

MITSUBISHI DENKI GIHO 三菱電機技報

Vol.48 September 1974

照明特集

9

三菱重工業(株)長崎造船所香焼工場建造ドック移動建屋の照明



船舶プラントシミュレータシステム「納入

三菱重工業(株)長崎造船所向け

船舶の自動化は、コンピュータを積載した超自動船のあいつぐ就航などにより、近年顕著にすすめられてきましたが、船を一つのトータルシステムとして把握しより合理的な、調和のとれたシステムにまとめるべく必要性は、ますます高くなっています。

三菱重工業(株)ではこのようなニーズにこたえて、船舶の制御システムの開発・設計・試験などの合理化を促進するために、シミュレータシステムを開発し、シミュレーション手法の有効利用をはかることになりました。これに対して当社は三菱プレジジョン(株)と協力し、オールデジタル方式のプラントシミュレータを製作納入しました。

特長

- ①船舶の制御システムの開発だけでなく、乗組員の操作訓練、機器試験、調整など幅広く多目的に使えます。
- ②種々のプラントモデルのシミュレーションが可能。
- ③実船で起きるプラントの現象を、まったく同時間で再現する実時間シミュレーションであるため、信頼性の高い試験データが得られます。
- ④プラントの動特性を詳細には握するため、シミュレーションモデルの内部データを容易に読み取ったり、追跡できるようにしています。
- ⑤開発、試験のためにはん用アナログ、デジタルの入出力装置を装備しています。



概略仕様

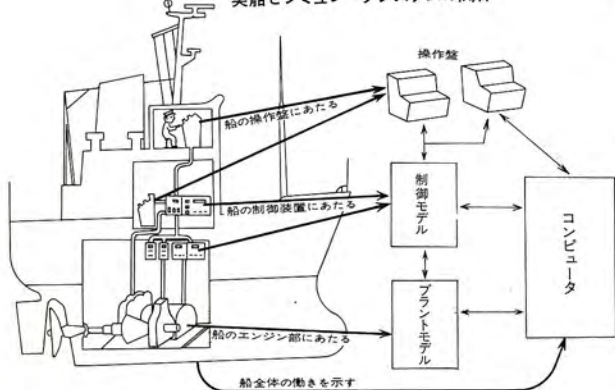
① 計算機システム

CUP..... MELCOM 70
 コアメモリ..... 28kW
 高速DMAチャンネル付
 システムタイプライタ..... M270
 紙テープリーダ..... M474 200字/秒
 紙テープパンチ..... M477 110字/秒
 リアルタイムプロセス入出力
 デジタル入力..... 816点
 デジタル出力..... 592点
 アナログ入力..... 64点
 アナログ出力..... 96点
 サウンドシステム

② パネル

プラントコントロールコンソール..... 1式
 インストラクタコンソール..... 1式
 はん用入出力パネル..... 1式
 ローカルオペレーションパネル..... 1式

実船とシミュレータシステムの関係





照 明 特 集

目 次

《特集論文》

メタルハライドランプの一応用——投影装置用メタルハライドランプの開発——

.....土井貞春・土橋理博・馬場景一・松野守甫	1047
グラフィックアート用メタルハライドランプ.....土井貞春・三上龍夫・正田 勲・池田喜明・平野勝利	1052
光源の演色性評価方法と新しい高演色性ランプ.....土井貞春・馬込一男・大谷光興	1059
けい光灯空調照明器具の空調への効果.....閑歳弘通・大貫一志・山下紀夫・斎藤英二	1068
照明器具の製品多様化と標準化.....平野敏也・武田輝明	1072
造船におけるドック内建造船の照明設備.....森川悠爾・田中民雄・山口 進	1080
照明合理化のための最近の傾向.....村井直道・国分 昭・馬込一男・石井重行	1084
最近の住宅用照明器具デザインの展望.....二木盈行	1092
希ガス放電によるけい光体の発光.....小板橋正康・栗津健三	1095

《普通論文》

ダイナミックコンバーゼンスレスカラーテレビ受像機の開発.....糸賀正己・岩村清志郎・石井宏和・中田克己	1103
周波数分離形2管式カラーカメラ.....中沢啓二・満田 浩	1111
新方式カラー受像管.....水野陸夫・清水義樹・竹延真哉・八島紘二	1114
PYG けい光面とその応用.....小林弘男・上羽保雄・鷹野 泰・栗津健三	1121
EVR の応用——プログラム検索形 EVR およびフレーム検索ディスプレイ装置.....厚東信尚・平居宣威・今村 賢	1125
高速ファクシミリ.....藤尾芳男・吉田 全・三井田六蔵	1128
ステレオ ハイパワー アンプの設計.....杉原正一・成田耕治・小林正美	1133
スピーカーの広帯域再生の問題点.....佐伯多門・鈴木英男・矢島幹夫	1137
クリーンヒータの開発.....伊藤利朗・野間口 有・川面恵司・光本誠一・斉藤辰夫	1140

《技術解説》

映像記録用磁気ディスクレコーダ.....小舟英喜・渡辺公司	1147
-------------------------------	------

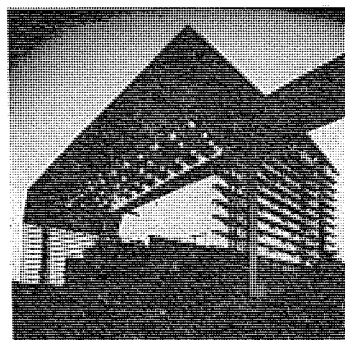
《特許と新案》

位相弁別装置・密閉形圧縮機・揚水発電所の低周波同期起動制御装置・ネットワーク配電方式	1101
--	------

《表 紙》

表紙 1 三菱重工業(株) 長崎造船所香焼工場 建造ドック移動建屋の照明

人間尊重・作業環境の快適化を目標に、このドックでは「物を動かし、人は固定する」という画期的なシステム、船体移動建造法(3ステージ建造法)が採用された。世界一を誇る長大なドックの一部であるこの移動式建屋の中で、船体の中央部の建造が行なわれ、工程が進むにつれて、逐次船体を縦方向に押し出し、次のステージに移すようになっている。移動式建屋は2棟あり、この建屋の照明は1,000W 反射形水銀灯ガード付きフード形器具を1棟あたり60台を設置し、作業面照度は70 lx以上を得ている。





SPECIAL EDITION FOR ILLUMINATION

CONTENTS

SPECIALLY COLLECTED PAPERS

Metal Halide Projector Lamp.....	S. Doi • M. Tsuchihashi • K. Baba • M. Matsuno...	1047
Metal Halide Graphic Arts Lamp.....	S. Doi • T. Mikami • I. Shoda • Y. Ikeda • K. Hirano...	1052
Evaluation Methodology for Color Rendition of Light Sources and High-Color-Rendition Lamps	S. Doi • K. Magome • M. Otani...	1059
Effect of Air-Cooled Fluorescent Luminaires on Air-Conditioning	H. Kansai • K. Onuki • N. Yamashita • E. Saito...	1068
The Conflict Between Diversification and Standardization for Luminaires.....	T. Hirano • T. Takeda...	1072
Lighting for a Major New Shipbuilding Drydock.....	Y. Morikawa • T. Tanaka • S. Yamaguchi...	1080
Recent Trends in Optimizing Lighting Efficiency.....	N. Murai • A. Kokubun • K. Magomi • S. Ishii...	1084
Recent Trends in Home Lighting Design.....	M. Futatsugi...	1092
Luminescence of phosphors Under Rare Gas Discharge.....	M. Koitabashi • K. Awazu...	1095

TECHNICAL PAPERS

Color Television Receiver Without Dynamic Convergence.....	M. Itoga • S. Iwamura • H. Ishii • K. Nakata...	1103
2-Vidicon Color Camera.....	K. Nakazawa • H. Mitsuda...	1111
New System Color Picture Tube.....	M. Mizuno • Y. Shimizu • S. Takenobu • K. Yashima...	1114
The PYG Phosphor Screen and Its Applications.....	H. Kobayashi • Y. Ueba • Y. Takano • K. Awazu...	1121
EVR Applications : Program Selection and Picture Frame Retrieval.....	N. Koto • N. Hirai • K. Imamura...	1125
High-Speed Facsimile Equipment.....	Y. Fujio • S. Yoshida • R. Miida...	1128
Design of Audio High-Power Amplifiers.....	S. Sugihara • K. Narita • M. Kobayashi...	1133
Problems of Wide-Range Sound Reproduction.....	T. Saeki • H. Suzuki • M. Yajima...	1137
Technical Problems of the Clean Heater.....	T. Ito • T. Nomaguchi • K. Kawamo • S. Mitsumoto • T. Saito...	1140

TECHNICAL EXPLANATION

Magnetic Disc-Recorder for Video Recording.....	H. Kofune • K. Watanabe...	1147
---	----------------------------	------

PATENTS AND UTILITY MODELS

1101

COVER :

Lighting for Mobile Sheds at MHI's Koyagi Shipyard

MHI's Koyagi yard, one of the largest and most modern in the world, incorporates two of these mobile sheds which increase labor efficiency by minimizing movement of workers and bringing the work to them, in a 3-stage assembly line construction method. The hull is built under these sheds, moving successively to subsequent stages of construction.

In the two sheds are some 1000 hooded reflective-type mercury vapor lamps with guards, providing illumination at the work surface of 70 lux or more.

「三菱電機技報」アブストラクト

UDC 621.327.534

メタルハライドランプの一応用

—投影装置用メタルハライドランプの開発—

土井貞春・土橋理博・馬場景一・松野守甫

三菱電機技報 Vol.48-No.9-P1047~1051

実物投影する場合の、投影装置用光源として使われているハロゲン電球は、1)発光効率が低い、2)発熱量が多い、3)寿命が短い、などの欠点があった。

ハロゲン電球に代わって、投影装置用として開発された、メタルハライドランプPM1000BOC-Hを採用することにより、これらの欠点が大幅に改善され、実物投影による明るい画像が、スクリーン上に映し出された。

メタルハライドランプは、ハロゲン電球に比べて、寿命が長くかつ発光効率が高いので、維持費が少なく済み、経済的である。

UDC 628.94

照明器具の製品多様化と標準化

平野敏也・武田輝明

三菱電機技報 Vol.48-No.9-P1072~1079

急激な技術の進歩、製品ライフサイクルの短縮、多様性を要求する市場傾向など、標準化を困難にする環境条件が山積する中で、市場要求の多様性と標準化という矛盾と相こくを解決するべく、従来一体構造に組み立てた形態で、生産—在庫—販売の各流通段階にあった照明器具を、ユニット化の思想に基づいて、本体とセードあるいは本体と反射板というように、ユニットに分割して考えることにより、ユニット単位で生産—在庫、あるいは生産—在庫—販売する形態をとり、市場の多様化要求と標準化とを同時に解決した。

UDC 621.327.534:774

グラフィックアート用メタルハライドランプ

土井貞春・三上龍夫・正田 勲・池田喜明・平野勝利

三菱電機技報 Vol.48-No.9-P1052~1058

新聞・雑誌などの印刷物を作成するのに必要な写真製版には、必ず近紫外線光源と白色光源が必要となる。従来、それらのいわゆるグラフィックアートランプには、カーボンアーク灯、キセノン灯などが用いられていたが、最近、効率のよいメタルハライドランプが使用されるようになってきた。

当社も近紫外光源として、Gaを添加したメタルハライドランプを開発し、今回さらにその応用品として、チョークレス化したランプを補足した。また、白色光源としてはDyを添加したランプで、種々実験検討した結果、よい成果をうることができた。

UDC 628.94/946

造船におけるドック内建造船の照明設備

森川悠爾・田中民雄・山口 進

三菱電機技報 Vol.48-No.9-P1080~1083

三菱重工業(株)長崎造船所香焼工場は、120万平方メートルにおよぶ敷地に世界最大の建造ドックを有し、船舶需要の世界的すう勢にこたえて関連諸施設をふくめ、大形船舶の研究、建造ならびにアフターサービスのすべてを可能とする一大コンビナートとなっている。この最新鋭造船所では、建造工法として船体移動建造法といわれる新しい方式が採用されている。この画期的工法に十分即応しうるドック内建造船の照明設備について種々検討を行ない、その計画を推進してきたが、このたび良好な成果を得たのでその概要をのべ、参考に供したいと思う。

UDC 621.327.534

光源の演色性評価方法と新しい高演色性ランプ

土井貞春・馬込一男・大谷光興

三菱電機技報 Vol.48-No.9-P1059~1067

最近、照明における環境効果としての快適性について、盛んに研究が行なわれるようになってきた。CIEは従来の演色性評価方法を修正し、演色における快適性について2、3の提案がなされた。

ここでは、光源の忠実性評価としてCIEの方法、快適性評価としてFlattery Index, Acceptability Index, および色識別能力評価としてColor Discrimination Indexについて解説し、最近の文献および当社の高演色性ランプについて検討し、その忠実性、快適性の両面から評価した結果を報告する。

UDC 628.94:621.326/327

照明合理化のための最近の傾向

村井直道・国分 昭・馬込一男・石井重行

三菱電機技報 Vol.48-No.9-P1084~1091

O A P E C諸国による石油供給削減に端を発して、電力石油の行政処置、加えて電源立地難、環境規制、急増する需要などの点から省エネルギー、省資源の問題がクローズアップされてきた。資源小国である日本において、省エネルギー、省資源は国家的課題である。照明においても、過去に蓄積された技術を大いに駆使し、照明の適正な量、質をおとすことなく発展させなければならない。本文では照明における省資源、省エネルギーに関する最近の光源、回路、器具照明手法について考察する。

UDC 628.94:628.84

けい光灯空調照明器具の空調への効果

関歳弘通・大貫一志・山下紀夫・斎藤英二

三菱電機技報 Vol.48-No.9-P1068~1071

照度レベルの上昇とともに、最近では、吸込形空調照明器具を使用するケースが増えてきている。しかし、わが国では、まだ空調照明器具の試験方法や表現方法が統一されておらず、熱的な問題も十分な握がされていない。

この論文は、空調照明器具の気流流線の観測、熱量測定、温度測定の一連の実験と、これに基づいたシミュレーションの結果を記するもので、空調照明の熱的問題について、器具単体の特性から、システム効率を考慮したときの特性にまで発展している。

UDC 628.973:628.94

最近の住宅用照明器具デザインの展望

二木盈行

三菱電機技報 Vol.48-No.9-P1092~1094

最近の照明市場は、住生活に対する意識の変化、住空間構成の高質化、多様化に伴い、器具デザインの多様化が激しい。この情況変化のもとで、本来の住宅照明のあり方、快適な住環境の創造の観点に立脚し、照明器具デザインの多様化を考えると、光の質、光の種類、豊富さ、バリエーションの拡大がポイントであると考えられ、これらの秩序あるあり方、解決方法を述べ、加えてこの具体例である「ルミフラワーシリーズ」「ルミテリアシリーズ」に言及している。

Abstracts (Mitsubishi Denki Giho)

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 48, No. 9, pp. 1072~1079 (1974)
UDC 628.94

The Conflict Between Diversification and Standardization for Luminaires

by T. Hirano et al.

While users' demands for diversity and increased technological sophistication, plus shorter product life cycles exert pressures for more and different products, there are equally insistent pressures that make standardization imperative. To reconcile these conflicting influences, Mitsubishi has developed a modular system in which chassis and shade (or chassis and reflector) units are built, stocked and marketed separately. This is to replace the conventional method of producing, stocking and marketing 'packages' combining all components.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 48, No. 9, pp. 1047~1051 (1974)
UDC 621.327.534

Metal Halide Projector Lamp

by S. Doi et al.

As the light source for opaque scene projectors, conventional halogen lamps have a number of disadvantages, including low illuminating efficiency, high heat generation and short life. The IM 1000 BOC-H metal halide lamp developed as a replacement for conventional models allows projection of bright, clear screen images. Its high efficiency means reduced operating costs, and the longer life reduces replacement expenditures.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 48, No. 9, pp. 1080~1083 (1974)
UDC 628.94/946

Lighting for a Major New Shipbuilding Drydock

by Y. Morikawa et al.

Mitsubishi Heavy Industries' Koyagi Works at Nagasaki contains, in its 1,200,000 square meter site, the world's largest drydock with all the equipment needed to design, build and service the large ships required by the world's merchant navies. This remarkable project was made possible through adoption of a new three-stage construction system. This paper describes Mitsubishi Electric's design studies aimed at the lighting system best suited to this revolutionary construction technique, and outlines the successful results that it was possible to achieve by implementing these lighting concepts.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 48, No. 9, pp. 1052~1058 (1974)
UDC 621.327.534:774

Metal Halide Graphic Arts Lamp

by S. Doi et al.

Production of the photographic plates required in printing newspapers and magazines requires both near-ultraviolet and white-light sources. Conventional carbon arc and xenon graphic arts lamps are giving ground to metal halide lamps. Mitsubishi Electric has developed a gallium—metal halide near-ultraviolet lamp—and has recently produced a chokeless application of the same principle. A white-light metal halide lamp containing dysprosium has also been thoroughly tested with excellent results.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 48, No. 9, pp. 1084~1091 (1974)
UDC 628.94:621.326/327

Recent Trends in Optimizing Lighting Efficiency

by N. Murai et al.

The burgeoning demand for electricity, coupled with a shortage of petroleum and a scarcity of suitable generating sites has focused attention on the problem of more efficient energy use, an objective that has the status of national policy in resource-poor Japan. In lighting, this means mobilizing available knowhow to provide appropriate amounts and quality, and this paper presents recent trends toward greater efficiency in terms of light sources, circuitry, luminaires and illumination methods.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 48, No. 9, pp. 1059~1067 (1974)
UDC 621.327.534

Evaluation Methodology for Color Rendition of Light Sources and High-Color-Rendition Lamps

by S. Doi et al.

Recent concern with the environmental effects of lighting have led to modification of CIE standards for evaluating color rendition, with several proposals made concerning the concept of flattery/acceptability. This paper examines the CIE method of fidelity evaluation, along with the concepts of a flattery index, acceptability index and color discrimination index, and applies these evaluative techniques to recent literature and to Mitsubishi Electric's high-color-rendition lamps.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 48, No. 9, pp. 1092~1094 (1974)
UDC 628.974:628.94

Recent Trends in Home Lighting Design

by M. Futatsugi

Changing attitudes to home lighting are reflected in a strong market pressure toward product diversity and higher-grade products to achieve a more attractive home environment. This paper analyses these trends and presents some proposals for coping with them. Discussion includes actual luminaires—the new Lumiflower and Lumiterior series.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 48, No. 9, pp. 1068~1071 (1974)
UDC 628.94:628.84

Effect of Air-Cooled Fluorescent Luminaires on Air-Conditioning

by H. Kansai et al.

Higher levels of illumination have recently resulted in increased installation of air-cooled fluorescent luminaires, but as yet the Japanese literature exhibits no uniformity of test methodology or terminology, and treatment of thermal problems is inadequate.

This paper presents a coordinated experimental procedure for measuring streamlines, thermal quantities and temperatures, along with the results of simulation based thereon, and develops a treatment of thermal problems based on the characteristics of single units through consideration of system effects.

「三菱電機技報」アブストラクト

UDC 621.327.534

希ガス放電によるけい光体の発光

小板橋正康・粟津健三

三菱電機技報 Vol.48・No.9・P1095～1099

キセノンおよびキセノン—ヘリウム混合ガスの、放電による各種けい光体の励起発光を検討した。けい光体はおもにキセノン共鳴線147nmの励起によって発光し、 $Y_3(Al, Ga)_5O_{12} : Ce$ が常に最高の発光輝度を示し、 $Y_2O_3 : Eu$ 、 $Zn_2SiO_4 : Mn$ がこれに次いだ。これらの発光効率はガス圧力が低いほど高く、キセノンでは放電維持限度の0.07Torrで最高を示した。 $Y_3(Al, Ga)_5O_{12} : Ce$ を用いた試作ランプで、緑白色ではあるが最高24lm/wの発光効率を得た。

UDC 621.3.032.35:535.37:661.14:621.385.832

PYGけい光面とその応用

小林弘男・上羽保雄・鷹野 泰・粟津健三

三菱電機技報 Vol.48・No.9・P1121～1124

PYGけい光体とは、カラー用フライングスポット管用として開発した、セリウム・活イットリウム・アルミノ・ガレイトの仮称である。従来使用されてきたけい光体との特性を比較し、輝度、解像度、雑音、劣化特性上すぐれている点を紹介し、PYGけい光面をもったフライングスポット管の新しい応用について述べてある。とくにフライングスポット装置の小形化、高速ファクシミリ装置、OCR等のコンピュータの各種端末機器用として実用され、評価されている。

UDC 621.397.13:621.385.832

ダイナミック コンバーゼンスレス カラーテレビ受像機の開発

糸賀正巳・岩村清志郎・石井宏和・中田克己

三菱電機技報 Vol.48・No.9・P1103～1110

従来のカラーテレビ受像機は、デルタガン方式ブラウン管が主流で、12個所のダイナミック コンバーゼンス調整を必要とするが、今回、高精度インライン方式電子銃と、ブラックストライプけい光面を持つブラウン管を採用し、偏向ヨークは出力回路との最適設計上、高精度セミトロイダル巻線方式とし、その垂直磁界をバレル磁界に、水平磁界をピン磁界にすることによって、電磁集束的に3ビームを1点に集中せしめ、ダイナミック コンバーゼンス調整を完全になくした“ダイアトロンSSS”方式14CP—15Cを開発した。

ここでは、その特長、回路構成、ダイナミック コンバーゼンスレス技術、量産方式の概要および今後の問題について報告する。

UDC 621.397.6

EVRの応用

—プログラム検索形EVRおよびフレーム検索ディスプレイ装置—

厚東信尚・平居宣威・今村 賢

三菱電機技報 Vol.48・No.9・P1125～1127

EVRは記録媒体に感光フィルムを使用しFSS管とPMTによる光電変換方式を採用した、ビデオパッケージシステムの一つである。EVRの特長は、記録媒体の寿命が長く、高密度高解像度記録が可能で、さらにスチル再生がきわめて容易なことである。これらの特長を活用すると、多量の画像情報を検索する装置としてかずかずの応用ができる。

この記事は、EVRの応用例としてプログラム検索形EVRと、フレーム検索ディスプレイ装置について紹介する。

UDC 621.397.61:621.385.832.5

周波数分離形2管式カラーカメラ

中澤啓二・満田 浩

三菱電機技報 Vol.48・No.9・P1111～1113

小形カラーVTR、CCTVの発展にともなって、映像を中心とした学校教育や企業内教育、娯楽、各種サービスが行なわれるようになりつつあり、また従来の白黒ITVカメラのカラー化等、操作が簡単で信頼性、安定性にすぐれた安価なカラーカメラが強く要望されるようになった。その要望に答えるべく研究を重ねた結果、 $\frac{1}{2}$ インチコンを使用した、周波数分離形2管式簡易小形カラーカメラの実用化に成功した。

まず撮像方式、光学色分解系、回路方式の概要を述べ、各種安定化回路の採用により、白バランスの調整のみで十分安定した性能が得られるようにしたことを述べている。

UDC 621.397.12:654.171

高速ファクシミリ

藤尾芳男・吉田 全・三井田六蔵

三菱電機技報 Vol.48・No.9・P1128～1132

公衆通信回線の開放とあわせ、広帯域通信回線の一般利用も自由化され、従来の限られた分野から、広く一般用途分野でのファクシミリの需要増が期待できる。また、技術的には画像のスキヤナ、プリンタなどを含む画像情報処理の分野への連関・発展が期待される。

ここでは、広帯域専用回線を使用して、高速の文書伝送を行なう用途に開発した高速ファクシミリについて、その方式・技術的内容についてのべる。

UDC 621.385.832:621.397.132

新方式カラー受像管

水野睦夫・清水義樹・竹延真哉・八島紘二

三菱電機技報 Vol.48・No.9・P1114～1120

電子銃に高精度一体構造形インライン電子銃を、色選別機構にスロット状の穴を持つシャドウグリルを使用し、けい光面はけい光体を縦方向に切目なくつなげ、その間をブラックでうめた、いわゆるブラックストライプスクリーンとした新方式カラー受像管は、テレビセットのダイナミック コンバーゼンスレス化を可能にし、明るさが20%向上するほか、その他の諸特性も同等以上になり、さらに全長が3.5cm短くなる特長を有する。

この新方式カラー受像管を、量産するに当たって問題になった事項と、その改善策について検討した結果について述べている。

UDC 621.375

ステレオ ハイパワーアンプの設計

杉原正一・成田耕治・小林正美

三菱電機技報 Vol.48・No.9・P1133～1136

エレクトロニクスの発展にともない、Hi-Fiオーディオアンプの性能も著しく改善されるようになった。しかし、音質面から見た場合、必ずしも満足すべき状態ではない。ここでは、ミュージックソースの音楽的ニュアンスをより忠実に再生するためのステレオパワーアンプの条件を、物理特性を中心に述べるとともに、チャンネル当り100W出力を有するHi-Fiパワーアンプの実際回路についても紹介する。

Abstracts (Mitsubishi Denki Giho)

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 48, No. 9, pp. 1121~1124 (1974)
UDC 621.3.032.35:535.37:661.14.621.385.832

The PYG Phosphor Screen and Its Applications

by H. Kobayashi et al.

PYG is a name tentatively given to a cerium-activated yttrium alumino gallate phosphor ($Y_3(Al, Ga)_5O_{12}:Ce$) that has been developed for use in flying-spot color tubes. This paper compares the characteristics of this new material with those of conventional phosphors and demonstrates the former's superiority with respect to brightness, image resolution, noise, and resistance to deterioration. New applications of flying-spot tubes with the PYG phosphor screen are also described. The material is already showing good performance in compact flying-spot apparatus, and also in computer terminal machines such as high-speed facsimile units, OCR, etc.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 48, No. 9, pp. 1095~1099 (1974)
UDC 621.327.534

Luminescence of Phosphors Under Rare Gas Discharge

by M. Koitabashi et al.

Luminescence of various phosphors excited by electrical discharge in xenon and xenon-helium gas have been studied. Most phosphors were excited at 147nm, the resonance line of xenon. $Y_3(Al, Ga)_5O_{12}:Ce$ consistently exhibited the strongest luminescence, followed by $Y_2O_3:Eu$, $Zn_2SiO_4:Mn$. The luminescence efficiency was highest when the gas pressure was lowest, and the limit of continuous discharge in xenon was 0.07Torr. An experimental lamp using $Y_3(Al, Ga)_5O_{12}:Ce$ emitted a light which, though of greenish yellow hue, had an efficiency of 24 lumens per watt.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 48, No. 9, pp. 1125~1127 (1974)
UDC 621.397.6

EVR Applications: Program Selection and Picture Frame Retrieval

by N. Koto et al.

Electronic video recording (EVR) systems use photosensitive film as the recording medium and FSS and PMT tubes for photoelectric conversion. These EVR systems feature long recording-medium life, high density and high-resolution recording capability as well as extreme facility of still-picture reproduction so that EVR equipment can be used in a variety of applications involving the handling of a large amount of video information.

This article describes, as typical EVR applications, a program-selection EVR and the picture-frame retrieval system.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 48, No. 9, pp. 1103~1110 (1974)
UDC 621.397.13:621.385.832

Color Television Receiver Without Dynamic Convergence

by M. Itoga et al.

A new Mitsubishi development is the 14CP-15C Diatron SSS system, which completely eliminates the need for dynamic convergence adjustment. Technical innovations contributing to this success are: 1) adoption of the high-precision in-line electron gun and black stripe screen color picture tube; and 2) point convergence of the three beams achieved electromagnetically by shaping the vertical magnetic field into a barrel configuration and the horizontal magnetic field into a pin configuration. A deflection yoke provided with high-accuracy semitroidal windings to match the output circuit is used.

This article describes the features, circuit configuration and technology of the dynamic convergenceless system, outlines a mass-production system, and touches on future problems.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 48, No. 9, pp. 1128~1132 (1974)
UDC 621.397.12:654.171

High-Speed Facsimile Equipment

by Y. Fujio et al.

The increased demand for facsimile equipment has produced new developments in the image information process field, including picture scanners, printers, etc. This paper describes the system and techniques of the facsimile equipment developed for high-speed document transmission using wide-band leased lines.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 48, No. 9, pp. 1111~1113 (1974)
UDC 621.397.61:621.385.832.5

2-Vidicon Color Camera

by K. Nakazawa et al.

With the development of compact color VTRs and CCTV, educational and other organizations are increasingly emphasizing greater use of visual material. This trend has produced a strong demand for a low-cost color camera that is easy to operate and high in reliability and stability. As a result of research to meet such a demand, Mitsubishi has succeeded in producing a frequency-separation type 2-tube simplified compact color camera that is now in commercial production.

This paper outlines the image-pickup system, optical color-separation and circuit systems, and describes how, by the adoption of various stabilizing circuits, performance with satisfactory stability has been obtained by only white balance adjustment.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 48, No. 9, pp. 1133~1136 (1974)
UDC 621.375

Design of Audio High-Power Amplifiers

by S. Sugihara et al.

Progress in electronics engineering technology has reflected big improvements in performance of high-fidelity audio amplifiers, but in terms of tone quality the present state of the art is still far from ideal. This paper presents a discussion of the necessary requirements for stereo power amplifiers for reproducing the musical nuances of sound sources with greater fidelity, with the primary emphasis given to the physical characteristics. An actual hi-fi power amplifier circuit capable of delivering an output of 100W per channel is also described.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 48, No. 9, pp. 1114~1120 (1974)
UDC 621.385.832:621.397.132

New System Color Picture Tube

by M. Mizuno et al.

The color picture tube with a black-stripe screen comprises an electron gun of the precision-unitized in-line type, a color selection structure with a slotted shadow grille and a screen consisting of phosphor material arranged seamlessly in the vertical direction, the gaps between stripes being filled with black. This system has a number of advantages, including inherent self-convergence, 20% improvement of brightness, and 3.5cm reduction in the overall depth of the TV receiver. This article discusses the results of studies made for solution of problems, and other refinements for establishing a mass-production system for the new color picture tube.

「三菱電機技報」アブストラクト

UDC 681.84.086

スピーカーの広帯域再生の問題点

佐伯多門・鈴木英男・矢島幹夫

三菱電機技報 Vol.48・No.9・P1137～1139

近年、音響機器の進歩に伴って、広帯域再生への要求が高まってきた。スピーカーにおいて、低音の帯域を伸ばすと能率が犠牲になるが、これを補うため大きな入力が必要となる。耐入力性と超高域再生は、こうした広帯域再生を考えたとき、重要な問題となる。

ここでは、耐入力性と超高域再生について記述する。

UDC 697.2:644.1:662.9

強制燃焼暖房機（クリーンヒータ）とその技術的問題

伊藤利朗・野間口 有・川面恵司・光本誠一・斉藤辰夫

三菱電機技報 Vol.48・No.9・P1140～1146

この論文は、現在日本の暖房機市場で一部脚光をあびつつある、強制燃焼暖房機「クリーンヒータ」の開発当時の姿勢を、今後の商品開発に役立てるために強制燃焼方式を家庭用の小形暖房機として商品化するための、技術的問題について述べたものである。

わが国のガス暖房機としての第1の必ず条件は、バーナのユニバーサル性であり、これは供給されているガスの特性が多岐に及んでいることに起因する。次に強制気流中での炎の安定性を確保しなければならず、その安定性の機構にふれ、バーナの肉厚が安定性に大きく寄与していることを見い出した。また高温下での材料使用があり、耐熱材料の選択について記述した。

UDC 681.846.7.534.852

映像記録用磁気ディスクレコーダ

小舟英喜・渡辺公司

三菱電機技報 Vol.48・No.9・P1147～1151

磁気ディスクレコーダは、電子計算器の内外部メモリとして、多く使用されてきたが、最近これを映像記録に使用することが盛んに試みられるようになった。

今回新しく磁気ディスクレコーダを開発したのを機会に、磁気ディスクによる映像記録の現状と当社の装置の概要を述べる。

Abstracts (Mitsubishi Denki Giho)

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 48, No. 9, pp. 1137~1139 (1974)
UDC 681.84.086

Problems of Wide-Range Sound Reproduction

by T. Saeki et al.

Together with technical progress in audio equipment the demand for speakers capable of wide-range sound reproduction has also increased. Extending the low range tends to reduce the speaker efficiency, with consequent requirement for a larger input. Speaker durability against high-level inputs and the stresses of very high range reproduction are the important problems attendant to wide-range sound reproduction, and are discussed in this article.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 48, No. 9, pp. 1140~1146 (1974)
UDC 697.2 644.1:662.9

Technical Problems of the Clean Heater

by T. Ito et al.

Of first importance in the development of the Clean Heater, a forced-combustion room heater that is currently a top item on the Japanese market, is the problem of making a burner adaptable for the variety of fuel gases being supplied. A further problem is stabilization of the flame in the forced-air stream. This paper discusses the mechanism of flame stabilization and the important bearing of the burner-wall thickness on flame stability, along with selection of a suitable material for resistance to high temperatures.

メタルハライドランプの一応用——投影装置用メタルハライドランプの開発——

土井 貞春*・土橋 理博**・馬場 景一**・松野 守甫*

1. ま え が き

高圧水銀放電管内に金属ハロゲン化物を添加し、この添加元素の発光を利用することにより、高圧水銀ランプの発光効率と演色性を著しく向上したメタルハライドランプが、最初に実用化されてから約10年が経過した。この10年の間に世界各国において数多くの研究開発が行なわれ、ランプ諸現象の解析、特性の改善および機種拡大がなされてきた。

メタルハライドランプでは、使用する金属ハロゲン化物の種類により、使用元素に特有な発光スペクトルが得られるために、ランプの使用目的、つまり必要とされる発光スペクトルに応じて、使用元素を選ぶことができる。たとえば、特殊用途として、ハロゲン化ガリウムを使用して、ガリウム固有の403, 417 nmの発光スペクトルを利用する写真製版用メタルハライドランプ、ハロゲン化タリウムを使用して、タリウム固有の535 nmの発光スペクトルを利用する単色の緑色メタルハライドランプ、およびハロゲン化インジウムを使用して、インジウム固有の410, 451 nmの発光スペクトルを利用する単色の青色メタルハライドランプなどである。またメタルハライドランプに使用する元素は1種類にとどまらず、2種類以上使用すると、適切な混合条件の下で、それら使用元素に特有な発光スペクトルが同時に得られる。白色光を発する一般照明用メタルハライドランプにおいては、通常数種の元素が組合わされて使用されるが、1種類の元素が使用される場合もある。たとえば、ハロゲン化ナトリウム-ハロゲン化タリウム-ハロゲン化インジウム、ハロゲン化ナトリウム-ハロゲン化スカンジウム-ハロゲン化トリウム、ハロゲン化ジスプロシウム-ハロゲン化タリウム-ハロゲン化インジウムおよび、ハロゲン化せずなどの組合わせである。これらの一般照明用メタルハライドランプは、高い発光効率とすぐれた演色性を有しているという特長を生かして、屋内・屋外を問わず、多くの照明の分野で多数使われているが、最近では、一般照明だけでなく、テレビ映画撮影用⁽¹⁾⁽²⁾、植物育成用⁽³⁾および投影装置などの教育機器などにその用途が広がってきている。

ここでは、白色光を発する一般照明用メタルハライドランプの一般照明以外の特殊照明分野への応用の一つとして、最近開発された投影装置用メタルハライドランプ、PM 1000 BOC-Hについて述べる。

2. 開発の動機

近年、教育の近代化を目標に、光源を使用した各種の教育機器が開発されてきており、これらの多くの機種で、ハロゲン電球などの光源が多数使われている。これらの装置に使われているハロゲン電球は、その形状が小形であり、タングステンフィラメントの白熱を利用した光源であるために、安定器（放電灯を点灯する装置）の必要がなく、軽量で比較的安価であるために、使いやすく手軽に利用されているが、

(2) 発熱量が多い

(3) 寿命が短い

などの欠点があり、これらの欠点を改善した光源の出現が望まれていた。

上記ハロゲン電球の欠点を克服して、有利な使用条件を与える光源を得るための一つの具体的なアプローチとして、従来ハロゲン電球をその光源として使用していた投影装置用光源について検討した。

3. 投影装置の原理、従来の問題点

今回検討の対象とした投影装置の構造を図1に示す。この投影装置は万能形であり、ここで問題にしている実物投影系のほかに、スライド映写系、8ミリ映写系およびOHP (Over Head Projector) 系を備えているが、実物投影系以外の系には問題はない。したがってここでは実物投影系に関してのみ述べる。

スライドやOHPに頼らずに、書籍、ノート、写真などを直接拡大して大形スクリーンに写し出す実物投影系の有用性は、学校教育充実の面から理解されている。

図1を用いて、実物投影系の原理を明らかにする。装置内各部分の名称は図中に示されている。実物投影するための書籍、ノート、写真などの資料は、装置前面の資料そう(挿)入口⑩よりそう入れ、上下に可動する資料台⑥上に置かれ、資料台⑥を上下する資料操作ハンドル⑧を操作して、資料を資料台⑥とその上に配置されている資料面ガラス⑤の間に固定する。光源⑦からの光により、資料面が高照度照射される。資料面からの反射光は、装置内のほぼ中央部に配置された実物投影レンズ①を通り、このレンズにより拡大された資料像は、上部および側面に配置された第1反射ミラー②および第2

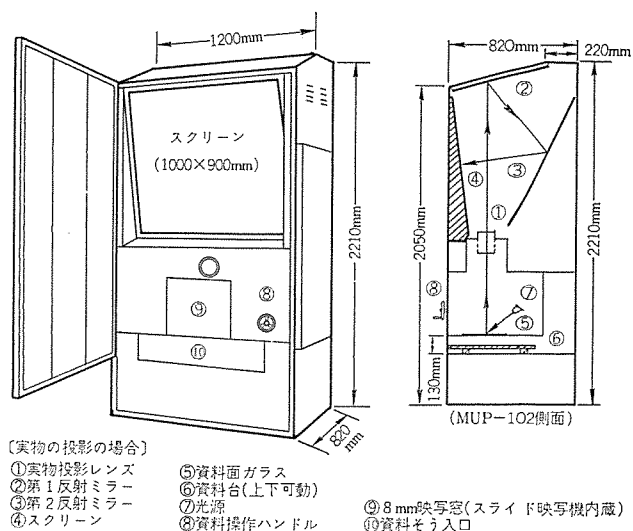


図1. 投影装置の構造

反射ミラー③により反射され、装置前面に配置されたスクリーン④上に映し出される。

実物投影を明るい部屋(教室)で行なうことは、教育界の永年の夢であり、この夢が上述の投影装置によりかなえられたが、この投影装置用光源として、ハロゲン電球を使用していたために、幾つかの問題があった。それは、

- (1) 光源の発熱量が多く、資料面がかなり高温になる。
- (2) スクリーン面の照度および照度分布が十分でない。
- (3) 光源の寿命が75時間で非常に短い。

などである。したがってこれらの問題点を解決するために、光源に要求される条件は、

- (1) 発熱量が少ない。
- (2) 発光効率が低い。
- (3) 寿命が長い。

などであるが、このほかに書籍、カラー写真、絵画など色のついたものの実物投影をする必要上から、

- (4) 演色性がよいこと。

が要求される。

これら光源に要求される必要条件に関連して、形状的に投影装置に使用可能と思われる各種光源のエネルギーバランスおよび発光効率について検討する。

4. 光源エネルギーバランスおよび効率

光源から放出されるエネルギーは、電磁波の形態で放射されるエネルギーと、伝導および対流により失われる熱エネルギーである。電磁波の形態で放射されるエネルギーは、紫外、可視、赤外域にまでおよび、特に近赤外域に放射される電磁波には熱効果があるために、この部分の放射エネルギーが物質に吸収されると、物質内の熱運動が励起されて物質の温度が上昇する(熱作用、熱線)。

表1. にハロゲン電球、高圧水銀ランプ、メタルハライドランプ(A)(よう(沃)化ナトリウム、よう化タリウム、よう化インジウム使用)およびメタルハライドランプ(B)(よう化ジスプロシウム、よう化タリウム使用)のエネルギーバランスおよび発光効率を示す⁽⁴⁾。ハロゲン電球を用いた投影装置の問題の一つである熱に関して各ランプを比較してみると、赤外放射と熱をプラスした値が、ハロゲン電球88%、高圧水銀ランプ83%、メ

タルハライドランプ(A)77%、メタルハライドランプ(B)63%になり、上記の順序に従って減少している。したがってよう化ジスプロシウムとよう化タリウムを使用したメタルハライドBが、熱に関する諸問題の解決に最も適した光源であることが理解される。またランプの発光効率と演色性に関する可視放射に関しては、ハロゲン電球12%、高圧水銀ランプ13%、メタルハライドランプ(A)20%、メタルハライドランプ(B)34%となり、この順序に従って可視放射が増加し、メタルハライドランプ(B)が最も高い値を示している。発光効率はいうまでもなく、両メタルハライドランプが最も高く80lm/Wに及び、ハロゲン電球の3倍以上また高圧水銀ランプの1.5倍に及んでいる。

5. メタルハライドランプの演色性

上述の考察により、ハロゲン電球に代わる投影装置用光源としてメタルハライドランプが有望であると考えられるが、投影装置光源として使うには、各種の色のついた資料を投影する関係から、ランプの演色性もまた重要な要素の一つである。

一般照明用メタルハライドランプにおいても、各用途別の単色メタルハライドランプと同様に、使用元素の組成により、ランプの特性が異なる。表2. に一般照明用メタルハライドランプの発光効率、色温度および平均演色評価数を比較して示す⁽⁵⁾。NaI-TlI-InI₃メタルハライドランプの放射スペクトルは、おもに輝線スペクトルから成り、発光効率は高いが演色性が十分すぐれていない。NaI-ScI₃-ThI₄メタルハライドランプの放射スペクトルは、多数の輝線スペクトルと比較的多い連続スペクトルから成り、

表2. 各種メタルハライドランプの光学的特性

使用(添加)元素	発光効率 (lm/W)	色温度 (°K)	平均演色評価数 (Ra)
NaI-TlI-InI ₃ (M 400)	80	5500	62
NaI-ScI ₃ -ThI ₄ (M 400)	80	5000~5500	78
DyI ₃ -TlI-InI ₃ (M 400 BOC)	80	6000	88
SnI ₂ (SnBr ₂) (D 400)	50	5000	92

表1. 各種ランプのエネルギーバランス

諸量(%)	紫外放射 (380 nm 以下)	可視放射 (380~760 nm)	赤外放射 (760 nm 以上)	熱 (伝導+対流)	発光効率 (lm/W)
ランプ					
ハロゲン電球	0.1	12	83	5	25
高圧水銀ランプ	3.8	13	60	23	53
メタルハライドランプ(A) (NaI-TlI-InI ₃)	3.2	20	61	16	80
メタルハライドランプ(B) (DyI ₃ -TlI)	3.4	34	54	9	80

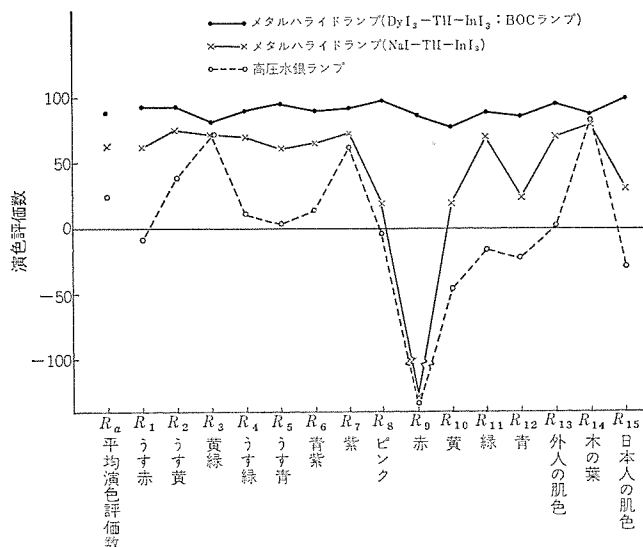


図2. 演色評価数比較

発光効率が高く、演色性も比較的よい。DyI₃-TII-InI₃ メタルハライドランプの放射スペクトルは豊富な連続スペクトルと輝線スペクトルから成り、発光効率が高く、演色性もすぐれている。

SnI₂ (SnBr₂) メタルハライドランプの放射スペクトルは、おもに連続スペクトルから成り、発光効率は低いが、演色性がすぐれている。

図2. に、高圧水銀ランプ、NaI-TII-InI₃ メタルハライドランプおよびDyI₃-TII-InI₃ メタルハライドランプの演色性を比較するために、JISで定められたR₁~R₁₅までの各試験色に関する演色評価数を各ランプについて示す⁽⁶⁾。高圧水銀ランプの演色評価数が、金属ハロゲン化物を添加(使用)したメタルハライドランプによって大幅に改善される様子が理解される。これらのメタルハライドランプの中では、ジスプロシウムを用いたメタルハライドランプ(DyI₃-TII-InI₃: BOCランプ)の演色性が、各試験色に関して、平均してすぐれた値を示すことがわかる。

以上の検討により、熱、発光効率、演色性のすべての面でメタルハライドランプがハロゲン電球に代わり得る可能性が確認できたと考える。

しかしメタルハライドランプはハロゲン電球に比較して、ランプ自身の価格が高い上に、メタルハライドランプを点灯するための専用安定器が必要であり、この専用安定器もまたきわめて高価なものであるために、メタルハライドランプをハロゲン電球に代えて用いた場合の経済性を、あらかじめ検討しておかなければならない。

6. ハロゲン電球とメタルハライドランプの経済性比較

ハロゲン電球は比較的安価で、しかも安定器を必要としないので、手軽に使用できるが、メタルハライドランプは高価な上に、ランプを点灯するための安定器が必要であるために初期施設費がかさむ。しかし両者の寿命には大きな違いがあるために、経済性を比較するに当ってはランプの交換費用を含めて行なわなければならない。

投影装置には1kWハロゲン電球を2灯使用していた。光束は1灯で28,000lm、寿命は75時間である。これに対して、必要光束を考慮して80,000lmの光束を有する1kWメタルハライドランプを使用した場合を想定して、経済性比較を行なった。表3. に両ランプの経済性を比較するのに必要な基本的条件を示した。表4. に表3. の各条件を基にして計算した、両ランプの初期施設費(単純化するために、両ランプを使用した場合の異なる部分についてだけ取り上げた)および各使用時間までの維持費(ランプ交換費+電力費)を示した。図3. には上記の計算の結果得られた費用(初期施設費+維持費)と使用時間の関係を示した。図3. から明らかなように、ハロゲン電球を使用する場合は、初期施設費は低いが、75時間ごとにランプを交換しなければならないので、このための費用がきわめて多くなる。一方、メタルハライドランプを使用する場合は、初期施設費は高いが、ランプの寿命が長いために、ランプを交換するための費用が少なくなる。したがって両ランプを使用した場合の費用の関係は、約400時間程度の短い使用時間で両者の関係が逆転し、400時間以降は、メタルハライドランプのほうが有利になり、使用時間が進めば進むほどその差はますます大きくなる。以上の種々の検討の結果、ランプ特性の面からも、経済性の面からも、メタルハライドランプを従来のハロゲン電球に代えて使用する有利性が確認できたので、ジスプロシウムを使用した当社のメタルハライドランプであるBOCランプを投影装置用光源に採用することに決定した。

表3. 経済性比較のための基本的条件

諸 量	ラ ン プ	ハ ロ ゲ ン 電 球	メタルハライドランプ (BOC ランプ)
光 束 (lm)		28,000×2 56,000	80,000
寿 命 (h)		75	3,000
価 格	ラ ン プ	6,900×2 13,800	25,400
	安 定 器	0	71,500
入 力 電 力 (W)		1,000×2 2,000	1,080

表4. 費用の明細

費用	ラ ン プ	ハ ロ ゲ ン 電 球			メタルハライドランプ (BOC ランプ)		
初期施設費		13,800			96,900		
維持費	使用時間	ランプ交換費	電力費*	合 計 (円)	ランプ交換費	電力費*	合 計 (円)
		円 本 13,800×14 193,200	kWh 2,000 円 21,200	214,400	円 本 25,400×1 25,400	kWh 1,080 円 11,448	11,448
	1,000 まで				0		
	2,000	13,800×27 372,600	4,000 42,400	415,000	0	2,160 22,896	22,896
	3,000	13,800×40 552,000	6,000 63,600	615,600	25,400×1 25,400	3,240 34,344	59,744
	4,000	13,800×54 745,200	8,000 84,800	830,000	"	4,320 45,792	71,192
	5,000	13,800×67 924,600	10,000 106,000	1,030,600	"	5,400 57,240	82,640
	6,000	13,800×80 1,104,000	12,000 127,200	1,231,200	25,400×2 50,800	6,480 68,688	119,488

* 学校関係を想定し10.6円/kWhで計算した。

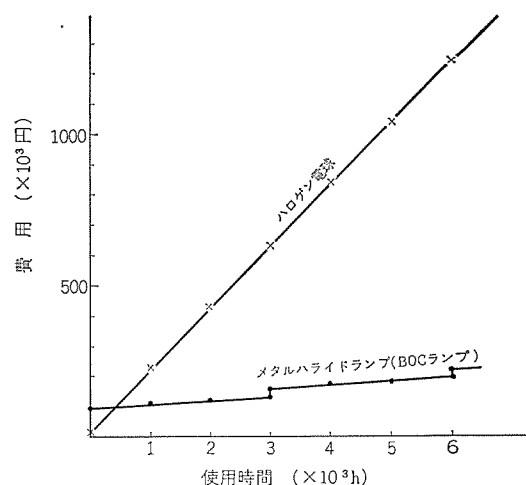


図3. 経済性比較

7. 要求された具体的特性

上述のハロゲン電球を投影装置用光源として使用した場合の問題点を改善するための具体的条件として、

- (1) スクリーン面の最高照度を従来の 60 lx を 80 lx 以上にする。
- (2) スクリーン面の最低照度を従来の 20 lx を 60 lx 以上にする。
- (3) 資料面ガラスの温度を従来の 200°C を 100°C 以下にする。
- (4) 演色性がすぐれている。

などである。これらの条件を満足するには、243×270 mm の比較的大い資料面を 200,000 lx 以上の高照度に照射する必要がある。

8. ランプ電力およびランプの形状

必要条件を満足する具体的なランプの光束は、従来 2 灯使用されていた 1,000 W ハロゲン電球の光束 $28,000 \times 2 = 56,000$ lm 以上必要であるために、80,000 lm の光束を有する 1,000 W メタルハライドランプを選んだ。

一般のメタルハライドランプの外管形状は、図 4. に示すように BT 管を外管に使用しているために、大形で、投影装置に内蔵するには大き過ぎるために、図 5. に示すような直管形の外管を採用して、ランプの小形化を計った。

図 5. (a) に示す直管状ランプを投影装置内に装着し、スクリーン面の照度を測定したところ、最高値は 80 lx の要求を越えたが、最低値が 60 lx の要求値を満足するに至らなかった。資料面ガラスの温度は 60°C まで低下して、100°C 以下の要求を十分満足する値になった。

スクリーン面の最低照度を上げる方法として、ランプ自身と、装置内のランプハウスの形状の両面から検討した。この場合スクリーン面の最高照度はすでに満足した値に達しているので、スクリーン面の照度の均一化を計る必要があり、そのためには当然資料面の照度分布の一様化を行わなければならない。資料面照度分布一様化のために、ランプ自身においては、発光管の端部温度を上げるために両端部に設けられた、保温体の形状を必要な保温効果を低下させることなく、アークからの放射を有効に取り出して、資料面を照射する目的で、前面と背面の保温体の一部分を図 5. (b) に示すように、除去した。

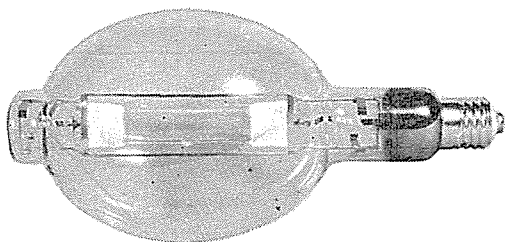


図 4. 一般メタルハライドランプの形状

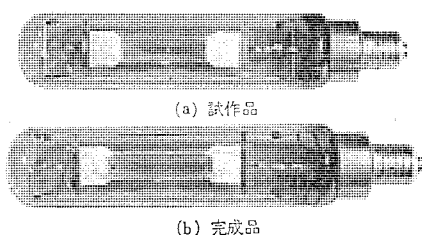


図 5. 投影装置用メタルハライドランプの形状

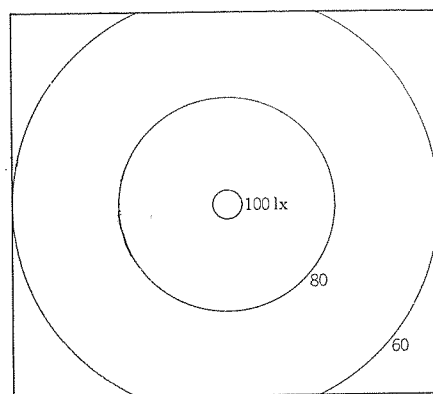


図 6. スクリーン面の照度分布

この結果ランプ自身の光束が約 6 % 増加した。ランプハウスにおいては、おもに反射板の構造と位置を調整し、資料面照度分布の一様化を計った。

ランプ自身とランプハウスの改良の結果として、スクリーン面の照度は図 6. に示すように、初期の要求を十分に満足する値に向上した。スクリーン面の最大照度は約 100 lx、最低照度は約 60 lx である。

9. メタルハライドランプ (PM 1000 BOC-H) を採用したことによる改良点

投影装置用光源として従来のハロゲン電球に代えて、メタルハライドランプを採用したことにより、以下に示す改良がなされた。

- (1) 発熱量が減少し、資料面温度を著しく低下できた。
- (2) ランプ電力が約半分になったにもかかわらず、スクリーン面照度が約 2 倍になった。
- (3) スクリーン面の照度分布が改善され、斜めからスクリーンを見る場合でも、従来より見やすくなった。
- (4) 初期施設費は、ハロゲン電球に比較して高くなるが、ランプ電力が半分で済み、ランプ寿命が 40 倍と長いので経済的である。
- (5) ジスプロシウムを用いたメタルハライドランプを使用しているために、色温度が太陽光に近く、演色性がすぐれているために、資料を自然な感じで見る事ができる。

10. 投影装置用メタルハライドランプ PM 1000 BOC-H の特性

投影装置用メタルハライドランプ PM 1000 BOC-H は、発光管内封入金属ハロゲン化物として、よう化ジスプロシウム、よう化タリウム、よう化インジウムを使用した高効率・高演色性形のメタルハライドランプである。

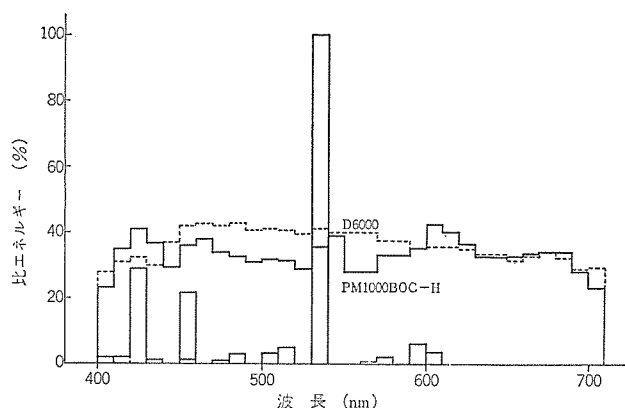


図 7. 投影装置用メタルハライドランプ PM 1000 BOC-H の分光エネルギー分布

表 5. 投影装置用 メタルハライドランプ PM 1000 BOC-H の定格

ランプ 電 圧 (V)	ランプ 電 流 (A)	ランプ 電 力 (W)	全 光 束 (lm)	Ra	色 温 度 (°K)	点灯方向
130	8.7	1,000	85,000	88	6,000	水平

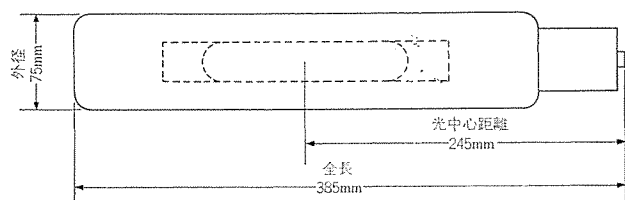


図 8. 投影装置用 メタルハライドランプ PM 1000 BOC-H の外形寸法

めに、図 7. に示した分光エネルギー分布からもわかるように、豊富な連続スペクトルが可視域全域にわたって放射されているので、演色性はきわめて良好である上に、色温度が 6,000°K で太陽光に近く、被照体が自然な感じそのままの感じで見ることができる。

表 5. に PM 1000 BOC-H の定格を示す。ランプの点灯には、パルス始動形の専用安定器を使用する。

図 8. に PM 1000 BOC-H の外形寸法を示す。比較的小形で発光効率・演色性ともにすぐれた光源であることが理解される。

11. 丸善はん(汎)用投影装置 MUP 102 の特長

上述の種々の検討から得られた投影装置用 メタルハライドランプ PM 1000 BOC-H を、その光源として装備した丸善はん用投影装置 MUP

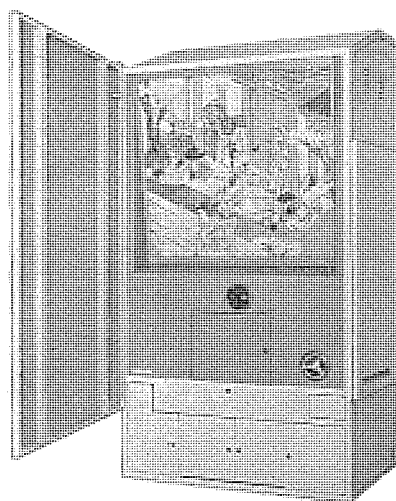


図 9. 丸善はん用投影装置 MUP 102 の外観

102 の特長は

- (1) 明るい部屋で、書籍、ノート、写真、絵画などの厚い資料から薄い資料まで、各種資料の実物投影ができる。
- (2) 大形の リアスクリーン を使用しているので、40～50 人が全員で見ることができる。
- (3) 実物投影の倍率が 3.7～5.2 倍なので、かなり小さい字でも判読できる。
- (4) 実物投影以外に、手軽にスライド映写、8ミリ映写ができ、そのほかに OHP も組み込み可能であり、用途がきわめて広い。などのすぐれた特長があり、学校はもとより、企業の研修室などでも大いに活用でき、教育の充実を計ることができる。

図 9. に丸善はん用投影装置 MUP 102 の外観を示す。

12. む す び

実物投影する場合の投影装置用光源として使われている ハロゲン電球は、(1) 発光効率が低い、(2) 発熱量が多い、(3) 寿命が短いなどの欠点があった。

ハロゲン電球に代わって、投影装置用として開発された メタルハライドランプ PM 1000 BOC-H を採用することにより、これらの欠点が大幅に改善され、実物投影による画像が明るいスクリーン上に映し出された。メタルハライドランプは、ハロゲン電球に比べ寿命が長く、かつ発光効率が高いので、維持費が少なく済み経済的である。

最後に、投影装置用 メタルハライドランプ PM 1000 BOC-H の開発に当たり、惜しみなきご協力、ご指導をいただいた丸善研究所 山田所長をはじめ、関係諸氏に深謝の意を表します。(昭和 49-7-2 受付)

参 考 文 献

- (1) B. Kühl : New Discharge Lamps for Television and Film Lighting, Journal of IES 2, 7 (1972)
- (2) I. F. Davies, M. G. A. Jackson, B. C. Rogers : Lighting Techniques and Associated Equipment for Outdoor Colour Television with Particular Reference to Football Stadium Lighting, Lighting Research and Technology, 4, 4, 182 (1972)
- (3) J. A. Buck : High Intensity Discharge Lamps for Plant Growth Applications, Paper Presented for the 1970 Annual Meeting ASAE, Paper No. 70-331.
- (4) A. Dobrusskin : Metal Halide Lamps with Rare Earth Additives, Lighting Research and Technology, 3, 2, 125 (1971)
- (5) 竹田, 土橋, 渡部 : メタルハライドランプの改良, 三菱電機技報, 46, No. 4, 407 (昭 47)

グラフィックアート用メタルハライドランプ

土井 貞春*・三上 龍夫**・正田 勲**
池田 喜明*・平野 勝利+

1. ま え が き

現在、情報伝達手段としての印刷物、たとえば新聞・雑誌・図書などのほとんどは、写真製版という印刷技術に依存している。製版とは、簡単にいうと複製物の原版を作る工程のことであり、その工程に写真技術を導入したのが写真製版である。このように、写真製版はもともと印刷版を作る手段として発達してきたものであるが、最近の進歩、発展は著しく、現在はマイクロサーキット、IC、カラーテレビのシャドウマスク製作におけるフォトリソグラフィなど、いわゆる精密工業にまで広く応用され、従来の印刷そのものだけでなく、ひとつの独立した加工技術となっている。⁽¹⁾

写真製版の形態は一般に原稿入手→撮影→原版製作→印刷となっており、その過程で、撮影・色分解・焼付けなどが入るので、必ず光源が必要となる。一般には撮影などのカメラワーク用には可視域に強い均一な連続スペクトルをもった光源、焼付けには300～450 nmの近紫外領域に豊富な放射エネルギーをもつ光源が望ましいとされている。

写真製版に用いられる、いわゆるグラフィックアート用ランプとしては、カーボンアーク灯が古くから用いられているのは周知のとおりである。しかしこのランプは保守に比較的手間がかかる、ばい(煤)煙およびオゾンが発生によって作業環境を悪くする等の大きな欠点が指摘されている。その他の光源として、けい光ランプ、ハロゲンランプ、キセノンランプおよび超高圧水銀ランプも多く使用されているがいずれも光出力あるいは効率の面で必ずしも満足されていない。そこで最近になって、一般照明用として発達したメタルハライドランプのこの分野への応用が注目されるようになり、すでに焼付け用紫外線光源としては、Ga^{(2)~(4)}あるいはGa+Pb⁽⁵⁾を添加したメタルハライドランプが実用化され、現実に効果を発揮している。しかし、撮影などのカメラワークに用いるハロゲンランプやキセノンランプに代わるメタルハライドランプは、技術的にむずかしいこともあってまだ一般には実用化されていない。

当社でもすでに焼付け用としてハロゲン化ガリウムを添加した比較的高出力のメタルハライドランプ(1 kW, 3 kW)を製品化しており、今回、それに加えて装置の小形化および取り扱いの簡便化を目的としてチョークレスガリウムランプ(700 W)を開発した。また、もう一方のカメラワーク用光源として、希土類を添加したショートアーク形メタルハライドランプについて種々検討し、よい結果をえた。ここでは以上2種類のメタルハライドランプについての諸特性や諸問題について報告する。

2. 写真製版焼付け用メタルハライドランプ^{(6)~(8)}

写真製版焼付け用光源はPVA、重クロム酸塩などの各種感光性物質に光化学反応を起こさせるためのものであるから、それらの感光性物質の分光感度特性になるべく一致した分光分布をもち、かつその波長領域で豊富な放射エネルギーをもつことが必要となる。

図1. に現在用いられている代表的な感光剤の感度特性を示すがこれでわかるとおり300～450 nmの波長領域に感度をもつのが一般的であるから光源としても当然この領域に豊富な放射エネルギーをもつ必要がある。図2. はグラフィックアート用ランプとして用いられてきた各種光源の分光分布を示す。一見して白熱電球、キセノンランプは熱損失が多く、紫外線光源としては不適であることがわかる。カーボ

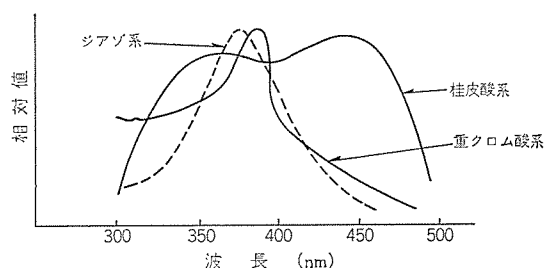


図1. 代表的な感光剤の分光感度特性

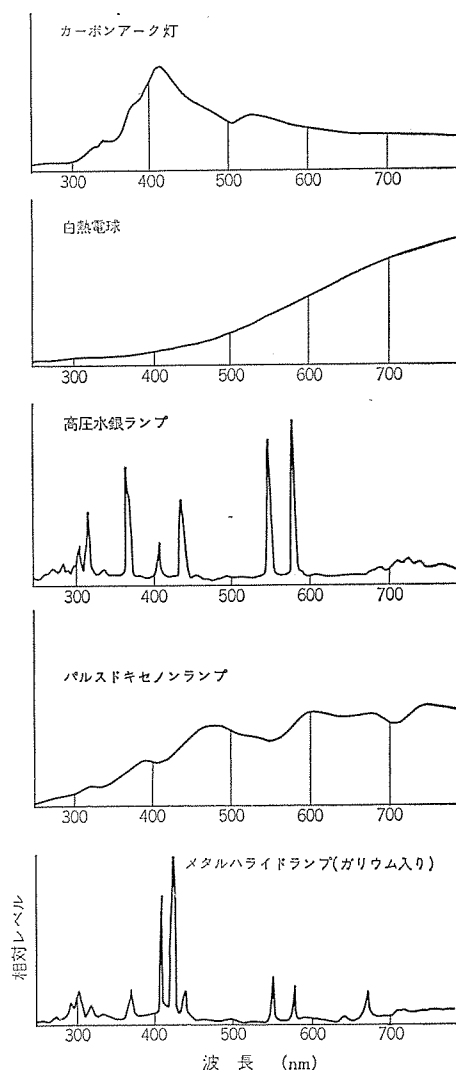


図2. グラフィックアートランプの分光分布

ンアーク灯は前述したとおり大きな欠点が指摘され、高圧水銀ランプは効率が必ずしもよくない。その点、メタルハライドランプ（ガリウム入り）はスペクトルも比較的感光剤のそれと一致しているうえに、300～450 nm における放射エネルギーが入力の約20%と、他の光源に比べて効率が低い。このような大きな利点があるので、現状では瞬時点滅ができないという欠点があるものの、需要はますます盛んになり、近い将来は他の光源に完全にとって代わると考えられる。

2.1 M1KG および M3KG

表1. は当社のガリウム入りメタルハライドランプ（M1KG, M3KG）の諸元表である。ランプは図3. に示すような形状をしていて、図4. のように反射効率を良くした灯具にセットして用いられる。発光管からの近紫外線を少しでも有効に活用するため、紫外線をシャ断する外管は用いていないが、ただオゾンが発生する220 nm 以下の紫外線および300 nm 以下の有害紫外線（眼、皮膚に対して）はシャ断する必要があり、そのために発光管にはオゾンス石英あるいはそれに準じて表面処理をした石英管を用い、かつ灯具の全面にはパイレックスガラス（硝子）や熱線吸収ガラスをはめこんで、有害紫外線から作業者を保護するようにしてある。

表2. はジアゾ感光剤について各種光源の焼付け強度を比較したものであるが、メタルハライドランプが他を圧していることがよくわかる。特にM3KG は単位長さ当たりの管入力非常に大きく（240W/cm）設計して、高効率化を計っている。

焼付けの開始、終了はランプの前面に設けたシャッタの開閉で行う。すなわち未露光時はシャッタを閉じた状態で待機し、露光時のみ開くようにする。ただしM3KG の場合はシャッタを閉じている間は管

表 1. M1KG, M3KG の仕様

形式名	大 き さ (W)	入 力 電 圧 (V)	入 力 電 流 (A)	管 電 圧 (V)	管 電 流 (A)	ランプ外径 (mm)	ランプ全長 (mm)
M1KG	1000	200	6	130	8.3	24	192
M3KG	3000	200	20	300	10.75	29	220

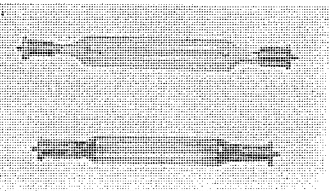


図 3. 写真製版用 ランプ
上 M3KG, 下 M1KG

図 4. 灯具と電源装置

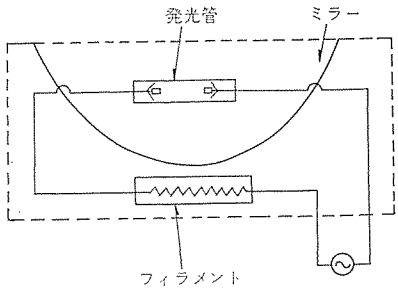
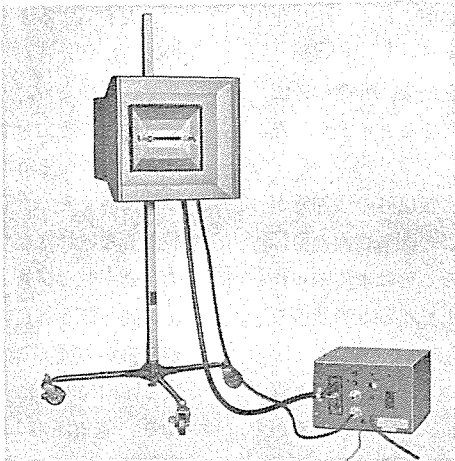


図 5. チョークレスガリウムランプの
点灯回路

表 2. 各種光源の焼付け比較

	光 源 距 離 500 mm			光 源 距 離 1000 mm		
	焼 付 け 時 間	焼 付 け 比	露光強度／消費電力	焼 付 け 時 間	焼 付 け 比	露光強度／消費電力
単相カーボンアーク灯	54	1	1	191	1	1
パルスドキセノンランプ	26	2	1.5	120	1.6	0.96
超高圧水銀ランプ	24	2.25	1.7	53	3.35	2.65
ガリウムランプ M1KG	38	1.42	3.72	109	2	2.5
ガリウムランプ M3KG	11	5	3.75	30	6.3	4.7

ただし、フジフィルム製ボジタイプ（ジアゾ系）の PS 版使用

電力をほぼ半分に落とし、節電を計るとともに、灯具内の温度上昇を防ぐようにしてある。

2.2 チョークレスガリウムランプ（M700G-CL）

現在、実用されている焼付け用メタルハライドランプは、1kW 以上の比較的容量の大きいものが多く、装置もランプを収納する灯具と、電力供給および制御回路を含む電源装置とに分かれているためカーボンアーク灯にくらべ、全体として大形かつ高価にならざるをえず、軽印刷には必ずしも適当でない。筆者らはすべてにおいてカーボンアーク灯（1.36kW, 3kVA）に匹敵する装置の開発を進めていたが、今回、点灯回路をチョークレス式（チョークバラストの代わりにフィラメントバラストを用いた方式で、一般照明ではバラストレスランプと呼ばれる）にすることによって、電源装置と灯具を一体化し、従来のものより大幅に小形、かつ簡便にすることができた。ここではおもにそのランプの諸特性について報告する。

一般照明におけるバラストレスランプは、発光管とフィラメントバラストを同一容器（外管）の中に組みこんで、フィラメントの光も利用して染色性の改善を計っている。しかし焼付け用光源を目的とする場合にはランプの形状をできるだけ小形にし、かつ発光管から放射される紫外線だけを有効に利用することが第一であるから、一般照明用バラストレスランプのように有効紫外線をシャ断し、かつランプ自体を大形にってしまう懸念のある外管を用いることは得策でない。そこで筆者らは図5. に示すように、発光管とフィラメントを分離し、発光管は裸のまま、フィラメントは一つの電球として灯具の後面あるいは側面に配置することによってこの問題を解決した。ランプは、希ガス、水銀のほかにハロゲン化ガリウムを含み、200V の供給電圧で約700W の管電力になるように設計した。

初めにメタルハライドランプをチョークレス化した場合に、最も大きな問題となる始動および始動時の立ち消えから述べる。

(1) 始 動

一般のバラストレス水銀ランプは電子放射性の良い (Ba, Ca, Sr)O 系

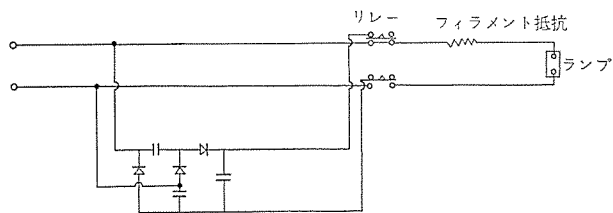


図 6. 始動回路 (a)

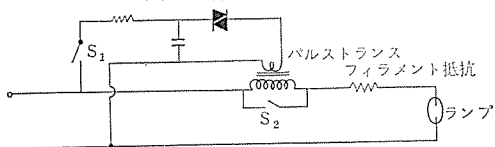


図 7. 始動回路 (b)

の電極物質を使用しているので、始動については特に問題はないが、メタルハライドランプの場合はハロゲンと反応するという理由で (Ba, Ca, Sr) O 系の電極物質を使用できないこともあって、200 V 以下の供給電圧では始動が困難となる。それゆえなんらかの始動回路を必要とし、しかもそれはこのランプの主旨から軽量、簡便、小形である必要がある。筆者らは始動時だけに供給電圧の3倍電圧を印加して始動させる方式と、パルス変圧器を介して約2,000 V のパルス電圧を重畳して始動させる2方式について検討した。図 6. が前者の回路で、図 7. が後者の回路である。前者の場合、200 V の交流電圧から整流された約 850 V の直流電圧がランプの両端子に印加され、ランプはそれによって始動する。始動後、数秒間直流放電をさせた後、主回路に切り換えて交流放電を維持させるようにする。後者の場合は原理的には一般のメタルハライドランプで用いられている始動方式と大差はない。スイッチ S_1 と S_2 は S_1 が閉の時は同時に S_2 が開となるように連動させておく。したがって最初に S_1 を閉じると S_2 が開いてランプ両端には供給電圧に重畳されたパルス電圧が印加されるので、ランプは直ちに始動する。始動したら直ちに S_1 を開けば S_2 も閉じるので始動回路のほうは分離され、パルスの発生はなくなり、供給電圧だけで放電は続行する。この際、パルス変圧器の2次側に流れる電流は瞬時に終るので、巻線をそれほど太くする必要もなく、小形化が可能となる。

以上、2種類の始動方式について種々検討した結果、始動の確実性、形状等から後者のパルス式のほうが有利であることがわかった。

(2) 始動時の立ち消え

メタルハライドランプは前述した電極の問題、および水銀以外の添加物が持ちこむ不純ガスの影響で、始動直後30~120秒の間に管内の導伝性が悪化し、それによって再点弧電圧が上昇することはよく知られている。⁽⁹⁾そしてその再点弧電圧が供給電圧以上になると当然のことながらランプは点灯続行が不能になって立ち消える。一般のメタルハライドランプは漏えい(洩)形安定器を用いているので、供給電圧と管電圧の位相がずれているうえに、2次開放電圧も200 V 以上あるから、再点弧電圧が供給電圧以上になって立ち消えてしまうというような現象はほとんどみられない。ところが、チョークレス方式にすると、供給電圧が200 V と低いうえに、図 8. で示すように管電圧と供給電圧の位相が等しいので、非常に立ち消えやすくなり、メタルハライドランプをチョークレス化する場合の最大の難関となっている。筆者らは、ランプ内に持ちこまれる不純ガスを極力少なくするとともに、電極をできるだけ電子放射性の良い材質および形状にし、さらに封入アルゴン圧を通常の封入圧以上にするることによって、この難関を突破することができた。アルゴン圧を高めると始動時の両極性拡散損失

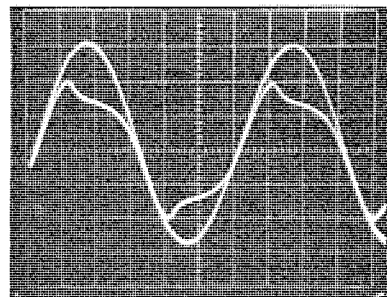


図 8. 安定時の供給電圧波形と管電圧波形

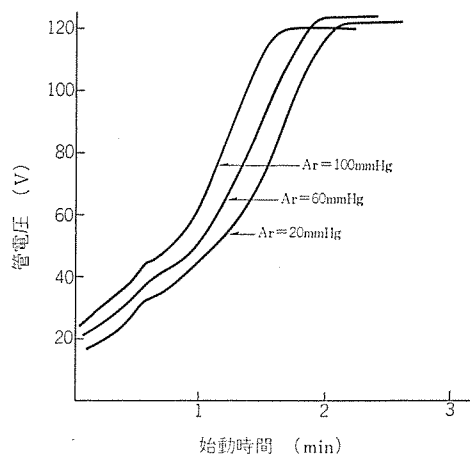


図 9. Ar 圧と始動時間の関係

が少なくなって管壁損失を小さくおさえられるとともに、管内の導伝性が良くなるので再点弧電圧の上昇を防ぐことができるのであるが、それに附随して安定時間が短くなるというもう一つの利点があることがわかった。図 9. はアルゴン圧を変えた場合の安定時間の差を管電圧を例にとって表わしたものである。

(3) 管電圧と効率

ランプの消費電力を W_L 、フィラメントの消費電力を P_f 、全消費電力を P とすれば、 $P = W_L + P_f$ であるから、ランプ効率 $\eta = W_L/P$ を少しでも大きくするように設計するのは当然のことで、特にこのランプのように発光管だけの光を利用しようとする場合にはなおのことである。このため、一般のバラストレスランプは管電圧をできるだけ高くするように努力をする。このチョークレスガリウムランプの場合も本質的には同じ方法をとるものの、一般のバラストレスランプと違って、利用するのはあくまでも発光管からの近紫外線であることを留意した上で設計しなければならない。図 10. は管電圧に対する全電力、管電力、効率および管力率の変化を示す。この図によれば、効率は管電圧が高くなるほど良い。それは管電流が減り、フィラメントでの消費電力が減るからであるが、反面管電圧が140 V 以上になると、管電力が減る傾向にあり、その結果、紫外線出力も減少してくる欠点もでてくる。管電圧が140 V 以上になると管電力が減少するのは、管電流が減り、それだけアークが浮きやすくなるので管壁損失が増加し、それが管力率の低下をまねくのが原因である。

以上のことから、効率および紫外線出力の点から考えると、管電圧の設定は140 V 以下のなるべく高い値が望ましい。しかし、管電圧は(4)で述べる理由でさらに制限をうけるので、上記理由だけではきめられない。

(4) 管電圧と放電終止電圧

安定に放電をしていたランプが電源電圧の突然の急降下のために消えてしまう場合がある。その急降下して立ち消えをおこす電源電圧

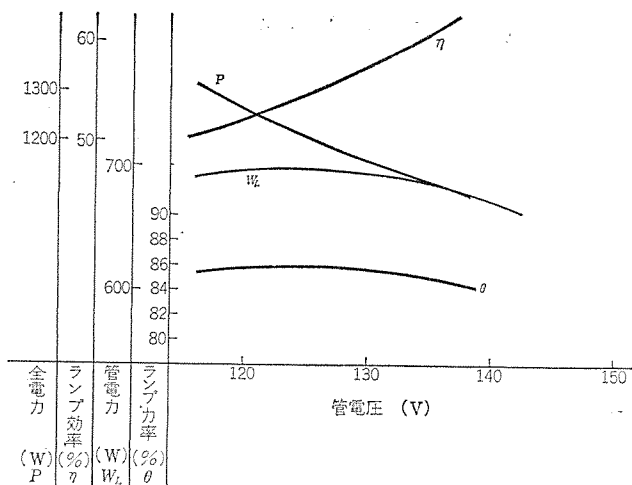


図 10. 管電圧とランプ特性

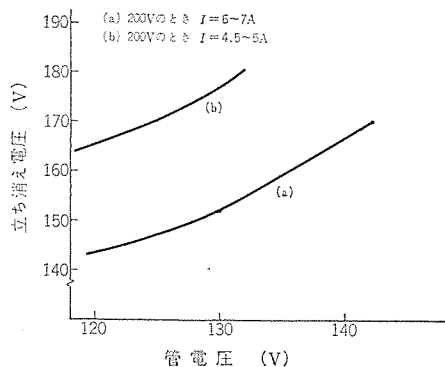


図 11. 管電圧と放電終止電圧

を放電終止電圧というが、それがどの程度かということ、降下して復帰するまでの時間などにも左右されるので一概には決められない。図 11. は必ずしも実際的ではないが、供給電圧を 200 V から下降していった場合にランプが立ち消える電圧と管電圧の関係を調べたものである。ランプは電流休止時間の大小から考えて、定常時の電流が大きいほうが立ち消えにくいのは当然で、その結果が、(a), (b) の差となって表われている。電圧降下は配電事情によるが、最悪の場合 10 % 程度の急降下を考えておくのが無難であるとする、管電圧の設定は 180 V でも立ち消えないようにしなければならない。そうするとチョークレスガリウムランプの定常電流は (a) に相当するから、管電圧は 150 V 以下におさえる必要がある。ただし、実際には、ランプ製造上のばらつきと働中の管電圧上昇を考慮に入れて設計するべきで、それをおこたると結局、ランプの寿命を短くすると同等の結果になりかねない。チョークレスガリウムランプの場合、両者による電圧の上昇分は合わせて 25 V ぐらいは考えておくほうがよい。

(5) ランプ特性

以上の結果から管電圧の設定は 125 V にするのが適当であることがわかった。したがって管力率等を考え合わせると最終的なランプ仕様は表 3. のような値に落ちついた。定常時、フィラメントにかかる電圧は 77~78 V で、抵抗は約 12 Ω である。フィラメントはタングステンから成り、長さはなるべく短くしたほうが電球がコンパクトになるので好都合である。しかし実際には、フィラメントの線径や長さは、電球の寿命（色温度と関係してくる）と形状等から、慎重に決めなければならない。

また、ランプ電力 (W_L) が全電力 (P) の約 58 % で、一般のランプに比べ、効率は悪くなるが、この場合やむをえない。しかし、装置

表 3. チョークレスガリウムランプの仕様

形式名	ランプ特性					全電力 (W)	紫外線出力 (300~450 nm)
	管電力 (W)	管電流 (A)	管電圧 (V)	管内径 (mm)	発光長 (mm)		
M 700 G-CL	700	6.5	125	18	92	1,205	140 W 以上

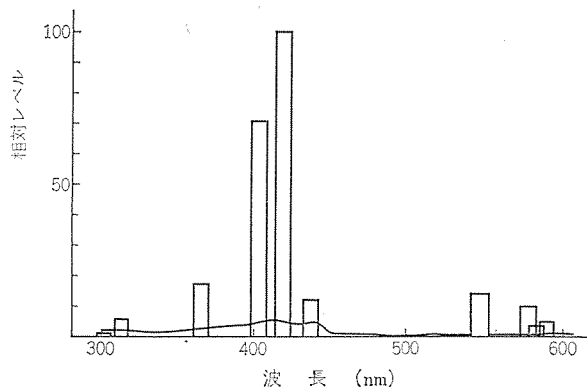


図 12. M 700 GCL のエネルギー分光分布

が小形になり、かつ取り扱いが簡便になるなど軽印刷にとってのメリットは大きく、現在普及しているカーボンアーク灯 (1.36 kW, 3 kVA) に十分匹敵する。図 12. にこのランプの分光分布特性を示す。

なお、フィラメントの光がじゃまになる場合にはフィラメントの代わりに抵抗バラスト（ホーロー抵抗など）を用いることが可能で、若干大きくはなるが、未露光時の調光が比較的容易になること、短絡電流が大きくなるので若干寿命は短縮されるものの、ランプの安定時間が早くなる等の利点が出てくる。

3. カメラワーク用メタルハライドランプ

写真製版に必要なもう一つの光源として前述したように原稿撮影など、カメラライトとして用いる光源がある。この場合には紫外線は不要で、可視域全体にわたって豊富な連続スペクトルをもつ光源が望ましい。それゆえ、現在はキセノンランプとハロゲンランプが使用されているが、周知のとおり熱の発生が多く、効率もよくない。ところで、近年希土類金属を添加したメタルハライドランプが、可視域全体に豊富な連続スペクトルをもち、しかも効率改善にも効果があることが見出され、一般照明の分野では当社の BOC^{(10)~(13)} ランプのようにすでに実用化されているものもある。そこで筆者らはこれをグラフィックアート部門にも応用する目的で、ショートアーク形のメタルハライドランプを製作し、種々検討を加えた。ここでは、それに関する諸問題、諸特性について報告する。

なお、このランプはカメラワークのほかに現在キセノンランプやハロゲンランプが利用されている分野、たとえば舞台照明、屋外撮影の補助光源などにも十分効果を発揮する可能性があり、むしろその用途のほうが多いとも考えられる。

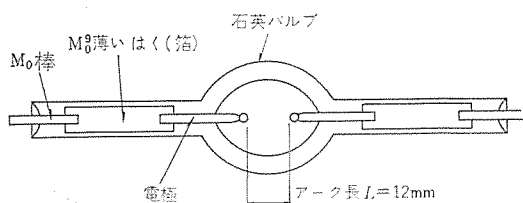


図 13. ランプ構造

3.1 添加物の選択およびランプの構造

この種のランプは放電が安定していること、点灯中に色温度の変化がないこと等の条件も重要となるが、大前提となるのは前述したように可視域に豊富な連続スペクトルをもつことである。この観点から、添加金属は Dy, Ho, Tm 等の希土類、および Al, Sn⁽¹⁴⁾等の分子スペクトルを放射するものに限られてくる。筆者らはこの中から当社の BOC ランプで実績のある ディスプロシウム (Dy) を選んだ。

光源の形状は器具および配光の点から小形にする必要があるのでショートアーク形 (図 13.) にし、電極は純タングステン棒で先端を細く加工したものを用いた。

電気的特性は管電圧を 100 V、管電力を 1,200 W にし、ランプ特性は効率を 80 lm/W 以上、平均演色評価指数を 80 以上、色温度を 6,000 K \pm 500 にすることを目標とした。

3.2 添加物量と分光エネルギー分布および演色性との関係

図 14., 15. は DyI₃ を発光管内に添加したときの、その量と分光エネルギー分布、効率、演色性の関係を示すものであり、管電圧がほぼ 100 V になるように水銀封入量を調節した。DyI₃ 量が少なくなるときは水銀の輝線スペクトルが優勢で、Dy によるスペクトル放射は短波長側が大きく、長波長側が低いという形になるので光色は若干紫がかったり演色性もよくない。DyI₃ 量が増加するにしたがって Dy による放射スペクトルは強くなり、可視域全体にバランスのとれた形になるので光色も白色で、効率、演色性とも向上する。(図 14. (b)) さらに DyI₃ 量を増すと Dy によるスペクトル放射はますます強くなり、水銀の輝線スペクトルは消滅してくる。しかし、図 14. の (c)

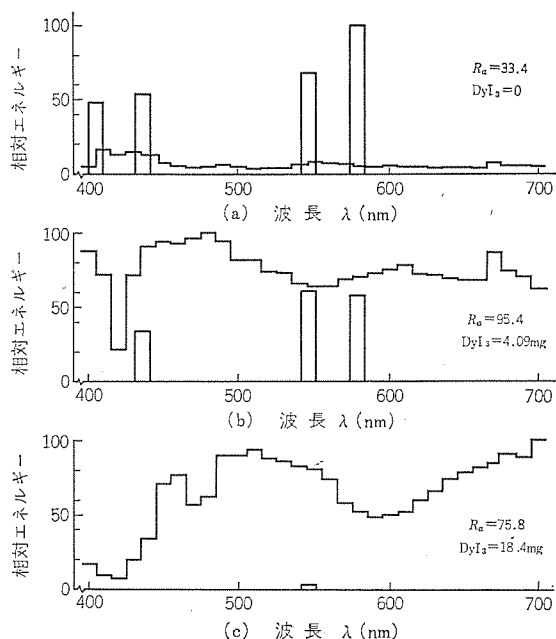


図 14. Dy 量の変化によるスペクトル分布の変化

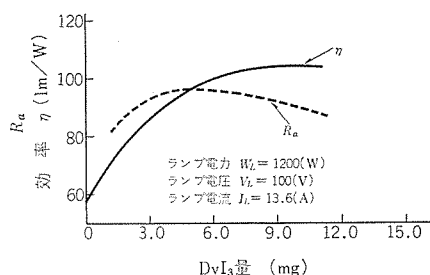


図 15. Dy 量の変化による効率および演色性の変化

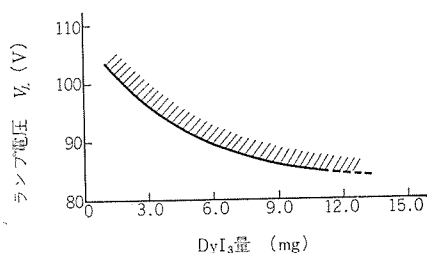


図 16. Dy 量の変化によるアーク揺れのランプ電圧

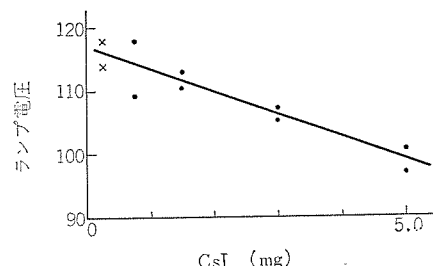


図 17. CsI 量とランプ電圧

でわかるとおり、短波長側の放射が少なくなると同時に、600 nm 近傍の放射も少なくなるので、演色性が低下してくる。

3.3 アークの揺れとその対策

DyI₃ 量を変化することにより、効率は最高 105 lm/W、平均演色評価指数は最高 96 が得られる。しかしその反面、DyI₃ が多くなると点灯中にアークの揺れ、いわゆるスネーキング現象が激しくなることがわかった。図 16. はスネーキングが始まる管電圧と DyI₃ 量の相関を調べたものであり、斜線部分がスネーキングをおこす領域である。DyI₃ 量が多くなるにしたがって、スネーキングが始まる管電圧が低くなり、DyI₃ の蒸気圧が高くなっていることを示している。DyI₃ の蒸気圧が高いということは、アーク中に電子親和力の強い遊離よう(沃)素の濃度が増加していることを意味するから、それによって管径方向への電子の拡散が阻止される。したがってアーク軸が細くなり、スネーキングがおきやすくなると考えられる。アーク軸を太くするには電離電圧の低いアルカリ金属を添加してやればよく、⁽¹⁶⁾ それによってスネーキングを阻止できる可能性は十分にある。なぜならアークの比較的温度の低い領域でも電離するため、その部分の電子が増え、結果的にアークが太くなるとともに管径方向の密度分布も比較的なだらかになり、乱流のおこる余地がなくなると考えられるからである。

筆者らは DyI₃ とともにヨウ化セシウム (CsI) の添加を試みた。図 17. は DyI₃ を一定にして CsI 量を変えたときの管電圧とスネーキングの関係を調べたものである。CsI が少ないと×印で示すようにスネーキングを生じるが、0.5 mg 以上になるとスネーキングはおさまる、安定性を増してくる。しかし、CsI 量が多くなって、その蒸気圧が増すと管電圧が急下降するとともに、Dy の放射スペクトルが抑制され、あたかも DyI₃ 量を少なくしたような影響をおよぼし、効率、演色性ともに低下 (図 18.) するので、CsI 量の決定は慎重に行なわねばならない。

3.4 ハロゲンと働程特性

一般にこの種のメタルハライドランプのハロゲン化合物は、発光管内に過剰に添加されているので飽和蒸気体になっていて、その蒸気圧は発光管内の最冷点温度に依存する。それゆえ、最冷点温度が何らかの原因で変化すると、ランプの効率、演色性、色温度も変化してしまい、実用上非常に都合が悪い。そこでランプの設計は、点灯中の最冷点温度の変化を最小限にとどめるべき細心の注意を払う必要がある。

最冷点を変化させる大きな要因として、電極からのスパッタが考えられるのでそれを防止するために、電極の材質や形状の検討が重要であることはいうまでもないが、さらに良好なハロゲンサイクルをさせて、管壁へのスパッタ物質を取り除くこともきわめて重要な課題である。たとえば前述したように Dy と Cs のような化合物を適量封入することによって、満足すべき初特性は得られるものの、働程特性が

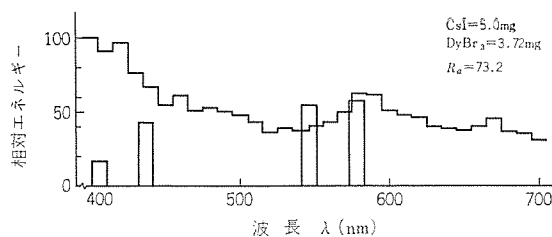


図 18. CsI を添加した場合の スペクトル 分布

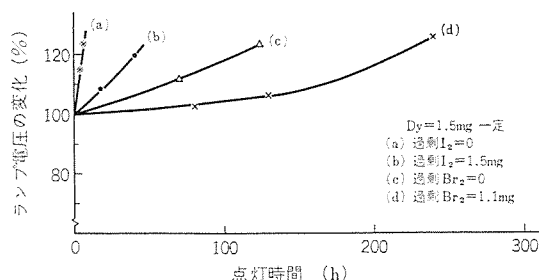


図 19. ハロゲン 量と 働程中の 管電圧の 変化

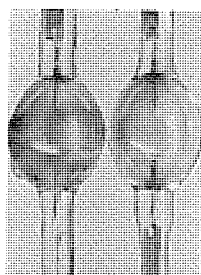


図 20. 管壁の黒化

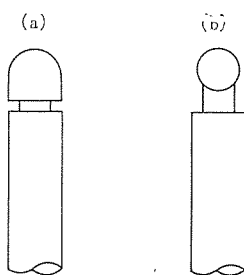
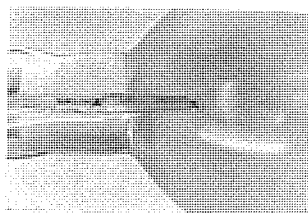
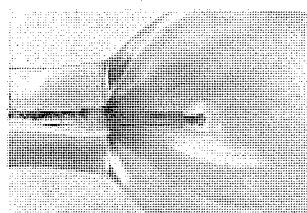


図 21. 電極の形状



(a)



(b)

図 22. 電極の 変形

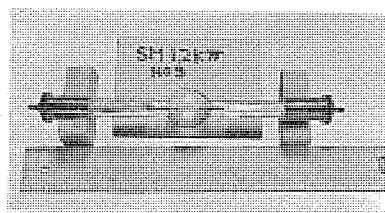


図 23. ランプ 完成 図

思わしくないことが判明した。

図 19. は CsI のほかに DyI₃ あるいは DyBr₃ を添加したランプの働程中の管電圧の変化を調べたものである。(a) は過剰の I₂ がいない場合、(b) は DyI₃ にさらに過剰の I₂ が入っている場合で、(c), (d) は同様に臭素の場合を示す。(a) の場合はきわめて短時間のうちにスパッタによる黒化で最冷点温度が上昇するから、演色

性や色温度が大きく変化するばかりか、ひどい場合には立ち消えてしまう。(b) のように過剰の I₂ を添加すると若干改善はされるが五十歩百歩で大差はない。一方 DyBr₃ を添加した場合には、(c) のように改善され、Br₂ を過剰にすれば一層よくなる。(d)

スパッタした物質はおもにタングステンであるが、タングステンとよ素および臭素の平衡温度がそれぞれ約 950 K, 1,600 K⁽¹⁵⁾ であることを考えると、よ素のほうがスパッタが多いのは、管壁温度が高すぎてうまくハロゲンサイクルを起こせないためと考えられる。図 20. は、(b) と (d) の管壁の黒化の程度を示したものであるが、左側の (b) は点灯時間が (d) より短いにもかかわらず黒化はひどいことがよくわかる。

3.5 電極の変形

放電特性に与える電極の影響はきわめて大きいことはいうまでもなく、特にこのランプのようにショートアーク形の場合はしかりである。筆者らは図 21. (a), (b) の 2 種類の電極を試作検討した。(a) の場合の点灯中の電極を観察すると、アークスポットがゆっくりと先端上を巡回し、点灯時間とともに先端におうとつ (凹凸) ができてくる。この状態におちいると放電は安定しないでスポットの移動が激しく、フリッカの原因となる。(b) の場合は先端の球部はその前半分がアークでおおわれ、その最先端は W が溶融していると思われるほど高温になっている。この状態のときはアークスポットの移動もなく安定した放電を維持する。したがって電極の形状としては (b) のほうが良い。

しかし前述したように、たとえ電極の形状が良くてもハロゲンサイクルが良好に行なわれないと意味がない。たとえば図 22. (a) に示すように、ハロゲンサイクルが十分でないため電極先端の W が蒸発したまま戻ってこないで頭がつぶれた形状になる場合がある。一方 (b) は比較的良好にハロゲンサイクルがいている場合で、初期に若干変形するものの、その後あまり変化がなく、比較的良好な放電を維持する。逆にあまり激しすぎるのも問題で、その場合には先端にヒゲ状の突起物ができたりしてランプ特性に悪影響を及ぼす。

以上のことから、働程特性を良くするには、電極先端の球の大きさ、管電流、添加物およびその量、などの関係を慎重に検討した設計をしなければならない。

3.6 ランプ特性

以上の検討によってショートアーク形金属ハライドランプの最も大きな問題、すなわち、効率、演色性のランプ特性とアークの安定性の間の相反性を、CsI の適当量を添加することによってうまく調和をとれることがわかった。また、電極の変形も臭化水銀を封入し、うまくハロゲンサイクルを行なわせることにより防止でき、あわせて管壁の黒化も減少させることができる。

表 4. は以上の検討結果よりできあがったランプの特性表で、図 23. は完成品の写真を示す。図 24. はこのランプのスペクトル分布図だが、可視域に豊富な連続スペクトルをもち、演色性が 84, 効率が 83.5 lm/W, 色温度 6,000 K という値を示し、いずれも初期の目的を達することができた。図 25. は始動特性を示す。管電圧は約 1

表 4. SM1200 特性表

形 名	電 気 的 特 性			光 学 的 特 性				寸 法			
	管 電 力 (W)	管 電 圧 (V)	管 電 流 (A)	全 光 束 (lm)	効 率 (lm/W)	色 温 度 (K)	平均演色性 指 数	電 極 間 長 (mm)	発 光 管 外 径 (mm)	全 長 (mm)	ベース間長 (mm)
	1200	100	13.6	99500	83.5	6000	Ra=84	12	27	220	180
											ベースねじ
											M 6

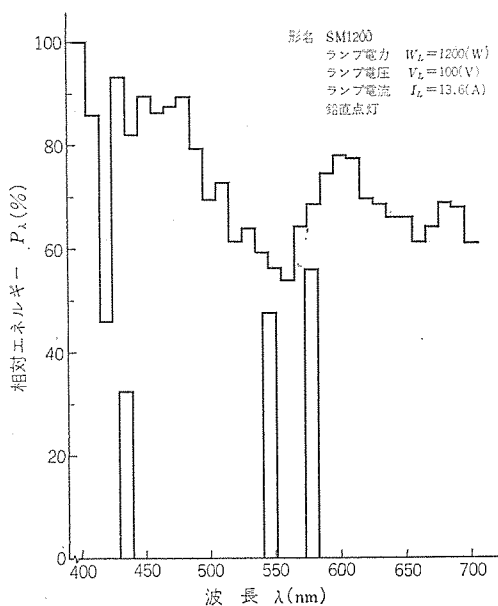


図 24. メタルハライドショートアークランプの分光エネルギー分布

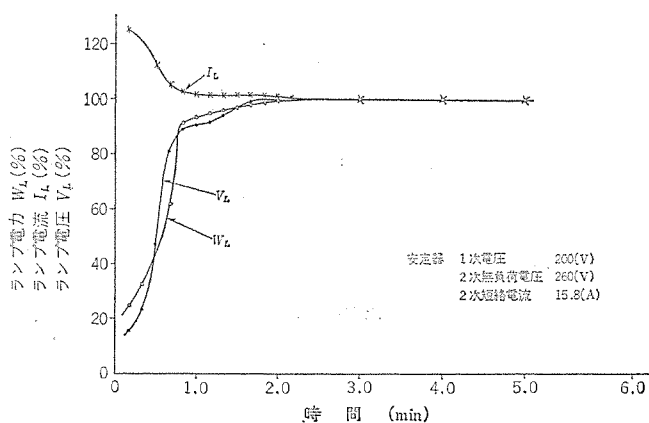


図 25. メタルハライドショートアークランプの始動特性

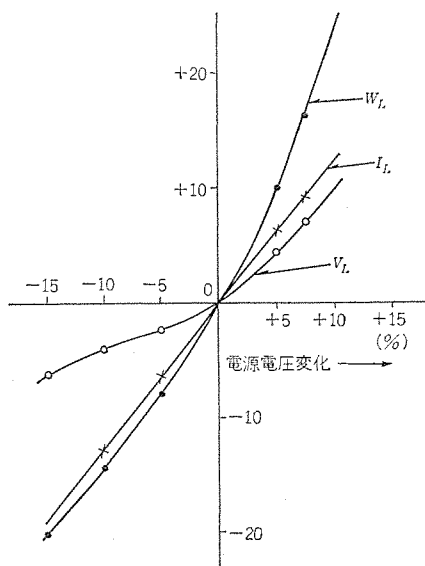


図 26. 電源電圧変動特性

分で90%に達するが、完全に色が安定するには約3分を要する。電源電圧の変動に対しては図26.で示すように、たとえば5%上昇すると管電圧が7%、管電力が10%上昇する。電源の上昇はランプ

特性を変えるばかりでなく、ランプ寿命にも悪影響をおよぼすので、できるだけ安定な電源を用いる必要がある。

現在のところ、ランプ寿命は一般照明用のメタルハライドランプに比べ、かなり短い。これはショートアーク形にすることによって管壁負荷を非常に高くせざるを得ないので、ある程度やむをえないが、さらに改善の余地がある。

また、ランプに要求される特性も、たとえば色分解用と映写用とは若干違っているように、おのおのの用途に合わせて若干の変更をする必要性は残っているようである。

4. む す び

グラフィックアートランプには近紫外線を利用する場合と、可視光線を利用する場合の2とおりがある。前者ではGaあるいはGa+Pbのハロゲン化物を添加して大幅に効率改善を計ったメタルハライドランプがすでに実用化されている。当社も1kWと3kWのガリウムランプを実用化しているが、今回、装置の小形、簡便化を計り、軽印刷用としてのチョークレスガリウムランプを開発した。

もう一方の可視光線を利用するグラフィックアート用メタルハライドランプはまだ一般には実用化されていない。そこで筆者らはDyを添加したショートアーク形メタルハライドランプを試作検討した結果、Dyの臭化物およびCsIの適当量を添加することによって、スネーキングがなく、スパッタによる管壁の黒化も比較的少ないランプを作ることができた。平均演色評価指数が80以上、効率が80lm/W以上、色温度6,000Kである。このランプはグラフィックアートランプとしてばかりでなく、映写用、スタジオ照明用など広い用途が期待される。しかし実際の使用にあたっては、フリッカの問題、瞬時点滅の問題を解決する必要がある、また、個々の用途によってはランプのみでは解決できない問題も残されているので総合的な研究をする余地が残されている。(昭和49-7-2受付)

参 考 文 献

- (1) 長谷川：写真製版技術，印刷出版研究所
- (2) 久保，竹田ほか：三菱電機技報，40，No. 9，1,402 (昭41)
- (3) 竹田，三上：電気四学会予稿649 (昭41)
- (4) 土井，三上：電気学会光源，関連装置研究会資料 LS-72-9 (昭47)
- (5) 祇園ほか：電気学会 関西支部連合大会予稿S12-4 (昭48)
- (6) 河本ほか：製版焼付け用光源の将来と問題点(1)，(2)，印刷雑誌55，8～9 (昭47)
- (7) 河本：照明学会誌，57，4，241 (昭48)
- (8) 渡会：照明学会誌，57，4，210 (昭48)
- (9) A. Flanke et al. : IE 62, 4, 1 (1967)
- (10) 久保，竹田，土橋ほか：三菱電機技報，42，No. 8，1,072 (昭43)
- (11) 竹田，土橋ほか：三菱電機技報，44，No. 11，1,147 (昭45)
- (12) 竹田，土橋，渡部：三菱電機技報，46，No. 4，407 (昭47)
- (13) Dobrusskin : Lighting Research and Technology, 13, 2, 125 (1971)
- (14) 東：東芝レビュー，24，9，1,086 (昭44)
- (15) Bernard et al. : IE April p. 176 (1968)
- (16) Waymouth : Electric Discharge Lamps (1971)

光源の演色性評価方法と新しい高演色性ランプ

土井 貞春*・馬込 一男**・大谷 光興**

1. ま え が き

1971年にCIE (Commission International de l'Eclairage: 国際照明委員会) は、現在のCIE演色評価方法を修正し、CIE出版物No. 13-第2版を出版した。⁽¹⁾ わが国は、実用面では最も早く、光源の演色性を規格化するため、1971年9月照明学会においてけい光ランプの演色性区分の原案を作成した⁽²⁾ (表1.)。

一方、演色における快適性評価に関する研究も積極的に行なわれるようになり、⁽⁴⁾⁽⁵⁾ CIEでもこの問題の検討をすすめている。光源の演色性は忠実性だけでなく快適性をも含めて評価されれば、光源の用途はさらに拡大され、適正な使用が可能となる。

また、光源の演色性向上も演色性評価法の確立に全く依存しているといっても過言ではない。最近、光源の演色性改善に関する開発はめざましく、電子計算機を使用してけい光ランプ、高圧水銀ランプにおいて効率、演色性の最適値計算が行なわれ、^{(6)~(9)} さらに新しいけい光体の開発により高効率、高演色性ランプが得られている。⁽¹⁰⁾ しかしながら現在までの報告は、演色における忠実性または快適性の一面しか扱っていない。

ここでは、光源の演色性評価方法について解説し、最近、文献および当社で得られた新しい高演色性けい光ランプおよび演色改善形高圧水銀ランプに対して試みた忠実性、快適性両面からの評価結果について報告する。

表 1. けい光ランプの演色評価数の最低値⁽³⁾

色度および 演色性の区分	演 色 評 価 数 の 最 低 値							
	R_a	R_0	R_{10}	R_{11}	R_{12}	R_{13}	R_{14}	R_{15}
D	70							
W	60							
WW	55							
WW-30	45							
D-DL	80	0						70
W-DL	73	-5						65
(WW-DL)	(63)	(-15)						(60)
D-SDL	88	78	75	85	80			88
W-SDL	85	75	70	85	73			85
EDL	95	88	88	93	90	93	95	93

備考 1. 空欄の演色評価数は最低値を規定しない

2. ()をつけた数値は参考値である

2. 光源の忠実性評価方法

CIEでは、1965年にCIE出版物No. 13 “光源の演色性を測定・表示する方法-第1版”を出版し、⁽¹¹⁾ 1968年には、JIS Z 8726 (光源の演色性評価方法) がこれに基づいて制定された。⁽¹²⁾ 現在、この方法はけい光ランプ、高圧水銀ランプなど一般照明用光源の性能を評価するうえに欠くことができないものとなっている。CIEのE-1.3.2演色委員会(現TC-2.3)はその後第1版の補足修正の作業を進めて1971年にCIE出版物No. 13第2版を出版した。

これらCIEおよびJISの演色性評価方法は、日常物の色がどの程度自然光で見たときに近いかを数量的にとらえようとする光源の忠実性を評価するものである。

2.1 JISによる方法⁽¹²⁾

この方法はCIEの方法(第1版)を骨子とするものであるが、日本の実情に合わせるために特殊演色評価数用の試験色として日本人女性の肌色($i=15$)を追加している。すなわち、定められた15個の試験色を基準光源で照明したときと試料光源で照明したときとで試験色の見え方を比較し、色ずれの程度で表わすものである。

平均演色評価数の計算には、色相環の全体に広がり、彩度が中程度で明度がほぼ等しい8個の試験色を用いる。

特殊な目的には、追加の試験色を用い、平均演色評価数の計算には含まない。彩度の高い赤、黄、緑、青および肌色、木の葉の色、日本人女性の肌色を代表する特殊な試験色を用い、特殊演色評価数とする。

基準光源として、色温度が5,000°K以下の光源に対しては完全放射体を使用し、5,000°Kを越える光源に対しては合成昼光を用いる。ただし、けい光ランプについては色温度5,300°Kまで完全放射体を使用する。基準光源は、その色温度が試料光源の色温度から5ミレッド以内のものを選ぶ必要がある。

平均演色評価数 R_a の計算は次式による。

$$R_a = 100 - 4.6 \overline{\Delta E_a}$$

$$\overline{\Delta E_a} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 \Delta E_{ai}$$

$$\Delta E_{ai} = 800 \left[\{ (u_{ki} - u_k) - (u_{0i} - u_0) \}^2 + \{ (v_{ki} - v_k) - (v_{0i} - v_0) \}^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

ここに、

ΔE_{ai} : 照明を基準光源から試料光源に変えた場合の試験色(i)の感覚的な色の変化量

$\overline{\Delta E_a}$: 試験色($i=1\sim 8$)の ΔE_{ai} の平均値

u_{ki}, v_{ki} : 試料光源(k)による試験色(i)のUCS色度座標

u_{0i}, v_{0i} : 基準光源(0)による試験色(i)のUCS色度座標

u_k, v_k : 試料光源(k)のUCS色度座標

u_0, v_0 : 基準光源(0)のUCS色度座標

特殊演色評価数 R_i ($i=9\sim 15$) の計算は次式による。

$$R_i = 100 - 4.6 \Delta E_i$$

$$\Delta E_i = \left[\{ W_{ki} - W_{0i} \}^2 + 169 \{ W_{ki} (u_{ki} - u_k) - W_{0i} (u_{0i} - u_0) \}^2 + 169 \{ W_{ki} (v_{ki} - v_k) - W_{0i} (v_{0i} - v_0) \}^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

ここに、

ΔE_i : 照明を基準光源から試料光源に変えた場合の感覚的な色の変化量

W_{ki} : 試料光源(k)による試験色(i)の明度指数

W_{0i} : 基準光源(0)による試験色(0)の明度指数

u_{ki}, v_{ki} : 試料光源(k)による試験色(i)のUCS色度座標

u_{0i}, v_{0i} : 基準光源 (0) による試験色 (i) の UCS 色度座標
 u_k, v_k : 試料光源 (k) の UCS 色度座標
 u_0, v_0 : 基準光源 (0) の UCS 色度座標

なお、場合によって目的に応じて、10 nm おきに スペクトル 反射率 のわかった他の試験色を加えてもよい。

演色評価数の目盛は、100 で試料光源が基準光源と同一であることを表わし、約 50 で初期の研究において白熱電球を基準光源として試験した IES 委員会における 3,000 °K の標準けい光ランプに相当するように定められている。

演色評価数は絶対的な数値ではない。たとえば、等しく 100 に近い平均演色評価数をもつ 6,500 °K の昼光色ランプと 3,000 °K の温白色ランプとでは、それぞれの基準光源、この場合は CIE 合成昼光 D 65 と 3,000 °K の完全放射体との相違ぐらいの違いがある。したがって、たとえ平均演色評価数が等しいにせよ、色温度の異なる 2 個の試料光源は相互に比較すると演色において異なっていることに注意すべきである。

2.2 CIE 第 2 版による方法⁽¹⁾

CIE 出版物 No. 13 第 2 版の詳細については東、森により紹介されているが、ここでは第 2 版におけるおもな変更点 - 色順応補正について述べる。

第 1 版においては、試料光源の下での試験色の色度点を基準光源の色度点と試料光源の色度点とを結ぶベクトルと同じ方向、大きさをだけ変化させる単純な補正方法 (色度ベクトル法) を使っており、試料光源と基準光源の色度が異なる場合、色順応効果が不確かになる。第 2 版は、Jmdd による基本原色と Von Kries の係数法則を仮定した色順応補正を採用したものである。この仮定の妥当性については種々議論されているけれども、第 1 版に比較して進歩した高度な方法である。

試料光源 (k) と基準光源 (0) との間の色順応状態の相違による順応色偏移の計算は次式による。

$$u'_{ki} = \frac{10.872 + 0.404 \frac{c_{ki}}{c_k} \cdot c_0 - 4 \frac{d_{ki}}{d_k} \cdot d_0}{16.518 + 1.481 \frac{c_{ki}}{c_k} \cdot c_0 - \frac{d_{ki}}{d_k} \cdot d_0}$$

$$v'_{ki} = \frac{5.520}{16.518 + 1.481 \frac{c_{ki}}{c_k} \cdot c_0 - \frac{d_{ki}}{d_k} \cdot d_0}$$

ここに、

u'_{ki}, v'_{ki} : 試験色 (i) について試料光源を基準光源に合わせるような、すなわち $u'_k = u_0, v'_k = v_0$ とする順応色偏移を考慮した後の色度座標

c, d : 次式によって試料光源 u_k, v_k から c_k, d_k 、基準光源 u_0, v_0 から c_0, d_0 および試料光源の下における試験色 (i) の u_{ki}, v_{ki} から c_{ki}, d_{ki} が計算されるものとする。

$$c = \frac{1}{v} (4 - u - 10v)$$

$$v = \frac{1}{v} (1.708v + 0.404 - 1.481u)$$

次に測色値を次式によって CIE 1964 均等色空間の座標に変換する。

$$W_{0i}^* = 25 Y_{0i}^{\frac{1}{3}} - 17 \quad W_{ki}^* = 25 Y_{ki}^{\frac{1}{3}} - 17$$

$$U_{0i}^* = 13 W_{0i}^* (u_{0i} - u_0) \quad U_{ki}^* = 13 W_{ki}^* (u_{ki} - u'_k)$$

$$V_{0i}^* = 13 \bar{W}_{0i}^* (v_{0i} - v_0) \quad V_{ki}^* = 13 \bar{W}_{ki}^* (v_{ki} - v'_k)$$

ここに、 $u'_k = u_0, v'_k = v_0$ は試料光源の順応色偏移を考慮した後の色度座標である。

試料光源 (k) の照明による試験色 (i) と、基準光源 (0) の照明による同じ試験色 (i) との知覚色の差は CIE 1964 色差式を用いて計算する。

$$\Delta E_i = [(U_{0i}^* - U_{ki}^*)^2 + (V_{0i}^* - V_{ki}^*)^2 + (W_{0i}^* - W_{ki}^*)^2]^{\frac{1}{2}}$$

特殊演色評価数 R_i は ΔE_i を使って次式により求める。

$$R_i = 100 - 4.6 \Delta E_i \quad (i=1, 2, \dots, 14)$$

平均演色評価数 R_a は 8 個の CIE 試験色 ($i=1, 2, \dots, 8$) に対する 8 個の値 R_i の算術平均として得られる。

$$R_a = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 R_i$$

第 2 版における変更点は色順応効果の考慮のほかに、完全放射体のデータにおいて新しい C_2 の値 ($C_2 = 1.4388 \text{ cm} \cdot \text{°K}$) の採用および平均演色評価数の計算における 3 次元均等色空間の色差式の使用などがある。第 1 版と第 2 版による演色評価数の計算結果の差は R_i において 1 ないし 2 単位以下であるという。

基準光源は試料光源と同じかまたは近似的に同じ色度のものであることが想定されているので、できるだけこの色度差 ΔC が 5.4×10^{-3} より小さくなるよう基準光源を選定しなければならない。この許容差は色差の実用上の限界と考えられる。

$$\Delta C = [(u_k - u_0)^2 + (v_k - v_0)^2]^{\frac{1}{2}}$$

ここに、

u_k, v_k : 試料光源の UCS 色度座標

u_0, v_0 : 基準光源の UCS 色度座標

色度差と種々の色順応補正との関係についてはイギリス照明委員会 T C-3.2 による M. B. Halstead らの報告⁽¹³⁾に詳しく議論されており、CIE 第 2 版に引用されている Von Kries の色順応補正によって、試料光源の色度が基準光源の軌跡の下側 (紫側) にある場合、ほとんど第 1 版に比べて R_a が増加し、試料光源の色度が基準光源の軌跡の上側 (緑側) にある場合、 R_a は減少する。Von Kries のマトリックス代数による方法はすべて数学的に行なわれるので計算機使用には便利である。

市販されている一般照明用光源の色度は、すべて $\Delta C \leq 5.4 \times 10^{-3}$ ではなく、たとえば透明水銀ランプのように $\Delta C \approx 20 \times 10^{-3}$ のものまで CIE の方法で評価しているのが現状である。したがって光源の演色性評価方法においては ΔC を表示する必要があるだろう。 ΔC によって試料光源の演色性評価数の確からしさをある程度推定できることになろう。

3. 光源の快適性評価方法

2 章で述べた演色性評価方法は、自然色の忠実な再現という意味で国際的に認められている方法であるが、最近になって人間の好みを考慮した光源色の評価方法が研究され、記憶色の再現に基礎をおいた P. B. Judd の Flattery Index⁽⁴⁾ および W. G. Precejsns の Acceptability Index⁽⁵⁾ などが提案されている。

3.1 Flattery Index⁽⁴⁾

現在の CIE の方法は、

(1) 人間の好みに対する考慮がなされていない。

(2) 人間生活に大きな影響を与える色とあまり重要でない色とを同じ重みで扱っている。

表 2. R_f の計算に用いられる色度差と重み付け係数⁽⁴⁾

試験色 CIE No.	マンセル記号	色 度 差		重み付け係数 m_i
		Δu_{fi}	Δv_{fi}	
1	8.6 R 6/4	0.0020	0.0008	5
2	5 Y 6/4	0.0000	0.0000	15
3	5 GY 6/8	-0.0020	0.0008	5
4	2.5 G 6/6	-0.0020	0.0010	5
5	10 BG 6/4	-0.0020	-0.0004	5
6	5 PB 6/8	-0.0012	-0.0020	5
7	2.5 P 6/8	0.0008	-0.0020	5
8	10 P 6/8	0.0020	-0.0010	5
13	5 YR 8/4	0.0040	0.0022	35
14	5 GY 4/4	-0.0040	0.0000	15

など、一般照明用光源の評価として R_a で表わすだけでは十分でないと考え、記憶色を基準にとり、色の好ましき (Color preference) を数量的に評価するものとして Flattery Index が提案された。

これは、人生を楽観的に考える点にあり、たとえば、肌をきれいに見せる化粧の色、木の葉を生き生きとみせる色、および食欲をそそる食物の色など、人間生活を豊かにするためには重要な考え方であるといえる。

Flattery Index R_f は CIE の方法と類似性をもたせ、次式によって求める。

$$R_f = 100 - 4.6 \overline{\Delta E_f}$$

$$\overline{\Delta E_f} = \frac{1}{100} \left(\sum_{i=1}^8 m_i \Delta E_{fi} + \sum_{i=13}^{14} m_i \Delta E_{fi} \right)$$

ただし、 $i=1, 2, \dots, 8, 13, 14$

$$\Delta E_{fi} = 800 \left[\{ (u_{ki} - u_k) - (u_{0i} + \Delta u_{fi} - u_0) \}^2 + \{ (v_{ki} - v_k) - (v_{0i} + \Delta v_{fi} - v_0) \}^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

ここに、

$\Delta u_{fi}, \Delta v_{fi}$: 試験色 (i) を好ましい色に見せるために、試験色の色度座標 u_{0i}, v_{0i} に加えるべき色度座標量 (表 2. に与えられる)

m_i : 試験色 (i) の重み付け係数 (表 2. に与えられる)

$\Delta u_{fi}, \Delta v_{fi}$ は多くの記憶色に関する実験データを参考にし、大部分の色について自然色 (すなわち基準光源で照明したときの色) よりも彩度の高い方向へずれた色のほうが好まれるという Newhall らの定性的実験結果⁽¹⁴⁾に基づいて UCS 色度図上のずれを決定した。

選んだ 10 個の試験色のうち、No. 2 の係数 15、No. 13 の係数 35、および No. 14 の係数 15 はそれぞれ 肌の色、肌の色および木の葉の色が人間生活の中で特に重要な色であることから特に他の色より大きい重みをつけた。

R_f の計算においては、基準光源に対して $R_f=90$ となるよう正規化してある。したがって基準光源より好ましい光源に対してはもちろん $R_f>90$ となる。

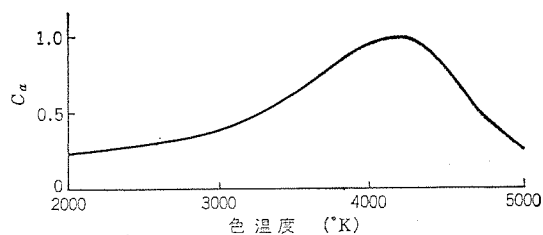
3.2 Acceptability Index⁽⁵⁾

W. G. Pracejus は実際の事務室程度の大きさの部屋を使って種々の市販光源で照明したときに、その部屋の色彩の好ましさを被験者に主観評価させ、この実験結果を基にして Acceptability Index を考えた。平均演色評価数計算用の 8 個の試験色に対する UCS 色度座標を結んで得られる 8 角形の面積とこの主観評価実験結果と関連があることを見出した。

Pracejus の提案した Acceptability Index I_a は次式により算出される。

$$I_a = C_a \cdot \frac{A_s}{A_{ee}}$$

光源の演色性評価方法と新しい高演色性ランプ・土井・馬込・大谷

図 1. Acceptability factor C_a と色温度との関係⁽⁵⁾

ここに、

A_s : 試料光源による 8 個の試験色の UCS 色度座標を結んで得られる 8 角形の面積 (Gamut area)

A_{ee} : 等エネルギー分光放射による 8 個の試験色の UCS 色度座標を結んで得られる 8 角形の面積 (Gamut area)

C_a : 色温度によって決まる比例定数 (図 1. に示される)

各試験色の彩度が高いほど、8 角形の面積は大きくなるので I_a は大きくなる。

4. 光源の色識別能力評価方法⁽¹⁵⁾

演色における忠実性および快適性の評価とは別に、人間生活においては、多くの異なる色を見わけることが必要な場合がある。多くの異なる色を同時に見るとき、これらの色を識別できるかどうかは光源に依存している。W. A. Thornton はこのような色の識別能力を定量的に評価するため、Color Discrimination Index (CDI) を提案した。

Color Discrimination Index G は、Acceptability Index I_a の計算に使用した 8 個の試験色の UCS 色度座標を結んで得られる 8 角形の面積を求めるのと同様の方法で、次式により計算される。

$$G = \frac{A_s}{A_c} \times 100$$

ここに、

G : 試料光源の色識別能力評価数 (Color Discrimination Index)

A_s : 試料光源で照明したとき 8 個の試験色の UCS 色度座標を結んで得られる 8 角形の面積 (Gamut area)

A_c : 標準光源 C で照明したとき 8 個の試験色の UCS 色度座標を結んで得られる 8 角形の面積 (Gamut area)

G の意味を考えてみると、定義から、 G は試料光源による CIE No. 1~8 の 8 個の試験色の UCS 色度座標を結んで得られる 8 角形の面積 (Gamut area) を標準光源 C に対して % で表わしたものである。したがって $G=100$ で標準光源 C で照明したときと同じ色識別能力となる。 G の大小によって、隣接する色の識別の難易を評価できる。 G が 1 MPCD (Minimum Perceptible Color Difference) と同程度の大きさになったときが色の識別できる限界となる。そして $G=0$ は単色光の場合で、どんな色に対しても同じ色に見え、色の識別は全く不可能となる。

5. 高演色性ランプとその評価

最近になって“照明の快適性”が特に注目されるようになり、“光の量”より“光の質”の面の要求が強くなってきている。現在では、光源の性能評価に演色性を考慮しないで光源の開発は不可能である。

H. F. Ivey⁽¹⁶⁾ はけい光ランプおよびけい光水銀ランプの色と効率に関する研究を行ない、完全放射体軌跡上の色に対して最大効率を

表 3. 市販高演色性けい光ランプの光色、演色特性

種 類	色 度		色温度 (°K)	R_a	R_i								色 差 ΔC	R_f	I_a	G
	x	y			R_9	R_{10}	R_{11}	R_{12}	R_{13}	R_{14}	R_{15}					
ハイデラックス 白色 FL40SW-SDL	0.346	0.345	4,900	90 92	93 97	75 83	89 92	83 87	92 96	91 93	94 98	0.0038	65	0.27	90	
ハイデラックス印刷用 FL40SW-50-EDL	0.349	0.358	4,900	97 96	95 94	90 89	94 93	92 90	97 97	96 96	98 98	0.0018	87	0.26	84	
デラックス 温 白色 FL40 WW-DL	0.411	0.380	3,300	72 78	28 34	54 65	56 60	56 66	71 76	90 95	73 77	0.0058	70	0.34	65	
デラックス 温 白色-30 FL40 WW-30-DL	0.436	0.394	2,950	70 73	12 16	51 57	48 51	46 51	67 70	91 95	68 71	0.0033	68	0.21	53	

備考：表中、上欄はJIS (CIE第1版) による値、下欄はCIE第2版による値である

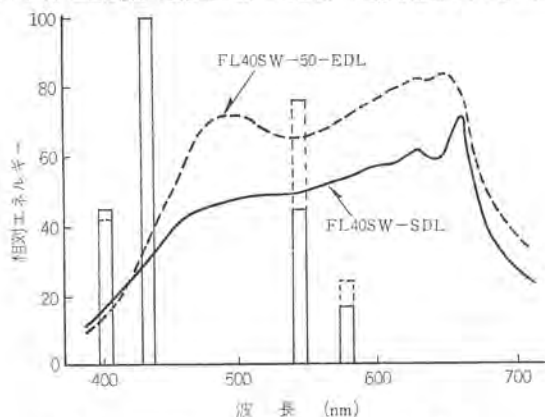


図 2. 高演色性白色けい光ランプの分光分布

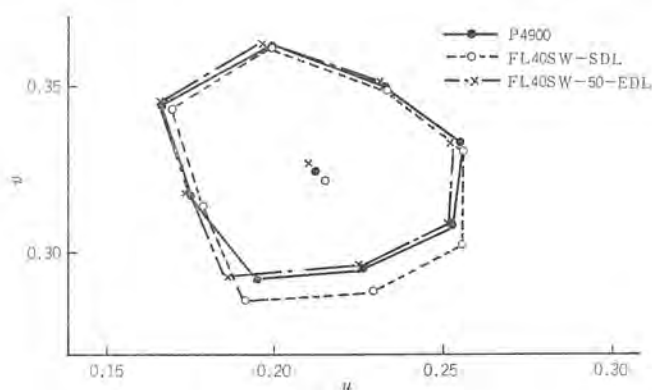


図 4. 高演色性白色けい光ランプの gamut area

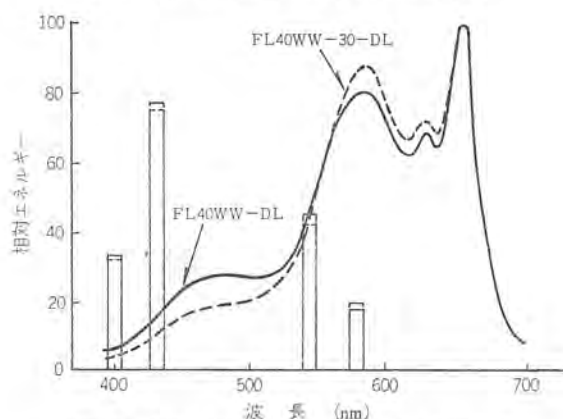


図 3. 高演色性温白色けい光ランプの分光分布

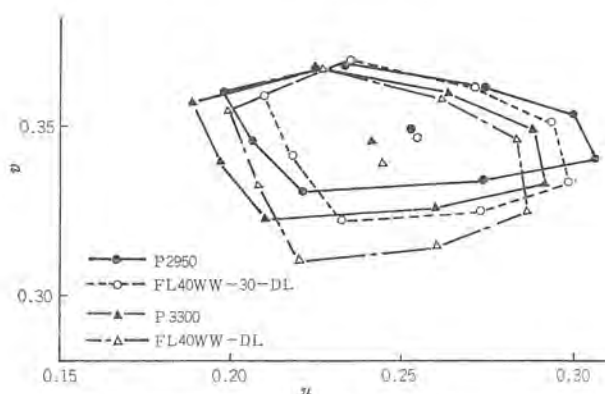


図 5. 高演色性温白色けい光ランプの Gamut area

与える2成分けい光体のピーク波長を求めた。しかし、彼はまだ演色性について注目していなかった。その後、W. Walter,⁽⁶⁾ M. Koedam et al.,⁽⁷⁾ H. H. Haft and W. A. Thornton⁽¹⁷⁾, J. J. Opstelten et al.,⁽⁸⁾ F. Rokasz et al.,⁽¹⁸⁾ および T. F. Soules and M. A. Maier⁽⁹⁾ など多くの研究者により、効率と演色性を考慮して、けい光ランプおよびけい光水銀ランプにおけるけい光体の混合について研究されている。

一方、C. W. Jerome⁽¹⁵⁾ は試作けい光ランプを使って Flattery Index の妥当性について主観評価を行ない、まだ検討の余地があることを報告している。W. A. Thornton⁽¹⁹⁾ は3成分けい光体混合により高い CDI を有するけい光ランプを試作した。

このように、新しい高性能光源の開発は全く光源の性能評価方法の確立に依存しているといっても過言ではない。

具体例として、上記文献で報告されているデータや、当社で得ている各種演色性ランプの実測データを用いて、上述のような忠実性および快適性の評価方法を適用して評価した結果について以下に述べる。

5. 1 けい光ランプ

(1) 従来の高演色性けい光ランプの評価

現在、市販されている白色系高演色性けい光ランプには、W-SDL、WW-DL、WW 30-DL などがあり、また印刷用として W 50-EDL がある。図 2. および図 3. は、これらの当社品ランプの分光分布の例である。この分布をもとに算出した各ランプの色度、演色性評価数、色度差 ΔC 、快適性評価数 R_f , I_a 、および色識別能力評価数 G を表 3. に示す。W-SDL は R_a , R_i だけでなく、 R_f および G についても高い値を示した。しかしながら I_a は低い値となった。これは図 1. に示されたように定数 C_a が色温度に強く依存しているためであろう。同様の理由で、WW-DL、WW 30-DL についても I_a は低い値である。W-50-EDL は現在実用されているけい光ランプでは忠実性評価が最もよいランプであるが、 R_f , I_a は W-SDL とほぼ同等で、 G はわずかに低い。当社の高演色性けい光ランプ W-SDL、WW-DL、WW 30-DL はいずれも色度点が完全放射体軌跡のわずかに下側(紫側)に位置しており、CIE 第2版による R_a , R_i は CIE 第1版よりも高い値となっている。これは、M. B. Halstead らの検

討結果⁽¹³⁾と一致している。

W-SDL, W-50-EDL の Gamut area を基準光源 P 4900 と比較して図 4. に示し, WW-DL, WW 30-DL の Gamut area をそれぞれ P 3300, P 2950 と比較して図 5. に示す。図中の 8 角形の中央にプロットした点は、それぞれ同記号のランプの光源色を示す。W-50-EDL は光源色が基準光源に最も近く、W-50-EDL の照明による 8 個の試験色の uv 色度座標も基準光源によるものに近い。W-SDL は光源色が基準光源の下側（紫側）にずれているので、W-SDL の照明による 8 個の試験色の uv 色度座標も基準光源によるものより下側にずれている。特に試験色 No. 6, No. 7, No. 8 では下側へのずれが大きい。WW-DL, WW-30-DL いずれも光源色が基準光源の下側にずれており、8 個の試験色の uv 色度座標は試験色 No. 2, No. 3 以外は基準光源によるものからのずれが大きい。

以上のような諸評価の算出値をながめてみると、光源の市場用途と評価数との間に、相関関係が存在するように思われる。たとえば当社の W-SDL ランプは、商店やデパートの、とくに衣服や食料品の売場用照明に好評を得ているが、これには G の値が説明を与えるように思われる。Gamut area の大きな光源が商品の購買欲をさそう一助となり得るのであろう。

(2) 2 成分混合による高演色性けい光ランプの検討

筆者らは白色系高演色性けい光ランプの開発において、2 種類けい光体の混合により、EDL 形に相当するような高演色性けい光ランプを得る可能性を実験的に検討してみた。

2 成分けい光ランプに使用したけい光体を表 4. に示し、これらのけい光体の発光スペクトルを図 6. に示す。 R_a , R_i すべてについて高演色性が要求される EDL 形けい光ランプでは、従来、とくに黄色顔料層を設けて 435.8 nm 水銀輝線を規制していた。⁽²⁰⁾ 2 成分けい光ランプに使用するけい光体 No. 1 は、400~440 nm の範囲におけるけい光体発光強度が低いので、水銀輝線の規制をしないで高演色性が期待される。けい光体 No. 1, No. 2 それぞれ単体けい光体のけい光ランプ (40 W) の CIE- xy 色度座標を図 7. の点 A, B で示す。明らかに点 A, B を結ぶ直線上の付近に色度点を有するけい光ラ

表 4. 2 成分および 3 成分けい光ランプに使用したけい光体

No.	けい光体		ピーク波長 (nm)	半値幅 (nm)
	種	記号		
1	Sr・Al Phosphate	$(\text{SrAl})_3(\text{PO}_4)_2 : \text{Cu}^+$	490	72
2	Sr・Mg Phosphate	$(\text{Sr Mg})_3(\text{PO}_4)_2 : \text{Sn}^{2+}$	630	128
3	Sr Chlorapatite	$3\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2\text{SrCl}_2 : \text{Eu}^{2+}$	445	35
4	Zinc Silicate	$\text{Zn}_2\text{SiO}_4 : \text{Mn}^{2+}$	525	43
5	Yttrium Oxide	$\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Eu}^{3+}$	613	5 以下

ンプ C, D, E, F が可能であることがわかる。この 2 種類けい光体の混合比率を種々変えてけい光ランプ (40 W) を試作した結果、色温度 3,400~5,300 °K の範囲で高演色性が得られ、4,100 °K において R_a の最大が得られることがわかった (図 8.)。表 5. に色温度 5,300 °K, 4,700 °K, 4,100 °K および 3,400 °K の 4 種の試作けい光ランプ (40 W)

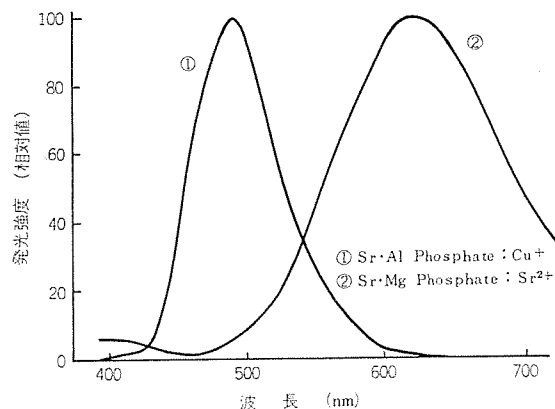


図 6. 2 成分けい光ランプに使用したけい光体の発光スペクトル

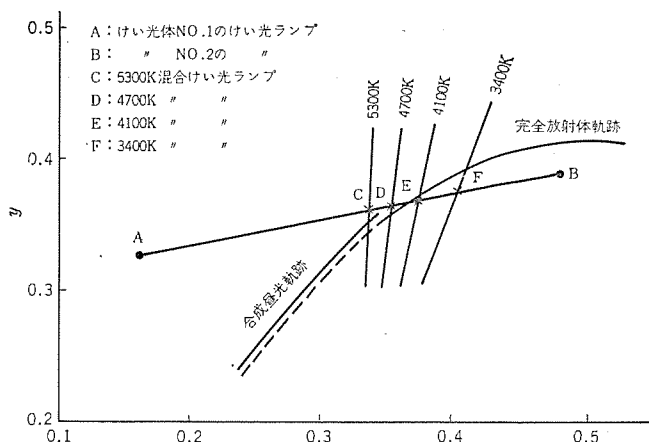


図 7. 2 成分けい光ランプの色度座標

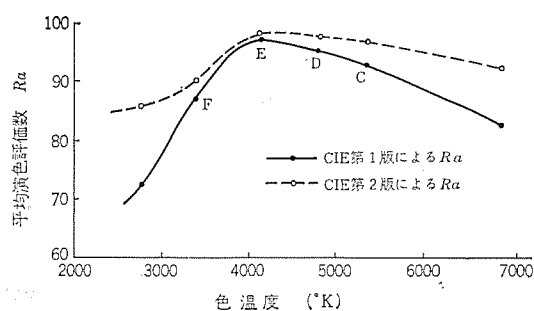


図 8. 2 成分けい光ランプの平均演色評価数と色温度との関係

表 5. 2 成分けい光ランプの光色、演色特性

ランプ記号	色 度		色温度 (°K)	R_a	R_i							色 差 ΔC	R_f	I_a	G
	x	y			R_9	R_{10}	R_{11}	R_{12}	R_{13}	R_{14}	R_{15}				
C	0.338	0.362	5,300	93 97	91 98	82 91	94 96	79 86	92 96	95 98	95 99	0.0048	87	—	83
D	0.354	0.365	4,700	95 98	94 99	89 94	96 98	86 90	94 96	97 99	96 98	0.0032	88	0.48	82
E	0.376	0.369	4,100	97 98	95 99	94 99	98 99	92 89	97 97	98 98	97 97	0.0025	90	0.81	79
F	0.405	0.375	3,400	86 95	73 83	72 92	87 92	87 86	88 98	91 96	88 97	0.0070	83	0.42	73

備考：表中、上欄は JIS (CIE 第 1 版) による値、下欄は CIE 第 2 版による値である

について測定、計算した光色、演色特性を示す。色温度 3,400°K のけい光ランプ以外はすべて $R_a > 90$ が得られ、第2版による R_a はどのランプについても増加し、95 以上となった(図 8, 表 5.)。とくに色温度 4,100°K のランプは $R_a = 97$ (第2版による $R_a = 98$) となり、 R_i はいずれも表 1. の EDL の最低値以上となった。第2版による R_i は R_{i2} (純青色) 以外はすべて増加した。第2版による R_{i2} の減少は、色温度の低い 4,100°K, 3,400°K のランプにみられた。

快適性評価においても従来の高演色性けい光ランプより高い値が得られた。3,400°K ランプは従来の WW-DL ($R_f = 70$) に比べて $R_f = 83$ と改善され、他のランプはいずれも基準光源 ($R_f = 90$) に近い値が得られた。 I_a は定数 C_a の最大を与える色温度 4,100°K におい

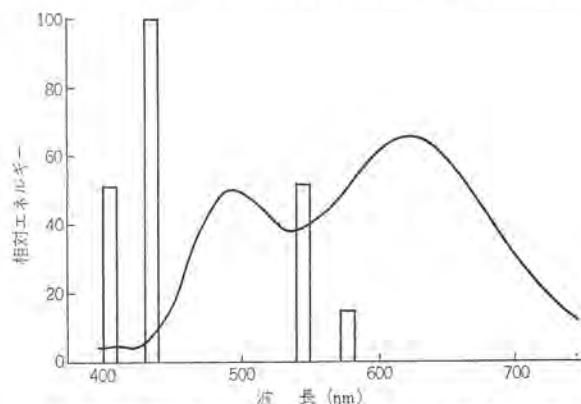


図 9. 色温度 4,100°K 2成分けい光ランプの分光分布

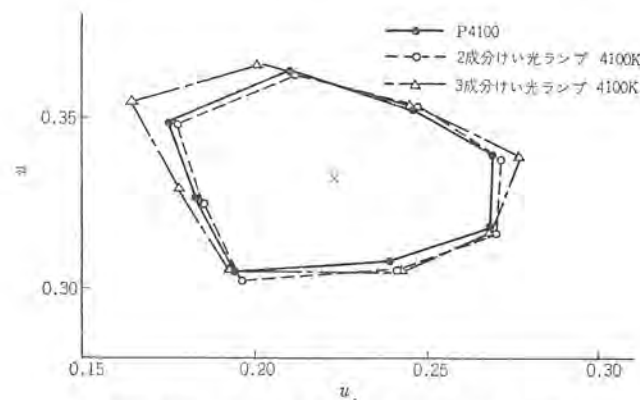


図 10. 2成分および3成分けい光ランプの Gamut area

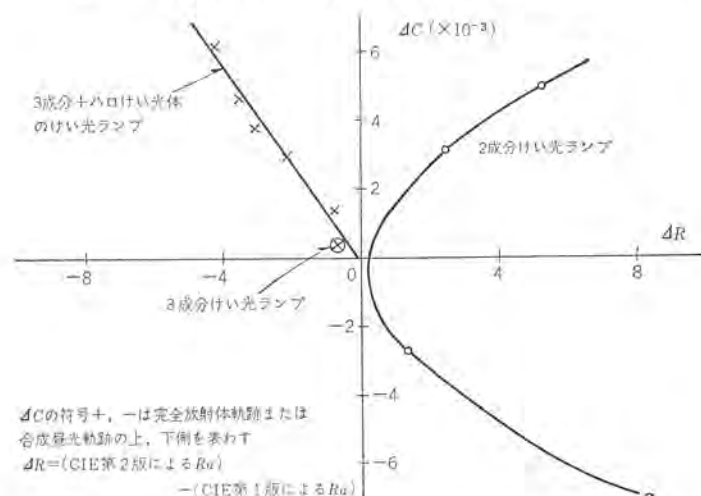


図 11. 2成分けい光ランプおよび3成分+ハロけい光体のけい光ランプにおける、基準光源との色差と色順応補正による R_a の差との関係

て最大値 0.81 が得られた。3,400°K ランプは従来の WW-DL ($I_a = 0.34$) に比べて $I_a = 0.42$ と改善された。色識別能力評価においては、3,400°K ランプは $G = 73$ となり従来の WW-DL ($G = 65$) に比べて改善され、他のランプは 80 前後となった。しかしながら 3,400°K ランプの色度は基準光源より下側(紫側)にずれがかなり大きい ($\Delta C = 0.0070$)。

忠実性評価、快適性評価いずれも高い値を示した色温度 4,100°K の2成分けい光ランプの分光分布および Gamut area をそれぞれ図 9, 10. に示す。4,100°K ランプの分光分布からわかるように、期待どおり、400~440 nm の波長範囲においてけい光体の相対発光強度は、従来の高演色性けい光ランプ(図 2, 3.) に比べて小さく、水銀輝線の影響を少なくしている。図 10. より 4,100°K ランプの Gamut area は基準光源 P 4100 とほぼ等しいことがわかる。

これら2成分けい光ランプにおいて、CIE 第2版による R_a の増加の様子を図 11. に示す。図中の —○— で示したように、ランプの色度点が完全放射体軌跡または合成昼光軌跡の上側(緑側)、下側(紫側)いずれに位置していても CIE 第2版による R_a は第1版による R_a より大きな値を示す。これら2成分けい光ランプの第2版による評価においては ΔC が大きくなるほど第1版に比べて高い値を示すが CIE の方法では $\Delta C \leq 5.4 \times 10^{-3}$ としているので、 R_a が高いからといって必ずしも高演色性とはいえない。このような場合は、主観評価による確認が望まれる。

(3) 3成分混合による高効率、高演色性けい光ランプの検討
H. H. Haft and W. A. Thornton は表 4. に示した3種類のけい光体 (No. 3, No. 4, No. 5) にハロフォスフェートけい光体を追加混合して色温度 4,200°K の高効率、高演色性けい光ランプ(効率 78 lm/W, $R_a \approx 90$)⁽¹⁷⁾を報告している。

筆者らは、上記3成分けい光ランプについて演色性評価を行なうため、追試実験を行なった。けい光体は自社製を使用したので発光特性は多少異なるかも知れない。3成分けい光ランプに使用したけい光体の発光スペクトルおよび3成分けい光ランプの分光分布をそれぞれ図 12, 13. に示す。3成分および3成分+ハロフォスフェートけい光体のけい光ランプの光色・演色特性を表 6. に示し、3成分+ハロフォスフェートけい光体のけい光ランプの分光分布を図 14. に示す。

3成分 4,200°K 混合けい光ランプは、忠実性評価では $R_a = 81$ であるが、快適性、色識別能力評価では $R_f = 86$, $I_a = 0.96$, $G = 91$ となった。CIE 第2版による R_a は第1版による R_a とほとんど変わらなかった。3成分 4,100°K 混合けい光ランプの Gamut area を P 4100 と比較して図 10. に示す。8 個の試験色の uv 色度座標は基

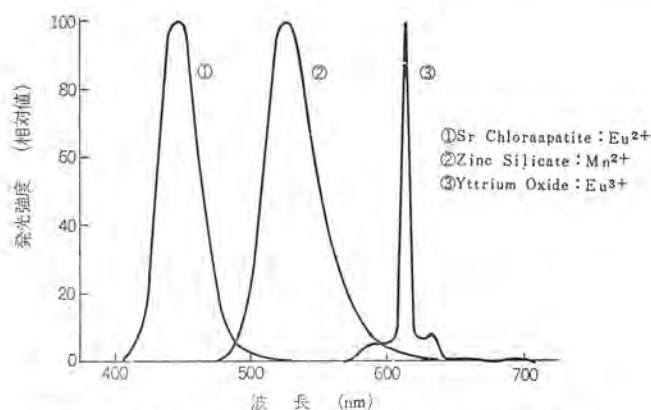


図 12. 3成分けい光ランプに使用したけい光体の発光スペクトル

表 6. 3成分けい光ランプおよび3成分+ハロけい光体 混合けい光ランプの光色, 演色特性

混 合 の 種 類	色 度		色温度 (°K)	R_a	R_i								色 差 ΔC	R_f	I_a	G
	x	y			R_9	R_{10}	R_{11}	R_{12}	R_{13}	R_{14}	R_{15}					
3 成 分 4200°K 混 合	0.372	0.371	4,200	81 80	69 69	83 84	51 51	79 79	78 78	77 77	83 83	0.0003	86	0.96	91	
3成分+ハロけい光体 4200°K 混合	0.374	0.379	4,200	87 85	9 6	65 63	87 85	66 64	95 94	86 85	86 84	0.0030	84	0.81	77	

備考: 表中, 上欄は JIS (CIE 第1版) による値, 下欄は CIE 第2版による値である

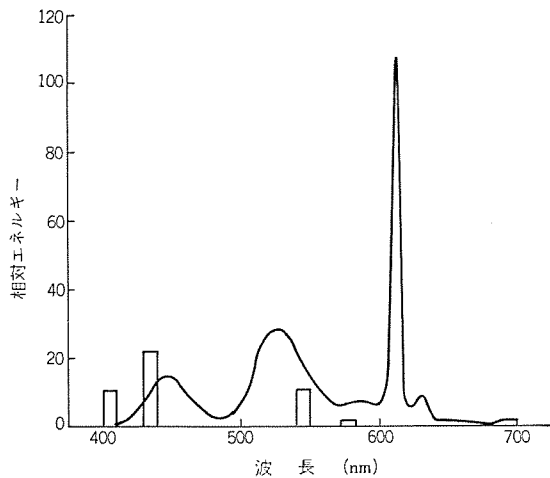


図 13. 3成分けい光ランプの分光分布 (4,200°K)

準光源による uv 色度座標に比較して彩度の高いほうにずれており, 快適性評価数, 色識別能力評価数が高くなることを示している。

3成分けい光体にハロフォスフェートけい光体を追加混合することにより, 演色性はさらに向上し, $R_a=87$ に達した。しかし快適性および色識別能力評価数は逆に低下した (表 6.)。

3成分けい光体にハロフォスフェートけい光体を追加混合して数種類の混合比のけい光ランプを試作し, CIE 第2版による R_a を計算し, 第1版による R_a との変化の様子を図 11. に示した。グラフの原点に最も近い点が3成分けい光ランプであり, ΔC が大きくなるに従って原点から直線的に離れ, 第2版による R_a の値は第1版による R_a に比べて減少する。したがってハロフォスフェートけい光体の混合は, CIE 第2版による評価では不利になる。

一般に, 現在市販されているけい光ランプについては, ランプの色度点が完全放射体軌跡または合成昼光軌跡の上側 (緑側) にある場合, CIE 第2版による R_a は CIE 第1版による R_a よりも低い値となり, 逆に下側 (紫側) にある場合, 第2版による R_a は高い値となる。⁽¹³⁾ けい光ランプの演色性設計において, ランプの色度点が完全放射体軌跡または合成昼光軌跡の上側にあるか, 下側にあるか,

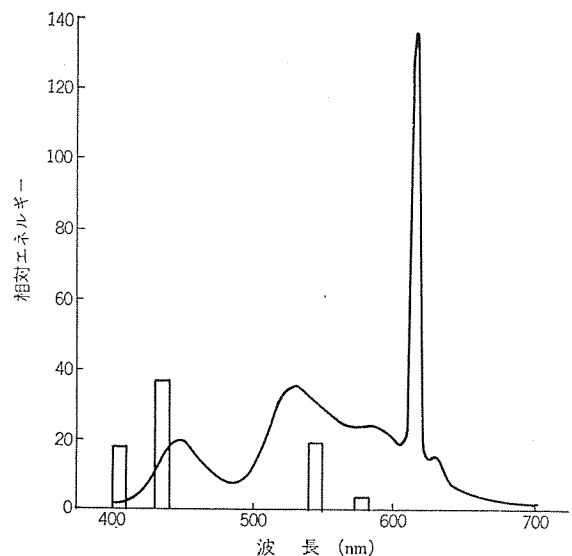


図 14. 3成分+ハロフォスフェートけい光体混合けい光ランプ (4,200°K) の分光分布

また基準光源からどの程度離れているかに注目する必要がある。

5.2 高圧水銀ランプ

(1) 従来のけい光水銀ランプの評価

高圧水銀ランプの発光効率はおもに水銀放電による発光に依存しているため, けい光体によるランプの改良は演色性の改善が主になる。

現在当社が市販している高圧水銀ランプのおもなものについてその光色, 演色特性を表 7. に示す。HF 400 E は放電ランプの色度範囲 HF 2⁽²²⁾ に属する演色改善形水銀ランプである。HF 400 XD は特に肌色をきれいにみせるランプとして開発された演色改善形水銀ランプである。これらのけい光水銀ランプの分光分布を図 15., 16 に示す。図 17. にはこれらのランプの Gamut area を示す。HF 400 XD は G が高い値であるが R_a , R_f , I_a などの評価において十分ではない。

(2) 演色性改善形けい光水銀ランプの検討

高圧水銀ランプの演色性をさらに改善することが, 種々のけい光

表 7. 市販高圧水銀ランプの光色, 演色特性

種 類	色 度		色温度 (°K)	R_a	R_i								色 差 ΔC	R_f	I_u	G
	x	y			R_9	R_{10}	R_{11}	R_{12}	R_{13}	R_{14}	R_{15}					
透 明 水 銀 ラ ン プ H 400	0.323	0.389	5,900	23	-325	-44	-20	-26	2	86	-33	0.0230	27	—	26	
				14	-331	-57	-24	-26	-4	74	-35					
け い 光 水 銀 ラ ン プ HF 400 E (ニ ュ ー デ ラ ッ ク ス)	0.356	0.382	3,900	46	-90	-7	10	-10	38	80	36	0.0008	49	0.49	52	
				44	-91	-8	10	-11	38	79	36					
け い 光 水 銀 ラ ン プ HF 400 XD (ビ ュ ー ティ デ ラ ッ ク ス)	0.386	0.366	3,800	45	-66	-10	13	-8	41	73	45	0.0069	48	0.56	64	
				50	-59	-1	16	-5	46	77	49					

備考: 表中, 上欄は JIS (CIE 第1版) による値, 下欄は CIE 第2版による値である

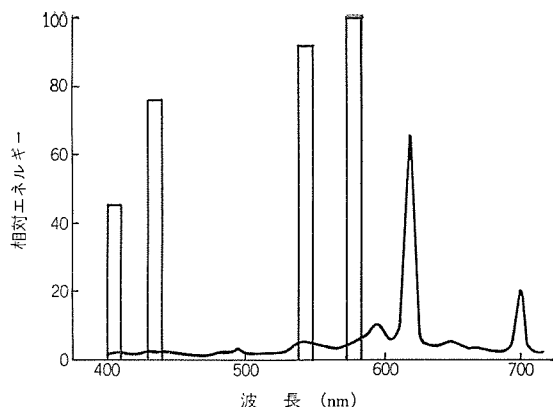


図 15. けい光水銀ランプ HF 400 E の分光分布

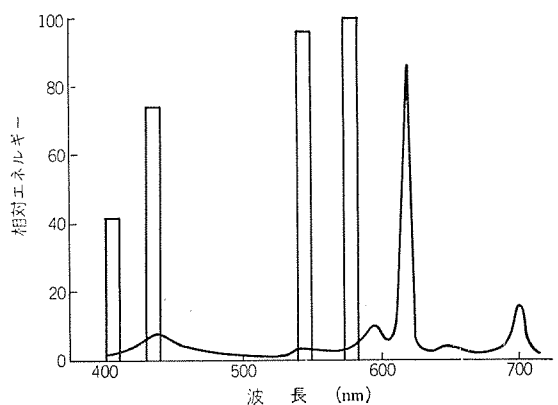


図 16. けい光水銀ランプ HF 400 XD の分光分布

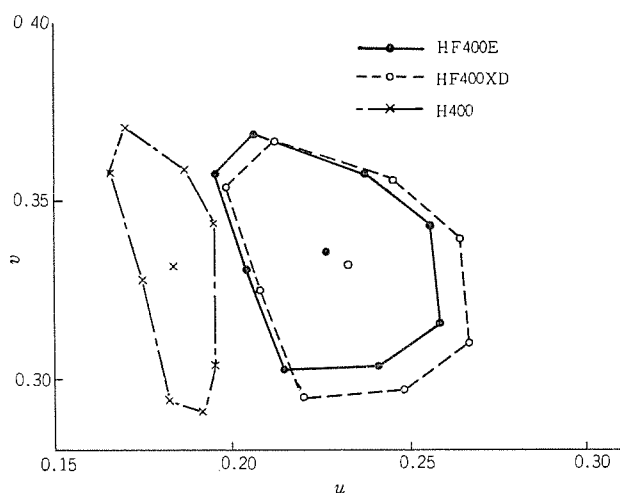


図 17. 市販高圧水銀ランプの Gamut area

体の混合により可能かどうかについて検討した。

高圧水銀ランプに使用されるけい光体は、

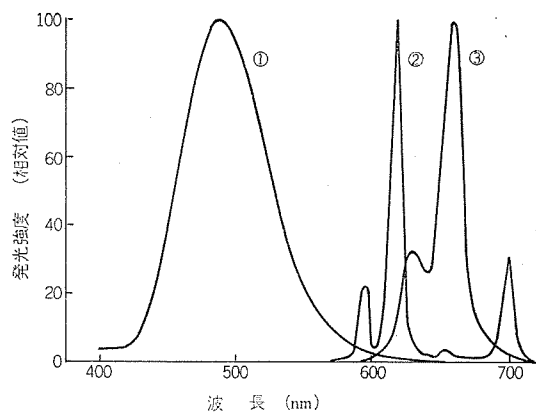
- (a) 高温特性が良好であること。
- (b) 放電による強い紫外線に対して安定であること。
- (c) 254 nm, 365 nm 放射に対して効率のよい発光をすること。

などが要求され、けい光ランプに比べてその種類は限定される。これらの要求に対して、演色性を改善できる実用的なけい光体として表 8. に示される 3 種類のけい光体を選んだ。これらのけい光体の発光スペクトルを図 18. に示す。No. 6 は新しく試作されたけい光体で Sr, Al-phosphate : Cu⁺ けい光体に比べて高温特性および発光効率の点ですぐれている。⁽²²⁾

これらけい光体の 2 成分または 3 成分混合で得られた新しい演色改善形高圧水銀ランプの光色、演色特性を表 9. に示す。ランプ No. 1, No. 3 は従来のけい光水銀ランプと同程度の膜厚に塗布したもの、ランプ No. 2, No. 4 はそれぞれ No. 1, No. 3 と同一組成で膜厚を厚く塗布したものである。膜厚を厚く塗布することによって発光効率は約 6 % 減少した。No. 3 のランプは設計目標が 4,200 °K であった

表 8. 新しい演色改善形 高圧水銀ランプに使用したけい光体

No.	けい光体		ピーク波長 (nm)	半値幅 (nm)
	種類	記号		
6	Sr Chlorosilicate	$\text{Sr}_2\text{Si}_3\text{O}_8 \cdot 2\text{SrCl}_2 : \text{Eu}^{2+}$	485	75
7	Yttrium Vanadate-Phosphate	$\text{Y(PV)}\text{O}_4 : \text{Eu}^{3+}$	618	5 以下
8	Mg Fluorogermanate	$3.5\text{MgO} \cdot 0.5\text{MgF}_2 \cdot \text{GeO}_2 : \text{Mn}^{4+}$	660	20



- ①Sr Chlorosilicate : Eu²⁺
- ②Yttrium Vanadate Phosphate : Eu³⁺
- ③Mg Fluorogermanate : Mn⁴⁺

図 18. 新しい演色改善形 高圧水銀ランプに使用したけい光体の発光スペクトル

表 9. 新しい演色改善形 高圧水銀ランプの光色、演色特性

ランプ No.	けい光体混合の種類	色 度		色温度 (°K)	R_a	R_i								色 差 ΔC	R_f	I_a	G
		x	y			R_9	R_{10}	R_{11}	R_{12}	R_{13}	R_{14}	R_{15}					
1	5000°K 混 合 (No. 6, No. 7)	0.345	0.348	5,000	53 53	-86 -85	9 11	25 25	25 26	45 46	83 84	38 39	0.0017	54	0.18	65	
2	厚 い け い 光 体 層	0.346	0.348	4,900	56 58	-75 -73	18 22	30 31	33 35	50 52	85 87	43 44	0.0022	56	0.21	68	
3	4200°K 混 合 (No. 6, No. 7, No. 8)	0.363	0.367	4,500	52 50	-82 -83	7 5	19 19	15 14	43 42	85 83	38 37	0.0012	53	0.50	59	
4	厚 い け い 光 体 層	0.371	0.370	4,200	53 53	-73 -73	14 15	21 21	21 21	45 45	86 87	40 40	0.0004	54	0.63	60	

備考：表中、上欄は JIS (CIE 第 1 版) による値、下欄は CIE 第 2 版による値である

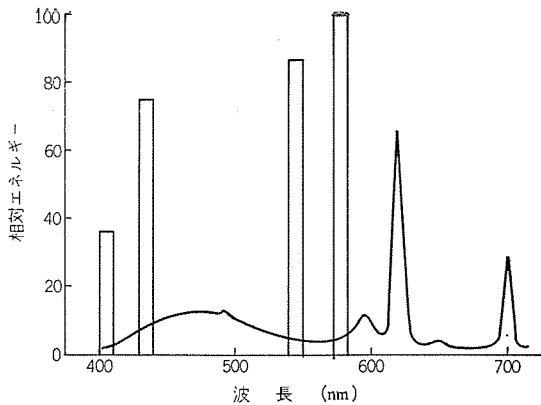


図 19. 白色 4,900°K けい光水銀ランプ (No. 2) の分光分布

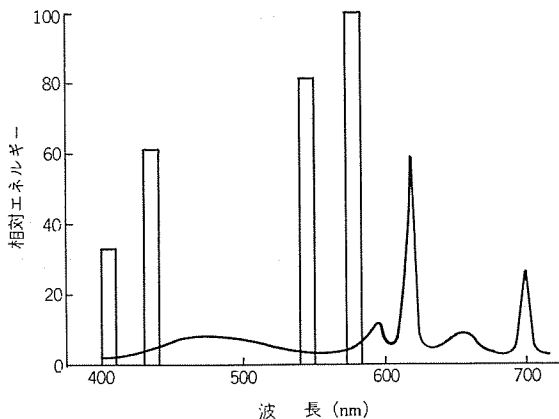


図 20. 白色 4,200°K けい光水銀ランプ (No. 4) の分光分布

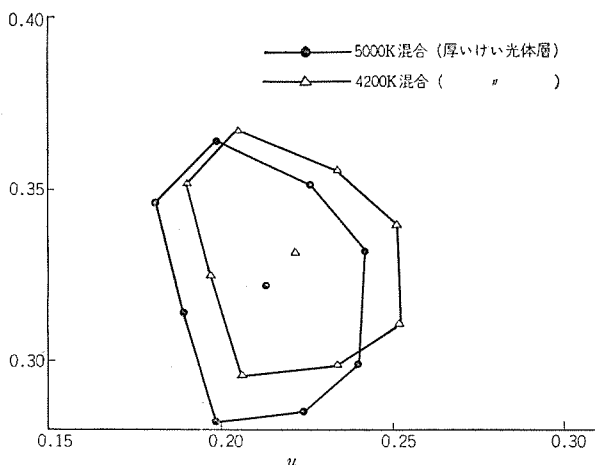


図 21. 新しい演色改善形高圧水銀ランプの Gamut area

が実際のランプは 4,500°K となった。忠実性評価はすべてのランプについて従来 ($R_a=45$) よりも高い値 ($R_a>50$) を示した。快適性評価も、忠実性評価と同様、 R_f , I_a いずれも従来より高い値を示した (No. 3, No. 4)。No. 1, No. 2 の I_a は色温度 5,000°K のため低い値となった。

No. 2, No. 4 のランプの分光分布をそれぞれ図 19, 20. に示す。色温度 5,000°K のランプ No. 2 の 2 成分けい光体によるものである。

No. 2, No. 4 のランプの Gamut area を図 21. に示す。とくに No. 4 のランプは快適性評価においても従来 ($R_f=49$, $I_a=0.56$) より高い値 ($R_f=54$, $I_a=0.63$) が得られた。

以上のような高圧水銀ランプの演色性改善は、水銀ランプの用途を従来の屋外照明用、あるいは屋内照明の特殊用途 (工場照明など) 主体から屋内の一般照明用の分野まで拡大可能にした。

6. む す び

光源の演色性評価方法として、従来からの忠実性評価に加えて、新しく提案された快適性評価および色識別能力評価の方法について解説し、最近文献に報告された 3 成分けい光ランプの追試実験を行ない、さらに筆者らの試作による 2 成分けい光ランプおよび演色改善形高圧水銀ランプにこれらの評価方法を適用した結果、忠実性、快適性いずれもすぐれた性能を示した。CIE 第 2 版による演色性評価方法は、色順応効果を考慮している点で第 1 版に比べて厳密なものである。今後は第 2 版による演色評価数を光源性能評価の基準と考えて光源の演色性改善についての研究、開発が行なわれるであろう。ただしこの場合、光源の色度座標が完全放射体軌跡または合成昼光軌跡の上側 (緑側) にあるか、下側 (紫側) にあるか、また試料光源と基準光源との光源色の違いには注目する必要がある。

光源の性能評価は、効率や演色性評価数だけでは不十分であり、その市場目的に合わせた照明の快適性評価が加えられるべきであろう。快適性および色識別能力の評価方法はまだ提案の段階であり、CIE においても Color Preferring Property の検討を始めていることを聞いているが、快適性評価方法の確立によって、照明の質的役割は一層重要なものと認識されるであろう。またこれによって新しい性能の光源が見出されてくるであろう。

最後に、演色性評価方法について日本照明委員会の諸先達に、また快適性評価方法について引用した文献の著者たちに、多くの教示を受けた。ここに厚くお礼申しあげる。(昭和 49-6-28 受付)

参 考 文 献

- (1) 東, 森: 日本照明委員会ニュース No. 18, P 14 (昭 47)
- (2) 東: 照学誌, 55, (9) 540 (昭 46)
- (3) 川上: 照学誌, 56, (4) 192 (昭 47)
- (4) D. B. Judd: Illum. Engng., 62, (10) 593 (1967)
- (5) W. G. Pracejns: Illum. Engng., 62, (12) 663 (1967)
- (6) W. Walter: Appl. Opt., 10, (5) 1,108 (1971)
- (7) M. Koedam et al.: J. Illum. Engng. Soc., 2, (6) 285 (1972)
- (8) J. J. Opstelten et al.: J. Electrochem. Soc., 120, (10) 1,400 (1973)
- (9) T. F. Soules and M. A. Maier: J. Electrochem. Soc., 121, (3) 407 (1974)
- (10) Lighting Equipment news, 7, (11) 23 (1973)
- (11) 東, 森: 照学誌, 49, (10) 23 (昭 40)
- (12) JIS Z 8726-1968
- (13) M. B. Halstead et al.: Lighting Res. and Tech., 5, (2) 84 (1973)
- (14) S. M. Newhall et al.: J. Opt. Soc. Amer., 47, 43 (1957)
- (15) W. A. Thornton: J. Opt. Soc. Amer., 62, (2) 191 (1972)
- (16) H. F. Ivey: J. Opt. Soc. Amer., 62, (6) 814 (1972)
- (17) H. H. Haft and W. A. Thornton: J. Illum. Engng. Soc., 2, (1) 20 (1972)
- (18) C. W. Jerome: J. Illum. Engng. Soc., 1, (3) 208 (1972)
- (19) W. A. Thornton: J. Illum. Engng. Soc., 3, (1) 61 (1973)
- (20) 特許公報 昭 48-15896
- (21) JIS Z 9113-1973
- (22) H. L. Bnrrus et al.: J. Luminescence, 3, 467 (1971)

けい光灯空調照明器具の空調への効果

閑 歳 弘 通*・大 貫 一 志*・山 下 紀 夫**・斎 藤 英 二**

1. ま え が き

石油ショック以来、資源を持たないわが国では、省エネルギーという言葉が盛んに使われるようになってきた。しかし、この省エネルギーの問題は、すでに建築設備業界においては、作業環境の改善を行なう際に、追求されるべき当然の項目として考えられていた。建築設備費の中でも大きな割合を占めている照明と空調は、全く異なる環境を造るものである。しかし、照度レベルの向上とともにお互いの関連は一層強くなり、内部発生熱の一つである照明熱が空調負荷に与える影響は、500 lx において全空調負荷の約 1/4、また 1,000 lx においては半分近くにも達する。したがって、空調設備容量の中の多くを、照明熱を処理するためのものとして考えておかななくてはならない。このため現在では、照明熱の室内負荷への影響をできるだけ減らし、かつそこで回収した熱を他の用途に利用可能な空調照明器具が考え出され、これを採用したビルも数多く見られるようになってきた。しかし、実際の利用に当っては、照明器具からの発生熱の放散状態や、天井プレナムに放散された熱の天井材、床スラブの構造、材質による室内負荷への影響などの一連の問題を解決しなければならない。

今回は、空調照明器具に関するいろいろな実験と、それに基づいたシミュレーションを行ない、その大系について述べる。

2. 空調照明器具の概要

空調照明器具とは、照明器具と空調用吹出口、あるいは吸込口を一体化したものである。吹出形の空調照明器具では空気の流れとランプハウスが一般に別になっている。しかし、吸込形の空調照明器具では、ランプや安定器の熱を効率よく除去するために、流路とランプハウスが同じ空間であることが多い。また、吹出形はダクトとの接続で給気を行なうが、吸込形にはダクト式と、天井プレナムを負圧にして室内空気を吸気する天井プレナム式がある。今回の対象となるのは吸込形の器具で、施工も比較的容易な天井プレナム式に関するものである。

天井プレナム式の吸込形空調照明器具の構造は図 1. に示すとおりである。この器具は、反射板や天板に細長いスリットを数個設け、天井空間を室内より若干負圧にして室内空気を排出させるものである。

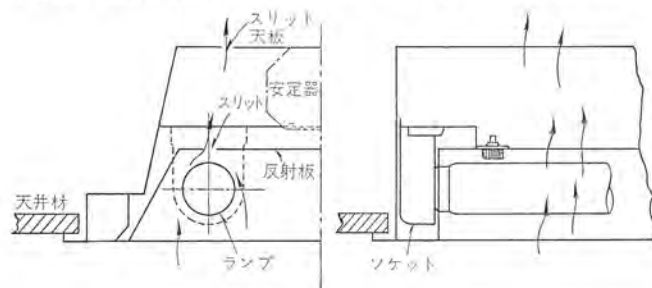


図 1. 空調照明器具の構造

また、空調吸込口と照明器具の一体化によるメリットには、ランプ光束の増加や安定器の寿命減少の防止、天井空間の空気を移動することによる冷房負荷の軽減、あるいは暖房熱源としての利用、良好な室内気流分布、また建築の側からは間仕切の融通性などがあげられる。

3. 空調照明器具の特性に関する実験

3.1 吸込気流流線の観測

カバーの有無、スリットの位置によって抽出熱量や各部の温度特性が異なる。また、風量を増しても冷却効果が上がらなかったり、あるいは、局所的な過冷却によって生じたと思われるけい光ランプの水銀の凝集現象を見ることもある。これらの原因を究明し、照明側からも空調側からも効率の良い器具設計を行なうには、流線の観測が必要である。

(1) シュリーレン法 (Schlieren method)

シュリーレン (Schlieren) とは等質媒質中に存在する不等質の場所を意味する。流体に平行光線をあてたとき、流体中に密度の異なる部分があれば光はその部分で屈折し、光の不到達部分を像として見ることができる。これを応用したのがシュリーレン装置^①で、温度、圧力によって生じる流体の微妙な密度変化、すなわち屈折率の変化を観察するのに用いられる。この装置で測定できる照明器具は外側のケースが透光物質であることが必要で、今回はそのケースにガラスを使用した。観測用照明器具の外観を図 2. に示す。

(2) 実験結果

シュリーレン装置によって観測した気流の状態を図 3., 4. に示す。図



図 2. シュリーレン装置用照明器具

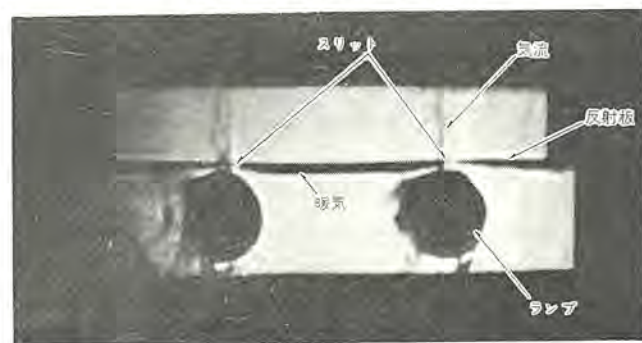


図 3. 器具内の気流 (カバー付き)

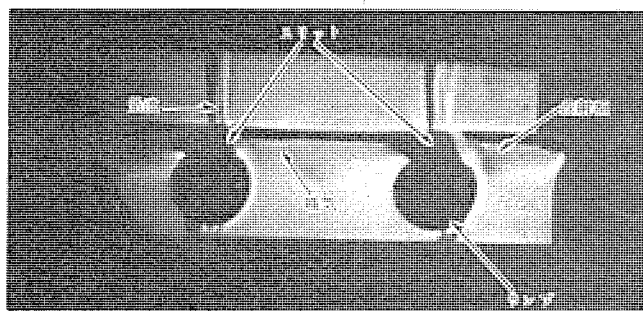


図 4. 器具内の気流(下面開放)

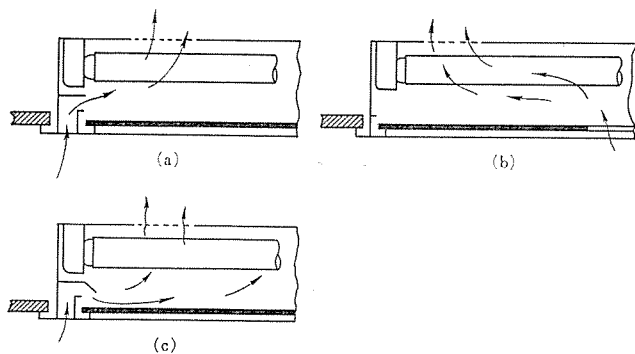


図 5. 器具の構造と気流

3. はカバー付き器具(吸込風量 $20 \text{ m}^3/\text{h}$, 器具端部から吸込み)の場合で, 図 4. は下面開放形器具(吸込風量 $20 \text{ m}^3/\text{h}$) のときの状態を示すものである。下面開放形器具では流線の乱れが少なく, この状態は風量が増加しても続く。一方カバー付き器具の場合には, ランプハウス内で乱流状態となり, 風量の増加とともに一層激しくかくはん(攪拌)されるようになる。このことから, ランプの冷却に関してはカバー付きのほうが効率が良いことがうかがえる。しかし, 側面(照明器具長手方向)からの気流の観測によれば, 気流が観察されたのは, 吸込口と反射板スリットを結ぶ, ごくわずかの間だけで, ランプ中心部付近での流線は観察されなかった。このことから, 効率の良い器具設計には総合的に次のことが要求される。

(a) カバー付き空調照明器具について

吸込口からの室内気流が, ランプ局部にだけ当たることなく, ランプハウス内で, 均一に混合されることが必要である。このためには, 図 5. (a) のように吸込口からの空気が, 短路を形成してスリットから排出されないよう, スリットや吸込口の位置図 5. (b), あるいは図 5. (c) のように気流を中心部まで送り込むことを考慮しなければならない。

(b) 下面開放形空調照明器具について

反射板スリットの直下で気流がランプに直交して流れやすい。したがって, ランプ局部での冷却が起こりやすく, 水銀の凝集もしやすい。これらを防ぐには, スリット 1 個当りの開口面積をあまり大きくとらず, 開口面積の小さなスリットを反射板のランプ上部に全面に設けるのがよい。また, 室内気流の侵入による浮遊塵埃の乱れも起こりやすいので, 反射板にみぞ(溝)を設け, 流れを安定させるなどの対策が必要になってくる。

3. 2 熱分配特性

照明熱のうち実際に空調の負荷となるのは, 光やふく射熱のように, 直接居住空間に入ってくるものと, 1 度天井プレナム内の空気を温度上昇せしめ, 再び天井面より居住空間に入ってくるものとに大別される。⁽²⁾ 直接居住空間に入ってくる熱量の中には上記のほか, 対流伝導によるものが含まれるが, 天井内への入熱となるのは, ほとん

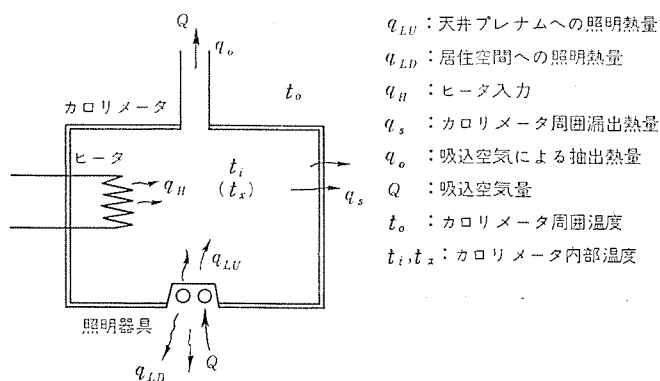


図 6. 熱量測定装置

どが対流熱で, 照明器具に空気を通過させた時には, この対流熱の配分比が大きく変化する。

空調負荷計算上は, 直接的な侵入熱と, 間接的な侵入熱の両方を含めて, 居住空間に侵入する熱量を正確には(把)握しなければならぬ。しかし, 間接的な熱, すなわち天井面を 2 次熱源として入ってくる照明熱は, 天井材, 天井プレナムの大きさ, 床スラブの構造, 材質などによって異なるので, ここでは照明器具の熱移動特性を照明器具単体からの熱分配として考える。なお, 天井材等の材質を含めた系の特性は熱除去特性と呼ぶこととする。

(1) 熱分配特性測定の方法

測定方法の概略を図 6. に示す。ここで周囲温度が $t_o^\circ\text{C}$ で, 照明器具とヒータに入力を加えてカロリメータ内部の平衡温度が $t_i^\circ\text{C}$ のときの熱収支は, 式(1)で示される。

$$q_H + q_{LU} = Qc\gamma(t_o - t_i) + \sum KA(t_o - t_i) \quad (1)$$

次に, 照明器具を消灯し, ヒータ入力を Δq_H だけ増加させた時, カロリメータ内部の平衡温度を $t_x^\circ\text{C}$ とすれば, この時の熱収支は式(2)で示される。

$$q_H + \Delta q_H = Qc\gamma(t_o - t_x) + \sum KA(t_o - t_x) \quad (2)$$

ここで, t_i と t_x が等しくなるように, ヒータ入力 Δq_H を調整すれば,

$$\Delta q_H = q_{LU} \quad (3)$$

となる。

ここに

q_{LU} : 照明熱のうちの天井プレナムへの入力	kcal/h
q_H : カロリメータ内ヒータ入力	kcal/h
Q : 抽出空気量	m^3/h
c : 定圧比熱	kcal/kg $\cdot^\circ\text{C}$
γ : 比重	kg/ m^3
K : カロリメータ熱貫流率	kcal/ $\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot^\circ\text{C}$
A : カロリメータ伝熱表面積	m^2
t_i, t_x : カロリメータ内部空気温度	$^\circ\text{C}$
t_o : カロリメータ周囲温度	$^\circ\text{C}$

である。この方法により求めた空調照明器具の熱分配特性(照明器具への電気入力量と, 発生熱の天井プレナムへの入熱量——または, 居住空間への入熱量——との割合)を次に示す。

(2) 熱分配特性の測定結果

(1)の実験結果からも, カバー付きと下面開放形器具の熱分配特性の差異は想像できたが, 実際の熱量測定では, 図 7. に示すように風量の多いとき, カバー付きで約 85% が天井プレナムへ, また, 下面開放形では 75% と, 差が約 10% あった。また, 風量の少ないときに

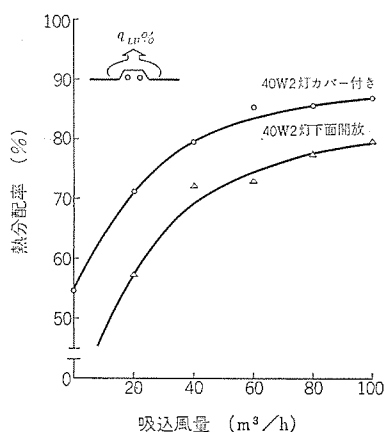


図 7. 熱分配特性

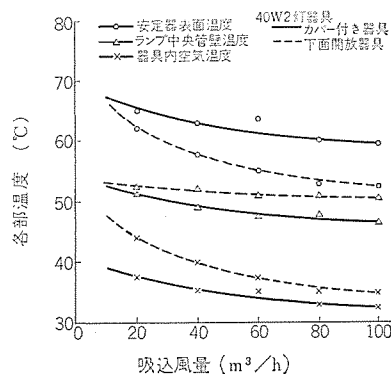


図 8. 温度特性

は、差が開く傾向にある。これらの値は、吸込風量が約 60 m³/h のところでほぼ飽和状態となるので、60 m³/h 以内での使用が効率的である。また、このときの器具各部の温度特性を図 8. に示す。

一方、ランプの管壁温度は 38°C で最も効率が良く、寿命も長い、⁽²⁾ また、安定器の寿命もこの温度が低いほうが良い。この点から通気によるランプの冷却は、光束、寿命の増加と、空調負荷軽減の両方から要求される項目である。吸込風量の少ない範囲では風量の変化により、各部の温度もかなり大きく変化するが、60 m³/h 以上では温度の変化が少なくなり、照明器具の面からも 60 m³/h 以下での使用が効率的である。

4. プレナムリターンシステムにおける空調負荷への影響

照明熱の空調負荷への影響は、特に冷房期において負荷の増大をもたらす。空調機器の容量を増大させるとともに運転費の上昇をもたらす。またそれはインテリヤージョンにおいては、年間冷房という現象を引き起こすことにもなる。この照明熱の処理の方法には、冷房期すなわち夏期には照明熱を空調空間から排除し、暖房期には、照明熱を有効に暖房に利用する熱回収方法が考えられている。これらの方法では、設備費用の点からプレナムリターンシステムの採用が多い。ところが、このプレナムリターンシステムでは、天井からの熱利得のために、照明器具単体から天井プレナム内に排出された熱は再び室内負荷になる。この天井からの熱利得が大きい場合には空調照明システムにおいてプレナムリターンの採用は、全く無意味なものになってしまう。すなわち、空調照明システムを利用する場合には、照明熱の除去に対して、熱除去特性を把握する必要がある。

4.1 空調照明システムのシミュレーション

建物の壁体を集中定数系として、各質点に熱容量が集中しているとすれば、一般に熱平衡方程式は、式(3)にて表わされる。⁽⁴⁾⁽⁵⁾

$$Q_r \frac{d\theta_r}{dt} + \sum_{i=0}^m W_i (\theta_r - \theta_{0i}) = H_r \quad (3)$$

ここに Q_r : r 質点の熱容量

θ_r : r 質点の温度

W_i : r 質点と i 質点間の熱コンダクタンス

θ_i : i 質点の温度

H_r : r 質点の内部熱

である。

式(3)を計算機によって解き、除去熱量を式(4)で定義する。

$$q_0 = \rho V (\theta_P - \theta_R) \quad (4)$$

ここに q_0 : 除去熱量 kcal/h・m²

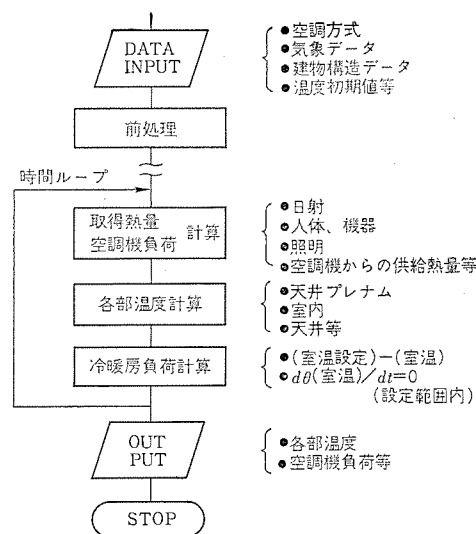


図 9. フローチャート

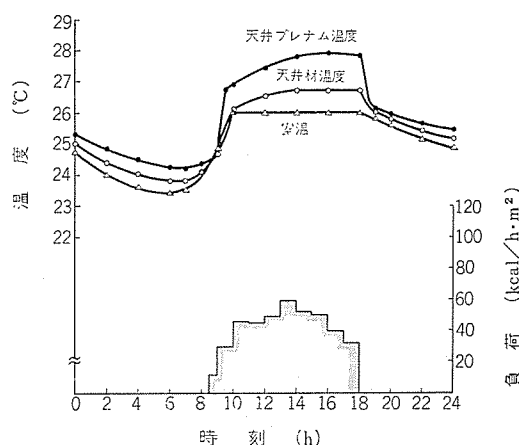


図 10. 負荷と温度特性 (西側ペリメータゾーン、夏期曇り)

V : 排気風量 kg/h・m²
 θ_P : 天井プレナム温度 °C
 θ_R : 室内温度 °C
 ρ : 空気比熱 kcal/kg・°C

である。

これらの計算フローチャートを図 9. に示す。

4.2 シミュレーションの結果

各部の温度と負荷の計算結果は、照明容量=20 kcal/h・m²、天井プレナム内熱分配率=0.8、天井面に断熱材を考慮しない場合、図 10. ~13. に示すようになる。これらより、天井プレナム温度は、定常状態で約 2~2.5 deg 室温より高くなる。今、除去率を式(5)で定義したとき、各照明容量における除去率は図 14. に示すように約一定値で 0.12~0.16 となる。

$$\eta = q_{0d}/q_L \quad (5)$$

ここに η : 照明熱除去率

q_{0d} : 除去熱量 kcal/day・m²

q_L : 照明器具発生熱量 kcal/day・m²

である。

ここで、これらの照明熱を冷房領域にて除去率 η で除去した場合の空調照明器具利用による負荷の低減率の一例を図 15. に示す。この負荷低減率は、一般照明器具を設置したときの負荷に対する低減率を意味する。また、照明熱の平均配分比率を図 16. に示す。この結果より照明熱の室内負荷になる比率は空調照明器具の場合、一

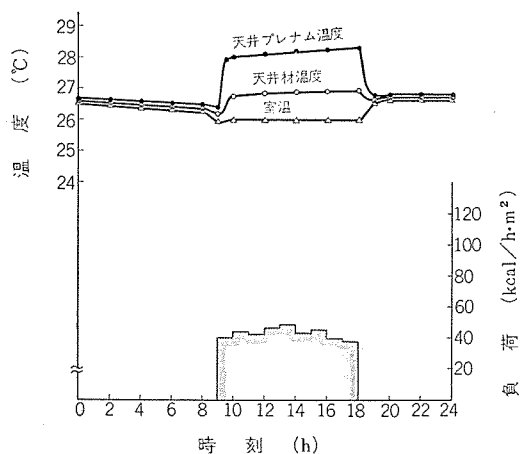


図 11. 負荷と温度特性 (インテリヤゾーン, 夏期曇り)

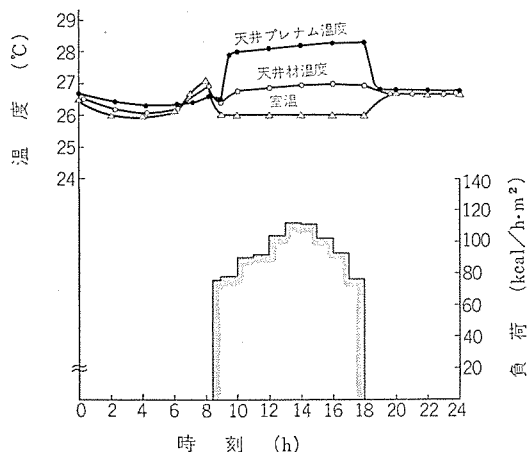


図 12. 負荷と温度特性 (西側ペリメータゾーン, 夏期晴)

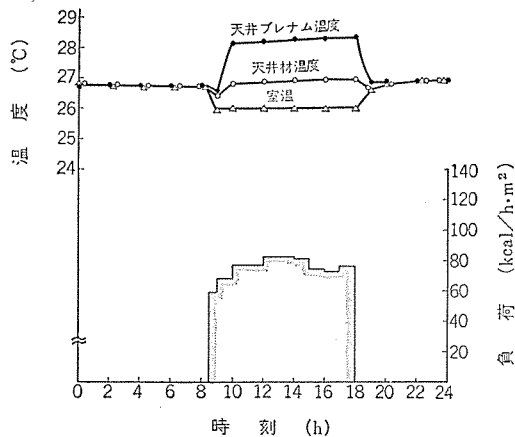


図 13. 負荷と温度特性 (インテリヤゾーン, 夏期晴)

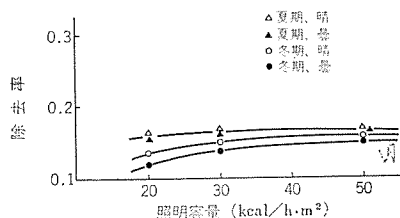


図 14. 熱除去特性

般照明器具に比較して 78% である。

建物規模が、1フロア当り 1,000 m² (インテリヤゾーンは 700 m², ペリメータゾーンは各方位等しいとする) で、地上 25 階であり、カーテンウオー

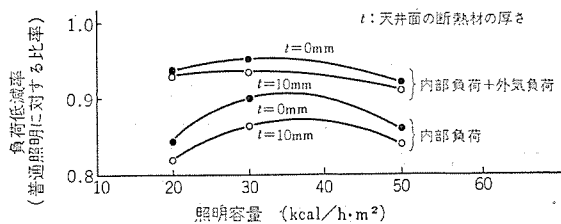


図 15. 負荷低減率 (インテリヤ, 夏期)

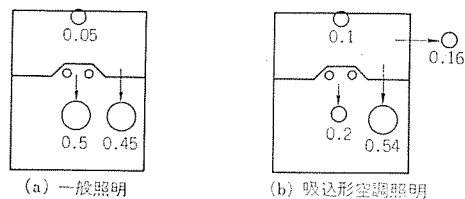


図 16. 照明熱配分比率

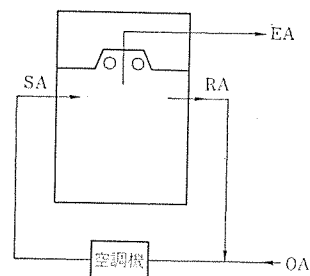


図 17. ブリッドオフシステム

ル構造の場合、室内照度を 600 lx とすれば、図 17. に示す空調照明によるブリッドオフシステムのときヒートポンプ系の平均 COP を 2 とし、電気料金が 10.25 円/kWh の場合には約 200 万円/年の運転費の減少が見込まれることになる。

5. む す び

エネルギー資源の問題が、節電姿勢を強くさせ、さらに電気料金の値上げの波が、ビル内における電気設備の運転費の低減へ強い圧力をかけている状況において、おおよそ 30% を占める空調電気設備の消費電力量を低減することは、非常に重要なことである。その一つの方法として空調照明システムの利用について検討してきたがこの例で示すようにビル内の消費電力量を低減する問題は、空調、照明および建築などの各分野が独立で成就できるものではなく、特にその理想を高いところにおくほど、これら各分野の融合は必然的なものである。すなわち、ビル設備システムとしてこれらの問題に対処して行かねばならない。今回の検討については、照明と空調との関連において、平均的なエネルギー消費の問題から検討してきたが、さらにシステムコントロールの面からの検討によりエネルギー消費の低減をはからねばならないと考えている。

参 考 文 献

- (1) 中村ほか：一般物理実験 (昭 26) 河出書房
- (2) 照明学会編：照明のデータブック (昭 43)
- (3) IES Committee : Illum. Eng. Sept. (1968)
- (4) 木村：建築設備基礎理論演習 (昭 45) 学献社
- (5) 渡辺：建築計画原論 II (昭 40) 丸善

照明器具の製品多様化と標準化

平野 敏也*・武田 輝明**

1. ま え が き

急激な技術の進歩、製品ライフサイクルの短縮、多様性を要求する市場傾向など標準化を困難にする環境条件はますますきびしさを加えてつづつある。

当社ではこのような変化と多様性の時代に適応する新しい標準化概念—ダイナミックな標準化—を打ち立てつつ、強力な活動を展開してきた。⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

この報告では特に市場要求の多様性と製品の標準化という矛盾と相とく解決に関する 2, 3 の問題について一般的に述べた後、照明器具を例にとり、インテリアとしてし(嗜)好性格の強い家庭用照明器具、用途によって形状や取付け方法が種々ある工事用照明器具等において、どのようにして製品の多様化要求を満足しながら標準化を行ってきたかの実例を紹介する。

(注) この論文の 2, 3 章は昭和 48 年標準化全国大会 (規格協会主催) での発表⁽⁴⁾を補筆したものである。

2. 多様化の中での製品標準化

製造の効率化と品質確保の基盤は標準化であり、かつ標準化の根拠は製品の標準化にある。一方、消費財については価値の多様化とし好の個性化、生産財については技術の高度化とシステム化による仕様の多様化と用途への最適適合性などにより、多様化を要求する市場傾向はますます激しくなりつつある。

したがって標準化が製品そのものの画一化を招来するようなものであっては製品の市場適合性は失われ、標準化がかえって企業の足を引っ張るものとなりかねない。

このようなあたかも矛盾した二つの要求—規格化と多様化—を企業活動の現実の中でいかにして両立させるかが現在の標準化活動に課せられた命題である。

その解決策としては、根本的には多様性のある製品を“標準化”

された生産の流れ——物と情報の流れ——の中で製造できるようなシステムを作りあげることにある。

その考え方の基調を要約すれば、標準化を軸として、小数の要素の組合せによって多様性を実現する設計の追求、および多様化製品を同じ製造ラインで効率的に生産する技術の確立にある。しかもその際製造の流れにおいて、できるだけ後の段階で多様性を実現すること (スI 形の多様化⁽⁴⁾)、および、多様性を標準的生産ができるような多様性——いわばミカケの多様性——に転換する設計・工作技術を確立することである。

その根底にあるものは徹底的な標準化であり、しかもそれは従来の概念を脱却した新しい理念の標準化であらねばならない。

以下このような考え方で標準化を進めるばあいの問題点について考究する。

2.1 多様化を満足する標準化の進め方

(1) 標準化を軸とした設計思想の確立とその実行

製品の標準化の基本思想は、“標準化とは最小要素の組合せで最大の多様性を生み出すシステム (製品系列、製造方式、生産管理システム) の設計である”といえる。⁽¹⁾

製品企画から詳細設計にいたる各段階において、標準材料や部品を使用し、かつ機種間の共用化をすすめ、さらにユニット化をはかりながら、その中で組合せによって最大の多様性を生み出すような設計を行なうことが、標準化理念に基づく設計の要点である。

これは単に設計部門だけでなく、製造に関係する全部門が協力し、総合的に見て最高の効率的生産を可能とする製造システムを作ることによって達成することができる。

(2) 標準部品制度の確立とその適切な運用

製品の構成要素である材料・部品・組立部品・ユニットなどの標準を明確に設定し、その維持・管理システムを確立するとともに、標準部品の使用を推進し設計者の気ままな考えをおさえるような管理機能を持つことが肝要である。

設計は自由思考の設計から選択思考の設計に転化せねばならず、設計者の創造性は標準構成要素を活用しその選択、組合せ、変換の中でいかに新しくすぐれたものを創造するかという点に向けられねばならない。

(3) 開発即標準化の思想の確立と実行

標準化を開発段階で完了しておくこと、すなわち、開発段階において製品系列全体をながめた製品計画を行ない、標準化理念を軸として全系列に対する統一設計方針を確立することにより、製品系列の市場適合性を達成し、かつ開発完了時点までに標準の設定を完了しておくことが必要である。

機能確認を主とした試作をもとにして新製品を発売し、逐次市場要求に応じながら、そのばそのばで機種拡大を行なっていくような開発体制のもとでは、多様化を要求する市場に追いつかれて効率的な生産は望むべくもないであろう。

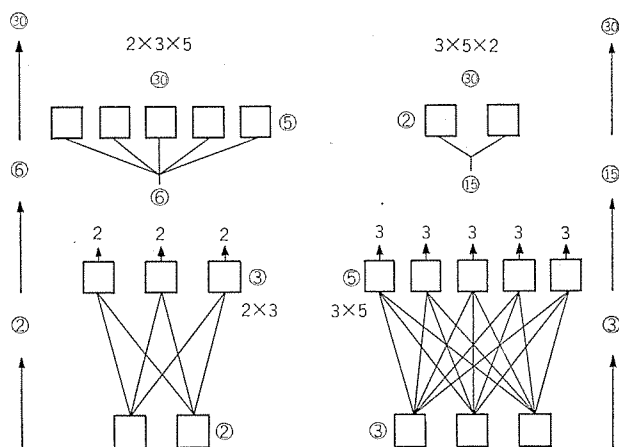


図 1. 組合せによる多様化

(4) 同一ラインでの多様化製品の生産システムの確立

同じ生産ラインで多様化製品を製作する技術、換言すれば多様な製品を標準品化して効率よく製造する生産技術と生産管理システムの確立が重要である。

(5) 標準化方針の確立と管理の徹底

変化と多様化の中で効率的な製造を行ない得るような新しい標準化の思想を確立し、それを軸とした管理を徹底して行なうことがたいせつである。

標準化理念につらぬかれた開発設計方針の明示とその実行、標準以外の構成要素の採用の抑止機能の発揮などとともに、最もたいせつなことは製造に関係する全部門の協力体制の確立である。

営業部門の市場情報のフィードバックおよび製造部門の効率をあげ得るような受注の促進、設計・工作の緊密な連係による開発途中の問題の解決や新しい技術の開発など、製造に関する全部門が総合化され、かつ一貫した標準化理念に基づく方針のもとに動き得るような管理が確立することが重要である。

ここで注目すべきことは、標準化活動の効果の相乗作用である。たとえば標準部品管理の推進は製品標準化を促進し、その結果さらに標準部品管理が向上する。

もっと根本的には、種類の縮減は管理の質を高めるという結果を生み、管理の質の向上はさらに種類の縮減——標準化——を促進し、ますます効率的な製造を可能とするのである。

2.2 ユニット化設計

製品の構成要素は素材、部品、組立部品であり、システム製品のばあい、単体製品はシステムの構成要素となる。多様化の中で製品の標準化を考えるばあい、できるだけ組合せの多様化を生み出し得る構成要素を用い、かつ生産の流れの下流の段階まで標準的要素を保持できるようにする——換言すれば生産工程中でできるだけ広い範囲で物と情報とその流れを標準化し種類を少なくすること——が要点であることは前述のとおりである。

ユニット化の思想はこれにこたえるものである。

ユニットシステムとは単位組立方式で、類似製品に共通に使用できるような単位（ユニット）を作り、この標準化された単位を組合せつつ、あるいはその単位に補助部分を追加して完成品をつくりあげる方式である。

ユニット化のばあいの問題点は

○ユニットを構成する機能単位の選び方

○ユニット間を機能面的および構造的に結合する方法（インタフェースコーディネーション）

○ユニットを組合すばあいの寸法上の協調（モジュールコーディネーション）などである。

また、ユニット化を検討するばあいファミリツリー⁽¹⁾が有効な手法となる。

(a) インタフェースコーディネーション

ユニット化設計においては、単位とする機能部分をユニットとしてはん(汎)用性を持たせることが必要となる。そのためには関連部分との機能的結合（電氣的には配結線接続）あるいは構造的な結合の仕方をうまく考え、はん用性が高く工作の容易な方式を考える必要がある。

たとえば図2.において機能部分A、B、Cからなる製品P、Q、Rにおいて、A、B、Cをはん用化したユニット①、②、③に設計変更し、接続部分の選択組合せによってユニット①、②、③よ

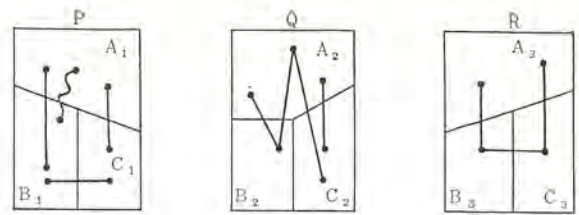


図2. ユニット化

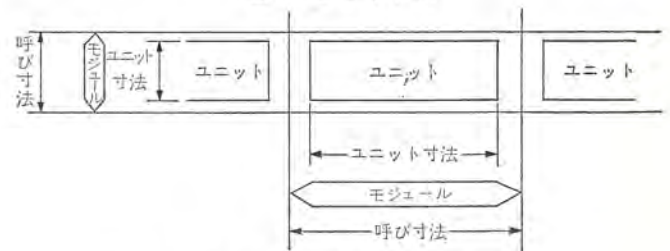


図3. ユニット寸法とモジュールの関係

り構成される種々の製品の製作が効率的に行なえるようにする。このばあい接続部分をうまく構成することがインタフェースコーディネーションである。

以上のようにユニット化とは、各機能要素をこのようなインタフェースコーディネーションのもとに各機能部をはん用ユニットに変革して製造の効率化と製品の多様化をはかろうとする方策であり、ユニットの選び方とインタフェースコーディネーションの巧拙がユニット化成功のかぎである。

(b) モジュールコーディネーション

ユニット化を考えるばあい構造あるいは寸法的には、ユニットの寸法基準のとり方が重要な問題となる。このばあい、モジュールの概念、集積公差の考え方を根底にし、かつモジュールコーディネーションの考え方に立脚しなければならない。

モジュールコーディネーションとはモジュールを用いて製品全般の寸法の有機的な統一をつくり出すことである。

以上、製品の多様化と標準化による効率的生産というあたかも矛盾した命題を解決するための諸問題を一般的に論じ、その一方策としてユニット化の考え方を述べた。

次節にこのような考え方による開発と標準化の実例として、家庭用照明器具における『ルミフラー』、および工事用照明器具における高出力形けい光灯器具の標準化を紹介する。

3. 家庭用照明器具『ルミフラワー』の標準化

3.1 ルミフラワーシリーズ開発の背景

生活レベルことに住環境の向上は、照明器具に対し単に明るさを得るという機能から脱却し、インテリアの構成要素としてそれぞれの目的の居住空間に、快適で趣味とし好を満足する高度の光の生活環境を作りあげるための意匠価値を重要な要因とするにいたった。

インテリア的、ムード的製品については人によって価値観が異なるので、多様な意匠デザインを用意することが必要となり、し好と趣味からの選択の自由を満足させることだけを考えてもおびたしい機種が必要となる。

さらに各種の生活空間のそれぞれの用途に適した機種が必要であ

表 1. 家庭用照明器具の多様化要因

条 件	要 因
環 境、し 好	趣味・し好、インテリアとの調和、デラックス化、快適化、実用照明、ムード照明
照 明 方 式	全体照明、局部照明、間接照明
建 築 様 式	洋風、和風
居 住 空 間	居間、客間、台所、廊下、玄関、庭園、その他
取 付 方 法	つり下げ形（コード、チェーン、支持具、シャンデリヤ）、じか付け形、埋込形、壁取付形、置き形
光 源	けい光灯（円形、直管）、白熱灯、水銀灯、ワット数、形状、口金、フィラメント形式
電 源	50 Hz 60 Hz

り、そのほか表 1. のような多様化をもたらす多くの要因があるので照明器具の多様化傾向は他の家電製品に類を見ないものである。

製品の多様性は単に製造の効率化を妨げるだけでなく、流通段階の管理の複雑化をもたらし、流通在庫の増大、末端販売店の品ぞろいの不円滑などをひきおこしやすくする。ことに照明器具は価格のわりに包装容積が大きいので問題の困難さを倍加する。

以上のような背景のもとで、家庭用照明器具の主流をしめるつり下げ円形けい光灯器具に対し、従来のイメージとは異なる時代を先取りしたムードある器具を製品系列に加える必要が生じ、革新的な設計思想と構想によって標準化を徹底的に追求した新機種『ルミフラワー』の開発が行なわれたのである。

3.2 『ルミフラワー』シリーズの開発方針

従来のつり下げ円形けい光灯器具（以下 FCK と称する）のファミリーツリー・ダイアグラムは図 4. のとおりであり、大きく分けて A-G の機能部分と H・J の意匠部分から構成される。

機能部分はランプのワット数（30 W、60 W：30 W×2、62 W：30 W+32 W、75 W：30 W+45 W）、つり下げ方式（チェーン、コードつり）および周波数（50 Hz、60 Hz）によって異なっているが、必要以外ではできるだけ共用部品が使われている。

意匠部分のうち反射板 ASSY は共通化できるが、セード ASSY は多くのばあい意匠デザインごとに別個の部品からつくられる。

FCK は単一部品の標準化と共用化は計られているとはいえ、数機種の機能部分と多種多様のバリエーションをもつ意匠部分とを工場においてねじや金具などで一体構造に組立てるものである。

ところがランプのワット数が異なるとセードの大きさが変わるので、1 種類のセード意匠に対しワット数の種類により 4 機種、つり下げ方式と周波数の区別により 4 機種、合計 16 機種の製品を製作しなけ

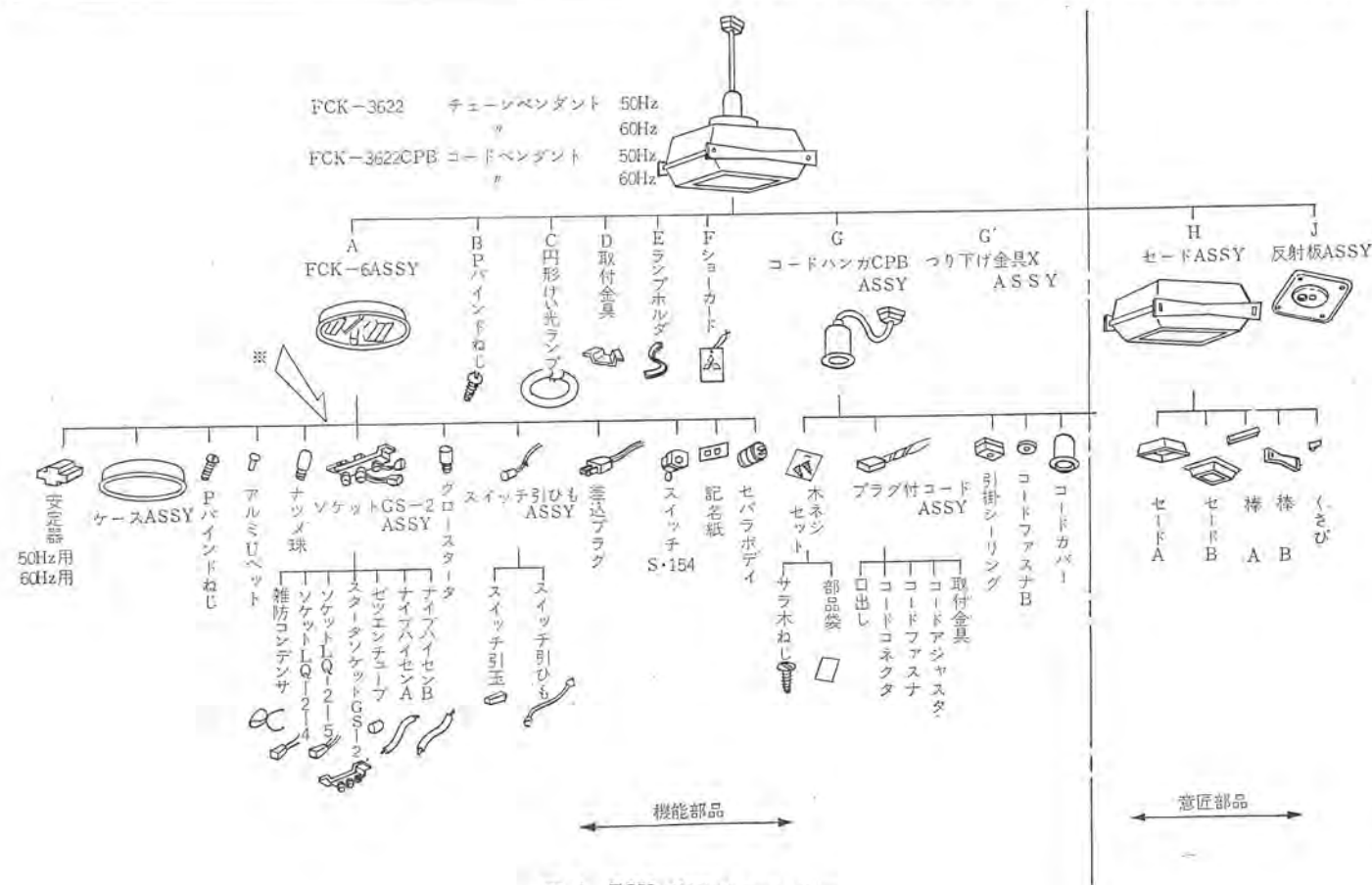


図 4. FCK-3622 のファミリーツリー

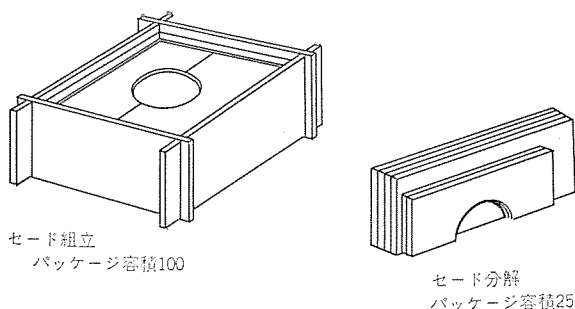


図 5. セードの分解パッケージ

ればならないことになる。

このような背景のもとにルミフラワーでは次の基本構想によって開発が行なわれた。

開発に当っては関係部門、ことに意匠設計部門と器具設計部門の緊密な連係が行なわれた。

(a) ユニット化の思想のもとに機能部分(本体)と意匠部分(セード)を分割し、生産、包装、流通をそれぞれ別個のものとし、組立てを流通の最終段階で行なう方式を採用した。このことにより同一ワットに対して本体4種(コード、チェン: 50 Hz, 60 Hz)で全機種共用として、意匠の異なるセードを組合せることによって多くの製品品種を得ることができるようにした。

本体とセードは素材面においても、製造方法においてもかなり異質であるので、プラスチックが主体のセードと板金や電気部品から構成され複雑な生産工程を有する本体とを全く別個の流れとすることにより、生産の効率化、工程の合理化が格段に計られた。

(b) セードは光源を包囲し住居空間の大きさにマッチさせるために適切な寸法と形状が必要であり、FCKにおいてパッケージを大きくする原因はここにあった。しかもFCKのばあいには常に組立てられた姿で扱われるので製造、流通のどの段階においても問題であった。

この問題を解決するため、荷姿をよりコンパクトにする手段として、セードを何枚かに分割し重ねて包装し、最終段階で組立てる方式を採用した。図5.に示す角形セードのばあい、セードを分割することによってパッケージの大きさは約25%となり保管輸送等の面において非常に大きい利益が得られる。

(c) 本体とセードの結合方式、すなわちユニット化におけるインタフェースコーディネーションは重要な問題である。これに対しては、最終段階(ユーザ、または電材店)で組立て結合する方式を採用し、だれでも組立て得る簡単な構造を開発することによって問題を解決した。

このことはユーザに選択する自由と創作する楽しみをあわせ持たせること、しかもセードを時に応じて取換えることによって、ムードの変わった照明を楽しむことができるようにすることを意図したものである。このことは製品がユーザに渡った以後の段階でも多様性を発揮できる点において、新しい製品のあり方を示唆するものといえよう。

(d) 本体とセードおよびセード自身の分解、組立てを簡便に行ない得る構造としたことは上記のようなメリットのほかに、セードを分解して簡単に水洗することも可能にし、ほこりや虫によって汚れやすい照明器具の手入れを簡便にする効果も大きい。

(e) セードに対しては30 W, 60 W (30 W×2)用を共通にし、ユニットの種類を少なくすることに努めた。この設計思想は後述す

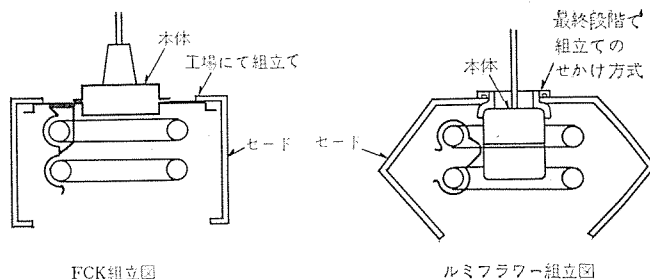


図 6. FCK とルミフラワーの構造

るとおり90 W (30 W×3)、白熱灯用にも引きつがれ、同じセードが各機種に使われて組合せの多様性を大きくしている。

また本体は同一設計思想にもとづいて設計され、部品の共用化が行なわれている。

3.3 『ルミフラワー』シリーズの設計

上記のような開発方針を実現するための設計のおもな問題は、コンパクトな本体ユニットの設計、ユニットのジョイント部分の設計、およびセードの組立方式の設計であった。⁽⁵⁾

従来のFCKはランプの上に反射板をつけさらに本体をつけたいわゆる多層構造であるが、この構造ではむだな空間が多く器具を大きくする要因となっている。

ルミフラワーではこのむだな空間をなくすため本体を円形ランプの中央の空間に納める構造とした(図6.)。

このために部品を単に組合せる設計から脱却し、各部品の機能分析を行ないその集約を行なった。たとえば図4.の※に示すソケットGS-2は従来は7部品が分離して本体に取付けられていたが、これを1部品に集約し、しかもコードつりのコード収納部分を本体内部に設けることにより、本体は半分以下の大きさになった。

本体とセードの結合ジョイントは本体にセードをのせかける方法を採用した。セードの組立てはプラスチックの弾性を利用したクリップ、さし込み、つまみねじの方法の組合せによって簡単に確実に組立てられる方法をとった。後述のとおりこの組立方法はさらに改善され、取付板の共通化が行なわれた。

このようにセード自身の組立ておよびセードと本体の組立てに対し簡便な設計を達成したことが、ルミフラワー開発成功の一要因である。(実用新案申請中を含み23件)

3.4 『ルミフラワー』シリーズの開発と標準化の展開

ルミフラワーシリーズは昭和44年発売以来、数次にわたって新機種を追加し、シリーズとして堅実に発展してきている。すなわち、円形けい光灯から白熱灯にまで拡張し、数種のワット数を備え、和洋いづれにも調和した種々の生活空間に適した多くの意匠種類をそろえるにいたり、周波数別を含まずに本体8種、セード36種、計44種のユニットで約200種のバリエーションの製品をユーザの選択に応じて供給し得るまでにいたった。この姿は製品の多様化に対処できる標準化に成功したものだといえよう。

また、その間に発展した新しい標準化理念をとり入れ、逐次設計改善が行なわれ製造の効率化に寄与してきた。その過程を表2.に示す。

(a) 最初世に出たルミフラワーは本体が4種類^(注)(30 W, 60 W, チェンつり, コードつり)セードは基本形8種類、色変わりを含めて12種類の計16種の器具より構成するものであった。この16

(注) 周波数区分を入れると製品種類として8種となる。

種の器具で $12 \times 4 = 48$ 機種が可能となり、3倍の組合せ機能が実現した。

引続き色変わりセードを5機種追加してその種類を17種とした。色変わりセードは基本形の金型をそのまま流用でき、しかもムードの変わった色のバリエーションをそろえられるという利点がある。

(b) 次に取付板の構造を改良した3機種6種類のセードを追加し、逐次ユーザの選択の自由を増加した。

(c) 2次までの開発において住宅の種々の部屋に適応した品種は大体そろえられたが、消費者に与えるイメージは“洋風”の感じが強いことがわかった。和室は全体の67.5%をしめているのでもっと“和風”を指向する必要が生じた。したがって3次開発ではよりはん用性もち、住宅のどんな空間にもマッチするセードを指向し、それを機会としてセードの組立方法の改善を行なった。

たとえばMF-4形セードは14枚のセード片を取付板の周囲に1枚ずつクリップで固定する構造であったが、和風という形づくりの中で組立てのより簡便化と取付板の共通化を行なった。

取付板はABS樹脂の台とふたを組にした構造で、セードの取付けは乗せかけ式とひっかけ式の2通りができ、あらゆる意匠のセードに共通に使用できる。3次開発では5種(色変わりを含め8種)のセードが加わった。

(d) ルミフラワーの開発は円形けい光ランプに焦点をあてて進められたが、このセードで白熱灯を包みムードある照明をしたいとの市場の声が生じた。そこでムード的照明を主目的とし、セードを共通に使用できる60Wボールランプ用の白熱灯器具本体を開発した。

一方従来の白熱灯器具のように単なるムード的な照明でなく、部屋の主照明として使えるよう、技術的に許される範囲の高ワツ

表 2. ルミフラワーシリーズの発展と多様化

	本 体					セ ー ド			組 合 せ 数
	既 要	種 類	器具・ランプ	つり下げ方式	形 名	既 要	形・種類	色変わり含む	
1 次	円形けい光灯 30 W 60 W	4	30 W FCL-30 60 W FCL-30×2	チェーシ コ ー ド	ML-3 ML-3 CP ML-6 ML-6 CP	洋 風	8 MF 1~8	17	68
2 次						和 洋 風	3 MF 9~11	6	92 (24)
3 次	白 熱 灯 60 W 180 W	2	60 W 以下ボール 180 W 以下×3	コ ー ド コ ー ド	LM-20 CP LM-10 CP	和 組 立 風 改 法 良	5 MF 12~16	8	152 (60)
4 次	円形けい光灯 90 W	2	90 W FCL-30×3	チェーシ コ ー ド	ML-9 ML-9 CP		2 MF 17~18	5	194 (42)
計		8	けい光灯: 30 W, 60 W, 90 W 白 熱 灯: 60 W, 180 W				18	36	194

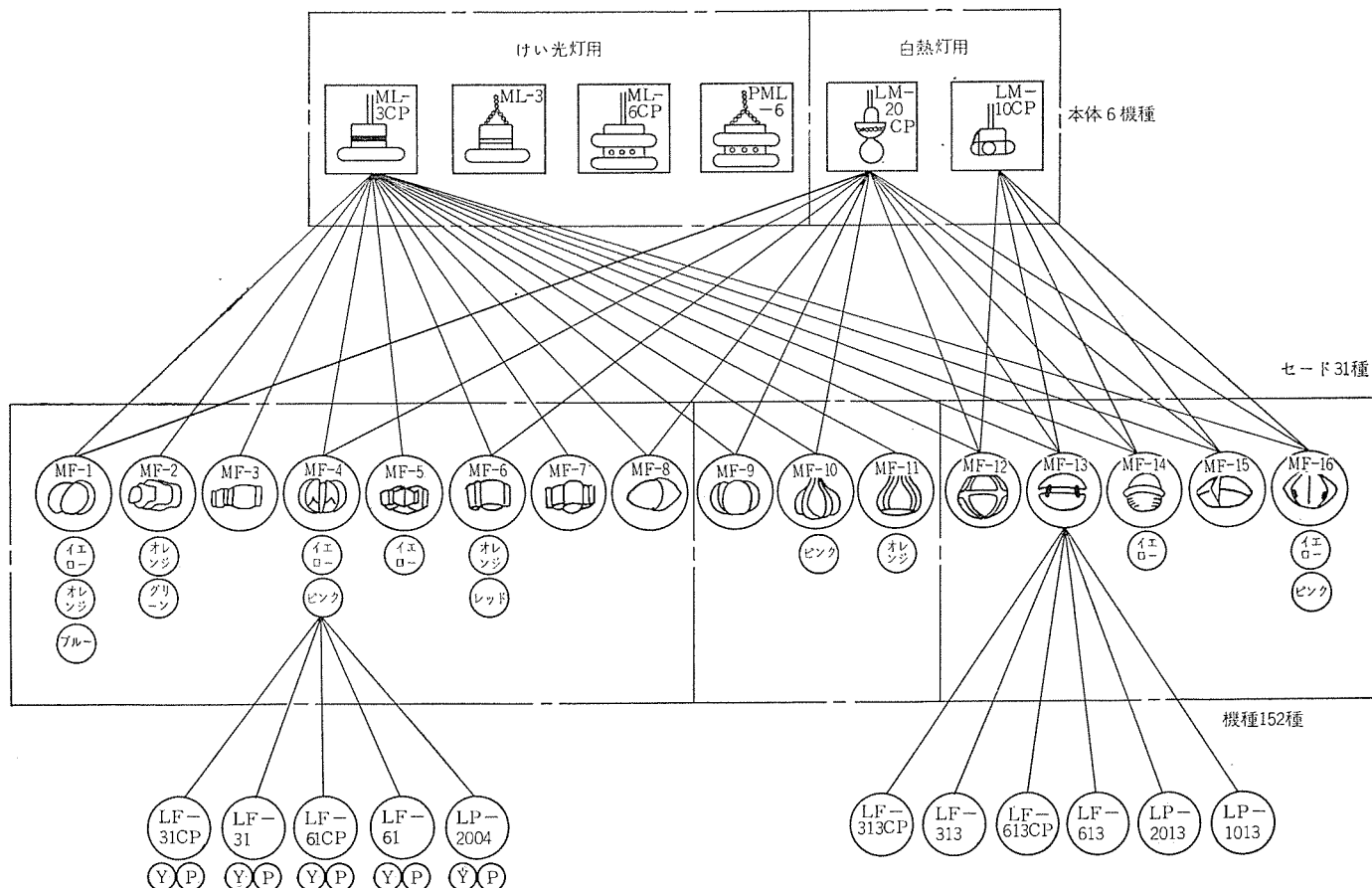


図 7. ルミフラワー 多様化展開図

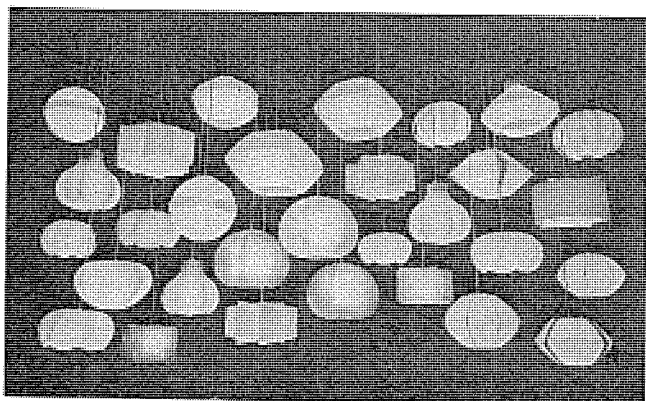


図 8. ルミフラーの意匠の多様性

トのものを追求し、180 W (60 W×3) というこれまで例のない高ワット数の器具も開発した。

このばあい従来のセードをそのまま使用すると、けい光灯と白熱灯の光源の大きさと輝度の相違その他によって不都合が生ずるので、新しく専用のセードを開発した。このセードは次に開発する予定の 90 W けい光灯器具に共用できるよう考えられた。

(e) 住宅調査によれば、部屋の大きさは 6 畳以下が約 80% である。これまでに開発した 30, 60 W のルミフラーは、この 4.5~6 畳の部屋に適応した照明器具であるが、8 畳以上の部屋が約 17% あり、しかもさらに部屋が大形化の傾向にあること、および 6 畳以下でもさらに高照度の器具が要求される傾向にあることに対処するため、さらに明るいけい光灯用として 90 W 本体の開発を行った。

これは FCK の 62 W と 75 W の高照度器具に対応するものであるが、これらが 32 W の特殊ランプを使用しているのに対し、標準ランプを使用してランプの種類をへらし、さらにセードの共用というルミフラーシリーズの最大利点を貫くため、30 W ランプを縦に 3 本配置した設計とした。

90 W 本体は第 4 次ルミフラーとして、新規セード 2 系列、5 機種とともに、最近発表された。

このような数次の開発の過程を経てルミフラーは、シリーズとして発展し顧客の選択の幅を広げていった。現在本体はけい光灯、白熱灯

で 5 系列、つり下げ方式区別を入れると 8 機種、セードは基本形 18 種、色変わりを含め 36 種類がある。これらすべてを組合せることはできないが、約 200 種の製品がこの 44 機種の在庫で可能である。

4. 高出力形けい光灯器具の標準化

4.1 高出力形けい光灯器具の標準化の背景

家庭用照明器具の多様性とその対処について 3 章に述べたが、工場・ビル・学校・病院等に使われる工事用けい光灯器具のばあいは家庭用照明器具に比し、用途の割には種類が少ないものの、建築様式、取付方法、ワット数、意匠等によって機種数はかなりの数にのぼる。

すなわち工事用けい光灯器具をワット数で分類すると 6 W, 10 W, 15 W, 20 W, 30 W, 40 W, 110 W があり、さらにこれらの 2~6 灯という灯数別の機種がある。このうち 110 W のけい光灯器具を『高出力形けい光灯器具』と称するが、これはビル・工場・スーパ等の大形建物用として、ここ数年特に伸長が著しいものである。

従来の標準高出力形けい光灯器具は表 3. のとおりであり、これを灯数別に分類すると全部で 12 機種になる。

この機種数は他社と比較して少なく、機種数不足を非標準器具でカバーしているとはいえ、販売面で不利な状態にあるので標準品種拡大をすすめる必要があった。

また、この標準 12 機種を電圧、周波数等の仕様別に細分類すると、在庫品数としては 62 種類となる。機種数としては工事用けい

表 3. 高出力形けい光灯器具の種類

形状による分類	分類形名	横断面図
トラフ形	KL	
反射がさ付き形	FH	
H 形	FA	
逆富士形	KV	
埋込形	FB	

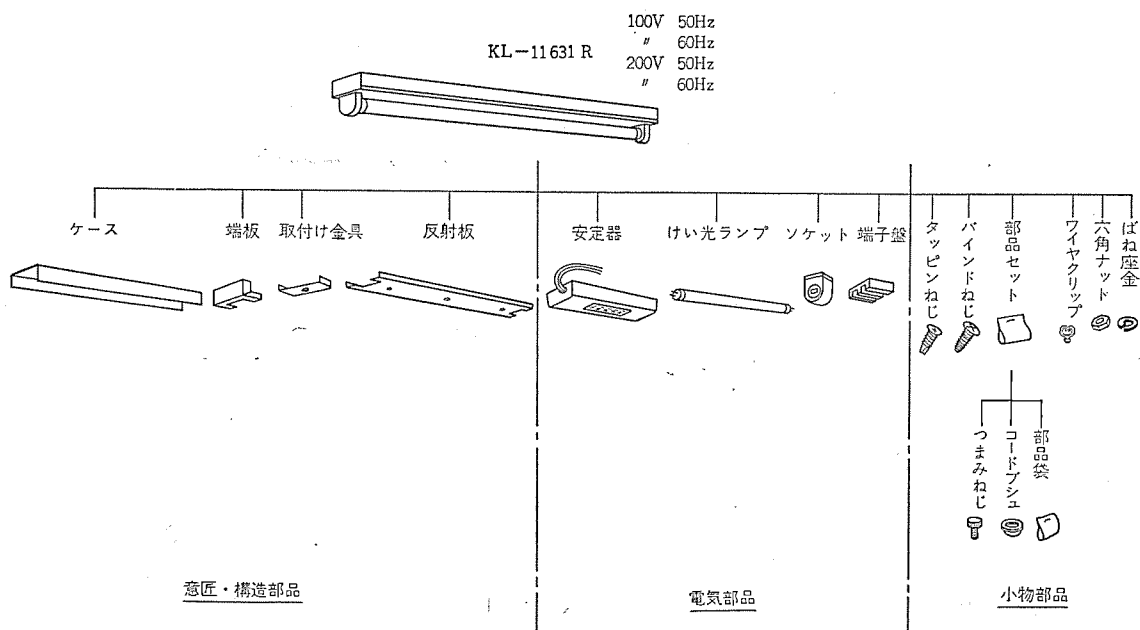


図 9. KL-11631 R のファミリツリー

光灯器具全体の数 % 程度であるが、出荷高に占める割合は高く、しかもそれはますます高くなる傾向にある。一方月別の出荷数量はかなり変動が大きく、この変動需要に対処できる体制を整えておく必要もあった。

こうした観点から新しい標準器具の開発が行なわれたが、この開発に当たっても 2 章で述べたような標準化の概念が強力にとり入れられた。

4.2 高出力形けい光灯器具の標準化

高出力形けい光灯器具のうち、もっとも基本的な機種である KL-11631 R のファミリツリー・ダイヤグラムは図 9. のとおりであり、大きく分けて意匠・構造部品と電気部品、およびその他の小物部品から構成される。

このうち電気部品と小物部品は、安定器が電圧や周波数によって変化する以外はほとんど各機種の共用部品である。

したがってここで標準化の対象となるのは意匠・構造部品であり、これらの各要素部品について現在および将来予測される機能について図 10. に示すパターンを画いて検討を加えた。

図 9. のファミリツリー・ダイヤグラムからも明らかなように、標準化の対象となる構成要素は、安定器等の電気部品を収納、装着して天井等に取付けられる本体構造部分と、意匠と配光特性で変化する反射板部分とに分けられる。

このうち意匠と配光特性で変化する反射板は、用途や取付方法、あるいは施主の好み等の市場要求に応じられるように、数種のバリエーションが必要となってくる。

しかし本体は電気部品の収納、建造物への取付性などの機能を要求される構造部分であり、これらの機能さえ満足すればある程度の標準化は可能となる。このような条件の中で機種相互間において共通化が可能な部分を探る作業は比較的实施しやすい状態にあった。また工事用けい光灯器具の中で一番大形の高出力形けい光灯器具は、製作上、また現地での取付作業の効率化等の点で改善余地が多分にあった。

4.3 高出力形けい光灯器具の標準化設計

高出力形けい光灯器具はほとんどの機種が 1 灯用と 2 灯用の 2 種類である。従来は本体の主構成部品であるケースは灯数に合わせて 2 種類に分かれていたがこれを同一のものに、それも寸法の小さいほ

うに集約することとした。それは本体の軽量化が材料の節約、すなわち省資材につながることもさることながら、工事現場での取扱い性改善による効率化につながるからである。このため 2 灯用 ランプソケットは、従来 1 灯用を 2 個並べていたが新しく 2 灯専用のランプソケットを開発した。これは部品種類の縮減には相反することであるが、板金部品の共用化、本体軽量化、省資材等にかんがみ全体的利益が得られると判断した。

以上の構想で実施した、高出力形けい光灯器具の板金部品の構成を図 11. に示す。

ケース、端板、取付金具、反射板とによって構成する 8 機種について図に示してあるが、FT-1, 2 灯は従来の機種構成になかった新製品である。この基本形において片面反射板を新しく開発することにより、さらに機種を増加させられるなど製品多様化が容易である。ケースと端板(ランプソケットの保持とケース端面をおおう機能を有する)は 8 機種に共通である。

これら標準化のはかられた本体構成と、多種多様のバリエーションをもつ反射板とのジョイント、すなわちユニット化におけるインタフェース・コーディネーションとしては、これまでも行なわれているものでコストが低く、現場での作業も割合楽な方法である取付金具を介して化粧ねじでジョイントする方法をとった。

この取付金具は図 11. に示すように A (これは単に反射板を化粧ねじで保持する) は 4 機種に、B, C (これらは本体を天井面に固定し、かつ反射板を化粧ねじで保持する) は各 2 機種に共用される。

反射板は各機種固有のもので 8 種類となるが、1 灯用、2 灯用を同一寸法にしたため 4 種類の裁断寸法の材料をそろえればよいことになった。

以上のようにして前章のルミフラーとは異質の機種における、部品の縮減と標準化が行なわれた。

4.4 高出力形けい光灯器具の標準化の成果

今回開発した高出力形けい光灯器具の在庫方式は、安定器の仕様(電圧、周波数等)によって異なる本体部分と、灯数や形式によって変わる反射板とを分離した形をとっている。この方式は在庫管理や仕掛管理上、あるいは出荷直前の仕様決定への対処からも得るところは大きい。

ただし工事用けい光灯器具は電気工事業者が販売の対象となり、しかも一つの工事現場で多種のけい光灯器具を数 100 台、数 1,000 台と取付ける場合が多いので、ルミフラーのように流通段階までこの分離方式はとっていない。しかし、基本的な考え方としては工事現場でのすえつけを考えればやはり流通段階まで分離することが望ましい。これは今後残された課題である。

高出力形けい光灯器具における構成部品の標準化は以上記したように、部品の共用化と在庫を含めた種類の縮減につながり、その成果の要点をまとめるとつぎのようになる。

- (1) 板金部品・素材の共用化
- (2) 在庫種類の縮減

従来方式では 8 機種に対し 4 種類の電氣的仕様 (100・200 V, 50・60 Hz) を組合せて計 32 種類が必要であったが、新標準機種では本体 8 種類 (1 灯用・2 灯用の 100・200 V, 50・60 Hz) と反射板 8 種類の計 16 種類となり、在庫種類は 50% 縮減された。

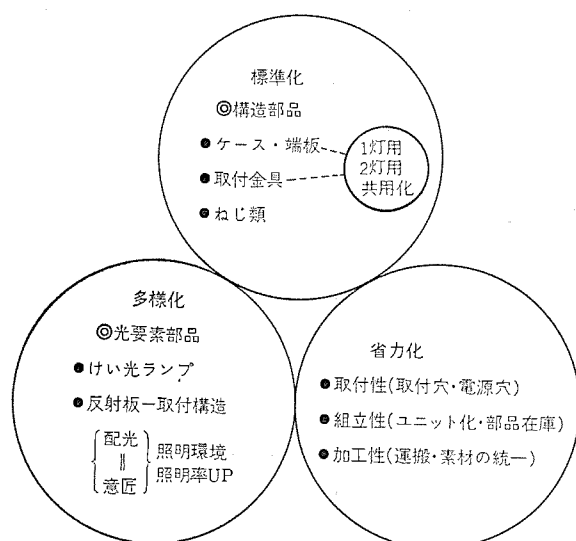


図 10. 標準化と多様化の要素分析

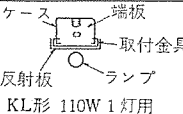
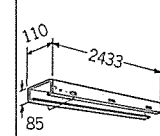



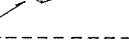



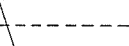



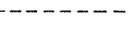



部品名	ケース	端板	取付金具	反射板	機種
種類	1	1	3		
構成 姿図 					 KL形 110W 2灯用
					 FH形 110W 1灯用
					 FH形 110W 2灯用
					 FB-S形 110W 1灯用
					 FB-S形 110W 2灯用
					 FT形 110W 1灯用
					 FT形 110W 2灯用
従来品種類	4	3	5		

図 11. 板金部品構成

5. む す び

参 考 文 献

製品の多様化は市場要求からだけでなく、技術の分化と高度化からも必然的な勢いとして今後ますます激しさを加えるであろう。同時に技術や製品の時間的な変化もますますテンポを早めるであろう。

これからの標準化はこのような変化に対処し得るものでなければならぬし、このような標準化こそがこれからの製造の効率化の基盤であることを強調したい。

この報告はこのような認識のもとに、市場要求の多様化への対処という局面に焦点をおいて、当社における標準化の考え方と照明器具における実施例を紹介したものである。(昭和 49-7-8 受付)

- (1) 平野：新しい概念による企業内標準化，第 15 回標準化全国大会，P. 249～261，(昭 47)，標準化と品質管理，P. 1～8，(昭 48-2)
- (2) 細野：定電圧定周波電源装置の標準化の技法と成果，第 15 回標準化全国大会，P. 171～185 (昭 47)
- (3) 町野：設計と工作を結ぶ IE 的アプローチ，IE review, 14, No. 1 (1973-1/2)
- (4) 林：現代製品論，日科技連 (昭 48-2)
- (5) 山崎，桂：住宅用照明器具——ジョイントシステムによる照明器具——三菱電機技報，43, No. 5, P. 695～698 (昭 44)
- (6) 平野，武田：製品多様化と標準化——照明器具「ルミフワワー」を例として——第 16 回標準化全国大会，P. 13～25 (昭 48)

造船におけるドック内建造船の照明設備

森川 悠爾*・田中 民雄**・山口 進***

1. ま え が き

47年10月に完成した長崎造船所 香焼工場は、120万平方メートルの敷地に世界最大のドック(幅100m、全長990m)を有し、船舶需要に対する世界的さう勢にこたえて関連諸施設をふくめ大形船舶の研究、建造ならびにアフタサービスのすべてを可能とする一大コンピナートとなっている。建設の基本方針である“人間尊重”、“作業環境の整備”が、後述する新建造工法をはじめ建屋のカラーコンディショニングや広い空間の設定ならびにドック上の移動式建屋などに具現化されている⁽¹⁾。また生産計画、技術管理ならびに情報の交流、管理などにはコンピュータ、エレクトロニクス技術を大幅に導入した最新鋭の造船所といわれている。(図1. 参照)

その建造能力は26万トン級タンカについていえば年間8隻であり、建造工法としては船体移動建造法(または3ステージ建造法)といわれる新しい方式を採用している。これは“物を動かし、人は固定する”という方式で、従来の船体を動かさずに作業員や機械設備などが移動して建造を進めるという方式にくらべ、作業の効率化、精度の向上に著しい効果をもたらしている。

一方、造船工程の中での組立工事(この場合はドック内工事)の設備、管理およびその工法の良否が造船品質の向上、能率向上の成否

に大きな影響をもつものとされている。

そこで、この新造船工法の合理化、急速化に十分即応しうるドック内建造船照明設備については2年間にわたり研究、計画を推進してきたが、今般ほぼ完成に近づいたので以下にその概要を紹介し、ご参考に供したいと思う。

2. 船体移動建造法とその照明要件

2.1 船体移動建造法の概要

図2. はドック内に同時に3隻のタンカが建造されている模様を示したものであるが、ドックのほぼ中央部には船尾部の建造を行なう長さ90m、幅70mのサイドドックが横に張り出し、ここで建造されたものを横移動して、縦移動してきた船体中央部に接合することになる⁽²⁾。またこの図は第1船がきょ(渠)口部に移動するときょ(渠)頭部では第3船に着工できるということも説明しており、この連続建造が工期の大幅な短縮と作業量の平準化を可能としていることを物語っている。

一方、この連続的なシステム化された流れを正確に推し進める上では言うまでもなく、工場全体の各部門の協調が不可欠であり、照明設備も年間8隻の建造という条件から、ほぼ45日間ごとに取付け、取はずしをすることになるので、照明効果はもとより保守面での合

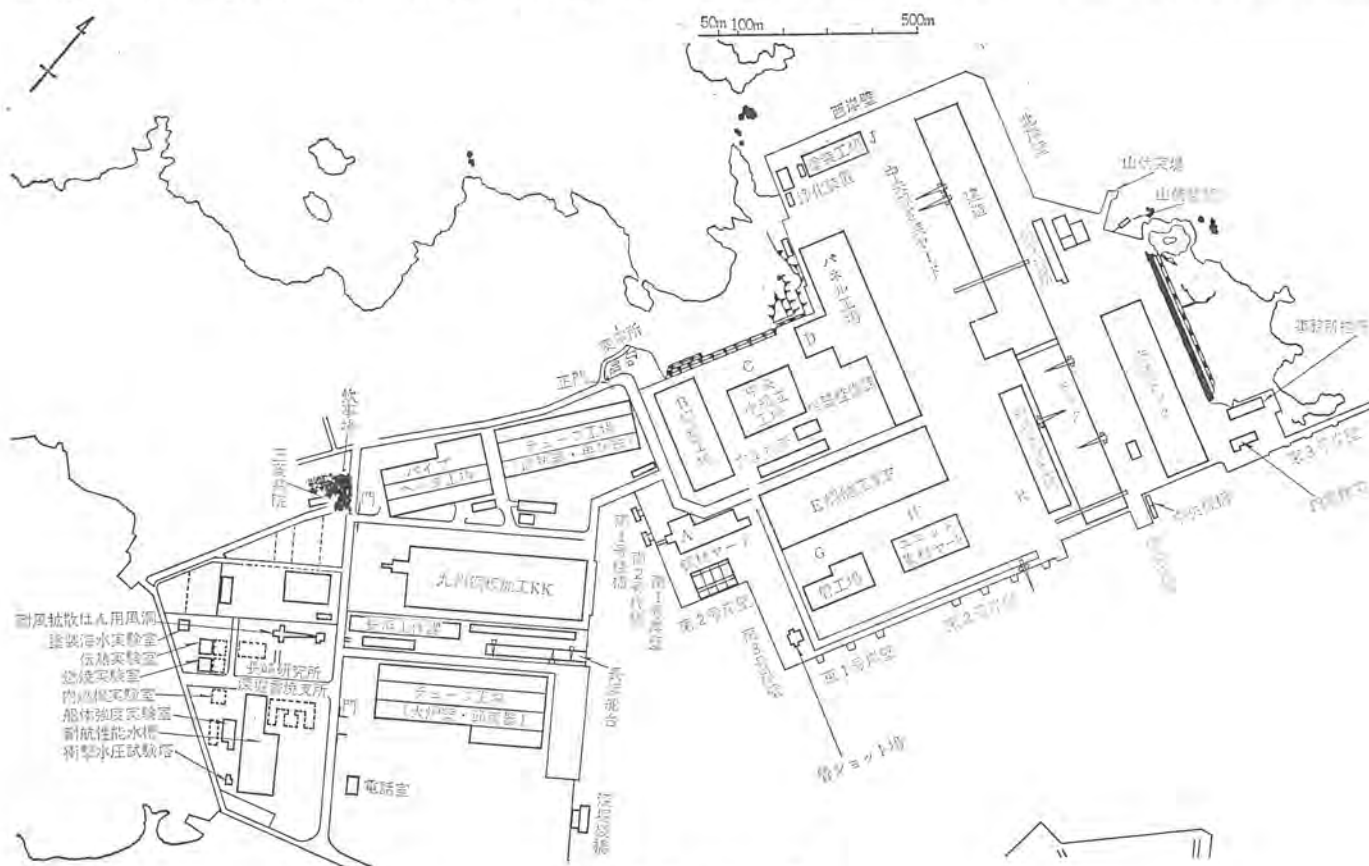


図1. 香焼工場配置図

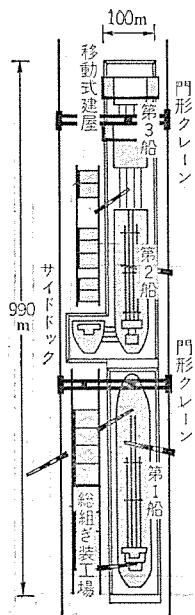


図 2. 船体移動建造法の説明図

- (c) 効率のよい光源と作業性に合せたランプホルダを用いること。
 (d) ランプホルダは取付け、取はずしのほか移動が激しいため、ランプがこれに耐えうるような保護が完全であること、光源からのグレアを可能な限り減ずるような設計が肝要である。

3. 照明方式

前述のとおりきわめて短時間内で能率よく建造船の取付け、または取はずしを果たしうることが重要な課題であるので、降圧トランス、漏電ブレーカ、NFブレーカ、電圧、電流計および水銀灯安定器を一つのユニットとしてまとめ上げ、このユニットには水銀ランプの管灯回路のコンセント受口、白熱灯用 100 V コンセント受口、ならびに一部他の動力機器用電源端子を備えることにより、一括してクレーンによる移動を可能とする方式をとることにした。このユニットがそれぞれ建造船上の所定位置に設置が終ると直ちに水銀ランプならびに白熱電球器具（後述）がコンセントにつながれ、点灯される方式である。

3.1 電源方式

電源はドック周辺の分電盤より建造船上へ 440 V および 100 V で供給する。（図 3. および図 4. 参照）

3.2 ユニットの種類と設置方法

(1) ユニットの種類は次のようになる。

- タンク用ユニット
- エンジンルーム用ユニット
- 船首用ユニット
- アッパデッキ用ユニット
- 100 V 電源用ユニット

この中で 100 V 電源ユニット以外はすべて 440 V 受電で、ユニットの中のトランスにより内蔵された水銀灯安定器には 210 V、白熱電球には 105 V で供給されている。

(2) ユニットの設置は次のようになる。

- タンク用ユニット……高さ 1.5 m、幅 0.75 m、全長 10 m の動力

理性を追究することが当然のことながら必要となってきたわけである。

2.2 ドック内建造船照明の範囲と要件

(1) 照明を要する部分は大別して、次の四つの場所となる。

- アッパデッキ
- 船首部分（船内）
- エンジンルーム（船屋内部）
- タンク内

(2) それぞれの場所について照明に要求される条件としては次の事項があげられる。

- 労働安全衛生法によって定められた照度 70 lx を確保し、安全でかつ快適な作業環境作りをすること。
- 大量の照明用ランプを用いているので、この取付け、取はずしに対してはできるだけ短時間に、かつ安全になしうること、省力化を計る必要がある。

台に積み込まれて、アッパデッキ上に図 3. のように配置される。

コンセントからはケーブルで船内に導かれた照明ランプが直ちに点灯するようにしている。なお、動力ユニット（電気ユニット）は各種装置用電源の供給および溶接機などを一括取付けるものである。

(b) アッパデッキ用ユニット……甲板上を照明するため居住区上に設置され、このユニット上には簡単に取付けが可能な投光器を乗せて使用される。

(c) エンジンルーム用ユニット……ユニットが直接甲板上に置かれ、タンク用と同様にエンジンルーム内に照明ランプ用のケーブルが導入される。

(d) 船首用ユニット……エンジンルーム用と同様に扱われる。

(e) 100 V 電源ユニット……440 V によって供電されるユニットと併用される。局部的な照明として、あるいは 440 V 回路の停電に備えて用いられる。

表 1. 26 万トンタカの建造用照明設備の概数

照 明 場 所	照明用ユニット台数	使用ランプの概数	
		けい光水銀ランプ	白 熱 電 球
タ ン ク 内	40 台	400 W 200 灯 1,000 W 100 灯	
ア ッ パ デ ッ キ	2 台	1,000 W 24 灯	
エ ン ジ ン ル ー ム 内	1 台	400 W 70 灯	300 W 20 灯
船 首 部 分 (内 部)	1 台	400 W 50 灯	300 W 以外のもの 20 灯
そ の 他			300 W 80 灯

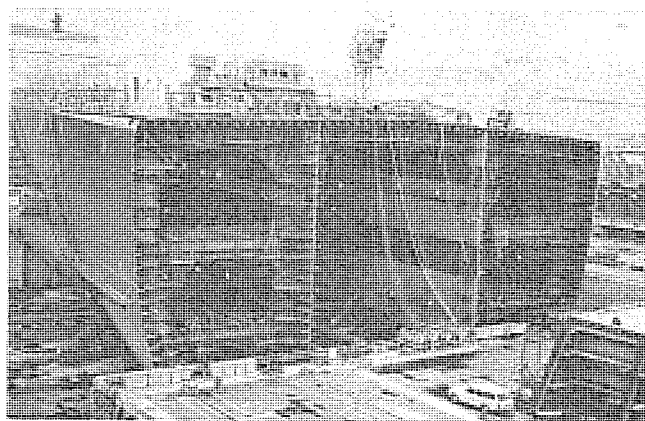


図 3. サイドドックの船尾部に電力供給をしている状況

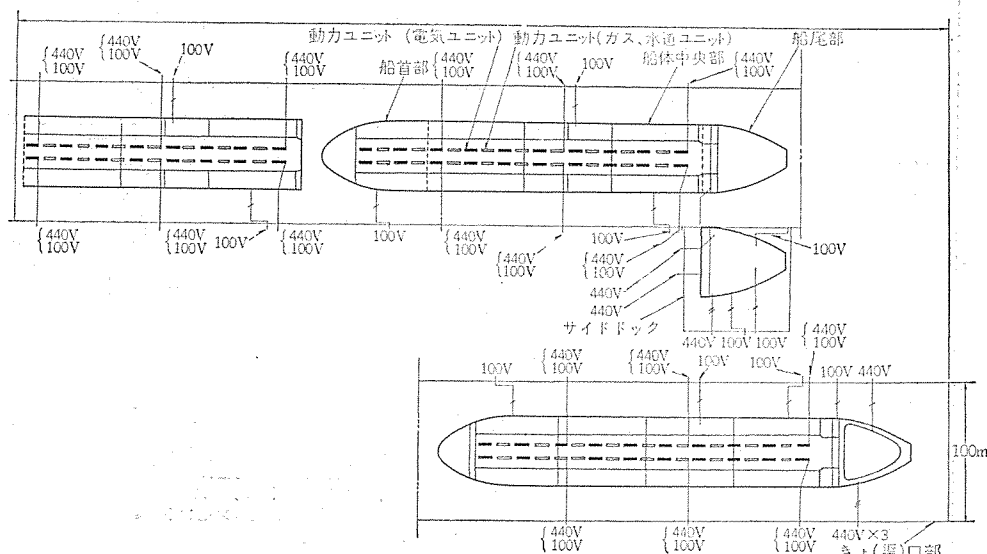


図 4. 動力ユニットの配置と建造船への電力供給図（電力供給はドック周辺の分電盤より図のように送られる）

(3) 26万トン級タンク1隻当りの照明用ユニットと照明用ランプの総数は表1.のとおりである。

4. 照明用ユニットと照明器具

4.1 照明用ユニット

図5. はエンジンルーム用ユニットの外観であり、図6.

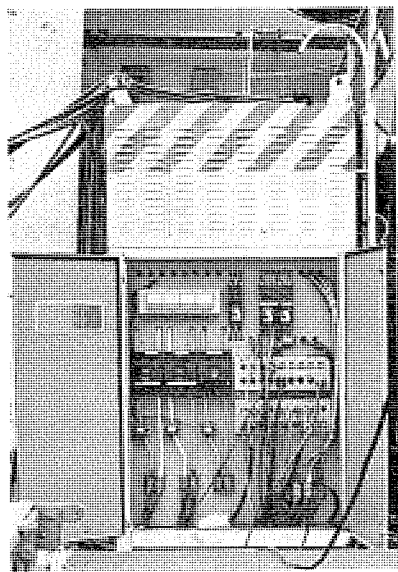


図 5. エンジンルーム用ユニット

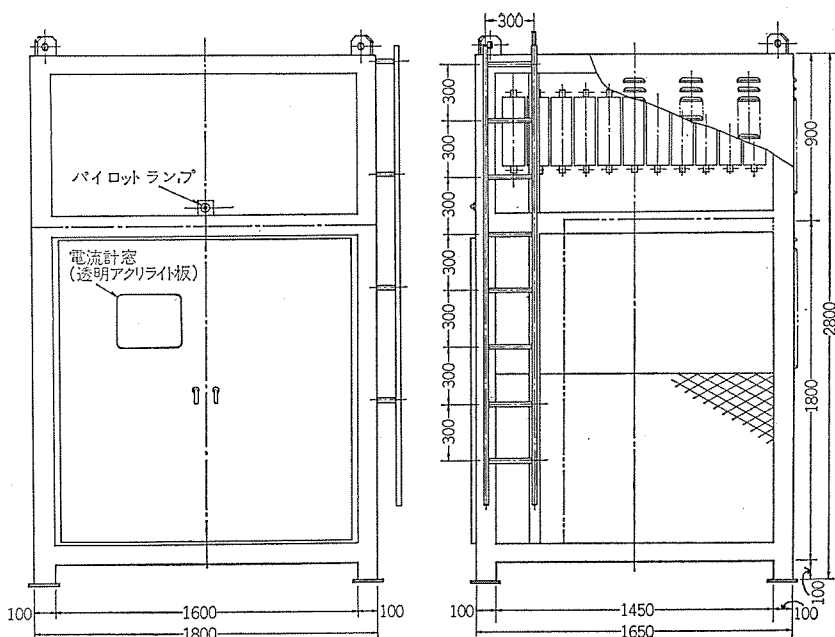


図 6. エンジンルーム用ユニット外形図

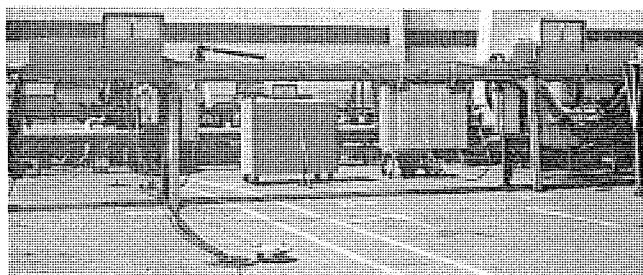
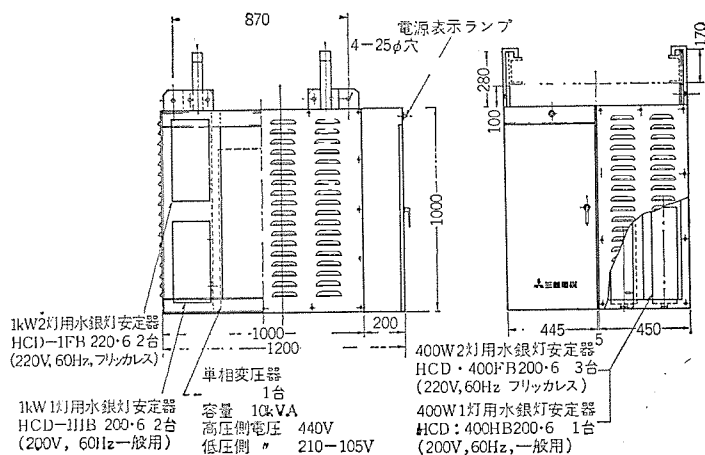
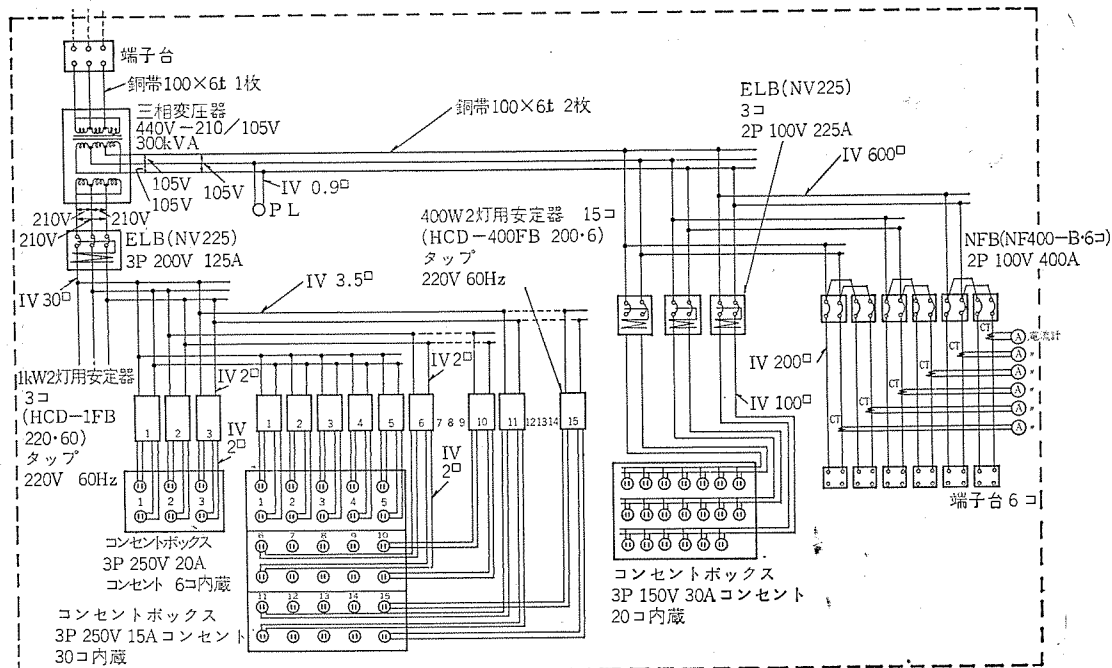


図 7. 動力ユニット (電気ユニット) に取付けられたタンク照明ユニット



▲図 8. タンク用ユニットの外形図



◀図 9. エンジンルーム用ユニット結線図

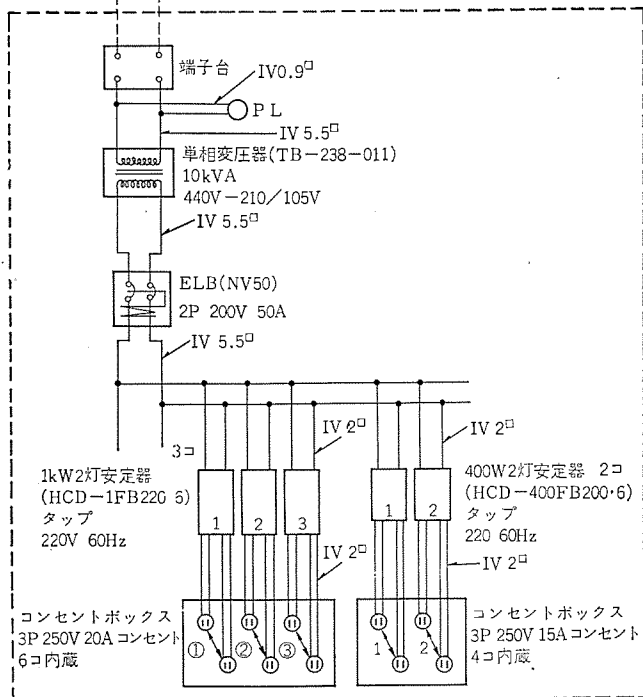


図 10. タンク用ユニット結線図

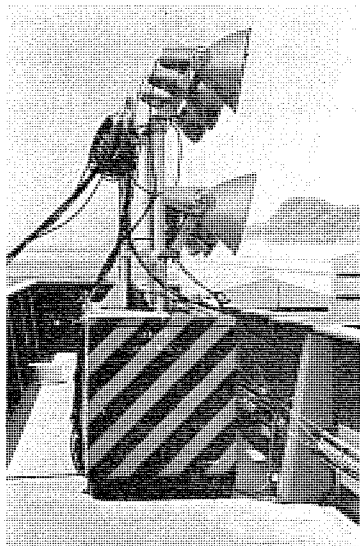


図 11. アップデッキ用ユニットに吸光器を取りつけた状態

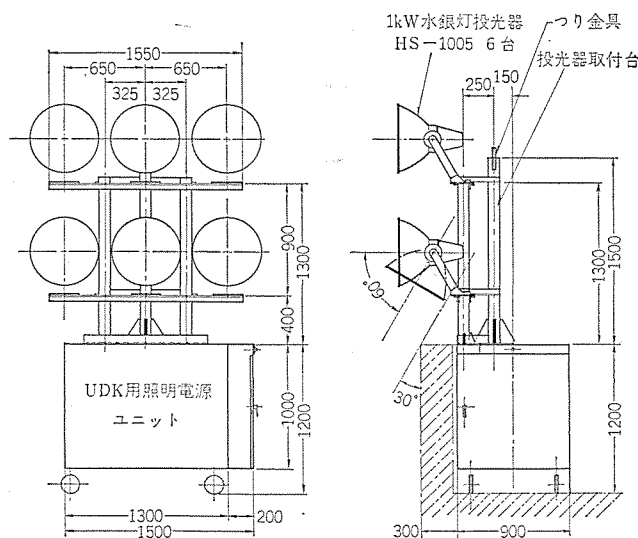


図 12. アップデッキ用ユニット外形図

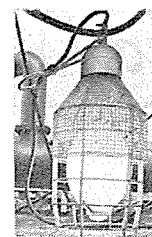


図 13. 照明器具の外観 (他社購入品)

にその外形図を示す。また図 7., 8. は タンク用ユニットを示している。それぞれの内部結線図は 図 9. および 図 10. のとおりである。なお、アップデッキ用ユニットと投光器の組合わせによる使用状態は 図 11. のようであるが、このユニットには自動点滅器とタイマを組合わせて点滅をさせ、必要時間帯のみ点灯するようにしている。なお図 12. にその外形図を示す。

4. 2 照明器具

全長が 50~80 m の キャブタイヤケーブルの一端にコンセント差込口 (抜け止め式) をつけ、他端にランプホルダを備えた形で構成されていて、ユニットのコンセントに接続すれば直ちにランプが点灯できるようにしている。このランプホルダはガードとランプの振れ止めから成っていて、建造船に対する取付け、取はずしは上部のフックによっている。この構造は運搬および使用中のランプを保護するばかりでなく、使用中のランプのゆるみ防止の効果をもたせたものである。(図 13. 参照)

5. この照明設備の効果

5. 1 照明効果

- (1) 従来の約 2 倍に当たる 70 lx の照度が天井、壁、床のそれぞれの面上で確保できた。
- (2) 溶接工事などにおける補助ランプ (従来は 100 W 移動灯を用いていた) はほとんど使用する必要はなくなった。
- (3) 新しく 1kW の高圧水銀ランプを採用し、効率よい照明とすることができた。

5. 2 設備、保守上の効果

- (1) 建造スケジュールに合せて、十分に対応できる急速な取付け、取はずしが可能となった。
- (2) けい光水銀ランプ 1kW を主光源、400 W を補助光源として配列したことにより、灯数が低減され保守上非常に有利となった。
- (3) 主電源を 440 V、補助電源を 100 V として混合使用した結果、停電時の暗黒化を防止することになった。
- (4) 440 V 電源の採用により、電圧降下による障害を取除くことができた。

6. む す び

造船工業の新鋭化に伴って照明設備に要求される性能向上の要請は今後とも一層大きくなるものと考えられる。以上、ドック内建造船の照明設備について述べたが、今後も造船工業の新鋭化の発展に添うべく、あらゆる意味での照明設備の性能向上を考究していきたいと思う。おわりに、種々ご指導を賜った香焼工場関係者に深甚の謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 高橋：造船界 (昭 48-4)
- (2) 三菱重工, No. 28, p.5 (昭 48)

照明合理化のための最近の傾向

村井直道*・国分 昭*・馬込一男*・石井重行*

1. ま え が き

OAPEC 諸国による石油供給削減に端を発して、電力、石油の行政処置、加えて電源立地難、環境規制、急増する需要などの点から省エネルギー、省資源の問題がクローズアップされてきた。

発電面の状況を見た場合、昭和47年度版「電力白書」において、昭和50年度の電力供給予備率が適正值8~10%を大きく下まわり3.3%といわれ、また中央電力協議会の発表では既設および工事中の発電所の供給力だけ見ても、昭和51年度に予備率をマイナス0.2%、昭和52年にはマイナス4.7%と考えられており、電力不足の厳しさがうかがえる。また関西電力(株)⁽¹⁾の調査によると昭和47年度全国総需要電力量3,036億kWhのうち、照明総需要は約412億kWhで全体の13.6%、家庭用従量需要だけみると、需要486億kWhに対して、照明の消費は約131億kWhで全体の約27%を占めている。これは照明における省エネルギーという観点からとらえなければならないことを示している。最近、照明学会、普及会において照明合理化のための動きを示しているが、賢明な対処であろう。

一方、アメリカ⁽²⁾のエネルギー危機に対する動きとして、1971年ニューヨーク市のレポートは「合理的な電力政策を求めて」と題し、エネルギーの節約、保存、合理的使用を提唱しているが、その中で白熱電球は抑制し、効率よいけい光ランプの利用を推奨しているのが注目される。また連邦政府レポートは「エネルギー保存の可能性」と題して、照明の項目において照明のエネルギーの効率を高めるために研究開発費の援助、税制処置を軽くすべきであると述べている。1973年4月ニクソン大統領は「エネルギー教書」を発表し、六つの基本目標を掲げてエネルギー資源の効果的利用、エネルギーの効果的な保存、エネルギー資源の開発等を国民に呼びかけている。これに呼応してアメリカ⁽³⁾照明学会では照明用エネルギー使用に対する最適化と題して12項目を広くユーザに推奨している。これらの動向を見ても資源小国である日本において省資源、省エネルギーは国家的課題である。照明においても過去に蓄積された技術を大いに駆使し、照明の適正な量、質をおとすことなく発展させなければならない。以下照明における省資源、省エネルギーに関する最近の光源、回路、器具、照明手法の傾向について考察する。

2. 光 源

省エネルギーに関して

(1) 照明施設に適した光源を使用すること。

(2) 効率のよい、明るい光源を使用すること。

などが光源に対して要求される。現在、表1.に示したように、種類の光源が市販されており、照明施設に適した光源を選び、その範囲でできるだけ効率のよい照明設計が必要となる。ここでは光源の効率、光色および演色性について省エネルギーの立場から、最近の光源の研究、開発の動向について述べる。

表 1. 一般照明用光源の特性

ラ ン プ 種 類		色 度		色 温 度 (°K)	平均演色 評 価 数 R_a	効 率 (lm/W)	平均寿命 (h)
		X	Y				
けい 光 ラ ン プ	昼 光 色 D	0.311	0.342	6,500	75	71	10,000
	白 色 W	0.377	0.388	4,200	64	83	"
	温 白 色 WW	0.417	0.401	3,350	57	76	"
	" WW-30	0.435	0.401	3,000	53	76	"
	ハイデラックス昼光色 D-SDL	0.315	0.328	6,500	94	52.5	"
	ハイデラックス白色 W-SDL	0.346	0.345	4,900	90	52.5	"
	デラックス温白色 WW-DL	0.411	0.380	3,300	72	59	"
	" WW-30-DL	0.436	0.394	2,950	70	59	"
電 球	ハイデラックス印刷用 W-EDL	0.349	0.358	4,900	96	52.5	"
	白 熱 電 球	0.447	0.408	2,850	99	13	1,000
水 銀 ラ ン プ	ハ ロ ゲ ン 電 球	0.431	0.402	3,100	99	21	2,000
	透 明 H	0.323	0.389	5,900	23	52.5	12,000
	銀 白 色 HF-SW	0.344	0.393	5,100	38	62.5	"
	ニ ュ ー デ ラ ッ ク ス HF-E	0.386	0.382	3,900	45	60	"
	ビ ュ ー ティ デ ラ ッ ク ス HF-XD	0.386	0.366	3,800	45	60	"
メ タ ル ハ イ ド ラ ン プ	メタルハライドランプ BOC	0.319	0.350	6,100	90	80	6,000
	高圧ナトリウムランプ NH	0.520	0.419	2,100	27	110	9,000

注) けい光ランプ、白熱電球は40 W、ハロゲン電球は1,000 W、水銀ランプ、メタルハライドランプ、高圧ナトリウムランプは400 Wの特性を示した。

表 2. 高効率、高演色性けい光ランプに必要な
けい光体発光ピーク波長と最適けい光体

発 光 色		赤 色	緑 色	青 色
発光ピーク 波 (nm)	狭発光	618～624	560～570	460～490
	広発光	—	525～560	480～530
最 適 けい 光 体	狭発光	Y(PV)O ₄ -En ³⁺	な し	な し
	広発光	—	SrWO ₄ -Tb, Na	(BaSr)Si ₃ O ₈ -En ³⁺

2.1 けい光ランプの高効率化

ここ数年間、けい光ランプの高効率、高演色性化の研究、開発が盛んに行なわれている⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾。J. J. Opstelten et al. は高効率、高演色性けい光ランプに必要な3種類のけい光体をピーク波長と波長幅によって評価した。その結果、表2.に示したけい光体が最良の結果を与え、昼光色、冷白色、温白色においてそれぞれ、平均演色評価数 $R_a=86, 92, 90$ を得た。効率はいずれも75 lm/Wである。Philips社では、この種のけい光ランプを開発し、 $R_a=85$ 、効率80 lm/Wのものを製品化した⁽⁷⁾。

H. H. Haft and W. A. Thornton⁽⁸⁾は3種類のけい光体; Strontium chloroapatite : Eu²⁺ (青紫色)、Zinc silicate : Mn²⁺ (緑色)、Yttrium oxide : En³⁺ (赤色) の混合により、 $R_a=80$ 、効率80のけ

い光ランプを得た。さらにこれら3種のけい光体にハロフォスフェートけい光体30%を加え、効率を減少させないで $R_a=90$ とした。

これらのけい光ランプはわが国で得られている $R_a=92$ 、効率65 lm/Wの高効率、高演色性けい光ランプ⁽⁹⁾に比較して効率においてはるかにすぐれたものであり、わが国においてもさらに一層の研究が望まれる。

2.2 温白色けい光ランプ

暖かいおちついたふん気が要求される照明施設、たとえば住居、レストラン、社交場、ホテルなどではその特長を生かした白熱電球が主として使用されている。しかしながら、白熱電球はけい光ランプに比べて効率が低く、熱放射が大きく、短寿命であるなどの欠点をもっている。欧米には白熱電球とほぼ同じ光色を有する2,700°Kの白熱けい光ランプがすでに製品化されており⁽⁸⁾、わが国でも最近になって開発が行なわれた。⁽¹⁰⁾

表3.に白熱けい光ランプの諸特性を白熱電球と比較して示す。明るさで約3倍、寿命で約10倍となり、省エネルギーとして著しく有効となる。

2.3 白熱けい光水銀ランプ

水銀ランプについても、白熱電球に光色を近づけることにより、従来白熱電球が使われている照明施設に長寿命、高効率の水銀ランプを使用することが可能となる。F. Rokosz et al.⁽¹¹⁾は管壁とけい光体層(Magnesium fluorogermanate けい光体と Yttrium vanadate けい光体との混合層)との間に silica 粉末の層を設けることにより、色温度3,000°Kのけい光水銀ランプを開発した。白熱けい光水銀ランプの諸特性を表4.に示し、その分光分布を白熱電球と比較して図1.に示す。このランプの利点は、現在の水銀ランプを使用している施設では補助装置(器具、安定器など)を取り換えなくて単に同じ大きさのランプを使用できることである。白熱電球器具と取り換え

表3. 白熱けい光ランプと白熱電球との特性比較

ランプ種類	色 度		色 温 度 (°K)	平均演色 評価数 R_a	効 率 (lm/W)	平均寿命 (h)
	X	Y				
白熱けい光ランプ	0.460	0.410	2,700	91	40	10,000
白 熱 電 球	0.447	0.408	2,850	99	13	1,000

注) 40 W ランプの特性を示す。

表4. 白熱けい光水銀ランプと白熱電球との特性比較

ランプ種類	色 度		色 温 度 (°K)	平均演色 評価数 R_a	効 率 (lm/W)	平均寿命 (h)
	X	Y				
白熱けい光水銀ランプ	0.440	0.410	3,000	55	55	12,000
白熱電球(フロスト)	0.445	0.409	2,900	99	16	1,000

注) 白熱けい光水銀ランプは400 W、白熱電球は150 Wの特性を示す。

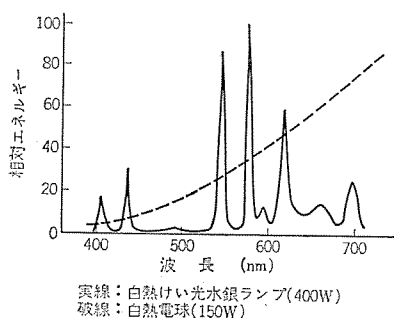


図1. 白熱けい光水銀ランプの分光分布

る場合は安定器を設ける必要があり、価格、寿命、効率について総合的な考慮をはらうべきである。

2.4 混光照明

照明施設に必要な色温度、演色性を得る場合、2種類またはそれ以上のランプを使用する混光照明が有効である。スポーツ照明における混光投光照明はその典型的な例である。ここでは通常使用される2種ランプの混光照明における色温度、演色性および総合効率の計算方法について述べる。

所要の色温度を得るために混光できるランプは、その色温度よりも高いものと低いものとの2種類に限られる。すなわち、所要の色度座標は、混光する2種ランプの色度座標を結ぶ直線上にある。ゆえに2種ランプの色度座標、光束比が決まれば、次の式により混光後の色度座標が求まる。

$$x = \frac{x_1(Y_1/y_1) + x_2(Y_2/y_2)}{(Y_1/y_1) + (Y_2/y_2)}$$

$$y = \frac{Y_1 + Y_2}{(Y_1/y_1) + (Y_2/y_2)}$$

ここに、 (x, y) : 混光後の色度座標

$(x_1, y_1), (x_2, y_2)$: 混光する2種ランプの色度座標

Y_1, Y_2 : 混光する2種ランプの光束比

混光後の色温度は JIS Z 8725 により上記色度座標から求められる。

混光後の演色性は、2種ランプの一定光束当りの分光放射束にそれぞれ Y_1, Y_2 を乗じて分光分布を求め JIS Z 8726 により演色評価数として計算する。

混光後の総合効率は光束比が決まれば簡単に決まる。混光する2種ランプの効率を η_1, η_2 (lm/W)とすれば、混光後の総合効率 η (lm/W)は次式により計算される。

$$\eta = \frac{Y_1 + Y_2}{(Y_1/\eta_1) + (Y_2/\eta_2)}$$

ここに、 $Y_1/\eta_1, Y_2/\eta_2$ はランプ本数の比率を表わす。

図2.および図3.にそれぞれ、高圧水銀ランプとハロゲン電球、高圧水銀ランプと高圧ナトリウムランプの混光計算結果を示す。混光照明の利点は、単一の光源で得られない色温度、演色性、および効率が得られることであり、照明施設に適した、明るい効率のよい設計ができる。

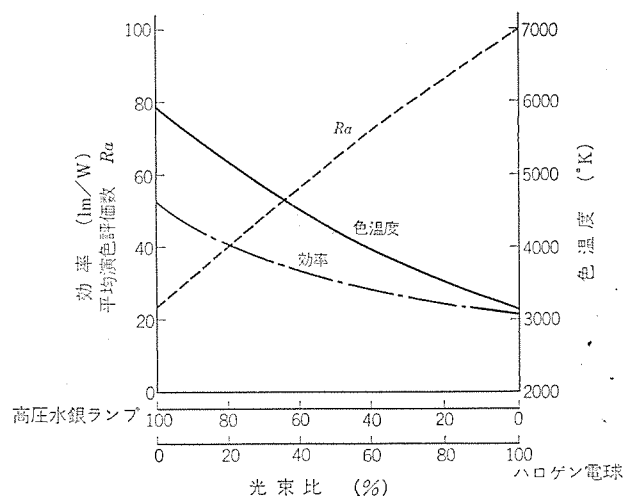


図2. 高圧水銀ランプとハロゲン電球の混光特性

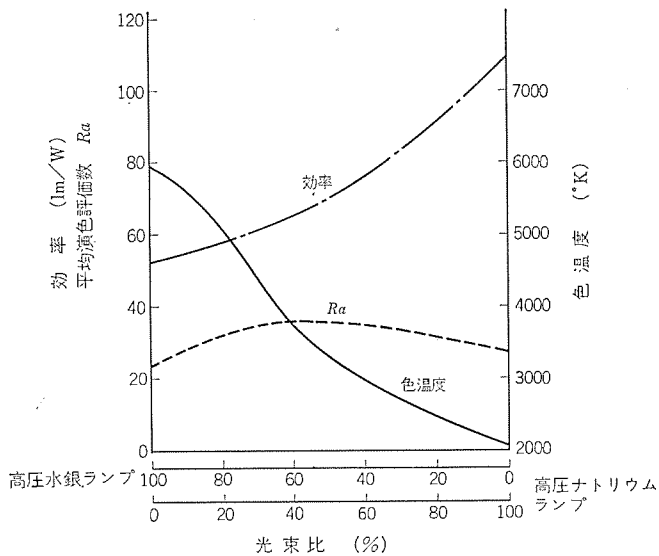


図 3. 高圧水銀ランプと高圧ナトリウムランプの混光特性

3. 回路における照明合理化の動向

3.1 白熱電球に代わる新しいけい光ランプ

前述の白熱けい光ランプは光色を白熱電球に合わせたものであるが、比較的最近米国シルバニヤ社より機能的にも白熱電球に近いけい光ランプが発表された⁽¹²⁾。これは図 4. に示したように電極も、口金も 1 個でコンパクトな構造で電球に近い形状をしている。また、このランプはスイッチが入ればほとんど瞬時にコイル両端に放電が形成され、点灯のしかたも白熱電球に似ている。しかし、このランプも安定器が必要であるという欠点は残っており、この発表によれば色調が比較的電球に近いけい光体を用いた場合で、ランプ電力 12.5 W に対し 350 lm の光出力が得られ、安定器損失を含めての効率は 21.2 lm/W となる。この値は光出力の類似な 30 W 白熱電球の 11 lm/W の約 2 倍近い値である。筆者は米国の電球が全部このランプに置き換えられれば、住宅照明電力が約 40 %削減できると述べている。

このランプの場合、電球と同じように瞬時に点灯することが大きな特長になっているが、前述の白熱けい光ランプでも始動に 2～4 秒を要するグロースタートの代わりに 1.5 秒ぐらいで始動する電子スタートを利用すれば、機能的に電球に一步近づけることができる。

また電子スタートに関しては省エネルギーの観点から次のような動向

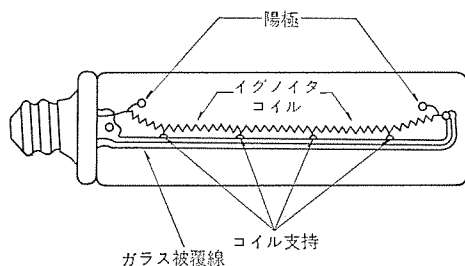


図 4. 代表的な単電極ランプの構造図

表 5. 各種ランプの昇圧トランスをなくした場合の電気特性⁽³⁾

	けい光ランプ				メタルハライド		高圧ナトリウム	
	FLR 220 EH・W	FLR 110 H・W	400 W	200 W	260 W	200 W	240 W	200 W
回路電圧 (V)	330	200	360	200	260	200	240	200
入力電力 (W)	270	240	135	130	445	425	460	435
回路効率 (lm/W)	61	69	77	74	72	75	96	101

もある。

3.2 放電灯用昇圧トランスの廃止

従来放電灯の点灯回路電圧はランプの始動電圧と、点灯中の安定性とから定まってきた。しかし最近主として半導体素子を利用した電子スタートの普及とともに前者の制約はほとんどなくなり、もっぱら点灯中のランプの安定性だけが問題にされるようになってきた。その結果けい光 110 H, 220 EH では回路を安定性のよい進相回路にするだけで、従来 350 V 程度に昇圧していたものがトランスが不要となり、200 V で直接点灯できるようになった。またメタルハライドランプや高圧ナトリウムランプのように種々の要因によりランプ電圧が上昇しやすく、ばらつきも大きなランプにおいては回路電圧を 220～260 V 程度に昇圧していたが、ランプの安定性あるいはばらつきの改善により、200 V で直接点灯できるものが現われはじめた。これらの電力削減効果は表 5. に示したようにそれほど大きいともいえないが、省資材効果の大きいことと考え合わせればやはり最近の一つの技術動向である。

3.3 調光の利用

回路面からの電力節約について他の方法として調光の利用が考えられる。48 年 10 月以降の電力規制に際しては多くの間引き点灯が行なわれたがこれは照明技術者から見るときわめて遺憾なことであった。照明施設はそれなりに照明設計をして決められた照明器具の配置を間引いてしまったのでは照明の効果は非常に削減されてしまう。従来道路公団以外では、節電の意味から調光が利用される場合はほ

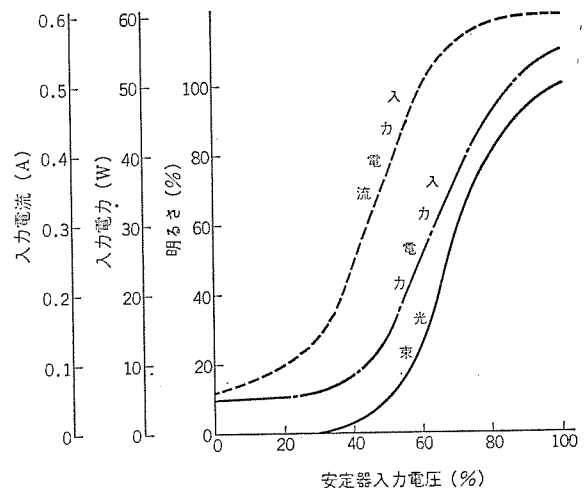


図 5. けい光ランプ調光特性 (40 W 1 灯用 100 V の例)

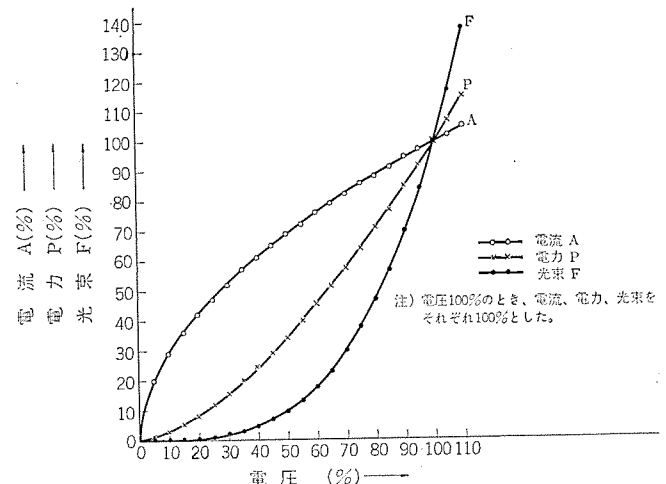


図 6. 白熱電球調光特性

とどなかったが、今後は増加してゆくと予想される。米国においても最近駐車場の照明に水銀灯の調光を利用した場合の経済性を論じた文献⁽¹⁴⁾が出ているが、それによれば3年目以降には調光が有利なことが示されている。日本では水銀灯の調光としては光出力を定格時の50%とする方式が普及しているが、その場合の入力は定格時452Wに対し263W程度にとどまっている。また参考のため、けい光灯の場合および白熱電球の場合の入力と光出力との関係を図5.および図6.に示してある。

一般家庭等において節電のために照明器具のワット数の低いものを使用するような動きが一部にあるようであるが、むしろワット数はある程度大きめに設定して置き、その時のムード、用途に従って調光して使用したほうが照明としては好適であり、結果的にも節電になると考えられる。

3.4 半導体素子を利用した安定器

放電灯の出現以来その安定器は銅線とけい(珪)素銅板、あるいはそれにコンデンサを付加した電磁的なものが使われてきた。これは普通ランプ電力の10~35%程度の電力損失を作っている。一般にはランプ電力の大きなものほど損失は少ないので、それほど大きな値とはいえないかも知れないが、ビル等においてはこの損失がそのまま空調負荷に影響を及ぼすのでやはり問題となる。

この損失の低減と照明器具の軽量小形化の観点とから、半導体素子を応用した電源装置あるいは安定器の研究が始められて相当の年月をへているが、価格の制約等から防災照明器具、バス照明器具等の特殊なもの以外現在ほとんど使われていない。しかし省エネルギー、省資材の意味からこの種のものの製品化に拍車がかけられることは間違いないと思われる。一例として当社⁽¹⁵⁾で試作した半導体安定器では総合効率が約15%向上した。この向上をランプの特性改善で果たそうとすると非常な努力が必要であることを考えれば、この種の半導体素子利用は今後の照明合理化のために非常に重要な技術動向といえよう。

4. 照明器具の合理化

4.1 材料節減

たとえばスクラップの出ない材料取り—銅板などにおける必要寸法材の購入、スクラップの出ない加工法—反射板の一体成形など、さらに進めて、たんに照明器具単体としてではなく、天井設備全体の材料節減として、天井材・天井地下材などと関連させた当社製品として天井設備ラインのシステムライン⁽¹⁶⁾、天井設備パネル「ルミジュール」がある⁽¹⁷⁾。天井設備ラインは天井地下フレームに照明、空調その他一連の天井設備を上乗せする方式で、従来のように照明器具の埋込み穴を天井に加工するのではなく、最初からその分の天井をはらない区画を作っておくため、天井材のむだ、工数のむだが省ける。さらに照明器具も天井地下フレームに上乗せであるから天井スラブにそのためのインサートも不用、取付けも簡易化されるなど、この方面での合理化率が高く、大規模ビル等で採用されている。一方、天井設備パネルは合理化の進みにくい建築現場での作業を工場作業に置きかえたもので、工場で天井地下フレームに相当するものを骨格として天井、照明、空調などの設備を一体化したユニットを生産する方式である。取付けの省力化とともに設計時点から天井、天井地下、天井設備—照明が計画的に扱えるので、その間の機能バランスがとりやすく、材料のむだが工場サイドのみの努力で防止できる利点をもつ。

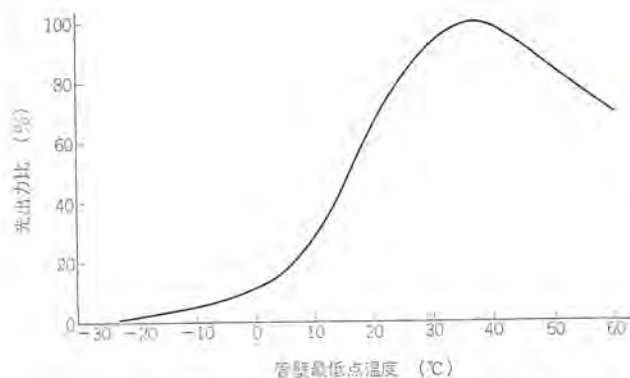


図7. 代表的なけい光ランプの管壁温度特性

4.2 照明器具の性能としての効率維持、向上

(1) 効率のよい光源の用途拡大

たとえば、白熱電球に比べけい光ランプは効率が4~6倍もよいというのは常温での比較であって、高温あるいは低温のふんい気ではけい光ランプは点灯しないとか、点灯しても明るさが出ない、あるいは寿命を維持できないなどの事態となる。けい光ランプは低温ふんい気マイナス10°C程度になると20%程度が点灯不能となる。また、たとえ点灯してもそれは全光時の20~40%程度となってしまふ。図7.は管壁温度に対する光出力を示す⁽¹⁸⁾。(管壁温度は周囲温度に約20°C加えたものとして考えてよい)しかし、低温での特性悪化は予熱および保熱により解決できる。予熱にはやはり電力が必要であり、照明器具の効率はけい光ランプの点灯装置への入力だけでなく、この予熱のための入力を含めた電力に対する比率となる。当面、このような場所にもっとも容易に使用できるのは白熱電球であるから、電力経済のみの比較であれば

$$\frac{\text{けい光ランプの光出力}}{\text{けい光ランプの点灯装置への入力} + \text{予熱入力}} > \frac{\text{白熱電球光出力}}{\text{白熱電球入力}}$$

の式が成立する場合には、このような構成のけい光器具が有利といえる。予熱入力として白熱電球を併用したものが当社FCP-R301であって好評を得ている。さらに種々のヒータ類を用いたものが検討されており、とくに最近のコールドチェーン⁽¹⁹⁾の発展に伴い、このような低温域における照明の需要は増大しつつあり、問題解決が急がれる。

(2) 効率のよい反射材、透過材の使用

従来から検討され、改めていうまでもないが、透過材の使用では従来の乳白半透明材に代わって透明型板が使われるようになった。これにより1度透過材に入射してから再び照明器具内に戻ってしまう光量が減少するから、効率向上にたいして大きく貢献する。

また反射材の使用についてはたんに反射効率が良いだけでなく、多重反射による効率低下を防ぐために正反射面の採用を考慮すべきである。

(3) 効率のよい器具形状の検討

反射面について正反射面と組合わせて各種光学的な曲線の採用が考えられるが、白色面のような拡散面では反射面の沿面距離(横断面の展開寸法)をできるだけ短くするように設計したい。

(4) 効率を維持するための機能設計

とくにけい光器具の場合、一般の場所では周囲温度が高過ぎる場合が多く、これによる効率低下は意外なほど大きいものである。対策の一つとして、換気穴を設けることが推奨される⁽¹⁹⁾。換気穴は入口と出口があつてはじめて効果があるものである。たとえば下面

が開放された反射笠つきのものでも、笠の上部に換気穴を設けることによりランプ温度を下げる事が可能で、これにより効率低下を防ぐことができる。また換気穴を設けることにより反射笠の汚れを軽減できることが各種文献⁽²⁰⁾⁽²¹⁾に報じられている。

4.3 ムダな電力を使わない機能

光束を必要な箇所に有効に配分する機能は反射笠の形状、反射面、あるいは透過材の形状やパターン等により制御され、これらを効果的に組合わせることが設計の要点となる。照明の質の向上にも関連して、作業者をまぶしさから守り、かつ作業面を明るくするという二つの課題を同時に果たすために、水平に近い方向に出ようとする光を制御し、下方に配分するというのが一つの大方針となっている。また場所により遠方から必要箇所をむだなく照明したい場合も多く、このような投光機能をもった照明器具もむだな電力を使わないためのものといえる。

4.4 トータル電力の節減

最後に、省電力をたんに照明としての観点にとどまらず、照明の室内空調負荷としての大きさに注目して、これの軽減から施設のトータル電力を節約しうる空調照明システムに使われる空調照明器具を簡単に紹介する。この関連はすでに本誌でも発表し⁽²²⁾⁽²³⁾、空調照明システムについてはこの特集で別の論文にもなっているので省略するが、空調照明器具は要約すれば“空調用の空気通路を有する照明器具”であり、わが国では当初空調用ディフューザと照明器具の一体化による省資材・合理化製品といった考え方をされるむきもあり、吹出し口として用いられることが多かったことがこの傾向を裏付けている。しかし空調照明器具の本来の効果のためには吸込み口として用い、照明の発生熱が室内に入る前に還気により除去して室内熱負荷を軽減するものである。この効果が得やすい光源として一般にけい光ランプが採用されている。もちろんこのために、ランプ周囲の温度も適度に冷却され、ランプは最高に近い効率を維持できる。わが国のように夏暑い所では夏期の冷房時がもっとも電力ピンチとなる時期であり、このときに負荷軽減がはかれるこの方式は理想的ともいえるが、その認識やコストのは(把)握が徹底していないためにまだ十分普及されるに至っていない。

米国では、空調照明器具における空気の役割を水に置き換えて熱回収効率をより向上させた水冷式照明器具が逐次普及されつつある。いずれにしても空調照明器具は省電力時代に期待される製品であるが、今後の改良によりその使命および機能においてますます充実したものの出現が期待される。

5. 照明合理化のための手法

最近、節電の立場からビル、工場などでゆきすぎた減灯がみられるが、そのために視作業の疲労、能率低下、安全が保てないようでは照明の目的を果たしていない。照明の質を低下することなく快適な作業環境を維持する上での、省エネルギー、省資源であると考え。以下、照明合理化のための手法について述べる。

5.1 部屋の仕上げは明るくする

部屋の反射率が低いと光が吸収され、また鏡面反射率の高い内装材の使用はグレアの原因となる。有害なグレアを発生しない範囲内で天井、壁、床の反射率を高め、さらにロッカー、事務機械、備品を明るい色調に換えることが、部屋の照明率をあげることになる。図8.は反射率の違いによる照明用電力の関係を表わしている。

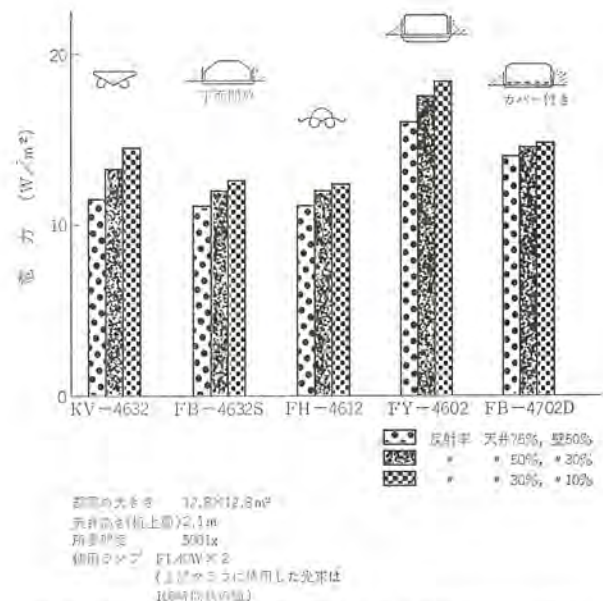


図8. 部屋の仕上げ(天井、壁)による照明用電力の変化

表6. 5,000h点灯後の照明器具の減光率

器具 No.	約5,000h点灯後の減光率(%) [単独効果]			
	1	1	3	平均
ランプ光束	15.0	21.0	14.0	16.6
器具のじんあい	7.9	8.5	12.2	9.5
ランプのじんあい	12.7	13.9	12.2	12.9

表7. 経済的な交換時間

区分	交換方式	一斉集団交換方式	個別集団交換方式
事務所(大)		5,300時間 (約1年10ヵ月)	6,000時間 (約2年)
事務所(小)		5,300時間 (約1年10ヵ月)	6,000時間 (約2年)

注) 事務所の年間点灯時間は2,400時間とした。

区分	交換方式	一斉集団交換方式	個別集団交換方式
工場(大)		5,200時間 (約2年3ヵ月)	6,000時間 (約2年6ヵ月)
工場(小)		5,200時間 (約2年3ヵ月)	6,000時間 (約2年6ヵ月)

注) 工場の年間点灯時間は2,400時間とした。

5.2 照明設備の保守は良好にする

表6.は当社事務室の更衣室の照明器具の汚れの状態を示すデータである。ランプの劣化16.6%, 器具, ランプのじんあい(塵埃)22.4%と器具の清掃を怠ることにより大きな光の損失をきたし、意外に大きな電力の浪費をしていることになる。適切な時期にランプ交換、清掃を行なって損失を少なくすることが、エネルギー節約に大切なことである。表7.⁽²⁴⁾は適正な交換時間を示している。

照明設計をする際、保守率の決定には部屋の汚れの状態を推定して、保守率の良、中、否の範囲から選ぶが、実際の使用状態において、器具の汚れ、ランプ表面の汚れ、部屋の表面の汚れは、時間の進行によって変わるので、アメリカ⁽²⁵⁾のユーティリティカンパニーでは電算機を使用し、理想的な清掃やランプ交換の保守計画表を決め、ユーザはそれにもとづき保守管理することにより、保守率の過剰な見積りをなくし、器具数を少なくし、良好な照度水準を維持していると報告されている。

5.3 目的にあった照明

事務所、工場等で、ある特定の視作業のために、全般照明の照度を

高くすることは、設備量の増大、電気量の消費の点で不経済である。一般には、目的の視作業の所は明るく、その他のスペースは暗くしたほうが有効である。たとえば設計・製図・タイプ・計算・キーパンチの視作業に必要な照度は、JISの照度段階の中でかなり高い値を示している。このような場所には局部照明方式を使用したほうが有効である。しかし、局部照明は単に明るく見やすくすればよいものでなく、長い作業で苦痛、疲労のない視野環境が必要である。表8.⁽²⁶⁾は推奨輝度比を示している。

照明設計をする際、視作業の照明か、ふんい気を重んじる照明かによって、各種照明施設の光源の演色性、光色の必要性が異なっ

表 8. 推奨許容輝度比

事務所	事務所
作業対象と隣接する周囲	1:1/3
作業対象とややはなれた暗い面	1:1/5
作業対象とややはなれた明るい面	1:5

工場

	工場 A	工場 B	工場 C
1. 作業対象と隣接した暗い部分	3:1	3:1	5:1
2. 作業対象と隣接した明るい部分	1:3	1:3	1:3
3. 作業対象とややはなれた暗い部分	10:1	20:1	×
4. 作業対象とややはなれた明るい部分	1:10	1:20	×
5. 照明器具、スカイライト、窓とそれに隣接する面	20:1	×	×
6. 通常の視野内のあらゆる部分	40:1	×	×

工場A:室内すべての反射率が推奨値の場合
工場B:直接作業する部分の反射率が推奨値の場合
工場C:反射率のすべてが調整できない場合
(ただし、推奨反射率は、表9.示す)

表 9. 工場 A, 工場 B における推奨反射率

仕 上 げ 表 面	反 射 率 (%)
天 井	80~90
壁	40~60
机上面、ベンチ上面、機械および装置	25~45
床 面	20

表 10. 各種照明施設における演色性および光色に対する提案

(CIE, E-3. 1. 2. 委員会作成)

演色性に対する要求	光色に対する要求	平均演色評価数の最低値	色温度の範囲 (°K)	適 用 例
最 良	冷 色	90	5,500 以上	植物、たばこ、ペイント、印刷工場などの検査あるいは選別室
最 良	中 間	90	3,500~5,500	診察室、博物館、印刷工場など
最 良	温 色	90	3,500 以下	住居、レストランなど
良	中 間	75	3,500~5,500	事務所、デパート、店舗、色による区分けを必要とする工場、倉庫など
良	温 色	75	3,500 以下	社交場、会議室、ホテル、船舶など
普 通	な し	50	—	廊下、階段、物置、演色性を必要としない仕事場
な し	な し	—	—	鋳造工場、圧延工場など

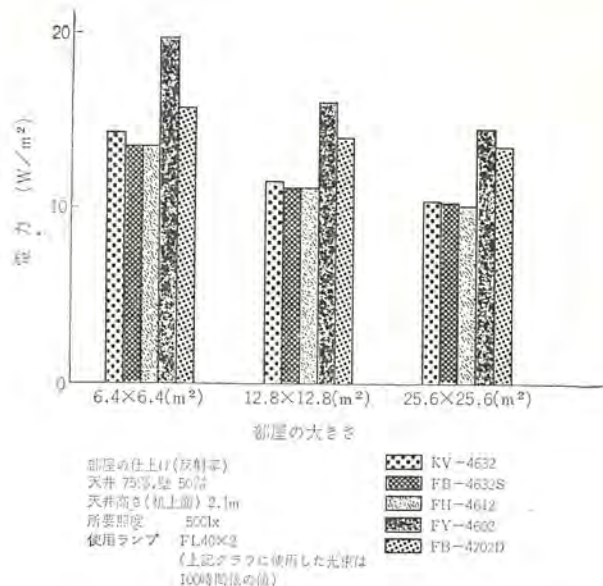


図 9. 部屋の広さによる照明用電力の変化

くる。けい光ランプでは効率を上げれば演色性が下がる傾向にあるので、目的にあった色温度、演色評価数を採用していくべきである。表 10. は CIE 屋内照明委員会で、屋内照明設計指針として刊行される照明設計の目安として活用できる⁽²⁷⁾。

5. 4 部屋の間仕切りは少なくする

事務室の大きさとして、一般には課、係単位にまとり間仕切りされる例が多いが、最近では関連ある課または部が一つになって、オープンオフィスとして利用されることが多くなってきた。照明の観点から見れば空調、照明が標準化され省資源につながる。また照明器具から放射された光束は天井、壁、床などに相互反射を繰り返すので、間仕切りを少なくしたほうが光束の吸収、間仕切りの影などの点で有利になる。図 9. は照度を一定として、部屋の大きさの違いによる照明用消費電力を示している。

5. 5 昼光の利用

最近事務所ビルにおける高層化に伴い、基準階のスペースも大きくなり、奥行の深いものになってきた。そのため昼光が部屋の奥まで入射しないので、人工照度が必要とされている。昼光が部屋に入射している場合は、利用することが経済的な照明設計と考える。ただ直射日光はグレアの原因ともなるので、ベネチアンブラインド、カーテン等により、しゃへい(遮蔽)する必要がある。また昼光による照度は水平面の光が多いので、ペリメタージーンとインテリアジーンの点では、水平面照度と鉛直面照度とは大きな差ができ、ペリメタージーンにいる人物

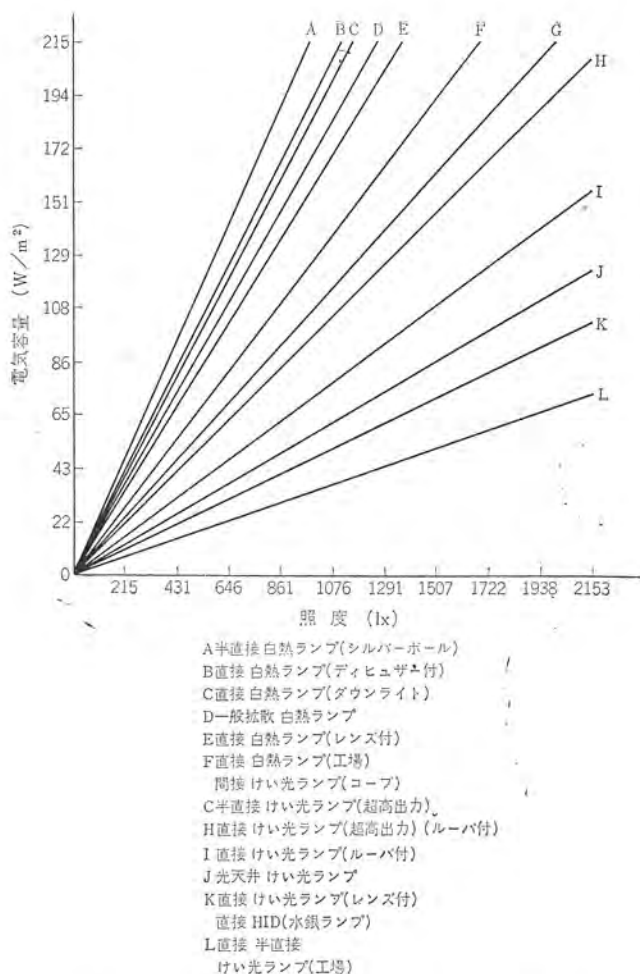


図 10. 室指数 2.5 で、種々な照明器具の配光による照度と電気容量の関係

がシルエットになったり、部屋の位置により照度差が生ずるので不快感を招くことになる。最近ビルなどでペリメータゾーンの消灯が見られるので、執務者の動き、視線の方向などを考えたレイアウトが必要である。なお会議室などでは、ペリメータゾーンの人物のモデリングが問題になるので、人工照明を消灯しないほうが望ましい。全天空輝度は季節、天候、時間、方位、位置によって異なるので、部屋⁽²⁸⁾の外と内との照度の差を受光器で検出して、ペリメータゾーンの照明器具のスイッチの ON、OFF を連動させれば効果的である。

5.6 効率のよいランプ使用

ランプの種類により効率、寿命、色温度、演色性が違うので、用途にあった経済的に有利なランプを使用すべきである。アメリカ⁽²⁹⁾ 国家標準局の草案では、ビルディングにおける屋内照明のランプ効率はパラスト損失を含めて 40 lm/W 以上であることを述べている。けい光ランプは白熱電球より、明るさ、寿命の点ですぐれているが、近年白熱電球器具は需要者の器具に対する高級化、多様化、白熱電球の持つ暖かさなどで家庭、ホテル、レストラン、喫茶店等で広く使われてきている。しかし、資源の枯渇、エネルギー高価格時代に入った現在では、白熱けい光ランプにより用途の一部を代替していくべきである。アメリカがエネルギー危機⁽³⁰⁾に直面しても今後伸びを予想されている HID ランプは今後注目してゆく必要がある。特に効率の高い高圧ナトリウムランプは道路、広場、レジャー施設、工場などに大いに普及すべきである。ただ演色性、光色は用途により好まれない面もあるので、他の HID ランプの特長を組合わせて利用すべきである。最近アメリカの W



図 11. ルミ モジュールの取付け作業



図 12. システムラインの取付け作業

社では 150 W の高圧ナトリウムランプをニューヨーク市の街路灯で、実用試験を開始した、今後の伸びが期待される。

5.7 効率のよい器具の使用

照明器具は光の空間分布の形によって配光分類が異なり、器具効率も異なる。器具効率が高ければ少ない電力で高い照度が得られる。また清掃がしやすいければ保守に便利である。照明器具の形状により、光を集光させ、目的の被照面面積を明るくすることが可能なので、用途に適した照明器具の配光を選ぶべきである。

図 10. は照明器具⁽³¹⁾の分類による照度と電気容量の関係を示している。これによるとけい光ランプあるいは HID ランプの直接照明が効果的である。しかしランプ露出はグレアによる見え方の低下をきたすので注意すべきである。最近 CIE⁽³²⁾ 屋内照明委員会の指針として、フィッシャー氏の暫定グレア制限方式が採用されたので参考になる。

5.8 必要のないランプを消灯できる配線に

人の居ない部屋、利用しないスペース、屋光の利用できるペリメータゾーンなど種々な使用範囲に応じ、便利な使いやすいスイッチ、調光器、分岐回路を取付け、こまめな点滅をすることが有効である。最近節電のためにけい光ランプを取りはずし、一部点灯するのが見られるが、安定器の種類によっては電力損の零にならないもの、温度上昇を起こすものがあるので、利用にあたっては注意を要する。

6. む す び

最近の省資源、省エネルギーに関する光源、回路、器具、照明手法についての動向を紹介した。しかし重要なことは設備の設計、利用する人の照明手法にあることはいまでもない。今後ますます省資源、省エネルギーが進むであろうが、当社としても光源、回路、器具、照明手法の改善、発展を進めていくつもりである。

(昭和49-7-16受付)

参 考 文 献

- (1) 三村：照明と電力事情，あたらしい照明，65，p. 1
- (2) 三浦：アメリカにおける電力資源活用のごき，家電月報，p. 2-6
- (3) John E. Kaufman：Optimizing the Uses of Energy for Lighting, Lighting Design and Application, p.9, Oct. (1973)
- (4) W. Walter：Optimum Phosphor Blends for Fluorescent Lamps, Applied Optics, 10, No. 5 p.1,108, May (1971)
- (5) M. Koedam et al.：The Application of Simulated Spectral Power Distributions in Lamp Development, Journal of IES, p.285, July (1972)
- (6) J. J. Opstelten et al.：The Choice and Evaluation of Phosphors for Application to Lamps with Improved Color Rendition, Journal of Electrochemical Society, 120, No. 10, p.1,400, Oct. (1973)
- (7) Lighting Equipment News, 7, No. 11, p.23 (1973)
- (8) H. H. Haft and W. A. Thornton：High Performance Fluorescent Lamps, Journal of IES p.29, Oct. (1972)
- (9) 染谷ほか：けい光ランプ「ネオラインデラックス」，東芝レビュー 26, No. 9, p.1,110 (昭46)
- (10) 浦田，平井：NEC 白熱けい光ランプ，新日本電気技報 8, p. 76 (昭48)
- (11) F. Rokosz et al.：Incandescent Lamp Color with High-Intensity Discharge Lamps, Journal of IES, p.95, Oct. (1973)
- (12) W. J. Roche：Theory, Design and Application of single-Socket Single-Electrode Fluorescent Lamps, J of IES, p.65, Oct. (1973)
- (13) 西岡ほか：最近の安定器とその動向，照学会誌 57, No. 11, p.753, (昭48)
- (14) A. C. McNamara：Mercury Dimming, Lighting Design and Application, p.26-29, Oct. (1973)
- (15) 森本ほか：試作中
- (16) 閑歳：新しいシステム天井照明〈三菱システムライン〉について，総合建築，No. 56 p.167 (昭49-4)
- (17) 閑歳：ルミモジュールの特長とその工法，電気と工事，73 電設資材ガイドブック，p.70 (昭48)
- (18) IES Lighting Hand Book, 4th, 8-21 (1966)
- (19) 石井：埋込み下面カバーつきけい光灯具の温度上昇についての考察，三菱電機技報，46, No. 4, p.442 (昭47)
- (20) IES Lighting Hand Book, 5th, 14-4 (1972)
- (21) 照明学会編：新編・照明のデータブック p. 359 (昭43)
- (22) 石井：空調けい光灯具の概要，三菱電機技報，42, No. 8, p.1,087 (昭43)
- (23) 勝田，石井：空調形けい光灯具の機能分析，三菱電機技報，44, No. 11, p.1,466 (昭45)
- (24) 小堀ほか：工場の照明とけい光ランプの適正使用方法，中国地方電力利用合理委員会資料 p.33
- (25) Andrew V. Bonner, William H. Kellogg：The Utility Lighting Consultant's Role, Lighting Design and Application, p.12-15, Oct. (1973)
- (26) IES, Lighting Hand Book, 5th, Edition, 11-5
- (27) 森，神部：演色性に関する最近の研究，東芝レビュー 27, No. 9, p. 799
- (28) 三谷ほか：調光応用による PSALI および定照度照明例，49 年，照明学会全国大会，p.93
- (29) Energy Note, Lighting Design and Application Apr. (1974)
- (30) Herbert A. Anderson：Lighting trends for 74, Lighting Design and Application, p.19, Jan. (1974)
- (31) IES, Hand Book, 5th, 16-9
- (32) Fischer：Interior Glare Limiting Method, Cuideon Interior Lighting Committee, CIE, E. 41

最近の住宅用照明器具デザインの展望

二木 盈行*

1. ま え が き

近年、生活環境や住空間環境に対する社会全般の関心が高まってすでに久しい。これに伴って生活意識の変化が住居空間や、生活行為の多様化をもたらしたが、多様化の要求は、住空間の演出を目的とし、インテリアの一構成要素である照明器具にも大きな影響を与え、ここ数年間に多種多様なデザインの照明器具が市場にはらんすることとなった。

本来、照明の機能は、照明技法や照明器具が多様な用途に調和し、住空間を快適な生活空間につくりあげ、快適な生活の営みをささえることが目的である。これは、人間の精神生活、情緒生活といった心理生活面の充実を図ることと、人間生活の機能性、合理性を強く必要とする生理生活面での充実を求めることであり、照明はこれらの環境の創造に最も重要な手段としてクローズアップされている。特に精神生活、情緒生活の充足を求める光は、多様な光を必要とするため、器具デザインもそれに応じて必要となるが、これは照明の本質をとらえ、照明の質の向上をねらっての多様化にすべきである。しかしながら、現在の照明市場における質、量の増大（器具の多様化）は、その内容において単なるファッション的な商品としてあまりに片寄った傾向にいきつつあること、形体の面で無秩序なバリエーションの混乱をきたしていることである。

ここでは、このような背景にある照明器具デザインの多様化のあり方を述べ、その具体例として住宅照明器具「ルミフラーシリーズ」「ルミテリアシリーズ」を紹介する。

2. 照明市場の現状認識

2.1 一般社会動向

ここ1～2年間の産業界および一般生活環境をとりまく社会情勢は公害、エネルギー不足、資源不足などの問題により急激な変化をしている。特に昭和48年後半の石油危機に端を発したエネルギー不足、資源不足の問題は、日常の一般生活はもとよりあらゆる産業界にも深刻な影響を及ぼしている。ことに電力エネルギー不足の問題は、将来において深刻なものがあろうと見られ、照明器具を含め家電製品にとっては大きな影響を受ける問題である。図1は電力使用量の伸びを見たもの

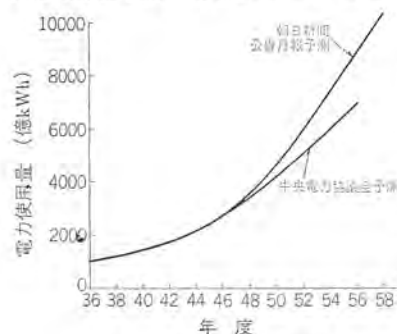


図1. 電力使用量の伸び

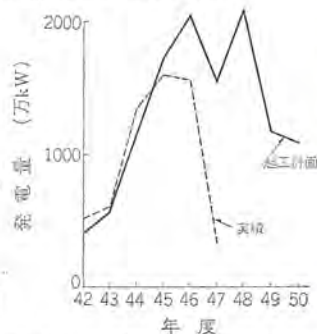


図2. 電源開発の起工計画と実績

のであるが、過去10年間の伸びと今後10年間の伸びの予測とを比較すると、後者の伸びがはるかに大きく、それに見合った電力供給が必要となってくる。ところが図2は電源開発起工計画と実績のグラフであるが、これを見る限りでは、電力不足の解消はまったく見通しが無いといえる。このような社会情勢の中において、照明器具市場の現状は器具デザインについては、これらの諸問題は、さほど表面上現われていないが、これから徐々にその影響は出てくるであろうし、当然これらの問題と切り離して照明開発、器具デザインは考えられない。

2.2 照明器具の多様化の現象

現在の照明器具市場は、最近の社会全般の関心事である生活環境や、住空間環境の変化に伴う生活意識の変化に対応して動いており、住空間、生活行為の多様化によって大きな影響を受けている。市販照明器具の現状を見た場合、照明専門店の店頭には種々さまざまなデザインの器具が展示販売されており、これらの中には無秩序な混乱した多様化であったり、照明の本質からは離れた器具も見受けられる。

市場にあらわれている多様化の現象はつぎのようなものがある。

- (1) 材質の多様化—ガラス、プラスチック、金属、紙、木、竹、布などが用いられ、たとえばガラスをとりあげても、クリスタルガラス、透明ガラス、乳白ガラス、ヒビ入りガラス、つや消ガラス、着色ガラスなど多種多様である。
- (2) 光源の多様化—住宅照明では、けい光ランプと白熱ランプが主流でワット数の違い、演色性の違い、白熱ランプでは、ホワイボール、クリヤボール、シルバーボール、ミニ電球、シャンデリア電球、なす形電球、カーランプなど種類が豊富である。
- (3) 照明手法の多様化—終戦直後は裸電球一つが住宅照明であったが、最近は照明手法でも直接・間接・半間接・その組合せなど、手法の幅が拡大している。
- (4) 用途の多様化—用途のセグメントによって新しい器具の使い方



図3. 市販照明器具のバリエーション

がつくり出されている。

(5) し好性の多様化一個人の好みによる多様化は無限であるが、現在の市場の混乱はこの影響が強い。インテリアとの調和を考慮したし好性を考えるべきであろう。

これらの多様化は互いに関連し合って器具デザインに影響を及ぼしている。このような器具デザインのあまりに多くの多様化は需要者にとって個性化を求めるには有効であろうが、その質が低く、同一機能の器具でもあまりに多いバリエーションによってかえって選択の基準があいまいになり、困惑する結果になっている。これはメーカーの開発態度に起因することでもあり、現状の反省に立って、これからの器具デザインの多様化を追究しなければならないと考える。

3. 住宅照明器具デザインの多様化のあり方

3.1 多様化の意味

住宅照明は、住空間と其中で営まれる生活行為との相互関係を成立させるもっとも重要な役割をはたすものである。とくに住空間での生活行為はきわめて多様であり、精神や情緒といった心理面を強く伴うものから、機能性や合理性を強く必要とする行為に至るまで、いろいろな内容のものが存在する。それらの行為に適應する照明としての光も豊富な種類を必要とし生活行為に最適な光が求められなければならない。また照明器具は快適な住空間環境を構成する一部品でもあるため、その調和を図ったデザインでなければならない。

ここで照明器具デザインの多様化の内容を次のような観点からとらえた。

- (1) 光の質、光のバリエーションの拡大を追究し、多種多様な生活行為に適應可能な光づくりをすることで、とくに心理生活面での光の幅を多く持つことである。
- (2) 素材としての光を豊富に持ち、それらの組合せにより新たな光空間への拡大・発展を可能とする。
- (3) 住空間環境を構成する一要素として快適な環境創造のため、住空間との調和を図ったバリエーションの拡大を考える。

このように照明器具は、生活行為と住空間環境と光との関連に基づいた考え方が必要であり、とくに生活行為の分析により照明器具の光の性格付けが行なわれ、器具デザインの多様化に結びついていくと考える。

生活行為のうち、生理的あるいはこれに付随する目的が明確な行為（入浴・排便・調理・洗たくなど）は定形的な行為であるため、照明器具は明視論から求められる光の設定でよく、機能を満足する合目的、定形的な器具のデザインでよい。

一方、精神や情緒に係わる心理的な生活行為（いこい・団らん・接客・食事・睡眠・音楽鑑賞など）は複雑で多様であり、個人の生活意識、生活信条、価値感などによって異なる定形化しにくい行為である。これらの行為に対しての光の質は多様なものを必要とするので、器具デザインは、これらの光をいかに具現化するかが目標となり、そこに器具デザインの多様化のポイントがある。

3.2 多様化の方法

前節で述べたように、照明器具の多様化は、多くの光の質、種類、組合せによって多様に適應する光空間を創造することが目的であり、その要点はつぎのように考える。

(1) 光のバリエーションは、単なるランプの光として取りあげるのではなく、器具を構成するすべての部品、とくにセードによってコントロールされた光をその基本として扱うことである。

- (2) そのために材料、光源、照明手法の選択を適確に行なう。
- (3) 人間の心理面と深く結びついた光を創造する努力をする。
- (4) 器具の形（フォルム、材質、仕上げ、色彩など）と光の結びつきには常に一体感が必要で、両者の統合が器具の価値を決定する。

以上の要点に基づき、実際の器具の生産面での多様化の方法を考える。照明器具量産メーカーの役割、使命は消費者の要求に対して、より多くのはん用性と適應性を持った質の高い器具の製品化を行ない、より安い価格で提供することである。器具多様化は光の多様化を考えると同時に、これらの面での解決を図った方法をとる必要がある。その具体策としてつぎのような方法を考えた。

- (1) 多様な要求（好み、住空間との調和、光の質、種類など）に対応可能とするために、エレメントの組合せで機械群を構成する方法。（標準化による器具バリエーションの拡大）
- (2) 照照空間の演出の拡大を可能とするために、異なった光の種類を持つ器具の組合せにより機械群を構成する方法。（個々の器具をトータル化することによる光空間のバリエーションの拡大）

以上二つの方法は、住空間、生活行為など、用途の設定を行ってから、その目的に対しての器具の多様化の展開方法である。いずれの方法もデザイン、設計は設定条件、仕様等に基づき、製品化するための最良の具体的解決方法を探究することが重要な課題となる。製品化の条件としては、現在の生産手段である量産化による範囲内での多様化が前提となる。

3.3 多様化の具体例

前節で述べた多様化の方法により製品化された具体例として「ルミフラワーシリーズ」「ルミテリアシリーズ」を紹介する。

3.3.1 ルミフラワーシリーズ

ルミフラワーシリーズは昭和44年4月に製品化され、その後、発展拡大をし、昭和48年10月にけい光灯30W×3の本体を開発してほぼ計画が完了した。（図4）

ルミフラワーシリーズは多様化する生活行為、住空間に適應することを最大のねらいとし、ジョイントシステムを採用した照明器具である。光源本体の標準化により、光源本体とセードの分離が行なわれ多種類のセードに共通寸法、形状によって互換性を持たせている。表1. がルミフラワーシリーズの組合せ一覧であるが、本体はけい光灯6種類、白熱灯2種類からなり、合計8種類である。セードは、現在17種類（色変わりを含めると31種類）で本体との組合せにより、190種類のバリエーションが可能になった。

ルミフラワーシリーズによる特長はつぎの点である。

- (1) 光源の選択により、住空間、生活行為に適した照度、光質が得られる。
- (2) 光源とセードの組合せによりインテリアとの調和したデザインの選択が可能。（用途が豊富）



図4. ルミフラワーシリーズバリエーション

表 1. ルミテリアシリーズ 組合せ一覧

光 源 本 体 セード	け い 光 灯						白 熱 灯	
	ML-9 CP 90 W (30 W×3) コードつり	ML-9 90 W (30 W×3) チェーンつり	ML-6 CP 60 W (30 W×2) コードつり	ML-6 60 W (30 W×2) チェーンつり	ML-3 CP 30 W コードつり	ML-3 30 W チェーンつり	LM-10 CP 180 W 以下 (60 W 以下×3) コードつり	LM-20 CP 60 W 以下 コードつり
MF-1	—	—	LF-61 CP LF-61 CP-B LF-61 CP-Y LF-61 CP-P	LF-61 LF-61-B LF-61-Y LF-61-P	LF-31 CP LF-31 CP-B LF-31 CP-Y LF-31 CP-P	LF-31 LF-31-B LF-31-Y LF-31-P	—	LP-2001 CP LP-2001 CP-Y LP-2001 CP-P
MF-2	—	—	LF-62 CP LF-62 CP-D LF-62 CP-G	LF-62 LF-62-D LF-62-G	LF-32 CP LF-32 CP-D LF-32 CP-G	LF-32 LF-32-D LF-32-G	—	—
MF-4	—	—	LF-64 CP LF-64 CP-Y LF-64 CP-P	LF-64 LF-64-Y LF-64-P	LF-34 CP LF-34 CP-Y LF-34 CP-P	LF-34 LF-34-Y LF-34-P	—	LP-2004 CP LP-2004 CP-Y LP-2004 CP-P
MF-5	—	—	LF-65 CP	LF-65	LF-35 CP	LF-35	—	—
MF-6	—	—	LF-66 CP LF-66 CP-D LF-66 CP-R	LF-66 LF-66-D LF-66-R	LF-36 CP LF-36 CP-D LF-36 CP-R	LF-36 LF-36-D LF-36-R	—	LP-2006 CP-R
MF-7	—	—	LF-67 CP	LF-67	LF-37 CP	LF-37	—	—
MF-8	—	—	LF-68 CP	LF-68	LF-38 CP	LF-38	—	LP-2008 CP
MF-9	—	—	LF-69 CP	LF-69	LF-39 CP	LF-39	—	LP-2009 CP
MF-10	—	—	LF-610 CP-Y LF-610 CP-P LF-610 CP-G	LF-610-Y LF-610-P LF-610-G	LF-310 CP-Y LF-310 CP-P LF-310 CP-G	LF-310-Y LF-310-P LF-310-G	—	LP-2010 CP-Y LP-2010 CP-P LP-2010 CP-G
MF-11	—	—	LF-611 CP-R LF-611 CP-D	LF-611-R LF-611-D	LF-311 CP-R LF-311 CP-D	LF-311-R LF-311-D	—	—
MF-12	LF-912 CP	LF-912	LF-612 CP	LF-612	LF-312 CP	LF-312	LP-1012 CP	LP-2012 CP
MF-13	LF-913 CP	LF-913	LF-613 CP	LF-613	LF-313 CP	LF-313	LP-1013 CP	LP-2013 CP
MF-14	—	—	LF-614 CP LF-614 CP-Y	LF-614 LF-614-Y	LF-314 CP LF-314 CP-Y	LF-314 LF-314-Y	LP-1014 CP LP-1014 CP-Y	LP-2014 CP LP-2014 CP-Y
MF-15	LF-915 CP	LF-915	LF-615 CP	LF-615	LF-315 CP	LF-315	LP-1015 CP	LP-2015 CP
MF-16	LF-916 CP LF-916 CP-Y LF-916 CP-P	LF-916 LF-916-Y LF-916-P	LF-616 CP LF-616 CP-Y LF-616 CP-P	LF-616 LF-616-Y LF-616-P	LF-316 CP LF-316 CP-Y LF-316 CP-P	LF-316 LF-316-Y LF-316-P	LP-1016 CP LP-1016 CP-Y LP-1016 CP-P	LP-2016 CP LP-2016 CP-Y LP-2016 CP-P
MF-17	LF-917 CP-D LF-917 CP-GN	LF-917-D LF-917-GN	LF-617 CP-D LF-617 CP-GN	LF-617-D LF-617-GN	LF-317 CP-D LF-317 CP-GN	LF-317-D LF-317-GN	—	—
MF-18	LF-918 CP LF-918 CP-Y LF-918 CP-D	LF-918 LF-918-Y LF-918-D	LF-618 CP LF-618 CP-Y LF-618 CP-D	LF-618 LF-618-Y LF-618-D	LF-318 CP LF-318 CP-Y LF-318 CP-D	LF-318 LF-318-Y LF-318-D	—	—

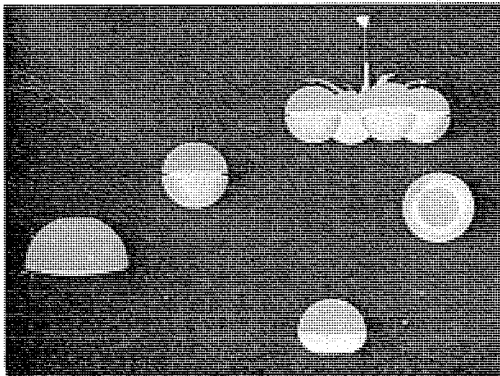


図 5. ルミテリアシリーズ 系列の パリエーション



図 6. ルミテリアシリーズ 施設例

- (3) セードのとり換えによりふんい気の変化が楽しめる。
- (4) 光源本体の標準化により、生産性の向上が計られ、190 種類の製品を常に品ぞろえできた。
- (5) セードだけの開発により新しい要求に対処可能となった。

3. 3. 2 ルミテリアシリーズ

ルミテリアシリーズは昭和 47 年 10 月に製品化されたもので、住空間で営まれる行為に適した環境の創造という点に立脚して開発された製品群である。ルミテリアシリーズは設定された住空間を何種類かの光の素材の組合せによって空間全体を演出するトータル化、システム化照明である。このシリーズの特長はつぎの点である。

- (1) シャンデリア・ペンダント・ブラケット・スタンド・食卓灯の 5 系列、乳白・赤色・黄色・透明の 4 色、合計 17 種類の機種構成から成り、機能的に異なった光の素材としての器具の組合せにより生活行為に適した多様な光空間の創造を可能にした。
- (2) 光の素材として、その質を追究し、余分な装飾を排したシンプルな形体を基調とした。
- (3) 円形けい光灯の清潔な光を生かし、新しい使い方によって今までと違って柔らかく、健康で新鮮な光質が得られる。

4. む す び

今後、住空間で営まれる生活行為、住空間環境はますます多様化、高質化するであろうが、快適な生活環境を創造する照明器具に対しての要求も一段と高まるであろう。照明器具は単なるファッション製品としてでなく、人間の心理と結びついた光空間の創造をするための一手段として、光の多様化を求めていくべきだと考える。この理念に基づいて、器具デザインの多様化を追究し、生産、販売面との有機的なつながりを計り、住宅用照明器具の充実と拡大をしていくことが今後の課題である。(昭和 49-7-3 受付)

参 考 文 献

- (1) 山崎, 桂: 三菱電機技報, 43, No. 5 (昭 44)
- (2) 閑歳ほか: 三菱電機技報, 47, No. 4 (昭 48)

希ガス放電によるけい光体の発光

小板橋正康*・栗津健三*

1. ま え が き

希ガス放電とけい光体を組合せた、いわゆる希ガス放電けい光ランプは、発光効率と寿命に難点があるためその実用的価値は低いとみなされている。今までに実現された最高の発光効率はネオンと $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$ の組合せによる 25 lm/W (赤色) であり、現用けい光ランプの 80 lm/W (白色) に比べてかなり低い。また、希ガスの動作圧力が低く短寿命といわれている (表 1.)。しかし、希ガス放電けい光ランプは本質的に無公害性であり、最近の公害問題の立場から発光効率と寿命に関し再評価を行なう必要があろう。このランプの発光効率は、(1) ガス放電からの真空紫外域の共鳴線や可視光線の放射効率、(2) けい光体の真空紫外域から可視域への量子変換効率によるが、最近、量子変換効率の大きなけい光体が希土類化合物⁽⁵⁾⁽⁶⁾やアルカリハライド類⁽⁷⁾⁽⁸⁾などに見出されているが、2成分以上の混合ガスの放電はまだ十分に検討されていないので、それなりに共鳴線の放射効率を増強できる可能性があることなどを考えれば、このランプにはまだ発光効率改善のための検討の余地があるといえる。

この研究は以上のような観点より希ガス放電けい光ランプを再評価する一環として、キセノンおよびキセノン-ヘリウム混合ガスの放電による各種けい光体の励起発光を検討した。

2. 低圧希ガス放電の諸特性

希ガス中でキセノンは最も長波長の共鳴線を放射し、通常のけい光体の励起に有利であること、キセノン共鳴線放射に対する最適圧力を高めるのにヘリウムの混合が適すことを考慮し、希ガスとしてキセノンおよびキセノン-ヘリウム混合ガスの2種類を選んだ。なお、表 1. でネオンを用いたものが高発光効率を示しているが、その 80% 以上が放電自体の可視光放射によるもので、けい光体の励起には適さない。

表 1. 希ガス放電けい光ランプの発光特性の抄録

測定者(年次)	希ガス		けい光体	発光効率 (lm/W)	発光色
	種類	圧力 (Torr)			
Beese(1946) ⁽¹⁾	He	1.0	$\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$	5.1	Cream
Jenkins(1935) ⁽²⁾	Ne		$\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn} + \text{CaWO}_4$	25	White
Randall(1937) ⁽³⁾	"		$\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$	22	Red
Beese(1946) ⁽¹⁾	"	(1.2)	$\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$	21.5	Orange-red
" (") ⁽¹⁾	"	(1.2)	$\text{Cd}_2\text{B}_2\text{O}_5$	19	Pink
Fedorov(1968) ⁽⁴⁾	"		$\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$	25	
Beese(1946) ⁽¹⁾	Ar	0.35	$\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$	4.1	Green
" (") ⁽¹⁾	Kr	0.3	$\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$	9.7	Green
" (") ⁽¹⁾	Xe	0.1	$\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$	20	Green
" (") ⁽¹⁾	Hg+Ar	2.8	$\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$	60	Green

2.1 実験装置

図 1. は放電特性ならびに放電管中のけい光体の発光を測定するための装置で、放電管、ガス導入部、排気系からなる。放電管は組立て式構造になっているが、高温でガス出しができるので、 10^{-8} Torr 台の高真空にすることが可能である。放電管の寸法は内径 3 cmφ、電極間隔 55 cm で 20 W けい光ランプとほぼ同一である。陰極には傍熱式の含浸形陰極を用いた。ガス導入部は精密リークバルブとガスリザーバからなり、放電管内に 10^{-6} ~ 10 Torr の範囲の任意の圧力のガスを導入できる。

2.2 放電特性

以下に示す特性は図 1. の放電管に直流電圧を印加して測定したもので、放電電流は放電管に直列に接続した可変抵抗により調整した。放電中、陰極は常に通電状態とし十分な電子放出を行なう温度に保持した。図 2. はキセノンの放電中の電流-電圧特性を示す。ガス圧力、電流が低いほど管電圧が高くなる傾向があり、放電持続のための電流範囲は圧力が低くなるにつれて狭くなり、0.06 Torr 以下では放電不能であった。探針法で測定した陽光柱の軸方向の電位傾度は電流および圧力が大きいほど低く、0.1 A, 0.06 Torr での 1.02 V/cm から 0.6 A, 3 Torr での 0.2 V/cm まで変化する。陽光柱の長さはガス圧力などにより変わるが、約 45 cm である。図 3. はキセ

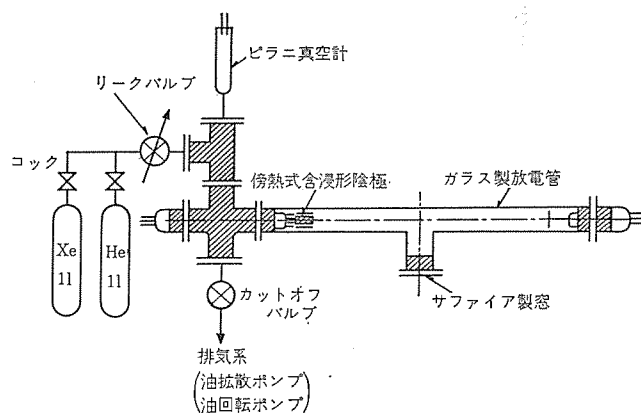


図 1. 放電特性およびけい光体発光測定用装置

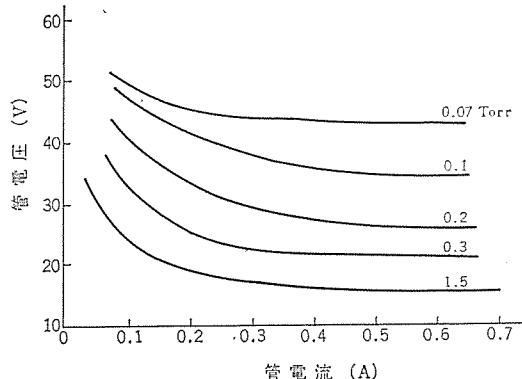


図 2. キセノンの放電特性

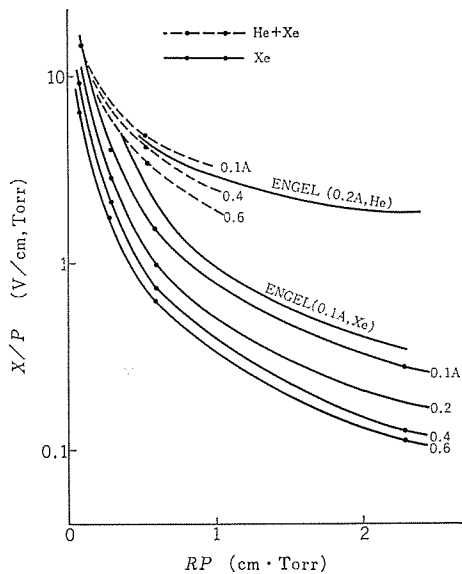


図 3. X/P - RP プロット

ン放電の X/P - RP プロットであり、横軸は放電管半径 R とガス圧力 P の積を、たて軸は陽極柱の電位傾度 X と P との比を示す。たて軸の値は電子温度と $T_e = (\lambda_1/\sqrt{2}k)(X/P)$ なる関係にあるので、電子とキセノン原子とが主として弾性的に衝突するとすれば $k=2\text{ m/M}$ となり、 $X/P=10$ および 0.1 に対してそれぞれ $T_e=37\text{ eV}$ および 0.37 eV を得る。もちろん、励起やイオン化を伴う非弾性衝突もあり、実際にはこの値よりもかなり小さいものとなる。このような測定法では電子温度は定量的には求められないが、ガス圧力が高いほど、また電流が大きいほど低下していると考えられる。図 3. には 0.07 Torr の一定圧力のキセノンにヘリウムを加えた混合ガスの場合についても示した。ヘリウムの混合比が増加するにつれ、電位傾度は大きくなっている。この傾向はキセノンだけの場合と逆で、電子がヘリウム原子により弾性的に散乱されるため、ヘリウム圧力が大きくなるほど電子は陽極方向へ移動しにくくなり、電位傾度は大きくなると解釈される。なお図 3. にはキセノンとヘリウムにつきエンゲル⁽¹⁰⁾の値をプロットしたが、われわれの測定値とよく一致している。

2.3 放電の発光スペクトル

図 4. はキセノン放電の $200\sim 850\text{ nm}$ の範囲の発光スペクトルで、発光観測窓にはサファイヤ、光電子増倍管には R-456 (浜松テレビ)、分光器には Jarrell Ash 82-000 を用いて測定した。図は測定記録を示すものであり、エネルギー値 (相対) は点線で示す補正值 (感度の逆数) を乗じて得られる。図から明らかなように $400\sim 500\text{ nm}$ に多数の微弱な線スペクトルがあり、 825 nm 付近にきわめてエネルギーの大きな数本のスペクトルが存在する。ガス圧力が低くなると $600\sim 700\text{ nm}$ にある線スペクトル群が相対的に強くなり、放電色は赤みを帯びる。また、個々のスペクトル線は必ずしも圧力に応じて同じように変化はしないが、圧力の上昇につれどのスペクトル線も減少している。 $200\sim 400\text{ nm}$ の範囲にはほとんどスペクトル線がみられない。

図 5. は真空紫外分光器 (島津 SGV-50) と差分排気系を用いて、窓なし放電管で測定したキセノン放電の $100\sim 240\text{ nm}$ 間の発光スペクトルである。 147 と 129.5 nm にキセノンによる線スペクトルがあり、 147 nm の共鳴線は特に強力である。測定範囲内では圧力の低下とともにこの共鳴線のエネルギーは大きくなった。 $150\sim 180\text{ nm}$ 間の 6 個の微小線スペクトルは不純物によるものと思われるが明らかでない。低圧水銀ランプの 254 nm を基準に各分光系の相対感度を測定し、図

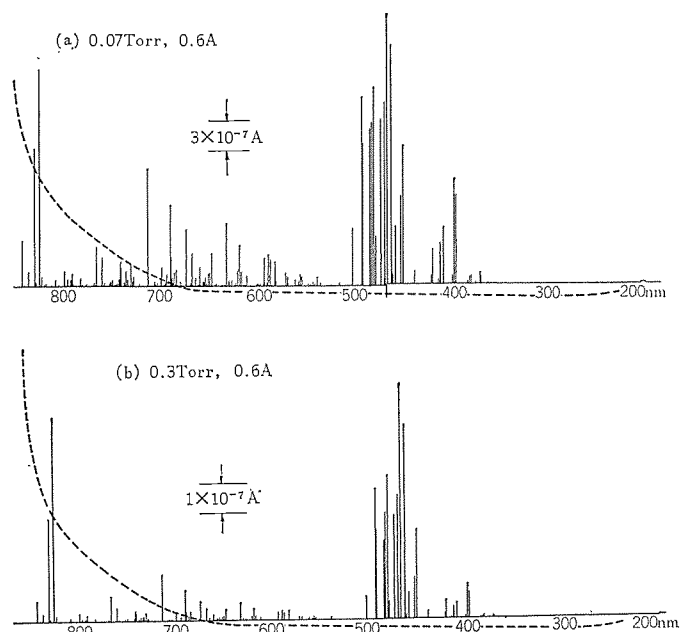


図 4. キセノン放電の発光スペクトル

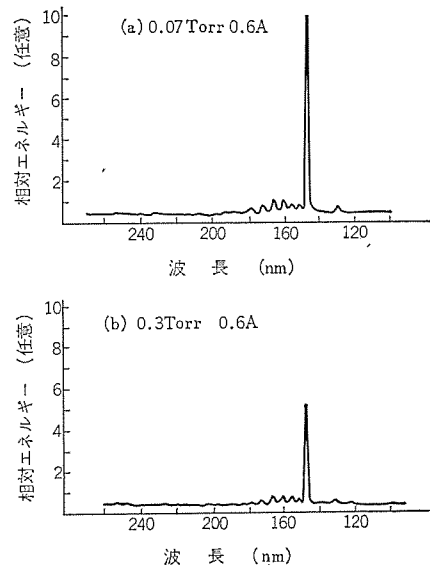


図 5. キセノン放電の真空紫外域の発光スペクトル

4. と図 5. の代表的なスペクトル線の相対エネルギーを求めると、 825 と 147 nm の相対エネルギーはほぼ同じオーダーであり、ほかのスペクトルに比べ約 2 けた (桁) 大きい。 825 nm は発光にまったく寄与しないので低くすることが望ましいが可能性については不明である。図 4. と図 5. から明らかなようにキセノン放電からは真空紫外域から近紫外域にかけては 147 の共鳴線が主で、通常のけい光体はこれにより励起されると考えればよい。

3. 希ガス放電によるけい光体の励起発光

けい光体としては各種の母体および活性体の組合せから代表的なものを選んだ。すなわち、 $\text{Zn}_2\text{SiO}_4 : \text{Mn}$, $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{X} : \text{Sb} \cdot \text{Mn}$, $\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2 : \text{Sn}$, $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl} : \text{Eu}$, $\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{F} : \text{Sb} \cdot \text{Mn}$, $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Eu}$, $\text{YVO}_4 : \text{Eu}$, $\text{ZnO} : [\text{Zn}]$, CaWO_6 , $\text{ZnCdS} : \text{Cu} \cdot \text{Al}$ そして $\text{Y}_3(\text{Al}, \text{Ga})_5\text{O}_{12} : \text{Ce}$ で、この 11 種のテストピースを図 1. に示す放電管内におき種々の放電条件における発光を検討した。けい光体テストピースは沈降法により $18 \times 18 \times 1(\text{mm})$ のスライドガラス上に $2\sim 4\text{ mg/cm}^2$ の塗布密度でけい光体を付着させたもので、できるだけ均

一な面になるようにした。輝度はブライトネス スポットメータ (Photo. Research Co. Model UB) を用い反射法により測定した。したがってけい光体自身からの発光、放電の発光そしてけい光面による反射光の合計を測定したことになる。後者の二つは MgO 輝着面により測定した。なお、ここでの輝度はすべて視感度で補正した値で示す。

3.1 キセノンによる励起

図 6. は キセノン 放電の陽光柱内に置いたけい光体の発光強度を示す。たて軸は輝度を放電の陽光柱の単位長さあたりの入力で除した値で、発光効率 (lm/W) と対応する。横軸はけい光体の種類で、発光の値の大きな順に並べたが、放電管中では無作意に並べた。陽光柱内では場所による発光の差は観察されなかった。いずれの放電条件においても、 $Y_3(Al, Ga)_5O_{12} : Ce$ (イットリウム アルミニウム ガリウム ガーネット) が最高の発光効率を示し、次いで $Y_2O_3 : Eu$, $Zn_2SiO_4 : Mn$, $Ca_5(PO_4)_3X : Sb \cdot Mn$, $ZnO : [Zn]$ の順になっている。一般のけい光ランプ用の $Ca_2(PO_4)_3X : Sb \cdot Mn$, $Sr_3(PO_4)_2 : Sn$ は水銀の 254 nm 線により効率よく励起され白色および橙白色に発光するが、キセノン放電においては発光は弱く、効率に換算すると $Ca_5(PO_4)_3X : Sb \cdot Mn$ ではほぼ 5 lm/W, $Sr_3(PO_4)_2 : Sn$ ではたかだか 2 lm/W であり、発光色もそれぞれ黄白色、すみれ色である。これらは次のように解釈される。 $Ca_5(PO_4)_3X : Sb \cdot Mn$ では Sb による励起帯が 180 nm 以上にしか存在しないため、147 nm では Sb の励起発光がおこなわれず、したがって Mn への共鳴伝達もない。ただし母体への吸収から Mn 発光中心への直接的なエネルギー伝達により 570 nm にピークを有する黄白色の発光だけが観察される。 $Sr_3(PO_4)_2 : Sn$ は 254 nm 刺激で 620 nm にピークを有する幅広い発光スペクトルを示すが、400 nm 付近にも小さいピークがあり、おそらく 147 nm 刺激では後者の発光のみがみられるのであろう。この差は Sn^{2+} の占める Site によるもので刺激条件が変化するとこれらの励起-発光過程が変化することは十分考えられる。また、カラーテレビ用の $ZnCdS : Cu \cdot Al$ は陰極線に対しては緑色に発光するが、キセノン放電ではほとんど発光せず灰色に見える。これは II-VI 族を母体とするけい光体はその基礎吸収端が 147 nm とあまりにも差があり、吸収されたエネルギーは母体中でほとんど無ふく(幅)射遷移となり、発光が見られないの

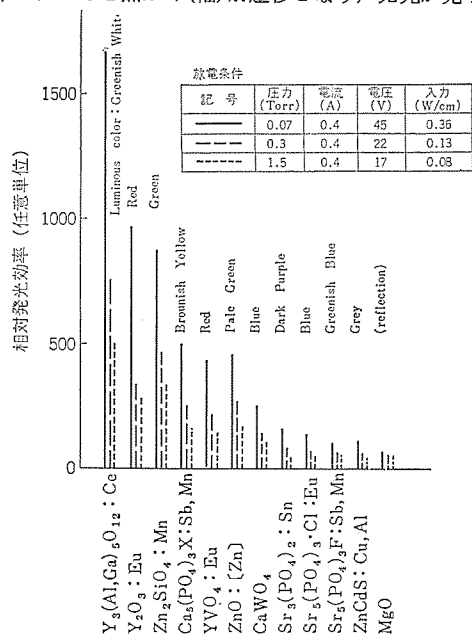


図 6. キセノン 放電中の各種けい光体の発光

であろう。

つぎに、 $Y_3(Al, Ga)_5O_{12} : Ce$ がキセノン放電により効率よく発光する理由を考えてみよう。図 7. は水素放電管を光源とする真空紫外分光器を用いて測定した $Y_3(Al, Ga)_5O_{12} : Ce$ と $Mn_2SiO_4 : Mn$ の励起スペクトルである。キセノンの共鳴線に当たる 147 nm で $Y_3(Al, Ga)_5O_{12} : Ce$ は $Zn_2SiO_4 : Mn$ の 2 倍近くの強度を有している。これらの試料はガラス板に約 1.5 mg/cm² の密度でけい光体を塗布し、励起光の反対側から測定したものである。

粒度に依存する最適塗布密度が異なっているため厳密な比較はできないが、励起スペクトルの形としては $Zn_2SiO_4 : Mn$ が発表¹⁰⁾されており大きな差異はない。 $Y(Al, Ga)_5O_{12} : Ce$ においては Ce^{3+} の励起準位より母体吸収からのエネルギー伝達が支配的であるといえる。

けい光体の発光はキセノン圧力によって大きく変化する、けい光体によっても多少の差はあるが、いずれも圧力の低下とともに相対発光効率は急上昇している(図 6.)。図 8. は代表的なけい光体の輝度とガス圧力との関係を示す。圧力の上昇とともに輝度は急速に低下している。放電電流 0.1 A と 0.4 A について示したが、電流の大きいほうが低下の程度がより激しい。これは、圧力が高く、電流が大きいほど陽光柱内の電子温度が低くなり、共鳴線放射に必要な励起状態の電子の濃度が減少するためと推定される。高い圧力ほど発光輝度の低い別の理由として共鳴線がキセノン原子によって自己吸収されけい光体まで達しにくいことも考えられるが、真空紫外分光器で、その光路内を 0.1 Torr のキセノンで充填させても光源からの共鳴線の強度はあまり変化しなかったことからこの作用は大きくないと思われる。図 9. は代表的なけい光体の発光輝度と陽光柱の単位長さへの入力との関係を示す。ガス圧力によって異なった傾向を示し、

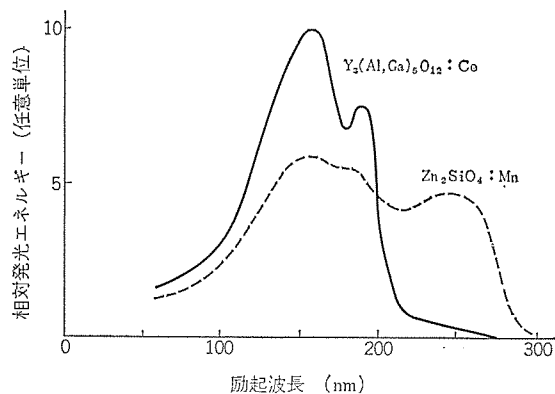


図 7. $Y_3(Al, Ga)_5O_{12} : Ce$ および $Zn_2SiO_4 : Mn$ の励起スペクトル

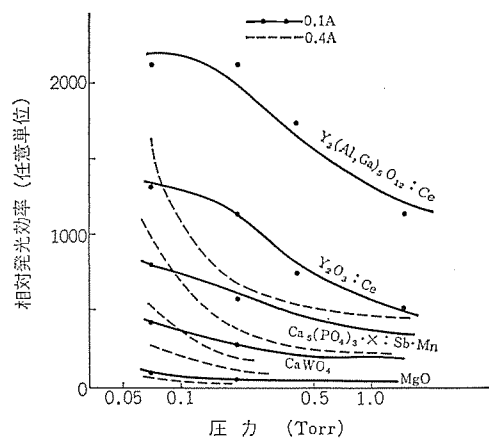


図 8. キセノン 放電中のけい光体の発光とガス圧力との関係

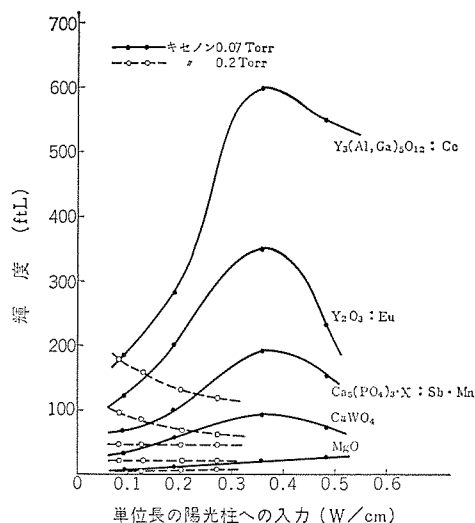


図 9. キセノン 放電中のけい光体の発光輝度と
陽光柱への入力との関係

0.07 Torr では陽光柱入力の増加とともに発光輝度はいったん上昇するが、0.4 W/cm 付近をこえると減少する。一方、0.2 Torr では入力の増加とともに単調に減少している。これは入力の増加が放電電流の増加すなわち電子温度の低下に相当し、励起状態のキセノン原子の濃度を減じる方向に働くが、電流の増加は電子とキセノン原子との衝突回(頻)度を大きくし、励起状態のキセノン原子を増加させる方向に働くので、この二つの因子の兼ね合いで図のように発光輝度に変化したものと思われる。

3.2 キセノン-ヘリウム混合ガスによる励起

図 10. はキセノンの分圧を 0.07 Torr の一定に保ちヘリウムを加えて全圧を高めた場合の各種けい光体の相対発光効率を示す。ヘリウムの圧力の増加は発光効率を低下させるが、その程度はキセノンのみの場合に比べてはるかに小さい。Y₃(Al, Ga)₅O₁₂:Ce の場合、0.3 Torr でも 0.08 Torr のときの 30% 減に過ぎない。発光効率はキセノンの場合と大差なく、Y₃(Al, Ga)₅O₁₂:Ce がとくに高く、ついで、Y₂O₃:Eu, Zn₂SiO₄:Mn となっている。

また、実験範囲内の 0.5 Torr まで、放電およびけい光体の発光色はキセノン だけの場合とほとんど同じであった。このことは混合ガスでもけい光体の励起はおもにキセノンからの共鳴線によるとことを示している。

図 11. は主要なけい光体の発光輝度と陽光柱入力との関係を示すもので、キセノンの場合と同様に最高の発光輝度を与えるような陽光柱入力が存在している。その値は圧力によって多少変わり、高くなるほど入力の大きいほうへ移り、かつピークの形は平たん(坦)になる。そして、全圧力 0.26 Torr 付近で、すなわちキセノン 0.07 Torr, ヘリウム 0.19 Torr の混合ガスがいずれのけい光体に対しても最も大きな発光輝度を与えている。

3.3 その他のガスによる励起

0.05~0.5 Torr のヘリウムについて検討した。けい光体の発光はきわめて弱く、放電の発光が大部分を占める。実験範囲内の最高輝度は圧力 0.5 Torr, 放電電流 0.4 A のときの ZnO:[Zn] の 1,700 ftL であるが、放電自体の輝度が 1,200 ftL であり、陽光柱入力に対してそれぞれ約 16 lm/W, 11 lm/W とみなされる。ヘリウムの共鳴線の波長 58 nm から考えてもけい光体の励起には不適當であるといえる。またヘリウム放電では電極降下が大きく、そのために大きなエネルギーを消費することも不利な点である。今回のような条件ではヘ

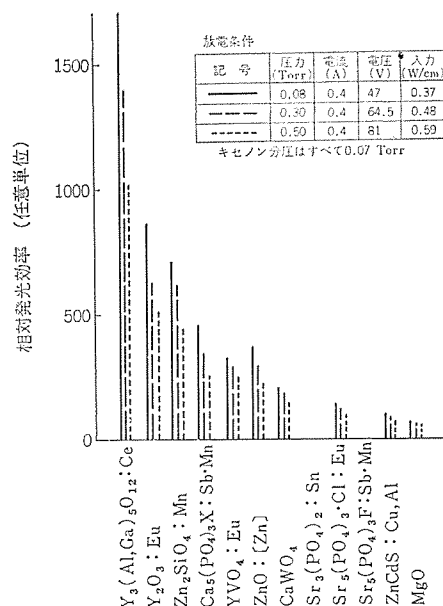


図 10. キセノン-ヘリウム 混合ガス 放電中の各種けい光体の発光

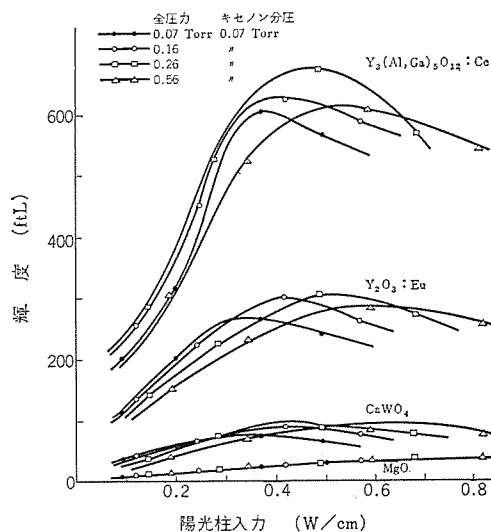


図 11. キセノン-ヘリウム 混合ガス 放電中のけい光体の
発光輝度と単位長陽光柱入力との関係

リウムはキセノンに比べて適当ではない。

窒素ガスではけい光体からの発光はヘリウムの場合よりもさらに弱い。またキセノン-水素の混合ガスでは今回のような条件では放電自体が困難であった。

4. 希ガス放電けい光ランプの試作

最高の発光輝度が得られた Y₃(Al, Ga)₅O₁₂ とキセノン を組合せた 20 W 形 ランプ を試作した。けい光膜はけい光体粉末、硝化綿 ラッカ および酢酸 ブチルの懸濁液を塗布し乾燥、焼付け操作により作った。塗着量は約 3 mg/cm² であり、やや少なめである。

図 12. は ランプ の発光効率と管入力との関係を示す。20 W の安定器をシリーズに接続して、60 Hz の交流で点灯した。3 章で述べたように発光効率はガス圧力が低いほど高い。この実験ではキセノンガス圧力 0.07 Torr のとき最高 23 lm/W の効率を得られた。これは参考にした FL 20 SW けい光ランプの約 1/3 である。また、入力に対して発光効率は 0.07 Torr 圧力の場合ほとんど一定であり、0.2 Torr の場合は減少しており、3 章の実験結果と一致している。図には Zn₂SiO₄:Mn を用いた ランプ についても示したが、最高 13 lm/W

であり、Beese⁽¹⁾のいう 20 lm/W よりもかなり低い。この差は使用した $\text{Zn}_2\text{SiO}_4 : \text{Mn}$ の特性の差とも考えられるが、その合成技術の進歩から考えて、むしろ実験そのものの違いによるものと推察される。図 13. はランプの発光のスペクトル分布で、封入ガス圧力 0.07 Torr と 0.3 Torr のものを管入力 20 W で測定した。535 nm にピークをもつ、色度 $x=0.275$, $y=0.505$ の緑白色発光である。圧力によってエネルギーの絶対値は変わるが、その相対的な分布は変化しない。

発光効率に対して以上のような因子のほかにランプ寸法も影響するので、 $\text{Y}_3(\text{Al}, \text{Ga})_5\text{O}_{12} : \text{Ce}$ とキセノンを用いたランプで発光効率と管径の関係を調べた。表 2. はその結果で封入ガス圧力を 0.07 Torr とした。管径が大きいくほど発光効率は高くなり、実験の範囲内では 3.8 cmφ で最高の 24.5 lm/W を得た。表面輝度は逆に管径の細いほど高く、1.8 cmφ で 1,400 ftL を得た。細いものほど発光効率が低いのは陽光柱の電荷がより速く管壁での表面両結合で失われ、それを補うのにより多くのエネルギーを要するためと考えられる。

以上のように今回の最高発光効率は 24.5 lm/W (緑白色) であり、下記に算出した実現可能と思われる緑色での 40 lm/W や白色での 28 lm/W に比べてまだかなり低く、検討中である。

なお、キセノンを用いた希ガス放電けい光ランプで予測される発光効率を概算すると下記のようになる。発光効率は陽光柱内の共鳴線

表 2. 種々の管径をもつ試作管の発光特性

管内径 (cmφ)	全管入力 (W)	輝度 ⁽²⁾ (ftL)	全光束 (lm)	発光効率 (lm/W)
3.8	20	680	490	24.5
2.7	20	800	420	21
2.2	20	850	360	18
1.8	30 ⁽¹⁾	1,400	480	16

(1) 全管入力 20 W の条件では放電不能

(2) 管中央の表面で測定

によるけい光体の発光だけを考え、 $K=K_m \cdot q \cdot P_r \cdot R \cdot \eta$ で表わされる。ここで K_m は最大視感度 (680 lm/W), q はけい光体の $\int E(\lambda) V(\lambda) d\lambda / \int E(\lambda) d\lambda$ 値, P_r は共鳴線の放射効率, R は共鳴線と最大視感度を与える光の量子エネルギー比, キセノンでは 0.26, η はけい光体の量子効率である。極限值は $q=1$, $P_r=1$, $\eta=1$ として 555 nm 単色発光の 176 lm/W である。実現されそうな値として、 $P_r=0.5$, $\eta=0.8$ を用い、 $q=0.7$ の緑色で 50 lm/W, $q=0.5$ の白色で 35 lm/W を得る。ランプでは電極降下などによる約 20% のエネルギー損失を考え、緑色で 40 lm/W, 白色で 28 lm/W となり、これがこのランプで実現可能な発光効率といえよう。

5. む す び

$\text{Y}_3(\text{Al}, \text{Ga})_5\text{O}_{12} : \text{Ce}$, $\text{Y}_2\text{O}_3 : \text{Eu}$, $\text{Zn}_2\text{SiO}_4 : \text{Mn}$ がキセノン放電からの共鳴線 (147 nm) によって比較的効率よく励起され、発光することがわかった。特に、 $\text{Y}_3(\text{Al}, \text{Ga})_5\text{O}_{12} : \text{Ce}$ は発光効率がよく、今回の実験では従来の高効率けい光体 $\text{Zn}_2\text{SiO}_4 : \text{Mn}$ の 2 倍近い値を示し、試作ランプで最高 24.5 lm/W (緑白色) を得た。これはキセノンを用いた従来のランプ (表 1.) を約 20% 上まわるものであり、しかもこれが新種のけい光体によりなされたことは注目される。しかし現用けい光ランプと比べると発光効率はこれでもはるかに低く、実用の可能性は依然として困難といえる。けい光体や放電に関する今後の研究に期待したい。(昭和 49-6-28 受付)

参 考 文 献

- (1) N. C. Beese : J. Opt. Soc. Am., 36, 493 (1946)
- (2) H. G. Jenkins : British Patent 457, 486
- (3) J. T. Randall : Roy. Soc. Arts 85, 354 (1937)
- (4) V. V. Fedorov : Svetotekhnika, 14, 18 (1968)
- (5) J. D. Kingsley, et al. : J. Electrochem. Soc., 117, 353 (1970)
- (6) 小池ほか : けい光体同学会 第 150 回 (昭 48-9)
- (7) E. R. Ilmas, et al. : Optics and Spectroscopy, 18, 255 (1965)
- (8) Ibid, 18, 359 (1965)
- (9) N. C. Beese : US Patent 2, 622, 221
- (10) エンゲル (山本ほか訳) : 電離気体 (昭 43) コロナ社

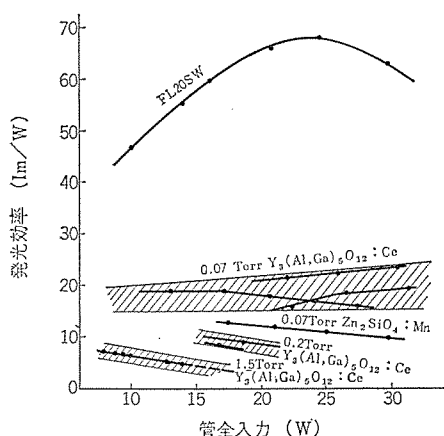


図 12. 20 W 形試作ランプの発光効率

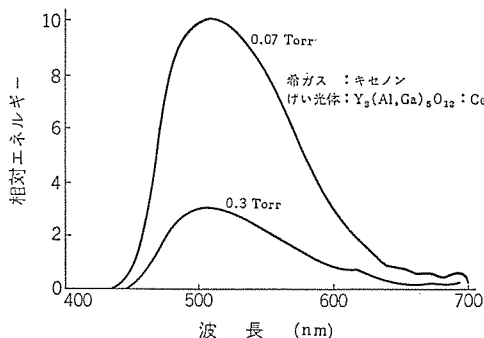


図 13. 20 W 形試作ランプの発光スペクトル

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1000262	冷却器	高田健治	1004574	換気扇	穴戸幸男
1000263	縮結装置	八木信郎	1004575	レンジフード	林 悦二
1000264	永久磁石の温度補償装置	重信守男・大川明久	1004576	レンジフード用フィルタ	林 悦二
1000265	スクリュードライバのビット保持装置	弘瀬 潔・中山卓義	1004577	小窓用換気扇	千藤正明
1000266	半導体ダイオードスタック装置	塚本昭三	1004578	炭化けい素結晶の製造装置	香崎銀博・堀内利明
1000294	内燃機関の始動電動機	原 忠之	1005407	電気ふとん類の温度調節装置	東 邦弘・中村富家
1002613	磁石発電機の回転子	三木隆雄・日野利之			本所正直・武井久夫
1002614	ばね懸垂支持装置	越桐喜一	1005408	携帯用歯治療器	小川幹雄・小川 昇
1002615	位相弁別装置	高田信治・三宅康明			森本 基・福田興司
1002616	遠心進角装置	大西正義	1005409	指示計器の調節ボタン	佐野重信
1002617	自動車用表示装置兼用送風装置	野口英男・高田朝男			中村富家・中野嘉博
1002618	内燃機関回転速度制限装置	浅山嘉明	1005410	電気毛布の過熱保護装置	高梨靖士
1002619	停止機構	杉浦 博・原田昭男	1005411	けい光灯用ソケットの取付装置	保田智行・今井 将
1002620	車外音聴取装置	酒井勝正			
1002621	開閉器	長尾良章・渋川弘一	1005412	点火時期調整装置の圧力検出装置	三木隆雄・小田信雄
1002622	スチームアイロンのタンク取付装置	小川 昇・荒木 勲	1005413	電気機器用摘子	中村富家・大竹 操
		河村 洋	1005414	エレベータの調速装置	国井和司
1002623	分周器	鳥居健太・石本正明	1005415	ソケット収納装置	井上昌成
1002624	氷削機	服部信道・村本光熙	1005416	高周波加熱器の安全装置	鈴木正高
		池上正修			八島英之・岩井 優
1002625	冷蔵庫の除霜水蒸発装置	永野幸信	1005417	中性子水分計	吉島甲一
1002626	スプレー式表面処理装置	駒沢吉郎	1005418	多層電源供給板	新田 徹
1002627	リードスイッチ装置	元木義明・山根満徳	1005419	密閉型圧縮機	越桐喜一
1002628	クラッチ付き電動機におけるクラッチ板の給液装置	横山昌弘	1005420	溶射装置	岸本 浩
1002629	機関の吸気加熱装置	浅山嘉明	1005421	電子調理器	高瀬明生
1002630	点火コイル	桃山 勉	1005422	ソケットカバー装置	須田良吉
992976	内燃機関	岩元孝意・妹背忠男	1005423	高周波加熱装置	柴田 実
1002730	電気とたつの赤外線ヒータ	田村弘治郎・平塚 篤			
1002731	閉鎖配電盤の扉装置	田和 穰・田中久雄	1005424	表面こげ付目付装置を備えた高周波調理器	高瀬明生・古屋芳明
1002732	ころがり軸受の外輪空転防止装置	武井久夫・相河富雄	1005425	冷蔵庫	西郷 勝・河村伊佐夫
1002953	遅延制御装置	竹内考治・杉中輝明	1005426	誘導加熱装置	高瀬明生
1004562	表示ランプ付温度制御装置	中野嘉博・高梨靖士	1005427	誘導加熱装置	高瀬明生
1004563	可変速電動工具	入江 厚	1005428	機器箱の引出装置	三金敏雄
1004564	空気清浄器	平山建一	1005429	蝶番	小川 昇・鳥山建夫
1004565	換気装置	田口幹雄・川淵 勇	1005430	筒状ガス燃焼器	高木 滋
1004566	防湿型換気扇	今井純英・岡田伴蔵	1005431	電子調理器	池田安司
1004567	密閉形圧縮機	高田 宏	1005432	蝶番カバー取付装置	西郷 勝・田中 毅
1004568	熱交換器付同時吸排型換気装置	吉野昌孝・白金 温	1005433	テーブル板装着装置	戸塚次郎
		小栗 敦	1005434	冷蔵庫の送風装置	戸塚次郎
1004569	プレス型のパイロットピン装置	森田 豊	1005435	冷蔵庫	小西 勝・河村伊佐夫
1004570	換気口の風雨防止カバー	林 悦二・千藤正明	1005436	冷却器取付装置	中島 勇
1004571	窓据え付け型換気扇用取り付け装置	五十田 穰・鈴木欽三	1005437	ヒンジ装置	高木宏嘉
			1005438	冷蔵庫	中島 勇
1004572	同時吸排型換気扇用風雨防止カバー	吉野昌孝・白金 温	1005439	冷蔵庫の冷却器取付装置	永野幸信
		小栗 敦	1005440	冷蔵庫用密閉容器	小西 勝・林 八郎
1004573	吸排気換気扇のシャッタ	林 昭彦	1005441	冷蔵庫の除霜装置	荒野喆也・丸山哲朗
			1005442	冷蔵庫	高田弘明・石倉正男
			1005443	露受皿の凍結防止用ヒータ	丸山哲朗・星野義明



特許と新案

位相弁別装置 (実用新案第 960687 号)

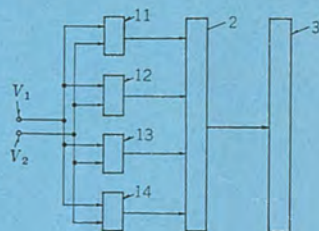
考案者 高田信治・三宅康明

この考案は 2 個の交流量の位相関係を検出する装置に関する。2 個の交流量の位相関係を弁別する手段として、両交流量がいずれも正にある期間が一定値以上であるか否かを弁別すればよいことが提案された。しかしこれでは弁別速度を、原理上 1 c/s 以上にできない。この改良として両交流量がいずれも負にある期間が一定値以上であるか否かを弁別する回路を設け、これを上記と併用することが考えられた。しかしこれをもってしても、原理上その弁別速度は 1/2 サイクルにとどまる。

この考案は 1/4 サイクルの弁別速度をもつ位相弁別装置を提供するものである。図において、(11) は二つの交流量 V_1 , V_2 がいずれも正にある期間が一定値以上あるときパルスを出すパルス発生器、(12) は V_1 , V_2 がいずれも負にある期間が一定値以上あるときパルスを出すパルス発生器、(13) は V_1 が正、 V_2 が負にある期間が一定値以下のときパルスを出すパルス発生器、(14) は V_1 が負、 V_2 が正にある

期間が一定値以下のときパルスを出すパルス発生器である。(2) は上記各パルス発生器のいずれかがパルスを出したとき、最終判定要素 (3) を所定時間ロックする遅延回路である。

従来はパルス発生器が (11) と (12) の 2 個しかなく、しかもこれからは 1/2 サイクルごとに交互にパルス出力を出すにとどまるから、弁別速度を 1/2 サイクル以上にできないのである。しかしこの考案はパルス発生器 (13) と (14) を追加した。したがって 4 個のパルス発生器 (11), (12), (13), (14) が 1/4 サイクルごとにパルス出力を出すから、弁別速度を 1/4 サイクルにすることができる。この場合上記した遅延回路 (2) の遅延時間は 1/4 サイクル以上とする必要のあることはいうまでもない。



密閉形圧縮機 (実用新案第 1004567 号)

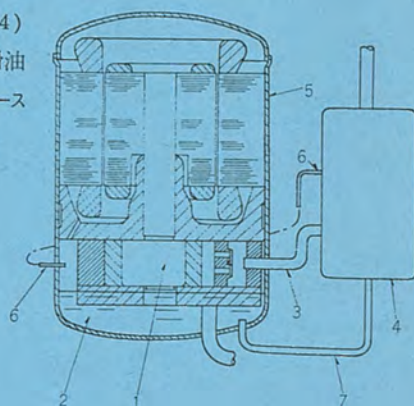
考案者 高田 宏

この考案は、密閉ケース内を高圧にした形式の圧縮機において、吐出ガス中に溶解した潤滑油を分離し、再び密閉ケース内にもどすようにした油分離装置に関するものである。

図において、圧縮機本体 (1) により圧縮され潤滑油 (2) を含んだ吐出ガスは、連結管 (3) により油分离器 (4) 内に導かれ、油が分離されて底部にたまる。

一方、油分离器 (4) 内と密閉ケース (5) 内の空間とは毛細管 (6) により連結されているため密閉ケース (5) 内の空間も高圧となり、したがって、油分离器 (4) 内の吐出冷媒ガスが油戻し管 (7) を通って密閉ケース (5) 内に流入することはない、しかも、密閉ケース (5) の空間のほうが油分离器 (4) よりも常に圧力が若干低いことに

なるので、油分离器 (4) の底部にたまった潤滑油はその圧力差で密閉ケース (5) 内にもどされる。



揚水発電所の低周波同期起動制御装置 (特許第 630229 号)

発明者 梅名茂男・横田 浩

この発明は揚水発電所で低周波同期起動を行なう場合、被駆動機 (揚水電動機または発電電動機) と駆動機 (発電機または発電電動機) の回転数を常にそろえてスムーズに低周波同期起動させる始動装置に関する。図 1. は従来装置で (1) は水車、(2) は発電機、(3) は PG、(4) は基準周波数より発電機の速度が速ければ負、遅ければ正の信号を出す速度検出器、(5) は基準速度設定器、(6) は増幅器、(7) はガイドベーン開度を制御する操作部、(8) は復元部である。

この従来装置では制御対象である被駆動機の回転数に無関係に水車への入力を徐々に増加して一方的に同期に引込もうとするものであるから、被駆動機の機械損および起動に必要なトルクが一定であれば水車 (1) への入力を時間的に一定のこう (勾) 配で増加させればよい。しかしこのこう配の最適値は試験を繰返して求めるのが普通で、その作業が相当困難であった。しかも機械損および起動トルクは軸受油膜の状態、ガイドベーンの漏水量などによって変わるので実際問題

特許と新案

として上記こう配を正確に求めることは不可能であり、したがってこの従来装置では低周波同期起動時、低速度域で同期引込みを完了しなければ、回転数が上昇してからでは同期引込みは困難となる。

この発明はこの欠点を除去するもので補償回路を設けて同期引込みを行ないやすいようにした。図2. はこの発明を示す図であり、(9)は揚水時に閉じる開閉器、(10)は駆動機側と被駆動機側(ポンプ(11)と電動機(12)からなる)のPG(3)の出力パルス差を導出する比較器、(13)は比較器(10)の出力をアナログ量に変換するDA変換器、(14)は不感帯増幅器で出力はガバの入力側に導入される。ここで低周波起動時、駆動機と被駆動機が同期している状態ではガバへの修正信号は零になって、速度設定器(5)によって決まるある回転数でバランスするように構成されている。いま

F : 速度設定器(5)の設定値

K : 補償回路中の増幅器(14)の利得

NG : 駆動機の回転数

NP : 被駆動機の回転数

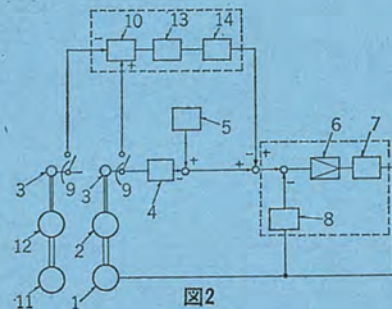
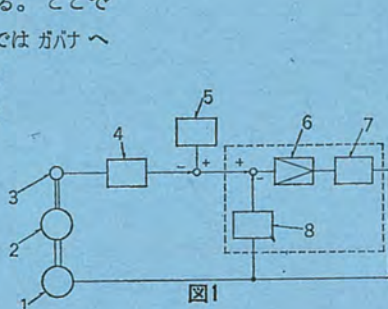
とすれば

$$(F - NG) - K(NG - NP) = 0$$

なる関係が成立し、したがって

$$NG = \frac{F + K \cdot NP}{1 + K}$$

となる。ここで増幅器(14)の利得 K を非常に大きくすれば、近似に NG と NP は等しくなり、常に同期を保つことになる。



ネットワーク配電方式 (特許第666011号)

発明者 芝 滝 寿 宏・福 田 信 夫

図1. は従来のネットワーク配電方式であり、いま高圧フィーダ(4)に事故が生じ、シャ断器(5)が開になったとすると、フィーダ(4)はネットワークプロテクタ(2)を通して他フィーダからの給電により生きているネットワーク母線(3)によってネットワーク変圧器(1)の2次側から充電されるので、プロテクタ(2)を開かなければ故障フィーダ(4)の保修ができない。プロテクタ(2)はこれを通常と逆方向に流れる電流を検出してトリップ動作する。この逆電流には次の三つがある。

- (1) シャ断器(5)がトリップしても故障が残るとき、故障電流とフィーダ充電電流と変圧器(1)の励磁電流との和が流れる。
- (2) シャ断器(5)のトリップ後故障が消滅するとき、フィーダ充電電流と変圧器(1)の励磁電流との和が流れる。
- (3) 上記(2)においてフィーダ直長が短いとき、励磁電流が流れる。

図2. はプロテクタ(2)の逆電流シャ断特性 A と、変圧器(1)の励磁電流 I_0 と、フィーダ充電電流 I_c と、故障電流 I_F との関係を示すものであり、逆電流シャ断特性は通常の運転範囲 B では直線であるが、大電流域ではプロテクタ(2)中の変流器の飽和のため図のように曲がる。一般に故障電流 I_F の大きさは原点0から逆電流シャ断特性と故障電流ベクトルとの交点 a までの大きさ $0a$ よりも十分大きいので、前記(1)の場合は問題なく逆電流シャ断が可能である。しかし変圧器の励磁電流 I_0 は逆電流シャ断領域に入らず、フィーダ充電電流 I_c が加わっても同様で (I_c は I_0 を改善する進み逆電流成分として働く) あり、前記(2)、(3)の場合はなんらかの対策が必要となる。従来この点にかんがみ、逆電流有効分を増やすべく変圧器巻線間に抵抗をそう(挿)入して協調させることが考えられたが、無用の電力消費を伴う。

この発明は上記のようなプロテクタが動作するに必要な条件を作る

方法ではなく、プロテクタ自体の特性を改善しようとするものであり、系統全体として損失が少なく経済的なネットワーク配電方式を実現するものである。すなわちプロテクタの逆電流が励磁電流 I_0 のみの場合にも十分逆電流シャ断を可能にするため、図3. に示すように変圧器(1)の2次側とプロテクタ(2)の間にコンデンサ(6)をそう入し、変圧器(1)の励磁電流 I_0 に進み逆電流成分 I_q を供給し、見かけ上フィーダの充電電流を、逆電流シャ断領域内に入るよう増加せしめる。これにより上記(2)、(3)のいずれの場合にも確実にネットワークプロテクタ(2)が動作し、逆電流をシャ断することができる。



図1

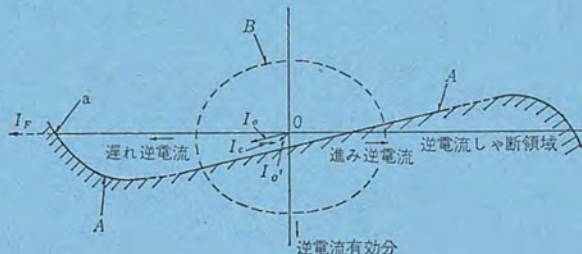


図2

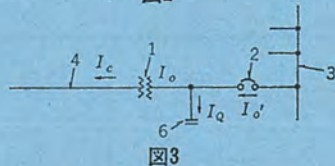


図3

ダイナミック コンバーゼンスレス カラーテレビ受像機の開発

糸賀 正己*・岩村清志郎*・石井 宏和*・中田 克己*

1. ま え が き

昭和46年における20形、18形デルタガン110°偏向カラーテレビ受像機の開発、量産化以来、14形にいたるまで110°偏向オールラインアップを完成させ⁽¹⁾、“ダイアトロン110”による技術イメージの向上、受像機の奥行き短縮等によって、販売面にも好結果がもたらされた反面、消費電力、コスト、性能改良上および製造上において解決しなければならない問題を生じ、鋭意それらの問題点の解決に努力を払ってきた。

一方、コスト要因は、110°偏向技術の商品価値と大形機種が主流であったことによって吸収されていたが、近年18形を中心とする中、大形と14形を中心とする小形機種の2極化傾向を生じ、特に14形機種の台数が増加している中で、これらの問題に対処できる新技術が待望されていた。

今回、14形において、110°偏向機種の後継として、“ダイアトロン110”のイメージを越えた、しかも従来の14形デルタガン90°偏向機種に比べても低コストで、奥行きも短く、性能および生産性の向上が可能である新技術として開発したのが、“ダイアトロンSSS”(スリーエス)方式と呼ばれる14形ダイナミックコンバーゼンスレスカラーテレビ受像機14CP-15Cである。

ここでは、昭和48年10月から量産している14CP-15Cについてその特長、回路構成、ダイナミックコンバーゼンス技術、量産方式等の概要および今後の問題について述べる。

2. 受像機の特長、仕様および回路構成

14CP-15Cの特長は“ダイアトロンSSS”方式によるダイナミックコンバーゼンス(いわゆるセルフコンバーゼンス)技術を採用し、従来必要であった12個所のダイナミックコンバーゼンス調整を完全になくしたことである。

また、シャーシは従来の14CP-13C(デルタガン90°偏向)のGシャーシを基本形として展開し、能率よく開発設計を行っており、キャビネットも13Cの系列機種として流線形に仕上げられたポータブルタイプである。

図1.および図2.にそれぞれ受像機およびシャーシの外観を表1.にその仕様を示す。

2.1 ダイアトロンSSS方式

ここでいうSSSとは、セルフコンバーゼンス方式(Self-Convergence)・ストライプけい光面方式(Black-Stripe Screen)・ショートネック(Single Gun and Short Neck)の3文字を意味している。

(1) セルフコンバーゼンス方式(Self-Convergence)

高精度インラインガン方式ブラウン管と特殊な磁界分布を持つ偏向ヨークを使用し、相互の取り付けを最適状態にすることによって、3ビームの色合せを自動的に行ない、ダイナミックコンバーゼンス調整を完全になくしているので、ブラウン管ネック周辺は簡単な構成になっている。

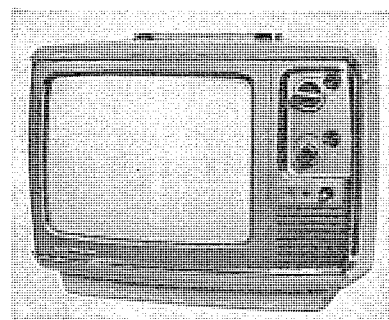


図1. 14CP-15C 外観

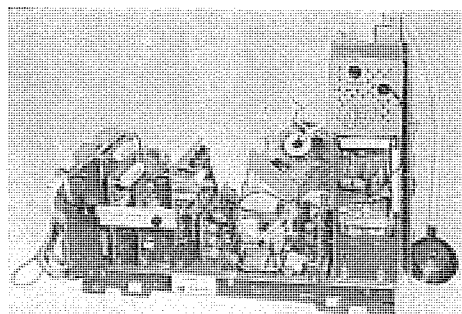


図2. 14CP-15C シャーシ外観

表1. 14CP-15Cの仕様

項 目	定 格 お よ び 仕 様
電 源 (V)	AC 100 50/60 Hz
消 費 電 力 (W)	85 (予熱時 6)
ア ン テ ナ 入 力	VHF 300 Ω 平衡形または75 Ω 不平衡形 UHF 200 Ω 平衡形
チューニング	MFT
IC (個)	4
トランジスタ (石)	36
ダイオード (石)	42 (その他3)
ブラウン管	ブラックストライプ管 370 BHB22 (シャドウグリル方式Tバンド防爆形)
高 圧	20 kV/1 mA
音 声 出 力 (W)	1 (無ひずみ)
スピーカ (mm)	87 (1個)
ビデオ出力	RGB 原色ドライブ方式
外形寸法 (mm)	(幅)477×(高さ)368×(奥行き)374
重 量 (kg)	16

(図3.(a),(b)参照)

また、コンバーゼンスずれについては、調整がないにもかかわらず、従来以上の性能が量産実績として得られている。

(2) ストライプけい光面方式(Black Stripe Screen)

従来のドット状(丸穴)のシャドーマスク、けい光面に対し、スロット状(角穴)のシャドウグリル、ストライプ状のけい光面(いわゆるブラックストライプスクリーン)を使用し、画面の明るさが向上している。

また、ストライプ構造けい光面のパターン効果、モアレの減少、切れの良い映像特性によって、より鮮明な画面が得られ、さらに、けい光

体が縦方向につながっているため、ランディング特性が良く、地磁気による劣化も少なく、従来以上に色純度、ホワイトユニフォームティが良くなっている。

(3) ショートネック (Single Gun and Short Neck)

カソード以外の電極は3色共通の高精度シングルガン構造インライン方式で、コンパゼンスずれのばらつきが非常に小さい。

また電子銃が小形でブラウン管全長が短く、受像機奥行の短縮が可能である。

2.2 仕様比較

14 CP-15 C, 14 CP-13 C (デルタガン方式 90° 偏向) および 14 CT-12 AS (デルタガン方式 110° 偏向) についての比較を表 2. に示す。

ブラウン管全長の短縮に対し、さらにバックカバーとのクリアランスを若干縮め、受像機の奥行を 4.4 cm 短くし、90° 偏向であるにもかかわらず 13 C と 12 AS の中間程度である。

なお、消費電力については 13 C に比べ若干少なく 85 W である。

2.3 回路構成

図 4. にブロックダイアグラムを示す。チューナブロック、VHF 回路、クロマ回路、電源回路および音声回路は 13 C と全く同じであるが、コンパゼ

ンス回路はなく、コンパゼンスアセンブリ以外に、可変コイル3個、バリウム9個、その他コイル、ダイオード、コンデンサ、抵抗等16個および基板を含む機構部品が省略されている。

ここでは、その他の回路のおもな変更点について述べる。

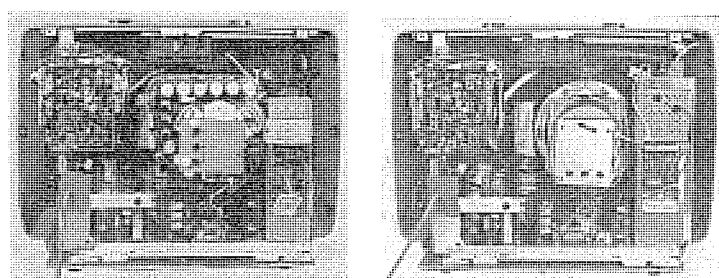
(1) 垂直偏向回路

垂直発振回路は従来と同じブロッキング発振回路であるが、垂直出力回路は従来のキャパトリオンジスタ (2 SC 1151) 1 石を使用した VO T 方式と異なり、当社としては初めての V・OTL 方式、モールドトランジスタ 2 石 (2 SC 1410, 2 SA 775) の組合せによる SEPP (シングルエンドッドプッシュプル) 回路を採用している。

また、この回路はラインオペレート方式で、 V_{cc} は電源電圧 110 V を

表 2. 仕様比較

機 種	14 CP-15 C (ダイアトロン SSS)	14 CP-13 C (ダイアトロン 90°)	14 CP-12 AS (ダイアトロン 110°)
項 目			
消費電力 (W)	85	90	115
受像機奥行 (cm)	37.4	41.8	33.6
偏向ヨーク	セミトロイダル	セミトロイダル	サドル
ダイナミックコンパゼンス調整	無	有 (12 箇所)	有 (12 箇所)
高 圧 (kV/mA)	20/1	19/0.7	20/1
プ ラ ウ ン 管	偏向角 (度)	90	110
	電子銃	インライン	デルタ
	ネック径 (mm)	29.1φ (太ネック)	29.1φ (細ネック)
	フォーカス	バイポテンシャル	ユニポテンシャル
	けい光面	ストライプ (BM)	ドット (BM)
	全長 (cm)	33.7	37.2



(a) デルタガン方式
(14 CP-13 C)

(b) ダイアトロン SSS 方式
(14 CP-15 C)

図 3. デルタガン方式とダイアトロン SSS 方式

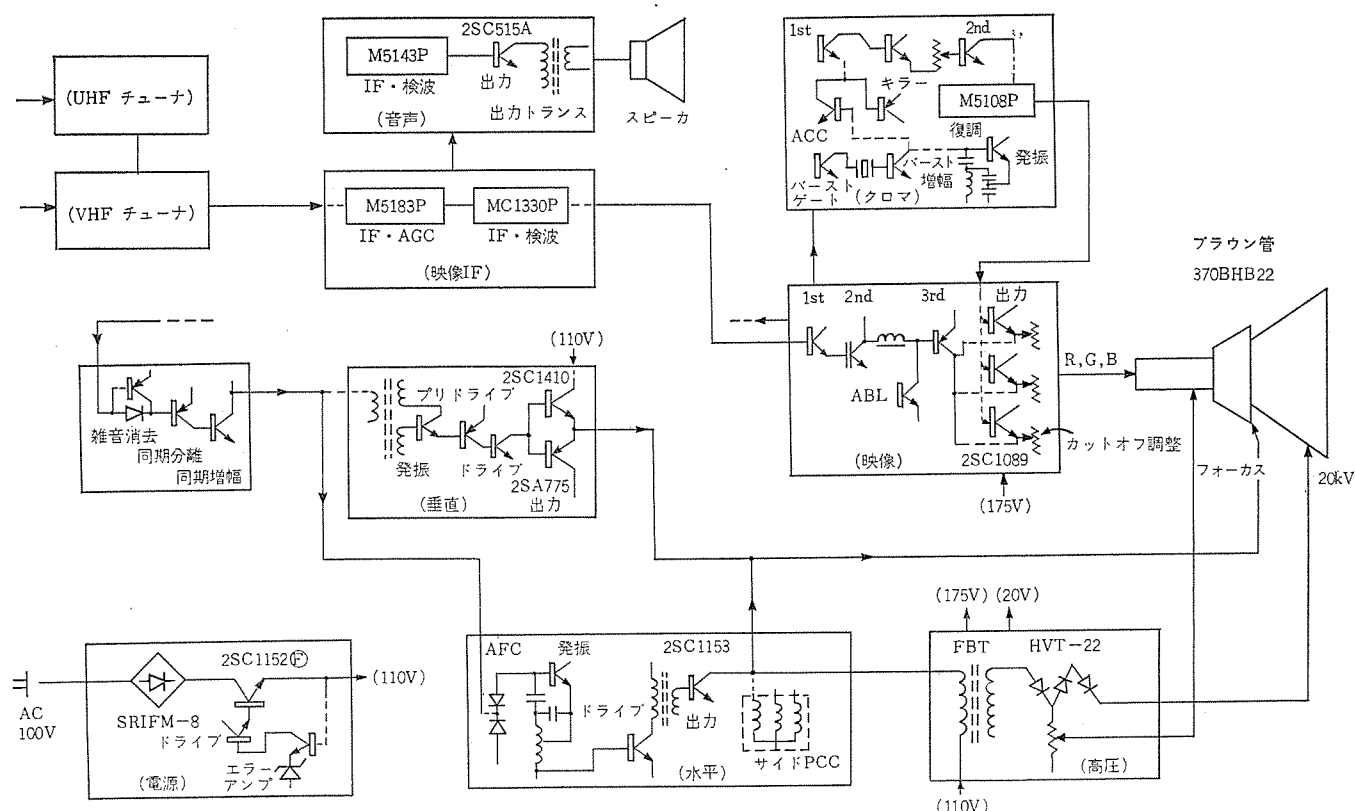


図 4. 14 CP-15 C ブロックダイアグラム

デカップリングを介して 100 V とし、電源効率を高めるため、垂直偏向コイルは帰線期間の許容できるレベル (0.8 ms) まで巻き上げている。帰線期間 t_{vr} は式 (1) で表わされる。

$$t_{vr} = L_v / R \ln \{ (E/R + I_{vpp}/2) / (E/R - I_{vpp}/2) \} \quad \cdots (1)$$

ここで、 $R = R_v + R_f$ (R_v は偏向コイル抵抗、 R_f はフィードバック抵抗)、 I_{vpp} は偏向電流ピーク値、 L_v は偏向コイルインダクタンスを示す。また、 E は式 (2) で表わされ、 L_v と R_v は偏向コイルとして式 (3) に示す関係があり、偏向電力指数 P_v は R_v の値に関係なく、磁界分布と磁路長が決まれば一定値で、式 (4) で表わされる。

$$E = k(V_{cc} - 1/2 R I_{vpp}) \quad \left(k = \frac{16.7 - t_{vr}}{16.7} \right) \quad \cdots (2)$$

$$L_v / R_v = 2 \quad (\text{ガウ巻トロイダル巻線}) \quad \cdots (3)$$

$$P_v (\text{一定値}) = R_v I_{vpp}^2 \quad (\text{占積率一定の場合}) \quad \cdots (4)$$

以上式 (4) から概算し、最終的には $R_v = 50 \Omega$ 、 $L_v = 90 \text{ mH}$ に選んでいる。なお、上下糸巻ひずみ補正回路、垂直コンバーゼンス回路がなく簡単な構成となっている。

(2) 水平偏向回路および高圧出力回路

水平 AFC、発振回路は 13 C と同じシングルパルス AFC、ブロッキング発振回路を使用している。

水平出力回路については、 V_{cc} は 110 V であり、ブラウン管のネックシャドウの許容範囲内 (偏向ヨーク可動量換算で約 10 mm) で偏向ヨーク長を長くし、また、水平偏向磁界がピン磁界で偏向感度が大きいことによってインダクタンス L_H を大きく選ぶことができた。

磁界分布、磁路長が決まり、占積率が一定の条件において、偏向電力指数 P_H と偏向コイルインダクタンス L_H 、偏向電流ピーク値 I_{HPP} の間には式 (5) に示す関係がある。

$$P_H (\text{一定値}) = L_H I_{HPP}^2 \quad \cdots (5)$$

また、S 補正用コンデンサ C_S 無限大、左右糸巻ひずみ補正トランスのインダクタンスが L_H に比し、十分小さいとすれば、

$$V_{cc} = L_H I_{HPP} / t_{HS} \quad (t_{HS} \text{ はトレース期間, 約 } 50 \mu\text{s}) \quad \cdots (6)$$

の関係があり、以上 2 式から概算し、最終的に $L_H = 2.1 \text{ mH}$ に決定している。 L_H に対し、フライバックトランスの 1 次側インダクタンスも大きく (5.3 mH) し、水平コンバーゼンス用パルスも不要なため、水平出力トランジスタ (2 SC 1153—2.5 A 級 1 石) の I_{CP} を従来の 2.7 A_{OP} から 2.3 A_{OP} にでき、消費電力の減少、信頼性の向上および設計裕度を得られ、今後 16 形以上の大形への展開が容易となった。

高圧出力回路は、ブラウン管がバイポテンシャルフォーカス方式であるため、14 CT-12 AS 用高圧ブロック (2 倍圧整流) を流用し、フォーカス電圧は第 1 ダイオードより抵抗分割で得ている。

高圧は 20 kV (ブラウン管アノード電流 1 mA の時)、レギュレーションは 2.2~2.5 kV (0~1 mA) である。

(3) ひずみ補正回路

13 C の場合、コストパフォーマンスの点からひずみ補正を採用していないが、15 C では、左右糸巻ひずみ量が多く、EI-25 を使用した左右糸巻ひずみ補正トランスだけで、ほぼ完全にラスタひずみ補正を行なっている。その理由は、ダイナミックコンバーゼンス化するため偏向ヨークの水平磁界をピン磁界に、垂直磁界をバレル磁界にすると、ラスタはそれぞれの磁界に対し垂直方向に変位させられ、上下糸巻ひずみは水平ピン磁界によって自動的に補正され、左右糸巻ひずみは垂直バレル磁界によって増加するからである。

(4) ビデオ出力回路

電子銃がシングルガン構造でカソード以外は共通電極であるため、カット

オフ調整は R (赤)、G (緑)、(B) 青ビデオ出力トランジスタ (2 SC 1089—3 石) のエミッタ直流電圧を変化させて行なう。したがって、13 C の V_{cc} 130 V に対し所要可変範囲約 45 V 高い電圧 175 V を、電源電圧 110 V にフライバックトランスのパルスを整流し積上げて得ている。

細ネックインライン構造と 90° 偏向によるビーム像倍率のため、110° 偏向ブラウン管に比べフォーカス特性が若干悪く、また、ブルーミング特性が劣化するので、これに対し切れの良い映像特性を実現すると同時に、ブラウン管 G₁-K 電圧を -110 V とし、さらにビデオピークリミッタ回路でピーク電流を制限している。

なお、ドライブ電圧 80 V_{OP}、ビーム電流設定 950 μA (正味)、ABL レベル 1.1 mA (正味) である。

3. ダイナミックコンバーゼンスレス技術

RCA がデルタガン方式ブラウン管を開発して以来、これに関連する偏向ヨーク、コンバーゼンス関係の回路に基本的な変化はなかった。

インライン方式ブラウン管が初めて実用化されたのは、昭和 40 年 General Electric 社の 11 形 60° 偏向、“ポルタカラー”⁽²⁾ で、3 本の電子銃を水平一列に並べたインライン形太ネック 3 電子銃とシャドーマスクおよびオールトロイダル偏向ヨークの組合せでダイナミックコンバーゼンスの簡易化を実現した。

その後、昭和 43 年にソニー (株) がインライン方式トリニトロン電子銃とスリットマスクおよびセミトロイダル偏向ヨークの組合せで、また、昭和 47 年に東京芝浦電気 (株) がインライン形 3 電子銃とシャドウグリル (ブラックストライプ) およびセミトロイダル偏向ヨークの組合せでダイナミックコンバーゼンスの簡易化を実現したが、いずれもダイナミックコンバーゼンス補正用アセンブリおよび 2~4 個所の調整が必要である。

その後、RCA が PIT⁽³⁾ (Precision Inline Tube—高精度インライン 3 ビーム 1 電子銃、シャドウグリルおよびストライプけい光面を組合せたブラウン管) と PST ヨーク (Precision Static Toroid—精密巻オールトロイダルヨーク) の組合せで完全にダイナミックコンバーゼンス調整のない方式を発表したが、当社では、経済性および生産性面からセミトロイダル偏向ヨーク (垂直はガウ巻トロイダル、水平はサドル) によるダイナミックコンバーゼンスレス化を実現した。

3.1 ダイナミックコンバーゼンスレス化とインライン電子銃の関係

デルタガン方式の場合、3 ビームの仮想中心ビーム (3 ビームの形成する正三角形の中心…z 軸上) に対するすべての方向の集中誤差を零にするか、または集中誤差同士が重なり合っただけを見かけ上ずれを生じない条件は、偏向ヨークの磁界をどのようにしても存在しないことが数式的に証明されている⁽⁴⁾。

一方、インライン方式の場合、中心ビーム自体が仮想中心ビームであり、さらに 3 ビームともに同一平面内にあるため、左右ビームの第 1 次集中誤差を垂直、水平偏向方向ともに零に、また、垂直および水平、重畳偏向 (対角) 方向についても独立に零にできる条件が存在し、もしビーム間隔が十分に小さければ、第 2 次集中誤差以上は無視できるので、画面全体にわたってほぼ完全に 3 ビームを集中させることが可能である。

表 3. は垂直偏向、水平偏向の平面スクリーン (実際には平面に近い球面スクリーンで、計算式を簡略化するため) 上の集中誤差第 1 次近似および両偏向重畳時の付加項を示している。

したがって、垂直、水平偏向および両偏向重畳時のずれを零とするには式 (7)、(8) および式 (9) の関係を満足すればよい。

表 3. 平面シャドウグリル上集中誤差計算式

方 向 ず れ	垂 直 偏 向 (第1次集中誤差)	水 平 偏 向 (第1次集中誤差)	両偏向重畳付加項
ΔX_G	$-\frac{S}{P_{0v}} \cdot \frac{Y_i^2}{P_{0v}^2} (F_{0s}^{(v)} + F_1^{(v)})$	$-\frac{S}{P_{0h}} \cdot \frac{X_i^2}{P_{0h}^2} (F_{0m}^{(h)} - F_1^{(h)})$	0
ΔY_G	0	0	$-\frac{S}{P_0} \cdot \frac{X_i Y_i}{P_0^2} (F_{0c} + F_1^{(v)} + F_1^{(h)})$
ΔX_R	0	0	0
ΔY_R	0	0	0
ΔX_B	$+\frac{S}{P_{0v}} \cdot \frac{Y_i^2}{P_{0v}^2} (F_{0s}^{(v)} + F_1^{(v)})$	$+\frac{S}{P_{0h}} \cdot \frac{X_i^2}{P_{0h}^2} (F_{0m}^{(h)} - F_1^{(h)})$	0
ΔY_B	0	0	$+\frac{S}{P_0} \cdot \frac{X_i Y_i}{P_0^2} (F_{0c} + F_1^{(v)} + F_1^{(h)})$

注) $\Delta X_{R,G,B}$: R, G, B の X 方向ずれ, $\Delta Y_{R,G,B}$: R, G, B の Y 方向ずれ
 S : 偏向中心面におけるビーム軸間距離, X_i, Y_i : 画面上 X, Y 方向位置
 P_{0v}, P_{0h}, P_0 : 垂直, 水平, 対角方向偏向中心とシャドウグリル軸上距離
 l_v, l_h, l : 垂直, 水平, 対角方向コイル実効長
 $F_1^{(v)}, F_1^{(h)}$: 垂直パレル, 水平ピン磁界の程度
 $F_{0s}^{(v)} = \frac{l_v^2 + 6P_{0v} - 3P_{0v}l_v}{6l_v}, F_{0m}^{(h)} = \frac{6P_{0h} - l_h}{4}, F_{0c} = \frac{l}{3}$

$$F_1^{(v)} = -F_{0s}^{(v)} = (3P_{0v}l_v - 6P_{0v}^2 - l_v^2)/6l_v \quad (7)$$

$$F_1^{(h)} = +F_{0m}^{(h)} = (6P_{0h} - l_h)/4 \quad (8)$$

$$F_1^{(v)} + F_1^{(h)} = -F_{0c} = -l/3 \quad (9)$$

さらに, 垂直, 水平コイル実効長および偏向中心位置が等しければ

$$l = 0.511P_0 \quad (10)$$

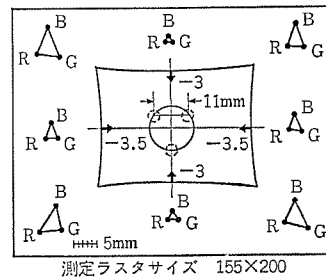
となり, コイル実効長が偏向中心, シャドウグリル間 z 軸上距離の約半分であればよいという条件が出る。

実際には, 球面スクリーンであり, セミトロイダル偏向ヨークであるので偏向中心差を生じるが, セミトロイダルの場合, 各定数ある程度任意に設計でき, 垂直および水平軸上, 対角方向のずれに対し妥協設計を必要としない。

図 5. (a) はデルタガン方式ブラウン管とそれに使用する偏向ヨークによるコンバーゼンスずれとラスタひずみの実測データ (13C, デルタガン太ネック, Bガンダウン) で, このずれを補正するため 12 個所の調整を必要とする。図 5. (b) はデルタガン方式ブラウン管 (偏向コイル内径との関係で細ネックを使用, Bガンアップ) とインライン用セミトロイダル偏向ヨーク (15C 用) によるコンバーゼンスずれとラスタひずみの実測データで, R, G ビームのずれはほぼ零に近いが B ビームのずれがかなり大きく, 3 ビームが重なり合わないことを示している。図 5. (c) はインライン方式ブラウン管 (15C 用) と 13C 用偏向ヨーク (斉一磁界に近い) によるコンバーゼンスずれとラスタひずみの実測データであり, 第 1 次集中誤差が零とならないパターンを示しているが, 図 5. (a) に比べ, ビーム間隔が小さければずれの絶対値がかなり小さいことがわかる。図 5. (d) は 15C の実測データであり, コンバーゼンスずれはほぼ零に近く, 糸巻ひずみについては図 5. (a) に比し, 上下が減り, 左右が増加している。

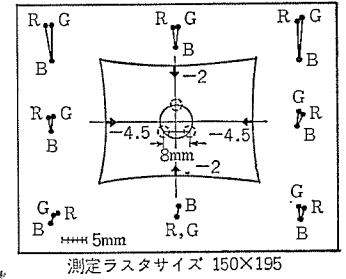
次に, ダイナミックコンバーゼンスレスの原理をモデルで説明する。図 6 (a) は垂直偏向 (上方向) の場合で, 画面中央ではスタティックに 3 ビームが M 点に集中され, その状態で斉一磁界偏向 (微小近傍等価斉一磁界成分による分力 B のみ) を受けると, 画面内側 V' に集中し, 画面上では 3 ビームが分離する。したがって, 集中点 V' を V に一致させるには左右ビームをビーム進行方向と直角に相反発させる成分

(a) デルタガン方式(太ネック, 13C)



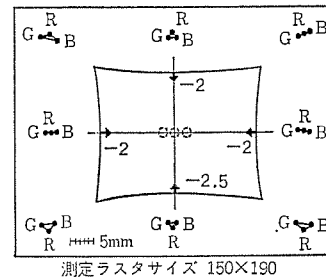
測定ラスタサイズ 155×200

(b) デルタガン(細ネック)とインライン用偏向ヨーク



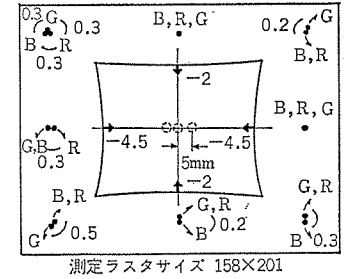
測定ラスタサイズ 150×195

(c) インラインガンとデルタガン偏向ヨーク



測定ラスタサイズ 150×190

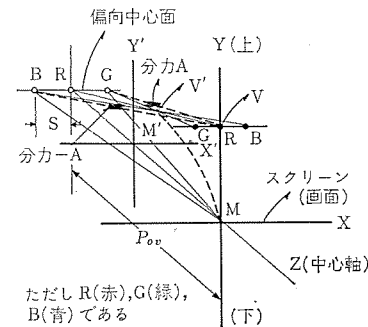
(d) インラインガン方式(細ネック, 15C)



測定ラスタサイズ 158×201

図 5. コンバーゼンスずれとひずみ量実測データ

(a) 垂直偏向



(b) パレル磁界偏向

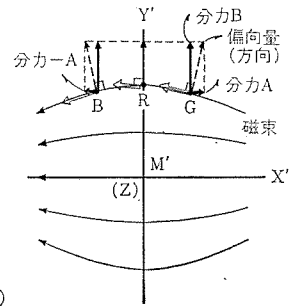


図 6. 垂直偏向モデル

を発生させる, つまり電磁集束的には焦点距離を長くする必要があり, 垂直磁界をパレル磁界にしなければならない。

図 6. (b) はパレル磁界中の X'Y' 断面における状態で, 左右ビームを相反発させる微小偏向成分 (分力 A, -A) が発生しており, 垂直下方向偏向の場合も全く同様である。

図 7. は 15C 用セミトロイダル偏向ヨークの z 軸上位置をパラメータとする垂直磁界 y 方向データ (B_{x-y}) を示し, $y=0$ で最大, $\pm y$ 方向で減少する典型的なパレル磁界で, 3 ビームの入射位置, 角度に対する z 軸上 y 方向における偏向量と z 軸方向の逐次積分量によって画面上で集中するように, 偏向中心位置 P_{0v} , コイル実効長 l_v およびパレル磁界の程度 ($F_1^{(v)}$ で表わされる) を決定する。(式(7)を満足する 3 定数を決定する)

図 8. (a) は水平偏向 (右方向) の場合で, 斉一磁界偏向 (微小近傍等価斉一磁界成分による分力 D のみ) の集中点 H' を H に一致させるため, 垂直偏向と同様に電磁集束的に焦点距離を長くするには水平磁界をピン磁界にする必要がある。

図 8. (b) はピン磁界中の X'Y' 断面における状態で, 微小近傍等価斉一磁界成分に対し左右ビームが相反発する成分が発生している。つまり, 中心 R ビームの磁束 Φ_R がこの場合の微小近傍等価斉一磁界成分で, 左右ビームはそれぞれ $(\Phi_R - \phi)$, $(\Phi_R + \phi)$ の磁束で偏向され, R ビーム偏向分力 D に対し, 分力 -C および C を生じ,

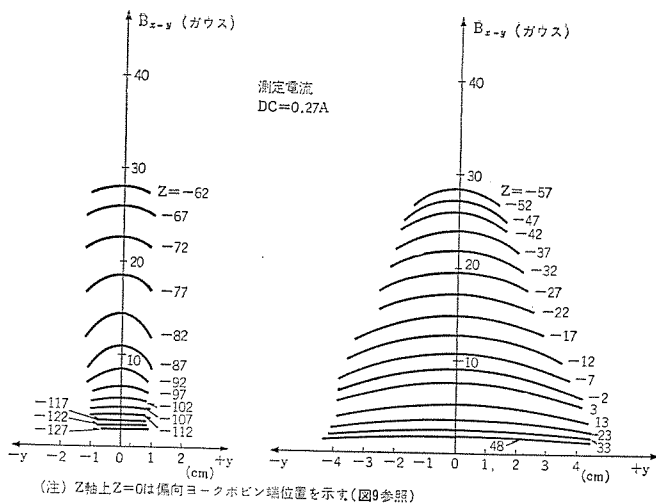


図 7. 垂直磁界データ (B_{x-y})

(a) 水平偏向

(b) ピン磁界偏向

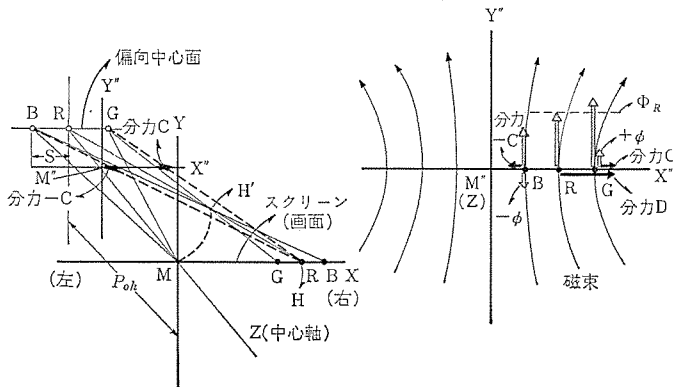


図 8. 水平偏向モデル

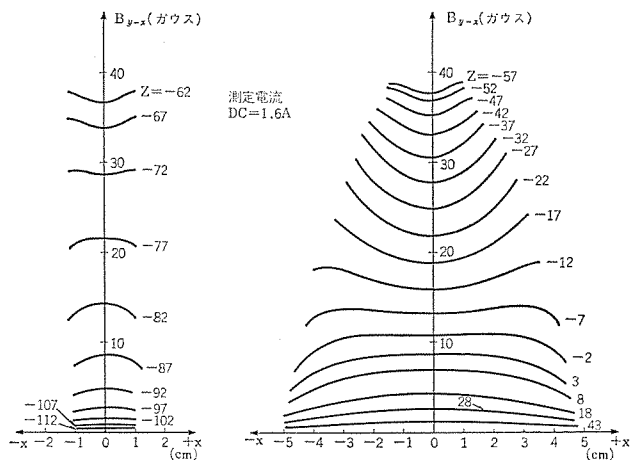


図 9. 水平磁界データ (B_{y-x})

相反発する。水平左方向偏向の場合も全く同様である。

図 9. は 15C 用セミトロイダル偏向ヨークの z 軸上位置をパラメータとする水平磁界 x 方向データ (B_{y-x}) を示し、 $x=0$ で最小、 $\pm x$ 方向で大きくなる典型的なピン磁界で、サドル形コイルの特長としてコイル前端開口部と後端部近辺はパレル磁界となるためコイル内部は積分量を同じにするため強いピン磁界が必要である。この場合も、垂直偏向と同様、3ビームの入射位置、角度に対する z 軸上 x 方向における偏向量と z 軸方向の逐次積分量によって画面上で集中するように、偏向中心位置 P_{oh} 、コイル実効長 l_h およびピン磁界の程度 ($F_1^{(h)}$ で表わされる) を決定する。(式 (8) を満足する 3 定数を決定する)

なお、対角方向は上記垂直、水平軸上重畳磁界では完全に 1 点に集中せず、水平コイルの開口部磁界をネック部磁界に対し変え、対角

方向のずれを補正する。つまり、式 (9) を満足するように対角方向の見かけ上のコイル実効長を変化させる。サドル形コイルではこのような設計が可能である。

実際には、非斉一磁界 (ピンまたはパレル) にすることによって、微小近傍等価斉一磁界成分そのものにずれを生じ、垂直、水平偏向ともに左右ビームの偏向量に比べ中心ビームの偏向量が小さくなり、一致した左右ビームラスタに対し、中心ビームラスタが若干小さくなる。これはコマ収差と呼ばれ、電子銃カップ底面に設けられた内部磁性片上を横切る垂直、水平偏向漏えい (洩) 磁束を左右ビームは磁気しゃへい (遮蔽) 効果で偏向量を減らし、中心ビームは磁気増強効果で偏向量を増し、3ビームラスタが完全に一致するよう設計されている。(図 10. (a)) なお、内部磁性片を横切る垂直、水平漏えい磁束の比率を適正にするため偏向ヨーク後部に外部磁性片を設け垂直漏えい磁束を減らしている。(図 10. (b))

以上は、偏向ヨーク磁界中心軸と中心ビームが一致している場合で、上下方向にずれたときは画面垂直方向でパレル磁界による積分量にアンバランスを生じ、左右ビームが中心ビームに対し集中過多、不足またはその逆となり、水平方向は垂直パレル磁界の一部を横切るので左右ビームのクロス成分を生じ、左右ビームのラスタは中心ビームに対し互いに逆方向に回転する。また、軸合せが左右方向にずれたときは画面水平方向で左右ビームのいずれかがより強く偏向され、垂直方向もパレル磁界の左右ビームに対する偏向量にアンバランスを生じ、いずれかが強く偏向され、左右ビームのラスタは中心ビームに対し互いに逆方向に大きさが変わる。(3.3 節図 13. および図 14. 参照)

フォーカス特性上は視感度の高い G ビームを中心ビームとするほうが有利だが、R ビームを中心ビームに選んだ理由は、上記軸合せがずれた場合、左右ビームのずれが最大となるので、最も目立ちやすい R ビームのずれを少なくするためである。

補足すれば、この技術を完成させるには、電子銃の軸間距離と封入精度、偏向ヨーク垂直、水平磁界の精度と両者の中心軸一致の精度、さらに中心ビームと磁界中心軸との軸合せの精度が必要となるが、結果的にはビーム軸間距離 S がかなり小さく、封入精度をある範囲内に維持することによって、軸合せのずれおよび偏向ヨークの精度が楽となり、偏向ヨークの歩留りも従来品と同等で、性能はむしろ良く、安定性も格段に向上している。

3.2 ダイナミックコンバーゼンスレス化とストライプスクリーンの関係

ダイナミックコンバーゼンスレス化に伴い、偏向コイルの垂直、水平磁界をそれぞれパレル、ピン磁界とし、非回転対称磁界にすることによって、 V_0, H_0 (ガウス)

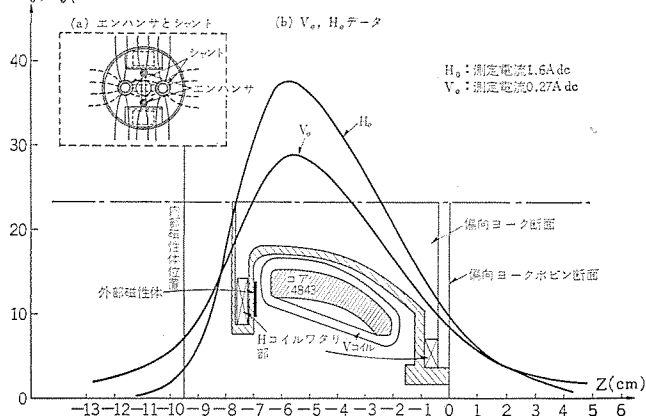


図 10. Z 軸上垂直、水平磁界データ (V_0, H_0) と内部磁性体

偏向中心はそれぞれ若干後退、前進し、偏向中心差を生じる。さらに、図 10. (b) z 軸上垂直、水平磁界データ (V_0, H_0) に示すように、トロイダルコイルの特長をして、ブラウン管ネック方向への漏えい磁束が大きく、垂直コイル偏向中心はさらに後退し、偏向中心差をより大きくする。

シャドーマスク方式の場合、上下方向にけい光体がつながっていないため、複雑な補正レンズを用い、この偏向中心差によるランディングずれを解決するか、または、垂直コイル実効長を短くし、偏向中心差を解決するかであり、後者の場合、垂直コイルの偏向感度はもちろん、コアが短くなることにより水平コイルの偏向感度も低下し、回路上能率設計ができなくなる。

ストライプけい光面ではこのような問題はなく、高能率セミトロイダル偏向ヨークの使用が可能である。

3.3 偏向ヨーク

(1) PST ユークとセミトロイダル偏向ヨーク

表 4., 5. にそれぞれ PST ユークとセミトロイダル偏向ヨーク (15C 用, 13C 用) の電気特性比較, 特長比較を示し、図 11(a), (b) にそれぞれ PST ユーク, セミトロイダル偏向ヨークの外観を示す。

PST ユークはコアの長径、短径部にはめこまれたガイドみぞ(溝)付きリングに垂直、水平とも一列に巻線が施された形状で、巻線分布の均一性は期待できるが、占積率が悪く巻線量を多くできないため、偏向感度が低く、インピーダンスも低く、また、インピーダンスの設計自由度が小さい。したがって、セミトロイダル偏向ヨークに比べ、垂直、水平それぞれ約 2 倍、1.3 倍の偏向電力を必要とし、回路設計上、水平はフライバックトランスのタップダウン化と 3.5 A 級出力 1 石が必要、垂直はラインパレットができず、別に低電圧源を必要とし、コスト高となる。

また、水平コイルもトロイダルのため、漏えい磁束の他回路への影響が大きく、フォーカス特性上も電子レンズ面における漏えい磁束が大きく不利である。

生産性面では、PST ユークは特殊巻線機が必要で、従来の巻線機が流用できず、また、1 個当りの生産所要時間は巻線量が少ないにもかかわらず、みぞとの位置合せの関係上巻線速度を速くできず、組立時間を含め同等程度である。

コスト面では、PST ユークは銅線量が少ないが、偏向感度が低くオールドロイダルによる磁気損のため、コア温度が高く耐熱電線を必要とし、また、みぞ付きリング成形品とのはめ(嵌)合上コアの精度を上げるため研磨工程を必要とし、現状ではセミトロイダル偏向ヨークよりコスト高となる。

コンパゼンスずれのばらつきは巻線形式上 PST ユークのほうが有利だが、放射状方向にしか巻線できないため、また、垂直、水平ともに同一コア上に巻線されコイル実効長も独立に変えられないため、最適磁界設計の自由度が少なく、垂直、水平軸上第 1 次集中誤差と対角方向の重畳偏向付加項との間に妥協設計が必要である。

セミトロイダル偏向ヨークは、この自由度が大きく、妥協設計の必要はないが、ばらつきの要素は大きく生産上注意を要する。

以上から判断できるように、PST ユークは偏向ヨーク形体によって自由度が大幅に制限され、コンパゼンスずれのばらつきが十分管理できれば、回路設計上、経済性上かなりセミトロイダル偏向ヨークのほうが有利である。

(2) 偏向ヨーク機構

3.1 節に述べたように、偏向ヨークには軸合せ機構が必要で、偏向

表 4. 電気特性比較

偏向ヨーク		PST (RCA, XD 4694 B)	セミトロイダル (14 CP-15 C 用)	セミトロイダル (14 CP-13 C 用)
項目	垂直 (mH) L_v	1.19	90	37
	水平 (mH) L_H	0.59	2.1	1.64
	抵抗 (Ω) R_v	2.33	49	15
	抵抗 (Ω) R_H	1.66	2.2	1.95
偏向電流 (Edge-to-edge scan)	垂直 (App)	2.93	0.43	0.67
	水平 (App)	5.49	2.51	3.24
偏向電力指数 (Edge-to-edge scan)	垂直 ($\Omega \cdot A^2 pp$)	20.0	9.1	6.63
	水平 ($mH \cdot A^2 pp$)	17.8	13.2	17.2
コイル最小径 (mm ϕ)		33	30.5	39.5
ひずみ量	上下糸巻ひずみ量 (mm)	片側-2 (2.5%)	片側-2 (2.5%)	片側-3 (3.9%)
	左右糸巻ひずみ量 (mm)	片側-5 (5.0%)	片側-4.5 (4.5%)	片側-3.5 (3.5%)
ミスコン量 (周辺最大値) (mm)		0.6~0.9	0.6~0.9	0.6~1.2

注) 測定は 14"90° インライン CRT (PST, セミトロイダル 15C 用)
デルタ CRT (セミトロイダル 13C 用) 使用、高圧 20 kV
PST の場合、垂直、水平コイルともに直列接続
セミトロイダルの場合、垂直は直列、水平は並列接続
ひずみ量はラスタ 155×200 にて測定

表 5. 特長比較

偏向ヨーク	PST (RCA, XD 4694 B)	セミトロイダル (14 CP-15C 用)
項目		
偏向電力	大 (垂直 約 2 倍 水平 約 1.3 倍)	小
インピーダンス	低い (設計自由度小)	高い (設計自由度大)
磁界分布	垂直バレル, 水平ピン (設計自由度小)	垂直バレル, 水平ピン (設計自由度大)
偏向中心差	小	大 (ストライプスクリーン) で無関係)
ミスコンばらつき	小	大
漏れ磁束 (外部回路への影響)	大 (特に水平磁界大)	小
コア	精度必要 (非分割コア) 400 g	精度普通 (分割コア) 340 g
銅線	少量 (耐熱電線必要) 76 g	多量 (水平粘着電線) 334 g
巻線機	新規 (オールドロイダル用)	従来品流用可
生産所要時間	8~10 分/個	8~10 分/個
コスト	セミトロイダルと同等または大	従来品と同等
軸合せ	平行移動 (最小 ±1.5 mm)	首振り (±5°)
偏向ヨーク固定	ホットメルト	ねじ止め

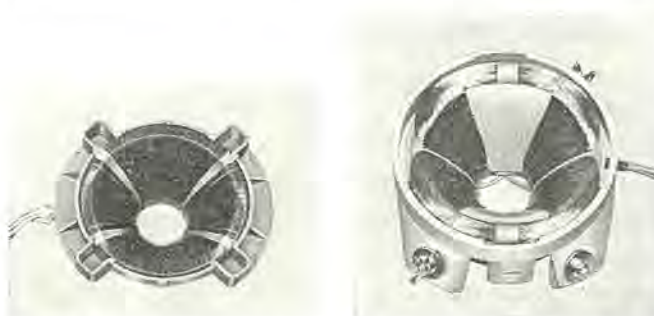


図 11. (a) PST ユークの外観

図 11. (b) セミトロイダル偏向ヨークの外観

ヨーク本体に固定されたホルダはスライダに対し、カバーのネック穴を中心とする球面運動をし、すべての方向に偏向ヨークの首振り動作が可能であり、その固定は4すみ4個所のねじで行なう。また、色純度調整は、ファンネルリング（ブラウン管ファンネルガラス上にホットメルトで接着）内をスライダが軸方向に移動し、水平偏向中心と露光中心を一致させ、左右方向のみの色純度調整を行ない、上下2個所のねじで固定する。

偏向ヨークの偏向感度を大きくするもう一つの要因として、コイル最小径をPSTヨークに比べ小さくし、必然的に管軸に垂直な面内における平行移動ができず、首振り動作による軸合せが必要となるが、PSTヨークの平行移動とこの首振り動作は、その微小変化範囲内において両者とも、軸合せ作用としての積分効果は等価である。しかし、色純度、リニアリティの水平方向のアンバランスに対する影響は首振り動作のほうが大きい、90°偏向では実用的に問題はない。

軸合せと軸方向移動が機構的に分離しており、また、軸合せ首振り動作はネック穴が支点であるため、特別なジ(治)工具、装置を必要とせず、簡単にITC組立て、調整ができる。(ITC…Integral Tube Components…ブラウン管に偏向ヨーク、スタティックコンバーゼンスピュリティアセンブリを取り付け、調整し、固定したもの) また、ねじ止めのため、ITCとしてはもちろん、部品単体でのサービスが可能である。

図12. は偏向ヨーク機構を、図13., 14. はそれぞれ首振り最大角度、上下(±5°)、左右(±5°)に動かした場合の画面上可動量を示し、ブラウン管のネックガラスに対する電子銃封入誤差等による軸ずれを補正する。

3.4 スタティックコンバーゼンスピュリティアセンブリ

この方式では、ダイナミックコンバーゼンス調整は不要で軸合せだけであるが、従来と同様スタティックコンバーゼンス、ピュリティリングは必要とする。

図15. はその外観を示し、4極マグネット部、6極マグネット部とピュリティリングより構成され、ピュリティリングは従来と同じであるが、ストライプスクリーンのため左右方向の調整だけでよく、上下方向は上下軸合せの一部および垂直位置調整として代用している。

図16. はスタティックコンバーゼンス部の磁界モデルで、4極マグネット部は左右ビームに対し同量逆方向の磁束を発生し、補正量は2枚の開

き角度で、補正方向は2枚のリングを同時に回転させることによって、左右ビームを同量逆方向に移動させ、両者のずれの中間点に集中させる。また、6極マグネット部は左右ビームに対し、同量同方向の磁界を発生させ、左右ビームを同量同方向に移動させることによって、一致した左右ビームを中心ビームに集中させる。また、調整後は、ロック機構ですべての調整部を固定し、容易に動かないようにする。

表6. はアセンブリの最大移動量の設計中心値とブラウン管規格を示す。

4. 量産方式

ダイナミックコンバーゼンス化に伴い、量産方式もデルタガン方式と根本的に変化している。

従来はブラウン管、偏向ヨーク、コンバーゼンスブロック（コンバーゼンスアセンブリおよび回路基板含む）をそれぞれ単一部品として取り扱い、テレビ製造ライン上で組立ておよび調整を行っていた。(図17. (a)) その理由は、12個所のダイナミックコンバーゼンス調整の入力波形は偏向出力回路（シャシ側）から得ていたため、シャシ個別の調整が必要で、また、色純度調整もダイナミックコンバーゼンス調整との相互干渉があるため、結局シャシ投入後でなければ不可能であった。

ダイナミックコンバーゼンスレスの場合、コンバーゼンスおよび色純度調整はブラウン管と偏向ヨークの閉ループ内で処理されており、シャシから偏

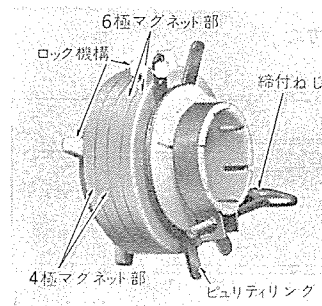


図15. スタティックコンバーゼンスピュリティアセンブリの外観

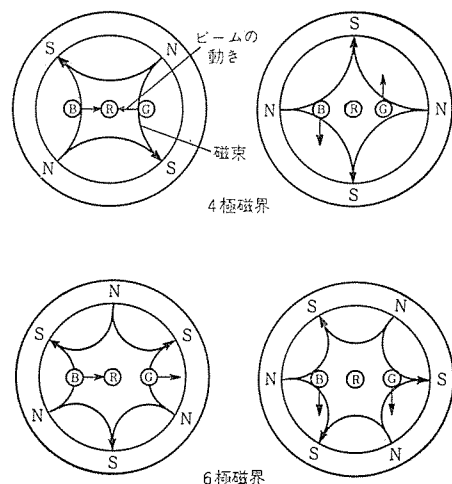


図16. 4極磁界と6極磁界

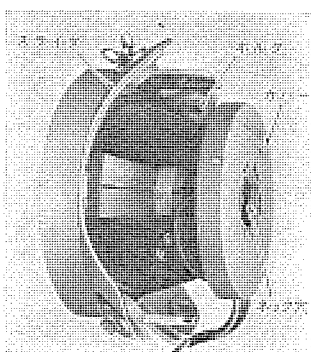


図12. セミトイダル偏向ヨーク機構

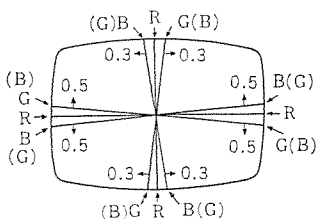


図13. 上下方向にずれた場合

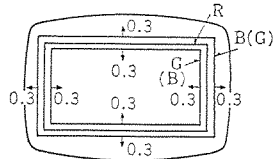


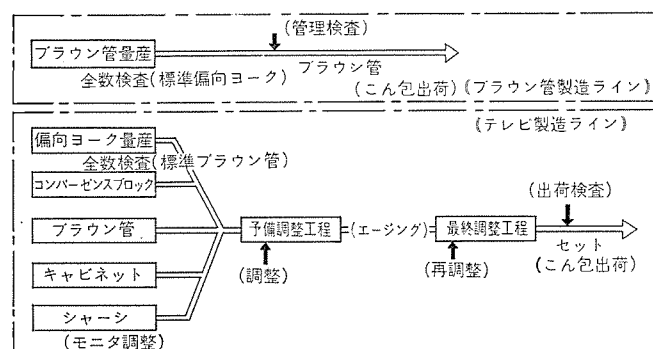
図14. 左右方向にずれた場合

表6. スタティックコンバーゼンスピュリティアセンブリ仕様

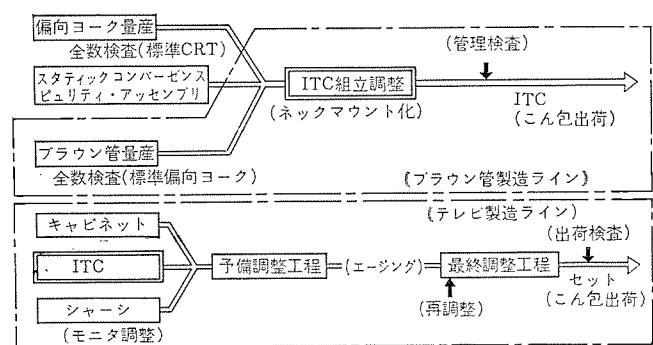
マグネット	4 極 部	6 極 部	ピュリティリング
補 正 量 (設計中心) (mm)	10 (方向 360°)	4 (方向 360°)	0.2
ブ ラ ウ ン 管 規 格 (mm)	6 以下	2.5 以下	0.13 以下

向電流を投入しても全く影響を受けない。したがって、今回、図 17. (b) に示すように、偏向ヨーク、スタティックコンバーゼンスピュリティアセンブリをブラウン管製造最終工程において取り付け、調整終了後、ITC として出荷し、テレビ製造ラインでは単一部品扱いとして組立てを行なう。したがって、基本的には、ホワイトバランス調整（ドライブ、カットオフ）およびフォーカス調整以外ほぼ白黒ブラウン管並みの扱いとなる。

しかし、実際には経済性面より、ITC 調整前にブラウン管を十分エージングする場所および設備をブラウン管製造ラインに設けず、従来のテレビ製造エージングラインを流用しているため、特に経時変化上エージングの必要な色純度、およびフォーカス調整最良点の調整差により微小なスタティックコンバーゼンスずれの再調整が必要となる。表 7. はテレビ製造ライン上最終調整工程における再調整率で、偏向ヨーク軸合せの再調率はほとんどなく、予備調整工程における色純度、コンバーゼン



(a) 従来方式



(b) 14CP-15Cの量産方式

図 17. 量産方式

表 7. 再調整率

調整項目	再調整率(%)
コンバーゼンス(軸合せ)	0 ~ 0.1
スタティックコンバーゼンス	6 ~ 10
色純度	3 ~ 5

ただし、受像機台数でなく調整件数である

ス関係の調整は全く不要で、作業時間も少なく、ブラウン管製造ラインの ITC 組立て、調整およびテレビ製造ラインの調整を含めた総作業時間は従来の予備、最終調整とコンバーゼンス基板組立てを含む総作業時間の約半分となっており、テレビ製造ラインが簡略化されている。

5. 今後の問題

14CP-15C を契機とし、従来のデルタガン方式 90° 偏向、110° 偏向の 2 機種が、ダイナミックコンバーゼンスレス方式（“ダイアトロン SSS”）にシャーシを含め、1 機種に統一されつつある。

現在すでに、国内 14 形では 14CP-15C の後継機種 14CP-19P、廉価形機種 14CT-17P、110° 偏向機種 14CT-12AS の後継機種 14CT-18P が、また、輸出では米国向け CS-135 が量産されており、ヨーロッパ向けをも漸次開発中である。

今後、このようなダイナミックコンバーゼンスレス化の拡充とともに、量産効果による ITC 等の原価低減、ならびに経済性を加味しつつ、再調整率の低減を行なうつもりである。また、16 形以上のダイナミックコンバーゼンスレス化もかなり具体的な段階にきており、さらに中、大形 110° 偏向への応用も期待できる。

ライン構成については、今後予備調整ラインの全廃と、モニタ調整を完全に省略し、組立確認後、直接エージングラインに投入し、テレビ製造ラインが大幅に簡略化される日も遠くないであろう。

6. むすび

カラーテレビ受像機の普及率も飽和状態に達し、さらに、省資源、省エネルギーの社会的要請の叫ばれる現在、われわれは、付加メリッ的な新技術もさることながら、信頼性の向上、性能面とくに広義な意味での画質の向上、部品点数の削減、消費電力の低減および製造ライン簡略化と標準化による生産性の向上に直接つながる、地についた新技術を開発していかなければならない。

今回、14CP-15C に採用された技術はこの要求に答えるものであり、また、国内外を含め、現在この方向に技術動向が動きつつあることを付記する。

最後に、この開発に協力いただいた社内外の関係者各位、ならびに特にブラウン管の開発に当たられた当所管球製造部の各位に感謝する。(昭和 49-6-12 受付)

参考文献

- (1) 植竹、野口、石井、中田、進藤：三菱電機技報、46、No. 4、465 (昭 47)
- (2) R. A. Budd：IEEE Trans. BTR-16、2、119
- (3) R. L. Barbin、R. H. Hughes：IEEE Trans. BTR-18、3、193
- (4) 別所、大石：テレビジョン、20、5、314

周波数分離形2管式カラーカメラ

中沢 啓二*・満田 浩*

1. ま え が き

最近、学校教育や企業内教育、各種監視、CCTV分野においてもカラーカメラが使われるようになり、また白黒ITVカメラのカラー化も急速に高まりつつある。これら一般の用途に適するカラーカメラとして小形・安価である一方、カラーテレビの目ざましい普及によって放送局のカラー画質に慣らされている現在、性能的には放送画質が基準となり、それに比べ著しい見劣りがしないようにしなければならない。

CIT-310 カラーカメラは以上のような要望にこたえて、研究開発が進められ、実用化の検討が行なわれてきたものである。

2. 方式の概要

2.1 撮像方式

カラーカメラの代表的な撮像方式として4管式、3管式、2管式、単管式の4方式があげられる。前者2方式は放送局、あるいは工業用カラーカメラなど高級形のものに採用されている方式で、構成も複雑で高価になる。一方後者2方式は最近数社が研究発表している小形簡易カラーカメラに採用されている方式で、構成も非常に簡単で安価なものに適している。

単管式は1本の撮像管で3原色(赤・緑・青)あるいは輝度信号および赤・青の2信号を得るようにするものである。これに対し2管式は1本の撮像管で輝度信号、あるいは緑信号を得、残る1本の撮像管で赤・青の2信号を得るようにするもので、安定度、信号処理の複雑さ性能面から見た場合、現状では2管式のほうが単管式に比べ非常に有利である。

すなわち、カラーカメラの性能の一つに解像度があげられるが、これを左右する輝度信号を1本の撮像管で得るようにすることで、撮像管のもつ性能(変調度特性)を十分活用することができ、解像度に必要な周波数帯域を十分取ることができる。他の1本の撮像管では赤・青の2信号を得るだけでよく色分離がきわめて簡単で、しかも色信号の必要帯域と撮像管の性能(変調度特性)を比較した場合、撮像管の集束条件、シェーディングの影響が少ない範囲内で使用できる。その結果、安定性にすぐれた色信号が得られ、S/Nのよい信号が得られるとともに色の均一性、白の均一性にもすぐれ、入射光の広い範囲にわたって安定した信号が得られる。

図1は単管式(1インチビジコン)と2管式(2/3インチビジコン)の周波数分離の場合の周波数スペクトル分布を示したものである。

以上述べたように総合的検討を重ねた結果、この装置では2管式で、しかも色分離が簡単で非常に安定した信号の得られる周波数分離方式を採用した。

2.2 光学色分離

この装置では光学色分離の方法として、緑反射ダイクロイックミラーによる緑・赤・青方式を採用し、緑信号用ビジコンで緑信号を、色信号専用ビジコンで赤・青の2信号を得るようにすることにより、低照度においてもS/Nの良い信号が得られるようにしている。

また、赤・青2信号を分離するためのストライプフィルタは、撮像管内部(内蔵方式)と撮像管前方の結像面に置き、オプティカルファイバ、あるいはリレーレンズで撮像管ターゲット面上に再結像する外付方式がある。しかし後者は周辺減光、あるいは周辺ひずみが発生するとともに入射光量の損失も増加する等の結果、白均一性、色均一性が悪くなり、感度も低下する一方光学系が複雑になり高価になると同時に外形寸法、重量等が増加する。これに比べ前者の内蔵方式は価格的な問題は除き、前述のような欠点はなく低照度でも良質の信号が得られ、撮像レンズの絞りによるOTF(Optical Transfer Function)

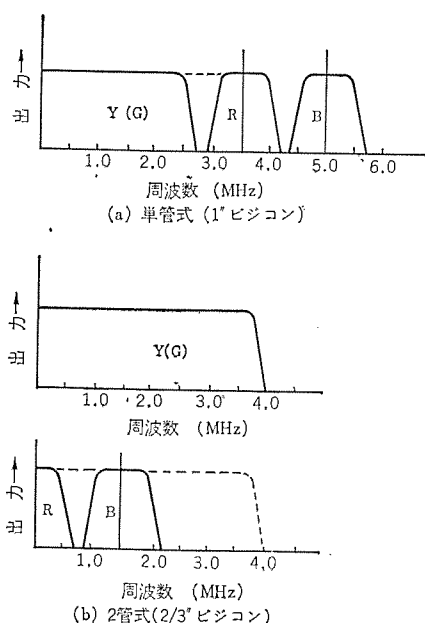


図1. 単管式と2管式のスペクトル



図2. CIT-310 カラーカメラ装置

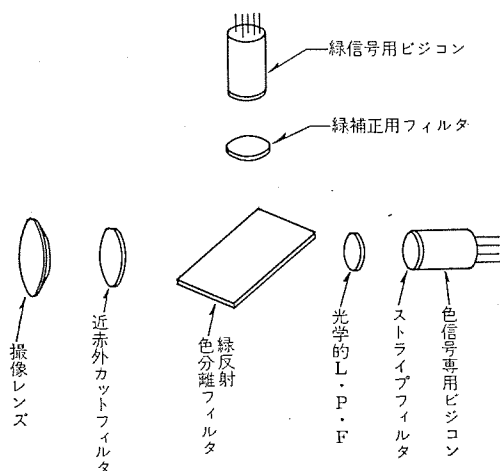


図 3. 光学色分解系

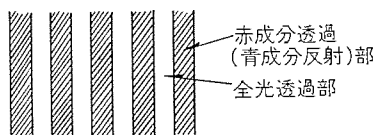


図 4. ストライプフィルタと出力波形

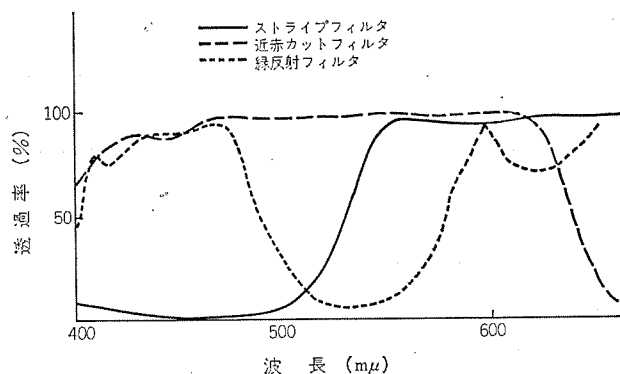


図 5. 分光特性

の変化に対しても影響が少なく、入射光量の広い範囲にわたって安定した信号が得られるという長所を備えている。しかし、ストライプフィルタを撮像管内部に内蔵するという点で技術的に問題が残るとともに内蔵するための費用が高くなり、撮像管の交換選択に対する自由度、ランニングコスト等の面で不利な点は残る。

しかし、内蔵技術およびランニングコストの問題は、最近の急速な技術の進歩によって明るい見通しを得ることができたので、この装置ではストライプ内蔵方式を採用することにした。

図 3. は光学色分解系の光学パスを示したもので、撮像レンズからの入射光は近赤外カットフィルタを通り、緑反射色分離フィルタによって、緑成分・赤青成分に分離され、反射光(緑)は緑補正フィルタを透過し緑信号用ビジコンターゲット面上に結像される。緑反射色分離フィルタを透過した光は光学的 L・P・F を通り色信号専用ビジコンのターゲット前面に設けられたストライプフィルタを介して、ターゲット面上に結

像される構成になっている。

ストライプフィルタは図 4. に示すように全光透過部と赤成分透過(青成分シャ断)が、 $2/3$ インチビジコンの有効走査面 ($6.6 \times 8.8 \text{ mm}^2$) に $60 \mu\text{m}$ 幅・ $120 \mu\text{m}$ ピッチで順次配列された構成になっており、色信号専用ビジコンのターゲット面に赤・赤+青の順次像が結ばれ、光电変換された信号は赤・赤+青の点順次信号として得られる。図 5. にフィルタの分光特性を示している。色信号専用ビジコンの出力周波数スペクトル特性は図 1. (b) に示したようになる。

図 1. からわかるように、赤信号・赤+青信号を電気的フィルタにより分離し、マトリクス回路を通し赤・青信号を得る。つぎに、緑信号用ビジコンの出力信号 (G) と R・B 信号をマトリクスして輝度信号を得、カラー映像を再生するのに必要な最小数として Y・R・B の 3 信号を得るようにしている。

3. 回路方式

3.1 黒バランスの安定化

ビジコンは暗電流が大きく、また周囲温度によってその大きさが変動するので、ビジコン出力のうち輝度信号、あるいは緑信号および赤信号は直接暗電流の影響を受ける。しかし青信号は周波数分離し復調して取り出すため暗電流の影響を受けない。この結果黒バランスが変動し忠実な映像が再生されなくなる。したがって輝度信号、あるいは緑信号および赤・青信号の黒レベルを安定化する必要があり、この装置ではビジコン偏向電流の帰線期間を短くし、ビジコンの走査面を有効走査面 ($8.8 \times 6.6 \text{ mm}^2$) より水平方向に長く取り、その部分(走査の最初)に黒部を設け、有効走査面をそこなくことなくオープンブラックを得、これを基準にし広し温度範囲にわたって黒レベルを安定にするようにしている。

3.2 白バランスの設定

カラーカメラでは被写体の照明光源の色温度によって、色再現が異なってくるため、光源の色温度に応じて白バランスを設定しなおす必要がある。最も簡単な方法として撮像レンズの前に色温度補正フィルタをそう(挿)入する方法がある。また最近白バランスの方法として、被写体の白い部分を検出して白レベルを設定し、MOS・FET等を用いたメモリ回路によって保持する方法が一部で採用されつつあり、技術的にもかなり改良されているが、被写体に大面積の白部が必要で、被写体に白部が少ない、あるいはない場合、白い被写体を設置してやる必要がある、いずれもわずらわしいものである。また後者の方法では長時間(長いもので 10 時間)白バランスを保持することができないため監視用には向かない等の短所をもっている。したがってこの装置では手動白バランス操作つまみを設け、モニタを見ながらこの操作つまみによって白バランスを設定するようにし、わずらわしい色温度補正フィルタを取付けることなく、 $2,500 \sim 6,000^\circ\text{C}$ の広範囲の色温度光源に対して白バランスが調整できるようにし、カメラ操作を簡略化した。

3.3 ガンマ補正

(1) RB 多重信号のガンマ補正

ビジコンのガンマ特性は約 0.65 であることはよく知られている。したがって、RB 多重信号に対してガンマ補正を施してやる必要がある。しかし、ビジコンのガンマ特性はビジコンの面照度によっても変化し、筆者らがこの装置で実験の結果、 $2,000 \text{ lx}$ ($3,200^\circ\text{K}$) の照明でレンズの絞りが 2.8 の場合にはガンマは 1 に近いことが明らかになり、回路構成の簡易化を考慮し RB 多重信号にはガンマ補正は施さなかった。

(2) G, R, B 信号のガンマ補正

本来、これの信号に対してはガンマ補正を適正に施してやる必要があるが、周波数分離されるB信号と、ビジコンより直接得られるGおよびR信号に適正なガンマ補正を施すには回路構成および調整が複雑になる。簡易カラーカメラでは回路・調整の簡易化が要求されるため、筆者らはできるだけ0.6のガンマ特性に近づけるようにした白圧縮回路で代用したカラーカメラと、適正ガンマを施されたカラーカメラの画質の視感テストを重ねた結果、両者の間に大きな差はなく実用上問題のない画質を得、これら総合的判断のもとに白圧縮回路で代用することにした。

3.4 シェーディング補正

この装置では緑信号用ビジコン、色信号専用ビジコンにセパレートメッシュ形ビジコンを採用しているため、周辺シェーディングは良くなっているものの、カラー用としてはまだ十分でなく画面の色むらの原因となる。

シェーディングの補正方法としてはビジコンの出力信号に補正波形を重ねる方法と、ビジコンの電極に補正波形を供給する二つの方法がある。筆者らの過去のデータによると、前者はビジコン暗電流の温度依存性にもなっておりシェーディング量が変化するため、広い温度範囲にわたって補正することが困難で、これに対し後者は温度によるシェーディング変化に十分追従することが明らかにされている。したがって、この装置ではビジコンカソードにきょ(鋸)歯状波およびほう(抛)物線波形を供給することでシェーディングを補正するようにした。

3.5 ダイナミックフォーカス

緑信号用ビジコンで得られる緑信号は輝度信号成分の大部分を占めるため、その周辺フォーカスの劣化は単に周辺解像度の劣化となるだけであるが、色信号専用ビジコンの場合は周波数分離方式を採用しているため、B信号のシェーディングとなって現われる。この装置ではセパレートメッシュ静電フォーカスビジコンの採用により、電磁フォーカスビジコンに比べフォーカスの均一性はすぐれている。しかし色信号専用ビジコンに対してはよりすぐれた画面の均一性を得るためにビジコンのフォーカス電極にきょ歯状波およびほう物線波形を供給し、性能の向上と安定化をはかった。

3.6 副搬送波および同期信号発生

水平偏向駆動パルス、垂直偏向駆動パルス、副搬送波、同期信号、バーストフラッグパルスを得、かつインタレース、およびインタリーベイングを完全に行なうために、基本周波数発生としては14.31818MHzを選んだ。

水晶発振回路で得られた信号を4分周回路で分周し、位相が90°ちがう二つの搬送波を得、さらにMOS ICによってHD、VD、バースト・フラッグ、同期パルスを得るようにし、また、カメラの複数使用や特殊映像効果等を考慮し、外部同期が行なえるようにしている。この場合にも内部同期、外部同期の切換は、外部同期信号を供給するだけで自動的に行なえるようにして、カメラ操作の簡略化をはかった。図6.はこの装置に使用されている回路のブロック図を示したものである。

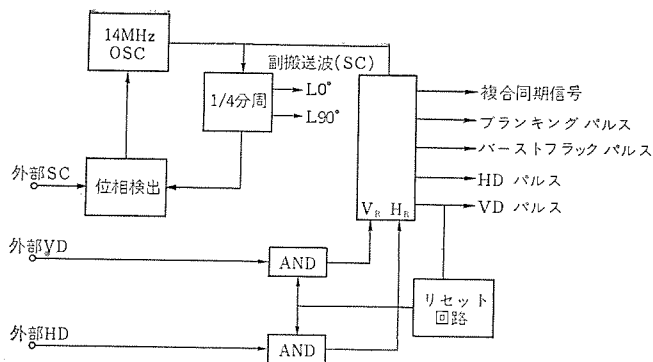


図 6. 副搬送波、同期信号発生のブロック図

表 1. 主要性能

撮 像 方 式	輝度分離形 2 管式 周波数分離方式
撮 像 管	セパレートメッシュ静電フォーカスビジコン×2
最適被写体照度	1,000~3,000 lx
最低照度	500 lx
解 像 度	400 本以上
周 围 条 件	温度 0~40°C 湿度 max 90%
ビューファインダ	3 インチ CRT
タ リ ー ラ ンプ	1
消 費 電 力	約 40 W
電 源	AC 100 V±10%, 50/60 Hz
標 準 レ ン ズ	手動 6 倍ズーム f 12.5~75 mm F : 2.0
外 形 寸 法	176(W)×348(D)×228(H) (3 インチ CRT フード含む)
重 量	約 7 kg

4. む す び

以上 CIT-310 カラーカメラの概要を述べたが、特に操作の簡易化、信頼性・安定性にすぐれた小形で安価な簡易形カメラを目的として開発した結果、各種教育用、監視用として、また CCTV 分野においても広く使用できうるものと思う。しかし、さらに価格の低減化、品質の向上を進めるために、ビジコンおよび光学フィルタ、電気回路の改善等が望まれ、これらの改善とともに今後この種の簡易カラーカメラの需要はますます増大していくものと考えられる。

終わりに開発に際して協力いただいた社内外の関係各位に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 守田, 佐藤(東京放送): カラーカメラの撮像特性と色ひずみ, テレビジョン 23, 1 (昭44)
- (2) ICS, FAST Announcement, Selected Scientific and Technical Reports, ICS-1196 Design of Color Television Camera System
- (3) 林 (NHK): カラー撮像方式とNHKの新しいカラーカメラ
- (4) 宮川ほか: カラーカメラにおける黒レベルの安定化, テレビジョン学会 全国大会 (昭46)

新方式カラー受像管

水野 陸夫*・清水 義樹*・竹延 真哉*・八島 紘二*

1. ま え が き

現在のカラー受像管の原形が誕生して以来、はや20年に達せんとしているが、その間、種々な改良がなされ、性能は当初に比べて飛躍的な進歩をとげ今日に至っている。しかし改良への要望は際限がなく、現在もなお種々な技術的検討を行なっている。

その技術的方向としては大きく分けて次の三つになる。

- (1) テレビセットの簡素化を可能にする改良で、当面の目標としてはダイナミックコンバーゼンスレス化の実現があげられる。
- (2) カラー受像管の性能向上に関する改良で、明るさ、コントラスト、解像度などの向上ならびにスペースファクタの向上がある。
- (3) カラー受像管の製造工程の簡素化を可能にする改良で、特にブラックマトリクス化に伴って必要になったマスクの再エッチング工程の不要化がある。

これらの技術的改良は別々に追究していたが、検討が進むにつれて、その実現には相互に関係があることが明らかになり、これらの要望を同時に実現することができるとの新しい方式のカラー受像管が生まれた。このカラー受像管は電子銃に高精度な、インライン3ビーム・一体構造形電子銃を使用し、マスクはスロット（角穴、タイプのシャドーグリル）を使用し、けい光面はけい光体を縦方向に切目なくつなげ、その間をブラックでうめた。いわゆるブラックストライプスクリーン^{スリープ}で構成されている。この新しい方式のカラー受像管を“ダイアトロ^{スリープ}SSS”と名付け、昭和48年8月より、まず14形で量産を行ない、16形以上についても順次量産計画を進めている。

図1. はこの受像管の偏向ヨークおよびスタックコンバーゼンスピュリアセンブリを取り付けた状態である（左）。その設計、製作上の問題点および特性等について報告する。

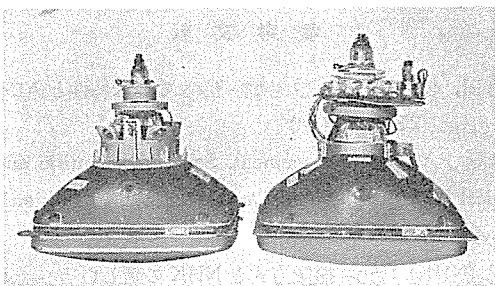


図 1. 新方式カラー受像管（左）と従来方式カラー受像管（右）

2. 電 子 銃

ダイナミックコンバーゼンスレスを可能にするためには、電子銃は単にインライン形であるだけでなく、コンバーゼンスエラーを減少させるために電子ビーム間隔をある程度小さくすることと、電子ビームの間隔および配列の精度を従来のインライン形3電子銃に比べて飛躍的に向上させることが必要である。

電子ビーム間隔を小さくすることは、一般には電子ビーム集束用の

主レンズ径を小さくすることにつながるため、電子ビーム集束特性の点では不利な方向であり、この面での対策が必要になる。

また、精度の点で従来のインライン形3電子銃に問題があったのは、独立した三つの電子銃を水平一列にして、かつ受像面の中央で3ビームを集中させるために両側電子銃を、水平面上で中央に向け傾斜させて組立てる方式であるため、組立時のばらつきが大きくなる点であった。この点を解決するために考案されたのが図2. に示す電子銃構造である。この特長は3電子銃を、陰極を除く各電極を一体構造にするとともに両側電子ビームの集中を、電子銃を傾斜させずに、主レンズを構成する集束用開孔を若干偏心させることで電子ビームを曲げて行なうようにしたものであり、従来のインライン形3電子銃で問題であった精度的な面は大幅に改善できる。その反面欠点としては、両側主レンズを構成する集束用開孔を偏心させるため、集束電界が回転軸対称でなくなり、これを通る電子ビームがその影

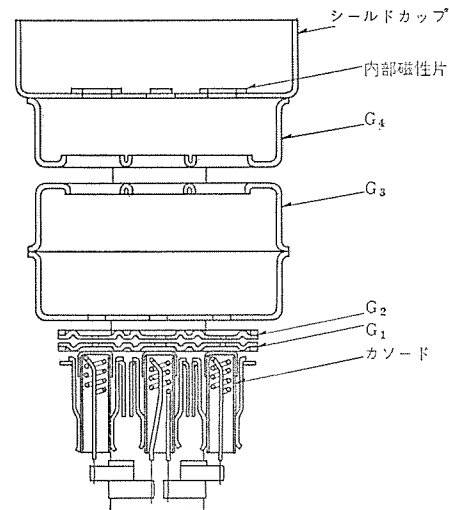


図 2. 高精度一体構造形インライン電子銃の断面図

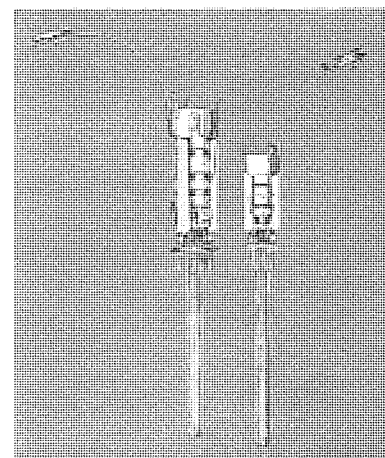


図 3. 高精度一体構造形インライン電子銃（右）と従来方式デルタ形電子銃（左）の比較

響を受けてビーム集束特性が多少悪くなる点と、電極が平板であるため限られた電子ビーム間隔内で集束開孔を、より大きくすることが可能になるが、その反面各開孔が接近すると隔てる部分が少ないため、隣接集束電界の周縁部分が相互に作用して集束電界に非点収差ひずみを生ずる現象がある。これら一体構造形電子銃の問題点と、その改善のために検討した結果について以下に述べる。

図3. は高精度一体構造形インライン電子銃と、従来方式デルタ電子銃を比較したものである。

2.1.3 極部

ダイナミックコンバーゼンスを実現するために必要な電子ビーム間隔の縮小化は、最終的に残るコンバーゼンスエラーをどの程度許容するかに関係するものであり、コンバーゼンス本位で考えるならば小さいほうが望ましい。しかし、電子ビーム集束特性本位であれば大きいほうがよいから、その妥協点に設定する必要がある。

われわれの場合は、比較的コンバーゼンスを重視し、これを5mmに設定した。この結果、主レンズ径は従来のインライン3電子銃形の約80%になり、主レンズの球面収差とレンズ倍率が増加し、スクリーン上でのビームスポットサイズを観測すると強く輝く実スポット部が大きくなり、その周囲に薄く輝くハローの発生しはじめる電流（ハロー発生電流）が小さくなる。実スポットサイズが大きくなるのは球面収差とレンズ倍率の両方が、ハロー発生電流が小さくなるのは球面収差が原因するものである。

この改善方法としては主レンズ部を同一主レンズ径にて球面収差の小さくなる形状を追究する方向と、主レンズへの入射電子ビームを形成する3極部およびプリフォーカスレンズ部を改善する方向とがあるが、一般には後者、とりわけ3極部を改善して、電子ビームのクロスオーバー

および拡散角を小さくするのが効果大きい。

3極部形状の最適形状を求めるため電子軌道追跡装置（抵抗回路網とアナログ電子計算機とを組合せた装置）による解析と、実験管による実験の繰り返しにより追求した。図4. は電子軌道追跡装置による解析結果の一例である。

3極部の主要寸法である G_1 孔径とビームスポットサイズとの関係を調べた結果を図5. に示す。図5. の右端に示したのは、従来のインライン形3電子銃の特性であり、それと比較して主スポットサイズをほぼ同じになるように G_1 孔径を選定することは比較的容易であるが、その時のハロー発生電流が極端に小さくなるのがわかる。これを改善するために、その他の3極部寸法との関係を調べた結果が図6. である。この図から次のようなことがいえる。

- (1) ハロー発生電流を大きくするためには G_1 -K間隔、 G_1 板厚を小さくし、 G_1 - G_2 間隔を大きくするのがよい、とりわけ前者はカットオフ電圧を一定とした場合は後者を伴うので相乗効果があり、その効果は大きい。
- (2) 限られた主レンズ径のもとで、主スポットサイズを小さくする手段は G_1 孔径を小さくする以外効果的な方法はない。
- (3) 一般には主スポットサイズとハローとは相反関係にあり、一方を良くすると同時に他方が悪くなる。
- (4) (3)の定量的関係には差があるので、それぞれについて、より効果的な方法を組合わせることにより、両者を同時にある程度まで良くすることは可能である。

以上の点を総合すると特性改善のポイントになるのは G_1 -K間隔および G_1 板厚の縮小化であり、この極限値の追究を行なった。

G_1 -K間隔の最小値は、主としてエージング工程での G_1 -K短絡の

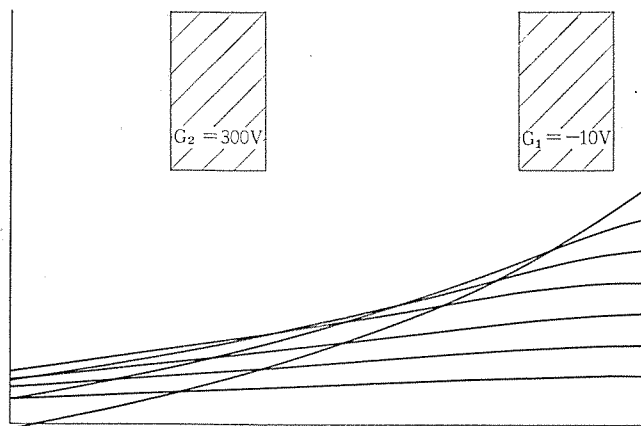


図4. 電子軌道計算例

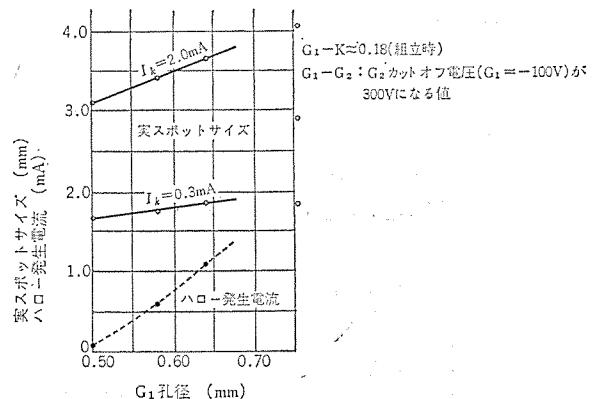


図5. G_1 孔径と実スポットサイズおよびハロー発生電流との関係

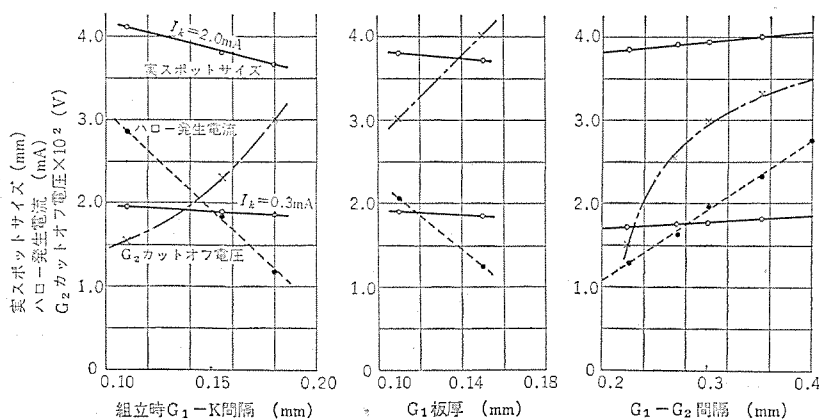


図6. 3極部寸法と電子銃特性との関係

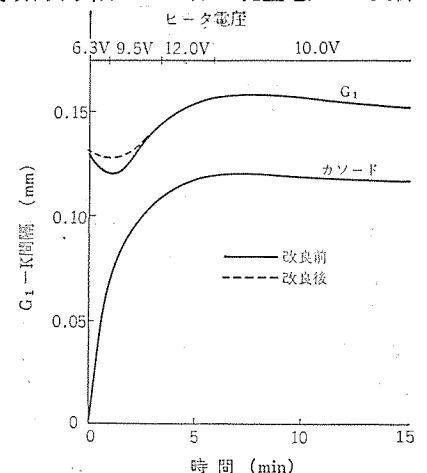


図7. エージング工程中の G_1 -K間隔の変化

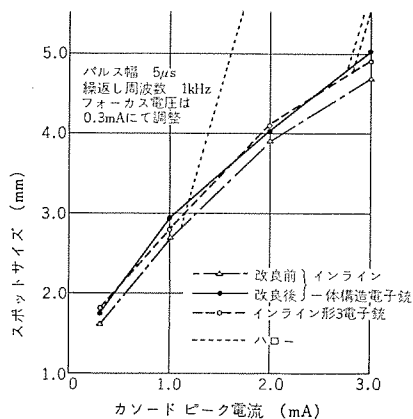


図 8. 14 形 90° 管での電子ビーム集束特性

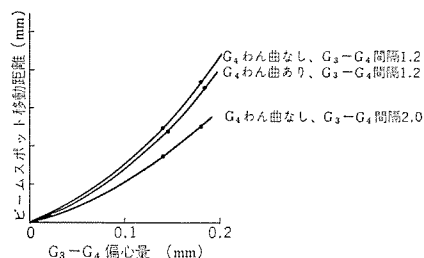


図 9. G_3 - G_4 偏心量とスクリーン上でのビームスポット移動距離

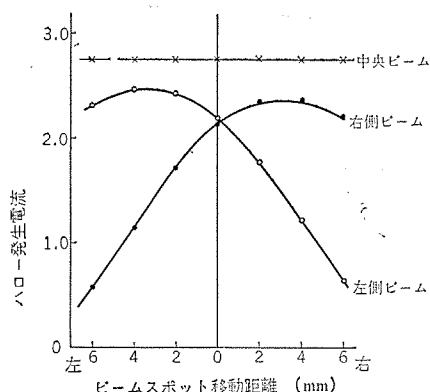


図 10. 色純度補正によるハロー発生電流の変化

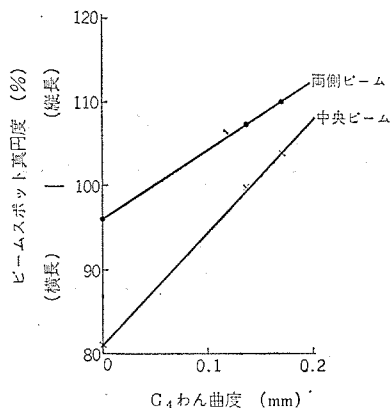


図 11. G_4 わん曲度とビームスポット真円度の関係

発生防止の点で制限される。エージング工程中での G_1 - K 間隔は、組立時の G_1 - K 間隔のほか、カソードの熱膨張、カソード支持体の熱変形、カソードコーティングの収縮量、 G_1 の熱変形、等が関係し、それぞれのばらつきを加えたばらつきを持つことになる。このうちで特に問題になるのは G_1 の熱変形およびカソードの熱膨張も含めた熱変形である。

図 7. は G_1 - K 間隔のエージング工程での変化を実測した一例であるが、 G_1 がいったん陰極側にとつ (凸) 状に変形した後に (凹) 状に変形する。このとつ状に変形した時に短絡する場合が多い。この変形量は部品形状に関係し、その形状を改善することで減少させた。

また、図 2. に示す板状の一体構造形 G_1 および G_2 の場合、ビードガラスによる組立作業時に加わる外力により変形を受け、 G_1 - G_2 間隔が平行でなく、たる (樽) 形に変形して中央が大きく、両側が小さくなる傾向がある。このため G_2 を基準にして G_1 - K 間隔を測定および設定する方式の場合は、これが G_1 - K 間隔のばらつきを増大させる一因になる。これを部品形状および組立方法の改善により減少させた。

このような改善を積重ねて G_1 - K 間隔の縮小化を計り、さらに G_1 板厚の縮小化も合わせて採用し、これによってハローを減少させ、集束ビームスポットサイズを従来のインライン形 3 電子銃の場合とほぼ同じ程度になるまで改善することができた。その結果を図 8. に示す。

2.2 主レンズ部

3 ビームのうち、両側電子ビームをスクリーン上で中央に集中させるために必要な両側主レンズを構成する集束用開孔の偏心量は、電子銃からスクリーンまでの距離、フォーカス電圧比、 G_3 - G_4 間隔および後述する G_4 のわん曲度にも関係するが、14 形 90° 偏向管の場合、偏心量とスクリーン上でのビームスポット位置の変化量の関係は図 9. に示すような関係がある。この偏心の結果、電子ビームは一部軸から離れて集束電界を通ることになり、おもにコマ収差によりハローが方向性を持つようになる。ハローが方向性をもつとハロー発生電流が低下するが、特に色純度補正のために主レンズへの電子ビームの入射を、集束用開孔の偏心方向に偏心させた場合にその影響が大きくなる。その状況を示したのが図 10. である。この対策としては色純度補正位置をスクリーン側とするのが効果的であるが、色純度補正磁石に金属を使用している場合は、偏向磁界の一部が、その影響を受けてコンバーゼンスパターンが多少変化する問題があり、フェライトマグネット等透磁率のほぼ 1 に近いものを使用する必要がある。しかし最も基本的なことは色純度補正量を小さくすることであり、電子銃のステムへの取付方法の改善や、ゲッタースプリングの影響の軽減等によりネック内での電子銃の傾きを小さくして、この問題を軽減した。また、この偏心の他の影響にフォーカス電圧が変化した場合にビームの集中度が変化することがあるが、フォーカス電圧比が一定であれば普通はほとんど問題にならない。しかし、各ビームの主レンズへの入射が偏心 (3 極部と主レンズ部が偏心) している場合は、この変化が問題になる程度まで大きくなる。

主レンズ部の、もう一つの問題点は普通円形である集束ビームスポット形状がだ (楕) 円になる現象である。これは各集束電界の周縁部分が相互に作用して集束電界に非点収差ひずみを生ずるためであり、ビームスポット形状はすべて横長になる。中央ビーム用集束電界は両側の影響を受けるため中央ビームの横長の程度は両側ビームよりも大きくなる。この現象を補償するためには、図 2. に示す G_4 の G_3 に対向する面をおう面となるようにわん曲させることが有効であり、このわん曲度とビーム真円度との関係は図 11. のようになる。なお、図でわん曲度は G_4 の中央でのくぼみ程度で表わした。また、各集束開孔の真円度および中心軸に平行な部分の形状によってもビームスポット形状は比較的大きな影響を受ける。

3. コンバーゼンス

ダイミミックコンバーゼンスレス方式でのコンバーゼンスエラーは、設計中心にて垂直線集中と台形ひずみとの妥協設計の結果、発生する量のほかに、カラー受像管および偏向ヨークのばらつきに原因するものが加わったものになる。このコンバーゼンスエラーの要因のうち、おもにカラー受像管に関係するものについて述べる。

(1) 偏向中心での電子ビーム配列の回転

偏向中心での電子ビーム配列が回転している場合、コンバーゼンスエラーの要因になる。この回転の原因になるのは電子銃回転（パネル基準での G_3 回転）と G_3 に対する G_4 の回転とがあり、スクリーン上でのビームスポット配列の回転は、これらが加わったものになる。電子銃回転によるビーム配列の回転は、偏向中心とスクリーン上とは同じであるが、 G_3 に対する G_4 の回転の影響は偏向中心での回転よりもスクリーン上での回転のほうが大きくなるため、これらの加わったスクリーン上でのビーム配列から偏向中心での状態を正確に知ることはむずかしい。しかし実測による電子銃回転と G_4 の回転量から、その偏向中心でのビーム配列への影響を推測すると、電子銃回転の影響のほうが大きい。また、コンバーゼンスエラーの実測結果も電子銃回転に、より対応したものになる。これによるコンバーゼンスエラーは図12. のようになり、その大きさの電子銃回転との関係は図13. の

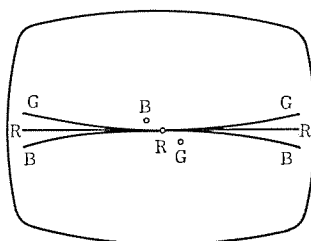


図12. 電子銃回転によるコンバーゼンスエラーの状況

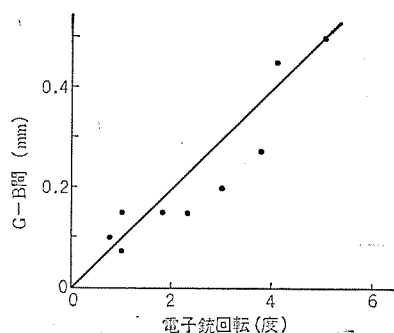


図13. 電子銃回転とコンバーゼンスエラー量との関係

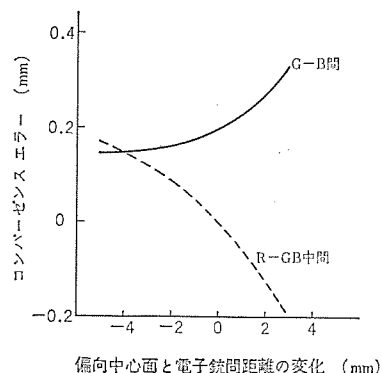


図14. 偏向中心面と電子銃間距離の変化とコンバーゼンスエラー量との関係

ようになる（14形90°偏向管の画面周辺部）。

(2) 偏向中心面と電子銃との相対位置のずれ

YPB, 電子銃封止寸法, 電子銃長さ, 等のばらつきの合成されたものとして、偏向中心面と電子銃の相対位置の設計中心からのずれが生じると、偏向中心でのビーム間隔が変化し、またコマ収差補正用の内部磁性片の位置での偏向磁界が変化するため、コンバーゼンスエラーを生じる。この影響により、画面両側端、垂直線間に生じるコンバーゼンスエラーは図14. に示す程度である。

なお、内部磁性片の取り付けにあってはシールドカップが、ビーム配列に対して回転している場合もコンバーゼンスエラーの要因になる。

(3) 電子ビーム中心軸と偏向磁界中心軸とのずれ

これはおもにネック内での電子銃の偏心、傾きによるものであるが、電子ビーム中心軸に偏向磁界中心軸の軸合わせが可能な調整機構を偏向ヨークにもたせることにより、ほぼ完全に補正することが可能である。

4. けい光面とシャドウグリル

けい光面はけい光体を縦方向に切目なくつなぎ、その間をブラックでうめた、いわゆるブラックストライプスクリーンで、マスクはスロット（角穴）タイプのシャドウグリルで構成されている。

図15. はけい光面が光っている様子であり、このブラックストライプスクリーンは次のような特長をもつ、

- (1) 明るい画面を容易に作ることができる。
- (2) モアレ (Moire) を大幅に減少できる。
- (3) 画面に現われる地磁気、テレビセットのシャーシ等の影響が少ない。
- (4) マスクの経時変化、ドーミングに有利である。

等である。これらの特長を有するブラックストライプスクリーンでのビームランディングの設計および特性等につき以下に述べる。

4.1 補正レンズの設計

ストライプ構造のけい光面では縦方向のレジストレーションエラーが無視できるから、平均的なランディング状態が完全になる補正レンズの設計が、従来からの連続した補正レンズで可能である。

次にそのレンズの設計には下記のような方法を採用した。

- (1) 仮の補正レンズでテスト管を作り、標準ヨークを使用してレジストレーションエラー量を調べる。エラー量のデータはけい光面上でもよいが最終的には偏向中心面上での値に直す。

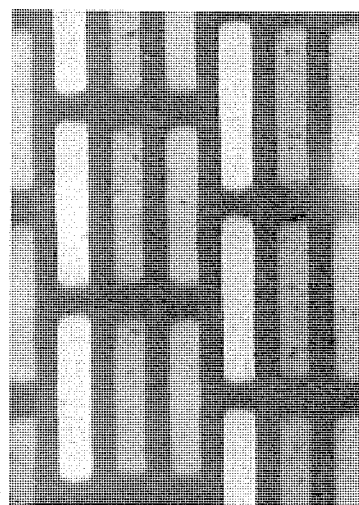


図15. 動作中のブラックストライプけい光面

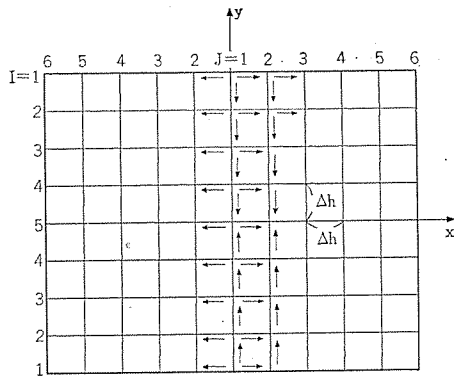


図 16. 補正レンズの数値計算方法

(2) 露光台の他管種への応用および偏向角等により、露光台でのレンズを置く位置を決め、レンズの大きさを決める。レンズ面を図 16. のように格子状に分割する。

(3) レンズ面をたとえば光源側をフラットな面とし、上面の形状を設計する。

(4) 初期条件として $Z|_{x=0} = \text{Const.}$ とする。
ここで Z はレンズ上面の座標である。

(5) 境界条件としては $\left(\frac{\partial Z}{\partial y}\right)_{y=0} = 0$ とする。

(6) 計算はレンズ面の各象限ごとに行なう。

(7) 点 (I, J) での厚みを次の式で求める。

$$Z(I, J) = Z(I, J-1) + \frac{\partial Z(I, J-1)}{\partial x} \times \Delta h$$

(8) 点 (I, J) での傾斜を次の式で求める。

$$\frac{\partial Z(I, J)}{\partial y} = \{Z(I, J) - Z(I+1, J)\} / \Delta h$$

(9) このように各格子点においてレンズ厚みと傾斜を偏向中心上での z 方向のレジストレーションエラーが目標のものになるまで、必要補正量との差が一定値以下に収束するまで計算を行なう。

ここで上記 (4) の初期条件は、最終的にレンズ形状の加工がしやすいように、たとえば $x=0$ の断面形状が任意の曲線となるようにしてもよい。

このようにして満足な補正レンズが得られた、図 17. はサイドビーム用に得られたレンズ断面形状の一例であり、図 16. の $I=1, 3, 5$ z 軸での断面を、 Z 方向の座標 (レンズの厚み) を縦軸に、 z 軸を横軸に採ったレンズの上半分の断面形状である。レンズの下半分もほぼ同様な形状である。

4.2 シャドーマスクでのガードバンドの設計

シャドーマスクの場合、けい光面上での電子ビームの大きさがシャドーマスクの場合に比べて大きくなる。図 18. は横軸にパネル内面とシャドーマスクの管軸方向の距離、すなわち q 、縦軸にビーム拡大率 α

$$\alpha = \frac{\text{画面上のビーム径}}{\text{フォームド孔径}}$$

をとって、その関係の実測値を示したものである。シャドーマスクの場合は

$$\alpha = 0.0174 q + 1.083$$

であるのに対して、シャドーマスクの場合は

$$\alpha = 0.0208 q + 1.270$$

となる。この結果より、フォームドのスロット孔幅の約 1.4 倍に画面上では大きく見える。したがってランディングの欠けおよび他色打裕度

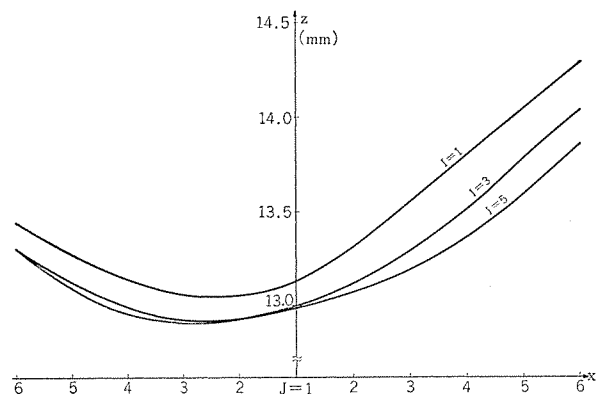


図 17. 補正レンズ形状 (サイド用)

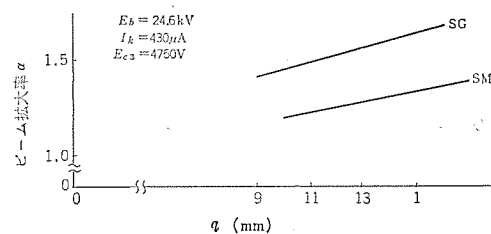


図 18. q 値とビーム拡大率 α の関係

の配分にはこの点を十分考慮に入れて設計した。

また、ドローイングについてはドローイングの起こる方向にランディング裕度が大きくなるように配慮して補正レンズの設計を行なうことで対策したが、従来のドットタイプに比べてビームの並びが良いために多少ずれても白画面ではわかりにくいという利点もあり、ほとんど問題にならない。

4.3 明るさおよびモアレ

けい光面の明るさは、おもにシャドーマスクの横方向スロットピッチによって決まり、これを大きくするほど明るくできるが、一方画面のあら(粗)さがあらくなるので、その妥協点に選ぶ必要がある。横方向スロットピッチをドットタイプの場合と画面のあらさがほぼ等価になるように選び、かつブラックストライプ幅を適切に設定することにより、ドットタイプブラックマトリックス管に比べ約 20% 明るくできた (当社比)。

また、モアレについてもドットタイプに比べてけい光面の光出力の濃淡が緩和されるから有利になるが、さらにシャドーマスクの縦方向ピッチを適切に選び、かつブリッジ幅をできるだけ小さくすることで軽減した。ブリッジ幅は製造工程中でのブリッジの破断あるいは変形が問題になるが、経験的には 80 μm 以上あれば強度的に問題ない。

4.4 シャドーマスクの曲面形状

従来の電子銃がデルタ形の場合は、90° 偏向管ではシャドーマスクの曲面形状はシングル R の回転対称形状でよく、110° 偏向管の場合でもダブル R の回転対称形状でよかったが、インライン形の場合は複雑な形状が必要になる。

その形状は非球面形状になり、実測によると次の Euler の定理を用いて求めた形状が必要とする形状によく適合することがわかった。

$$\text{すなわち } \frac{1}{R} = \frac{\sin^2 \theta}{R_x} + \frac{\cos^2 \theta}{R_y}$$

ただし、 θ はマスク中心を含む x, y 平面上の y 軸からの任意角度、 R はマスク中心を含むラジアル方向の任意断面の曲率半径、 R_x および R_y はそれぞれ x 軸および y 軸での断面の曲率半径である。

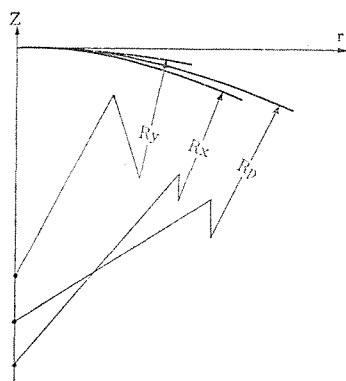


図 19. シェードグリルの曲面断面形状

図 19. に シェードグリルの x 軸, y 軸および対角軸での断面形状例をそれぞれの曲率半径 R_x , R_y および R_p とともに示す。

また、従来に比べて偏向中心での電子ビーム間隔が小さくなっているため、マスクとパネル内面との管軸方向の距離 q は大きくなり、パネルシール面とフレーム底面との距離の余裕が小さく、フレームがシール面から突出しないようにするためには、熱経時変化補正を行なうためのフレーム、ばね、クリップの構造に機構設計上、工夫が必要になった。

5. けい光面の製作

最近のカラー受像管は明るさおよびコントラスト向上を計る上で、ほとんどブラックマトリクス化されており、ブラックマトリクス (BM) の品位が受像管の品位を大きくするようになった。ブラックストライプ (BS) の場合も同様であり、製作方法としては露光方法を除けば、従来のドットタイプ BM けい光面と何ら異なるところはない。そこで以下、露光方法を中心として BS けい光面製造過程で発生した問題点あるいはその解決策等について述べるが、その前に一般的な BM けい光面作成法について触れておく。

5.1 BM けい光面の作成法

BM けい光面の作成法としては種々な方法が考案されているが、現在一般的には次のような方法が用いられている。

まず、ガラスパネルにポリビニルアルコール (PVA) と重クロム酸塩とを主成分とした感光液を塗布し、マスクを通して G, B, R 3 色の位置に露光を行ない、水で現像を行なうと PVA ドット、あるいはストライプができる。次に黒色物質、たとえばアクアダックのようなグラファイトを塗布し乾燥後、過酸化水素を注ぐと、PVA が分解、膨潤し、その上のグラファイトとともに水現像で除去される。すなわち、ブラックホール、あるいはストライプが形成される。ここに G, B, R 3 色のけい光

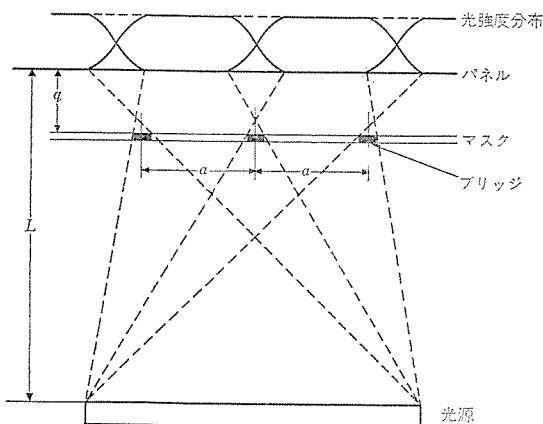


図 20. ブラックストライプの露光方法

体を順次付着すると、BM けい光面が完成する。

5.2 BS けい光面の露光方法

5.2.1 BS の接続法

BS の場合、従来のドットタイプの BM 露光に用いる光源そのままでは形成できない。

すなわち、BS では垂直方向にブリッジを持つシェードグリルを用いて、なおかつ、ブリッジに対応する切目ができないようにストライプを形成することが重要な課題となる。それには点光源をマスクスロット長軸方向に往復運動させるか、または図 20. に示すような長い光源を用いて、一つの光源から二つのアパーチャを通して合成された光の強度分布が、長軸方向に均一になるように光源の長さを調整して用いればよい。

後者の場合、光源の最適長さ A は、次式より求めることができることがわかった。

$$A = \frac{L \times a}{q}$$

ここに、 L : 光源からパネル内面までの長さ

a : マスクスロット孔の長軸方向での 1 ピッチの長さ

q : 光軸上のマスクとパネル内面までの長さ

上記式より、光源長さはマスクスロットのブリッジ幅には無関係に決定され、また管種が変わっても、 L , a , q が決まれば、光源は設計することができる。

光源の長さが最適値 A をはずれると、ストライプにリップルが生じる。光源の長さとのリップルの大きさとの関係の実測結果を表わしたのが図 21. である。そこで種々の光源を検討した結果 Bare source として用いる超高圧水銀灯が、次の点で有利であった。

- (1) 照度が高く露光時間をきわめて短くできる。
- (2) ほとんど完全な円分布に近い照度分布が得られる。
- (3) 光源上にカバーを置くことで自由に光源長を調節できる。

とくに照度分布が円分布に近いことから、照度補正フィルタに特殊な分布を必要とせず、また今回、新たに開発した光量制御装置 (マスクスロット幅のばらつきによる光量変化を補正する装置で、常に一定幅のストライプが得られる) を併用することで、十分な、また安定したプリントダウン (マスクスロット幅から BM ストライプ幅を差し引いた値) が可能となり、その上 3 色間のストライプ幅のばらつきもきわめて少ないけい光面ができるようになった。さらに、G, B, R 3 色の BM ホール面積のばらつきが直接画面の白色均一性にそのまま大きく影響する BM および BS 管においては、ホール直径のばらつきの 2 乗で面積が変

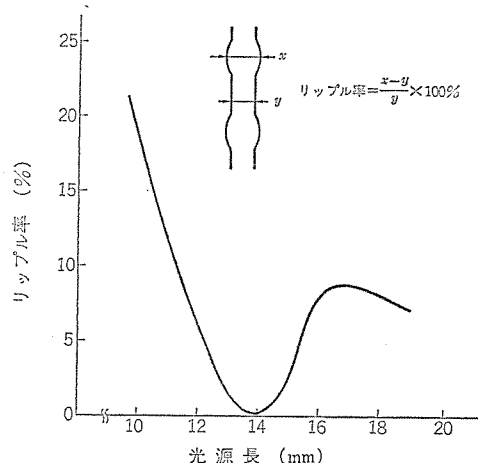


図 21. ブラックストライプのリップル率と光源長の関係

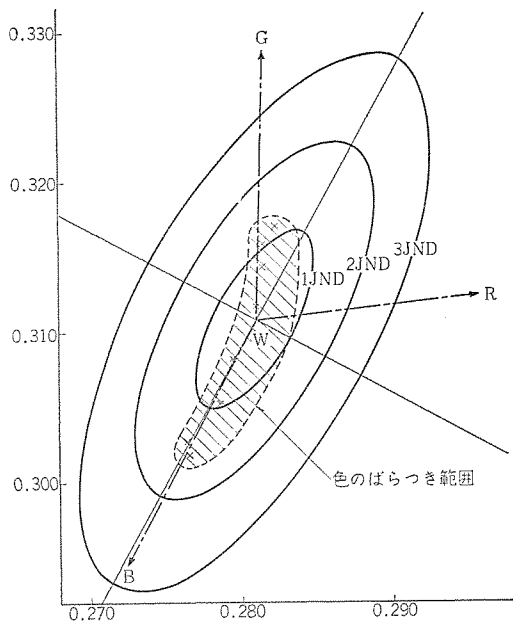


図 22. 等色の標準偏差を示す長円 (Mac Adam)

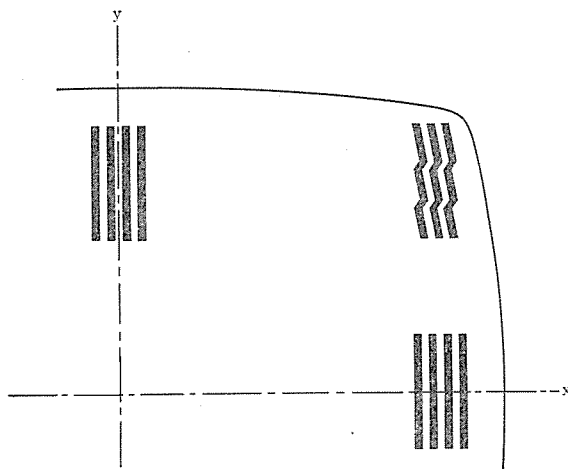


図 23. ブラックストライプの曲がり

化する BM に比べ、長軸方向の長さが常に一定である BS のほうが有利であるという特長が相まって、非常にすぐれた白色均一性が得られた。実際に測定した 3 色ストライプ幅のばらつきを、白色の色ずれに換算して計算してみると、心理的な色差の単位である識別域で、1.5 JND (Just Noticeable Difference : 感覚的に、確かに区別できる最小単位) に入ることが確認された (図 22.)。

5. 2. 2 ブラックストライプの曲がり

前項では、光源の大きさを適当に選ぶことで、リップルのないストライプが形成されることを述べたが、これはパネルの垂直、および水平軸上付近だけにいえることで、実際にはこの領域をはずれると、ストライプの形状が変化し、特に画面 4 すみ付近では、図 23. に示し

たように、ストライプの曲がり強く現われる。この領域におけるストライプの曲がりの大きさは 0.02 mm 以上にもなり、ランディング裕度をせざることになる。これは、光源に細長いランプを使用すること起因しており、マスクスロットの画面垂直方向の配列線が直線であるのに対し、パネル上の水平、垂直軸をはずれたところでは、光源軸を含む平面と、マスク面との交線が曲線になるためである。いい換えると、マスクスロットの垂直方向に平行にかつ水平に設置される直線状光源に対して、マスクが球面状をなしているためスロットの垂直方向配列の曲面傾斜が、光源と一致しないことにより起こる現象である。したがって、直線性のよい BS を得ようとすれば、上記幾何学的効果を打ち消す方向で考えればよいので、

- (1) マスクスロットの垂直方向配列線を、光源軸を含む平面と、マスク面との交線に合わせた曲率を持たせる。
- (2) マスク曲面傾斜に合わせて光源を傾斜させ、同時に光源傾斜に同期させて、露光領域を限定するスリットを動かして露光する。
- (3) 適当な形状をしたレンズをランプに組合わせて見かけ上の光源の傾斜をマスク垂直軸上の曲面傾斜に合わせる。

などの方法がある。これらの方法と適正な長さの光源を使用することでパネル全面にわたって直線性のよいブラックストライプが得られる。

6. む す び

新方式カラー受像管の技術的問題点について簡単に述べた。このカラー受像管は従来方式カラー受像管に比べて

- (1) 性能面では明るさが 20 % 向上するほか、色純度、白色一様性が向上し、コンバーゼンス、解像度も同等以上である。また、全長も 3.5 cm 短くなる。
 - (2) コスト面では、テレビセットのダイナミックコンバーゼンス化が可能であり、テレビセットの原価低減が見込まれる。
 - (3) カラー受像管の製造およびテレビセット組立調整面で簡易化の方向にあり、製造工程の合理化が可能になる。
- などの特長を有するものであり、今後のカラー受像管の方向を示すものである。

今後の課題としては、大形化に伴い不利になるビーム集束特性の改善と広角化があげられる。

最後に“ダイヤトロン^{スリーエス} SSS”の開発、量産に際し積極的にご協力いただいた関係工場および社内各位に深甚の謝意を表する。

(昭和 49-6-12 受付)

参 考 文 献

- (1) R. L. Barbin, R. H. Hughes : IEEE Trans. on BTR, BTR-18, No. 3, 193 (1972)
- (2) 別所, 大石 : テレビジョン, 20, No. 4, 249 (昭 41)
- (3) 太田 : 信学会電子装置研資 ED 72-69 (昭 48-3)

PYGけい光面とその応用

小林 弘男*・上羽 保雄*・鷹野 泰*・栗津 健三**

1. ま え が き

陰極線管用けい(螢)光体の近年の進歩を振り返ると、カラーテレビの普及に伴い、カラーブラウン管用けい光体の改良・開発がめざましい伸展を遂げたが、その後はP46, P47, P48等のフライングスポットスキャナ用短残光けい光体における成果が注目に価するといえよう。

当社はさらに、カラーフライングスポットスキャナ用として従来から使用されていたP24, P36の性能を格段と改良したPYGけい光体を開発し実用化した。PYGけい光面を有する3インチおよび5インチ形の各種フライングスポット管をすでに市場に出し各方面で高い評価を受けている。

ここにPYGけい光体およびそのけい光面の性能、さらにPYGけい光面の応用について紹介し関係各位の参考に供したい。

2. PYG けい光体

PYGけい光体とはカラー用フライングスポット管のために開発されたセリウムふ活イットリウム・アルミノ・ガレイトの仮称である。従来より知られているこのような目的のけい光体との関連について述べよう。フライングスポット管用としては残光時間が短いことが何よりも要求される。JEDECに登録されているけい光体のうち、P16, $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7 : \text{Ce}$, $\text{P24} \cdot \text{ZnO} : \text{Zn}$ あるいは $\text{P36} \cdot (\text{ZnCd})\text{S} : \text{Ag} + \text{Ni}$ などがその代表的なものである。P16の Ce^{3+} イオンの許容遷移に基づく発光は残光特性の点では満足されるが、電子衝撃に対して不安定で使用時間の経過に伴う発光強度の低下が著しい欠点である。発光は約400nmにピークのある比較的バンド幅の狭いすみれ色である。P24, P36は両者とも緑-黄領域に幅広い発光スペクトルをしめすが、前者は残光時間、安定性および発光強度に、後者においては残光特性を改善する目的でドーパされているNiイオンのために発光強度が不足でいずれも十分満足されるものではなかった。

最近EVR, CVRその他のビデオ機器の開発がすすみ、それに伴って当然のことながらこれらけい光体の特性向上に対する要求が高まった。これに対し新しく $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}^{(1)(2)}$, $\text{Y}_2\text{SiO}_5 : \text{Ce}^{(2)}$ が見出されいずれもフライングスポット管用としてすぐれた特性を有することが報じられている。これらはすでにJEDECにそれぞれP46, P47および両者を混合したものがP48として登録され実用段階に入っている。

ここに述べるPYGけい光体は $\text{Y}_3(\text{Al}, \text{Ga})_5\text{O}_{12} : \text{Ce}$ であらわされ次のような特長を有している。発光スペクトルが450~650nmと幅広く約500nmにそのピークがあり発光色は緑黄色である。残光特性はP46同様従来知られているもののうちの最も速い部類に属し、電子線衝撃に対する安定性も非常にすぐれている。

パルス励起に対する応答特性の一例を図1に示す。これは沈降法により塗布したけい光膜にAl backをほどこし、加速電圧20kV, 電流密度約1mA/cm², パルス幅30μsで励起したときの発光強度-

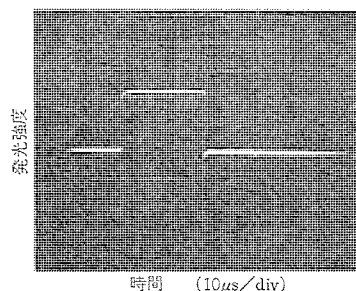


図1. PYG けい光体のパルス励起における発光の応答特性

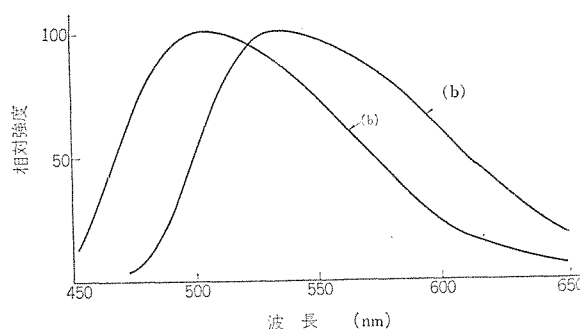


図2. 電子線刺激における (a) $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}$, (b) $\text{Y}_3\text{Al}_2\text{Ga}_3\text{O}_{12} : \text{Ce}$ の発光スペクトル

時間特性をしめしたものであるが、発光の立ち上りおよび励起停止後の減衰のいずれもこの程度の条件では印加パルスに対するずれがほとんどみられない。ただけい光体の化学量論的な組成のずれ、焼成温度が不適当あるいは焼成時のふんい気などに母体構造中に多くの欠陥を生成させるような原因のある場合は良好な特性を得ることができない。

$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12} : \text{Ce}$ 中のAlをGaで置換するとその量に応じて発光ピーク波長が540nmから500nm付近へ連続的に変化する。

ただしGaの置換量が3moleを越えるとピークの移動はみられず発光強度の急激な低下がある。 Ce^{3+} の発光は5d-4f間の遷移に基づく。基底状態は結晶場によって ${}^2\text{F}_{5/2}$ と ${}^2\text{F}_{7/2}$ に分列しており発光のピークは二つ存在している。このピークは比較的近接しておりそれぞれが幅広いため明確な分離ができない。結晶場の変化はエネルギー準位に直接影響することはもちろんであるが、遷移確率の変化も考えられるので波長の移動に関する定量的な値付けは困難である。また刺激スペクトルも二つのピークがあり約450nmにある長波長側のものについては発光スペクトルと同様な移動が観測された。 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ と $\text{Y}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ はいずれもガーネット構造をもち、任意の割合で固溶体をつくるのが格子常数の連続的な変化から詳しく調べられている⁽³⁾。 Ce^{3+} はY siteを置換しその最適濃度は発光強度との関連から約6mole%と求められた。Ce濃度によっても発光スペクトルが変化するが、これはその添加量からいってもわずかである。ガーネットを構成する陽イオン中Alには二つのsiteがある。このsiteの存在比は2:3でありGaの置換が3moleまでが有効なところから、

特定の site を選択的に置換することも考えられる。しかし前述の刺激スペクトルが発光スペクトルと近接しているため、Ga 置換による短波長側への移動が励起-発光準位の重なりによる無ふく射遷移の増大を伴い、その結果置換量に限界があるとも考えられる。

いずれにせよ発光スペクトルの短波長側が 450 nm 付近にまで存在することは青色領域のエネルギーが相当含まれていることでカラーフライングスポット管用として望ましい。ただし青、緑および赤成分のエネルギーに差のあることはやむを得ない。これは PYG けい光体の発光効率が高いことにより、カラーフィルムの分光透過率および光電面の分光感度特性を考慮に入れた電気回路によって十分補償し得るものである。このけい光体は前述した刺激スペクトルによる可視光の吸収のためにうす緑色の Body Color を呈している。このことからこれ以上の短波長側への移動が困難なことがわかる。しかし P48 における $Y_3Al_5O_{12} : Ce$ と $Y_2SiO_5 : Ce$ の混合けい光面では、その粒状性に起因する S/N の問題が、PYG けい光体単一の場合はるかに有利と考える。

3. PYG けい光面の製作

一般にフライングスポット管ではけい光面上の輝点径が数十 μ であることが要求される場合が多い。また輝度信号を電気信号に変換して使用するのでけい光面の微小なおうつ(凹凸)に起因する輝度むらが雑音信号となる。これはビームスポットが小さくなり輝点径が小さくなるほど強調される傾向にある。したがって従来一般のブラウン管で輝点径を小さくするには電子ビームだけを細くすれば十分であったが、そのときのけい光面からの雑音が少なくなるように微小面積での発光強度が一様なけい光面が要求される。さらにけい光体層における電子ビームの広がりおよび、発光点の広がりも問題となり、この点からけい光体層はできるだけ薄く塗布する必要がある。これは前述のけい光面の雑音量と相反する傾向にあり、けい光面塗布技術に高度性を要求される点である。

従来より白黒ブラウン管けい光面の塗布方法として沈降塗布法が一般に行なわれている。これはブラウン管ガラスとの接着剤となる水ガラスと接着反応剤の電解質とを水溶液とし、けい光体粉末をこの水溶液に分散させ、ブラウン管パネル内面に沈降させる方法である。この方法で塗布されたけい光面は凹凸が大きく、また薄く塗布しようとすると、微視的に塗布されない部分が生じピンホールの多いけい光面となる。すなわち、けい光面雑音の大きいけい光面となりフライングスポット管としては適していない。

けい光体を均一に塗布する方法として電着法、遠心沈降法、水ふり(篩)法などがある。いずれの方法においてもけい光体層の膜厚が 10 μ 以下であるため、けい光体粒子を数 μ 以下にする必要がある。

われわれはけい光体を 3 μ 以下の粒径だけを水ふりによりわけ使用した。粒径が小さくてもお互いの粒子が凝集をおこし二次三次粒子になり粒径が大きくなることがあるので、分散をよくする必要がある。

均一に薄く塗布する方法を開発した。上述したようにけい光体粒子の分散をよくするには、水ガラス濃度をうすく、しかも電解質の濃度をうすくしなければならない。濃度をうすくすることはけい光体のガラスへの接着および膜になったときの粒子間の接着が悪くなり、表面のおうつができて均一な膜厚にならない。われわれの方法では比較的、水ガラスの高い濃度で分散をよくし、ガラスとの接着を

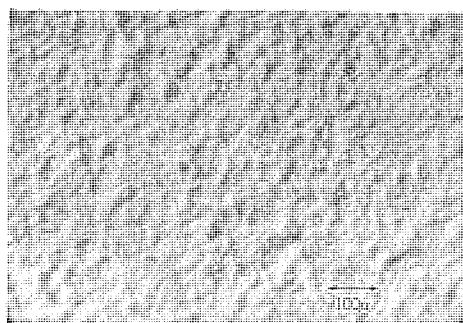


図 3. 従来の塗布法による PYG けい光面

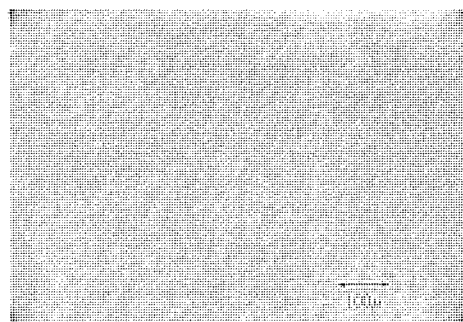


図 4. 新塗布法による PYG けい光面

よくすることが実現できた。PYG けい光体は比重が大きくまた細粒子が容易に得られるのでけい光面膜厚 6~10 μ 、けい光体塗布量 1.5~1.8 mg/cm² 程度の高品位の薄膜けい光面を得ることができた。

図 3. は従来の方法で塗布したけい光面の顕微鏡写真および図 4. は開発した方法で塗布した顕微鏡写真である。

4. PYG けい光面の性能

フライングスポット管のけい光面に要求されるおもな特性は高い分解能と、明るく劣化の少ない、しかも S/N のよい高品位のけい光面である。

PYG けい光体はこれらの点につきいかなる性能を有しているかを以下に述べる。

4.1 発光スペクトルと光出力

PYG けい光体の発光スペクトルは図 5. に示すように比較的幅広い波長域にわたっている上に同用途の他種けい光体にくらべて光出力もきわめて高い。すなわち図 5. はカラーフライングスポットスクリーン等に用いられている代表的なけい光体の発光スペクトル帯域と、光出力エネルギーの関係を図示したものである。PYG は青成分に若干不満はあるが P24 や P36 にくらべてピークの高さはきわめて大きく、とくに P24 のこれまでの問題点の一つであった長波長側の光出力が大きい。また P46 は PYG にくらべると長波長域の光出力が大きくピー

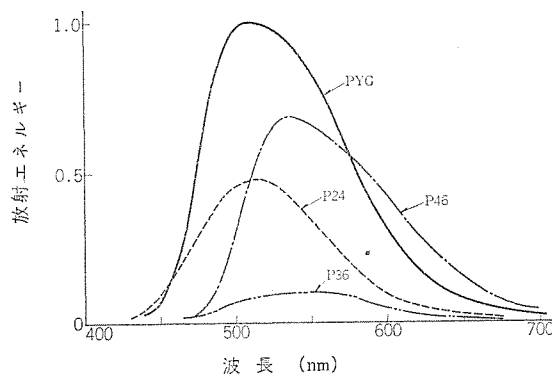


図 5. カラーフライングスポット用けい光体の発光スペクトル

表 1. P 24 に対する相対光出力の比較

色成分	けい光体	P 24	P 36	PYG
青成分		1.0	0.1	0.9
緑成分		1.0	0.2	2.1
赤成分		1.0	0.4	2.6

クの高さも PYG に次いで高いが青成分がほとんどないため用途は非常に限定される。

P 24 に対する各色成分ごとの光出力エネルギーの比較を表 1. で行った。測定は光電管で色ガラスフィルタにより色成分を分離して測定したもので、青成分の測定には V-V 45, 緑成分 V-G 54, 赤成分 V-R 60 のフィルタを使用した。

4. 2 残光性と正弦波応答特性

一般にフライングスポットスキャナ等の用途に使う場合、とくに通常の TV スキャンで使われるビデオプレー等のように輝点の移動速度が速く読取り情報量の多いものについては、ブラウン管の分解能がけい光体の残光性である程度制限されてしまう。すなわち情報読取り光源として使用する場合では光点を情報源に照射して絵素を読取るときその前の絵素を読取った光は消滅している必要がある。このためこれらの用途に使用するブラウン管としては輝点の小さいことはもちろん第一条件ではあるがけい光体の残光性の依存度はきわめて大きい。

けい光体の残光特性については一般に残光の明るさが 10 % に落ちるまでの時間で示す 10 % 残光時間により評価する方法が用いられているが、この方法は 10 % 残光時間が 10^{-7} 秒程度となるけい光体では測定にかなりの技術を要する。そこでこの特性をより実用的にしかも簡便に評価する一つの方法として正弦波応答特性を用いることがある⁽⁴⁾。図 6. に正弦波応答特性測定装置のブロックダイアグラムを示す。

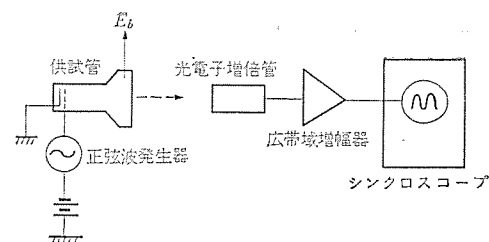


図 6. 正弦波応答特性測定装置

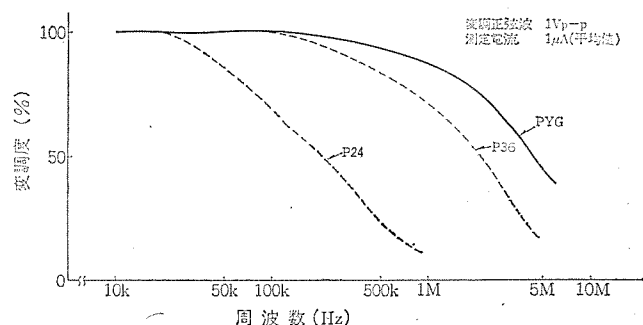


図 7. カラーフライングスポット用けい光体の正弦波応答特性

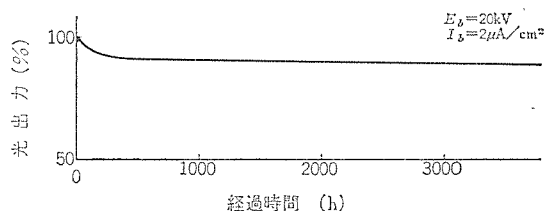


図 8. PYG けい光面の輝度劣化特性

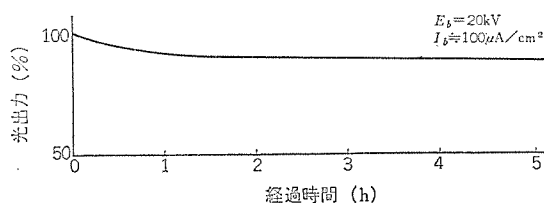


図 9. PYG けい光面の強制輝度劣化特性

的变化は電流密度に逆比例しており、電流密度の小さい使い方ほど初期の数%の劣化時間が長くなる。

4. 4 けい光面品位

これらのけい光体を用いるブラウン管は一般にきわめて高い解像度を要求される場合が多く、これに付随してけい光面雑音が問題となる。

けい光面雑音は主としてけい光体塗膜面の密度むら等による微小面積ごとの輝度むらのことで、とくにフライングスポット等では読取り信号に重畳されてしまうためブラウン管の品位を左右する大きなポイントとなる。

前述のように PYG けい光体は分級により比較的均一な微細粒子をそろえることができるので独特なけい光膜作製技術とあわせて非常にめらかなで薄い膜厚のものを作ることが可能で、高い解像度と S/N の良い高品位のけい光面が得られる。

図 10. は PYG けい光面のけい光面雑音の一例を示す写真で、けい光体のレスポンス特性を無視できる程度に輝点の走査速度を下げた測定したときのもので、ノイズ分はピーク値で約 5 % と非常に少なくなっている。このノイズは走査速度が速くなればだんだん鈍ってきて、たとえば TV 走査程度になれば約半分になるためビデオプレー等では非常にめらかな画面を得ることができる。

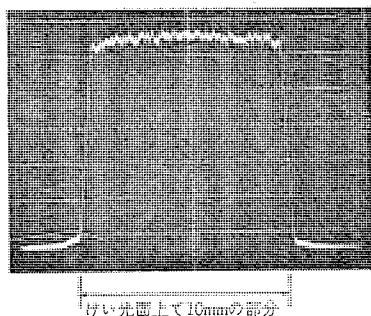


図 10. PYG けい光面のスクリーンノイズ波形

なお、一般にけい光面雑音の大きなブラウン管はガラスの電子線による焼損が雑音のパターンに対応した形で進むため、使用時間とともに雑音が増大したり輝度が低下したりするためけい光面雑音の小さいブラウン管を作ることは寿命の面からも望まれることである。

4.5 その他

PYG けい光体によるけい光面は以上のようにいろいろな特長を持っているが、その中でも解像度向上に寄与しているところが非常に大きい。すなわち前項までに述べたように第一にこれらの短残光けい光面の中では非常に明るいものであるため、使用するビーム電流が少なくすむためけい光面の寿命がのびるだけでなく解像度の面からもきわめて有利である。このことはたとえば表 1. の比較で明らかのように、PYG けい光体を使用することにより同一光出力を得るのにビーム電流は P 24 の約半分、P 36 に対しては約 1 けた近く少なくて済む。その上にけい光面の膜厚がきわめて薄く均一に作ることが可能のため輝点のひろがりを押えることができる。かつけい光体自体のレスポンス特性がきわめて良い。

これらの諸特性の積重ねの結果、非常に品質のすぐれたブラウン管の製作を可能にする。

5. PYG けい光面の応用

PYG けい光面の応用面としては、このけい光体が明るく、しかもきわめて劣化が少なく発光波長帯域も比較的広いことから、その用途は多岐にわたっている。おもな用途としてはカラーおよび単色のビデオプレーヤ用フライングスポットスキャナを始めとして、ファクシミリや OCR 等があげられる。これらの応用例のおもなものの現況を紹介する。これまでカラーフライングスポットスキャナは放送機器用を始めとして一般に P 24 が使われていたが、残光時間、赤色光成分の不足、輝度劣化等の問題があり、これに代わるけい光体が登場しなかったためやむを得ず使われていた感が深い。P 24 の場合残光時間、赤色光成分の不足等については信号増幅器の高域の利得を上げたり赤色系の増幅器の利得を特に上げるなどして電氣的に補正していたため解像度、S/N 等かなり問題があった。これが PYG けい光体の登場によってこれらの問題点はほぼ解消され、これまで解像度、明るさ、S/N 等の問題で妨げられていたブラウン管の小形化が可能となり、放送機器向けカラーフライングスポットスキャナ用として民生用以外の分野

でも 3 インチ形のフライングスポット管が使用されるようになってきた。

この PYG けい光体は青成分光が緑、赤成分光にくらべて少ないが、一般に光電子増倍管の感度が青成分は比較的高いことと、青色の画面雑音は視感的に非常に感じにくく、PYG けい光面自体の S/N もきわめて少ないため、単に青色系の信号増幅器の利得を上げてやるなどの電氣的手段で問題を除去することができる。

またカラーフライングスポット用として最近 P 48 が登場しているが、これは発光色の全く異なる 2 種のけい光体粉末を混合して構成する関係上、単色チャンネルごとのけい光面ノイズが劣る欠点がある。

EVR 等の単色系フィルムを処理するビデオプレーヤ等に対しても、光電子増倍管に対する感度も非常に良く好適である。分光感度が比較的長波長側に分布する固体光電変換素子と組合せて使用する場合などには特に適している。

ファクシミリ分野ではブラウン管は一般に 1 本の線走査の繰返しで使われるのがほとんどであり、けい光面の単位面積当りの負荷もかなりきびしい条件で使われることが多い。非常に明るく劣化しにくい PYG けい光面は単に原稿の読取り光源としてだけでなく、送受兼用ファクシミリの記録用光源としても使われている。

このほかに OCR 等のコンピュータの各種端末機器用を始めとして変わったところでは、カラーフィルム等の色彩情報分析用光源や、きわめてけい光体の発光レスポンスのよい PYG けい光体の特長を生かして μ s 程度の短時間の光パルスを生じさせる計測用光源としての用途もあり多方面に応用されている。

6. むすび

以上新しいフライングスポット管用けい光体 PYG の紹介と、そのけい光面の諸性能について述べた。従来の同種フライングスポット管の性能を大幅に改善することができ、今まで考えられなかった新しい応用分野も生じてきているといえる。フライングスポット管も将来は固体化される運命にあることは必定であるが、従来確立されてきたブラウン管の技術に新しい材料が取り入れられ、その応用が高度に、また広域になっていることも現実のすう(趨勢)である。当社の PYG けい光面を応用したフライングスポット管もその一環の製品といえよう。本文が関係各位のご参考に役立てば幸いである。

なお、PYG けい光面を応用した新フライングスポット管の実用化にご尽力賜った社外関係各位ならびに社内関係者に深く謝意を表します。

参考文献

- (1) G. Blasse and A. Brill : Appl. Phys. Letters 11, 53 (1967)
- (2) A. H. Gomes and A. Brill : Mat. Res. Bull. 4, 643 (1969)
- (3) F. Euler and J. A. Bruce : Acta Cryst. 19, 971 (1965)
- (4) 小林ほか：昭和 47 年度 電気関係学会 開西支部 連合大会 S 10-1
- (5) 栗津：第 145 回けい光体同学会 (昭 47)

EVRの応用 —— プログラム検索形EVRおよびフレーム検索ディスプレイ装置 ——

厚 東 信 尚*・平 居 宣 威*・今 村 賢*

1. ま え が き

現在か(稼)動中のビデオパッケージシステムの一つにEVRがある。当社はEVRの開発にいち早く着手し、3モータ電気ショック方式のVP-200シリーズを製品化した。EVRは記録媒体に感光フィルムを使用し、FSS管と光電子増倍管(PMT)による光電変換系を採用しているの、安定した美しい画像——とくに静止画再生とフィルムの長寿命化が達成できる。この特長を生かしてEVRを応用した画像検索装置を製品化した。従来より画像検索装置としては、純光学系のマイクロフィルムシステムや磁気ディスク、磁気テープによるもの等があるが、EVRの応用により従来システムをしのぐ画像検索システムとなし得る可能性がある。EVRを応用した場合の特長を列挙すると、次のとおりである。

- (1) 最大カラー9万コマ(白黒では18万コマ)の画像検索ができる。
- (2) 高解像度のカラー画像がくり返し再生できる。
- (3) カラー画像でも白黒フィルムを使用するので、安定性とコスト面で有利である。
- (4) 画像検索は遠隔操作も可能、また画像伝送も容易にできる。

今回製品化したものは、プログラム検索形EVRおよびフレーム検索ディスプレイ装置で、以下その概要を説明する。

2. プログラム検索形EVR

プログラム検索とは1本のEVRカセット(最大60フレーム/秒の場合25分、50フレーム/秒の場合30分)に短時間のプログラムをシリーズにそう(挿)入し、各プログラム間にはCHAPTER CODEを設けて特定プログラムをキーボードにより選択再生する装置である。この装置の外観写真を図1.に、仕様概要を表1.に示す。

2.1 構 成

プログラム検索形EVRのブロックダイアグラムを図2.に示す。図に示すようにこの装置の構成は、フィルムの同期トラック上にあらかじめ記録されたSTOP CODE(CHAPTER STOP)をOUT PUTし外部指令信号によりFF MODE(早送り)からSTOPおよびPLAY MODEに自動切換え可能としたプログラム検索EVRプレーヤVP-255 N、任意のプログラムを指定し所定のCHAPTER CODEをCOUNTして

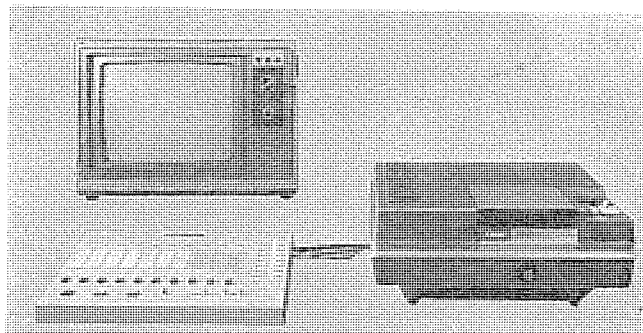


図 1. プログラム検索形EVR EP-250 形

STOPまたはPLAYの指令信号をOUT PUTするキーボードEC-10 KNおよび検索したプログラムを再生するモニタTVより構成されている。モニタTVとしては通常のカラーテレビまたはカラービデオモニタが使用できるのでプレーヤ部とキーボード部について説明する。

表 1. プログラム検索形EVR EP-250 形の仕様・性能

項 目	仕 様 / 性 能
フ ィ ル ム 形 式	8.75 mm 幅 EVR 標準方式
フ ィ ル ム 送 り 速 度	15.24 cm/s (毎秒 60 コマ), 12.7 cm/s も 可 (毎秒 50 コマ)
プ ロ グ ラ ム 収 容 数	最大 10 プログラム (特注により 10 プログラム以上も可能)
プ ロ グ ラ ム 収 録 時 間	各プログラムの収録時間は自由、ただし全プログラムの合計は約 23 分まで (毎秒 60 コマ送り時)
ア ク セ ス 時 間	最短 0.5 秒～最長 60 秒
出 力 信 号	RF VHF Ch 2 または 3 (日本方式) 75 dB VIDEO 1 Vp-p 75 Ω AUDIO 1 V rms 600 Ω
信 号 方 式	テレビジョン標準方式 カラー方式としては NTSC (PAL も 可)
S/N	VIDEO 40 dB 以上 AUDIO 45 dB 以上
解 像 度	450 本以上 (白黒)
消 費 電 力	プレーヤ部 150 W キーボード部 5 W
外形寸法および重量	プレーヤ部 516(W)×476(D)×253(H)mm 約 28 kg キーボード部 480(W)×370(D)×110(H)mm 約 6 kg

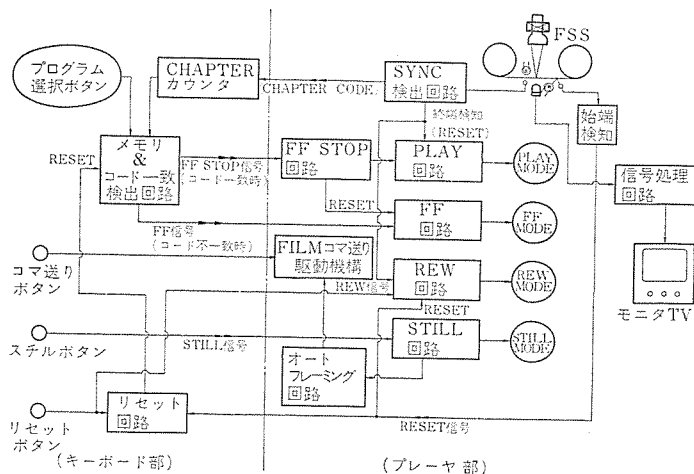


図 2. プログラム検索形EVRのブロックダイアグラム

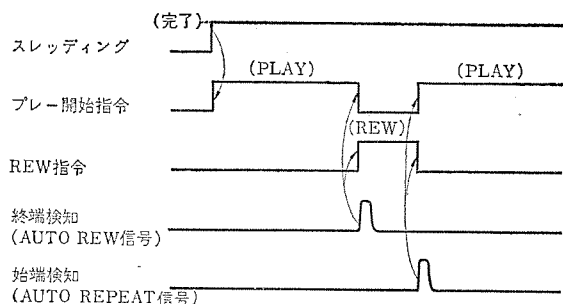


図 3. EVR のオートレポート・シーケンス 図

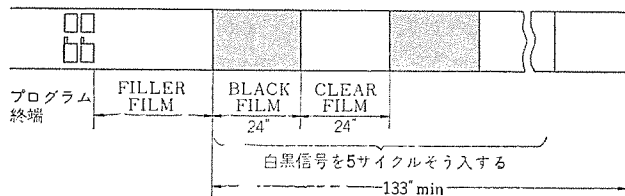


図 4. プログラム 終端検知コード

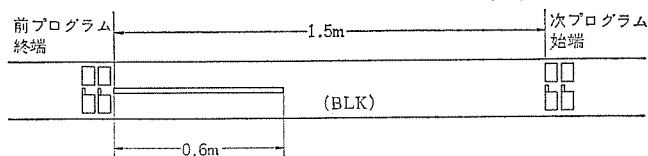


図 5. プログラム 間停止コード

2.2 プレーヤ部

プログラム 検索 EVR プレーヤ VP-255 N は当社標準 EVR プレーヤを基本としてプログラム 検索機能を付加している。3 モータ 電気 シーケンス 方式を採用した当社標準 EVR プレーヤは AUTO REPEAT 演奏機構を内蔵しており図 3. にその シーケンス を示す。図の終端検知は、プログラムの終端に記録された END STOP MARK (図 4. 参照) を読み取り検出する。また始端検知はフィルム上にちょう(貼)布した銀紙センシングテープの反射光を検出して行なう。プログラム 検索 EVR プレーヤはこの AUTO REPEAT 機構を活用して、選択指定したプログラムを放映後、終端検知して REW MODE (巻戻し) としセンシングテープで始端検知することにより外部メモリ回路を RESET する信号出力端子を付加している。またフィルムの各プログラム間にあらかじめ記録された CHAPTER CODE (図 5. 参照) を読み取り外部回路に送出する出力端子と外部よりの指令信号により選択指定したプログラムの直前で FF MODE から FF STOP させ PLAY MODE に移行する回路を内蔵している。各プログラムの検索は検索機構をできるだけ簡単にし信頼性を向上させるため、常にカセットの始端(第 1 プログラムの始端)で待機するよう構成しているのでアクセス時間は最短 0.5 秒(第 1 プログラム 選択時)から最長 60 秒(最終プログラム 選択時)の範囲となっている。プログラム 選択中のフィルム送り速度は最大 5 m/秒に達するので、FF STOP 時フィルムのオーバーラン量は約 1.5 m となっている。したがって各プログラム間はこのオーバーランを考慮して図 5. に示すように CHAPTER STOP CODE を含み 1.5 m の間隔をとる必要がある。

EVR の特長として静止画再生が安定でかつ良質であることを活用するためプログラム 検索 EVR プレーヤではキーボード側からの操作で、STILL および正逆方向の FRAME 送り機構も付加している。また STILL 再生時には AUTO FRAMING 機構により自動的に画わく(枠)を一致させることができる。

2.3 キーボード部

キーボード上にはプログラム 選択用のボタンと STILL 再生ボタン、FRAME 送りボタン、RESET ボタン等が配列される。図 2. に示されているようにキーボード部は CHAPTER CODE をカウントする回路とキーボタンにより指定したプログラム番号を記憶し所定の CHAPTER CODE と一致すると FF 指令を FF STOP 指令信号に切換え送出する回路を具備している。メモリ 回路はキーボタンによりプログラム 選択してからプログラム 放映後 REW MODE で始端検知するまで指定のプログラム番号を記憶している。したがってメモリの RESET は始端検知信号により行なっている。

その他静止画再生時にも音声を出させるための音声検索機との連動操作やコインタイム等を付加した操作パネルとして構成することもできる。

3. フレーム検索ディスプレイ装置

フレーム 検索 ディスプレイ 装置は前述の EVR の特長を最大限に活用して最大カラー 9 万コマの静止画を任意に検索再生する装置である。

この装置を防災システムに応用した場合の外観写真を図 6. に示す。

3.1 構成

フレーム 検索 ディスプレイ 装置のブロックダイアグラムを図 7. に示す。図に示すようにこの装置の構成は各フレームごとにあらかじめ記録した ADDRESS CODE を読み取り、検索指定した所定のフレームに停止する機構を備えたフレーム 検索形 プレーヤ 部とこのプレーヤ 部を検索制御する検索制御 ユニットおよび検索したフレームの画像情報を再生するモニタ TV により構成されている。この装置においてもモニタ TV は通常のカラーテレビまたはカラービデオモニタが使用できる。

3.2 動作概要

図 7. において、所望のアドレスコードが BCD で指定されると、その番号がシフトレジスタに貯えられる。一方シンクカウンタにはその時点でのフィルムアドレスコードが記憶されており、前述のシフトレジスタ出力とこのシンクカウンタ出力が同時に加算回路へ送り込まれる。加算回路ではシフトレジスタの補数とシンクカウンタの出力を、BCD の上位のけた(桁)から順に 1 けたずつ加算する。この結果はけた一致検出回路に導かれ、その時点のフィルムアドレスコードと所望のアドレスコードがどの

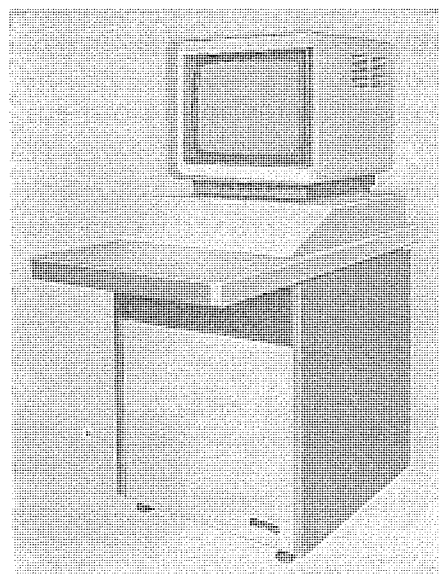


図 6. フレーム 検索 ディスプレイ 装置 EP-100 形

高速ファクシミリ

藤尾 芳男*・吉田 全*・三井田六蔵*

1. ま え が き

ファクシミリは、いわゆる模写電送・写真伝送として今世紀初頭にまでさかのぼる長い歴史をもつが、今日の大量情報処理の時代にいたって、改めてコミュニケーションの道具として見直されつつある。それは、正確迅速に目的とする相手に情報を伝達すべき要求をみたすハードウェアのなかで、ファクシミリが文字・図面・伝票などのほかに、効率的な符号化の不可能な図形・記号を含む文書を遠隔の地においてそのまま複製できること、特別な熟練を要しない操作によってこれができること、ハードコピーという情報伝達の形式が対人のコミュニケーションにおいて、もっとも正確で慣れた情報授受の方法のひとつであることなど、情報内容の多様化・伝達の正確さ・省力化への要求をみたす条件をそなえているからであろう。また、ファクシミリ技術と同様に、マンマシンのコミュニケーションに利用するプリンタがあり、印写をふくむファクシミリ技術は情報処理の分野で今後より重要な役割を果たすものと考えられる。

企業内、官公庁での文書の大量配布における事務合理化・省力化を目的とするファクシミリ装置の需要は増加しつつあり、これらの需要にこたえるためにまず、自営回線・広帯域専用回線を利用して文書電送を行なう高速ファクシミリ FA 100/150 を製品化した。



図 1. FA 100/150 外観

2. 広帯域専用回線を利用するファクシミリ

専用回線を利用して文書電送を行なうファクシミリにおいては、

(1) 回線の使用コストが文書電送の有無とは無関係に経常的に計上されるという点で、時間当りの電送可能な文書枚数をふやし、1通あたりの電送コストをできるだけ下げること、つまり高速化が重要なファクタとなる。

(2) 電送時のマニュアル操作ができるかぎり簡易であること。

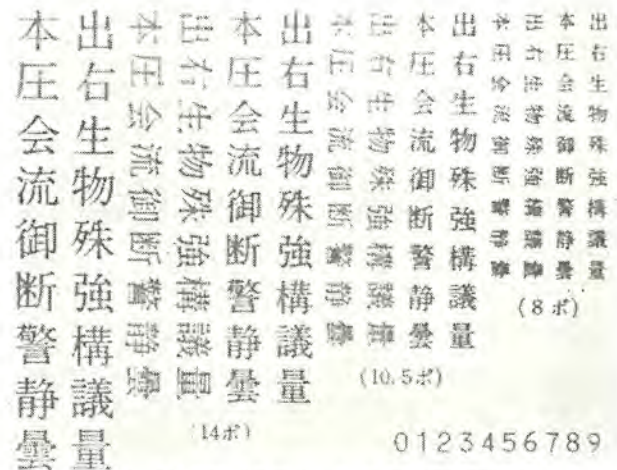
(3) 回線の効率的な利用をはかるという前提で、ファクシミリ利用の主目的(どのような種類の文書をおもに電送するか)によっては、走査線密度・電送時間・伝送帯域・送受信制御などの仕様項目の規定が多様化するものと予測されるために、走査・印写の方式にはこれらに対してフレキシビリティのあるものが要求される。

という点を十分考慮する必要がある、これは自営回線を利用するファクシミリについてもほぼ同様にあてはまる。

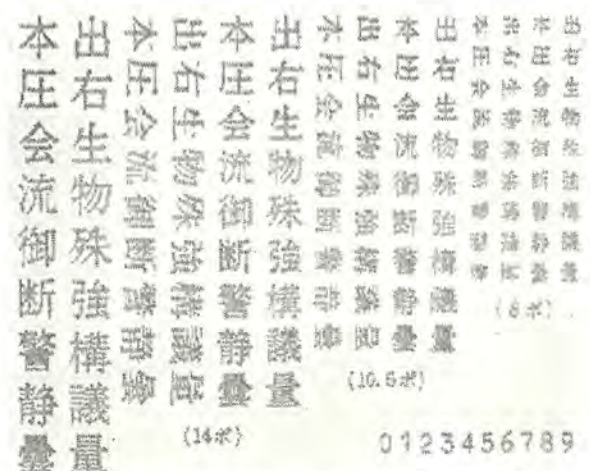
3. 主要定格

FA 100/150 は、電子管走査と高感度電子写真記録方式とを組合せ、上記 2 章の条件を考慮しつつ送受信機を一体化したトランシーバタイプで、

- (a) 送信側からの制御による自動受信機能
- (b) 送信原稿の長さに応じた記録紙の自動切断機能
- (c) 自己テスト機能



(a) FA 100 (7本/mm) による受信記録例



(b) FA 150 B (4本/mm) による受信記録例

図 2. 受信画の例

表 1. FA 100/150 主要定格

項 目	FA 100	FA 150 A/B
原稿の大きさ	A4版以下	
有効走査面積	192×297 mm	
走査線密度	7本/mm	※ 6/4本/mm
主走査周波数	150 Hz	※ 56/85 Hz
最高画周波数	120 kHz	39 kHz
使用回線	240 kHz 専用回線または同等帯域の自営画像回線	48 kHz 専用回線または同等帯域の自営画像回線
信号伝送方式	DSB-AM	VSB-AM
記録方式	電子写真感光体による静電潜像転写方式	
記録紙	210 mm 幅 静電転写記録紙	
電送時間	14 秒	※ 32/14 秒
消費電力	100 V 400 W	
外形寸法	510(W)×685(D)×1,055(H) mm	

注) ※印欄の数値はそれぞれ左側が FA 150 A、右側が FA 150 B に該当。

(d)記録紙・現像液の残量検出機構

をもっている。

表 1. に FA 100/150 の主要定格を示す。

FA 100 は、最高画周波数 120 kHz で DSB-AM により J 規格の超群回線、FA 150 A(B) は最高画周波数 39 kHz で VSB-AM により I 規格の群回線により伝送を行なう。

また、FA 100 で自営線を使用する場合はベースバンド伝送も可能である。図 2. に記録例を示す。

4. 送信・受信記録の方式

FA 100/150 は、送信・受信の光電変換走査に、同一のフライングスポット管 (FSS) を用いた、電子管方式を採用している。すなわち、送信時には、FSS は原稿読取りのための線走査光源として用い、受信時には、受信信号に応じて輝度変調される、走査光源として用いられる。この方式の特長は、送受兼用が容易にできること、走査の高速化が容易であり、無接触なので騒音・摩擦がないことである。

送信時の原稿読取は、FSS 上に線走査した光を、レンズ・ミラーよりなる光学系により原稿面上を走査し、原稿の濃淡に応じた反射光を光電子増倍管で検出し、これを信号処理して送出する。ここで用いている FSS は、三菱電機偏向磁収束形フライングスポット管、FS5 MBYG である。けい(螢)光体は発光スペクトルのピークを 510 mμ に持ち、CdS 感光体の感光スペクトルのピークとほぼ一致している。このけい光体は高輝度で焼けに強く、残光時間が非常に短いのでファクシミリの高速高解像性の要求を十分満たしている。光電子増倍管の感光スペクトルも、光源のそれをカバーする。また、反射光の端まで均一に検出できるよう、4 本の光電子増倍管を配列している。

受信記録の方式は、CdS 感光体上に潜像を形成し、これを静電転写紙に転写し現像する方式を採用している。この方式では、感光層表面に形成された電荷像が、感光層と静電転写紙の容量の分割比で配分されるので電荷の利用率は悪いが、直接感光体上で現像する場合に比較し、トナー粒子による感光体の損傷が少なく、また 1 行程終了後のトナーの清掃の必要もなく、繰返し寿命が長い利点がある。転写紙は通常の液体現像法で現像する。

ここで使用する感光体は、透明絶縁層、CdS 層、導電ベース層の 3 層構造である。潜像形成のプロセスは図 3. に示すように、第 1 過程で AC コロナ放電により、感光体表面の残留電荷を除去しほぼ 0 V に近い初期電位とする。第 2 過程で受信信号に比例して輝度変調さ

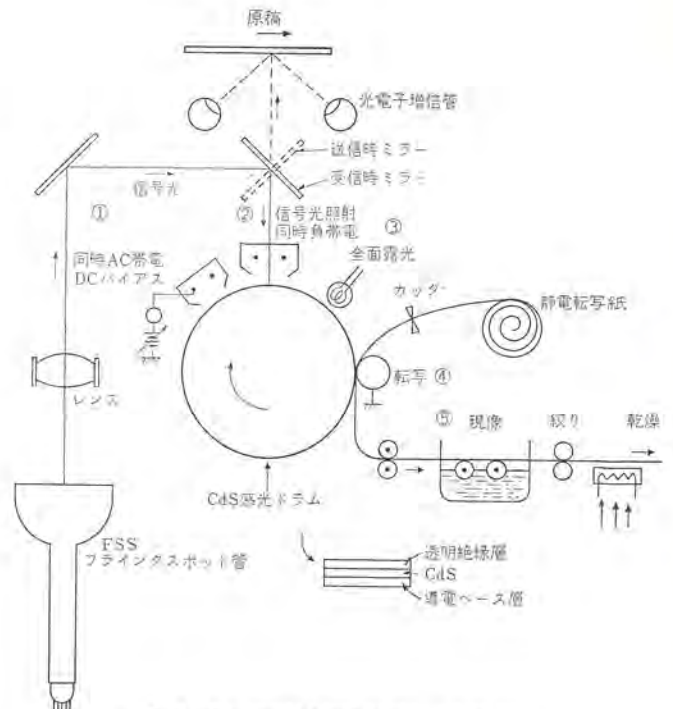


図 3. FA 100/150 送受信ブロックダイヤグラム

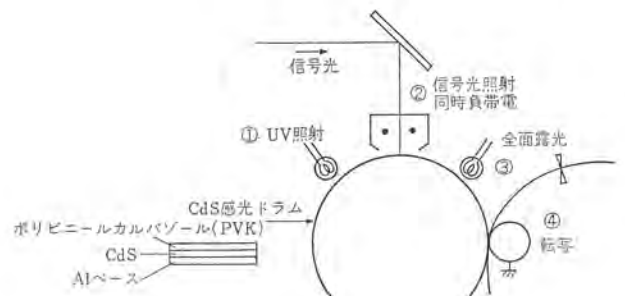


図 4. UV 消去過程を採用した記録方式

れた光を照射しながら同時に負コロナ帯電を行なう。信号明部においては CdS 層の抵抗が低く、電位はおもに透明絶縁層にかかるが、暗部では透明絶縁層と CdS の両層に配分される。第 3 過程で感光層全面に可視光を照射すると、信号暗部で CdS 層にかかっていた電位が消失し、結局透明絶縁層表面に信号に応じた電荷像、すなわち潜像が形成される。なお、第 1 過程で AC コロナ放電用電源に直列に正の直流電源をそう(挿)入し、透明絶縁層上の暗部の表面電位が平均的に若干負に移動することを防止している。

(特許出願 48-67508)

感光板の透明絶縁層の代りに、紫外領域の光 (UV 光) に対してだけ光導電性を示す透明光導電層 (たとえば ポリビニルカルバゾール: PVK) を使用したものをを用いると、前記第 1 過程の AC 放電の代りに UV 光を照射しても、同様の目的を達成することができる。すなわち可視光に対しては PVK 層が透明絶縁層として働くので、第 2 過程以後の潜像形成に関する操作は、通常の透明絶縁層を使用した場合と全く同じことを行なえばよく、潜像形成・転写後、PVK を用いた感光板上に残留している負の電荷像は、UV 光を照射することにより消去することが可能である。この場合のプロセスは図 6. に示すように、UV 光照射、信号光照射同時負コロナ帯電、全面可視光照射、転写の順に行なわれる。このプロセスによっても前記プロセスと同様のコントラストの受信記録画を得ている。(特許出願 46-91755)

記録画の濃度、コントラストは、感光体の感度・光量・帯電条件・転

写紙・現像条件により決定される。FSSを使用した記録プロセスではレンズ系を用いて輝点像を感光体上に結像させるため、光の利用効率が問題となるが、主走査速度の最も早いFA100の場合に光面への電子ビーム入力エネルギーはピークで240 mW、光体の光変換効率約2.8%、像の拡大率、レンズの口径比、ミラー・レンズによる吸収、スペクトルの不整合によるロス را考慮に入れて感光体の表面では約3 lx・sの光入力となり、これによって感光体の表面電位として-800~-900 V DCの電位が得られている(明部表面電位)。

5. 機構部の構成と動作

5.1 構成

機構部の構成を図5.に示す。

図中移動ミラーによる光学路の切り換えによって、送受兼用としている。送信時の光学路は主走査を行なうフライングスポット管(FSS)、反射ミラー(2カ所)の光学系をへて、走査を行なう原稿送行部に達

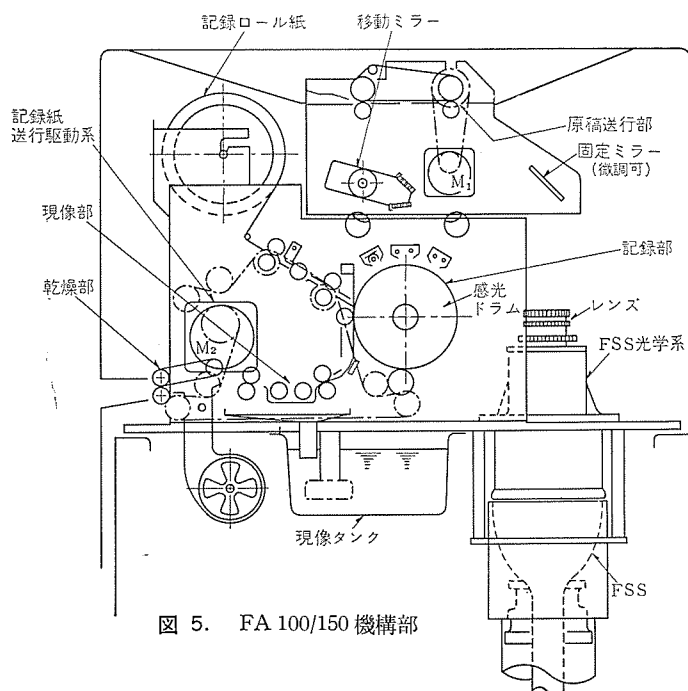


図 5. FA 100/150 機構部

し走査原稿面からの反射光を光電子増倍管(PMT)でうける。受信時の光学路は、移動ミラーを切り換えることにより、FSS, ミラー(2カ所)をへて記録部感光ドラム面上に達する。受信時に動作させる機構は、記録部・静電転写部・記録紙送行部およびその駆動系・現像部および乾燥部より構成される。また送受信時のシーケンスを簡略化するために、原稿送行モータM₁による送信動力系と、記録紙送行部・記録部感光ドラム・現像部・乾燥部などを同一チェーンで駆動するモータM₂による受信動力系とを分離しており、両モータはヒステリシスシンクロナスモータを使用することにより、両モードの同期を計っている。これらの各機構部は、高解像度、高速性ととも量産性、サービス性を考慮してユニット構造とし、特に光学系ユニットは、精度の高い加工技術により組立工程の簡素化を計っている。

5.2 動作シーケンス

図6.は送信、受信機構主要部のレイアウトを示し、図7.は送信、受信のシーケンスチャートである。送信側で原稿をそう入し、SEND SWを押すことにより、受信開始要求信号(INQ)が送出され、受信側ではこの信号を検出しリセット状態にあるときだけ、応答信号(ANS)を送信側に逆送する。このタイミングで送信側ではM₁モータ、受信側

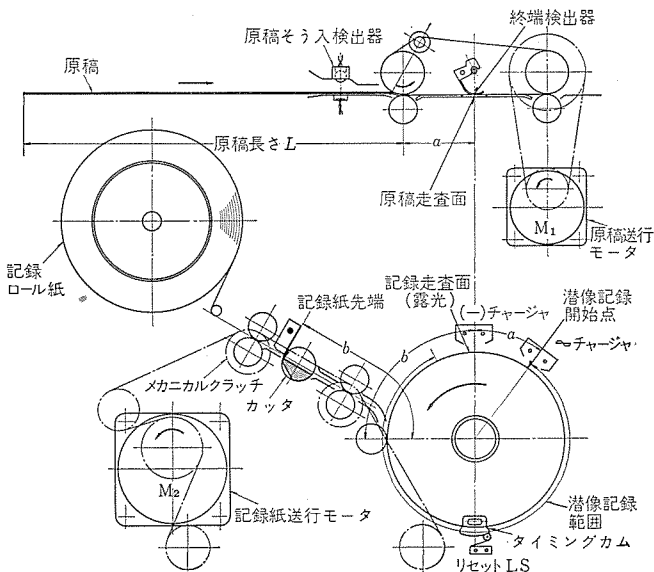


図 6. 原稿送信、受信記録 主要部 レイアウト

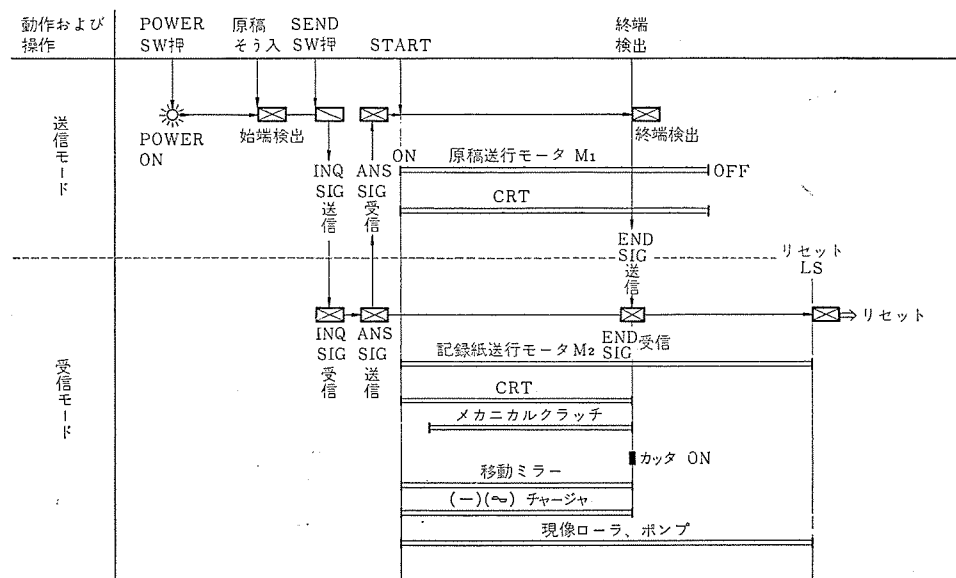


図 7. シーケンスチャート

では M_2 モータに通電され、前者では原稿が送り込まれ、後者では感光ドラムが回転開始する。感光ドラム上の潜像記録開始点が受信走査面まで移動したタイミング（この移動距離は送信側原稿が M_1 ON から原稿走査部まで移動する距離 a に等しくしておく）で、メカニカルクラッチを動作し受信記録紙を送行させる。記録紙先端が b だけ進んで、転写ローラの転写位置にきた時、潜像記録開始点も走査部分より b だけ移動し、正しい位置で転写が開始される。原稿長さ L の終端が、終端検出器を通過するまで送、受信を続け、送信側で終端を検出すると、終了信号 (END) を送出する。受信側で END・SIG を受信すると、カットが動作し、感光ドラムタイミングカムが2回転目にリセットLSを押すまで M_2 モータは動き、その間記録紙は現像、乾燥部を通過しシュートに排出される。送信原稿と同じ長さの記録コピーを受けることが可能であるが、最大長は感光ドラムの記録有効長で制限をうける。

5.3 光学系とその精度

各機構部が光学精度に影響する要因として、

- (1) 各像面（原稿面、感光ドラム面）の傾斜。
- (2) レンズ光軸と FSS ラスタ軸のずれ。
- (3) レンズ面の傾斜。
- (4) 光学路長の狂い。

が考えられこのうち、特に光学的解像度の一様性を低下させる項目として(1)、(3)があげられる。図8. は光学系の光路長と焦点深度について表わしたもので、今レンズを基準にして像面および FSS ラスタ面の所要解像度を、それぞれ7本/mm、14本/mmとし、これを許容錯乱円径 $\delta\theta$ および $\delta/\beta\theta$ に置きかえ、許容深度を算出したもので、像面側主走査幅 210 mm で $+1.93$ 、FSS 面側ラスタ幅 105 mm で $+0.484$ の各許容深度となり、各機構部品をこの範囲で設定しなければならない。図9. に光学系の詳細を示す。送信、受信の光学路切り換えは、移動ミラーを 30° 回転し行なう。光学系精度を維持するために、FSS 面はレンズマウント面と平行な FSS マウント面を、原稿走査面および移動ミラー面は原稿送行部側板取付面を、感光ドラム走査面は受信ユニット側板取付面をそれぞれ基準面として組立てる。これによって組立後の誤差の集積を僅少におさえることができ、最終微調整は調整ミラー部のみで行なう。また像面焦点調整はレンズマウント調整ねじにより行なわれる。

5.4 現像部

潜像形成された記録紙は、現像液中に浸せき(漬)して現像する方式が一般に知られているが、図10. の現像部は湿式現像方式のうち、高速化、高効率化を計るため片面現像方式を採用している。記録紙送行動力で転写ローラと同期して回転している送行ローラ、絞りローラ間にモータ M_3 によりローラ下部を現像液に浸しながら高速回転している現像ローラが設けられている。記録紙が送行ローラ進入前にガイドにより現像ローラに約 10° の角度で給送され、現像ローラの回転によりくみ上げられた現像液の表面張力と、記録紙の押圧力が均衡し、現像ローラと微小距離を保ちながら、ローラの対向電極効果によって、現像液中のトナーを記録紙表面に、導くこととなる。現像ローラ表面にはきょ(鋸)歯状におう(凹)部を構成することにより、おう部エッジ面と記録紙間に電気力線の集中を生じ、ここにトナーを一層導くこととなり、より濃度の高い画像を得ることができると同時に、おう部によりくみ上げ液量が増大するので、高速現像が可能である。定められた記録紙送り速度に対し最適な現像ができるように現像

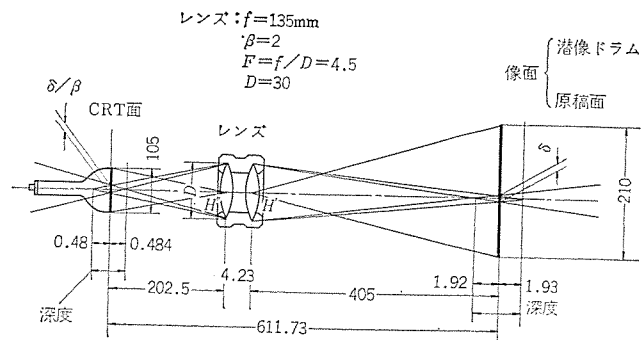


図8. 光学路長と焦点深度

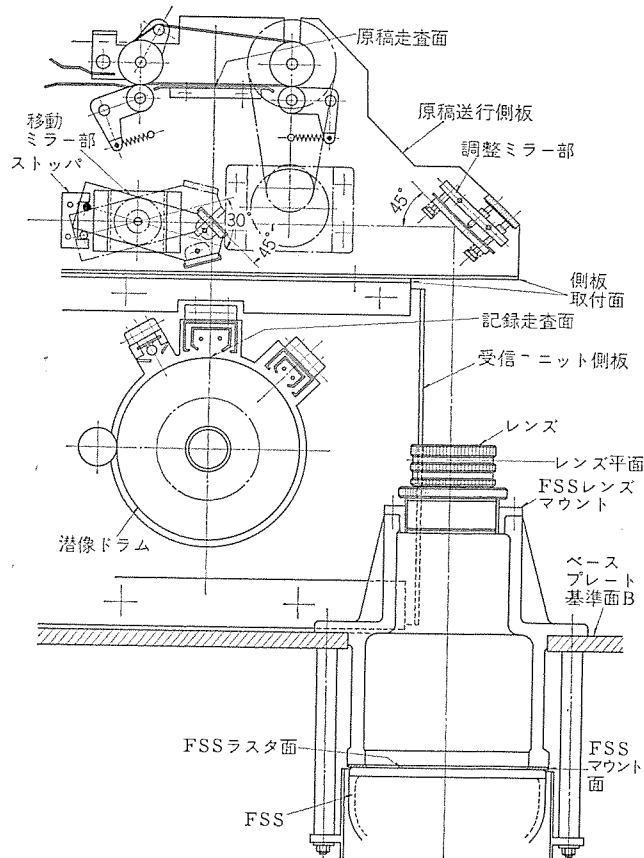


図9. 光学系

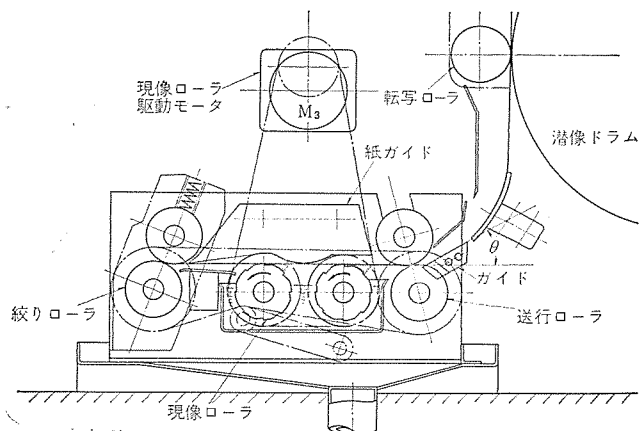


図10. 現像部

ローラの回転数を設定する。この方法によれば送り速度の広い範囲にわたって適正な現像が可能である。

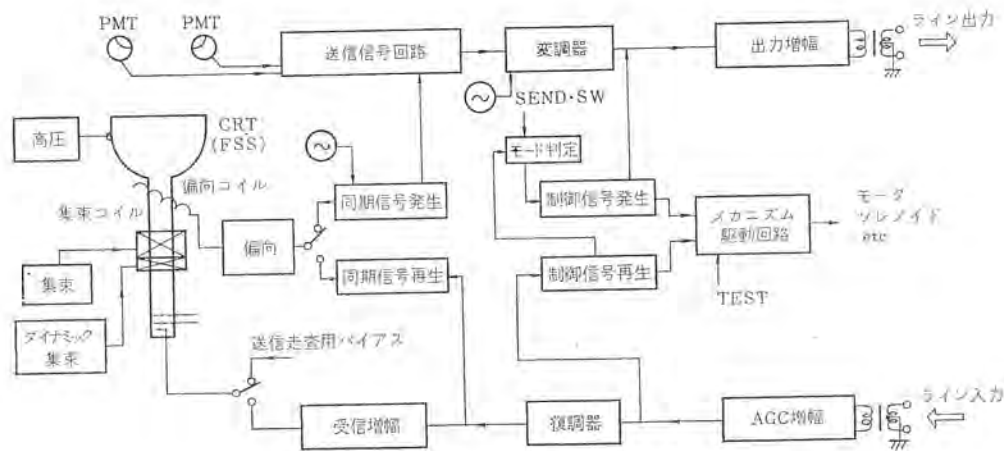


図 11. ブロックダイアグラム

6. 回路構成

図 11. に FA 100/150 の基本回路構成を示す。

6.1 送信系

原稿紙面のそれぞれの部位での反射光をとらえた光電子増倍管からの信号を、送信信号処理回路で合成し、黒レベルのクラツプ、同期信号そう入ののち、変調・出力増幅をおこなってラインに送出する。

信号処理回路には自動レベル調整回路をもうけて原稿のコントラストの変動に対して約 10 dB の範囲で黒白に対する電気信号の振幅レベルを一定におさえるようにしている。

6.2 受信系

ライン入力信号は AGC 増幅ののち復調を行ない、画信号と同期信号に分離し、画信号は受信増幅回路において直流レベルの固定・黒白 2 値化・増幅をしたのち FSS に印加する。

6.3 送・受の切りかえ

1 本の FSS で送受兼用とするために送信用同期信号と受信同期信号、原稿読取用の一定輝度を与える送信バイアスと受信時に輝度変調を与える受信画信号を、送・受それぞれのモードで切りかえている。

6.4 FSS 回路

送信・受信時の走査光源となる FSS で高解像度走査を実現するためには、走査の直線性・走査の振幅と位置の安定度・走査ビームのフォーカスの一様性と安定度が厳格に要求される。

またけい光面輝点の輝度のピーク値を一定に保つために、FSS 電極のバイアスに対して高い安定度が要求される。

6.5 制御信号

定められた回線の帯域のなかで、画信号を通過させる帯域をできるだけ広くして電送速度を向上させることと、入出力回路の簡素化のために、制御信号は画信号と同じ帯域内で送受信している。

したがって制御信号と画信号の識別を適確に行なう必要があり、ここでは帯域内の二つの異なる周波数の交番する回数により制御信号のコーディングを行なう方式をとった。送受信のための信号授受のシーケンスは図 7. に示すようなタイミングをとる。マニュアルの操作は送信側で原稿そう入し、SEND SW を 1 回押すだけで受信側は自動受信し、記録紙は送信側からの終了信号で自動切斷される。

7. むすび

専用線・自営線用に開発した高速ファクシミリ概要について述べたが、ユーザサイドでのドキュメントのバリエーションに対応するには、限定された帯域内での高解像度・高速伝送がさらに重視されるであろうし、専用回線といえどもチャネルの有効利用が必要であるために、今後一般交換回線（音声帯域）用のファクシミリと同様に帯域圧縮技術の導入が要請されるものと考えられる。これについては稿を改めて報告したい。

おわりに、この高速ファクシミリの開発に関し種々指導をいただいた大阪府立大学 河村助教授、記録紙の開発に関して協力をいただいた（株）巴川製紙所 開発第二部 米川部長、岡島課長、桐ヶ谷主任研究員ならびに同製紙所 技術研究所 関係各位その他関係各位に感謝します。

参考文献

- (1) 勝見：写真および模写電送，コロナ社
- (2) 中尾：ファクシミリ，オーム社（昭 40）
- (3) 窪田：高速度ファクシミリ，電学誌，88，10（昭 43）
- (4) 和田ほか：印写工学 II，共立出版（昭 44）
- (5) 吉田，河村：電子写真応用技術の現状と波及効果，電子技術 12，3（昭 45）
- (6) Seldin et al. : A Facsimile Survey, TAPPI Reprography Conference Paper (1971)
- (7) 副島ほか：特集ファクシミリ，TV 誌，26，4（昭 47）
- (8) 川上ほか：ノンインパクトプリント小特集，信学誌，56，2（昭 48）
- (9) 池田：ファクシミリ技術の動向と今後の課題，写真工業，31，3（昭 48）
- (10) Yoshizawa et al. : A New Electrophotographic System Using Photoconductive Member with UV Photosensitive Layer, SPSE 2nd International Conf. Oct. (1973)
- (11) 本練：ハードコピーと関連機器，工業調査会（昭 48）

ステレオハイパワーアンプの設計

杉原 正一*・成田 耕治*・小林 正美*

1. ま え が き

オーディオ再生機器のなかで、電気信号の増幅を受け持つアンプの諸特性は、エレクトロニクス の発展にともなって大幅に改善されている。しかし反面、現在のオーディオ測定技術で得られる諸特性では、アンプの音質を完全には(把握)することができず、良い音質を得るためのチェック手段にしかすぎないのが実情である。そのため、オーディオアンプの設計および評価に当っては、人の耳によるヒヤリングが重要な役割を果たすことになる。このことは、オーディオアンプの最終目標であるHi-Fi再生の評価に、聴取者の主観が影響することを意味し、アンプのすべてを客観的事実として記述することを困難にしている。

ここでは、昭和49年9月に業界発表を行なった当社最高級ステレオパワーアンプDA-A 100形をモデルにしながら、高級Hi-Fiパワーアンプに対する考え方を物理特性を中心に紹介する。

2. 高級Hi-Fiパワーアンプの条件

高級Hi-Fiアンプを、ミュージックソースの有している音楽的ニュアンスをより忠実に再現するアンプと考えた場合、そのようなアンプを実現するために必要な条件を物理特性を中心に述べれば以下のようである。

2.1 出力

より質の高いHi-Fi再生を実現するために、ミュージックソースおよびスピーカーシステム等において各種の技術的改良がなされてきているが、これらの改良の結果は、パワーアンプの出力を増加させる方向にある。たとえばミュージックソース面では、ディスクレコードにおけるPCM録音技術の導入、あるいはテープレコードにおけるローノイズテープの採用などにより、ダイナミックレンジが拡大され、より大きなピーク信号がアンプに印加されることになる。このピーク信号をひずみなく再生するためには、アンプのダイナミックレンジをより広くする必要があり、このためパワーアンプの出力を大きくしなければならない。

また、スピーカーシステム側では、スペースファクタなどの理由により、フロア形からブックシェルフ形に需要の主流が移り、小形化されてきている。この小形化にもかかわらず、低域再生性能を改善しようとするれば、スピーカー振動系の重量が増加し、結局スピーカーシステムの電気音響変換能率が犠牲になる。たとえば、フロア形のダイアトンスピーカー2S-305形の変換能率は96dB/VA/mであるが、最近のブックシェルフ形スピーカーの変換能率は84~92dB/VA/m程度になっている。

現在のミュージックソースにおいては、聴取位置での平均音圧は85dB、ピークファクタ15~17dBが適当とされている。したがって、聴取位置におけるピーク音圧は100~102dB程度となる。このピーク音圧を得るに必要なアンプの出力は概略下記により求められる。

$$P_{\text{peak/m}} = P_{\text{peak}} + 20 \log \gamma - \nu$$

$$10 \log W_t = P_{\text{peak/m}} - \eta$$

$$W_{\text{ch}} = W_t + 2$$

ここに、 P_{peak} : 聴取位置におけるピーク音圧 (dB)

γ : スピーカーから聴取位置までの距離 (m)

ν : 部屋の残響効果 (dB) 一般家庭の場合概略 3 dB

$P_{\text{peak/m}}$: スピーカー前面1m点におけるピーク音圧 (dB)

η : スピーカーの電気音響変換能率 (dB/VA/m)

W_t : アンプの全チャンネル合計出力 (W)

W_{ch} : ステレオの場合のチャンネル当りの出力 (W)

これらの関係を、聴取位置までの距離をパラメータとして図示したものが図1.である。たとえば、変換能率90dB/VA/mのスピーカーを使用して3mの距離で聴取するものとすれば、アンプの出力はチャンネル当り40W程度必要で、これより出力の小さいアンプを使用した場合や、もっと大音量で聞く場合には、パワーアンプで信号がクリップされ、音質が劣化することになる。

したがって、高級Hi-Fiパワーアンプの条件としてまずハイパワーが要求される。トランジスタ式パワーアンプでは比較的容易にハイパワー化でき、最近では数百Wという大出力のパワーアンプも発表されている。しかし、出力が大きくなればなるほど、主としてパワートランジスタの制約により、以下に述べるような高級Hi-Fiパワーアンプの条件を満たしにくく現在のところ150W/ch (8Ω)程度が限度と考えられる。

2.2 ひずみ(歪)

Hi-Fiアンプのひずみ特性を表わすものとして、一般に高調波ひずみ率と混変調ひずみ率が用いられている。人の耳のひずみに対する検知限は一般に-50dB (0.3%)であることが以前から知られており、最近のトランジスタ式アンプでは負帰還技術により、これらひずみ率を0.3%以下にすることは特に困難な問題ではない。

しかし、高級機においては、ひずみ率がたとえ0.3%以下であっても、そのひずみ成分を十分吟味する必要がある。すなわち、偶数次高調波は基本波と和音を構成するため特に有害ではないが、奇数次高調波は不協和音になるため、音質に微妙な悪影響を与える。したがって、高調波ひずみ率が0.3%以下であっても、極力奇数次高

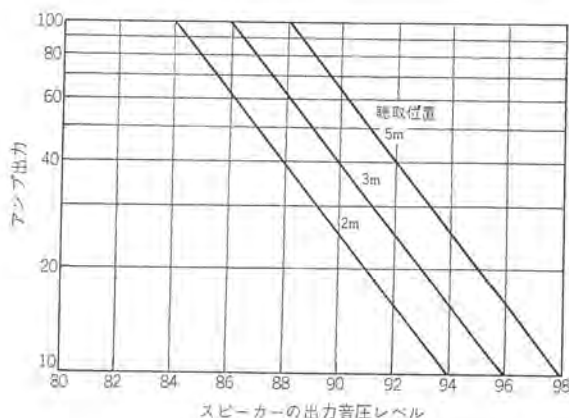


図1. スピーカーの能率とアンプ出力の関係 (ピーク音圧102dBの場合)

調波ひずみは少なくする必要がある。

また、オーディオパワーアンプは一般に電力変換効率が高いB級アンプが用いられるが、B級アンプでは小出力時(500mW以下)のひずみに注意する必要がある。このひずみは、測定系および被測定パワーアンプの残留ノイズにマスクされやすい一方、ひずみ成分は鋭いパルス性であるため、ひずみ率自体は小さな値であっても、一般に音質評価に用いられる「音の粒立ち」「音のぬけ」が悪いという表現と密接な関係がある。この小出力時のひずみのおもなものは、

(a)クロスオーバーひずみ

(b)スイッチング(ノッチング)ひずみ

である。クロスオーバーひずみは、トランジスタの入・出力特性の立ち上り部分の非直線性によって生じるものであり、バイアス電流を適切に設定することにより十分問題ない程度に押えることが可能である。一方、スイッチングひずみはトランジスタの少数キャリア蓄積効果およびベース・コレクタ間容量により生じるものであり、トランジスタのしゃ断周波数が低いほど、また信号周波数が高くなるほどひずみは多くなる。

これら二つのひずみは、バイポーラトランジスタをB級で使用している限り、本質的に解決することは不可能である。そのため、最近A級パワーアンプが一部で商品化されているが、電力変換効率が悪く、高級Hi-Fiアンプの条件であるハイパワー化が困難なため、必ずしも有効な手段とはいえない。また、FETはバイポーラトランジスタに比べ、その入・出力特性がより直線に近いのでHi-Fiアンプの増幅素子としてより適しているのではないかと考えから、パワーFETの開発が進められているが、FETを使用すれば、少数キャリア蓄積効果は原理的に存在しないから、スイッチングひずみは大幅に改善されるものと思われる。

以上は静的状態におけるひずみであるが、オーディオ信号は振幅・周波数がきわめてダイナミックに変化しており、このような動的状態におけるひずみを考慮する必要がある。

まず第1は、信号の急激な立ち上りにおけるアンプの追従性すなわちスルーレートの問題である。ハイパワーアンプになるほど早い立ち上りが必要になり、単一正弦波信号時の出力との関係は次式により与えられる。

$$E_0 = \sqrt{2R_L P_0} \sin \omega t$$

$$T = \frac{dE_0}{dt} = \omega \sqrt{2R_L P_0} \cos \omega t$$

$$T_{\max} = \omega \sqrt{2R_L P_0}$$

ここに、 E_0 : アンプ出力電圧(実効値)

R_L : アンプ負荷抵抗

P_0 : アンプ出力

ω : 信号角周波数

T : 速度振幅

T_{\max} : 速度振幅最大値

オーディオ信号の最高周波数を20(kHz) $R_L=8(\Omega)$ とすると、出力 $P_0(W)$ 時の T_{\max} 以上のスルーレート値がアンプに必要である。すなわち所要スルーレート値 SR は

$$SR \geq 0.50 \times \sqrt{P_0} \quad (V/\mu s)$$

このスルーレートの値を大きくするためには、しゃ断周波数の高いトランジスタの使用および信号回路にそう(挿)入されるコンデンサの静電容量値を検討する必要がある。

第2に、ダイナミックに信号が変化した場合に発生するひずみに、ト

ランジスタのバイアス点の変動によるひずみがある。これは信号によりアンプの直流電源電圧が変動するために生じるもので、ハイパワーアンプほど電源電流が大きくなるので注意を要する。これを解決するためには、電圧変動に対するアンプの安定度を向上させるほか

(a)直流電源容量を増し余裕度を大きくする

(b)定電圧電源回路を使用する

(c)終段とドライブ段以前を別電源にする

などが有効な手段である。

2.3 出力帯域幅

通常、パワーアンプの定格出力は特定の周波数(一般に1kHz)において定格ひずみ率となる最大出力で表わされるが、この出力はあくまで特定周波数における出力であって、可聴周波数帯域全体にわたる出力を表わすものではない。出力帯域幅は、通常定格ひずみ率時の出力が(定格出力-3dB)内にある周波数帯域で表わされる。

出力帯域幅のうち高域は、高級Hi-Fiアンプでは20kHzまで必要であるが、これは主としてパワートランジスタのしゃ断周波数で決定される。ハイパワートランジスタになるほど、一般にしゃ断周波数は低くなるので、これが高級Hi-Fiパワーアンプの出力を制限する大きな要因になっている。また低域は、最近では直結OCL回路が採用されているので、主として直流電源容量により決定される。ミュージックソースのうちには、たとえばパイオルガンのように16Hzの信号成分を有するものもあるので、高級機になるほど超低域まで出力帯域幅を確保する必要がある、そのためアンプの直流電源容量を大きくしなければならない。

2.4 負荷安定性

Hi-Fiパワーアンプの諸特性の測定には、一般に8Ωの抵抗器を負荷として用いるが、これはあくまで測定上の便宜のためであり、実使用状態におけるパワーアンプの負荷はスピーカーの入力インピーダンス(電気インピーダンス)である。スピーカーシステムのネットワークを含む電気インピーダンスは、図2.に例を示すように、周波数によって大幅に変動しているため、パワーアンプはこれらの変動に対し十分安定に動作するよう考慮する必要がある。

スピーカーの電気インピーダンスがこのように大幅な変動をしているのは、一般にスピーカーは本来定電圧源のアンプにより駆動されるという前提条件に基づいて設計されているためである。一方、トランジスタ式のSEPP・OTL方式のパワーアンプでは、多量の負帰還により出力インピーダンスはきわめて小さな値になっているので、ほぼ理想的な定電圧源であると考えがちであるが、

- (1) 終段におけるトランジスタの飽和電圧による損失
- (2) パワートランジスタの温度安定用抵抗器による損失
- (3) アンプ直流電源レギュレーションの影響

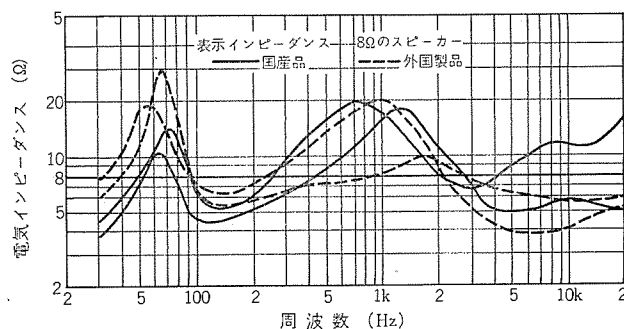


図2. スピーカーの電気インピーダンス特性

により、必ずしも定電圧源にならない。

いま、次式により パワーレシオ を定義すれば、理想的な定電圧源

$$\text{パワーレシオ} = \frac{4 \Omega \text{ 負荷時最大出力}}{16 \Omega \text{ 負荷時最大出力}}$$

では、パワーレシオ は 4.0 になるが、実用されている パワーアンプ の大部分は 2.0~2.6 の値である。上記原因のうち (1) (2) を考慮して、実現可能な最大の パワーレシオ 値を求めると約 3.2 になる。したがって、スピーカー 設計時の前提条件を できるだけ満たすためには、パワーレシオ を 3.2 に近づける必要があり、そのためには パワーアンプ の電源レギュレーション を良くする必要がある。

以上のほか、負荷の位相特性の変化により、寄生振動を生じたり発振に至ったりする場合がある。このような現象が生じるのは、もともと パワーアンプ 自体の安定性が悪いためであり、多量の負帰還により周波数特性上にピークを生じている場合が多い。そのため、可聴周波数帯域内はむろん、帯域外の超低域 (1 Hz 近辺まで) と超高域 (1 MHz 近辺まで) の周波数特性も慎重に検討し、ピークが生じないようにする必要がある。

2.5 その他

高級 Hi-Fi パワーアンプ の特性として重要な項目は以上述べたものであるが、その他周波数特性・残留ノイズ・安定度なども考慮する必要がある。

周波数特性は可聴帯域内で平坦 (坦) でなければならないが、最近のパワーアンプ では多量の負帰還により、可聴周波数帯域外まで問題なく平坦にできる。しかし、超高域まで平坦にした場合、テープデッキのバイアス等の混入により音質を劣化させることもあり、むしろ可聴帯域外の高域においては減衰特性にするほうがよい。この場合、位相補正用コンデンサの不適切により、ピークを生じながら減衰する場合があります。たとえばピークが可聴帯域外であっても、アンプの安定性および高域の音質に悪影響を与えるので好ましくない。むろん、低域においても、負帰還ループ内に低域時定数が 2 個以上存在するとピークを生じるので注意しなければならない。

残留ノイズはアンプのダイナミックレンジの下限を決定するものであり、パワーアンプだけを動作させ、スピーカー直前でノイズが聞こえるようでは高級アンプに値しない。そのためには、少なくとも 0.6 mV 以下にする必要がある。

その他、パワーアンプ特にハイパワーアンプは発熱量が多く、一方トランジスタは熱の影響を受けやすいので、周囲温度に対する安定性と、ハイパワー化による消費電力の増大にともなう AC ライン電圧の変動に対する安定性も十分検討しなければならない。

3. DA-A 100 形パワーアンプ

以上のような高級 Hi-Fi パワーアンプに必要な条件を考慮しながら開発したものが、DA-A 100 形パワーアンプである。このパワーアンプの性能は表 1. に示すとおりであるが、ここでは DA-A 100 形をモデルにして、具体的な回路につき説明する。

本機のアンプ回路を図 3. に示す。A は低雑音増幅部、B は電力増幅部で、いわゆる差動増幅 1 段 ビュアコン OCL 方式である。回路としては非常にシンプルな構成になっている。

先に述べたように、オーディオアンプの音質は現在のところ物理特性だけで議論できず、使用する回路素子により、測定可能なアンプの物理特性がほぼ同一であっても音質が異なることが、また負帰還をかける以前のいわゆるアンプの裸特性の違いにより、負帰還後の諸

表 1. DA-A 100 定格

出 力	両チャンネル動作	150 W + 150 W (4 Ω)
		100 W + 100 W (8 Ω)
	ミュージック	450 W (4 Ω)
		250 W (8 Ω)
高調波ひずみ率	0.1 % (定格出力)	
混変調ひずみ率	0.15 % (定格出力)	
出力帯域幅	20 Hz ~ 20 kHz	
残留ノイズ	0.25 mV	

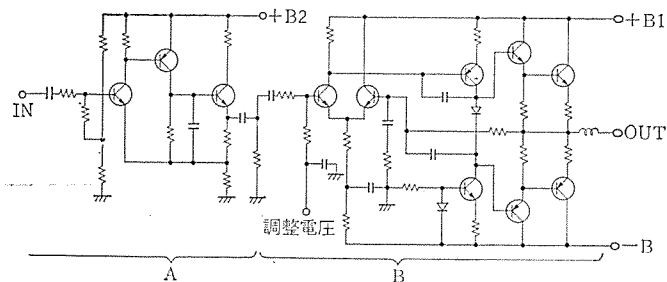


図 3. DA-A 100 増幅部回路図

特性がほぼ同一であっても音質が異なることが経験的に知られている。したがって、Hi-Fi アンプとして良質の音を求める場合、負帰還によるアンプの諸特性を改善するだけでは不十分であり、音質的にすぐれた素子を必要最小限数使用し、極力裸特性の改善を図るとともに適量の負帰還をかけることが最良の方法と思われる。そのため本機では 2 ブロックに分割し、それぞれをシンプルな回路構成でまとめている。

通常、パワーアンプは一つの NF ループで構成されるが、ハイパワー化にともない、高耐圧のトランジスタが必要になりトランジスタの h_{FE} が低下する。さらに、電圧利得を大きくするため増幅段数が増し、トランジスタの数がふえる。この結果、残留ノイズが増加するとともに負帰還安定度が劣化する傾向にある。これらを改善する目的からも 2 ブロックに分割したものであり、残留ノイズは 0.25 mV 以下になっている。

終段のパワートランジスタのコレクタ損失は、4 Ω 負荷まで保証すると 50 W 程度となり、きわめてコレクタ損失の大きなトランジスタが必要になる。本機の場合、 $P_c = 200 \text{ W}$ ($T_j \text{ max} = 200^\circ\text{C}$) のパワートランジスタをシングルプッシュプルで動作させている。この程度の出力になると、パラレルプッシュプルあるいはトリプルプッシュプル構成がよく用いられるが、シングルプッシュプルの利点はパラレルプッシュプル等と比較し、

(a) NPN PNP トランジスタのペア選別が容易である。

(b) ノッチングひずみ・クロスオーバーひずみを軽減しやすい (図 4. 参照)

等である。しかし反面、次のような欠点がある。

(a) パワートランジスタの h_{FE} が低くなり、ドライブ段の負担が大きくなる。

(b) パワートランジスタのシャ断周波数が低くなり、出力帯域幅が悪くなる傾向にある。

なお、終段のパワートランジスタの決定に当たっては、アンプの音質を大きく左右するので、ヒヤリングによる十分な音質検討が必要である。

シングルプッシュプル構成によるドライブ段の負担増は、 $P_o = 40 \text{ W}$ のパワートランジスタを使用して十分なドライブが行なえるようにしている。次にプリドライブ段であるが、SEPP の場合、終段およびドライブ段では電圧利得がないため、プリドライブ段で電圧利得を十分かせ (稼) ぎ、

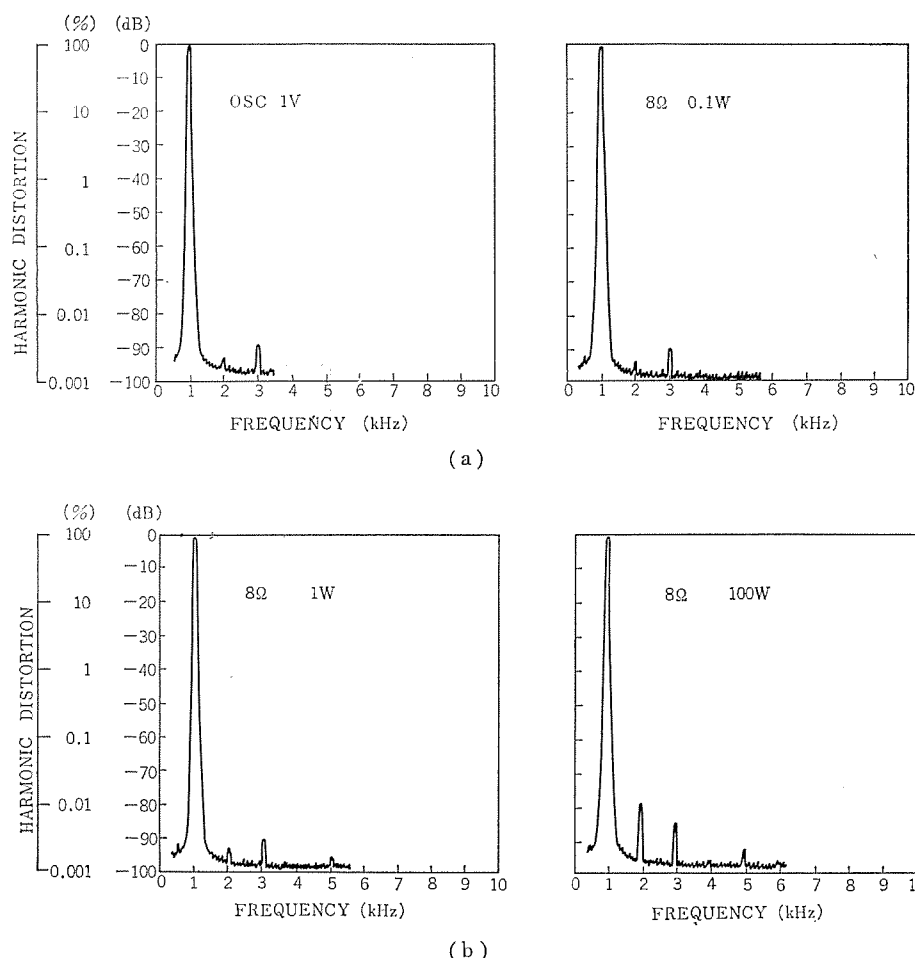


図 4. DA-A 100 出力ひずみ特性

電源電圧いっぱいまでダイナミックレンジを取る必要がある。そのため、一般にコンデンサを用いたブートストラップが多く採用されるが、このコンデンサによる超低域の特性劣化が生じるので、本機では定電流回路を負荷にしてこれらの問題を解決している。

差動アンプは電源電圧の変動、周囲温度の影響による直流出力電圧の安定性を維持するためのものであり、段数の多いほど安定性はよくなる。しかし、本機の場合トランジスタの多用による音質劣化を防ぐ目的から差動アンプ1段とし、 $h_{FE} \cdot V_{BE}$ でペアーを組んで安定性の向上を図っている。

図 3. (a)部は低雑音増幅部であるが、初段トランジスタによりアンプ全体のノイズがほぼ決定されるので、低雑音トランジスタを使用するとともに I_c をノイズ最良点に設定している。

なお、これらのアンプを動作させるための直流電源は、400 VA のカットコアトランスと静電容量 22,000 μF リップル容量 36 A のフィルタコンデンサにより構成し、出力帯域幅の超低域の改善等を図っている。(図 5. 参照)

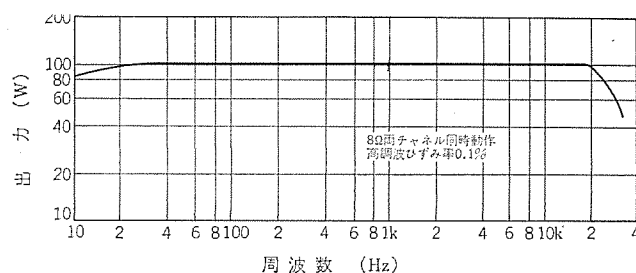


図 5. DA-A 100 出力帯域幅

4. む す び

以上、音楽的ニュアンスをより忠実に再生するためのパワーアンプについて述べてきたが、現状は必ずしも満足すべき状態でない。この問題を解決するために、今後ますますダイナミックな状態におけるアンプの諸特性の測定と、音質評価における心理量の導入が図られるものと思われる。

スピーカーの広帯域再生の問題点

佐伯 多門*・鈴木 英男*・矢島 幹夫*

1. ま え が き

音響機器は扱うプログラムの周波数帯域が広く、実用的には 30 Hz から 20,000 Hz 程度の高域まで、実に 9 オクターブを越える。こうした広い帯域での問題は、トランジスタの高性能アンプが一般化している現在大きな問題とはならないが、電気、機械、音響と変換するスピーカーにとってはむずかしい条件の一つである。

低音の再生限界について、日本の家屋状況などを考えてもなるべく小さい容積のエンクロージャで低域限界を伸ばしたいという理論的に相反する条件がある。このためスピーカーユニットの最低共振周波数を下げたり、バスレフ形のエンクロージャを使用したりして低域を補っている。また、高級スピーカーシステムにおいては米国 AR 社 (Acoustic Research Inc.) によって考案された Acoustic Suspension と呼ばれる方式が一般的になっている。この方式によるとエンクロージャ内部での断熱的な変化が等温的なものに変化し、音速が減じて最終的にシステムの共振は密閉箱のそれに比して 91 % 程度にまで下げることが可能である。しかし、空気弾性を利用したこの方式では、強い圧力に耐えるよう強じん(靱)な振動板を必要とするため質量が増加して高い能率が得られない。

一方、Hi-Fi 再生する場合、一般に聴取レベルは 100 dB 近い音圧が必要とされている。図 1. は Acoustic Suspension 方式の平均的能率、90 dB/m のスピーカーシステムを例にとったものである。これから 100 W クラスのアンプが必要であることがわかる。このように、ハイパワーを必要とするシステムが主流になってきた現在、耐入力を十分考慮した設計が要求される。また高域限界においては、低域のように振動状態が明確ではなく複雑であり、特性をコントロールして再生帯域を伸ばすのがむずかしい。

こうして音響機器の性能が向上するにつれて、スピーカーの再生限界周波数帯域の拡大と耐入力性ということが注目されている。

ここでは、耐入力、超高域再生について記述する。

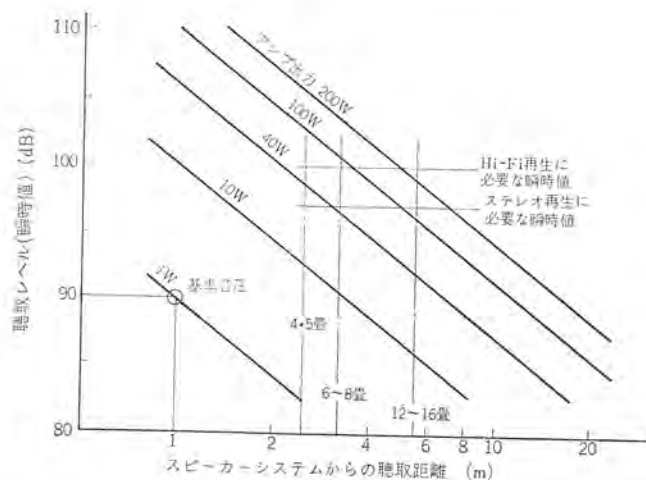


図 1. 聴取レベルと距離の関係

2. 耐入力性

スピーカーの耐入力性は種々の要素が考えられるが、機械構造的なものを除きほとんどボイスコイルの温度上昇により決定される。ボイスコイルが焼損する過程はつぎのようなものである。

- (1) 過大入力が入力される。
- (2) ボイスコイルの温度が 200°C 近く上昇する。
- (3) ボビンと導体の接着層が破壊される。

ここまでは第一段階で、音としてビビリ音と呼ぶひずみを発生する。軽いものについては気がつかない場合もある。

- (4) ボビンが炭化する。
- (5) パッケージ導線が磁気空けき(隙)部に接触して一瞬にして破壊する。
- (6) ボイスコイルの導通がなくなる。

このような状態になると、ボイスコイルの温度は 200°C 近い値になっている。一般に使用している融着性ポリウレタン銅線の使用限界は 150~180°C 前後である。耐入力性を考えてポリアミドのような耐熱接着剤を使用すると 270°C 程度までは耐える。

ボイスコイルの温度上昇を測定するには、その構造から直接計測するのは困難である。そこで、温度による直流抵抗の変化から計算される。いまボイスコイル導体線の温度係数を α とすると、

$$R_T = R_{T_0}(1 + \alpha \Delta T) \quad \Delta T = T - T_0 \quad (1)$$

$$T = T_0 + (R_T - R_{T_0}) / \alpha R_{T_0} \quad (2)$$

ただし、 R_T は上昇温度でのボイスコイルの直流抵抗、 R_{T_0} は室温 T_0 におけるボイスコイルの直流抵抗、 α は温度係数を表わし、銅線、アルミニウム線ともほぼ等しく、 $\alpha = 4.27 \times 10^{-3} (^{\circ}\text{C})^{-1}$ である。

図 2. はこうして測定した 16 cm スピーカー P-610 A 形の温度上昇曲線である。20 W の正弦波入力を加えると 15 秒後には 160°C にも達している。

2.1 耐入力性の向上

図 3. は磁気回路の断面を表わし、ボイスコイルからの熱伝導経路を明らかにしている。発熱体であるボイスコイルからの熱は磁気空けきの

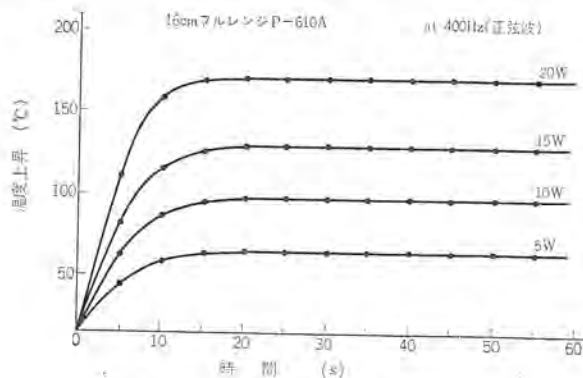


図 2. 温度上昇曲線 (実測値)

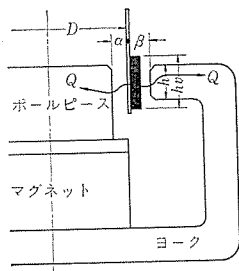


図 3. 磁気回路断面図

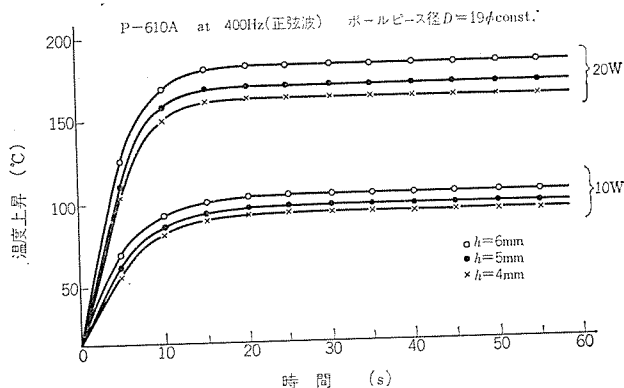


図 4. ヨーク厚を変化したときの温度上昇曲線 (理論値)

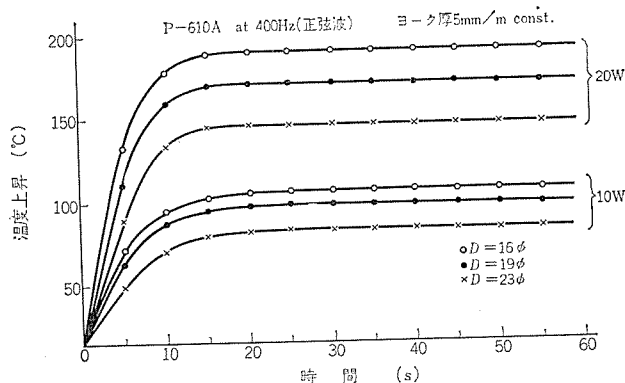


図 5. ポールピース径を変化したときの温度上昇曲線 (理論値)

空気中を伝わってポールピース、ヨークへと発散して伝搬する。

このため磁気回路の放熱が大きなファクタとしてきていく。図 4, 5. は P-610A 形スピーカーで、プレート厚、ポールピースの径を変化させたときの温度上昇曲線 (理論値) である。ここで導体の線径については一定とした。グラフはポールピースの径が大きく、ヨーク肉厚が厚いほうが温度上昇に対して有利であることを表わしている。しかし、実際にスピーカーを設計するときにはコストおよびコンスピーカの場合には振動板の頂角と高域限界などの諸項目を十分吟味する必要がある。

3. 超高域再生

録音機器、およびレコード製作プロセスにおける技術が進歩し、扱う周波数帯域が拡大されると、これを再生するスピーカーに対しても超高域を含めた広帯域なシステムが要求されている。

超高域の帯域を伸ばすことで、金属の衝撃音などのような基音 (Fundamental) の高いプログラムを正確に再生できるとともに、音のもつ倍音 (Over-Tone) が再現され、音楽のふんい気 (Environmental) 再生に有効である。

超高域を再生する方式はいろいろあるが、指向特性の良さ、トランジェントなどからドーム形スピーカーが他の方式よりもすぐれている。ド

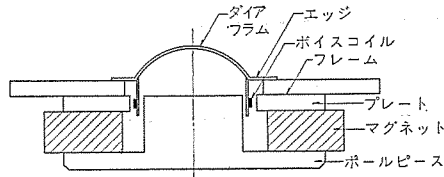


図 6. ドームスピーカーの構造

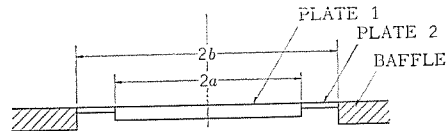
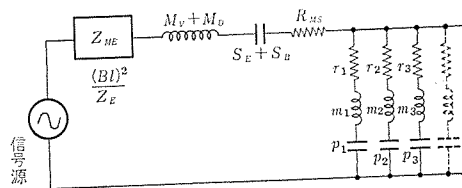


図 7. ドームスピーカーと等価なモデル



M_s : ボイスコイル質量
 M_b : 振動板質量
 S_E : エッジ部スティフネス
 S_b : 振動板背面コンプライアンス
 R_{ms} : 振動系機械抵抗

図 8. エッジ部の分割共振域における等価回路 (ドーム形)

ム形スピーカーの構造を図 6. に示す。

超高域再生の振動板には、高い周波数でも弾性変形をおこさず剛体として働くよう金属などの堅い材料が用いられる。また、高い共振周波数を得るため振動板と支持部 (Edge) は一体構造とする場合が多い。ドーム形スピーカーの動作原理は図 7. のようなモデルで近似できる。

PLATE 1 はスピーカーの振動板、PLATE 2 はエッジにそれぞれ対応する。 $Y_1(r)$ を PLATE 1 の変位、 $Y_2(r)$ を PLATE 2 の変位とすると次式が成立する。

$$\nabla^4 Y_1(r) - K_1^4 = F_1(r) \quad 0 \leq r \leq a \quad (3)$$

$$\nabla^4 Y_2(r) - K_2^4 = F_2(r) \quad a \leq r \leq b \quad (4)$$

ここで r は半径、 K_1 , K_2 は PLATE 1 によって定められる定数、 $F_1(r)$, $F_2(r)$ はそれぞれ PLATE 1, PLATE 2 に作用する外力 (空気の反作用も含む) を示す。 Y_1 , Y_2 は Bessel 関数および指数 Bessel 関数を使って次のように表わされる。

$$Y_1 = A J_0(K_1 r) + B I_0(K_1 r) \quad (5)$$

$$Y_2 = C J_0(K_2 r) + D Y_0(K_2 r) + E I_0(K_2 r) + F K_0(K_2 r) \quad (6)$$

ここで A~F までの係数は PLATE 1 と PLATE 2 との間の境界条件、および PLATE 2 とバッフル間の境界条件から求められる。

通常、 $K_1 \ll K_2$ であるので比較的低い周波数では PLATE 2 が分割振動に入っても PLATE 1 は一つの質量として一体となって動くと考えられる。その領域での等価回路は図 8. のように近似的に表わされ、エッジ部 (PLATE 2) は無数の単一共振系の並列回路と考えることができる。

さらに高い周波数では PLATE 1 自身が分割振動を始め、音の振動状態および音の放射はより複雑な形となる。図 9. は PLATE 2 を純スティフネスと考えた場合に、PLATE 1 のロスファクタを変化させたときの遠方軸上特性 (理論値) を示したものである。共振時のピークに対してロスファクタのききぐあい明らかである。

超高域スピーカーの分割振動は、その共振周波数が高いことからあまり問題とはならないが、またその共振峰も単一的に鋭く生ずるた

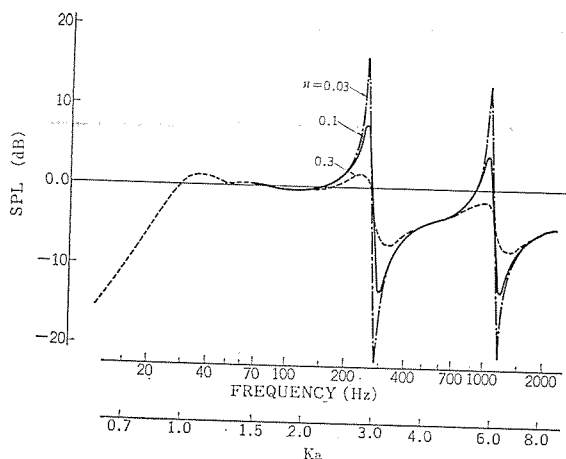


図 9. PLATE 1 のロスファクタ μ を変化したときの周波数特性

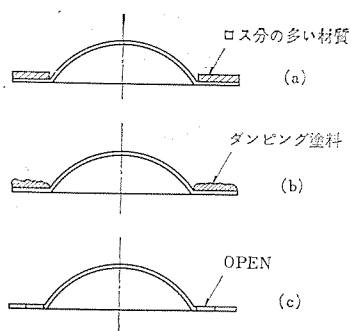


図 10. エッジ共振の制動方法

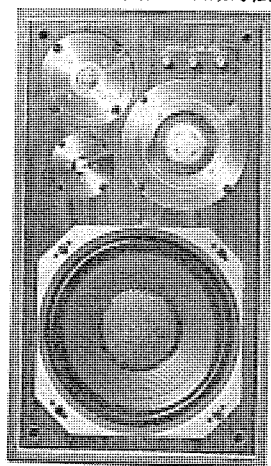


図 11. 高級ブックシェルフスピーカーシステム DS-303

め制動は容易に行なえる。

むずかしい問題としてはエッジからくるロス分不足による最低共振のピーク除去、およびエッジ部の共振除去である。これは超高域用ということからロス分の少ない堅い金属などを使用することによる。ピークに制動をかけるには図 8. の単一共振系の抵抗項をなるべく大きな値にとることが必要となる。

図 10. はそれらの具体例を示している。図中 (a) はゴムシートのようなロス分の大きいものをエッジ部にはり付けて制動をかけている。この方法は効果的ではあるが接着剤のスティフネスが影響し不安定である。(b) はシリコンゴムなどのダンピング塗料を塗布するもので、

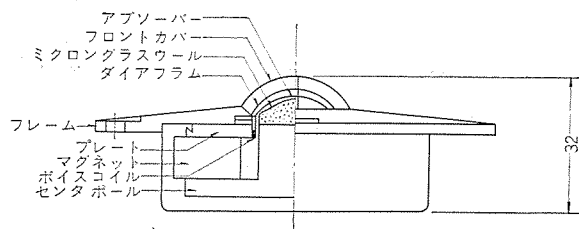


図 12. DS-303 形用 超高音ユニット DH-1670 BM の断面図

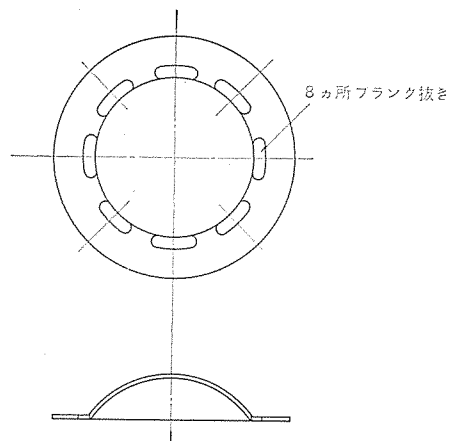


図 13. DS-303 形用 超高音ユニットの振動板

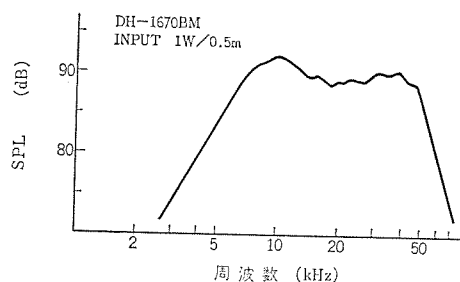


図 14. DS-303 形用 超高音ユニットの周波数特性

容易に安定した効果が得られる反面、効果は少ない。

(c) はエッジ部に適当な切り込みを入れてエッジ材質の影響を少なくしたもので、さらに (b) のダンピング塗料を塗布することにより高い効果が得られる。

図 12. は DS-303 形の超高音ユニットで、振動板は口径 16 mm, 50 μ の軟質アルミニウムを使用している。エッジ部は図 13. に示したように 8カ所フランジ抜き、さらにアクリル系コーティング剤を塗布して目的を達している。図 14. に DS-303 形の超高音ユニットの周波数特性を示す。

4. む す び

以上、耐入力性および超高域再生について述べたが、今後ますます音響機器が発達するにしたがってスピーカーへの要求は厳しいものとなる。耐入力性についてもただ単に焼損しなければよいというのではなく、必要な耐入力確保した上での性能向上を考えた設計が必要である。超高域についても高域限界を伸ばすというだけではなく、必要帯域内での品質を高める努力をしなければならないと考えている。

クリーンヒータの開発

伊藤利朗*・野間口有**・川面恵司**
光本誠一***・斉藤辰夫+

1. ま え が き

強制燃焼暖房機（以下クリーンヒータと称する）を昭和45年に市場に出して、早くも5年目を迎えようとしているが、その間日本の暖房機市場では新しいタイプの暖房機として評価され、密閉式の強制燃焼暖房機をしてクリーンヒータと総称する動きさえある。特に近來の安全性、無公害意識の高揚、エネルギーの節約ムードの中で、少ないエネルギーでもって安全で快適性がえられるクリーンヒータが特に注目され出している。

しかもクリーンヒータが今日の暖房機市場である程度の領域をうるまでには、開発姿勢についての各部門での厳しい討論があり、その結果の試行錯誤があった。また技術的な点でも、開発までに数えきれないほどの失敗をしてきて、その解決とその問題から新しい技術的な芽を見出し、それをクリーンヒータに応用して行なったのが今日の製品の姿である。もしこの商品が成功した部類に入るとしたらそれは失敗を恐れずに行動し、失敗からの芽をスピーディに、じょうずに育てたことに起因するといっても過言ではない。

クリーンヒータについては本誌上で以前に詳述⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾しているが、本文ではクリーンヒータの開発に対する考え方を述べ、密閉式強制燃焼を家庭用商品に組込むための不可欠な技術的問題点について記述する。

2. クリーンヒータ開発の背景

2.1 商品化の動機

細いパイプの中で幻想的な燃焼を続ける「不思議な炎の流れ」が長い年月を経て三菱クリーンヒータなる商品へと進展した。基礎研究の成果が商品企画と出会い、商品化に進むには必然の過程があると思える。それは「試行錯誤と失敗の繰返し、失敗からの問題事項の抽出、それを解決するための新たな研究とエンジニアリングの開拓努力」であり、このプロセスが地道に積み上げられていくことが、成功へのプロセスであるといえる。

「科学的研究成果を核に、エンジニアリング部門が機能形態化を試み、ある程度の可能性が出てきたところで、商品企画→開発設計へと進む」これが新しい商品開発の一つの姿であろうかと思うが、こんな形がとり得れば理想的である。クリーンヒータの開発は結果としてはこれに近いものであった。

商品化を成功させるためには、実に多くの部門の人達の積極的な協力が必要であり、幾つかの客観条件が満たされなければならない。幸いこの企画の場合、次の条件が一応満たされていた。

- (1) 科学的研究成果である MICS 燃焼が研究グループより提案された。
- (2) 住宅設備機分野での商品企画を模索しているグループがあった。
- (3) 商品開発を指向するエンジニアリングがあった。
- (4) この企画推進についてトップが決断した。

(5) 意図していた製品がマーケットリサーチにより市場性があることが判明してきた。

以上のような諸条件がそろっていただけに、製作所・組織にとられないような全参加者の協力気運の盛り上がりがあったことも一つの要因である。すなわち MICS を商品化しよう／成功させよう／というグループ内にみなぎるパイオニア的ふんい気が生まれたことがとりもなおさず MICS 商品化の動機であり、「不思議な炎の流れ」MICS をグループ全員が同時に商品化の動機を持ち得て、“すばらしいチームワーク”が成功の要因でもある。

2.2 家庭用暖房機としての基本的な考え方

より快適に、安全に使いやすく、そして安く機能してくれる暖房機が欲しいのは当然である。当時（昭和43年）住宅暖房にセントラルヒーティングが盛んに宣伝され始めていた。しかしメーカーが期待したようにには伸展しなかった。この理由は言い古されているが、

- ・設備費が高い。
- ・増設がしにくい。
- ・維持費が高い。
- ・ボイラ室に防火上の制限あり。
- ・個別制御がしにくい。
- ・油の補給、貯蔵の問題。
- ・ボイラの騒音、臭気。
- ・システム全般の信頼度。
- ・配管凍結。
- ・システムエンジニアの不足。

などあげれば果てしがたい。要するに日本の住宅暖房として、経済的にも、技術的にも、使いやすさの点でも満足なものになっていないといえる。一方では近代的な新築住宅でも開放形石油ストーブ、ガスストーブが主として使われていた。その結果暖をとる代償としては、ひどい室内空気汚染、安全性の欠如を承知の上で顧客に提供していたことになる。これを改善すると高くなって売れないであろう、あるいは高度の技術革新を必要とするので解決することがきわめてむずかしいであろう、といった惰性がこの分野にはあったと思われる。しかし顧客は冒頭の諸条件を満足する新しい日本の風土に適したより良いヒーティングシステムを常に切望しているのである。暖房機として理想のものは「室内に自然の春の大気条件を再現することであろう」。しかしこれは大変なことである。温度のみならず、湿度、空気の流れ、ほこり等がすべてが満足されなければならない。これはソロモンの栄華をもってしてもかなりの困難はあろう。ましてや大衆暖房機を前提にした場合は暖房機の理想の姿と価格との調和が必要である。そしてその基調にあるものは人間尊重でなければならないと考える。

使用する顧客の立場に立つての、暖房機の本質的機能に対しての真けんな改善、改良はクリーンヒータという新しいヒーティングシステムの市場評価によって認められていると思われる。しかしクリーンヒータがすべてではなく、日本の住宅暖房の新しい方向を開いた意義にとどまり、正にこれから大きく発展する分野であろう。

2.3 品質と価格に対する考え方

「商品が高い安いという声は販売時点で終る。商品の品質が良い悪いという顧客の評価は永久に続く。良い品質に満足した顧客の信用

は企業にとって絶大な財産である」これは元当社副社長が社内に表示された「品質に関する覚書」の中の格調高い名文の一部の要約である。

ガス器具には全く経験のない三菱電機での初めてのガス暖房機であり、ファンとモータの組合せだけの技術、設備しか持たない中津川製作所での開発である。このためグループ全員が安全性、信頼性に関する品質に関しては、製品価格も開発完了時期の遅れも……すべてをこの品質確保の後にすることを守ることにした。

ガス器具業会には歌い文句のようになっている有名な戒律がある。“焼くな／ 殺すな／ けがさすな／”であるが当初これを知ったとき、こんな初歩的なことが戒律としてまかり通っていることに驚いたが、われわれはクリーンヒータの開発に当っては少なくともこれだけは何かなんでも守ろうと決めた訳である。しかし、結果はきわめて高い代償をいろいろな面で払わなければならない難事であり、このために苦しい道程となった。

全く予期しない市場のクレームが発生し、その処理対策に遭遇したときに、また製品価格が高くて予測より販売数量が減ったときに、また開発初期において赤字が続いたときなどに、この品質第一に徹し得られたのは、「商品化の動機」の項で述べた、よきリーダーの基での開発グループ全員の結束の賜物であったと思う。

今後新しい商品企画を成功させるには、前記の「品質に関する覚書」の企業理念に基づいて品質第一に徹することが緊要である。

3. クリーンヒータの技術的課題

強制、密閉燃焼方式を家庭用の小形暖房機に採用するためには種々の技術的問題点を解決する必要があった。以下に技術的事項の概説をし、次章より重要な技術的事項に限定し詳述する。

3.1 バーナの燃焼特性

現在わが国で供給されているガスの種類は多岐に渡っており、大別すれば製造ガス（俗に都市ガス）、天然ガス、液化石油ガス（LPG）の3種にすぎないが、製造ガスは各ガス会社によってその性質が異なっているのが現状である。昭和45年3月にガス事業法が一部改正され、ガス用品の検定制度が施行されそれと同時にガスグループという考えが提案され、各供給ガスは14種類のガスグループと関連付けられたがそれでもガスの性状には大きな差がある。（表1. 参照）たとえば燃焼速度でも最高燃焼速度を持つ6C-2（SM=82 cm/s）と最小燃焼速度を持つ13A-3（SM=38cm/s）では約2.2倍の違いがあり、これらガスをつ一つのバーナでカバーする必要がある今日、バーナのユニバーサル性の問題を解決することがまず必要である。次に強制気流中での燃焼であるので、2次空気流の挙動を押え、気流中で炎が安定するようなバーナ設計にすることが必要となる。家庭用の暖房機という点から燃焼音、消火音の発生しないという点も重要な特性である。

3.2 熱交換特性

クリーンヒータの熱交換の形態は燃焼ガス対空気の熱交換であるが、技術的課題はコンパクトな熱交換器でいかにして熱交換効率をUPさせるかということである。特にエネルギーの節約がさげばれている今日、

表 1. テストガスの成分と特性値（一部）

		6 B				13 A				6 C			
		6 B-0	6 B-1	6 B-2	6 B-3	13 A-0	13 A-1	13 A-2	13 A-3	6 C-0	6 C-1	6 C-2	6 C-3
成分 (Vol %)	H ₂	49.1	49.0	54.0	30.0			30.0		54.5	57.5	64.5	37.5
	CH ₄				13.0	90.0	85.0	55.0	100				15.0
	C ₃ H ₈	14.4	16.5	9.5	12.0	10.0	15.0	55.0		11.7	12.5	8.5	8.9
	C ₂ H ₄			4.0									
	N ₂	36.5	34.5	32.5	45.0					33.9	30.0	27.0	39.0
熱 量 (kcal)	air												
	H ₂	1,495.1	1,492.1	1,644.3	913.5			913.5		1,656.5	1,750.9	1,991.4	1,141.88
	CH ₄				1,141.2	8,559	8,083.5	5,230.5	9,510				1,426.5
	C ₃ H ₈	3,470.4	3,976.5	2,289.5	2,892.0	2,410	3,615.0	3,615.0		2,819.7	3,012.5	2,048.5	2,048.5
C ₂ H ₄				605.0									
熱 量 (kcal/nm ³)		4,965.5	5,468.6	4,539.8	4,946.7	1,0969	11,698.5	9,759.0	9,510	4,476.2	4,763.4	4,039.9	4,616.9
比 重 d(air=1)		0.610	0.621	0.537	0.711	0.6534	0.702	0.558	0.554	0.545	0.5226	0.437	0.616
W I		6,366.0	6,939.8	6,193.5	5,969.5	13,575.5	13,976.7	13,066.0	12,782.3	6,065.3	6,589.3	6,111.8	5,888.9
必要空気係数		4.595	5.093	4.117	4.807	10.948	11.662	9.52	9.52	4.078	4.34	2.58	4.343
燃焼速度 (sm cm/s)		55.66	54.67	67.70	40.83	38.86	39.23	48.10	37.95	63.02	65.54	81.64	47.17
発生水量 (cc/m ³)		865.29	933.2	644.25	842.78	1,776.28	1859.4	1,617.16	1,610.02	819.5	870.5	803.1	820.6
		4 C				12 A		プロパンガス					
		4 C-0	4 C-1	4 C-2	4 C-3	12 A-0	12 A-3	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	3号プロパン			
成分 (Vol %)	H ₂	41.6	30.6	50.6	28.1								
	CH ₄		12.2		11.3	97.1	93.0						
	C ₃ H ₈	8.9	6.9	6.6	6.4			100				70.0	
	C ₂ H ₄												
	N ₂	20.6	31.8	21.3	29.2	2.9	7.0		C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₁₀			
熱 量 (kcal)	air	23.5	18.5	21.5	25.0					100		30.0	
	H ₂	1,266.7	930.6	1,540.8	855.6								
	CH ₄		1,162.6		1,074.6	9,334.2	8,844.3						
	C ₃ H ₈	2,144.9	1,669.5	1,590.6	1,542.4			24,100				16,870	
C ₂ H ₄												C ₄ H ₁₀ 9,594	
熱 量 (kcal/nm ³)		3,411.6	3,762.7	3,131.4	3,472.7	9,334.2	8,844.3	24,100		31,980		26,464	
比 重 d(air=1)		0.651	0.689	0.557	0.717	0.565	0.582	1,548		2.09		1,709	
W I		4,232.8	4,532.3	4,197.5	4,119.4	12,296	11,607	19,373		22,147		20,248	
必要空気係数		1.873	3.355	2.559	3.016	9.24	8.85	23.8		30.9		25.93	
燃焼速度 (sm cm/s)		63.06	47.0	82.2	46.99	37.27	36.6	42.0		38.0		40.5	
発生水量 (cc/m ³)		625.1	668.4	622.1	516.7	1,563.3	1,497.3	3,272.7		4,186.0		3,546.73	

効率 UP は重要な問題であり、強制燃焼器の場合は燃焼用送風機のバックアップにより熱交換器設計の自由度が大きくなり 効率 UP が比較的容易である。

3.3 熱応力

ガスの燃焼熱を利用する器具であるので、各部品の温度、熱応力が問題になる。クリーンヒータの場合はバーナ、燃焼筒、熱交換器などに特に配慮が必要である。従来は各部品の平均温度の高低に評価の中心があったが、それだけでは不十分であり、部品の各位置の温度差に起因する熱応力に着目し、部品の寿命を評価する必要がある。特にルームサーモスタットを内蔵し、その信号によりバーナを ON-OFF させている器具の場合、熱疲労の考え方で寿命を評価することが重要となる。

3.4 耐食、耐熱材料の選定

供給ガスには何がしかのいおう(硫黄)分が含まれていると見なければならぬが、ガスのいおう分の燃焼後はほとんどが SO_2 、一部 SO_3 に変化する。これが気体の状態で排気ガスとともに機外に排出される場合は、部品に悪い影響はほとんどおよぼさない。しかし、熱効率を上げるために排気ガス温度を下げる場合には、燃焼に伴って生成する水蒸気が凝縮すると、 SO_2 、 SO_3 がその水に溶解し、 H_2SO_4 および H_2SO_3 となり激しい腐食性を示す。そのために燃焼系の各部品はこれらふい気でも耐食性を有する材料を選択することが必要であり、凝縮水の処理を考慮して部品の設計をしなければならない。

一方クリーンヒータの燃焼系のガス温度は約 $1,500 \sim 100^\circ\text{C}$ の範囲に及んでいるので、各温度に最も適した経済的な材料を選択する技術が必要となる。

耐熱、耐食の要する部品は何でも SUS で作る傾向があるが SUS には特有の弱点があるので SUS に最も合った使い方をしなければならない。たとえば塩素成分による孔食、応力腐食等があるので、SUS でなければならない所だけに SUS を使用することが望ましい。

3.5 暖房の快適性

暖房の快適性は室内の温度分布、室温の変動幅、湿度の大小騒音の大小等によって概略代表される。室内温度分布は温風の吹出し位置、方向、および温風温度により影響される。室温の変動幅は循環風量、ルームサーモスタットの感応部の位置などに影響されるので、いずれも温度差 3°C 以内におさまるように仕様を決める必要がある。

3.6 その他

燃焼空気の供給の問題、安全性確保のための制御の問題、工事、据付性の問題等があり、これら技術的問題を解決して初めて製品が完成する。

4. クリーンヒータにおける燃焼

ここでは、3.1 節のバーナ燃焼特性に関連して、クリーンヒータにおける強制燃焼について解説する。

強制燃焼がどのような点で開放形の燃焼と異なっており、どのような点に技術的課題を持っているか考えてみる。

4.1 拡散燃焼と予混合燃焼

強制燃焼は、はっきり大きさの決った燃焼室に、燃料と空気をおし込んで燃焼させる方法である。したがって、燃焼室の中では、空気を効率よく燃料と混合させ、燃焼させなければならない。しかし、燃焼は連鎖反応であって、この反応が持続できる空気と燃料との混合比の範囲 (limit of flammability) は、あまり広いものではない。

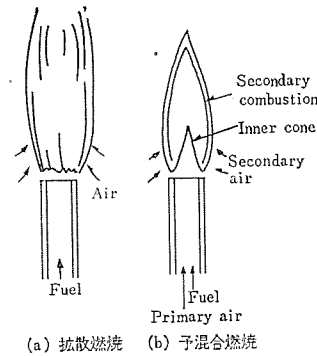


図 1. 拡散燃焼と予混合燃焼

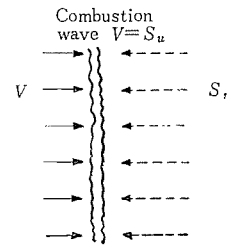


図 2. 燃焼の安定化モデル

現実の機器においてはこの範囲を常に保持することは難しいことであるため、燃焼のさせ方にいろいろ工夫を凝らす必要があるわけである。

燃焼のしかたは、空気と燃料が拡散によって混合し、混合し終わった分だけ燃焼してゆく拡散燃焼と、燃焼空間に投入されるに先だって燃料と空気を混合しておく予混合燃焼の二つに大別される。図 1. は、両者のちがいの説明図である。

拡散燃焼の場合、燃焼濃度 100% の部分、空気だけで燃料濃度 0% 部分および両者の中間領域との三つの部分が実現する。中間領域には、limit of flammability の全範囲が実現されているので燃焼にとっては、きわめて都合がよい。安定に燃焼を持続させるという点では、非常にすぐれているため、古くから高い安定性が要求される工業用の燃焼機では数多く採用されてきた。

しかし、拡散燃焼は次にべる予混合燃焼とは、すす (soot) の生成がどうしても避けられない。燃料と空気の拡散による混合に時間がかかるため大きな燃焼室が必要である。CO や NOx などの生成率が高いなどといった欠点をもっている。すすは、燃焼ガスに運ばれて下流側へおし流され、燃焼室や熱交換器、排気管にたい積して、この部分での圧力損失の幅大をもたらし、空気や燃料供給量を変化させ、不安全燃焼や熱利用効率の低下などの原因となる。また、CO や NOx の生成率が高いことは、環境汚染を可能なかぎり低減させる必要のある昨今では致命的な欠陥であろう。

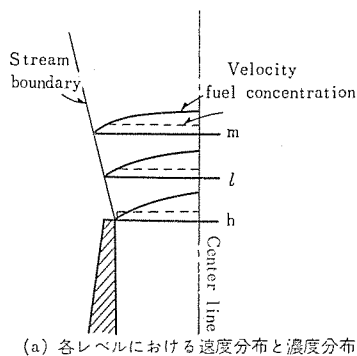
予混合燃焼は、上のような問題点がすくないのが特長である。しかし、予混合率によって、燃焼特性(炎の長さ、安定限界)などが大きく変化すること、拡散燃焼にくらべて安定性がきわめて低いという欠点がある。現実には、燃焼室へ供給する空気、燃料の量を常にコンスタントに維持することはむずかしい、現在市販されている燃料がきわめて多種類である、などを考慮するとき、予混合燃焼もまた大きな問題点をもっていることがわかる。

以上のべたような内容を参考にして、予混合燃焼の安定性を高くして、強制燃焼機に使用することが最も望ましいものと考えた。

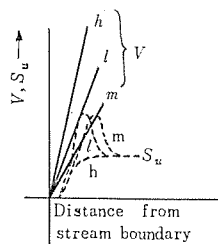
4.2 予混合燃焼の安定性

燃料と空気の供給速度が、燃焼室において燃焼が伝ば(播)する速度より大きい場合、燃焼は燃焼室から下流側へ吹飛ばされ消滅してしまう。このことから、燃焼の場合も、他の反応の場合と同様、その機器の構造、構成によってきまる一種の安定条件をもっていることが予想される。燃焼の安定性について、とくに予混合燃焼の場合を対象として検討してみる。

図 2. は、燃焼の安定性を考えるモデルである。図において、 V は混合気の流速をあらわし、 S_u は燃焼速度を示す。安定な燃焼が存在しているところでは、



(a) 各レベルにおける速度分布と濃度分布



(b) 各レベルにおける速度分布と燃焼速度分布の関係

図 3. 予混合燃焼の安定化モデル

$$V = S_u \quad (1)$$

が成立している。そして、 $V > S_u$ であれば、燃焼の位置は図の位置から下流側へおし流され、 $V < S_u$ であれば、逆に上流側へ移動する。したがって、式(1)が、燃焼が安定する条件式である。ところが、現実の燃焼機においては、式(1)の考え方だけで安定性を論じるのは十分でない。式(1)では、燃焼安定化の条件はただ1点しかなく、流速 V あるいは S_u (S_u は混合比によってきまる) が少しでも変化すると、燃焼する位置はそれに従って、上流、下流へ常に変動することになる。

実際の燃焼機では、燃焼室に適当な低速度領域をつくり、そこで燃焼を安定化するのが普通である。低速度領域は、流れの中においた bluff body の後流、燃料や予混合気が出されるノズルの周囲にできるものであるため、燃焼は bluff body やノズルなどの物体の近傍に安定するのが普通である。

図 3. は、最も一般的な管状のバーナ管から予混合気が出される場合の安定条件を考えるためのモデルである。図 3. (a) は、炎口(バーナ管の出口)から噴出された混合気の流れ、燃焼濃度に変化していく様子、(b) はある代表的なレベル h , l , m での速度分布と燃焼速度の分布を示したものである。レベル l で、ちょうど1点で $V = S_u$ が成立し、 h では $V > S_u$, m では $V < S_u$ である。この場合、 l で安定な燃焼が開始し、炎は l の下流に形成される。われわれがよく見かけるブンペン炎は、このようにてできるのである。レベル h , l , m は具体的に求められる性質のものではないが、 h はバーナ管出口、 m はその地点で $V \leq S_u$ の領域が全くなければ必ず燃焼炎は吹飛んでしまう限界のレベル、 l は h と m の中間のレベルと考えれば、 h の位置で $V < S_u$ が成立すれば flash-back (逆火)、 m の位置で $V > S_u$ であれば、blow off (吹消え)がおこることがわかる。

したがって、図 3. による説明では、逆火と吹消えの条件との間には、ある程度の開きがあり、これがすなわち安定範囲といえるのである。

図 3. の説明は、どんな直径のバーナ管に対しても同じように成立

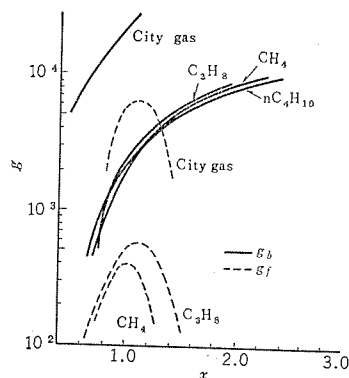


図 4. g_b , g_f の例

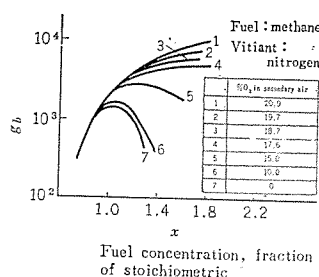


図 5. 2 次空気中の酸素濃度の g_b におよぼす効果

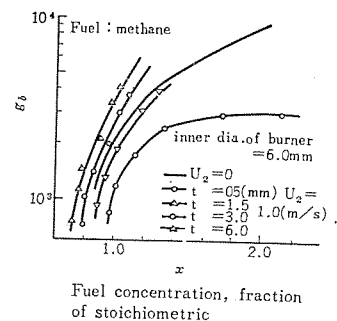
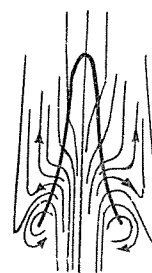


図 6. g_b におよぼす 2 次空気流の影響



流線の様子

図 7. 炎の流線

つ。Lewis⁽⁴⁾は、図 3. に示した V の分布の傾きすなわち速度こう配を用いて、いろんな径のバーナ管に対しても統一的に成立する。次のような安定範囲の表現を与えている。すなわち、

$$g_f < g < g_b \quad (2)$$

ここで、 $g = \lim_{r \rightarrow R} (dV/dr)$ すなわち管壁における速度こう配、 f , b はそれぞれ flashback, blow off を示すサフィクスである。

図 4. は、各種の燃焼に対する g_f と g_b の値を示したものである。図には、各種の気体燃料に対するデータ⁽⁴⁾を示してある。

以上のことは、静止大気中における予混合燃焼に対しても成立つものであって、強制燃焼の場合に特長的な議論は含んでいない。次に、強制燃焼においても特長的な現象について考えてみる。

強制燃焼では、(I) 燃焼室の中で流れの反転 (recirculation) などがおこりやすい、(II) 炎の周囲に強制気流が必ず存在すること、という点で、静止大気中における燃焼とは、根本的に異なる。

(I) の現象の不都合な点は、recirculation の結果、燃焼ガスの一部が燃焼炎の周囲の空気に混入し、結果として炎の周囲の酸素濃度を下げるために燃焼速度 S_u が低下⁽⁶⁾して、blow off がおこりやすくなることである。図 5. は、その例を示したものである⁽⁵⁾。

燃焼炎の周囲には、常に新鮮な空気が供給される必要があることが図 5. よりあきらかである。

(I) は、注意深く設計すれば避けられる現象であるが、(II) は強制燃焼においてはどうしても避けられない現象である。

図 6. は強制平行気流中でのバーナパイプ肉厚の影響を示す実験結果の一例である。測定結果の整理は臨境界速度こう配 g_b と 1 次空気量の量を表わす X で行なっている。図 4., 5., 6. における g と X は次式で求められる。

$$g_b = f \cdot \frac{R_e V}{16\pi R^3} \quad \text{または} \quad f \cdot \frac{R_e \bar{U}_1}{16R} \quad (3)$$

ここで、 R : バーナ管の半径

R_e : 吹消えが生ずるときの 1 次混合気のレイノルズ数

V : 流量

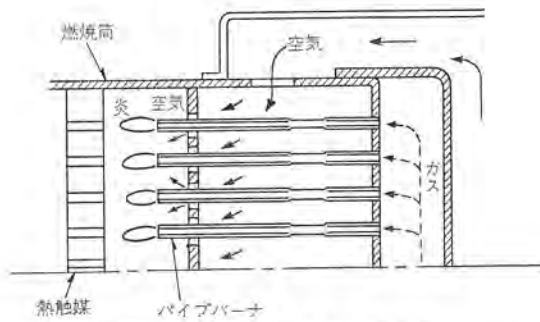


図 8. クリーンヒータバーナの代表例

U_1 : 平均流速
 f : バーナ管内での1次混合気流の摩擦係数
 層流の場合 $f=64/R_e$
 乱流の場合 $f=0.184/R_e^{0.2}$
 $3,000 < R_e < 5,000$ の場合 $f=0.316/R_e^{0.25}$
 $X = (\text{燃料}/\text{空気}) / (\text{燃料}/\text{空気})_{st} \dots \dots \dots (4)$

図からもあきらかのように、バーナの肉厚によって、強制気流の影響のあらわれ方がことなっている。肉厚の薄い場合、blow off 限界は、強制気流の増大とともに低下し、厚い場合、逆に上昇する。そして、肉厚の中間領域では、厚い場合と薄い場合との両方の現象が相殺し合って、強制気流の影響ははっきり出ないことがわかる。図 7. は厚い場合の炎口の上部の流れの状態を particle track 写真で観測しこれを図化したものである⁽⁸⁾。

肉厚の上に二つのうず(渦)ができ、その一つが安定基部に高温の燃焼ガスを供給して、反応の進行を促進する効果を発揮しているものと考えられる。この効果は、強制気流がつよければつよいほど大きくなるので強制燃焼にとっては都合のよい現象である。

これらの検討より、図 8. に示すようなクリーンヒータのバーナが生まれた。これは上にのべたような強制気流中での高い安定性をもつ低騒音燃焼が可能である、2次空気の利用効率を極限まで高め、より低い過剰率で完全燃焼できる、などという特長を備えており、日本、米、英をはじめとし数カ国の特許が確立している。

5. クリーンヒータ用バーナの熱的解析

クリーンヒータにおける熱的問題は燃焼機には当然生ずる問題である。したがって従来かなり検討されてきた。しかも図 8. に示すクリーンヒータのバーナは従来のものとはかなり違った構造をしている。とりわけ各炎口を形成するバーナパイプはこれまで例をみなかったものである。熱的解析を詳細におこなう必要があると考えた。バーナパイプとして重要な特性は炎口先端温度であるが、これは燃焼条件の変化、たとえば空気過剰率、1次空気率等あるいはバーナ諸元、たとえば肉厚、材質、長さなどによって種々の影響を受ける。ここではこれらの各要素が炎口先端温度に及ぼす影響を調べる。

5.1 炎口先端温度と空気過剰率の関係

空気過剰率による炎口先端温度の変化を示したのが図 9. である。ここで明らかなことは、空気条件を変えても、温度の傾向はほとんど同様で空気過剰率が増加すれば、先端温度は低下する。

また空気過剰率の小さいところでは先端温度は急激に増加する傾向にあり、下限に近づいたときの温度に注目する必要がある。図 9. の場合の先端温度は平均的に

$$\theta_m = 790/\mu^{0.373} \dots \dots \dots (5)$$

ここで、 θ_m : 先端温度 μ : 空気過剰率

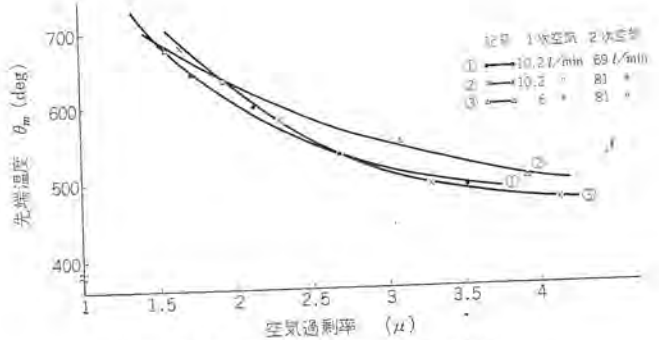


図 9. 炎口先端温度と空気過剰率

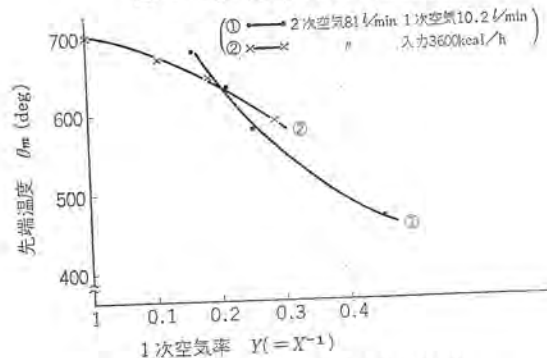


図 10. 炎口先端温度と1次空気率

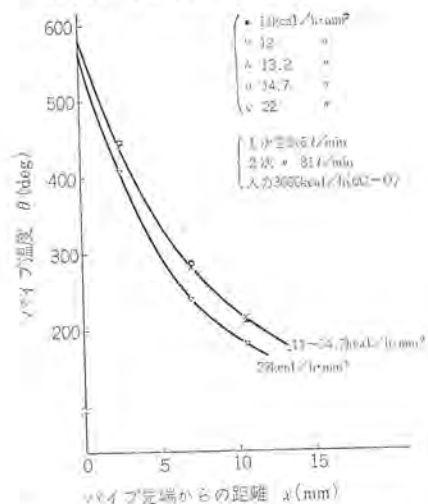


図 11. 炎口負荷によるパイプ温度の影響

と表わすことができる。これを変化率で表わせば

$$d\theta_m/d\mu = -294\mu^{-1.373} \dots \dots \dots (6)$$

となり、 $\mu=1.5$ の近くでは

$$d\theta_m/d\mu = -168(^{\circ}\text{C}) \dots \dots \dots (7)$$

となる。これは過剰率が0.1かわれば約17°C 先端温度が変わることを意味する。

5.2 炎口先端温度と1次空気率の関係

1次空気率を変化させたときの炎口先端温度の関係を図 10. に示す。①の曲線は2次空気量、1次空気量一定で、熱入力を減少させて1次空気率を増加した場合の温度曲線であり、②の曲線は2次空気量、熱入力一定で1次空気量を増加させて1次空気率を増加した場合の温度曲線である。

①と②では曲線の形は異なるが、いずれも1次空気率が増加すれば炎口先端温度が低下していることがわかる。

この場合の平均的な温度は

$$\theta_m = 700 - 400Y \dots \dots \dots (8)$$

ここで、 Y : 1次空気率
で表われ、変化率は

$$d\theta_m/dY=400 \dots\dots\dots (9)$$

となり、1次空気率によって大きな変化を示す。

5.3 炎口負荷による炎口パイプ温度の変化

図 11. に燃焼条件 (入力, 1次空気, 2次空気) を一定に保ち、パイプナのパイプ本数を変えることによりパナの炎口負荷を変化させたときの炎口先端温度を示している。

これによれば炎口パイプ温度は炎口負荷が 11~14.7 (kcal/h・mm²) の間はほとんど変化なく、22 (kcal/h・mm²) になると低下している。したがって炎口負荷が 30 % 程度増加してもパイプ温度にはほとんど影響を与えず、その変化率が 50 % 程度になるとパイプ温度は低くなることがわかる。

一般に炎口負荷が増加した場合、炎口パイプの負熱量の増大と燃料の増加によるパイプ内での冷却効果の増大が考えられるが、炎口負荷の増加が 30 % 程度まではこれらがほぼ等しく、パイプ温度は変化ない。50 % 程度の増加になると後者の効果が大きくパイプ温度を低下させているものと思われる。

5.4 炎口先端温度への炎口パイプ肉厚の影響

炎口先端温度とパイプ肉厚の関係は

$$\theta_m = \theta_f / 1 + At^{1/2} \dots\dots\dots (10)$$

と表わしうる。

$$\text{ここで、} A = \frac{\pi}{sh} \{ kd (dh^{(1)} + Dh^{(2)}) \}^{1/2}$$

θ_f : 燃焼ガス温度

t : パイプ肉厚

s : 伝熱面積

h : 熱伝達係数

k : 炎口パイプ材の熱伝導率 (SUS304)

d : 炎口パイプ内径

D : " 外径

$h^{(1)}$: " 内面の熱伝達係数

$h^{(2)}$: " 外面の "

パナの燃焼条件を 1次空気 6ℓ/min, 2次空気 81ℓ/min, ガス入力 3,600 kcal/h, 空気過剰率=1.6 に設定し、各係数を実験的に決定すると

$$\theta_m = 1,270 / (1 + 1.5\sqrt{t}) \dots\dots\dots (11)$$

となる。肉厚を種々変えた場合表 2. のようになり、炎口先端温度はパイプの肉厚に大きく影響されている。

5.5 炎口先端温度への炎口パイプ材質の影響

炎口パイプ材質の変化は熱伝導率 k の変化を意味する。したがって

表 2. パイプ肉厚と先端温度との関係

パイプ肉厚 t (mm)	パイプ先端温度 θ_m (°C)
0.3	696
0.35	672
0.4	651
0.5	617

表 3. 材質と先端温度との関係

材 質	k (kcal/h・m・°C)	θ_m (°C)
ステンレス	14	696
炭素鋼	41	528

炎口先端温度と熱伝導率の関係を求めればよい。両者の関係は前項 4.5 項と同一の関係が成立し、4.5 項の燃焼条件下では炎口先端温度は

$$\theta_m = 1,270 / (1 + 0.22\sqrt{k}) \dots\dots\dots (12)$$

となる。これよりステンレスパイプと炭素鋼パイプの場合の炎口温度の計算例を表 3. に示す。

6. クリーンヒータ用耐熱材料

本章では 3 章で指摘した材料に関してもう少し詳しく解説する。クリーンヒータには耐熱材料としてセラミック材、ステンレス鋼、アルミナイド鋼板、耐熱用シール材、パッキン類を使用しているが、主要な材料であるアルミナイド鋼について以下に述べる。

6.1 アルミナイド鋼

クリーンヒータの燃焼筒の材料としてアルミナイド鋼が使用されているが、今後とも燃焼器、熱交換器の材料としてますますその用途は拡大されると思われる。

6.1.1 アルミナイド鋼の種類と特長

(1) アルミニウム溶融めっき鋼は表面の酸化物を除去した鋼を 720°C 程度の溶融したアルミニウムの中に浸せき (漬) し、アルミニウムを被覆したものであり、高温の浴中に入るまでの鉄面の酸化防止のための前処理などに各種のくふうがなされており、めっき法をアルマ加工、アルミナイド⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾などと呼んでいる。

(2) アルミニウム溶融めっき鋼は 700°C 以上の高温ではアルミニウムは溶融するが、アルミニウムが鉄に拡散し、Fe-Al の合金層を生じすぐれた耐熱性が得られる⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。

(3) 低温加熱によるはく(剝)離現象

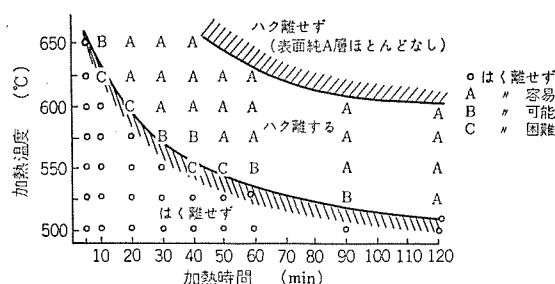


図 12. アルミナイド鋼の Al はく離条件

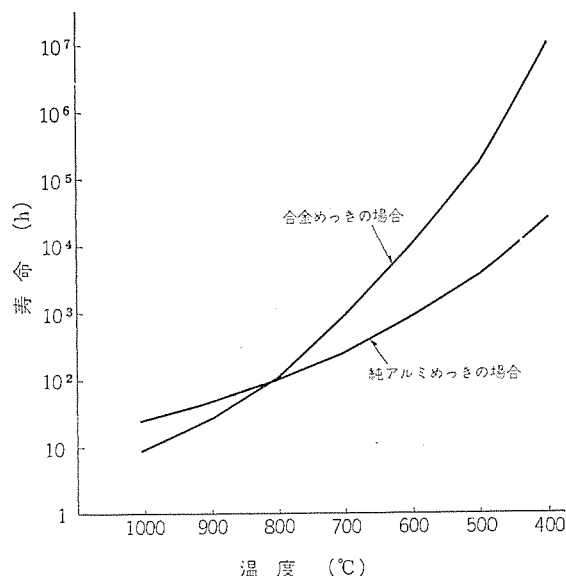


図 13. アルミナイド鋼の耐食寿命

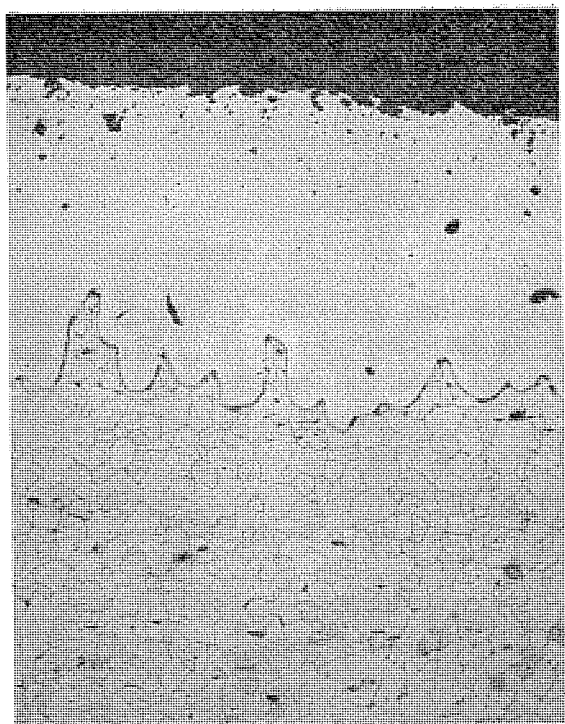


図 14. 燃焼筒断面顕微鏡写真 (倍率100)

アルミナイズド鋼を 500~650°C で加熱すると、表面のアルミニウム層と Fe-Al 合金層との間の膨張係数の差によって空孔が生じアルミニウム層はく離しやすい状態になる。図 12. にアルミニウム層のはく離しやすい条件を示す⁽¹²⁾。この対策としてはこの温度範囲をすみやかに通過させ 800°C 程度まで加熱し、表面のアルミニウム層を拡散させておくことが必要である。クリーンヒータの場合も燃焼室は 450~500°C となるので、拡散処理をしたアルミナイズド鋼を使用している。

6. 1. 2 アルミナイズド鋼の高温での耐食性

アルミナイズド鋼の使用実績および高温での試験データは種々発表されているが⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾、これらをまとめたのが図 13. のデータである。これより合金層の厚さ 0.1 mm のアルミナイズド鋼では 450°C 以下で 10 年以上の寿命が期待される。アルミナイズド鋼の合金層の厚さが 0.1 mm より小さい場合には次式により予測寿命を補正して最高使用温度を定める必要がある。

$$\mathcal{T}' = \mathcal{T} \times d / 0.1 \quad \dots\dots\dots (16)$$

ただし、 \mathcal{T}' : 補正された寿命 (h)

\mathcal{T} : 図 13. の曲線から予想される寿命 (h)

d : 合金層の厚さ (mm)

クリーンヒータの燃焼筒および熱交換器にアルミートが使用されているが、この部分の最高温度約 400°C であり、市販されているアルミナイズド鋼板は合金層の厚さは 5~8 μ であるのでこの場合の寿命を推定すると

$$\mathcal{T}' = 107 \times \frac{5 \times 10^{-3}}{0.1} = 5 \times 10^5 \text{ h}$$

したがって腐食のみに立脚するなら 400°C 前後でアルミナイズド鋼板を使用するかぎり設備機器として十分な寿命を有しているといえる。

しかし腐食要因は種々ありこれらも十分考慮して材料の選択をする必要がある。

(a) 温度の影響

酸化速度と温度には大きな関係があり、高温下では酸化速度が極端に大きくなる。アルミナイズド鋼の合金層の寿命を決定する要因として、高温では鉄中へアルミニウムが拡散し、表面のアルミニウムの濃度が低下することが考えられる。低温では合金層表面の鉄が酸化される可能性があり、合金層の鉄の拡散が酸化速度を決定することが考えられる。

(b) 加熱時間の影響

アルミナイズド鋼の酸化増量は加熱時間にほぼ比例しており、酸化速度は長時間の試験では幾分小さくなる傾向を示す。

(c) ヒートサイクルの影響

連続加熱の場合よりヒートサイクルによる試験が酸化速度を増加させる。これは表面の酸化皮膜に亀裂が生じたり、はく離したりする傾向が強くなるためと考えられる。

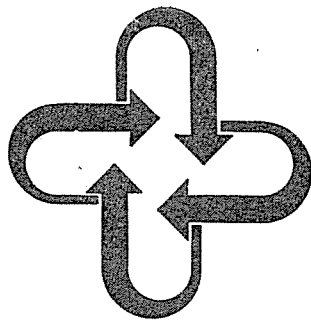
ライフテスト完了後のクリーンヒータの燃焼筒断面の顕微鏡写真が図 14. である。中央部では結晶粒が成長しているが、合金層部分は低温部と変わりなく、特に酸化も起こっていない。

7. む す び

クリーンヒータの開発に当って、その開発グループの各人の意識の底流にある一つの考え方を述べ、強制燃焼システムを採用する暖房機の基本的技術事項の一部について解説してきたが、これらは過去の失敗が積上げられたものである。これは強制燃焼システムに関する研究が現在端緒についたことを示すにとどまり、これからの体系的な研究の必要性を痛感しているものである。3 章であげたほかの事項についても詳細な検討を加えているが、スペースの関係で別の機会にゆずる。なお耐熱、耐食材料の研究に際してご援助をいただいた社内各位に謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) 三菱電機技報, 44, No. 5
- (2) " 44, No. 6
- (3) " 47, No. 4
- (4) Lewis, B., von Elbe, G. Combustion, Flames and Explosion of Gases, Academic Press.
- (5) Reed, S. B., J. Inst. Fuel, 44, Fed., (1971)
- (6) Reed, S. B., et al J. Inst Fuel, 44, March, (1971)
- (7) T. Nomaguchi, T. Itoh : European Sympo. on Combustion Academic Press, London (1974)
- (8) 真空, 5, No. 6, 名和, 福浦 “真空用セラミックシール”
- (9) セラミックス 7, No. 5, 福井
「機能分析の手法を応用したセラミック材料の開発」
- (10) アルマー工業 KK, 技術資料
- (11) 仲光金属工業 KK, "
- (12) 多賀谷, 伊佐, 尾上 : 金属表面技術, 12, No. 11 (昭 36)



技術解説

映像記録用磁気ディスクレコーダ

小舟 英喜*・渡辺 公司*

1. ま え が き

映像記録用ディスク装置は古くから放送局用に大形のものが開発され使用されている。これらは複数個の磁気ヘッドを交互に移動、停止することで、任意のスロー、リバース、ストップ等の動作を作りだせるようになっている。一方、静止画放送等の研究とも関連して、静止画の記録用ディスクレコーダが盛んに発表されるようになったが、いずれも収録できる画の数は35フィールド以下のようである。磁気ディスクによる映像記録装置の一般的な特長は1枚の画または画群を長時間連続再生して障害、損耗のないことであり、このことは非接触形のヘッドを使用した場合の唯一の利点となっている。これらの非接触形のヘッドでは記録媒体であるディスクの磁性層とは、空気層を介して信号の授受を行なうことになるので、この空間損失、つまりは浮動距離をいかに少なくするかが性能の決め手となっている。なお最近では接触形ヘッドを使用し、低相対速度、狭ヘッド幅で比較的長時間(数10分)の記録を行なう試みがなされているが、記録媒体の利用効率、ディスクでは相対速度が変化すること、取付部が必要なことなどで中央部に無効部分が相当多くなり、走査ヘッドを使用したシートまたはテープレコーダより悪くなる。しかし構造の簡単さ、取扱いの簡便さ、オーディオ用ディスクよりくる親和感など、ディスク特有の利点が多い。

2. デ ィ ス ク

ディスクはその形状から、不とう(撓)性の金属、またはプラスチック基材上に磁性膜を形成したものと、薄いプラスチックフィルム上に磁性膜を形成したもの(フロッピー)に分類される。前者のソリッドディスクは図1.に示すように、真ちゅう、アルミ、プラスチック基板上に磁性層をめっき、蒸着、塗布等により形成するか、セラミックディスクのように高温においてスピネル形のフェライトを析出させて磁性層としているものなどがある。フロッピーまたはフレキシブルディスクと呼ばれる後者のものはVTR用テープの丸切り(ただし無配向)が一般的で基板材料、磁性層はともにVTR用テープと同様のものが使用されている。めっきディスクの磁性層は下地めっきの上に0.1~0.3 μm の磁性層を形成し、その上に必要に応じて保護めっきをなるべく薄くつけることが行なわれている。ソリッドディスクを使用する場合、ヘッドは浮動形が使

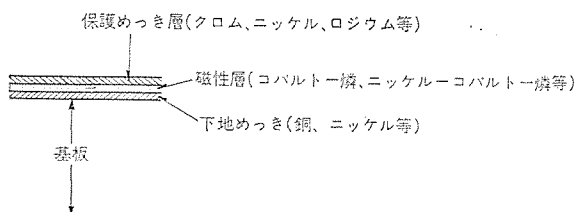


図 1. めっきディスクの構成

表 1. めっきディスクの例

構 成	基 板 (mm)	下 地 層 (μm)	磁 性 層 (μm)	保 護 層 (μm)
例 1	ABS 5.6	Ni-P 0.3	Co-P 0.3	Ni 0.15
例 2	ポリカーボネート 5	Cu 0.2	Co-P 0.3	Cr 0.3
例 3	BS 3	Cu 0.1~0.3	Co-P 0.3	Cr 0.2
例 4	Al	Cu 0.2	Ni-Co-P 0.3	ロジウム 0.2

磁性層の特性としては $B_r=6,000\sim 10,000$ カウス, $H_c=300\sim 800$ エルステッドぐらいのものが多く使用されている。

用されるのが普通で、このためヘッドの摩耗は問題ではないため、磁性層または保護めっきの硬度は堅いほどよく、同時にはがれに強いことが望ましい。めっきディスクにおいては、ときとして表面にひげ状等の突起があることがあり、これがヘッドのかどなどにひっかかると円周にわたり、めっき膜がはがれてしまうこともまれではない。ちり(塵)などは同様の原因となるので、この管理が浮動ヘッドを使用する場合の重要な問題となっている。表1.に代表的なめっきディスクの例をあげておく。

3. 磁気ヘッド

ヘッドはフレキシブルディスクを使用する場合は接触形、ソリッドディスクの場合は浮動ヘッドが使用されている。現在までに発表された各種ヘッドの分類を表2.に示す。フレキシブルディスクに使用するヘッドは、比較的ヘッド幅を大きくとって、ディスクより受けるヘッド圧が、まき込まれた空気流を介してヘッド面に加わるように配慮して寿命の延長を図っている。浮動形のヘッドとしては電子計算器用として、丸形、角形のスライダにヘッドチップを埋込んだ形のもの一般在用されていて、スライダとしてはセラミック類が賞用されている。浮上距離を小さくすることが記録密度の向上に最も必要となるが、このためにスライダの面積を小さく、加圧力を大きくとることが必要になってくる。しかしスライダを小さくすると復元性が悪くなり、また加圧力を大きくすると墜落しやすくなるなど問題があるため、ヘッドチップ自体がスライダとなり、この姿勢を調整するためのスライダチップを別に設けた形式のものが考案されるに至った。また最近ではスライダ面に曲率(クローンハイト)を持たないで、ほぼ平面に近いものを使用し、ヘッドとディスクの界面に流入する空気量よりもディスクにより引きずら

表 2. 浮動ヘッドの分類

接 触 形 (空気潤滑)	ソリッドディスク用			
	浮 動 形			
	フ ロ ョ ッ ト 付 き		自 己 フ ロ ョ ー ティ ン グ	
	圧縮流形	膨張流形	圧縮流形	膨張流形

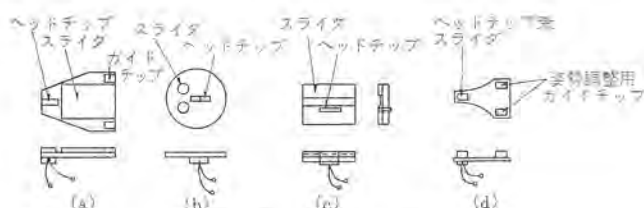


図 2. 各種浮動ヘッド

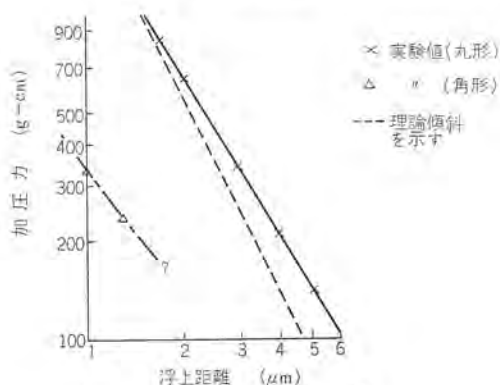


図 3. 加圧力と浮上距離

れる空気量が多くなるようにして、ディスクが回転するとヘッドが吸引されるようにしたもの⁽¹⁾が発表されている。なお自己浮動形のヘッドでは浮力と復元性を得るため、ある程度の幅が必要で(300 μ 以上)このためにトラック密度はスライダ付きのものに比較して大幅に少なくなる。

図 2. は各種浮動ヘッドの形状を示す。(a)は膨張流形として発表されたものでこの特長はスライダ面が平面になっている。(b)(c)は電子計算機用として使用されているもので、(d)は3点スライダ形の基本形でガイドチップをヘッドチップとすれば3個までヘッドを取付けられる。この形のはビデオ記録用として最も一般的なものであるが、3個のスライダの相対平行度を出すのが相当にやっかいである。浮動ヘッドの浮上力 W は

$$W = \xi \mu b l^2 C_W U / h_2^{2(2)} \quad (1)$$

ξ : スライダ幅に関する補正係数

μ : 空気粘性係数

b : スライダ幅

l : スライダ長

h_1 : スライダ流入端のすき間

h_2 : スライダ流出端のすき間

C_W : すき間比 (h_1/h_2) で決まる係数

U : 相対速度

図 3. は丸形スライダでの実験結果を示しており、比較的式(1)はよい近似を示している。

4. ヘッドと記録媒体間の問題

浮動ヘッドを使用する場合の最大の問題は浮動距離が比較的大きいために、記録時に媒体に鎖交する磁束の減少と水平方向磁界の広がり増加をきたし、再生時には空間損失のため再生出力が減少する

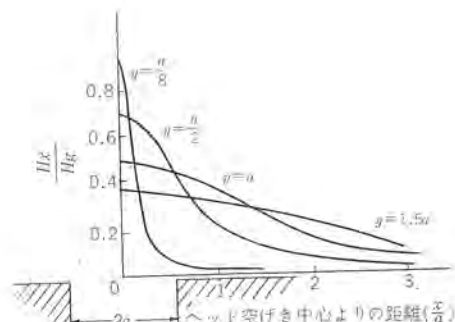


図 4. ヘッド付近の水平方向磁界

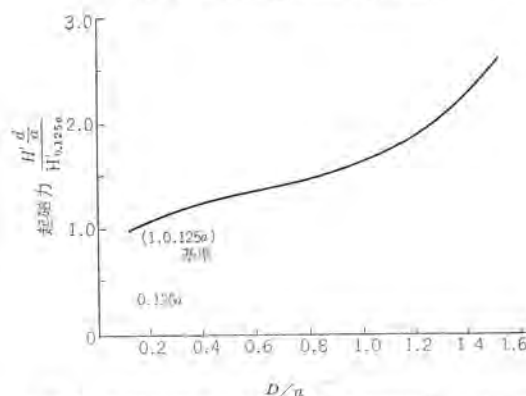


図 5. 記録に要する起磁力 H' と空間距離 d の関係

など、すべての特性がこれにより支配されると言って過言ではない。ディスクの媒体に関しては、めっきディスクでは磁性層の厚さが比較的薄く、抗磁力も比較的高いものが多いので自己減磁の影響は支配的な制限要因ではない。たとえば自己減磁だけによる半値幅 PL_{50} は

$$PL_{50} = \frac{B_r \delta}{\pi H_c} \quad (2)$$

で表わされるとすると $Br=8,000$ ガウス, $\delta=0.3 \mu\text{m}$, $H_c=500$ Oe のディスクでは PL_{50} は約 $1.5 \mu\text{m}$ となり、20 m 程度の周速を有する装置では必ずしも制限要因ではない。一方ヘッド中心より垂直方向に y , 水平方向に x 離れた点の磁界 H_x は、ヘッド空けき(隙)内の磁界 H_g に対し、

$$\frac{H_x}{H_g} = \frac{1}{\pi} \left[\tan^{-1} \left(\frac{a+x}{y} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{a-x}{y} \right) \right] \quad (3)$$

$2a$: ヘッド空けき長

図 4. はこれを表現したもので、空間距離が $0.5a$ の場合の磁界分布の広がり $0.25a$ の場合の約 2 倍になり、その強さは 75% に減少している。また媒体の厚さが十分に薄い場合で、理想的に磁化が行なわれた場合における再生出力 E_r は

$$E_r = \frac{8NF}{a} U W M_r \delta \tan^{-1} \left[\frac{a}{\frac{B_r \delta}{2\pi H_c} + d} \right] \quad (4)$$

B_r : 残留磁束密度(最大)

d : ヘッド磁性層間の距離

N : ヘッドの巻数

F : ヘッドの再生周波数特性

U : 相対速度

H_c : 抗磁力

δ : 磁性層の厚さ

W : ヘッドの幅

M_r : B_r に対応する残留磁化の強さ

であり、前述の条件での $B_r\delta/2\pi H_c$ は $0.24\ \mu\text{m}$ なので、浮動距離がこの値より大きくなると、自己減磁よりも空間損失のほうが支配的となってくる。半値幅パルス長は

$$PL_{50} = 2\sqrt{\left(\frac{B_r\delta}{2\pi H_c} + d\right)^2 + a^2} \dots (5)$$

となり、同様の条件では a と d が支配的にきくことが推定される。したがって記録密度を上げるには、適当な小空けき長のヘッドを使用しスライダは浮上距離のなるべく小さいものとし、磁性層はなるべく薄くし、保護用めっき層は空間距離をその分だけ増加するので、これもなるべく薄くし、角形比のよい H_c の高い磁性体とすることが望ましい。しかし浮上距離が小さくとれない場合、 H_c を上げると磁化しにくくなる。ヘッド空けき長についても同様のことがいえるので結局は浮上距離がすべての特性を支配してしまうことになるわけで、これの改良が最も重要な課題となっている。

5. 記録方式

記録信号の形式については、VTR における諸方式と同様のものが考えられるが、1画面の記録に複数のトラックを同時使用できる点でディスク独特の形式が考えられている。このトラック分け記録については、輝度信号用トラックとクロマ信号用トラックに分離するもの、ディスクの速度制御、または速度エラー成分の補正用にパイロット信号用トラックを設けるものなどがある。ただ独立した専用の制御用トラックを1トラック、ディスクの内、または外周に設け、この再生信号によりクロマ信号の速度エラー成分の補正に使用することは、実験の結果では無理があるとおもえる。これはそれぞれのヘッド系のディスク位置に対する追従再現性が、 $0.03\ \mu\text{s}$ 程度の追従誤差を伴うため、この値は $3.58\ \text{MHz}$ においては 38° にも相当する。

トラック分け記録を偶数フィールドと奇数フィールドに分ける方法は静止画記録で一般的に行なわれており、これにより1フレーム分の記録ができるため、ヘッド〜ディスク相対速度が十分にとれない小形ディスク装置に多く採用されている。

6. フレーム記録とフィールド記録

静止画として入力された画面を記録する場合は、フレーム記録が完全であり、また画質もよいので望ましい方式といえる。しかしながら、相対速度が十分にとれない小形の装置では、後述する動画中のストップモーション的な抜取り記録の際の2重像の問題もあり、フィールド記録が一般化している。フレーム記録は信号としては完全であるが、動画中の1フレーム分を抜きとる場合は、二つのフィールドの画を重ねて見ることになるので、もしこの2枚の画の間に動きがあると2重像(重ね像)となってしまう、ストップモーション用としては、まずいこと

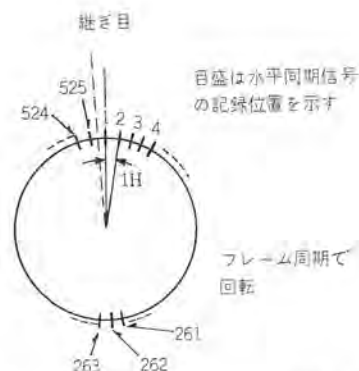


図6. フレーム記録における水平同期位相分割 (数字はライン番号を示す)

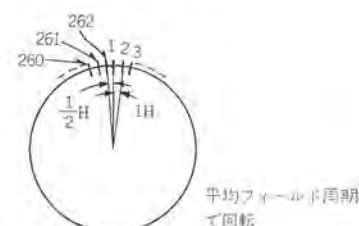


図7. フィールド記録における水平同期位相分割

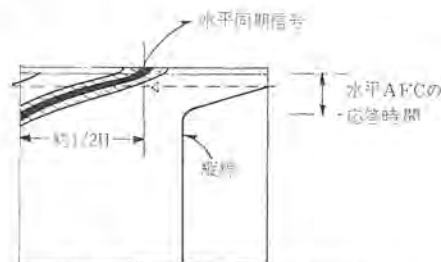


図8. 受像機画面上の曲がり

になる。この場合はフィールド記録方式が適しており、簡素化の目的にも合致するため、フィールド記録方式が一般的である。ただしフィールド記録方式においては、1フレーム中の片フィールドのみを記録するため、フィールドの初めと終りの水平同期位相が $1/2\ H$ 分だけ食い違いが生じてしまう。図6. はディスクをフィールドの平均周期で回転させた際における、縦目での水平同期位相のジャンプを示しているもので、縦目は垂直同期区間にするのが普通なので、テレビ再生画面上では、受像器の水平AFC回路の応答おくれ時間の分だけ画面上部が曲がることになる。図6. はディスクをフレーム周期で同期回転させたフレーム記録の場合で、仮に第1ラインと、第525ライン間に縦目がくるようにした場合の例を示しており、第525ラインと第1ラインの間の同期位相は $1\ H$ 分あり問題はない。ところが図7. に示すように平均垂直周期で回転させたディスクに記録する場合は第262ラインと第1ライン間は $1/2\ H$ となり図7. に示すように $1/2\ H$ 分の水平同期位相の食い違いが画面に発生する。これをさけるには、ほぼ3様の方法が考えられる。

(1) TV 受像機の AFC 回路の応答を速くすることで画面上に曲がりが現われないようにする。

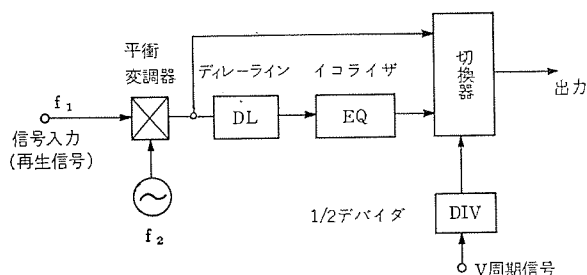


図 9. デイレインによる水平同期位相の等化

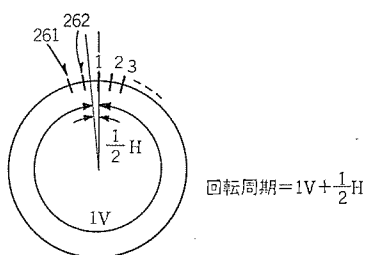


図 10. オフセット回転した場合の同期信号 ($+\frac{1}{2}H$ オフセット)

(2) 0.5 H デイレインを通した信号と、通さない信号を作り、1 V ごとに交互に切換えた信号を出力とする。

(3) ディスクの回転周期を、フィールドの平均周期に対し $1/2 H$ 分だけ短く、または長くした状態で記録する。

(1) の方法は専用の受像機を必要としているが、閉回路方式の場合は有用である。このときの受像機は、直接同期とするか、単純に AFC の時定数を短くするほか、垂直ブラッキング期間のみ AFC の時定数を特に速くする方法などがある。

(2) の方法としては図 9. に示すようなブロック図で回路を構成するもので、問題は $1/2$ デイレインの通過伝達特性が映像帯域幅以上に必要なので、この特性がなかなか得られず、またデイレインも比較的高価なものとなる。

(3) の方法は、ディスクの回転数を平均垂直同期周期に対して、 $1/2 H$ 分だけオフセットしてディスクを回転させることにより、ディスク面上では、1 回転がちょうど第 264 ($+\frac{1}{2}$ オフセットのとき) または、第 262 H ($-\frac{1}{2}$ オフセットのとき) になるので再生時に同期位相の食い違いが発生しなくなる。図 10. はこの場合の記録状態を示している。

7. 三菱磁気ディスクレコーダ DM 100 形の概要

DM 100 形ディスクレコーダは 230 枚の静止画の収録と、これら静止画をつないで短時間の動画が記録再生できるように設計した。ディスクは Co-P の磁性層と薄いクロムめっき保護層を Bs 基板上に形成し、フローティングヘッドを採用することで保守の不要のように配慮している。ヘッドはパルスモータにより駆動されるので、外部回路により検索、リモートコントロール等が自由にできる。全体のブロック図を図 11. に示しておく。

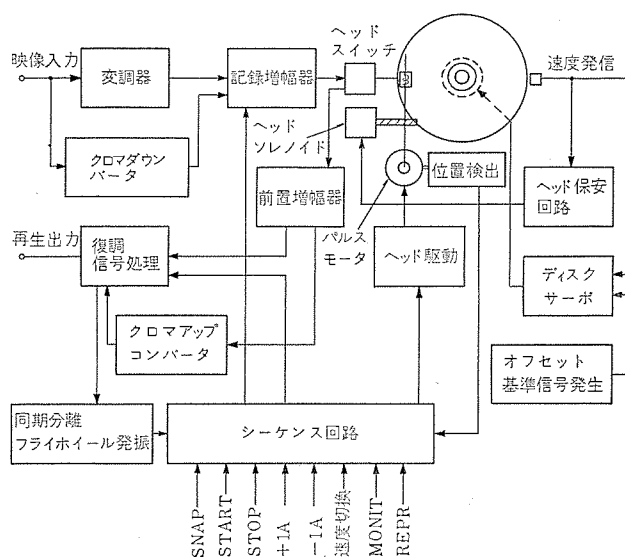


図 11. 総合ブロック図概要

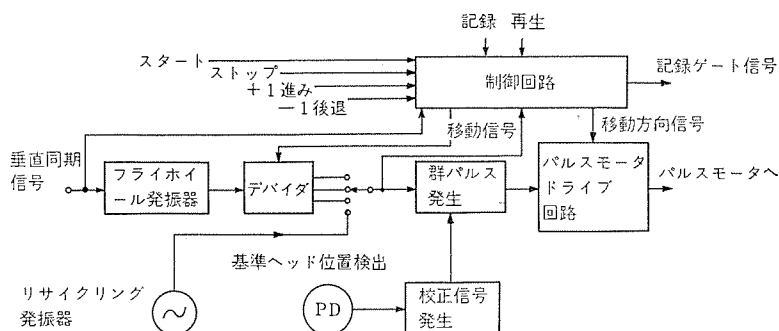


図 12. ヘッド制御系ブロック図

7.1 機能

ヘッドの移動はパルスモータで行なわれるが、このパルスモータの 3 ステップ分が 1 トラックピッチに相当しており、記録時のヘッド位置に相当するステップ位置に、静止位置が保たれるように制御する光学的な検出器が設けられている。この位置決め動作はヘッド移動が 1 往復するごとに行なわれるとともに、電源投入時にも必ず校正が行なわれるようにしている。ヘッドの移動は映像信号の垂直同期成分を分離し、これをフライホイール発振器に掛けた後、これを分周してパルスモータ駆動用群パルス発生器に加えることで行なっている。ヘッドの移動速度はこの分周比を変えることで 3 段に切換えられる。また任意に移動停止が行なえるとともに、任意のアドレスのトラックにアクセスすることが容易なように 1 アドレスの進み、後退用押しボタンを持っている。アドレスの連続送りの際には、これと同期して順次に記録していきながら記録ゲートを制御して動画、連続コマ (駒) 記録がヘッドの各速度に応じて行なえる。また定時間間隔おきに記録または再生が繰返し行なえるリサイクリング機能が付加されている。図 12. はヘッド制御系のブロック図を示す。また群パルスの周波数はパルスモータ、ヘッド移動入力に最もよい応答を示す値に設定される。

7.2 信号制御

ヘッド静止時にスナッフ命令、またはヘッド移動終了信号にしたがい、

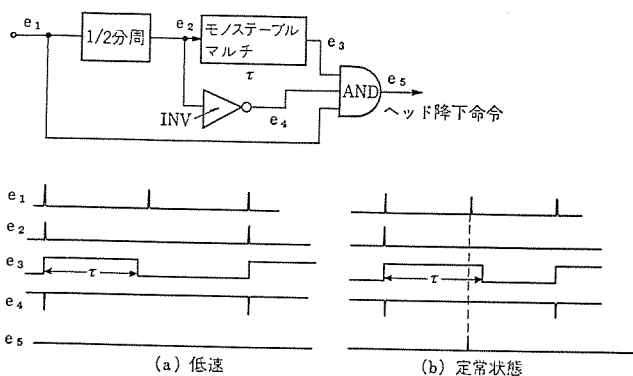


図 13. ヘッド保安用信号発生ブロック図

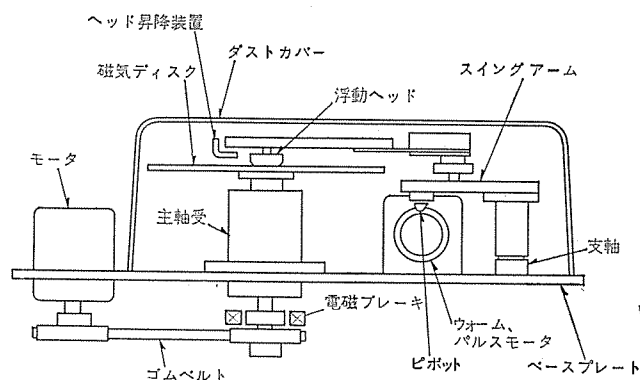


図 14. 機械部分の概略図

その次のフィールドの初めより終りまでの1フィールド期間記録ゲートを開き、所定のトラックに記録する。

7.3 ディスクサーボ

ディスクの回転数を前述のオフセット回転数に制御するため、水平同期周波数の2倍の周波数の水晶発振器の出力を526分の1に分周して基準周波数源としたブレーキサーボ方式を採用している。なおディスク回転数発振器の信号を弁別して、一定の速度以上に回転数が上昇するとヘッドを降下し、また一定の速度以下に減速するとヘッドを上昇させるための信号を発生するヘッド保安回路をもっている。図13.はこの回路ブロック図である。

7.4 機械系

図14.は機械系の概略図である。

7.4.1 ヘッド移動機構

ヘッドの移動は、オーディオ用のレコードプレーヤーのようなスイングアーム方式を採用している。この特長は構造が簡単で、比較的容易に精度が得られることであるが、この反面ヘッドギャップが円周接線方向に対し

て、必ずしも直角にならず、スライダも斜めに傾くことになる。しかし本機に使用しているスライダは30°程度の傾きにも安定に浮上するため、実際の使用状態である6°程度の傾きは問題ではない。

7.4.2 ヘッドの保安機構

浮動ヘッドが、ディスク回転の停止または異状事態における減速のため浮力を失いディスク面と接触して、ヘッドまたは、ディスクが破損することを防ぐためと、起動時に同様の目的でディスクの回転数が設定速度に達するまでの間、ヘッドを持ち上げておくための、ヘッド昇降機構を装備している。これは、アームの先端をソレノイドと連動する点により持ち上げて、目的を達している。

7.4.3 防じん(塵)機構

浮動ヘッドの浮動距離は、非常に微小(1μm以下)であるため、わずかのじんあい(塵埃)が侵入するだけで、ヘッドが墜落する危険を有している。

これを避けるため、組立は極力、ちりの侵入をさけるとともに、各部品を清潔に保ち、完成後には、外部からのじんあいの侵入を防止するために全体をダストカバーで密閉している。

また磁気ディスク、ヘッドその他ダストカバー内に収納する部品類は完成後調整、保守の必要のないように配慮した。

8. む す び

ディスク装置は単体としては、映像の一時記憶用、比較的短いアクセスタイムを利用したインフォメーション、繰返し広告、X線の被爆線量の減少などの医用、工業用に、運動物体の解析、スポーツでの動作分析等に一応使用できる。なお本機はスローモーション、リバースモーションが可能である。

最後に、開発、製作にあたり、ご指導ご協力をいただいた関係各位に深謝いたします。

参 考 文 献

- (1) 益子：磁気ディスクメモリ用スーパー浮動ヘッド、NHK技研月報、16、(昭48-11)
- (2) 浮動ヘッド機構の有限幅の影響について、通研成果報告、第2,102号(昭48)
- (3) O. Karquist : Calculation of the Magnetic Field in the Ferromagnetic Layer of the Magnetic Drum, Trans. Royal Inst. of Tech. No. 86, Sweden
- (4) E. Troy Hatley : Record Replay Performance of a Video Disc-Recorder System, Journal of SMPTE 79, Nov. (1970)

登録番号	名 称	考 案 者	登録番号	名 称	考 案 者
1005444	パターコンディショナ 装置	丸山哲朗・早川孝紹	1005459	分周器	佐藤安俊
1005445	電気調理器の発熱体支持装置	小川 昇・伝田恒明	1008124	小型回転電機	武井久夫・服部信道
1005446	電気調理器の発熱体支持装置	小川 昇・伝田恒明	1008125	界磁制御装置	岩田尚之
1005447	空気調和装置	鈴木太八郎・高橋克己	1008126	タイムスイッチの目盛板装置	赤松昌彦
1005448	冷却装置	上田和弘	1008127	回路しゃ断器	新川成美
1005449	室内空気調和機の外気取入装置	佐藤喜一・木の内達夫 渡辺 進	1008128	車両用点灯装置	山本啓一・西本靖美
1005450	天井設置形空気調和装置	木の内達夫・知久道明	1008129	空冷型電動機	戸田晴久
1005451	熱交換器付同時吸排型換気装置	吉野昌孝・白金 温 小栗 敦	1008130	電気開閉装置	小西寛示
1005452	摩擦力伝達装置	小沢靖彦	1008131	けい光灯 スタンド	長 嶺 元
1005453	空気調和機の フィルタ 取付装置	新見 勲	1008132	電気毛布保護装置	田辺俊雄・今滝満政
1005454	換気扇取付枠	穴戸幸男	1008133	照明用かさ	保田智行・井上員成
1005455	吸排気形換気扇	八代勝雄	1008134	電圧選定装置	今井 将
1005456	排気口の防火 ダンパー 装置	井口武夫	1008135	デジタル・アナログ 変換器	遠藤吉隆・中村新一
1005539	平角導線と端子の接続構造	品川佳彦・中村 昇	1008136	コード長さ調節装置	桂 秀年・二木盈行
1005457	換気扇取付木枠	増田 孝	1008137	密閉型電動圧縮機の油分離装置	鈴木政勝・高田 弘
1005458	換気扇の シャッタ 装置	井口武夫			松宮正幸
					小川 勇
					井上員成・山崎 肇
					大石良高

〈次号予定〉 三菱電機技報 Vol. 48 No. 10 電動機特集

特集論文

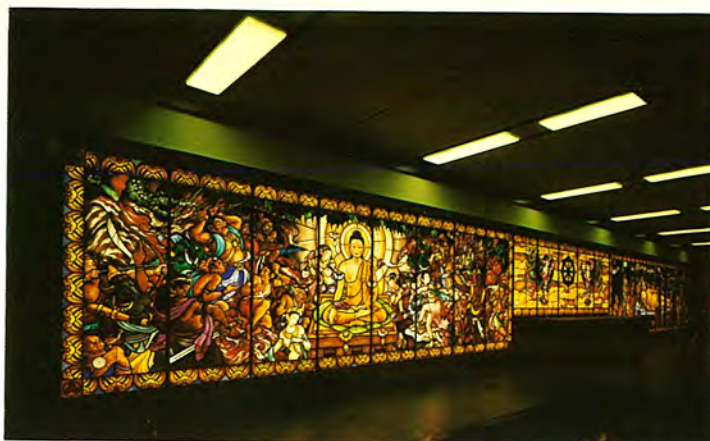
- 新系列小形三相誘導電動機
- 中容量高圧F種電動機
- 大形水中モートル
- 大容量立形誘導電動機
- 誘導電動機の過度現象及び異常現象の直接的シミュレーション
- 最近の低圧防爆形誘導電動機
- 最近の中小形直流電動機
- 全閉外扉誘導電動機の通風冷却解析
- 誘導発電機の電磁騒音の解析
- 化学工場用電動機の軸受の調査とその寿命

普通論文

- 名古屋水道局水道施設集中管理システム
- 新形がいし形変流器
- 水中の有機化合物のオゾンの分解
- 中規模オペレーティングシステム実現方式
- 技術講座
- 超音波探傷試験法 (1)——探傷基準——

「定価改正について」 近年の諸費用高騰などにより、次号 Vol. 48 No. 10 から定価改正をいたしますので、ご了承を願います。
定価 1 部 300 円 (送料別)。

三菱電機技報編集委員				三菱電機技報 48 巻 9 号		昭和 49 年 9 月 22 日印刷
委員長	松岡 治	常任委員	久松章三	定価 1 部 200 円 (送料別) 無断転載を禁ず		昭和 49 年 9 月 25 日発行
副委員長	神崎 暹	"	本間吉夫	編集兼発行人	松岡 治	
"	武藤 正	"	吉山裕二	印刷者	高橋武夫	
常任委員	伊藤一夫	委 員	粕谷一雄	印刷所	東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 12 番地	
"	上田重夫	"	熊本 永		大日本印刷株式会社	
"	宇佐見重夫	"	坂田邦寿	発行所	東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号 (〒100)	
"	大田重吉	"	橋爪 基		三菱電機株式会社内	
"	北川和人	"	吉武正彦		「三菱電機技報社」Tel. (03) 218 局 2327	
"	外野範吾	"	若宮佐三	発売元	東京都千代田区神田錦町 3 丁目 1 番地 (〒100)	
"	祖父江晴秋		(以上50音順)		株式会社 オーム社書店	
"	塚本信雄				Tel. (03) 291 局 0912, 振替口座 東京 20018	
9 号特集担当 大田重吉						



▲川崎大師信徒会館1階ホール(神奈川)
110Wハイデラックス白色、高演色性けい光ランプ63灯使用
国内随一といわれる仏画のステインドグラスを照明している。
ステインドグラス背面の平均照度は2,400lx
正面の平均輝度は24ntである。



▲東京海上火災保険(株) 本館基準階事務室(東京)
40Wけい光灯2灯用アルミルーバ付き埋込み形器具使用
システムラインTバー方式を基準階1階あたり492台使用
机上面照度は1,100lxである。



▲東京海上火災保険(株) 役員会議室
円形けい光灯40W4灯・30W4灯使用(計8灯)
下面透明プリズムガラスカバー・空調用吹出口付き埋込み形器具28台使用
机上面照度は700~850lxである。



▲愛知県産業貿易会館 西館大会議場(名古屋)
ルーバを付けた天井内部に40Wけい光灯トラフ形器具520台設置
ダウンライトは100W白熱灯用16台使用
机上面平均照度は400lxSCR調光装置により全灯調光できる施設である。



▲伊勢丹 松戸店1階売場(千葉)
40Wハイデラックス白色、高演色性けい光ランプ約1,000灯使用
演色性がきわめてよく、好評を博している。
照度は床面で900~1,000lxを得ている。



▲関西電力(株)高浜原子力発電所 中央制御室(福井)
40Wけい光灯トラフ形器具333台
20W同形器具36台によるルーバ天井照明
照度は机上面で1,175lx、制御盤の鉛直面で750~900lxとなっている。