来品1.0m, 開発品1.4m

図13. 水平距離を組合せた場合の照度分布

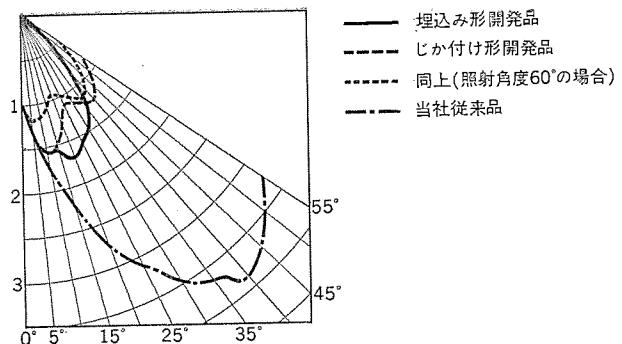


図14. 配光測定値と  $y = \cos^3 55^\circ / \cos^3 (55^\circ - \theta)$  の比

埋込み・じかけ形と比較した。結果を図13に示す。

つり下げが黒板前0.6mのものとの比較では開発品のほうが不利なように見えるが、最低照度を見ると必ずしも不利とはいえない。黒板面の照度は最低限300ルクス必要で、開発品のほうに若干厳しい比較をしていることを加味すれば最低照度を維持するには従来品のほうが余分な台数を必要とする。正反射グレアの防止効果や照度むらの改善を考慮に入れると開発品を使用したほうが断然有利といえる。黒板前1.0mのつり下げとの比較は更に有利性が増している。なお、従来の一般教室でも黒板灯は大体2台以上並べて使用しているが、開発品を連続して使用すれば最低照度の維持も容易で、またじかけ形では反射板をすき間なく連続できるような回転機構としている。(実用新案申請中)

### 6.2 各器具の配光機能の相違

埋込み形はじかけ形より照射方向の光度がかなり大きくなつたが、これは反射面が同じ放物面でも埋込み形のほうが焦点距離が大きく、また開口角も小さいから制御できる光量も多く、更にじかけ形ではランプ近傍の一部を放物面としなかつたことから当然といえる。しかし、じかけ形ではその分、照射方向可変の機能を付加しているので埋込み形とは別の用途が開けるであろう。図14は、図8に示す各配光を35~90°の範囲、じかけ形については更に40~95°の範囲でこれを0~55°におきかえ、図5に示す理論式の配光 $\{y = \cos^3 55^\circ / \cos^3 (55^\circ - \theta)\}$ と比較したものである。従来品では40°方向が0°方向の4倍弱の値となっているが、開発品では2種とも最大値が2倍以下と、大きく改善されていることは、黒板面照度で述べた事実とも一致している。更にじかけ形では40~95°の範囲を利用した場合には図14の0~45°の範囲で最大値1.2以下と、極めて均齊度のよい照明が得られるなど、用途に応じて使うことができる。

## 7. む す び

現状の黒板照明に疑問をもち、その疑問の理由を調査により確認し、その結果に基づいてほぼ所期の目的を達成できる黒板灯を開発し得たことは、開発担当者として本望ともいべきであろうが、しかし一方でこれを使う側の十分な理解がなければ折角の開発も生かされないことになるので、本来的に視作業を目的としている黒板の照明が、現状のままで放置されてよいものかを改めて世に問いたい。

最後に、ともに開発を推進していただいた関係者のご苦労、深い理解とご協力をいたいた学校関係者及び上司の方々に深甚なる謝意を表する次第である。

## 参 考 文 献

- (1) 照明学会編：新編照明のデータブック、P. 332 (昭47)

# 三菱カラーシャドー照明システム

—カラフルな美しい色影をつくりだす新しい照明方法—

土橋理博\*・斎藤正人\*・山ノ下真理\*・桂秀年\*\*・前山紘一郎\*\*\*

## 1. まえがき

“光”それは永遠に人類の友である。光のあるところ、そこには生命があり、喜びがあり、また悲しみも生じる。我々は光の恩恵にどれほど浴しているかはかり知れない。

“影”それは光の友である。光のあるところ、そこには影が生じる。影もまた我々の友である。我々は今までこの友を十分大事に扱っていなかった。光の機能性、明視性だけを追求して、「いかに影をつくらないようにするか」これが今までの照明設計の一つの大課題であった。

影をつくらないようにするのではなく、「影を積極的に利用し、影を楽しめる照明があつてもよいのではないか?」この発想の転換が、三菱カラーシャドー照明システム開発の起点であった。

影の色は、一般に無彩色(黒)であり、これでは何の変哲もないものである。この影にカラフルな色が着いたらどんなに楽しいものになるであろうか。光の加法混色の原理を応用することによって、この着想を具現化した。

三菱カラーシャドー照明システムは、光のもう一つの世界である光そのものの審美性、装飾性を追求して、カラフルで美しく、幻想的な色影をつくりだす全く新しい照明方法である。

## 2. カラーシャドー照明システムの原理

光源から放射される光を物体に照射すると、物体の後方には無彩色(黒)の影が生じる。これが通常の影であり、光のあるところどこにでも存在する。いろいろな光色の光源で物体を照射すると、被照体、影及びその周辺は、光源の特性に応じてさまざまに変化する。以下に、白色の床面に置かれた円柱状の白色物体を、いろいろな光源で照射した場合について詳しく説明する。

図2.は、光源がだいだい(橙)色のカラーランプの場合を示す。物体の後方には無彩色の影が生じ、その周辺は光源の色と同じ橙色になる。光源が緑色のカラーランプの場合には、物体の後方には無彩色の影が生じ、その周辺は光源の色と同じ緑色になる。光源が青色のカラーランプの場合には、物体の後方には無彩色の影が生じ、その周辺は光源の色と同じ青色になる。カラーランプが2種類になると、影の様子に大きな変化が現れる。(カラーページ参照)

図3.は、光源が橙色と緑色の2種類のカラーランプの場合を示す。物体の後方には、橙色と緑色の2種類の色の着いた影(色影:カラーシャドー)と、無彩色の影が生じ、その周辺は橙色と緑色のカラーランプからの光が当たり加法混色(異なる色の光が混光して、それらとは別の新しい色の光がつくれることを、光の加法混色といふ)して黄色になる。これら2種類のカラーシャドーのうち、橙色のカラーシャドーは、緑色のカラーランプからの光の物体による影の部分に橙色のカラーランプからの光が当たり橙色になり、緑色のカラーシャドーは、橙色のカラーランプからの光の物体による影の部分に緑色のカラーランプからの光が当たり緑色になる。無彩色の影の部分は二つのカラーランプか

らの光の物体による影が重なった部分で、どちらのランプからも光が当たっていない部分である。

また、光源が緑色と青色の2種類のカラーランプの場合も同様に、物体の後方には緑色と青色の2種類の色の着いた影と無彩色の影が生じ、その周辺は青緑色になる。更に光源が青色と橙色の2種類のカラーランプの場合も同様に、物体の後方には青色と赤色の2種類の色の着いた影と無彩色の影が生じ、その周辺はピンク色になる。カラーランプが3種類になると、影の様子に更に大きな変化と多様性が現れる。

図4.は、光源として橙色、緑色、青色の3種類のカラーランプを用い、橙一緑一青の順序で配列した場合を示す。物体の後方には黄一橙一ピンク一青一青緑の順序で5種類の色の着いた影と無彩色の影が生じ、その周辺は橙色、緑色、青色の3種類のカラーランプからの光が当たり、加法混色して白色になる。これら5種類のカラーシャドーのうち、黄色のカラーシャドーは、青色のカラーランプからの光の物体による影の部分に橙色と緑色のカラーランプからの光が当たり、加法混色して黄色になる。橙色のカラーシャドーは、青色と緑色のカラーランプからの光の物体による影の部分に橙色と青色のカラーランプからの光が当たり、加法混色してピンク色になる。青色のカラーシャドーは、橙色と緑色のカラーランプからの光の物体による影の部分に青色のカラーランプからの光が当たり青色になる。青緑色のカラーシャドーは、橙色のカラーランプからの光の物体による影の部分に緑色と青色のカラーランプからの光が当たり、加法混色して青緑色になる。

また、光源としてカラーランプを青一橙一緑の順序で配列した場合も同様に、物体の後方にはピンク一青一青緑一緑一黄の順序で5種類の色の着いた影と無彩色の影が生じ、その周辺は白色になる。

更に、光源としてカラーランプを、緑一青一橙の順序で配列した場合も同様に、物体の後方には青緑一緑一黄一橙一ピンクの順序で5種類の色の着いた影と無彩色の影が生じ、その周辺は白色になる。

以上のように、カラーシャドーは、カラーランプからの光の物体による影の部分に一つのカラーランプからの光が当たれば、そのカラーランプと同じ色のカラーシャドーが現れ、また、複数個のカラーランプからの光が同時に当たれば、それらの光が加法混色して当たった光のそれぞれの色とは別の新しい色のカラーシャドーが現れることによるものである。カラーシャドーは、使用するカラーランプの色(特性)、使用灯数及び配置状態によりさまざまに変化する。また、被照体の形状に応じてカラーシャドーの形も変化する。

しかし、美しくかつバランスのとれたカラーシャドーを得るために、カラーシャドーが形成される場所における、各カラーランプからの光の明るさのバランスが重要である。三菱カラーシャドー照明システムでは、いろいろな光色を有する種々のカラーランプを用いた基礎実験の結果から、赤系統、緑系統、青系統の3種のカラーランプを使用した。カラーシャドーが形成される場所における、赤系統のカラーランプのみからの

光の照度を  $I_R$ , 緑系統のカラーランプのみからの光の照度を  $I_G$ , 青系統のカラーランプのみからの光の照度を  $I_B$  とすると, 3種のカラーランプで同時に照射したとき, 各カラーランプからの光の割合,  $i_R$  (赤系統),  $i_G$  (緑系統),  $i_B$  (青系統) は, それぞれ

$$i_R = \frac{I_R}{I_R + I_G + I_B}$$

$$i_G = \frac{I_G}{I_R + I_G + I_B}$$

$$i_B = \frac{I_B}{I_R + I_G + I_B}$$

となり,  $i_R$ ,  $i_G$ ,  $i_B$  は 0~1.0 の値をとることができるので, これらの値を 0~1.0 の全範囲にわたって変化した実験から,  $i_R$ ,  $i_G$ ,  $i_B$  の値が次に示す式(1)を満足する値であるときが, 最も美しくかつバランスのとれたカラーシャドーが得られることが分かった。

$$\left. \begin{array}{l} 0.15 \leq i_R \leq 0.6 \\ 0.2 \leq i_G \leq 0.6 \\ 0.04 \leq i_B \leq 0.4 \end{array} \right\} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

したがって, バランスのとれた美しいカラーシャドーを得るには, カラーシャドーの形成される場所における各カラーランプからの光の明るさの割合を, 式(1)の範囲内にしなければならず, このことを考慮せずに, 単に3種類のカラーランプを使用して物体を照射しただけでは, 美しいカラーシャドーは得られない。

白色光源に含まれている赤成分, 緑成分, 青成分のスペクトルを一つの光源から同時に放射させずに, 所定の距離を置いて配置したおのの別々の三つの光源から同時に物体を照射して, そのときに得られる3種類のカラーランプからの光の物体による影の部分に現れる美しく着色した色影: カラーシャドーを積極的に新しい照明手法として取り入れたのが, 三菱カラーシャドー照明システムである。

カラーシャドースистем用カラーランプの開発に当たっては, 美しいカラーシャドーを得ると同時に, 被照体そのものも本来の色に近い色に見えるように, カラーランプの光色, 分光エネルギー分布及び光出力を考慮した。赤系統, 緑系統, 青系統の3種類のカラーランプを用いていたために, 3種類のカラーランプにより照明された部分は, 加法混色の原理に従って白色光源で照明した場合と同じ効果が得られ, 被照部分本来の色に近い色に見え, 影が形成される部分のみがカラフルに彩り鮮やかに着色して見えるために, カラフルな色彩が一層引き立って, 美しく見える。

### 3. カラーシャドー照明システム

三菱カラーシャドー照明システムは, 専用カラーランプ, 安定器, 器具及び美しいカラーシャドーを得るためにソフトウェアから成っている。

#### 3.1 カラーランプ

三菱カラーシャドー照明システムに使用するカラーランプは, 美しいカラーシャドーと優れた演色性及び高い発光効率を同時に得ることができるよう, 詳細な検討と細心な配慮から決定されている。赤系統のカラーランプとして高圧ナトリウムランプを, 緑系統のカラーランプとしてハロゲン化タリウムを使用した緑色メタルハイドランプを, 青系統のカラーランプとしてハロゲン化インジウムを使用した青色メタルハイドランプを使用している。

これらのカラーランプの光色は, 高圧ナトリウムランプ(カラーシャドーレッド: NH 400-CSR)が橙色, ハロゲン化タリウムを使用したメタルハイドランプ(カラーシャドーグリーン: M 400-CSG)が緑色, ハロゲン化インジウムを使用

したメタルハイドランプ(カラーシャドーブルー: M 400-CSB)が青色であるために, これらのカラーランプを用いて得られるカラーシャドーは, ピンク色, 橙色, 黄色, 緑色, 青緑色, 青色の6種類で, これらに本影(無彩色(黒))の通常の影を加えると, 7種類の影が得られることになる。

これらの多数の美しいカラーシャドーを有効に利用することにより, 今までになかった新しい照明効果が得られる。

三菱カラーシャドー照明システムで使用する各光色のカラーランプは, 美しいカラーシャドーと同時に優れた演色性と高い効率を得るために, カラーシャドー専用のものを開発して使用している。図5~図7にカラーシャドー用カラーランプの分光エネルギー分布を, 図8に外形寸法を表1に定格をそれぞれ示す。各カラーランプとともに, 各色の領域に集中して強力なスペクトルが放射されている。発光効率はそれぞれNH 400-CSRが115 lm/W, M 400-CSGが77.5 lm/W, M 400-CSBが20 lm/Wであり, これら3種類のランプが1セットとして働くので, 総合した発光効率は71 lm/Wになる。

カラーシャドー用カラーランプの外形は, 直管形(Tタイプ)にしてあり, 従来のだ(梢)円形(BT形又はB形)に比べ, 外径が小さいので器具を広配光でありながら, 比較的小形にすることを可能にしている。

最近のHID(High Intensity Discharge)ランプの技術の発達により, いろいろな光色を備えたHIDランプの製作が可能になった。異なる光色を有するカラーランプを用いると異なる色のカラーシャドーが得られ, カラーシャドーにより多くの変化と別の美しさを与えることが

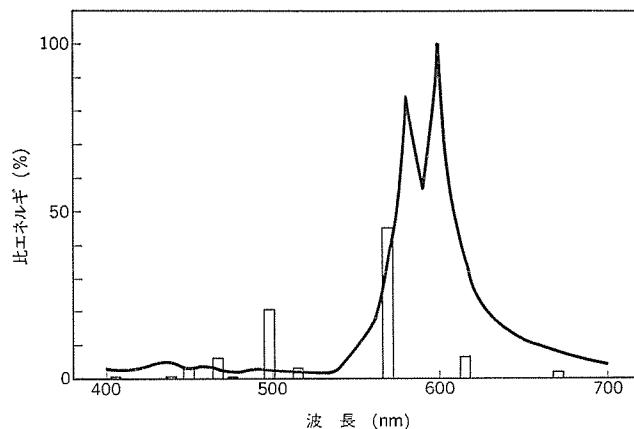


図5. 三菱カラーシャドー照明システム用ランプカラーシャドーレッド NH 400-CSR の分光エネルギー分布

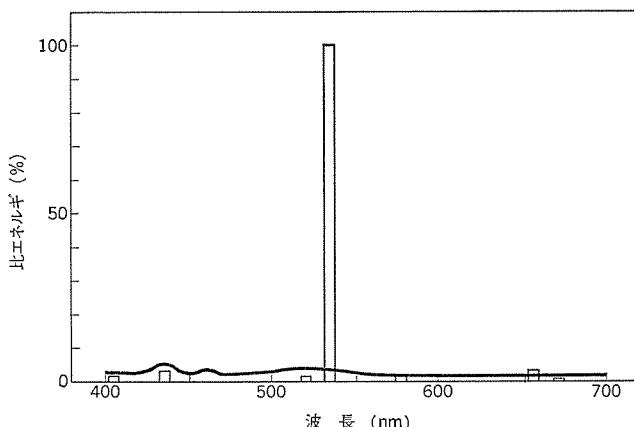


図6. 三菱カラーシャドー照明システム用ランプカラーシャドーグリーン M 400-CSG の分光エネルギー分布



(a) 400W用 HS-M313-CSR

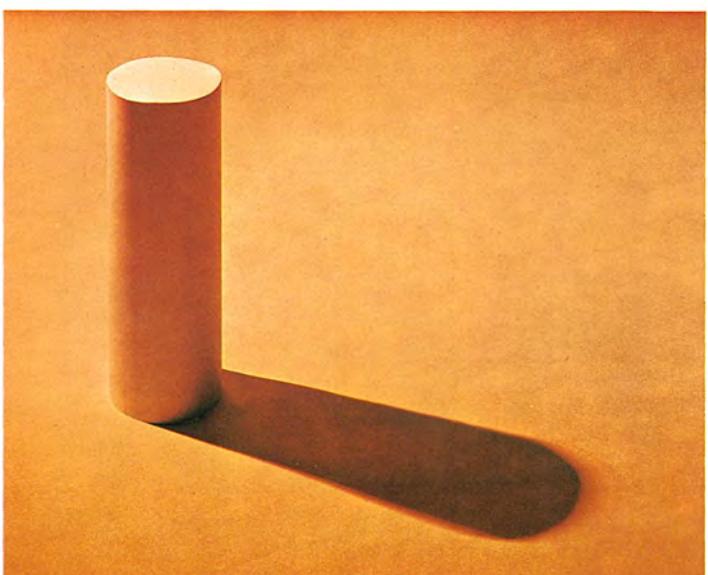


図2. 橙色カラーランプによる照射



(b) 400W用 HS-M313-CSG

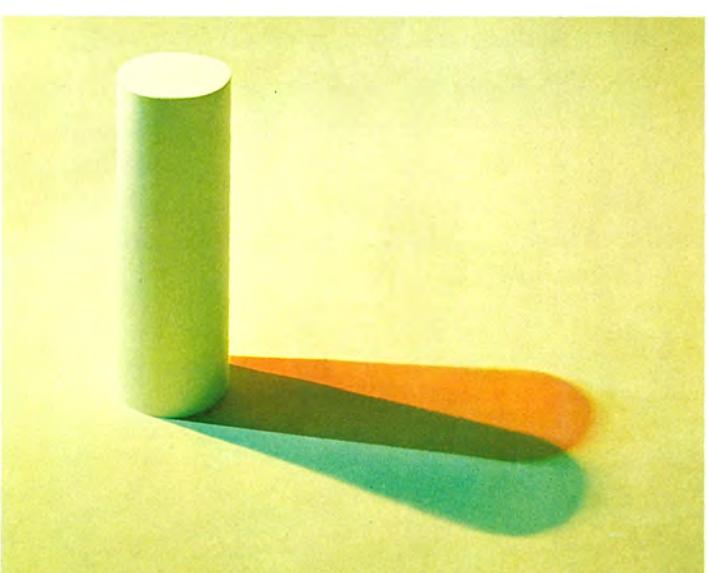
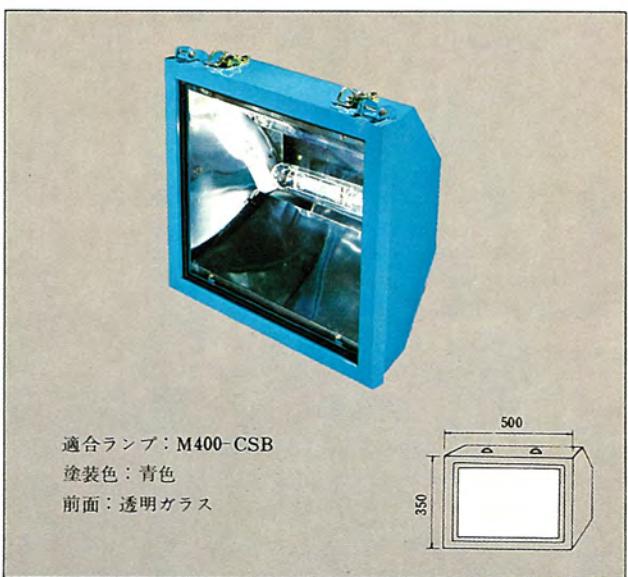


図3. 橙色と緑色のカラーランプによる照射



(c) 400W用 HS-M313-CSB

図1. 三菱カラーシャード照明システム専用投光器

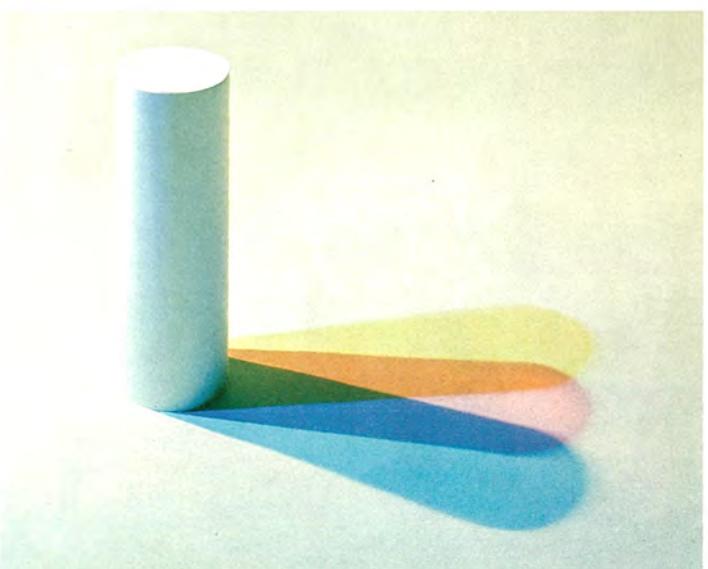


図4. 橙色、緑色と青色のカラーランプによる照射

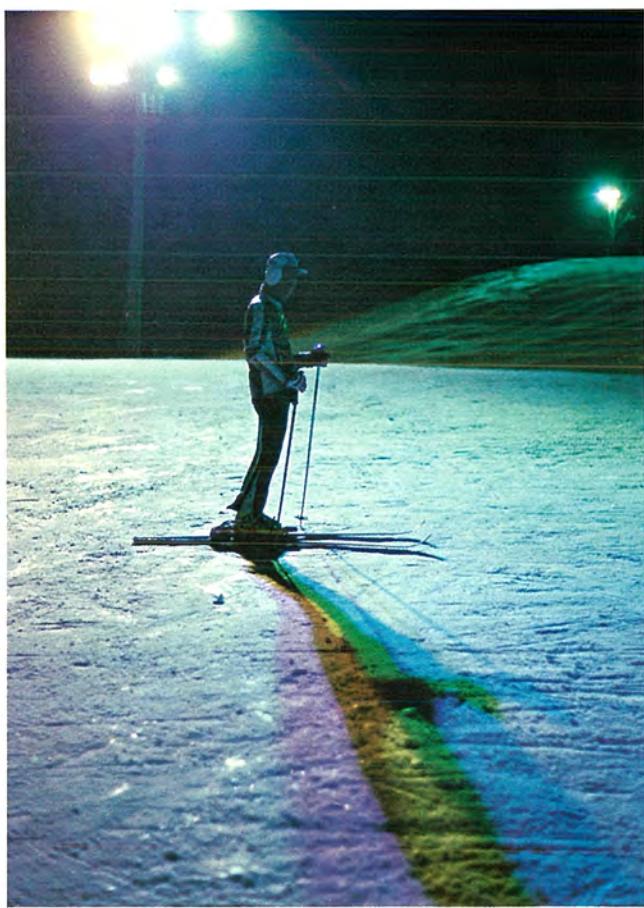


図11. 北海道北の峰国際スキー場でのカラーシャドー照明実験

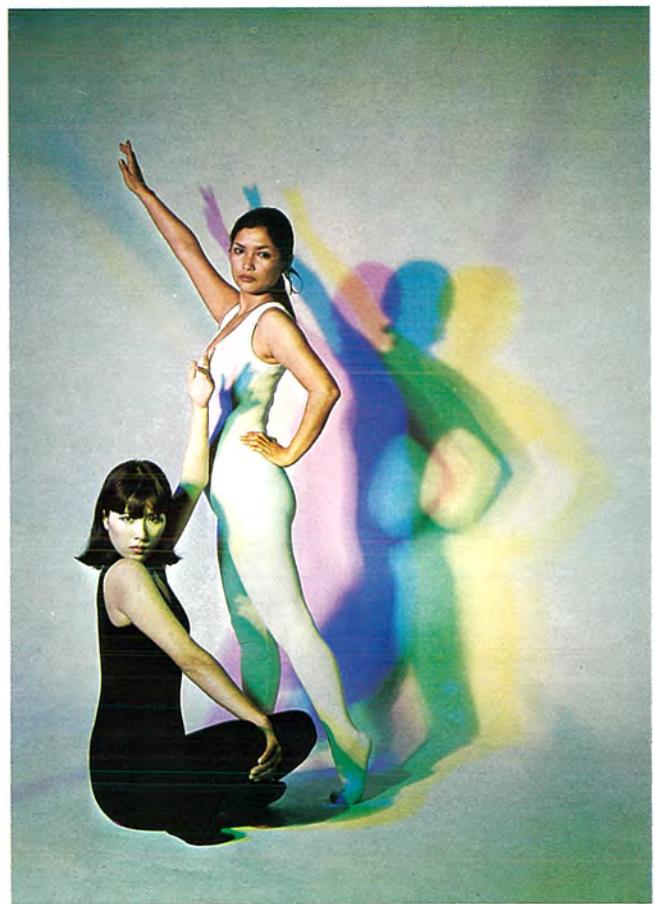


図13. 踊るダンサーへのカラーシャドー照明

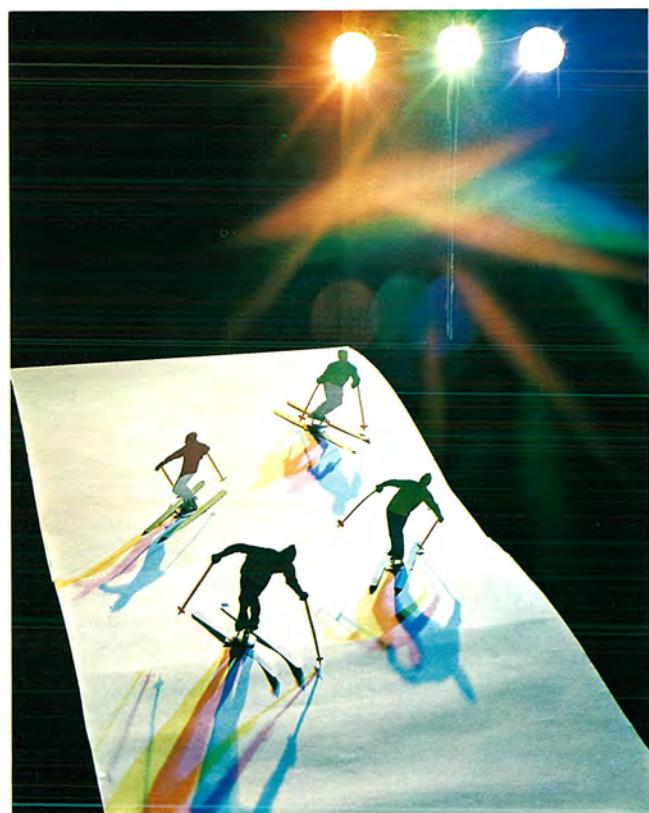


図12. 模型のゲレンデによるカラーシャドーの照明効果



図14. 凹凸のある回転パネルのカラーシャドーディスプレー

可能である。

### 3.2 安定器

三菱カラーシャドー照明システムで使用するカラーランプは、いずれも放電灯であるために、ランプを点灯するための安定器が必要である。カラーランプとして高圧ナトリウムランプ及びメタルハライドランプを使用している

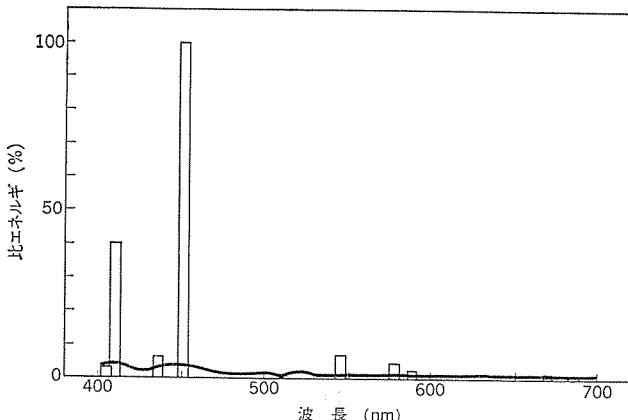


図 7. 三菱カラーシャドー照明システム用ランプカラーシャドーブルーM400-CSBの分光エネルギー分布

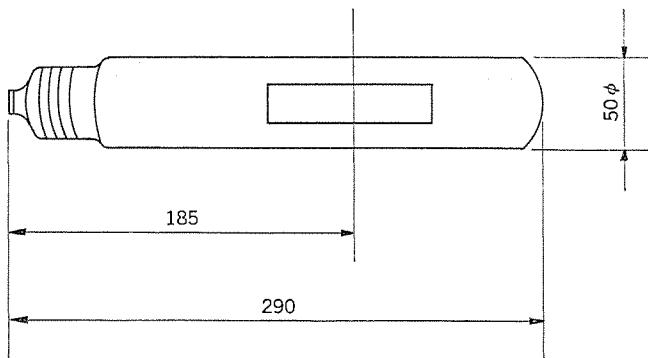


図 8. 三菱カラーシャドー照明システム専用ランプの外形寸法

表 1. 三菱カラーシャドー照明システム専用ランプ定格

種類	形名	大きさ (W)	ランプ電流 (A)	ランプ電圧 (V)	全光束 (lm)	効率 (lm/W)	平均寿命 (h)	口金
カラーシャドーレッド	NH400-CSR	400	4.7	100	46,000	115	12,000	E39
カラーシャドーグリーン	M400-CSG	400	3.45	130	31,000	77.5	6,000	E39
カラーシャドーブルー	M400-CSB	400	3.45	130	8,000	20	3,000	E39

ので、安定器はいずれもランプ始動用スタータ回路を内蔵していて、ランプの確実な始動を可能にしている。安定器の特性を表2に示す。

### 3.3 器具

三菱カラーシャドー照明システムに使用する器具は、照明対象に応じて種々必要であるが、今回開発したカラーシャドー用器具は、スキー場などのように広範囲の場所のカラーシャドー照明に適する広配光形のものである。図1に、三菱カラーシャドー照明システム専用投光器HS-M313-CSR、HS-M313-CSG、HS-M313-CSBを示す。これらの投光器の塗装色は、NH400-CSR用が赤色に、M400-CSG用が緑色に、M400-CSB用が青色にしてあり、カラーシャドー照明のイメージを表現している。また、これらの投光器は、照明対象に応じて、3台から多数台へ増加できる機構と、地形の変化に対応できるよう、光の方向を自在に変えられる機構を備えている。図9にカラーシャドー用投光器の配光を示す。

### 3.4 ソフトウェア

カラフルで美しいカラーシャドーをつくりだす最も重要な部分は、カラーシャドー照明のソフトウェアにある。欲するカラーシャドーのイメージに応じて、カラーシャドーの色、配列、形状などを被照体の形状、被照面の状態及び色などを考慮して、カラーシャドー照明をデザインしなければならない。一つの照明対象が定まると、それのカラーシャドー照明の方法は

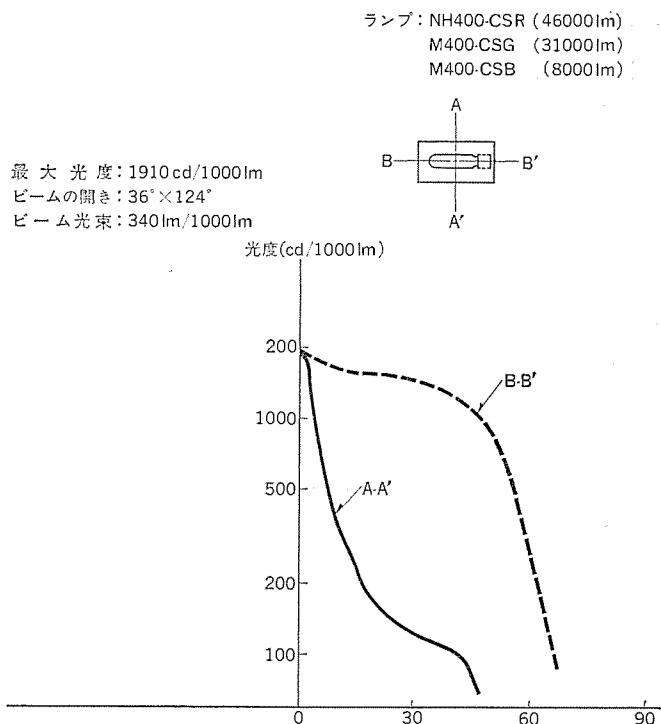


図 9. 三菱カラーシャドー照明システム用HS-M313-CS · R.G.B.形投光器配光曲線

表 2. 三菱カラーシャドー照明システムの安定器定格

形名	適合ランプ	定格電源電圧(V)	定格周波数(Hz)	電源電圧タップ	入力電流(A)			入力電力(W)	2次電圧(V)	ランプ電流(A)		重さ(kg)
					始動時	安定時	無負荷時			始動時	安定時	
NHD-400 HA 200 · 5 6	NH400-CSR × 1	200	50 · 60	230 · 220	5.2	2.5	5.2	460	300	5.6	4.7	18
MD-400 HB 200 · 5 6	M400-CSG × 1 M400-CSB × 1	200	50 · 60	190 · 200 210 · 220	4	2.4	4	440	300	5.3	3.45	14

無数にある。この無数にある照明方法の中から最適な方法を選びだすためには、カラーシャドーの正しい理解と、カラーシャドー独特の難しく複雑な照明手法の習熟と芸術的素養が必要となる。美しいカラーシャドーは、一つの芸術作品でもある。

静止した物体を、静止したカラーランプで照射すると、もちろん、静止したカラーシャドーが得られるが、物体が動くとカラーシャドーも動き、また、カラーランプが動くとカラーシャドーも動き、カラーシャドーに動きと多様性なども与えることが可能である。また、各カラーランプからの光の強度比を変化させることにより、カラーシャドーの色そのものをも変化させることができ、カラーシャドーにより多くの変化を与えることができる。

カラーシャドー照明システムは、単に目で見るだけのカラーシャドーばかりでなく、自分自身がカラーシャドー光の中に入行って行けば、これまでに体験しなかった光の幻想的な、また、楽しい新しい世界を自分自身の体で体験することができる。

三菱カラーシャドー照明システムは、新しい照明の分野の新しい価値をつくり出す可能性を秘めている。

### 3.5 照明手法の一例

上述のカラーシャドー照明システムのための各要素を用いての、カラーシャドー照明の実際的手法は数多くあるが、その中の基本的な一例について述べる。

カラーシャドーに係る主な条件は、

- (1) カラーシャドーの色を決める カラーランプの色
- (2) カラーシャドーの美しさとバランスを決める各カラーランプの明るきの割合
- (3) 被照射対象の範囲を決める器具の配光
- (4) カラーシャドーの形状を決める器具の配置
- (5) カラーシャドーの形状を決める被照射体の形状
- (6) カラーシャドーの形状を決める被照射面の形状
- (7) カラーシャドーの色に影響を与える被照射面の色
- (8) 被照射対象とカラーシャドーの明るさを決める カラーランプの大きさ及び発光効率

などであり、これらの条件に対応して、美しいカラーシャドー照明ができるよう三菱カラーシャドースистемでは、種々の配慮がなされている。つまり(1), (2), (8)に対応して、カラーシャドー専用ランプ NH 400-CSR, M 400-CSG, M 400-CSB を開発した。これらの専用ランプを用いると、 $i_R$ ,  $i_G$ ,  $i_B$  の値がそれぞれ約 0.54, 0.36, 0.1 になり、これらの値は式(1)で示された範囲内にあり美しいカラーシャドーが得られる。また、専用ランプの総合した発光効率は 71 lm/W に達し、高い発光効率を示す。(3)に対応して、今回開発したカラーシャドー専用投光器 HS-M 313-CSR, HS-M 313-CSG, HS-M 313-CSB はスキー場、スケート場などのように、比較的広範囲のカラーシャドー照明に適している。(4)に対応して、美しいカラーシャドーを得るためにノウハウを用意しており、照明対象と欲するカラーシャドーに応じて、適切なカラーシャドー照明設計を行う。この照明設計に当たって(5), (6), (7)の条件を上述の他の条件と合わせて考慮する。

図 10. に、スキー場などのように比較的広い範囲に美しいカラーシャドーをつくりだすための、カラーシャドー照明システムの一つの手法を示す。高さ 10 m の照明ポールの上に、専用投光器が HS-M 313-CSR, HS-M 313-CSB, HS-M 313-CSG の順序で、おのの 1.5 m の間隔をおいて配置してある。投光器の中にはカラーシャドー照明システム専用ランプ NH 400-CSR, M 400-CSB 及び M 400-CSG がそれぞ

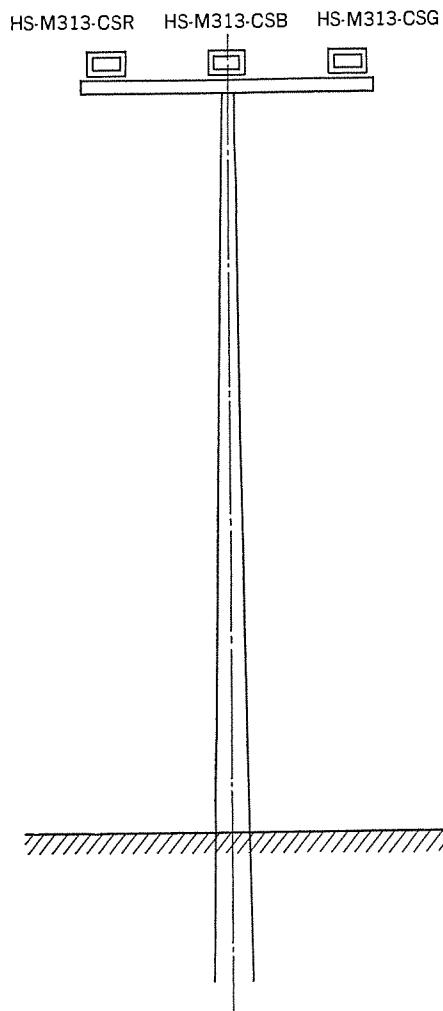


図 10. 広範囲カラーシャドー照明の一手法

れ約められている。ランプを点灯するための安定器は、別置されていてランプの点灯を可能にしている。投光器の設置間隔と高さは、欲するカラーシャドーの形状に応じて決定し、また、投光器の配列順序はカラーシャドーの望まれる配列に応じて決定する。図 10. の配列順序は、図 11. の北の峰国際スキー場での照明実験の際の配列順序と同じであり、各色のカラーシャドーは、ピンク—橙—黄—緑—青緑の順序で現れ、美しいカラーシャドーの照明効果が得られる。

### 4. 用途

三菱カラーシャドー照明システムは、カラフルで美しく幻想的な影をつくりだす新しい照明方法であるために、カラーシャドーの効果が利用できる多くの照明の用途に使うことができる。考えられる多数の用途の中でも、美しいカラーシャドーの効果が最もよく現れる場所は、スキー場、スケート場などのようにカラーシャドーが形成される場所(バック)が白色の場合である。

また、バックが白色でない場合でも、変化したカラーシャドーの効果が見られ、カラーシャドーの効果を利用することが可能である。

筆者らは、実験室内での基礎及び応用実験の後に、カラーシャドーの効果を実際の場で確認し、評価するために昭和 50 年 12 月から 51 年 4 月の間に、北海道北の峰スキー場の好意を得て、当地でスキー場におけるカラーシャドーの照明実験を実施して好評を得た。また、カラーシャドーの他の用途として、ディスプレーへの応用も試みた。

#### 4.1 スキー場のカラーシャドー照明

純白の雪面に映える、自分自身のカラフルなカラーシャドー、想像しただけでも楽しくなる。ナイタースキーの楽しさを倍増してくれる。図11に、雪面上に現れたスキーヤーの美しいカラーシャドーを示す。北の峰国際スキー場での実験で筆者らは純白の雪面上に現れたキラキラ光るようなカラーシャドーは、実験室内での実験から想像していたものより、はるかに美しいものであることを確認し、感嘆した。居合せたどこのスキーヤーも、実際に自分自身で体験したこのカラーシャドー照明の新しい照明効果に大変興味を示してくれ、これまでのナイタースキーでは体験したこととなかった、ロマンチックで美しく幻想的な世界を見つけだしてくれた。

ただ単に必要な明るさだけを得ていた、従来の何の変哲もない照明方法に比較し、カラーシャドー照明には、それまでは白いままであった純白の雪面に、自分が、又は他のスキーヤーが立った時、初めてカラーシャドーが現れるといった意外性があり、驚きの気持を抱きながら光の中に立つ自分を発見する楽しさがある。単に滑るだけの従来の照明から、カラーシャドーの照明により、滑りかつ楽しむための新しい体験のための照明を可能にし、ナイタースキーを一段とロマンチックに楽しく、愉快なものにしてくれる。

今回開発した、三菱カラーシャドー照明システムは、特に、広範囲のカラーシャドー照明に適するように設計されていて、スキー場などの広範囲の雪面に、カラーシャドー照明による楽しい場をつくりだすことができる。変化に富んだ美しいカラーシャドーが、ナイタースキーの楽しさを忘れ難いものにする。

図12.は、模型のゲレンデによるカラーシャドー照明効果の実験例である。ポールの上に、カラーシャドー用ランプを、カラーシャドーブルー(CSB)、カラーシャドーレッド(CSR)、カラーシャドーグリーン(CSG)の順序で配置して、ゲレンデ上のスキーヤーを照射している。カラフルで美しいカラーシャドーの効果により、ゲレンデに楽しい場をつくりだしている。

#### 4.2 カラーシャドーの舞台照明への応用

三菱カラーシャドー照明システムの応用は、さまざまな分野で可能であるが、舞台照明への応用もまた美しいカラーシャドーの効果を生かせる一つの例である。

図13.は、二人の踊るダンサーへのカラーシャドー照明により得られる、変化に富んだカラーシャドーを示す。カラーシャドー照明の積極的な活用により、舞台上に従来の照明方法では得られなかつた新しい要素を付加し、また、新しい効果を生みだすこと也可能であろう。

#### 4.3 カラーシャドー ディスプレー

三菱カラーシャドー照明システムの他の応用として、カラーシャドーディスプレーがある。

図15.は、白色板上に設置したおうとつ(凹凸)のある回転する

16枚の四角いパネルに、カラーランプからの光を照射し、回転パネル上及び白色板上に生ずるカラーシャドーが、さまざまに時間的に変化し、カラーシャドーに動きを与えたディスプレーである。

#### 4.4 多くの新しい用途

カラフルな美しいカラーシャドーの得られる、三菱カラーシャドー照明システムは、目的に応じて広範囲の照明から、小さい部分の照明まで、カラーシャドーの効果が利用できる多くの用途に適用でき、工夫次第で種々の新しいタイプの照明を行うことができる。

三菱カラーシャドー照明システムは、屋外ではスキー場、スケート場、公園広場、投光照明、観光レジャー施設、看板投光照明、ポール、広告塔、ホテル・店舗などの出入口照明に、また、屋内ではショーウィンド、舞台、ホテル、喫茶店、ゴーゴークラブ、ナイトクラブ、ディスプレー、スタジオ(光の芸術)などの照明に使うことができるが、用途はこれらに限らず、美しいカラーシャドーを生かすことができる種々の用途をつくりだすことが可能である。

### 5. むすび

影をつくりない照明から、影を積極的に利用する照明へと、発想を転換することから生まれた三菱カラーシャドー照明システムは、光の加法混色の原理を応用して、カラフルで美しく、幻想的な色影をつくりだす、全く新しい照明方法である。新しく開発されたカラーシャドー専用の照明装置とソフトウェアは、光の機能性だけを追求していた従来の照明手法に、光のもう一つの世界を切り開いて追加し、光による新しい美的な世界をつくりだすことにつ成した。

三菱カラーシャドー照明システムの特長は、

- (1) カラフルな美しい色影の効果で、楽しく、幻想的なふんい気をつくりだす。
- (2) 3色の光で同時に照らされた物(人)は、自然な色に見える。
- (3) 専用の照明装置により、きれいな色彩の影が得られる。
- (4) 器具の配列を変えることにより、容易にカラーシャドーの配列を変えることができる。
- (5) 物体の形状を変えることにより、容易に影の形状を変えることができる。
- (6) 器具又は物体を動かすことにより、影に動きを与えながら、色彩の変化を楽しむことができる。

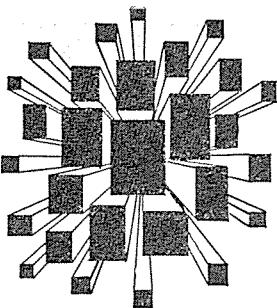
などであり、これらの優れた特長を備えた、三菱カラーシャドー照明システムは、新しい照明の分野に新しい価値をつくりだし、カラフルで美しく、幻想的な色影による、新しい世界を与えてくれるであろう。

終わりに、この新しい照明システムの開発にあたり、ご協力いただいた関係諸氏に深謝の意を表します。

(昭和51-9-1受付)

当社の特許

登録番号	名 称	発 明 者	登録番号	名 称	発 明 者
770678	回転電機	藤山辰之	778961	交流アーカ溶接装置	斎藤長男・久慈陽一 加藤強
770679	フラシュバット溶接機	田尻浩己・馬場利彦	778962	空気圧縮装置	門原加納
770680	折線閾数発生器	岡田康則	778963	断路器	阿部智・福島助三
770681	液相エピタキシャル成長用ポート	大坪睦之	778964	故障点標定装置	高田信治
770682	3相誘導電動機の結線方式	葛西東海男	778965	映像検出器	稻荷隆彦
770683	自己復旧形電流制限装置	原文吾	778966	圧縮ガスしゃ断器	森岡昭三
770684	金属封着用材料	{柳瀬正人・西楽隆司 大谷勝也・利田賢二	778967	閉鎖配電盤	渡辺次男・平河宏之
770685	位置制御装置	猪谷耕太郎	778968	印字装置	津田栄一・井上隆之
770686	光源移動装置	藤村健男	778969	膨脹式救命滑り台	{木名瀬武男・渡辺太郎 内田勉
770739	制御装置	{足立 稔・角村謙太郎 今堀信彦	778970	圧力検出装置	山下紀夫
770744	絶縁母線装置	安田正行・永田秀次	778971	半導体装置	蒲生 浩
762760	自動重ね切断機における加圧機の移動加圧制御方式	{内川 淳明・安藤安二 小茂田政宏・早崎英彦	778972	米の水中貯蔵装置	田嶋尚志・河島清
767920	磁気素子用特殊ペリリウム銅合金	{寺島 謙・夷博司 萩 雅喜・山川正明	778973	電圧調整装置	森下光晴
771345	正相或は逆相電圧 フィルタ	三上一郎	778974	入力回路	畠田 稔・三宅康明
771346	多相型地絡距離继電器	三上一郎	778975	電気絶縁材用エポキシ樹脂組成物	{伊藤公男・寺谷 宏 福島二郎・宮尾国彦
771615	超高压水銀放電灯	{竹田俊幸・加茂部透 正田 熟	778976	電気絶縁材用エポキシ樹脂組成物	{伊藤公男・寺谷 宏 福島二郎・宮尾国彦
772195	耐熱性可撓管の製造方法	宇川 彰	778977	電気絶縁材用エポキシ樹脂組成物	{伊藤公男・寺谷 宏 福島二郎・宮尾国彦
772196	パイプベンダー	三ヶ田文彦	778978	半導体制御整流器の点弧装置	光岡 宏・多田一彦
774319	真空スイッチ用接点材料	中島陽三	778979	ガスしゃ断器	大野 琦
774320	脱調鎖錠装置	古谷昭雄・前田耕二	778980	低電圧検出器	細野 勇
774321	非常制動装置	津田英一・尾崎博規	778981	電気絶縁材用エポキシ樹脂組成物	{伊藤公男・寺谷 宏 福島二郎・宮尾国彦
774322	発電機の励磁装置	米沢英憲	778982	洗濯機	高沢正二・広岡博
774323	ハロゲン化物入り水銀ランプの製造法	土橋理博・若林正雄	778983	SF <sub>6</sub> ガスを用いた電気機器の電気絶縁材料用エポキシ樹脂組成物	{伊藤公男・寺谷 宏 福島二郎・宮尾国彦
774324	ダイオード 故障標定装置	山中彪生	778984	リングカウンタ	熊野昌義
774325	検出装置	辰巳 巧	778985	回転電機の冷却液循環装置	二川暁美
774326	内燃機関点火時期調整装置	浅山喜明	778986	酸素濃度測定装置	森川允弘・吾妻健国
774327	停電時のエレベータ制御装置	安西伸夫・渡辺英紀	778987	検出装置	津田栄一・金野隆範
774328	エレベータ管理方式	壱井芳昭・成川武文	778988	平衡変調器	中村信弘・山口哲成
774329	電圧監視計	{武田克巳・林 正之 新川成美	778989	ポンプ運転制御装置	土生忠彦
774330	呼出応動装置	竹内照男	778990	半導体結晶製作装置	{石井 恒・十河敏雄 田中利夫
774331	制御装置	酒井靖夫・清水賢一	778991	DC-DC 変換直流電源装置	吉島宇一
774332	半導体素子の製造装置	糸賀計二	778992	非常用軸受装置	平野一郎・松倉欣孝
774333	車両用定速走行装置	片山紘二・二出川忠	778993	レンジード自動運転装置	酒井勝正
774334	地面保温装置	尾畠喜行	778994	金属ハロゲン化物入り水銀ランプ	{竹田俊幸・土橋理博 若林正雄
778956	鉄鋼類の電解加工方法	前田祐雄・斎藤長男	778995	半導体結晶製作装置	{石井 恒・十河敏雄 田中利夫
778957	列車停止制御装置	山崎英藏	778996	半導体装置	{藤川恭一郎・中村邦宏 西面宗男
778958	プラズマ電子銃の制御装置	安永政司	778997	カセット式ビデオテープレコーダ	橋本公佑
778959	アルミナ磁器体の金属化法	土居誠二			
778960	電解加工用治具	{斎藤長男・荒井伸治 葉石雄一郎			



# 特許と新案

空気調和機の熱交換器取付装置 (実用新案第 1105392 号)

考案者 野田富士夫・杉山悦朗

この考案は空気調和機本体内に熱交換器を固定する取付装置に関するもので、本体と一緒に熱交換器の支持板を形成し、この支持板の前端縁に上方または前方に開口するU字状または逆L字状の係合溝を設け、この係合溝に熱交換器のU字管の直線部などを押入して支承するよう構成してあり、組立作業の簡略化、作業時間の短縮を計ることができる。

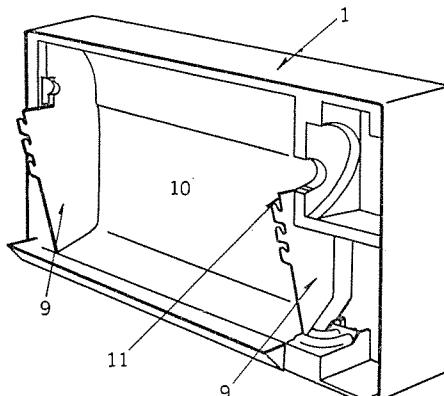


図 1

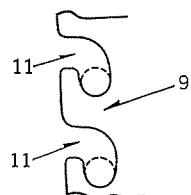


図 2

電力開閉装置 (特許第 783049 号)

発明者 田辺俊雄

この発明は電力用の例えしゃ断器や断路器等の開閉装置において、開極時に極間に生じる電界の部分的集中を緩和し、極間の絶縁耐力を向上せしめた開閉装置の構造に関するものである。

図1はこの発明の実施例の開閉装置を示す。図において、(11)は開極状態にある相対向する接触子であって、閉極時にはこれらの先端が接触して、一方から他方への通電機能を果たす。(30)はインピーダンス素子、(53)はインピーダンス素子(30)を直列に接続している金属スペーサで、中央に位置するものは程薄く、両端に近づく程厚くなっている。(12)はインピーダンス素子および金属スペーサ(53)を支持する支持金具で、おのおの接触子(11)に電気的に接続されている。(14)はインピーダンス素子(30)、金属スペーサ(51)および支持金具(12)により構成されたインピーダンス素子群で、接触子(11)を中心としてその周囲に複数個配置されている。(0)～(3)は開極時の接触子(11)間ににおける等電位線で、それぞれの間の電位差は等しい。

接触子(11)間に電位差が与えられるとインピーダンス素子(30)個々にかかる電位は均等であるが、金属スペーサ(51)によってインピーダンス素子(30)が中央に密に両端に疎に配置されているために、インピーダンス群(14)の近辺で等電位線(0)～(3)は中央で密に両端で疎になる。

このため接触子(11)の先端近傍に集中する傾向のある電界は、その周囲に中央で密になり両端で疎になる電界があるので、これに影響されて接触子(11)間の電界は中央で密になるように強制され、接触子(11)先端附近での電界の集中は緩和される。

図2はこの発明の他の実施例を示す。この実施例では、インピーダンス群(15)をインピーダンス素子(31)～(34)、金属スペーサ(51)および支

持金具(12)で構成し、インピーダンス素子(31)～(34)の単位当たりの抵抗値を中央のものほど高くして、接触子(11)の周囲の電界が中央で密に両端で疎になるようにしている。

この発明は極間の耐電圧を向上させることができ、機器の性能向上または縮小化に関して有効である。

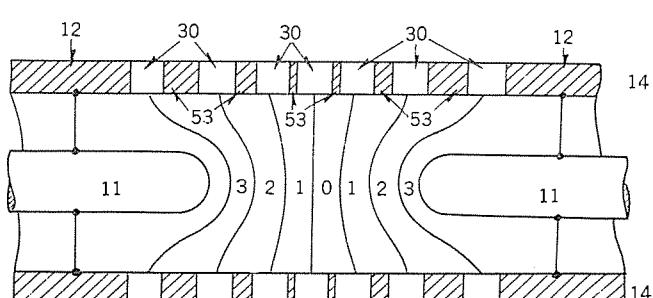


図 1

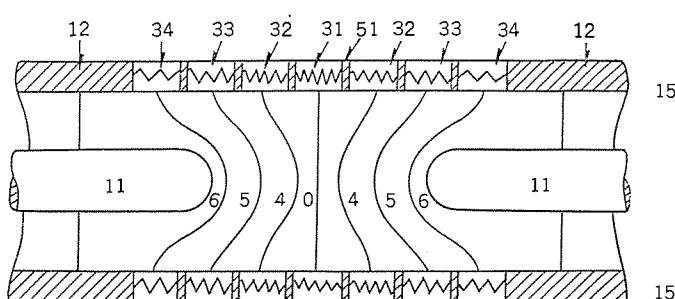


図 2

## ヘリウム液化装置 (実用新案第1104822号)

考案者 栗須芳孝

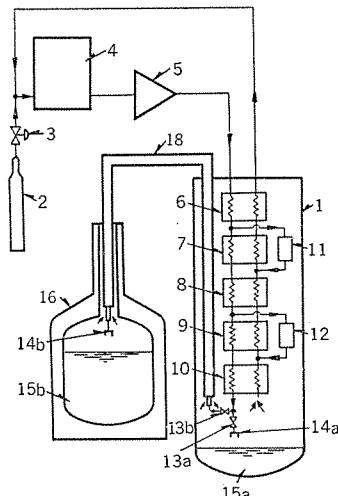
この考案は、液体ヘリウムの必要量に応じ、より経済的な液化運転を行うことができるヘリウム液化装置を提供しようとするものである。従来はヘリウム液化槽(1)の下部に液体ヘリウムを生成させる内部液化方式と、外部容器に生成させる外部液化方式があるが、内部液化方式は外部液化方式に比べ、常温部からの侵入熱によるロスが少なく、起動時間が短いという長所があるが液量の制限がある。

これに対し、外部液化方式は多量の液を作ることはできるが、起動時間が長い欠点がある。

この考案は上記の点にかんがみ両液化サイクルをヘリウム液の必要量に応じ切換えるようにしたものである。図において、ポンベ(2)内のヘリウムガスは、減圧弁(3)で減圧され、ガスホルダー(4)内に蓄えられる。次にヘリウム圧縮機(5)で高圧とされ、ヘリウム液化槽(1)に入る。この高圧ガスの一部を熱交換器(6)および熱交換器(8)の出口からそれぞれとり出し、膨張エンジン(11)、(12)により断熱膨張させ、低温、低圧となったガスを帰還ガスと合流させ、高圧ガスと熱交換させながらガスホルダー(4)にもどす。最後の熱交換器(10)から移送管(18)を介して外部容器(16)に連通している。そして移送管(18)の導入端にはJ-T弁(13b)が設けられている。従って少量のヘリウム液が必要な際は(13b)を締切り、(13a)をJ-T弁として使用しヘリウム液化槽(1)の下部に貯液する。また多量の液を必要とする際は、逆に(13a)を締切り、(13b)をJ-T弁として使用し、外部容器(16)

の下部にとどめる。

この考案によれば、ヘリウム液の必要量に応じ、必要以上の時間および電力を消費することなく、また面倒な操作をすることなく、より経済的な液化運転ができる、すなわち1台のヘリウム液化機が配管等の変更をすることなく、広範囲の目的に使用できるという利点を有している。



## 移送装置 (実用新案第1084292号)

考案者 石彦・猪谷耕太郎

この考案は移送装置、とくに搬送駆動源にリニアモータを用いた移送装置に関するものである。一般にリニアモータを移送装置の駆動源として用いる場合、固定子は被搬送物に対し推力を及ぼすが、一方その発生する磁束により電磁石として吸引力を及ぼす。そしてこの吸引力は上記推力に比し非常に大きく6～7倍に達する。

この考案は以上の点にかんがみてなされたもので、上記吸引力を利用して、被搬送物がローラに与える重量を軽減する装置を提供するものである。図1、図2において、固定子(5)のコイル(5a)に三相電力を供給すると、これに

よって生ずる移動磁界が間隔Sを介してローラ(1)に支承された被搬送物(4)に電磁力を与え、その駆動力により、被搬送物(4)を搬送することができる。このとき被搬送物(4)は、水平方向の推力のみならず、固定子(5)側への吸引力も及ぼされるが、間隙調整装置(6)により、固定子(5)と被

搬送物(4)との間隙Sを適当に調整すれば、固定子(5)による被搬送物(4)の吸引力は、被搬送物(4)のローラ(1)に対する重量を軽減することができる。

したがってこの考案によれば、軸受部(2)の摩擦損失を減ずるようにしたため、必要動力が少なくてすみ、推力を効率よく利用できると共に、軸受部(2)の摩耗を減じ、その寿命を延ばすことができ、さらに被搬送物(4)とローラ(1)との摩擦によって生ずる傷を防ぐことができる。

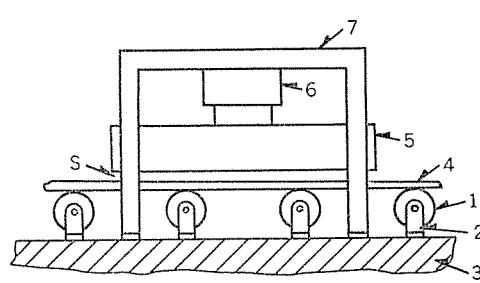


図1

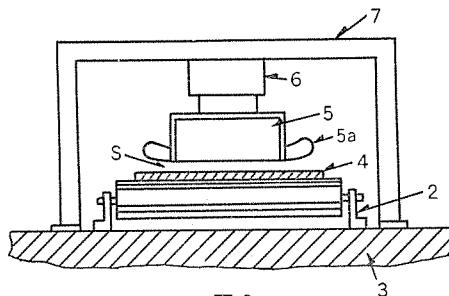


図2

# サファイア管を用いた高効率高圧ナトリウムランプ

大谷勝也\*・河原一雄\*\*・田中紀彦\*・伊吹順章\*\*\*

## 1. まえがき

高圧ナトリウムランプ (High pressure sodium lamp) は、省エネルギー時代に即した高効率光源として注目されつつあり、今後の普及、発展が期待されている。このランプは、主として Na の D 線付近の発光を利用しており、115 lm/W 以上の高い発光効率が得られる。現在、高圧ナトリウムランプの発光管材料としては、高温高圧の Na 蒸気に耐え得る透光性アルミナ管 (Poly Crystalline Alumina tube, 以下 PCA 管と呼ぶ) が一般に使用されているが、近年、単結晶  $\alpha$ -アルミニウムであるサファイア管 (Single Crystalline Alumina tube, Sapphire tube, 以下 SCA 管と呼ぶ) が米国 Corning 社で生産され<sup>(1)</sup>、その製法が比較的簡単なところから、将来のコストダウンが期待されるとともに、その優れた性質から将来の高圧ナトリウムランプ用発光管材料として注目されている。

1965 年、米国 GE 社から発表された高圧ナトリウムランプは、頭初、105 lm/W という画期的な効率をもたらしたが、その後発光管として用いられる PCA 管の透過率の向上、ランプ設計面での検討<sup>(2)</sup>を経て、現在国内でも 400 W で 115 lm/W の高効率が得られている。

この報告では、発光管材料を PCA 管の代わりに、新材料“SCA 管”を使用して更に高効率化することを検討し、優れた特性を持つ高圧ナトリウムランプが得られたので報告する。

## 2. SCA 発光管の設計上の問題点

SCA を用いた高圧ナトリウムランプの外観を図 1. (a) に、SCA 及び PCA 発光管の外観を図 1. (b) に示す。また、筆者らの用いた発光管の構造を図 2. に示す。SCA 管の両端は、電極と Nb 電気リード管を具備したアルミセラミックのキャップで、封着剤により封着されており、発光管内には、Na-Hg アマルガムと始動用ガスとして Xe が封入されている。ランプ点灯時は、Nb 電気リード管が、発光管の最

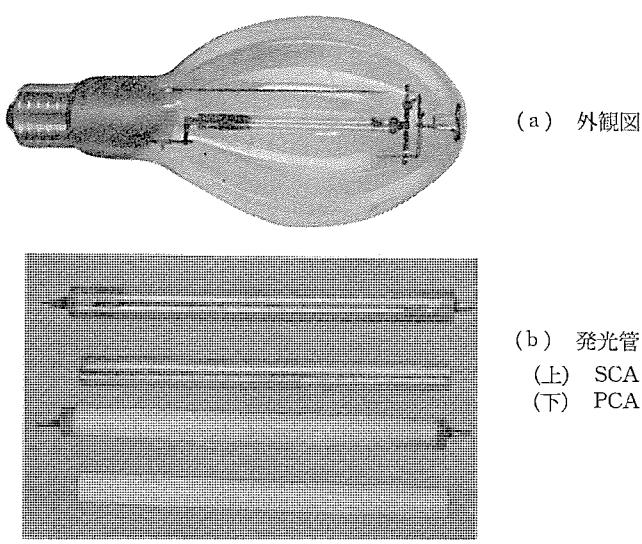


図 1. SCA 管使用高圧ナトリウムランプの外観

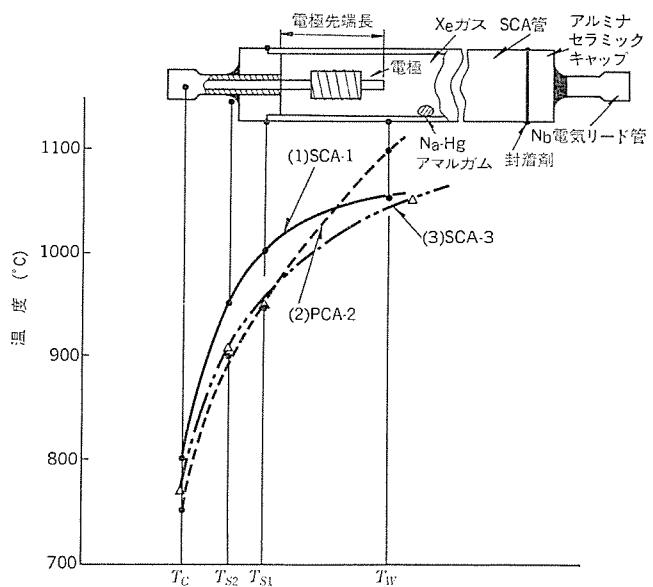


図 2. 高圧ナトリウムランプ発光管と発光管端部温度分布

表 1. SCA, PCA の物理化学的性質<sup>(3)(4)</sup>

	SCA	PCA
(1) 組成	$\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 100%	$\alpha$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 99.8%
(2) 結晶構造	六方晶、単結晶	多結晶
(3) 融点	2,050°C	2,050 °C
(4) 热膨脹係数*	C // $91 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ (20°C ~ 1,200°C) C ⊥ $84 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$	$77 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
(5) 热伝導率 (25°C)	0.1 cal/cm·s·°C	0.05 cal/cm·s·°C
(6) 密度	3.98 g/cm <sup>3</sup>	3.98 g/cm <sup>3</sup>
(7) 硬度	1,669 Knoop (~9 Mohs)	9 Mohs
(8) 抗折強度	—**	3,000 kg/cm <sup>2</sup>
(9) 誇電率	9.4 (400°C, 10 kHz)	9.9 (1 MHz)
(10) 体積抵抗率	$1.27 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$ (500°C)	$10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ (500°C)
(11) 抵散透過率***	92% (t = 0.75 mm)	92%

注) \* 等温測定値は  $81 \times 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$  (50°C ~ 1,000°C), C 軸に平行

\*\* 0.25 mm $\phi$  のフィラメントで引張り強度 230 kg/mm<sup>2</sup><sup>(12)</sup>

\*\*\* 等温測定値 積分球使用

冷部となり、この温度でランプの諸特性が決められる。

SCA と PCA の物理的、化学的性質を表 1. に示す。SCA を、発光管として使用する場合の問題点として、

- (a) 実用的な強度（機械的強度）が、PCA より小さい。
- (b) 热膨脹係数が、PCA と比べてやや大きい。
- (c) 热伝導率が、PCA の 2 倍ある（常温）。

の 3 点が挙げられる。(b) については、封着技術の面から 3 章で詳しく述べるので、ここでは (a) と (c) に起因する問題と、その対策について述べることにする。

### 2.1 実用強度

SCA の場合、表面の傷などによる機械的強度の低下の様子は、セラミックよりむしろガラスに似ており、実用上の強度は PCA より小さい。例えば SCA 管の両端の切断面は、微小クラックが発生しやすく、これは発光管の封着時、又は、点灯時などの応力集中の結果、大き

表 2. 試作ランプの特性例

No.	発光管	管電圧(V)	管電流(A)	管電力(W)	Na/Hg(mg)	電極先端長(mm)	効率(lm/W)	封着部温度T <sub>s1</sub> (°C)
1	SCA	108	4.4	400	14/60	11.0	131	1,000
2	PCA	95	4.9	400	14/60	11.0	115	950
3	SCA	95	4.9	400	14/68	12.0	127	950
4	SCA	100	4.7	400	14/50	11.0	130	1,000

なクラックに進展する可能性が大きい。Griffith<sup>(5)</sup>によると、長さ 2 cm のクラックを持つガラスの破壊応力  $\sigma$  は

$$\sigma = (2E\alpha/\pi c)^{\frac{1}{2}} \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 $E$  : Young 率  $\alpha$  : 表面張力

で与えられ、その大きさはクラック長の  $-\frac{1}{2}$  乗に比例する。これを、SCA 管に適用すると、その端面に、0.5 mm の長さのクラックがあるものと、0.05 mm のクラックしかないものとの場合で、破壊応力の比を計算すると、

$$(0.05/0.5)^{-\frac{1}{2}} \sim 3.2$$

となり、クラックの大きさが 10 分の 1 になれば、端面の強度は約 3 倍に大きくなることを示している。したがって、SCA 管を発光管として使用するときは、両端の切断面に、微小クラックを発生させない切断技術が重要となり、またその取扱いは慎重になされねばならない。

## 2.2 热伝導率の影響

図 2 の曲線(1)(2)は、発光管材料として、SCA 管、PCA 管をそれぞれ用いただけで、他は同一仕様のランプについて、それぞれの発光管の端部温度分布を示したものである。これから、SCA のほうが、封着部温度  $T_{s1}$ 、 $T_{s2}$ 、最冷部温度  $T_c$  ともに高くなっていることが分かる。これは主に、SCA の熱伝導率が良いことに起因している。最冷部温度  $T_c$  が高いことは、定格の管電圧を得るために Na-Hg アマルガム封入比の Na 比率を大きくできることであり、これは効率を更に高められることを意味している<sup>(6)(7)</sup>。表 2 の No. 4 は、Na の比率を上げて、管電圧を調整した例であるが、130 lm/W の効率が容易に得られた。しかしながら、この例では封着部温度（特に図 2 の  $T_{s1}$ ）が 1,000°C となり、ランプの寿命は短くなる。すなわち、封着部の耐 Na 温度は 950°C 以下であり、これ以上になると耐 Na 性は急激に失われ、ランプ寿命に悪影響を及ぼす<sup>(8)</sup>。筆者らは電極の位置を封着部から遠ざけ、図 2 の(1)のような温度分布を、全体的に右にずらした分布（図 2 の(3)）とすることによって、封着部温度  $T_{s1}$ 、 $T_{s2}$  の低減化をはかった。これにより、 $T_{s1}$  の温度は 950°C 程度となった。電極の位置を封着部から遠ざけることは、熱源となっている高温アーカー、及び電極が封着部から遠ざかることである。

また、これによって、最冷部温度  $T_c$  も下がり、管電圧  $V_L$  も下がるので、Na-Hg アマルガム封入比の Na の比率を下げて、 $V_L$  を調整した。以上のような検討の結果、表 2 の(3)の例のように、 $V_L=95$  V で、127 lm/W という特性を持ったランプを得ることができた。

## 3. SCA 管の封着

### 3.1 封着剤の開発

SCA 管は、PCA 管と比べて、その特性がやや異なるので、従来の PCA 管の封着剤をそのまま適用できない。したがって、SCA 管の封着剤を新たに開発する必要がある。高圧ナトリウムランプの封着部は、

少なくとも下記の事項を満足していかなければならない。すなわち、

- (1) 長時間真空気密を維持できること。
- (2) 1,000°C 程度の耐熱度を有すること。
- (3) Na 蒸気の侵食を受けないこと。
- (4) 数気圧の内圧に耐え、1,000°C → 常温、程度の熱衝撃、熱サイクルに耐えるのに十分な強度を有すること。
- (5) 封着工程中の電極保護のため、処理温度が 1,600°C 以下であること。
- (6) 外観が良好であること。

これらを満足する封着剤として、筆者らは CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 系のガラスを適用することを検討した。この系のガラスは融着した後、12CaO・7Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>（略記号 C<sub>12</sub>A<sub>7</sub>）、CaO・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>（略記号 CA）等の結晶を析出して、元のガラスよりも、耐熱度、耐Na性、機械的強度等を向上させる優れた性質を持っている。

上記(1)～(6)を満たす封着剤が持つべき特性として、

- (a) 熱膨脹係数  $\alpha$  が、SCA に近いこと。
- (b) 析出主結晶が、C<sub>12</sub>A<sub>7</sub>、CA であること。
- (c) SCA に対してぬ（濡）れが良いこと。

の 3 点を、封着剤選定のポイントとした。

CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 系の結晶性のガラスの  $\alpha$  は、一般的に SCA よりも小さい。それは、析出結晶の C<sub>12</sub>A<sub>7</sub> や CA の  $\alpha$  が、SCA に比べてかなり小さいことに起因している<sup>(9)</sup>。筆者らはこの点を解決するために、BaO、MgO 等を加えた 4 成分系を主体とした封着剤を詳細に検討して、良好な組成範囲を得た。また、その中で最も適当な  $\alpha$  を求めるために、封着部の構造を 5 重円筒（図 3. (a)）と仮定して封着剤部に生ずる熱応力を、封着剤の熱膨脹係数  $\alpha_S$  を変数として計算した。その結果を図 3. (b) に示す。筆者らの測定では C<sub>12</sub>A<sub>7</sub>、CA を析出主結晶とする封着剤の結晶化後の引張り強度は、5～7 (kg/mm<sup>2</sup>) であるので、図 3. (b) から、 $70 \times 10^{-7}$  (°C<sup>-1</sup>) 以上の  $\alpha$  ならば、SCA の封着剤として使用可能であることが分かる。

筆者らは、上述の計算結果を目安として、結晶化後の  $\alpha$  が、 $71 \times 10^{-7}$  (°C<sup>-1</sup>) となる封着剤を開発し、SCA 用封着剤として用いることにした。この封着剤（M-S 9130 ガラスと称する）の、SCA に対する濡れ性は良好であった。

### 3.2 M-S 9130 ガラスの特性

3.1 節で選定した封着剤[M-S 9130 ガラスの、ガラス状態、及び、結

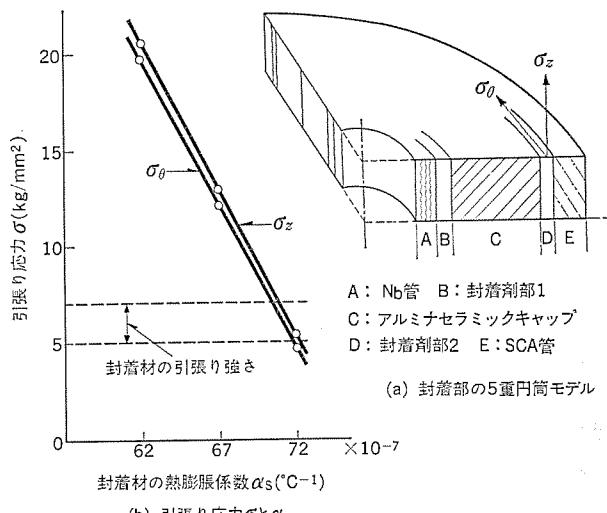


図 3. 封着部の熱応力

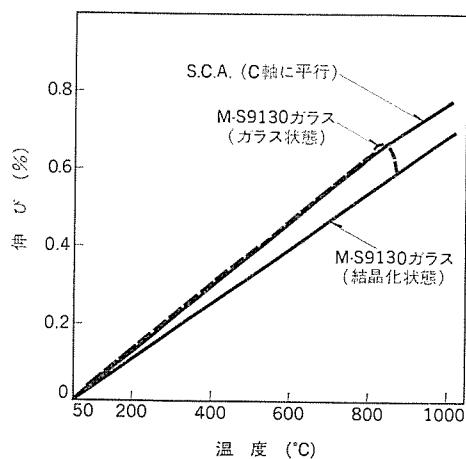


図 4. M-S 9130 ガラスと SCA の熱膨脹曲線

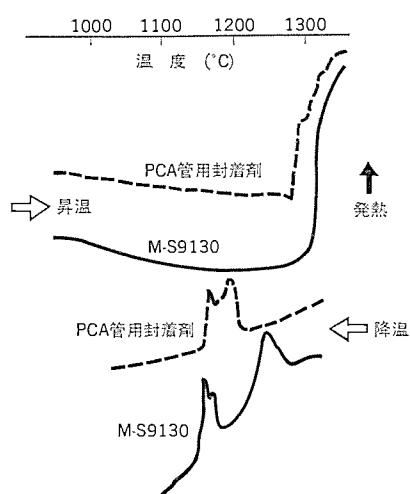


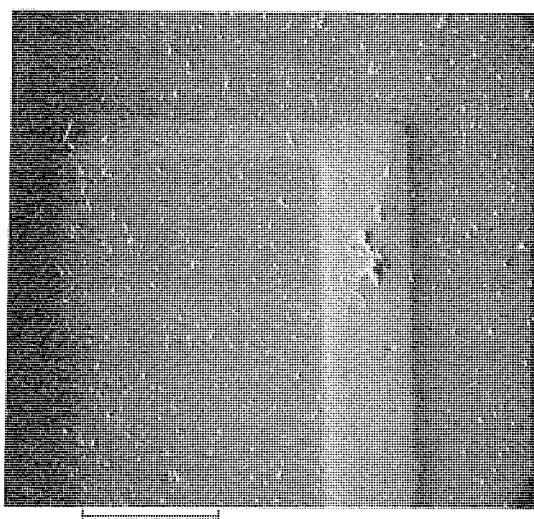
図 5. M-S 9130 ガラスの示差熱分析曲線

晶化状態の熱膨脹曲線を図 4. に示す。M-S 9130 ガラスを使用した封着部に対し、以前、筆者らが行ったものと同一の方法<sup>(8)</sup>で、熱衝撃試験を行った結果は良好であり、このガラスの耐熱衝撃性が優れていることが確かめられた。

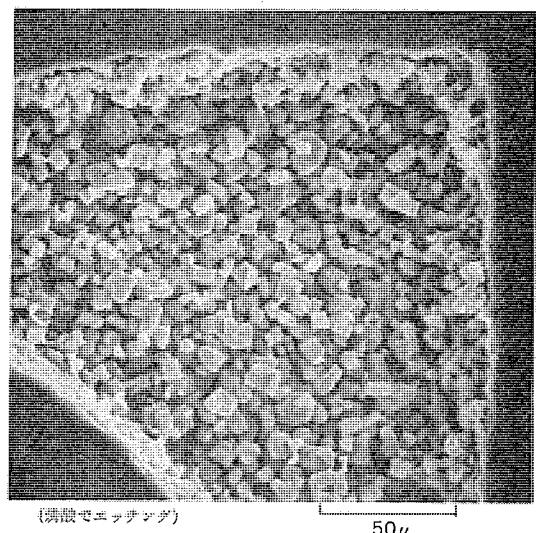
M-S 9130 ガラスの耐熱性は図 4. からも分かるように、結晶化することによって、もとの母ガラスに見られるガラス転移点(800°C付近)がなくなり、また、図 5. に示した示差熱分析結果からも、融解温度は 1,300°C で、PCA 管に、従来使用されていて実績のある封着剤と同程度の耐熱性を持つものと考えられる。また気密性に関しては図 6. (A) に示すように、各部材の間げき(隙)によく充填されており、 $10^{-9} \text{ cc/s}$  以下のリーキ量が保証できた。図 6. (B) は、走査形電子顕微鏡写真であり、粒のそろった結晶が均質に分散している様子が分かる。この結晶は、粉末X線回折法により、 $\text{Ca}_{12}\text{Al}_7$  と CA と、 $\text{BaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_5$  であることが確認された。封着部のX線マイクロアナライザ(E.P.M.A.)による解析では、Al, Ca, Mg, Ba の拡散状態は、PCA の封着部と同じであった。

このガラスの耐 Na 蒸気性は、750~1,050°C の高温で 16 時間、Na 蒸気に触れさせた後の試片の電気伝導度と拡散層の厚さを測定して評価し、その結果、950°C 付近から変質層の厚さが増大する傾向にあることが分かった。この結果は 2.2 節でも述べたように、封着部の温度を 950°C 以下とするようなランプ設計のポイントとなった。

以上述べたように、SCA 管封着剤として開発した M-S 9130 ガラスは、高圧ナトリウムランプ用封着剤として、十分、使用に耐えると考えられる。



(A)



(B)

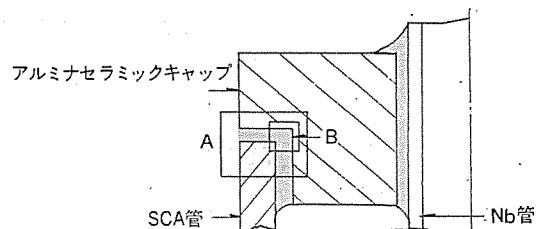


図 6. 封着部の走査形電子顕微鏡写真

えられる。

#### 4. 効率について

本章では、SCA 管を用いた高圧ナトリウムランプの効率についての検討を行う。

##### 4.1 SCA と PCA の比較

図 7. は、発光管材質が SCA と PCA であることの外は、すべて同一仕様のランプについて、管電力が 400 W でのランプ効率と管電圧の関係を示したものである。これから、SCA のほうが、PCA より約 10% 効率が高くなっていることが分かる。上記の例では、Na-Hg アマルガム封入比、アーチ長、管径等は全く同じであり、したがって、同じ管電圧における発光管内のアーチからの放射は、SCA も PCA もほぼ同じと考えられる。図 8. は SCA 管と PCA 管をそれぞれ使用した高圧ナトリウムランプの発光スペクトルであるが、SCA と PCA

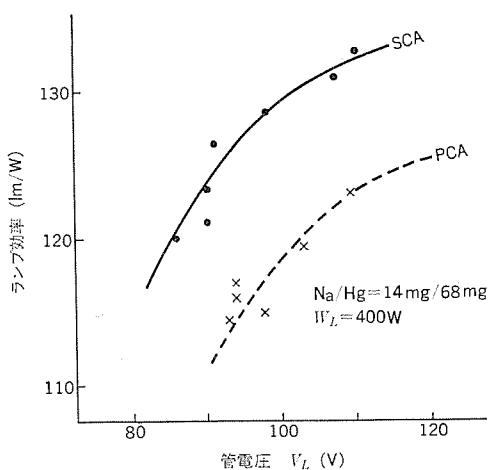


図 7. 効率と管電圧

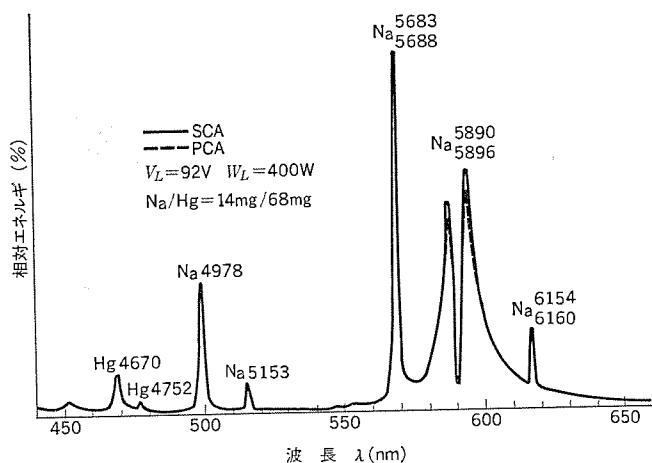


図 8. 高圧ナトリウムランプの発光スペクトル

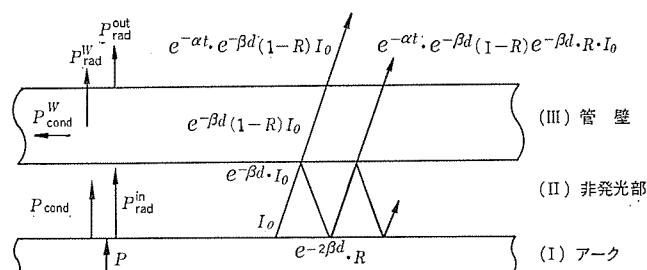


図 9. 発光管内のエネルギー平衡と光の透過反射モデル

とでスペクトルの違いはほとんどなく、スペクトル強度比が違っているだけである。したがって、アーカーで発生した放射が発光管を通過する時に、SCA のほうが PCA より何らかの吸収が少なくなっていることになる。

アーカーに加わった入力  $P$  (単位アーカー長当たり、W/cm) は、熱伝導損失  $P_{\text{cond}}$  (W/cm) の外は、放射  $P_{\text{rad}}^{\text{out}}$  (W/cm) となり、この  $P_{\text{rad}}^{\text{out}}$  は、アーカーの周りの非発光部 (Na, Hg の蒸気層)、及び、発光管管体で吸収を受け、 $\tau P_{\text{rad}}^{\text{in}}$  ( $\tau \leq 1$  光路の透過率) に減じて、 $P_{\text{rad}}^{\text{out}}$  (W/cm) となり発光管から放射される (図 9.)。これを式で書くと

$$P_{\text{rad}}^{\text{out}} = \tau P_{\text{rad}}^{\text{in}} = \tau (P - P_{\text{cond}}) \quad (2)$$

となる。SCA と PCA では、式(2)の  $\tau$  が異なっているはずである。筆者らは坪<sup>(10)</sup>と類似の方法で  $\tau$  を求めた。すなわち、発光管管壁での平衡条件を考え (図 9.), 管壁での管自体からの熱放

射を、 $P_{\text{rad}}^{\text{w}}$  (W/cm)、管壁から発光管端部への熱伝導損失を  $P_{\text{cond}}$  (W/cm) とすると、

$$P = P_{\text{rad}}^{\text{out}} + P_{\text{rad}}^{\text{w}} + P_{\text{cond}} \quad (3)$$

$P_{\text{rad}}^{\text{w}}$  は

$$P_{\text{rad}}^{\text{w}} = \pi D \varepsilon \sigma T_w^4 \quad (4)$$

ここで、 $D$  は発光管の内径 (cm)、 $\varepsilon$  は発光管材質の放射率、 $\sigma$  は、Stefan-Boltzmann 定数で、 $\sigma = 5.6697 \times 10^{12}$  (W/cm<sup>2</sup>K<sup>4</sup>) であり、 $T_w$  は発光管の管内壁温度 (K) である。

また、 $P_{\text{cond}}$  は、管端部でのみ直線的な温度公配 ( $dT_w/dx$ ) があるとして、

$$P_{\text{cond}} = -2S\lambda(dT_w/dx)/l_a \quad (5)$$

となる。ここで、 $S$  は発光管の断面積 (cm<sup>2</sup>) であり、 $\lambda$  は、発光管材質の熱伝導率 (W/cm<sup>2</sup>·K) であり、 $l_a$  はアーカー長 (cm)、 $x$  は管軸方向距離である。したがって、 $T_w$ 、( $dT_w/dx$ ) が解ければ、式(4)、式(5)は計算でき、よって入力  $P$  の時の  $P_{\text{rad}}^{\text{out}}$  が、式(3)から求められる。式(2)の、 $P_{\text{cond}}$  は一般的に、 $P$  によらない<sup>(11)</sup>から、式(3)で得られた点 ( $P$ ,  $P_{\text{rad}}^{\text{out}}$ ) をプロットしていくと直線が得られる。したがって、この直線の傾きから  $\tau$  が求められる。筆者らは管壁に熱電対を封着剤により接着して  $T_w$  を測定して、式(4)、式(5)を計算した。また、SCA の  $\varepsilon$  は不明だったので、PCA と同じ、 $\varepsilon = 0.25$  とした<sup>(10)</sup>。実際の値は、表面の粗さが PCA より少ないため、この値より小さくなると考えられる。結果を図 10. に示す。これから、SCA の  $\tau = 0.86$ 、PCA の  $\tau = 0.79$  であると見積られる。すなわち、SCA の管は、PCA 管より 8~9% 光路の透過率  $\tau$  が高くなっている。表 1. にもあるように、管自体の全透過率 (Total-transmittance, 又は拡散透過率) は、SCA も PCA も同じであり、 $\tau$  の相違は他の要因に求められねばならない。その要因は恐らく、直線透過率 (Inline-transmittance) であると考えられる。図 11. に、SCA, PCA の直線透過率を示す<sup>(3)(12)</sup>。直線透過率は、一度も反射を受けずに、入射した方向と同方向に直線的に透過するものの割合を示し、図 11. から、高圧ナトリウムランプの放射波長域 (主に、550~650 nm) では、SCA が 87%、PCA で 32% 程度であることが分かる。SCA の場合、発光管内がよく透視できるのは、可視領域での直線透過率が良いことに起因している。

#### 4.2 発光管モデルによる $\tau$ の計算

直線透過率の  $\tau$  に対する役割は、次のようなモデルを考えると分かりやすい。すなわち、図 9. のように、発光管内部を、I, II, III の 3 層に分けて考え、それぞれを、アーカー (発光部), 非発光部 (Na,

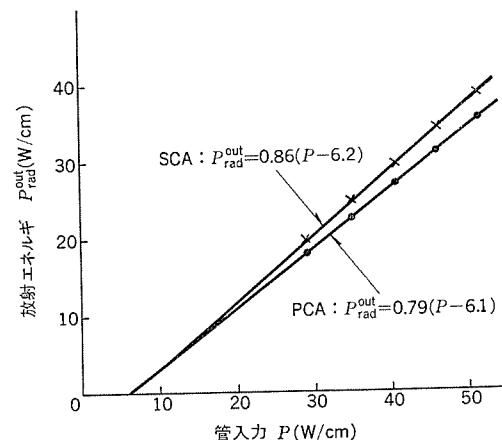


図 10. 管入力と放射エネルギーの関係

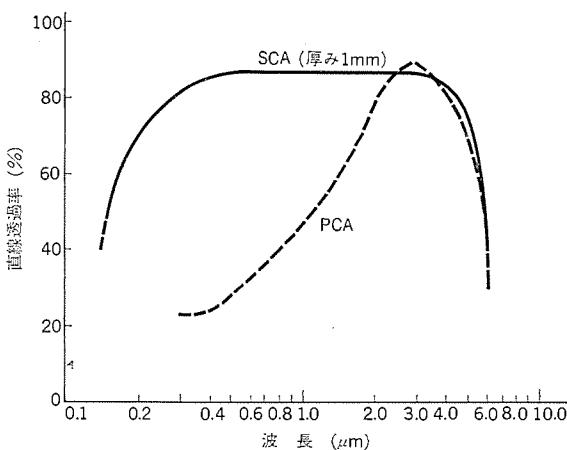


図 11. SCA と PCA の直線透過率<sup>(4)(13)</sup>

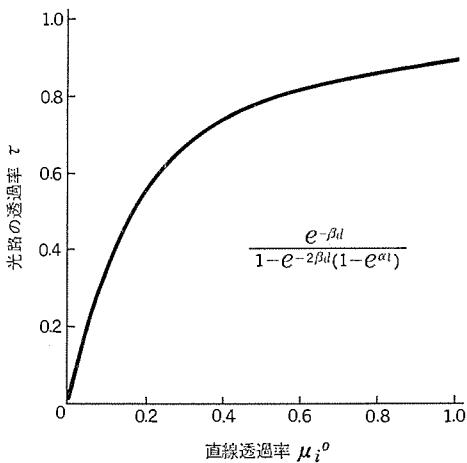


図 12.  $\tau - \mu_i^0$  の関係

Hg 蒸気層), 発光管管体と見立てる。更に簡単にするため, 次のような仮定を設けることにする。すなわち,

- (1) I の表面で光が放射され, またこの面の反射率を 1 とする。
- (2) II の部分では, 吸収のみで (吸収係数  $\beta$ , 厚さ  $d$ ), 反射はない。
- (3) III の部分では, 管壁内部の反射を含めて, この層の反射を II と III の境界面だけで代表させ, この見掛け上の反射率を,  $R$  とし, また, 吸収係数を  $\alpha$ , 厚さを  $t$  とする。

このように考えると, 図 9. から, 発光管外に放射されるものの割合  $\tau$  (光路の透過率) は,

$$\begin{aligned} \tau &= e^{-\alpha t} \cdot e^{-\beta d} (1-R) (1+e^{-2\beta d} \cdot R + e^{-4\beta d} \cdot R^2 + \dots) \\ &= \frac{e^{-\alpha t} \cdot e^{-\beta d} (1-R)}{1-e^{-2\beta d} \cdot R} \end{aligned} \quad (6)$$

となる。式(6)で, もしも II の部分 (すなわち, 非発光部) がない場合,  $\beta=0$  であり

$$\tau = e^{-\alpha t} \quad \dots \quad (7)$$

となる。これは, 発光管管体 (III) だけの透過率であり, 全透過率に相当する。また一度も反射を受けないで管外に出るもの割合  $\mu_t$

は,

$$\mu_t = e^{-\alpha t} \cdot e^{-\beta d} (1-R) \quad \dots \quad (8)$$

であり, やはり,  $\beta=0$  として,

$$\mu_t^0 = e^{-\alpha t} (1-R) \quad \dots \quad (9)$$

これは, 発光管管体の直線透過率である。式(6)を  $\mu_t^0$  で書きかえると,

$$\tau = \frac{e^{-\beta d} \cdot \mu_t^0}{1-e^{-\beta d} (1-e^{\alpha t} \cdot \mu_t^0)} \quad \dots \quad (10)$$

となる。式(10)は, 図 12. のような曲線であり, 全透過率  $e^{-\alpha t}$  が等しくても, 直線透過率  $\mu_t^0$  の差によって,  $\tau$  は異なることが分かる。実際の発光管内の放射の様子は, 上述したモデルのように簡単なものではなく, 特に, 非発光部での吸収は, 熱伝導過程以外に, 再放射過程に重要な役割を持ち, 高圧ナトリウムランプの発光スペクトルにおける共鳴線の広がり (Resonance Broadening) として, 演色性の向上に大きな意味を持っている。しかしながら, 直線透過率の役割を理解するためには, 上記の定性的な考え方で十分であろう。すなわち, SCA 管を使用した高圧ナトリウムランプは, SCA 管の直線透過率が良いため, 発光管内表面, 又は発光管管壁内部からの発光管中心部方向にもどる反射が少なく, PCA 管に比べて, アーク周辺の非発光部つまり, Na, Hg 蒸気層における光の吸収量が少ないので, PCA 管を使用した高圧ナトリウムランプに比べ, 効率が向上するものと考えられる。

## 5. む す び

サファイア管 (SCA 管) を用いた高圧ナトリウムランプの検討を行ひ, PCA 管に比べ約 10% の効率向上ができる, 400 W で 125 lm/W 以上の高圧ナトリウムランプが得られることが分かった。また高圧ナトリウムランプの寿命に最も大きな影響を与える封着部も, 十分信頼性の高いものが得られた。

## 参 考 文 献

- (1) E. Loytta : Light. Des. and Appl. Feb., 14 (1976)
- (2) T. K. McGowan : Light. Des. and Appl. Jun., 45 (1976)
- (3) 日本碍子 (株) カタログ : ハイセラムパイプ
- (4) Catalogue by Corning Glass Works : Corster Sapphire arc tube
- (5) A. A. Griffith : Phil. Trans. Roy. Soc. A 221, 163 (1920)
- (6) N. Ozaki : J. Appl. Phys., 42, 3, 171 (1971)
- (7) 坪 : 電気学会光源関連装置研究会資料, LS-73-11 (昭 48)
- (8) 河原, 西瀬, 岡本 : 三菱電機技報, 47, No. 11, 1, 177 (昭 48)
- (9) J. B. Austin : Thermal Expansion of Nonmetallic Crystals, J. Amer. Ceram. Soc., 35, No. 10 (1952)
- (10) 坪他 : 電気学会光源関連装置研究会資料, LS-74-9 (昭 49)
- (11) W. Elenbaas : The high pressure mercury discharge, North Holland Pub. Co., (1951) Amsterdam.
- (12) 京都セラミック (株) カタログ : 京セラ 単結晶 サファイア

# 2,000kV光分圧器

渡辺次男\*・片岡保\*・岸章夫\*・川島武\*

## 1. まえがき

電力系統の高電圧化に伴い、系統を構成する電力機器の試験電圧はますます上昇する傾向にあり、高電圧試験の測定精度を向上させることは一層難しくなっている。現象のは(把)握のためには、被試験物に流れ込む電流の測定、及び機器に印加する正確な電圧の測定が必要である<sup>(1)</sup>。

被試験物を流れる電流を正確に知るためには、高電圧部での測定が必要になるが、この場合には測定系の絶縁が問題になる。

また、試験電圧の上昇に伴って試験に使用する分圧器も大型化するため、従来のように低圧側で波形を観測する方法では、分圧器抵抗の漂遊容量の影響により、応答時間が数十nsから百ns以上と大きくならざるを得ない。

このような分圧器を用いて、急しゅん波やさい断波の測定を行った場合、測定波形は印加波形と異なったものになってしまふであろう。分圧器抵抗の漂遊容量の影響は、分圧部を高電圧側に設置することによって解決できる。この問題の解決手段として、最近進歩の著しいオプトエレクトロニクスを応用することにした<sup>(2)</sup>。

光を利用した場合、(1)速度が速い、(2)周波数が高い、(3)電気的に絶縁できる、(4)電気的雑音の影響を受けにくい、等の利点がある。また、発光・受光素子や光伝送素子の信頼性の向上により、信頼性のある光信号の伝送が可能になり、各所で電力機器へのオプトエレクトロニクスの応用が研究・開発されている<sup>(3)(4)(5)</sup>。

当初においては、まず、電気的絶縁だけに注目し、簡単で利用価値の大きいスイッチのON・OFF制御に使用してきた。例えば、大型変圧器モデルの各部温度を通電状態で直接測定する場合の、高電圧部にある測定点の切換制御への適用である。

今回は、定量的計測への応用を目的にして発光ダイオード・ライトガイド・光電子増倍管(又は太陽電池)で構成される光学系を用い、従来の抵抗分圧器と組合せた2,000kV用光分圧器を開発したので、紹介する。

この装置を応用すれば、高電圧側での電流測定(インパルスコロナ等の測定)も可能である。

本文では、開発した光分圧器の概要について述べ、測定例については別の機会に譲る。

## 2. 光分圧器の測定法の原理

図1に光分圧器の電圧測定回路を示す。インパルス電圧の測定は分圧抵抗( $R_1$ )・発光ダイオード(LED<sub>1</sub>)・補償回路<sup>(6)</sup>等で構成されている分圧部を分圧器抵抗の高電圧側に接続して行われる。

この動作は次のようなものである。 $R_1$ の両端に電圧が加わると、LED<sub>1</sub>にはこの電圧に比例した電流が流れて発光する。この光信号をライトガイドを介して光電子増倍管(PMT)の光電面に伝送し、PMTによって光信号を電気信号に変換する。この電気出力をオシロスコープで測定することにより、印加電圧を電気的絶縁状態のもとで、高

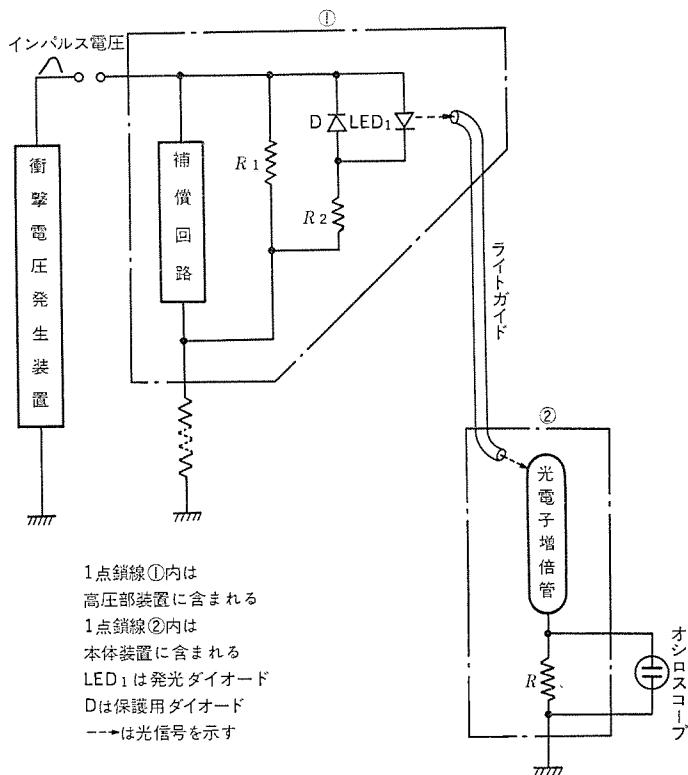


図1. 光分圧器の電圧測定回路

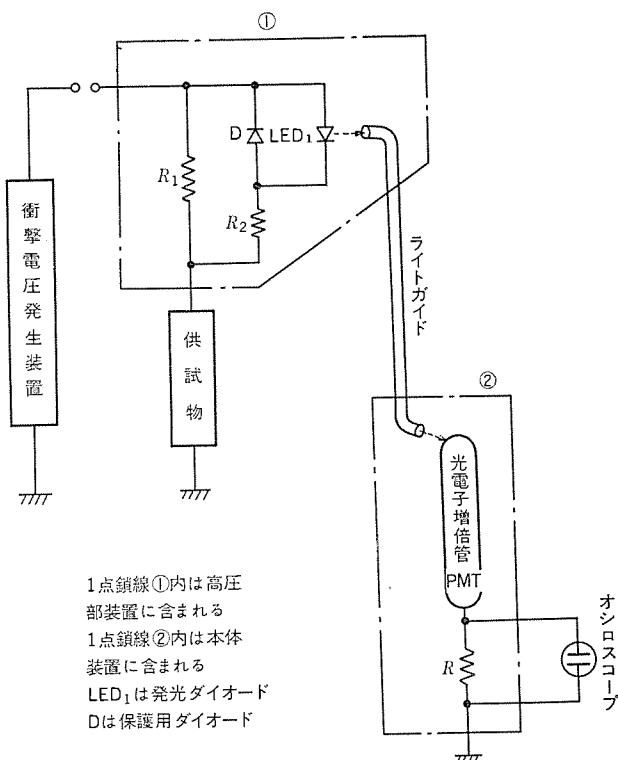


図2. 光分圧器を応用した高電圧側測定回路

速度でかつ電気的雑音なしで観測することができる。この場合に重要なのは、 $R_1$  の端子電圧と電気出力との直線性であるが、この点に関しては 4.3 節で述べる。

この装置を応用すれば、高電圧部を流れる電流の測定も可能である。この場合、被試験物を流れる電流の一部を発光ダイオードに流し、電流に比例した光信号を発生することにより、電圧測定と同様に測定できる。図2.にこの場合の測定回路を示す。

### 3. 光分圧器の構成

発光ダイオードの電圧-電流特性及び出力特性は、図3.、図4.に示すように温度によって変化するため、温度補正をする必要がある。

この装置には、この補正用の温度校正回路があり、インパルス電圧を印加する直前又は直後に発光ダイオードに定電流を流し、このときに測定された電気出力を基準値とし、インパルス電圧印加時に測定される電気出力の温度補正を行っている。図5.に構成を示す。図6.のブロック図の流れ(①→⑩)に従い、インパルス電圧を測定する方法を説明する。

まず、系1を説明すると、①の校正パルス発生回路によって、②の発光ダイオード(LED<sub>2</sub>)に電流パルスを供給する。このパルスは LED<sub>2</sub>によって光信号に変換され、この光信号は③のライトガイド(B)を介

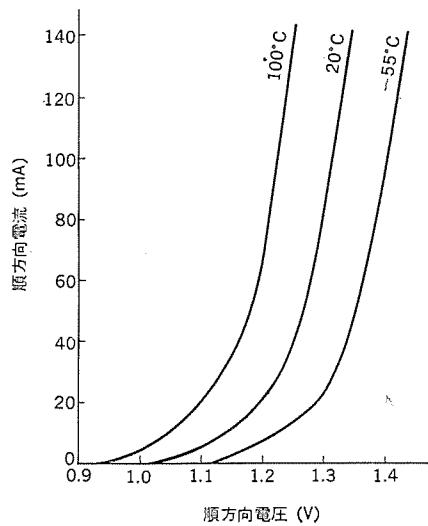


図 3. 順方向電流と順方向電圧との関係

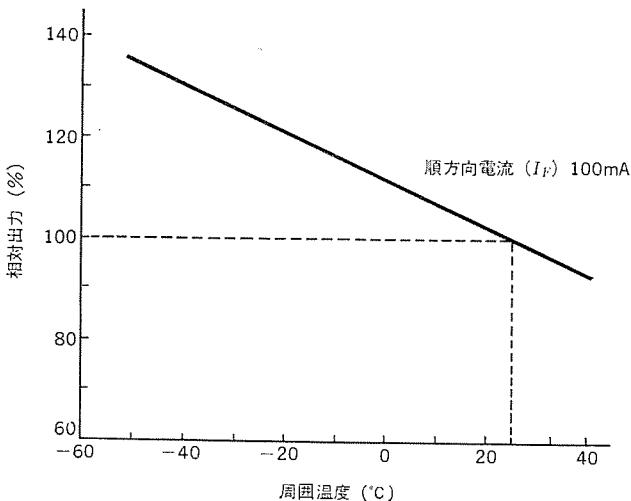


図 4. 相対出力と周囲温度との関係

し、高圧部装置にある④の太陽電池に伝送される。太陽電池で光信号は再び電気信号に変換される。この電気信号によって⑤の温度校正回路が動作し、⑥の発光ダイオード(LED<sub>1</sub>)に定電流  $I_0$  が流れる。この電流は、LED<sub>1</sub>によって光信号に変換される。この光信号は、⑦のライトガイド(A)を介し、地上側の本体装置にある⑧の光電子増倍管(PMT)の光電面に伝送される。PMTでは光信号を電気信号に変換するとともに電流增幅を行う。この電流が⑨の出力抵抗に流れ、この両端の電位差が⑩のオシロスコープで測定される。

インパルス電圧の測定は系2に従って行う。衝撃電圧発生装置によって印加されたインパルス電圧は、分圧部と分圧器抵抗とで分圧される。この分圧された電圧に比例した電流がLED<sub>1</sub>を流れる。この電流は、光信号に変換され、以下、系1と同様の経路でオシロスコープに現れる電位差が測定される。

系1, 系2の測定時の分圧部等価回路を図7., 図8.に示し, 以下, この等価回路の記号に従って分圧部に発生する電圧値の温度校正について述べる。

系1, 系2の測定の際に、オシロスコープで測定された電圧( $v_0, v_1$ )とLED<sub>1</sub>を流れる電流( $I_0, I_1$ )との関係は、後述のように、ほぼ直線性を有するので、次式が成立する。

また、 $R_2 \gg R_1$ ,  $\gamma_l$

であるため、図 8. の  $\gamma_l$  を流れる電流は、端子電圧  $V$  に比例する。

式(1), 式(2)より

$$V = I_0 \cdot R_2 \cdot (v_1/v_0) \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

になる。すなわち、校正電流  $I_0$ 、及び  $v_1$  と  $v_0$  の比によって端子電圧  $V$  は、任意の温度で測定できる。

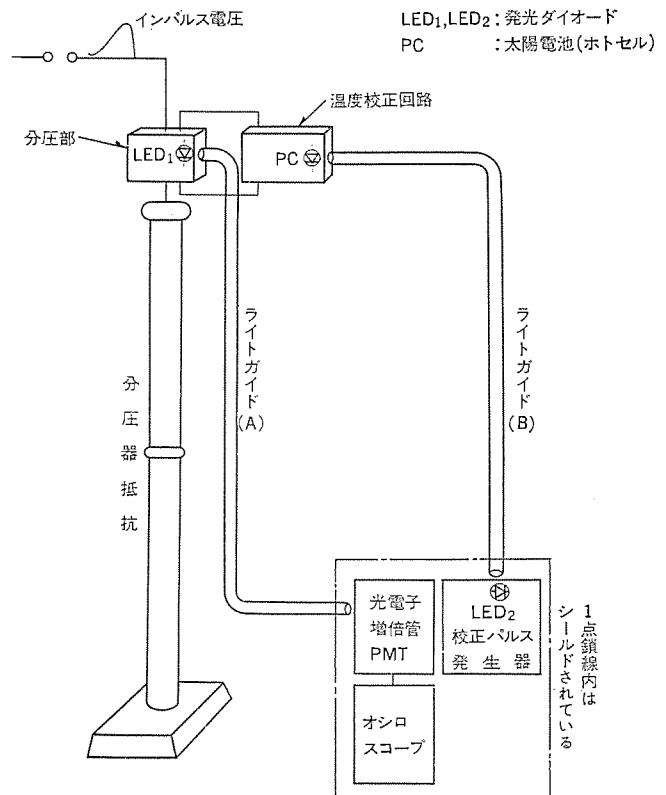


図 5. 光分圧器の構成

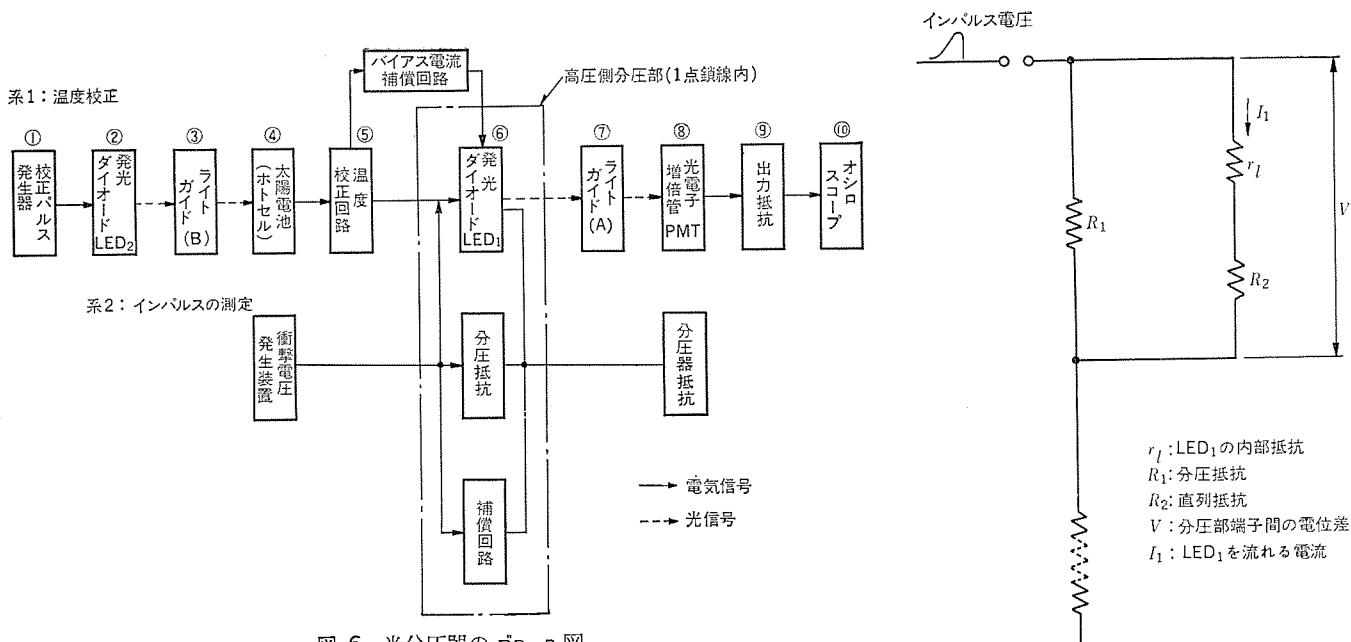


図 6. 光分圧器のブロック図

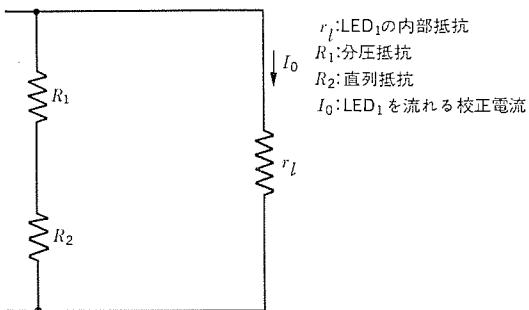


図 7. 温度校正時の分圧部等価回路

#### 4. 主な構成要素

この装置は地上側に設置する本体装置と分圧器抵抗の高圧側に設置する高圧部装置、及び両者を電気的に絶縁して光学的に結合している 2 本のライトガイドの 3 部分で構成されている。

##### 4.1 本体装置

図 9. に外観を示す。本体装置は PMT・電源部・校正パルス発生回路・PMT動作チェック回路で構成されている。

PMT は、これまで述べたように微弱な光信号を電気信号に変換するとともに大幅な電流増幅を行って電気出力を供給する要素である。電源部は PMT のバイアスに必要な DC 1,200 V の安定化電源及び校正パルス発生回路に用いるバイアス電圧供給電源で構成されている。なお、PMT に一時に高電圧を加えた場合に感度が著しく低下するため、安定化電源の出力電圧は 2 ~ 3 秒で徐々に上昇するようにしてある。

校正パルス発生回路は温度校正回路を大地側で動作させるためのトリガーパルスの発生回路である。この回路により、周期 6 ms でパルス幅 3 ms の電流パルスを約 3 s 間発生させる。このパルスを発光ダイオード(LED<sub>2</sub>)に印加することによって連続光信号を得、この光信号がライトガイド(B)を介し、温度校正回路にある太陽電池の光電面まで伝送される。

PMT 動作チェック回路はパルス幅 210 μs のく(矩)形波を発生する電気回路と PMT の光電面近傍にある発光ダイオード(LED<sub>3</sub>)とで構成されており、この回路で PMT が正常に動作しているかどうかがチェックできる。

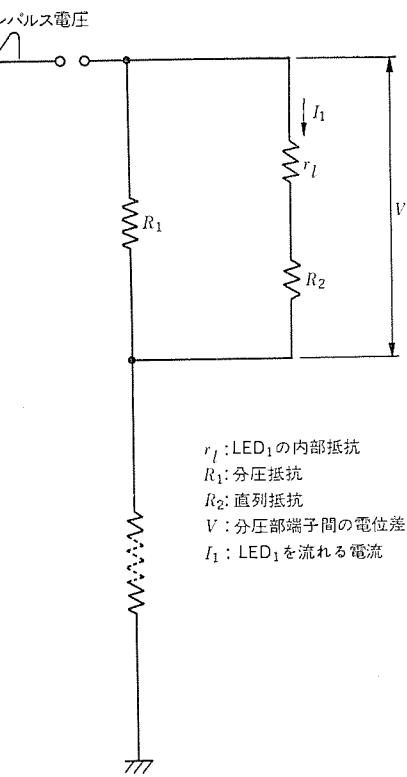


図 8. インパルス測定時の分圧部等価回路

#### 4.2 高圧部装置

図 10. に外観を示す。高圧部装置は分圧部(分圧抵抗・発光ダイオード LED<sub>1</sub>・補償回路等)、温度校正回路、LED<sub>1</sub>のバイアス電流補償回路で構成されている。

分圧部の電気回路は図 1. の 1 点鎖線で示した①内のように接続されている。分圧抵抗は高精度の無誘導抵抗を約 20 本並列に接続してインダクタンスを小さくしてある。LED<sub>1</sub>は発光出力が大きくて入出力特性の優れたものを使用した。LED<sub>1</sub>の保護用に逆極性成分を分流させるための保護用ダイオード D と LED<sub>1</sub>の過電流防止用の直列

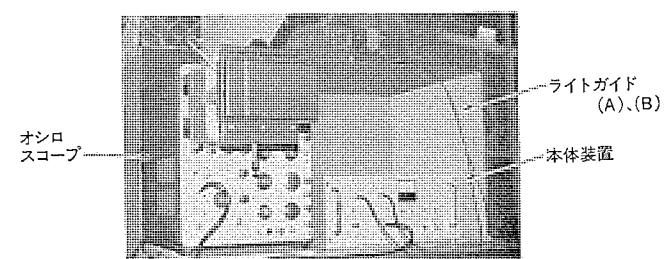


図 9. 本体装置外観

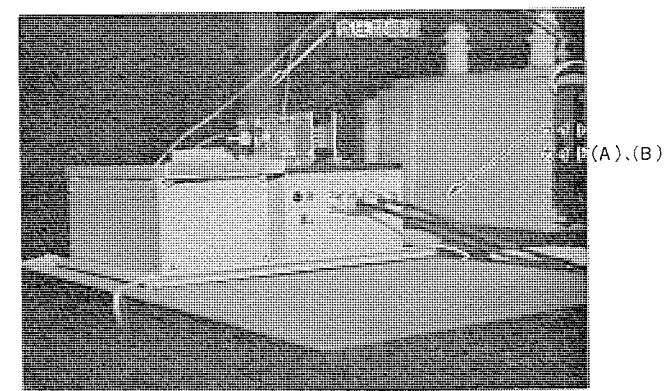


図 10. 高圧部装置外観

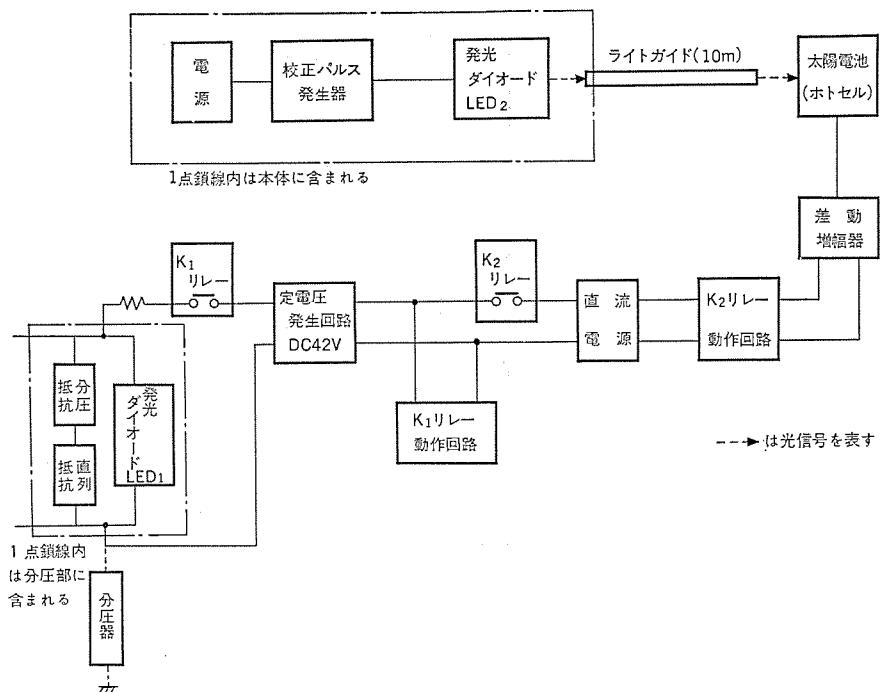


図 11. 溫度校正回路のブロック図

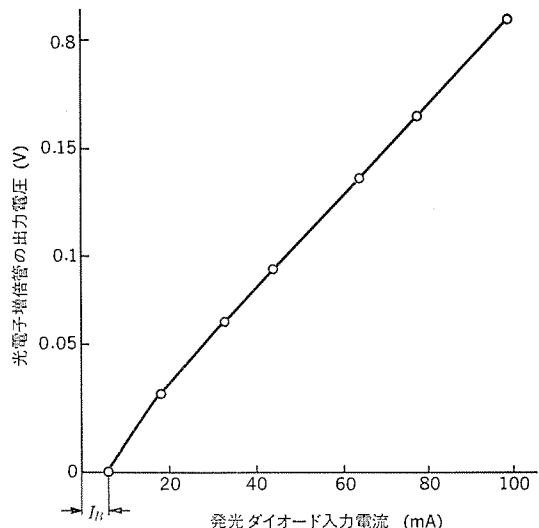


図 12. 発光ダイオード入力電流と光電子増倍管出力との関係

抵抗  $R_2$  とがある。

分圧部にはインパルス電圧が印加されたときに印加電圧に比例した電圧が発生するが、このほかに漂遊容量による充電電流が流れる。この電流が発光ダイオードに流れると正しい分圧波形が得られない。この充電電流の影響を除去するための要素として補償回路がある。この補償回路の定数設定にはかなりの困難を要した。

次に、図 11 のブロック図に従って温度校正回路を説明する。校正パルス発生回路で発生された光パルスはライトガイド(B)を介して温度校正回路に伝送され、太陽電池で電気信号に変換される。この電気信号は差動増幅器で增幅された後、K<sub>2</sub>リレー動作回路に入り、K<sub>2</sub>リレーを約3s間ON状態にする。K<sub>2</sub>リレーがON状態になると定電圧発生回路とK<sub>1</sub>リレー動作回路とに直流電源の電圧が印加され、K<sub>1</sub>リレーが動作して発光ダイオードに定電流が供給される。これによって発光ダイオードと出力電圧との関係を表す基準値が得られる。K<sub>1</sub>リレーにはスイッチング動作の速い水銀接点リレーを使用した。

発光ダイオードには図 12 の  $I_B$ (バイアス電流)以下の電流が流れてても測定可能な出力が得られない領域が存在する。この領域を除去し、入出力特性が直線性を有する領域で測定ができるように、測定前に一定電流をLED<sub>1</sub>に流すための要素がバイアス電流補償回路である。

#### 4.3 光学素子の諸特性

光分圧器に用いられる発光ダイオード・ライトガイド・光電子増倍管には良好な時間応答と入出力特性の直線性とが要求される。この装置ではこれらを考慮して次の各要素を使用した。

- 発光ダイオード……3個

M120C (モンサント)

発光出力 2 mW ( $I_F=100$  mA)

放射束 1.1 mW/cm<sup>2</sup> ( " )

最大発光波長 9,000 Å ( $I_F=50$  mA)

ターンオン時間、ターンオフ時間 1 ns

- ライトガイド……2本

キャノンケーブル

有効径 2 mmφ

透過率 25% (長さ 10 m)

- 光電子増倍管

HTV 7102 (浜松テレビ)

最大感度波長 7,000~9,000 Å

立上がり時間 2.9 ns

上述の3要素を結合した光学系の入出力特性を図 12. に示す。

## 5. 測定結果

### 5.1 光学系の応答特性

測定系には光学系の遅れ時間(発光ダイオードのターンオン時間、光信号のライトガイド通過時間、光電子増倍管の立上がり時間及び電子走行時間等)と電気系の遅れ時間(電気信号の高周波同軸ケーブル進行時間等)とがある。そこで、図 13. に示す回路構成で測定系の応答時間及び遅れ時間の測定を行った。応答時間の測定にはテクトロニクス製のパルス発生器により、立上がり4 ns パルス幅30 ns のパルスを使用し、遅れ時間の測定には水銀リレーを用いて回路で発生した立上がり30 ns の矩形波を使用した。図 14., 図 15. に出力パルスの立上がり特性の観測波形と、遅れ時間の観測波形とを示す。測定結果から、測定系の応答時間は約15 ns、遅れ時間は85 nsとなつた。

この値は従来の低圧側測定の抵抗分圧器と比べれば満足できるものである。高出力の発光ダイオードや透過率の良好なライトガイドを使用することによって高出力の電気信号が得られるならば、出力抵抗を小さくすることによって応答時間の改善は可能であろう。

### 5.2 インパルス波形観測

インパルス波形の観測例として、各種インパルスの繰り返し波形を発生できるサーボアナライザを使用し、図 1. の回路に波頭長0.7 μs のインパルスを印加した場合の観測結果を図 16. に示す。図において上が入力波形であり、下が出力波形である。入出力とも一致した良好な結果が得られている。

現在、この装置は150 kV 衝撃電圧発生装置及び図 17. の4,000

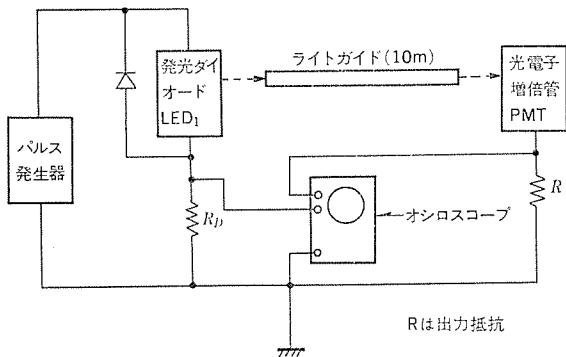


図 13. 光学系の応答時間の測定回路 (横軸  $10 \mu\text{s}/\text{div}$ )

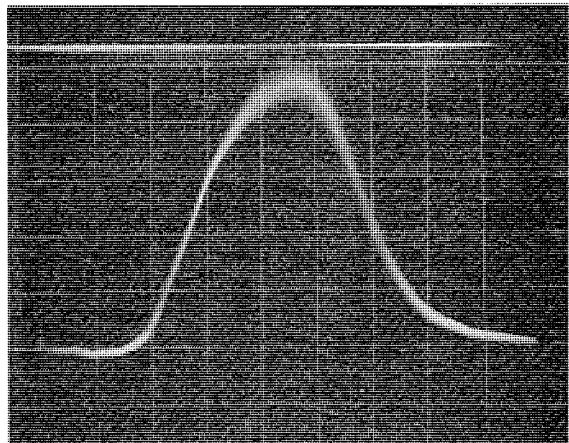


図 14. 立上がり特性の観測波形

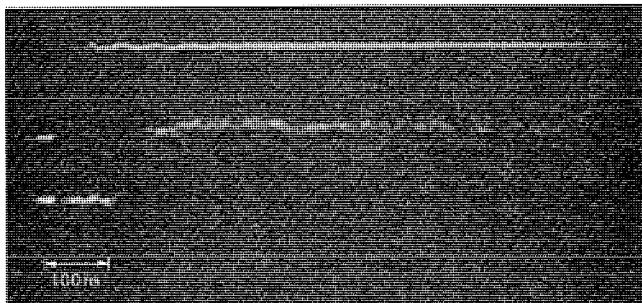


図 15. 遅れ時間の観測波形

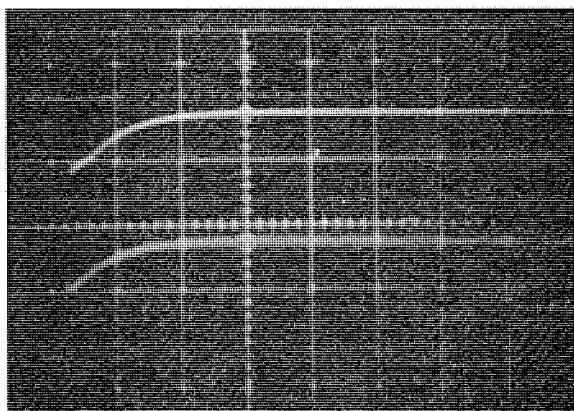


図 16. インパルス 波形の観測 (横軸  $0.5 \mu\text{s}/\text{div}$ )

kV 衝撃電圧発生装置に適用して各種波形の測定を行っている。

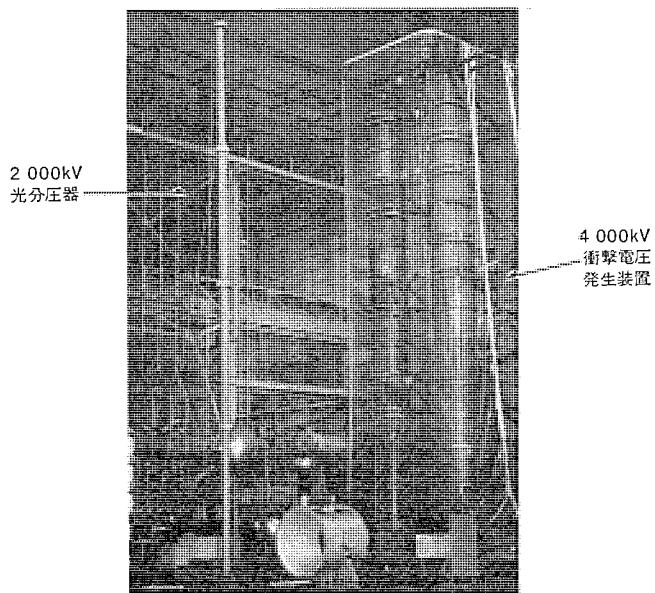


図 17. 4,000 kV 衝撃電圧発生装置と組合せて使用されている  
2,000 kV 光分圧器

## 6. む　す　び

- (1) 2,000 kV 用応答時間 15 ns の光分圧器の紹介をしたが、この装置を使用することにより、高電圧の測定、高圧部の電流測定などの光を用いた定量的計測が可能であることが分かった。
- (2) 直線性の優れた発光ダイオードを使用し、発光ダイオードの温度特性の校正、バイアス電流の補償を行うことにより、入力波形、波高値が精度よく測定できた。
- (3) 応答時間は高出力の光学系（高出力の発光ダイオード、高透過率のライトガイド）の適用により、出力抵抗を小さくすることで改善できる。また、特性のよい長尺のライトガイドが得られれば、この装置をより高電圧の分圧器として使用することも可能である。
- (4) 更に、この装置の一部を改良することにより、零点を通過する波形観測もできる。
- (5) 現在、この装置を用いてインパルス波・さい断波に関する電圧・電流の測定を実施中である。

最後に、この分圧器の開発にあたり、昭和 50 年 6 月まで当工場で、ご指導ご協力をいただいた現岐阜大学岩崎教授をはじめ、この装置の製作を担当された日進電機(株)の関係各位に深く謝意を表する。

## 参 考 文 献

- (1) 絶縁試験法ハンドブック、電気学会
- (2) オプトエレクトロニクスハンドブック、シャーペ
- (3) 河村ほか：オプトエレクトロニクスによる電力の計測と制御、昭和 49 年電気学会東京支部
- (4) 河村ほか：送電線における雷インパルス特性測定への応用、昭和 50 年電気四学会連合大会
- (5) Harada, Kawamura et al.: High quality voltage divider using optoelectronics for impulse voltage measurements, IEEE EE 71 TP 548, July (1971)
- (6) Harada et al.: Resistor divider with dividing element of high voltage side for impulse voltage measurements, IEEE 70 TP 576 PWR, July (1970)

# 東京電力(株)袖ヶ浦発電所納め三相1,100MVA525kV変圧器

但馬常夫\*・片岡保\*・博多哲郎\*・徳増治\*

## 1. まえがき

我が国における500kV送電網については、1973年に東京電力(株)と関西電力(株)で送電が開始されたのを皮切りに、現在では基幹系統の一つとなり得るほどに500kV系は整備されている。一方では、火力・原子力発電所のユニット容量はますます大きくなり、発電所用の主変圧器容量も680MVA(1970年)、860MVA<sup>(1)</sup>(1973年)、1,100MVA・1,200MVA(1975年)と大容量化が進むに伴い、発電所においても500kV系統に直接昇圧で使用される変圧器が要求されるようになった。

当社では、このたび500kV直接昇圧変圧器として、東京電力(株)袖ヶ浦火力発電所3号ユニット向けに、三相1,100MVA主変圧器を製作・納入した。ここでは、この記録的な超大容量500kV変圧器の概要を紹介するとともに、製作に着手するに当たって実施されたプロトタイプ単相変圧器や低圧大電流ブッシング部の実物大三相モデルによる絶縁及び温度の検証試験についても述べたい。

## 2. 変圧器の定格

形 式：外鉄形 送油風冷式 SUB形

相 数：三相

容 量：1,100 MVA

周波数：50 Hz

電圧・結線：

1次： 19.5 kV 三角

2次： F 550-F 537.5-R 525-F 512.5 kV

星形(中性点直接接地)

絶縁階級又は所要絶縁強度：

1次： 20号

2次： 雷インパルス 1,550 kV

開閉インパルス 1,090 kV

商用周波 840 kV

2次中性点： 60号

インピーダンス電圧： 15% (1,100 MVA基準)

騒音： 低騒音形(仕様値 75ホン)

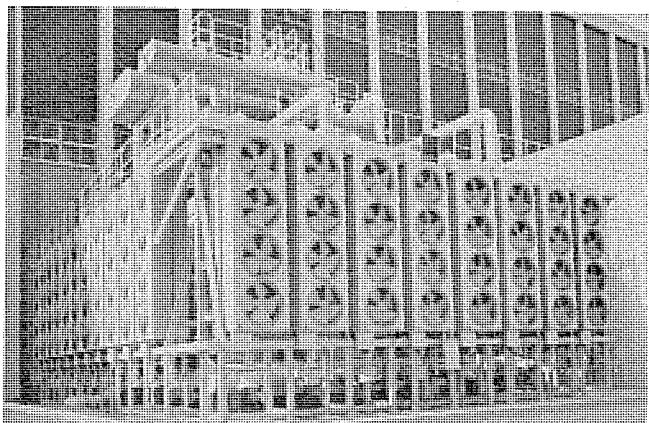


図1. 袖ヶ浦発電所納め三相1,100MVA 525kV変圧器

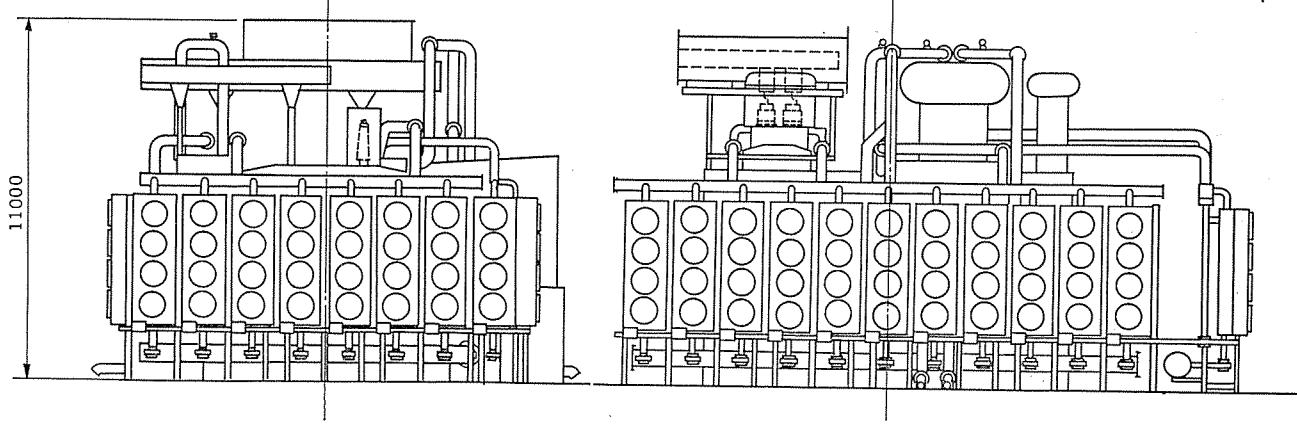
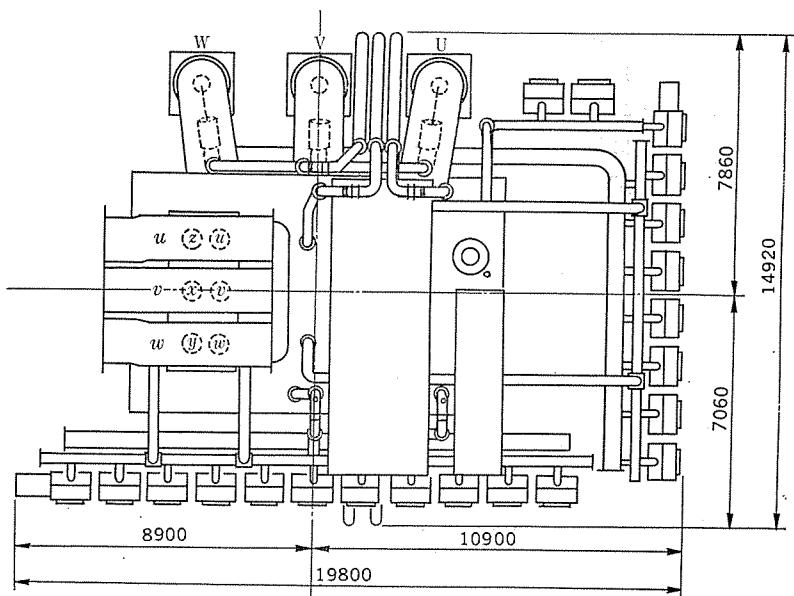


図2. 三相1,100MVA 525kV変圧器の外形

### 3. 構造と特長

この 1,100 MVA 525 kV 変圧器の構造は、当社において従来より数多くの大容量変圧器を製作してきた技術をもとにして外鉄形フォームフィット構造で製作された。500kV 変圧器では絶縁の信頼性が重要なポイントになり、更に大容量器では変圧器の各部の寸法が増大するのに伴う、漂遊損による熱的問題や電磁力による機械的強度に対する性能と経済性との協調を考慮して最適な設計が選ばれ、高低圧巻線の交互配置数を 8 群構成にしてこれらの諸問題を解決している<sup>(1)</sup>。

#### 3.1 巻線と絶縁構成

巻線には、外鉄形く(矩)形コイルを複数枚直列又は並列に U 接続し、高低圧巻線を交互に配置しているが、図 3. に示すような 8 群構成交互配置で、コイル軸長さの 1/2 の面を対象面として 1 対の 1/2 容量の高低圧巻線群を同一鉄心脚に直列に配置し、電気回路的には高低圧巻線をそれぞれ並列に接続して三相 1,100 MVA の容量を形成している。1/2 容量の巻線群において、それぞれの導電回路は 2 群が直列に接続された高圧巻線と 4 群が並列に接続された低圧巻線とかなり、低圧大電流巻線としては全部で 8 並列回路となり 1 回路当たりのコイルに流れる電流は  $18,800 \div 8 = 2,350$  A になり、各コイルの 1 ターン当たりの導体断面積はあまり大きくない。

この 8 群構成の適用によって 1 群当たりの容量は 1/8 になり、漏れ磁束密度が大容量器にもかかわらず適正レベルに保たれており、コイル導体内の漂遊損や電磁力が過大にならず、またコイルの寸法自身も大きくなりず、1 コイルの導体断面積が小さいこともあって工作性が良く、巻線の電磁界的問題や寸法は三相 550 MVA (通常は 4 群構成で製作される) 変圧器の巻線と同等であり、電気的・機械的信頼性の十分に高いものが製作された。

500 kV 絶縁に関しては、高圧線路群を単巻変圧器などで実績のある“つづみ形”構造にし、線路端に電界集中がなく運転電圧に応

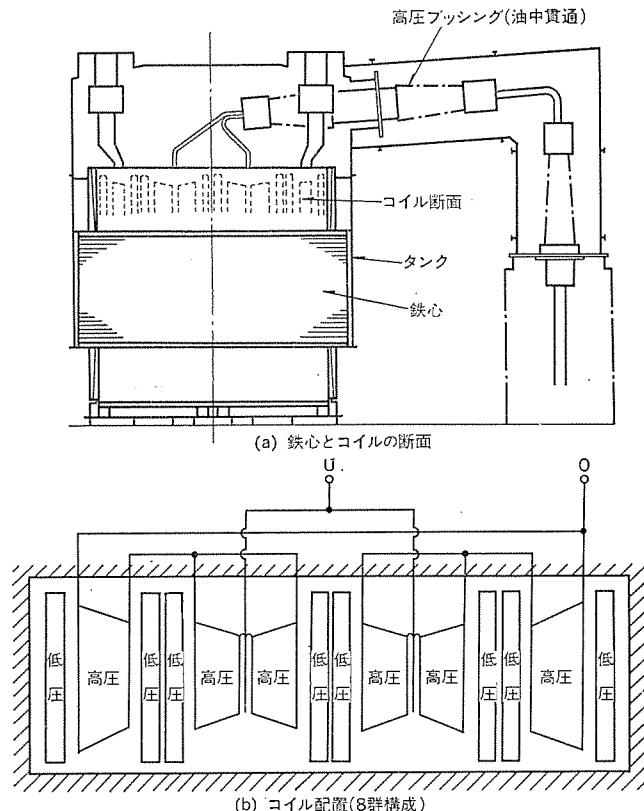


図 3. 三相 1,100 MVA 525 kV 変圧器の断面

じてコイルと鉄心間に段絶縁が施されている。また、コイル絶縁構成は従来から超高压・超々高压変圧器に用いられている外鉄形 サージプローフ E 形絶縁構造で、絶縁耐力及び部分放電開始電圧が改善されている<sup>(2)(3)(4)</sup>。

(1) コイルの直列静電容量が大きく、また線路端に接続された静電板により、線路端より侵入する雷サージは巻線にほぼ一様に分布される。

(2) コイル端部や鉄心の角などのシャープエッジには、シールド線やしゃへい板を設けて電界集中が緩和されるようとしてある。

(3) 高圧線路端に接続される静電板にも曲率半径の大きなシールド線を設け、かつ誘電率及び耐電圧の高いプレスボードで完全におおい、電界集中の緩和と部分放電特性の向上とが図られている。

(4) 絶縁構成となるプレスボード製のワッシャやチャンネル類の重なり部分は、テープ接続にして絶縁の切れ目をなくしてある。

(5) 電界が集中するコイル近傍では誘電率の高いプレスボードを多く重ね、コイルから遠くなるほど油ダクトの占める割合を多くし、全体的に電界が均等化されるようにしてある。

#### 3.2 鉄心とタンク構造

外鉄形鉄心の断面形状は矩形で、同一鉄心幅のけい素鋼帯を斜角切断 ラップジョイントで積層し、フォームフィットタンク 内面の鉄心押さえなどで均一に締めつけてある。したがって、鉄心形状は簡単で、油に接する面積が広く、また 1,100 MVA 8 群構成であるので鉄心断面積は従来の 550 MVA 器と同等になり、鉄心は両面の冷却油げき(隙)で十分に冷却される。

タンク構造は変圧器の中身と一体になったフォームフィット形で、超重量物でもある変圧器の構造物として堅固な構造であり、通常の運転時に生ずる最大の内圧、注油時の完全真空及び輸送時の(吊り上げ荷重)に対して十分に耐え得る構造である。また、電気的にも大電流磁界によるタンク過熱対策として、コイルによる漏れ磁束に対しては電磁鉄心でしゃへいし、大電流低圧 ブッシング引出し部のタンクは、部分的に非磁性鋼を使用するとともに、電磁シールドや導電シールドを有効に配置し、また送油式冷却装置を通る油の一部を循環させることにより、ほとんど油より温度上昇のないタンクが製作された。

また、この変圧器は 75 ポンの低騒音仕様であるが、変圧器本体からの騒音に対しては、本体タンクの外側を鉄板製防音壁で囲んでしゃ音し、約 15 ポン騒音が低減されている。その構造を図 4. に示す。

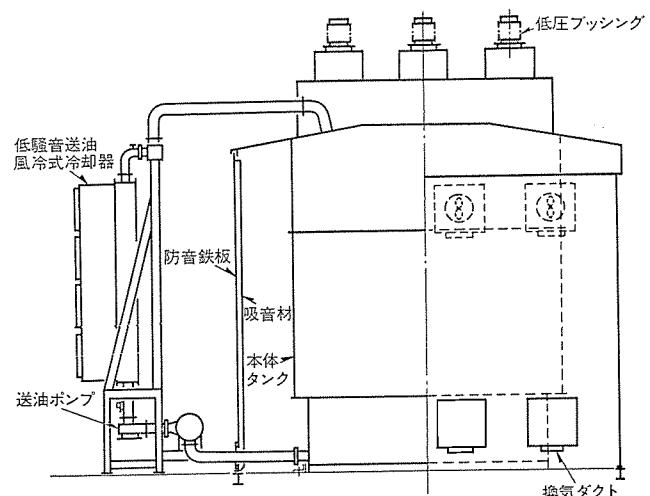


図 4. 1,100 MVA 変圧器の防音構造

### 3.3 付属品

高圧線路端子は、油中貫通ブッシングによってケーブル接続箱に引き出されて OF ケーブルへ油中で接続されており、油中貫通ブッシングはコンデンサ形油中ブッシングで、がい管長さは 500 kV 気中用ブッシングの油側と同様にした。

低圧側端子は 6 本のブッシングによって相電流  $32,600/\sqrt{3} = 18,800$  A が引き出され、相分離母線との接続部で三角結線が形成されている。

送油風冷式冷却器は、EF-4 形ユニットクーラを 21 台使用し、放熱器部に耐食性の良い亜鉛引きのフイン付鋼管を使用しており、また冷却扇は、標準のファン回転数より下げて使用され、ファン騒音が低減されている。

### 4. 工作技術及び設備

今回製作された三相 1,100 MVA 525 kV 変圧器は、これまでにない超大形変圧器の記録品であり、当社としてもこの変圧器の製作に万全を期するため、工作技術及び設備面においても十分に検討を加え、500 kV 絶縁の品質に関連する設備や大きなコイルグループなどの組立てに要する機械などが必要に応じて開発・設置された。次に、

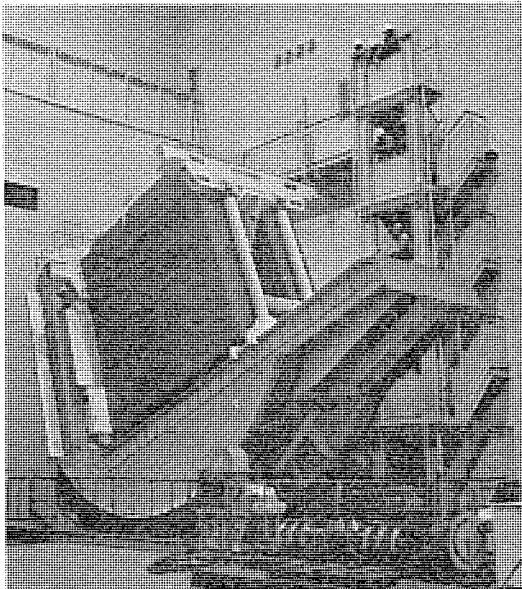


図 5. 大形変圧器用コイル起立装置(空調室内)

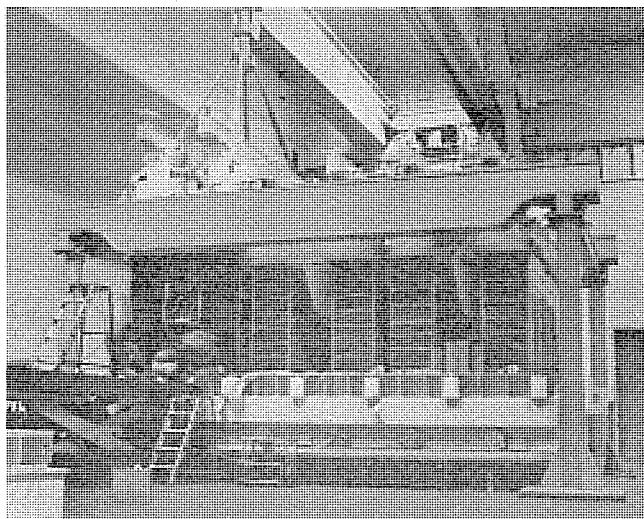


図 6. 大形変圧器用鉄心積み工場(空調室内)における 1,100MVA 変圧器

その主なものを紹介する。

#### 4.1 超大形変圧器用鉄心積み工場と付帯設備

超大形変圧器の外部組立工場に隣接して空調・清浄化された鉄心積み専用棟(棟)を新たに増設した。従来から巻線の製作、絶縁物加工、コイル絶縁組立て、鉄心積みまでの中身組立て作業は、空調・清浄化のもとで実施されてきたが、このたび鉄心積み専用棟が完成し、当変圧器もこの鉄心積み専用棟で鉄心積みを行い、温度と湿度が一定の環境で異物の混入も完全に防止し、一段と変圧器の品質向上と安定化に貢献している。この鉄心積み工場の内部には、コイルグループ自動起立装置やコイルグループ支持装置などが設置されている。

外鉄形変圧器特有の作業の一つに、コイルグループの起立が挙げられるが、このために超大形変圧器用コイルグループの起立装置を新しく設置し、荷重が約 100 t までのコイルグループを自動的に起立させることができる(図 5)。また、1,100 MVA 変圧器のようにコイルグループが大きい場合、鉄心積み作業中にコイルグループを支持するため、3 相コイルグループ支持装置を使用して工作精度の向上を図った。

鉄心積み作業完了後の変圧器本体タンクの鉄心積み工場から外部組立工場への移動及び外部組立工場内での搬送システムとして、1,000 t エアクッショントランスポータが開発・導入され、1,100 MVA 変圧器の運搬にも使用された<sup>(5)</sup>。

#### 4.2 吸湿防止対策

絶縁物中の水分の変圧器に与える影響について考えると、絶縁物中に含まれる水分は、耐電圧や部分放電特性を低下させるだけでなく、長期間の運転による絶縁物の熱劣化を促進するという働きもあるため、できるだけ低い値に抑えなければならない。

これに対し、従来より変圧器の中身組立て作業は、空調室内で実施し、また現地組立て時における中身結線作業には乾燥空気発生装置を使用するなどしてきてはいるが、今回、前述の鉄心積み専用棟の完成、コイルグループの前処理乾燥から鉄心積みまでの間のコイルグループの油中保管、鉄心積み中の下部タンク底からの低露点乾燥空気供給などの実施により、絶縁物中の水分量を十分に満足できる値に抑えられたことが確認された。

### 5. 試験

変圧器の工場試験については、一般試験及び特殊試験のいずれにも満足な結果が得られたが、ここでは製品の製作に先行して実施された検証試験について紹介する。

なお、製品の耐電圧試験における試験電圧定格値は、次のとおりである。

高压線路側	商用周波試験電圧	770 kV
	雷インパルス試験電圧	1,550 kV
	開閉インパルス試験電圧	1,200 kV
	長時間過電圧試験	
	480 kV (常規対地電圧 × 1.5)	1 時間
	635 kV (常規対地電圧 × 2.0)	5 分間
	480 kV	1 時間
高压中性点	商用周波試験電圧	140 kV
	雷インパルス試験電圧	350 kV
低圧	商用周波試験電圧	50 kV
	雷インパルス試験電圧	150 kV

#### 5.1 プロトタイプ單相変圧器による検証試験

今回製作した変圧器は、特に高い信頼性を要求される発電所用 500

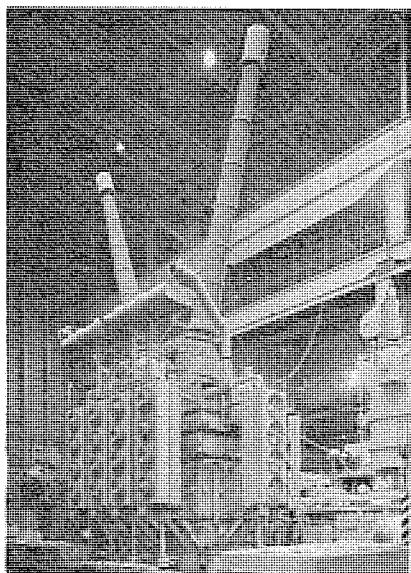


図 7. 単相 1,100/3 MVA 525/ $\sqrt{3}$  kV 変圧器による検証試験

kV 大容量器であることから、種々設計検討を行うとともに、製品の製作に先立って製品と全く同一設計の検証モデルを単相変圧器として製作した。一般特性試験の後、長時間過電圧試験・長時間温度試験を実施して、振動・騒音・部分放電・局部過熱などの諸特性をつかむとともに、試験の前後に油中溶存ガス分析を行って内部異常のないことを確認した。

更に、商用周波過電圧試験及び雷インパルス過電圧試験を実施した。それぞれの試験電圧定格値を 100 % として 10 % ステップで交互に印加し、商用周波過電圧・雷インパルス過電圧ともに 130 % まで何ら問題はなく、絶縁強度に十分な裕度のあることを検証した。電圧印加の各ステップの前後では、ERA 法及び NEMA 法で部分放電電荷量を測定したが、635 kV(常規対地電圧×2) までいずれも Background Noise Level 以下の良好な成績であった。

## 5.2 大電流低圧端子部の検証

巻線・絶縁などの信頼性については、前項に述べたとおり、先行試作器による十分な解明を行ったが、これは単相器である。今回製作した変圧器は、低圧電流値としても 32.6 kA という記録的な値であり、低圧端子部は各相巻線両端をそれぞれ 25 kA ブッシングによって引き出し、相分離母線主導体との接続部で三相三角結線を行う、いわゆる開放三角結線の口出し構造を採用している。したがって、この方式の熱的信頼性を検証するとともに、大電流相分離母線と組合せたプラントにおける実負荷時に、過熱などの不具合が生じないことを確認するため、この低圧端子部についても、先行試作器とは別に三相構造による実物モデルを作成し、変圧器タンクなどの構造物を含めて温度上昇の検証試験を実施した。

このモデルの構造・寸法・材質は、三相 1,100 MVA 変圧器の低圧端子部タンクを忠実に模擬した上部タンクに大電流電源変圧器を接続したもので、その概要は次のとおりである。

電源用大電流変圧器： 60 kA, 68.6 MVA, 三相, 50/60 Hz

低圧ブッシング： 実器と同じ (POT 形 25 kA × 2 本 × 3 相)

上部タンク、タンク内ブスバー配置： 構造・寸法・材質など実器と同じ

相分離母線との接続部： 実器と同じ構造

相分離母線： 変圧器に対する相分離母線の影響を忠実に模擬している

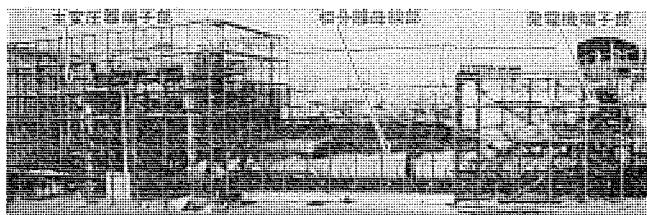


図 8. 40 kA 級低圧 ブッシングと相分離母線接続部の温度上昇検証試験

相分離母線の冷却方式： 実器と同じ (風量制御、熱交換器による風温制御)

変圧器油温： 蒸気式熱交換器と冷却器による油温度制御

周囲条件： 検証モデル全体を屋内式として風雨による影響を除去した

上記のモデルについて電流値 42 kA までの温度上昇試験を行い、温度上昇の電流特性、油温度特性、冷却油量特性などをは(把)握した。その結果、この端子部のいずれの部分の温度上昇値も、十分に余裕のあることを確認することができた。

また、解析面においても、変圧器タンク箱体を三角形 1 次要素に分割して有限要素法を用いるタンク表面うず電流分布解析手法<sup>(6)</sup>によるコンピュータの計算結果が、上記の温度上昇試験の結果よく対応することを確認するなど、磁界・漂遊損問題としても十分な経験を積むことができた。

以上の検証試験の良好な結果は、発電ユニットの大容量化に臨んで当社が既に早い時期から開発に取り組み、既に一部報告している 40 kA 級 (1,000 MW 級) 発電機主回路接続装置 (発電機端子部・相分離母線・変圧器端子部を総称して GMCS) の開発試験<sup>(7)</sup>の主要な一段階をなすものであった。40 kA 級 GMCS のフルスケールモデルの外観を図 8. に示す。

## 6. む す び

我が国における最大容量級変圧器の一つである三相 1,100 MVA 525 kV 発電所用主変圧器のあらましと、その製作に先立って実施した検証試験及び生産設備の一部について紹介したが、これらの技術は更に大容量化・高電圧化する変圧器を製作するための技術開発にも大いに役立つもので、今後とも研究努力を続けていきたい。

なお、この変圧器に引き続き、原子力発電所向け主変圧器として三相 1,240 MVA 515 kV 変圧器が、既に工場で完成して出荷された。

終わりに、記録的な変圧器を製作する機会を与えていただきとともに、製作に当たって終始ご指導をいただいた東京電力(株)の関係各位に深く感謝の意を表する。

## 参 考 文 献

- (1) 但馬ほか：三菱電機技報, 48, No. 11, 1,287 (昭 49)
- (2) 村上ほか：三菱電機技報, 41, No. 3, 409 (昭 42)
- (3) 田村ほか：三菱電機技報, 45, No. 9, 1,071 (昭 46)
- (4) 岩崎ほか：三菱電機技報, 45, No. 9, 1,078 (昭 46)
- (5) 棚倉ほか：三菱電機技報, 49, No. 12, 793 (昭 50)
- (6) 武智ほか：電気学会全国大会, 505 (昭 51)
- (7) 笹本ほか：電気学会全国大会, 930 (昭 51)

# ホテル冷蔵庫システム

高橋克己\*・高田弘明\*\*・西郷勝\*\*・坂本泰堂\*\*

## 1. まえがき

一般に、ホテル・旅館は装置産業といわれ、多額の設備投資を必要とするが、その割に営業売上げが、客室数、会議室、宴会場などによって限られるため、一定わく以上の販売をあげえない生産性の低い

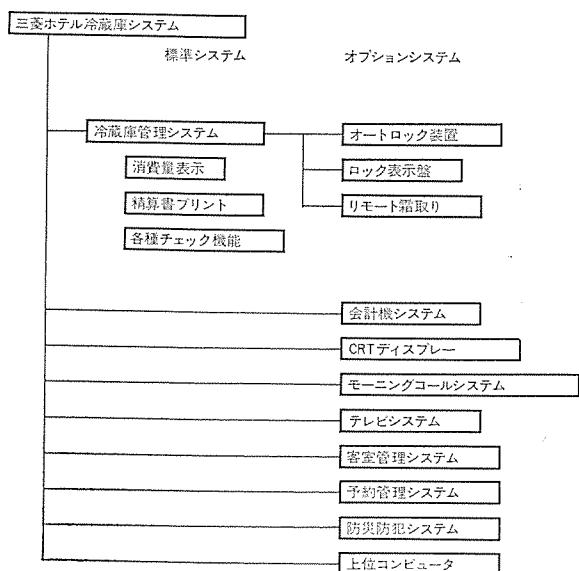


図1. システム ラインアップ

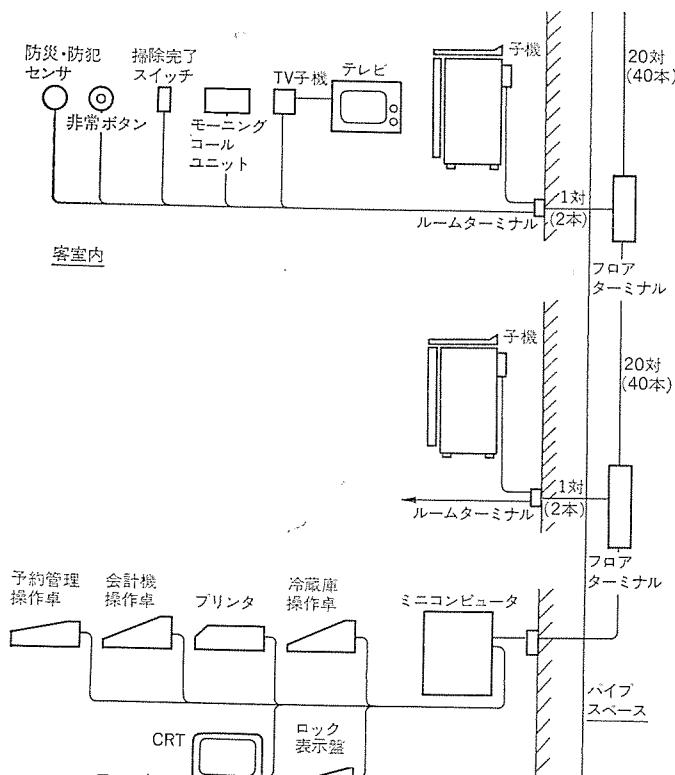


図2. システム構成の例

産業ともいわれている。また、特に現業部門は24時間営業・サービス活動を要求されるため、多くの従業員が必要で、人件費負担の割合が大きい。

これが、とりもなおさず業界の経営効率化意識の高まりとなつて現れてきており、当社は、省力化機器として昭和49年12月に三菱オートサービスシステム 冷蔵庫を開発、発売した。ホテル・旅館の客室に設置した冷蔵庫内の飲食物消費量をフロントで自動的にチェックし、チェックアウト時に各客室ごとの領収書を発行するものであった。その内容は、本誌、Vol. 49, No. 8で報告すみである。

今回は、親機に8ビットCPU M 58710Sを使用して多様化する客先の要求に対して容易にソフトウェアの変更で対応できるようになるとともに、冷蔵庫管理システム、会計機システムを基本に、テレビの聴視時間のカウント、モニングコールシステム、予約管理システム、防災・防犯システムが廉価に構成しうるようとした。

更に、電話料金の自動集計、駐車場の管理等々、将来に向かって、ホテルのトータルシステム構築への数多くの機能の拡張性を有するシステムに改良したものである。

図1. にこのシステムのラインアップ、図2. にシステム構成例を示す。

## 2. システムの設計概念

一口に、ホテル・旅館といっても、小は20室から大は1,000室の客室、同時通訳付きの会議場、大小の宴会場、レストランを備えた国際ホテルまで千差万別の種類・規模となる。この多様なユーザの要求に柔軟に対応することができるが、これが基本的な設計思想である。

以下、三菱ホテル冷蔵庫システムの開発にあたり留意した点を述べる。

- (1) 冷蔵庫管理をベースシステムIC、ホテル旅館のフロント会計業務、一般管理業務、インフォメーション業務にシステムを拡張可能とすること。
- (2) これらシステムの拡張性は、端末機の開発を行うことと、縮小性を意味する。すなわち、冷蔵庫管理システムで言えば、フロント側の操作卓は、(表示部+操作キー部)、(プリンタ部)、(ミニコン部)を3者独立させ、なおかつ信号伝送用のドライバ、レシーバを有するスタンダードタイプとこれをもたないエコノミタイプとを用意すること。
- (3) ソフトウェアは可能な限りモジュール化し、ルーチンの変更追加に対し容易に処理できるようにすること。
- (4) 操作卓の機能キーの種類をできるだけ少なくし、また誤動作の訂正が容易に行えるようにすること。
- (5) 表示はLED表示とCRT表示の2種可能とすること。
- (6) 冷蔵庫管理システムでは完璧ないたゞら防止機構、停電中でも、冷蔵庫の電源プラグが抜けていても正しい消費本数を記憶する方式、フロントから客室の冷蔵庫の錠を開閉するオートロック装置、フロントから行うリモート霜取り装置などの各機能を有すること。
- (7) ワンタッチ操作のコマンドキーには、冷蔵庫への補充もれチェックキー、品物が空になったか否かのチェックキー、団体処理機能を果たす指定区間の精算書連続プリントキー、その合計の精算書のプリントキー

があること。

(8) 飲食物の単価設定の変更をワンタッチで可能とすること。

### 3. システム構成

受注生産であっても短納期で納入できることが望ましいことは言うまでもない。このシステムの構成についても、できるだけ標準的なシステムモジュールを採用した。

図3にユニット別基板構成を示すが、各ユニットを構成するモジュールの規格はおよそ以下のとおりである。

#### 3.1 システムモジュール

##### (1) CPUモジュール

MELPS 8 CPU (M 58710 S) はNチャンネルシリコンゲートMOS構造による1チップ8ビット並列処理のLSI CPUである。従来のマイクロプロセッサに比較して、命令数、割込み能力、高速処理性などにおいて優れ、全出力端子はTTL M 53200 Pシリーズを直接駆動できる。性能の概要を表1に示す。

##### (2) インタラプトモジュール

最大8レベルまでの多重割込みを可能とし、更に各レベルにサブレベルをポーリング式によって設定可能となっている。

##### (3) ROM

4KB/カードの構成になっており、4KB単位のページセットが任意にできる。メモリアクセスタイムは約1μs程度である。

##### (4) RAM

4KB/カードの構成になっており、4KB単位のページセットが任意にできる。主にデータエリア又はプログラムワーキングエリアとして利用され、

メモリアクセスタイムは約1μs程度である。

#### (5) CRTコントロールモジュール

調歩同期形のトランスマッタレシーバより成り、最大転送速度は9,600bit/sである。

表1. MELPS 8 CPUの性能概要

項目	性能
基本命令数	78
基本命令実行時間	2.0μs
クロック周波数	2MHz
接続可能メモリ容量	65536バイト
入出力ポート数	各256
サブルーチンの入れ子	無制限
割込み	多重割込み可能
直接メモリアクセス	可能
出力端子	TTL M 53200 Pシリーズに直結可能
電源電圧	$V_{GG} +12V, V_{BB} -5V$ $V_{DD} +5V, V_{SS} 0V$
クロック	2相 ( $\phi_1, \phi_2$ )
素子構造	NチャンネルシリコンゲートMOS
パッケージ	40ピンセラミックDILパッケージ
消費電力	780mW
インテル8080との互換性	ピンコンパチブル 命令機能コンパチブル 電気的特性コンパチブル

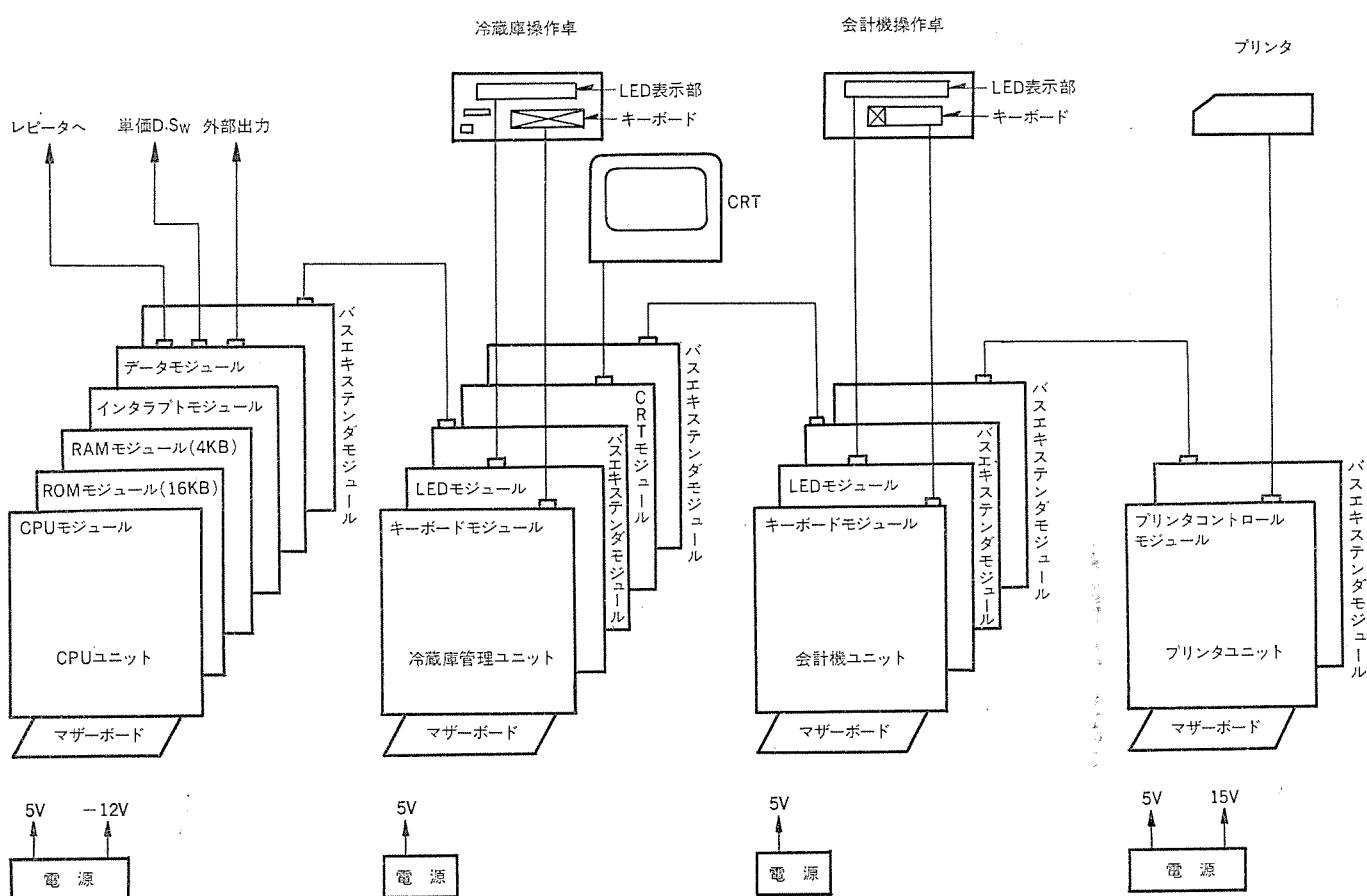


図3. ユニット別基板構成

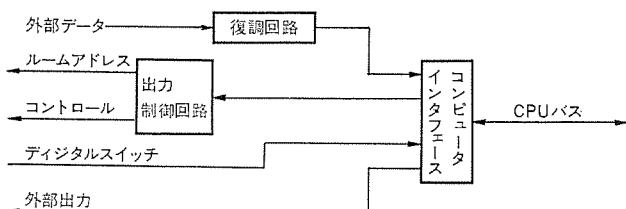


図 4. データモジュール ブロック 図

(6) キーボード コントロールモジュール

JIS 88 # (英数字, カナ文字, 数字, 32 号) のフルキーボード用の I-F であり, 更に 8 ビット 2 チャンネルの I/O を持っている。

(7) ディスプレー I-F (LED モジュール)

最大 16 けたの数字を表示し, 更に 16 ランプのインジケータを点灯することができる。

(8) プリンタ コントロールモジュール

EP-101S 形プリンタのコントローラで, 3 行/秒の印字速度である。

(9) データモジュール

このシステムのためのコントローラとして専用に設計した。図 4. にデータモジュール ブロック を示す。

(10) その他

以上のはか, このシステムに付加できるデバイスとしては次のものがある。

(a) 磁気テープ (カセット/オープンリール)

(b) フロッピーディスク

(c) 通信回線制御装置

(d) その他 I/O コントローラ

### 3.2 システムプログラム

次にこのシステムのソフトプログラムは, 将来の拡張を考えてできるだけモジュール化し, ルーチンの変更, 追加に対して簡単に処理できるように設計してあるが, これを大別すると下記のようになる。

(1) 割込み解析 ルーチン

割込みの発生要因を分析して, おののの処理 ルーチン に分岐する。

割込みの発生要因には下記のものがある。

(a) 電源

(b) キーボード

(c) DATA END (冷蔵庫のデータの呼出し終わり)

(d) PRINT END (プリントの終了)

(2) キーボードコード 解析 ルーチン

各種 ファンクションキー のコードを判定してそれぞれの処理 ルーチン を始動する。

(3) 初期条件 セット 1, 2

初期条件 セット 1 は, 電源 ON 直後に初期条件のセットを行う。初期条件 セット 2 は, 一つの KEY FUNCTION の処理が終わったときに行う。

(4) プリンタ 及び CRT の FORMAT コントロール ルーチン

表 2. にプリンタ 及び CRT に出力される出力情報の区分を ファンクションキー 別に示すが, これらのフォーマットコントロールを行なう。

(5) サブルーチン

(a) 10 進→2 進変換 ルーチン

(b) 2 進→10 進変換 ルーチン

(c) 10 進加算 ルーチン

表 2. プリンタ 及び CRT の出力区分

キー ファンクション	プリント	CRT
補充・空使用	○	○
精算書・区間	○	○
アラーム	○	○
訂正		○
会計		○
日報	○	○
オートロック		○
ルームデータ		○
ロック表示		○
日報訂正		○

(d) 10 進減算 ルーチン

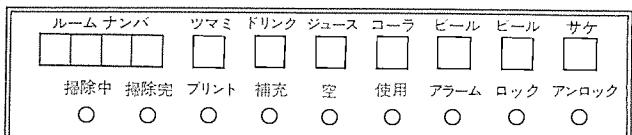
(e) プリンタ行 コントロール ルーチン

(f) 冷蔵庫 コール ルーチン

### 4. 各種キー 詳細

図 5. で例示する冷蔵庫管理システムにおける操作卓の各種キー, 及び図 6. で例示する会計機システムにおける操作卓の各種キーの機能を述べる。特にワンキーで 1 機能を果たすファンクションキーは, ユーザにとって便利性の高いキーとなる。

(1) TEN KEY ルームナンバ, 冷蔵庫品種番号, 同左数量, 会計機の数量, 金額, 科目数値のインプット用。



年月日

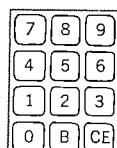


図 5. 冷蔵庫操作卓の一例

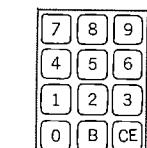
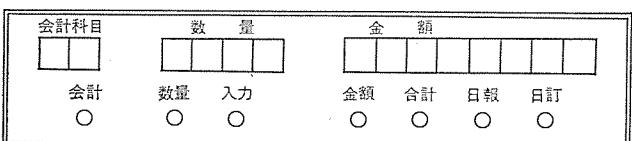


図 6. 会計機操作卓の一例

- (2) [B] ルームナンバが地階であることを示す。
- (3) [—] テンキーでインプットする数値がマイナスのとき使用する。
- (4) [CE] テンキーでインプットした数値をクリアする。
- (5) [AC] 現在行っている動作を中止するキー。一連のデータをプリント中はそのフォーマットが全部終了するまでプリントを続行する。
- (6) [補充] 冷蔵庫の在庫数量のいずれか1種類が定められた最低数量以下になっている客室を探して、ルームナンバとその数量をプリント及びCRTに表示する。
- (7) [空] 冷蔵庫内の在庫数量のいずれかが0になっている客室を探してプリント及びCRTに表示する。
- (8) [使用] 冷蔵庫内のいずれかが1本でも消費されている客室を探していくと停止する。再びこのキーを押すと次の客室から探し最終客室まで行く。該当する部屋のデータはCRTとプリンタに出る。
- (9) [—] 客室番号が連続になっていることを指定するキー。
- (10) [精算書] 現在LEDに表示されているルームナンバの冷蔵庫データ及び会計機でインプットしたデータを編集、計算して所定のフォーマットでプリンタ及びCRTに表示する。ただし会計キーが押されていなければこのキーは無効となる。
- (11) [区間] このキーを押しておけば最終客室ナンバの精算書をプリントした後、自動的に指定区間の精算書の合計をプリンタ及びCRTに表示する。
- (12) [訂正] ルームナンバとともにLEDに表示されている冷蔵庫データを修正する必要があるときに使用。
- (13) [PRT] 出力データをプリンタに出力するかしないかの選択キー。
- (14) [アラーム] “精算書”キーを押してもその客室の冷蔵庫側にアクシデントが発生しているときは、精算書の発行は行われずLEDのインジケータが点灯。
- (15) [残量メモリ] 現在の冷蔵庫データを最高数量としてメモリに記憶し、次回の消費量の計算の基準とする。
- (16) [施錠] 指定されている客室の冷蔵庫の錠をロックする。
- (17) [ROOM DATA] 各客室のデータをルームナンバ別の一覧表にしてCRTに表示する。
- (18) [ロック] 各部屋のオートロックの状態をルームナンバ別の一覧表にしてCRT上に表示する。
- (19) [会計] 会計機を使用するときに押す。このキーを押すと科目=01になり会計機能に関連するキーが有

効になる。

- “会計”キーを押した後は下記のキーのみ有効である。  
「TEN KEY, 訂正, 入力, 会計, 区間, 精算書, 科目, 数量, 金額, ▲, ▼, —, 非課税, AC, CE, PRT」
- “会計”キーのリセットは“～”キーが押されていないときは精算書のプリント終了後，“～”キーが押されているときは区間合計のプリント終了後行われる。また“会計”キーがリセットされている状態では下記のキーは無効である。
- 「訂正, 入力, 数量, 金額, 科目, ▲, ▼, 非課税, 精算書」
- (20) [科目] このキーの次にTEN KEYからインプットされる数値が科目であることを指示するキー。会計機能の操作のとき科目番号の変更をしたいときに使用する。
- (21) [数量] このキーの次にTEN KEYからインプットされる数値が数量であることを指示するキー。
- (22) [金額] このキーの次にTEN KEYからインプットされる数値が金額であることを示すキー。
- (23) [▲] [▼] このキーを押すとLEDに表示されている科目番号を1減ずる(右側キー)左側のキーは科目番号に1加える。
- (24) [非課税] 会計の計算が非課税で行われることをコンピュータに指示する。
- (25) [日報] 1日の売上げをプリント及びCRTに表示する。
- (26) [クリア] 日報のメモリをクリアして初期状態にする。
- (27) [日報訂正] 誤った内容の精算書を発行したときに科目別にその差額をインプットして日報のメモリを修正する。

“日報訂正”キーを押した後は下記のキーだけ有効である。  
「TEN KEY, 入力, 科目, 数量, 金額, ▼, ▲, AC, CE」なお、このキーは、“入力”キーを押すことによってリセットされる。

- (28) [•] プロテクトキー、施錠、解錠、残量メモリに使用。

## 5. む す び

以上、三菱ホテル冷蔵庫システムラインアップのうちベーシックシステムである冷蔵庫管理システム、会計機システムの概要を紹介したが、他システムも機会があれば報告したい。

特に、防災・防犯システムでは、各種センサも開発中であり、家庭用、小規模ビル用防災・防犯システムにも、冷蔵庫システムの伝送方式とともに、比較的容易に展開可能と思われる。

商談も、'76国際ホテルレストランショー以来、活発化しており、技術、営業一体となってよりよい製品作りに努め、需要家各位の期待に答えていた。

当社の特許

登録番号	名 称	発 明 者	登録番号	名 称	発 明 者
778998	機関点火時期調整装置	日野 利之	779036	排煙脱流装置の送風機の制御装置	宮内 貞夫
778999	調相装置	梅名茂男・森与彦			
779000	カセット式ビデオテープレコーダ	橋本 公佑	779037	冷房装置	岩崎 善行・船橋 靖幸
779001	カセット式ビデオテープレコーダ	橋本 公佑	779038	粉体塗装用マスキング装置	岩佐辰弥
779002	立形回転電機の集電環短絡装置	藤山辰之	779039	半導体装置とその製造方法	西海 宏
779003	半導体装置の製造方法	加藤 忠雄	779040	半導体装置	西海 宏・土佐雅宣
779004	半導体結晶の製造方法	三木秀二郎	779041	半導体装置の製造方法	土佐雅宣・西海 宏
779005	複反射鏡アンテナ	高松泰男・鈴木 仁	779042	半導体装置組立用リードフレーム	西村征治・森田 豊
779006	デジタルシャフトエンコーダ	山崎宣典・青木正夫	779097	小片の良品選別装置	高瀬達夫・山本 勇
779007	アナログ信号增幅装置	細野 勇			
779008	加算回路	高田信治	781521	不連続フレーム周波数時分割通信方式	小林信三・前田良雄 杉山康夫
779009	集積回路用キャリヤ	平子 征佳	781522	揚水発電所の起動及び並列方式	横田 浩
779010	半導体結晶製作方法およびそれに使用する装置	田中利夫・石井 恒 十河敏雄	781523	金属添加物入り水銀ランプ	竹田俊幸・土橋理博
779011	パイプベンダーにおけるパイプ位置決め装置	山崎宣典・杉田一男	781524	圧縮ガスしゃ断器	大野 玲
779012	信号をその発生順に記憶し取り出す装置	志賀正明・西 健一	781525	ガスしゃ断器	稻村彰一
779013	過励磁制限方式	山田 勉	781526	油入しゃ断器の消弧室	竹内義治
779014	半導体の表面処理法	梶原康也	781527	ハロゲン化物入り水銀ランプの製造方法	竹田俊幸・土橋理博 高井美則
779015	集電装置の表面磨き装置	大橋 黒・重信守男			
779016	コンベヤの系統運転信号回路	春川康彦	781528	自動印字装置	田中睦務・井上隆之 山田光昭
779017	海苔養殖網干し出し装置	大久保貴一・木名瀬武男 織井勝雄	781529	車輪の加減速装置	岸本 健・小倉新三
779018	低温容器	明石克寛・荻野 治	781530	車輪の加減速装置	岸本 健・小倉新三
779019	光磁気共鳴磁力計	浅野 寛・竹内秀夫 菊池 誠・近藤倫正	781531	自制式高周波インバータ制御方式	塚本昭三・天野禎成
779020	光磁気共鳴磁力計	久保高啓・西川 啓	781532	非常ブレーキ装置	国友善雄・脇山嘉之 武谷勝次
779021	誘導形計器等の第2種温度補償装置	綿地弘志・中務敏夫	781533	限流ヒューズ及びその製作方法	吉倉健一・秋定三津男
779022	リニアモータ列車の走行方式	尾畠喜行	781534	放電灯用電極	竹田俊幸・土橋理博
779023	刷子保持装置	池田悌二	781535	冷却装置	若林正雄
779024	パルス発信装置	林 正之・余村信雄	781536	テレビカメラの保護装置	杉本 弘
779025	パルス変換装置	林 正之・余村信雄	781537	ブラシ押え装置	本谷昇一
779026	表面処理方法	梶原康也	781538	半導体装置の製造方法	藤山辰之
779027	シリコンNPN形トランジスタの製造方法	梶原康也	781539	テレビカメラの保護装置	加藤忠雄・高木義夫
779028	つかみ装置	中野大典・佐藤正昭	781540	フライングスポット走査素子	本谷昇一
779029	半導体表面処理法	梶原康也	781541	基板上の感光性樹脂の除去方法	布下正宏
779030	ペータロン電子銃用パルス発生器	小浜太郎・広 三寿	781542	排煙脱流装置用送風機のコントロール装置	奈良愛一郎・阿部東彦 近藤久雄
779031	電源接断制御回路	岩部 昭・辻 達男	781543	壁面作業車駆動装置	宮内貞夫
779032	浮動磁気ヘッドのピボット軸受	東山 昇	781544	原子発振器	石雅彦
779033	イミド環含有エポキシ樹脂の製造法	西崎俊一郎・不可三晃 江藤昌平・森脇紀元 中島博行	781545	溶融メッキ厚さ制御装置	小田 稔・西川 啓
779034	鞍形電磁石コイルコア成形方法	蓬来 勝・佐藤 隆	783032	系統連系装置	岸本 健・小倉新三
779035	温水器付食器洗い機	小川 昇・森本敏夫 新井勝紀	783048	移動目標表示装置における自動利得平衡方式	三井恒夫・馬場準一 木下裕道・山田郁夫
			783049	電力開閉装置	横尾正孝
			783050	充電表示装置	田辺俊雄
					平田 毅・荒金堅次郎 森下光晴

当社の特許

登録番号	名 称	発 明 者	登録番号	名 称	発 明 者
783051	電力測定器	鈴木 裕・土屋英司	783069	機関点火時期調整装置	才田敏和
783052	故障点標定装置	北浦孝一・高田信治 前田耕二・野沢輝夫 津川和夫	783070	機関点火時期調整装置	才田敏和
783053	故障点標定装置	高田信治・前田耕二 津川和夫	783071	MOS 2相クロック回路	坪内夏朗
783054	レーダ方式	渡部 優・篠原英男	783072	溶接線ならい装置	堀部 透・真田義夫
783055	故障点標定装置	高田信治・前田耕二 津川和夫	783073	イオン注入法による半導体素子製造方法	伊吹順章・堀江和夫 赤坂洋一・佐藤博一 香崎銀博
783056	内燃機関用燃料噴射制御装置	辰巳 巧・上田 敦	783074	イミド環含有エポキシ樹脂の製造法	西崎俊一郎・不可三晃 江藤昌平・森脇紀元 中島博行
783057	故障点標定装置	高田信治・前田耕二 津川和夫	783075	故障原因検出装置	山地正城
783058	レージ指示装置	御法川秀夫・松原宏明	783076	蓄熱式冷暖房装置用蓄熱槽	平田郁之・小俣虎之助 田中光雄
783059	電解加工装置	古池一成	783077	蓄熱式冷熱房装置用蓄熱槽	平田郁之・小俣虎之助 田中光雄
783060	導体の絶縁密封装置	佐久真熙・野崎恵章	785176	打刻ハンマ	蘿原智・林原毅
783061	多極回路しや断器	諏原日出夫	785177	エポキシ樹脂組成物	伊藤公男・岡橋和郎 進藤紘二・藤沢修
783062	巻鉄心形成装置	竹延 宏	785178	ガス吹付しや断器	松田節之
783063	半導体装置	船川 繁・大館光雄	785179	放電灯用ガラス材料	林次郎・西樂隆司 大谷勝也・松永直利
783064	液晶組成物	柴山恭一・小野 博	785180	切換装置	津田元裕
783065	無整流子電動機	新良由幸・永石勝之	785181	データ通信方式	小林信三・中村信弘
783066	電気車制御装置	浅越泰男・北岡 隆	785182	負荷時タップ切換装置	吉田和夫・古川一弥
783067	環状鉄心の磁気特性測定用巻線治具装置	土屋英司			
783068	シール方法	佐久真熙			

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 50 No. 12 水処理プラント用電機品特集

特集論文

- 水の処理方法
- 水の利用運用システム
- 水処理総合計装制御装置
- 水処理用監視操作盤
- 水処理用回転機
- 水処理用受配電動力盤

普通論文

- 三菱信号伝送装置《MELPLEX》シリーズ
- 高解像度 X 線テレビジョン装置 XT-1100 シリーズ
- スピーカーの駆動系による非直線ひずみの低減
- 最近の大形変圧器技術開発(1)

三菱電機技報編集委員会

委員長	小原敬助	常任委員	茶谷三郎
副委員長	松岡治	"	平林庄司
"	後藤正之	委員	村上卓弥
常任委員	武藤正	"	神谷友清
"	佐々木二郎	"	熊本 永
"	葛野信一	"	橋爪 基
"	伊原總三郎	"	吉田太郎
"	北川和人	"	竹田俊幸
"	三矢周夫	"	松村長延
"	清田 浩	"	小野勝啓
"	阿部 修	幹事	本間吉夫
"	武田克己	"	三田村和夫
"	福家 章	11号特集担当	竹田俊幸

三菱電機技報 50 卷 11 号

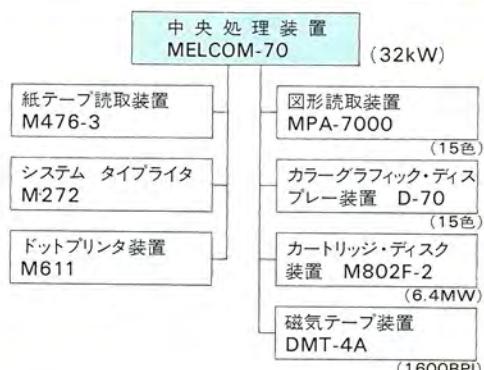
昭和 51 年 11 月 22 日 印刷  
昭和 51 年 11 月 25 日 発行

定価 1 冊 300 円 (送料別) 無断転載を禁ず  
編集兼発行人 本間吉夫  
印刷者 高橋武夫  
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 (〒 100)  
株式会社オーム書店  
Tel. (03) 291 局 0811, 振替口座 東京 20018

# コトブキ

この装置は、建設省国土地理院で実施されている「国土情報(土地利用現況)の数値化」を自動化するために開発した我が国最初の色彩画像処理装置で、ミニコン<ME LCOM70>と連動してオンライン画像処理を行います。15色に彩色された地形図を読みとて、デジタルのメッシュ情報を作成、その情報を同院の大形計算機に適合する磁気テープに格納できます。縮尺2万5千分の1の土地利用図は日本全土を対象とした場合 約4,500面にもなりますが、これを約9ヶ月で処理する能力があります。その上、高性能色分離回路を備えた15色高速大図形読取装置と15色高精細度カラーディスプレイ装置を有機的に組合せ、画面との対話で画像修正が容易に行えます。

## システム構成



## システム機能

- (1) 読取機能  
(a) 図形読取装置および磁気テープからのデータ読み取り  
(2) 対話修正機能  
ディスプレー・コンソール上のファンクション・キーと

ジョイスティックにより、下記の作業が行えます。

- (a) 任意画面の選択
  - (b) 多色同時色変換
  - (c) ノイズ消去
  - (d) 色別面積比率計算
  - (e) 画面拡大
  - (f) 任意(修正)領域の指定
- (3) 出力機能
- (a) 処理済データを磁気テープに格納
  - (b) 原図を1Kmメッシュ単位でドットプリンタに出力

## 画像処理用ハードウェア

- (1) 図形読取装置 MPA-7000
- (a) 読取画面サイズ ..... 750mm × 960mm
  - (b) 読取ピッチ ..... 0.1 ~ 9.9 mm (0.1mmごとに認定可)
  - (c) 分離色数 ..... 15
  - (d) ドラム回転数 ..... 300rpm
- (2) カラーディスプレイ装置 D-70
- (a) 表示画面サイズ ..... 20インチ CRT
  - (b) 表示色 ..... 15色(含白・黒)
  - (c) 表示ドット数 ..... 512 × 480
  - (d) レフレッシュメモリ ..... 154Kバイト(ICメモリ)



MPA-7000 外観



カラーディスプレー表示例

我が国最初の  
画像解析デジタル化装置 完成!