

MITSUBISHI DENKI GIHO

# 三菱電機技報

Vol. 37 October 1963

# 10

光源と照明特集

神高速道路尼崎インターチェンジの照明





# 最近の照明施設(1)



三菱日本重工業東京自動車製作所(神奈川)

丸子車両組立工場で床面積 17,800 m<sup>2</sup>, 光源の高さ 7 m の中天井に高出力 110 W×3 灯用反射がさ付灯具で作業面の平均照度は 350 lx.



国鉄広島駅(広島)

全国にさがかけて施設された高出力 ケイ 光灯 110 W の連続照明による プラットフォームの照明である。プラットフォームの天井に 4 列に取り付けられた光源により夜の汽車の乗り降りをいっそう安全なものにしている。平均照度 80 lx.



大名古屋ビル玄関ホール(名古屋)

エレベータホールは高天井で 4 列の ケイ 光灯連続照明と間接照明の組み合わせである。玄関ホールの一部は中 2 階となっている。床上の平均照度は 80 lx.



竹中工務店東京支店設計室(東京)

この設計室では明るく落ち付いた快適な仕事をするため デラックス 白色 ケイ 光 ランプが使用されている。高出力 110 W×2 灯埋込器具 45 セットを室面積 422 m<sup>2</sup>, 天井の高さ 2.75 m に施設し、机上の平均照度 700 lx, 室の四隅でも 450 lx の高照度でしかもむらのない照明となっている。



高効率・緑白色ケイ光灯施設(神奈川)

緑白色 ケイ 光 ランプは従来の白色 ランプより初光束が約 16%, 昼光色 ランプより約 30% も明るく高効率となっている。光色は「緑がかった白色」のため、明るさ本位の照明として遊園灯, 防犯灯, 街路, 事務室・学校教室, 工場検査などに適している。この画面は団地の構内照明の例である。



明治乳業市川工場(千葉)

びん詰室の照明で湿気の多い作業のため ケイ 光 ランプ 40 W×2 灯, アクリライトカバー付防湿形灯具 30 セットのほか 40 W×1 灯防湿 ブラケット 30 セットが使用されている。平均照度は 300 lx.

# 訂 正

本誌 Vol. 37・No. 10「電気ルミネセンスランプ—その特性と応用—」のうち誤を下記のように訂正いたします。

ページ	誤	正
10 表題	Electro Luminescence Lamps	Electroluminescent Lamps
10 (右) 4 行目	1 回かけ	1 回かけ
12 式(3.3)	$\eta = \eta_0 (V/V_0)^{1.9}$	$\eta = \eta_0 (V/V_0)^{-1.9}$
12 図 3.9		・ ・ ・ 曲線 : 100 V 定格 × × × 曲線 : 200 V 定格
13 (左) 6 行目	実際と	実際は
13 (左) 15 行目	EL 板上に有機ケイ光体……	EL 板上に赤色有機ケイ光体……
14 (左) 5 行目	テレビ 画像灯	テレビ 画像板
14 図 4.2 横軸	EL 板輝度	EL 板輝度
14 図 4.4 縦軸	EL 板輝度	EL 板照度
”		{ …… 曲線 : 判別限界輝度 { ——— 曲線 : 判別明瞭輝度

# 訂 正

Vol. 37・No.10 光源と照明特集

ページ	誤	正
表2 国鉄広島駅の 説明文中	平均照度 80lx	平均照度 300lx
表2 高効率・緑白色 ケイ光灯施設の説明文中	遊園灯	庭園灯
39 図2.3 (b)	道路幅 0.0m	道路幅 24.4m
40 (右) 1行目	経済照度は $E_e = L \cdot A / \rho$	経済照度は $E_e = L \cdot A / \rho$
53 (右) 下から2行目	地上では……	地下では……
54 (右) 下から1行目	局所照明	局部照明
55 (右) 7行目	このほどの展示場	この種の展示場
56 図4.4	照空灯配空曲線	照空灯配光曲線
56 (右) 5行目	1枚の方形板	1板の長方形板
57 図5.2	高圧力 110W	高出力 110W





#### 表紙説明

このたび開通したわが国最初の本格的ハイウェイ、名神高速道路のうち、尼崎インターチェンジの照明ではその光源に寿命の長い三菱スーパーライフ水銀ランプ（銀白色）400 W 90 灯、および 250 W 11 灯計 101 灯が使用されている。灯具としてはハイウェイ形 400 W でまぶしさを防ぐためカットオフ形の構造、ボールの間隔は 35 m、光源の高さ 8 m、路上の平均照度 26.6 lx、均斉度 2.96 の快的な照明となっている。なお、緑地帯には柱頭形器具で 250 W が使用されている。この航空写真でこのインターチェンジの様式のダイヤモンド形の形状がよくわかる。



# 三菱電機技報

昭和 38 年 第 37 巻 第 10 号 (光源と照明特集)

## 目 次

文化と照明	九 岡 芳 八	2
高速自動車道路における照明設備基準案	伊 賀 秀 雄	3
電気ルミネセンスランプ—その特性と応用—	竹 田 俊 幸・井 上 五 郎・岩 谷 寛 二・井 手 平 三 郎	10
超高出力ケイ光ランプ	牧 野 六 彦・土 井 貞 春・伊 東 肇	16
新形水銀ランプ—スーパーライフ水銀ランプおよび高出力タリウム水銀ランプ—	大 盛 真 次・大 田 重 吉・近 藤 登・土 橋 理 博	21
各種光源による建築材料の見かけの色	塚 田 敢	27
天然色写真の写場の照明と光源 (2)	有 賀 長 敏・井 手 平 三 郎	32
各種照明施設における経済照度に関する考察	小 堀 富 次 雄	38
ケイ光灯の防爆に関する研究	佐 々 木 武 敏・田 代 登	44
名神高速道路尼崎インターチェンジの照明	金 関 勇	47
冷凍室の照明	佐 々 木 武 敏	50
三菱電機スカイリングの照明設備およびランダム点滅制御装置	小 堀 富 次 雄・小 泉 寿 男・柴 谷 浩 二	52
新しい住宅照明の考え方	宮 本 時 夫・松 本 久 志	59
広告照明に利用する偏光材料 (ムービング・シート)	依 田 功・太 郎 良 定 夫	63
サンセットタイマの実動試験	武 田 克 巳・三 好 博 司	67
<b>技 術 解 説</b>		
ケイ光灯および水銀灯の点灯回路	村 井 直 道	72
ケイ光体の実際	井 手 平 三 郎	80
<b>ニュース・フラッシュ</b>		
一台で7ヶ所の圧力の測定ができる広帯域真空計 (TI-LB4) 完成・病室管理用テレメータ開発・自動車用テレメータ完成・国鉄新幹線用区分開閉器完成・EM 形電磁開閉器シリーズ化完成・EM-65 形電磁開閉器量産開始・三菱テレビジョン受像機 16T-670 形発売・三菱テレビジョン受像機 19T-370 形発売・三菱テレビジョン受像機 12P-320 形発売		88
<b>新 製 品 紹 介</b>		
画期的高効率“高出力タリウム水銀ランプ”完成・三菱ステレオ DSS-312 形発売・'64 年度三菱石油ストーブ発売		92
<b>特 許 と 新 案</b>		
換気扇・扇風機付ケイ光灯・車両用天井扇取付装置		94
最近における社外寄稿一覧		26, 87
最近における社外講演一覧		62
最近登録された実用新案		66, 95
最近登録された特許		95
<b>表 紙</b>		
2. 最近の照明施設 (1)		
3. 最近の照明施設 (2)		
4. 最近の照明施設 (3)		

## Culture and Illumination

Head Office Yoshiya KUOKA

With the advance of culture in society, the surroundings get much brighter. Conquering the night is the biggest feat of mankind and man-made light is a symbol of human superiority. Recent progress in the production of fluorescent lamps is marvellous. Their turnout has become sixteen times that of ten years ago, exceeding 60 million pieces in Japan. Development of mercury lamps is also worthy of mention. This has brought a great improvement in the lighting of homes, offices, factories, theaters and streets. Completion of new high ways with the most up-to-date illumination has turned a new leaf in the history of traffic and industry, also reducing chances of crime at night. Mitsubishi has been sharing the burden of production of these lamps, also making inroads into the market of Taiwan in technical cooperation with a Chinese manufacturer.

文化と照明——文化の進んだ社会ほど明るい環境が得られる。人間の住むところに必ず照明があり、夜間の照明も昼間の照明も人工によって補うことができる。人工照明によって昼間に等しい環境を夜間にもち越すことも、再現することもできるし、随時必要に応じて四季を通じていかなる状況をも、もたらすことのできるのはすぐれた照明の賜ものである。

したがって、照明事業は企業としても社会的にも文字どおり、世の中に光明をもたらすものといえよう。

わが国のケイ光灯、水銀灯の生産は目覚しく、これほど生産の伸びの早い商品も少ないとさえいわれている。ケイ光灯の昨年度の生産量は 6,000 万個を突破したが 10 年前の昭和 27 年の生産量は 380 万個で約 16 倍、その間、各社の量産体勢が整い生産の増大、品質の向上を目ざしたとはいえ、驚くべき数量といえよう。さらに水銀灯においてもケイ光灯とは違った用途のため、その生産の伸びはおのずから違うが数年前に比較して数倍の生産量となり、昨年は各社で 60 万個以上にもなった。

これらの光源は白熱電球も含めて、家庭・事務所・工場・劇場などあらゆる分野の施設に使用され、明るく世の中を照らしているわけである。

さて、このほど開通した名神高速道路の尼崎—栗東間では尼崎インターチェンジに当社の長寿命、高効率のスーパーライフ水銀灯その他の電気品が多数施設され、夜間運転の自動車関係者に明るく、まぶしさがなくて運転し易いとの好評を博しているが、名神高速道路全線はもとより、東名高速道路などの高速自動車国道、国土開発縦貫自動車国道など、わが国全土にまたがる高速道路も延長 4,000 km 以上にもなり、これらに使用される光源も電気設備も大きなものである。これらの高速道路は産業に輸送力の強化、工場の増設、労働力の増大、森林資源の開発、あるいは観光にあらゆる面で機動力を発揮することとなると思うが、来たるべきオリンピックを目前にひかえてますます完成に努力されている。これらは国家百年の計として単にオリンピック目標などと目先のことにとらわれず着実に完成し、産業、文化に大きく寄与していただきたい。それこそ、夜道も水銀灯照明によって明るくし、事故防止に貢献

するということである。

この 2,3 年間、各電力会社で実施の「街を明るくする運動」は全国的に犯罪防止、事故防止などの見地から、防犯灯、街路灯、庭園灯などの普及を推進するもので電灯の増設、それらの深夜、終夜点灯の推奨など、まことに合理的に照明を通じて世の中、社会を明るくする結構な運動である。地方はもちろん、都会地でも都心より少し離れた場所では夜間には照明がなく、まっ暗なのがわが国の現状である。これらの暗い場所は一般に事故・犯罪の発生し易いところでもある。したがって「街を明るくする運動」自身は単に営利をはなれて照明としての社会的な運動ともいえる。

なお、これらの防犯灯街路灯は自動点滅器のと併用によって夜間のみ点灯し、昼間は自動的に消灯する便利なものである。

また、従来、わが国の建築基準法により、建物の高さは地上 31 m に制限されていた。この高さは一般には地上 9 階建てで特別な場合は 10 階以上の場合もあるが、すでに超高層建築化も間近くなり土地の強度にもよるのでどこでも超高層建築物が建築されるとは限らないが、近い将来、20 階、30 階のごとき建築の出現も可能になった。これらの建築も都心に事務所、アパート、ホテルなどが群立し、ビル街の様相も変化してくるがそれに伴って、照明、エレベータなどの電気設備も一大飛躍することと思う。下層階では現在よりもさらに明るく昼間でも照明されると同時に地下は従来以上に照明を必要とする。上層階での照明も照度の向上とともにますます照明技術が研究され、それにとまって新形の光源が出現することも期待できよう。

昨年、当社と日華合弁でケイ光灯製造事業の開始した中華民国・台湾の中国電器股份有限公司のケイ光灯の生産も順調に進み、着々と成果をあげている。台湾におけるケイ光灯の需要は最近、急速にのび、中小のビルの建設も盛んでビルブームをきたしている状態であるが、南方の暖かい地方では従来の白熱電球に比較して、ケイ光灯の涼しい光が好まれているわけである。中国電器のケイ光灯の生産は台湾における照明事業発展に大きな役割を果たすものと期待されている次第である。



# 高速自動車道路における照明設備基準案

伊賀 秀雄\*

## Draft for Standard of Lighting Facilities on High Speed Motor Car Roads

Illuminating Engineering Institute of Japan Hideo IGA

High ways for exclusive use with high speed motor cars are constructed here and there recently. The lighting of the road, which was not made much of in the past, is now receiving special attention and becoming one of indispensable arrangements. To meet the requirements extensive study has been made to set up a definite standard and a draft has been worked out in reference to the standards of lighting in foreign countries. The draft covers almost all necessary information such as lighting facilities, intensity of illumination on the high way and tunnels, selection of light sources and luminaires, distribution lines and maintenance of equipment.

### 1. ま え が き

最近わが国においても高速自動車の専用道路が諸所に建設せられていて、その施設については種々調査研究が進められている。道路の構造、交差の方法、排水の施設などはもちろんのことであるが、道路施設として道路の建設側からは、従来まったく無視されていた照明設備も、最近では、不可欠のものとして研究され施設せられるようになってきた。

今日までも照明学会その他で、道路照明基準ともいべきものが制定されて、これが各方面に推奨されていたが、道路建設の当初道路施設の一つとして、これが取り上げられた例はほとんどない。交通がひんばんになり、事故が増加するに至って初めて照明の必要が痛感されて、建設されるというのが最も普通の例であった。しかし最近のように、高速自動車の専用道路として建設される場合には、運転の安全ということのうえにその道路の機能を最も能率よく発揮させるためにも、よい照明設備が是非必要であるということが一般に認められるようになったのである。

従来、制定された道路照明基準は、主として交通のひんばんさに従って、道路を a, b, c などの種別に分け、交通ひんばんな道路ほど明るさも高くするという定め方であった。しかし高速自動車専用道路の場合には、おのずからその考え方が変わってくるはずである。すなわち交通のひんばんであるか否かもさることながら、そこを走る自動車の速度が、明るさの基準その他を決定する最も重要な要素となってくる。

最近われわれが調査の対象として考えている高速自動車専用道路とは、次のような特長を持っているものである。すなわちその道路は

- 高速自動車が専用するもので、歩行者のほか自転車、荷車などの低速度の車両の乗り入れは許されない。
- 他の路線、鉄道、軌道、道路などは、すべて立体交差をして自動車の走行を妨げるものがあってはならない。
- 道路は往復分離されて、原則として間には分離帯がある。
- 往路、復路は特別の場所のほか、原則として2車線以上である。
- 高速度とは、現在では 50~100 km/h が考えられているなどの条件を備えたものである。

したがって今日ある道路の中で、これらの条件をことごとく満たすものはほとんどないと考えられるが、照明設備から考慮する

場合には、さほど窮屈に考えず自動車が歩行者や他の車両に妨げられることなく、100 km/h 程度の高速度で運転できる道路を対象とすればよい。

また長距離にわたる道路である場合には、ことにわが国のように山谷の多い地勢では、トンネルや橋りょうを作る必要があるために、その照明設備についても特別の研究を要する。

この小文は、名神高速道路および首都高速道路などの建設にあたって、照明上の諸問題を調査研究し施設基準を制定することを依頼されて、行なった試験測定などを紹介するものである。

### 2. 高速道路照明基準案

高速道路の照明基準を制定するために諸調査研究を進め、各国の資料を集める一方、名神高速道路、首都高速道路の建設は着々と進ちょくしているため、それらの施設に採用するためにとりあえず高速道路照明基準案を作製して、これによって急を要する施設は設計、実施されることになり、現在名神高速道路中の栗東-尼崎間、首都高速道路第1号線の一部は、すでに照明設備が完成されている。

しかし本案の内容については今日もなお研究中の部分もあり、将来、資料を得て改定されるべき要素も含んでいて、諸賢のご指導を仰ぐ点が少ないと思っている。したがってここにはその重要項目を紹介するとともに、基準の全文を掲げて、その字句に至るまでを検討するわけではない。

#### 2.1 照度基準

標準照度 (lx)	照度の範囲 (lx)	適用場所
50	30~70	トンネル
20	15~30	減速車線および加速車線を含む本線接続坂路料金所付近
10	7~15	本線屋外駐車場バスストップのプラットフォーム

注1. 照度は路面上 15 cm 以下の高さで得られる水平面照度をいう。

注2. 平均照度とは、照度を車道路面全体について算術平均した値をいう。実際には、路面上に縦横に 1 または 2 m 間隔に引いた線の交差点での測定値の算術平均をとるなどの方法による。

#### 2.2 均斉度

最小照度と平均照度との比を  $G_1$  とし (最小照度/平均照度)

最小照度と最大照度との比を  $G_2$  とし (最小照度/最大照度)

車道内の均斉度  $G_1$  は 1/3 より大

$G_2$  は 1/6 より大であること。

#### 2.3 照明設備 (トンネルを除く)

原則として柱灯式とする。ただし都市内の立体交差などの特殊

な場所で柱灯式が不適当と考えられる場合、または周囲の環境から好ましくない場合には、それぞれ最も適当と考えられる方法による。

光源の高さ、灯間隔は原則として次のとおりとする。

光 源			光源の高さ (m)	灯間隔/光源の高さ
水 銀 灯	700 W 以上	地上	10 以上	6 以下
"	400 W "	"	8	6 "
"	250 W "	"	7	5 "
ケ イ 光 灯	80 W×2 以上	"	8	5 "
"	80 W "	"	6	5 "
ナトリウム灯	140 W "	"	6	5 "

注 1. 灯間隔とは、道路の同じ側での隣り合った灯柱の間隔をいう。

2.4 灯柱の配置

灯柱の配置は車道の幅員が 15 m 未満の道路では、片側配置でもよく、両側に配置する場合には、千鳥または向き合わせとする。

車道の幅員が 15 m 以上の道路では、両側に千鳥または向き合わせ配置とする。

中央分離帯のある道路では両側に千鳥または向き合わせでもよく、あるいは中央に 1 列に配置してもよい。この場合には、灯具は、左右に振り分け 4 ムに取り付ける。

2.5 トンネルの照明設備

トンネル内の照明設備は原則として、灯具を天井または壁の上部に埋め込んで施設する。しかし露出形の器具をじかつけにしてもよい。

(1) トンネルの入口の緩和照明設備

トンネルの入口から 10 m の場所の照度を 1,000 lx としトンネルの入口から 150 m の間で 50 lx となるよう照度を漸減する。

(2) トンネルの出口道路の照明設備

トンネルの出口から約 150 m の間の道路には、柱灯式によって平均照度 20 lx から 10 lx に漸減して照明設備をする。

(3) トンネル入口付近の輝度

トンネル入口付近の面壁、石積などの輝度は、15,000 rlx 以下に保持することが望ましい。したがって太陽の直射を受ける場所では、その面壁、石積などの表面反射率は 15% 以下に保持する必要がある。

図 2.1 は名神高速道路トンネルの標準断面略図である。

2.6 まぶしきの防止

まぶしきを防止するために、灯具は適当の構造としなければならない。

らない。高輝度の光源を使用する柱灯用器具では、最大光度が鉛直角 80° 以上ある場合には拡散体または反射体を利用してまぶしさを防ぐ構造としなければならない。

3. 道路およびトンネルの照明

3.1 道路の照度

照度を測る場合路面上で測るのが最も合理的のようであるが、実際には照度計の構造などから路面での測定は困難である。したがって照度計の厚さによって路面上何 cm かの測定をするのであるが、15~10 cm ぐらいではさして大きい変化も生じないので種々の構造の照度計が実際に使用できるよう、路面上 15 cm 以下の所で測定するというあいまいな表現が用いられているわけである。

また照度の平均を求める場合、実際には 1 m 間隔ぐらいの直線でマスを作り縦横とも 1~2 m ごとかの測定を行なって、その算術平均をとって平均照度とするのでその実際を注として加えてあるのである。

路面の平均照度をいくらに規定したらよいかということについては、種々の要素を組み合わせ考慮しなければならない。その要素の中で最も大きい制約力を持つのは経費である。すなわち、照明設備の建設費と維持費とは高速道路においても相当多額になるので照度も必要最小限度にとどめたい。

表 3.1 によれば、100 km/h で走行する自動車の制動距離は約 100 m であるから少なくとも 100 m 以上前方の障害物が見えなくてはならない。

名神高速道路での前照灯による夜間走行試験の結果では、路面上におかれた 15 cm 角の灰色 タコ 形障害を前照灯で照らしたときの確認距離は 100 km/h の速度のとき平均 100 m となった。よって、日本道路公団では一般に、一方向通行の高速道路で夜間の走行は、前照灯だけでも、一応さしつかえないという結論を出して、インターチェンジ その他の特別の場所以外には、道路照明設備をしないことの理由にしているが、しかし、これは少し早計といわなければならない。

第 1 に前照灯は 2 灯式組立形前照灯では約 65,000 cd が得られ、おおむね 100 m 前方の路面を照射して、その点の法線照度は、3~10 lx 程度ということで数値に相当の開きがあるうえに、その取付方法、積荷の量などによってもその効果が異なるというのであるから、きわめて不確定な要素を含んでいる。

第 2 には 100 km/h という数字は、はっきりしているが、障害物の確認距離が平均 100 m ということは、1 人の試験者が、何回も行なった試験の平均、また数人の人の平均であるから、試験者の視力が自動車免許の視力の条件である 0.7 (視力標 200 lx の明るさで) の人たちばかりであったとしても試験中には 100 m が 120 になったり、90 になったりしているのである。その上、視力 1.2、1.0

表 3.1 自動車の速度、制動距離、視距などの関係

設計速度 (km/h)	走行速度 (km/h)	制動距離 (m)	必要可視距離 (m)	安全停止距離 (m)
50	47	24.5	25	50
60	55	35.2	35	60
70	63	48.6	50	70
80	70	61.5	65	110
100	86	98.0	100	160
120	100	136.3	140	210

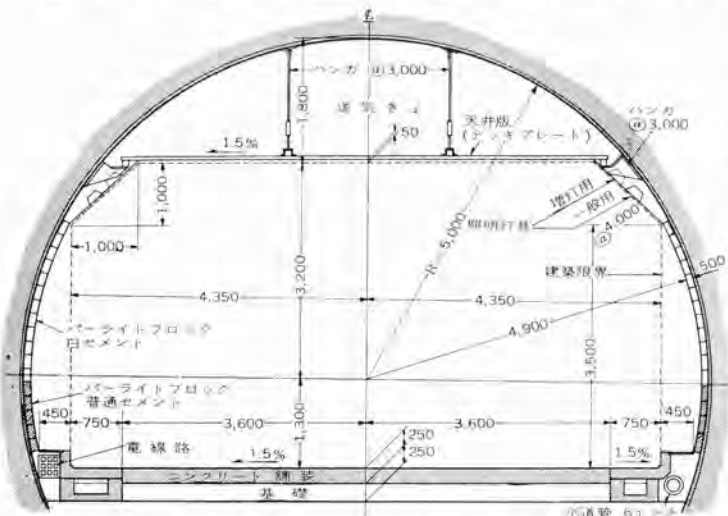


図 2.1 名神高速道路トンネル標準断面略図  $S=1/40$   
Fig. 2.1 Standard cross section of Meishin High Way Tunnel.



の人も交っているんで、この確認距離 100 m という数字は、はなはだ頼りない数字といわなければならない。

特別な場所以外の一般高速道路で、照明設備をしないでもよいという結論は出せないで、これは、ただ経費の問題からしたくても今日ではできないというだけであろう。欧米各国の例を見ても、都市間の高速道路で、照明設備のないものは多い。

また同じく名神高速道路で行なった試験で 100 km/h で走る乗用車が、前照灯をすれ違い ビーム に切り換えて走行するとき前方の障害物の確認距離は表 3.2 のようである。

表 3.2 光源の種類と障害物確認距離

照 明 の 光 源	平均照度 (lx)	障害物確認距離 (m)	
		灰色タコ形障害物	黒色故障乗用車
水銀灯による照明	13.3	95	183
ケイ光水銀灯による照明	12.5	109	190
ケイ光灯による照明	14.5	125	—
ナトリウム灯による照明	21.2	125	—

この試験結果から見ると、前照灯の ビーム を下向に切り換えるような場所、いい換えれば、往復交通の相当にひんばんな場所、たとえば、インターチェンジ などにおいては道路の照度は少なくとも 20 lx は必要であることがうかがわれる。実際には 100 km/h で走る自動車には、どこでも 20 lx は少なくともいるのであるが前照灯を正常な ビーム で使用できるときには、その補いも合わせて、10 lx でもよいというのがこの照度基準試案である。

しかし、上述のように、この結論を引き出すまでの道程においては、多くの不確定の要素、なお検討を要する要素を多く含んでいるので、これらのことがらは将来大いに研究されなければならない。さらにまた照度というものは相当に高い照度まで高かければ高いほど物は見やすいのであり自動車の性能と、スピードに関連するほか、交通のひん度にも深い関係のあるものであるから、必ずや近い将来において、改定されなければならないことは、必然と考えられる。

外国の諸例を見ると、ただ交通のひん度によってのみその照度基準が決められていて、とくに速度について規定されたものはないようであるが、参考までに次に掲げておく。(表 3.3 参照)アメリカでは、最近終了する予定で道路照明基準が検討されているが、その原案を見ると High Way という項目が作られている。

表 3.3 交通量の多い道路に対する各国の照明基準抄

フランス

道 路 の 区 分	照 度 (lx)		均 斉 度 最小照度/平均照度
	道路面明	道路面暗	
交通量をわめて大きい道路	15	30	0.3 ~ 0.5
交通量の多い道路	8	15	0.25 ~ 0.35

スウェーデン 三国

道路の区分	最小照度 (lx)	均 斉 度 最小照度/平均照度	平均照度 (lx)
交通量をわめて多い道路	2	1 : 4	8 ~ 16
交通量多い道路	1.5	1 : 4	6 ~ 12

ドイツ

道 路 の 種 類	路面の平均照度 (lx)		均 斉 度	
	道路面明	道路面暗	最小照度/ 平均照度	最小照度/ 平均照度
1 時間、1 方向に 1,000 台の自動車を通る主要道路	8	16	1 : 3	1 : 6
1 時間、1 方向に 500 台の自動車を通る道路	6	12	1 : 3	1 : 6

フランスおよびドイツの道路照明とは、路面の反射率 20 ~ 30%

道路面暗とは、路面の反射率 5 ~ 15%

道路の路面反射率は、実際に用いられている材料についてみると次のようである。

表 3.4 道路面の拡散反射率 (%)

コンクリート	20 ~ 30
コンクリート (5% 含水)	10 ~ 20
アスファルト (暗い骨材混入)	5 ~ 10
アスファルト (明るい骨材混入)	20 ~ 30
石 カコウ割	20 ~ 30
玄武岩	5 ~ 15
土	10 ~ 20

### 3.2 照度の均斉度

照度はできるだけ均斉であって、明暗の差の少ないほどよいことはいままでもない。しかし明暗の差がどれほど以上あってはならないなどという基準は、今日まで制定されていない。明暗のコントラスト が 1 : 10 以上はよくないなどといわれているが、これとても納得できる理由が説明されているわけではない。

結局今日の光源を用いて作られる灯具の配光の問題と、光源の高さ、間隔などから考えられる経済的の許容範囲内で自動車運転上さほど悪影響がないというのがここに決められた数値である。

自動車で行走している場合、明暗の差がさほど強くなくても明るさと暗さが目に次々と交互に映じて チラツキ を感ずることがあると、これは運転の邪魔になる。蒲山博士の研究によれば、そのチラツキ が 10 回/秒の辺りで最も目に強く感ずるそうである。100 km/h の車が 10 回/秒の チラツキ を見るのは、灯間隔約 2.8 m であるから、一般高速道路の場合には問題にならない。ただトンネル内の照明設備の場合考慮しなければならないことが生ずる。

この基準試案で均斉度を前記のように定めたのは、外国の基準例を参照しつつ実際に作られている灯具の配光を考えた一つの案にすぎない。これで実際に、満足できるかあるいはこの数値がきびしすぎるかは実施される実例によって実験するほかはない。

均斉度のとり方をこの案のように

最小照度/平均照度、最小照度/最大照度ととる代わりに

最小照度/平均照度、平均照度/最大照度ととったほうがよいという議論もあるが、ここでは前者をとっている。

### 3.3 照明設備

道路照明用として考えられる光源には、白熱電灯、ケイ光灯、水銀灯、ナトリウム 灯などがあり、その施設の仕方としては柱の上に取り付ける法、橋の欄干または道路に側壁がある場合などには高さ 1 ~ 1.3 m くらいの高さに取り付ける法などがあって、実際には、光源とそれぞれの組み合わせによってずいぶん多種類の施設の方法が考えられるわけである。

しかしここでは原則として光源は水銀灯として設備は柱の上に取り付けることにしてある。光源の中で白熱電灯は光の能率の上から既存のものも水銀灯に置き換えられる傾向にあり、また道路設備の上から灯具の取り付けは、柱灯式が最も簡単であり建設費の上からも経済的である。柱灯式を採用する場合には、ケイ光灯は灯具が水銀灯のものよりもはるかに大きくなり、風圧に対する強度など考えると、水銀灯灯具のほうが経済的であって保守も容易である。

ナトリウム 灯は光色の関係から広く用いることに議論がある。トンネル 照明設備の検討の場合種々試験の結果トンネル 内には後述のようにこれを採用することにしてあるが、一般高速道路の場合には、

水銀灯がとられた。これは、まだナトリウム灯を使い慣れないためもあるし、ナトリウム灯の単色光に対する一般のなじみの少ないためでもある。この基準案では、トンネル以外では原則として水銀灯を用いるが、ナトリウム灯が一概に退けられる理由も別ない。将来その特長を生かして一般高速道路に対してもその使用について検討する必要があるであろう。またケイ光灯も水銀灯より不適当と決める理由も薄い。施設の場所場合によって比較検討は必要である。高速道路では、とくにわが国においては、山や谷が多いためにトンネルとともに橋りょうが非常に多いのであるが、道路の構造も走っている自動車からは、一般道路と区別がつかないので、照明設備としてはとくに橋りょう照明設備として取り出して考えず、一般高速道路と同様に取り扱う。

ただインターチェンジの場所では、道路が幾層にも重なり合う個所ができて、柱灯式の設備では、処理できない場合がある。さような場合には、重なった道路の下面、下側道路の天井を利用するとかあるいは、欄干照明設備を応用するか水銀灯ケイ光灯を適当に環境に適したように使用することが望しい。

灯柱は高いほどよく、また灯具は道路の上にあるだけつき出すことが望しい。それはグレアを避けるためと、照明効率を高め均斉度をよくするためである。しかしこれらのことは設計上の問題で経済的の見地からも高さ、間隔などをいかほどに定めるかは場合場合によって十分の検討が必要である。ここに灯柱の高さ、間隔などを制定してあるのも、これを強制しようというわけではなく、むしろ今日作られている光源と、灯具とを用いて灯柱の高さ間隔をこれくらいにとれば所用の照度も得られ、均斉度も制限内におさまる、また最も経済的であると考えられる、というほどの意味を持つものである。

ただ灯柱があまり低いと、グレアの点からも不都合であり、それでよい均斉度を得るためには、灯間隔も狭くなって外観上もよろしくないという結果になるので、灯の高さは、ここに現わされている数値以上が望ましい。

灯柱の配置もまた一つの例示と見られてもよい。長距離の道路の場合には種々の地形があるのであるから、その場所場所によって考慮されるべきである。しかし、高速道路の性質上、他の自動車の走行に支障をきたすことを極端にきらい関係から中央の分離帯に灯柱を配置することは、特別に考慮が払われている場合のほかは保守の点から望ましくない。

### 3.4 トンネル内の照明

トンネル内は外部と温度、湿度の差が大きいことが多く外部の地域では快晴のときでも内部に霧の立ちこめることもあり、また無風状態になって自動車の排気が内部に立ちこめて見通しの著しくきかなくなることも多い。そのうえに両側天井とともに、外部に比べれば非常に窮屈な感じがして、自動車の運転者に不安を起こさせるものであるから、照明設備についても特別の注意が必要である。

煙および霧またはその混合したものは、見通しを妨げるばかりでなく、これに光が当たる場合には光幕を生じて視力をひどく害する結果を起こす。これら明視を妨げる諸要素を考え合わせる時には、かりに煙霧の100mの透過率が50%としても、トンネル内の照度は安全運転のためには外部の2倍以上は必要なのであってこの基準案では50lxとした。なお実験によって30~100lxの範囲においては光幕が明視にさほど著しい影響を与えないことが確かめられている。トンネルによっては煙霧による透過率が30%以

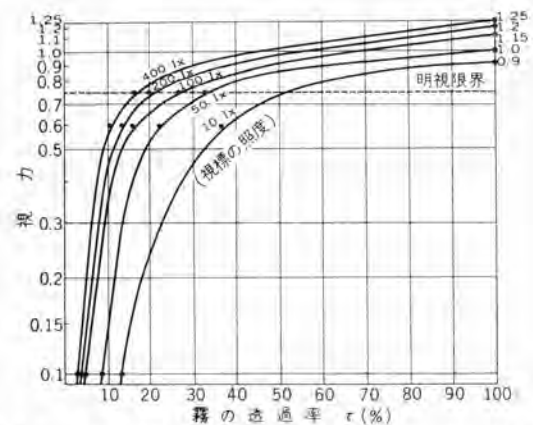


図 3.1 視標の照度を 10 lx から 400 lx まで変化させたときの霧の透過率 $\tau$ と視力との関係(霧に照明のない場合)  
Fig. 3.1 Relation between transmission factor of fog and visual power when standard illumination is changed from 10 to 400 lx.

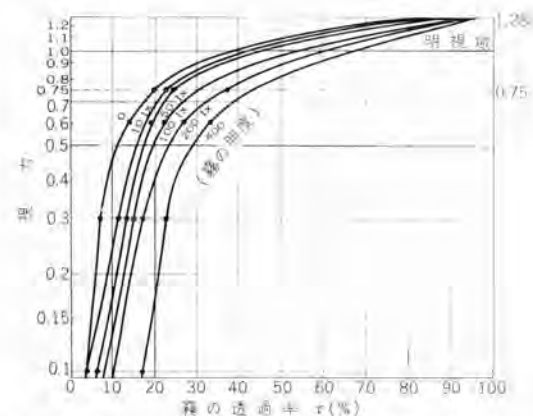


図 3.2 視標の照度 200 lx とし霧に 100 lx から 400 lx までの照明を与え、光幕を起こさせたときの霧の透過率と視力との関係(光の投射方向 90°)  
Fig. 3.2 Relation between transmission factor of fog and visual power when standard illumination is made 200 lx and fog is given 100~400 lx illumination to produce light curtains.

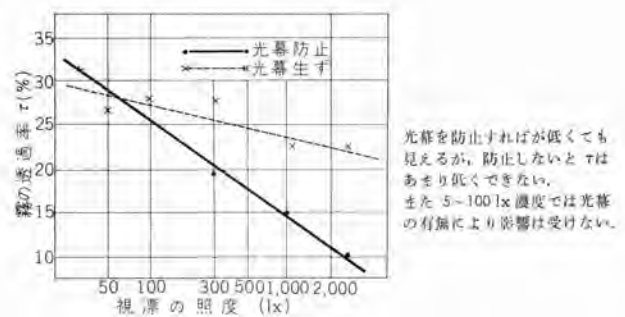


図 3.3 光幕の有無と視力を 0.75 に低下される霧の透過率  
Fig. 3.3 Existence of light curtain vs transmission factor of fog reducing visual power to 0.75.

下によることも珍しくないということであるから、さような場合には換気によって煙霧をトンネル外に出すような方法を講じなければならない。しかし照明設備とその経常費に比べて、換気装置の建設、運転費は非常に高価なのでその間の関連をいかにするかは重要な問題であって現在模型試験あるいは、現場試験によって検討中である。

トンネル照明の光源としては、ケイ光灯、水銀灯、ナトリウム灯などが考えられる。これらの光源は物の見え方、演色性、煙霧の透過力などからみると、それぞれ一長一短を持っている。すなわち見え



方のよいもの、顔色性のよいもの、煙霧の透過率の高いものなどは、必ずしも一つの光源が兼ねそなえず実験室における霧箱または模型試験においては、次のような結論を得ている。

試験は数名の試験員によって次の光源について行なわれた。

- 40 W 白色 ケイ 光灯 (FL-40 W)
- 40 W 温白色 ケイ 光灯 (FL-40 W WA)
- 40 W 緑色 ケイ 光灯 (FL-40 G)
- 140 W ナトリウム 灯 (NAL-140)
- 400 W 水銀 灯 (H-400)
- 400 W ケイ 光水銀 灯 (HF-400)
- 400 W 黄色 ケイ 光水銀 灯 (HF-400 Y)
- 110 W 高出力 ケイ 光灯 (FLR-110HW)

その結果次のようなことがいえるようである。

(a) 白黒二線視標および障害物の見え方は

ナトリウム 灯が最もよい

水銀 灯 3 種だけでは HF 400 Y, HF 400, H 400 の順によい。

ケイ 光灯 3 種だけでは FL 40 W WA, FL-40 W FL-40 G の順でよい。

全体としてみる場合

NAL-140 が最もよく

HF-400Y HF 400, FL-40W WA, H-400 などこれに次ぎ

FL-40 はこれよりも劣り

FL-40G ははなはだよろしくない。

(b) 単に形だけの見分け方については

NAL-140 が最もよく、FL-40WWA, HF 40 Y HF 400 など

がこれに次いでよく、FL-40 G が最も悪い。

(c) 色のつけられたものの色の見分け方からいえばナトリウム 灯

は最も悪いが、信号灯の色を見分けらることに對しては他の灯と

あまり変わらない。

(d) 50~100 lx 程度の明るさでは光幕の影響は大きくない。以上

のような試験結果から見ると、トンネル 照明に ケイ 光灯を用いる

か、水銀 灯にするか、あるいはナトリウム 灯を選ぶかはそのトンネル

のある環境、気象状況、経済性などによって決定されるもので、た

とえば霧が多くまた通風の悪いトンネルでは、経済性を少しくらい

犠牲にしてもナトリウム 灯などを用いるほうがよく、そのような心

配の少ない所では、ケイ 光灯あるいは水銀 灯が用いられるという

ときである。

灯器の取付け方も種々考えられまた光源の種類によってその方

法もおのずから定まる。

トンネル 内部においては光源を低く取り付ける欄干照明方式は不

### 3.5 トンネルの緩和照明

昼間、外部からトンネルに走入する場合 またトンネルから出る場合に、路上の障害物その他を明視するためには明るさの急激な変化に對して目の調応に相当時間を要する。実験によるとトンネル内の照度を 50 lx とした場合トンネル 入口の明るさ数千 lx から 50 lx に明るさの減ずる場合には、約 6~7 秒の調応時間を要するが、50 lx のトンネル 内から外部の非常に明るい場所に出る場合の調応はほとんど瞬間にできる。

したがってトンネルの入口には、自然光による明るさのほかに照度を一定区間増すために増灯設備をする必要があり、これを緩和照明といっている。トンネルに走入するときの自動車の速度を 20 m/sec すなわち 72 km/h とすれば、トンネルの入口から 120~150 m のぐらいの間が緩和照明の必要な区間である。この間の明るさの変化については、蒲山博士の研究があつて、図 3.4 のようなカーブが得られている。これと自然光の影響とを考慮して、緩和照明はトンネル 入口から、10 m 付近を最高の明るさ約 1,000 lx とし漸次 120~150 m の間で 50 lx の基準の明るさになるよう施設することが推奨される。

このような方法に代わって、トンネルの入口までの外部で日光を適当な方法でシャ 光して明るさを加減することも考えられ、また実際に施設された例もある。すなわちトンネル 入口外にコンクリート、あるいは鉄鋼構造によるルーパを設けて、これによって緩和照明に代わる効果を得る方法またはその施設区間を縮めてトンネル入口からの緩和照明と合わせて、その効果を得る方法、または入口から外部に向つて両側の壁を次第に低くする方法などがある。トンネ

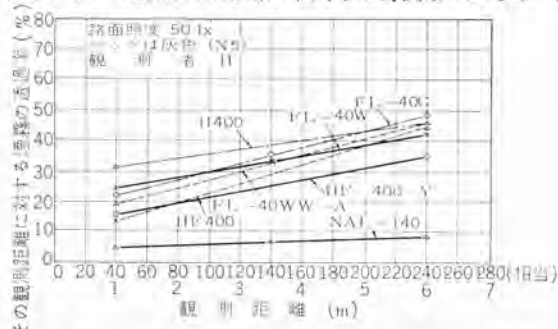


図 3.4 トンネル内に煙霧のある場合に諸種の光源によって照明したときの自動車の見え方 (1/25 の模型実験)

Fig. 3.4 How motor cars look when illuminated with various light sources in a smoky, foggy tunnel.

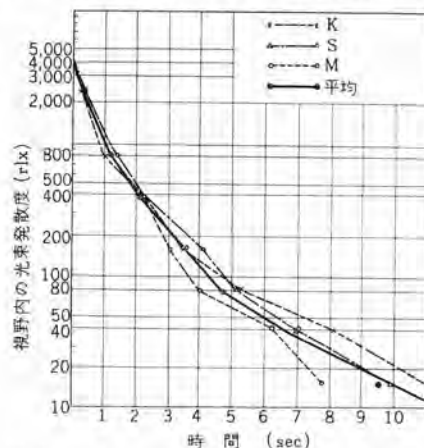


図 3.5 目の明暗に対する順応の時間の関係 (視力を 0.75~1.00 の範囲にとりながら照度を低下させた場合の実験)

Fig. 3.5 Relation between response of eye to the brightness and darkness and time.

ル外に特別の構造物を設けることは、増灯分の維持費は節約できるが、建設費の償却など全体としての経費はよく検討する必要がある。

トンネルの出口外および入口外には夜間のために 100~120 m くらいの区間、灯柱式あるいはその他の適当な方法による照明設備のあるほうが好ましく、出入口いずれも 20 lx から遠ざかるに従って 10 lx に緩和する。

### 3.6 トンネルの入口面壁の明るさとトンネル内の物の見え方

トンネルに自動車が入る場合、昼間その入口は緩和照明を施さなければならないことは前述のとおりであるが、トンネル入口の面壁があまりに明るい場合には、トンネル内の物の見え方は著しく阻害される。明暗の強いコントラストによる一種のグレアの現象である。したがって照明効果のみからいえば、トンネルの面壁は反射率 0 の面であるのが望ましい。しかし実際には外観の点、保守維持の点などから黒色にすることは、必ずしも適当とはいえない。よって実際的にどれくらいの明るさまで許されるか、またわが国においてトンネル面壁が日光の直射を受ける場所などにおいて、面壁の反射率をいくらに保持すべきかを決定する必要がある、一連の調査研究と試験とが行なわれた。

すなわち

- (1) 実験室内においての基礎的な研究
- (2) 1/25 の大きさの模型による実験測定を行ない総合的に次のような結論を得た。

トンネル内の照度 50 lx とし、入口から緩和照明を施設してその

照度が入口から 10 m の所で 1,000 lx、120~150 m の間で漸次 50 lx に近づけるような照明設備の場合、トンネル入口の面壁が 15,000 lx 以上になる場合には、障害物の見え方は、著しく悪くなる。したがって以上のような照明施設を基準とするトンネル入口の面壁は反射率 15% 以下の材料を使用するか、同じ反射率の塗料によって常時保持しなければならない。これは太陽がトンネル面壁に直射する場合の照度は、100,000 lx と想定しての結論である。

したがってトンネル内の平均照度および緩和照明の照度が上の基準よりも高い場合、またはトンネル面壁がいかなる季節、いかなる時刻にも太陽の直射を受けることのない場合、たとえば北面に入口のあるトンネルなどの場合には、上述の数値がおのずから異なってくることはもちろんである。

この結論を得るために実験室においてはランドルト視環による実験を繰り返し、また模型試験では実物の 1/25 のトンネルを作って、諸測定を行なった。

その間蒲山博士は博士独特の明視率という考え方をとり入れ、明視率 0.75 以上の場合には運転が安定快適であり、0.5~0.75 の場合は注意を要し、0.5 以下では危険で不快であるという結論を得られた。

これを図示してみると図 3.6 のようである。

蒲山博士の明視率の理論については、高速道路調査会への同会道路施設小委員会道路照明分科会の報告（照学誌 47 昭和 38 年 5 月号にも掲載）に詳しい。

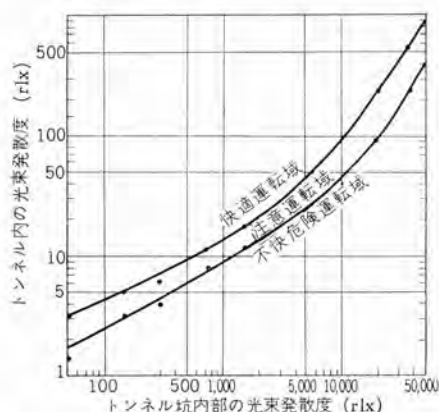


図 3.6 快適運転限界曲線

Fig. 3.6 Comfortable operation limit curves.

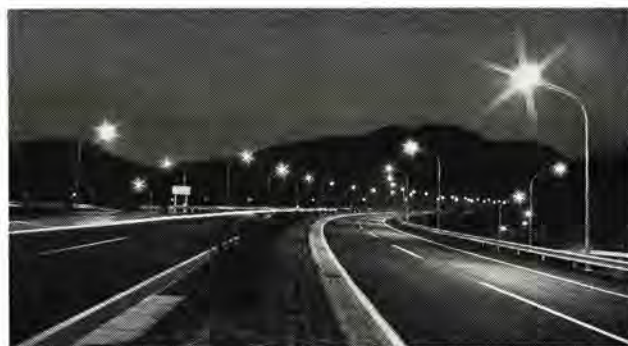


図 3.8 名神高速道路京都東インターチェンジ（ケイ光水銀灯使用）

Fig. 3.8 Meishin High Way Kyoto East Interchange fluorescent mercury lights in use.



図 3.7 名神高速道路 尼崎 インターチェンジ（ケイ光水銀灯使用）

Fig. 3.7 Meishin High Way Amagasaki Interchange fluorescent mercury lights in use.



ナトリウム灯使用緩和照明用増灯分も同じ

図 3.9 名神高速道路天王山トンネル入口の緩和照明

Fig. 3.9 Illumination eased at the entrance of Tennozan tunnel of Meishin Highway.



#### 4. 考 察

以上のように最初に掲げた高速自動車道路照明基準の試案は、非常に多くの文献による調査と、基礎的な実験室での研究と模型による試験測定などに資料を得て作製したものであるが、これらの資料による基準が実施されて、実物となった場合、期待したとおりの効果を表わすか否かの判定については、今後に待たなければならない。ことに交通事情は日進月歩であって今日だとうと考えられる照度その他の基準も、おそらく数年を出ずして不十分と考えられるようになるであろう恐れもあり、また一方よい照明の実例ができて、それによる交通の安全と快適な輸送ができることになれば、経済的にも現今よりもっとこの方面に多額の費用を用いるべきであるという空気もかもし出されることであろうから、基準の基礎となった経済計算もおおのずから異なってきた、基準のレベルがさらに高められることと思われる。また実施にあたってこの基準の欠点も発見されることもあるし、改定を必要とすることもありうる。私はこの基準がしばらくはやはり一つの試案として検討されることを望むのである。

しかしながらこの基準は従来の一般道路の照明基準に比べればはるかに高いものであり、また高速自動車専用の道路という意味では、まったく新しい基準であって、諸外国にもまだその例の少ない一つの基準であると思う。

最近、日本道路公団の建設にかかる名神高速道路で昭和 38 年 7 月 15 日から一部開通した滋賀県栗東——兵庫県尼崎間、および首都高速道路公団の建設にかかる首都高速道路 1 号線の一部で昭和 37 年 12 月 19 日から開通した、芝浦——新橋間の道路には、この基準によって設計、実施された照明設備が用いられている。

ただ残念なことは、開通使用をあまりにも急いだために是非実施したいと考えていた効果の測定その他の試験などが十分にできなかったことである。しかし私には、現情においてはだいたいにおいて満足すべき設備であると考えられる。

#### 5. 今後の問題点

- (1) 光源について
- (2) 灯具について
- (3) 灯柱について
- (4) 配電方式と、その施設について
- (5) 常時の保守について

などのことがらが検討を継続しなければならないことであると思われる。また今後は実際に施設した設備に対してはその効果の十分な測定、また将来の資料としての諸試験が行なわれることを希望してやまない。上述 2 高速道路の設計にあたっては、照度の減少率を 2~2.5 くらいで設計されているので、初めは非常に明るく、計画の 2~2.5 倍もあるが、これがどんな風に減光して行くかなどもぜひ知りたいものである。

#### 6. む す び

この小文は、日本道路公団、首都高速道路公団の委嘱による一連の調査研究の報告によったものであって、この中で述べられてある意見などは私個人の私見であることをお断りしておく。なお資料は特別のもののほかすべて同報告によるものであるが、また同報告書は今日までに照明学会雑誌にも次のように掲載されている。

(a) 名神高速道路の インターチェンジ、サービスエリア、および バスストップの照明試験研究。

その一 照学誌 45 昭和 36 年 9 月号

その二 同上

(b) 高速道路 トンネル の照明に関する試験研究

照学誌 44 昭和 35 年 1 月号

(c) 名神高速道路 トンネル 有色照明試験研究

照学誌 44 昭和 35 年 12 月号

(d) トンネル 坑口付近の明るさと トンネル 内の見え方に関する試験研究

照学誌 47 昭和 38 年 5 月号

# 電気ルミネセンスランプ—その特性と応用—

竹田 俊幸\*・井上 五郎\*\*・岩谷 寛二\*\*  
井手平三郎\*\*\*

## Electro Luminescence Lamps—Their Characteristics and Applications—

Research Laboratory  
Ofuna Works

Toshiyuki TAKEDA・Gorō INOUE・Kanji IWATANI  
Heizaburō IDE

Although the EL panels have made a considerable stride since their brilliant arrival on the scene as a dream light, their path is still rocky to reach the goal of a practical lighting source for general use because of the low brightness and poor efficiency. Nevertheless, even in the present state of EL panels not a few applications are found promising in a particular field. Of several types Mitsubishi has developed the ceramic type EL panels which are finding their way in the field as they are characteristics, operating principle and applications of the EL panel are accounted in this paper.

### 1. ま え が き

電場発光板 (EL 板) が、夢の光源としてのよ望をになって登場して以来、かなりの時日を経過し、その間、多数の人々によって研究が続けられているが、いまだ夢の光源の域を出ず、現実の光源として一般照明の分野に取り入れられるにはまだほど遠い。しかし初期のものから考えればかなりの改良進歩が見られ、現状の EL 板でも種々の応用面が考えられる。

現在実用に供せられている EL 板には、オーガニック形、セラミック形の 2 種類があり、オーガニック形にはリジッド (ガラス) 形とフレキシブル (プラスチック) 形がある。それぞれ一長一短があり、従来概念的にはオーガニック形は明るいのが劣化が早く、セラミック形は劣化は少ないが暗いということになっている。われわれも各種の EL 板の開発研究を行ってきたが、従来の概念を破って、明るくて劣化の少ないセラミック形 EL 板の製作に成功した。ここに EL 板の特性ならびにその応用を、当社で開発したセラミック形 EL 板を中心として概説し、EL 板の現状を明らかにしたい。

### 2. 構 造

EL の基本的な構造は、EL ケイ光体を混入した誘電体薄層に厚み方向に電圧をかけるようにしたもので、セラミック形 EL の場合は誘電体結着剤としてホーローガラスが用いられている。そして概念的には鉄ホーローのホーロー層中にケイ光体を混入したものと考えてよく、ただ、EL 発光を高めるための考慮が構造的、材料的に加えられている。図 2.1 に構造を示す。

鉄基板：厚さ 1 mm 前後の鉄板が基板として用いられ EL 板の一つの電極を形成する。その材質は、EL としての発光特性、電気的特性にはほとんど影響を与えないが、ホーローとの密着性、ピンホール防止などの点で、純鉄板ないしは炭素含有量の少ない鉄

板が用いられる。普通の鉄ホーローでは密着強度を増すためにコパルトウ (釉) などの下ユウを施すのであるが、EL では層の厚みを極力薄くして、印加電圧の損失を防止する必要上、下ユウ葉は用いないで直接上ユウ葉を施す。いわゆる 1 回かけホーローと称せられる工程を採用するので、とくに鉄板の材質には注意を要する。

反射層：この層は原理的には必ずしも必要ではないが、ケイ光体層を直接基板上に焼き付けた場合、その焼成中に基板から鉄分が拡散して、ケイ光体と反応し発光強度を弱める結果となるので、これを防止しかつケイ光体層の光を前面に反射する目的をもって白色ホーロー層を形成する。また、この層は EL 板の絶縁耐力の増加にも寄与する。

ケイ光体層：EL ケイ光体と適当なホーローフリットを混ぜて焼成した層である。EL ケイ光体としては現在硫化亜鉛系のものが最もすぐれており、不純物として Cu, Al, Cl, Mn, I などが加えられて発光色に変化を与えている。この層に使用されるフリット材料は、誘電率が大きく (誘電率が大きいほど同一印加電圧に対してケイ光体粒子にかかる電界強度が大になり発光強度が増す)、透明で熔融時ケイ光体と反応しないことが望ましく、またケイ光体が高温にさらされないためには熔融温度のなるべく低いことが必要である。

透明導電膜：鉄基板に対向するもう一つの電極として、ネサ膜として知られている酸化スズの透明薄膜電極がケイ光体層上へ焼き付けられる。そしてその取り出し端子電極として銀などの焼付電極が、発光面の一部に形成される。

保護層：ケイ光体層に使用されるホーロー材料は、前に述べたように種々の条件を要求されるので、材料的にかなり限定を受け必ずしも耐候性はよくない。そこで耐候性をとくに考慮したホーロー層を保護層として設けるが、これは、また透明電極に直接触れないよう、感電防止の意味も含まれている。

以上各層の概念であるが、各層の厚みを合計して 0.2~0.3 mm であり、鉄基板を含めても 1~1.3 mm 程度できわめて薄く、重さは 1 cm<sup>2</sup> あたり約 0.7~0.9 g である。

### 3. 特 性

実用光源として考える場合問題となる特性は光束、輝度、発光効率、寿命、発光色 (発光スペクトル) である。EL 板についてのこ

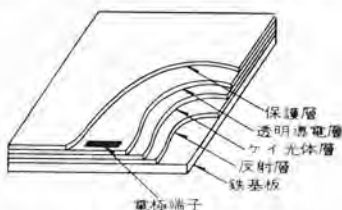


図 2.1 セラミック形 EL 板の構造  
Fig. 2.1 Structure of ceramic type EL panel.



これらの特性を以下に示す。

### 3.1 輝度および発光効率

EL 板の場合明るさの表示として  $\text{rlx}$  (ラドルックス) を用いている。これは光束発散度の単位で、 $1\text{ m}^2$  の発光面から  $1\text{ lm}$  の光の当たる場合が  $1\text{ rlx}$  である。100 V 定格、200 V 定格の緑色 EL 板の輝度特性を図 3.1~3.4 に示す。図 3.1~3.2 は印加電圧と輝度との関係を周波数をパラメータとして示し、図 3.3、3.4 は周波数と輝度の関係を印加電圧をパラメータとして示している。通常 EL 板の印加電圧と輝度との関係は次式で示される。

$$B = B_0 \exp(-CV^{-\frac{1}{2}}) \quad (3.1)$$

ここで  $B$ : 輝度

$B_0, C$ : 定数

$V$ : 印加電圧

式 (3.1) からすれば、 $\log B$  を縦軸に、 $1/\sqrt{V}$  を横軸にとれば直線関係の得られることを示しており、図 3.1、3.2 からセラミック形の場合も大体式 (3.1) で表わされることがわかる。式 (3.1) は、 $V$  が大きくなると輝度  $B$  が次第に飽和してくることを示してい

るが、輝度の電圧依存性をリニアスケールで示すと図 3.5 のようになり  $B \propto V^n$  と近似すると、ある電圧までは  $n > 1$  で、それ以上高い電圧では  $n < 1$  となり電圧依存性が次第に小さくなる。電圧依存性の小さいことは、光源としての一般的用途に対しては望ましいことであって、定格電圧付近での輝度の電圧依存性は大体式 (3.2) で示され、白熱電球より小さく、ケイ光灯よりやや大きい。

$$B = B_0 (V/V_0)^{2.1} \quad (3.2)$$

ここで  $B_0$ : 定格電圧  $V_0$  における輝度

$B$ : 電圧  $V$  における輝度

ただし周波数は商用周波数

従来の EL に対する一般概念から、明るさを増すためだけならば少し無理をしてもできるだけ高い電圧で点灯すればよいと考える。この考えは一応まちがってはいない。しかしこれまで実験室的に任意になされた実験結果と、実用的に設計された EL 板とでは、感じとしてかなりのズレがある。すなわち定格電圧以上に電圧を上げてそれほど明るさ的にも得にならない。たとえば 100 V 定格のものを 200 V で使用しても、200 V 定格のものを

200 V で使用した場合に比べ、明るさの増加は 30% 程度にしかすぎない (図 3.5)。電圧を上げて使用する場合絶縁破壊という問題があるが、セラミック形の場合は絶縁耐力が大きいのでいまこれを問題にしないとして、印加電圧を増加した場合明るさは増

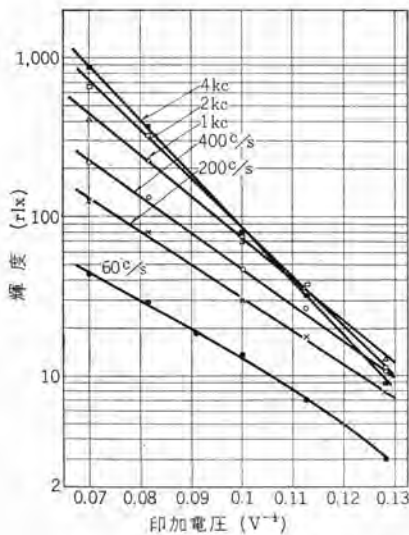


図 3.1 印加電圧と輝度の関係 (グリーン, 100 V 定格)

Fig. 3.1 Brightness vs. applied voltage. (green, 100 V rating)

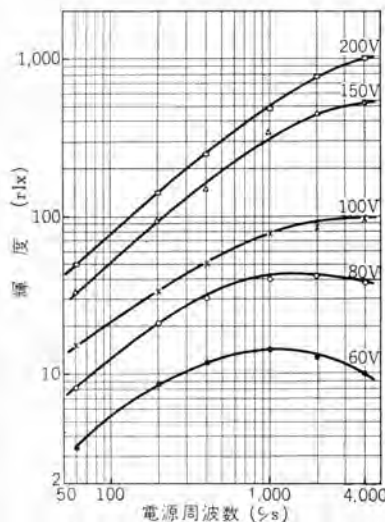


図 3.3 電源周波数と輝度の関係 (グリーン, 100 V 定格)

Fig. 3.3 Brightness vs. power source frequency. (green, 100 V rating)

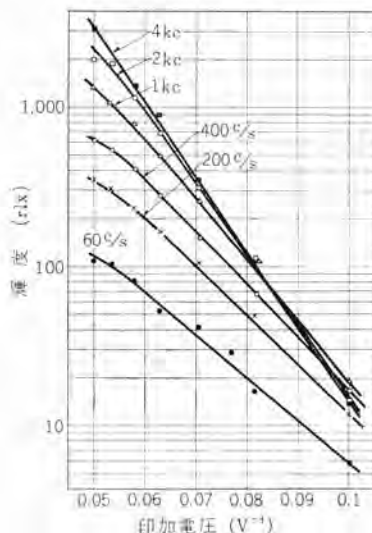


図 3.2 印加電圧と輝度の関係 (グリーン, 200 V 定格)

Fig. 3.2 Brightness vs. applied voltage. (green, 200 V rating)

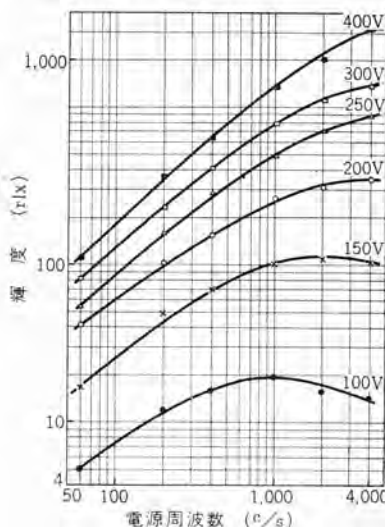


図 3.4 電源周波数と輝度の関係 (グリーン, 200 V 定格)

Fig. 3.4 Brightness vs. power source frequency. (green, 200 V rating)

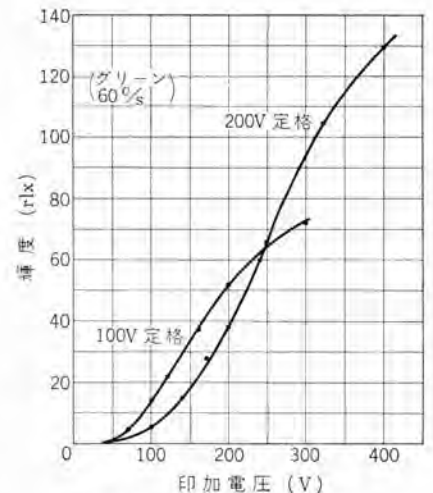


図 3.5 電源電圧と輝度の関係

Fig. 3.5 Brightness vs. applied voltage.

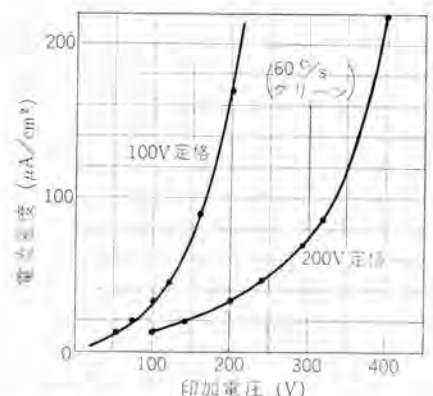


図 3.6 印加電圧と電流密度の関係

Fig. 3.6 Current density vs. applied voltage.

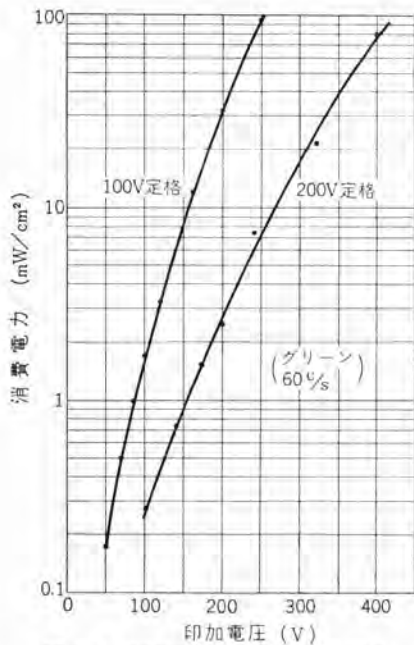


図 3.7 印加電圧と消費電力の関係  
Fig. 3.7 Power consumption vs applied voltage.

すが、電流の増加、消費電力の増加、効率の低下が著しく、劣化も早くなる。この状況を図 3.6, 3.7, 3.8 に示す(劣化については後述)。図からわかるように 100 V 定格のものを 200 V で使用した場合、200 V 定格のものを 200 V で使用した場合に比べ、電流は 5 倍、電力は 13 倍、効率は 1/10 という犠牲を払って明るさの利得はわずか 30% にすぎない。これは実用 EL 板では明るさの電圧依在性がそれほど大きくない部分を定格電圧にとっていることに基因するためである。結論的にいって、使用電圧に応じて設計された EL 板を使用したほうが得策であるということである。

定格電圧付近での電流 ( $I$ )、電力 ( $W$ )、効率 ( $\eta$ ) の電圧依在性を式 (3.2) に準じて表わすと次式のようにになる。

$$\left. \begin{aligned} I &= I_0 (V/V_0)^{1.7} \\ W &= W_0 (V/V_0)^{4.0} \\ \eta &= \eta_0 (V/V_0)^{-1.9} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.2)$$

ただし周波数は商用周波数

周波数による特性の変化は図 3.1~3.4 に示したように明るさは周波数とともに増加し、ある周波数以上になると次第に飽和する。飽和し始める周波数は電界強度の大きいほど高い。周波数と電流、電力、効率の関係を図 3.9~3.11 に示す。

### 3.2 劣化

劣化特性は光源にとって重要な因子である。劣化に最も影響を及ぼす因子は湿度で、EL 板ではなんらかの防湿法を講ずる必要がある。構造で説明した保護層がこの役目をし、ホーローガラスそのものの防湿性のすぐれていることが、セラミック 形の劣化が少ないという特長の原因となっている。図 3.12 に劣化特性の一例を示す。これは普通の室内で 100 V 定格のものを 60 c/s および 400 c/s 電源で点灯した場合のもので、とくに温湿度の制御はしていない。また 200 V 定格の EL 板もほとんど同じ劣化特性を示す。EL に対する寿命の規定はないが、半減寿命(明るさが始めの半分になるまでの点灯時間)で示すことが普通である。

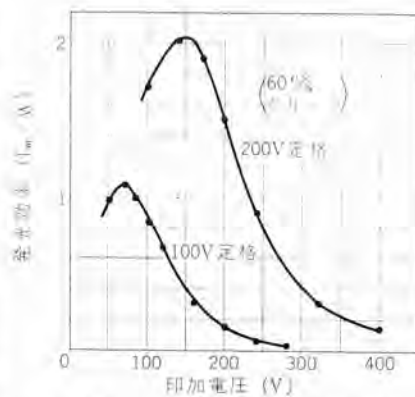


図 3.8 印加電圧と発光効率の関係  
Fig. 3.8 Luminous efficiency vs applied voltage.

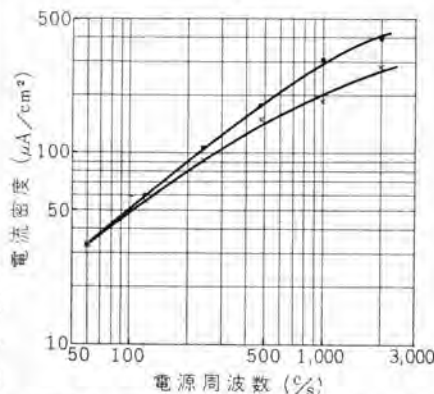


図 3.9 電源周波数と電流密度との関係  
Fig. 3.9 Current density vs power source frequency.

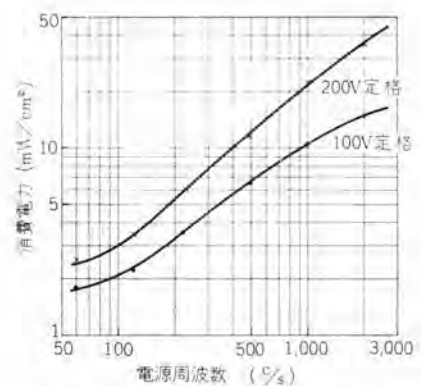


図 3.10 電源周波数と消費電力の関係  
Fig. 3.10 Power consumption vs source frequency.

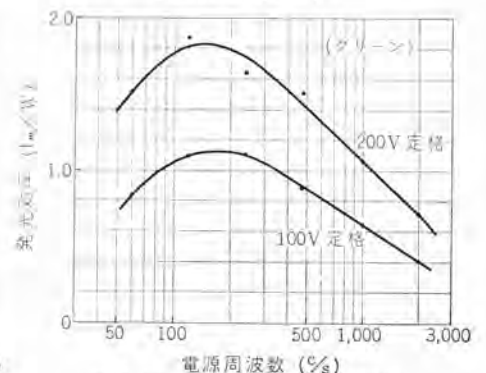


図 3.11 周波数と効率との関係  
Fig. 3.11 Luminous efficiency vs power source frequency.

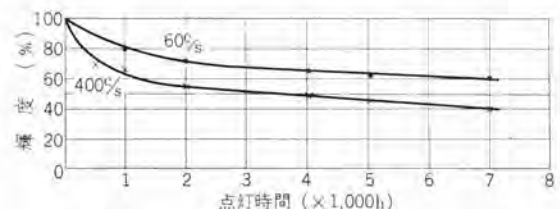


図 3.12 働程特性(グリーン、100 V 定格)  
Fig. 3.12 Lumen maintenance characteristics (green, 100 V rating)

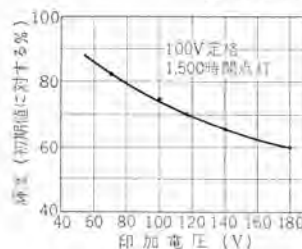


図 3.13 印加電圧と劣化の関係  
Fig. 3.13 Effect of applied voltage on deterioration (after 1,500 h operation).

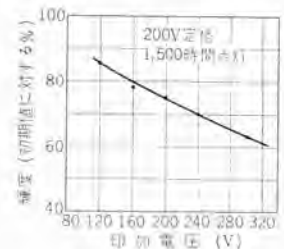


図 3.14 印加電圧と劣化の関係  
Fig. 3.14 Effect of applied voltage on deterioration (after 1,500 h operation).

図 3.12 でもわかるように電源周波数によっても劣化特性は異なり、周波数が高くなるほど大体周波数に比例して劣化が早くなる。このことはあるパーセントまで劣化するまでの時間が大体周波数に比例することを意味し、図 3.13 でも大体そうになっている。また劣化特性は印加電圧によっても異なり、印加電圧を増すにつれて劣化も早くなる。ただし、このことは定格電圧の高い EL 板のほうが劣化が早いということではない。100 V 定格および 200 V 定格の EL 板について、電源電圧を変えて点灯したときの 1,500 時



表 3.1 グリーン EL 板の諸特性

定格電圧 (V)	周波数 (c/s)	輝度 (rlx)	電流 ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	電力 ( $\text{mW}/\text{cm}^2$ )	耐圧 (V)	半減寿命 (h)
100	60	15	33	1.8	200 以上	5,000 以上
"	400	55	160	5.6	"	3,000 以上
200	60	35	33	2.5	400 以上	5,000 以上
"	400	140	170	9.7	"	3,000 以上

表 3.2 各色 EL 板の輝度と寿命

発光色	輝度 (rlx)		半減寿命 (h)
	100 V 60 c/s	200 V 60 c/s	
バイオレット	2.0	5.5	500
ブルー	5.0	14.0	1,500
オレンジ	2.5	5.8	5,000 以上
ピンク	3.0	7.0	4,000
ホワイト	6.0	14.0	4,000
レッド	5.0	13.0	5,000 以上

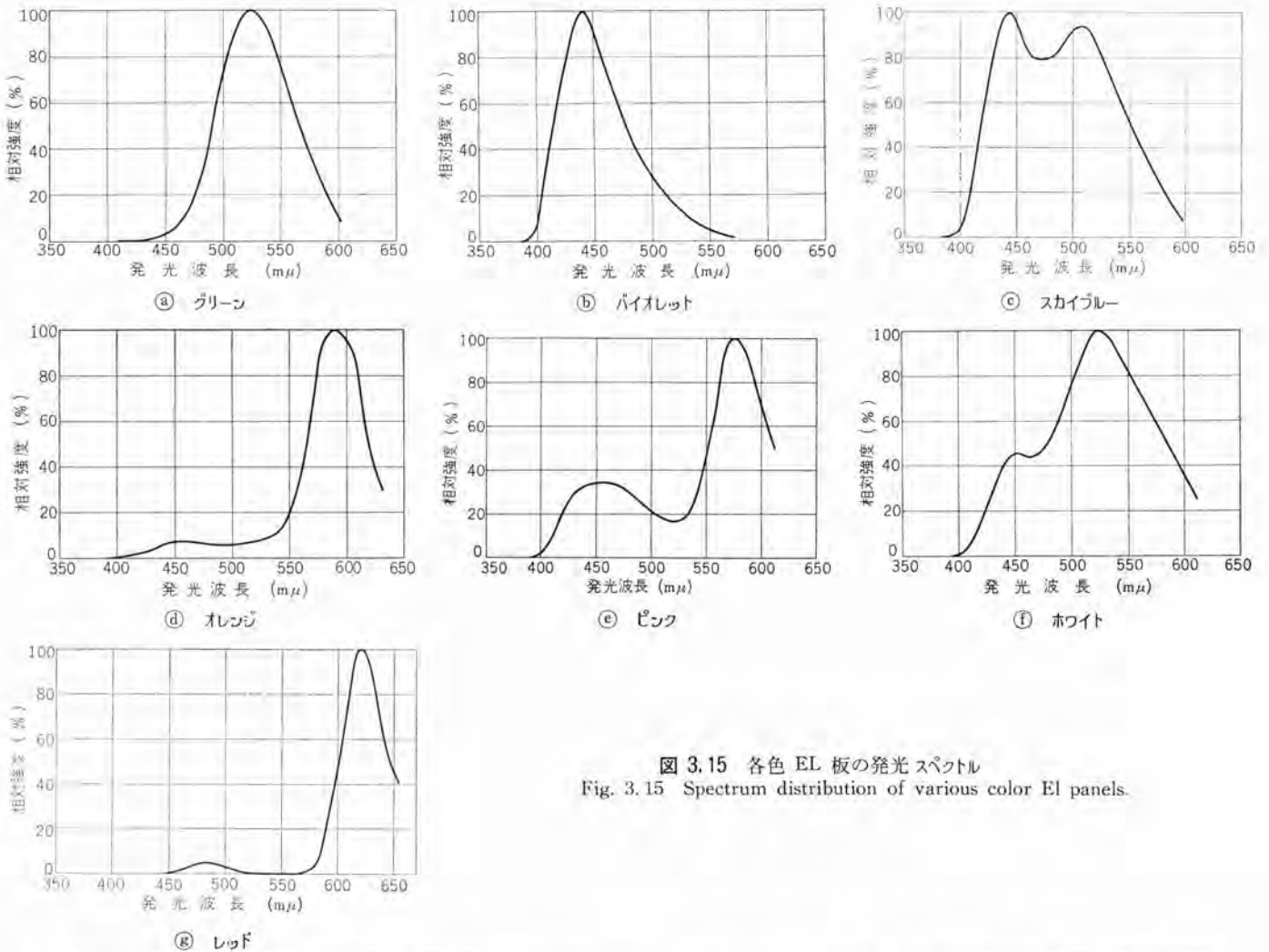


図 3.15 各色 EL 板の発光スペクトル  
Fig. 3.15 Spectrum distribution of various color EL panels.

間における劣化と電源電圧との関係を 図 3.13, 3.14 に示す。

以上、グリーン EL 板について諸特性を示したが、定格電圧における特性を表にまとめると表 3.1 のようになる。各層の厚みとくにケイ光体層の厚みはきわめて薄く、製作上厚みのバラツキを伴うが、厚みのバラツキの何乗かに比例した特性のバラツキとなって現われる。したがって、表 3.1 に示した値も実際と輝度、電流、電力について  $\pm 20\%$  程度のバラツキがある。

### 3.3 発光色

上記の特性はすべてグリーン EL 板について示したが、グリーンのほかにバイオレット、ブルー、オレンジ、ピンク、ホワイト、レッドがある。グリーン、バイオレット、ブルー、オレンジはそれぞれ単一のケイ光体を使用しているがピンク、ホワイトは 2~3 種のケイ光体を混合しており、ケイ光体により劣化特性が異なるので点灯時間とともに発光色が変化する欠点がある。またレッドについてはケイ光体のすぐれたものがまだ得られていないので、グリーン EL 板上に有機ケイ光体の被膜を塗布し、EL 発光を赤色光に変換する方法をとっている。図 3.15 に各色 EL 板の発光スペクトルを示す。電気的特性は発光色によってそれほど大きな差はないが、輝度ならびに劣化

特性はかなり異なる。表 3.2 に各色 EL 板の輝度および半減寿命の概略値を示す。

### 3.4 温度特性

セラミック形 EL はホーローガラスを使用しているから、数  $100^\circ\text{C}$  の高温まで使用できる。温度変化に伴う特性変化を 図 3.16, 3.

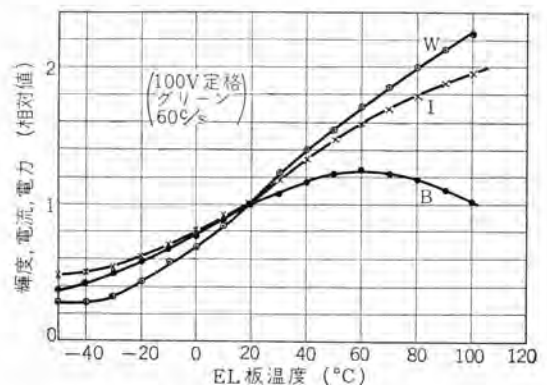


図 3.16 温度特性  
Fig. 3.16 Temperature characteristic.

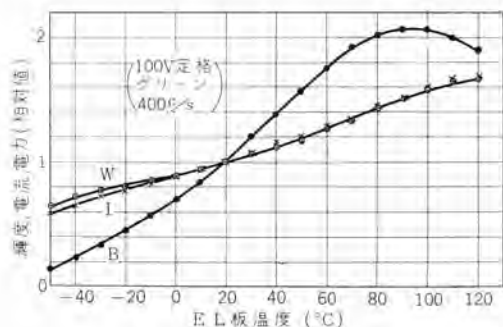


図 3.17 温度特性  
Fig. 3.17 Temperature characteristic.

17 に示す。同図には 20°C における値を 1 とした相対値で示してある。

#### 4. EL 板の応用

光導電体、強誘電体、圧電体などと組み合わせた応用、たとえば、光増幅器、光電子スイッチ、テレビ画像灯などの応用も考えられているが、ここでは照明的な応用、それも未来像としてでなく現実に用いる用途を対象として述べる。今まで記したところからわかるように、明るさ、あるいは発光効率の点から一般照明用光源としてはまだまだ用いることはできない。おおざっぱにいうと、現在の EL 板の用途は比較的暗所における表示と特殊照明用である。そして面自体が一様に光ること、薄いこと、機械的強度の大きいこと、消費電力の少ないこと（発光効率が悪いのに消費電力が少ないというのはおかしいが、従来表示用や特殊照明用に使用されている光源は、暗い光源がないために必要以上に明るく状態で使用されているか、効率をかなり犠牲にした使い方をしている場合が多いので、これらの用途に EL 板を使用すれば、結果的には使用電力が少なくなる）などの特性を利用したものが EL の主たる用途ということになる。一例を示すと次のとおりである。

##### (1) 表示用

計器目盛板（車両、船舶、航空機）、時計文字板、ダイヤル、表札、ルームナンバー板（ホテル）、看板、道路標識、パイロットランプ、エレベータ階数表示灯、スイッチプレート

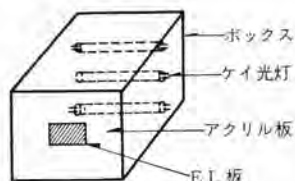


図 4.1 必要輝度の実験装置  
Fig. 4.1 Apparatus of experiments on necessary brightness of EL panel.

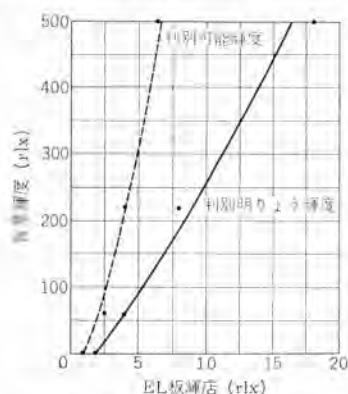


図 4.2 Case 1 に対する必要輝度  
Fig. 4.2 Necessary brightness for Case 1.

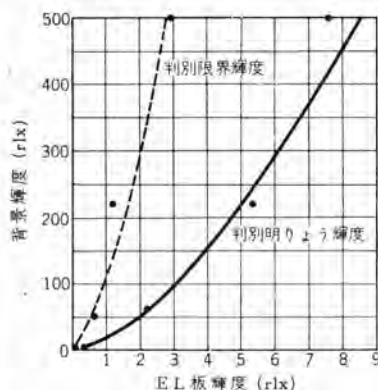


図 4.3 Case 2 に対する必要輝度  
Fig. 4.3 Necessary brightness for Case 2.

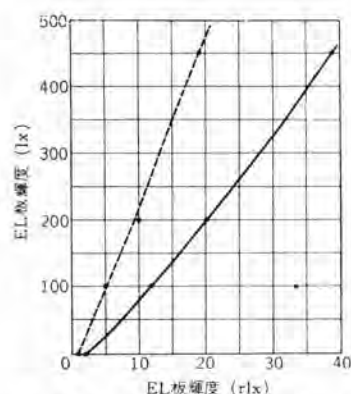


図 4.4 Case 3 に対する必要輝度  
Fig. 4.4 Necessary brightness for Case 3.

##### (2) 特殊照明用

常夜灯、足許灯（階段、廊下）、ムード照明（バー、キャバレーなど）照明用として用いる場合は、EL 板の光がそれぞれの目的に沿うだけの照明効果をもっている必要があることはいまでもないが、この場合は輝度そのものも問題になることもあるがむしろ光束がより問題で、発光面積と関連して必要な輝度が決まる。それに対し表示用の場合は輝度のみが問題になる。この場合どの程度の輝度を必要とするであろうか。表示用といっても次の三つの場合が考えられる。

Case 1: 暗所において、光っていることがわかればよい。たとえばスイッチプレートなど位置表示用

Case 2: 暗所において、EL 板に書かれた文字数字などが読みとれればよい。たとえば表札、計器目盛板など、明るいところでは EL 板が光っていなくても読みとれる。

Case 3: 明るいところでも光っていることがわからなければならない。たとえばパイロットランプ、エレベータ階数表示灯、EL そのものによる文字数字表示板

そしてこれら三つの場合によって必要な輝度は当然異なってくるが、その必要輝度の目安を下記のような実験で求めてみた。

(1) 上記 Case 1 に対する必要輝度を得るためには、暗室内に EL 板を点灯し、光っていることを認識しうる輝度を求めればよい。しかし実際の応用から考えると、EL 板のバックになんらかの光源が視野にはいる場合も多いであろうし、また視野内に光源がなくてもある程度の明順応の眼で見える場合もある。このような場合、まったくの暗所で見える場合とは感度的に異なってくるであろう。このような種々の場合を想定して、次のごとく実験を行った。

図 4.1 のごとくボックスを暗室内におき、ボックス内には白色ケイ光灯を入れ、前面のみ乳白の亚克力板（30×40 cm）を張り、亚克力板の中央にグリーン EL 板（5×6 cm）を張りつけ、ケイ光灯によって亚克力板の輝度を調節して、亚克力板の輝度と EL 板が光っているのを認識できる EL 板の輝度と関係を求めた。この場合、暗室内の壁は黒いので、亚克力板からの光は直接にはもちろん間接的にも EL 板にはあたらない。すなわち EL 板上の照度は常にゼロである。結果を図 4.2 に示す。図中、点線はまあまあ光っているのがわかるという判別可能輝度であり、実線はこれ以上ならはっきりと光っているのがわかるという判別明りよう輝度である。このような実験では、感じに訴えるものであるから個人差のはいつてくるのはやむをえないが、一応 3 名の被験者につき数回繰り返して得た値の平均値をとった。



(2) Case 2 に対する必要輝度を求めるために、図 4.1 と同じ実験装置を用い、EL 板上に縦 10 mm、横 8 mm、太さ 1 mm の大きさに KMN なる黒字をはりつけ、3 m 離れた所からこの字が読みとれるに必要な EL の輝度を、(1) の場合と同じくバックグラウンドの輝度との関連で求めた。その結果を図 4.3 に示す。図中点線は、字がやっと読みとれる判別限界輝度であり実線は判別明了輝度である。

判別限界輝度においては、字体の大きさ、距離から考えて視力約 0.6 を与える。予想としては Case 2 のほうが Case 1 よりも必要輝度が大きいように考えられたが、結果的には逆となった。これは Case 1 の場合では、かなりばく然とした感じで判定しなければならぬのに対し、Case 2 では文字の見え具合という割り合いはつきりした基準があるためと考えられる。

(3) 前記 (1)、(2) の場合は、EL 板上の照度はゼロであったが、Case 3 では EL 板がある照度に照らされている場合に、EL 板の発光を認識しうするための EL 板の輝度を求める必要がある。そこで白色 ケット 紙上に EL 板を張りこれらの面上の照度を変えて EL 板を点灯し、EL 発光の認めうる輝度を求めた。結果を図 4.4 に示す。

以上はすべて グリーン EL の場合について、しかも限られた周囲条件下での実験であって、発光を認識しうかどうかは輝度だけでなく周囲の色彩との関連によってもかなり変化してくるので、上記実験結果がすべての場合に適用されないが、EL の使用しうる限界を決める場合にある程度の目安となりうるであろう。そして前に示したデータと合わせ考えると、現状の EL でも Case 1、Case 2 の用途には十分に使用でき、Case 3 の用途に対してもかなり使用できることが予想される。

図 4.5~4.14 に EL 板の応用例を示す。

## 5. む す び

EL が光る壁として初期にそしてまた今もなお引き続きられている夢の光源として、一般照明界にその地歩を確立するにはまだかなりの進歩改良が必要である。一時のはなやかな期待的ムードを満たすにはほど遠いが、現状の EL 板でも種々の用途に用いうる可能性を十分にもっている。現状なりに着実に EL 板の用途を開拓して行くことが、明日への躍進の基礎となるであろう。

(昭 38-9-3 受付)



図 4.5 看板、表示板  
Fig. 4.5 EL Sign Board.

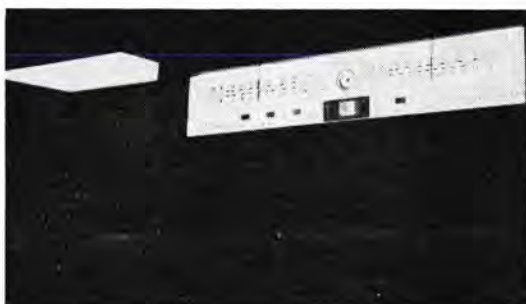


図 4.6 EL を用いた ステレオ  
Fig. 4.6 EL Application to Stereo.

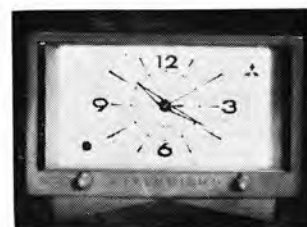


図 4.7 時計の文字板  
Fig. 4.7 Clock dial.



図 4.8 計器の目盛板  
Fig. 4.8 Meter dial.



図 4.9 電気毛布用温度調節器のダイヤル  
Fig. 4.9 EL dial of temperature controller for electric blanket.



図 4.10 目盛板  
Fig. 4.10 Indicator dial.



図 4.11 表 札  
Fig. 4.11 Name plate.



図 4.12 スイッチプレート  
Fig. 4.12 Switch plate.

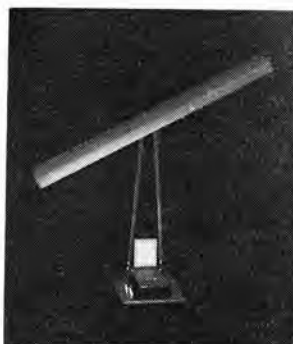


図 4.13 EL 常夜灯付 スタンド  
Fig. 4.13 Lamp stand with EL night light.



図 4.14 EL テーブル  
Fig. 4.14 EL Table.

# 超 高 出 力 ケ イ 光 ラ ン プ

牧野六彦\*・土井貞春\*\*・伊東 肇\*

## Extra-High Output Fluorescent Lamps

Ofuna Works

Mutsuhiko MAKINO・Sadaharu DOI・Hajime ITO

Three problems have been discussed on extra-high output fluorescent lamps herein. A unique method has been developed by Mitsubishi to combine the optimum electrode length and a suitable neck form at the built end for the control of the mercury vapor pressure. The second item is that as a result of chromaticity difference by higher lamp loading, new chromaticity points have been set by color correction of phosphors. New type highly loaded fluorescent lamps having an axially-extending rod in the discharge space, the Westinghouse development, are given explanation, as a last problem. The rod decreases the diffusion length of the discharge thereby increasing the electron temperature and maintaining good efficiency despite the high loading.

### 1. ま え が き

超高出力ケイ光ランプは、その名の示すとおりに高出力ケイ光ランプよりさらに飛躍的に電気入力を増加することにより、光出力を大幅に増加させようとするものである。すなわち現在最も一般的な40Wのケイ光ランプが300mmあたり10Wの入力であるのに対して、高出力ケイ光ランプは300mmあたり15~20Wに増大するものであり、さらに超高出力ケイ光ランプは300mmあたり約25Wに増大させて単位長あたりの光出力を飛躍的に増大させるものである。したがって、まずその大きな負荷のために管壁の大部分はかなり高い温度になるので、管内水銀蒸気圧が高くなりその水銀蒸気による共鳴放射線のquenchingが増して、発生光束が減少する問題がおこってくる。同時に電気入力を増そうとして電流密度を上げることににより、いわゆるmultiple excitationあるいはmultiple ionizationの確率の増加をもたらすために、共鳴放射は減少し発生効率が低下する問題もある。そこで超高出力ケイ光ランプには、まず前者の問題のためになんらかの方法による水銀蒸気圧の規制が講ぜられなければならないし、また後者による損失をなるべく少なくするために管内封入ガスの封入圧力を低くしたり、Ne, Heなどの軽い稀ガスをういたり、管形状を変形して管壁距離を実効的に狭くするなどのくふうが施される。さらにまた、このように従来のケイ光ランプとはかなり違った原理機構に基づいた超高出力ランプの性格から、その電気特性や光出力の測定にはまた違った特別の注意を必要とするなどの問題もある。

最近ようやく国内においても、この種のランプの規格化が審議される運びとなり、このランプに関する活動も各方面で一段と具体化されてきた。当社でも早くから種々試作試験を重ね、たとえば今春1月から銀座三菱電機 スカリング 4 階照明 コーナ の展示品にもFLR-110EH-Wケイ光ランプを展示している。

ここでは、われわれの行なっている実験の中間報告として、超高出力ケイ光ランプの問題のいくつかを紹介する。

### 2. 水銀蒸気圧の制御

超高出力ケイ光ランプは、管壁単位長あたりの負荷が大きく定格付けられているために、一般にはランプ管壁のほとんど大部分は、ランプ効率が最大となる水銀蒸気圧6~10μHgに相当する管壁温

度の最適値約40°Cより20°C程度も高くなるが、幸いに水銀蒸気は管内温度の最も低い部分の温度に対応した値となるので、ほんの一部の管壁部分を低温度に保持するだけで水銀蒸気圧の制御は実用的に可能である。

現在この水銀蒸気圧の制御法には、おもなものとして次のような方法が発表されている。

#### (a) 電極法(管端冷却法)

管端の電極のうしろを冷却部とし、この部分の温度が最適値となり、水銀粒をここに集められるように電極構造を設計したものである。アメリカSylvania社のVHO、Westinghouse電機会社(以下W社と略す)のSHOランプがこれに属する。

#### (b) 非円形断面法

管にミゾを作り、あるいは管をラセン状にして、その断面を非円形として、アークから離れた管壁部分が低い温度になることを利用したものでGE社のpower groove、Duro-Test社のラセン状ランプがある。

#### (c) 側管法

管中央部に適当な方法の側管を設け、その部分の温度を低い温度に維持させるようにしたもので、オランダPhilips社のDouble-Fluxランプがこれに属する。

#### (d) 封止管法<sup>(1)</sup>

一端の封止管を適当な長さに延長してその部分を冷却部として利用する。

#### (e) 管端ネック法<sup>(2)</sup>

管端部分にネック部を設けてここに水銀粒を集めるようにしたものの。

#### (f) 熱電冷却法

熱電冷却素のペルチエ効果を用いて管壁の一部に冷却点をつくるようにしたもの。

ここでは、以下に管端冷却形の電極法について説明する。この場合の電極長さすなわち電極フィラメントと端部封止端との距離と、端部管壁温度、全光束および発光効率との間には図2.1, 2.2に例示するように最適条件が存在する。この例では電極長5.5cmの付近で端部の管壁温度はほぼ40°Cであり、管内水銀蒸気圧が最適値に保たれて全光束および発光効率は最大となる。このように電極長の設定が適切であれば管端部の冷却効果は確実に行なわれて、とくに熱シールド構造を備えない電極の場合でも十分効果を



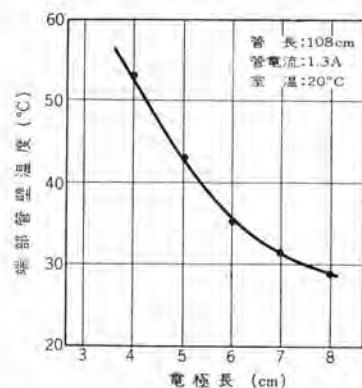


図 2.1 電極長と端部管壁温度の関係  
Fig. 2.1 Relation between electrode length and wall temperature at lamp end.

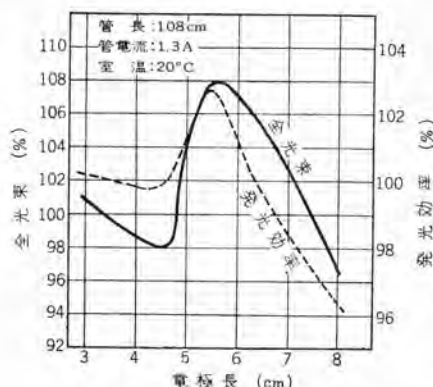


図 2.2 電極長と全光束および  
発光効率の関係  
Fig. 2.2 Relation between electrode length, total lumen and luminous efficiency.



図 2.3 三菱超高出力ケイ光ランプ  
(管端部)  
Fig. 2.3 Mitsubishi extra-high output fluorescent lamp.

發揮する。ところが、実際にこの管端冷却形のランプを試験してみると、この管端部の冷却効果が逆に一つの欠陥を伴うことに気付かれる。すなわち点灯中この冷却部に集められた水銀の余剰なものが粒子となって、管内壁のケイ光体膜面に付着するときに、かなりの面積を持つはっきりした暗かっ色のシミとなり、さらにこれが進んで、その部分のケイ光体の膜をはがしてしまい、比較的短い点灯時間のうちに著しく外観をそこねてしまう。もともと、この管端の冷却部は放電空間のうしろ側で直接発光に寄与する所でないので、最初このような欠陥も気にとめなかったが、実際には多くの顧客に黒化不良として指摘された。

この欠点を解決するために、図 2.3 の写真に示すような構造による方法を開発した。管端部をネックフォームとし、そのネックの肩部は電極から発生する熱のために比較的温度は高いが、カー部は低温度に保持されてこの部分に水銀を凝縮しようとするものである。電極長およびカー長さの適当な設計によって、水銀粒は確実に、このカー部の壁にのみ付着し、長時間の点灯でもケイ光体面の水銀による汚損は生じない。

### 3. ケイ光体の色補正

超高出力ケイ光ランプに特有な問題の一つに、その光色の色ズレの問題がある。ケイ光ランプの発光は、2,537 Å 紫外線で刺激されたケイ光体の発する光と、水銀スペクトルの可視部の線とが組み合わされたものである。図 3.1 の例に示すように超高出力ケイ光ランプ FLR-110EH の管壁温度は、管端電極部を除いた発光部分では、せいぜい 60°C 前後である。したがって一般に使用されるハロリン酸カルシウムケイ光体の場合は、その安定した温度特性からみ

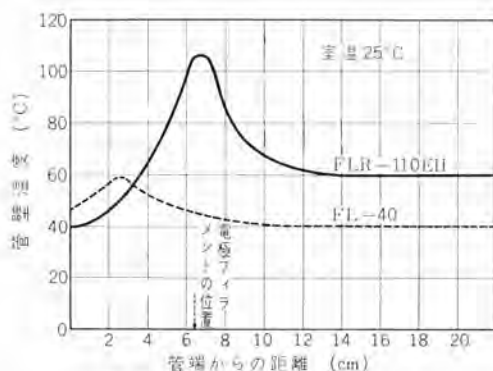


図 3.1 管壁温度分布の一例  
Fig. 3.1 Example of distribution of bulb-wall temperature.

て色ズレの大きな原因は、ケイ光体の温度特性よりも可視水銀スペクトル線の色度値の変化にあると考えられている。

#### 3.1 可視部水銀線の変化

管電流による可視水銀スペクトル線の変化を調べた。試料ランプには、管径 T-12、管長約 115 cm の管端冷却形 110 W 超高出力ケイ光ランプを使用した。これには普通の 40 W ケイ光ランプにすると約 4,000°K の色温度をもつハロリン酸カルシウムケイ光体を塗布し、封入ガスとしては Ne 80%-Ar 20% の混合ガスを 2.5 mm Hg 封入した。実験には管電流の変化による管内水銀蒸気圧の変動を制御するために、測定中ランプの管端冷却部に柔らかいゴム管を巻きつけ、これに一定流量の水を循環させて、その水温を制御することによって管端冷却部の温度を常に 40°C に保持するように注意した。また試料ランプの点灯はラピッドスタート回路で行ない、フィラメント加熱は一定のまま標準可変安定器の調整により管電流を変化させた。ランプ中央部の分光エネルギー分布を島津製分光放射計で記録測定した。

図 3.2 は測定された管電流による各水銀スペクトル線の変化を示すもので、管電流 0.430 A のときの各水銀線のエネルギーを 100 として、相対的エネルギー比を示したものである。図中点線で示した曲線は、同時に得られた Mn band のピークの比を示すもので、2,537 Å 水銀線の有効放射の量に比例すると考えられるものである。(4)

#### 3.2 ランプの色ズレ

図 3.2 で示されるような管電流の増加による可視部各水銀線強

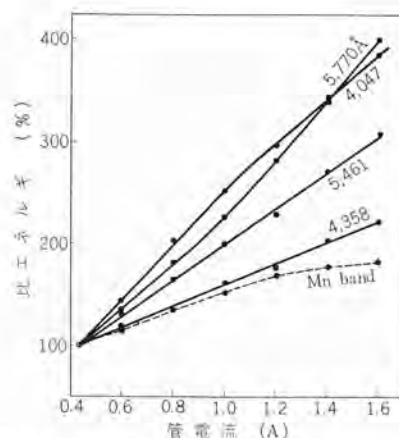


図 3.2 管電流による各水銀スペクトル線の変化  
Fig. 3.2 Changes of various mercury spectrum by lamp current.

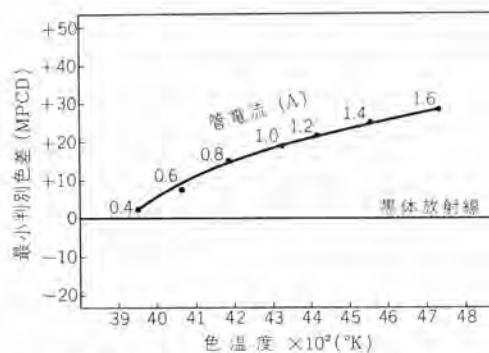


図 3.3 管電流によるランプの色ズレ  
Fig. 3.3 Chromaticity difference of lamp for various lamp currents.

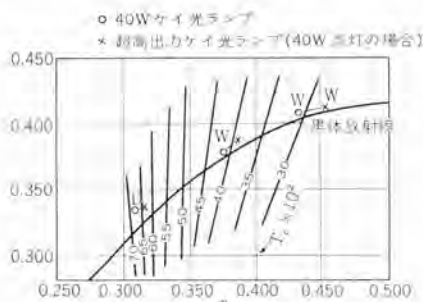


図 3.4 各種ケイ光ランプの色度点  
Fig. 3.4 Chromaticity points of various fluorescent lamps.

度の上昇は、ランプの発光の色温度が管電流とともに高いほうへずれることを意味している。図 3.3 は、各管電流におけるランプの色ズレを、色温度と最小判別色差 (MPCD) によって表わした例で、40 ワット点灯が  $3,950^{\circ}\text{K} + 2\text{MPCD}$  であるのに対し、110 ワットでは  $4,640^{\circ}\text{K} + 27\text{MPCD}$  であった。

### 3.3 ケイ光体補正

上述のランプの色ズレは、各試料ランプについて、かなりまちまちである。放電条件による可視部水銀スペクトルの変化に、ケイ光体発光スペクトル分布の不規則な特性<sup>(4)</sup>が組み合わされた複雑な変動によると考えられる。この問題については、さらに、今後の研究が残されているが、一応超高出力ケイ光ランプのケイ光体補正として、標準色について図 3.4 に示すような色度点を設定してみた。ただし封入ガス Ne 80%—Ar 20% の場合である。図中○印は、普通の 40 ワットランプの色度点であり、×印は超高出力ランプを 40 ワット点灯にした場合の色度点の設定点である。

## 4. ランプ負荷の増大

ケイ光ランプでは、電流密度が増大すると比例的に電極損が増し、全ランプ電力に対する陽光柱電力の比が減少してランプ効率は低下する。図 4.1 はこの関係を示すもので、図中 (a) 曲線で明らかのように、電流密度が 2 倍になるとランプ効率は 10% 減ずる。また、電流密度が大きくなると陽光柱電位傾度が減少し、2,537 Å 共鳴放射線の発生効率が低下してさらにランプ効率は低下する。同図 (b) 曲線によれば、陽光柱電圧が半分になるとランプ効率は 15% 低下してしまう。

高出力ケイ光ランプの設計では、この効率低下を招くことなく、いかにランプ負荷を増加するかがその中心問題となる。それにはランプ電流を小さくして陽光柱電位傾度をできるだけ高く保ち、高電流密度によるランプ効率の低下や大電流による安定器効率の低下を少なくすることが必要である。このような目的のために具体的

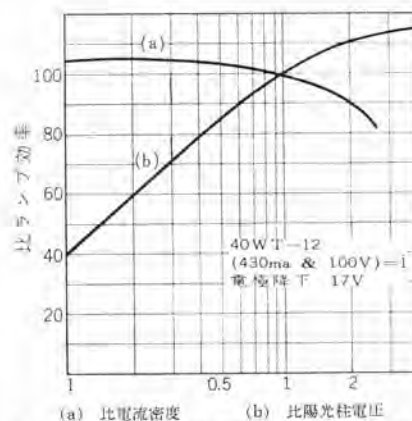


図 4.1 ランプ効率に対する電流密度および陽光柱電圧の影響  
Fig. 4.1 Effect of changing current density (a) and positive column volts (b) on lamp efficiency.

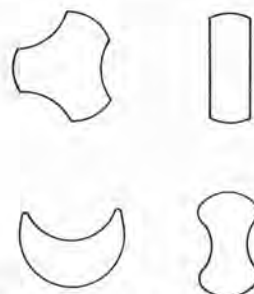


図 4.2 ラセン状ランプの断面例  
Fig. 4.2 Various shape cross sections used in helicoidal lamp.

に二つの方法が知られている。一つの方法は封入気体として Ar の代わりに Ne や He などの軽い稀ガスを種々の混合比で用い、あるいは封入圧力をより低くして水銀イオンの移動度を増加する方法である。移動度の増加は管壁へのイオン損を増大し電子温度の増加をもたらす。そのためには陽光柱の電位傾度の増加を必要とし、結局はランプ負荷を増大することになるが、これらの軽いガスはまた高い電離電圧をもつために、同時に電極スパッタの割合を増大し、端部黒化や寿命の短縮を早める欠点もある。他の方法は管の断面をひずませ、管の周囲長さに対する断面積を小さくする方法である。ミジが作られた power groove や、図 4.2 の例のような断面をもつラセン状ランプのように管壁距離が短くなると、diffusion length が減少し、電子やイオンの壁への損失の割合が大きくなる。このためにかえって管電圧が上昇し、電子温度の上昇をもたらす。結果として 2,537 Å 放射の効率がよく保たれる。しかし、一方ミジ部における電流密度の増大は逆効果を生み、diffusion length の短縮による効率の増加も複雑な構造のわりには、期待するほどには大きくはない。

### 4.1 軸棒の効果

ランプの電力負荷を、効率を下げないでしかも比較的簡単な構造で増加する方法として、軸棒そう入による方法が W 社において実現された。<sup>(6)</sup>その構造は図 4.3 の例のように、細い棒状体を管の全長にわたってそう入するもので、放電空間に対するその位置づけや支持法によって種々の形が考えられる。この放電空間内の軸棒は電子やイオンに対する再結界面として作用し、管壁においてのみ行なわれる電子やイオンの損失を管の中心近くで増加しようとするもので、これにより diffusion length が減少し、電子温度が増し、管電圧、管負荷が増大する。図 4.4 は Ar を 1.8 mmHg 圧封入した 100 W T-17 を管電流 1.5A で点灯し、約 3 mm 径



の軸棒を有する場合の電力および効率に対する軸棒の位置の影響を示す例で、軸棒を管壁上から管中心まで移動するときに、陽光柱電力は 25% の増加が、また ランプ 効率 は 5% の増加がみられた例である。この ランプ 負荷の増加は、管電流よりむしろ管電圧

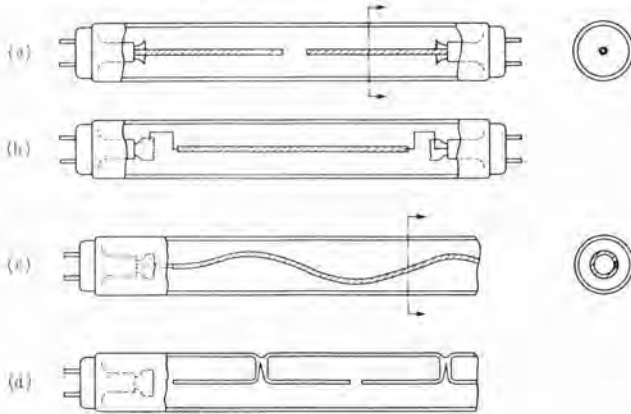


図 4.3 軸棒付ランプの例  
Fig. 4.3 Lamps having an axially-extending rod.

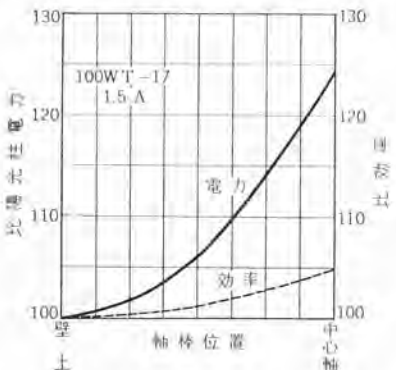


図 4.4 軸棒の効果  
Fig. 4.4 Effect of axially-extending rod.

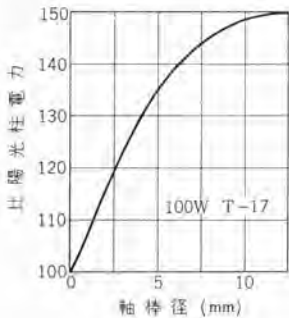


図 4.5 軸棒径による陽光柱電力の変化  
Fig. 4.5 Variation in relative positive column watts by different size coaxial rods.

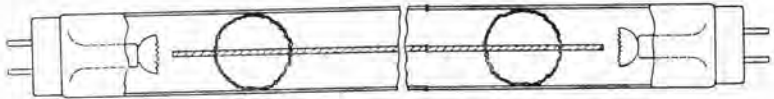


図 4.7 軸棒付ランプ  
Fig. 4.7 Lamps with a coaxial-rod.

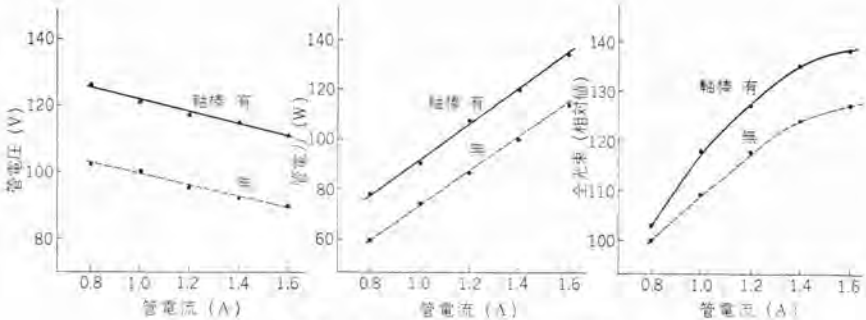


図 4.6 軸棒有無の場合のランプ特性  
(管径 T-12; 軸棒径 3 mm, Ne 80 % - Ar 20 % 2.5 mmHg 封入)  
Fig. 4.6 Lamp characteristics with coaxial rod or without it.

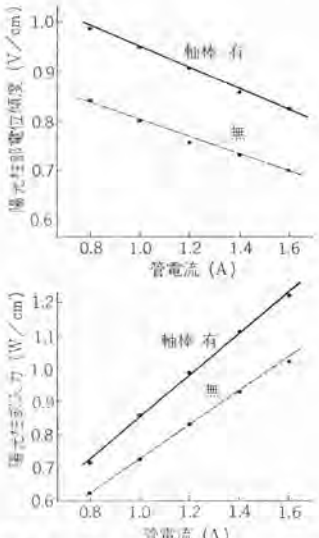


図 4.8 管電流による陽光柱部特性  
Fig. 4.8 Variation in positive column for various lamp currents.

の増加によりもたらされるもので、したがって管電流増加による効率の低下が避けられる。このためには軸棒の径は、ランプの管径に比べてあくまで小さくして、そのそう入により管の断面積を本質的に減少させないよう選ぶ必要がある。図 4.5 は 100 W T-17 の場合の軸棒径による陽光柱電力の変化を示すもので、約 12mm 径の軸棒で、約 50% の増加が得られている。ところが、軸棒の径がこのように大きくなると、先の電流密度の増加の問題のほか、放電が管内一様に diffuse しなくて constricted される弊害がおこる。

軸棒径  $d$  と管径  $D$  との比  $d/D$  が 0.07~0.08 以下では、放電は diffuse mode であるが、それ以上では constricted mode となる。

#### 4.2 ランプ特性

軸棒の有無の場合のランプ特性の比較を図 4.6 に示す。この場合の試料ランプは図 4.7 の構造のもので、管径 T-12、管長約 115 cm の管内に、約 3 mm φ の石英ガラス棒を図に示すようなヨリ線からなるニクロム線の輪により管軸上に固定したもので、この後ケイ光体を塗布し普通の製造法でランプにしたものである。図 4.8 はこのときの陽光柱部の特性を表すもので、各管電流について軸棒がある場合は、電位傾度、入力ともに約 2% 増加することを示す。これらの関係から各ワットに対する光束および効率との関係を図示したのが図 4.9 である。これから管径 T-12 の場合には軸棒の効果は 100 W 以上において現われることがわかる。この効果の現われる範囲で軸棒の有無の場合のランプ特性を比較すると、

構 造	管電圧 (V)	管電流 (A)	管電力 (W)	全光束 (lm)	効率 (%)
軸棒なし	91	1.5	110	6,900	62.7
軸棒あり	112.5	1.5	130	7,500	57.7
軸棒あり	118	1.25	110	7,150	65.0



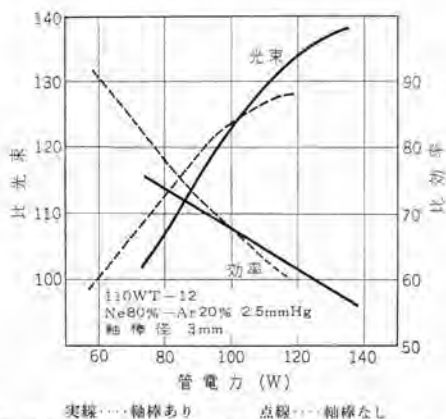


図 4.9 T-12 の場合の管電力対光束および効率  
Fig. 4.9 Lamp watts vs relative lumen and efficiency for T-12 lamp.

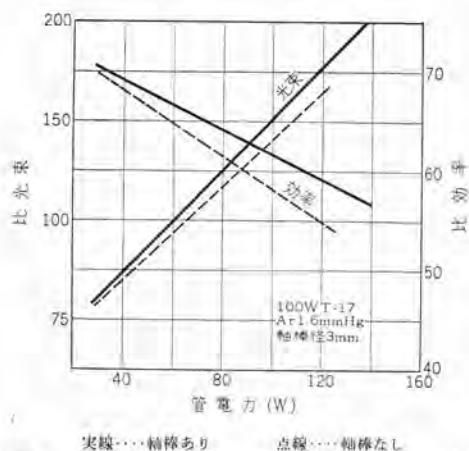


図 4.10 T-17 の場合の管電力対光束および効率  
Fig. 4.10 Lamp watts vs relative lumen and efficiency for T-17 lamp.

となり、ワット一定の場合には、光束、効率ともに、約 2% の増加が得られる。

管径 T-17 の場合の例を図 4.10 に示す。この場合の  $d/D$  は約 0.06 で、ワットの広い範囲で軸棒の有利な効果が現われることを示している。

### 4.3 軸棒付ランプの利点

軸棒そう入という簡単な方法により上述のような高出力が得られる。これは従来行なわれているように、外管を変形しその断面積をひずませる必要がないので、これらの問題に付随する欠陥を伴わないですむ。また  $d/D$  の値の選択が適当であれば放電空間はその全長にわたって均一であるので、放電の局部的集中に基づく電流密度の好ましからぬ増加も避けられる。

さらに、そう入体の形状やその配置のぐあいによって、そのほかの種々な利益ももたらされる。たとえば図 4.3 (c) に示したような Spiral 状のそう入体により放電路の実効長を長くし効率の増加が期待できる。

## 5. む す び

超高出力ケイ光ランプの実用試験を行なってみると、従来のケイ光ランプにはみられなかったさまざまな問題に直面する。それらの問題の中から、ここでは、水銀蒸気の規制法に改良した点と、光色の色ズレを補正した問題について触れ、終わりに、ランプ負荷を、効率よくさらに増大する方法として、軸棒そう入による方法を紹介した。

## 参 考 文 献

- (1) 特公 昭 37—14194
- (2) 特公 昭 36—24144
- (3) 竹田：照学誌 43 23 (昭 34)
- (4) 中島，本田：照学誌 44 497 (昭 35)
- (5) L. Thorington, J. Shurgan: Ill, Eng. 57 127 (1962)
- (6) 特許出願中

# 新 形 水 銀 ラ ン プ

——スーパーライフ水銀ランプおよび高出力タリウム水銀ランプ——

大盛真次\*・大田重吉\*・近藤 登\*・土橋理博\*

## New Type Mercury Lamps

——Super Life Type and High Output Thallium Mercury Lamps——

Ofuna Works

Shinji ŌMORI・Jyukichi ŌTA・Noboru KONDO・Michihiro TSUCHIHASHI

Of late mercury arc lamps are well known in the field of lighting. Their high efficiencies, long life and excellent performance characteristics have made them unrivalled among similar products. Two kinds of newly designed mercury arc lamps have been developed by Mitsubishi. One is of a super life type having very long life (12,000 hours) and very high retention of luminous intensity (After 12,000 hours burning remains 80% of initial lumens); the other is of a high output type with thallium iodide added to mercury in the arc tube so as to radiate thallium green line. The luminous efficiency of the thallium mercury lamp is about 70% larger than that of the regular mercury arc lamp, reaching 80~90 lm/W.

### 1. ま え が き

水銀 ランプ は 20 世紀の初めに、Cooper Hewitt が作った水銀電極の直流 ランプ を始祖として、半世紀あまりの間、種々の改良が続けられて、今日の高効率、長寿命、およびすぐれた働程特性をもつものにまで発達した。用途は広く、高速道路照明、工場照明、スポーツ照明は申すに及ばず、最近では庭園灯の普及によって家庭にまで進出してきて、一般照明には欠くことのできない光源となった。

当社では昭和 37 年 6 月にスーパーライフ 形水銀ランプを発表し以後生産を続けているが、この ランプ の特長は寿命がさらに長くなって、従来に比べて 2 倍になり、光度維持率も 12,000 時間経過後もなお 80% を保っている。これは主として発光管の電極部の改良によって実現できた。

発光効率の改善の一方法として、発光管に封入する水銀のほか、他の金属を添加する試みは古くから行なわれてきたが、金属のまま添加したのでは実用的な温度範囲において蒸発量が少なく顕著な効果は得られなかった。しかしヨウ(沃)素その他のハロゲン族との化合物の状態(たとえばヨウ化タリウム)で封入すれば、蒸気圧が高いので普通水銀ランプの管壁温度で十分で、効率が 50% 以上向上し、75~90 lm/W にも達する高出力水銀ランプが開発された。

### 2. スーパーライフ水銀ランプ

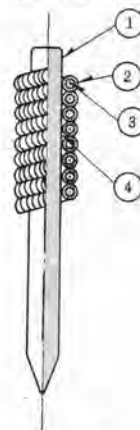
水銀 ランプ の寿命は、ほとんど発光管の電極の動作状態によって決まるといえる。すなわちランプが点灯中、発光管内の水銀蒸気圧はほぼ 2.5 気圧にも達するので、電極が陰極として動作する半サイクルの間は、高エネルギーの水銀イオンの衝撃を受け、電極物質をスパッタさせる原因となり、陽極となる半サイクルでは多量の電子流を受け入れるため、電極温度は 1,500~2,000°C の高温になる。

したがって電極物質は徐々に蒸発をして、電極近傍の管壁に付着する。また ランプ の始動の際はいわゆる冷陰極の状態で放電が開始されるうえ、始動直後の ランプ 電流は安定時の 1.5~1.8 倍も流れ、安定まで数分を要するので始動のたびに電極物質の蒸発

飛散は促進される。

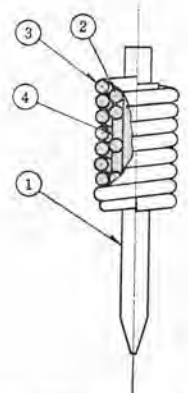
これら点灯中および始動時に起こる電極物質の損耗は ランプ 寿命の短縮をきたし、また管壁に付着した着色物は光束を吸収するため働程特性を悪くする。

スーパーライフ 形の ランプ は、上述の特性に基づき、電極構造と電子放射物質の両面に改良がなされた。従来の電極は図 2.1 に示すように細い タングステン 線を巻き付けた タングステンコイルを、さらにタングステンの心線に巻き付けた構造でその周囲に電子放射物質を塗布されたものであった。新しいスーパーライフ 形では図 2.2 のよう



①心棒 ②一次巻線 ③二次巻線  
(タングステン) ④電子放射物質

図 2.1 従来の電極  
Fig. 2.1 Construction of electrode used in old type mercury lamps.



①心棒 ②内コイル ③外コイル  
(タングステン) ④電子放射物質

図 2.2 スーパーライフ 形電極  
Fig. 2.2 Construction of electrode used in super life type mercury lamps.

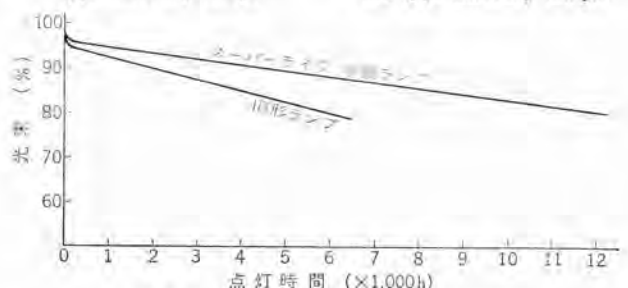


図 2.3 スーパーライフ 水銀ランプ 働程特性  
Fig. 2.3 Lumen retention of superlife type mercury lamp.

に タングステン の心線の上に 2 層の タングステンコイル を設けたもので、内側 コイル は中間を間隔を開けて疎に巻き、両端は密に巻いてある。この中間の疎に巻いた スキ 間に電子放射物質を充てんし、その外側には密に巻いた コイル をかぶせてある。したがって ランプの点灯中、放電によって物質が直接 イオン 衝撃をうけないように保護されるので、物質が スパッタ する確率はおおいに減少する。また各部の寸法も ランプ 消費電力に応じた寸法に設計されているので、電極温度が過度に上昇せず電極物質の蒸発も少ない。

次に電子放射物質の改良は、仕事関数の低いアルカリ 土金属のほかに、融点が高く蒸発量の少ない金属酸化物を添加し、点灯中の高温の状態での安定性を増すとともに、電子放射能力を減殺しないように、それらの配合と熱処理には特別の考慮が払われている。この物質でも長時間の点灯の間には、幾分蒸発することは避けられないが、管壁へ付着しても白色を呈するので光の吸収率は少なく、したがって光束量の損失は比較的少ないのが特長の一つである。

スーパーライフ 形水銀 ランプ の働程特性は図 2.3 に示す。

すなわち電極物質の蒸発と スパッタリング を抑制することにより、電子放射物質の電極上からの損耗を減少させる結果、寿命は従来の 2 倍の 12,000 時間に延長された。一方働程特性についても、管壁への付着物が減少しその光束吸収率も従来よりはるかに少ないので、光度減衰はきわめて僅少となり、初光束の 80% に低下する時間は、12,000 時間以上となり、画期的な改善である。水銀 ランプ は一灯あたりの燭光が大きいので、高所で点灯されることが多い。したがって ランプ の交換の費用は比較的大きい。ランプの寿命が倍増すれば、この取換度数も半減し経費節減に貢献するとともに (光束量) × (時間) も向上したので、需要家に対して大きな奉仕となった。

### 3. 高出力タリウム水銀ランプ

#### 3.1 発光原理

高圧水銀 ランプ の色は不快な感じこそしないが、その放射がおもに緑と黄に集中してしまうために被照物体の演色性は決して好ましいものではない。今日ではケイ 光体の発達により、かなり改善された光出力が得られるが、水銀のみの放電を利用しているかぎり、水銀 ランプ 特有の色を根本的に改良することは大変困難なことと思われる。

水銀の代わりにカドミウム (Cd) や亜鉛 (Zn) などの金属蒸気を使うと、可視放射を大幅に変えることができるが、実用的には、いくつかの難点がある。カドミウム や亜鉛は演色性を改善できるが、発光効率があまり良くない (約 30 lm/W)。また添加物の化学作用が ランプ の働程特性に非常に大きな影響を及ぼす。そして一般の金属は、水銀に比べると、沸点が高いので、蒸発しにくく、その上放電の電圧降下が比較的小さい。したがって金属を蒸発させるのに必要な高温を得るには放電電流をたくさん流さなければならない。そのためには非常に高い負荷が必要である。

この放電において必要な電圧降下を得るには金属の蒸気に水銀の蒸気を加えればよい。

高圧水銀放電に金属 タリウム (Tl) を添加すると、放電の効率が增加する。しかしこのためには、発光管の管壁負荷を普通の水銀 ランプ の約 3 倍にしなければならない。

タリウムをヨウ化 タリウム (TlI) の形で添加すると、高い負荷を使わずに高効率 (70 lm/W) を得ることができる。

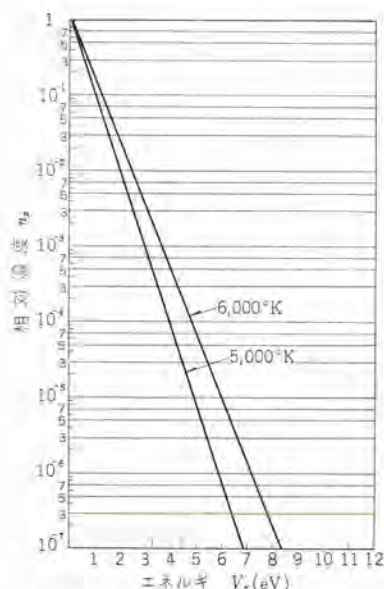
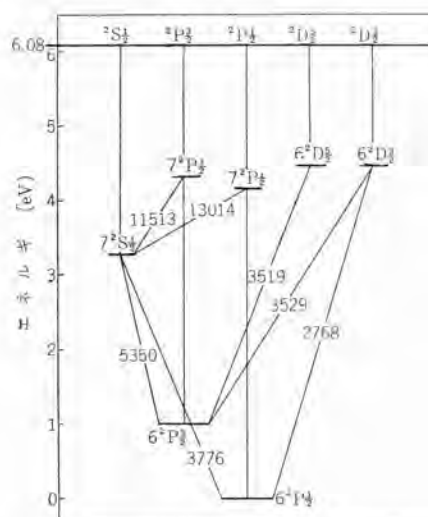


図 3.1 (a) エネルギ  $V_x$  に対する相対濃度  $n_x$   
Fig. 3.1 (a) Relative concentration of atoms versus  $V_x$  for  $T$  equal to 5,000°K and 6,000°K.





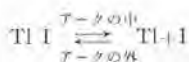
に励起される割合は、約 10% という非常に高い割合を占めている。しかしこのレベルは準安定のレベルであるので放射は起こらない。この準安定にある原子は、他の放射線を吸収することによって放射に影響を及ぼす。とくに、5,350 Å と 3,519 Å のラインを吸収して、放射を減少させるように作用するが、このほかのラインにはそれほど影響を及ぼさない。

最初の励起放射レベルは基底から 3.27(eV) にある。この状態にあるタリウム原子の数は、おおよそ 1,000 個中 1 個の割合である。次のレベルのグループはその 1/10 になる。3,519 Å のラインと 5,350 Å のラインの放射は、同じ 1(eV) の準安定のレベルに落ちる。このために、3,519 Å のラインは 5,350 Å のラインの約 1/10 の強度である。したがってタリウムの濃度が水銀の濃度の 1/10% のオーダーになると、タリウムの放射がスペクトルに急速に現われ、しかもタリウムのスペクトルのおもなラインは 5,350 Å のラインである。このラインは視感度曲線のピークの近く（ピークの値の 0.91）にあるので、この放射は放電の発光効率を高める。

上のオーダーの濃度のタリウムを得るには、発光管の管壁温度の最低点を 700°C 以上にする必要がある。現在の 400 W 水銀ランプの発光管の最低温度はだいたい 550°C に過ぎないから、金属タリウムを添加してもランプを 400 W で点灯したのでは、効率があまり良くならない。

タリウムの濃度を高くしたときに得られるような高効率を得るためには、タリウムをヨウ化タリウムの形で、添加すればよい。タリウムとヨウ化タリウムの蒸気圧が図 3.1 (c) に示されている。ヨウ化タリウムの蒸気圧は、タリウムの蒸気圧より少なくとも 1,000 倍も高いということがわかる。したがって水銀の数パーセントの濃度より高い濃度のヨウ化タリウムを得ることは容易である。

5,000~7,000°K というアークの中心部の温度でヨウ化タリウムは解離して、同じ濃度のタリウムとヨウ素になる。管壁付近および管壁上の温度で、タリウムとヨウ素は再結合してヨウ化タリウムになる。



アークが消えたときにも、再結合が起こり、そのため遊離ヨウ素はなくなり、始動に悪影響を及ぼさない。

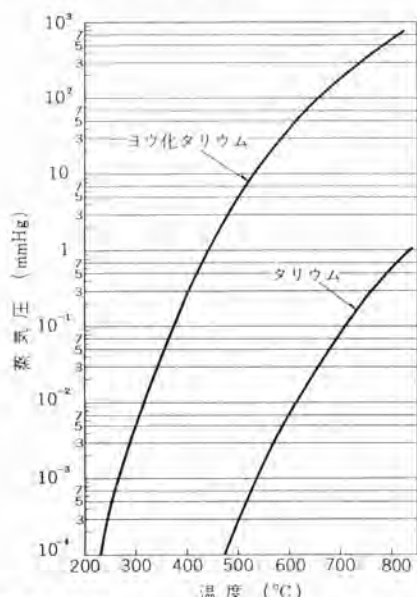


図 3.1 (c) ヨウ化タリウムとタリウムの蒸気圧  
Fig. 3.1 (c) Vapor pressure of thallium iodide and thallium.

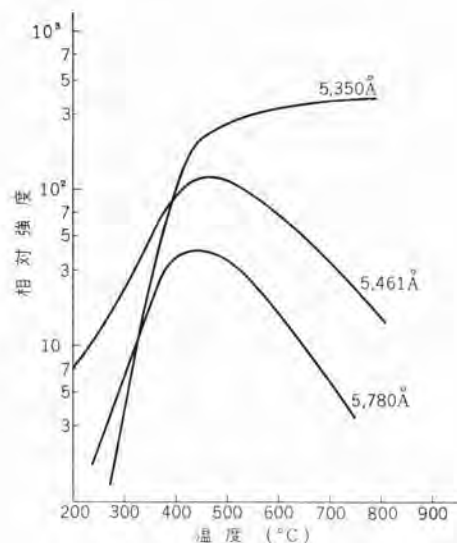


図 3.1 (d) 水銀線とタリウムの相対強度  
Fig. 3.1 (d) Change in relative intensity of the 5,780 Å and 5,461 Å mercury lines and the 5,350 Å thallium.

電流一定 3.2 A にして、水銀の蒸気圧が増すにつれて、5,780 Å と 5,461 Å の水銀線と 5,350 Å のタリウム線の強度の変化が図 3.1 (d) に示されている。適量の水銀と最高温度で必要とされるより過剰のヨウ化タリウムが発光管の中に封入して、この装置を炉の中に据え付けて温度を変える。450°C で水銀は完全に蒸発してランプは定格で点灯する。これ以上の温度でも定格のレベルは維持される。この点でヨウ化タリウムの 5,350 Å のラインは 5,461 Å の水銀線の約 2 倍の強度を持つ。これ以上の温度でタリウムの緑色のラインは増加し続けるが、約 800°C に達すると、水銀の緑色のラインは、タリウムのラインの約 5% 以下の点まで減少する。ランプ電圧は水銀が安全に蒸発した点で最高になる。そして、ヨウ化タリウムの蒸気圧は、かなり広い範囲で一定のままである、非常に高濃度になって、ランプ電圧は上がり始め、多少の増加を示す。ランプ電圧が一定な範囲内でも発光効率は徐々に増加し、普通の水銀ランプよりも約 70% 大きい値に達する。

### 3.2 高出力タリウム水銀ランプの構造

高出力タリウム水銀ランプの構造は普通の水銀ランプの構造とほとんど同じで、外管・発光管・始動抵抗とそれらをサポートする支持金具から構成されている。外管には良質の硬質ガラスを用い、発光管には透明な石英を使用し、その両端には二つの主電極と始動極とが封入されている。発光管内部の電極（主電極・始動極）と外

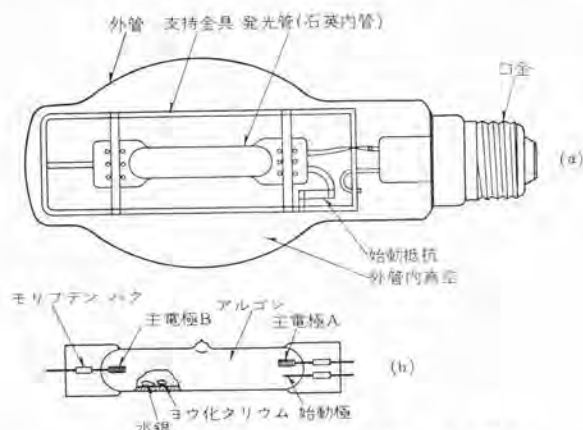


図 3.2 高出力タリウム水銀ランプの構造  
Fig. 3.2 Construction of Mitsubishi thallium mercury lamp.

部の導線とはモリブデンのハグ(箔)によって電氣的に接続されている。発光管内には、適量の水銀・純度の高いヨウ化タリウムと始動を容易にするためのアルゴンガスが若干封入されている。

タリウム水銀ランプの外管内には窒素を封入しないで真空にしてあり、対流伝導によるランプ外への熱損失を少なくしている。それはランプの点灯中、発光管内のヨウ化タリウムの圧力を維持し、電極の背後や管壁にヨウ化タリウムが凝結するのを防ぐためには発光管の管壁温度の保温を効果的に行なう必要があるからである。

ヨウ化タリウムは比較的化学的に活性であるから、発光管内で、化学反応が起こり、ランプの寿命・働程特性などに影響を及ぼす。しかし主電極にトリウム電極を用いると、寿命・働程特性ともに、著しく良くなる。

### 3.3 ランプの定格

三菱高出力タリウム水銀ランプの定格を表3.1に示す。この表から高出力タリウム水銀ランプは発光効率の非常に高いランプであることがわかる。

### 3.4 点灯回路

高出力タリウム水銀ランプは一般の放電灯と同様、電流が増加すればするほど抵抗が低下する負抵抗特性であるので、適当に電流を制限しないと、電流が増加しすぎて、ランプが破壊する。図3.3にチョークコイル形安定器（電源電圧が低い場合は変圧器を用いて、電圧を上げる）および漏れ変圧器形安定器を用いた代表的な点灯回路を示す。

ランプを点灯する際には、必ず定格に合った安定器を用いたなければならない。

### 3.5 諸特性

#### 3.5.1 電氣的特性

##### (1) 始動時の特性

高出力タリウム水銀ランプは始動時と安定時の水銀蒸気圧および

表 3.1 高出力タリウム水銀ランプの定格

形 名	ランプ 電力 (W)	初光束 (lm)	効 率 (lm/W)	管 径 φ(mm)	管 長 (mm)	ランプ 電 流 (A)	ランプ 電 圧 (V)	始動時間 min	再始動 時間 min	寿 命 (h)	二次無負荷 電 圧 (V)
H-250-L	250	16,500	66.0	100	250	2.0	135	3	10	10,000 以上	300
H-400-L	400	31,000	77.5	118	290	3.2	135	3	10	10,000 以上	300
H-550-L	550	50,000	91.0	118	290	4.1	135	3	10	10,000 以上	300

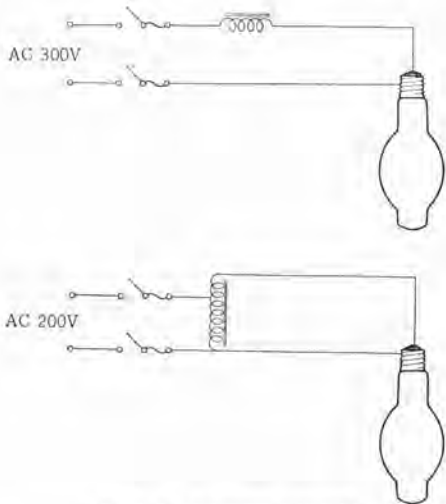


図 3.3 点灯回路の代表例  
Fig. 3.3 Examples of circuits of thallium mercury lamps.

添加物の蒸気圧が異なるので、電氣的諸特性も異なる。図3.4に、ランプが始動してから安定するまでのランプ電圧・ランプ電流・ランプ電力および全光束の変化を示す。

ランプが始動すると、アルゴン放電から瞬時に主電極間の水銀のアーチ放電に移り、放電による熱によって水銀の蒸気圧は次第に高まり、次いで添加物も蒸発しその発光スペクトルを出す。十分量のヨウ化タリウムが蒸発すると放電は主としてタリウム放電の特性

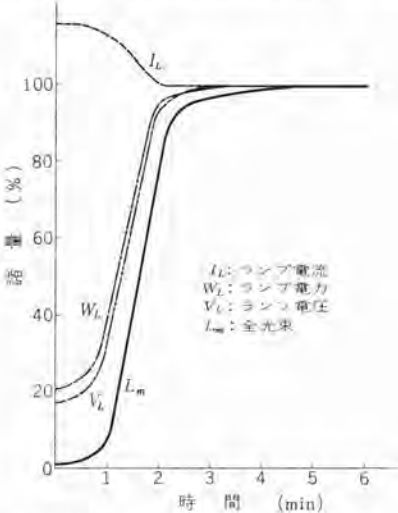
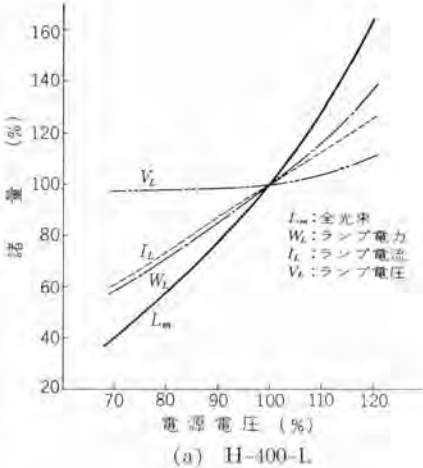
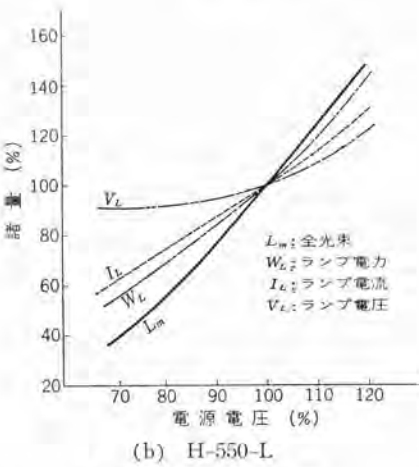


図 3.4 高出力タリウム水銀ランプの始動時の特性  
Fig. 3.4 Starting characteristics of Mitsubishi thallium mercury lamps.



(a) H-400-L



(b) H-550-L

図 3.5 電圧特性  
Fig. 3.5 Steady-state characteristics of Mitsubishi thallium mercury lamps.

になり黄色と緑色の水銀線は抑制される。約3分間で安定する。

## (2) 電圧変動特性

電源電圧が変動するとランプの特性も変化する。この特性の変化は使用安定器の種類によっても異なる。電源電圧が変動した場合、ランプの受ける影響は使用安定器の種類によって異なるからである。図 3.5 は、漏れ変圧器形安定器を用いた場合の電源電圧の変動による諸量（ランプ電圧・ランプ電流・ランプ電力・全光束）の変化を示す。これを普通の水銀ランプと比較すると、ランプ電圧が定格をこえてから、かなり大きな変化をするが、他の特性はほとんど同じである。

## (3) 周囲温度の影響

高出力タリウム水銀ランプは周囲温度により始動電圧が多少変化する。図 3.6 に、その特性を示す。

無負荷電圧を 300 V にすると、高出力タリウム水銀ランプは十分に始動する。放電開始後は、発光管の温度が非常に高くなるので 580℃ 以上、安定時の特性はあまり影響を受けない。

### 3.5.2 光学的特性

#### (1) 分光エネルギー分布

高出力タリウム水銀ランプの色は緑色に見えるが被照物体の演色性は比較的良好である。図 3.7 に、高出力タリウム水銀ランプの分光エネルギー分布を示す。これからわかるように、高出力タリウム水銀ランプは普通の水銀ランプより多くの赤のエネルギーを出し、赤の光出力の割合はケイ光体で色修正している水銀ランプ（HF 形）と同じ

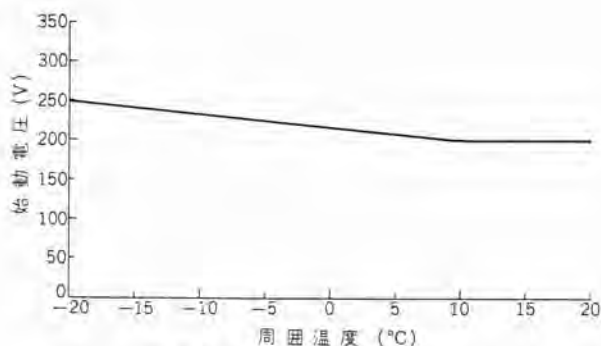


図 3.6 周囲温度と始動電圧特性

Fig. 3.6 Relation between room temperature and starting voltages of thallium mercury lamp.

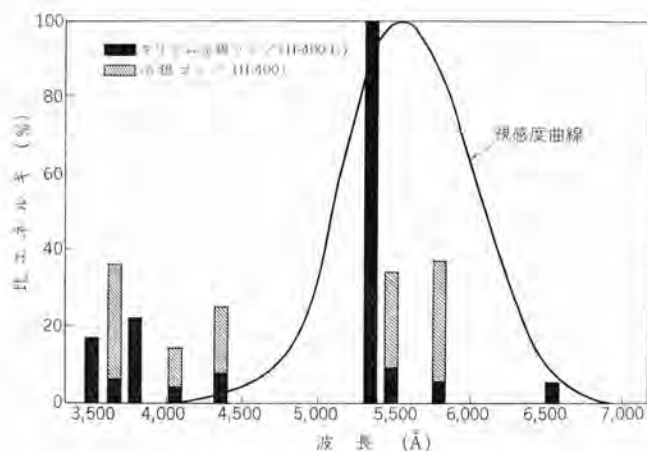


図 3.7 高出力タリウム水銀ランプの分光エネルギー分布 (H-400-L)

Fig. 3.7 Relative spectral light distribution of Mitsubishi thallium mercury lamp and sensitivity curve.

くらい出している（約 5%）。また 3,520, 3,650, および 3,776 Å の強い紫外線も出し、これらの線は可視部（3,800~7,600 Å）の放射エネルギーの約 30%を含んでいて、光出力の増加と色修正に使われる。とくに 550 W の高出力タリウム水銀ランプではタリウム放電のスペクトルに重なって連続スペクトルが現われ、演色性・効率ともに一段と良くなる。

## (2) 配光

図 3.8 は高出力タリウム水銀ランプ（H-400-L）の中心を通る鉛直面上における配光を示す。配光は普通の水銀ランプ（H 形）とまったく同じであり、水平方向に最大があって、鉛直方向に徐々に減るランプの中心を通る水平面上の配光は支持金具のために、多少くぼみができるがだいたい円になる。

## (3) 働程特性

高出力タリウム水銀ランプ H-400-L の働程特性を、図 3.9 に示す。寿命は 6,000 時間以上である。

### 3.5.3 管壁温度

図 3.10 は器具なし無風の常温中で点灯した場合の三菱高出力タリウム水銀ランプ（H-400-L, H-550-L）の外管の管壁温度を示す。ランプを灯具内に納めて点灯すると、管壁温度はさらに上昇する。

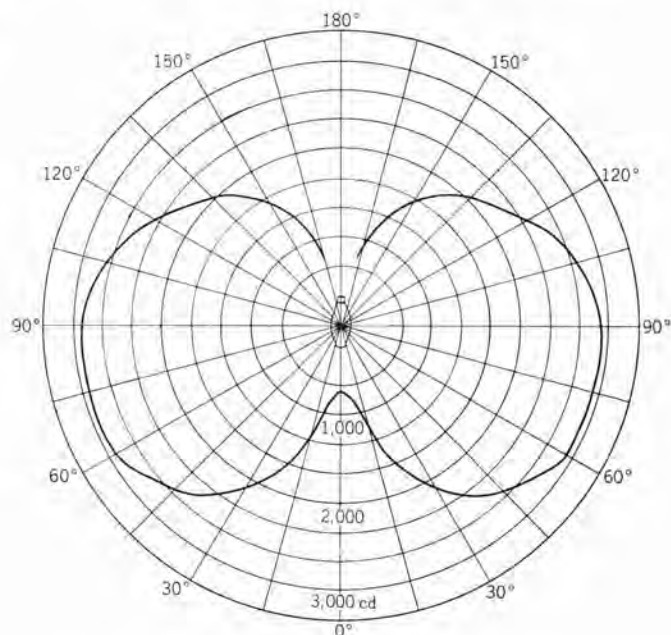


図 3.8 H-400-L の配光曲線

Fig. 3.8 Light distribution diagram of Mitsubishi thallium mercury lamp.

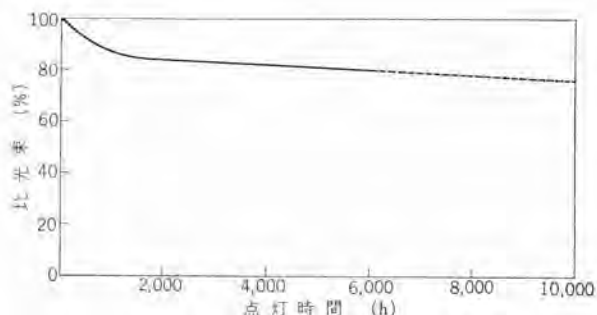


図 3.9 高出力タリウム水銀ランプの働程特性 H-400-L 連続点灯

Fig. 3.9 Maintenance of Mitsubishi thallium mercury lamps.



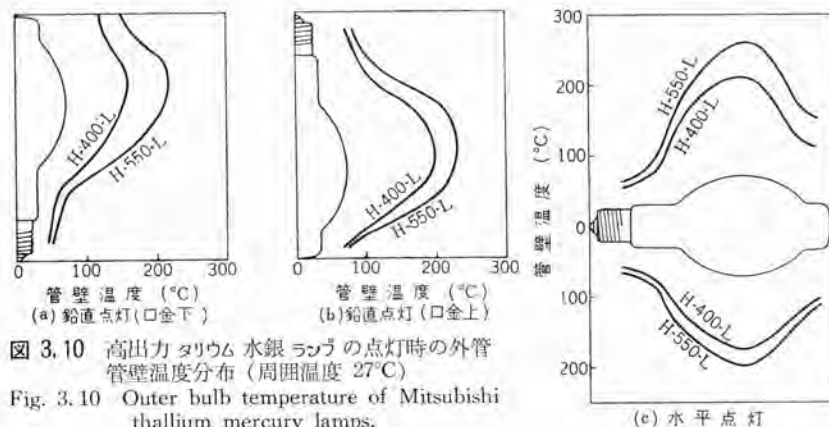


図 3.10 高出力タリウム水銀ランプの点灯時の外管壁温度分布 (周囲温度 27°C)  
Fig. 3.10 Outer bulb temperature of Mitsubishi thallium mercury lamps.

#### 4. む す び

水銀ランプに関する最近の研究、改良の結果として、発光管の電極部を主として改良したスーパーライフ形では、平均寿命が一躍12,000時間以上となった。効率の面ではヨウ化タリウムの添加によって最高91 lm/Wに達した。高出力タリウム水銀ランプは外形寸法、電気的諸特性も普通の水銀ランプとほとんど同じで取り扱いも簡単である。したがって用途としては高速道路およびトンネル照明、各種スポーツ照明、工場などの一般照明は申すに及ばず公園、

庭園、ゴルフ場などくに緑色を強調したい場所の照明に最適の光源である。一方、演色性は緑色に富むので満足すべきものではなく、働特性もスーパーライフ形に比べればやや劣る。今後はさらに、効率、演色性ともに向上させるべく研究を続けている。

最後にこれらのランプの開発改良にあたって、終始指導を賜った、小椋所長ならびに試作について協力いただいた管球技術課および管球工作課の関係諸氏に深甚の謝意を表す。

#### 参 考 文 献

- (1) W. S. Till, M. C. Unglert: I. E., 54, 563 (1959)
- (2) W. S. Till, M. C. Unglert: I. E., 55, 269 (1960)
- (3) 小椋: 照明学会東京支部大会論文集 11. (昭 37)
- (4) U. S. Patent 2,240,353 (April, 1941).
- (5) D. A. Larson, H. D. Fraser, W. V. Cushing, M. C. Unglert: I. E. S. Conference Paper-Light Sources 14 (April, 1962)
- (6) Westinghouse Engineer May 1962, 96 (1962)
- (7) D. A. Larson, H. D. Fraser W. V. Cushing, M. C. Unglert: Illum. Eng. 58, 434, (1963).

#### 最近における社外寄稿一覧

年月日	寄稿先	題 名	執 筆 者	所属場所
38-4-26	通信用磁性材料研究会年報	パルスメモリーコアおよびマトリックス	水上益良	大 船
38-4-26	通信用磁性材料研究会年報	Mg-Mn フェライト	水上益良	大 船
38-5-11	エレクトロニクスダイジェスト	三菱 FM-11D 形トランジスタ式 移動用 400 MC FM 無線装置	奥 村 徹	無 線 機
38-5-11	油圧技術	油圧サーボの応用	池 上 一 郎	鎌 倉
38-5-11	自動制御協会	サーボ弁の解析	金子敏夫・吉田和彦	鎌 倉
38-5-13	高分子化学	エポキシ樹脂硬化物の性質におよぼす橋かけ密度と膨潤の効果	破 魔 武 司	研 究 所
38-5-15	照明普及会	工場照明実施例(屋内全般)	柴 山 恭 一・児 玉 峯 一	研 究 所
38-5-16	社団法人日本電気協会研究会講演論文集	磁気軸受付 MU-31 形積算電力計について	小堀富次雄	本 社
38-5-17	自動車技術会	トランジスタイグナイタの研究 沿面放電点火系への応用	広 瀬 薫	姫 路
38-5-22	中国電力	照明専門教育講習会テキスト (商店、街路、観光、事務所、照明設計、照明の指導、方法、照明経済)	三木隆雄	本 社
38-5-22	応用物理	Si による CS <sub>2</sub> Cr O <sub>4</sub> の環元反応温度	小堀富次雄	本 社
38-5-23	日本非破壊検査協会	Lamb 波による超音波探傷	西 岡 直	研 究 所
38-5-25	電気通信学会	Self-Organizing System における認識関数の設計理論	大鳥羽幸太郎・上田時芳	無 線 機
38-5-25	オーム	トランジスタ 形方形特性距離継電器	福永圭之助・伊藤貴康	研 究 所
38-5-25	オーム	トランジスタ 形空心変成器母線保護継電器	北 浦 孝 一	神 戸
38-5-29	電気計算	最近の直流電動機とその応用	森 健	神 戸
38-5-31	アナログ技術研究会	トランジスタ式アナログ計算	小山健次	神 戸
			大鳥羽幸太郎・柴谷浩二	無 線 機
			多 田 淳・奥 田 治	

# 各種光源による建築材料の見かけの色

塚 田 敢\*

## Apparent Color of Building Materials under Various Light Sources

Chiba University Isamu TSUKADA

Measurements have been made on the colors of building materials in the room to see how they look under various light sources such as natural light in fine days, that in cloudy days, fluorescent lights and incandescent lights. In the study a standard C light source was used as a reference and the measurement was made by the binocular septum comparison and absolute color rendition values under the condition of responding action of eye were considered with reference to three categories of colors according to the corrected Munsell system. The results have revealed that measured values of color rendition by eye sight have smaller divergence than calculated values because of responding effect of eye. The studies furnish with basic information on the apparent colors of the building materials indicated quantitatively by the Munsell system.

### 1. ま え が き

建築色彩計画において重要な問題の一つに照明光によって色がどのように見えるかということがある。とくに最近のようにケイ光灯が普及し、各種の光色をもったケイ光灯が利用されるようになると、それらによって室内の色がどのように違って見えるかということを知り、これを色彩計画の効果に応用することが必要である。ケイ光灯の演色性については従来いくつかの研究<sup>(1)~(13)</sup>が見られるが、演色相対値を求めたものが多く、建築色彩計画に必要な昼光を基準とし、異なった光源による演色性を評価する絶対演色性に関する研究は少ない<sup>(14)</sup>。とくに昼光によって見える実際の建築材料の色が、照明光によってどのように変わって見えるかということは、材料表面の反射特性による色の見え方と、色順応による目の感度の変化といった条件が加わるため、計算によってその色の変化の結果を求めることは無理である。

このような見地から本研究<sup>(15)</sup>は昼光によって見える建築室内の自然材料、人工材料、および塗装の色が、各種ケイ光灯(昼光色、白色、温白色およびこれらのデラックス形)とタングステン電球による照明により、見かけの色をどのように変化するかを調べたものである。実験は昼光に相当する標準C光源を基準とし、各種光源によるマンセル色票の色の变化を、照明光に対する目の順応作用の条件による両眼隔視比較法によって測定した。これらの色の变化すなわち色差をマンセル表色系によって表示し、照明光の演色性の特色と材料の反射特性による色の変化の傾向を検討したものである。

### 2. 実 験 装 置

実験装置は図2.1のように高さ35cm、奥行30cm幅8.5cmの箱を、幅25cmと60cmの二つに仕切り、一方に標準光源、他方に比較光源を取り付けた。箱の内側はN5の灰色に塗装してある。比較光源は上下に可動で、標準光源と比較光源による測定面が常に同じ照度を保つようにし、両光源ともスライダックにより電圧変動による照度および色温度の変化を防いだ。

自然光を比較光源とするときは、箱の比較光源部の上ラタを開き、外光を導入させるようにし、照度は導入光の窓からの距離によって調節した。

箱の側面には比較光源部と標準光源部の側定面をそれぞれ両眼

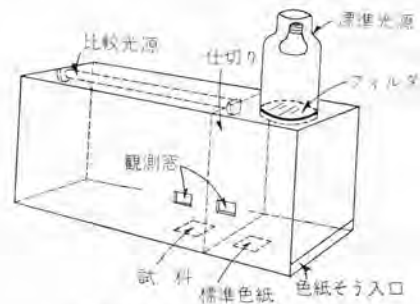


図 2.1 両眼視比色実験装置

Fig. 2.1 Binocular visual color comparison device.

で観測できるように2個の観測窓がつけられ、左眼で試料を、右眼で色票をのぞく。比較光源と標準光源はいずれも試料および標準色票を垂直に照明し、観測はこれを45°の角度で見て行なう。

### 3. 実 験 方 法

実験には基準光源として昼光に相当する標準C光源(日本色彩社製 デーライト)を用いた。これは自然昼光を基準光源にすると、自然昼光の分光特性は時間や天候の影響が微妙なため、長時間にわたる実験では色性の安定を保つことが困難なことから、順応の条件を満足させることがむずかしく、測定結果の精度を期しがたいためである。

比較光源は次の11種である。

- (1) 晴天光: 6月の快晴日、正午の北窓自然光。
- (2) 曇天光: 6月の曇天日、正午の北窓自然光。
- (3) 昼光色ケイ光灯: 色温度6,500°K、北窓からはいる曇天光に相当。
- (4) デラックス昼光色ケイ光灯: 同上。
- (5) 白色ケイ光灯: 色温度4,500°K、日の出2時間後の日光直射光に相当。
- (6) デラックス白色ケイ光灯: 同上。
- (7) 温白色ケイ光灯: 色温度3,500°K、日の入り1時間前の日光直射光に相当。
- (8) デラックス温白色ケイ光灯: 同上。
- (9) 温白色ケイ光灯: 色温度3,000°K、100Wタングステン電球の光に相当。
- (10) デラックス温白色ケイ光灯: 同上。



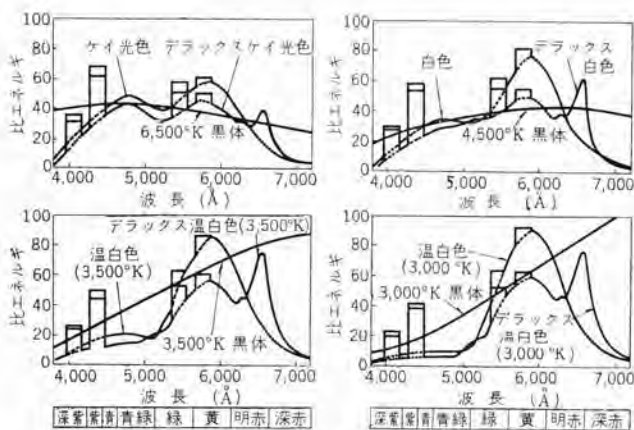


図 3.1 各種ケイ光灯の分光エネルギー分布  
Fig. 3.1 Spectral energy distribution of various fluorescent lights.

表 3.1 測定試料

番号	試料	x	y	Y	修正マンセル値	備考
1	水性塗料(灰)	0.310	0.314	46.870	N 7.3	ベニヤ塗装
2	" (赤)	0.357	0.312	27.330	1 R 5.7/4.3	"
3	" (黄)	0.353	0.371	40.070	6 Y 6.8/3	"
4	" (緑)	0.285	0.349	31.316	7 G 6.1/3.6	"
5	" (青)	0.263	0.296	34.750	5 B 6.4/3.7	"
6	" (紫)	0.308	0.289	42.040	7 P 6.9/3.9	"
7	リノタイル(茶)	0.415	0.355	15.357	2.5 YR 4.5/4.5	
8	" (緑)	0.307	0.361	8.757	0.7 G 3.5/2	
9	" (紺)	0.264	0.280	8.658	0.5 PB 3.4/2.4	
10	杉	0.392	0.368	37.600	7.2 YR 6.6/4.5	
11	ひのき	0.358	0.356	59.606	10 YR 8 3.1	
12	畳	0.335	0.365	33.140	3 GR 6.3/2.2	備後表
13	モルタル	0.325	0.332	26.068	2.5 Y 5.7/1	1:3モルタル

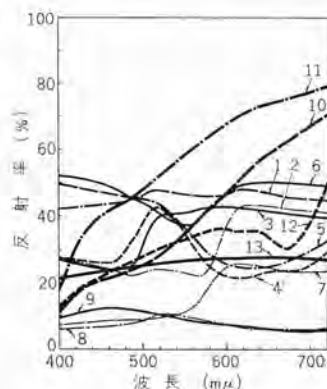


図 3.2 試料分光反射率曲線  
Fig. 3.2 Reflection factor curves of sample spectral light.

(11) タングステン電球: 100 W ガス入電球.

ケイ光灯 8 種はいずれも三菱電機製, 20 W, 直管形のもので, これらの分光エネルギー分布を図 3.1 に示す.

測定材料としては表 3.1 に示す 13 種の建築材料を選んだ. 選定の理由は水性塗料は壁面用の塗装色, リノタイルは床材, 杉とひのきは和室の天井および柱材, 畳は和室の床材, モルタルはコンクリート建造物の壁および床材として, いずれも建築材料の中で最も利用度の多いものである. これらの材料色を標準 C 光源で照らしたときの 3 色記号  $x, y$  および  $Y$  と, 修正マンセル値を表 3.1 に示し, またそれらの分光反射率曲線を図 3.2 に示す.

測定方法は色差判定に熟練した 20 才代の健眼の青年 2 名を観測者とし, 観測者は暗室内にあって測定に先だち左右の目で観測窓から箱内をのぞき, それぞれ比較光源と基準光源とで照らされた箱内(照度 500 lx)の N5 の無彩色を約 5 分間凝視し, 目を両光源光色に順応させる. ついで左眼は比較光源で照らされた試料

(5×5 cm), 右眼は基準光源で照らされた標準色票を見, 両色の色が見え同じに見えるまで試験者に色の差異を指示して, 標準色票を換えさせる. 標準色票は色票の大きさの穴をあけた N5 の灰色のマスクをつけ, 周囲の色による対地の影響を避けてある. このようにして視感等色されたときの標準色票の修正マンセル値が, 試料色の照明光による見かけの色の表示となる.

標準色票は JIS 標準色票<sup>(15)</sup> (994 色), Munsell Book of Color<sup>(16)</sup> (1456 色), Ostwald 系の Color Harmony Manual<sup>(17)</sup> (943 色) の計 3493 色である. JIS 標準色票は修正マンセル色票であり, 後の二つの色票も修正マンセル値に変換でき, 測定値はすべて修正マンセル値である. 試料色に等色する標準色票が無いときは, その近似色との色差を観測者の主観によって判定させたが, 標準色票の色数が多いだけにその誤差はきん少である. 測定は同一試料について各 2 回ずつ行ない, 色相, 明度, 彩度に関してそれぞれの平均値を求めた. このようにして 11 種の光源のそれぞれについて,

表 4.1 デラックスケイ光灯による試料色(測色計算値)

光源	番号	試料	x	y	Y	修正マンセル値
デラックス屋光色ケイ光灯	1	水性塗料(灰)	0.326	0.318	46.857	5 R 7.3/1.8
	2	" (赤)	0.366	0.315	27.307	2.5 R 5.8/4.8
	3	" (黄)	0.374	0.404	40.604	3 Y 6.9/3.5
	4	" (緑)	0.300	0.348	30.369	3 G 6.0/2.4
	5	" (青)	0.278	0.293	33.866	1.3 PB 6.3/3.0
	6	" (紫)	0.324	0.293	41.877	2 RP 6.9/4.5
	7	リノタイル(茶)	0.424	0.365	16.028	3.8 YR 4.6/4.8
	8	" (緑)	0.322	0.363	8.744	7 GY 3.5/1.9
	9	" (紺)	0.267	0.288	8.494	8 B 3.4/2.1
	10	杉	0.402	0.374	38.263	9 YR 6.7/5.5
	11	ひのき	0.381	0.359	60.339	5 YR 8.8/4.7
	12	畳	0.364	0.367	33.332	2 Y 6.3/3.0
	13	モルタル	0.339	0.337	26.890	9 YR 5.7/1.0
デラックス白色ケイ光灯	1	水性塗料(灰)	0.347	0.355	46.919	2.5 Y 7.3/2.3
	2	" (赤)	0.403	0.343	27.515	9 R 5.8/5.7
	3	" (黄)	0.384	0.405	40.890	6 Y 6.9/5.0
	4	" (緑)	0.310	0.392	30.617	0.5 G 6.1/4.6
	5	" (青)	0.297	0.339	33.823	6.5 G 6.3/2.0
	6	" (紫)	0.342	0.334	41.896	4 YR 6.9/2.0
	7	リノタイル(茶)	0.449	0.383	15.785	5.3 YR 4.5/6.0
	8	" (緑)	0.339	0.400	8.754	5.5 GY 3.5/3.0
	9	" (紺)	0.297	0.399	9.641	1.8 G 3.6/2.3
	10	杉	0.424	0.398	38.536	8.5 YR 6.7/7.0
	11	ひのき	0.394	0.393	60.585	1.5 Y 8.1/5.7
	12	畳	0.383	0.398	33.403	4.5 Y 6.3/4.2
	13	モルタル	0.361	0.371	26.854	4 Y 5.7/2.9
デラックス温白色ケイ光灯 (3,500°K)	1	水性塗料(灰)	0.411	0.386	46.869	8 YR 7.3/6.0
	2	" (赤)	0.459	0.372	28.370	2.5 YR 5.9/8.3
	3	" (黄)	0.442	0.423	41.457	0.5 Y 6.9/8.2
	4	" (緑)	0.383	0.413	28.840	7.5 Y 5.9/4.5
	5	" (青)	0.364	0.375	32.235	3.5 Y 6.2/3.0
	6	" (紫)	0.416	0.363	42.168	2.5 YR 6.9/6.7
	7	リノタイル(茶)	0.502	0.397	16.846	4 YR 4.7/9.2
	8	" (緑)	0.400	0.426	8.587	6.5 Y 3.4/3.9
	9	" (紺)	0.367	0.364	8.189	9 YR 3.3/1.8
	10	杉	0.480	0.412	40.050	6.5 YR 6.8/10.5
	11	ひのき	0.454	0.413	61.978	8 YR 8.2/9.8
	12	畳	0.456	0.404	31.791	7.5 YR 6.2/7.8
	13	モルタル	0.435	0.391	27.013	7 YR 5.7/6.0
デラックス温白色ケイ光灯 (3,000°K)	1	水性塗料(灰)	0.437	0.400	46.867	7.5 YR 7.3/7.8
	2	" (赤)	0.493	0.378	29.448	2 YR 6.0/10.3
	3	" (黄)	0.464	0.431	41.670	10 YR 6.9/7.8
	4	" (緑)	0.407	0.431	28.884	6.5 Y 5.9/5.8
	5	" (青)	0.391	0.394	31.913	2.5 Y 6.2/4.4
	6	" (紫)	0.443	0.379	42.256	3.5 YR 7.0/8.2
	7	リノタイル(茶)	0.519	0.402	17.251	4.0 YR 4.8/10
	8	" (緑)	0.424	0.437	8.529	4 Y 3.4/4.6
	9	" (紺)	0.394	0.381	8.076	8.5 YR 3.3/2.8
	10	杉	0.499	0.416	40.568	6.5 YR 6.5/12
	11	ひのき	0.474	0.420	62.516	7.5 YR 8.2/11.5
	12	畳	0.465	0.426	34.113	9.5 YR 6.3/8.5
	13	モルタル	0.448	0.411	27.079	9 YR 5.7/5.5

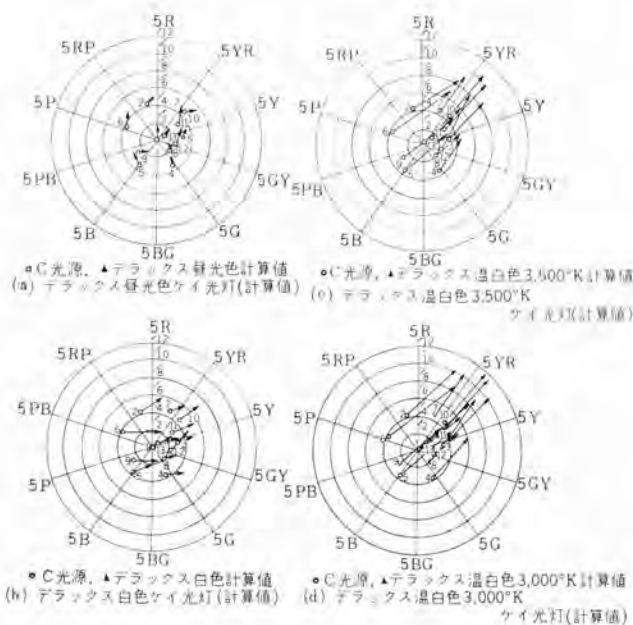


図 4.1 ケイ光灯による試料色の変化(測色値)  
Fig. 4.1 Changes of sample colors under fluorescent lights.

13 種の試料の色の变化を測定した。

#### 4. ケイ光灯の演色性の測色計算

視感による測定結果を測色計算による演色性の傾向と比較検討するため、とくにケイ光灯として今後の利用度が多い各種のデラックス形によって13種の試料を照らしたときの表色値を計算した。測色計算は各ケイ光灯の分光エネルギー分布曲線、スペクトル3刺激値 $x, y, z$ 、各試料の分光反射率曲線を10nmの等波長間隔に分割して行なう10nm等波長間隔法<sup>(18)</sup>による。なお水銀線スペクトルによる部分は各線スペクトル波長について別に計算して加え合わせた。

このようにして求めた各デラックス形ケイ光灯による各試料色の $x, y$ および $Y$ の値、およびこれから換算した修正マンセル記号(C光源による)を表4.1に示す。

この修正マンセル値と、表3.1の標準C光源によって照らされたときの各試料色の修正マンセル値を比較することにより、標準C光源によって見た試料色が、ケイ光灯で見たときにどのように変わるかという演色値が得られ、これを図4.1(a~d)のマンセル色環にH(色相)、C(彩度)の点によって示し、色相と彩度のズレを表わす。これらの計算値には順応の効果はいっておらず、したがって実際に見える色は理論的にも色差が標準C光源のH、C点の方向に縮小されるはずである。

#### 5. 測定結果

視感測定は観測者による色差判定の個人差があるため、実験結果はこれを平均して考えることは無理であるから、本研究の実験結果は2人の観測者のそれぞれについて別々に表示する。表5.1は2人の観測者によって測定された光源による試料の見かけの色を修正マンセル値で表わしたものである。

この修正マンセル値の色相および彩度、すなわちH、C点の変化を各光源ごとに図5.1(a~k)のマンセル色環に示す。H、C点の変化は標準C光源による試料の修正マンセル値を基点とし、2人

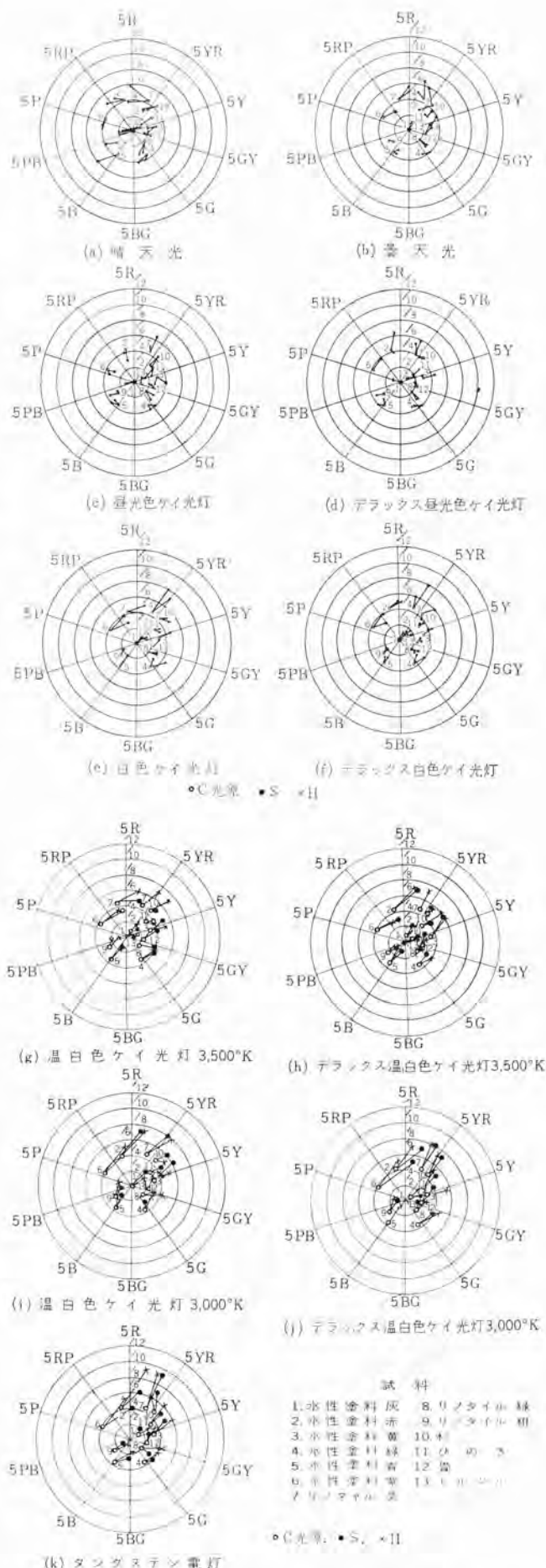


図 5.1 光源による試料色の変化  
Fig. 5.1 Changes of sample colors depending on light sources.

表 5.1 光源による試料の見かけの色 (視感測定)

光源	試料	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		水性塗料 灰	水性塗料 赤	水性塗料 黄	水性塗料 緑	水性塗料 青	水性塗料 紫	リノタイル 紫	リノタイル 緑	リノタイル 黄	リノタイル 赤	ひのき	壁	モルタル
標準 C 光源 (測色値)		N 7.3	1 R 5.7/4.3	6 Y 6.8/3	7 G 6.1/3.6	5 B 6.4/3.7	P 6.9/3.9	2.5YR 4.5/4.5	0.7G 3.5/2.0	0.5PB 3.4/2.4	7.2YR 6.6/4.5	10 YR 8.3/1	3 GY 6.3/2.2	2.5Y 5.7/0.8
晴天光	S <sub>10</sub> 6.5PB 8.5/2	3.5RP 7.5/2	10 Y 8.2/2	2.5BG 7.4/9	9 B 7.3/6	2 P 8.4/2.5	5.54 4 R 6.5/6	1 GY 4.3/3	3.5PB 3.8/4	2 YR 7.7/3	8.5YR 9.1/5.3	9 YR 9.1/5.3	8.5YR 9.1/5.3	PB 7.1/1.8
曇天光	S <sub>10</sub> 8.3/1.2	5 R 6.5/5	3 Y 7.7/4	3.5G 6.4/3	3 B 7.5/3.5	RP 7.5/3	10 R 5.1/5	2.5G 4.5/3	3 PB 4.3/3	2.5YR 6.5/3	8 YR 8.4/3	6 Y 7.5/3	6 Y 7.5/3	1.2Y 7.4/0.8
昼光色ケイ光灯	S <sub>8</sub> 8.3/1.2	10 RP 6.5/3	1 GY 7.5/2.5	7 G 7.4/4	8.5B 7.3/4	5 P 8.5/3.5	1.5YR 5.8/5	3 G 5.3/3	2.5PB 4.5/3.5	7 YR 7.5/3	4 Y 8.1/5	1 GY 7.5/2	1 GY 7.5/2	1 GY 7.5/2
デラックス昼光色ケイ光灯	S <sub>4</sub> 8.2/1.2	1.5R 6.5/4	6 Y 8.3/3	8 G 8.4/3.5	7.5B 7.2/4	7.5P 8.4/1.5	YR 6.6/6	1 G 4.5/2.5	0.5PB 3.7/2.5	YR 7.5/4	1.5Y 8.5/2	10 Y 7.5/2	10 Y 7.5/2	1.5Y 7.8/0.8
白色ケイ光灯	S <sub>5</sub> YR 8.5/1	8 R 6.5/4	5 Y 7.8/4	5 Y 8.3/4.5	5 B 7.3/3	2 RP 8.4/1.5	YR 6.6/6	6.5GY 4.5/3	4 RB 4.5/2	10 YR 7.5/3	1 Y 8.5/3.5	6 Y 7.5/3	6 Y 7.5/3	1 Y 7.7/1.5
デラックス白色ケイ光灯	S <sub>5</sub> YR 7.5/1.5	5 R 7.1/5	5 Y 7.7/4.5	5 Y 8.4/5.5	5 B 7.3/3	2 RP 8.4/1.5	YR 6.6/6	6.5GY 4.5/3	4 RB 4.5/2	10 YR 7.5/3	1 Y 8.5/3.5	6 Y 7.5/3	6 Y 7.5/3	1 Y 7.7/1.5
温白色ケイ光灯 3,500°K	S <sub>10</sub> YR 8.1/5.0	5 R 7.1/5	5 Y 7.7/4.5	5 Y 8.4/5.5	5 B 7.3/3	2 RP 8.4/1.5	YR 6.6/6	6.5GY 4.5/3	4 RB 4.5/2	10 YR 7.5/3	1 Y 8.5/3.5	6 Y 7.5/3	6 Y 7.5/3	1 Y 7.7/1.5
デラックス温白色ケイ光灯 3,500°K	S <sub>3</sub> YR 7.2/2	5 R 7.1/5	5 Y 7.7/4.5	5 Y 8.4/5.5	5 B 7.3/3	2 RP 8.4/1.5	YR 6.6/6	6.5GY 4.5/3	4 RB 4.5/2	10 YR 7.5/3	1 Y 8.5/3.5	6 Y 7.5/3	6 Y 7.5/3	1 Y 7.7/1.5
温白色ケイ光灯 3,000°K	S <sub>8</sub> YR 7.8/2.5	5 R 6.8/7	5 Y 7.7/4.5	5 Y 8.4/5.5	5 B 7.3/3	2 RP 8.4/1.5	YR 6.6/6	6.5GY 4.5/3	4 RB 4.5/2	10 YR 7.5/3	1 Y 8.5/3.5	6 Y 7.5/3	6 Y 7.5/3	1 Y 7.7/1.5
デラックス温白色ケイ光灯 3,000°K	S <sub>8</sub> YR 7.8/2.5	5 R 6.8/7	5 Y 7.7/4.5	5 Y 8.4/5.5	5 B 7.3/3	2 RP 8.4/1.5	YR 6.6/6	6.5GY 4.5/3	4 RB 4.5/2	10 YR 7.5/3	1 Y 8.5/3.5	6 Y 7.5/3	6 Y 7.5/3	1 Y 7.7/1.5
タングステン	S <sub>9</sub> YR 7.5/2	5 R 6.8/7	5 Y 7.7/4.5	5 Y 8.4/5.5	5 B 7.3/3	2 RP 8.4/1.5	YR 6.6/6	6.5GY 4.5/3	4 RB 4.5/2	10 YR 7.5/3	1 Y 8.5/3.5	6 Y 7.5/3	6 Y 7.5/3	1 Y 7.7/1.5

記号は修正マンセル値, \*S.H. は観測者

の観測者の測定値への動きをそれぞれ直線で示してある。

#### (1) 晴天光

図 5.1 (a) のように標準 C 光源よりも青紫味が強く、PB の方向へ色が少しくずれる。明度は V1 程度高くなる。天空光の青さを主とする光である。

#### (2) 曇天光

図 5.1 (b) のように標準 C 光源に比べ、色の変化が少ないが、

やや R~YR の方向へ色がずれる。低彩度および BG~PB の試料はほとんど変わらない。明度は試料 4, 7, 8, 10, 11 は変わらず、その他は V1 程度高くなる。標準 C 光源に近い光である。

#### (3) 昼光色ケイ光灯

図 5.1 (c) のように標準 C 光源に対し、色の変化のきわめて少ない光源である。明度は全体的に V1 程度高くなる。標準 C 光源に似て昼光に近い。

#### (4) デラックス昼光色ケイ光灯

図 4.1 (a) の計算値も、図 5.1 (d) の視感測定値も色の変化はきわめて少ない。明度は全体的に V1 程度高くなる。標準 C 光源に対し絶対顕色性が最も良い光源といえよう。

#### (5) 白色ケイ光灯

図 5.1 (e) のように標準 C 光源に比べ、Y の方向への色のズレが見られる。明度は試料 5 以外は V1 程度高く、試料 13 は V2 程度高くなる。昼光に近いが黄味を帯びているため冷たさがなく、明快なふんい気をつくる。

#### (6) デラックス白色ケイ光灯

図 4.1 (h) のように計算値は全体的に Y の方向にかたよっている。しかし視感測定値は図 5.1 (f) のようにやや YR 方向への色ズレが見られる。明度は試料 1, 11 が変わらず、その他は V1 程度高くなる。白色ケイ光灯よりも色ズレの方向性が明らかなことは、相対顕色性 (色温度 4,500°K) のすぐれていることを示すものといえよう。

#### (7) 温白色ケイ光灯 3,500°K

図 5.1 (g) のように YR~Y の方向へ色が相当にずれる。明度は試料 8, 9 は変わらず、それ以外は V1 程度高くなる。標準 C 光源に比べて、だいたい味を帯びており、ややだいたい味のあるふんい気をつくる。

#### (8) デラックス温白色ケイ光灯 3,500°K

図 4.1 (c) の計算値は全体的に YR の方向へ大きく変化している。しかし図 5.1 (h) の視感測定値の色ズレは、目の順応効果のため計算値の 1 程度である。温白色ケイ光灯よりも YR 方向へのカテゴリーが著しい。明度は試料 1, 4, 9, 11 は変わらず、それ以外は V1 程度明るく見える。YR 方向への色ズレの方向性の明らかなことは相対顕色性 (色温度 3,500°K) のよさを示すものといえよう。

#### (9) 温白色ケイ光灯 3,000°K

図 5.1 (i) のように色の変化は図 5.1 (k) のタングステンに似て、YR の方向に大きくかたよる。明度は試料 4, 5, 8, 9 が変わらず、それ以外は V1 程度明るく見える。標準 C 光源に比べだいたい味が大きく、タングステンに近い温味のあるふんい気をつくる。

#### (10) デラックス温白色ケイ光灯 3,000°K

図 4.1 (d) の計算値はすべての色が YR の方向へ非常に大きく動くが、視感測定の色は図 5.1 (j) のように順応の効果により色



表 6.1 各ケイ光灯の演色効果

種 類	演 色 効 果
昼 光 色 デラックス昼光色	標準C光源に似て昼光に近い清涼なふんい気をつくる
白 色 デラックス白色	標準C光源より黄味を帯びており、明快なふんい気をつくる
温 白 色 (3,500°K) デラックス温白色 (3,500°K)	標準C光源よりややだいたい味があり、快適なふんい気をつくる
温 白 色 (3,000°K) デラックス温白色 (3,000°K)	標準C光源よりだいたい味が多く、タングステンランプに似て温和なふんい気をつくる

えは計算値の  $\frac{1}{2}$  程度である。明度は試料 5, 8, 11 が変わらず、それ以外は V1 程度明るく見える。温白色ケイ光灯に比べ色えの方向性が YR の方へ明確であり、相対演色性（色温度 3,000°K）のよさを示している。

## 6. 総 括

本実験の結果を総括すれば次のようになる。

(1) 目の順応効果の条件を入れたケイ光灯の演色性の視感測定値は、測色による演色性の計算値より色えが  $\frac{1}{2}$  程度小さくなる。

(2) ケイ光灯の標準形（昼光色、白色、温白色 (3,500°K) 温白色 (3,000°K)）と、それらのデラックス形との演色性の比較は、それぞれが基準とする色温度に対する相対演色性においていずれもデラックス形のほうがすぐれている。

(3) 標準C光源を基準とするケイ光灯の絶対演色性は白色、温白色 (3,500°K)、温白色 (3,000°K) の順に、しだいに色えが大きくなるが、色相環の R~GY 間の材料色は彩度が増し、BG~P 間の材料色は彩度が低下し、P~R および GY~BG 間の材料色はそれぞれ YR~Y 方向へ色相が変動する。

(4) 標準C光源に対する各ケイ光灯の演色効果は表 6.1 のとおりである。

(5) 晴天光（北窓の天空光）は標準C光源に比べ青味が多く、曇天光は標準C光源に近い演色効果をもつ。

(6) 2 人の観測者の視感測定値は色相に違いが多いが、明度、

彩度はほぼ同じ値を示しており、色相の判定よりも明度、彩度の判定のほうが客観性がある。

## 7. む す び

以上のように建築室内の材料色が各種光源（自然昼光、ケイ光灯、タングステン電球）の採光および照明下において、光源色の特性により見かけの色がいかに変化するかを、標準C光源を基準として两眼隔視比較法により測定し、絶対演色性を色の 3 属性について表示、考察した。これは建築色彩計画にあたって照明光源と材料色の選定に適用しうる基礎的資料を提供しようとしたものである。建築室内の使用目的に応じて材料色を生かすように、適切な演色性をもった照明光源が選ばれるべきであろう。

## 参 考 文 献

- (1) 森：照学誌，37，371。（昭 28）
- (2) P.J. Bouma, A.A. Kruithof：Philip Tech. Rev. 9, 257. (1947/48)
- (3) G.B. Buck II：Illum. Eng. 45, 165. (1950)
- (4) H.W. Bodmann und B. Jacobson：Farbe 8-4/6, 127. (1959)
- (5) R.W.G. Hunt：J. Opt. Soc. Amer. 40, 362. (1950)
- (6) G.T. Winch, B.M. Young：G.E.C.J. 18, 88 (1951)；19, 303 (1952).
- (7) C.W. Jerome, D.B. Judd：Illum. Eng. 48, 259 (1953)
- (8) 井手，伊吹：「三菱電機」，28 臨 3。（昭 29）
- (9) 東，森：照学誌，38，187。（昭 29）
- (10) 東，森：照学誌，43，577。（昭 34）
- (11) 井手，伊吹：照学誌，40，380。（昭 31）
- (12) A.C. Barr, C.N. Clark, J. Hessler：Illum. Eng. 47, 649. (1952)
- (13) 角野：照学誌，38，455。（昭 29）
- (14) 木村，明石，知久：建築学会研究報告，20，245。（昭 27）
- (15) 日本規格協会：“JIS 標準色票”（昭 35）
- (16) “Munsell Book of Color” Munsell Color Co. (1942)
- (17) “Color Harmony Manual” C.C.A. (1942)
- (18) 東：“色”河出書房（昭 22）
- (19) 塚田：千葉大学工学部研究報告，23，93。（昭 37）
- (20) 森：照学誌 42 No. 3, 100（昭 33）

有賀長敏\*  
井手平三郎\*\*

## Lighting and Light Sources of Studios in Chromo Photography (2)

Chiba University      Nagatoshi ARIGA  
Ofuna Works          Heizaburo IDE

In the previous reports on the subject were discussed numerous findings about the diversion of colors in the chromo photography when artificial lights of various lamps were used. This article deals with subsequent investigations by the use of day light type films to see what kind of light source will bring the optimum result. Also studies were made on the relations among strobo lights, blue flood lights, tungsten lamps, iodine lamps and color films. As a result de-luxe day light fluorescent lamps were proved the most suitable for the purposes. Particulars of the investigation and comparisons between other light sources and natural light are also touched on herein.

### 1. ま え が き

第1報で<sup>(1)</sup>は色温度 3,500°K と 4,500°K のデラックスケイ光ランプを天然色写真の撮影に使用すると、天然光で撮影したもの比べてどの程度の色ズレが生じるかについて調べた結果について報告し、その結果としてはタングステンタイプのフィルム (Ektachrome E3) を使用した時には 3,500°K のデラックス温白色ケイ光ランプが比較的良好であることを述べた。しかしデラックス 3,500°K ケイ光ランプも白熱電球のフラッドランプに比べると少し悪いようである。

今回はデライタタイプのフィルムを使用した場合には、どのような光源が最適であるかを調べ次いでストロボライト、ブルーフラッドライト、タングステンの電球、ヨ素電球とカラーフィルムとの関係について調べた。

ケイ光灯ではデラックス 昼光色 ケイ光ランプが最適であることが判明したのでその結果および他の光源について天然光 (14 時の薄日) と比較したものについて報告する。実験に使用した光源はフィルムの色温度にだいたい合うようなものを選び、ケイ光ランプとしてはデラックス 白色 FL-40W-DL、昼光色 FL-40D、デラックス 昼光色 FL-40D-DL を使用し、さらに FL-40D には色補正用のフィルタを付けたものについても検討した。

ケイ光ランプ以外の光源としてはストロボ (U 社製 キセノンランプ)、白色フラッドランプ (A 社, B 社) ブルーフラッドランプ (A 社, B 社) およびヨ素ランプ (I 社) について調べた。これらの光源の分光エネルギー分布を図 1.1 および図 1.2 に示した。また FL-40D に使用した色補正用のフィルタの分光透過率を図 1.3 に示した。実験の方法は第1報と同じで、表 1.1 に使用した光源の色温度と撮影条件を示した。フィルムは第1報と同じでエクタクロームリバーサル のデライタタイプの E-3 と今回は E-2 についても検討して見た。

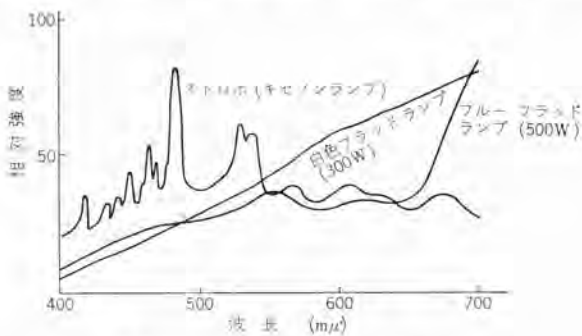


図 1.1 光源の分光エネルギー分布  
Fig. 1.1 Spectral energy distribution of light source.

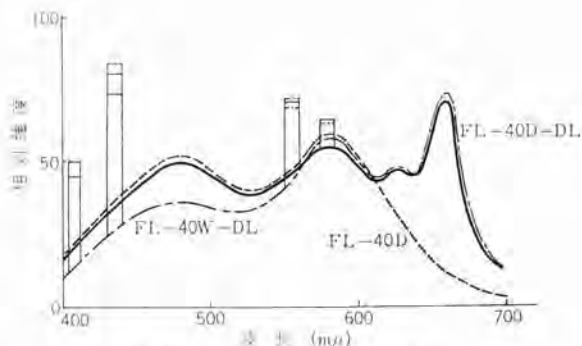


図 1.2 光源の分光エネルギー分布  
Fig. 1.2 Spectral energy distribution of light source.

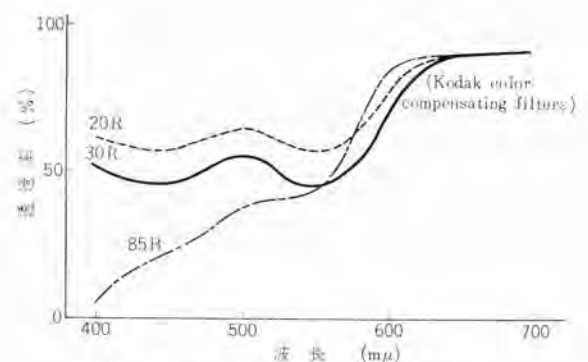


図 1.3 色補正用フィルタの分光透過率  
Fig. 1.3 Spectral transmission factor of color correction filter.

表 1.1 光源の色度と撮影条件

光 源	色温度 (°K)	フ ィ ル ム
天然光薄日 (14 時ごろ)	6,500	エクタ, デライタタイプ
300 W フラッドランプ	3,200	エクタ, タングステンタイプ
FL-40W-DL	4,500	エクタ, デライタタイプ
500 W ブルーフラッドランプ	6,000	"
ストロボ (キセノンランプ)	6,000	"
FL-40D	6,500	"
FL-40D-DL	6,500	"
FL 40D×20R	—	"
FL 40D×30R×85B	—	"

被写体の色票も第1報と同様に日本色彩研究所の純色8色でこのうち黒を除いて7色について計算した。

色差計算の基準としては14時の薄日で撮影したものを使用し、ULCS系に換算したAdamsの式<sup>(2)</sup>を使用して色差(ΔE)を求めた。

$$\Delta E = 40 \{ [\Delta(V_r - V_r)]^2 + [0.23 \Delta V_r]^2 + [0.4 \Delta(\Delta_z - V_r)]^2 \}^{1/2}$$

## 2. E-2 Ektachrome (Daylight) を使用したとき

光源としてはFL-40W-DL, FL-40D, FL-40D-DL, センラップ, ストロボおよびFL-40Dに20Rの色補正用フィルタを付けたものを使用した。

表2.1~2.6に上記の各種光源および自然光(14時の薄日)で照明した場合のフィルムの色度点とマンセルおよび天然光で撮影した場合との色差(ΔE)を示し、同時に露出条件を示した。

図2.1に天然光で撮影した場合との明度の差(ΔV<sub>r</sub>)と色相の関係を示した。図2.2に天然光で撮影した場合との色差(ΔE)をN.B.S.で示し、色相との関係を示した。図2.3には各光源で撮影した場合の色度をマンセル色相環に示し色ズレの方向がわかるようにした。

全色票を通じて一番色差の少ないものはFL-40D-DLである。

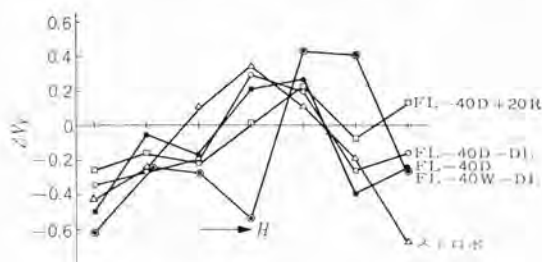


図 2.1 明度差(ΔV<sub>r</sub>)の変化(E-2)  
Fig. 2.1 Changes of difference brightness.

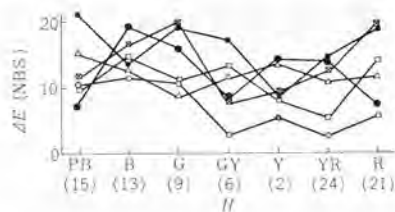


図 2.2 色差(ΔE)の変化(E-2)  
Fig. 2.2 Changes color difference.

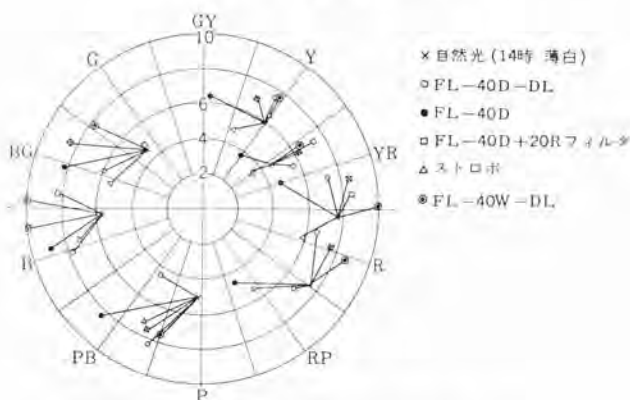


図 2.3 色相(H) 彩度(C)の変化(E-2)  
Fig. 2.3 Changes of hue and chroma.

しかし、この場合もP.B.G.の青色系の色に少し問題があるようである。FL-40W-DLは同じデラックス形でも色温度が低いために色差が相当大きくなっている。

表2.1~2.6の色差(ΔE)の平均値を各光源について比較するとFL-40D-DLが7.0で最もよいことがわかる。またFL-40Dの場合も20Rのフィルタで補正すると色差の平均が16.2から11.0に改良されることがわかる。

表 2.1 FL-40D

	x	y	Y	V <sub>r</sub>	H	C	ΔE
15	0.157	0.146	3.63	2.19	3.0PB	8.4	21.2
13	0.148	0.220	8.63	3.43	4.0B	9.0	13.6
9	0.191	0.321	14.00	4.29	5.5BG	8.2	19.2
6	0.371	0.453	29.50	5.95	4.0GY	6.4	17.2
2	0.377	0.383	31.60	6.13	3.0Y	3.8	8.4
24	0.457	0.340	4.78	2.55	10.0R	4.6	14.8
21	0.337	0.246	5.15	2.65	1.8RP	4.7	18.8
平均	—	—	13.9	—	—	—	16.2

表 2.2 FL-40D-DL

	x	y	Y	V <sub>r</sub>	H	C	ΔE
15	0.224	0.156	4.11	2.35	9.2PB	8.50	10.4
13	0.161	0.218	7.51	3.21	5.1B	7.9	11.6
9	0.224	0.328	13.86	4.27	4.7BG	6.1	10.8
6	0.420	0.438	30.35	6.03	5.0Y	6.5	2.8
2	0.419	0.380	30.75	6.06	7.0YR	5.8	5.2
24	0.535	0.332	5.26	2.68	8.6R	7.2	2.8
21	0.425	0.263	5.45	2.73	8.4RP	7.1	5.6
平均	—	—	13.9	—	—	—	7.0

表 2.3 FL-40D-20R フィルタ

	x	y	Y	V <sub>r</sub>	H	C	ΔE
15	0.212	0.169	4.38	2.43	7.5PB	7.3	10.4
13	0.172	0.235	8.12	3.33	4.2B	7.2	14.8
9	0.227	0.315	13.76	4.26	6.3BG	5.5	11.2
6	0.384	0.423	27.30	5.76	9.1Y	4.9	13.2
2	0.375	0.369	31.08	6.09	10.0YR	3.5	8.0
24	0.458	0.317	6.02	2.87	5.3R	5.9	5.2
21	0.363	0.256	6.67	3.03	4.1RP	5.5	14.0
平均	—	—	13.9	—	—	—	11.0

表 2.4 FL-40W-DL

	x	y	Y	V <sub>r</sub>	H	C	ΔE
15	0.237	0.170	4.36	2.43	10.0PB	7.7	7.2
13	0.123	0.249	5.96	2.86	9.3BG	10.0	19.2
9	0.214	0.380	11.45	3.92	9.9G	7.8	16.0
6	0.435	0.455	32.10	6.17	5.2Y	7.8	8.4
2	0.430	0.398	33.30	6.27	8.4YR	6.6	14.4
24	0.610	0.342	5.31	2.69	0.5YR	10.1	14.4
21	0.522	0.294	5.02	2.62	4.6R	8.8	9.2
平均	—	—	13.9	—	—	—	12.7

表 2.5 ストロボ

	x	y	Y	V <sub>r</sub>	H	C	ΔE
15	0.224	0.210	3.59	2.17	5.7PB	4.6	15.2
13	0.162	0.285	7.67	3.24	8.1BG	8.3	12.8
9	0.248	0.379	16.10	4.57	7.3G	4.7	8.8
6	0.434	0.457	31.15	6.09	5.9Y	7.7	11.6
2	0.449	0.406	29.70	5.97	8.3YR	7.5	13.6
24	0.576	0.361	5.53	2.75	1.7YR	8.7	10.8
21	0.507	0.314	3.73	2.22	7.4R	6.8	11.6
平均	—	—	13.9	—	—	—	12.0

表 2.6 天然光(薄日 14 時)

	x	y	Y	V <sub>r</sub>	H	C
15	0.282	0.207	5.28	2.69	4.5P	5.1
13	0.198	0.272	8.88	3.48	1.5B	5.8
9	0.268	0.365	15.30	4.46	7.2G	4.6
6	0.416	0.432	27.10	5.74	5.0Y	5.9
2	0.405	0.384	28.50	5.86	9.0YR	4.9
24	0.525	0.338	6.30	2.94	8.5R	7.8
21	0.455	0.279	6.10	2.89	0.7R	7.7
平均	—	—	13.9	—	—	—



### 3. E-3 Ektachrome (Daylight) を使用したとき

光源としては FL-40D, FL-40D-DL, FL-40W-DL, ブルーフラッドランプ (A 社製 500 W) キセノンランプ, ストロボ を使用し FL-40D には 20R と 85B の色補正用 フィルタ を付けたものについて検討した。

表 3.1~3.9 に上記の光源で撮影した場合の フィルム の色度点とこれを マンセル に変換したものおよび天然光 (14 時の薄日) で撮影した場合との色差 ( $\Delta E$ ) を示した。

図 3.1 に天然光で撮影した場合との明度の差 ( $\Delta V_Y$ ) と色相の関係を示した。表 3.8 は タングステンタイプの フィルム を使用し タングステン 電球で撮影したもので参考のために示したものである。

図 3.1 に天然光で撮影した場合との明度の差 ( $\Delta V_Y$ ) と色相の関係を示した。

表 3.1 FL-40D

	$x$	$y$	$Y$	$V_Y$	$H$	$C$	$\Delta E$
15	0.188	0.187	1.86	1.00	2.7PB	4.2	13.4
13	0.145	0.266	4.43	2.45	8.6BG	8.0	15.6
9	0.244	0.446	11.70	3.95	3.3G	7.1	16.8
6	0.420	0.517	34.80	6.39	3.7GY	10.5	17.7
2	0.452	0.470	37.00	6.56	5.1Y	9.5	13.5
24	0.565	0.393	4.32	2.41	3.4YR	9.4	12.8
21	0.532	0.334	3.46	2.13	9.0R	6.5	12.2
平均	—	—	14.0	—	—	—	14.5

表 3.2 FL-40D×20R

	$x$	$y$	$Y$	$V_Y$	$H$	$C$	$\Delta E$
15	0.266	0.210	2.65	1.80	1.5P	4.3	12.2
13	0.173	0.294	5.20	2.66	7.0BG	8.4	15.2
9	0.290	0.443	12.60	4.09	1.2GY	5.8	8.1
6	0.445	0.496	31.80	6.15	8.2Y	10.1	7.3
2	0.455	0.461	35.00	6.41	3.9Y	9.3	9.1
24	0.561	0.358	5.20	2.66	1.5YR	8.3	6.5
21	0.538	0.321	5.00	2.61	7.8R	8.1	6.5
平均	—	—	13.9	—	—	—	9.3

表 3.3 FL-40D×30R×85B

	$x$	$y$	$Y$	$V_Y$	$H$	$C$	$\Delta E$
15	0.292	0.223	2.74	1.84	5.1P	3.7	12.3
13	0.184	0.282	4.38	2.43	8.2BG	5.8	7.9
9	0.480	0.410	10.80	3.81	5.0G	6.0	5.4
6	0.424	0.484	30.60	6.05	9.7Y	9.3	12.3
2	0.254	0.401	36.70	6.54	7.6YR	10.0	7.8
24	0.582	0.345	6.20	2.92	10.1R	9.8	5.2
21	0.550	0.329	6.20	2.92	7.5R	9.0	8.6
平均	—	—	14.0	—	—	—	8.5

表 3.4 FL-40D-DL

色 No.	$x$	$y$	$Y$	$V_Y$	$H$	$C$	$\Delta E$
15	0.346	0.229	2.95	1.93	2.5RP	5.9	11.6
12	0.276	0.465	4.90	2.58	8.7BG	5.3	11.6
9	0.313	0.444	12.72	4.11	9.1GY	5.6	9.5
6	0.466	0.489	33.3	6.27	5.3Y	11.0	4.7
2	0.473	0.453	34.2	6.34	1.9Y	10.1	3.6
24	0.632	0.337	4.90	2.58	0.5YR	11.1	7.1
21	0.598	0.318	4.57	2.49	8.7R	10.1	9.2
平均	—	—	13.9	—	—	—	8.1

表 3.5 FL-40W-DL

色 No.	$x$	$y$	$Y$	$V_Y$	$H$	$C$	$\Delta E$
15	0.380	0.246	3.32	2.07	6.5RP	5.9	15.2
13	0.188	0.342	4.37	2.43	2.8BG	6.7	15.2
9	0.342	0.480	12.79	4.12	7.2GY	6.1	19.3
6	0.484	0.484	32.0	6.16	4.0Y	12.2	10.4
2	0.477	0.459	35.2	6.42	2.0Y	10.6	13.8
24	0.629	0.353	5.18	2.66	1.4YR	10.8	7.4
21	0.614	0.334	4.55	2.48	0.5YR	10.2	13.3
平均	—	—	13.9	—	—	—	13.5

図 3.2 に天然光で撮影した場合との色差 ( $\Delta E$ ) を NBS で示し色相との関係を示した。

図 3.3 には各光源で撮影した場合の色度を マンセル 色相環に示し色スレの方向がわかるようにした。

表 3.6 ブルーフラッドランプ

色 No.	$x$	$y$	$Y$	$V_Y$	$H$	$C$	$\Delta E$
15	0.376	0.239	2.98	1.94	5.5RP	6.1	14.5
13	0.210	0.315	4.44	2.45	5.3BG	5.1	16.4
9	0.337	0.468	11.80	3.97	7.5GY	5.8	15.2
6	0.465	0.487	35.40	6.44	5.4Y	11.1	16.9
2	0.471	0.459	33.80	6.31	2.5Y	10.0	10.8
24	0.622	0.342	5.1	2.66	0.6YR	10.8	6.0
21	0.612	0.319	8.94	2.29	9.5R	10.2	6.0
平均	—	—	13.9	—	—	—	12.6

表 3.7 ストロボ (キセノンランプ)

色 No.	$x$	$y$	$Y$	$V_Y$	$H$	$C$	$\Delta E$
15	0.203	0.172	1.75	1.35	6.2PB	5.2	16.3
13	0.135	0.198	3.27	2.06	4.5B	7.5	8.2
9	0.223	0.364	9.11	3.52	0.2BG	6.5	10.5
6	0.418	0.470	47.6	6.62	6.7Y	10.4	14.1
2	0.461	0.492	29.0	5.91	6.3Y	10.2	9.4
24	0.613	0.313	3.58	2.17	9.3R	10.1	5.7
21	0.566	0.323	2.39	1.68	0.5YR	7.1	9.2
平均	—	—	13.95	—	—	—	10.4

表 3.8 フラッドランプ

色 No.	$x$	$y$	$Y$	$V_Y$	$H$	$C$	$\Delta E$
15	0.316	0.228	4.93	2.59	9.6P	5.5	9.7
13	0.177	0.282	6.41	2.97	8.4BG	6.9	12.6
9	0.258	0.396	11.17	3.87	5.0G	5.8	4.4
6	0.428	0.457	31.5	6.12	6.5Y	7.5	19.4
2	0.427	0.417	33.75	6.31	1.7Y	6.6	10.8
24	0.601	0.346	4.72	2.53	1.0YR	9.4	1.7
21	0.548	0.313	4.85	2.57	7.0R	8.8	3.8
平均	—	—	13.95	—	—	—	8.6

表 3.9 天然光 (薄日 14 時頃)

色 No.	$x$	$y$	$Y$	$V_Y$	$H$	$C$	$\Delta E$
15	0.281	0.184	3.42	2.11	5.0P	7.2	—
13	0.175	0.234	6.43	2.97	4.7B	6.4	—
9	0.276	0.402	13.15	4.17	3.1G	5.4	—
6	0.465	0.483	31.7	6.14	5.1Y	10.3	—
2	0.453	0.438	34.5	6.37	1.9Y	8.5	—
24	0.617	0.345	4.13	2.35	1.7YR	9.7	—
21	0.567	0.300	4.15	2.36	6.8R	9.6	—
平均	—	—	13.9	—	—	—	—

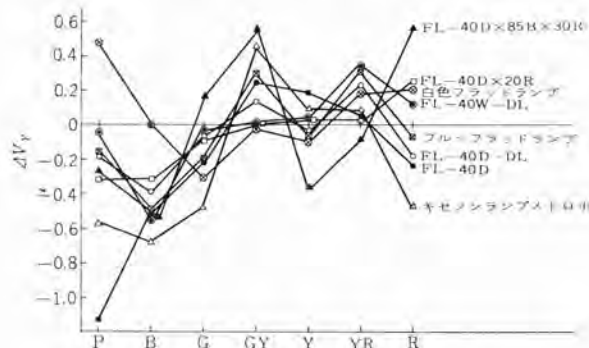


図 3.1 明度差 ( $\Delta V_Y$ ) の変化 (E-3)  
Fig. 3.1 Changes of brightness difference.

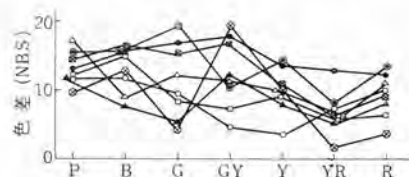


図 3.2 色差 ( $\Delta E$ ) の変化 (E-3)  
Fig. 3.2 Changes of color difference.



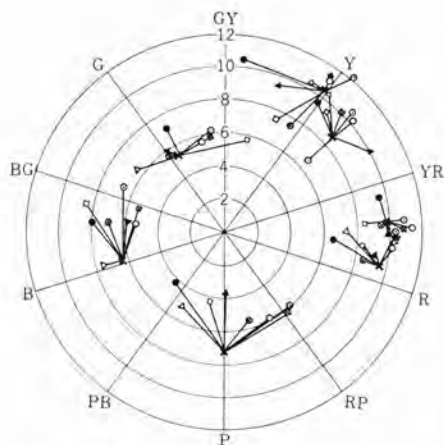


図 3.3 色相 (H) 彩度 (C) の変化 (E-3)  
Fig. 3.3 Changes of hue and chroma.

表 3.1~3.8 の色差 ( $\Delta E$ ) の平均値を比較すると FL-40D-DL (表 3.4) の場合が 8.1 で最も少なく以下白色フラッドランプ (タングステンタイプのフィルム使用), FL-40×30R×85B, FL-40D×20R, ストロブ, ブルーフラッドランプ, FL-40W-DL, FL-40D の順に色差の平均値が大きくなっている。FL-40D の場合は 20R のフィルタをつけ、さらに 85B のフィルタを付けると色差の平均値が 8.5 となり、FL-40D-DL とほとんど等しいくらいになることがわかる。

#### 4. 光源およびフィルタ使用の場合の特性

昼光色, デラックス 昼光色 ケイ 光ランプおよびそれぞれにフィルタを付けたものをラゴリオの標準感色計でみると図 4.1~4.5 のごとくである。E<sub>3</sub>, E<sub>2</sub> とともに大きくは変わらない。

以上の実験から デラックス 昼光色 ケイ 光ランプ FL-40D-DL の分光分布は視感度曲線に非常に近いものであることがわかる。なお参考のためストロボの分光分布も示した。

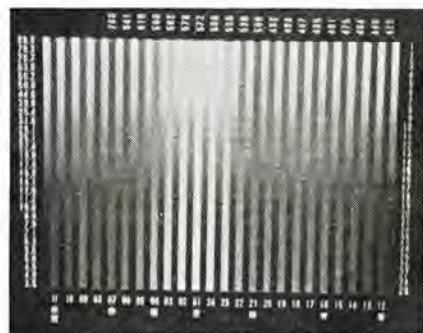


図 4.1 太陽光曇り (午後 2 時)  
Fig. 4.1 Sun light in cloudy day.

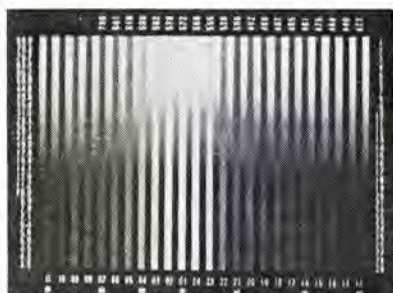


図 4.2 FL-40D-DL  
Fig. 4.2 FL-40D-DL

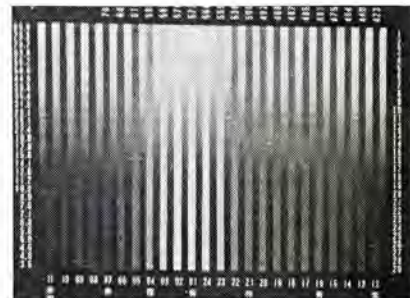


図 4.3 FL-40D  
Fig. 4.3 FL-40D

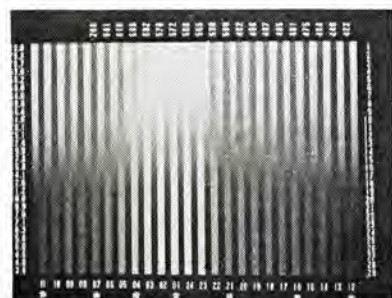


図 4.4 FL-40D+20R  
Fig. 4.4 FL-40D+20R

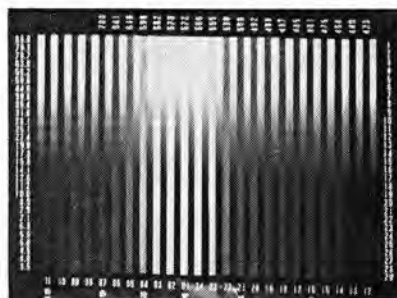


図 4.5 (a) FL-40D+85B+30R  
Fig. 4.5 (a) FL-40D+85B+30R

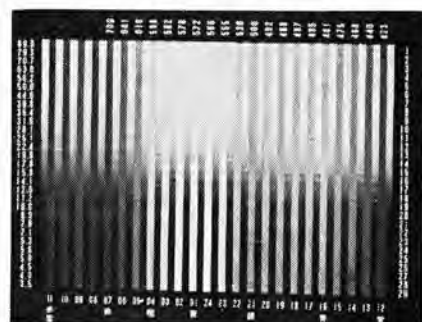


図 4.5 (b) ストロブ  
Fig. 4.5 (b) Strobo.



図 5.1 X+W2  
Fig. 5.1 X+W2

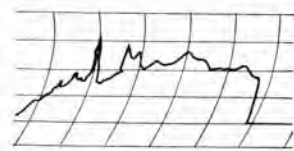


図 5.2 X+W8  
Fig. 5.2 X+W8

#### 5. ストロボライトの特性

低圧のキセノンガスを封入した放電燈で、その特長としては

- (1) 10,000 回以上の点滅の使用に耐える。
- (2) セン光時間が 1/1,000 sec ぐらいである。
- (3) 光量は、一般写真電球なみ。
- (4) 光色は、昼光色 6,000°K.

などがあげられ昨今非常に使われだしたこの分光分布は前記のごとくで今まで余り知られていなかった 4,800 Å ぐらいにピークがある。これによる影響と思われる青味が出易いので種々のフィルタのテストを行なった。当然フィルタは乳剤の分光感度とも関係があるのでその点も考慮に入れなくてはならない。結果としては現在市販には適当なフィルタがないが、この場合でも W<sub>8</sub> をネガカラーに、W<sub>8</sub> をリバーサルに用いるとよい。

なお露光は相反則不軌になるので通常露光の 2 倍ぐらいを要するとともに明暗の比を 1:5~1:6 ぐらいにするように注意することが必要である。

#### 6. ブルーフラッドランプの特性

ブルーフラッドランプは図 6.1 のごとき特性のため赤の部分を選択するようなフィルタが必要ではないと思われる。また、新品の時から明るさに差異がある製品が多い。実験の結果は点灯 4 時間後には光量が 3 割減となるものと半減するものがあった。色温度はそれ

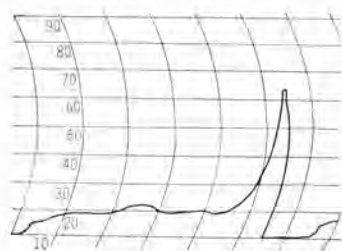


図 6.1 ブルー フラッド ランプ  
Fig. 6.1 Blue flood lamp.

ほど落ちないようだが、公称点灯時の色温度は5,500°Kあるいは6,000°Kには達していないようである。

また、寿命が割合に早くテスト中切れるものも多く出た。

## 7. タングステン電球の特性

寿命の長いものは色温度が公称より低く変化は少ない。寿命の短いものは色温度は公称に近いが、使用中の色温度の変化が大きい。タングステン電球が最も多く使われているわけで、従来白熱電球の色は古くなると色温度が下るから常に新しい電球で3,200°Kを保って撮影するようにいわれていた。

今回 A, B 2 製品の点灯時間と色温度の関係を調べてみた。

会社名	スタート (°K)	30 分 (°K)	1 時間 (°K)	4 時間 (°K)	7 時間 (°K)
A	3,120	3,180	3,000	2,900	2,920
B	2,930	2,930	2,940	2,920	2,930

A, B 社とも公称 3,200°K

これによって A 社製は7時間で約 200°K 下り、B 社製はスタートからほとんど変わらない。しかし光束は相当に変わっているので露出計で露光のみを注意すればよく、なおフィルタでリバーサルの場合は、そのフィルムに適合するようにブルーで、補正しネガカラーの時は、当然ブルー（あるいはCool）のケンコーC6ぐらいで、色温度を上げて置けばよいことになる。次に A 社の新品とその製品を使用して7時間経過したものものをEktachrome E<sub>3</sub> で色チャートを撮影して出た結果はほとんど色差は判別できなかった。光量は A の場合は半減し、B の場合は2割減であった。

## 8. ヨー素電球

ヨー素ランプはランプ管内にヨー素ガスが封入され、蒸発して管壁の黒化とフィラメントの老衰を防止する。それによって色温度3,200°Kを維持するというきわめて色温度という点では都合のよいカラーの撮影光源といわれる。

この分光分布をタングステン電球と比較すると図8.1のごとくヨー素ランプは赤の長波長で隆起がある。この辺を多少押えるようなフィルタを使えばよいと考えるが、色光そのものは現在のカラーフィルムには肌色の表現はよいようである。しかしこの出力光量は電球と同じでその上に光質がかたい。同時にランプ管は常に250°C

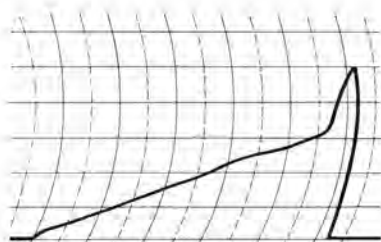


図 8.1 B 社製 ヨー素ランプ  
Fig. 8.1 Iodine lamp of B company in use.

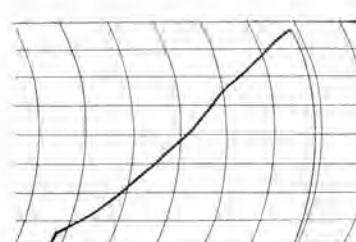


図 8.2 B 社製 ハニーソフト  
Fig. 8.2 Haney soft of B company.

以上を保たねばならないので相当な熱放散を伴う。

一方かたい光を軟調にするのと熱吸収のためのフィルタを考えると、光量の大きなロスを招く結果となる。

さらに灯具を水平に保ちヨー素反応を順調に継続しなければならない不便がある。これらの点から器具にも相当の検討を要するので今後の研究にまつところが多い。

## 9. カラーフィルムに対するケイ光灯の特性

上記のごとく、照明光源としてのケイ光灯に分析的な検討を加えると、視覚に対する通常の照明光源としての必要な特性は必ずしもカラー乳剤に対する必要な特性とは一致しない。

過般来いわれてきているケイ光灯の「緑ずみ」の原因について、水銀放電の輝線の影響でありあるいはまた視感度とカラーフィルムの感度との特性の異なりによるものか種々の解釈説明が行なわれてきている。結果的にはその影響と思われるものはなお除去されていない。そこで本質的なケイ光灯の可視部の水銀輝線のみによりカラーチャートを照明し種々のカラーフィルムで撮影してみた。これらの水銀輝線は朱、赤を青、紫に変えるため、すべてが青色系統の冷いやな色にする。

ランプの全光束とケイ光体層およびガラス管を通過してくる水銀輝線による光束との比は10:1ぐらいでケイ光灯より出る光量の10%ぐらいである。そしてこの光は青紫色画像を呈するということからアムパー系のフィルタを適宜駆使することにより、その悪影響を少なくできるのではないかという推定の下に実験を試みた。

まず水銀放電灯を作りこのスペクトル分布を調べ次にケンコーW4, W8のフィルタを順次加えてみた。

以上でW8フィルタが最も効果的であることがわかった。次にW4, W8フィルタとFL-40D-DLの関係を調べてみた。

図のごとく図9.7のW8をつけた場合は輝線のエネルギーは著しく低下する。一方色温度は4,000°Kとなるので、このフィルタの紫外線遮断能力とともにネガカラーフィルムには一石三鳥の効果がある。リバーサルカラーにはW2程度でそれ以上濃いものは不適當である。

## 10. ネガカラーフィルムの特性

カラープリントが昨今きわめて盛になり、カラーDPを初め専門家の

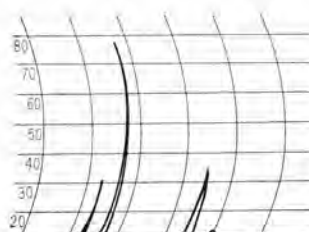


図 9.1 水銀放電  
Fig. 9.1 Mercury light.

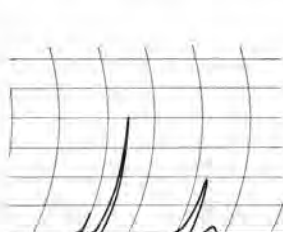


図 9.2 水銀放電 + W4  
Fig. 9.2 Mercury discharge lamp + W4.

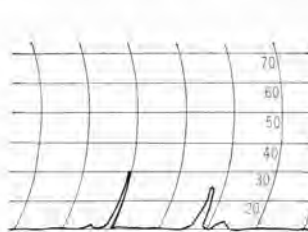


図 9.3 水銀放電 + W8  
Fig. 9.3 Mercury discharge lamp + W8.

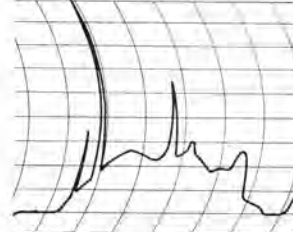


図 9.4 FL-40D-DL  
Fig. 9.4 FL-40D-DL



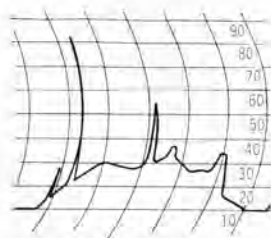


図 9.5 FL-40D-DL+W2  
Fig. 9.5 FL-40D-DL+W2

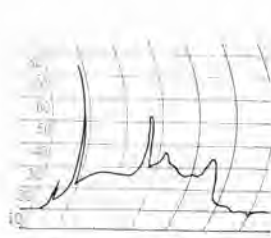


図 9.6 FL-40D-DL+W4  
Fig. 9.6 FL-40D-DL+W4

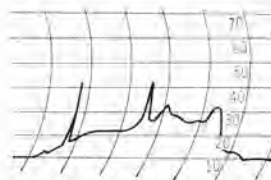


図 9.7 FL-40D-DL+W8  
Fig. 9.7 FL-40D-DL+W8

カラープリントもきわめて隆盛になった。これらのネガカラーフィルムはほとんどがユニバーサルタイプになっているので、この乳剤について考慮をはわれねばならない。色温度3,000~6,000°Kぐらいならどの色温度の光源で撮影してもよいということは、いいかえればいずれにもピッタリした乳剤構成になっていない。撮影後のプリント操作で適当に補正することで、その目的にかなわしめるようにできている。すなわち3,000~6,000°K範囲内ならいずれの色温度に対しても補正可能であるということで、補正度合が少なくてもプリントできれば、それが最もよいわけで、カラーペーパーのファクタを無視した時ストレートにプリントがよくできたとすればこの時のネガの撮影光源がそのネガカラーフィルムにバランスした光源と考えられる。

国産ネガカラーフィルムでは、この基準光源の色温度は4,000~4,500°Kあたりで引伸の時に色温度の高いもので撮影したものはそれだけ下げ、色温度の低いもので撮影した時はそれだけあげるのが普通である。4,000~4,500°Kに合っていてあるフィルムで6,000°Kあるいは3,200°Kで撮影した場合、青感層のみを考えてみても、前者は露出過度となり、後者は露出不足となる。これらを現像してでてきたそれぞれの層の画像は、それぞれのコントラストを初め、乳剤の活用位置が変わってくるのでそれぞれ特性の異なったものとなり、プリントの際補正フィルタを入れても、両者を完全に一致させることはできず、正常な補正範囲は厳密にはわずかである。このような画像のズレは他の二層にも表われて来るので、ユニバーサルタイプのネガフィルムをその名称どおりにどんな光源でも撮影するということは、便宜上の方法であって高度の好結果を期待するには、使用するユニバーサルタイプフィルムのバランスしている色温度で撮るのが最もよく、国産ネガカラーでは4,000~4,500°Kの色温度にフィルタなりあるいは光源なりを工夫して撮影するのがよりよい結果になる。

以上のネガカラー特性と前記のケイ光灯特性とからケイ光灯照明によるネガカラー撮影では、ケイ光灯として、FL-40D-DL、フィルタとしてケンコーW8を用いることが現在のところ最もよいようである。すなわちFL-40D-DLの6,500°KをW8で4,000°Kに落しかつケイ光灯の4,358, 5,461Åなどの輝線を抑制のためW8を効果的に用いるとともに紫外線カットの働きをもたす。スタジオにおける照明としてはフラットになりがちであるのでキーライトとしてブルーフラッド1~2個の併用を考える必要がある。色彩的には青緑のさが落ち、赤があざやかになる。

## 11. ケイ光灯のカラー発色と色再現 についての一つの考察

ここに考えるべきこととして七色の純色と黒について測定を行なってみると、前記のごとくケイ光灯の演色性はきわめてよく

なっているが、中間色の人間の膚色などについては、リバーサルカラー、ネガカラーともコンスタントには好結果は得られがたい。この点からみると、カラーフィルムの分光感度とケイ光灯の分光分布の間にうまく合致しない点があるのではないかと。次にケイ光そのものが人間の皮膚よりの分泌物である、脂肪、脂肪酸、コレステリン、グリセリンなど何らかの関係があるのか、あるいはまた汗の成分たる尿素、カンジカン、蛋白質などとは如何等と今後の研究余地がある。

次にはカラー写真の是非の判断について考えると、Kodak, Agfa を見てもわかるように、それぞれの国民性、あるいは文化的レベルによって観点が変わってくる。戦後英国のテクニカラー映画の「ヘンリー五世」、ソヴィエットのアグファカラー「石の花」以来のカラーを呈し、知らない人には有色人種かと思われる程であるが健康な娘の膚色としてそのぐらいいして調度よく減ぜられるわけで必ずしも原色に忠実であることのみが能ではない。

忠実な色再現性はフィルムはその能力を持たなくてはならないが終局はそれのみでなく、撮影者の意図に従ってコントロールされる内容も持たなくてはならない。また色再現性については主に純原色が比較され易いが、多くの画面の最も大きな面積を占めるものは中間色が多く、この中間色の表現は各メーカーともきわめて特長がある。これらの混色率の高いものについて検討することも大切であろう。それがカラーフィルムの一画面を形成した時の是非かは、色彩写真情報理論なるものを確立して、科学的な基礎付けをしさらにカラー乳剤の特性を明確にすればいっそう層照明光源と乳剤との関係がはっきりして行くであろう。

## 12. む す び

以上の結果より Daylight type のフィルムを使用する場合はエクタクロームフィルムE2形、E3形いずれの場合もデラックス形の昼光色(FL-40D-DL)で撮影した場合が色差が少なく最もよいことがわかった。

天然光で撮影したものとFL-40D-DLで撮影したものを透過色で見るとほとんど差がないので、FL-40D-DLでも(十分に)天然色写真の撮影に使用できることがわかった。FL-40D-DLを使用して転換フィルタを用いてタンクダステンタイプのフィルムに撮影した場合と色差はだいたい同じぐらいである。

ストロボ(キセノンランプ)は450mμ~550mμに強い線スペクトルがありこれが色差を大きくしている原因と思われる。キセノンランプの場合はガス圧によって発光スペクトルとくに線スペクトルの強度が大きく変わるので、もう少しガス圧の高いランプを使用すればよい天然色写真用の光源になるものと思われる。また450~500mμの光を吸収するような適当なフィルタを使用すればいっそう改良されるものと思う。

ブルーフラッドランプの場合は赤色(660mμ以上)の波長域に強い発光があるのでこの波長域に吸収のあるフィルタを使用すれば良いと思う。ケイ光ランプの場合はP系統の色ズレがきく、まだ問題はありますが最初に心配された405mμと436mμの水銀の強い線スペクトルの影響は純色の再現性ではあまり害がなく良好な結果が得られた。ケイ光ランプに使用されているケイ光体そのものの発光は400~450mμの範囲の発光が少なくこれを水銀の線スペクトルが補ったため比較的良好な結果が得られたものと思う。

## 参 考 文 献

- (1) 有賀, 高島, 井手: 『三菱電機』 Vol. 35 p. 1452 (昭36)
- (2) 東: 計量管理双書 (3) 照明および色彩 26
- (3) 有賀: 照学誌 Vol. 47 No. 8 (昭38)
- (4) Willard Allphin: Illum. Eng. Mar. 1962.
- (5) " " Dec. 1953.
- (6) 井手・伊吹: 照学誌 40, 380. (昭31)

# 各種照明施設における経済照度に関する考察

小堀 富次雄\*

## Consideration on Economical Illumination Levels in Various Lighting Installations

Head Office Fujio KOBORI

A method to determine the illumination level called for in various lighting installations needs investigation from diversified angles. It is of no question that higher illumination level is much desirable, but there is an economical problem which brings on a chief limitation in the determination. Then required illumination level and economical illumination level are not necessarily made the same. The illumination level, however, is recommended to be as high as the circumstances permit. This article deals with calculation of the most economical, mean illumination levels of respective lighting installations in factories, offices and turnpike roads together with study on them. The kind of light source is found to have different bearings in the economical illumination level with regard to the factory and the road.

### 1. ま え が き

筆者は先に(文献<sup>(1),(2)</sup>)ケイ光灯およびケイ光水銀灯の初光束が光源、安定器および照明器具などの価格およびランニング入力、安定器損失などの電力に密接な関連があり、それらの関係を近似的に実験式で表わし、それぞれの光源における経済寿命、照明費および初設備費について検討を加えた。おのおのの経済面からの傾向を論じそのときの光源における最も経済的な初光束を経済初光束と名付けた。経済初光束は光源の経済寿命における年間点灯時間、光源別の照明費または初設備費を経済的に有利にする限界を表わすものである。

以上の経済初光束を論じた場合はそれぞれ光源の一般的傾向であるから、照明器具も工場照明および道路照明に対するものであって、それらは初光束を基準としての経済評価であった。実際の照明施設では、たとえば工場・事務所・道路などのそれぞれの施設に対して単位照明あたりの年間照明費の比較をしなければならない。

ここでは各照明施設における経済照度に関し、2、3の考察を行った。照明施設における平均照度の決定は種々の角度から検討しなければならない。日本工業規格 JIS Z 9110 照度基準<sup>(3)</sup>では照度の重要性について、「……特別の場合を除き、照明によって変えうるものは照明環境と物の明るさだけとなり、ここに物をよく見るための条件としての照度の重要性があるわけである」とし、照明設計上最も重要な照度の基準を確立するにあると規格制定の目的を明記している。

照明施設の作業における所要照度は高いことが望ましいが、その決定は主として経済上の問題からその制限を受ける。したがって所要照度と経済照度とは必ずしも等しくはないが、事情が許せば高いほうがよい。

ここでは工場、事務所および道路などのそれぞれの照明施設における経済照度を算出し、それらにつき検討を加えた。ケイ光灯およびケイ光水銀灯のいずれかを選ぶべき照明施設では、光源の種類によってそれぞれの経済照度の値の異なることを見つけたのでそれらを比較して、比率をもっていずれの光源が経済的に有利かを検討した。

### 2. 原価の低減と経済照度

#### 2.1 視作業と高照度

照明の方法がよければ、明るいほど視力はよくなり、したがっ

て物は見えやすくなる。このことは照度に関して種々の数値を選ぶことはできるが各作業に対して最適の照度値はなく、一定の視野内においては照度分布が一樣ならば明るいほど物によく見える。

以上のように照明施設における照度の選定は照度の高いほうがより望ましいが高照度のため、施設が経済的に高価となるため視作業の難易の程度、安全衛生の見地、作業環境などの条件を考慮して適当な照度の値を出している。この数値は一般に経済的に妥協して定めたものであって、照明施設を使用する立場からは、経済的に余裕があれば高照度の施設のほうが作業する側からの視作業にはよいのはもちろんであり、このためには現在、普及している一般照明用光源としてのケイ光灯およびケイ光水銀灯を使用した照明技術によって高照度を得ることは比較的容易である。

また、物の見え方から考えれば、見る物の大きさが小さく、距離が遠い場合、すなわち視角が小さいほど照度は高いほうが見えやすく、見る物の反射率が低いほど、照度を高くしたほうが光束発散度は大きく、さらに、明るさの対比が小さく、物を見る時間の短かいほど高照度を必要とするのである。

#### 2.2 最も経済的な照度

工場などの生産照明においては生産高が視力に比例する<sup>(4)</sup>が、照度が高くなりある値以上では照明施設が高価になりすぎて、そのため生産品の原価が上昇することになる。

また、照度が低いときは生産高が減少し、結果として生産の原価が大きくなる。照度は生産高に関連があり、同時に照明費に影響するため、照度の大小の間のいずれかの値で生産品の原価を最低にする経済的な照度があるわけである。これが生産照明の視作業における経済照度である。

また、事務所照明におけるタイプライターなどの精密事務作業でも、ほぼ以上と同様に考えられ、それらの作成作業量が視速度に比例すると仮定すれば、照度を高くして、照明施設が高価となり、単位作業量あたりの原価が上昇するか、照度を低くして作業能率低下のため、作業量が減少し、結果として単位作業量の原価が高くなるから、その間に照度の適当な値のときに原価が低下し最低となる経済的な照度があるわけである。この照度が精密事務作業における経済照度である。

さらに、道路照明において有料道路を考慮すると以上とほぼ同様のことがいえる。道路における照明も明るいほど見えやすく、遠方から対象物が認めやすいので、照度の高いほど車を数多く通



することができる。このことは生産照明において生産高が視力に比例すると仮定したものと類似している。

有料高速道路では以上のように路上の照度が高いと道路照明に



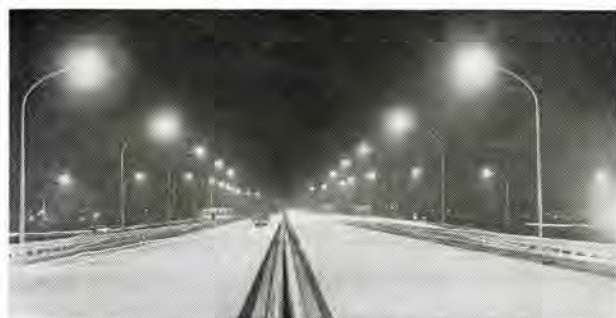
ランプ FLR-110 H×3 灯用 器具 光源高さ 7m  
床面積 17,800 m<sup>2</sup> 平均照明 350 lx

図 2.1 三菱日本重工業(株)東京自動車製作所丸子工場  
Fig. 2.1 Mitsubishi Nippon Heavy-Industries Ltd., Tokyo motor vehicle works.



FLR-H×WDL×2 灯用埋込器具 45 セット 天井の高さ 2.75 m  
床面積 422 m<sup>2</sup> 平均照度 700 lx

図 2.2 事務所照明の例(竹中工務店東京支店設計室)  
Fig. 2.2 Example of office lighting.



(a) 夜間



(b) 昼間

銀白色本銀灯 400 W×90 灯 250 W×11 灯 光源の高さ 8 m,  
道路幅 0.0 m, 平均照度 26.6 lx

図 2.3 道路照明の例(名神高速道路尼崎インターチェンジ)  
Fig. 2.3 Example of street lighting.

用する費用が増し、車 1 台あたりの経費は増加し、暗いと車の台数が減少して車 1 台あたりの経費が増加するから、その間に経費を最少にする最も経済的な照度すなわち経済照度があるわけである。

いずれの照明施設においても生産品の原価の低減を計り、その間の経費を最少にする場合の照度を経済照度としている。経済照度の導き出される原因または要素を分析して図示すると次のようになる。作業面の平均照度に対してそれらの諸施設の投下資本、一般諸経費などの諸因中、ある項目を一定にするとその条件の下では生産品の原価が最低となる平均照度があるわけで、その平均照度がその場合の経済照度である。

図 2.1, 2.2 および図 2.3 は工場、事務所および道路のそれぞれの照明施設例を示している。

### 3. 生産照明における経済照度

#### 3.1 単位生産高あたりの原価

生産照明における最も経済的な照度に関しては文献<sup>(4)</sup>で、単位生産高あたりの原価は、生産高が見え方に比例するとして、平均照度がある値より低いと作業能率が低下して単位生産高あたりの原価が高くなり、平均照度がある値より高いときは、作業能率が上昇するが照明施設費も増加するための結果として原価が高くなるので不利となり、その間で平均照度の最も経済的な値が求められる。

図 3.1 は工場におけるその間の経費と平均照度との関係を図示したもので、単位生産高あたりの原価が最少の条件の平均照度がその作業における経済照度となる。図はそれらの関係を定性的に示したものである。

さて、与えられた照明器具および光源の種類に対する 1 日あたりの照明費  $C_l$  は光源の光束  $F_0$  に直接比例するとしている。

すなわち、 $C_l = k_0 F_0$  ..... (3.1)

しかし、文献<sup>(2)</sup>において初光束  $F_0$  とその関数で表わした年間照明費の算式 (4.21) および (4.22) によれば

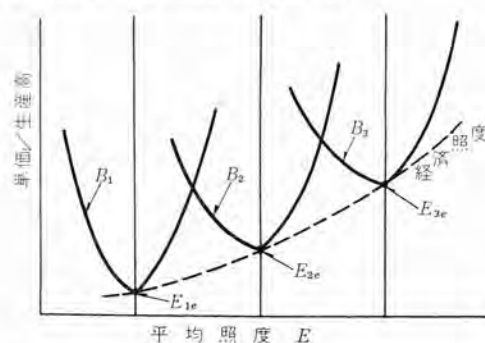
$$C_T = \frac{1}{(k_1 \tau + k_2) F_0} \left[ \frac{1}{t} \{ K(\alpha F_0 + \beta + C_1) + C_m \} + p(\gamma F_0 + \delta) \times 10^{-3} + \frac{\varepsilon F_0 + \rho}{T} \right]$$

$$= \frac{1}{(k_1 \tau + k_2) F_0} (K F_0 + \lambda) \text{ ..... (3.2)}$$

ここで  $K = \frac{1}{t} K \alpha + p \gamma \times 10^{-3} + \frac{\varepsilon}{T}$

$$\lambda = \frac{1}{t} \left\{ K(\beta + C_1) p \delta \times 10^{-3} + \frac{\rho}{T} \right\}$$

とする。ただし  $t$  = 年間点灯時間 (h)



$B_1, B_2$  および  $B_3$  ..... 一般諸経費  
 $E_{1e}, E_{2e}$  および  $E_{3e}$  ..... それぞれの一般諸経費における経済照度

図 3.1 生産高あたりの単位と経済照度との関係  
Fig. 3.1 Relation between unit production at the factory and economical illumination level.



$K$ =年間償却係数

$C_1=1$  灯あたりの配線取付工事費 (円)

$C_m=1$  灯あたりの年間維持費 (円)

$T$ =ランプ交換までの点灯時間 (ランプ 寿命時間) (h)

$p$ =電力料金 (円/kWh)

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$  および  $\rho$ =光源の初光束に関する係数<sup>(2)</sup>

式 (3.2) から年間照明費は初光束  $F_0$  に比例する関数  $K$  と初光束に無関係の  $\lambda$  からなることがわかる。

ここでは年間照明費として文献 (2) の式 (4.2.1) および (4.2.2) を使用して計算することにする。

ある生産工場で 1 日に  $N_1$  個の生産品が完成したとする。  $N$  個生産するための単位生産高あたりの原価  $x_1$  は

$$x_1 = \frac{B + mN_1 + Cl}{N_1} = m + \frac{B + Cl}{N_1} \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

ここで  $B$ : 工場の賃借料, 減価償却\*, 保守費および作業員の賃金を含む 1 日の固定費 (円) で照明関係は考慮しない。

$m$ =単位製品あたりの材料費 (円)

$Cl$ : 電力料金, 照明器具, 光源および照明施設に対する固定費を含む 1 日あたりの照明費 (円)

生産高  $N_1$  は作業者が作業を容易に見るか否かによって決まる。すなわち生産高は直接, 見え方すなわち デロス  $R_A$  に比例するとして

$$N_1 = k_0 R_A \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

光束発散度を  $L_A$  (rlx) とすると文献 (4) から  $R_A$  と  $L_A$  の関係は次のように表わせる。

$$R_A = \frac{L_A}{[0.412 + L_A^{1/3}]^3} \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

文献 (5) の式 (2) から

$$F_0 = \frac{E}{\xi N} = \frac{L_A}{\xi N \rho} \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

ここで

$E$ : 平均水平面照度 (lx)

$N$ : 使用 ランプ 本数

$\xi$ : 室の構造, 仕上げ, 作業環境および照明器具の形式が等しければほぼ一定の値となる。

式 (3.2) (3.6) から

$$Cl = k_0 (KF_0 + \lambda) k_0 \xi N \rho + k_0 \lambda \quad \dots\dots\dots (3.7)$$

以上の諸式を式 (3.3) に代入すると

$$\begin{aligned} x_1 &= m + \frac{B + k_0 \xi N \rho + k_0 \lambda}{k_1 L_A} \\ &= m + \frac{1}{k_1 L_A} (0.412 + L_A^{1/3})^3 \left( B + \frac{k_0 L_A}{\xi N \rho} + k_0 \lambda \right) \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (3.8)$$

式 (3.8) から最も経済的な照度を求めるには  $x_1$  が極小の場合, すなわち  $\frac{dx_1}{dL_A} = 0$  の条件を求めればよい。

式 (3.8) を  $L_A$  ついて微分すると

$$L_A = \left[ \frac{0.412 (B + k_0 \lambda) \xi N \rho}{k_0} \right]^{3/4} \quad \dots\dots\dots (3.9)$$

この場合の  $L_A$  が最も経済的な光束発散度である。したがっ

表 3.1 当社における設備および投下資本の状況

(昭和 36 年 3 月現在)

事業所別 (例)	投下資本※ (千円)	機械 (台数)	建物 延面積 (m <sup>2</sup> )	投下資本/ 建物延面積 (千円/m <sup>2</sup> )	従業員 (人数)	投下資本/ 従業員 (千円/人数)	備 考
A	2,403,887	109	58,500	41.0	3,059	785	本社, 営業所および商品研究所
B	2,131,517	2,289	100,000	21.3	3,023	706	大形電気機械製作
C	3,577,457	4,004	168,000	21.3	4,521	792	中形電気機械製作
D	1,096,072	1,254	40,000	27.4	893	1,230	ケイ光灯, 水銀灯, 照明器具その他製作
E	103,517	648	22,000	4.7	350	296	電気アンカ, 木製品その他製作

注: ※投下資本は土地, 建物, 機械類その他を含む。

なお, 同社の資本金は 19,200,000 千円である。(昭和 36 年 3 月現在)

て経済照度は  $E_e = L_A / \rho$  で得られる。

### 3.2 一般諸経費と諸要素

1 日の固定費  $B$  については建物の延建坪, 機械類, 土地, 建物その他の投下資本, 従業員数, 平均勤続年数, 平均給与月額, 直接材料費, 加工費, 直接および間接経費, 売上原価などの種々の要素からなり, これらの詳細な資料<sup>(6)(7)(8)</sup>があるが同一経営の会社であっても製作所, 工場によつて生産品目が異なり, したがって上記固定費については大幅の範囲があることはいうまでもない。

表 3.1 は当社の設備および投下資本の状況の例を示すものである。

工場でケイ光灯照明を行なう場合に上式を適用してみる。1 日あたりの一般諸経費すなわち固定費を算出することは, 以上のような種々の複雑な要素があつてむずかしいが, ここでは減価償却の計算<sup>(9)</sup>を行ない, その方法としては簡単のため定額減価償却法を使用し, 設備金額  $A$  を投下本資金額 (表 3.1) 残存金額  $d$  を 10%, 工場の建物, 機械その他の平均耐用年限  $n$  を 15 年とすると毎年の減価償却金額  $a$  は

$$a = \frac{A(1-d)}{n} \quad \dots\dots\dots (3.10)$$

1 日あたりの減価償却金額  $a'$  では

$$a' = \frac{A(1-d)}{n \times 365} \quad \dots\dots\dots (3.11)$$

となる。

この計算では, 投下資本を表 3.1 から  $A=4,700 \sim 41,000$  (円/m<sup>2</sup>) の範囲で工場の床面積を平均 2,000 m<sup>2</sup> とすれば  $a' = 1,540 \sim 13,500$  円となる。

1 日あたりの一般経費は上述のように投下資本金額以外にいくつかの要素から成りたつが, 最も大きく影響するのは投下資本であるから, 1 日あたりの一般諸経費を 1 日あたりの減価償却金額に等しいと仮定する。

$B + k_0 \lambda = 10,000$  円, 照明費を文献 (2) の表 6.1 照明費と初光束のうちから, 電力料金  $p=6.0$  (円/kWh), 年間点灯時間  $t=4,500$  (h), ケイ光灯の初光束  $F_0=8,000$  (lm) の場合から出すと  $0.205 \times 10^{-3}$  (円/lm-h) となる。すなわち, 1 日 12h 点灯するとして  $k_0 = 2.5 \times 10^{-3}$  (円/lm-day), 作業物の反射率  $\rho=0.6$ , 定数  $\xi N=1.0 \times 10^{-2}$  とすれば最も経済的な光束発散度  $L_A$  は式 (3.9) から

$$L_A = \left[ \frac{0.412 \times 10,000 \times 1.0 \times 10^{-2} \times 0.6}{2.5 \times 10^{-3}} \right]^{3/4} \doteq 1,000 \text{ rlx}$$

したがって, 経済照度  $E_e$  は

$$E_e = L_A / \rho = \frac{1,000}{0.6} = 1,665 \text{ (lx)}$$

となる。なお,  $(B + k_0 \lambda)$  の値を 500 ~ 30,000 円の範囲に変化

表 3.2 生産照明における経済照度 (lx)

一般諸経費 ( $B+k_0A$ ) (円)	500	1,000	2,500	5,000	10,000	15,000	30,000
作業物の 反射率	0.8	163	274	545	918	1,535	2,090
	0.6	173	294	585	985	1,665	2,220
	0.3	207	350	720	1,170	1,970	2,660
							4,440

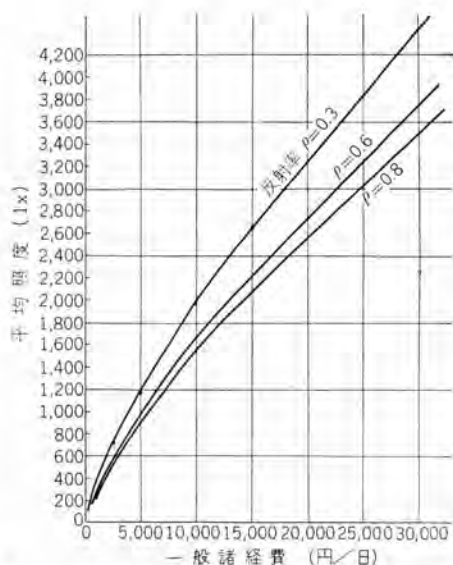


図 3.2 生産照明における作業物の反射率別の経済照度  
Fig. 3.2 Economical illumination level classified according to reflection factor of work piece in productive lighting.

し、さらに反射率  $\rho$  を 80, 60 および 30% としてそれぞれの経済照度を計算すると表 3.2 のようになり、図 3.2 の経済照度の曲線が得られる。

### 3.3 光源別の経済照度

一般諸経費 ( $B+k_0A$ ) は、条件によって変動があることと照明費が光源の種類によって異なる値をとるものであるから、ケイ光灯とケイ光水銀灯のそれぞれの照明施設における 1 年あたりの照明費を  $k_0'$ ,  $k_0''$  とし、以上のそれぞれの光源による経済照度を  $E_{eF}$ ,  $E_{eH}$  とすれば式 (3.9) から

$$\frac{E_{eF}}{E_{eH}} = \left[ \frac{k_0''}{k_0'} \right]^{3/4} \quad (3.12)$$

となる。

文献 (2) の表 6.1 照明費と初光束から  $p=6.0$  (円/kWh),  $t=4,500$  (h/year),  $F_0=10,000$  (lm) の場合の照明費を求めると

$$k_0' = 0.198 \times 10^{-3} \text{ (円/lm-h)}$$

$$k_0'' = 0.346 \times 10^{-3} \text{ (円/lm-h)}$$

となる。したがって式 (3.12) は次のようになる。

$$\frac{E_{eF}}{E_{eH}} = \left[ \frac{0.346}{0.198} \right]^{3/4} \approx 1.52$$

以上の条件ではケイ光灯照明の場合の経済照度はケイ光水銀灯照明の場合のそれより約 52% 大きいことになる。

上式よりわかることは工場の生産設備をよくし、作業環境を良好にし、優秀な作業員に給料を多く支払うことは、それだけ生産を増すことになる。また、それだけ 1 日の一般諸経費を出すからには照明施設をよくし、照明費が増しても生産がそれを上回るような照度の下で作業を行なうほうが経済的であることになる。

## 4. 事務所照明における経済照度

### 4.1 視速度と照度との関係

事務所におけるタイラ、製図など精密な事務作業でも図 3.1 に図各種照明施設における経済照度に関する考察・小堀

示した生産照明における経済照度と同様の考え方で単位作業量あたりの原価を最低とする経済照度が得られる。これらの事務作業では視速度  $X$  (露出時間  $t$  の逆数) は照度  $E$  に関連があり、種々の研究が発表されている<sup>(10)</sup>。

照度 3.33~340 (lx) の範囲では

$$\text{視速度 } X_1 = \frac{1}{t} = K_1 \log \frac{E}{B_1} \quad (4.1)$$

ただし、 $K_1$  および  $B_1$  は定数

また、照度 5~5,000 (lx) 範囲では  $E = ce^{aX_2}$

したがって

$$\text{視速度 } X_2 = \frac{\log E - \log c}{d \log e} \quad (4.2)$$

のごとく視速度  $X_2$  と照度  $E$  の対数とはほぼ直線関係があり、この関係は図 4.1 に示すように Weber-Fechner 法測<sup>(11)</sup>を適用できる。

ここでは照度範囲の広い式 (4.2) を使用することにする。図 4.1 でわかるように式 (4.2) において視速度は白地に黒視標の場合より黒地に白視標の場合のほうがはるかに大きくなっている。上記の事務作業では一般に白い紙に黒色の文字を書いたり、タイラまたは線を引く場合が多いので白地に黒視標の視速度の例をあげる

### 4.2 視作業と経済照度

事務作業量が視速度に比例すると仮定すれば上記の事務作業で 1 日の作成数  $N_2$  は

$$N_2 = k_3 X_2 = k_3 \frac{\log E - \log c}{d \log e} \quad (4.3)$$

1 日  $N_2$  枚の作業量を完成するに要する全原価  $C_1$  は、

$$C_1 = B + mN + CI \quad (4.4)$$

ここで  $B$ : 事務室の賃借料、減価、保守および従業員の賃金などを含む固定費 (円/日) で照明費を含まない。

$m$ : 事務作業単位あたりの材料費 (円)

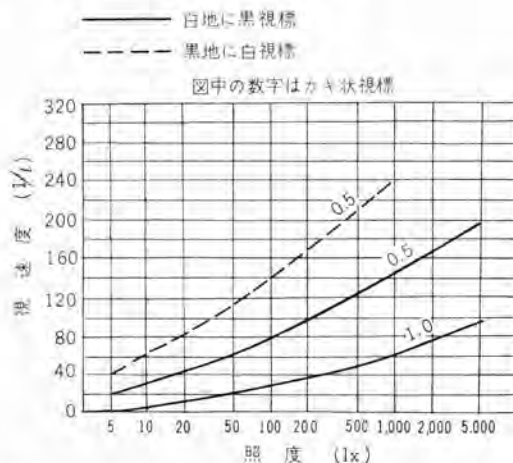


図 4.1 視速度と照度の関係 (抜粋) [高太郎<sup>(108)</sup>氏]  
Fig. 4.1 Relation between vision speed and illumination level.

表 4.1 視速度の例

照度 (lx)	170		100		1,000	
視角 (分)	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0
光束発散度 (rlx)	119		70		700	
視速度	36.0	98.6	29.8	81.3	58.8	144.9

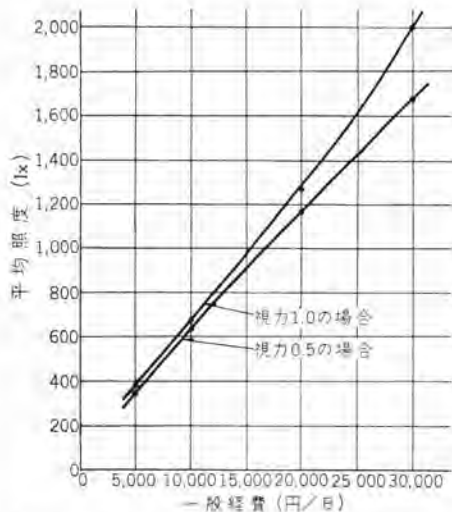
注 1. 高太郎氏 (1938) の資料<sup>(10)</sup> (抜粋)  
2. 反射率は 70% である。

表 4.2 定数  $\log c$  の計算値

照度 (lx) の範囲		定 数 $\log c$		
		100/1,000	170/1,000	平均値
視角 (分)	1.0	0.97	1.02	1.0
	2.0	0.12	0.58	0.65

表 4.3 一般経費に対する視力別の経済照度

	一般経費 $B$ (円)	5,000	10,000	20,000	30,000
経済照度 $E_e$ (lx)	視力 1.0	386	700	1,280	2,000
	0.5	345	635	1,170	1,680



単位照度あたり1日の照明費5円 反射率70%の場合

図 4.2 事務所照明における視力別の経済照度  
Fig. 4.2 Economical illumination level classified according to eye sight in office lighting.

CI: 電力料金, 照明器具, 光源および照明施設に対する固定費を含む1日あたりの照明費 (円)

単位照明あたり1日の照明費は

$$CI = k_4 E \quad (4.5)$$

単位作業量あたりの原価  $x_2$  は上述の各式から

$$\begin{aligned} x_2 = C_1 N &= \frac{B + mN_1 + CI}{N_1} = m + \frac{B + CI}{N} \\ &= m + \frac{(B + k_4 E)d \log e}{k_3 (\log E - \log c)} \quad (4.6) \end{aligned}$$

$x_2$  が極小になるような照度  $E$  を求めるため,

$$\frac{dx_2}{dE} = 0 \quad \text{とすると}$$

$$k_4 E \log E - k_4 E (\log c - 1) - B = 0$$

$$\therefore E \{\log E - \log c + 1\} = \frac{B}{k_4} \quad (4.7)$$

表 4.1 から各照度の場合の  $\log c$  を求めると表 4.2 のようになる。

視角 1.0 分は視力 1.0 の正常視覚の場合であり, 視角 2.0 分は視力 0.5 の場合である。

したがって, 正常視覚の場合,  $\log c = 1.0$  とおけば式 (4.7) は

$$E \log E = B/k_4 \quad (4.8)$$

また, 視力 0.5 のとき  $\log c = 0.65$  とおけば同じく式 (4.7) は

$$E (\log E + 0.35) = B/k_4 \quad (4.9)$$

式 (4.8) および (4.9) は, 反射率 70% の白紙に書かれた黒色の文字または線を表わす場合のもので  $B$  および  $k_4$  が与えられれば経済照度  $E_e$  が得られる。

### 4.3 視力別の経済照度

今, ある事務所のタイラ室の照明をケイ光灯で行ない, 1 日あ

たりの一般経費を 5,000~30,000 円かかるとし, 1 日の単位照度あたりの照明費  $k_4$  を 5 円とすれば経済照度  $E_e$  は表 4.3 のようになる。以上を曲線で示すと図 4.2 のようになる。

この経済照度の値は相当大幅の範囲にあるが, 照明費を一定とした場合, 一般諸経費すなわち, 室の賃借料, 償却, 保守費, 賃金などを大きくすることは室の設備をよくし, 室内の清掃などがよく行なわれ, また, 従業員の給料も高く, 待遇のよいことを意味する。このような作業場では十分, 能率的に視作業を行ない, 単位作業量の原価を低くするため, 経済照度を高く選定することが必要であることを意味している。

なお, 正常視覚の場合の視力 1.0 に対して, 視力 0.5 の場合は経済照度は下回った値となっている。視力の低下した場合のほうが必要照度はむしろ高くする必要があるが, 単位作業量あたりの原価を最低にする手段としては経済照度の値は低いほうがよいことになる。さらに低下した視力 0.5 はめがねによって矯正し, 視力 1.0 の正常視覚として以上の経済照度を適用することになる。

## 5. 道路照明における経済照度

### 5.1 照明と通過する車の台数

道路における照明では明るい見えやすく, 自動車対自動車または人物その他の対象物も遠方から認めやすくなる。したがって, 明るいとい車との通行も容易で交通する車の数もある範囲内では明るいほど多く通することができる。

有料の高速道路では, 車 1 台ごとに交通料金を徴集するが照明をよくして明るくすると, 照明施設に要する経費が多くなり, 道路を維持するための総経費が増加し, また, 暗くして照明施設に要する経費を減少すれば車の数も減少し, さらに交通安全上, 事故の増加も免れない。したがって, 適当な明るさのときに車 1 台あたりの経費を最少に維持できる照度があるはずである。これが道路照明における経済照度である。この関係を図示したのが図 5.1 で, 定性的にそれぞれの道路を維持するための一般経費に対する経済照度が, 車 1 台あたりに要する経費を最小にする個所で生ずることを表わしたものである。

視速度と照度との関係は簡単のため式 (4.2) を使用することにする。

さて, 有料道路で 1 日に  $N_3$  台の自動車交通したとする。  $N_3$  台通過させるための単位台数あたりの経費を  $x_3$  とすると,

$$x_3 = C_2 N_3 = \frac{B + mN_3 + CI}{N_3} = m + \frac{B + CI}{N_3} \quad (5.1)$$

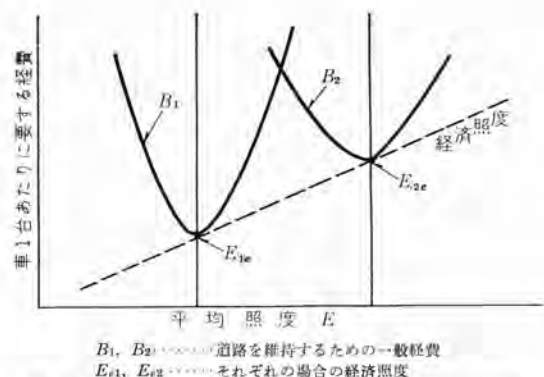


図 5.1 有料道路における経費と経済照度との関係  
Fig. 5.1 Relation between expense and economical illumination level.



$C_2$ : 1日に車  $N_3$  台を交通させるに要する1日の総経費(円)  
 $B$ : 道路を維持し、保守費、人件費などを含む1日の固定費(円)で照明費は含まない。  
 $m$ : 車1台を単位回数あたり交通させるに要する費用(円)  
 $Cl$ : 電力料金、照明器具、光源および道路照明施設に対する固定費を含む1日あたりの照明費(円)

となる。

## 5.2 建設費と経済照度

視力 1.0 の場合、ケイ 光水銀灯による道路照明の経済照度を計算して見る。

道路の建設費は道路幅 16 m (4 車線) として単位長 1 km あたり約 300,000,000~750,000,000 円<sup>(12)</sup>である。また、昭和 38 年 7 月に開通した名神高速道路<sup>(13)</sup>の尼崎—栗東間 71.6 km には本道の(道路幅 24.4 m)ほか、インターチェンジ、トンネル、バーストッ、高架橋などあるがこの建設費は 44,700,000,000 円で単位長あたりの建設費は 623,000,000 円/km である。

1 日あたりの一般諸経費を算出するには前述の式 (3. 11) を使用して減価償却の計算を行ない、設備金額を道路建設費とし、道路建設費が一般経費中の最も大きな要素とすると、1 日あたりの経費は  $a'=12,300\sim31,000$  円 (ただし耐用年限を 60 年とする)  $B=a'=20,000$  円、照明費  $k_5=500$  円/km とすると式 (4. 8) から

$$E_e \log E_e = B/k_5 = \frac{20,000}{500} = 40$$

$$\therefore E_e = 27.6 \text{ lx}$$

$k_5$  を一定として、 $B=3,000\sim60,000$  円の範囲で一般経費に対する経済照度を計算すると表 5.1 のようになる。さらに曲線で示すと図 5.2 のようになる。

なお、アメリカにおける交通事故関係の資料<sup>(14)</sup> すなわち夜間照明と昼間における死傷件数の比が、道路上の平均照度によっていかに変動するかを曲線を図 5.2 に重畳すると図のようになり、夜間において道路上の照度を上げると死傷件数は減少するが、その減少の割合は照度がだいたい 10 lx に達するまで著しいことがわかる。したがって照度 10~15 lx 付近が交通安全のためにも望ましい照度で経済的余裕があればさらに高照度の必要がある。

表 5.1 道路照明における経済照度 (lx)

一般経費 $B$ (円)	3,000	5,000	20,000	40,000	60,000
経済照度 $E_m$ (lx)	7.0	10.0	27.6	47.5	66.5

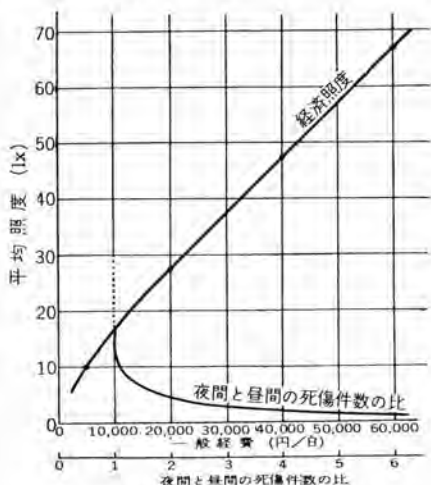


図 5.2 道路照明における経済照度

Fig. 5.2 Economical illumination level in street lighting.

## 5.3 光源別の経済照度

さらに、ケイ 光灯および ケイ 光水銀灯照明の場合の経済照度および照明費をそれぞれ  $E_{eF}$ ,  $E_{eH}$  および  $k_{5F}$ ,  $k_{5H}$  とすると式 (4. 8) から

$$\frac{E_{eF} \log E_{eF}}{E_{eH} \log E_{eH}} = \frac{k_{5H}}{k_{5F}} \quad (5. 2)$$

文献(2)の表 4. 1 および式 (4. 21), (4. 22) から  $p=6.0$  (円/kWh)  $t=4,500$  (h/year),  $F_0=10,000$  (lm) の場合を計算すると式 (5. 2) から

$$\frac{E_{eF} \log E_{eF}}{E_{eH} \log E_{eH}} = \frac{k_{5H}}{k_{5F}} = \frac{0.425 \times 10^{-3}}{0.251 \times 10^{-3}} = 1.69$$

$$\therefore \frac{E_{eF}}{E_{eH}} = 1.46$$

すなわち、上記の条件では ケイ 光灯照明のほうが ケイ 光水銀灯照明より約 46% 経済照度が高いことになる。

## 6. む す び

工場、事務所および道路の各照明施設における経済照度の問題を考察したが、それらの結果を要約すると次のとおりである。

(1) 各照明施設における所要照度とは別に最も経済的な照度すなわち経済照度を算出した。

(2) 生産照明の経済照度の計算では、照明費の関連のある項の中に うっ の初光束に関連のある項と無関係の項のあることがわかった。

(3) 各照明施設の経済照度はいずれも一般経費対照明費の比が大きく影響するが、結果としてこの比が大きいほど経済照度も高くなり、それらの施設全体が高価になればなるほど照度を高くして、施設を有効に使用しなければ単位作業量あたりの原価が低くならないことがわかった。

(4) 経済照度は生産照明で一般経費 500~30,000 円の範囲で約 160~4,000 lx、事務所照明では一般経費、5,000~30,000 円の範囲で約 350~2,000 lx、道路照明では一般経費 3,000~60,000 円の範囲で約 7~67 lx となった。

(5) 事務所照明では視力の差によって経済照度の値が異なることがわかった。

(6) また、光源別の経済照度は電力料金  $p=6.0$  円/kWh、年間点灯時間  $t=4,500$  h、光源の初光束  $F_0=10,000$  lm の場合、ケイ 光灯照明のほうが ケイ 光水銀灯照明より生産照明において約 52%、道路照明において約 42% 高いとの光源の相違で経済照度が異なることがわかった。

## 参 考 文 献

- (1) 小堀：照学誌 45, No. 10, 454 (昭 36)
- (2) 小堀：「三菱電機技報」36, No. 9 (昭 37)
- (3) 日本工業規格 JIS Z 9110 照度基準
- (4) P. Moon & D. E. Spencer: Lighting Design (1948) 藤原・齊藤共訳：照明設計 204, 205 (昭 30)
- (5) 小堀：照学誌 46, No. 1 5 (昭 37)
- (6) 日本科学技術連盟：設備投資の経済計算とその理論(昭36)
- (7) 通商産業省企業局編：わが国企業の経営分析 (昭 34)
- (8) たとえば三菱電機株式会社：新株式発行目論見書 (昭 36)
- (9) 電気学会編：電気工学ポケットブック 第 7 章 p. 996 (昭 26)
- (10) 日本眼科学会編集：日本眼科全書 IV 眼衛生第 1 冊 p. 49, 50 (昭 29)
- (11) 照明学会編：照明のデータブック 第 1 編 p. 10 (昭 33)
- (12) 小堀：「三菱電機」34, No. 10, 1249 (昭 35)
- (13) 日本道路公団：名神高速道路(尼崎—栗東間) 工事概要 (昭 38-7)
- (14) Westinghouse Elec. Corp.: Westinghouse Street Lighting Eng. Guide (1952).

# ケイ光灯の防爆に関する研究

佐々木武敏\*  
田代登\*\*

## Study on Explosion-proof Structure of Fluorescent Lamps

Fukuoka Branch      Taketoshi SASAKI  
Fukuoka Works      Noboru TASHIRO

Explosion-proof fluorescent lamps have been developed for use in the pit of coal mine. They are in such structure that their cathodes are enveloped by metallic plates and netting, the cooling effect of which prevent the ignition of inflammable gases. The lamps were proved effective against methane gas in the past. New experiments were conducted with gasoline which is now displacing coal as a new source of energy of late. The results have been very successful so as to assure the safety of the fluorescent lamps of special construction. This report describes the property of gasoline, the limit of explosion and spontaneous ignition temperature tests which seek for the minimum spontaneous ignition temperature. In a gas based on this condition lighted fluorescent lamps were broken to ascertain the efficacy of the explosion-proof structure.

### 1. ま え が き

先に特殊防爆構造によるケイ光灯について発表<sup>(1)</sup>したがこれは炭坑々内用を目的として開発したもので、爆発性ガスはメタンを対象としたものである。この防爆ケイ光灯は陰極を金属製の板および網にて包囲した構造のもので、冷却効果によって防爆性を持たしたものである。

したがっていままでメタン以外のガスに対しては安全度試験を行なっていなかったため効果を確認することができなかった。今回は最近エネルギー源として石炭に代わりつつあるガソリンについて実験を行ない、安全性を確認することができたのでここに発表する次第である。ガソリンは爆発性ガス分数表で、爆発等級1、発火度G<sub>3</sub>である。この実験によりこれ以下の級のガスに対しては安全であると見なしうるので、利用価値ははなはだしく増大した。表1.1に爆発性ガスの分類表を示す。

表 1.1 爆発性ガスの分類

発火度 爆発等級	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>3</sub>	G <sub>4</sub>	G <sub>5</sub>
1	アセトン エタノール 酢酸エチル アンモニア ベンゼン(純) 酢酸エチル メチルアルコール プロパン トルエン	エチルアルコール 酢酸エチル(正) ブチルアルコール (正) 酢酸ニチレン 無水酢酸	ガソリン ヘキサン(正) アセトアルデヒド エチルエーテル		
2	エチレン 石炭ガス				
3	水性ガス 水	アセチレン			二硫化炭素

### 2. ガソリンの性質

ガソリンの性質は一般に知られているごとく、3~4炭化水素群よりなる非常に多くの結合を有する混合物であり、パラフィン系はこの主要成分であり、炭素および水素原子が鎖状および環状に結合されている。ガソリンの(JIS)留出規格を表2.1, 2.2に示す。

表 2.1 工業ガソリン規格

種 類	反 応	初留温度(°C)	50%留出温度(°C)	終 点(°C)	腐食試験(50°C×3h)
1号	中 性	30 以上	100 以下	150 以下	1 以下

表 2.2 自動車ガソリン規格

試験項目	オクタン価(リサーチ法)	反 応	分留性状(減重量計算)				腐食試験(50°C)(3hr)	蒸気圧(37.8°C)(kg/cm <sup>2</sup> )	加鉛量(めしもの色)	実在ガム(mg/100ml)	四エチル鉛(mg/l)
			10%留出温度(°C)	50%留出温度(°C)	90%留出温度(°C)	残留量(%)					
1号	90以上	中性	75以下	130以下	200以下	2以下	1以下	0.45~0.80	オレンジ色	5以下	0.8以下
2号	80以上	#	75以上	130以下	200以下	2以下	1以下	0.45~0.80	オレンジ色	5以下	0.8以下

### 3. 爆 発 限 界

ガソリンの爆発限界は各種資料に発表されているがだいたい工業ガソリン第1号で1.1~4.8%自動車ガソリン第1号で1.3~6.0%であるが、厳密に言えばガスの蒸発温度によって少しその範囲が異なってくる。斉藤氏の発表<sup>(2)</sup>によれば100~120°Cに加熱した場合、だいたい0.95~5.4%、常温では20°C以下の場合1.26~7.6%20~40°Cの間で1.23~8.7%で温度が高い場合は爆発限度は少し広がっている。

防爆ケイ光灯の安全度試験にはこの限界の広さは別に大した意義はなく、次に述べる最低着火温度およびその時の空気との混合比(すなわちガス濃度)で試験することが重要である。

### 4. 最低着火温度

安全度試験として引火試験を行なう場合のガスの濃度は爆発限界の範囲で最も引火しやすい、すなわち最低着火温度付近の濃度でやらねばならない。最低着火温度および濃度はガソリンについては、種々発表されているが試料にたいして確認のために実験を行なった。この実験では実際の使用状態に近い条件を考え、常温30°C以下の蒸発ガスについて行なった。

ガソリンは最低着火点の濃度が、最高爆発圧力発生濃度ともちょうど一致しており、実験の状態としては好都合である。

#### 実験の方法

図4.1にこの実験の装置を示す。

試料を入れるタンク(C)とフロフ(E)、爆発容量(O)をパイプで連結し、常温のままフロフを回転し、タンク内のガソリンを蒸発させながら循環させ、所要の濃度となった時にバルブを締める。濃



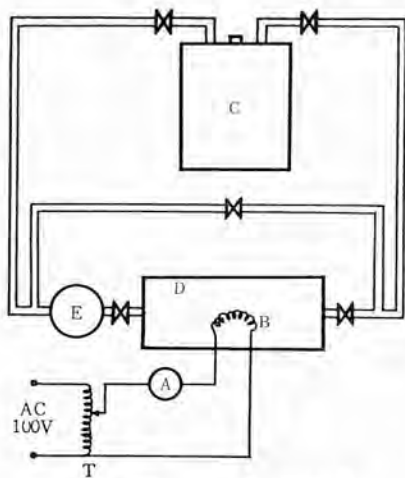


図 4.1 着火温度測定装置  
Fig. 4.1 Ignition temperature measuring device.

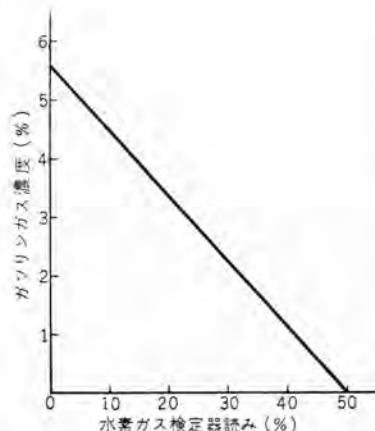


図 4.2 光干渉形ガス検定器  
水素-ガソリン換算  
Fig. 4.2 Light interference type  
gas detector.

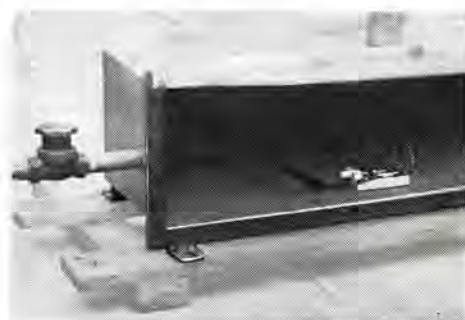


図 4.3 爆発容器内の Ni-Cr 線  
Fig. 4.3 Ni-Cr wire in an  
explosion vessel.

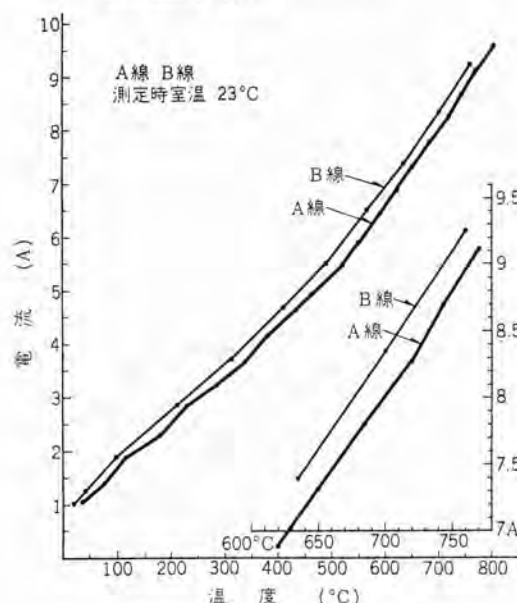


図 4.4 Ni-Cr 線電流-温度特性  
Fig. 4.4 Current-temperature characteristics  
of Ni-Cr wire.

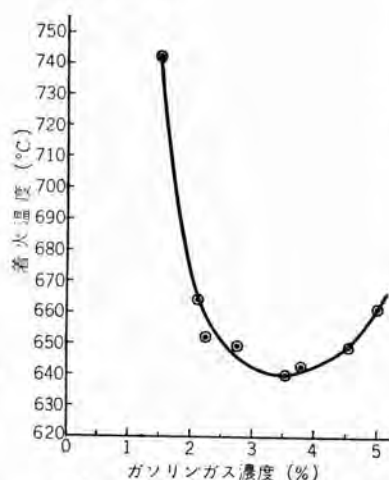


図 4.5 ガソリンガスの最低着火温度 (JIS 2201K 工業ガソリン第1号)  
Fig. 4.5 Minimum spontaneous ignition temperature of gasoline gas.

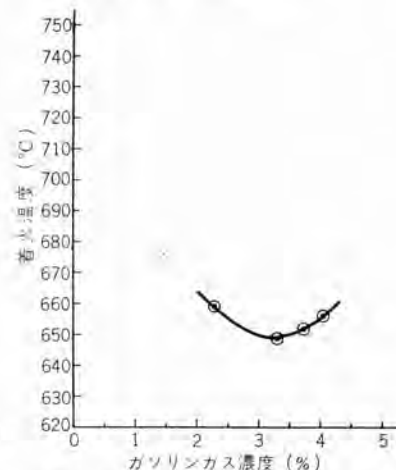


図 4.6 ガソリンガスの最低着火温度  
(JIS K2202 自動車ガソリン第1号)  
Fig. 4.6 Minimum spontaneous ignition  
temperature of gasoline gas.

表 4.1 ガソリン 最低着火温度

	容器温度 (°C)	タンク内 温度 (°C)	ガス検定 器読み (%)	ガス濃度 (ガソリン) (%)	電流 (A)	温度(着火) (°C)	備考
1	23	23	31	2.12	7.5	664	A線使用
2	25.5	24	25.7	2.72	7.3	649	"
3	39	26.5	18.5	3.53	7.2	640	"
4	40	28.5	13.0	4.14	7.4	656	"
5	35	28	36.5	1.51	8.65	742	"
5	36	24	5.2	5	7.475	662	"
7	31	27	13.5	4.08	7.375	654	A線切断
8	28	28	20	3.36	7.6	649	B線使用
9	27	27	13.5	4.08	7.65	652	"
10	27	27	17.5	3.64	7.55	645	"
11	28.5	28.5	16.3	3.77	7.5	642	"
12	26.5	26.5	30	2.24	7.65	652	"
13	29	29	9.5	4.54	7.6	649	"
14	29	28.5	14.5	3.97	7.6	649	"
15	29	29	35	1.68	8.95	740	"

(JIS K2021 工業ガソリン第1号)

度の調節はバルブ (C) によって行なう。濃度の測定のため爆発容器に測定箇所を3箇所設け、光干渉形ガス検定器を使用した。実験に使用した検定器は水素ガスを用いたので、図 4.2 に示す換算図によりガソリンガスの濃度を求めた。

表 4.2 ガソリンガス 最低着火温度

	容器温度 (°C)	タンク温度 (°C)	ガス検定 器読み (%)	ガス濃度 (ガソリン) (%)	電流 (A)	着火温度 (°C)	備考
1	23		21.5	3.19	7.7	656	B線使用
2	"		20.7	3.28	7.7	656	
3	"		21.5	3.19	7.8	663	
4	"		25.2	2.78	7.75	659	
5	"		19.5	3.42	7.75	659	
6	"		29.7	2.27	7.75	659	
7	"		14	4.03	7.7	656	
8	31.5		20.7	3.28	7.6	649	
9	"		25	2.8	7.8	663	
10	"		22.5	3.08	7.65	652	
11	"		16.8	3.72	7.65	652	

(JIS 2202K 自動車ガソリン1号)

爆発容器は鉄板製でその一面を開放し、ガスを充填する場合にビニールで密閉する。任意の濃度になった時に、容器内に設けた Ni-Cr 線に電流を徐々に流し引火爆発するときの温度を測定する。図 4.3 に発熱体 Ni-Cr 線を示す。この Ni-Cr 線はコイル状にしたものであらかじめ Pt-PtPn 熱電対により、電流温度特性を測定したもので、図 4.4 にその特性を示す。

実験に使用した試料は、工業ガソリン第1号、および自動車ガソリン第1号の2種で結果を表 4.1, 4.2 に、曲線を図 4.5, 4.6 に示す。

これによると工業ガソリン第1号では最低着火濃度は3.5%、自動車ガソリン第1号では3.3%で、斉藤氏の実験とほとんど一致している。しかし着火温度が相当高くなっている点はさらに検討す



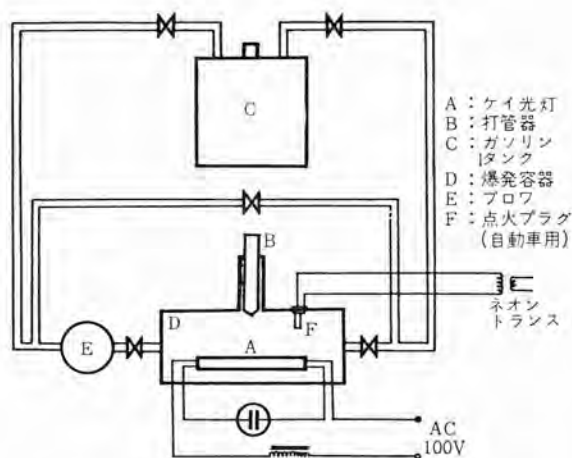


図 5.1 ケイ光灯安全度試験装置  
Fig. 5.1 Safety test device of fluorescent lamp.

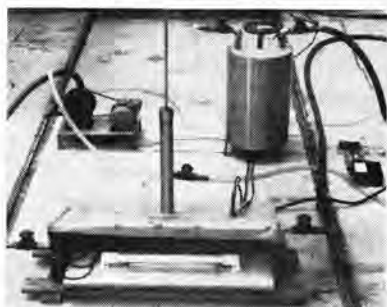


図 5.2 ケイ光灯の引火試験装置  
Fig. 5.2 Ignition test device of fluorescent device.



図 5.3 ランプを破壊した状況  
Fig. 5.3 State when the lamp is broken.



図 5.4 試験終了後イグニッションコイルでガスに引火させ爆発した状況  
Fig. 5.4 State when lamp was exploded by igniting gas with an ignition coil after the safety test.

る必要があるが、この試験の目的とする引火試験にとっては、最低着火濃度が必要であり、最低着火温度は左程重要でない。

## 5. 防爆ケイ光灯の安全度試験

ランプ自体の安全性を認めるための試験で爆発ガスの中で点灯中のランプを割って見て引火するか否かを認める。

実験の方法は図 5.1 にその装置を示す。先に述べた最低着火温度試験とだいたい同様であるが、爆発容器内には Ni-Cr 線の代わりに、防爆ケイ光灯 A を取り付ける。まずガスの濃度を最低着火濃度とした後、ケイ光灯を点灯し、(B) のランプ破壊装置で外管を中央部より破壊する。ランプが割れるとケイ光体内にガスが瞬間的に進入し放電はただちに停止するがこの際はガスの種類にもよるがメタンガソリンでは引火しない。次にケイ光灯の点灯方式をグロー

表 5.1 特殊電極を有するケイ光灯の安全度試験

NO	ガソリン タンク 温度 (°C)	爆発容 器内ガ ス温度 (°C)	ガス濃度(%)		引火 有無	破 壊 程 度	点火 爆発 有無	フイ メント 溶断 までの時 間(秒)	備考
			前	後					
1	12.5	12.5	3.1		無		有		
2	"	"	3.2		"	1/2	"		
3	"	12.0	3.25		"	"	"	30	
4	"	11.5	3.55		"	4/5	"	40	
5	"	"	3.35		"	3/5	"	45	
6	"	"	"		"	1/2	"	46	
7	"	"	2.52		"	"	"	36	
8	17	17	3.91		"	"	"	42	
9	"	"	3.56		"	2/3	"	"	
10	"	"	3.49		"	1/3	"	35	
11	"	"	3.64	3.5	"	"	"	41	
12	18	19	3.59	3.53	"	"	"	46	
13	"	"	3.68	3.56	"	1/2	"	45	
14	17.5	18	3.64	3.42	"	3/4	"	41	
15	"	"	3.74	3.61	"	1/2	"	54	
16	"	"	3.64	3.56	"	1/3	"	45	
17	18	19	3.52	3.37	"	1/2	"	43	
18	"	"	3.56	3.5	"	"	"	37	
19	"	"	3.67	3.32	"	"	"	36	
20	"	"	3.7	3.59	"	"	"	45	
21	17	18	3.71	3.58	"	4/5	"	42	
22	"	"	3.87	3.77	"	3/4	"	37	
23	18	19	3.59	3.42	"	1/2	"	35	
24	"	"	3.87	3.79	"	1/3	"	36	
25	17.5	18.5	3.78	3.42	"	"	"	44	
26	"	"	3.7	3.38	"	"	"	"	
27	18.5	21	3.77	3.68	"	1/2	"	38	
28	"	"	3.76	3.64	"	2/3	"	42	
29	19	22.5	3.64	3.56	"	1/2	"	38	
30	"	"	3.81	3.72	"	"	"	42	

(使用ガソリン JIS K2201 工業ガソリン第 1 号)

備考 表中の前後とはケイ光灯の破壊前と破壊後である。

式にしているため、数秒後にグローが作動し陰極を加熱する。その際防爆性がなければ容器内でガスに引火爆発を起こすわけである。

この実験では表 5.1 に示すごとく 30 回の実験で一回も引火は起こさなかった。

なおグローの作動後陰極に電流が流れ加熱を続けると、次第に陰極は酸化し数十秒で溶断し電流は完全にシャ断される。この実験ではその後に使用したガスが爆発可能な状態にあったかどうかを再び確かめるために、容器内に設けたイグニッションプラグ(F)で火花放電を飛ばし、ガスを爆発させた。

図 5.2 は装置全体、図 5.3 はランプを破壊した状況、図 5.4 は最後にイグニッションプラグにて引火爆発させた状況である。本実験により、工業、自動車ガソリンに対してはまったく安全性があることが明らかとなった。

## 6. む す び

工業ガソリン第 1 号、自動車ガソリン第 1 号について最低着火温度および濃度を実験によって確めた。最低着火濃度は、工業ガソリン第 1 号で、約 3.5%、自動車ガソリン第 1 号で 3.3% で今まで発表されている値とほとんど一致した。

特殊防爆ケイ光灯の引火試験は先にメタンおよびプロパンで行ない安全性を確かめているので、今回は上記のガソリンで試験して、安全なことがわかった。したがって爆発ガス分類表でガソリン(爆発等級 1 発光度 G<sub>3</sub>)以下のガスに対しても安全と見なすことができるため、このケイ光灯の利用範囲が相当広がった。またさらに高度のガスに対しても今後実験を継続し、その限界を確認するつもりである。

最後に本実験は福岡製作所の防爆実験室にて行なった実験にご協力願ったかたがたに深くお礼を申上げる。

## 参 考 文 献

- (1) 佐々木：工場照明の経済的計画の一方「三菱電機」32 No. 9 (昭 33)
- (2) 齊藤：資源技術試験所北海道支所研究報告 第 10 巻 第 1 号



# 名神高速道路尼崎インターチェンジの照明

金 関 勇\*

## Illumination of Meishin Expressway Amagasaki Interchange

Osaka Branch Isamu KANAZEKI

Completion of Meishin Expressway has turned a new leaf in the history of road building in Japan. It incorporates all possible merits of the modern traffic facilities, one of which is the interchange. Its illumination plays a vital part to fulfil the mission of high speed traffic with safety and convenience. Mitsubishi has furnished Amagasaki interchange with luminaries, lamps, ballasts and no-fuse breakers as well as the illumination design. They are all the outcome of painstaking effort on the part of the Company's specialists. Since the official commencement of the highway on July 15, this year the illumination has drawn attention of all the parties concerned.

### 1. ま え が き

「日本の道路は信じ難いほど悪い」と国際復興開発銀行のワトキンス調査団を驚かせたが、あれより7年、本年7月15日、土木、建設技術の粋を集めた日本最初の全線立体交差、設計時速120kmの本格的ハイウェイ名神高速道路（尼崎―栗東間）が完成した。このハイウェイの全線開通は名神間の産業・文化の発展に寄与するばかりでなく、将来、名東、山陽、東北などの完成により本土縦断ハイウェイの一環として名神高速道路のはたす役割は重大である。

この高速道路の完成は、設備、土木、建設各界の研究努力の成果であるが、照明においても、日本道路公団、照明学会、照明器具メーカー関係者のたび重なる実験、研究の結晶である。

いかに本線が立派にできて本線の出入が容易に行なえなければ

高速道路の機能を十分に果すことはできない。ここにインターチェンジの照明の意義があると思う。今度、当社は西の玄関口である尼崎インターチェンジの照明に対し、照明設計を始めとし、照明器具、安定器、ランプ、ノーヒューズブレーカの納入に当たり、種々の調査、研究を重ね、前述のごとく7月15日無事開通を迎えることができたので、ここにその概要を紹介するものである。（図1.1参照）

### 2. 照 明 範 囲

名神高速道路の本線は中央分離帯により上下線に完全に分離されているので、夜間の自動車の運行は前照灯のみにて十分であるが、インターチェンジ、サービスエリア、バスターラウなどでは本線のわきに減速車線および加速車線があり、とくにインターチェンジは連結路が曲がり道で坂となる場合が多いので、速度制限が行なわれるが、前照灯のみでは前方を走行する自動車を確認しがたいので変速車線と同様に照明を施さねばならない。

尼崎インターチェンジにおいても、市街道路との接続点より本線との接続部変速車線の先端までの間に照明を施した。

### 3. 照 明 器 具

照明器具から出る光が、道路の照明にもっとも効果的に分配されることが、照明器具の本質的な目的である。すなわち上方、側方などへ出る光をなるべく所要の方向に向け、適当に路面に分布させる配光で、器具効率の高いことが必要である。また、車両運転者に大きなまぶしさを与えないことが望ましい。尼崎インターチェンジに使用した照明器具は下記のとおりである。

#### 3.1 配 光

器具の取付高さ道路上8m、灯具の取付傾斜角度15°、照明される道路幅が2車線（7.2m）で、片側配置であるので、配光はII形配光が適当である。なおかつ、側方および上方に光が出ると器具の照明効率を悪くするばかりでなく、取付位置によっては運転者にまぶしさをあたえるので極力この方向の光度を押える必要がある。

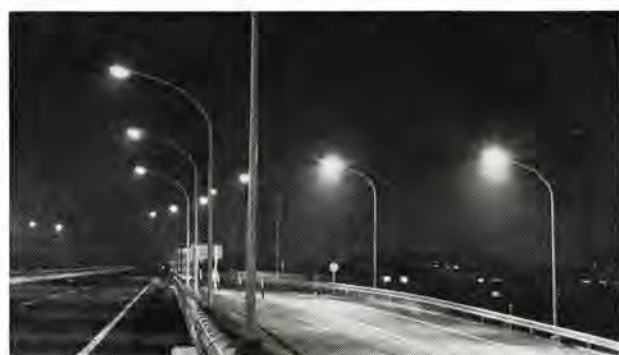
尼崎のインターチェンジに使用した器具の配光性能と日本道路公団の仕様は表3.1のとおりである。（図3.1光度曲線図参照）

#### 3.2 構 造

ケースはアルミ合金鋳物製で、硬質ガラス製、プリズムガラスカバーはネオレンゴムパッキンを介して、ケースに取り付けられた密閉構造である。



(a)



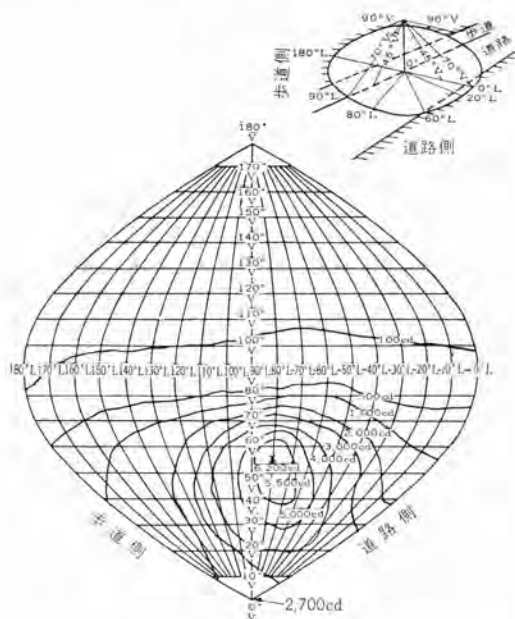
(b)

図 1.1 名神高速道路尼崎インターチェンジ 夜間照明例  
Fig. 1.1 Example of night illumination in Meishin Expressway Amagasaki interchange.

表 3.1 HP-314 および日本道路公団仕様配光性能表

	HP-314	公 団 仕 様
光 源	HF-400X	HF-400 W SW
光 束	22,000 lm	22,000 lm
器具効率	62.5%	55%以上
最大光度	鉛直角 56° 6,200 cd	鉛直角 55° 以上 4,500 cd 以上
配光制限	鉛直角 85° 以上 600 cd 以下	鉛直角 85° 以上 1,000 cd 以下
	鉛直角 90° 以上 350 cd 以下	鉛直角 90° 以上 400 cd 以下

注：HF-400X と HF-400W SW は同一である。



ランプ	HF-400X	照 明 率				備 考	
ランプ全光束	22,000 m	B/H	道路側	歩道側	B/H	道路側	名神高速道路照明用
器具効率	62.5%	0.2			2.5		
測定電圧	200 V	0.5	.155	.093	3.0		注) 工場立検査において測光のもの
測定距離	10 m	1.0	.290	.129	4.0		
測光計器	自動配光測定器	1.5			5.0		
測定年月日	38年5月30日	2.0	.381	.141	10.0		

図 3.1 外灯等光度曲線図

Fig. 3.1 Equi-illumination curves of outside lamp.

なお、反射鏡は高純度の アルミニウム 板を成形加工し、内面を電解研磨鏡面仕上されている。器具の重量は約 20 kg、風圧の受圧面積は約 1,700 cm<sup>2</sup> である。

### 3.3 温度上昇

使用状態で無風状態の室内において、JIS による試験用安定器を使用して点灯したとき、グロー外面で 70°C 以下、ケース外面で 60°C 以下である。

## 4. ラ ン プ

高速道路の照明用光源には、電球、水銀灯、ケイ光灯、ナトリウム灯などがあるが、経済性と低輝度という点から銀白色 ケイ 光水銀灯を使用した。従来都市内の道路照明用として、ケイ 光水銀灯 (HF-400, HF-300) が多く用いられているが、演色性をさして問題としないインターチェンジでは、ケイ 光水銀灯より 15% も明るく、透明水銀灯よりさらに 10% も明るい銀白色 ケイ 光水銀灯を採用した。尼崎インターチェンジに使用した ランプ の仕様は下記のとおりである。

### 4.1 形 式

銀白色 ケイ 光高圧水銀 ランプ 400 W (HF-400X) および 250 W (HF-250X)

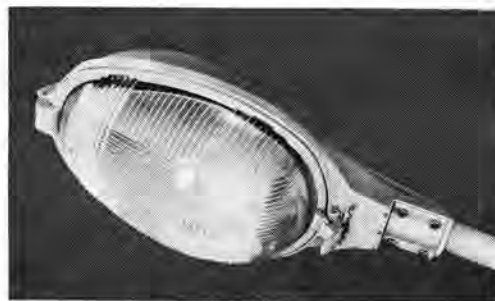


図 4.1 HP-314 高圧水銀灯器具

Fig. 4.1 Type HP-314 mercury lamp.

### 4.2 ランプ効率

JIS 規定の試験用 チョークコイル を使用して測定したとき効率は 53 lm/W である。

### 4.3 始動時間

5 章の定出力安定器と組み合わせて、定格電圧を加えたとき、周囲温度 20°C において、10 分以内で安定する。

### 4.4 始動電圧

定出力安定器と組み合わせて、周囲温度 -5°C において 240 V 以下で点灯する。

## 5. 安 定 器

安定器の仕様は下記のとおりである。

### 5.1 定 格

安格は表 5.1 に示すとおりである。

表 5.1 安定器の定格表

電 源 電 圧	265 V	二次無負荷電圧	240 V
周 波 数	60 c/s	二次短絡電流	4.6 A
電 流	1.88 A	二 次 電 流	3.3 A
電 力 損	51 W	400 W	1 灯
力 率	90%	製 品 重 量	12.5 kg

### 5.2 電気的特性

- (1) 無負荷二次電圧……入力電圧 265 V のとき、 $240 \pm 20$  V 以内。
- (2) 始動電圧……入力電圧 238 V のとき 195 V 以上。
- (3) 入力電流……試験用 ランプ を負荷として、入力電圧 265 V のとき、 $1.88 \pm 0.19$  A 以内。
- (4) 出力……試験用 ランプ を負荷とし、入力電圧 265 V としたときの ランプ 電流は、試験用 チョークコイル による値の 110% 以下、ランプ 電力は 92.5% 以上、このときの安定器の電力損は 60 W 以下。
- (5) 電圧変動特性……入力電圧を 265 V から  $\pm 10\%$  変動したとき、入力電力の変動は  $\pm 8\%$  以下。
- (6) 力率……試験用 ランプ を負荷とし、入力電圧を 265 V としたとき 85~95%。
- (7) 温度上昇……試験用 ランプ を負荷とし、入力電圧を 265 V としたとき、巻線の温度上昇は 60°C 以下。

## 6. 使用ポール

ポールは美観上、住友金属の円錐鋼管 (テーパー 1/100) スモールの 8AE 形を使用、一部立地条件により出幅および地上高さを変更した。



## 7. 灯 具 配 置

灯具の配置は、とくに均斉度に重点をおいて配置した。本線の標準灯具間隔は 35 m とし、道幅の広さにより適宜狭めた。図 7.1 に示すのはこの インターチェンジ の航空写真である。

## 8. 照 度 測 定 値

照度の測定値は図 8.1, 8.2 に示す。本線標準位置での照度分



図 7.1 名神高速道路 尼崎 インターチェンジ (ダイヤモンド形) 航空写真

Fig. 7.1 Meishin Expressway Amagasaki interchange.

表 8.1 照 度 比 較 表

		調 定 値	公 団 仕 様
平 均 照 度		26.6 lx (15.6 lx)	10 lx
均 斉 度	最大照度 / 平均照度	1.84	
	平均照度 / 最小照度	2.96	3.3 以下

注：( ) 内の照度は減光補償率  $D=1.7$  のとき

布を公団の仕様と比較すると表 8.1 のとおりである。

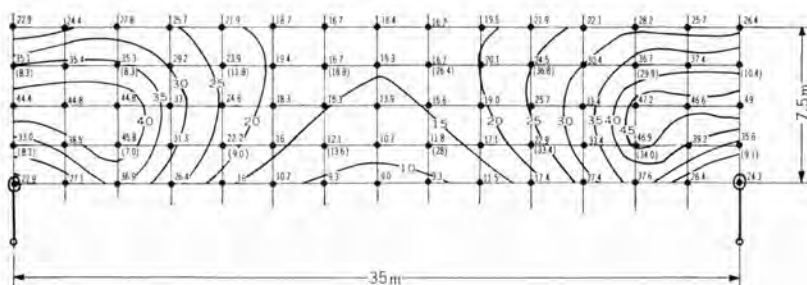
## 9. む す び

以上の結果で、照度分布、まぶしさともに十分初期の目的を達し得たと思う。しかし、本 インターチェンジ は土木工事の関係上 7 月末現在東半分のみにて、全部の完成をみないのは残念である。

なお、稿を終わるにあたって、種々ご指導ご便宜を賜った日本道路公団茨木工務所の大東調査役、鈴木副参事の諸員と、ご協力いただいた、三和電気土木および当社大船製作所の関係者各位に対し、深く感謝の意を表わす次第である。

## 参 考 文 献

- (1) 名神高速道路照明委員会 照学誌 45, 470 (昭 36)
- (2) 日本道路公団 共通特記仕様書



平均水平距離 26.6 lx  
均斉度 { 平均/最小=2.96  
最大/平均=1.84  
数値は水平照度を表わす。  
ただし ( ) 内は垂直照度を表わす。

図 8.1 尼崎 インターチェンジ 本線照度分布図  
Fig. 8.1 Diagram of distribution of illumination level at Amagasaki interchange trunk line.

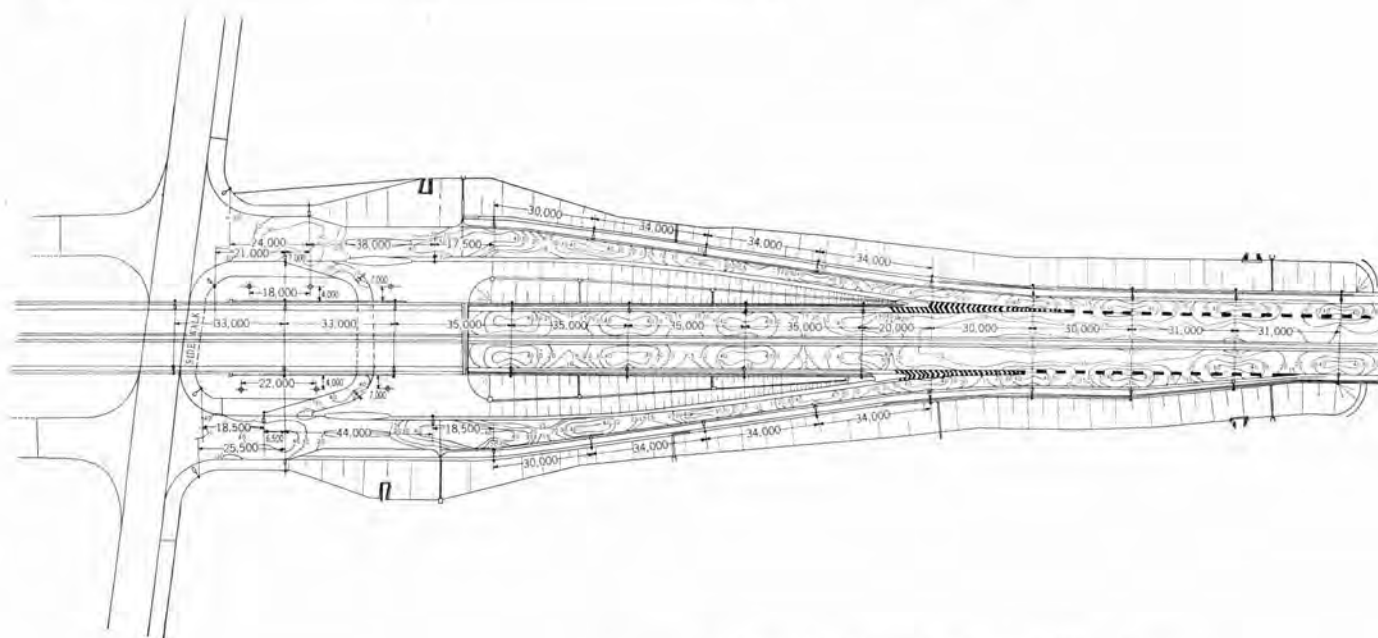


図 8.2 尼崎 インターチェンジ 水平照度分布図  
Fig. 8.2 Diagram of distribution of horizontal illumination level at Amagasaki interchange.

## Illumination of Refrigeration Rooms

Fukuoka Branch Taketoshi SASAKI

Extremely low temperature ( $-25 \sim -30^{\circ}\text{C}$ ) in the refrigeration room for the storage of fish and other food for a long period makes the fluorescent lamps unfit for the light source of illumination because of excessive decrease of light flux. Ordinary in condescant lamps, there are in use for the present. To overcome the handicap new flourscent lamps have been developed for use in the refrigeration room. They are of a special circular shape and capable of maintaining almost the same efficiency in the frigid air. The maintenance is another problem in the refrigeration room. In consideration of this point, the new luminaire are designed to permit easy detachment, which is one of the features. They are highly recommended for the future installations.

### 1. ま え が き

鮮魚類やその他の長期食料品の長期貯蔵用の冷凍室は、最近食料対策として段々と増設されている。冷凍室の室温はより高い鮮度を保つために、非常な低温度が要求され、現在のところ  $-25 \sim -30^{\circ}\text{C}$  が一般である。

従来冷凍室の照明用光源にはもっぱら白熱電灯が使用されている。これはケイ光灯が出現して以来これを使用する試みがなされたが、低温度に対する光束の減少がはなはだしく実用にならなかったためである。

筆者は数年前に大洋漁業株式会社より研究を依頼され、標準のケイ光灯 40 W、および高出力形 60 W で実験したが良い結果が得られなかった、今回特殊な低温用円形ケイ光灯を試作して満足のできるものを開発することができた。

この方式は直管形に比べて、低温による光束の減少が非常に少なく、かつ小形軽量、安価であり、しかも従来白熱電灯を使用しているものとの取り換えも簡単にできる点など、利点が多く、今後の冷凍室照明用器具として推奨に値するものと思う。

### 2. 構 造

ケイ光の光束は周囲温度および通風によって変化する。標準ラングの場合ではだいたい室温  $20^{\circ}\text{C}$  付近で最高の光束を出し、温度が上昇しても、低下しても光束は減少する。とくに  $0^{\circ}\text{C}$  以下では急激に減少し  $-20^{\circ}\text{C}$  ぐらいでは 10% 以下となり実用にならない。

したがってラングの管壁温度を適当な温度に保ってやるのが低温度で使用する場合の最も必要なことである。

図 2.1 に冷凍室用ケイ光灯の外形図、図 2.2 に使用中の点灯状況を示す。構造は灯具の上半分を硬質塩化ビニール、下半分を透明アクリル製とし、ラングは極低温用円形ケイ光灯 30 W を使用し、安定器を内蔵しパッキンにより密閉している。冷凍室の冷却方式は直冷式が多い。室の天井面に冷却管があり、これに大量の霜が付着し、自然落下や、人工的に雪下をするので、灯具を機械的に保護する目的で金属性のセードを灯具の上部に設け、掛金によって取り付ける構造とした。なお電源は差込プラグによりきわめて簡単にセードより灯具を取はずすことができるようにした。

冷凍室内でのラングの取換その他の保守作業は低温度のため細

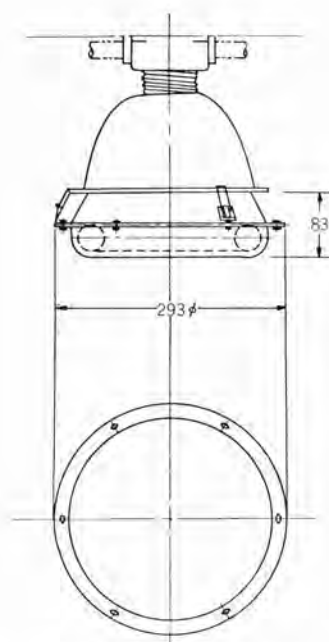


図 2.1 冷凍室用ケイ光灯

Fig. 2.1 Fluorescent lamp for refrigeration room.

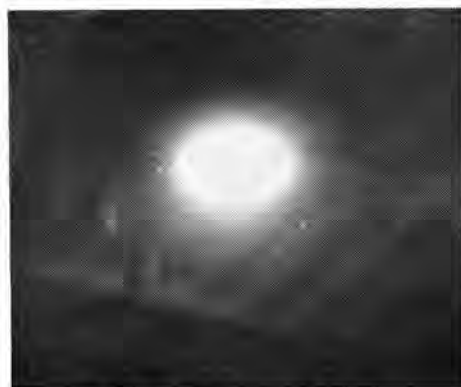


図 2.2 点灯中の冷凍室ケイ光灯

Fig. 2.2 Fluorescent lamp for refrigeration room when lighted.

かい平光の作業や、長時間を要する作業は不可能に近い状態であるからきわめて簡単な作業としなければならない。

この方式では掛金をはずし、ラングを引き抜くのみで灯具を冷凍室外に持ち出すことができるので保守にはきわめて便利であり、この灯具の特長の一つでもある。



### 3. ランプの保温および照度

先にも述べたとおり低温度で ケイ 光灯を使用する場合は ランプの温度を適当な温度に保つことが必要である。この灯具に使用した、塩化 ビニール およびアクリルは熱絶縁性がよく、直管形の場合に比べて灯具自体の容積も小さい。

さらに円形 30 W ランプ は ランプ の表面積あたりの電力も大きく、安定器を内蔵することによって約 6 W の熱源を保有することなどで ランプ の保温は非常にすぐれている。

高出力形 60 W の場合と比較して見ると、図 3.1 に示すごとくランプとの空ガキを 5m/m とし厚さ 4 m/m のガラス管の外トウを用い長さを 1,200 m/m とした場合で計算すると、表 3.1 に示すごとく器具の放熱面積は大差がないが、円形式は ランプ の表面積あたりの電力が約 153% で、しかも安定器の損失約 6W で加熱されるため保温上はなほだ有利である。

約半年間にわたる実用試験の結果の一部を 表 3.2 に示す。この ケイ 光灯の点灯方式は グロー 式を採用しているが、始動の状態は表 3.2 に示すごとく毎日 17 時に消灯して翌日の朝 8 時まで十分冷却した状態で点灯した場合、実験では最低温度  $-28^{\circ}\text{C}$  で数秒（表に瞬時と記入しているのは 1~3 秒と解釈していただきたい）にて点灯しており、常温の場合とほとんど差異はない。

また ランプ の表面温度は常温  $-25^{\circ}\text{C}$  の場合  $26\sim 27^{\circ}\text{C}$  で十分な光束を出している。

照度の測定は設備の関係で測定回数、温度の範囲が少なく完全ではないが常温の  $25^{\circ}\text{C}$  の場合と  $-17^{\circ}\text{C}$  および  $-24^{\circ}\text{C}$  の場合とまったく同じ温度であった。

### 4. む す び

冷凍室（ $-25\sim -30^{\circ}\text{C}$ ）の照明には従来白熱電灯がもっぱら使用されている。ケイ 光灯は低温の場合効率を発揮できないためほとんど使用されていない。

今回開発した冷凍室用 ケイ 光灯は、特殊な円形 ランプ を使用しほとんど常温と変わらない照度をえられる。

冷凍室の照明には効率のよいことも大切であるが、とくに保守が容易なることが必要である。白熱灯は寿命が短いので保守には不便である。ケイ 光灯は寿命が長く、効率もよくはなほだ経済的である。この灯具は保守が容易なほか小形、軽量、安価である。ケイ 光灯のもう一つの特長は青色性がよいことで商品の鮮度の判定に都合がよい。今後の冷凍室照明用としておすすめする。

最後にこの実験に長期にわたりご協力賜わった、大洋漁業株式会社の山根工場長ほか関係者のかたがたに謝意を表する。



図 3.1 低温用としてガラス製低トウを設けた 60 W 高出力ケイ 光灯

Fig. 3.1 60 W fluorescent lamp with a glass mantle providing for low temperature.

表 3.1 冷凍室用器具の比較

種 類	円形 30 W 形	高出力 60 W 形
器具の放熱面積 (cm <sup>2</sup> )	約 1,910	約 2,110
ランプの表面積あたりの電力 (W/cm <sup>2</sup> )	約 0.0635	約 0.0415

表 3.2 始動状況および ランプ 管壁温度

月 日	点滅時間	室温 °C	ランプ 温度 (°C)	ケース 温度 (°C)	要始動 時 間	備 考
38年 2/23	8.00 点	-20.1			瞬時	L <sub>1</sub> ランプ
	12.00	-23.0	27.0	12.0		
	17.00 消					
25	8.00 点	-19.0			瞬時	消灯を忘れる
	12.00	-25.0	26.0	11.0		
	17.00	-25.0				
26	8.00	-23.6	26.0	11.0		
	12.00 消	-25.6	24.0	9.0		
	17.00 点	-27.0			瞬時	
27	8.00 点	-24.5	26.0	9.0		
	12.00 消	-27.0	25.0	8.6		
28	15.00 点	-27.5			瞬時	以下点灯を見て消灯
3/ 1	15.00	-20.0			〃	○以後連続点灯し各種の温度の時のランプ温度を測定す □ランプは L <sub>2</sub> ○ランプ温度測定用温度計取り換える
5	16.00	-25.0			〃	
6	16.00	-28.0			〃	
8	16.00	-25.5			〃	
11	16.00	-26.1			〃	
14	15.00	-23.2			〃	
4/24	14.00	-25.2			〃	
25	10.00	-26.0	22.0			
	10.00	-25.0	27.0			
26	15.00	-24.3	27.5			
	9.00	-20.6	30.0			
30	10.00	-22.6	27.5			
5/ 1	8.00	-20.5	30.6			
2	16.00	-25.7	27.0			
7	9.00	-24.5	28.0			
8	11.00	-25.0	28.0			
9	11.00	-25.0	27.0			
10	11.00	-22.0	27.5			
13	15.00	-22.0	29.0			

# 三菱電機スカイリングの照明設備 およびランダム点滅制御装置

小堀富次雄\*

小泉寿男\*\*・柴谷浩二\*\*

## Lighting Installations of Mitsubishi Sky Ring and Random Generator for Advertising Signs

Head Office

Fujio KOBORI

Electronics Works

Hisao KOIZUMI・Kōji SHIBATANI

Mitsubishi Sky Ring, opened on January 13th this year, stands at the corner of Ginza crossing in Tokyo and, including its advertising tower, rises 48 m above the ground with its diameter of 15 m.

It is a unique building of a cylindrical shape, the outer wall is all glazed. Each floor is provided with a luminous ceiling, having high lumination levels of 2,000~3,000 lx average. The building aims at an interlink of the public and the industry, offering free access to spectators and comprising an observation room, a tea room and display rooms for Mitsubishi products, of which nuclear apparatus and computers stand out for popular education. The luminaires employed involve 5,300 high output fluorescent lamps of deluxe warm white color, neon sign tubes extending 9,700 m, and 4,000 incandescent lamps. They are controlled by a combination of the program system and a random system, which featurizes the installation.

### 1. ま え が き

本年1月13日に開所した三菱電機スカイリングは、東京銀座四丁目の一角に完成した三菱ドリームセンタの4階以上の各階および屋上の広告塔のすべてを含めて、当社が社会と企業の間を結ぶ場として一般に広く公開したものである。

開所後10ヵ月の現在、毎日の入場者数は数千人を数え、付近を通る人々は昼間・夜間を問わず必ずこの円筒形の光の塔を立ち止まって見上げ、遠方からはその特異な形状に印象づけられる。この建物の特殊構造とあいまって、観光に、都市美に広告の効果を十分果している。

三菱電機スカイリングの建築構造の特殊性、照明、空気調和、冷暖房、エレベータなどの電気設備についてはすでにいくつかの建築雑誌、技術雑誌に紹介されている。<sup>(1)~(7)</sup>さらに、開所当時はもちろん、今日でも新聞、週刊誌などでも絶えず取り上げられる話題であり、

外国にも広く紹介され、さらに照明関係では本年6月オーストリア・ウィーンで開催された国際照明委員会(CIE)で報告され、<sup>(8)</sup>そのイメージは全世界に知られている。

ここでは照明関係について各階の円環形光り天井、広告照明および電気サインを不規則に点滅させるランダム点滅制御装置について解説する。

執筆は光源、室内、広告照明の設備関係を筆者の1名\*が、ランダム点滅制御装置を他の2名\*\*が担当した。

### 2. 建 築 構 造

この建物の建設にあたっては計画の当初に社内に仮称・三菱ビル実行委員会を設け、冷暖房、エレベータ、照明、広告塔、受変電設備、室内計画、展示品などそれぞれの専門委員会を作り、日建設計株式会社および竹中工務店の協力を得て、それらの実施計画を促進した。筆者もそれらの委員の1名として本企画に参加したが、東京・銀座四丁目の土地ともなれば日本一高い地価(1m<sup>2</sup>あたり400万円以上ともいわれる)に建設される建物としてそれにふさわしい外観と内容をもつものでなければならぬことが最大の条件となった。

この地下3階、地上9階の円筒形の建物では直径15m、中心の円筒形コアの直径7m、地下16m、地上31m、広告塔も含めて48mのきわめて限られた容積の内に建物のすべてが盛り込まれたため、各階の床の幅はわずか4mで、それらの床面は最大限に使用されている。目下、建築界の話題となっている超高層建築としても高さや床面積の比の関係では一つの設計・施工の資料を提供することであろう。さらに、外壁のほとんどすべてがガラス張り(透明みがきガラス12mm厚さ)のため、建築構造上、全部の強度の中心が地上4階の床面に集中し、したがって地上3階の天井面にはいくつかの大きな星形のハリ(梁)が出ている。

従来、円筒形の建物は、国内および国外に必ずしもないことはないが、このような外壁のほとんどすべてがガラス張りというの



図 1.1 中心コア内部の階段照明

Fig. 1.1 Staircase lighting inside core of building.





図 2.1 三菱スカイリングおよび  
三愛ドリームセンタの夜景

Fig. 2.1 Night view of Mitsubishi Sky  
Ring and San-ai Dream Center.

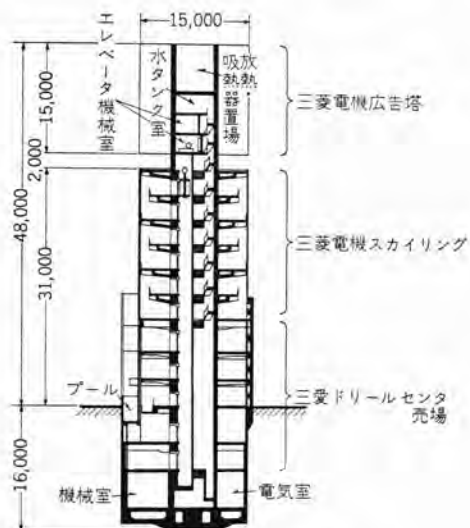


図 2.2 断面図

Fig. 2.2 Cross section of building.

は前例がなく、本計画進行中に「ワイド・ワールド」通信として、英国のガラス製品振興協会がロンドンにガラス張りの塔<sup>(9)</sup>（高さ 337 m）の設計図を発表したことがあった程度である。なお、この塔のその後の状況は不明である。

このような建物の構造と室内の明るさとして天下の銀座にふさわしく、また三愛ドリームセンタの売場として付近の商店・百貨店などの明るさより群をぬいて照度も高くする必要があり、平均照度として 2,000~3,000 lx を目標とした。その結果、照明設計上も施設として光り天井の採用となり、この建物全体が広告塔としての効果からも、円環形の光のリングを重ねた図 2.1 のような外観となったわけである。

この建物の各階の用途は図 2.2 のごとく最上階から展望室、喫茶室、明日の開発(1)(2)、発電機からトランジスタまで(1)(2)の順になっている。

### 3. 円環形光り天井構造と光源

照明は建物の使用目的とその様式などに一致させるものである

三菱電機スカイリングの照明設備およびランダム点滅制御装置・小堀・小泉・柴谷

表 3.1 (a) 光り天井用拡散材料の比較

試験項目	試験法	単位	三菱デラックスパネル用強化ビニル板 1.0 mm-t	アタリライト板 No. 432 20 mm-t
比重	ASTM D 792		1.39	1.19
引張強さ	JIS K 6745-71	Kg/mm <sup>2</sup>	5.5~6.5	6.5~7.0
伸び	"	%	80~170	20~25
衝撃強さ	JIS K 6745-721	CmH	60~140	1.0
柔軟温度	JIS K 6745-73	°C	60~61	96~97
光線透過率	全光線	%	64.5	55.0
	平行光線	"	1.0	1.0
	拡散光線	"	63.5	54.0
耐火性			自燃せず	自燃する

表 3.1 (b) 照明用各種乳白半透明合成樹脂板の比較

	メタアクリル樹脂 (アクリル板)	硬質塩化ビニル樹脂 (デラックスパネル)	尿素樹脂	ポリスチレン樹脂	強化ポリエチレン樹脂 (ガラス繊維積層)
比重	1.2	1.4	1.5	1.1	1.8
軟化温度(°C)	100	60	軟化せず	70	軟化せず
熱膨張率(10 <sup>-5</sup> /°C)	7	7	3	8	3
衝撃強度	割れにくい	非常に割れにくい	やや割れやすい	割れにくい	割れにくい
硬さ	傷がつきやすい	非常に傷がつきやすい	傷がつきにくい	傷がつきやすい	やや傷がつきやすい
吸水性	ほとんどなし	ほとんどなし	わずかにありもろくなる	ほとんどなし	ほとんどなし
耐火性	燃える	自燃性なし	自燃性なし	燃える	燃える
日光の影響	ほとんど変化せず	やや黄変する	変化せず	やや黄変する	かすかに黄変
強酸の影響	酸性に酸に侵される	侵されない	侵される	酸性に酸に侵される	やや侵される
強アルカリの影響	侵されない	侵されない	分解する	侵されない	分解する
有機溶剤の影響	ある物に侵される	ある物に侵される	侵されない	ある物に侵される	ほとんど侵されない
耐油性	すぐれている	すぐれている	すぐれている	すぐれている	すぐれている
光線透過率(%)	50~80	40~70	40~50	40~50	40~50
板からの加熱成形	可能	可能	不能	可能	不能
照明器具への利用度	多い	多い	多い	多い	外観悪く少ない
一般市販品の厚さ(mm)	2~3	0.2~2	1.5~3	2~3	0.5~1
価格	高価	安価	非常に安価	安価	中程度

(注) 表中の数値は概略値を示す。

から、つねに建築設計と装飾をすべての点で考慮しなければならない。このように照明が建築の内に融合したものが建築化照明で光り天井は建築化照明の方法である。

光り天井は自然界の下、太陽光が空一面に広がった雲でおおわれた状態を室内に再現したかのような照明で、心地のよいふんい気を作ることができる。すなわち、半透明拡散材料の上部の数多くのケイ光灯を一次的な光源と考えると、光り天井面の拡散材料は二次的な光源と考えることができる。したがって、光り天井は照明方式から分類すれば、直接照明であって、高照度でしかも光源としての天井面はまぶしくなく、室内の照明のムラが少なく、影ができないので現在の照明方式として最良のものである。

表 3.1(a)(b) はこれらの照明用材料の比較表である。

三菱電機スカイリングでは円筒形の建物の構造上、各階ではすべて光り天井の照明方式を採用した。建物中心の直径 7 m の円筒形コア（内側はエレベータ 2 台と回り階段がある）部分があるので光り天井の構造は円環形のものとなった。

各階の天井構造、用途、光源の組み合わせ法規などによって円環形の光り天井もおおのずから異なったものとなった。図 3.1 のごとく地上 1, 2 階は二重の円環形、3 階は星形の大きいハリ構造のため、外周は円環形、内側は三角形の光り天井の組み合わせ、4, 6, 8 階は床面の一部にそれぞれ上部階上から降りる回り階段を有するため、外周より小さく 12.2 m の直径の光り天井である。5, 7, 9 階は外周にほぼ等しい径の光り天井である。

地上では光り天井の場合、有機物の材質では法規上、火災の見地から全面的に光り天井にすることは許可にならないので、地上



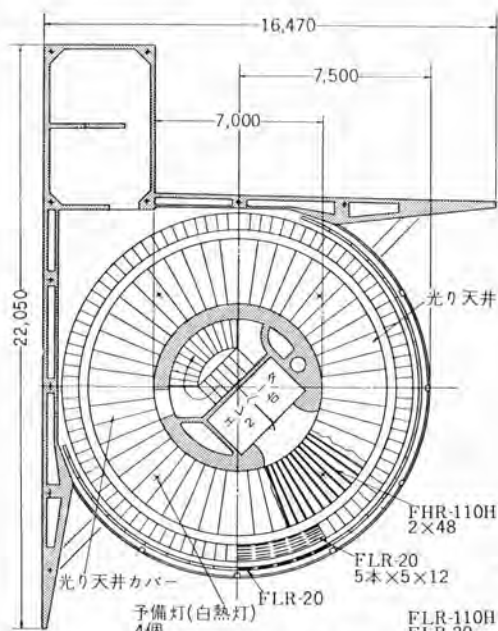


図 3.1 (a) 1, 2 階天井伏図  
Fig. 3.1 (a) 1st and 2nd floor interior of the ceiling.

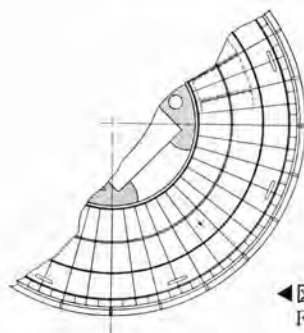


図 3.1 (b) 5, 7, 9 階天井伏図  
Fig. 3.1 (b) 5th, 7th and 9th floor, interior of the ceiling.

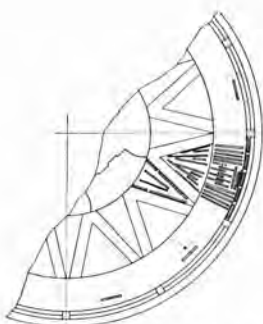


図 3.1 (c) 3 階天井伏図  
Fig. 3.1 (c) 3rd floor, interior of the ceiling.

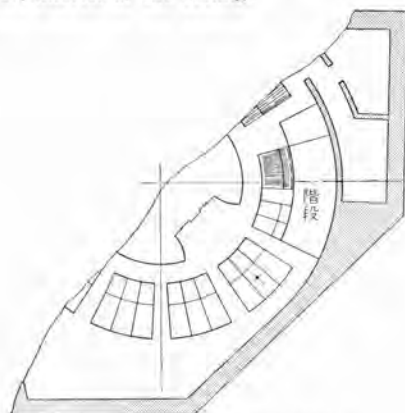


図 3.1 (d) 地 2 階天井伏図  
Fig. 3.1 (d) Second ground floor, interior of the ceiling.

各階と同系統の意匠でしかも照度も高くするためと、天井の構造から、地下 1 階の天井では光り天井の一部を天井面または 2 重円環形とし、地下 2 階では円環形を 12 個所で放射状に切断し、全体としては円環形光り天井の形状を保った。そのため、平均照度の低下を防ぐためと昼間は太陽光の利用ができないのでケイ光ランプ FLR-40 を高照度回路で 60 W として使用した。図 3.2 および図 3.3 はそれぞれ 1, 2 階および 4, 6, 8 階の光り天井の断面図を示している。

なお、地下 3 階は受変電設備、冷暖房などの電気室、機械室で天井も低く、配管、配線も錯そうしているので光り天井ではなく、

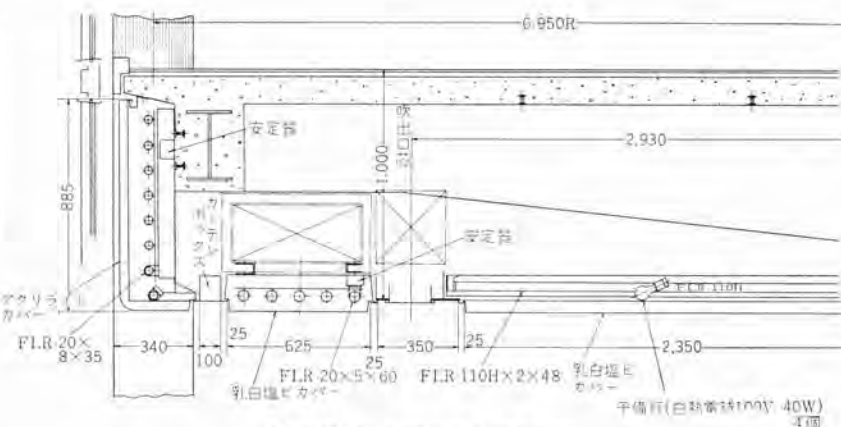


図 3.2 1, 2 階の光り天井断面  
Fig. 3.2 Cross section of the 1st and 2nd luminescent ceiling

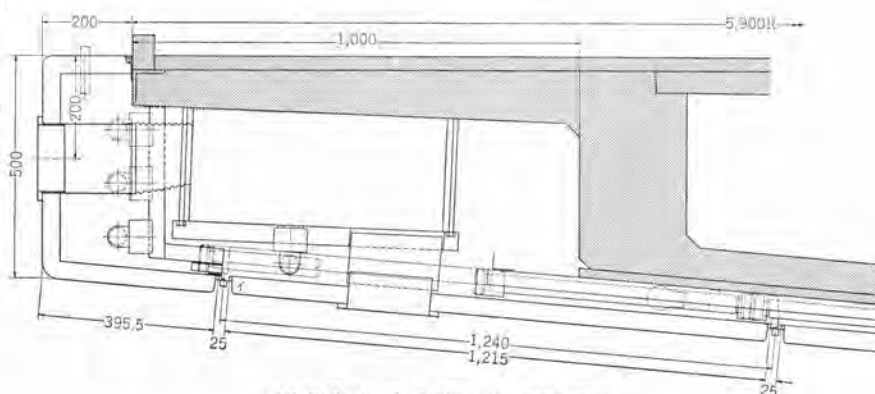


図 3.3 4, 6, 8 階の光り天井断面  
Fig. 3.3 Cross section of 4th, 6th, 8th floor luminescent ceiling.

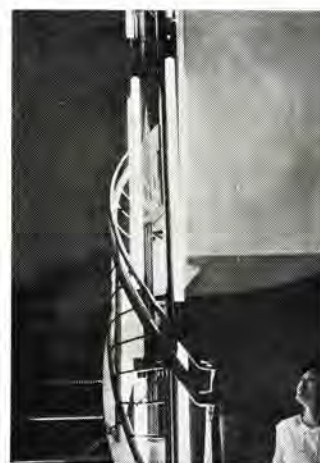


図 3.4 (a) 中央コア内部の階段照明  
FLR-40 ケイ光ランプ 8 灯の  
連続縦形取付状況

Fig. 3.4 Staircase lighting of the interior of the core-fluorescent lamps mounted in series.

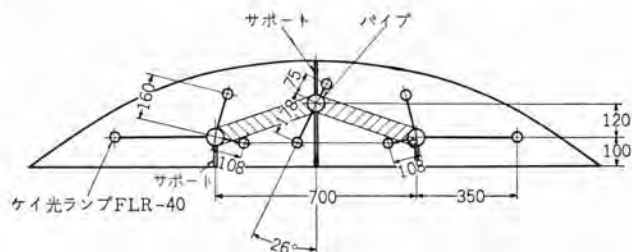


図 3.4 (b) 中央コア内部の階段照明の断面  
Fig. 3.4 (b) Cross section of staircase lighting of the core.

すべて局部全般または局所照明である。





図 3.5 (a) 1 階の光り天井  
Fig. 3.5 (a) Luminescent ceiling of the 1st floor.



図 3.5 (b) 3 階の光り天井  
Fig. 3.5 (b) Luminescent ceiling of the 3rd floor.



図 3.5 (c) 2 階の光り天井  
Fig. 3.5 (c) Luminescent ceiling of the 2nd floor.



図 3.5 (d) 6 階の光り天井  
Fig. 3.5 (d) Luminescent ceiling of the 6th floor.

また、中央コア構造内部の回り階段の照明は各階の光り天井の豪華な照明に対し、きわめて簡素なケイ光ランプ FLR-40 W の裸ランプの連続器具であるが、コア内回り階段の中心に縦方向に 8 灯の列で 22 連灯具が 3 本のパイプで上下にささえられ、地下 2 階から地上 9 階まで通して取り付けられている。(図 3.4 (a)(b))

裏階段、廊下および洗面所の照明はブラケット形器具である。

以上の照明設備を表で示すと表 3.2 のとおりである。室内の光源は予備灯の白熱電球を除いてすべてケイ光灯で高出力ラピッドスタート形 FLR-110H、ラピッド形 FLR-40 (一部 FLR-60 として使用) および FLR-20 の組み合わせであって、ケイ光ランプの数は全部で 5,322 灯となっている。ショーケース、壁面などの展示用ケイ光灯はこの本数に含まれていない。

ケイ光灯の光色はこの種の展示には一般にデラックス白色 (色温度 4,500°K) が最も正しい演色性を示すため使用されるが、ここではとくに三菱ドリムセンタの洋品・化粧品などの婦人用雑貨品お

よび当社のショールームの家庭電器品などの陳列にふさわしい照明とするため、光色もデラックス白色より、さらに赤系統の色の多いデラックス温白色 (色温度 3,500°K) ケイ光ランプを全面的に使用した。これらの光色のランプはカタログにも記載され、一般にも知られているわけであるがこれほど大規模に使用された例も珍らしい。

デラックス温白色ケイ光ランプは暖か味があり、しかも演色性もよいので、このほどの展示場のほか、住宅、商店、レストラン、ホテルなどの暖か味のあるなごやかなふんい気の照明にふさわしいランプである。

さて、室内の平均照度は非常に高く、点灯の初期において、地下 2 階～地上 2 階までは 3,000 lx、地上 3 階は 2,500 lx、地上 4～9 階までは 2,000 lx の高照度となっている。図 3.5 (a)～(d) はこれら光り天井を各階ごとに示したものである。

これらの平均照度はこの「光の塔」を外部からながめたとき、

表 4.1 (a) 広告塔ネオン変圧器数

	光 色	15 KV 170VA	12 KV 130VA	9 KV 90 VA
サイン	白	—	—	304
	青	—	—	304
	黄	—	—	304
	赤	—	304	—
社名文字	白	75	—	—
天気予報	赤	8	—	4
	白	—	8	4
	青	—	8	4
計	—	83	320	924
ネオン管 管径 15 mm 全長 9,721 m 変圧器 総計 1,327				

(b) 広告塔白熱電球数

	光 色	ランプ入力 W	数
サイン電球	白 色	30	384
〃	赤 色	30	2,916
反射形電球	青 色	150	768
合 計	—	—	4,068

表 3.2 照 明 設 備

場 所	FLR-20	FLR-40	FLR110H	計	白熱電球 IL-40	平均初期 照度 (lx)
地 下 3 階	2	40	—	42	—	—
地 下 2 階	248	236*	—	484	4	3,000
地 下 1 階	204	284*	—	488	4	3,000
地上 1, 2 階	600×2	—	93×2	1,392	4×2	3,000
地上 3 階	450	240	—	690	4	2,500
地上 4, 6, 8 階	32×3	224×3	—	768	4×3	2,000
地上 5, 7, 9 階	16×3	366×3	—	1,146	4×3	2,000
洗面所階段回りなど	30	106	—	136	—	—
中央コア内回り階段	—	176	—	176	22	—
合 計	2,278	2,852	192	5,322	66	—

- 注 1. ケイ光ランプの光色はデラックス温白色、色温度 3,500°K  
 2. \* 印 FLR-40 は高照度回路で 60 W として使用  
 3. 白熱電球は予備灯として使用  
 4. 入口の両側にケイ光水銀灯 HRF-400×10 灯使用





図 4.1 広告塔の表面構造  
Fig. 4.1 Surface construction of advertising tower.

#### 4. 広告塔の照明

##### 4.1 構造

この建物の屋上を占める広告塔は径 15m×高さ 17m, 500kW という大きさ, 消費電力においても日本有数のものである。

広告塔の構造は金属板を 8 段に分けて, 1 枚の方形板は 8 分割して三角形の形状の部分折り曲げて反射面を形成している。(図 4.1) 光源は各色のネオン管を内部に配置し表面の金属板はすべて



(a)



(b)



(c)



(d)

図 4.2 広告塔の電気サイン点滅の例

Fig. 4.2 Example of making and breaking of electric signs on the advertising tower.

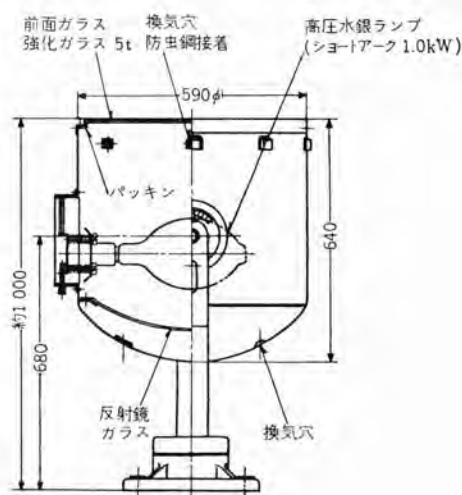


図 4.3 照空灯  
Fig. 4.3 Sky light.

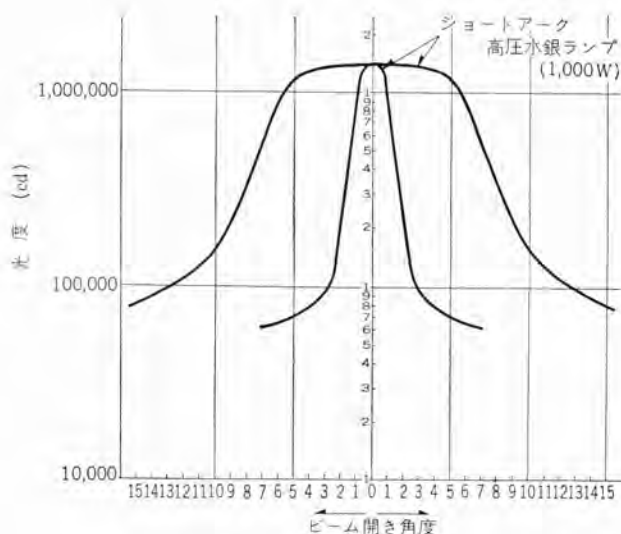


図 4.4 照空灯配光曲線  
Fig. 4.4 Light distribution curves of sky lights.

広告塔とあいまって, 十分明るく, 日本一明るい街頭である東京・銀座の一角でも群を抜いて目だつ存在となっている。

シルエット効果を表わし, 同時に金属板表面に青色の反射形電球を配置している。表 4.1 はネオンの光色の種類とそれらの容量を示している。

これらの点滅は従来の自動点滅器によるプログラム方式による点滅順序と, 後述のランダム点滅制御方式による不規則点滅の組み合わせからなるもので点滅の順序は一定でないため, 次にどのような色と形の点灯が行なわれるかは音によって作動する電子頭脳に任かせるという従来なかった新方式によるものである。図 4.2 (a)(b)(c)(d) はそれらの点滅の一例を示したものである。

三菱マークは赤色サイン電球 30W 2,916 個使用し, 社名は広告塔の下部に横にバンドで白色の地に浮き出るようにする。

社名の両側のネオンの色の組み合わせは世界共通の気象標に準じ, 明日の天気予報を知らせようになっている。晴は白色, 雨は青色, 曇は赤色である。したがってネオンの色の組み合わせが上下にたとえば白色/青色ならば晴のち雨, 赤色/白色ならば曇のち晴というわけである。

##### 4.2 照空灯

この広告塔の一つの特長は塔の上部に上空へ向けて設置された高圧水銀灯 1.0kW×24 灯による照空灯による照明である。このランプはとくにショートアークの高圧水銀灯で図 4.3 のごときサーチライト器具でその配光はタ円形となっている。

#### 5. 照明コーナその他の展示品

この建物には展望室(スカイロビー), 喫茶室(スカイリング)のほか



図 5.1 4 階の照明コーナ  
右側はケイ光ランプの演色性箱  
左側は純色カードケイ光ランプの展示  
Fig. 5.1 Illuminated corner of the 4th floor.



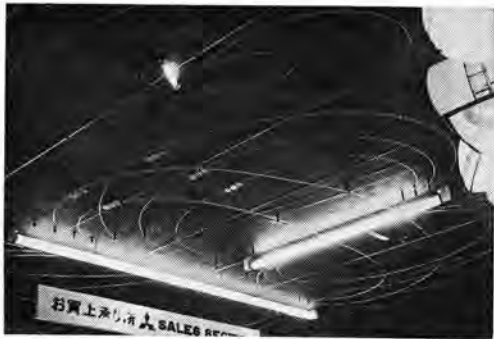


図 5.2 照明コーナー天井のケイ光ランプの展示と等照度曲線を示す。(最小の 4 W, 高圧力 110 W, 超高出力 110 W, を示す)

Fig. 5.2 To illustrate demonstration of fluorescent lamp in the ceiling of illumination corner and equi illumination curves.



図 5.3 7 階光導電式自動点滅器 (ダイヤルクス) の展示 ラジオおよび扇風機を CdS セルにより自動的に作動させる装置

Fig. 5.3 Displaying the photo-conductive automatic switching device on the 7th floor.



図 5.4 7 階偏光板 (ダイヤクロム) の展示 (広告照明用)

Fig. 5.4 Display of polarized board.

各階各室にはテレビ電話, デラックスなステレオ装置のほか原子力, エレクトロニクス, 半導体, 太陽電池, 電気ルミネセンス板, 偏光板, 光導電式自動点滅器, 各種家庭電気品などあり, とくに 4 階には照明コーナーが設備され, 染色性箱によって各光色のケイ光ランプの染色性が目で確かめられ, また純色カラーケイ光灯の展示, 天井には最少の 4 W ケイ光ランプ, 高出力ケイ光ランプ 110 W および超高出力ケイ光ランプ 110 W が配置され等照度曲線まで示されている。

## 6. ランダム点滅制御装置の概要

### 6.1 スカイリング広告塔の点滅方式

スカイリング広告塔の点滅方式は, あらかじめ決められた順序どおりに, 色と模様が変わるプログラム点滅と, 次の時間に何色が点滅するかはまったくランダム (不規則) であるランダム点滅とを繰り返すという新しい方式が採られている。

すなわち, 図 6.1 に示すように, プログラム時とランダム時が交互に繰り返され, プログラム点滅  $P_1, P_2, P_3, \dots$  は色と模様がまったく同一のものが繰り返されるが, ランダム点滅時  $R_1, R_2, R_3$  には, 青赤白黄のうち一色がランダムに選択され, その色に塗りつぶされる。

ランダム点滅制御装置 (RANDOM GENERATOR) は, このランダム点滅時の点滅指令を行なう制御装置である。

スカイリングの屋上には点滅周期の時間を作り出すタイマ用ドラムがあって, 図 6.2 に示すように B 秒間だけ RANDOM GENERATOR の指令によって広告塔が点灯する。

### 6.2 ランダム点滅制御装置の原理

ランダム信号源としては, 一般に考えられる乱数発生やホワイトノイズではなく, 音声信号を用いている。これで 4 色の選択をランダム

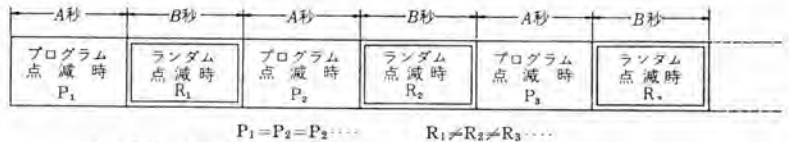


図 6.1 プログラムとランダムを繰り返すスカイリング広告点滅方式  
Fig. 6.1 Switching system repeating program and random control of Sky Ring advertising tower.

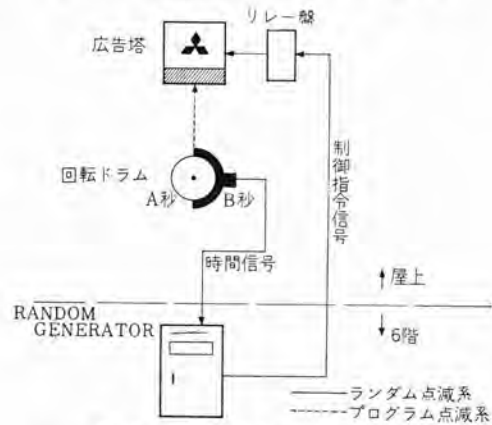


図 6.2 広告塔点滅指令系統図  
Fig. 6.2 System diagram of commanding switching of advertising tower.

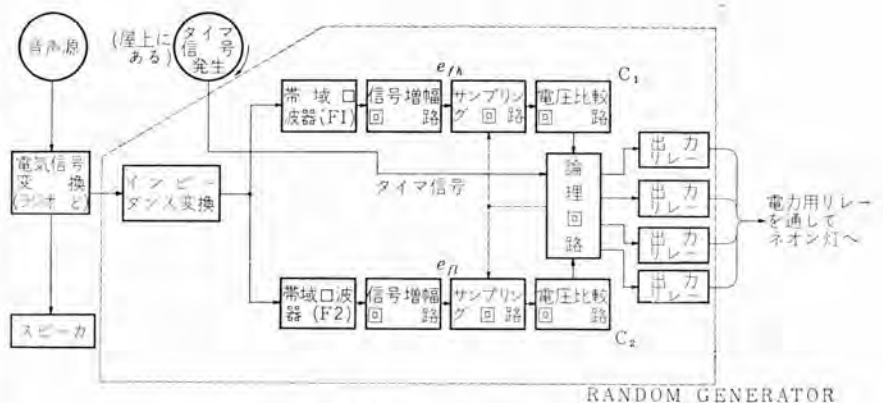


図 6.3 機能ブロック線図  
Fig. 6.3 Function block diagram.

表 6.1 (a) 音の状態のひん度

レコード音楽曲一曲を計6回測定した合計回数	
曲 目: On the street where you live (約2分)	
サンプル時間: 8秒に1回	
(1) の状態 (青)	28 回
(2) " (黄)	30 "
(3) " (赤)	8 "
(4) " (白)	23 "

表 6.1 (b) 音の状態のひん度

ラジオ放送音	
放送劇 (海鳴りの底から)	
赤ちゃんメモ ニュース 天気予報	
放送劇 (憂愁平野)	
対談, ヒットソング, 歌謡曲	
サンプル: 4秒に1回	
(1) の状態	460 回
(2) "	262 "
(3) "	425 "
(4) "	497 "



図 6.4 ランダム点滅制御装置 (Random Generator)  
Fig. 6.4 Program switching control device.  
(Random generator)

に行なうには以下のごとくして行なう。

図 6.3 は装置の機能をあらわすブロック線図である。音声信号源としては、ラジオ放送、レコードプレーヤ、マイクロホンのいずれかを用いて、まず高低二つの帯域フィルタを通して、高低二つの周波数成分を取り出す。プログラム時からランダム時に移った瞬間、サンプリング回路を通して数サイクル分の信号波が電圧比較器にはいるが、比較器  $C_1, C_2$  には独立に基準電圧を定めそれとの大小によりおのおの二つ、すなわち、論理回路により合計四つに分類される。

結局、音の状態はこの四つの状態のどれかに分類されることになる。四つの出力リレーがこれに対応しており、そのうち一つが動作する。B秒間そのまま持続し、次のランダム時に移ると、論理回路はリセットされ次のランダム時に備える。出力リレーが屋上の電力用リレーに接続され、RANDOM GENERATOR の指令どおりの色が点灯する。

高低二つの周波数に対応する基準電圧値は、おのおの独立に可変で、四つの状態の確率が等しくなるように調整できるが、信号源としてどんな音声が出ているかにより、おのおのの確率が左右される。四つに分類された音の状態は、現在次の色に対応している。

(1) 高い周波数成分が強く、かつ低い周波数成分も強い……青  
(2) 高い周波数成分が強く、かつ低い周波数成分が弱い……黄  
(3) 高い周波数成分が弱く、かつ低い周波数成分が強い……赤  
(4) 高い周波数成分が弱く、かつ低い周波数成分も弱い……白

以上のように、この装置は動作原理は簡単で、装置自体も簡易であるが、雑音により誤動作しないよう考慮が払われ、昼間でも来館者のため室内モータを点滅させる関係上、一種のオンライン装置とみなし、故障対策などについても特別に考慮している。

### 6.3 ランダム性の検討

もし、信号源としている音声の完全なるランダム性をもつならば四つの状態の確率は等しくできる。音声信号は完全なランダム信号ではないが、図 6.3 の比較器の基準電圧を任意に設定することにより、各確率を 1:1:1:1 に近づけられる。

高低二つの周波数に関しては、音声周波数の中で、ひん度の多い周波数、あるいは周波数スペクトルレベルの大きい周波数に選ぶ必要があるが、種々検討の結果

高い周波数  $f_h = 1 \text{ kc} \pm 100 \text{ c/s}$

低い周波数  $f_l = 400 \text{ c/s} \pm 50 \text{ c/s}$

に選んでいる。

音声信号中  $f_h, f_l$  のひん度、強さは互いに独立ではなく、相互関係を持つのが普通で、これが四つの状態の起こる確率を乱すことになるが、音の種類によって確率が異なることもこの方式の特長といえる。たとえば、オーケストラのような場合は、上述 (1) の状態が比較的起こりやすいが、放送劇や会話などには無声時があるため (4) の状態が起こりやすい。実測した結果を表 6.1 (a)(b) に示す。

図 6.4 は装置の概観図で、前面はトビラでおおわれている。

## 7. む す び

以上、この建物の照明設備を完成するにあたっては、東京・銀座の一角という日本一の場所がからから、円筒形の「光の塔」にふさわしい光り天井方式に統一して照明をまとめることができた。建物全体が広告塔である特殊性から光の円環形の積み重ねた外観は観光にも都市美としても面白く、すでに海外にも広く紹介されている。

さらに広告照明の点滅方式も従来にない不規則点滅により点滅による色と形の妙味を発揮している。

これらの完成にあたっては竹中工務店、日建設計株式会社および当社関係者のご協力に感謝する次第である。

### 参 考 文 献

- (1) 「三菱電機技報」 37, No. 5 (昭 38)
- (2) 「三菱電機技報」 37, No. 6 ( " )
- (3) 小堀: 照学誌 47 No. 7 (昭 38)
- (4) 照学誌 47 No. 3 (昭 38)
- (5) 建築設備 No. 149 3 月号 (昭 38)
- (6) 電設工業 9 No. 3 (昭 38)
- (7) 新建築 38 No. 3 (昭 38) 128
- (8) Japanese Committee on Illumination. S-336 Report in Answer to Question on Floodlighting and Advertising Signs. p. 12
- (9) 産経新聞 (昭 36-6.27)



# 新しい住宅照明の考え方

宮本時夫\*・松本久志\*\*

## A New Conception on Residential Illumination

Ofuna Works

Tokio MIYAMOTO

Research Laboratory

Hisashi MATSUMOTO

Residential illumination in the past is mostly based on an easy-going practice of fitting luminaires after the completion of the building. This brings on lighting far from satisfaction though it may be unavoidable due to the constructional and economical conditions in this country. Future lighting of residence shall be based on a new conception combining adequate illumination and appropriateness to the function of individual rooms through the application of light sources of proper light colors, which needs a cooperation of illumination engineers and architects. For these purposes fluorescent lamps having excellent features are to be used in harmony with houses together with a newly designed series of luminaires.

### 1. ま え が き

建設省では住宅対策の10年計画で一世帯一住宅を目標に1,000万戸建設を目標にしており、その中で公団・公庫などの政府施策住宅の割合を増加し、しかも居住水準の向上に重点をおいている。これと平行して住宅照明に関しても新しい観点から検討する必要がある。

わが国の住宅照明は欧米とは異なりケイ光灯が比較的スムーズに受け入れられているのは大きな特長である。昭和38年度3月期のBBR (Brand Barometer Research 社団法人中央調査社)によればケイ光灯の全国保有率は81.1%に達しているが、一世帯あたりのケイ光灯所有灯数は3.99灯で必ずしも高いとはいえない。ケイ光灯は効率・寿命・演色性ともにすぐれ各種各温度のケイ光ランプも市販されており、住宅照明用としてさらに需要は高まるであろう。デザインの面からもケイ光灯の特質を生かした新しい考え方のもとに大きな発展が望まれる。

ここではケイ光灯を主体にこれからの住宅照明の考え方を検討し考察してみる。

### 2. 光 源

従来、住宅照明ばかりでなく照明には電球が一般に使用されて

表 2.1 各種 ケイ 光 ランプ の 特 長 と 住 宅 照 明 に お け る 用 途

ランプ種類	色温度	特 長	用 途
昼 光 色	6,500°K	涼しいふんい気、赤味の少ないところにより。	夏の庭園など青味の多い場所で青を美しく照らす
デラックス 昼 光 色		演色性が良好、昼光に近い感じで白色が真の白に青系の色がきれいに出る涼しいふんい気	色彩調節を施した室、住宅 (夏の書斎、居間など)
白 色	4,500°K	効率がよく、落ちついたふんい気をつくる。色の問題にならない場所で使用	一般住宅
デラックス 白 色		演色性最良、自然に近いさわやかな快いふんい気をつくる	住宅 (書斎、玄關、台所など)
温 白 色 (3,500°K)	3,500°K	効率高く暖か味のほしいところ	冬の外灯
デラックス 温 白 色 (3,500°K)		演色性よく、赤味のほしい場所によりやや暖みのあるさわやかなふんい気をつくる	住宅 (居間、食堂、座敷)
温 白 色 (3,000°K)	3,000°K	効率高く非常に暖か味のほしい場所に向く	
デラックス 温 白 色 (3,000°K)		演色性が良好電球に近いふんい気を作る。デラックス温白色 (3,500°K) よりさらに暖か味のほしいところにより	住宅 (冬の寝室、座敷)

きた。電球の黄赤色の暖か味のある光色は長い間親しんできた夜の光であったがケイ光灯が実用化されて以来、急速にケイ光灯が夜の光として使用されるようになった。ケイ光灯が住宅のほか工場・事務所・デパートなどに広く使用されるようになった最大の理由は、経済性と演色性のよさなどの特長によるものである。ケイ光灯の経済性は、電球に比べ寿命が5~8倍、ランプ効率が3~4倍とすぐれた効率を示し、演色性のよさはデラックス形ケイ光ランプの出現により図2.1に示す分光分布図のごとくケイ光ランプの分光分布が黒体の温度放射のそれと非常に近く、すぐれた光色をもった各種の色温度のケイ光ランプが市販されており、表2.1のように適切にケイ光ランプを使用することにより、住宅内外の機能あるいはふんい気をより盛り上げるに効果的である。またケイ光ランプ

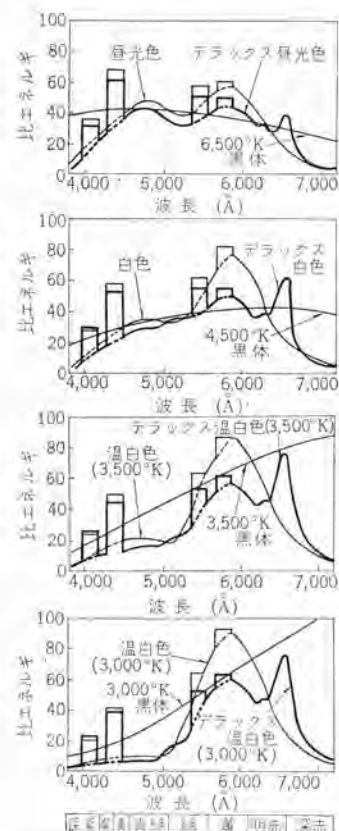


図 2.1 各種 ケイ 光 ランプ の 分 光 分 布 図  
Fig. 2.1 Spectral distribution of various fluorescent lamps.



図 2.2 水銀庭園灯 (100W)  
Fig. 2.2 Luminaire of mercury lamp for garden (100 watt lamp)



図 2.3 EL 板を使用した表札  
Fig. 2.3 Name plate of electro luminescence.

は線光源であり、輝度が低いことなどからランプを裸で使用してもまぶしさが少なく、間接照明など各種照明方式にも適切な光源といえる。

水銀灯の発する独特の水銀スペクトルは、樹木の緑を鮮やかにうきたたせ夏の夜を涼しく感じさせるユニークな光源である。住宅照明のうち庭園照明用としてスマートなデザインの庭園灯が多く市販されている。(図 2.2 参照)

近年、照明用光源として新しく登場した EL 板はケイ光ランプの線光源から面光源として新しい照明方式も期待されているが、現状では光束発散度が 4~15 lx 程度で室の全般照明に使用されるまでには至っていないが、近い将来には天井・壁あるいは床面などに EL 板を敷きつめ、室全体が光源となり、また電源電圧および周波数の変換により光色を変化させ、そのときどきにに応じて照度あるいはムードを変化させた照明も可能になるであろう。現在では表札、深夜の廊下、室の表示ケイ光灯などに使用すれば照明の補助光源として効果がある。

### 3. 照 度

住宅照明における照度は JIS Z 9110-1960 で基準値が規定されている(表 3.1 参照)。実際には経済的理由などからこの照度まで達していないのが現状のようであるが、近年文化の向上、生産性の向上を目ざし事務所・工場などの照度はますます高くとられる傾向にある。一説によれば視作業の最適照度は 1,000~2,000 lx といわれ、現状の住宅照明の照度に比較すれば数倍 ~10 倍近い高い照度が推しよされている。住宅照明の場合は裁縫・勉強・読書などに適応されうるのである。が一方一家だんらんの居間あるいは客間・応接間などは、とくに読書などの視作業を行なわ

表 3.1 JIS Z 9110-1960 照度基準 (住宅の場合)

標準照度 (lx)	照度範囲 (lx)	室 名	作 業 種 別
1,000	1,500~700	—	○裁縫 (暗材料)
500	700~300	—	○勉強, ○読書 (長時間または細字) ○裁縫
200	300~150	—	○読書, ○洗たく, ○調理 ○化粧, ○着付, ○食事 ○娯楽
100	150~70	居間, 書斎, 応接室, 小供室, 女中室, サンルーム, 広縁, 食堂, 浴室, 台所, 化粧室, 作業室, 家事室	—
50	70~30	玄関, 入口ホール, 納戸, 廊下, 階段, 非常階段, 便所, ポーチ	—
20	30~15	寝室, 車庫	—

(注) この照度は主として作業面 (一般には床上 85 cm, 座席のときは床上 40 cm 廊下・屋外などは床面または地面そのもの) における水平面照度を示すが作業内容によっては鉛直面あるいは傾斜面の照度を示すものもある。  
付表中の○印は局部照明を使用することによってこの照度を得てもよい。この場合の全般照明の照度は局部照明による照度の 1/10 以上であることが望ましい。

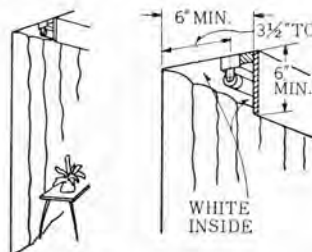
ないかぎり照度よりもふんい気を重視した照明方式を考え照度をもたすべきである。

### 4. ふんい気照明

住宅内の人間の行為は複雑である。住宅は一般に広い面積をもっていないが、そこでは団らん、休息、応接などの非活動的な行為もあれば、調理・洗たくのような活動的な行為もある。住宅内でのこうした人間の行為はそれぞれ、それなりのふんい気が必要なのである。

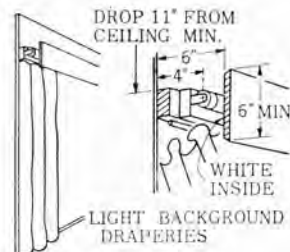
従来の日本家屋の照明は、後で述べる建築上の制約もあり部屋の共用、生活内容の簡素さなどから、天井づりによる一室一灯が習慣化されてきた。したがって照明器具は文字どおり部屋を明るくする器具であり、デザインは後から着せた衣に過ぎなかったといっても過言ではない。とくに現在の日本の住宅は一般に狭小住宅が多い。したがって複雑な生活行為に対して部屋の共用はまぬがれない。一室でいくつかの生活行為がなされるためには、それなりのふんい気を考える要素が必要であり、照明はこのためもっとも簡けつな要素である。近年、住宅の洋式化の傾向にともなって、徐々に補助照明手法もとり入れられており、住宅照明にも認識が高まってきていることがうかがわれる。光は明るさのほかにふんい気をつくる要素として今後ますます要求が高まってこよう。したがってデザインの主体は器具のデザインから照明手法のデザインに向けられなければならない。つまり光をいかに制御し構成するかの問題である。

欧米では、補助照明手法が発達し新しい傾向として天井照明灯を持たない住宅も現われている。一般にフロアスタンドや卓上スタンドの数が多く用いられ、室内の光の構成とともに調度品として部



(IES ハンドブックより)

図 4.1 コーニスライトの例  
Fig. 4.1 Cornice lighting.



(IES ハンドブックより)

図 4.2 バランスライトの例  
Fig. 4.2 Valance lighting.





図 4.3 コーニスライトの例  
Fig. 4.3 Example of cornice lighting.



図 4.4 バランスライトの例  
Fig. 4.4 Example of valance lighting.

屋の誇示の要素にもなっており、立派な器具が多い。狭い日本の住宅では、そのままこの慣習にならうことは無理であり、日本の住宅に適合した照明手法とそのため器具が考えられなければならない。

日本では、一般に住宅照明ないしは照明設備費には多くの費用をかけていない。これは経済的な事情よりは住生活に対する認識の問題であると考えられる。この認識の高かまりによっては、上述したような器具が当然要求されてくる。人間には他の機器でも見られるように経済的な事情をのり越えて、より高い機能、より魅力あるものを求める心理があり、光は十分それに答えられる機能を内包しているのである。したがってデザインは光の利用法をもっと幅広く効果的にしかもダイナミックに追求して行かなければならない。光はデザインにとって無限のモチーフなのである。以上のことをおしすすめてゆく上にデザイン上のチェックポイントとして次のことを考える必要があろう。

- (1) 部屋の明暗の構成
- (2) 光束発散度
- (3) 光色とそれに伴う壁や天井の見え方
- (4) 室内の仕上げや家具調度品などとの関連
- (5) 人間の行為に伴う人間工学的考慮

(5) にあげた人間工学的考慮は心理的效果を含んだもので、他にあげられた多くの要素もここに集約されるものである。一例としてカーテン照明をあげてみる。これはコーニスライト方式とバランスライト方式があり、とくに新しい方式ではないがいずれもカーテンを二次光源とした間接照明で、休息のためのふんい気を出すには非常にすぐれた手法である。(図 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 参照)

## 5. 建築計画と住宅照明

住宅の照明計画は、建築計画の一つの主要な要素である。したがって照明計画は建築計画時になされるべきものである。

新しい住宅照明の考え方・宮本・松本

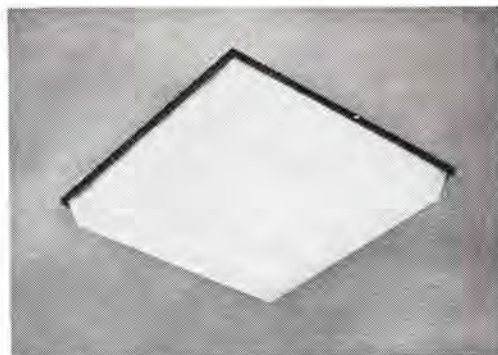


図 5.1 住宅用ケイ光灯器具 (20 W×4)  
Fig. 5.1 Fluorescent luminaire for residence.

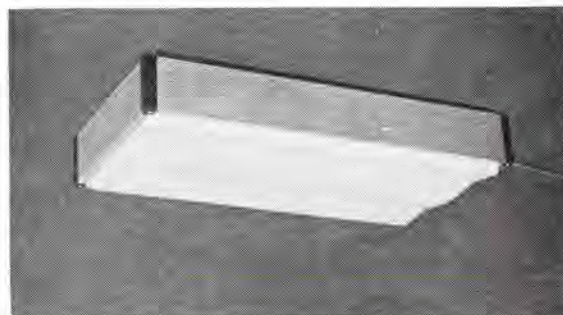


図 5.2 住宅用ケイ光灯器具 (20×3)  
Fig. 5.2 Fluorescent luminaire for residence.

ビルや公共建築物の場合には比較的問題はないが、現在一般の住宅建築ではこのような場合はきわめてまれであるといつてよい。ほとんどの場合住宅がある程度完成してから適当の器具を購入し設置している。

こうした状態は習慣として日常の生活に大きな支障にはなっていないが、それだけに新しい住生活への欲求をそ害しているといえる。建築が上がりきってからでは、多くの照明手法を取り入れることは無理であり、まして室内との関連やふんい気を十分に満足させることはできない、少なくとも建築設計が完了する時には照明設備とそのレイアウトおよび大体の照度分布も考えられていなければならない。さきに一例としてあげたカーテン照明も建築完成後では理想的な設置は不可能である。

近時、部屋の主照明に乳白プラスチックカバーを使用した天井直かけ器具が普及し始めている。(図 5.1, 5.2 参照) ランプ露出のつり下げ器具に比べてやや経済性は落ちるが光源が高くなるので心理的に部屋を広く感じさせ、また広い光源面からの透過光は強い影をつくらず、やわらかい部屋のふんい気を出すことができる。

しかしこれもこうした器具の設置を予定していない既設建築物に設置するのであるから、軽快感や天井面との調和には欠けがちになり、これはこれからの理想の器具とはいえない。

近い将来には住宅照明の建築化がこうした器具から行なわれて行くであろう。主照明に限らず卓上・スタンド・ブラケット・スポットライトなど機能的な器具は建築化ないしは建築に同化した器具として設計され、現在の単体器具としてのわずらわしさを解消したいものである。しかし器具の性格が限定されてくること、器具自体に従来のような趣味性を求めることは困難であること、経済性が劣ることなどによって住宅照明すべてを建築化の方向から考えることはできない。とくに照明器具自体に求める趣味性は今後とも否定し得ないものである。しかし、これは補助照明としての趣味灯やアクセサリ照明としてその性格を明確にして行くであろう。主照明や局

部照明などの機能的な照明は建築がその性格を決定すべきものである。今後照明を担当する デザイン は建築家と協力し並行して仕事を進めて行くことが強く要請されるであろう。

6. 照明器具のデザイン

日本の住宅照明は欧米とは逆に ケイ 光灯が主体をなすに至ったがこのような急速な普及には ケイ 光灯のすぐれた特性と従来の電球器具に簡単に取換える簡易な ケイ 光灯器具の出現が大きな原因をなしている。38 年度3 月期の BBR による器具の形式別割合は表 6.1 のようになりコードつり電球器具に代わる天井つり下げ器具が圧倒的に多いことがわかる。これらの器具は従来の電球器具に見られたものよりも新鮮味の感じられるパターンがグローセードにあしらわれているが、基本的な形は何ら新しいものではない。ケイ 光灯はまったく新しい光源として登場したのであるがわが国においては新しい住宅照明の考え方を伴って登場したものではない。現在市場の主流を占める ケイ 光灯器具は電球照明から本来の ケイ 光灯照明への変遷過程における過渡的なものと見るべきであろう。この時期が長く新しい方向への進展がおそく感じられるのは照明 デザイン と建築家とが住宅というもっとも難しい課題の中で手を結び合うことが少ないためと考えられる。

表 6.1 ケイ 光灯の全国保有率 (BBR)

天井つり下げ式	棒	形	63.9%
	環	形	12.1
天井・壁じかけ式			6.4
天井埋め込み式			2.2
スタンド式	棒	形	13.0
	環	形	1.1
その他			1.5

昭和 38 年 3 月調査、調査実数 21,529 戸

さきに機能照明の建築への方向を述べたが、建築家との協力の仕方によっては住宅においても決して無理な理論ではなく ケイ 光灯はもっともこれに応じやすい光源といえる。線光源であること、効率がよいこと、減色性がよいことなどの ケイ 光灯の特質を有利に生かした住宅用の照明器具が新しい考え方のもとに生れてくるべきである。いいかえれば新しい考え方にもとづく照明手法が今後の照明器具の デザイン である。もちろん器具の デザイン は消灯中の効果をも考慮したものでなければならない。古い純日本式家屋では照明器具に付加されたパターンは単調な部屋の中で視覚的な効果をもっていたが、最近住宅の洋式化、新しい建材の登場、家具調度品の色彩の豊かさなどにより、器具自体の装飾化はほとんど一部の趣味灯やアツサリ 灯を除いて意味を持たなくなってきた。個性は光の演出手法に求められ、これは複雑になってゆこうが器具自体の意匠はむしろ簡素なものが要求され個々の器具間に関連性を持たせ周囲を含めた室内、または住宅全体に統一感を与えるようなデザインが望まれよう。室内の主体になる照明器具と補助照明器具のように照明手法を異にする器具間にも意匠的なポリシーを通して同じようなレベル、同じようなセンスでまとめられたシリーズとして一連の住宅照明器具にしたいものである。この場合もちろん画一的なシリーズのみでは広い各層の需要に応じられるものではないが、シリーズの複雑化と多くの手法の開拓によってそれらの選択とその組み合わせ方が考えられ個々の器具に求められていた趣味性は時限をかけてここに移行すると考えられる。

7. む す び

以上述べたように住宅照明は、これまでの慣習的な住宅の建築がほぼ完了してから照明器具を設置するようなこそくな手段をこうぜず住宅設計時に綿密な照明計画を立て、光色のよい光源を使用して十分な照度をもった充実した住宅照明を確立すべきである。

最近における社外講演一覽

年 月 日	主催または開催場所	演 題	講 演 者	所属場所
38-4-4	電気四学会	絶縁物の耐 コロナ 性におよぼす周囲気体の影響	平 林 庄 司	研 究 所
38-4-4	電気四学会	磁気増幅器式 アナログ 計算機	染 谷 浩 二・大 野 栄 一	研 究 所
38-4-4	電気四学会	反転磁界を用いた ラズマ 閉じ込め実験	淡 野 光 章	研 究 所
38-4-4	電気四学会	軸対称空心 コイル の磁界計算用数表	河 合 正・杉 本 盛 行	研 究 所
38-4-4	電気四学会	トラス 状に ラズマ を閉じ込める移動磁界の一例	近 藤 博 通・岩 本 雅 民	研 究 所
38-4-4	電気四学会	移動磁界を用いた ラズマ の加速実験	飛 田 敏 男	研 究 所
38-4-4	電気四学会	コンデンサ 放電装置における スイッチングイグナイトロンの直列接続法	岩 本 雅 民	研 究 所
38-4-4	電気四学会	多段中間陽極形高圧整流器の特性	河 合 正・近 藤 博 通	研 究 所
38-4-4	電気四学会	超高圧整流器用等価試験装置	近 藤 博 通・利 岡 勝 司	研 究 所
38-4-4	電気四学会	水銀整流器の等価試験法における イオン 供給電流重畳位相と残留 イオン 密度の関係	飛 田 敏 男	研 究 所
38-4-4	電気四学会	水銀整流器陽極電流変化率測定装置	杉 本 盛 行	研 究 所
38-4-4	電気四学会	反限時遅延継電器回路	阿 部 久 康・山 田 郁 夫	研 究 所
38-4-4	電気四学会	磁気変調器特性と回路条件の関係	高 島 惇	研 究 所
38-4-4	電気四学会	磁気 ヒステリシス 回路計算装置	阿 部 久 康・山 口 峰 男	研 究 所
38-4-4	電気四学会	直交磁界形磁気変調器	池 田 和 男・木 村 好 男	研 究 所
38-4-4	電気四学会		阿 部 久 康・山 口 峰 男	研 究 所
38-4-4	電気四学会		木 村 好 男	研 究 所
38-4-4	電気四学会		池 田 和 郎・山 田 郁 夫	研 究 所
38-4-4	電気四学会		大 野 栄 一・阪 尾 正 義	研 究 所
38-4-4	電気四学会		山 崎 英 蔵	研 究 所
38-4-4	電気四学会		浜 岡 文 夫・大 野 栄 一	研 究 所
38-4-4	電気四学会		赤 松 昌 彦	研 究 所
38-4-4	電気四学会		山 崎 英 蔵・赤 松 昌 彦	研 究 所



# 広告照明に利用する偏光材料（ムービング・シート）

依 田 功\*  
太 郎 良 定 夫\*\*

## Moving Sheet-Polarization Material to Be Used for Advertisement Lighting

Mitsubishi Electric Coporation, Ofuna Works

Tsutomu YODA

PRC Production Co., Ltd.

Sadao TARORA

Moving sheet is a name given to an optical material for use in advertisement, display, education and explanation by giving moving expression to a portion or a whole of a static image. Expression through visual sense usually covers static elements such as letters and pictures and moving elements like electric signs and movies. As a means to fall between them there is an application of a lenticular lense, which, however, requires a relative movement of pictures with the line of vision to produce the effect of movement.

The system of applying the moving sheet is a new development to combine a moving element partially to the picture and the line of vision which are both in a static state. In the back of the picture the moving sheets are attached and from their back a rotating polarized lighting is given to produce the feeling of movement. This simple mechanism is on the threshold of wide applications.

### 1. ま え が き

ムービング・シートとは広告・展示・教育・解説などに利用するための光学材料で、静止している画像の一部または全部に動きのある表現を与えることができる。

広告などにおける視覚的な表現方法としては、文字・図画・写真などの静的要素と、映画・電気サインなどの動的要素とがあげられる。最近はこの中間を行くものとして、レンチキュラーレンズを用いる方法も行なわれているが、これの動感画面と視線との相対的移動を必要とするものである。

ムービング・シートを用いる方式は、画面も視線も静止しているのに、その一部に動的要素をもりこむことができる点で、新しく開発された技術といえる。この方式は、静的画面の一部に移動感を与えたいとき、その画面の裏側にムービング・シートをはりつけ、後方から回転偏光照明を与えるだけの簡単なものである。この方式の応用研究はまだしょっぱいばかりである。

本文では、上記の方式で最も大切なムービング・シートの構造・性質・応用に関する考案と実験を行なった結果について述べる。

### 2. ムービング・シートの構造と種類

#### 2.1 構造と作用

図2.1にムービング・シートの断面図が示してある。Pは照明を与える方向を、矢印で示したものであり、RからAまでが本文でと

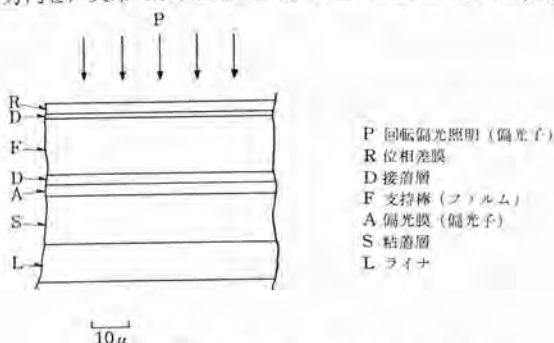


図 2.1 ムービング・シートの断面図  
Fig. 2.1 Cross section of moving sheet.

りあげる部分で、Sは実用に供するとき画面にはりつけるための粘着層、Lは使用するときにはがしてしまう保護のためのライナである。

主要部 R から A までの厚さは約  $250\mu$  で、R はセロハンのような複屈折性の無色透明な位相差膜、D は接着層、F は光学的に等方性の無色透明な支持体フィルム、A は単体透過率<sup>(1)</sup> ( $k$ ) が  $35 \pm 5\%$  の偏光膜である。

移動感の発生因子は A の Y 軸<sup>(1)</sup> と R の光軸との交角  $\theta$  を変化させる点にある。すなわち図 2.1 の R は多数枚からできており、図 2.2 のように配列されている。図では一例として  $\theta$  が  $15^\circ$  を単位として増加するようにしてある。図 2.1 にこのような R がついていると、P の Y 軸と A の Y 軸の交角  $\alpha$  が  $0^\circ$  のとき、図 2.2 の  $R_0$  と  $R_6$  が暗視野となり、P を正の方向に回転して  $\alpha$  が  $30^\circ$  のとき  $R_0$  と  $R_6$  は明るくなり  $R_3$  が暗視野となる。回転を続けると  $30^\circ$  を単位として暗視野が  $R_0$  から  $R_1, R_2, R_3$  と移動して行く。P を負の方向に回転させると暗視野の移動方向も逆転する。

上記のような性質をもたせるためには、R の位相差 ( $I'$ ) に特定の条件が必要となるが、これについては後に詳述する。

#### 2.2 種類

ムービング・シートは図 2.2 に示された直線状に暗視野が移動するものを含めて、図 2.3 のような基本的形態が考えられている。図の各名称は移動状況を表現している、それぞれの移動方向は P の正・負回転により変化するが、実用上は正回転だけと考える必要はないので、表 2.1 のような基本的種類が作成されている。

$R_0$		$\theta = 45^\circ$
$R_1$		$60^\circ$
$R_2$		$75^\circ$
$R_3$		$90^\circ$
$R_4$		$105^\circ$
$R_5$		$120^\circ$
$R_6$		$135^\circ$



図 2.2 位相差膜の配列  
Fig. 2.2 Arrangement of phase difference films.



図 2.3 ムービング・シートの基本的形態  
Fig. 2.3 Basic form of moving sheet.

表 2.1 ムービング・シートの基本的種類

(1)	直線形	(L形)
(2)	遠心式同心円形	(C-O形)
(3)	向心式同心円形	(C-I形)
(4)	左旋式回転形	(W-L形)
(5)	右旋式回転形	(W-R形)

このときの視線はA→R→Pの方向とする。したがってPの正回転は左回りとなり、表2.1の遠心式とは暗視野が中心部から周辺に向かって移動することを意味している。その他も同様に移動方向を示しているが、直線形だけは非対称のため同一のものの向きを変えれば任意の方向へ移動させることができる。

図2.3において移動効果を明確に分類するためには、隣接位相差膜の関係を示す単位幅、単位交角を決めなければならない。単位幅とはL, Cの両形では位相差膜の幅であるが、W形では放射角度で示される。単位交角とは図2.2に示されている $\theta$ の差で $\Delta\theta$ で表わされ図では $15^\circ$ である。 $\Delta\theta$ は暗視野から次の暗視野までにあるRの枚数を週期Nとすると

$$\Delta\theta = 90^\circ / N \quad (2.1)$$

の関係があり、図2.2では $N=6$ となっている。

### 3. ムービング・シートの原理と性質

ムービング・シートを使用すると、なにゆえ静止している画像の一部に動きが見られるのか、これを移動感と呼ぶことにすると、移動効果に影響を与える性質にはどんなものがあるのか、これらの点について考察してみよう。

#### 3.1 暗視野となる条件

静止している画像の一部に動きを与えるといっても、実際に一部の像を移動させる訳ではなく、小面積の暗視野を偏光利用により次々と移動させて、あたかも画像の一部に動きがあるような感覚を与えるものである。

まずそのような暗視野をいかにして作るかを図3.1中心にして考えてみよう。ムービング・シートの使用法を模型的に示すと図3.1のようになる。図のRとAは図2.2と同様とすると、眼の方向から見てPを左回しにすることにより暗視野が下へ移動する。この現象を解析するため、A, R, Pの振動ベクトルをとりあげると図3.2のようになる。図では便宜上視線方向を逆にしてあり、位相差は7枚の中の1枚だけに着目している。このRには光軸とそれ膜に直角な方向があり、屈折率のほうからいえば光軸に平行に振動する光は異常光(E), 直角に振動するものは常光(O)である<sup>(2)</sup>。

Aからの光がRに入射すると、まず $E_1$ と $O_1$ に分かれ、射出直後異常光は位相差 $\delta$ だけのおくれをもった $E_2$ と、常光はそのままでの $O_2$ となり、これらはPで合成される。

この関係を数式で示すと以下になる。

$$A = a \sin \omega t \quad (3.1)$$

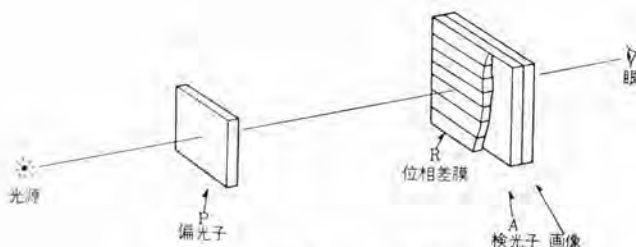


図 3.1 ムービング・シートの使用法  
Fig. 3.1 Method using moving sheet.

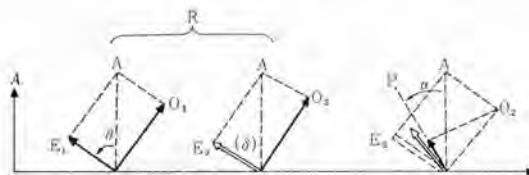


図 3.2 ムービング・シートの波動模型  
Fig. 3.2 Wave models of moving sheet.

ただし、 $a$  は振幅、 $\omega$  は角速度、 $t$  は時間である。

$$\left. \begin{aligned} O_1 &= a \sin \theta \cdot \sin \omega t \\ E_1 &= a \cos \theta \cdot \sin \omega t \end{aligned} \right\} \quad (3.2)$$

$$\left. \begin{aligned} O_2 &= O_1 \\ E_2 &= a \cos \theta \cdot \sin (\omega t + \delta) \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

$$\left. \begin{aligned} P &= a \cos \theta \cdot \cos (\theta - \alpha) \cdot \sin (\omega t + \delta) \\ &\quad + a \sin \theta \cdot \sin (\theta - \alpha) \cdot \sin (\omega t) \end{aligned} \right\} \quad (3.4)$$

式(3.4)で

$$\left. \begin{aligned} B &= a [\cos^2 \theta \cdot \cos^2 (\theta - \alpha) + \sin^2 \theta \cdot \sin^2 (\theta - \alpha) \\ &\quad + 2 \cos \theta \cdot \sin \theta \cdot \cos (\theta - \alpha) \cdot \sin (\theta - \alpha) \cdot \cos \delta]^{1/2} \\ \tan \varphi &= \frac{\cos \theta \cdot \cos (\theta - \alpha) \cdot \sin \delta}{\cos \theta \cdot \cos (\theta - \alpha) \cdot \cos \delta + \sin \theta \cdot \sin (\theta - \alpha)} \end{aligned} \right\} \quad (3.5)$$

$$\text{とすると、} P = B \sin (\omega t + \varphi) \quad (3.6)$$

となる。式(3.6)で $\alpha$ の値のいかんによらず暗視野となるためには $B=0$ とならなければならない。式(3.5)を書き換えると

$$\left. \begin{aligned} B &= a \left[ \cos^2 (2\theta - \alpha) + \frac{1}{4} (\cos \delta + 1) \{ \cos 2\alpha \} \right. \\ &\quad \left. - \cos^2 (2\theta - \alpha) \right] \end{aligned} \right\} \quad (3.7)$$

となるので、 $\cos 2\alpha \neq 0$ であるから $B=0$ のためには次式が同時に成立しなければならない。

$$\left. \begin{aligned} \cos \delta + 1 &= 0 \\ \cos (2\theta - \alpha) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (3.8)$$

$m, n$  を正の整数とすると上式から

$$\left. \begin{aligned} \delta &= (2m-1) 180^\circ \\ \alpha &= 2[(2m-1) 45^\circ - \theta] \end{aligned} \right\} \quad (3.9)$$

となり、これが暗視野となる条件である。

$m=n \equiv 1$  の場合についてこの条件を要約すると

(1) 位相差膜は二分の一波長板( $\lambda/2$ 板)である。式(3.9)の $\delta$ が $180^\circ$ なることは、波長で $\lambda/2$ に相当し、一般に $\lambda$ としては視感度極大の $556 \text{ m}\mu$ をとるので、位相差 $\Gamma = 278 \text{ m}\mu$ である<sup>(3)</sup>。

(2) 検光子の振動方向と位相差膜の光軸との交角 $\theta$ が $45^\circ$ のとき、偏光子の振動方向は検光子と平行で暗視野となる。 $\theta$ が $45^\circ$ と異なるときは差角の2倍だけ偏光子を回転させれば暗視野となる。



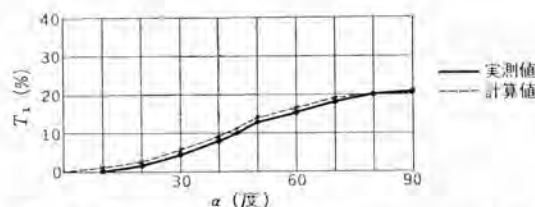


図 3.3 偏光子の回転角  $\alpha$  と 1 枚の位相差膜の透過率  $T_1$  の関係 ( $b=0.21$ ,  $\theta=45^\circ$ )

Fig. 3.3 Relation between rotating angle  $\alpha$  of the deflector and transmitting factor  $T_1$  of one phase difference film.

### 3.2 ムービング・シートの動的特性

偏光子の回転による 1 枚の位相差膜の透過率変化を ムービング・シートの動的特性と称することにする。図 3.1 または図 3.2 で偏光子 P を回転すると、最も暗黒な位相差膜の部分が徐々に明るくなりふたたび暗くなるのが認められる。

この関係をすでに求めた数式によって一般的に考えてみよう。上記の明暗を透過率 ( $T_1$ ) で表わし、これが偏光子 P の回転角  $\alpha$  でいかに変化するか考えることにする。

式 (3.5) に  $\lambda/2$  枚の条件の  $\delta=180^\circ$  を代入して、その結果を式 (3.6) に適用すると  $P=a \cdot \cos(2\theta-\alpha) \cdot \sin \omega t$  となるので、 $\theta$ ,  $\alpha$  の変化するときの位相差膜の透過率 ( $T$ ) は

$$T=b \cdot \cos^2(2\theta-\alpha) \quad (3.10)$$

となる。 $b$  は使用した材料の定数で  $\theta=45^\circ$ ,  $\alpha=90^\circ$  のときの透過率に等しい。

前述の 1 枚の位相差膜の透過率は  $(2\theta-\alpha)$  によって変化するが、 $\alpha=0^\circ$  のとき  $T_1=0$  となるような  $\theta=45^\circ$  について考えると、

$$T_1=b \cdot \sin^2 \alpha \quad (3.11)$$

となり、この計算値と実測値が図 3.3 に示してある。この両者はよく一致している。ただし使用した偏光膜の単体透過率  $k=0.35$  で、 $b$  は実測の 0.21 を用い、位相差  $\Gamma=260 \text{ m}\mu$  であるが、計算上の  $\delta=180^\circ$  とした。

### 3.3 ムービング・シートの静的特性

偏光子を固定したとき、各位相差膜の透過率 ( $T_2$ ) は、図 2.2 の各  $\theta$  の差つまり単位交角  $\Delta\theta$  によって変化する。このようなときの  $T$  と  $\theta$  の関係を ムービング・シートの静的特性と称することにする。

動的特性の場合と同様に、上記の関係を偏光子の回転角  $\alpha=0^\circ$  のときについて考えて見よう。

$$\text{式 (3.10) から } T_2 \text{ は } T_2=b \cdot \cos^2 2\theta \quad (3.12)$$

となる。図 3.3 と同様な試料についての式 (3.12) の計算値と実測値が図 3.4 に示してある。実測は  $\theta=45^\circ$  から  $\Delta\theta=10^\circ$  ごとの場合について行ない、両者はよく一致していることがわかった。

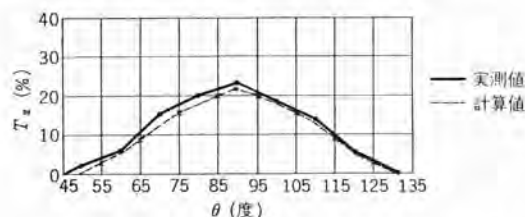


図 3.4 偏光子固定時の各位相差膜の交角  $\theta$  とその透過率  $T_2$  の関係 ( $\alpha=0^\circ$ ,  $b=0.21$ )

Fig. 3.4 Relation between cross angle  $\theta$  of each phase difference film when the polarizer is fixed and its transmission factor  $T_2$

表 3.1 偏光子の回転角  $\alpha$  と各種位相差膜の透過率  $T_1$  (%)

$\Gamma(\text{m}\mu)$ $\alpha$ (度)	245	250	260	265	270
0	0.5	0.5	1.0	1.0	0.5
10	1.5	1.5	2.0	2.0	2.0
20	2.5	3.0	4.0	3.5	3.0
30	4.5	5.0	6.0	6.0	5.0
40	8.0	8.5	9.0	9.5	8.5
50	12.0	13.0	14.0	14.5	13.0
60	16.0	17.0	16.0	17.0	15.5
70	19.5	19.5	19.0	19.0	19.0
80	21.5	22.0	21.0	20.5	20.5
90	22.0	22.0	21.0	22.0	22.0

(注) 図 3.3 参照

位相差膜の周期  $N$  と  $\Delta\theta$  との間には (2.1) 式のように  $N \cdot \Delta\theta = 90^\circ$  なる関係があるので、 $\alpha=0^\circ$  の場合には任意の周期についての  $T_2$  が図 3.4 から求められる。たとえば  $N=6$  なら、 $\Delta\theta=15^\circ$  となるので、 $\theta=45^\circ$  の位相差膜 R の  $T_2=0\%$ 、 $\theta=45^\circ+15^\circ$  の R では  $T_2=5\%$  となる。このようにして  $\Delta\theta=15^\circ$  の一連の R の  $T_2$  を求めると、0, 5, 16, 21, 16, 5, 0% となる。

### 3.4 位相差の範囲

暗視野となる条件は 3.1 節で述べたように、材料面では位相差膜の  $\Gamma=\lambda/2=278 \text{ m}\mu$  となることである。本節では實際上この  $\Gamma$  がどの辺まで許容されるか実験した結果について述べる。

方法は 3.2 節と同じで、 $R$  としては  $\Gamma=245, 250, 260, 265, 270 \text{ m}\mu$  の 5 種類を選び、図 3.3 と同様な測定を行ない、 $T_1$  (%) の相違を調べた。測光には タングステン・ランプ と視感度に一致させた光電池式照度計を用いた。結果が表 3.1 に示してあるが、ほとんど差違が認められない。

この結果は  $278 \text{ m}\mu$  より小さい  $\Gamma$  値のものについてわかったことだが、大きいものについても光学的には対称性があると考えられるので、位相差としては  $\Gamma=278 \pm 33 \text{ m}\mu$  の範囲なら十分暗視野とさせることができるだろう。

## 4. ムービング・シートの応用<sup>(4)</sup>

ムービング・シート を利用するにあたっては広告や展示などで、移動感を出して大衆の興味を引く場合と、教育や説明などで物事を解説するのに用いる場合の二つが考えられる。

どの場合でも最少限の構成要素として、光源、偏光子とその回転機構および画面が要求される。その効果をあげるには周囲が暗いほどよいので、フードを兼用した収容箱が望まれる。各場合における応用について略述すると以下ようになる。

### 4.1 広告・展示用

大衆の興味を引くものとしては、ネオンサイン や イルミネーション の代用として、電球や ネオン 管の点滅を要せずして物の移動感を出す場合と、広告塔や広告板をはじめショーウィンド 装置の一部として、あるいは組み立てられた一つの機器として、所要画面の移動感および点滅感を出す場合とがある。

この際の移動感は物の流れや物の進行方向、物の盛り上がり、あわだち、物の輝きなどを一定方向に従って表現することができる。さらに偏光子の回転方向を切り換えると、正反対の動きをも連動して与えることができる。

移動の単位は、物件の大きさや展示場所と観察者との距離の遠近によって調整されなければならないが、そのためには ムービング・シートの各位相差膜の単位交角、幅および放射角度を加減することにより所要の目的を得ることができる。

点滅感を出す場合の時間的間隔についても同様である。もしこ



図 4.1 ムービング・シートの移動状況  
Fig. 4.1 Moving state of moving sheet.

これらの動きにリズム感を与えたいときは、各位相差膜の単位交角を変化させれば各種の組み合わせを得ることができる。

図 4.1 には各種 ムービング・シートを 1 枚の透明シートにはり付けて偏光子を約 1.5 回転させたときの移動状況を示したものである。実際には、これらは画面の一部に利用されることになる。一般には移動するときの色は白黒であるが、特殊の位相差膜を利用すると美しい干渉色の動きにすることもできる<sup>(5)</sup>。これらを利用すれば、模様なり感覚の表現を自由かつ美しくすることが可能である。

#### 4.2 教育・説明用

物事を解説するのに用いる場合は、画面の全体あるいはその一部をムービング・シートで作成する。たとえば、自動車エンジンの動きを説明するのにこれを利用すると、ムービング・シートの移動によってガソリンの流れが現われ、またその流れに応じた他の部品の動きを別のムービング・シートによって違った動きを与えて表現することも可能である。

この方法は機械や設備の説明のためばかりでなく、いかなる種類の画面の動き、あるいは立体表面の動きを表現するためにも利用できるもので、偏光子の回転機構をくふうすれば映写機やスライドで拡大投影することもできる。

教室や店頭または展覧会などにおける物事の説明用として、あるいは映画やテレビの動画撮影用としても利用することができる。

のである。

#### 5. む す び

本文ではムービング・シートの基本的性質に重点をおいて解説を行ったが、これの利用についてはほとんど未着手の状態である。静止画面の一部に動きを与えることの効果は、色彩の変化と動きによってさらに増大されるものと思われる。これの応用について、たとえばマス・コミの手段として利用される場合は、専門デザイナーの手によってムービング・シートの配置画面が作成されるであろう。そのようなときに、いくらでも本文が参考になれば幸いである。なお、図 4.1 のムービング・シートをもったモデル・セット(ムービング・ライトと称している)を、銀座のスカイリングと大船の三菱電機商品研究所に展示している。

(昭 38-8-7 受付)

#### 参 考 文 献

- (1) 依田：『照学誌』42, 7, 48 (1958)
- (2) 依田, 中村, 井手：『日本写真学会誌』22, 144 (1959)
- (3) 依田, 中村：特許出願中
- (4) 太郎良, 塩見：特許出願中
- (5) 依田, 中村：特許出願中

#### 最近登録された実用新案

名 称	登 録 日	登録番号	考 案 者
埋込型照明器具	38-4-24	716872	高島秀二・山下源一郎
エアタオル	"	716873	服部信道・岩田尚之
ボット形電気掃除機	"	716874	武井久夫・加藤 悟
電気掃除機用床ブラシ	"	716875	武藤 正
環状ケイ光灯ランプのソケットホルダ	"	716876	小笠原善丸・鈴木 実
環状蛍光灯ランプ支持装置	"	716877	小笠原善丸・鈴木 実
サーモスタット	38-5-4	717299	武田克己・神本明輝
断路器	"	717300	境 正昭・元木知春
開閉器の操作装置	"	717301	勝田久登・杉尾憲一
スライドスイッチ	"	717302	斎藤定臣・入江 原
電気車の滑走防止装置	"	717303	細野 勇
磁気誘導開閉器	38-5-9	717418	山下源一郎・柳下義兵衛
電気アイロンの蒸気タンク	"	717419	野畑昭夫・赤羽根正夫
放電灯ソケット	"	717420	山下源一郎・西山 貞
電気足温器	"	717421	大沢相清・大竹 操
やぐら形電気こたつ	"	717422	穴沢 正・小島三雄
タイムスイッチ用端子台	"	583901	新川成美
直列計数回路	"	583902	浜岡文夫・大野栄一
キャビネットにシャーシと配線盤とを取付ける装置	"	717691	牟田克己・須藤智弘
記録積算計器	38-5-14	584111	加藤義明

名 称	登 録 日	登録番号	考 案 者
ミシンの漏油防止装置	38-5-14	584112	本田英三・平松寛夫
ミシンの布送り調節装置	"	584113	三津沢武夫
ミシンの布送り調節装置	"	584114	森田 稔・辻本忠司
電気縫電器	"	584115	町野康雄・大島太賀徳
ミシンの送り歯調節装置	"	584116	三津沢武夫
ミシンの送り調節装置	"	584117	森田 稔・山野稔夫
二段操作開閉器	38-5-16	718007	安見章造・坂恵節典
磁気増幅器	38-5-20	718272	長沢保明
電動ホイストの巻上巻下制御装置	"	718273	上原利夫
変速光灯具	"	718274	船田淳三・高田 弘
ステップモータ	38-5-23	718557	武田克己・相田利光
携帯用電カシナ	"	718558	入江 厚
電気掃除機用ブラシ	38-6-5	719164	武井久夫
ミシンの糸巻案内装置	38-6-6	584465	辻本忠司・藤田次朗
内巻機関着大用断続器取付装置	38-6-12	719363	大村半弥
押しボタンスイッチ	"	719364	福元輝男
カムスイッチ装置	"	719365	白左司昭
低圧点火用配電器	"	719366	黒岩利明
避雷器の放電回数記録装置	"	719367	岡田昌治



# サンセットタイマの実動試験

武田 克巳\*・三好 博司\*

## Actual Working Tests of SUNSET TIMER

Fukuyama Works      Katsumi TAKEDA・Hiroshi MIYOSHI

SUNSET TIMER is an automatic switching device to have ideal, automatic control of advertizing lights and street lights by making use of celestial phenomena. However, it may involve error to be caused by outside the theories as long as the operation is based on the celestial phenomena. To look into the matter, thorough actual working tests have been conducted for one year. The result has revealed that the device is fully good enough for practical application. The principle of the control switch and the relation between the operation and the test results are stated in this report together with the details of the experiments.

### 1. ま え が き

広告灯は、日没とともに点灯し深夜人通りがなくなれば消灯し、日の出前人通りが始まると点灯し日の出とともに消灯すれば理想的な自動照明である。また商店街などにおいては、日没とともに鈴らん灯が点灯され、人通りが少なくなる 22 時ごろになれば消灯して防犯灯のみ点灯し、日の出とともに防犯灯が消灯すればこれも理想的な自動照明である。

このような照明の自動制御を行なうものとしてサンセットタイマがあるが、これは天体現象を利用しているので実際に動作させた場合、はたして理論どおり動作するものか、またその誤差はどの程度になるか疑問がもたれる。

そこでこのサンセットタイマを南は長崎、北は札幌と条件の悪い所に取り付け一年間実動試験を行なった結果を発表し、上記疑問にこたえた。

なお、サンセットタイマと天体現象との関係が明らかでないと試験結果との解析が困難となるので原理・動作についても述べることにする。

### 2. サンセットタイマの原理・動作

サンセットタイマは大別して次の機構にわかれ、各部の原理・動作は次のごとくなる。

#### 2.1 時計装置

図 2.1 に日本各地における一年間の日の出と日没時刻の関係を示す。図に示されているように、もし日の出と日没との時刻の中央の時刻をラットすれば中央の時刻はどの地区においても、四季を通じてほぼ一定の時刻になることがわかる。説明上、日本の標準時である神戸地区について考えればこの時刻は 12 時となり、サンセットタイマはこの天体現象を利用しているものである。すなわち一定位置に停止している回転子を日の出とともに同期電動機により夜間の回転速度の  $1/2$  で回転させ、日没後夜間となれば正常の回転速度に変換した装置を考える。この装置においては日の出と日没の中央の時刻がちょうど 12 時であることから、日の出前に停止している一定位置が 12 時となって夜間の回転速度で回転を開始した時計装置と同じこととなり、日没後は正しい時刻を示すこととなる。この時刻表示は一年を通じて日の出と日没との時刻の中央が 12 時であれば回転子は年中正しい夜間の時刻を示すこととなる。

示すこととなる。

さらに図 2.2 について具体的に説明する。夏においては、日の出が 5 時日没が 19 時であるので昼間の時間は  $19-5=14$  時間であるが回転速度は夜間の  $1/2$  であるので、回転子は夜間の  $14/2=7$  時間分回転する。そこで夜間となる日没の時刻は  $12+7=19$  時となりちょうど日没時刻と一致し、このことは 12 時から夜間の速度で時計装置が回転を始めたことを意味する。一方冬においても日の出が 7 時日没が 17 時であるので、日没までの昼間の時間、回転子は夜間の  $17-7/2=5$  時間分回転するから日没時刻は  $12+5=17$  時となり、日没時刻と一致し、以後の夜間は正しい時刻を示すこととなる。この関係は夏冬を問わず一年中日の出と日没の時刻の中央が 12 時となることから一年を通じて成立し、夜間は常に正しい時刻を算出する時計装置を得ることができることを示す。

このような時計装置の大きな特長は累積誤差が出ないことである。すなわち毎日の時刻は毎日計算するゆえ太陽の運行が変わらない限り、また停電して同期電動機の回転が停止しない限り、何

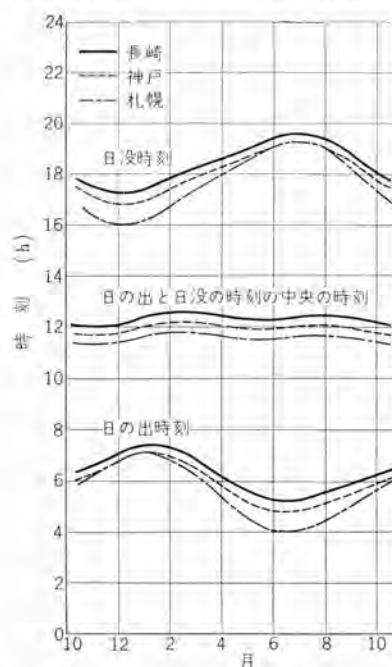


図 2.1 年間における日の出・日没の時刻  
Fig. 2.1 Time of sunrise and sunset throughout a year.

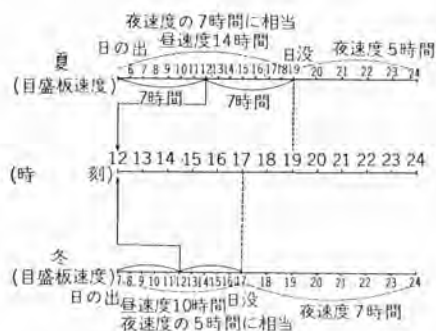


図 2.2 原理説明の具体例

Fig. 2.2 Practical example of explanation on the principle.

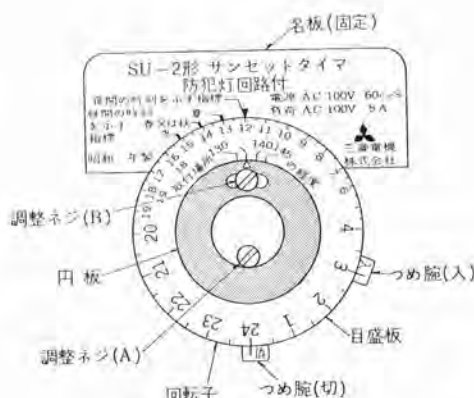


図 2.3 目盛板の表示

Fig. 2.3 Indication on the dial.

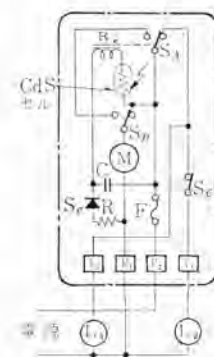


図 2.4 SU-2 形 サンセットタイマ 接続図

Fig. 2.4 Connection diagram of type SU-2 SUNSET TIMER.

年経過しても累積の時間誤差はまったく現われないことを示す。

## 2.2 停電修正

前項に述べたごとく、停電により同期電動機が停止すれば時計誤差となり使用不能となるが、この影響は簡単な方法で取り除くことができる。すなわちこの時計装置は年間を通じて、つねに日の出前に一定位置に停止させておかなければならないが、これがための装置が、すなわち、停電修正となる。SU-2 形 サンセットタイマは日の出前の停止時刻を4時に設定されているので、もし日の出時刻が5時ならば1時間、7時ならば3時間、一定位置に停止してから、日の出までに時間の余裕があることを利用している。

具体的に説明すると、夜間、もし40分停電すれば、停電回復後4時までは40分時計装置は遅れて動作しているが、4時40分になれば日の出前の停止位置に回転子が位置し、これは日の出前であるため、停止して日の出を夏ならば20分、冬ならば2時間20分待つて次の動作を行なうため、翌日は正常な動作となり停電修正が自動的に行なえることとなる。この原理から日の出前停止時刻を4時とすれば、夏は夜間の停電に対しては1時間、冬は3時間、もし停電が昼間であれば昼間の回転速度は夜間の1/2であるため2倍の、すなわち夏は2時間、冬は6時間の修正が可能である。これ以上の長時間の停電に対しては毎日上記時間ずつ修正していくので遅れを取りもどし、必ず正しい時刻に復帰することとなる。もし冬の夜間、6時間停電すれば、次の日は3時間夜間遅れているが、その次の日には正常な時刻に復帰することとなる。

もちろん、春秋期はこの中間となる。この装置はなんら特別の構造を持たせなくても停電による誤差を修正するのが大きな特長である。

## 2.3 経度修正

図 2.1 に示されたごとく、取り付け場所の経度により日の出と日没の時刻の中央が12時とならないことがわかる。これは2.1節の原理からみて時刻誤差となることは明らかであり修正の必要がある。経度による誤差は、日本においては神戸（東経135度）を基準として標準を定めているためで、経度1度につき4分ずつ東方に行くほど早く日の出となり、早く日没となるためである。この関係から経度1度につき4分ずつ東方に行くほど日の出前の一定位置停止の位置を回転方向に対し遅れるようにずらせてやればよいこととなる。この様子を図 2.3 に示す。回転子の軸と円板とは固定されており調整ネジ(B)をゆるめれば目盛板が回転し、取付場所の経度に合わせたのち締めつければ、回転子が標準時刻

に対し進みまたは遅れて、取付経度による時刻誤差を修正することが簡単に行なえる。取り付けの緯度による時刻誤差は、図 2.1 の札幌の例に示すように日の出と日没の中央の時刻は神戸における関係と相似であるから必要はない。

この装置は太陽の運行を利用しているのに、時刻誤差が簡単に標準時刻に修正される特長をもつ。

## 2.4 時刻合わせ

サンセットタイマは原理上日没後の夜間のみ正しい時刻を示す、したがって昼間に正しく動作しているかどうかチェックするとき、および最初に取り付けて動作させるとき、時刻の読み取りおよび時刻合わせが困難となる。このため昼間目盛を目盛板に対し解決している。この目盛は四季を通じ日の出時刻および日没時刻が異なるため、四季により区別する必要がある。この目盛を図 2.3 に示してある。昼間は日没後の夜間の1/2の回転速度である。したがって夜間に比べ目盛誤差は1/2となるため、用途上とくに精度を必要としないため、また翌日には正しい時刻に自動的に修正されるため精度をあまり必要とせず、春、夏、秋、冬程度の目盛としている。この程度で実用上はなんらさしつかえないと考えられる。

## 2.5 自動点滅器の動作

サンセットタイマは、日の出および日没の周囲の明るさに応じて時刻を算出する動作を行なうため、日の出および日没時に動作する一般の自動点滅器として同時に使用することができる。すなわち図 2.4 に示されているように、自動点滅器として開閉動作を行なうスイッチ  $S_A$  の出力回路に、時計装置の時刻によって開閉動作を行なうスイッチ  $S_C$  を持続すれば、日没とともに点灯、回転子に設定された時刻に消灯および点灯、日の出とともに消灯という動作を行なわせることができ、さらにスイッチ  $S_A$  の出力を直接1sとして取り出し使用すれば、日没とともに主回路および補助回路の点灯、回転子に設定された時刻に主回路消灯、補助回路は点灯持続、日の出とともに補助回路消灯という動作も行なうことができる。

この場合、補助回路は保安灯回路として使用することが考えられる。

## 3. 実用試験結果

実用試験は最も悪条件の西と東の次の地区で行なった。

長崎 東経129度53分

北緯32度44分



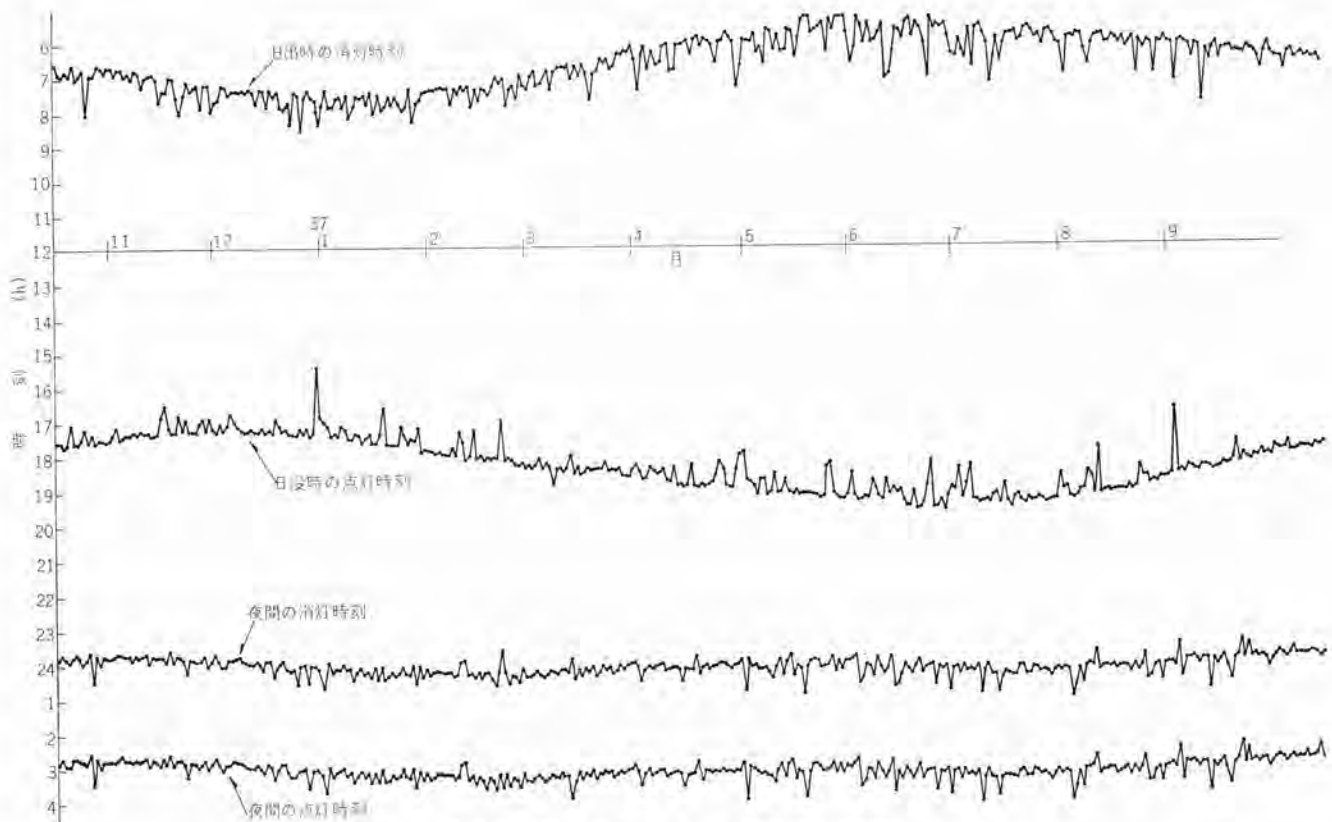


図 3.1 SU-2 形 サンセットタイマ 実動記録 (長崎)

Fig. 3.1 Actual working records of type SU-2 SUNSET TIMER (Nagasaki).

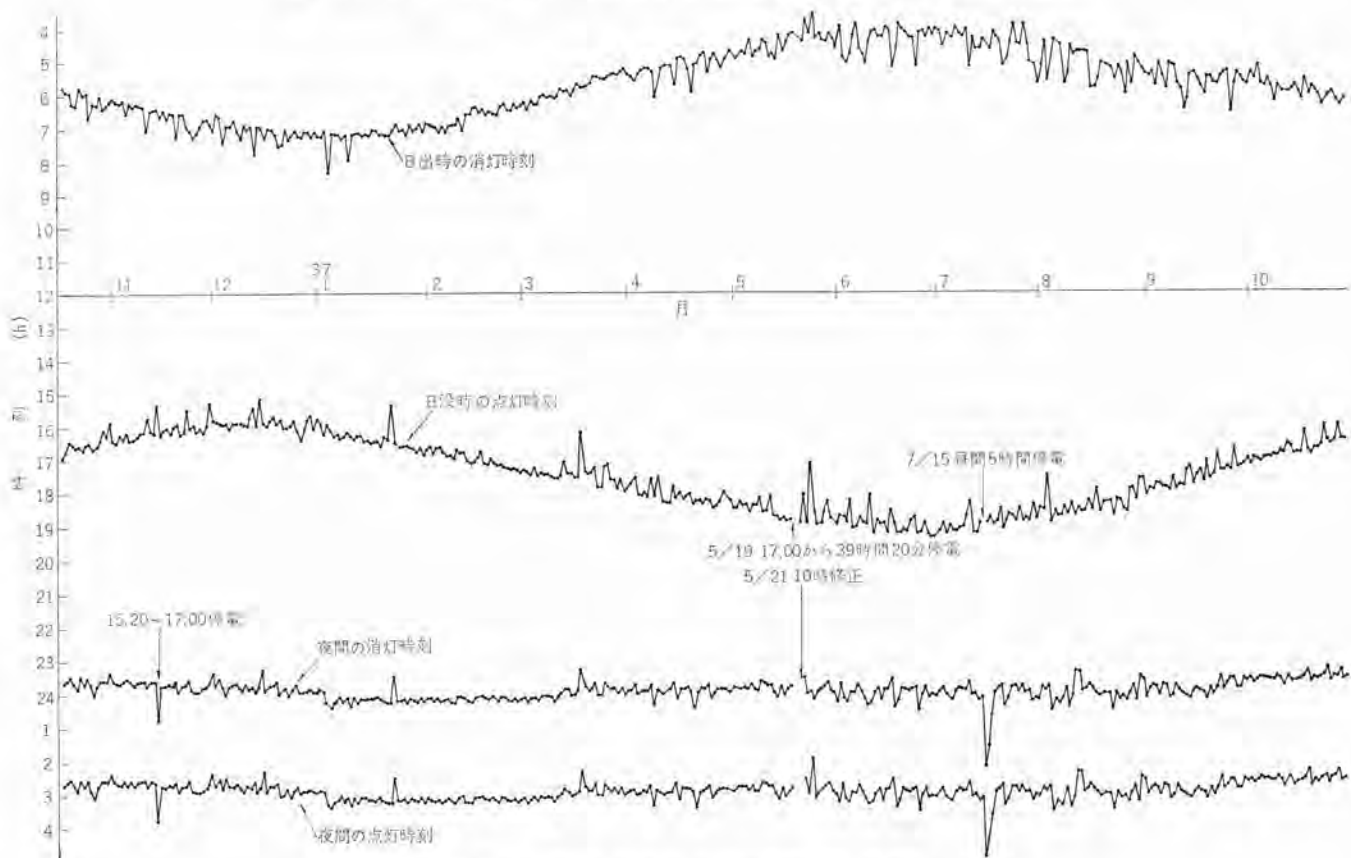


図 3.2 SU-2 形 サンセットタイマ 実動記録 (札幌)

Fig. 3.2 Actual working records of type SU-2 SUNSET TIMER (Sapporo).

札幌 東経 141 度 21 分

北緯 43 度 4 分

サンセットタイマ はまず経度修正を行なったのち、0 時に「切」、3

サンセットタイマ の実動試験・武田・三好

時に「入」にセットし、出力回路に G 形記録電圧計を接続し、出力電圧が「切」または「入」になった時刻を測定した。この結果を図 3.1 および図 3.2 に示す。図中、日の出時の消灯時刻および

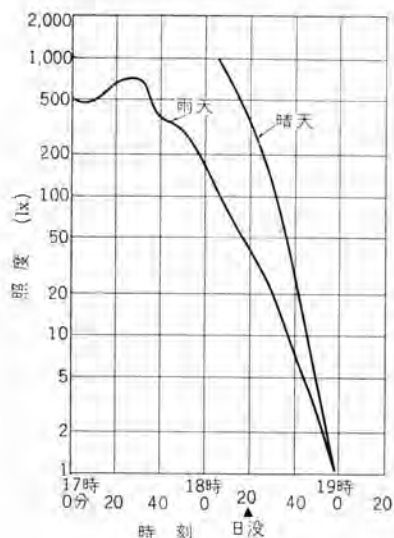


図 3.3 日没における照度と時刻の関係  
Fig. 3.3 Relation between intensity of illumination and time at sunset.

日没時の点灯時刻は、一般の自動点滅器の特性を示し、夜間の消灯時刻および夜間の点灯時刻は、時計装置部の特性を示すこととなる。この実用試験結果から次のことが判明する。

### 3.1 時計装置部の特性

理論どおり動作している。日の出と日没の中央の時刻は 12 時であるといっても 12 時ちょうどではなく、地球が太陽を回る軌道が楕円軌道などの理由から理論的に 12 時にに対し、2 月中旬 14 分 30 秒遅れ、5 月中旬 4 分進み、7 月下旬 6 分遅れ、11 月初旬 16 分 25 秒進みという極大、極少の誤差がでる。図 3.1 および図 3.2 における夜間消灯および点灯の時刻の平均値をたどってみると、理論曲線である図 2.1 とよく一致しており、理論どおり動作していることがわかる。また夜間の消灯および点灯の時刻は毎日細かく変動していることが示されている。これは日の出時および日没時の天候による誤差である。図 3.3 は日没時における晴天と雨天の場合の照度と時刻の関係を示しているが、これから明らかなごとく、実動させた場合、定められた照度で点滅動作を行なうため、晴天・雨天により動作時刻が異なってくる。動作時刻が天候によって異なることは日の出時、日没時の時刻を利用している時計装置に誤差を与え、この誤差が現われたものである。ただし、このサンセットタイムはその日の日の出時刻および日没時刻を利用しており、昼間は夜間の 1/2 の回転速度であるため誤差は少なくなる。具体的に説明すれば、もし日の出時刻が同じで雨天のため晴天の場合に比べ 30 分早く日没時の動作を行なったとしても、昼間は夜間の 1/2 の回転速度であるため 15 分しか晴天の場合に比べ進まないこととなり、時計装置の誤差は少なくなる。このことは図 3.1 および図 3.2 において、夜間の実動時間が夜間の消灯時刻にセッとした時間より晴天の場合早く点灯した時刻のほぼ半分の時間、早いことから明らかである。また、日の出時、日没時も雨天となれば、日の出時の動作は遅く、日没時の動作は早く、ちょうど中央の時刻が 12 時になるような傾向となり誤差は少なくなる。またこの逆についても同じことがいえる。以上の理由から、日の出時の消灯時刻、日没時の点灯時刻が相当バラツキでも誤差がそれほど大きくならないことが図 3.1 および図 3.2 の夜間の消灯および点灯時刻に現われている。図 3.1 および図 3.2 には記入困難のため晴天・曇天・雨天の区別は記入していないが、日の出時刻の遅いとき、または日没時刻の早いときは、雨天または曇



図 3.4 実用試験取付状況  
Fig. 3.4 The device under actual working test.

であることは確かめられている。ただし、ここで問題にしている天候は日中の天候ではなく、動作する日の出時および日没時におけるもので、日中の天候は変わっても動作しないように動作照度を下げて誤動作を防いでいる。

### 3.2 停電修正の特性

これはとくに図 3.2 のほうによく現われている。たとえば 11 月の中頃、1 時間 40 分程度停電した場合、その日は正常になっている。また 7 月 10 日ごろ 5 時間停電した場合は、毎日 50 分ずつ程度で 4 日目には正常になっている。そして冬期より夏期のほうが修正の条件が悪いことも示している。このように停電修正は理論どおり行なわれている。

### 3.3 経度修正の特性

図 3.1 と図 3.2 の夜間の消灯および点灯の時刻の平均値を比較すればほぼ同じ時刻であり、経度の修正は十分行なわれていることがわかる。緯度については、夜間の消灯および点灯の時刻がほぼ同じであることから特別に行なう必要がないことが明らかである。

### 3.4 自動点滅器としての動作特性

図 3.1 および図 3.2 に示してある日の出時の消灯時刻および日没時の点灯時刻が、一般の自動点滅器としての特性を示す。両図における消灯時刻と点灯時刻の平均値を比較してみると、図 3.2 の札幌におけるほうが

- (1) 冬期点灯時間が長く、夏期点灯期間が短い。
- (2) 年間平均して消灯時刻も点灯時刻も早い。

ことがいえるが、これは長崎に比べ札幌が緯度も経度も高い場所にあることから理論的に当然である。また点灯および消灯の時刻が毎日異なるのは天候の影響で、2 時間近く時刻が異なる場合もあり、これは日の出時または日没時に周囲が暗くなるほどの豪雨がいったためと考えられる。自動点滅器としての特性は理論値である図 2.1 における日の出時刻および日没時刻とよく一致している。なお、長崎における実用試験の状況を図 3.3 に示している。

## 4. 考 察

以上の実動試験結果から次の事項がいえる。

- (1) 時計装置の誤差は四季による誤差が  $\pm 16$  分、天候による誤差が  $\pm 24$  分あり、これなどを総合して一般には  $\pm 30$  分程度と考えてよい。

- (2) 天候による影響をさらに少なくするためには、消灯および点灯の動作照度を近づけるとともに低くすればよい。ただし、このようにすれば雑光線の影響を受けやすく誤動作の可能性があ



るので、実用上はこの程度すなわち消灯 45 ルクス 点灯 15 ルクスでよいと考えられる。もし雑光線がないという条件であれば消灯 15 ルクス、点灯 10 ルクスにすれば天候の影響は半減すると考えられる。(上記照度は感光体である CdS セル受光面の照度で示してある)

(3) 停電修正は夏期日本の北方において余裕が少ない。もし、日の出直前の点灯を行わないことが明らかであれば、日の出前の一定位置停止時刻を 4 時より 3 時にしたほうが望ましい。ただし応用範囲は狭くなる。

結論として、この サンセットタイマは次のような目的に非常に有利である。すなわち時間精度をあまり問題としないが、1 日 1 分進めば 1 年で 6 時間進むという累積差のあるものでは保守上困るという広告灯または商店街、道路などの自動照明には十分実用するといえる。次に、構造が簡単で テンパ のような保守を必要とするものを持たず、保守をほとんど必要としない理由からも実用上有利であるといえる。

## 5. 実 用 例

図 5.1 に街路灯の自動照明に使用中の実例を示す。



図 5.1 取付状況  
Fig. 5.1 Mounting state.

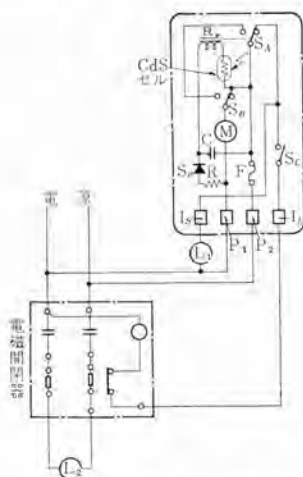


図 5.2 主照明灯に電磁開閉器を組み合わせたときの接続図  
Fig. 5.2 Connection diagram when the main lighting lamp is combined with a magnetic switch.

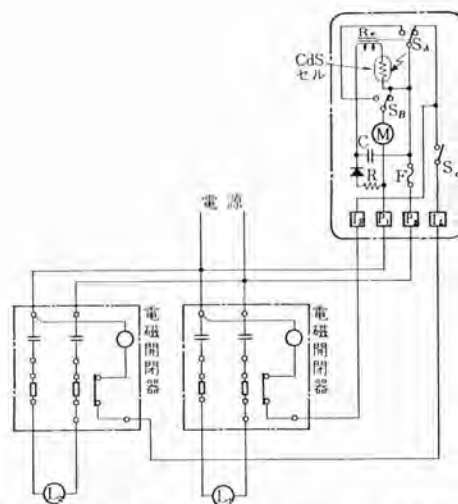


図 5.3 主照明灯と防犯灯に電磁開閉器を組み合わせたときの接続図  
Fig. 5.3 Connection diagram when the main lighting lamp and a crime preventing lamp are combined with a magnetic switch.

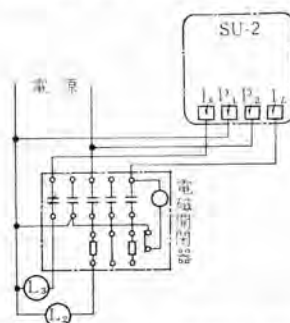


図 5.4 電磁開閉器を用い主照明灯が消灯のときのみ点灯する防犯灯（夜明とともに消灯）を設ける接続図  
Fig. 5.4 Connection diagram when a crime preventing lamp (goes out at dawn) which light only in case of the main lamp with a magnetic switch being put off.

この実例は日没とともに点灯し 23 時に消灯させる動作を行わせている。

図 5.2, 5.3, 5.4 に種々の実用回路を示す。

## 6. む す び

サンセットタイマは十分実用可能なことが判明した。最近次第に整備されつつある道路、広場、公園などの照明および防犯灯、あるいは広告灯などの自動制御には非常に利用度が高い。需要家各位を始め広く識者の方々のご批判を仰ぎ、さらに実動試験結果をもととして高性能のサンセットタイマの開発研究に努力したいと思う。

最後に実動試験にご協力いただいた長崎製作所および札幌営業所の方々に厚く感謝の意を表する次第である。

## 参 考 文 献

武田・吉沢：『三菱電機』35, 76 (昭 36)

## ケイ光灯および水銀灯の点灯回路

村井直道\*

### 1. ま え が き

放電灯の歴史は古く、19世紀なかばから白熱電球と前後して光源としての研究改良が行なわれ、とくにカーボンアークランプは白熱電球の先駆者としてかなり大きな役割を果たした。しかしその後白熱電球の発達とともに一般光源としての地位はまったく失われ、わずかに太陽灯、殺菌灯あるいは探照灯として使用される程度にとどまっていた。昭和11年に至りアメリカのGE社がケイ光灯を、またオランダのPhilips社およびドイツのOsram社が超高圧水銀灯を発表するに至って、その効率の良いことから一般光源としての放電灯の価値が再認識されるようになった。わが国においても戦後ケイ光灯が市販されるようになり、年ごとに急速に普及して現在に至っている。また高圧水銀灯を始めとする他の放電灯もここ数年来広く使用されるようになり、放電灯照明全盛の観を呈するようになってきた。この間考案された点灯回路の数はおびただしいものがあるが、ここではそれらを列記することはせず、前半では一般性のある基礎問題を、後半では実用的観点から興味あるいくつかの回路について述べ将来の発展の資に供したいと思う。

### 2. 点灯回路の必要性および 2, 3 の基礎的事項

ケイ光灯も水銀灯も低圧（数  $\mu\text{Hg}$ ）高圧（2~3 気圧）の違いこそあれどちらも水銀蒸気中のアーク放電であるので、点灯回路中にランプと直列になんらかのインピーダンスをそう入して電流を抑制しないとランプ中の電荷の発生が崩壊に進展して瞬時にランプを破壊してしまう。（簡便のためこのような作用を行なうインピーダンスをバラスト、点灯回路の具象化されたものを安定器と呼ぶことにする。実際には両者はどちらの意味にも使用されている）その他点灯回路に要求される絶対必要な機能としては、ランプを確実に点灯する始動の問題がある。また付随的に要求される機能としては力率改善、変動率、ランプ出力、ランプ寿命などの問題があるがそれらは順次論ずることとして、点灯回路を考える上で重要な2, 3の問題についても考えて見る。

#### 2.1 ランプの電圧電流特性

ケイ光灯および水銀灯の管電圧と管電流の関係を概念的に描いたのが図2.1である。図のa, b部分は一一般には暗流領域と呼ばれ正抵抗を示す。b点では両極間に放電が完成され、一般にc点

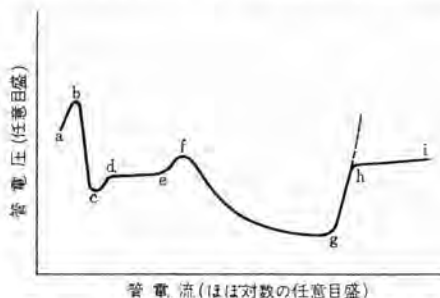


図 2.1 放電管の概念的管電圧—管電流特性



図 2.2 管電圧管電流波形

のような谷を通過してから d, e 間のように電圧がほぼ一定なグロー領域に入る。この領域では電流の増加とともに陰極の動作面積が増大し電圧はほぼ一定に保たれる。陰極の動作面積が最大に達すると次第に陰極降下が増大して、e, f 間のような異常グロー領域となる。さらに電流が増加するとイオンによる陰極衝撃が激しくなり熱電子放射の盛んな陰極スポットが形成され低圧アーク領域にはいる。図の f, g 間の負抵抗領域がこれで、普通ケイ光灯はこの領域で使用される。電流の増加とともに水銀蒸気圧が上がってある値に達すると、ふたたび管電圧は上昇し始め高圧アーク領域にはいる。この場合液状水銀が存在する限りは図の点線のように管電圧は上昇し続けるが、水銀灯は2~3気圧で全部の水銀が蒸発するように作られているから h, i のようにはほぼ一定の管電圧を示す。

#### 2.2 管力率

ケイ光灯および水銀灯は前述したように電圧電流の関係が非直線負特性領域を有するため商用周波の正弦波で点灯すると半サイクルごとに一種のスイッチとして動作しヒステリシスを発生する。普通の場合は図2.2のような管電圧管電流波形となるが、管電圧は方形波、管電流は正弦波で近似すると見かけ上の管力率は

$$\frac{\frac{1}{T} \int_0^T i e dt}{I V} = \frac{\frac{V}{T} \int_0^T i dt}{I V} = \frac{I_m}{I} = 0.9 \dots \dots \dots (2.1)$$

$I$ ……電流実効値  $V$ ……電圧実効値  $I_m$ ……電流平均値  
 $i$ ……電流瞬時値  $e$ ……電圧瞬時値  $V$   $T$ ……周期

となる。実測でもほぼ遅れの0.9くらいの力率を示す。点灯周波数が高くなると消イオン時間と半周期とが近づき管力率は1に近づく。また直流点灯の場合でも陽極振動による管電圧のリップルが存在し管力率が1にならないことがある。

#### 2.3 負荷曲線

一般に非直線素子を回路的に取り扱うのに負荷曲線による方法がある。これは正弦波という前提によるものであるから、定量的結果を期待するのは無理であるが、点灯回路の性質を定性的に考えるには便利である。

まず抵抗バラストの場合について考えると電源電圧  $E$ 、管電圧  $V_T$ 、バラスト電圧  $V_B$  の間には

$$V_T + V_B = E \dots \dots \dots (2.2)$$

なる関係が成立するから図2.3のようにランプおよび抵抗バラスト

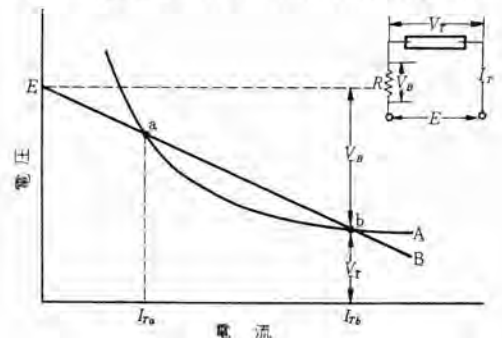


図 2.3 抵抗バラスト回路および負荷曲線



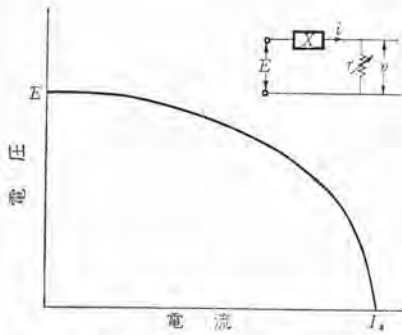


図 2.4 抵抗負荷を有するアリクタンズ回路およびその負荷曲線

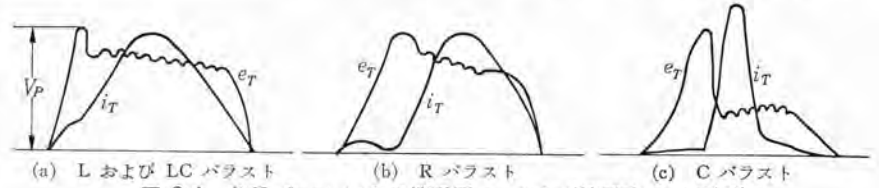
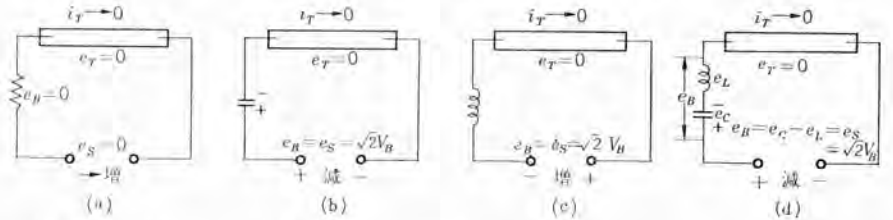


図 3.1 各種バラストによる管電圧  $e_T$  および管電流  $i_T$  の波形



$V_B$ : バラスト電圧実効値

増減の文字は瞬時値の増減を +, - はその極性を示す

図 3.2 各種バラストの電流が  $\rightarrow$  の向きから転流する場合の電圧配分 (正弦波近似)

の電圧電流特性を描くとおのおの曲線 A および B のようになり、二つの交点 a と b とで式 (2.2) の関係が満たされることとなる。今 b 点において電流がわずかに増加したとすると、管電圧とバラスト電圧の和が電源電圧より大きくなり電流は元の値に復帰せざるをえなくなる。また電流が減少したと仮定した場合も類似のこととなり、b 点は安定であることがわかる。これに反し a 点では電流が増加するとさらに電流が増加するような電圧配置になるため、この点は不安定である。すなわち図 2.1 の b, f などの電圧の山に妨げられることなくなんらかの方法で  $I_{ra}$  以上の電流が流れると  $I_{rb}$  の値で平衡状態にはいることを意味する。このような表示方法では電源電圧を増減することは直線 B を電圧軸に沿って平行移動させることであり、抵抗の値を変化させることは直線 B の傾斜を変えることに相当する。また一般には B は直線とは限らず白熱電球のようなものをバラストに使用する場合には非直線な電圧電流特性をそのまま図上に描けばよい。直線 B は今までは電圧の向きを電源電圧  $E$  を基点として逆向きに描いた抵抗バラストの電圧電流特性と考えてきたが、電圧 0 を基点として正の向きに考えるとラウの代わりに可変抵抗を接続してその値を  $\infty$  から 0 に変化させたときのその端子電圧と電流の関係を表わすものであるともいえる。したがってこのような曲線を抵抗バラスト R の負荷曲線と呼ぶ。

同様な考えに立って、次に誘導性あるいは容量性バラストの場合を考えてみる。図 2.4 において

$$(Xi)^2 + v^2 = E^2 \quad (2.3)$$

であるから  $r=0$  のときの  $i$  すなわち短絡電流を  $I_s$  すると

$$\frac{I_s^2}{I_a^2} + \frac{v^2}{E^2} = 1 \quad (2.4)$$

なりこの場合の負荷曲線は図のように電圧軸を切る点が電源電圧  $E$ 、電流軸を切る点が短絡電流  $I_s$  なるマ門で与えられる。

### 3. 点灯回路の具備条件

安定器を製造する場合は経済性および工作性から大きな制約を受けるがそれ以外に回路として一般に考慮しなければならない事項について考えてみる。

#### 3.1 始動

始動の問題は個々の場合で種々異なるのでそのつど述べることにする。

#### 3.2 電流制御作用

放電灯の点灯回路に電流制御 インピーダンス が必要なことは前述したが、抵抗、チョーク、コンデンサのいずれでもよいという訳にはゆかない。それは商用周波程度の低周波では放電灯が半サイクルごとに再点弧を行ない、一種のスイッチとして動作するためである。この様子は図 3.1 に示した管電圧、管電流波形および図 3.2 に示した転流時の各部の電圧瞬時値から理解される。抵抗およびコンデンサの場合は転流の際にラウに印加される電圧が再点弧を行なうには不足なため、電源電圧瞬時値が増加し再点弧に十分な値に達するまで電流がほぼ休止する。とくにコンデンサの場合は、再点弧しても放充電電流であるので流通期間が少なく、ラウ電力が少ないばかりでなくチャックこともある。これに反しチョークの場合は転流の際に電流が休止しようとする、チョークの逆起電力がなくなり、チョークの最大瞬時値にほぼ等しい電源電圧が転流の向きに印加される。したがって再点弧が短期間に行なわれ、放電灯中の残留電荷の効果とあいまって電流はほぼ正弦波となるが管電圧は図のように台形波に近くなる。

次にチョークとコンデンサの直列バラストの場合を考えてみる。今合成インピーダンス  $Z$  は進相であると、LC のリアクタンス比を

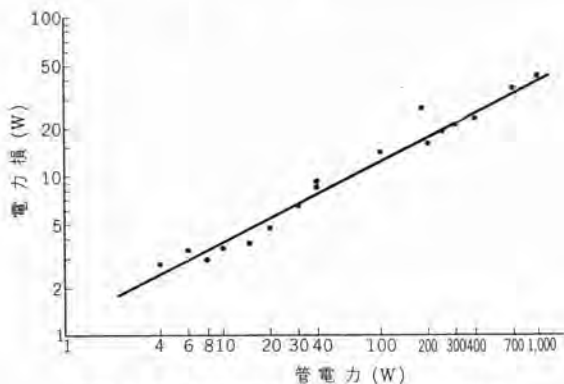
$$\alpha = X_L / X_C = e_C / e_L \quad (3.1)$$

とする。正弦波的に考えて管電流 0 の瞬間の電源電圧瞬時値は管電流実効値を  $I_T$  とすると  $\sqrt{2}(X_C - X_L)I_T$  でありコンデンサの端子電圧は  $\sqrt{2}X_C I_T$  であるから、電流がそのまま休止しようするとチョークの逆起電力がなくなり電源電圧とコンデンサ電圧の差  $\sqrt{2}X_L I_T$  が転流の向きに印加される。この電圧がラウの再点弧電圧  $V_p$  より大きければ、ほとんど電流休止なしに再点弧が行なわれるから

$$V_p \leq \sqrt{2} Z I_T (\alpha - 1) \quad (3.2)$$

がよい波形を得る条件で、その条件の下では L バラストと同様な波形が得られる。ただし  $Z$  一定の条件の下では  $\alpha$  が小なるほど  $X_C$  および  $X_L$  は大きくなる。

以上述べたように放電灯回路では多かれ少なかれヒズミ波が含まれるので、ラウ定格が与えられてもそれに適合したバラストインピーダンスを計算から求めることは困難である。従来いくつかの実



40 W ケイ光灯と水銀灯両方のデータであるが、それ以上は水銀灯以下はケイ光灯のデータである。

図 3.3 管電力と チョーク 形安定器の電力損 (50c/s) との関係  
 驗式が提唱されているがどれも一般性に乏しい。一般的には ランプを遅れ力率 0.9 くらいの負荷と考え、ランプ回路の実効抵抗を加味して正弦波的に求めるのが良い。チョークバラストの場合は

$$1.23 E = V_T + B_B \dots\dots\dots (3.3)$$

として求めるのが比較的实验結果とよく一致する。

### 3.3 電力損

放電灯の大きな利点は効率が良いということであるから、安定器の損失があまり大きいことは好ましくない。実際のケイ光灯および水銀灯の チョーク 形安定器について管電力と安定器損失の関係を示したのが図 3.3 である。これは

$$W_B = 1.2 \sqrt{W_L} \dots\dots\dots (3.4)$$

$W_B$ : 安定器損失

$W_L$ : 管電力

なる関係がほぼ成立することを示している。

電力損の関係する回路上の問題としては次のようなこともある。すなわち バラスト の損失が大きいと抵抗 バラスト に近くなり、同一管電流でも十分な管電力が得られない。またこの場合管電流の高周波分が増加することと、正弦波的にもランプとバラストとの合成インピーダンスが増加することから同一管電流を得るためには電力損の大きな バラストほどインピーダンスが小さくしなければならないということもある。JIS で試験用安定器や試験用 チョーク のインピーダンスのほかに電力損を規定しているのはこのためである。

### 3.4 変動率

電源電圧の変動に伴って管電流も変化するが、その割合があまり大きいと ランプ 寿命を低下させたり、光度変化が目だったり、あるいはわずかな電源電圧低下で ランプ が消灯したりする。また電源電圧が変化しなくとも周囲温度の変化や、ランプ特性のバラツキによっても管電流は変化する。この特性を左右する第一の要素は管電圧と電源電圧の比率である。図 3.4 からわかるように管電圧と電源電圧の比  $V_T/E$  が大きいものほど負荷曲線  $B$  がランプ特性曲線  $A$  と交差する角度が小さく、したがって電源電圧あるいはランプ特性の変化に伴う管電流変化は大きい。L バラストの場合は  $V_T/E$  を約 0.6 以下にとどめれば、実用上問題のない程度の変動率が得られる。LC バラストの場合は一般に  $L$  の値が L バラストの場合の  $L$  より大きく設計されているので、変動率は少なく  $V_T/E$  はほぼ 0.8 あたりまで取れる。また鉄心の飽和も L バラストで

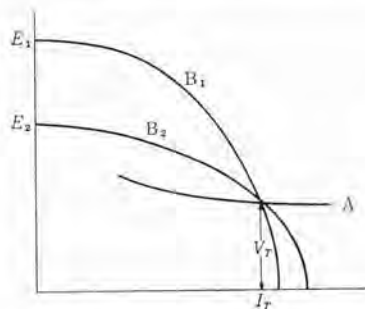


図 3.4 同一 ランプを異なる電圧で点灯した場合の負荷曲線

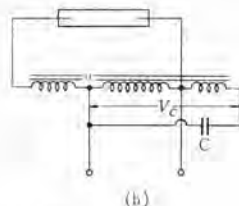
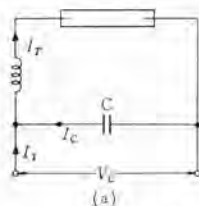


図 3.5 高力率回路

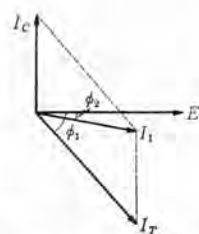


図 3.6 高力率回路のベクトル図

は変動率を大に、LC バラストでは小にするように作用する。

### 3.5 力率改善

L バラストでは前述のように  $V_T/E$  を約 0.6 以下になるよう設定してあるので力率は普通遅れの 0.6 前後になる。図 3.5 の (a) ような回路で  $C$  の値と改善後の位相角の関係を求めると、図 3.6 から容易に

$$C = (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) W \cdot 10^6 / 2 \pi f V_C^2 \dots\dots\dots (3.5)$$

$W$ : 管電力と安定器損失の和,  $f$ : 周波数

$\phi_1$ : 改善前の遅れ位相角

$\phi_2$ : 改善後の遅れ位相角

なる関係が求まる。この場合の  $C$  の単位は  $\mu F$  である。

トランスを有する安定器では図 3.5 (b) のように改善コンデンサの回路を昇圧したほうが容量値が減るので有利であるが、その場合も同じ式が適用できる。

このほかにもフリッカレス回路、トランスを有する進相回路などの高力率回路があるがそれらについては後述する。

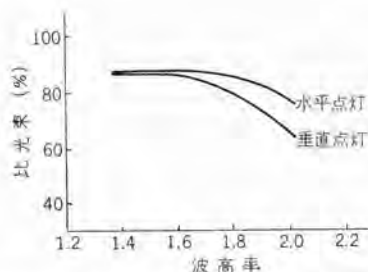
### 3.6 ランプ寿命に及ぼす影響

点灯回路が放電灯の電極の損耗に影響を与えることが考えられる。電極の損耗に関連する現象としては、放電が開始してから陰極スポットが安定するまでの陰極スパッタ、再点弧時の陰極スパッタ、電流最大値近傍の高温状態における高密度イオンによる衝撃、スパッタした陰極物質の付着したニッケルリードなどの陰極スパッタ、陽極の熱蒸発および電子衝撃、予熱時の熱蒸発およびスパッタ、高温による陰極物質の物理状態の変化などが考えられる。これらのことを考慮して点灯回路を設計するには次のような注意が必要である。

- (1) 陰極物質温度の低い状態で高電圧をランプに印加することはできるだけ避ける。
- (2) 放電が開始されてから陰極スポットが安定するまでの時間はできるだけ短くなるようにする。
- (3) 予熱状態が必要以上に長いことは好ましくない。



図 3.7 外管の透明な 400 W 水銀灯を 10 時間点滅で 6,000 時間点灯したときの波高率と比光束の関係



(4) 変動率はできるだけ小さくなるようにする。  
 (5) 管電流波形はなるべく正弦波に近くなるようにする。  
 (5) の波形 ヒズミ は種々の形のものがあろう。しかし ランプ寿命に影響するのは再点弧時の電流休止と ピーク 電流とが比較的大きいと考えられるので、点灯回路の良否を波高率で表現するのは一応妥当な方法であろう。光束低下がほぼ電極の損耗度に対応すると考えられる外管が透明な 400 W 水銀灯に対し、図 3.7 のような波高率と光束変化の関係が得られている。ケイ光灯の場合の端部黒化もこれと類似の傾向で発生するものと思われる。ケイ光灯安定器の JIS では波高率は予熱式のものは 1.7 以下、その他のものは 1.9 以下、また電流 ピーク が 2 個以上あるときは最大値と最小値との比が 1.25 を越えないことと規定している。

### 3.7 その他の注意事項

ケイ 光灯および水銀灯の回路を設計する際には 3 章において述べた各事項を注意することはもちろんであるが、一般的に次のようなことも考慮しなければならない。

(1) ランプの一方の電極物質が損耗し尽くしてもなお点灯可能なような誘導性回路では、ランプが整流素子となり正常な ランプの場合よりも大きな電流が流れて安定器を焼損することがある。これは順方向電流により チョーク の磁路内に蓄積された エネルギーが、反対 サイクル 期間中も順方向電流として流れ続けるためであるが、整流によって生じた直流を チョーク が制御できないためと考えるもよい。この電流は回路が誘導性であればあるほど、また回路中の抵抗分が少ないほど大きくなる。

これに反し進相回路では過大電流が流れず、寿命のきた陰極に過電圧が印加されるため短時間でその電極が断線する。しかしこの期間中に激しい電極の スパッタ による サージ が発生することがある。

(2) ケイ 光灯も水銀灯も前述のような管電圧を有するため ラジオ 障害波を発生する。とくに ケイ 光灯は陽極振動や陰極振動を発生するので、この障害波の防止回路を付加することが好ましい。

(3) 従来回路の新奇性やわずかな特性の向上のために複雑な回路が非常に数多く考案されているが、ややもすれば他の特性あるいは経済性、工作性を無視しがちで結局普及していない。そうでなくとも回路素子の多いことは故障の原因となりやすいので、少なくとも 10 年寿命がなければならない安定器としては、その回路構成はある特性を満足するに必要なかつ十分な最少回路素子によるものでなければならない。

## 4. ケイ光灯の一般点灯回路

ケイ 光灯の点灯回路を始動方式別に大別すると次のようになる。

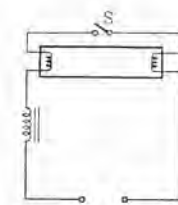


図 4.1 予熱始動回路の一例

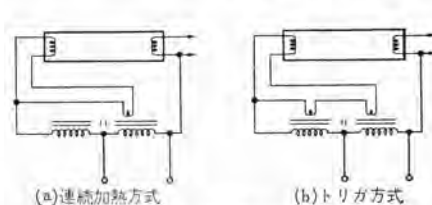


図 4.2 速時始動回路の例

予熱始動方式

速時始動方式 { 連続加熱方式  
トリガ方式

瞬時始動方式

予熱始動方式というのは図 4.1 に示したように電源と反対側にある電極の各一端を スイッチ S により短絡し、適当に予熱されたところで S を開いて ランプ と直列にある チョーク から発生する高圧 サージ により点灯する方式である。速時始動方式というのは電極を予熱し回路をショート断することなく定常的な電圧で点灯する方式である。その内連続加熱方式というのは図 4.2 (a) のようにフィラメント巻線により点灯後も予熱時と同じ電圧をフィラメントに印加し続ける方式であり、トリガ方式とはその一例を図 4.2 (b) に示したように点灯後はフィラメント電圧が低下するようにした方式である。また瞬時始動方式というのは予熱はまったく行なわず高圧を印加して ランプ をコールドスタートさせ、管電流による自己加熱作用のみで陰極スポットを形成させる方式である。次に各方式における問題点ととくに重要な回路について述べる。

### 4.1 予熱始動回路

図 4.1 の S の役割を果たすスタータにはマニュアルスタータ (押しボタン、ラズスイッチなど)、グロースタータ、サーマルスタータ、リレー などがあるが前 2 者以外はほとんど実用されていないのでそれらの場合についてのみ述べる。

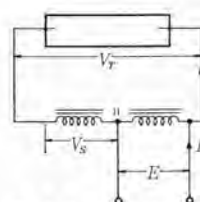


図 4.3 単巻漏れ変圧器形点灯回路

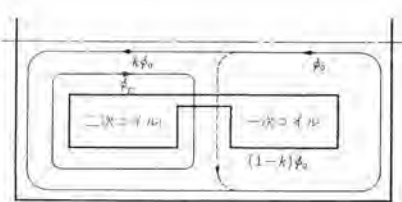


図 4.4 外鉄形漏れ変圧器の磁路

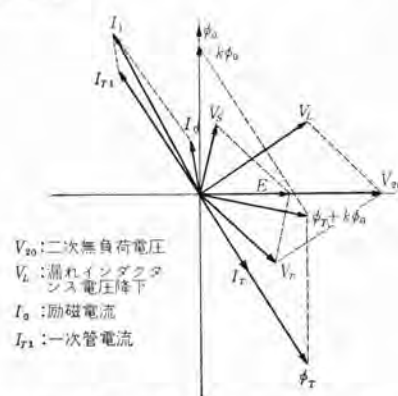


図 4.5 単巻漏れ変圧器形点灯回路のベクトル図

## 4.1.1 チョークおよび漏れ変圧器回路

図 4.1 は チョーク 形予熱始動回路であるが、この場合一般にチョークとしては空ゲキ付き鉄心入り チョークが使用されるが、空ゲキを付けるのは磁性材料のヒステロエディ特性が極端に現われて点灯時に電流波形がヒズムを防止するためである。しかし一般には予熱電流を十分取ることと経済性から予熱時には飽和領域で動作するように設計する。

電源電圧に比べ管電圧が高い場合は昇圧する必要がある。その場合もちろん トランス と チョーク とを別個に用いてもよいが、図 4.3 のような単巻漏れ変圧器を用いると単一構造となり経済的である。図 4.4 に磁路の一例を、図 4.5 に ベクトル 関係を示す。この場合は二次 コイル 内の磁束密度は励磁のときより低下するので変動率は チョーク の場合よりやや少ない。

普通 ラジオ 障害防止の目的で  $0.006 \sim 0.01 \mu\text{F}$  程度の コンデンサ を スタータ と並列に接続するが、これは次のような作用を行ない始動を良好にする。

(a) C が無いと大きいのが狭い サージ しか出ないので始動が不確実であるが、C を付けると低い幅のある サージ となり始動が確実となる。そのため点滅による ランプ 寿命低下も少なくなる。

(b) グロースタータ の場合 C があるとグローの電極が接触した際に、C の充電電流により接点がやや融着するため接点の切れが良くなり大きな サージ が生ずる。

(c) 電源投入時に LRC の直列振動を生じ グロー の点火を助ける。まれにしか起こらない現象であるが、誘導性予熱始動回路では ランプ のフィラメント が切れてその間隔が狭い場合、予熱時にそこに整流性放電が起こり短絡電流より大きな電流が流れることがある。

## 4.1.2 フリッカレス回路

誘導性点灯回路と LC 直列の進相点灯回路とを並列に 1 組にしたものが フリッカレス 回路である。この場合両管電流の位相差は約  $110^\circ$  くらいあるので、照明面でのチラツキが相当少なくなる。しかし三相電源で 3 本の ランプ を点灯した場合にはおおよばない。むしろ フリッカレス 回路の利点は比較的経済的な高力率回路であるという点にある。

グロースタータの電極は一方がニッケル線一方がパイメタルでできており、有効面積が異なるし、場合によってはパイメタル上にバリウムを塗付してあることもあるので ニッケル 線が正のときが順方向であるような整流性を有する。したがって一般に順方向の サージ では ランプ は点灯しない。グロースタータを進相回路に使用した場合次のような問題がある。

(a) 進相回路では グロー 電流の直流分が流れず、電極が接触するのに長時間かかることがある。この場合は グロー と並列に数

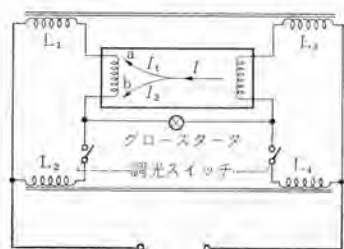


図 4.6 予熱始動形 ダブルスポット点灯基本回路

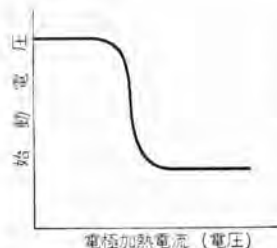


図 4.7 速時始動の際の電極加熱と始動電圧の関係

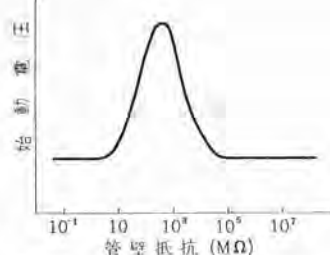


図 4.8 管壁抵抗による始動電圧の変化

kΩ の抵抗を接続すると時間が短縮される。

(b) 順方向の グロー 電流で充電された進相コンデンサの電圧が次の逆方向の電源電圧に加算され、一瞬 ランプ がコールドスタートすることがある。また一般に予熱電流を十分取るためグロースタータと直列に保償 チョーク が接続されているがグローが接触した瞬間にその両端に生ずる過度電圧でも類似なことが起こる。

## 4.1.3 予熱始動形ダブルスポット点灯回路

普通の点灯回路では陰極スポットはフィラメントの電極側にでき陰極物質の損耗とともに反対側に移動してゆくが、この点灯方式は電極の両端にスポットを形成させ定格管電流の 70% 増しくらいの電流で点灯しようというねらいである。この場合スポットが 2 個に分割されるので温度は正常であり、ランプ 寿命はほとんど低下しない。図 4.6 に示したのがこの点灯方式の基本回路である。この回路で  $L_1, L_2, L_3, L_4$  はほぼ等しく設計されているので、たとえば  $I_2 > I_1$  となったとすると、b 点の電位が a 点よりも上がり  $I_2$  が減じ  $I_1$  が増し常時  $L_1$  と  $L_2$  にはほぼ等しい電流が流れる。また調光スイッチを切りほぼ半分くらいの電流で シングルスポット 点灯することも可能である。しかしその回路ではソケット部分の接触を十分良くしないと、一方のスポット温度が上がったり予熱不十分で始動したりして ランプ 寿命が低下する。

## 4.2 速時始動回路

一般にラピッドスタートと呼ばれる方式で、ランプに回路電圧が印加されると同時に電極にも加熱電流が流れ、1 秒前後で陰極物質から熱電子放射が活発になると急速に アーク 放電にはいる。これは陰極物質温度が時間的に変化する場合であるが、加熱電流を変化させ始動電圧を測定すると図 4.7 のようなデータが得られる。すなわち加熱電流がある限度以上に達すると急速に始動電圧は低下するが、それ以上加熱電圧を増してもほぼ一定の始動電圧を示す。しかし ランプ の周囲の状況とくに管壁抵抗が異なるとこの値は非常に異なってくる。その様子を示したのが図 4.8 である。低抵抗の部分で始動電圧が低くなるのは、管壁抵抗を通じて他極の電位が一方の電極直前に有効に作用するためであり、高抵抗の場合は管壁の ドロップ に妨げられることなく反射板などを通じて同じく電極直前に高電界が形成されるためであるといわれている。その

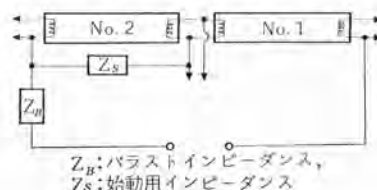


図 4.9 直列逐次始動回路

$Z_p$ : バラストインピーダンス,  
 $Z_s$ : 始動用インピーダンス



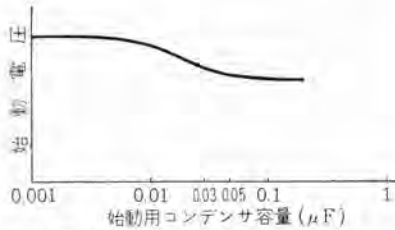


図 4.10 コンデンサ容量による直列始動電圧変化

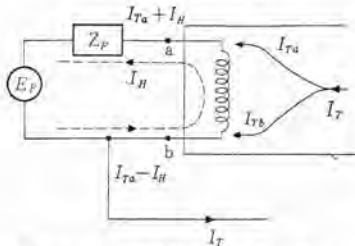


図 4.11 速時始動形ダブルスポット点灯原理図

ためラピッドスタートランプにはそのどちらかの方策が講ぜられている。

速時始動回路にも漏れ変圧器回路、同高力率回路、フリッカス回路は広く使用されているが、その他の特有な回路について述べる。

#### 4.2.1 直列逐次始動回路

図 4.9 のように 2 灯を直列に接続し、その一方に並列に始動用の高インピーダンスを接続したのが直列逐次始動回路である。この場合始動用高インピーダンス  $Z_s$  を通じてまず No. 1 のランプがグロー放電状態に入り、次いで  $Z_s$  の端子電圧により No. 2 が放電を開始するとただちに 2 灯が直列関係でアーク状態になる。この状態では管電流に比べ、十分小さな電流しか  $Z_s$  には流れないから 2 灯がまったく直列に点灯されていると考えてよい。しかし 1 灯あたりの回路電圧は少なくすむから、2 灯を並列に点灯した場合よりもボルトアンペアは少なく済み経済的である。始動用インピーダンスとしては始動時に No. 2 ランプに印加される電圧が No. 1 ランプの電圧と同相であることおよび点灯中の損失が大であることから、抵抗はほとんど用いられない。インダクタンスは高インピーダンスの漏れ変圧器がまれに使用されるが、経済的でないので主としてコンデンサが使用される。その場合容量により始動電圧はほぼ図 4.10 のような変化をするので普通 0.03~0.1  $\mu\text{F}$  くらいのものが使用される。

このような回路では 1 灯あたりの回路電圧が少ないため変動率の点からは進相回路が好ましい。またその場合は励磁電流を加減することにより高力率回路が得られるから経済的である。

#### 4.2.2 速時始動形ダブルスポット点灯回路

予熱始動形ダブルスポット回路では電極の両端にほぼ等しいバラストインピーダンスを接続することによりダブルスポットを得たが、速時始動形の場合は図 4.11 に示すように予熱回路の枝路の予熱電流と管電流とが加算になる側に、フィラメント抵抗に比べ十分大きく適当な値を持ったインピーダンス  $Z_F$  をそう入すればよい。これをそのまま応用したのが図 4.12 に示した 1 灯用回路である。また図 4.13 に示した 2 灯用回路は前述の進相直列高力率回路であるが、フィラメント巻線は漏れ磁路に巻回されており次の二つの作用を行なう。

(1)  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  を通る予熱電流によって生じた磁束の一部・

図 4.12 速時始動形ダブルスポット 1 灯用回路

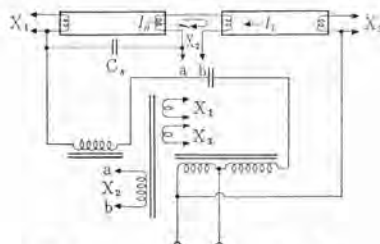


図 4.13 速時始動形ダブルスポット 2 灯用回路

が二次コイルに交差し、始動時の回路電圧を高める。

(2) 各フィラメント回路は相当大的な漏れインダクタンスを持ち、ランプが点灯すると二次コイル内の進相管電流によって生じた磁束の一部が各フィラメントの端子電圧を低下させる向きに交差する。

この意味ではこれらの回路は一種のトリガ回路である。管電流と予熱電流との減算の側にインピーダンスがあれば、反対にフィラメント電圧が上ってランプが非常に短寿命になるが、2 灯用の  $X_2$  巻線は外部結線により、このような状態になりうるから注意する必要がある。またソケットの接触が悪いと、他の電極の予熱電流が過大になることがある。

#### 4.2.3 無極性回路

普通 200 V 以上の電源の場合の速時始動回路は図 4.14 のようになっている。管壁抵抗の低い形のランプでは問題ないが、高いものは反射板などが仲介物になっており、普通はそれらは接地されている。したがって図のような回路が単相 3 線式のような電源に接続されると、電極前面の電界が小さく始動が困難である。そのような場合は図 4.15 のような無極性回路を使用するとよい。

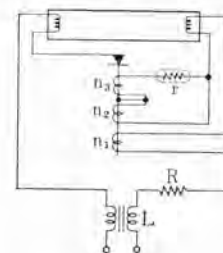
#### 4.3 瞬時始動回路

回路的にとくに変わったところはない。ただ回路電圧が高いのでランプがためになったときの整流性の問題や、同一管電流のランプは管寸法が多少違っても同一安定器で点灯できるというようなことがある。

### 5. ケイ光灯の特殊点灯回路

#### 5.1 直流点灯

ケイ光灯を直流で点灯すると管力率がほとんど 1 であるので、交流の場合より 15% 程度大きな光束が得られるが、抵抗バラスト



L: 始動用チョーク  
R: バラスト抵抗  
r: 予熱時間決定用ラジエータ抵抗  
 $n_1$ : 点灯時のリレー保持用巻線  
 $n_2, n_3$ : 始動用予熱巻線

図 5.1 直流点灯回路の一例

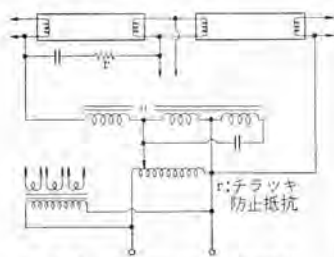


図 5.2 電源電圧変化形調光回路の例

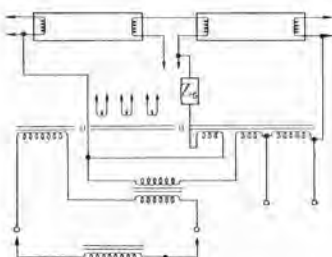


図 5.3 インピーダンス変化形調光回路の例

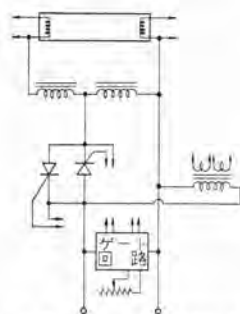
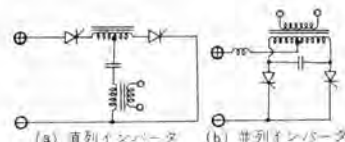
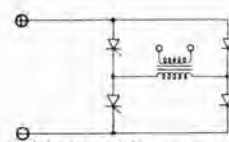


図 5.4 入力電流導通角変化形調光回路の例



(a) 直列インバータ (b) 並列インバータ



(c) フリツジ形インバータ

図 5.8 多石式インバータ主回路

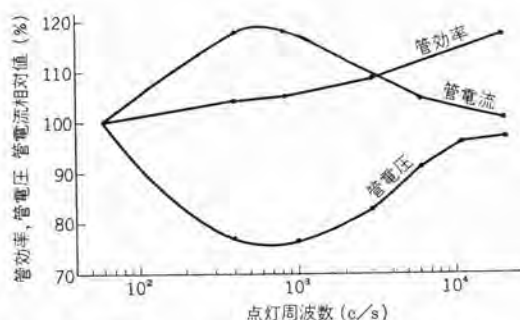


図 5.5 40 W ランプの点灯周波数による特性変化 (管電力一定)



図 5.6 交流入力の場合の高周波点灯ブロック線図

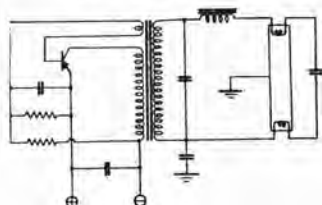


図 5.7 1 石式高周波点灯回路の一例

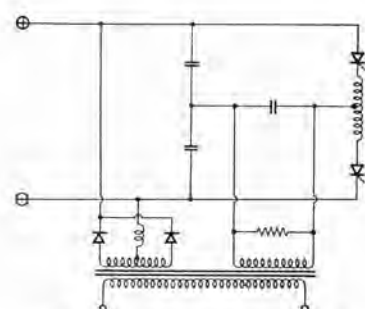


図 5.9 誘導負荷に対する帰還回路付きインバータ

であるので総合効率は良くない。また水銀が陰極側に集まる暗端効果があるので、数時間おきに転極するか周囲温度を  $30^{\circ}\text{C}$  程度に保つ必要がある。グロースタが極性を有するため従来はリレーを主とする回路が種々考案されたが最近では次第に直流用のグロースタが使用されるようになってきた。比較的広く使用されているリレー回路を図 5.1 に示す。

## 5.2 調光回路

白熱電球に比べ光色の変化がないこと、光色の種類が多いことおよび効率の良いことなどからケイ光灯の調光は相当広く用いられている。しかし図 2.1 の b あるいは f のような特性の山があったり、グロー放電領域に本質的にチラツキ部分があったりして、なめらかに調光することは相当困難である。従来種々の回路が考案されているが、全調光過程を通じて電極を一定電圧で加熱するか電流の小さい部分でやや大きな電圧で加熱するかして特性の山を低くし、ランプ寿命を害さないようにしている点はどれも同じである。管電流を変化させる方法としては

- (a) 電源電圧の振幅を変化させる方法
- (b) パラستインピーダンスを変化させる方法
- (c) シリコン制御整流素子 (SCR) などにより安定器入力電流の導通角を変化させる方法

の三つが実用されているがそのおのおのの代表的回路を図 5.2～5.4 に示す。(a) は安定器および配線が簡単、(b) は複雑であるが低い回路電圧で済み、(c) は装置が小形という特長を持つ。

## 5.3 高周波点灯回路

ケイ光灯の点灯周波数を上げると

- (a) 陰極降下が減少する。

- (b) 陽光柱が管壁に向かって広がる。

- (c) 半サイクルごとの光のリッパルがなくなる。

などの現象から管効率が增加する。40 W ランプの特性変化を示したのが図 5.5 であるが、短いランプほど効率増加は大きい。ランプ寿命は前述の諸条件さえ満たされていれば陰極降下が低下するのでとくに短くなることはない。

高周波点灯を行なうのは大別して二つの場合があり、一つは直流の低圧電源がある場合であり、一つは図 5.6 に示す交流入力の場合である。前者の場合はインバータが絶対必要であり価額、性能などにそれほどきびしい制約がないので、図 5.7 のような 1 灯 1 石式のものが多く用いられ、周波数も 7 kc 以上のように高いものが多い。それに反し後者の場合は、商用周波の場合に十分対抗できなければならないので性能、価額の面できびしい制約を受け、現在一般に実用されるに至っていない。しかし照明経済的にひきあうようになれば、高効率、安定器が小形軽量かつ発熱が少ないという

ような利点があるので、相当普及することが考えられる。この場合は配線損失の問題もあるので周波数は 1～5 kc 程度のものになるであろう。インバータとしてはトランジスタあるいは SCR が用いられるであろうが、その主回路としては図 5.8 のようなものが考えられる。また直列インバータの変形として図 5.9 のようなものもある。

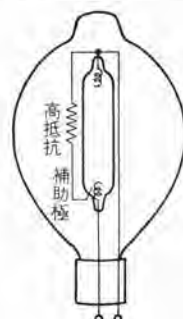


図 6.1 水銀灯電極配置図

## 6. 水銀灯の点灯回路

水銀灯の点灯回路もほとんどケイ光灯の



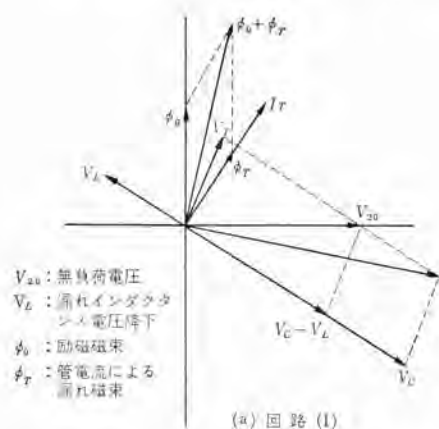
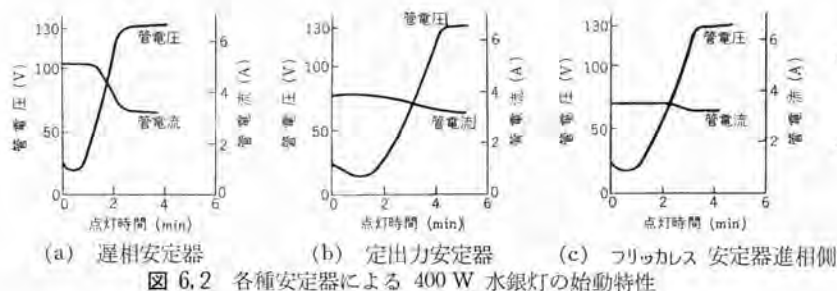


図 6.4 定出力回路のベクトル図

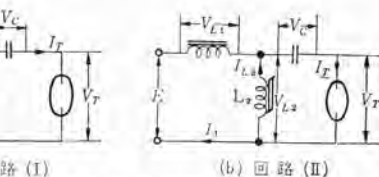
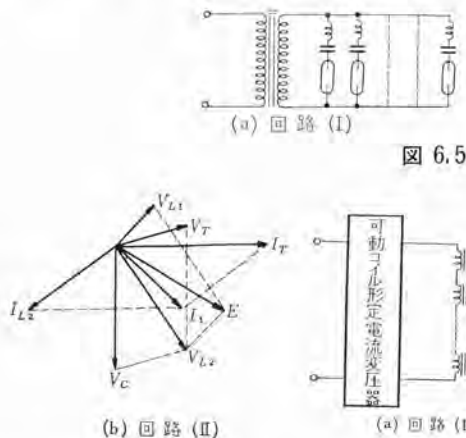


図 6.3 定出力回路の例

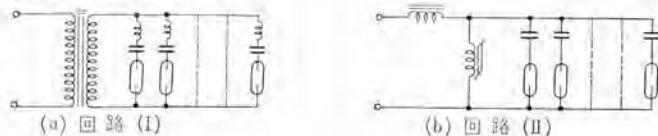


図 6.5 並列点灯回路の例

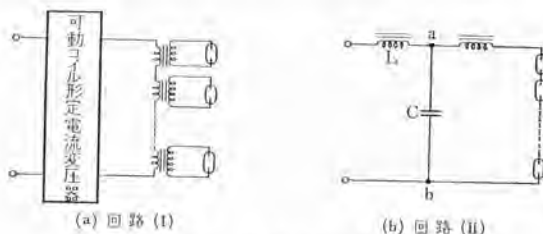


図 6.6 直列点灯回路の例

回路と異ならずチョーク形、単巻漏れ変圧器形、同高力率形、フリッカス形、進相直列形などが使用されている。しかし始動方式はやや異なり本質的には瞬時点灯方式であるが、始動補助回路が図 6.1 のようにランプに封入されている。またランプ特性として異なる点は、始動直後は低圧アーク放電であるので定格電流より大きな始動電流が流れること、消灯直後は管内圧が高圧であるので再始動に 5 分近くかかるという点である。各種安定器についての始動特性を示したのが図 6.2 である。

### 6.1 定出力回路

水銀灯は再始動に時間を要するため立ち消え防止の点からも変動率が少ないことが望ましい。定出力回路はおもにその目的で考案されたものである。その代表的回路およびベクトル図を図 6.3, 6.4 に示す。(I) の回路は電源電圧が上昇した場合に二次コイル部分の飽和が激しく一次二次の結合が悪くなる作用と、バラストインピーダンスが増加する作用とを利用するものであり、(II) の回路は点灯時に  $L_2$  が十分飽和した領域で動作し電源電圧の変動によってその端子電圧がほとんど変化しないことを利用するものである。これらの回路は高力率であり始動電流も少ない。

### 6.2 多灯点灯回路

水銀灯の安定器は一般に大形であるので数灯分その機能の一部を 1 個所にまとめ、ランプ個々に付属する安定器を小形にしようというのがこの回路の眼目である。図 6.5 に並列点灯回路の例を、図 6.6 に直列点灯回路の例を示す。並列点灯回路の (I) は図 6.3 の (I) 類似の作用で、ランプ数が変化しても飽和漏れ変圧器の出

力電圧がほとんど変化しないことを利用したもので、ランプと直列のチョークは始動時の再点弧のバツキにより、ランプ間に循環電流が流れてランプが明滅することを防止するためのものである。また (II) の回路は図 6.3 の (II) 同様、負荷変化により飽和チョークの端子電圧が変化しないことを利用したものである。直列点灯回路の (I) は可動コイル形定電流変圧器によるものであり、(II) は LC をほぼ共振条件に近く選んでおくと、a b 点から見た電源インピーダンスがほぼ無限大となり、負荷変動により負荷電流が変化しないという特性を利用したものである。これらの回路はどれも始動時あるいはランプが点灯不能になった場合に、他のランプ回路に及ぼす影響が極力小さくなるように工夫されている。ただ図 6.6 の (b) だけは点灯不能になったランプを短絡する素子が必要である。また回路以外は皆定出力特性も持っている。

## 7. む す び

以上ケイ光灯および水銀灯の点灯回路に関して述べたわけであるが、紙面の都合上やや基礎問題に偏したとはいえ各回路間の一般的関連を明記するよう努めたので、安定器の設計者あるいは使用者のかたがたの参考に供していただければ幸いである。

ここに述べた回路は今まで考案されたもののごく一部で、そのおびたしい数を見ると、もはや新しい回路の考案の余地もないようにも思われるが、最近の技術の進歩はわれわれの予断を許さないものがあり、とくに半導体応用の面では今後めざましい発達が見られるものと考えている。

### 1. ま え が き

ここ数年のケイ光灯、テレビジョンの普及はまことにめざましい限りである。ケイ光灯は今や全国月産 600 万本、テレビジョンは 50 万台に達しつつある。これらに使用されるケイ光体は前者用が約 30 t、後者が約 3 t で両者を合わせて金額にすると月産 1 億円以上である。アメリカではケイ光灯はわが国の 3 倍、テレビジョンは 2 倍が生産されているから、さらに今後の伸長が期待される。

一方開発研究も古くから行なわれ、ケイ光体の歴史としては 10 世紀（藤原時代）に日本人が「夜光る絵」を宋の太宗皇帝に贈ったと史実にあり、科学的研究の初めは 19 世紀にフランスのシドー (T. Sidot) のシドー石を合成し、続いてベックレル (A.E. Becquerel) ストークス (G. Stokes)、レナルド (P. Lenard) らによりケイ光現象が研究された。とくにストークスの法則、レナルド ケイ光体は重要な研究である。最近も研究は各国とも盛んで、年間 200~300 件の論文が発表されている。とくに光メーザ (レーザー) ならびにエレクトロルミネッセンスの研究が盛んで、これらの発展はさらにケイ光体工業の次の飛躍をもたらすものと考えられる。

本解説ではケイ光体の一般特性、測定、応用、発光機構につき概述する。

### 2. ケイ光体の一般特性

#### 2.1 発光現象

発光現象には三つの放射がある。すなわち温度放射 (temperature radiation)、チェレンコフ放射 (Cerenkov rad.) ならびにルミネッセンス (luminescence) である。温度放射は高温加熱物体から発せられ、チェレンコフ放射は荷電粒子が物質中の光速より早い速度でその物質中を貫通するとき、その進行方向のある限られた角度にみられる発光である。ルミネッセンスは光、電気、放射線などの刺激エネルギーを吸収したり、または熱、音、摩擦、化学物質の接触などが誘因となり量子過程によって発せられる。それぞれ光ルミネッセンス (photolumin.), 放射線ルミネッセンス (radiolumin.), エレクトロルミネッセンス (electrolumin.) といわれる。その物質が刺激されている間の発光をケイ光 (fluorescence)、刺激中止後の残光を示す場合をリン光 (phosphorescence) といい、両者を残光減衰時間で区別するならば  $10^{-6}$  秒程度を境界とする。またケイ光体を低温で刺激し、刺激を中止して加熱するときにみられる発光を熱ルミネッセンス (thermoluminescence) という。

#### 2.2 ルミネッセンス

物質が熱放射を発する温度以下で刺激エネルギーを吸収して、紫外線、可視光線、近赤外線などを放出する現象をルミネッセンスといい、その物質をケイ光体という。ケイ光体に紫外線などの刺激光が照射されると、その波長がその系の電子状態を励起するエネルギーに相当するならば、この光は吸収され電子は励起状態へ移る。この励起電子が基底状態へ戻るとき、励起エネルギーの大部分をふたたび光として放出し、ルミネッセンスを生ずることになる。一般の物質では

吸収したエネルギーがほとんど熱に変換されてしまう。

ルミネッセンスは気体、液体、固体のいずれにもみられ、気体では低圧でルミネッセンスを発しやすく、高圧では消える。常温 1 気圧の気体の分子の衝突は約  $10^{10}$  回/sec で、分子の励起状態の寿命は  $10^{-8}$  sec 程度であるから、分子が励起状態にある間に約  $10^3$  回の衝突をうけ、分子内にたくわえられた励起エネルギーはこの衝突により分子全体の並進運動のエネルギーならびに原子の振動エネルギーとして消費され熱に変わってしまう。気体も低圧になれば衝突の回数は減少するからルミネッセンスを発しやすくなる。液体では分子の衝突回数はさらに増大し  $10^{13}$  回/sec 程度でガスよりはなほだし、ので、水溶液濃度で  $10^{-3}$  M (たとえばフルオレセシンソーダ水溶液の黄緑色のケイ光) 以下の希薄溶液でのみケイ光がみられる。これ以上の濃度ではケイ光強度は急激に低下する。これは分子相互間の衝突により励起エネルギーが消費されることによる。このように濃度の増大によりケイ光強度の低下する現象を濃度消光 (Concentration quenching) という。固体でもまったく同様で分子間の衝突は起こらないが、励起エネルギーは容易に原子の振動エネルギーに転換される。結晶格子の振動数は常温で  $10^{13}$  sec<sup>-1</sup> 程度になり、励起状態にある間に約  $10^5$  回の振動を行なうことになり、励起エネルギーは消滅する。この振動による励起エネルギーの消滅を減少させることによってルミネッセンスは生じやすくなる。このためには母体のイオンまたは母体と活性体との組み合わせにより、外界との交渉からシールドされたイオンまたは原子団を生成させるか、微量の不純物または特殊な格子欠陥を、絶縁物の固体中に分散させることによる広義の不完全性 (imperfections) を生成させることによりルミネッセンスが得られる。前者をシールド形、後者を不完全形の固体ケイ光体として分類される。

#### 2.3 ケイ光体の分類

##### 2.3.1 シールド形 (純粋形)

原子またはイオンの電子カク (殻) の内部にある電子が励起されケイ光を発する。

##### (1) 遷移金属イオンの塩

- f 電子  $\text{Sm}^{+3}$ ,  $\text{Eu}^{+3}$ ,  $\text{Dy}^{+3}$  などの硫酸塩、塩酸塩
- d 電子  $\text{Mn}^{+2}$  の塩化物

##### (2) 遷移金属の錯イオンの塩

- 酸素との錯イオン塩の  $\text{CaWO}_4$ ,  $\text{MgWO}_4$ ,  $\text{Ca}_3\text{V}_2\text{O}_7$ ,  $\text{CaMoO}_4$ ,  $\text{Zn}_3(\text{AsO}_4)_2$

(W-O の配位結合にあずかる電子を  $\text{O}^{2-}$  イオンによりシールド)

- シアン化白金酸塩  $\text{Ba}[\text{Pt}(\text{CN})_4] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
- ウラニル塩  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

##### 2.3.2 不完全性形 (付活形)

不純物または特殊な格子欠陥を結晶母体中に生成させ、それらと周囲の媒体原子との間のエネルギー的交渉を減らし励起エネルギーを振動エネルギーに転換しにくくし、それらの間の相互作用を少なくすることにより不純物または格子欠陥を含む原子団すなわち発光中心が励起されケイ光を発する。



表 2.1 ケイ光灯用ケイ光体の合成条件

母体	付活剤	反応	焼成条件	発光ピーク
Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	Mn	2 ZnO+1.012 SiO <sub>2</sub> +0.012 MnCO <sub>3</sub>	1,250°C	5,250
(Zn, Be) <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	Mn	1.8 ZnO+0.2 Be(OH) <sub>2</sub> +1.0 SiO <sub>2</sub> +0.03 MnCl <sub>2</sub>	1,250°C	6,100
β-CaSiO <sub>3</sub>	Pb	1.0 CaCO <sub>3</sub> +1.2 SiO <sub>2</sub> +0.008 PbF <sub>2</sub>	1,250°C	3,500
"	Pb, Mn	1.0 CaCO <sub>3</sub> +1.2 SiO <sub>2</sub> +0.008 PbF <sub>2</sub> +0.07 MnCO <sub>3</sub>	1,200°C	3,500 6,100
BaSi <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Pb	0.9 BaCO <sub>3</sub> +2.0 SiO <sub>2</sub> +0.01 PbF <sub>2</sub>	1,150°C	3,500
Ce <sub>2</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Ce	2.0 CaHPO <sub>4</sub> +0.8 Ca(OH) <sub>2</sub> +10% Ce <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	1,250°C H <sub>2</sub> +N <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O	3,600
"	Ce, Mn	2.0 CaHPO <sub>4</sub> +0.8 Ca(OH) <sub>2</sub> +12% Ce <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> +5% MnCO <sub>3</sub>	1,250°C	3,600 6,500
"	Tl	2.0 CaHPO <sub>4</sub> +0.8 Ca(OH) <sub>2</sub> +10% Tl <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,000°C	3,250
3Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Ca(F, Cl) <sub>2</sub>	Sb, Mn	6.0 CaHPO <sub>4</sub> +2.4 CaCO <sub>3</sub> +0.7 CaF <sub>2</sub> +0.3 CaCl <sub>2</sub> +0.05 Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +0.06 MnCO <sub>3</sub>	1,150°C	4,800 5,800
(Sr, Mg) <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Sn	3.0 SrHPO <sub>4</sub> +0.5 SrCO <sub>3</sub> +0.4 MgO+0.03 SnC <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1,100°C N <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> O	6,200
Ba <sub>3</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Ti	2.0 BaHPO <sub>4</sub> +0.05 BaF <sub>2</sub> +0.3 TiO <sub>2</sub>	1,050°C	5,000
CaWO <sub>4</sub>	W	1.2 CaCO <sub>3</sub> +1.0 WO <sub>3</sub>	1,100°C	4,300
MgWO <sub>4</sub>	W	2.1 MgO+1.0 WO <sub>3</sub>	1,050°C	4,930
Cd <sub>2</sub> B <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Mn	2.1 CdCO <sub>3</sub> +1.0 H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> +0.012 MnCl <sub>2</sub>	860°C	6,250
6 MgO As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Mn	2.0 MgNH <sub>4</sub> AsO <sub>4</sub> +4.0 MgO+0.015 MnCO <sub>3</sub>	1,250°C	6,230~ 6,580
3.5 MgO 0.5 MgF <sub>2</sub> 1.0 GeO <sub>2</sub>	Mn	3.5 MgO+0.5 MgF <sub>2</sub> +1.0 GeO <sub>2</sub> +0.02 Mn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1,100°C	6,250~ 6,600

表 2.2 テレビジョン用ケイ光体の合成条件

母体	付活剤	反応	焼成温度	発光ピーク
α-ZnS	Ag	100g ZnS+2g NaCl+0.016g AgNO <sub>3</sub>	940°C	4,550
β-ZnS	"	100g ZnS+4g NaCl+2g BaCl <sub>2</sub> +0.016g AgNO <sub>3</sub>	1,200°C	4,350
(Zn, Cd)S	"	48g ZnS+52g CdS+2g NaCl+0.016g AgNO <sub>3</sub>	940°C	5,730
Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	Mn	2.0 モル ZnO+1.012 モル SiO <sub>2</sub> +0.012 モル MnO	1,250°C	5,250
(Zn, Be) <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	Mn	8.0 モル ZnO+1.0 BeO+5 SiO <sub>2</sub> +0.25 MnO	1,250°C	5,300
Cd <sub>2</sub> B <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Mn	2.0 モル CdO+1.006 モル SiO <sub>2</sub> +0.012 モル MnO	800°C	6,260
(Ca, Mg)SiO <sub>3</sub>	Ti	1.0 モル CaO+1.0 MgO+2.0 SiO <sub>2</sub> +0.1 TiO <sub>2</sub>	1,200°C	4,150
β-Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Mn	1.0 モル Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> +1.5% MnCO <sub>3</sub>	800°C	6,380

表 2.3 EL 用ケイ光体の製法の一例と発光色

種類	添加剤の種類と量	合成条件			発光特性	
		ふんい気	温度	時間(h)	UV	EL
ZnS: Cu(Cl)	Cu 0.1%, NH <sub>4</sub> Cl 10%	N <sub>2</sub>	1,075°C	1	青緑	青
ZnS: Pb, Cu	Pb 0.003%, Cu 0.06%, ZnCl <sub>2</sub> 5%	空気	950°C	1	青緑	青緑
ZnS: Al, Cu	Al 0.2%, Cu 0.2%	H <sub>2</sub> S+H <sub>2</sub> O	1,100°C	1	緑	緑
ZnS: Mn, Cu	Mn 0.7%, Cu 0.3%	乾燥 H <sub>2</sub> S	1,100°C	1	橙	橙
Zn(SSe): Cu	ZnSe 100%, Cu 0.2%, NH <sub>4</sub> I 10%	N <sub>2</sub>	1,075°C	1	黄緑	黄
ZnS: Cu	Cu 0.3%	乾燥 H <sub>2</sub> S	1,100°C	1	赤	赤

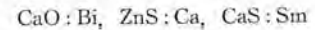
(1) 付活剤による分類

- 格子欠陥 V<sup>-</sup>に捕えられた電子 CaS  
格子間原子 ZnO: Zn
- 重金属の原子またはイオン Cu, Ag, Tl, Sn, Pb, Sb, Bi, Ce, etc.
- 遷移金属 d 電子 Cr<sup>3+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Mn<sup>4+</sup> イオン  
f 電子 (稀) 土類イオン
- 錯イオン WO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, MoO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, BS<sub>4</sub>O<sub>3</sub><sup>-</sup>, V<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>4-</sup>

(2) 母体による分類

- アルカリ金属のハロゲン化合物 KCl: Tl, NaCl: Pb+Mn

b. 2 族金属の酸化物, 硫化物, セレン化合物



c. 2 族金属の酸素酸塩 ケイ酸塩, ホウ酸塩, リン酸塩, ヒ酸塩, ハロリン酸塩, ハロヒ酸塩など

d. 原子価結晶 ダイヤモンド, BN, SiC, AlN, Ge, Si

2.4 製造方法

表 2.1, 2.2, 2.3 に各種ケイ光体の合成条件を示す。

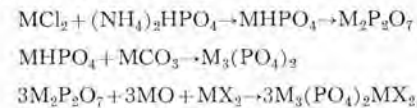
- 母体の純度 99.99~99.9999%
- 付活剤 母体の 0.01~10 モル%
- 組成 乾式法, 湿式法
- 混合 乳鉢, ボールミル, 混合機
- 容器 石英, アルミナ, Pd, Pt
- 焼成(再焼成) 酸素(空気)中 (Mn, Tl, Pb, Ti, Sb, Cu)  
ふんい気中 (Sn, Cu, Mn)  
N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O
- 冷却 空気中またはふんい気中急冷, 徐冷, 水中, 急冷

母体生成の例を次にあげる。

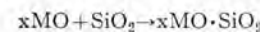
例 1. ZnS

再結晶亜鉛塩→溶液→ZnO+酸化剤→亜鉛粉末処理→ZnSの一部沈殿→精製亜鉛溶液→pH調節→H<sub>2</sub>S吸込→ZnS  
H<sub>2</sub>S→水, 酸, アルカリ洗浄→綿洗浄→精製 H<sub>2</sub>S

例 2. リン酸, ヒ酸塩



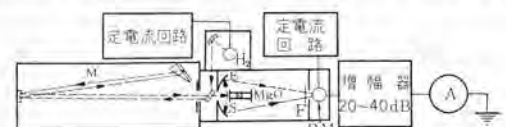
例 3. ケイ酸塩, ホウ酸塩, タングステン酸塩, ゲルマン酸塩



2.5 特性測定法

2.5.1 反射スペクトル (図 2.1)

積分球付のベックマンの分光光度計を使用し, 酸化マグネシウムと波長ごとに比較測定する。試料は 100 メッシュを通し表面はロ紙で軽くラウスするくらいがよい。反射スペクトル



H<sub>2</sub>: 水素放電管  
E: グリッド  
S: ケイ光体試料  
MgO: 燃着酸化マグネシウム  
F: フィルタ  
P.M.: ホトマルチプライヤ  
M: モルクロメータ

図 2.1 輝度, 励起, 反射スペクトル測定装置

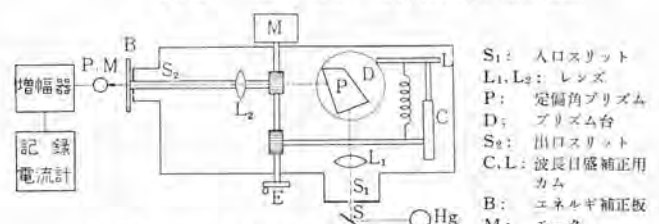


図 2.2 発光スペクトル測定装置

S<sub>1</sub>: 入射スリット  
L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>: レンズ  
P: 定偏角プリズム  
D: プリズム台  
S<sub>2</sub>: 出口スリット  
C, L: 波長目盛補正用カム  
B: エネルギ補正板  
M: モータ  
E: 手動用ハンドル

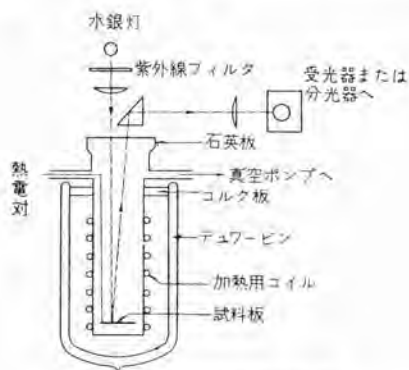


図 2.3 温度特性測定装置

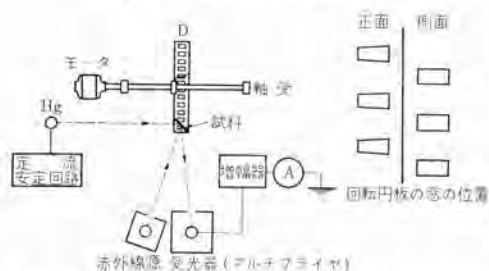


図 2.4 残光、解光(燐)の測定装置(リン光計による)

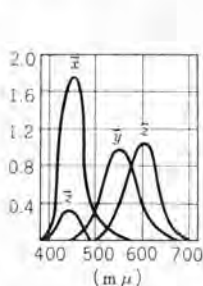


図 2.5 スペクトル刺激値の分布

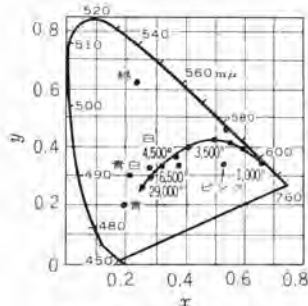


図 2.6 ケイ光灯の色度図

により母体または付活剤の吸収波長を知る。

## 2.5.2 励起スペクトル(刺激スペクトル)(図 2.1)

単色光を試料と酸化マグネシウムに交互に照射してフィルタと組み合わせ試料の吸収率と発光強度を測定する。円筒鏡と酸化マグネシウムの分光反射率がわかっていれば、試料の刺激光に対する吸収スペクトルとケイ光強度の絶対値がわかり、刺激スペクトルが測定できる。なお光電子増倍管の分光感度は Xe アークを光源として熱電タイ(堆)の起電力と比較して求める。

## 2.5.3 輝度(図 2.1)

分光単色刺激光に対して試料の光出力を反射法により測定する。

## 2.5.4 発光スペクトル(図 2.2)

当社研究所製の自記分光放射計の装置は可視光のみ測定可能で単色分光器、受光器および増幅記録の 3 部分から構成されている。記録に要する時間は 2 分および 6 分の 2 段に切り換えられる。紫外のケイ光は石英製の分光写真機またはバックマン分光光度計を用いて測定する。

## 2.5.5 温度測定(図 2.3)

デュワービン中に加熱冷却装置を組みこみ真空中で測定する。刺激光の入口は石英板を用いる。温度特性のカーブから準安定状態

の存在を知る。

## 2.5.6 残光(図 2.4)

リン光計による刺激光をパルスとして受光器とオシロスコープの組み合わせでブラウン管上に記録する方法もある。

## 2.5.7 グロー曲線(図 2.3)

低温で刺激し、刺激を中止して一定速度で加熱して発光強度を測定する。発光強度と温度の曲線をグロー曲線(glow curve)という。準安定状態またはトラップをもつケイ光体の熱ルミネセンス(thermolumin.)が測定される。

## 2.5.8 X線回折(粉末法)

理化学電機製 D-2F 形 ガイガーフレックス(60 kVA, 30 mA) にニッケルフィルタ付、陰極には銅を使用する。試料は 100 メッシュを通してアルミ製ワグ内に 15 kg/cm<sup>2</sup> の圧力でプレスする。回折図から結晶構造、面間隔の変化を知り母体の構造を調べ、また反応条件と特性回折線の強度比の変化から反応状態を知ることができる。

## 2.5.9 示差熱分析

重量変化と吸熱、発熱反応を調べ母体の結晶生成過程を調べる。

## 2.5.10 粒度分布

テンプン式、空気透過式、粒度ゲージなどにより粉体の粒度分布を知る。ケイ光体の応用には粒度が重要である。

## 2.5.11 色度計算(図 2.5, 2.6)

XYZ 系による色度(x, y)の計算は次式による。

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

x, y が色度点を表わす。

$$X = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_{\lambda} \bar{x}_{\lambda} d\lambda$$

$$Y = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_{\lambda} \bar{y}_{\lambda} d\lambda$$

$$Z = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_{\lambda} \bar{z}_{\lambda} d\lambda$$

ただし

## 3. ケイ光体の応用

### 3.1 ケイ光灯

ケイ光灯は水銀気体の放電により発するケイ光の中で最も強い 253.7 mμ の紫外線を管壁のケイ光体が吸収して、長波の紫外線または可視光に変換することを応用したものである。すなわち気体のケイ光と固体のケイ光を組み合わせたものである。

図 3.1, 3.2 に各種ケイ光灯用ケイ光体の発光スペクトル分布を、図 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 に各種のケイ光体を応用した照明用ケイ光ランプのスペクトル分布を示す。デラックス形ケイ光ランプは黒体放射に近いスペクトル分布をもっているため、色の見え方すなわち色性が最もよい。

なお紫外線を発するケイ光灯は発光スペクトルのピークにより用途が異なる。健康ランプは 310 mμ、ブラックライトランプは 330 または 360 mμ に、リコピー用感光ランプは 405 mμ にスペクトルのピークがある。

### 3.2 水銀灯

ケイ光灯と同様に水銀のケイ光を応用したもので、異なる点は放電管内の温度が 300°C 以上で 365 mμ の紫外線と 405 mμ, 436 mμ, 546 mμ, 578 mμ などの可視光が強く 253.7 mμ の紫外



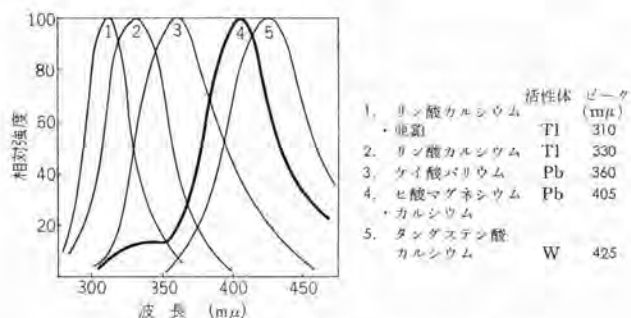


図 3.1 紫外および青色 ケイ 光体の発光 スペクトル

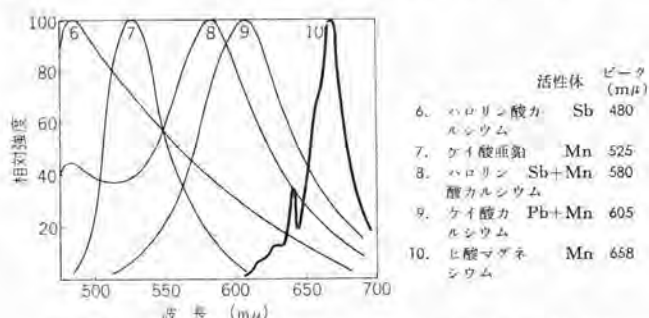


図 3.2 青白色から深赤色にわたる ケイ 光体の発光 スペクトル

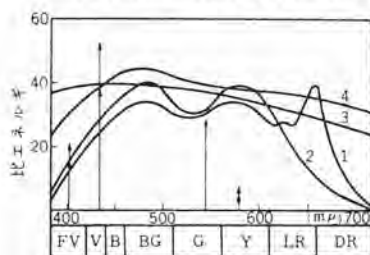


図 3.3 昼光色 (6,500°K)

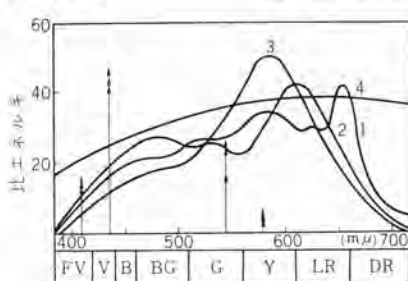


図 3.4 白色 (4,500°K)

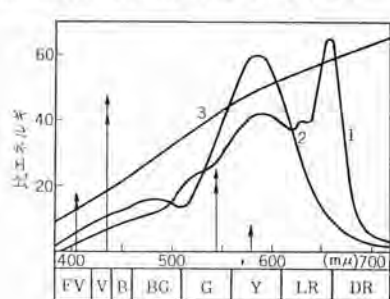


図 3.5 温白色 (3,500°K)

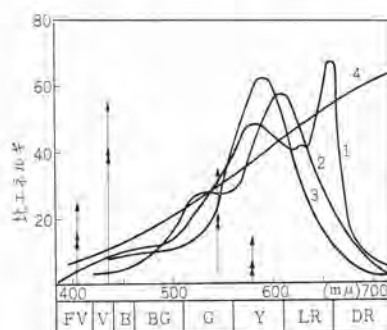


図 3.6 温白色 (3,000°K)

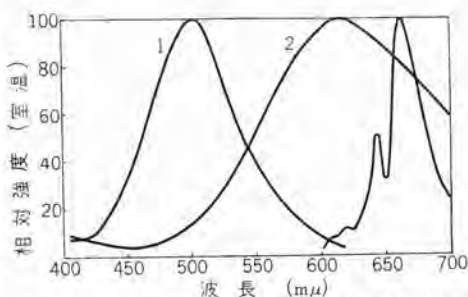


図 3.7 高圧水銀灯用 ケイ 光体の発光 スペクトル

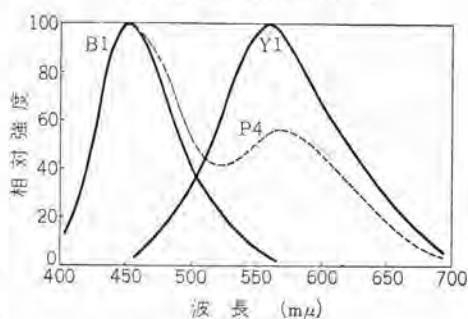


図 3.8 P4 ケイ 光体の発光 スペクトル

線は弱い。放電管壁の温度が高いので温度特性のよいことがケイ光体に要求される。赤色ケイ光体としてはマンガン付活フロゲルマニウム酸マグネシウム、だいたい色にはスズ付活リン酸ストロンチウムマグネシウム、青色には銅付活リン酸ストロンチウムが使用される。それらのスペクトル分布を図 3.7 に示す。

### 3.3 テレビジョンブラウン管

電子線の刺激により発光する、おもに硫化物系のケイ光体が用いられる。白黒用には ZnS:Ag と (Zn,Cd)S:Ag、カラー用には ZnS:Ag, Zn<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>:Mn, Zn<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>:Mn の 3 色混合が使用されるが、最近では ZnS:Ag と (Zn,Cd)S:Ag の全硫化物混合が使用されだした。図 3.8 に白黒用、図 3.9 にカラーテレビ用のケイ光体のスペクトル分布を示す。

### 3.4 エレクトロルミネッセンス (EL 板)

EL の研究は古く 1920 年 Gudden と Pohl が誘電体中に分散した ZnS ケイ光体に紫外線を照射した後、電圧を印加すると発光する現象を発見した。その後 1936 年 Destrian はケイ光体を誘電体

中に分散し、電界作用だけで発光することを見だし、1960 年までウェスチングハウス電機会社で多くの研究を行ない、EL 板発展の基礎を築いた。その後 1950 年透明電導膜 (ネリ膜) が開発され透明電極を使用するようになってから実用化の研究がなされた。エレクトロルミネッセンスはケイ光体を透明電極と金属電極との間に誘電率の高い有機樹脂またはホウロウ中に分散し、両極間に電圧を印加するときケイ光体内にできる強電界により発光する。この装置を EL 板という。最近盛んに研究され種々の用途が開拓されつつある。電圧をあげ、周波数を増大することにより輝度が増すから、安価な高圧高周波の電源が開発されると応用は急速に拡大されるものと考えられる。現用のケイ光体としては硫化亜鉛が大部分で、今後の新しいケイ光体の研究が期待される。EL 板にはセラミック形とオーガニック形があり構造の概要を図 3.10 に示す。オーガニック形はプラスチックフィルムを使用することにより可とう性を与えることができる。

EL 用 ケイ 光体は母体と活性体のほかに副活性体 (co-activator)

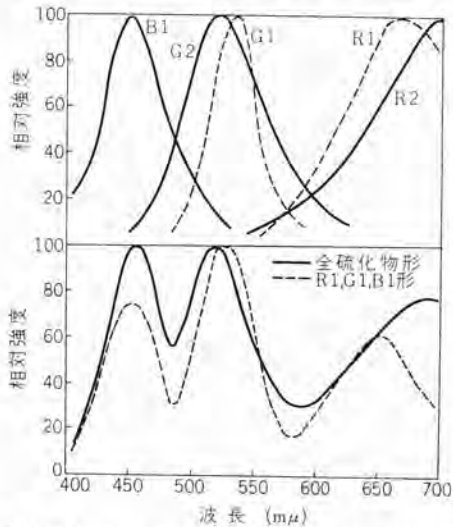


図 3.9 P22 ケイ光体の発光スペクトル (カラー TV 用)

とからなる。現在発光を認められている ケイ 光体を周期律表により分類すると、図 3.11 になる。次に ZnS ケイ光体の Cu と Cl の添加量と発光色および輝度の変化を図 3.12 に示す。活性体と副活性体の添加量の組み合わせによって深青色から黄色まで変化させることができる。EL 板の ケイ 光体層における ケイ 光体、チタン酸バリウムならびに樹脂の混合比が輝度に影響を及ぼす一例を図 3.13 に示す。EL 板に印加する電源の電圧と周波数により輝度が大きく変化することを前に述べたが、その一例を図 3.14 に示す。電圧と周波数を増せば輝度は上昇するが寿命は短くなる。次に EL 用 ケイ 光体の重要な特性の一つとしては粒度がある。図 3.15 に粒度による印加電圧と発光効率の変化を緑色 EL 板についての一例を示す。高圧を印加するときは粒度は小さいほうがよいが、劣化との関連があるので複雑になるといわれている。表 3.1 に各国の EL 板の特性を示す。

上に述べた EL 板はセラミック形およびオーガニック形であるが最近では蒸着 EL の研究が盛んである。研究室での結果としては輝度は低電圧 (従来の 1/10) で高輝度が得られオーガニック形の 100 倍以上のものも得られているが、価格と生産性の問題が解決すれば大きな飛躍が期待される。アメリカの蒸着 EL 板の特性を表 3.2 に示す。

単結晶の EL 現象も見だされている。この現象は担体注入形 EL (Carrier-injection EL) といわれ、ケイ 光体結晶に直接電極を接触させ、電流を流して発光する。交流直流いずれでも発光。この型の EL 特性を表 3.3 に示す。前に述べてきた EL は真性 EL (Intrinsic EL) また固有 EL ともいう。EL の応用としては光電導物質と組み合わせた光増幅器が研究されている (図 3.16)。X 線投影用の増幅器は実用化され、そのほか計数素子として種々の光電スイッチも作られている。

### 3.5 シンチレータ (放射線検知器)

放射線の刺激により ケイ 光を発する (radiolumin.) ケイ 光体の応用としては  $\alpha$  線検知には ZnS:Cu,  $\beta$  線計数用には NaI:Tl, アレスラセン, ナフタレン, スチルベンなどが使用される。

### 3.6 光メーザ (レーザ)

メーザ (MASER) は Microwave Amplifier by Stimulated Emis-

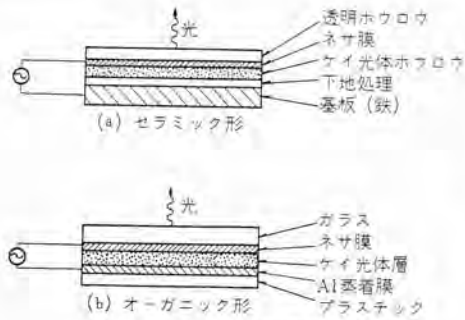


図 3.10 EL 板の構造

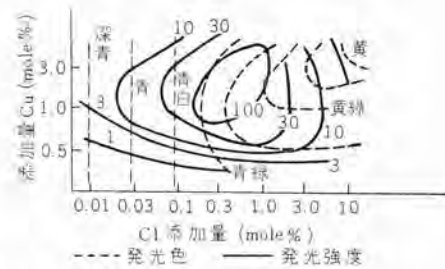


図 3.12 ZnS の Cu, Cl の添加量による発光色ならびにその強度

ⅢBⅣBⅤBⅥBⅦBⅧB											
ⅠB	ⅡB	ⅢA	ⅣA	ⅤA	ⅥA	ⅦA	ⅧA	ⅨA	ⅩA	ⅪA	ⅫA
Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br					
Ag	Cd	In	Sn	Pb	Te	I					
Au	Hg										

活性体  
 副活性体  
 結晶

図 3.11 周期率表における活性体および副活性体の位置

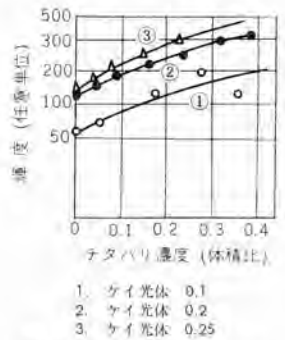


図 3.13 チタリ混合による輝度の増加

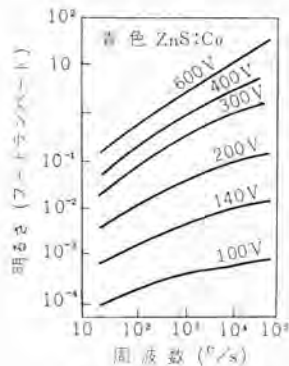


図 3.14 周波数と明るさ

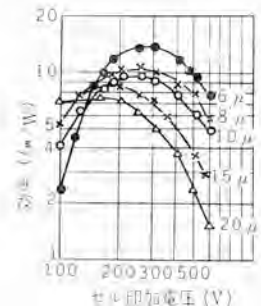


図 3.15 ケイ 光体粒度による発光効率の変化

sion of Radiation (放射線の誘導放出を用いた マイクロ 波増幅器) の頭文字をつづり合わせたもので、またの名を量子増幅器 (Quantum amplifier) という。3.5 節までに述べた ケイ 光現象はすべて自然放出による。いま物質粒子 (原子、分子、イオンなど) の二つのエネルギー準位  $E_1, E_2 (E_2 > E_1)$  を考え、 $E_2$  という状態にある粒子に  $h\nu = E_2 - E_1$  という条件を満たす光があたると、この光に刺激されてこの粒子が同じ周波数の光を放出して  $E_1$  という状態におちる。これを誘導放出 (Stimulated emission) という。メーザの原理は各準位にある粒子数を  $n_1, n_2$  とし普通は  $n_1 > n_2$  (正温度) であるが、なんらかの方法で  $n_2 > n_1$  (負温度) とすることができれば、そのような状態の粒子の集まりに光があたったとき、その刺激で誘導放出によって出る光量子のほうが吸収される光量子のほうより多くなり、すなわち誘導放出が吸収に打ち勝って増幅作用が起こる。さらに放射エネルギーの適当なフィードバック機構 (反射鏡を用いた共振器) があれば、自励発振を生ずることになる。光

表 3.1 各社 EL 板の特性

	Osmm	Thorn	G. E.	W. H.	Philips	Sylvania
電 圧 (V)	220	240	120	120	220	120
周 波 数 (c/s)	50	50	60	400	50	400
光 束 発 散 度 (lx)	12	30	48.6	21.6	22	130
効 率 (lm/W)	0.24	1.5		9.3	2.75	5.4
電 力 (W/m <sup>2</sup> )	50	20		10.8	8	0.64
力 率 (%)		0.28		1.6	0.2	0.34
備 考	1958年	Organic	1950年	1960年	1960年	1960年

表 3.2 蒸着 EL の特性一覧表

試 料	電 圧	周波数	交流直 流の別	輝 度 lx	発光波長分布	製作会社
ZnS: Sn-Cl	100 V		交 直	かなり 明るい	5,800 4,800 6,800	GE
ZnS: As-Cl	100 V		直	"	5,900 4,000 9,000	"
ZnS: P-Cl	100 V		直	"	5,300 3,600 7,000	"
ZnS: Cu-Cl	10 V 25 V 100 V	10 kc " "	交 " "	0.5 100 1,000	青 色 " "	W. H.
ZnS: Cu-Cl	10 V 25 V 100 V	10 kc " "	交 " "	0.1 60 1,000	緑 色 " "	"
ZnS: Cu-Cl Mn	10 V 25 V 100 V	10 kc " "	交 " "	0.01 30 1,000	黄 色 " "	"
ZnS: Cu-Cl	2.9 V 4 V	100 c/s ~10 kc	交 "	0.01 0.2	青 緑 色 "	"

3.3 III-V 化合物 EL 特性の一覧表

試 料	電 圧	周波数	交流直 流の別	輝 度 lx	発光波長 分 布	製作会社	能 率
Cu <sub>2</sub> O			直		赤外線	North Western Univ	
GaP					可視光	U. S. Army 研究所	
Ga (P, As)					"	"	
(Ga, Tn) P					"	Siemens	
AlN			交 直		4,000~ 5,000Å ZnS と同じ	U. S. Army 研究所	10 <sup>-3</sup> lm/W
GaN					5,000~ 7,000Å	"	
CaS: Cu-Eu	888 V	60~ 10 kc	交	100	赤	W. H.	0.2 lm/W

メーザもまったく同様の原理に従う。

表 3.4 に光メーザ用ケイ光体を、図 3.17 にルビーメーザ(レーザー)の構造を示す。励起光源としては Xe セン(閃)光放電管が最もすぐれている。正方形または円柱形のルビーの両断面を平面平行研摩し銀蒸着を施し、Xe セン光放電管の中央に入れ、その強力な光で励起すると 694.3 mμ のビームが放射される。また He と Ne の混合ガスを 30 Mc の高周波で放電すると、1,153 mμ の紫外線ビームを得る。光メーザ材料に望ましい条件としては

- (1) メーザ作用に用いるスペクトル線の幅が狭いこと
- (2) メーザ単位  $E_1, E_2$  間の無放射遷移確率の小さいこと
- (3) 上方の単位  $E_2$  の励起が有効に行なわれること  
(励起光の吸収が大きく、量子効率が大きいこと)
- (4) 下方の単位  $E_1$  の粒子数が少ないこと ( $E_1$  が基底単位でないことが望ましい)

表 3.4 光メーザ用ケイ光体

ケ イ 光 体	発 振 波 長 (mμ)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : Cr <sup>3+</sup>	694, 693, 704, 701
CaF <sub>2</sub> : Sm <sup>3+</sup>	708
CaF <sub>2</sub> : U <sup>3+</sup>	2,490, 2,613, 2,240
CaF <sub>2</sub> : Nd <sup>3+</sup>	1,046
BaF <sub>2</sub> : U <sup>3+</sup>	2,700
SrF <sub>2</sub> : Sm <sup>3+</sup>	697
CaWO <sub>4</sub> : Nd <sup>3+</sup>	1,065
CaWO <sub>4</sub> : Ho <sup>3+</sup>	2,046
CaWO <sub>4</sub> : Pr <sup>3+</sup>	1,047
SrMoO <sub>4</sub> : Nd <sup>3+</sup>	1,064
He+Ne	1,118, 1,153, 1,160
Cs	7,200

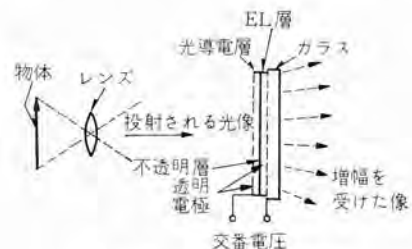


図 3.16 二重層形光増幅器

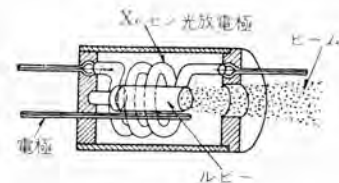


図 3.17 ルビーメーザ

光メーザは単色で高指向性があり、高エネルギー密度という特性をもっている。その応用は現在予備的研究の段階で実用化されるのはこれからの問題であるが一応応用例をあげると

- (a) 通信工学……宇宙通信、光レーダ、超多重通信
- (b) 核物理……電子加速器、核融合
- (c) 工学一般……光学測定、精密機械工作、高速度写真、超高温炉、水中探知機、瞬時溶接切断
- (d) 生物学、医学……消毒、縫合、焼シヤフ(灼)
- (e) 物性……ケイ光体の新しい見地からの研究、分光学とくにラマン、赤外分光への応用光化学反応

## 4. 発光機構

### 4.1 発光中心

2章で述べたように刺激エネルギーの吸収または発光の遷移はシールド形ケイ光体ではイオン、原子または分子などの内部に局在し、外界の影響を受けにくい状態が、不完全性形は付活剤のみに発光の原因を帰せられず、付活剤または格子欠陥を取り囲む周囲のイオン、原子、分子などが関連していると考えられる。このように発光に密接に関係あると考えられる集団を一般に発光中心 (luminescence center) と呼んでいる。この発光中心には三つの機能、すなわち感光中心 (sensitizer)、発輝中心 (emission center) および刺激エネルギーを捕獲蓄積するトラップ (trap) がある。発光中心はこの三つの機能をすべて備えているとは限らないが、少なくとも発輝中心の機能は備えている。



発光機構を論ずるには発光中心の状態をまず考えることが重要であり、次の三つの問題がある。

## (1) 発光中心の結晶内における配置の仕方

不純物が単純に結晶内に分散したものでなく、格子欠陥その他に結びついたもっと複雑な配置を考える必要がある。

## (2) 発光中心の電子状態

重金属が発光中心を形成しているときはその電子が相当広がっていると考えられ、遷移金属、キ土類金属などのときは発光に与える電子は比較的内部にあり外からシャヘイされている。そのほかに結晶の共有結合性、不純物原子と母体との間の共有結合性などが重要な役割をしていると考えられる。

## (3) 発光中心と結晶格子振動の相互作用

結晶中の広義の不完全性（不純物、格子欠陥など）が発光中心としての役割をなすか否かは光学的遷移と結晶振動を通ずる非放射遷移とのかねあいによって決まる。

このように複雑な発光中心を考えてルミネッセンスの諸現象を説明するにはエネルギー帯モデルおよび配位座標 (configurational coordinates) モデルによってなされている。

## 4.2 エネルギー帯モデル

### 4.2.1 非光電導性ケイ光体 (図 4.1)

固体論による結晶の電子のエネルギー状態は一定の幅をもったエネルギー帯で表わされる。ルミネッセンスを説明するには最上位の電子によって満たされた許容帯（充満帯）とその上に位置している空の許容帯（電導帯）とを考える。両者の間は禁制帯である。（図 4.1）結晶内に不完全性が存在するときは結晶の周期的ポテンシャルの場の局所的乱れが発生して電子密度分布が異常になり、禁制帯に自由原子のような離散準位が生成する。e, g が不純物の離散準位で 3 がケイ光、1 は母体の吸収、2 は不純物の吸収を示す。

### 4.2 光電導性ケイ光体 (図 4.2)

図 4.2 に帯モデルを示す。母体電子の直接励起または不純物の

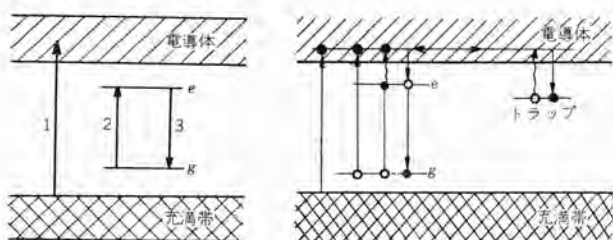


図 4.1 絶縁体結晶のエネルギー帯と不純物準位

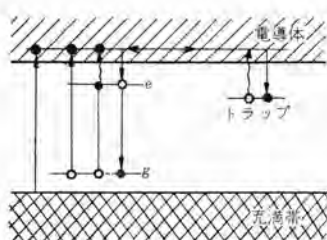


図 4.2 光電導性ケイ光体のエネルギー帯モデル

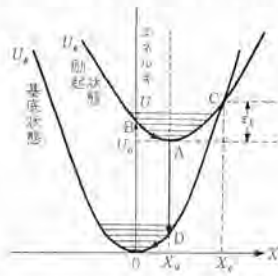


図 4.3 発光中心の配位座標モデル

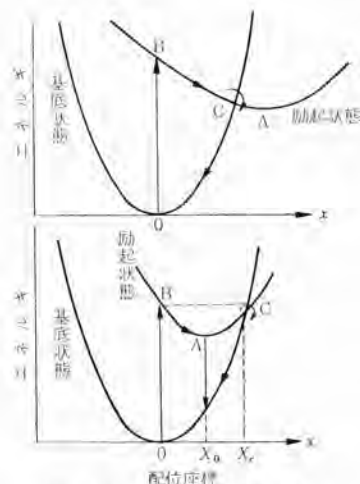


図 4.4 ルミネッセンスを生じない中心の配位座標モデル

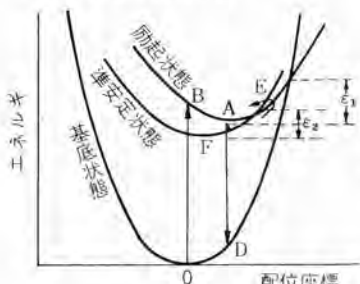


図 4.5 準安定状態をもつ発光中心の配位座標モデル

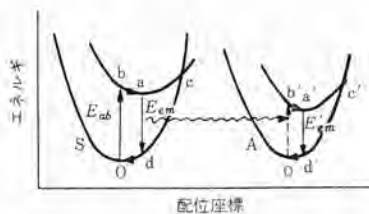
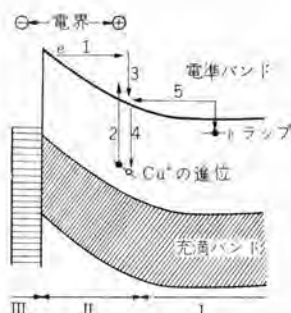


図 4.6 共鳴伝達による増感の配位座標モデル



I: ZnS 本体  
II: 高抵抗の障壁層  
III: Cu 濃度の高い層

図 4.7 EL を示す ZnS: Cu の表面付近のエネルギー帯モデル

励起電子の熱的励起により電導帯へ上げられ電導性を示し、結晶内を自由に動きトラップされる。トラップとしては格子間陽イオン、陰イオン、空位、転位線の末端、内部表面などが考えられる。次に熱エネルギーによりふたたび電導帯に上がり基底状態の陽孔（電子の抜け穴）と再結合しルミネッセンスを発する。

## 4.3 配位座標モデル

### 4.3.1 発光中心 (図 4.3)

原子核の変位による電子エネルギーの変化を考えたモデルで、核の振動を単純調和振動と仮定するとポテンシャルエネルギー曲線は放物線で表わされ、電子が励起されると原子間の結合力は一般に弱くなると考えられるから、励起状態のポテンシャル曲線はその曲率は基底状態のそれより大きくなる。付活剤を中心として変位に關与する原子の集団が発光中心である。図 4.3 に発光中心の配位座標モデルを示す。光を吸収すると B に遷移しついで A から D へ遷移するときルミネッセンスを発する。吸収および発輝のエネルギー ( $U_{ab}$ ,  $U_{em}$ ) は次式で示される。

$$U_{ab} = U_0 + \frac{1}{2} k_e X_0^2$$

$$U_{em} = U_0 - \frac{1}{2} k_g X_0^2$$

となり  $U_{ab} > U_{em}$  で、波長に直すと吸収波長より発輝波長が必ず長波長である。これが Stokes の法則である。

### 4.3.2 ルミネッセンスを生じない中心 (図 4.4)

光を吸収した後の変化が大きくて励起状態の谷底が基底状態の曲線の外側に出ていれば、C 点で非放射遷移がおりルミネッセンスを生じない。C 点が B 点よりエネルギーの低い位置にあれば発光しない。

### 4.3.3 準安定状態をもつ発光中心 (図 4.5)

励起状態に準安定状態

態 (metastable state) が付随し、基底状態と準安定状態との遷移が禁止されている発光中心を図 4.5 に示す。B に上げられた電子は E で準安定状態に移り F に落着き、 $E_2$  の活性化エネルギーを得て励起状態にふたたび移り AD のルミネッセンスを生ずる。発輝強度の温度特性を測定すると強度のピークを示す温度がある。一般にはある温度で発輝強度は高温より強くなり、それより低温でもほとんど変化しない。

#### 4.3.4 共鳴伝達による増感ケイ光 (図 4.6)

一般に遷移金属付活剤の発光は禁制遷移によるので発光はきわめて弱いか発光しない。これに許容遷移をもつ重金属付活剤を加えるとよく発光する。これは重金属により吸収された励起エネルギーが結晶内を通して遷移金属に伝達されて発光する。この発光を増感剤 (sensitizer)、他方を単に付活剤という。光電導性を示さないときは量子力学的共鳴による伝達が遅れると考えられている。

#### 4.4 エレクトロルミネッセンス EL の機構 (図 4.7)

EL を示す  $\text{ZnS}:\text{Cu}$  を一例として考える。Cu の量は EL 用以外のときは添加量は 1/10 以下の少量で、粉末表面には Cu 濃度の高い層が存在すると考えられている。この層は電気抵抗が少なく、これと接触する ZnS 本体との界面は高抵抗を示し、電圧を印加するとこの層に電圧が集中することになる。図 4.7 に界面付近のエネルギーバンドモデルを示す。電界が印加されると高抵抗層 (II) に強い電位傾度をもった電界が生じ、これによって ZnS の電導電子が加速され高エネルギーを得 (1)、 $\text{Cu}^{+1}$  により生成した発光中心に衝突する。この衝突によりその電子は電導帯に励起され (2)、みずからはエネルギーを失い (3)、カウになった発光中心と再結合して発光

を生ずる (4)。一方励起された電子の一部はトラップされ (5)、トラップにある電子は電界の方向が逆になるとき飛び出し、カウの発光中心へ戻って発光する (5, 4)。このように EL は結晶内に局部的に造られた強い電界の集中により電導電子が加速され、発光中心に衝突し、励起することによって生ずると考えられる。前節に述べた光励起による発光とはこの発光中心の励起過程が異なり、その後の発光過程は同じであると考え EL の発光機構が説明される。

### 5. む す び

ケイ光体の最も大きな応用分野であるケイ光灯ならびにテレビ用のケイ光体は特性、効率の点からはほとんど目的を達した感がある。今後の問題点として、実用面からは高圧水銀灯用、レーザー用、EL 用などの新しいケイ光体の開発、ならびに構造の複雑な酸素酸塩ケイ光体の発光機構に関するいっそうの研究が望まれる。また有機ケイ光体、放射線を応用した原子ラングなどは省略したが、今後の新しい応用の展開も期待されよう。なお、資料の大部分は下記の文献によったことを記し、むすびとする。

#### 参 考 文 献

- (1) 小寺：ケイ光体とその応用 (オーム社)
- (2) 武藤：物性物理学講座 (9) (共立社)
- (3) 日本化学会：実験化学講座 (4) (丸善)
- (4) 原島、内田：エレクトロルミネッセンス (日刊工業)
- (5) ケイ光体同学会：同予稿多数
- (6) 塩谷：化学の領域 11 巻 1~3 号
- (7) H. W. Leverenz: Luminescence of Solids

### 最近における社外寄稿一覧

年月日	寄稿先	題名	執筆者	所属場所
38-6-1	日本資材管理者協会	価値分析と資材情報管理	山口孝逸	伊丹
38-6-4	ダイカスト協会誌	電解加工法	斉藤長男	研究所
38-6-15	小峰電子工業	レーダスピードメータ	飯川三郎・田村祥一	鎌倉
			阿部寿夫	
38-6-18	核融合研究	ケイ素銅板(帯)の特性と用途	河合正・近藤博通	研究所
		Magic Compression of Toroidal Plasma Part I	杉本盛行・岩本雅民	
38-6-20	真空	超高真空度の測定	利岡勝司・飛田敏男	研究所
			岡田武夫・青木伸一	
38-6-24	電々公社通研	電解加工法	山中昭男	
38-6-21	OHM	コントロールセンタ	前田祐雄・斉藤長男	研究所
38-6-25	電気車研究会	インド国鉄向イグナイトロソ電気機関車	町野康男	名古屋
38-6-25	シーケンス自動制御便覧	エレベータ	松田新市	伊丹
38-6-25	軽金属溶接	Pull Type 溶接装置による MIG スポット溶接	板垣晃平	名古屋
			鶴飼順	名古屋
38-6-25	OHM	ハイブリッドシステムコンピュータの洪水予想への適用	大鳥羽幸太郎・柴谷浩二	無線機
			桑田博	



## ■ 1 台で 7 ケタの圧力の測定ができる広帯域真空計 (TI-LB4) 完成

多くの真空装置における真空度の測定には、低真空領域と高真空領域とに 2 種の真空計を必要とする。この両領域の真空度を、1 台で測定できる広帯域真空計が完成した。

この広帯域真空計は、従来の TG-R1 形 サーミスタ 真空計と、IG-LB3 形対数直読式電離真空計を組み合わせたもので、2 mm Hg $\sim$ 1 $\times$ 10 $^{-7}$  mm Hg の真空度の測定が可能である。両真空計は、圧力に応じて自動的に切りかわり、またともに出力は対数に変換されるため、レンジを切り換える必要がなく、したがって電源スイッチを投入し、初期調整をするだけで、前記広範囲の真空度の測定ができ、真空蒸着など低真空から高真空への圧力変化が、ひんぱんに行なわれる装置に最適である。

### 仕 様

測定圧力範囲	2 $\sim$ 1 $\times$ 10 $^{-7}$ mm Hg
寸 法	200 (高) $\times$ 480 (幅) $\times$ 400 (奥行) mm
そ の 他	電離真空計脱ガス回路、電子電流安定回路、対数変換回路、増幅器感度校正回路内蔵

## ■ 病室管理用テレメータ開発

病室管理用 テレメータ (仮称) は、従来入院患者に対して実施している看護婦による 1 日数回の定時検診を自動化し、テレメータによって遠隔集中計測し、データを電動タイプライタを用いて記録作成するものである。

昭和 37 年秋以来、順天堂大学第二内科と共同開発中であったが、このほど開発を終わり、今年 4 月の日本医学総会で大学の北村先生他から発表され、2, 3 の医学雑誌に掲載された。

性能概略は次のとおりである。

測定 (検診) 項目	体温・脈拍数
測 定 範 囲	体温 35 $\sim$ 41 $^{\circ}$ C $\pm$ 0.1 $^{\circ}$ C 脈拍数 40 $\sim$ 150/min $\pm$ 4/min
対象ベッド数 (患者数)	50 を単位とする
測定所要時間 (1 検診)	約 2 分 (患者側) 約 5 分 (管理室側)
トランスジューサ	体温 トランスジューサ ガラスサーミスタ 製で口にくわえる 脈拍数 トランスジューサ 透過形容積脈波式で耳たぶにはさむ
伝 送 方 式	有 線

このテレメータを使えば、管理室にいながらにして、きわめて短時間に定時検診を終えることができるので、人手を大幅に省くとともに、看護婦による読み取りの誤りを防ぎ、客観的な測定をすることができる。このことは、ひいては定時検診の回数をふやし

て、より確実な患者管理をすることが可能となる。また看護婦は、より人間的な看護に専念できるので、この装置の病院での採用が待たれる。



口にくわえているのが体温トランスジューサ、耳たぶにはさんでいるのが脈拍トランスジューサ、枕もとの小箱が送量セット  
図 1 病室管理用テレメータによる検診状況



図 2 病室管理用テレメータの管理室側、受量セットと電動タイプライタ

## ■ 自動車用テレメータ完成

自動車用テレメータは、走行中の自動車の、種々な測定資料、たとえば自動車々体各部のヒズミ、振動、加速度などを、適当なトランスジューサと組み合わせて、無線遠方測定するものである。

昭和 37 年秋以来製作調整中であったがこのほど完成した。

性能概略は次のとおりである。

通話路数	4 個
測定範囲	ヒズミ 量に換算して 100 $\times$ 10 $^{-6}$ $\sim$ 3,000 $\times$ 10 $^{-6}$
通話路周波数特性	DC $\sim$ 100 c/s ( $\pm$ 1 dB)
多重方式	周波数分割多重方式
変調方式	二重周波数変調方式 (FM-FM)
実用送受信機間距離	約 2 km
消費電力	送信機 直流 12 V 約 2 A



構 造	受信機	交流 100 V
	送信機	車載用
	寸法	200×200×300 (mm)
受信機	重量	約 9 kg
	固定用	
	寸法	500×440×450 (mm)
空中線	重量	約 70 kg
	送信機	ホイップ形
	受信機	ブラウン形

トランスジューサー すべて、ブリッジ形を使用する。

このテレメータを使えば、被試験車のそばに伴走車を走らせ有線で測定資料を得る従来の方式に比べ、被試験車と伴走車の走行中の接触事故、資料伝送ケーブルの断線などの危険性が著しく改善されるため試験車の高速性能、旋回特性などの測定がきわめて容易となる。

このほかに、通話路数 4 個および 6 個、実用最大距離 2~3 km の自動車用テレメータ装置、また通話路数 10 個、実用最大距離 200 km の航空機用テレメータ装置を受注設計中である。



テレメータ送信機と送信空中線は二輪車の荷台に取り付けてある

自動車用テレメータによる二輪車走行試験の状況

## ■ 国鉄新幹線用区分開閉器完成

39 年に開通を予定されている新幹線の工事が着々と進められているが、その区分所に納入される区分開閉器がこのたび当社において製作され、9 月に 8 台が出荷されることになった。

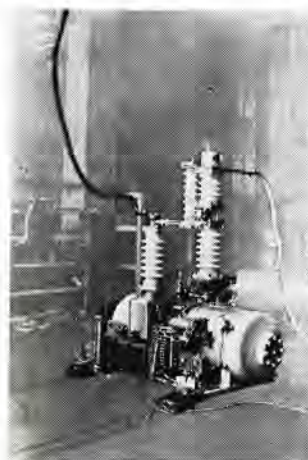
この区分開閉器は 5 分間隔で電車が通過するたびごとに 1 回約 600 A の負荷電流を開閉するいわゆる多ヒン度スイッチであるばかりでなく、線路事故時にはシャ断器として事故電流も処理しなければならない。

多ヒン度操作を必要とするために少なくとも 10 万回の操作寿命を保証しなければならず、また 1 万回まではコンタクトの取り換えを行なわない。当社は短絡シャ断試験、10 万回の無負荷開閉試験などを実施するとともに、36 kV、600 A 力率 0.8 の実負荷電流を約 1,000 回、3 kV 600 A のリアクトル電流を数千回開閉してコンタクトの消耗試験を行ない、十分に仕様を満足することを実証した。

写真は 36 kV 600 A の負荷電流開閉試験中のものを示している。

おもな定格は次のとおりである。

形 式 30-AHL-10 形



30-AHL-10 形区分開閉器

定格電圧	36 kV
定格電流	600 A
定格シャ断容量	108 MVA
完格操作圧力	7 kg/cm <sup>2</sup> g
標準動作責務	O—(0.35 秒)—CO —(1 分)—CO
総重量	400 kg
空気消費量	110 l (CO 1 回分)

## ■ EM 形電磁開閉器シリーズ化完成

新形 EM 形交流電磁開閉器シリーズの一環として EM-4、EM-65 形の開発を完了し、超小形小容量の EM-4 形から 65 形までのシリーズ化を完成した。

おもな特長と性能は、

(1) 最高級の性能

JIS に規定する最高 A 級 1 号 1 種をはるかに上回る高性能でひんばん苛酷な開閉にすぐれた性能をもつ。

(2) 小形軽量

コンパクトな構造で小形軽量化取付面積も小さく、価格も低減した。

(3) 信頼性が高く長寿命

水平動作の構造部分は確実な動作をし、長寿命で信頼性が高く、また電氣的にも 100 万回以上の長寿命である。可逆形は機械的インタロック付である。

(4) 広範囲な使用

補助接点が多くとれること、種類が多く仕様によって使いわけができ、制御盤用としても広く使用できる。

(5) 確実な過負荷保護

熱動過電流継電器は動作が正確であり、上面にある調整ツマミで動作電流調整可能、周囲温度補正付 リレー接点は、IAB 可能。

電磁開閉器仕様

形 名	箱 入 開 放	EM-4	EM-7	EM-15	EM-35B	EM-65
		EMO-4	EMO-7	EMO-15	EMO-35B	EMO-65
定格容量 (kW)	200-220 V	1.5	1.5	3.7	7.5	15
	400-550 V	1.5	1.5	5.5	11	22
補 助 接 点		1A	最大 2A または 1A1B	最大 2A2B	最大 2A2B	最大 2A2B
制 御 回 路	200 V	50 c/s	200-220 V	60 c/s		
	100 V	極	400 V 極	500 V 極		

電磁接触器仕様

形 名	M-4	M-7	M-15	M-35	M-65
定格電圧 (V) AC	600	600	600	600	600
定格電流 (V)	250 V	7	7	15	30
	600 V	4	4	10	25
連続通電電流容量 (抵抗負荷) (A)	10	10	20	40	80
接点配置 (最大)	4A	5A または 4A1B, 3A2B	3A+2A2B (主) (輔)	3A+2A2B (主) (輔)	3A+2A2B (主) (輔)

注：(主)は主接点、(輔)は補助接点

3 素子用も可能である。

#### (6) 取扱の容易

配線がしやすく、表面からの取り扱いで部品の点検、操作、電磁 コイル、サーマルリレー の取り換えが容易である。



図 1 EM 形交流電磁閉器 (箱入)

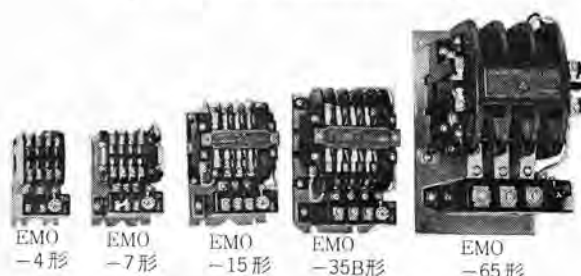


図 2 EM 形交流電磁閉器 (開放)

### ■ EM-65 形電磁閉器量産開始

EM 形シリーズの一環として従来の EK-55, EK-65 形に代わる小形軽量、高性能でかつ価格の安い EM-65 形電磁閉器の開発を完了し量産に入った。

おもな特長と性能は、

#### (1) 最高級の性能

JIS に規定する A 級 1 号 1 種以上でとくに電氣的寿命は 100 万回以上の高性能である。

#### (2) 小形軽量化

部品数の少ないコンパクトな構造で取付面積を小さくし EK-65 形に比べて箱入開放形とも約 70% 電磁接触器としては 50% とした。

#### (3) 信頼性が高く長寿命

水平動作の構造部分は確実な動作をし、ダイヤル・グリット 付の消弧室でシャ断能力を高め、銀合金接点の使用と接触子の投入時のオドリを減らし非常に長寿命となった。

#### (4) 広い使用範囲

インチャン、ブラッキングなどのひんぱん苛酷な開閉に耐えること、補助接点 2A2B の内蔵できることなどで制御盤用その他に応用使用範囲が広い。

#### (5) 確実な過負荷保護

EM シリーズの統一設計で上面の調整ツマミによる動作電流可調整、周囲温度補正付 リレー 接点として 1AB 接点、3 素子用も可能とした。

#### (6) 保守点検が容易

消弧室をとると接点部分が露出し接点の点検取り換え容易で

あり、また操作電磁 コイル、サーマルリレー の取り換えも簡単にできる。

仕様

形 名	電 磁 閉 器		電磁接触器
	箱 入 EM-65	開 放 EMO-65	M-65
定格容量 (kW)	200-220 V	15	15
	400-550 V	22	22
補 助 接 点	最 大 2A 2B		
制 御 回 路	AC 200 V 50 c/s 200-220 V 60 c/s 100 V 級, 400 V 級, 500 V 級も可能		



図 1 EM-65 形  
電磁閉器



図 2 EMO-65 形  
電磁閉器

### ■ 三菱テレビジョン受像機 16T-670 形発売

本機は 16 形角形 ブラウン 管を使用した高級形受像機で キャビネットの左右に 2 個の スピーカ が装着された豪華な デザイン である。電氣的性能は超遠距離用、自動画質調整器 (AFT) 付で、テレビ受像のほかに FM 放送を受信することもできる。次にそのおもな特長を説明する。

#### (1) 豪華な キャビネット

前面 オールプラスチック の優雅な デザイン と 2 個のスピーカ によってかもし出される快適な音響効果がすばらしいふんい気を作り出す。キャビネット の構造、美しい塗装はおのおの長年の使用に對して変形、変色などを生じない。

#### (2) 広角 16 形角形 ブラウン 管の採用

本機は最新形の 16 形 114 度偏向 ショートネックブラウン 管を採用しているため、従来の 14 形 ブラウン 管に比べて画面が大きく、しかも奥行きが短いので全体は薄形になっている。

#### (3) 低雑音単 3 極管の採用

本機の チューナ には新しい高性能の単 3 極管 2GK5 を使用しているため弱電界における S/N が向上し、よりいっそう鮮明な映像が得られる。

#### (4) AFT システム の採用

自動画質調整装置を採用しているため、チャンネルを切り換えるだけで希望の放送局に自動的に正確な同調がとれる。

#### (5) FM ラジオ 放送が受信できる

本機は テレビ 画像と テレビ 用音声のほかに独自の受信機構をもつ FM ラジオチューナ を内蔵しているため、前面の切換 スイッチ の操作により簡単に FM ラジオ 放送が受信できる。FM 放送の特長である高忠実性が本機の 2 スピーカ による ハイファイサウンド システム とあいまって素晴らしい効果を発揮する。

定 格

受信周波数帯

チャンネル 1~12 インターキャリナ 方式



FM ラジオ 受信周波数帯	76~90 Mc
アンテナ 入力	300 $\Omega$ 平衡形
ブラウン 管	400CB4 40 cm 114° 偏向
真空管	17 球
ダイオード	6 個
スピーカ	ダイアトーン PO-840 形 20×11 cm 2 門 2 個
イヤホンジャック	イヤホン 2 個使用可
音声出力	無 ヒズミ 1.8 W 最大 2.5 W
電 源	100 V (105, 110 V タップ付) 50/60 cps
消費電力	120 W
外形寸法	幅 668.5×高さ 405×奥行 300 mm (脚をつけたときの高さ 815 mm)
重 量	23.2 kg

### ■ 三菱テレビジョン受像機 19T-370 形発売

本機は 19 形ワイドスクエアブラウン管を採用したコンパクトタイプの受像機で、画面をできるだけ大きく、しかも外形はできるだけ小形になるようにデザインが考慮されている。すなわち従来の“19 形は高級品”という概念を破って、新たに普及形を市場に送り出す斬新な企画である。次にそのおもな特長を列挙する。

#### (1) 広角度 19 形 ブラウン 管使用

従来の 17 形ブラウン管よりも、さらに画面が大きいシャープコーナの 19 形ブラウン管を使用しているため、今までのブラウン管では見られなかったダイナミックで迫力ある画面を得ることができる。

#### (2) 低雑音 3 極管の採用

本機のチューナは新しく高性能の単 3 極管 2GK5 を使用しているため、弱電界における S/N が向上し、よりいっそう鮮明な映像が得られる。

#### (3) 薄形 キャビネット

19 形ブラウン管を収納している割に薄形で、しかも小形のキャビネットであるから、部屋のどこにでも置け、場所を取らない。

#### (4) ダイアトーン・スピーカの採用

三菱独自の新設計によるダイアトーン・スピーカ PO-840 を使用しているため十分な音量で美しい音色を楽しむことができる。

#### (5) ワンタッチスイッチ 付

PUSH—PUSH 式電源スイッチを使用しているため、セットを点火するたびにいちいち音量ボリュームを調整する必要がなく、常に最良の音量で楽しめる。

#### 定 格

受信周波数帯	チャンネル 1~12 インターキャリヤ方式
アンテナ 入力	300 $\Omega$ 平衡形
ブラウン 管	19XP4 (19AKP4) 114° 偏向
真空管	16 球

ダイオード	2 個
スピーカ	ダイアトーン PO-840 20×11 cm 2 門
音声出力	無 ヒズミ 1.1 W 最大 1.3 W
電 源	100 V (105 V, 110 V タップ付) 50/60 cps
消費電力	130 W
外形寸法	幅 610×高さ 390×奥行 370 mm (脚をつけた時の高さ 790 mm)
重 量	29 kg

### ■ 三菱テレビジョン受像機 12P-320 形発売

このたび発売した 12P-320 形テレビ受像機は 12 形ワイドスクエアブラウン管を使用したコンパクトな理想的ハンドタイプ受像機である。外観も新感覚を盛り込んだユニークなデザインで、和室、洋室、いずれにもマッチし、ホームテレビとしてまたパーソナルテレビとして利用範囲は広い。

#### 本機の特長

(1) 12 形ワイドスクエアブラウン管の使用により 14 形に匹敵する大形画面を有し、しかも小形、軽量、薄形である。

(2) 高性能真空管 2GK5 の使用により、中・弱電界地域での S/N は一段と改善され、鮮明な映像が得られる。

(3) チューナにはディスクターレット方式を採用し小形化したにもかかわらず、新材料の採用により性能は向上した。

(4) ロッドアンテナを内蔵しているため、手軽に持ち運びでき、好みの場所で見ることができる。

(5) 小形テレビの温度上昇の問題を克服すべく、温度上昇を抑えるキャビネット、シャープ構造にし、部品配置も十分考慮したため、大形テレビに比べてすぐれた安定度を有している。またサービス保守、点検についても便利なようなシャープ構造にした。

(6) 裏フタは業界最初の塩化ビニルの使用により、火災、感電、破損の心配をなくした。また裏フタに電源コード巻付器が付いている。

#### 定 格

受信周波数帯	チャンネル 1~12 インターキャリヤ方式
アンテナ 入力	300 $\Omega$ 平衡形 ロッドアンテナ 内蔵
ブラウン 管	310AB4 31 cm 110° 偏向
真空管	15 球
半導体	4 個
スピーカ	ダイアトーン PO-641 形 16×10 cm 2 門
イヤホンジャック	イヤホン 2 個使用可
音声出力	無 ヒズミ 1.0 W 最大 1.4 W
電 源	100 V (105 V, 110 V タップ付) 50/60 cps
消費電力	130 W
外形寸法	幅 416×高さ 279×奥行 254 mm (脚、把手を含む高さ 337 mm)
重 量	12.2 kg



## 画期的高効率“高出力タリウム水銀ランプ”完成

かねてから、水銀ランプの効率を高めることを目標に、開発試作を行っていたが、発光管内にヨウ化タリウムを添加することにより、いままでの水銀ランプに比較して、1.5～1.7倍の高効率のランプを完成し、本年8月9日に発表した。

このタリウム水銀ランプは、400ワットのランプ電力で、全光束が31,000ルーメン、550ワットでは50,000ルーメンにも達し、ほぼ従来の1,000ワットのものに近い明るさである。しかも、外形寸法はまったく同一である。

ヨウ化タリウムは化学的に活性な化合物であるので、各種構成材料の材質、精製法、製造法などを研究の結果、始動電圧、寿命、光度減衰について、実用できるものが完成した。

普通の水銀ランプでは発光管の中に、放電と発光の主体となる水銀と、始動補助のためにアルゴンガスが封入されているが、このタリウム水銀ランプでは、そのほかに、定量のヨウ化タリウムが添加されている。始動直後は水銀蒸気の放電によって青白色の光を放射するが、管壁温度の上昇とともに、安定状態近くになると、ヨウ化タリウムは次第に蒸発し、水銀蒸気のアーク中では、ヨウ素とタリウムに分解して、タリウム原子は、アーク中で励起され、発光は主として、波長535ミクロンの視感度のよい緑色光となる。このほ

か、水銀放電のスペクトルおよび655ミクロンの赤色光も加わり、比較的演色性もよい。

なお、アーク中で分解したヨウ素とタリウムは、管壁近くでは元のヨウ化タリウムにもどり、分解、化合のサイクルを繰り返す。

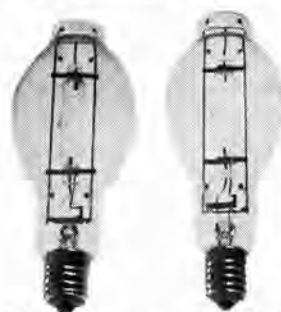


図1 (右) タリウム水銀ランプ (左) 今までの水銀ランプ

タリウム水銀ランプは緑色に富んだ光色であるので、とくに公園、ゴルフ場、スポーツ照明などに適するが、一般の高速道路、広場、工場照明に使えば、効率が低いことから、使用灯数が少くなり、電力費の節減となって、経済的な照明ができるのが大きな特長である。

おもな仕様は次のとおりである。

形名	大きさ W	初光束 ルーメン	効 率 ルーメン/W	管径 mm	管長 mm	ランプ 電流 A	ランプ 電圧 V	始動 時間 分	二次無負 荷電圧 V
H-250 L	250	16,500	66	100	250	2.0	135	3	300
H-400 L	400	31,000	78	118	290	3.2	135	3	300
H-550 L	550	50,000	91	118	290	4.1	150	3	300

## ピックアップが自動的にもどるオートリターン方式

### 三菱ステレオ DSS-312 形 発売

当社では、音質の良さを誇る放送局 モニタ用 スピーカ、音の深まりを増す エコー 装置、音の広がりを増すステレオコントロール装置に加え、演奏が終わるとピックアップが自動的にもどるオートリターン方式を採用した FM 放送を聞ける高級ステレオを開発した。

#### ■ 特 長

(1) 演奏が終わればピックアップは自動的にもとの位置にもどり、モータの回転が止まるオートリターン採用。

(2) 放送局 モニタ用 スピーカとして採用され好評を得ている P-610 A 形 スピーカを左右に使用しているので歯切れの良いヒズミの少ない音を再現する。

(3) 76～90 Mc までの広範囲を聴取できる FM チューナを内蔵している。

(4) シングルスキップエコー装置を備えているので音質に深まりが加わり、実感のこもったホールのふんい気がそのまま味わえる。

(5) 一つの ツマミにより左右の音の広がり(ステレオコントロール装置)が連続的に変化できるので、音質・深まりと一体となつてすばらしい立体音を再現する。

(6) プレーヤの内部に照明ランプを備えている。

(7) 寿命の長いダイヤモンド針使用

(8) 高感度 フェライト・コアアンテナ採用

(9) 中波立体放送聴取可能

#### ■ 仕 様

ステレオアンテナ STA-312 形 (スピーカ付き)

(1) 形 式 3 バンド 2 チューナ付ステレオアンテナ

(2) 受信周波数 右側 FM (超短波) 76～90 Mc  
MW (中 波) 530～1,605 kc  
左側 SW (短 波) 3.8～12 Mc  
MW (中 波) 530～1,605 kc

(3) 出 力 無 ヒズミ 1W×2  
最 大 2W×2

(4) スピーカ P-610 A 形 16 cm モニタ用スピーカ2個

(5) 電 源 100 V, 50/60 c/s

(6) 使用真空管類 12 球 1 トランジスタ 1 ダイオード

ステレオプレーヤユニット STP-312 形

(1) モータ 2 極 インダクションモータ

(2) ターンテーブル 直径 20 cm ゴムシート付き 4 スピード



図1 DSS-312 形 三菱ステレオ

- (3) ピックアップ ターンオーバー形 ステレオセミラック  
(4) 針 圧 ST-LP, SP とも 7g

- (5) 大 き さ 幅 100×高さ 75×奥行 33 cm  
(6) 重 さ 19.8 kg

## '64 年 度 三 菱 石 油 ス ト ー ブ 発 売

当社は '64 年度石油 ストーブ を昨年の 1 機種から、新たに研究改良を加え、新しく 4 機種を製作し発売することにした。

新製品は、技術的には最も安定しているといわれる心上下式を全機種に採用するとともに、二つのバーナを使用する 2 連バーナ式をファン付対流形に採用して、必要に応じて簡単に室温を調整するなど、新しい技術を取り入れてある。

### ■ 特 長

#### KA-102 形 (対流形)

- (1) 室全体を短時間で暖める対流形である。
- (2) すぐれた燃焼器とシンにより ブルーフレーム (青い炎) で完全燃焼する。
- (3) ストーブ 置台を一体にして重心を低く設計してあるので誤って傾けても容易に倒れない。
- (4) ツマミ を回すだけですぐ火力の調節、消火ができ、タイムラグ (時間の遅れ) がない。
- (5) ヤカンなどを置き、湯わかしができる。

#### KB-111 形 (反射形)

- (1) 室の片すみにおけるのでじゃまにならない。
- (2) すぐれた複筒式燃焼器と特殊処理のシンにより金網が赤熱され完全燃焼する。
- (3) 強い赤外線を多量に放射するのですぐに暖まる。
- (4) ストーブ と置台を固定させ、重心を低く設計してあるので、安全性がある。
- (5) 火力調節用 ツマミ を外側に出してあり、簡単に火力の調節、消火ができる。

#### KE-2501 形 (対流形 ファン付)

- (1) 発熱量は、3,400 kcal なので短時間で室全体を暖める。
- (2) 定評ある三菱 ファン (15 cm) が暖かさをまんべんなく行きわたらせる。
- (3) 2 連バーナ式なので片方を消して熱量 (室温) を調節できる。

- (4) ブルーフレーム (青い炎) で完全燃焼する。
- (5) キャビネット 式なので使用上も安全
- (6) 当社独特のワンタッチ式 レバー により、点火が容易で、火力の調節・消火も簡単。

#### KE-2701 形 (対流形 ファン付)

- (1) 5,000 kcal という大きな発熱量を持ち、家庭用としてはもちろん業務用としても最適である。
- (2) 対流を促進する三菱 ファン (20 cm) は押し ボタンスイッチで速度を切り換えて風量 (強、弱) を調節することができる。
- (3) 2 連バーナ式なので、片方を消して熱量 (室温) を調節できる。
- (4) ブルーフレーム (青い炎) で完全燃焼する。
- (5) キャビネット 式なので使用上も安全
- (6) 当社独特のワンタッチ式 レバー により、点火が容易で、火力の調節・消火も簡単。

### ■ 仕 様

形 名	KA-102 形	KB-111 形	KE-2501 形	KE-2701 形
形 式	心上下式 対流形	心上下式 反射形	心上下式 対流形ファン付	心上下式 対流形ファン付
大 小 寸 法 (cm)	高 さ	50	52	72
	幅 行	直径 36.5	52	64
重 量 (kg)	重 量	6.3	18.8	33
	タンク容量 (l)	4.6	6	9
一 時 間 当 り	連続燃焼時間 (h)	16	標準燃焼 15 最大燃焼 13	標準燃焼 15 最大燃焼 13
	灯油燃焼量 (l)	0.29	標準燃焼 0.34 最大燃焼 0.4	標準燃焼 0.5 最大燃焼 0.58
	燃料費 (円)	6.40	7~8	10~12
	発熱量 (kcal)	2,460	3,400	5,000
電動ファン		—	100V 25W 15cm	100V 25W 20cm
適室標準 (東京) (畳)		本造家屋 7 その他の家屋 10	本造家屋 9.5 その他の家屋 13.5	本造家屋 14 その他の家屋 20
付 属 品		ロート、シン 掃除具	ロート・シン 調整具、シン 出し棒	ロート・シン 掃除具
シンの大 小 (mm)		直径 75	直径 100	直径 75

備考: 1 時間あたりの燃料費は、灯油 18 リットル 400 円で計算



図 1 KA-102 形  
石油 ストーブ



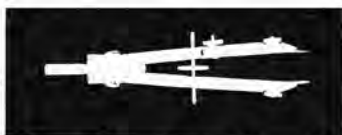
図 2 KB-111 形  
石油 ストーブ



図 3 KE-2501 形  
石油 ストーブ



図 4 KE-2701 形  
石油 ストーブ



## 換 気 扇

考案者 柘 植 恵・今 井 進

この考案は、車両の天井面に設置される換気扇に関するもので、車体の天井板と天井外板(2)間の通風ダクト(4)に送風機(3)を配設し、この送風機(3)と対向する天井板の換気窓(5)に、放射状の通風孔(7)を有する板金製保護ツク(6)を装着し、その輻部(8)を同一方向に偏向させて送風機(3)の吸気案内翼を形成したことに特長を有するものである。

この考案によれば、単一板をプレス加工することにより保護ツク(6)を簡単に製作することができ、また輻部(8)で形成された案内翼の作用によって換気効率を向上することができ換気量を増大することができるなどの効果がある。

実用新案登録第 574621 号 (藤田記)

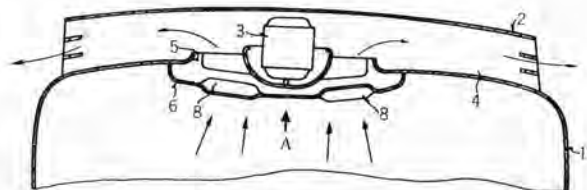


図 1

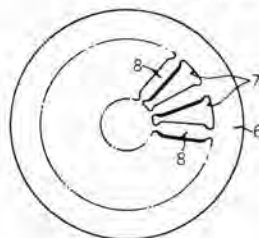


図 2

## 扇 風 機 付 ケ イ 光 灯

考案者 新 倉 宗 寿

実用新案登録第 575922 号 (藤田記)

この考案は天井よりつり下げる扇風機付ケイ光灯に関するもので、天井面よりつり下げた環状取付ツク(4)の下面に沿って環状ケイ光灯(6)をつるし、上記取付ツク(4)の上面に上記ケイ光灯とほぼ同心に扇風機(1)を着脱自在に取り付けたものである。

このように取付ツク(4)の上部に扇風機本体を、また下部にケイ光灯をつけることによりケイ光灯による照明と扇風機による涼風とが同時に得られ、また、送風効率がよく、構造が簡単で製作が容易であるなどの効果が得られる。

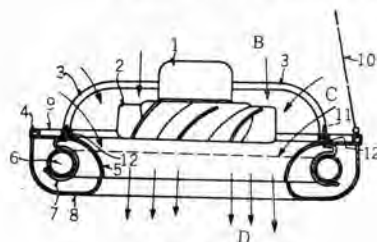


図 1

## 車 両 用 天 井 扇 取 付 装 置

考案者 金 井 孝 素

この考案は、振動が多くまた取付面が湾曲しているバス電車などの天井面に天井扇を首振自在に取り付ける天井扇取付装置に関するものである。

図に示すように天井扇(1)は、天井面にはって折曲げられた支持板(3)と、この支持板に定着された支持環(2)とにより支持されるのであるが、とくに、支持板(3)の枢軸(11)と、電動機ツク体(10)の軸受(9)間にボールベアリング(10)を介さうし電動機(1)を首振自在に支承した点に特長を有するものである。

実用新案登録第 701337 号 (藤田記)

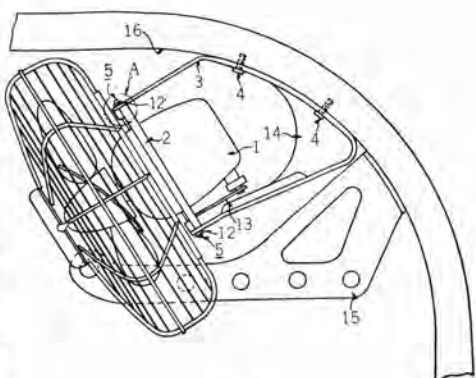


図 1

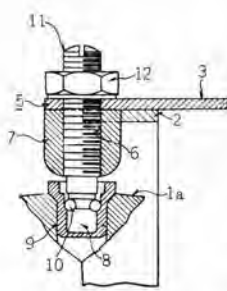


図 2



◆◆◆◆最近登録された実用新案◆◆◆◆

名 称	登 録 日	登 録 番 号	考 案 者
やぐら形電気たつたの電熱要素	38- 2-25	713176	東 邦弘・祖父江常雄
屋外灯カバーの取付装置	38- 2-25	713178	田中民雄・日山敬久
蓄熱電気あんか	38- 2-25	713180	加藤義明・野畑昭夫
保温器兼用温水器	38- 2-28	713525	高橋盛一・加藤義明
鉱液濃縮装置	38- 2-28	713526	高橋秀二・山下源一郎 柳下儀兵衛
湿式磁気選別機	38- 2-28	713528	河合 登・山下源一郎 柳下儀兵衛
2素子形積算電力計	38- 4- 4	583245	山 縣 稔
冷蔵庫トビウのビン類貯蔵装置	38- 4-11	715994	中村元男・橋本英彦
コード固着装置	38- 4-11	716002	内田武士・大竹 操
螢光放電灯口金	38- 4-11	716005	山本壮司・久保幸正
やぐら形電気たつた	38- 4-11	716006	穴沢 正・小島三男
静電気式空気清浄装置用集塵ユニット	38- 4-11	716008	酒井正侃・津寺 剛
積算電力計用電流コイル	38- 4-11	583441	山 縣 稔
足踏速度調節器	38- 4-11	583442	武藤 正
電気時計装置	38- 4-11	583443	武田克己・神本明雄
磁気連結装置	38- 4-11	583445	白井二実・平野重明
電気ガバナの運転装置	38- 4-11	583446	梅名茂男
電気ガバナの運転装置	38- 4-11	583447	梅名茂男
充電表示装置	38- 4-11	715449	平田 毅
電気溶接機の電源電圧補償装置	38- 4-11	715992	馬場利彦
電気ホイスの衝突防止装置	38- 4-11	715993	山 縣 満
電磁継電器	38- 4-11	715995	小原太郎
ブレーキ付モータブリー	38- 4-11	715996	安松靖彦・鬼木博愛
回路遮断器の引出し装置	38- 4-11	715997	勝田久登・竹内孝治
電気弁制御装置	38- 4-11	715998	馬場利彦
エスカレータの移動手摺駆動装置	38- 4-11	715999	武長 豊・榎本己敏
エレベータビラの数居	38- 4-11	716000	山田春男
内燃機関点火装置	38- 4-11	716001	三木隆雄
内燃機関点火装置	38- 4-11	716003	三木隆雄
内燃機関点火装置	38- 4-11	716004	三木隆雄
内燃機関点火装置	38- 4-11	716007	三木隆雄
冷蔵庫の開閉	38- 4-11	583441	木下忠男
吸排水装置付電気洗濯機	38- 4-11	583448	中田益実・守田秀一 吉田哲夫
静電磁気シャヘイケース	38- 4-18	583622	武居 明
チューナ切替装置	38- 4-18	583623	仁礼義信・杉山昌司 岩田綱二
チューナ切替装置	38- 4-18	583624	杉山昌司・岩田綱二
電気ルミネセント給電装置	38- 4-18	583627	山下博典・伊吹順章
クリーナ手さげ	38- 4-18	583621	武井久夫・祖父江常雄
安定器用E字形鉄心	38- 4-18	583625	山下源一郎・井上卓郎 秋元哲男
電気掃除機 (412007の新案変更)	38- 4-18	583626	武井久夫・加藤 哲
扇風機包装箱	38- 4-20	716510	新倉宗寿
換気扇正逆転スイッチシャッタ連動装置	38- 4-20	716511	入沢淳三
換気扇シャッタスイッチ連動装置	38- 4-20	716512	入沢淳三
電気ポット	38- 4-20	716513	加藤義明・野畑昭夫
磁気選別機	38- 4-20	716514	山下源一郎・柳下儀兵衛
磁気選別機	38- 4-20	716515	高島秀二・山下源一郎 加藤義明・柳下儀兵衛
円柱鉄心	38- 4-20	716516	伊藤公男・清水英範
スイッチブレード	38- 4-20	716517	新川成美
誘導円筒形継電器	38- 4-20	716518	北浦孝一
回転電機の端子座	38- 4-20	716519	杉山昌司
クワッチブレーキ装置	38- 4-20	716520	藤本博愛
電気ホイス	38- 4-20	716521	上原利夫
着火用磁石発電機	38- 4-20	716522	市川 和
二段操作開閉器	38- 4-20	716523	安見章造・坂恵典典
磁気増幅装置	38- 4-20	716524	大野栄一・山崎英雄
ブレーキ付モータブリー	38- 4-20	716525	安松靖彦・鬼木博愛
電動発電機制御装置	38- 4-20	716526	内藤雅夫
交流界磁回転型発電機	38- 4-20	716527	平田 毅

◆◆◆◆最近登録された特許◆◆◆◆

名 称	特 許 日	特 許 番 号	発 明 者
軸受装置	38- 4-16	405721	新倉宗寿
計算機用カードの穿孔機を連動するタイプライタ	38- 4-20	308144	久野尚武
チューナの遠隔切替装置	38- 4-20	308145	芝田正己・糸賀正己
パルス遅延正帰還回路装置	38- 4-20	308146	佐藤 晋・小林信三
自動充電スイッチ兼用定電圧調整装置	38- 4-20	308147	宮崎秀夫
内燃機関点火装置	38- 4-24	308207	三木隆雄
電流遮断装置	38- 4-24	308208	三木隆雄
積層管の製作法	38- 4-24	406178	長谷川謙三・小山二郎
非磁性間ゲキ鉄心	38- 4-25	406326	伊藤公男・清水英範 山内 敦
磁気連結装置	38- 4-25	406327	中村 弘・白井二実
電子管	38- 4-25	406328	菅田栄治・岡田武夫
距離継電装置	38- 4-25	406329	北浦孝一
有効分電流比較式表示線保護継電装置	38- 4-25	406330	北浦孝一
距離継電器	38- 4-25	406331	森 健
〃	38- 4-25	406332	〃
〃	38- 4-25	406333	〃
誘導電動機速度制御装置	38- 4-25	406334	吉田太郎・高岡明雄
直流電動機の制御装置	38- 4-25	406335	有働星一・富永隆弘
小形貨物運搬装置の制御装置	38- 4-25	406336	田中由男
超音波探傷機	38- 4-30	308925	西尾 治
開閉周波数の変動する電気回路の開閉装置	38- 4-30	308926	三木隆雄
列車速度検出方式	38- 4-30	308927	竜田直紀・松岡宜雄
内燃機関点火装置	38- 4-30	308928	三木隆雄
〃	38- 4-30	308929	〃
磁気増幅器	38- 4-30	406893	浜岡文夫
〃	38- 4-30	406894	浜岡文夫・山崎英雄
反限時動作形継電装置	38- 4-30	406895	森 健・寺田 真
相手端電圧補償式方向距離継電装置	38- 5- 4	407063	北浦孝一
パルス消滅により出力を得る装置	38- 5- 4	407064	北浦孝一
地絡継電器	38- 5- 4	407065	藤井重夫
一線地絡検出装置	38- 5- 4	407066	北浦孝一・吉谷昭雄
〃	38- 5- 4	407067	北浦孝一・吉谷昭雄
エレベータ	38- 5- 9	407179	新垣光正
搬送保護継電方式	38- 5- 9	407189	北浦孝一
極数変換形单相電動機	38- 5-17	309328	梶谷定之
高インピーダンス接地系統の地絡距離継電装置	38- 5-17	407455	三上一郎
磁気増幅装置を用いた直流電動機制御装置	38- 5-17	407466	北岡 隆
遅延動作継電器	38- 5-17	407467	吉田太郎・酒井靖夫
電流量検出装置	38- 5-27	407606	北浦孝一
放電加工装置	38- 6-11	309621	斎藤長男・貞綱 明
放電加工方式	38- 6-11	309622	馬場文夫
プログラム設定器	38- 6-11	309623	岡本孝治
連続圧延機の制御装置	38- 6-13	408047	細野 勇
移相回路	38- 6-13	408083	玉真哲雄
樹脂積層品の製造方法	38- 6-13	408085	小山二郎
負荷時タップ切替装置	38- 6-13	408086	米沢輝雄
エレベータ制御装置	38- 6-13	408087	白村義郎・金野武司 船野光正
单相再閉路用零相リアクトル	38- 6-13	408088	馬場準一・森本英男
方向距離継電装置	38- 6-13	408089	北浦孝一
異相地絡判別距離継電装置	38- 6-13	408090	三上一郎
直接々地系統の短絡両用方向距離継電装置	38- 6-13	408091	三上一郎
地絡相選択継電装置	38- 6-13	408092	北浦孝一
多相用インピーダンス平衡継電器	38- 6-13	408093	三上一郎
地絡保護継電装置	38- 6-13	408094	藤井重夫
通風機可動羽根の軸受装置	38- 6-13	408095	橋本幸雄
燃料切替装置	38- 6-13	408096	市川 和
電気車用過電流継電器	38- 6-13	408097	三橋英一

エレベータ特集

- 超高層用三菱 シンクログライド 高速度 エレベータ
- エレベータ を利用した駐車装置
- セレクトラフパーチャルコンペヤ
- ローウエイ の リアフトル 制御
- ダイオードトランジスタ NOR-OR 素子
- 列車無線用 400 Mc 帯高利得 コーナリフレクタアンテナ
- 三菱 ステレオ
- 多域帯共用見透し外通信大口径 パラボラアンテナ
- MHID 発電装置の設計に関する一考察
- 工作機の ショーケンプログラムコントロール
- 麻生産業吉限第一立坑の機械設備
- 麻生産業吉限第一立坑の電気設備
- 600 kW 交流立抗の巻上機の自動制御
- ガス 拡散電極の電位立上りおよび減衰特性
- 最近の送電線保護継電装置
- 技術解説: 高周波誘導加熱装置 (IV) (2)

三菱電機技報編集委員会

委員長 小倉弘毅  
副委員長 宗村平  
常任委員 明石精二  
" 安藤寛孝  
" 河合武彦  
" 小堀富次雄  
" 篠崎善助  
" 高井得一郎  
" 中野光雄  
" 馬場文夫  
" 宮内圭次  
" 山田栄一  
委員 岩原二郎  
" 片岡高示  
" 榎本俊弥  
" 堀真幸  
" 向井徳樹  
(以上 50 音順)

昭和 38 年 10 月 22 日印刷 昭和 38 年 10 月 25 日発行  
「禁無断転載」 定価 1 部 金 100 円 (送料別)

編集兼発行人

東京都千代田区丸の内 2 丁目 12 番地 小倉弘毅

印刷所

東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 大日本印刷株式会社

印刷者

東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 高橋武夫

発行人

三菱電機株式会社内「三菱電機技報社」  
東京都千代田区丸の内 2 丁目 12 番地 (三菱電機ビル内)  
(電) 東京 (212) 大代表 6111

発売元

東京都千代田区神田錦町 3 の 1 株式会社オーム社書店  
電話 (291) 0915・0916 振替東京 20018

本社 営業所 研究所 製作所 工場 所在地

本 社	東京都千代田区丸の内 2 丁目 12 番地 (三菱電機ビル内) (電) 東京 (212) 大代表 6111
東京商品営業所	東京都千代田区丸の内 2 丁目 12 番地 (三菱電機ビル内) (電) 東京 (212) 大代表 6111
大阪営業所	大阪市北区堂島北町 8 番地 1 (電) 大阪 (312) 大代表 1231
大阪商品営業所	大阪市北区堂島北町 8 番地 1 (電) 大阪 (312) 大代表 1231
名古屋営業所	名古屋市中区広小路通り 2 の 4 (電) 本局 (23) 大代表 6231
" 商品部	名古屋市中村区広井町 3 丁目 88 番地 (大名古屋ビル内) (電) 名古屋 (56) 大代表 (5311)
福岡営業所	福岡市天神町 58 番地 (天神ビル内) (電) 福岡 (75) 代表 6231
札幌営業所	札幌市北二条西 4 丁目 1 番地 (北海道ビル内) (電) 札幌 (6) 大代表 9111
仙台営業所	仙台市大町 4 丁目 175 番地 (新仙台ビル内) (電) 仙台 (22) 代表 6101
富山営業所	富山市総曲輪 490 の 3 (明治生命館内) (電) 富山 (3) 代表 3151
広島営業所	広島市八丁堀 63 番地 (昭和ビル内) (電) 広島 (21) 4411~8
高松営業所	高松市寿町 1 丁目 4 番地 (第一生命ビル内) (電) 高松 (2) 代表 5021・4416 (直通)
北九州出張所	北九州市小倉区京町 10 丁目 281 番地 (電) 小倉 (52) 8234
静岡出張所	静岡市七間町 9 番地 10 (電) 静岡 (53) 代表 9186
岡山出張所	岡山市上石井 174 番地 (岡山会館 4 階) (電) 岡山 (4) 0331~2
長崎出張所	長崎市江戸町 30 (電) (2) 0293
金沢出張所	金沢市田丸町 55 番地 1 (電) 金沢 (3) 6213
研 究 所	尼崎市南清水字中野 80 番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
商品研究所	鎌倉市大船 782 番地 (電) 大船 (6) 代表 3131
神戸製作所	神戸市兵庫区和田崎町 3 丁目 (電) 兵庫 (67) 代表 5041
伊丹製作所	尼崎市南清水字中野 80 番地 (電) 大阪 (481) 8021 伊丹局 代表 2481
長崎製作所	長崎市平戸小屋町 122 番地 (電) 長崎 (3) 代表 3101
名古屋製作所	名古屋市中区矢田町 18 丁目 1 番地 (電) 名古屋 (73) 代表 1531
福岡製作所	福岡市今宿青木 690 番地 (電) 福岡 (88) 代表 0431
福山製作所	福山市沖野上町 6 丁目 709 番地 (電) 福山 (2) 代表 2800
姫路製作所	姫路市千代田町 840 番地 (電) 姫路 (23) 大代表 1251
相模製作所	相模原市小山字久保 224 の 224 (電) 相模原 (0427) - (7) 代表 3231・3241
静岡製作所	静岡市小鹿 110 番地 (電) 静岡 (85) 大代表 1111
中津川製作所	中津川市駒場 928 番地 2 (電) 中津川 2121~8
和歌山製作所	和歌山市岡町 91 番地 (電) 和歌山 (3) 代表 1275
大船製作所	鎌倉市大船 800 番地 (電) 鎌倉 (6) 代表 2121
郡山製作所	郡山市字境橋町 1 番地 (電) 郡山 (2) 1220~122
群馬製作所	群馬県新田郡尾島町大字岩松 800 番地 (電) 尾島 270 番 太田 代表 4311 番
無線線製作所	尼崎市南清水字中野 80 番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
北伊丹製作所	伊丹市大鹿字主ヶ池 1 番地 (電) 伊丹 大代表 5131
鎌倉製作所	鎌倉市上町屋 325 番地 (電) 鎌倉 (6) 大代表 6171
京都製作所	京都府乙訓郡長岡町大字馬場小字岡所 1 (電) 京都 (92) 代表 1141
鎌倉製作所	名古屋市中区矢田町 18 丁目 1 番地 (電) 名古屋 (73) 代表 1531
札幌修理工場	札幌市北二条東 12 丁目 98 番地 (電) 札幌 (2) 3976



# 最近の照明施設( 2 )



東武会館スケートリンク (東京)

低温でも光度減衰の少ない高出力 ケイ 光灯 110 W×240 灯を天井面の稜線に沿って X 形に配置し、その中心にそれぞれ電球を 100 W×60 灯 アクセントライト として配している。床面積 1,540 m<sup>2</sup>、光源の高さ 6.5 m で リング 上 370~400 lx の高照度でむらのない照明が得られた。



リキスポーツパレス (東京)

フロレスリング 上に ランプバンク を組み、水銀 ランプ 400 W×12 灯 および 1 kW×24 灯 が取り付けられている。光源の高さ 1.0 m のとき リング 中央で 1,800 lx、バンク は昇降可能の構造となっている。



翠芳園玄関ホール (名古屋)

ホテル の玄関 ホール にふさわしいなごやかなふんい気をもつ場所、回り階段付近と空間の構成として天井からつり下げられた、ケイ 光灯の シャンデリア 風の照明と 2 階の変化に富んだ照明である。玄関 ホール の床面の平均照度は 100 lx。



日活ホテル (小倉)

大宴会場の間接照明として ケイ 光灯 40 W と電球による ダウンライト との組み合わせである。ケイ 光灯の光色は白、赤、青、黄の各色に調光装置により自動的に セット され会場のふんい気を変化させることができる。



ムービング・シート (東京)

ムービング・シート は画面の一部に移動感を与えるための偏光材料で、広告・展示・教育・説明などに利用される。写真は各種の ムービング・シート の内の 1 枚で、白黒用に位相差膜を加えてカラー に変換してある。同類のものは三菱 スカイリング に展示してある。



「未来の家」電気ルミネセンス板によるモデルハウス (東京)

東京・高島屋で開催された「台所から生れた生活展」に出品された「未来の家」の ミニチュアセット の応接室および寝室には電気 ルミネセンス 板 10 cm×10 cm の緑色および青緑色の板が 144 枚取り付けられた。

