

*MITSUBISHI DENKI*

# 三菱電機

照 明 特 集



東京 読売会館内読売ホール

9

VOL31 1957





ホノルル・ガス器具会社のビル  
(ハワイ・ホノルル)

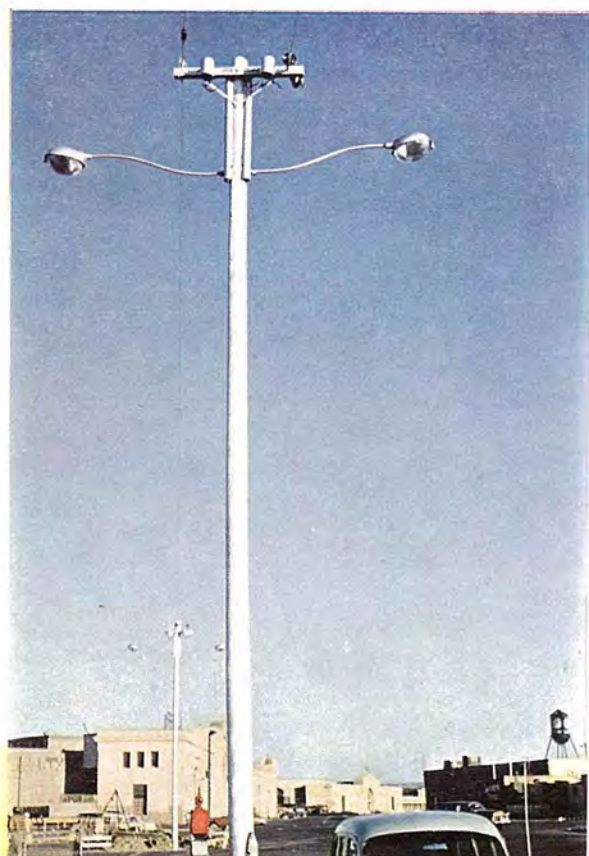
1階は吹抜部分に陳列所を備えた営業室である。照明器具は蛍光灯 96" T-12×6 燈用ルーバ付器具を営業室は2連直付取付し、陳列所は同器具3連直付のほか、白熱電球によるダウンライト併用、水平面平均照度は大体 1,000～1,500 lx である。室内の色彩も調和のとれたものとなっていた。

## 最近の 米国照明施設

高圧水銀燈による街路燈

(サンフランシスコの漁師波止場にて)

大通り、ハイウェイにおける街路燈としての高圧水銀燈の普及は目覚ましい。ほとんどが 400 W の高圧水銀燈で1燈または2燈用がその標準型である。高さ約 10 m の柱より左右に約 2.5 m 突き出したガラスカバー付の燈具である。



家庭照明のモデルルーム

(ボストン・エジソン電力会社)

理想的な家庭照明を模したモデル・ルームで、天井より吊り下げられた白熱電球による照明器具、サイド・テーブルには大形のスタンドを置き、蛍光灯は間接照明として梁の裏側、カーテン支えの上部に入れて家庭の和やかな雰囲気感を重要視した照明。電力会社では居間応接間などにも、このような蛍光灯による間接照明を盛んに推奨している。

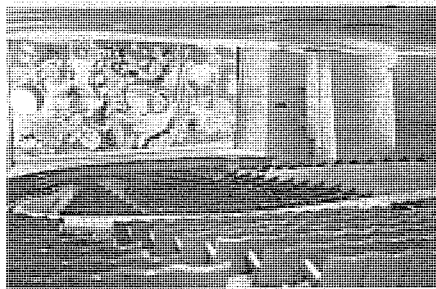


キャンディ・ストアー(サンフランシスコ)

バックレス・ショーウィンドウ構成の近代的な店。ショーウィンドウの照明として天井に半細径プラスチックカバー付蛍光灯 96" T-12×4 燈用器具のほか、白熱電球によるアクセントライト 11 個を天井より低く下げて商品を高照度で照明している。店内は、蛍光灯 96" T-12×4 燈用下面露出型直付器具で両端板には反射型投光電球をとりつけスポットライトとして使用しているのも特長の1つである。ショーウィンドウの平均照度も 2,000 lx 位はある。店内は約 800～1,000 lx と思われる。







## 表紙説明

本年6月に完成した東京有楽町の読売会館内7,8階にある読売ホールのお客様であります。大きく起伏した壁面にはガラスのユニークなモザイクタイルが一面にはりつけられ豪華な感じを出しております。壁上部はコーブとなって蛍光灯が入れてあり調光が行なわれます。当社で納入したこの蛍光灯調光装置の実施結果はきわめて好成績で観客の好評を博しております。詳細は本誌27ページ「蛍光灯調光装置」を参照願います。

## 三菱電機株式会社

### 本社

東京都千代田区丸の内(東京ビル)

(電) 和田倉(20)代表 1631・2331

研究所 兵庫県尼崎市南清水

神戸製作所 神戸市兵庫区和田崎町

名古屋製作所 名古屋市東区矢田町

伊丹製作所 兵庫県尼崎市南清水

長崎製作所 長崎市平戸小屋町

無線機製作所 兵庫県尼崎市南清水

大船工場 神奈川県鎌倉市大船

世田谷工場 東京都世田谷区池尻町

郡山工場 福島県郡山市宇境橋町

福山工場 福山市仲野上町

姫路工場 兵庫県姫路市千代田町

和歌山工場 和歌山市岡町

中津川工場 岐阜県中津市駒場安森

福岡工場 福岡市今宿青木

静岡工場 静岡市小鹿 110

札幌修理工場 札幌市北二条東 12

大阪営業所 大阪府北区堂島北町8番地1

(電) 大阪(34)代表 5251

名古屋営業所 名古屋市中区広小路通

(電) 本局(23)代表 6231

福岡営業所 福岡市天神町

(電) 中(4) 7031-7036

札幌営業所 札幌市大通西3の5

(電) 札幌(2)代表 7236

仙台営業所 仙台市東一番丁 63

(電) 仙台(2)代表 6101

富山営業所 富山市安住町23の2

(電) 富山 4692・5273・2550

広島営業所 広島市袋町6(富国生命ビル)

(電) 中(2) 2211-4

高松出張所 高松市紺屋町34番地

(電) 高松 3178・3250

小倉出張所 小倉市京町10丁目(五十鈴ビル)

(電) (5) 小倉 3614

# MITSUBISHI DENKI

# 三菱電機

昭和32年第31巻第9号

(照明特集)

## 目次

巻頭言	常務取締役 岸本久雄	2
けい光放電燈の品質	内田幸夫	3
ラピッド型けい光燈の起動——起動補助装置の効果	竹田俊幸・山下博典	6
高出力ラピッドスタート蛍光ランプ	久保幸正・村井直道	11
内壁に導電性薄膜を有するけい光ランプの光出力	山下博典・竹田俊幸	17
蛍光水銀燈用硫酸マグネシウム・リチウム：マンガン蛍光体	立原芳彦・秦卓也・栗津健三	22
蛍光燈調光装置	東昇	27
照明用拡散性材料の光学的特性	上川忠夫・八島英之・安東滋	31
船舶照明の蛍光燈	佐々木武敏	37
街路照明	吾郷侃二	44
蛍光健康ランプの光化学反応への応用——アルデヒドの光化学的酸化反応による脂肪酸の製造	下村国夫・根岸喜代美・丹羽英之・栗津健三	48
高圧水銀燈	小椋義正	53
新しい投光照明	佐々木武敏	60
最近の照明施設	山下源一郎・小笠原善丸	64

### 技術解説

最近の米国照明施設の展望(1)	小堀富次雄	69
通信線に発生する誘導雑音(II)	安藤安二	80

### W 社文献抄訳

つぎに来るべき光源——電気ルミネセンス、水銀燈照明新分野に登場、電気ルミネセンス、負荷を自動的に測定する方法、積算電力計に関する News、加圧水型原子炉における放射性物質の制御、 SHIPPINGPORT 原子力発電所廃棄物処理の構造、特殊電子管製造技術の進歩、負荷遮断カットアウト……88~92

### ニュースフラッシュ

国際見本市におけるウ社出品電気ルミネセンス、富士製鉄室蘭向 6,000 馬力圧延電動機完成、関西電力枚方変電所向 287.5 kV 節油タンク型遮断器、電鉄界最初の「トレーラ」式移動変電所が出現、最近設備を誇る小形電動機工場完成、工場完成した台湾電力滝洞発電所向 62,000 kVA/54,000 kVA 横軸ペルトン水車発電機、小形熱遅延リレー真空管……93~95

最近登録された当社の特許および実用新案	96
---------------------	----

## 品質奉仕の三菱電機

## 巻 頭 言

常務取締役 岸 本 久 雄



近年地方に旅行した際、僻地の町や村でも意外に蛍光灯が普及しているのに驚かされた。日本の国民性として新しいものに敏感であり、積極性を持っており、他面日本の家屋の構造が比較的簡単に電気工事が施工できるなどといったことが、蛍光灯の発達を盛んならしたものと考えられる。最近新築されるビルディングや、工場などで照明に蛍光灯あるいは水銀灯を使用しない建物はほとんどあるまい。ずいぶん蛍光灯が進出して白熱電球を駆逐しているようであるがどうか。

日航機で東京都の夜景を見下した場合、家々街々の明りは赤一色に塗り込められて、燃ゆるがごとき光の海である。がしかし蛍光灯の青白い光はまったく眼につかない。蛍光灯は案外使われていないのに気がつく。

白熱電球の昨年の生産量は1億6千万余个であるのに対し、蛍光灯は約2,200万本である。比率にして約14%である。30年の生産量は1,580万本で、両者の比率は11%である。アメリカの場合は8%見当であって、わが国に比べて使用率がやや低いようである。それにしてもわが国の蛍光灯の年々の躍進は目覚ましいものである。

当社が蛍光灯の生産を計画したのは、戦前のことであった。伊丹製作所に隣接する研究所で着手したが間もなく戦時の資材不足など種々の隘路に妨げられて、製品を完成するところまでには行かぬ中に終戦となってしまう。戦後23年に再び開発に着手し、24年よりまず20Wランプを市場に出すようになった。当時は食糧増産の声の高い時代であり、ランプの技術もまだ未熟であって主として誘蛾燈に用いられた。間もな

く大阪大丸デパートさんの改装に当って、当時としては新機軸の蛍光灯照明が採用され、当社品がその性能を発揮したものである。

25年11月には40Wランプも生産されるようになり、28年には米国Westinghouse電機会社を通じてアメリカ式生産方法により、本格的生産の軌道を走るようになった。爾來順調の発展を遂げて今日の活況を呈するに至ったのである。

25年20Wランプ売出し当時の販売価格は600円であったが、漸次原価の低減に努力して現在価格は300円という半額にまで切り詰められた。また性能の点では25年当時40Wランプがわずか2,100ルーメンであったものが、技術的研究と改良を重ねて、漸次安定度の高いランプにすることができた。演色性、雑音防止、フリッカリング等々の難問題も逐次解決されてきた。ランプの明るさも現在では2,900ルーメンに達している。過去10年たらずの間を回顧して見るに、性能の発達は隔世の感がある。が、まだまだ照明用ランプとしての蛍光灯には、操作上、使用上白熱電球と比較して改良の要望される点がいろいろある。電圧、サイクル、湿気等に対してデリケートであり過ぎる。今少しく強靱な抵抗性の強いランプであることが望まれる。演色性の問題にしても、一応解決されて優秀なる効果をあげているが、用途によってはなお各種の色合いに適合するランプが希望される。

当社の技術者、研究員は一層優秀なランプを製造するために工夫を重ねているから、ランプの発達はつぎの10年間にはどこまで進歩して行くか期待される。性能の優れた各種型式のランプを、低廉に市場に提供するのわが社の念願とするところである。



# けい光放電燈の品質

関西電力株式会社 工務室担当支配人  
照明学会前副会長

内 田 幸 夫

## Quality of Fluorescent Lamps

The Kansai Electric Power Company Incorporated. Yukio UCHIDA

The fluorescent lamp has made a marked development for the utilization in various fields in Japan. Its diffusion into home life as well as offices and stores is well compared with any other countries. The production of fluorescent lamps has reached 14% of the total out-turn of lights in this country, the rate being the world highest with a promise of further increase. The public, however, pay little attention to the quality of the lamp and regard any products in the market almost the same in spite of wide difference in their performance. The writer aims to teach public how to distinguish excellent lamps from poor ones so that it will help elevate their quality eventually.

### 1. ま え が き

わが国におけるけい光放電燈の利用は、商店、事務所というまでもなく、工場、家庭にわたって、その利用方面の広さはアメリカ、ヨーロッパ以上であるといわれ、現在、年産 2,200 万本に達し、一般照明用電球 1 億 6000 万個の約 14% で、世界最高の普及比率であり、製造会社の数は十指にあまる。

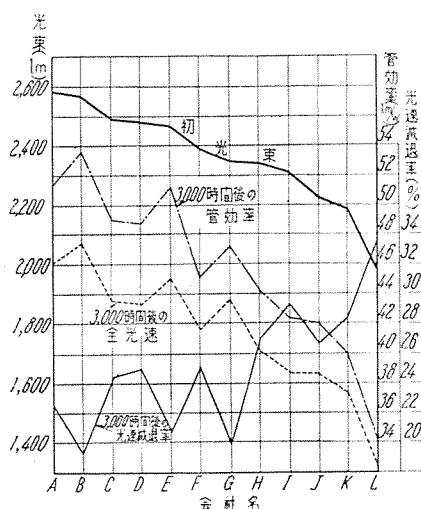
けい光放電燈による照明方法はかなり改善せられてきたが、けい光放電燈そのものについての関心は、まだ十分でない。いちがいにはけい光放電燈といっても、各製造会社によって品質、性能にそうとうの開きがあるが、白熱電球と違って、一般の人々にはその良否がなかなか判別しにくいことも原因の 1 つであろう。ことに、天然色型といわれて、演色性が問題にされているけい光放電燈になると、その評価はまったく容易でない。それこそ製造会社の品質宣伝をうのみにするほかないのが実情であろう。けい光放電燈にはピンからキリまでであることの認識を深くしていただく意味において、ここに各製造会社のけい光放電燈について試験された結果をあげて、一般の利用方面の参考に供した次第である。ただし、試験記録は昭和 31 年 4 月のものであること、製造者名はとくに A, B, C, ……., L というとき名にしたことを断っておく。A, B, C, D, E, G はこの試験に合格した会社である。

### 2. 特性の比較

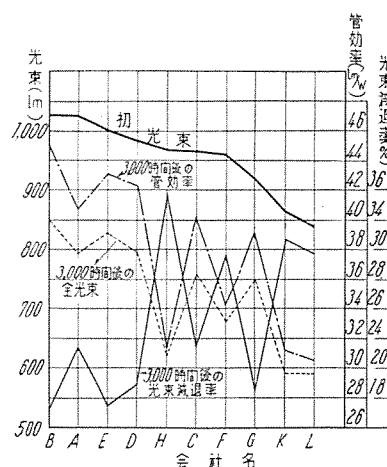
1 図は 40 W 白色けい光放電燈の初光束と、3,000 時間点燈（規格寿命）後における全光束、光束減退率、および管効率についての試験結果である。

初光束については A 会社の最高 2,585 lm から L 会社の最低 1,977 lm まであり、608 lm (23%) の開きがある。また、初光束が多いからといって、必ずしも規格寿命後の全光束も多いとは限らないので、初光束曲線と 3,000 時間点燈後の全光束曲線との間の高さが、光束の減り方の相違であって、その傾向は光束減退率曲線によっても知られる。光束減退率の最小は 19.3% (B 会社) で、最大は 33.4% (L 会社) である。

2 図は 20 W 白色けい光放電燈についての結果であっ

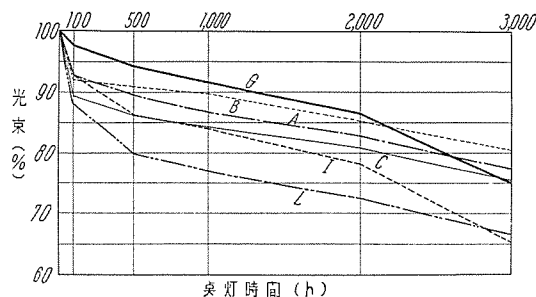


1 図 40 W 白色けい光放電燈の特性の比較  
Fig. 1. Comparison of characteristics among various make of 40 W white fluorescent lamps.



2 図 20 W 白色けい光放電燈の特性の比較  
Fig. 2. Comparison of characteristics among various make of 20 W white fluorescent lamps.





3 図 40 W 白色けい光放電燈の働程の比較  
Fig. 3. Comparison of performance of 40 W white fluorescent lamps.

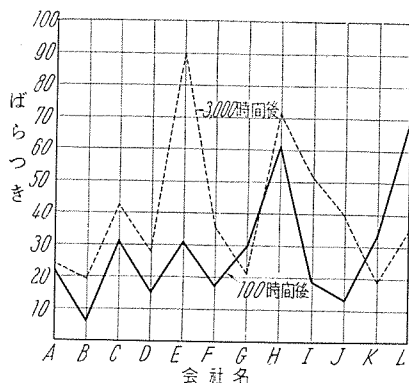
て、初光束の最高は B 会社の 1,026 lm, 最低は L 会社の 843 lm で 18% の差があり、光束減退率は 17.3% (B 会社) から 35.8% (H 会社) の範囲にある。

管効率は時間とともに低下するもので、その低下特性は

$$L_0 - L_T = A(1 - e^{-at}) + B(1 - e^{-bt}) + C(1 - e^{-ct})$$

で表われるが、ここに  $L_0$  と  $L_T$  はそれぞれ初効率と  $T$  時間点燈後の効率 (lm/W),  $A, B, C$  は効率を示す量,  $a, b, c$  は定数である。この式の第 1 項はけい光物質と水銀または他の残留不純ガスに原因するもの、第 2 項はけい光物質とガラス管からの析出物によって生じ、第 3 項はけい光物質自体の輝度低下に原因するものである。したがって、初特性が良くても、けい光物質の品質、製造工程が不良であると、点燈後の管効率が悪くなる。事実その例が少くない。そのため実用的見地からの品質検定の方法として、1 図および 2 図に、3,000 時間点燈後の管効率曲線をあげたものであるが、40 W では最高 53.6 lm/W (B 会社) から最低 34.1 lm/W (L 会社) までの相違があり、20 W では 45 lm/W (B 会社) から 31.2 lm/W (L 会社) である。

ちなみに、上位級の管の初効率は 40 W で 65~60 lm/W, 20 W で 50~45 lm/W で、3,000 時間後の管効率はそれぞれ約 25~17%, または約 20~10% の低下を示している。



4 図 40 W 白色けい光放電燈のバラツキの比較

Fig. 4. Comparison of unevenness of 40 W white fluorescent lamps.

### 3. 働 程

けい光放電燈の働程曲線の標準は、100 時間点燈で大きな減衰があって約 10~15% 暗くなり、そのまま安定し、以後徐々に暗くなっていく経過をとるものである。

3 図は 40 W 白色けい光放電燈の働程曲線の良い例と、悪い例を示したものである。A, B 会社のものは標準に近く、I, L 会社のものは減衰が大きく、悪い方の例に属する。

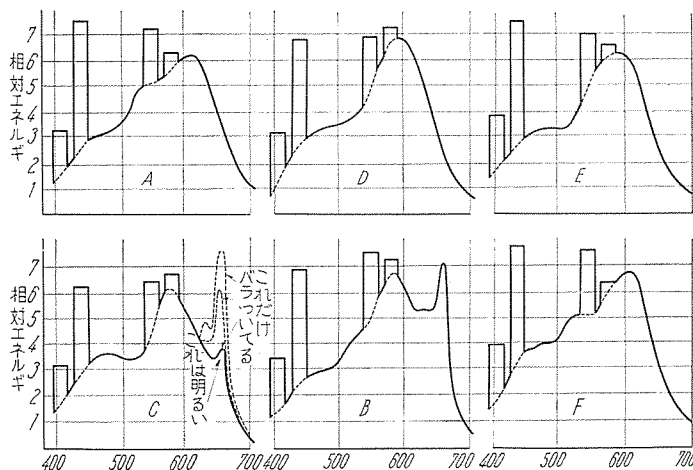
なお、各社の製造技術は年一年と飛躍的に向上しつつあって、有効寿命 (初光束の 60% になるまでの時間) は最近では十分規格 (3,000 時間) を上回る成績を示し、上位級のものでは規格寿命の倍の 6,000 時間に達するものと推定され、放電不能にいたるまでの時間は 10,000 時間を越えている。しかし会社によっては、規格寿命に至らずして放電不能になるものもあることに注意することである。

### 4. バ ラ ツ キ

けい光放電燈の操作は、できるだけ単一化された自動機械によって行われ、職人的熟練に頼ることはできるだけ避けられている。したがって、製品の品質は機械の調整が完全になされている限り、そろったものができるはずであるから、製品全体としての集団の品質を考える必要がある。

集団としての品質の良否は、特性が均一であるかどうか、すなわちバラツキが大きい小さいか、また特性の平均値が規格の中心付近にあるか、その左右いずれに偏っているかなどの判断によってきめられるものであるが、バラツキは品質の均一性にあわせて、実際に各社で行われている品質管理状況を見る上に、欠くことのない要素である。

4 図は 40 W 白色けい光放電燈のバラツキの比較であ



5 図 デラックス冷白色けい光放電燈 (天然白色) のスペクトルエネルギー分布曲線

Fig. 5. Spectrum energy distribution curves of de-luxe fluorescent lamps.



るが、これによると各社の特性の均一性がよくわかり、100 時間点燈後では B 会社のものがもっともバラツキが少く、H 会社はもっとも悪く、100 時間点燈しても、3,000 時間点燈してもバラツキの変らない A 会社のようなものもある。E 会社のものは 3,000 時間点燈後ではほとんどバラツキしている。

## 5. 演 色 性

デラックス冷白色けい光放電燈（天然白色）は白色けい光物質に、波長  $6,000 \text{ \AA}$  以上にエネルギーを多くもつ深赤色けい光物質を添加して、けい光放電燈の深赤色部の欠陥を補って、演色性をよくしたものであるが、点燈中に演色性がくずれないこと、明るさが十分に維持され、しかも演色性が劣化しないことが要件である。けい光物質が不安定で、混合されているけい光物質のどの 1 つが弱くても、点燈中に色ずれがして演色性がくずれ、その色ずれもけい光物質が各種各様であるため、方向が一定しない。

5 図はデラックス冷白色けい光放電燈（天然白色）のスペクトル・エネルギー分布曲線の代表的な 2, 3 について比較したものであるが、各社の分布曲線はほとんど一致していない。このことはデラックス冷白色けい光放電燈（天然白色）といっても、厳密には各社ごとに演色性が一様でないことを示している。ここに演色性の良否がある。

A は比較的なだらかな凹凸のないスペクトル・エネルギー分布曲線であるが、極大値が赤色部（波長  $6,100 \text{ \AA}$ ）にあるから、深赤色部に対する演色性にいくらか難点がある。総合の演色性は悪くない。

B は深赤色部にエネルギーをもたして、スペクトル・エネルギー分布曲線にひじょうに尖った山をもっているから、深赤色部にたいする演色性はよいが、中間部の色調にたいして思わしくない点がある。このような種類のものでは、深赤色部の劣化が早いと、管が次第に青くなり、それだけ赤色部にたいする演色性が劣化していく。

C は B に似たスペクトル・エネルギー分布曲線のものであるが、バラツキがあつて、深赤色部を比較的によくもつものと、わずかしかもたないものがあることを示している。すなわち深赤色部の演色性のよいものと、悪いものがあるというわけである。このような場合、深赤色部の劣化がはげしければ、最初に赤色部の演色性のよいものは、早く青い方に色ずれするし、演色性の悪いものでは、色ずれの少いことは当然であるが、これは論外のことである。赤以外の演色性も、みどりを除いて難点がある。

E のように天然色型というより、白色けい光放電燈にいささか赤を加えた程度のもものは、演色性が悪く、天然色型とはいいいにくい。

このほか、青や緑色部分の劣化がはげしくて、急速に赤くなって、中間色にたいする演色性の悪くなるもの、赤色部とともに青色部の劣化も多くて、見かけの色ずれは目立たないが、最初の総合演色性からはなはだしく劣化するものがある。

深赤色部は視感度が悪いから、同じエネルギーであつても、明るさが小さくなるので、最初の演色性を良くすると明るさが暗くなり、明るくすると演色性が悪くなるというものであるから、各社によって天然色型けい光放電燈の初光束に、そうとうの違いのあることに注意しなければならない。また、照明に使用する以上、明るさの働程についても考慮を払わなければならないが、これらの事項についての比較は、ここでは触れない。

## 6. む す び

以上によって、けい光放電燈の品質、演色性などが、各製造会社によって格段の相違のあることが明らかにされたと思うが、簡単に品質の良否を鑑別する方法をもたない一般のけい光放電燈利用者は、結局は、名のある一流製造会社の製品を選ぶのが、もっとも賢明な方法であるという、きわめて当然すぎる結論をもって、この稿を終る。



# ラピッド型けい光燈の起動—起動補助装置の効果

研 究 所 竹 田 俊 幸\*・山 下 博 典\*\*

## Starting of Rapid Type Fluorescent Lamps —Effects of Starting Aids

Engineering Laboratory Toshiyuki TAKEDA・Hirosuke YAMASHITA

Recent development of "rapid starting system" of fluorescent lamps has made a great contribution to the illuminating engineering with a number of distinctive features. In designing this system, however, absence of transient inductive kick-voltage in the start brings about another problem to overcome. Of them thorough knowledge of starting voltage is the most vital and every possible means must be worked out to lower it. Various starting aids are the next key to be successful in this system, of which very few information has been available so far. The writer's experiment on the matter is dealt with herein so as to serve as a guide to persons equally interested in.

### 1. ま え が き

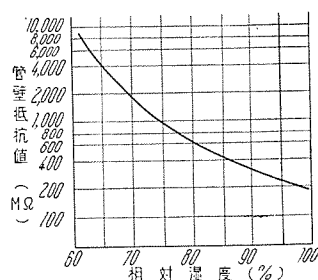
グロースタータ方式の長所を保有し、しかもその欠点を除去するけい光燈点燈方式として、ラピッド型方式が近年大いに進出してきた。その概要については、すでに本誌<sup>(1)</sup>にも記したし、他の文献<sup>(2)</sup>にも出ているので省略し、ここでは、本方式において、もっとも問題となる起動の点のみを扱うこととする。ラピッド方式では、起動に際し、グロースタータ方式におけるような過渡的な高いキック電圧を発生しないので、確実な起動電圧を把握することが必要であり、かつまた、できるだけ起動電圧を低下させる方策を考えることは、点燈器価格を低減させる上に必要なことである。そもそも、けい光燈の起動電圧は、非常にバラツキが多く、起動特性を正しく把握することは、なかなかむずかしい。それはけい光燈の起動電圧が内外の条件によって影響を受けるからで、温度・湿度・管壁の電気抵抗値・近接導体・エージングの程度(ランプの新旧)等により変化することが知られている。

また、起動電圧の低下と安定化のために、種々の起動補助装置が考えられているが<sup>(1)~(4)</sup>、その効果については、比較的簡単に扱われ、定量的な考察に資する詳細なデータがきわめて少い。筆者らは多くの起動補助装置のうち現在主として用いられているものについて一連の実験を行ったのでその結果を中心として、けい光燈の起動特性の一端をのべることにする。

### 2. 湿度と起動電圧

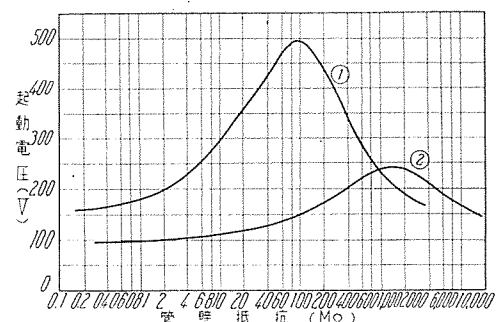
湿度によってランプの起動電圧

が変化するのは、湿度が上昇するにつれてバルブ外面の電気抵抗値が低下し、一種の導電性膜を形成して起動時の電界に変化を与えるためと考えられる。湿度とバルブ外壁抵抗値との関係を示すと、48" T-12 バルブに対し1図のようになる。すなわち低湿度時において  $10^6 \text{ M}\Omega$  以上のバルブ抵抗が高湿度時では  $100 \text{ M}\Omega$  近くに低下する。一方管壁抵抗値と起動電圧との関係を調べるために、塩化錫系統のいわゆる電導ガラスと称せられるものをバルブ外壁に焼きつけて、種々の抵抗値のランプを作成し起動電圧を測定すると2図のようになる(ただし近接導体接地の場合)。図には 48" T-12 ランプと 12" T-12 ランプの両者について示し、12" T-12 ランプの管壁抵抗値は 48" の長さに対して換算してある(すなわち 12" バルブの実際の抵抗値を 4 倍してある)。ここで注意を要するのは、48" と 12" とで起動電圧が最高になるときの管壁抵抗値が異なっていることである。これは、ランプの長さにより湿度の起動電圧に及ぼす影響が相違することを示すもので、1図、2図を比較して見ればわかるように、48" T-12 ランプでは湿度が高いほど起動電圧



1図 相対湿度と管壁抵抗値の関係 (48" T-12)

Fig. 1. Relation between relative humidity and bulb resistance. (48" T-12)



2図 管壁抵抗値と起動電圧の関係  
① 48" T-12 ② 12" T-12 (抵抗値は 48" に換算)

Fig. 2. Relation between bulb resistance and starting voltage.  
① 48" T-12 ② 12" T-12

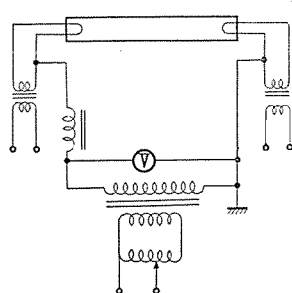
が上昇するが、12" T-12 ランプでは、約 75% 以上では湿度が高いほどかえって起動電圧が低下することを示している。

### 3. 実験方法

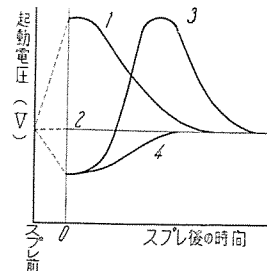
3 図に示す測定回路により電極ヒラメントには常時電流を流してヒラメント温度を約 900°C に加熱し、ランプ両端にかかる電圧を徐々に上げ起

動電圧を測定した。起動補助装置の効果を論ずるに当っては、最悪条件下における効果をもってしなければならない。したがって周囲条件として、温度・湿度の両者を変化させることが望ましいが、実用範囲内では、温度の影響は湿度に比べてはるかに小さいので、ここでは温度は変化せず 15~20°C の範囲において、湿度的に最悪条件下における起動補助装置の効果を実験した。試験ランプとしては、T-8、T-12 のバルブについて電極間隔 10~110 cm のランプを作り、封入アルゴン圧は 3 mmHg とし、かつ実際の製造過程と同程度のエージングのみを終えた新しい状態で実験した。新しいランプの方がある程度使用したランプより起動電圧が高いからである。

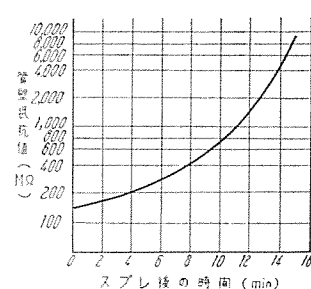
さて、湿度的な最悪条件が、前にのべたように、ランプの寸法により異なるし、また起動補助装置の種類によっても異なるので、最悪条件下の起動特性を測定しようとすれば、結局毎測定ごとに、湿度を広範囲に変えなければならない、多くの時間を要し、操作的にも装置的にも非常にはん雑である。そこで筆者らは簡便法として、水をスプレする方法を用いた。すなわち、ランプ外壁に水を噴霧状にスプレし、3 分置き位に前記測定回路で起動電圧を測定すると 4 図に示すような起動電圧の時間的変化曲線が得られる。この場合得られる曲線は、図のような 4 つの型に分れる。すなわち曲線①のようにスプレすることにより起動電圧が上昇し、後次第に低下して、元の値にもどるもの。曲線②のように、スプレによって全然起動電圧に変化を受けないもの。曲線③のようにスプレにより起動電圧はいったん低下し、ついで徐々に上昇して最高値を示し、後次第に低下して元の値にもどるもの。曲線④のようにスプレにより起動電圧が下がり、後次第に上昇して元の値にもどるもの、の 4 つである。いずれの曲線が得られるかは、ランプの寸法、起動補助装置の種類、測定時の湿度により決る。つぎに水をスプレすることにより管壁抵抗が時間的にどう変化するかの一例を T-12 48" バルブにつき 5 図に示す。この時間的変化の割合は、測定時の温度・湿度・通風状況により変ることはもちろんである。1 図と比較すればわかるようにスプレすることにより管壁抵抗値は湿度 100% のときと同じ位の値になり、後、測定時の湿度に相当した管壁抵



3 図 起動電圧測定回路  
Fig. 3. Circuit for measuring starting voltage.



4 図 スプレ後の起動電圧の時間的変化  
Fig. 4. Change of starting voltage after water spraying.



5 図 スプレ後の管壁抵抗値の時間的変化 (48" T-12)  
Fig. 5. Change of bulb resistance after water-spraying (48" T-12)

抗値まで連続的に変化する。したがって 4 図の曲線を描けば、湿度 100% 以下各湿度における起動電圧を測定したことになる。

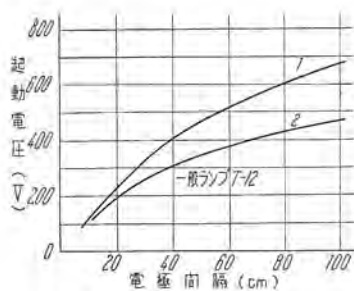
スプレ後の起動電圧の時間的変化が、4 図のように種類の型に分れることは、以上の説明から推察されることと思うが、一例をあげて説明すれば一層明らかとなる。いまたとえば周囲の湿度が 65% とすると、1 図からそのときの管壁抵抗値は 4,000 MΩ である。したがって 2 図から 48" T-12 ランプの起動電圧は 160 V、12" T-12 ランプの起動電圧は 210 V である。そこでスプレを施すと、5 図からわかるように管壁抵抗値は 150 MΩ に下り、2 図から 48" T-12 ランプの起動電圧は 470 V に上昇する。一方 12" T-12 ランプの方は 160 V に低下する。以後時間と共に管壁抵抗値は次第に増大し元の値 4,000 MΩ になるが、この間起動電圧は 2 図からわかるように、48" T-12 ランプは元の 160 V まで徐々に低下し、一方 12" T-12 ランプの起動電圧は次第に上昇し、最高値 240 V を通過し、後徐々に低下して元の値 210 V にもどる。すなわちこの場合 48" T-12 ランプでは 4 図の曲線①が得られ、12" T-12 ランプでは曲線③が得られる。同様にして、たとえば湿度 78% したがって管壁抵抗 800 MΩ で測定を行えば、48" T-12 ランプでは 255 V → 470 V → 255 V の経過をたどってやはり曲線①の傾向を示し、12" T-12 ランプでは 230 V → 160 V → 230 V の経過をたどって、この場合は曲線④の傾向を示す。以上は一例について説明したが、同一バルブ寸法でも、起動補助装置によって異なった曲線が得られる。たとえばあとにのべる導電膜内面塗布、シリコン塗布の場合は曲線②の傾向を示す。いずれにしても、4 図の曲線を作成し、その最高値を取れば、それが湿度的に最悪条件下における起動電圧を示すものと見てよい。以下に示す多くの測定結果における起動電圧値は、すべてこのようにして得られた最高電圧値である。

### 4. 実験結果

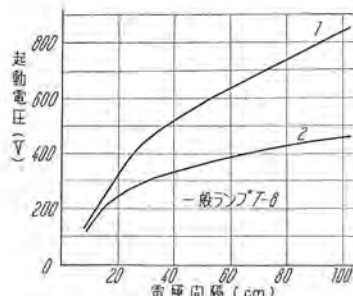
#### ア. 一般ランプ

起動補助装置の効果を見る上の標準として、まず一般ランプについて得られた測定結果を、6 図および 7 図に

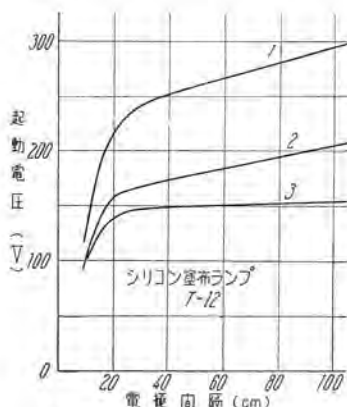




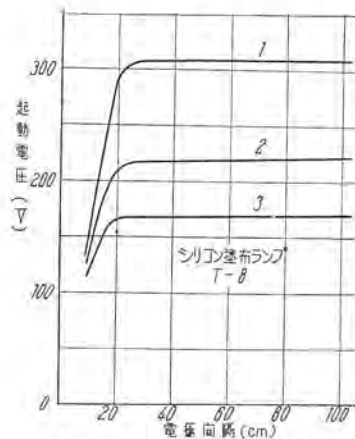
6 図 電極間隔と起動電圧  
① 反射板なし ② 反射板接地  
Fig. 6. Relation between arc gap and starting voltage (T-12 general lamp)  
① without reflector  
② with reflector earthed



7 図 電極間隔と起動電圧  
① 反射板なし ② 反射板接地  
Fig. 7. Relation between arc gap and starting voltage (T-8 general lamp)  
① without reflector  
② with reflector earthed



8 図 電極間隔と起動電圧  
① 反射板なし ② 反射板あり  
③ 反射板接地  
Fig. 8. Relation between arc gap and starting voltage (T-12 silicone coated lamp)  
① without reflector  
② with reflector  
③ with reflector earthed



9 図 電極間隔と起動電圧  
① 反射板なし ② 反射板あり  
③ 反射板接地  
Fig. 9. Relation between arc gap and starting voltage (T-8 silicone coated lamp)  
① without reflector  
② with reflector  
③ with reflector earthed

示す。なお反射板は幅 70 mm の金属板をランプ全長に沿わせ、ランプとの間隔を 5 mm とした。

#### イ. 発水性薄膜塗布 (ドライフィルム)

これは、けい光燈バルブ外壁に発水性の薄膜を形成し、その発水性を利用して湿度の影響を除こうとするもので、シリコン膜などが用いられている。シリコン膜を形成するのに種々の方法があるが、この実験では  $(\text{CH}_3)_2\text{SiCl}_2$  と  $(\text{CH}_3)_3\text{SiCl}$  の混合物を加熱蒸発させ、その蒸気中にバルブを置いてシリコン膜を形成させる方法をとった。実験結果は 8 図および 9 図のとおりである。スプレ後の起動電圧の時間的変化は若干見られるが湿度の影響は受けないと見てよい程度である。

発水性薄膜塗布ランプは、湿度の影響を除くだけでなく、さらに起動電圧を積極的に低下させるためには、別に手段を講じなければならない。その手段としては、普通近接導体の効果を利用する。文献<sup>(3)</sup>によれば、近接導体の効果は、ランプと近接導体の距離が近いほど、また近接導体の面積の大きいほど、換言すればランプと形成する静電容量の大きいほど、大きいことが記されてい

るが、この実験に用いた近接導体としての反射板の効果に関しては 8 図、9 図で明らかである。

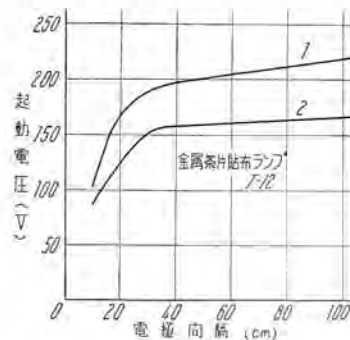
#### ウ. 金属条片貼布

これは、金属細片をバルブ外面に貼布し、近接導体の効果とともに、人為的に管壁抵抗を下げ、湿度の影響をも除かんとするもので、金属細片の大きいほど効果はあるが、明るさの犠牲を考えあまり大きくはできない。われわれの実験では幅 5 mm の金属膜をランプ全長にわたり貼布したものをを用いた。金属膜として、アルミ箔をガラス外面に貼りつけたものと、硝酸鉛・酸化銅・グリセリンの混合物を塗布し焼きつけたものをを用いたが、効果としてはいずれも変らなかった。一般ランプの場合と同じく、4 図の種々の傾向を示し湿度の影響をやはり受けるが、一般ランプよりははるかに起動電圧の変化が少い。ただ金属条片を接地した場合は、むしろ 4 図の曲線②または④の傾向を示し、湿度の影響を受けないと見てよい。実験結果は 10 図および 11 図に示すとおりである。

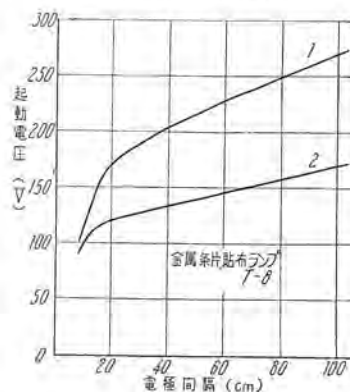
#### エ. 導電膜内面塗布

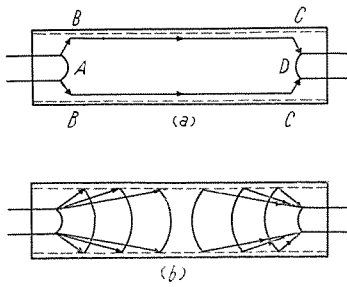
これは、導電性薄膜をけい光燈バルブの内面に塗布するもので、バルブ内外を電氣的に遮蔽するので外界の影響をまったくこうむらず、湿度による起動電圧の変化もない。すなわちスプレ後の起動電圧の変化は、4 図の曲線②になる。導電性薄膜としては、可視光線の吸収がきわめて少なく導電性の良好な塩化

10 図  
電極間隔と起動電圧  
① 金属条片のみ  
② 金属条片接地  
Fig. 10.  
Relation between arc gap and starting voltage (T-12)  
① with metal stripe only  
② with metal stripe earthed

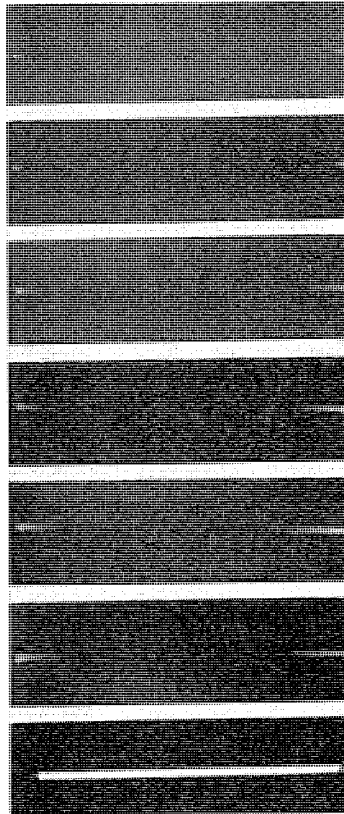


11 図  
電極間隔と起動電圧  
① 金属条片のみ  
② 金属条片接地  
Fig. 11.  
Relation between arc gap and starting voltage (T-8)  
① with metal stripe only  
② with metal stripe earthed

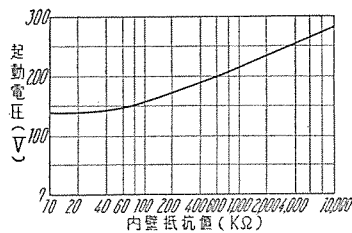




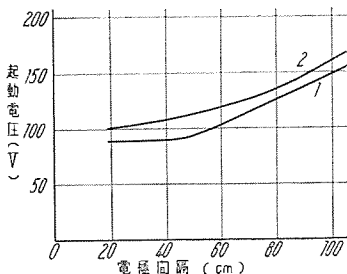
12 図  
局部放電進展の状況  
Fig. 12.  
Aspects of the  
development of partial  
discharge.



13 図 局部放電の進展過程 (48" T-12)  
Fig. 13. Developing process of partial discharge  
(48" T-12)



14 図  
管内壁抵抗値と起動電圧  
(48" T-12)  
Fig. 14.  
Relation between inside  
bulb resistance and  
starting voltage  
(48" T-12)



15 図  
電極間隔と起動電圧  
(導電膜内面塗布ランプ)  
① T-12 ② T-8  
Fig. 15.  
Relation between arc gap  
and starting voltage  
(inside conductive  
coating bulb)  
① T-12 ② T-8

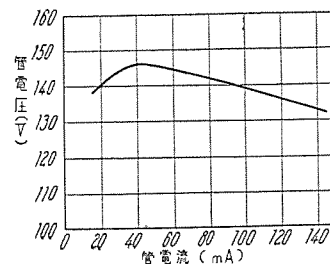
錫系統のものをバルブ内面に焼き付けた。この場合の起動の状況を 12 図 (a), (b) により説明する。電源電圧を次第に上げて行くと、印加電圧の大部分はランプの両端

部、すなわち電極と端部管壁との間に集中され、ある電圧 (たとえば T-12 の場合 90 V 前後) に達すると、この部分で放電破壊を起して局部放電が現れる。すなわち 12 図 (a) に示すように、AB, CD 部で局部放電を発生し、BC 間は管壁導電膜を通じて電流が流れ、管の端部のみけい光を発する。さらに電圧を上げて行くと、同図 (b) のように放電は次第に中央へ伸び、ついに全放電に進展する。その一例として T-12 48" けい光燈の場合の起動状況を 13 図写真で示す。状況を明確にするため、けい光体を塗布しないものを用いた。全放電の完成する電圧は、導電膜の抵抗値により異なるが、その状況を T-12 48" ランプにつき 14 図に示す。ただし導電膜をバルブ内面に完全に均一に塗ることは困難で、単位長当りの抵抗値は部分により若干のバラツキがあり、同じ全抵抗値でも起動電圧にある程度のバラツキがある。15 図に 50 kΩ 程度の抵抗値の場合の電極間隔と起動電圧の関係を示す。この場合は、前二者と異なり反射板の有無、接地の有無にはまったく無関係で、このことは実用上配線の点からも、器具設計の上からも非常に有利であることを意味する。さらにまた前二者においては 100~20 cm の電極間隔に対して、起動電圧にあまり差がないが、この場合 100~50 cm の電極間隔において起動電圧が次第に低くなっており、その起動電圧値からしても、短いランプに対し前二者より効果の大きいことを示している。

以上の諸データから起動補助装置がどの程度の効果を示すかが明らかであるが、さて起動補助装置の効果の限界はどうか、あるいはまた、どの程度の効果があることが実用上望ましいかについて考える必要がある。前者を最低起動電圧、後者を実用起動電圧として以下考察する。

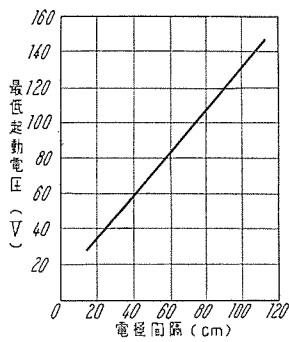
## 5. 最低起動電圧

いかなる起動補助装置を用いても起動電圧の低下には限界があり、この限界はランプに固有のものである。そしてこの限界を知ることは、起動補助装置の効果の程度を知る目安として必要である。その限界を以下最低起動電圧と呼ぶこととする。さてラビッド型けい光燈の管電流と管電圧の特性は 16 図のように約 40 mA 前後に管電圧の山がある。(ただし電極ヒラメントはヒータトランスにより約 900°C に加熱) したがってこの電圧の山より低い電源電圧では、たとえ起動して管電流が流れ、安定器抵抗を小さくしても 40 mA 程度以下の小電流しか流れず、かすかに光るのみで、起動と名づけるに値しない。そこで、ランプが起動して正規の管電流が流れるためには、電源電圧は少なくとも、この管電圧の山の値以上でなければならない。すなわちこの電圧の山が最低起動電圧



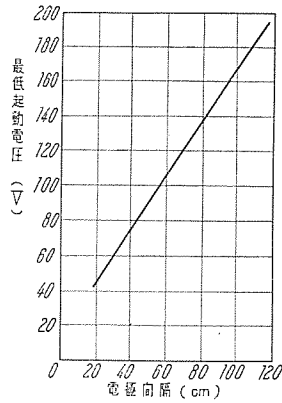
16 図  
ラビッド型けい光燈の管  
電流管電圧特性  
(48" T-12)  
Fig. 16.  
Lamp current v.s.  
lamp voltage (48" T-12  
rapid start lamp)





17 図  
電極間隔と最低起動電圧  
(T-12)

Fig. 17. Relation between arc gap and minimum starting voltage (T-12)



18 図  
電極間隔と最低起動電圧 (T-8)

Fig. 18. Relation between arc gap and minimum starting voltage (T-8)

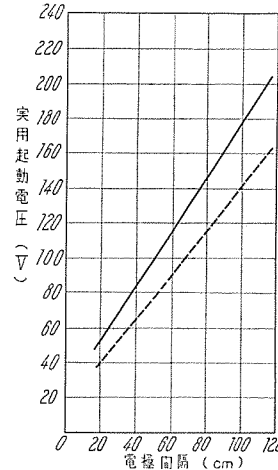
になる。厳密に言えば、安定器の電圧降下を考えると、この管電圧の山より幾分高い電源電圧がなければならぬが、その程度は安定器のインピーダンスにより異なるし、また普通のラビッド型を対象とした場合、省略できる程度と見られるので、上記管電圧の山をもって最低起動電圧とする。この最低起動電圧は、その性質上同じランプ寸法でも、封入ガスの種類、圧力、および周囲温度により異なるが、17 図および 18 図に封入アルゴン圧力 3 mm Hg、周囲温度 18°C の場合について電極間隔と最低起動電圧の関係を示した。すなわち、これより低い電源電圧では、いかなる起動補助装置を用いても起動しないという線である。

## 6. 実用起動電圧

けい光ランプの起動の点を全然考慮に入れないで点燈時のみを考えた場合、電源電圧としては、ランプ電圧に近いほど力率の点からも、安定器の小形化の点からも望ましいことであるが、ある程度以下に下げることにはできない。何となれば、電源電圧をあまり低くとると交流点燈における各半サイクルごとの再点弧の不確実を招き、管電流波形がくずれて発光能率を悪くし、ランプ寿命も短縮するのみならず、電源電圧の変動に伴う管電流の変化も大きくなる。この点を考慮して、電源電圧としては

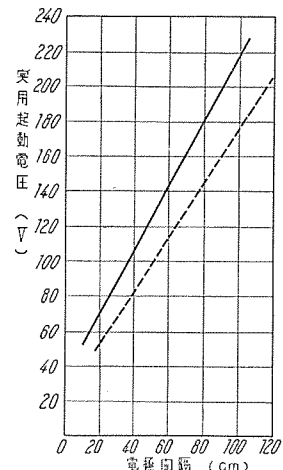
$$V_i/V_n \leq 0.56 \quad (1)$$

ここに  $V_i$ : ランプ電圧,  $V_n$ : 電源電圧  
なる関係を満たす必要があることを筆者のひとりが以前発表した<sup>(6)</sup>。(1) 式の不等式記号を除いたものから得られる  $V_n$  を所要電源電圧と仮称することとする。この所要電源電圧をもとにして実用的に必要な十分なる最低起動電圧(これを実用起動電圧と呼ぶ)が得られ、起動補助装置の効果の目標も実的にはこの電圧に置けばよいわけである。たとえば、ある定格のランプについて (1) 式から得られる所要電源電圧が  $V_i$  の場合、電源電圧の変動低下がかりに 20% あるとすれば、 $0.8V_i$  なる電圧で起動すれば十分ということになる。(1) 式からわかるように、所要電源電圧はランプ電圧の函数であるから、ランプ電圧に影響する因子により変る。すなわち管長、管径により異なることはもちろん、封入ガスの種類、圧



19 図 電極間隔と実用起動電圧  
(T-12)

Fig. 19. Relation between arc gap and practical starting voltage (T-12)



20 図 電極間隔と実用起動電圧 (T-8)

Fig. 20. Relation between arc gap and practical starting voltage (T-8)

力により変るのみならず、定格管電流によっても異なる。その一例として、T-12 および T-8 バルブについて封入アルゴン圧力 3 mm Hg、ランプ電流 400 mA の場合の電極間隔と所要電源電圧の関係を 19, 20 図に実線で示し、20% の電源電圧降下を見込んだ場合の実用起動電圧を点線で示す。すなわち点線まで起動電圧を下げれば実用上十分であることを示している。

ここに述べた最低起動電圧、実用起動電圧をもとにしてききに示した各種起動補助装置の効果の検討は読者に任すこととするが、総じていえることは、ランプが長いほど、起動補助装置の効果と実用起動電圧との差が小さくなり有利であるということである。ただ導電膜内面塗布のものにおいては前にも述べたように、ランプ長が短かくてもそれほど不利ではない。

## 7. む す び

ラビッド型けい光燈では起動電圧の問題が、設計上のきわめて重要な要素となる。この意味において本文は設計上の一資料を提供するものである。ただ限られた範囲の実験結果であり、とくに電極間隔については 40 W 程度の長さ止まっていることはさらに長いランプの現われつつある現状においては、もの足りないのであるが、後の機会にでも補足することとしたい。

## 参 考 文 献

- (1) 山下・竹田 「三菱ラビッド型けい燈について」  
三菱電機 Vol 31, No. 8, p 62~65
- (2) A. E. Lemmers, W. W. Brooks "New Fluorescent Lamp and Ballast Design for Rapid Starting"  
I. E. Vol. 47, No. 11, p. 589 (1952)
- (3) R. N. Thayer, D. D. Hinman "Requirements for Reliable Instant-Starting Fluorescent Lamps"  
I. E. Vol. 40, No. 9, p. 640 (1945)
- (4) J. H. Campbell "The Trend Toward Instant Starting of Fluorescent Lamps"  
A.I.E.E. Vol. 70, No. 6, p. 533 (1951)
- (5) 山下 「螢光燈回路における電圧配分について」  
昭学誌, Vol. 37, No. 6, p. 208 (昭 28)

# 高出力ピッドスタート蛍光ランプ

大船工場 久保幸正\*・村井直道\*\*

## High Output Rapid Start Fluorescent Lamps

Ofuna Factory Yukimasa KUBO・Naomichi MURAI

Fluorescent lamps in popular use have larger tube current than the value necessary for the maximum efficiency and any higher current may be considered disadvantageous from the view-point of economy. From practical experience on the part of users, however, various items come into the expenses of employing lamps and allied equipment and even higher tube currents often bring overall economy. Rapid start lamps are one example coming under this category.

### 1. ま え が き

従来一般に最も広く用いられている蛍光ランプは 24T12 寸法の 20W ランプと 48T12 寸法の 40W ランプとであるが、これらの定格管電流値は 0.375 A および 0.435 A である。これらの値は一般の場合の T12 ランプの最高ランプ効率を与える管電流値<sup>(1)(2)(3)(4)</sup>よりも大きくなっている。したがってこれ以上管電流を大にすることは一見経済的に不利なように思われるが、照明のために実際使用者が支出する費用はこのランプ効率のみによって左右されているわけではなく、そのほかランプおよび燈具の初設備費や種々の維持費等の費用がかかっている。これらの費用をすべて含めて考えた場合、ランプの使用箇所や使用方法によってはさらに大きな管電流のランプを使用した方が経済的な場合が多々ある。たとえば米国では 96T12、アルゴン封入ランプを比較的年間点燈時間が短かく、電力料金の割安な箇所に使用した場合、0.8A 位の管電流が最も経済的であることが報告されている。<sup>(3)</sup> また筆者らの考察したところでは 48T12 ランプをグロースタート方式で点燈させた場合、一般的には 0.65A の管電流が最も経済的であることがわかった。<sup>(4)</sup>

このような観点からのみならず管電流を増加させた場合、同一平均照度を得るための燈数が少くてすむから保守が容易であるとか、管壁温度が高くなるため戸外照明のような低温照明に比較的不利であるとか種々の利点があるが、従来その反面光度減衰の増大、ランプ寿命の低下、燈具内の熱発散の問題、安定器寸法および損失の増大等多数の問題があるとされていた。しかしこれらの問題も漸次解決されてわが国でも 26T12、管電流 0.62 A の 30 W ランプのほかに、最近 48T12、管電流 0.8 A の 60 W ランプと、60T12、管電流 0.9 A の 80 W ランプ等が規格化されようとしている。

これらのランプが従来のランプに比較してどのような特性をもつか、管長および周囲温度を変えた場合管電流

を変数として概観することが本論文の主目的である。

またとくに経済的見地からこの種蛍光ランプに有利である 2 燈直列逐次起動回路の起動特性を 1 燈の場合の起動特性と比較して見た。

### 2. 封入アルゴン圧

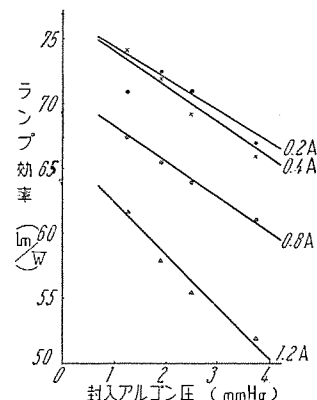
管電流を増大してランプ入力を増した場合問題となることの 1 つは封入アルゴン圧である。一般に封入アルゴン圧を高くすると陰極の損耗を防いでランプ寿命を長くするが、その反面起動電圧は高くなりまたランプ効率も低下する。とくに管電流が大きくなった場合そのランプ効率の低下は著しくなる。たとえば 48T12 冷白色ランプについて封入アルゴン圧を 1~4 mmHg まで変化させた場合、20°C におけるランプ効率を管電流をパラメータとしてプロットすれば 1 図のようになる。すなわち管電流 0.2A, 0.4A, 0.8A, 1.2A のそれぞれの場合について封入アルゴン圧 1 mmHg 当りのランプ効率の低下は約 2.4 lm/W, 2.6 lm/W, 2.8 lm/W, 3.0 lm/W となる。

一方、起動電圧についても管電流が大きくなると一般には安定器の設計上より、とくにその低いことが要求される。

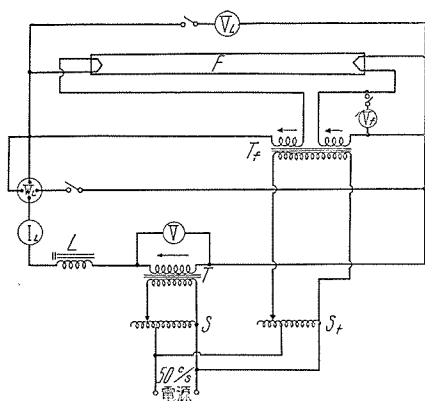
実際問題としては高出力蛍光ランプの封入アルゴン圧

1 図 ランプ効率と封入アルゴン圧との関係。48T12 冷白色ランプ (20°C)

Fig. 1. Relation between lamp efficiency and pressure of filled argon.







F: 蛍光灯ランプ  
T: 主変圧器  
T<sub>f</sub>: 線条加熱用変圧器  
S, S<sub>f</sub>: スライダック  
L: 制御リアクト  
①: 回路電圧計  
②: 管電流計  
③: 管電力計  
④: 管電圧計  
⑤: 線条電圧計  
←は各電圧の位相関係を示す

2 図 測定回路 1

Fig. 2. Measurement circuit 1.

は寿命の点を考慮に入れて、大体 2mmHg 程度に選ばれる。

以下に述べる諸特性はすべて封入アルゴン圧 2mm Hg, 陰極線条は 0.8 A 用に設計されさらにランプ内面には透明導電被膜を施したランプについてのものである。

### 3. 起 動 特 性

一般にラピッドスタート蛍光灯の起動電圧は線条加熱電圧 (線条温度), 周囲温度およびスターティングエイド (たとえば導電被膜, 導電性反射板等) 等に著しく依存する。ランプ内面に導電被膜を施したランプは湿度, 近接導体等の影響を受けることがないのでここでは線条加熱電圧と周囲温度についてのみ, その影響を調べてみる。

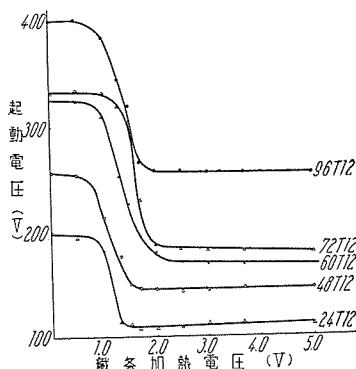
測定回路は 2 図に示したように回路電圧計がランプに印加される最高電圧を示すような結線で行った。ここに述べる起動電圧は放電開始の電圧ではなく, 負特性領域の安定したアーク放電に移行するときの電圧である。

#### ア. 起動電圧—線条加熱電圧特性

3 図は 20°C における, 線条加熱電圧を変化させた場合の各種管長のランプの起動電圧である。図より明らかにいづれの管長のランプに対しても線条加熱電圧が 1V 以下では起動電圧は高いが, 1.5V あたりから急速に低下して約 2V で最低となり, それ以上ではほとんど一定値を示す。もちろんこれら線条加熱電圧の値は陰極線条の設計によって異なってくるが傾向としては同様になる。一方管長が同一ならば線条の設計が異なっても起動電圧の方は変わらない。

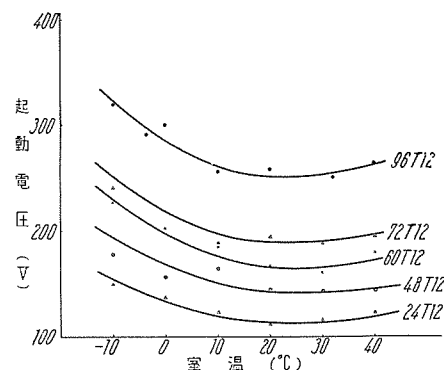
#### イ. 起動電圧と周囲温度との関係

4 図は線条加熱電圧を 3.7V 一定として, 周囲温度を -10~40°C に変化させた場合の各種管長のランプの起動電圧を示す。いづれの管長に対しても低温の場合起動



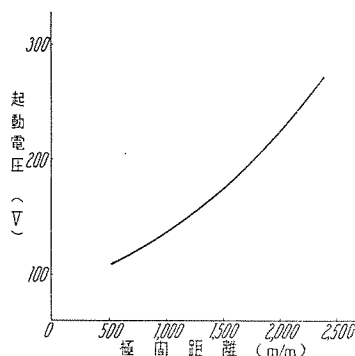
3 図 起動電圧—線条加熱電圧特性 (20°C)

Fig. 3. Starting voltage-filament heating voltage characteristics.



4 図 起動電圧と周囲温度との関係 (線条加熱電圧 3.7V)

Fig. 4. Relations between starting voltage and ambient temperature.



5 図 起動電圧と極間距離との関係 (線条加熱電圧 3.7V, 20°C)

Fig. 5. Relations between starting voltage and distance of electrodes.

電圧が高く, 温度が上るに従って低くなり, 常温付近 (20~25°C) で最低となる。さらに温度が高くなると起動電圧は再び高くなる。

#### ウ. 起動電圧と管長との関係

2 図または 3 図より線条加熱電圧 3.7V, 周囲温度 20°C における起動電圧を極間距離に関してプロットすれば 5 図のようになる。

### 4. 点 燈 特 性

管電流に対する管電圧, 管電力, 全光束を管長および周囲温度を変えて 2 図の結線で測定した。したがって管電力は真値を示すものではないが, ここでは現象論的に端部の消費電力と陽光柱入力とを分離して考察するので近似としては十分であろう。

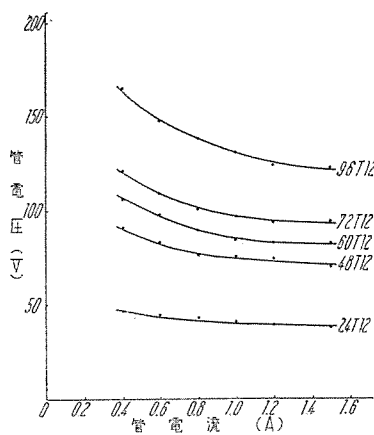
#### ア. 管電圧—管電流特性

6, 7, 8, 9, 10, 11 図はそれぞれ -10°C, 0°C, 10°C, 20°C, 30°C, 40°C における各種管長のランプの管電圧—管電流特性を示す。これらの図より管長に対する管電圧の関係を求めてみよう。

いま管電圧を  $V_L$ , 端部電圧降下を  $V_E$ , 陽光柱長を  $l_{pc}$  とすれば

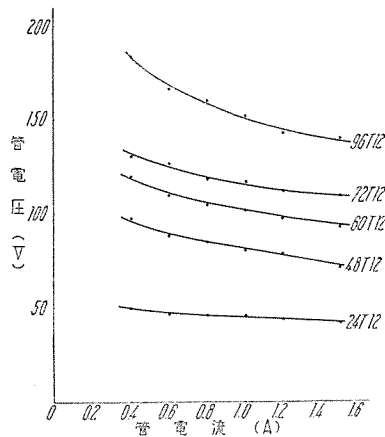
$$V_L = V_E + \alpha l_{pc} \dots\dots\dots (1)$$

と表わされる<sup>(3)</sup>。ここで  $\alpha$  は陽光柱単位長当りの電位傾度を示し, この場合管電流および温度の函数である。9 図より 20°C における管電圧を,  $l_{pc}$  を横軸にしてプロットすれば 12 図のような直線となる。ただし陽光柱長  $l_{pc}$



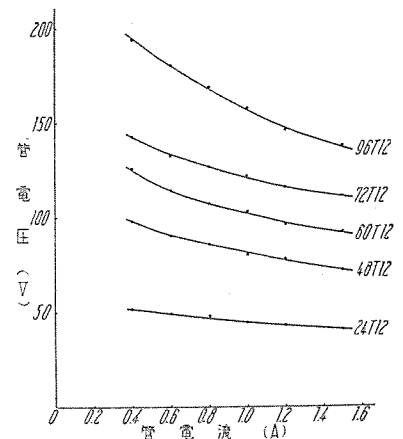
6 図  $-10^{\circ}\text{C}$  における管電圧—管電流特性

Fig. 6. Tube voltage-tube current characteristic of  $-10^{\circ}\text{C}$ .



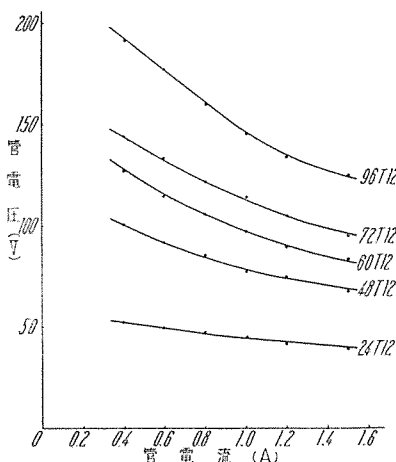
7 図  $0^{\circ}\text{C}$  における管電圧—管電流特性

Fig. 7. Tube voltage-tube current characteristics at  $0^{\circ}\text{C}$ .



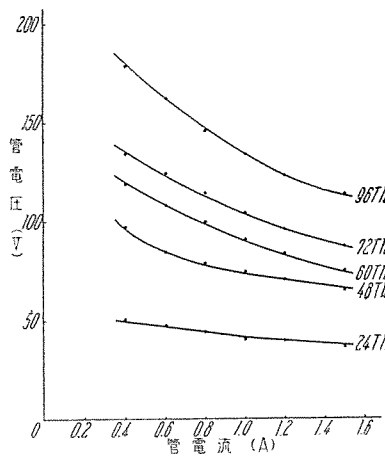
8 図  $10^{\circ}\text{C}$  における管電圧—管電流特性

Fig. 8. Tube voltage-tube current characteristics at  $10^{\circ}\text{C}$ .



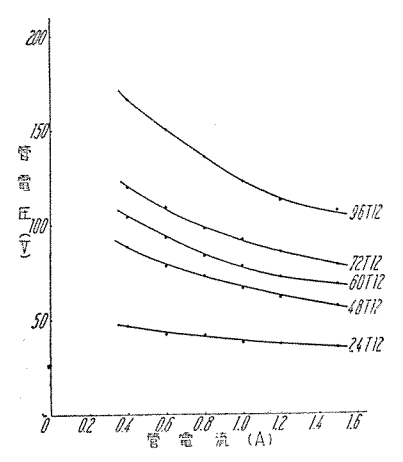
9 図  $20^{\circ}\text{C}$  における管電圧—管電流特性

Fig. 9. Tube voltage-tube current characteristics at  $20^{\circ}\text{C}$ .



10 図  $30^{\circ}\text{C}$  における管電圧—管電流特性

Fig. 10. Tube voltage-tube current characteristics at  $30^{\circ}\text{C}$ .

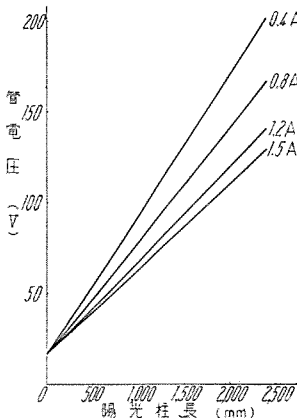


11 図  $40^{\circ}\text{C}$  における管電圧—管電流特性

Fig. 11. Tube voltage-tube current characteristics at  $40^{\circ}\text{C}$ .

は(極間距離) $\div 0.8$ (管径)<sup>(3)</sup>で近似した。この図より明らかなように  $V_E$  は管電流のいかんにかかわらず、ほとんど一定値の  $17\text{V}$  に一致する。同様にして 6, 7, 8, 10, 11 図より  $-10^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$ ,  $30^{\circ}\text{C}$ ,  $40^{\circ}\text{C}$  における同様な図を引けば、 $V_E$  は管電流のいかんにかかわらずほとんど  $17\text{V}$  一定であることがわかる。

また陽光柱単位長当りの電位傾度  $\alpha$  を各温度につき



12 図  $20^{\circ}\text{C}$  における管電圧と陽光柱長の関係

Fig. 12. Relations between tube voltage-positive column length.

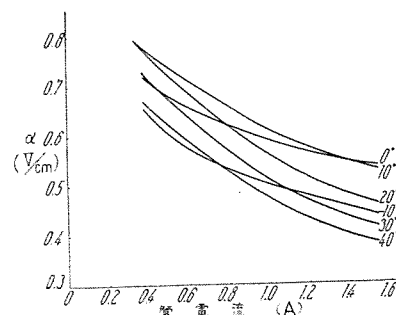
管電流を横軸にしてプロットすれば 13 図のようになる。

つぎに  $\alpha$  を周囲温度を横軸とし、管電流  $0.4\text{A}$ ,  $0.8\text{A}$ ,  $1.2\text{A}$ ,  $1.5\text{A}$  についてプロットすれば 14 図が得られる。

この図より陽光柱電位傾度  $\alpha$  は各管電流ごとに最大値を有し、その最大電位傾度を与える周囲温度は当然のことではあるが管電流が増すに従って低温に移行して行くことがわかる。

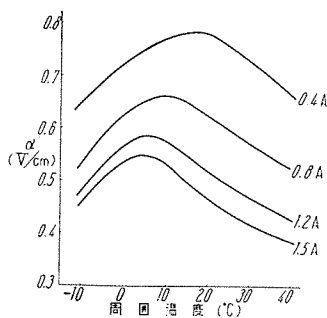
#### イ. 管電力—管電流特性

15, 16, 17, 18, 19, 20 図はそれぞれ  $-10^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$



13 図 各周囲温度における陽光柱電位傾度  $\alpha$  と管電流の関係  
Fig. 13. Relation between positive column potential gradient  $\alpha$  and tube current at various ambient temperature.





14 図 各電流値における陽光柱電位傾度  $\alpha$  と周囲温度の関係

Fig. 14. Relations between positive column potential gradient and ambient temperature at various current values.

20°C, 30°C, 40°C における各種管長のランプの管電力—管電流特性を示す。これらの図より管電圧の場合と同様管長に対する管電力の関係を求めてみよう。

いま管電力を  $W_L$ , 陽光柱以外の端部消費電力を  $W_E$  とすれば

$$W_L = W_E + \beta I_{pc} \dots \dots \dots (2)$$

と表わされる。ここで  $\beta$  は単位長当りの陽光柱入力であり、 $\alpha$  と同様この場合管電流および周囲温度の函数である。

18 図より 20°C における管電力を各管電流をパラメータとして陽光柱長  $l_{pc}$  に関してプロットすれば、21 図の

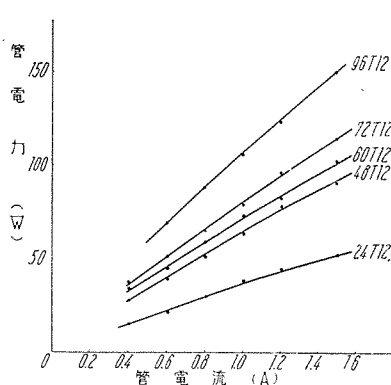
ようにこの場合もまた直線になる。この図に示されるように  $W_E$  は管電流のいかんにかかわらず、近似的に  $V_E I_L$  に等しくなる。同様にして 15, 16, 17, 19, 20 図より -10°C, 0°C, 10°C, 30°C, 40°C における同様の図を引けば、この場合も管電流のみならず周囲温度にも関係なく近似的に  $W_E = V_E I_L$  が成立することがわかる。

また単位長当りの陽光柱入力  $\beta$  を各温度につき管電流を横軸にしてかけば 22 図のようになる。

つぎに  $\beta$  を周囲温度を横軸にして管電流 0.4A, 0.8A, 1.2A, 1.5A についてプロットすれば 23 図が得られる。この図より単位長当りの陽光柱入力  $\beta$  も陽光柱電位傾度  $\alpha$  同様各管電流ごとに最大値を有し、管電流が増すに従ってその点が低温に移行して行くことがわかる。

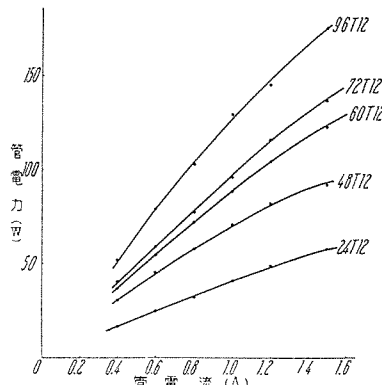
### ウ. 全光束—管電流特性

24, 25 図はそれぞれ 24T12, 48T12 冷白色ランプの管電流をパラメータとしたときの全光束の温度特性である。いずれの場合も管電流が増加するに従って最高全光束値になる温度が低温の方に移動している。24T12 ランプの方が 48T12 ランプに比べてそのずれが若干大きい傾向にあるのは、前者の方が両端電極部の温度の寄与が



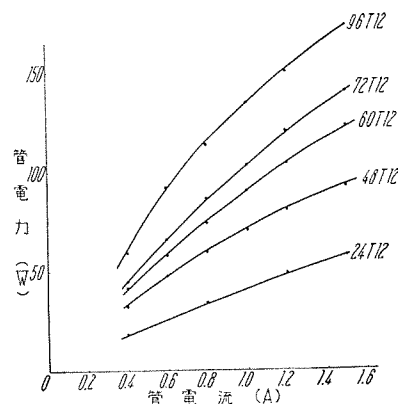
15 図 -10°C における管電力—管電流特性

Fig. 15. Tube wattage-tube current characteristics at -10°C.



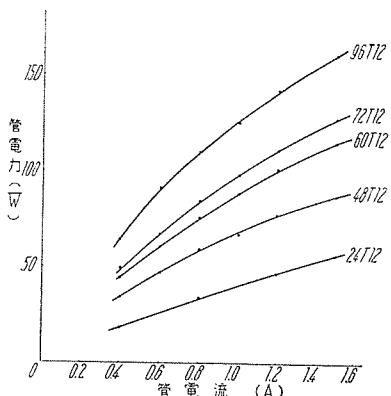
16 図 0°C における管電力—管電流特性

Fig. 16. Tube wattage-tube current characteristics at 0°C.



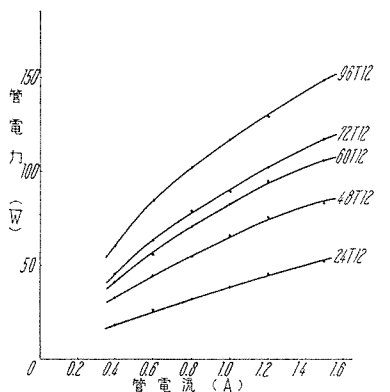
17 図 10°C における管電力—管電流特性

Fig. 17. Tube wattage-tube current characteristics at 10°C.



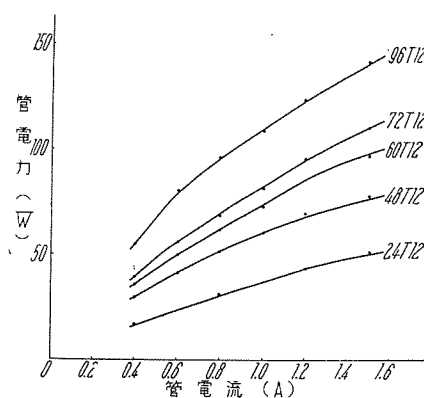
18 図 20°C における管電力—管電流特性

Fig. 18. Tube wattage-tube current characteristics at 20°C.



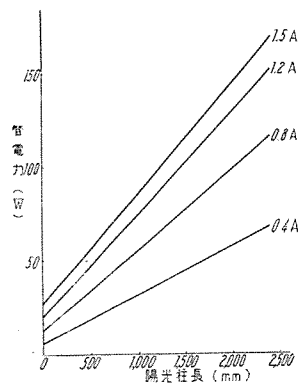
19 図 30°C における管電力—管電流特性

Fig. 19. Tube wattage-tube current characteristics at 30°C.



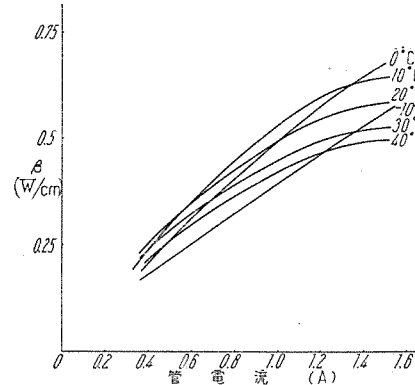
20 図 40°C における管電力—管電流特性

Fig. 20. Tube wattage-tube current characteristics at 40°C.



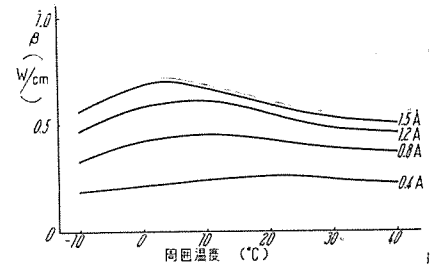
21 図 20°C における管電力—陽光柱長の関係

Fig. 21. Relation between tube power and positive column at 20°C.



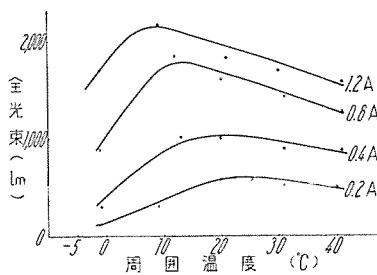
22 図 各周囲湿度における単位長当りの陽光柱入力  $\beta$  と管電流の関係

Fig. 22. Relation between positive column input  $\beta$  and tube current at various ambient temperature.



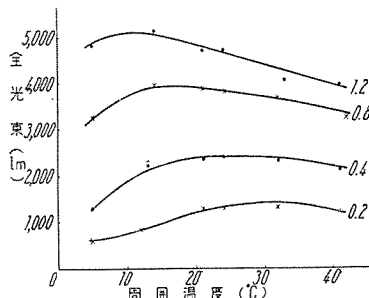
23 図 各管電流値における単位長当りの陽光柱入力  $\beta$  と周囲温度との関係

Fig. 23. Relations between positive column input  $\beta$  and ambient temperature at various tube current values.



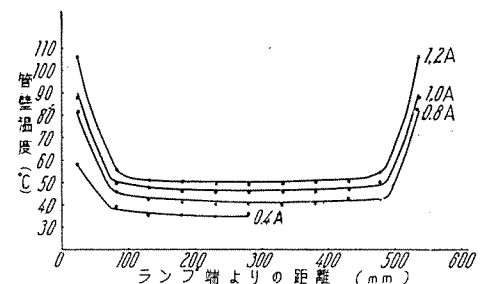
24 図 全光束と周囲温度との関係 24T12 冷白色ランプ

Fig. 24. Relation between total lumen and ambient temperature.



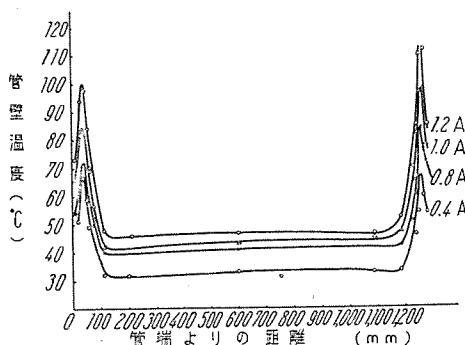
25 図 全光束と周囲温度との関係 48T12 冷白色ランプ

Fig. 25. Relations between total lumen and ambient temperature.



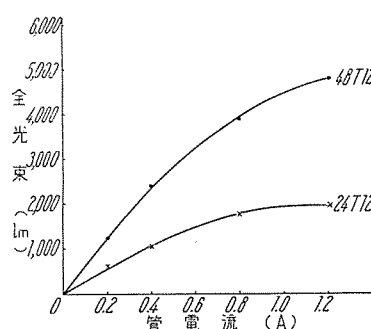
26 図 管壁温度分布 (室温 20°C) 24T12 ランプ

Fig. 26. Tube wall temperature distribution.



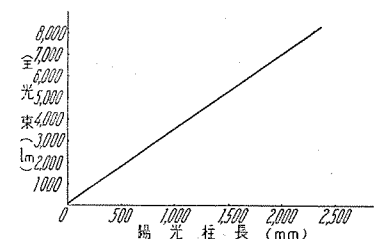
27 図 管壁温度分布 (室温 20°C) 48T12 ランプ

Fig. 27. Tube wall temperature distribution.



28 図 全光束—管電流特性 (20°C)

Fig. 28. Total lumen-tube current characteristics.



29 図 全光束と陽光柱長との関係 (20°C 0.8 A)

Fig. 29. Relations between total lumen and positive column length.

管壁温度上昇に対して大であるためと思われる。すなわち 26, 27 図は 24T12, 48T12 の管電流値をパラメータとして測定した管壁温度分布の一例である。

また 24, 25 図より 20°C における全光束値を管電流を横軸としてプロットすれば 28 図のように管電流増加に伴い全光束値は飽和してくる。いま 0.8 A と 0.435 A の全光束を比較すれば前者は後者の約 1.5 倍になる。

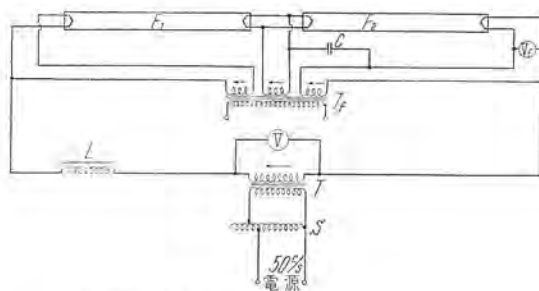
つぎに 24T12, 48T12, 72T12, 96T12 冷白色ランプについて、20°C, 0.8 A のときの光束値を陽光柱長を横軸にしてプロットすれば 29 図のような直線関係が得られ

る。この図と 22 図あるいは 23 図の  $\beta$  の値より 20°C, 0.8 A における陽光柱効率を求めれば約 80 lm/W となる。

## 5. 点 燈 方 式

高出力蛍光ランプの主な目的の 1 つは一般の蛍光ランプに比し総合的な経済性を増大させるか、少くもあまりそこならないということにあるので、点燈方式としては

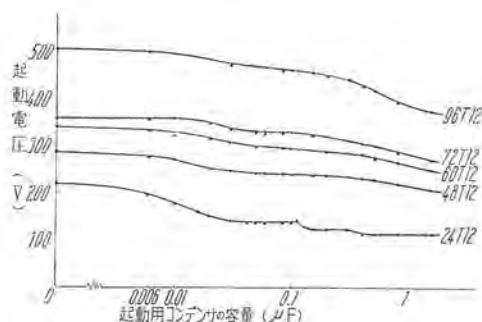
1. 安定器が廉価であること
2. 安定器損失が小さいこと
3. ランプ寿命をそこならないこと



$F_1, F_2$ : 螢光ランプ  
 $T, T_1, S, L, \Phi$ : 2 図に同じ  
 $C$ : 起動用コンデンサ  
 $\Phi$ : 3.7 V 一定  
 $\leftarrow$  は各電圧の位相関係を示す

30 図 測定回路 II

Fig. 30. Measurement circuit II.



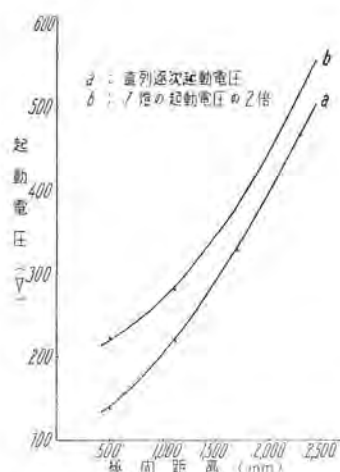
31 図 各ランプの直列逐次起動電圧と起動用コンデンサの容量との関係 (周囲温度 20°C, 織糸電圧 3.7 V)

Fig. 31. Relations between series sequential starting voltage and starting condenser capacity.

というようなことがとくに要求される。これらの条件を満足する点燈方式としては現在知られているものでは、陰極織糸をつねに一定の電圧で加熱する直列逐次起動方式が最も適当であると考えられる。したがって前記の各ランプについて直列逐次起動回路における起動特性を30図の測定回路により簡単に調べてみた。

直列逐次起動回路でまず問題となるのは起動用インピーダンスであるが、チョークは価格の点から望ましくないし、抵抗は起動電圧が高くなるので普通はもっぱらコンデンサが用いられている。したがってコンデンサの容量と起動電圧との関係を調べてみた。31図は周囲温度 20°C, 織糸加熱電圧 3.7 V 一定の場合のその関係を示すものである。ただしここに起動電圧として示したものは両方のランプが放電を開始するときの電圧ではなく、1 燈の場合同様負特性領域の安定したアーク放電に移行するときの電圧である。したがってこの移行をはっきり確認するため制御リアクタのインピーダンスは実用される安定器のものより相当小さく選んで測定を行ったが、それが大きな誤差の原因となるとは考えられない。図に見られるように起動用コンデンサの容量の値により直列逐次起動電圧は相当大きく変化するが、つぎに実用される安定器ではどの位の容量のコンデンサを用いるのが良いかを考察してみる。

実用される安定器としてはまず起動電圧が低いことが



32 図 直列逐次起動電圧と極間距離および 1 燈の場合との比較 (周囲温度 20°C, 織糸電圧 3.7 V)

Fig. 32. Comparison of series sequential starting voltage with electrode distance and single light.

望ましいが、図の示すように容量が大きい場合ほど起動電圧は低くなっている。しかしあまり大きな容量の起動用コンデンサを用いると同一の管電流でも管電力が低下してランプが暗くなったり、 $F_1, F_2$  のランプの管電流の差が大きくなったり、またコンデンサの価格が上ったりいろいろ好ましくない点が出てくるのでそれらの点からはできるだけ容量の小さいことが要求される。

また実用の際は容量が多少変化しても起動電圧に大きな影響を与えないことが必要である。したがってこれらの点を考慮すれば各ランプとも 0.05~0.15  $\mu$ F 程度の容量のものが実用的であるといえよう。

つぎに実用の範囲内にある 0.08  $\mu$ F の場合につき 1 燈の場合と比較してみる。各ランプの極間距離を横軸に取り直列逐次起動電圧と 1 燈の場合の起動電圧の 2 倍の値をプロットすると 32 図のようになる。

いま各ランプについて (直列逐次起動電圧)/(1 燈の起動電圧) なる比をとれば、96T12, 72T12, 60T12, 48T12, 24T12 各場合で 1.80, 1.74, 1.65, 1.60, 1.27 とランプが短くなるほど直列逐次起動電圧は 1 燈の起動電圧に比し低くなっていく。

## 6. む す び

以上 T 12 寸法の高出力ラビッドスタート螢光ランプの起動、点燈、2 燈直列逐次起動の諸特性と管長および周囲温度との関係を重点として、この種ランプの性質の概要を述べた次第であるが、これらの詳細な考察やランプ寿命、光度低下等に関する報告はまた別の機会に行う予定である。終りに測定に協力戴いた安西、米倉、片岡の諸君に深甚の謝意を表する。

## 参 考 文 献

- (1) E.F. Lowry, W.S. Frohock and G.A. Meyers "Some Fluorescent Lamp Parameters and Their Effect on Lamp Performance." I. E. (1946) Dec. 864.
- (2) E.F. Lowry, W.C. Gungl and C.W. Jerome "Some Problems Involved in the Design of Fluorescent Lamps" I. E. (1954) Nov. 545.
- (3) A.C. Barr and W.J. Karash "Design of High-Output Fluorescent Lamps" I. E. (1955) Jan. 5.
- (4) 久保、村井: "螢光燈の管電流に対する照明の経済的考察" "三菱電機" (1956) 7, 448.



# 内壁に導電性薄膜を有するけい光ランプの光出力

研 究 所    山 下 博 典\*・竹 田 俊 幸\*\*

## Light-Output Characteristics of Fluorescent Lamps with Inner-Coated Conductive Films

Engineering Laboratory    Dr. Hirosuke YAMASHITA・Toshiyuki TAKEDA

Fluorescent lamps with a transparent and conductive film inside the lamp wall are found very suitable for the rapid starting. It has been discovered that the lamp has a tendency of giving more light than conventional one, in spite of expectation to the contrary, because the coated film would absorb visible radiation. Investigation has proved that this is on account of excellent reflectivity of 2,537 Angstrom radiation by the conductive coating, i.e., the better utility factor of ultraviolet energy. Other merits also have been discovered that the coating weight of phosphor screen is reduced and coating technique is controlled with ease.

### 1. ま え が き

最近の傾向としていわゆるラピッドスタートけい光ランプがさかんに用いられるようになってきたが、当社ではすでに紹介したように<sup>(1)</sup>種々の特色をもつラピッドスタート・ランプを研究所、大船工場の密接な協力により生み出し、好評を得ている。

当社のラピッドスタート・ランプはガラス管内壁とけい光膜層の間に特殊な材料と加工法により透明な導電性薄膜を設けたもので、ラピッドスタート特性に断然すぐれた特長を有している。

本文はこのランプが他の形式のラピッドスタート・ランプおよび一般けい光ランプに比し、必然的に光出力を大きくできる原理、ならびにこれより導かれる 2, 3 の固有の特色を明確にするものである。

### 2. 内壁に導電性薄膜を有するランプの光出力特性

けい光ランプの品質改良について眼目とされる点は、その寿命の延長と発光効率の増加である。前者については電極構造、電極材料および点燈様式の研究につれて著しい進歩をとげ、実用上ほとんど完全の域にまで増大された。後者についても主としてけい光体製造技術の改良およびけい光体の新しい開発、物理的性質の研究により向上の一途をたどっている。

けい光ランプの構造、寸法、けい光体の種類、封入ガラスの種類および量、ならびにランプ製作方法などを一定とした場合、その光出力に関係する因子には種々考えられるが<sup>(2)</sup>、管壁近傍に限って検討してみると、

(1) けい光膜による可視線の吸収

(2) 紫外線(主として 2,537Å 線)の利用効率

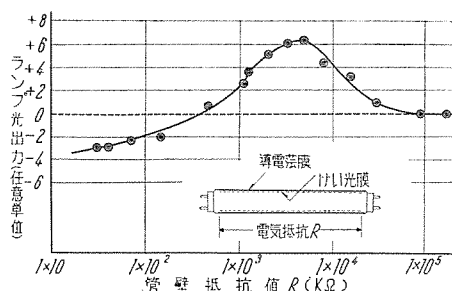
(3) ランプガラス壁の可視線吸収

の要素があげられる。ランプ発光効率を増大するのに、これら要素の関係を調整することが一応考えられる。(3)項は 2~3% の光損失を形成するものとされているが、ガラス材料自体の光吸収を減少することは種々の点より制限をうけることが多い。(1)項による吸収損失は 6~8%、(2)項の利用率は 96~99% 程度とされている。けい光体の種類、粒度などを一定とした場合、(1)項の損失を減少するためにはけい光膜の厚さを減少しなければならないが、このため必然的に(2)項の利用率減少をきたし、結局発光効率の増大を期待できない。従来けい光膜の厚さは、いわゆる optimum thickness を守ることが要求されており、これを変更することにより発光効率を増加せしめるような試みは通常考えられない。

筆者のひとり竹田は、ガラス管内壁に導電性薄膜を形成せしめたラピッドスタート・ランプの発光特性を研究している際、このランプが薄膜のない通常のランプに比し発生光束の大きい場合のあることを見出した。1 図はほぼ一定の厚さのけい光膜を有し、けい光膜とガラス管内壁の間に種々の厚さの薄膜を施した 40 W, T-12 ラピッドスタート・ランプの光出力特性の一例である。もちろんけい光体の種類、塗布厚さ、導電性薄膜の種類などにより多少異なる特性を示すが、1 図に代表される傾向を有する。図の横軸は薄膜厚さの代りにガラス管両端部で測定した電気抵抗をもってした。したがって右に進むにつれて薄膜厚さを減じ、ついに薄膜を施さない通常のランプの特性に近づくものである。

本図によればけい光ランプの光出力は管壁抵抗値のある範囲、すなわち内壁薄膜のある厚さの範囲において通

\* 物理第2研究室(工博) \*\* 物理第2研究室



1 図 導電薄膜を有する 40 W T-12 けい光ランプ光出力特性の一例（水平破線は薄膜を有しない同種ランプの光出力を示す）

Fig. 1. An example of relation between the light-output and the resistivity of inner conductive-coating of fluorescent lamp.

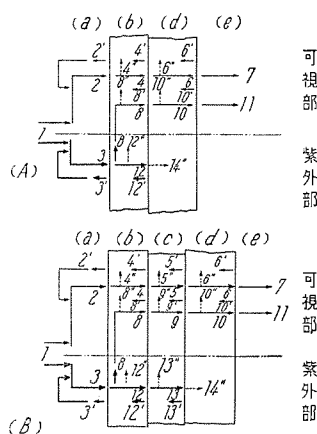
常のランプよりも大きい値を示す場合があることが明らかである。

当初われわれは管壁内面に導電性薄膜を付加したため、その光透過性の良好なことは一応確かめておいたが、薄膜による光吸収の増加は当然避け得られないので、通常ランプに比べ多少光出力の減少することを予期していた。しかるに予想に反した結果を得たので薄膜材料を変更したり種々実験を反復したが、かえってこの事実を確認させる結論を得た。この薄膜がいわゆる増透膜<sup>(3)</sup>として作用することも一応考えたが、光屈折率等の点より否定される。その外この矛盾を解決すべく種々検討して見たが、以下にのべるように薄膜の良好な紫外線反射率によるものであることが明らかにされた。

### 3. 管壁近傍における可視および紫外線の関係

けい光ランプの管壁近傍における光エネルギーの関係をモデル的に示せば2図のようになる。（実際には多重反射拡散等により非常に複雑であるが、ここには簡略化して考える。）(A)は通常のランプの場合で、(a) 陽光柱部、(b) けい光膜、(d) ガラス壁、(e) 外気とすれば、陽光柱部で発生された可視線および紫外線1は図示の経過をたどり、結局外部に対して可視線7および11を放出することになる。いま(B)のごとく薄膜(c)を(b),(d)間に挿入すれば(A)の場合に比し5'', 9''等の可視部吸収が新たに発生して発光効率は減少するはずである。このモデルにおいて(c)が加わってなおかつ光出力が増加する可能性としては、けい光膜と薄膜間の紫外線反射分12'が増加し可視部8, すなわち11が増大し、この増加分が5'', 9''等の吸収損失を補償してあまりある場合が考えられる。つまり発光に対して無効分となるべき14''の一部分が有効分となりランプ全体としての発光効率を増加せしめるのである。

いま、けい光膜厚さ  $d$ 、導電性薄膜厚さ  $w$  のけい光ランプにおいて、水銀可視線による分は一応考慮外におき、



2 図 管壁近傍における放射エネルギー平衡

(A) 薄膜なし (B) 薄膜あり  
→ 可視線 → 吸収損失  
→ 紫外線

Fig. 2. A model showing the radiation energy balance at the bulb wall.

(A) Without conductive-coating.  
(B) With conductive-coating.  
→ Visible radiation  
→ Ultra-violet radiation  
→ Absorption loss

紫外線量  $W$  による光出力  $P$  は、 $k$  を定数とすると次式のように表わされる。

$$P = kWu(d, w)t(d, w) \dots (1)$$

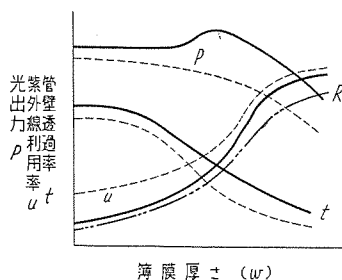
ただし  $u$  はいわゆる紫外線利用率、 $t$  はけい光膜、ガラス壁を総合した可視線に対する光透過率とする。

けい光膜厚さを一定とし、薄膜厚さ  $w$  を変化した場合、3図に示すように  $w$  の大となるに従い紫外線反射率  $R_u$  は増大し、かつ可視線に対する管壁透過率  $u$  は減少するものと仮定すれば、 $u$  および  $t$  は定性的に図のように変化するものと考えられ、したがって  $u$  および  $t$  の関係によっては光出力  $P$  は  $w$  のある範囲において極大値を示すことが期待される。 $d$  および  $w$  の種々なる値に対して光出力  $P$  が正確に(1)式により満足せられるとは考えにくい、大略の傾向は代表するものと見なされる。3図において破線で示す  $u$  および  $t$  曲線は実線のそれよりもけい光膜厚

さ  $d$  の大きい場合について考えたものでこれらの関係によっては破線  $P$  曲線のように光出力が極大を示さない場合のあることも当然期待される。

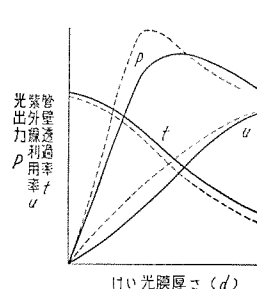
また、薄膜厚さ  $w$  を一定とし、けい光膜厚さ  $d$  を変化した際は4図のごとき、 $u$ 、 $t$  および  $P$  特性を示すことが予想される。同図において実線は薄膜のない通常ランプ、破線は適当な厚さの薄膜を有するランプについて考えられるものである。

上記の考察は、管壁内面に設けた薄膜が良好な紫外線反射率  $R_u$  をもち、このために紫外線利用率が増加することを仮定して進めたものであるが、われわれの場合このような事実が成立しているか否かを以下実験により確かめて見よう。



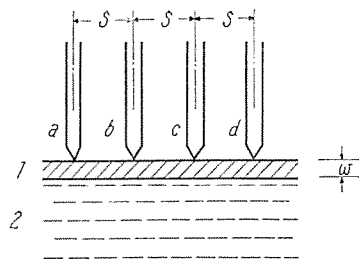
3 図 けい光膜厚さ一定の場合の薄膜厚さと諸量の関係

Fig. 3. Qualitative representation of the conductive-coating thickness vs. lamp-output, utility factor of uv. radiation and wall transparency under constant thickness of phosphor coating.



4 図 薄膜厚さ一定の場合のけい光膜厚さと諸量の関係

Fig. 4. Qualitative representation of the thickness of phosphor coating vs. lamp-output, utility factor of uv. radiation and wall transparency under constant thickness of conductive-coating.



5 図 導電性薄膜の固有抵抗値測定法

Fig. 5. Measurement of specific resistivity of conductive thin film by the probe method.

#### 4. 導電性薄膜の厚さと電気抵抗の関係

薄膜を対象とする問題において必要とされる測定量の第1はその厚さである。固体表面に付着された薄膜厚さの測定法には種々あるが、この研究に取扱うようなガラス上にガラス態薄膜を施した状態のものでは一般にすこぶる困難である。幸いわれわれの場合は薄膜が若干の導電性を有するので薄膜厚さを電気的測定量で代表させることを試みた。

5 図のように、十分広い絶縁性基板 (2) 上に均一な厚さ  $w$  の導電性薄膜 (1) が塗着せられた場合、a, b, c および d なる 4 本の金属探針を等間隔  $s$  に一直線上に並べ、探針先端の寸法を  $s$  に比し省略できる程度とする。各探針を薄膜に圧着し、a, d 間に直流電流  $I$  (amp.) を通じ、零位法により b, c 間の電位差  $V$  (volt) を測定すれば、この比抵抗  $\rho$  ( $\Omega$  cm) は<sup>(4)</sup>

$$\rho = \frac{\rho_0}{G_T \left( \frac{w}{s} \right)} \quad \dots \dots \dots (2)$$

ただし

$$\rho_0 = \frac{V}{I} 2\pi s \quad \dots \dots \dots (3)$$

ここに  $G_T(w/s)$  は  $w/s$  値により決定される補正係数である。いま  $w/s$  がきわめて小さい場合

$$G_T = \frac{2s}{w} \ln 2 \quad \dots \dots \dots (4)$$

と近似されている。したがってこの場合比抵抗  $\rho$  は

$$\rho = \frac{V}{I} \frac{2\pi s}{\frac{2s}{w} \ln 2} = \frac{V}{I} w \frac{2\pi}{\ln 2} \quad \dots \dots \dots (5)$$

よって膜の厚さ  $w$  は

$$w = \frac{I}{V} \frac{\ln 2}{2\pi} \rho = \frac{\ln 2}{2\pi} B\rho \quad \dots \dots \dots (6)$$

ただし

$$B \equiv I/V \text{ (V)}$$

すなわち厚さ  $w$  はその比抵抗  $\rho$  が既知であれば探針間隔  $s$  に無関係に電気的測定量により決定される。近似関係 (4) は実用上  $s/w > 5$  において成立するものと見られるからわれわれの場合にはもちろん差支えない。

比抵抗  $\rho$  は導電性ガラスについては実測が困難でありまたその薄膜も表面部分とガラスに融着した内部とで均一な特性をもつか否かは不明であるが、もし薄膜材料お

内壁に導電性薄膜を有するけい光ランプの光出力・山下・竹田

よび処理法が一定ならば膜の厚薄等に無関係に一定の  $\rho$  値を有するものと仮定すれば、(6) 式のように厚さ  $w$  は  $B=I/V$  値に比例するので、以下の論議においては  $B$  をもって  $w$  を代表させることにする。

一般に薄膜の干渉鋭敏色において first order の赤色を呈する場合の膜厚は  $775 \text{ \AA}$  付近<sup>(5)(6)</sup> とされている。今われわれの試料において酸化錫系統の導電ガラスの場合、多数の試料のうちからこのものを選べば  $B=I/V=8 \times 10^{-2}$  V 程度であった。よって (5) 式より

$$\rho = \frac{V}{I} w \frac{2\pi}{\ln 2} = \frac{775 \times 10^{-8}}{8 \times 10^{-2} \cdot 0.1104} = 8.8 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$$

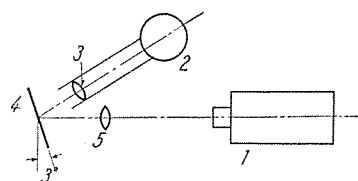
これは酸化錫系統について示てされた値<sup>(5)</sup>  $\rho=10^{-3} \Omega \text{ cm}$  とほぼ一致した値である。

電気抵抗値および紫外線特性等の測定に使用した試料は  $12.5 \times 40 \text{ mm}$  の短冊状で厚さ  $0.6 \sim 1.3 \text{ mm}$  のガラスおよび石英板に種々の厚さの導電膜を、数種の導電性ガラス材料で形成せしめた。5 図の測定に使用した探針は直径  $0.3 \text{ mm}$  で先端を  $45$  度の角度に研磨し、先端直径を  $0.03 \text{ mm}$  程度にしたタングステン線で、その途中を直角に折り曲げ、間隔  $s=2 \text{ mm}$  とし先端が一直線上にあるよう配列した。a, d 間に通ずる電流は  $10^{-7} \sim 10^{-4} \text{ amp.}$  の範囲で、試料としては全表面にわたりほぼ均一の  $B$  値をしめすものを紫外線特性などの測定に供した。導電性ガラスの物理的性質には経日変化が認められるので、試料作製後十分洗浄乾燥して低圧容器に保存し、電気抵抗値等が一定になったものを供試した。また表面に油脂薄層などの付着は光学的ならびに電気的測定値に大きい影響を与えることがあるのでとくに留意した。

#### 5. 導電性薄膜の紫外線反射特性ならびにその考察

前記の方法で全面にわたりほぼ均一な  $B$  値を示す試料の紫外線反射特性を 6 図に原理的に示す方法により測定した。(1) は石英分光器で分光スペクトルを写真乾板に記録する。紫外線源としては直径  $25 \text{ mm}$  の紫外線透過性のガラス製水銀放電管のほぼ中央部の発光を石英レンズ (3) および (5) に通じ、試料板 (4) よりの反射光強度を測定した。研究の目的には垂直反射特性が望ましいが、装置の都合上、試料を分光器中心軸に対し  $3$  度の傾斜に保った。この測定法では試料の傾斜、取付位置ならびにバックグラウンドなどを厳密に一定にする必要があるのとくにこの点を留意した。

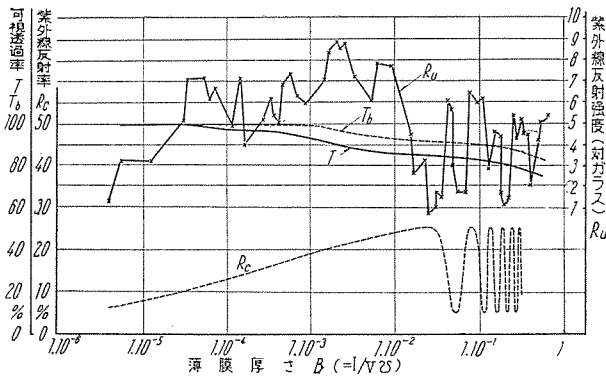
マイクロホメータによる各スペクトル強度の測定によれば、数本の可視スペクトル線については薄膜を有しな



6 図 導電性ガラスの紫外線反射特性の測定装置

Fig. 6. Measurement of u.v. reflectivity of the glass plate with conductive-coating film.





7 図 導電ガラスの光学的特性

Fig. 7. Optical properties of conductive-coating glass plates.

いガラスと導電薄膜を施したガラスの間に反射強度に大差はないが、2,537 Å 紫外線に対しては著しい特色が認められた。

7 図は酸化錫を主体とする導電性ガラス試料において横軸に  $B=I/V$  値の対数目盛を、縦軸に紫外線反射その他の光学的測定量を与えるものである。 $R_u$  曲線は試料の 2,537 Å 線反射特性を薄膜を有しない通常のガラスに対する値を単位としてあらわしたものである。 $R_u$  曲線の著しい特長は導電ガラスの 2,537 Å 線に対する反射が通常のガラスに比し一般に大きく 9 倍にも達する場合があることは注目すべき点であるが、 $B$  の値によっては  $R_u=1$ 、すなわち通常のガラス程度にも低下することも顕著な傾向である。したがって導電ガラスの 2,537 Å 反射特性は 3 図  $R_u$  曲線に示したように単調に変化するものでないことが確認された。

薄膜の光学によれば<sup>(7)</sup> 屈折率  $n_0$  のガラス板上に屈折率  $n$ 、厚さ  $w$  の吸収のない薄膜があるとき (吸収のある場合は  $n=\bar{n}-ik$  とする)。波長  $\lambda$  の光に対する反射率は  $n>n_0$  の場合

$$nw=m\frac{\lambda}{4}, m=1, 3, 5 \dots\dots\dots(7)$$

の条件の成立するとき、最大反射率

$$R_{\max}=\left(\frac{n_0-n^2}{n_0+n^2}\right)^2 \dots\dots\dots(8)$$

を示し、

$$nw=m\frac{\lambda}{4}, m=0, 2, 4, 6 \dots\dots\dots(9)$$

の場合に最小反射率、すなわち基体のガラス板の反射率を与えられるものである。

この理論がわれわれの場合にもそのまま成立するものとし、 $n_0$  および  $n$  を 2,537 Å 紫外線に対する値にとると、 $nw$  が 2,537 Å/4=634 Å の奇数倍のときに極大、

1 表 紫外線反射率の最大、最小に対応する  $B(=I/V)$  値

m	紫外線反射率の最大最小に対応する B 値 (Ω)	
	最 大	最 小
0		0
1	$2.61 \times 10^{-2}$	
2		$5.22 \times 10^{-2}$
3	$7.83 \times 10^{-2}$	
4		$1.04 \times 10^{-1}$
5	$1.31 \times 10^{-1}$	
6		$1.57 \times 10^{-1}$

偶数倍のときに極小の反射率を示すはずである。いま導電ガラス試料を酸化錫を主体とするものを取り、薄膜を  $\text{SnO}_2$  のみと仮定すると 2,537 Å に対し  $n=2.2$ 、ガラスについては石英ガラスの 2,537 Å に対する値を取り  $n_0=1.6$  と推定すれば、前節の論議より  $\rho \div 10^{-3} \Omega \text{ cm}$  ととり、最大および最小の反射率を与える場合に対応する  $B=I/V$  値を (6), (7) および (9) 式より算出すれば、1 表のようになる。

また、最大反射率  $R_{\max}$  の値は (8) 式より

$$R_{\max}=\left(\frac{1.6-2.2^2}{1.6+2.2^2}\right)^2=25.3\%$$

J. B. Sabine らの測定<sup>(8)</sup> によれば、ガラスに対する 2,537 Å 線の垂直反射率は 4.7% 程度であるから、 $R_{\max}$  の場合、ガラスに対し  $25.3/4.7=5.4$  倍に達するはずである。7 図においてこれが 9 倍程度にもなっている場合があるのは、上記の仮定した条件ならびに数値に推定が多いことによるのであろう。

7 図  $R_c$  曲線は 1 表および  $R_{\max}=25.3\%$ 、 $R_{\min}=4.7\%$  に基いて示した反射率曲線であって、 $R_u$  曲線とは形状に多少の差異は認められるが、その特異な実験結果が薄膜の光学理論にもとづく  $R_c$  曲線に類似していることにより説明されたものと考えられる。

同図において曲線  $T$  は導電ガラス板の可視部透過率を同一厚さのガラス板に対して示すもので、4,000—6,000 Å にわたる範囲の平均値である。また種々の厚さの導電薄膜を有するガラス管内部に光源を挿入し、薄膜のないガラス管に対する透過光度の比を測定した結果を同図  $T_b$  に示す。

同様に石英板に塗布した導電性薄膜の、同一厚さの石英板に対する 2,537 Å 線透過率を測定した結果、表面反射を考慮すれば相当良好な透過率を有し、上記反射理論の成立する根拠の 1 つである導電薄膜が 2,537 Å 線吸収率の小さいという条件に合致することが見出された。

## 6. 薄膜厚さ、けい光体塗布量ならびに光出力の関係に対する考察

上記に得られた結果を実際のけい光ランプに適用して考察を加えてみよう。

けい光ランプの光出力が簡単な (1) 式で表わされるものと考え、かつ  $u(d, w)$  および  $t(d, w)$  を

$$\left. \begin{aligned} u(d, w) &= u_a + (1 - u_a)r_u \\ t(d, w) &= t_d T_b \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(10)$$

の形に表わされるものとする。ここに

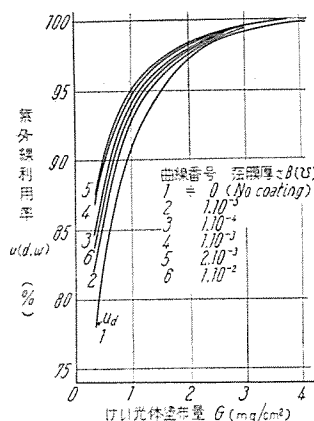
$u_a$ : 薄膜のない場合 ( $B=0$ ) でけい光膜厚さ  $d$  に対する紫外線利用率。

$r_u$ : 7 図の  $R_u$  値とガラスの反射率 4.7% より  $r_u=4.7 \times R_u\%$

$t_d$ : 薄膜のない場合 ( $B=0$ ) でけい光膜厚さ  $d$  に対する総合可視線透過率

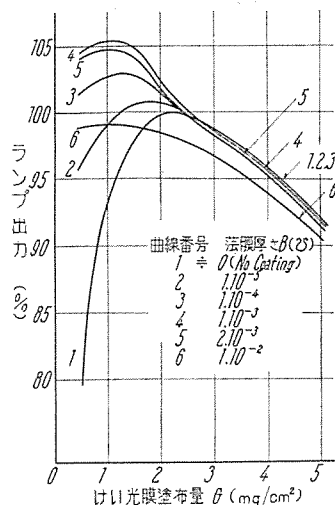
$T_b$ : 7 図の  $T_b$  値

とする。 $u_d, t_d$  の値は従来の一般けい光ランプについて測定されたものを使用してまず  $u(d, w)$  とけい光膜の塗布量の関係を 8 図のごとく見出し、これより (1) 式によりランプ光出力とけい光膜塗布量の関係を算出すれば 9



8 図 けい光膜塗布量と紫外線利用率の関係

Fig. 8. Relation between the utility factor of 2537 Å radiation and phosphor coating weight.



9 図 種々の薄膜厚さを有するランプのけい光膜塗布量と光出力との関係(算定値)

Fig. 9. Relations between the lamp-output and phosphor coating weight.

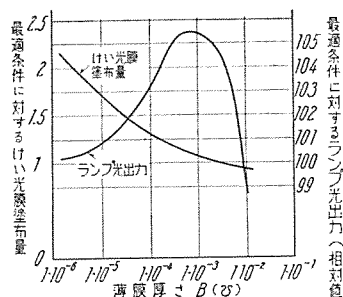
図が得られる。ただし同図は  $B=0$  すなわち導電性薄膜のない場合(曲線 1)の光出力最大の点を 100% に合せた。本図より導電性薄膜を有するランプについて、つぎのような特長のあることが見られる。

(1)  $B$  の値によっては光出力の最高値は薄膜を有しない通常のランプに比し高くすることができる。たとえば  $B=1 \times 10^{-3}$  びの厚さの場合、最適条件では 5% 程度光出力を増加せしめうる。

(2) 光出力の最大、すなわち、いわゆる最適条件に対応するけい光膜塗布量は通常のランプに比し少い。すなわちけい光膜量を節減して光出力を増加せしめる顕著な効果を有する。たとえば  $B=1.10^{-3}$  びの厚さの場合、最適塗布量は通常ランプの約 60% にとどめることができる。

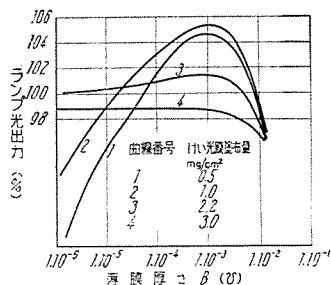
(3) 一般に最適条件付近における山の形状が平坦である。すなわち薄膜を有するランプでは、最適条件の付近においてけい光膜塗布量に多少のバラツキのある場合にも光出力の変動は比較的少くすることができるから、ランプ製作において管理が容易となる。

9 図より最適条件におけるランプ光出力、けい光膜塗



10 図 最適条件におけるランプ光出力けい光膜塗布量と薄膜厚さの関係

Fig. 10. Relations between the lamp-output, phosphor coating weight and thickness of conductive coating film under the optimum condition.



11 図 けい光膜塗布厚さを一定に保ったランプの光出力と薄膜厚さの関係(算定図)

Fig. 11. Relations between the lamp-output and film thickness of conductive-coating under the constant phosphor weight.

布量と薄膜の厚さの関係を求め、これを 10 図に示す。通常のランプより光出力を増加せしめうる薄膜厚さと、これに対応するけい光膜最適塗布量がこれにより明示される。ラピッドスタート・ランプとして好適な点燈特性を示すのは 40W T-12 ランプについては管壁抵抗値 400~500 kΩ 以下、すなわち  $B$  値において  $2 \times 10^{-4}$  び以上の範囲であり、 $B=1 \times 10^{-2}$  び付近では薄膜による管壁の着色などのため実用できず。この方面よりも薄膜厚さを  $1.10^{-3}$  び前後に保つ必要があり、この範囲に薄膜厚さを保持している当社ラピッドスタート・ランプは一石二鳥の効果をもつものといえよう。

9 図より一定のけい光膜塗布量に対応する薄膜厚さとランプ光出力の関係を求めることができる。その 2, 3 の例を 11 図にしめす。実験的に求めた 1 図の関係がこの図に与えられている。

## 7. む す び

内壁に導電性薄膜を有するラピッドスタート・ランプが薄膜を有しないものに比し大きい光出力を出す原因が、けい光膜を透過して無効となるべき紫外線を、薄膜の良好な紫外線反射性質により内面に反射し、紫外線の利用効率を向上させている点にあることを実験的に確かめ、またその薄膜の有する物理的性質よりその必要な膜厚さ等の条件を求めた。

以上のべたように、われわれの研究の結果、内壁に導電性薄膜を有するランプの特長として、通常のゼネラルライン・ランプに比し、(1) 数 % の光出力の増加が期待できる。(2) けい光膜使用量を節減できる。(3) けい光膜形成上の管理が容易となる。などの利点があり、その優秀な点燈特性と相まって、この形式のラピッドスタート・ランプの卓越しているゆえんが明らかとなった。

終りにのぞみ、本研究遂行にあたりご援助をうけた研究所化学第 2 研究室林技師その他の各位に深甚なる謝意を表する。

## 参 考 文 献

- (1) 山下、竹田：三菱ラピッド型けい光燈 (三菱電機 Vol. 31, No. 8, 1957 p. 62—65)
- (2) たとえば W.E. Forsythe & E.Q. Adams: Fluorescent and other gaseous discharge lamps (1948, Murray Hill, N.Y.) p. 84.
- (3) たとえば O.S. Heavens: Optical properties of thin solid films (1955, Butterworth Scientific Pub., London) p. 208.
- (4) R.M. Ryder & W.R. Sittner: Resistivity Measurements on Germanium for Transistor (I.R.E., Vol. 42, No. 2, 1954, p. 420—427.)
- (5) U.S.A. Patent, No. 2,564,706 (1951).
- (6) U.S.A. Patent, No. 2,564,677 (1951).
- (7) たとえば木内政蔵編：薄膜の光学 (1954, 岩波) p. 2 および p. 8
- (8) L.R. Koller: Ultraviolet Radiation (1952, John Wiley & Sons, N.Y.) p. 185.

# 螢光水銀燈用砒酸マグネシウム・リチウム：マンガン螢光体

研 究 所 立原芳彦\*・秦 卓也\*\*・栗津健三\*\*

## Magnesium Arsenate · Lithium, Manganese Phosphor for Fluorescent Mercury Lamps

Engineering Laboratory Yoshihiko TACHIARA · Takuya HATA · Kenzo AWAZU

Magnesium arsenate: manganese phosphor has a wide excitation band ranging from 2000 to 4500 Å and gives off deep red fluorescent light consisting of several narrow bands from 6200 to 6700 Å when irradiated with ultraviolet rays. This is emission of light due to high valent manganese as in magnesium fluorogermanate and magnesium titanate fluorescent substance. This fluorescent substance, when heated in the vacuum or irradiated with strong ultraviolet rays, loses yellow body color and the light becomes very weak. Evolution of  $O_2$  gas is noticed in this case to indicate that  $MnO_2 \rightarrow MnO$ , i.e.,  $Mn^{+4}$  changes to  $Mn^{+2}$ . This reaction is much more active in reducing atmosphere. In the writers' experiment it has been discovered that a little quantity of alkali metal added to the substance greatly improves the stability, promising its characteristics fit to practical use.

### 1. ま え が き

螢光水銀燈は石英製高圧水銀燈の色調を改善するために、その外管に紫外線により赤色に発光する螢光体を塗布したものである。現在この目的にはフロロゲルマニウム酸マグネシウム：マンガン螢光体が多く使用されている。この螢光体は長短いずれの紫外線によっても効率よく励起され、赤色に発光し安定性もよくすぐれた特性をもっている。しかしながらこれによって色補正された水銀燈は、やや黄緑色がかった白色で必ずしも良好な色調とはいえない。また、原料にゲルマニウムを使用しているために価格が非常に高い。

砒酸マグネシウム：マンガン螢光体は前者とよく似たある点ではすぐれた特性をもっているが、高温では紫外線照射により輝度低下があることを認めた。筆者らは種種の条件においてこの劣化をしらべ、その原因が  $Mn^{+4} \rightarrow Mn^{+2}$  の反応によることをつきとめた。そしてアルカリ金属を成分中に含有せしめたものは、紫外線に対して安定化されることを見出した。

### 2. 螢光体の合成

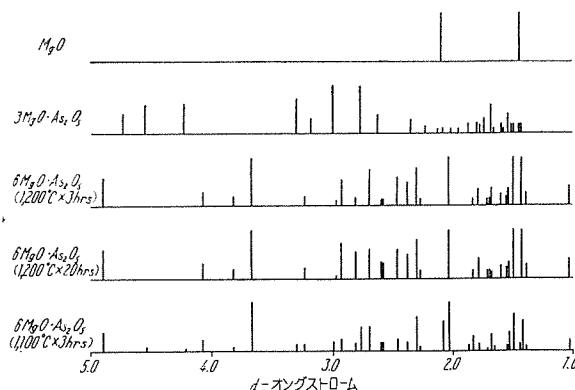
砒酸マグネシウム：マンガン螢光体は、6 モルの酸化マグネシウム、1 モルの無水砒酸および活性体として少量のマンガンよりなる。これは普通  $6MgO \cdot As_2O_5 : Mn$  として示される。マンガンは硝酸塩として、アルカリ金属はすべて炭酸塩として添加した。

十分精製された各原料、すなわち酸化マグネシウムと

炭酸アルカリ粉末を混合、これに純水で溶解した無水砒酸および硝酸マンガン徐徐に加える。このとき大部分は砒酸と反応する。恐らくオルソ砒酸マグネシウム、砒酸アルカリおよび酸化マグネシウムの混合物となるものと思われる。これを  $250^\circ C$  で乾燥後、粉碎、坩堝に入れて空气中  $1,150 \sim 1,250^\circ C$  で適当時間焼成する。これをさらに粉碎し同様の条件で再焼成をおこなう。

この螢光体は酸化マグネシウムを大量に含むところから、その反応に非常に長時間を要する。アルカリ金属を添加したものは、これがある程度融剂的な役目をなし、比較的短い時間で完全に反応する。

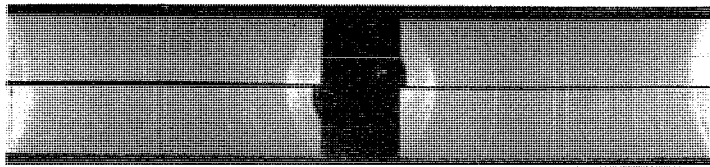
このようにして得られた螢光体は、 $Mn^{+4}$  特有の黄色がかった体色を有し、X線回折像により調べると過剰の酸化マグネシウム、あるいはオルソ砒酸マグネシウムを



1 図 砒酸マグネシウムの X 線回折像

Fig. 1 X-ray diffraction patterns of magnesium arsenate.





上 5.8 MgO · 0.1 Li<sub>2</sub>O · As<sub>2</sub>O<sub>5</sub> · 0.02 Mn  
下 6.0 MgO · As<sub>2</sub>O<sub>5</sub> · 0.02 Mn

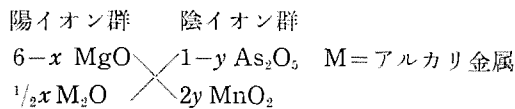
2 図 砒酸マグネシウム：マンガン蛍光体の X 線回折写真

Fig. 2. X-ray analytic photograph of magnesium arsenate: manganese phosphor.

含まない。(1 図参照)

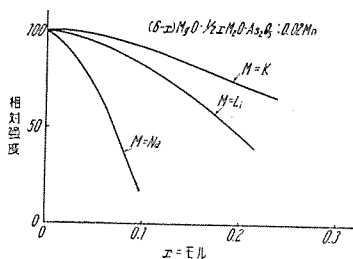
### 3. アルカリ金属を含む砒酸マグネシウム：マンガン蛍光体

Li, K, Na 等のアルカリ金属の酸化物は無水砒酸と結合して砒酸アルカリとなり、砒酸マグネシウムと固溶体を形成していると考えられる。少量を添加したときは構造的にほとんど変化が認められない。蛍光体中におけるイオンの結合は、簡単に示すとつぎのようにわけられる。



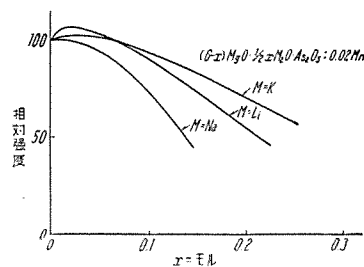
アルカリ金属の添加量を変えて、明るさの変化をもとめると 3, 4 図のようになる。金属の種類によって相当な差があり、かつ量が多くなると、いずれも発光効率が減少する。

アルカリ金属をハロゲン化合物として添加したものは、その量と共に急激な明るさの低下を示す。これは恐らく



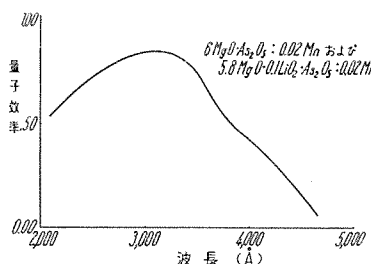
3 図  
アルカリ金属の添加量と明るさの関係  
(2,537 Å 励起) 25°C

Fig. 3.  
Relations between added quantity of alkali metal and luminosity  
(2,537 Å excitation)



4 図  
アルカリ金属の添加量と明るさの関係  
(3,650 Å) 25°C

Fig. 4.  
Relation between added quantity of alkali metal and luminosity  
(3,650 Å excitation)



5 図  
砒酸マグネシウム：マンガン蛍光体の励起帯  
Fig. 5.  
Excitation band of magnesium arsenate: manganese phosphor.

ハロゲンの介入により、まったく異なった結晶構造をとるためと思われる。事実数%のアルカリハライドを添加した砒酸マグネシウムは、大部分アバタイト構造に変化し、同時に酸化マグネシウムの過剰が生ずることをX線的に確めた。

### 4. 紫外線照射による発光効率の減衰

砒酸マグネシウム：マンガンは真空中で高温に加熱すると、その効率が低下するが、これに紫外線が加わるとさらに激しい劣化を示す。蛍光水銀燈では蛍光膜は 200°C 以上となり、約 4 cm の近距離から強い紫外線を受けるため極端な場合は数時間でその発光を失う。このとき  $\text{Mn}^{++}$  による特有の体色が失われ 6 図のように反射スペクトルにも大きな変化が見られる。蛍光体が酸化性雰囲気中にあるときは、ほとんどこの現象を起さない。また、これらの劣化した蛍光体を空気中で再焼成すると元の明るさにもどる。

種々の試料をガラス板上に塗布し、石英管内に入れ、真空あるいはガスを封入し、加熱しながら 4 cm の距離から 600 W 石英高圧水銀燈で照射した。封入ガスとしては酸素を過マンガン酸カリ、炭酸ガスを炭酸マンガンの加熱分解により得た。

この結果を 7 図～10 図に示す。

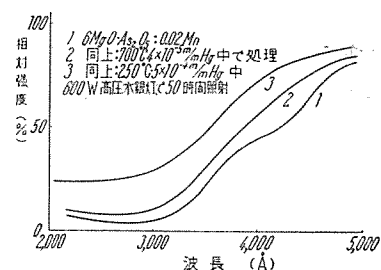
水銀燈と試料の間に 2,800 Å 以下の紫外線を透さない Sun Lamp 用のガラスを入れた場合、ほとんど劣化を示さないことから、2,537 Å あるいはそれ以下の紫外線が原因となっていることがわかる。そして照射時の温度が高いと反応は非常に激しい。

興味あることは還元性雰囲気をつ封入した際、きわめて短時間に劣化を示すのは蛍光膜の表面のみで、直接紫外線にさらされない内部はまだ発光をおこなう、このことは 200°C 付近では紫外線の存在において始めて劣化の反

1 表 熱処理による明るさの変化 3,650 Å 励起

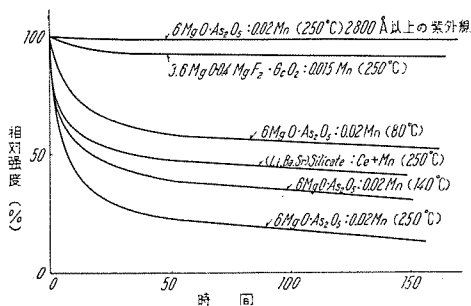
試料	もとの明るさ	$4 \times 10^{-5}$ m/m Hg 700°C × 2 時間	空气中 1,100°C 5 時間 (*)
3.6 MgO · 0.4 MgF <sub>2</sub> · GeO <sub>2</sub> · 0.015 Mn	100	94	96
6 MgO · As <sub>2</sub> O <sub>5</sub> · 0.02 Mn	100	75	102
5.8 MgO · 0.1 LiO <sub>2</sub> · As <sub>2</sub> O <sub>5</sub> · 0.02 Mn	100	89	100

(\*) 真空処理を行ったものをさらに熱処理した。



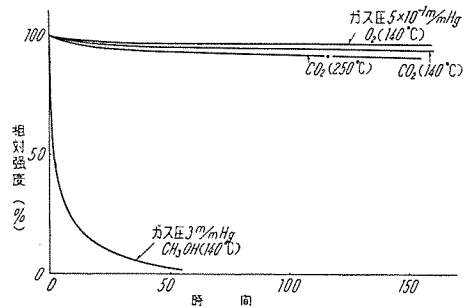
6 図 砒酸マグネシウム：マンガン蛍光体の反射スペクトル

Fig. 6. Reflective spectrum of magnesium arsenate: manganese phosphor.



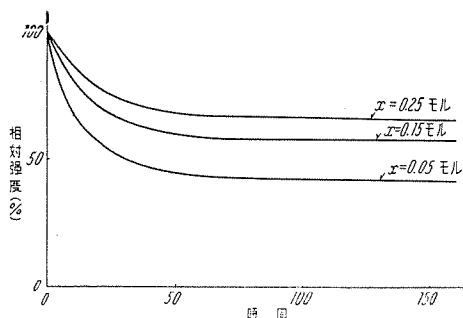
7 図 高圧水銀燈照射による蛍光体の劣化 ( $5 \times 10^{-4}$  mmHg 真空中: 蛍光体の種類および温度について)

Fig. 7. Deterioration of phosphor by the irradiation with high pressure mercury lamp.



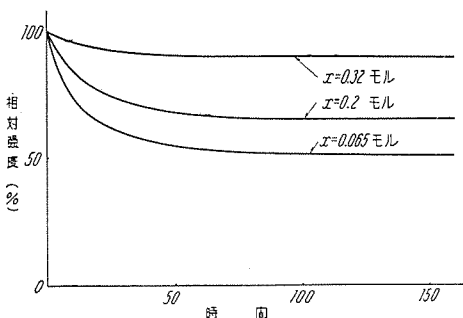
8 図 高圧水銀燈照射による蛍光体の劣化 (雰囲気を変えた場合)

Fig. 8. Deterioration of phosphor by the irradiation with high pressure mercury lamp.



9 図 高圧水銀燈照射による蛍光体の劣化 ( $(6-x)$   $\text{MgO} \cdot \frac{1}{2}x \text{K}_2\text{O} \cdot \text{As}_2\text{O}_5 : 0.02 \text{Mn}$   $5 \times 10^{-4}$  mmHg 250°C)

Fig. 9. Deterioration of phosphor by the irradiation with high pressure mercury lamp.



10 図 高圧水銀燈照射による蛍光体の劣化 ( $(6-x)$   $\text{MgO} \cdot \frac{1}{2}x \text{Li}_2\text{O} \cdot \text{As}_2\text{O}_5 : 0.02 \text{Mn}$   $5 \times 10^{-4}$  mmHg 250°C)

Fig. 10. Deterioration of phosphor by the irradiation with high pressure mercury lamp.

応が生ずることを示している。

真空中において加熱した場合の放出ガスを質量分析器により調べたが、吸着されている水分の外はほとんど酸素よりなる。Liを含む、あるいは含まない砒酸マグネシウムマンガン蛍光体のガス放出特性は2表のようである。

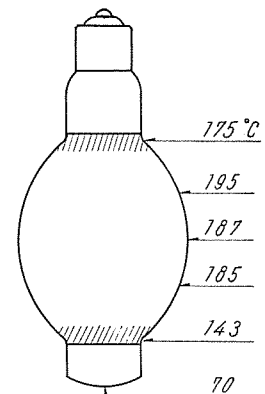
これらの結果ではリチウムを介入せしめた蛍光体は安定性がよくなることを示している。

2 表 砒酸マグネシウム：マンガン蛍光体のガス放出特性

試料	平衡温度	平衡圧力	流出速度
6 $\text{MgO} \cdot \text{As}_2\text{O}_5 : 0.02 \text{Mn}$	550°C	9.79 $\mu\text{Hg}$	22.08 cc $\mu\text{Hg/sec/g}$
5.8 $\text{MgO} \cdot 0.1 \text{Li}_2\text{O} \cdot \text{As}_2\text{O}_5 : 0.02 \text{Mn}$	570	9.04	20.04

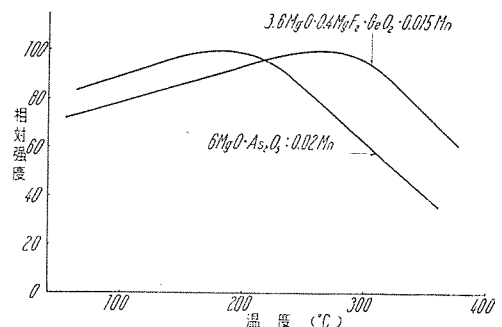
## 5. 温度による発光効率の変化

蛍光体は一般に温度が上昇すると、発光スペクトルが



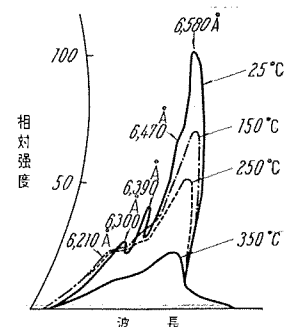
11 図 400 W 蛍光水銀燈のバルブ表面温度 (下向点燈)

斜線内・蛍光体塗布  
Fig. 11. Bulb surface temperature of 400 W fluorescent mercury lamp.



12 図 2 種の蛍光体の温度による明るさの変化。3,650 Å 紫外線による励起・VR-3 フィルタ透過光

Fig. 12. Change of luminosity of two kinds of phosphor due to temperature.



13 図 砒酸マグネシウム・リチウム：マンガン蛍光体の温度による分光分布の変化 (3,650 Å 励起)

Fig. 13. Change of spectroscopic distribution due to temperature of magnesium arsenate: manganese phosphor.

変化し発光効率が低下する。砒酸マグネシウム：マンガンはフロロゲルマニウム酸マグネシウム：マンガと同様 13 図のようにスペクトル分布はやや短波長側に移行するが、3,650 Å で励起した場合の明るさは前者は 200°C、後者は 260°C 付近で最大値を示す。(12 図) これはいずれも蛍光水銀燈の使用時の温度で (11 図) もっとも高い効率を発する非常にすぐれた特

性である。そして活性体濃度の高いとき最大値は低温側へ、低いときは高温側へ移動する。このことはいわゆる濃度消光、温度消光として説明される理論にしたがう。スペクトル分布は長波長側の peak が小さくなるが、視感度の低いところなので明るさにはさほど影響はない。発光そのものは深赤色から橙色がかかる。少量のリチウム

3 表 砒酸マグネシウム：マンガン蛍光体の塗布量を変えた 400 W 蛍光水銀燈の光学的特性

Sample No.	透過率 (%)	全光束 (lm)	赤色光束 (lm)	赤色全光束 (%)	色 (x)	度 (y)
1	no. coating	20,500	—	—	0.330	0.400
2	184.0	20,800	1,560	7.5		
3	172.5	20,600	1,860	9.0		
4	168.0	20,600	2,020	9.8	0.353	0.402
5	129.5	20,500	2,780	13.6		
6	105.5	20,400	3,250	16.0		
7	88.1	20,100	3,560	17.8		
8	77.0	19,300	4,190	21.7	0.384	0.404
9	70.2	19,300	4,190	21.7	0.382	0.409
10	66.2	18,650	4,350	23.3	0.382	0.411
11	65.0	18,850	4,500	23.9		
12	59.5	18,250	4,500	24.6	0.384	0.409
13	54.2	17,350	4,500	25.9	0.397	0.408
14	48.2	15,950	4,350	27.3		
15	39.9	13,850	4,040	29.1		
16	33.4	12,150	3,560	29.4		
17	29.2	11,200	3,250	29.0	0.408	0.402
18*	98.0	18,500	2,350	12.6	0.359	0.420

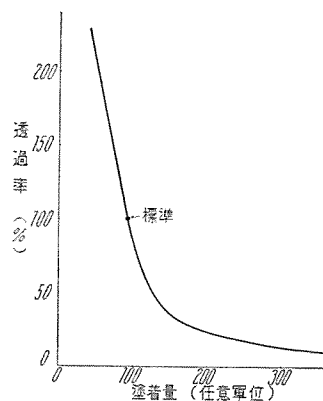
\* 3.6 MgO · 0.4 MgF<sub>2</sub> · GeO<sub>2</sub> · 0.015 Mn を使用。

添加による差はほとんど認められない。

水銀燈より放射される紫外線は前記 3,650 Å 以外も含まれ、かつ蛍光体の励起帯は幅広いので、実際には水銀燈と組合せてその温度における効率を測定し、活性体濃度を決定しなければならない。

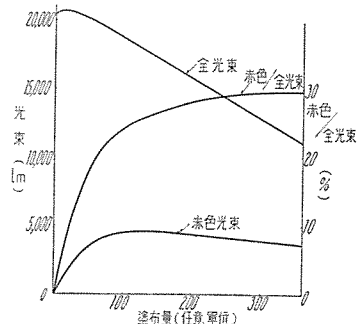
## 6. 蛍光水銀燈としての特性

リチウム 0.1 モルを添加した砒酸マグネシウム：マン



14 図 蛍光体塗布量と透過率の関係

Fig. 14. Relation between coated amount of phosphor and penetrating power.



15 図 砒酸マグネシウム蛍光体の塗布量を変えた 400 W 蛍光水銀燈の光出力曲線

Fig. 15. Light output curves of 400 kW fluorescent mercury lamp with the change of coated amount of magnesium arsenate phosphor.

ガン蛍光体を硝化綿ラッカに懸濁し、粉碎して外管内面に塗布、焼きつけてのち 400 W 石英高圧水銀燈と組合せてその光学的特性を測定した。(3 表)

蛍光水銀燈の特性を一定にするため、その蛍光膜の厚みを調節することは重要な問題である。これをチェックする方法として、適当な塗布膜を有する外管の 1 つを標準とし、内部に白熱電球を入れ一方向のみの光を取出しその値を 100 とし試料との比を求めた。この透過率と塗布量の関係は 14 図のようになる。

塗膜の厚みを変えた試料を 75 cm 球面光束計に入れ、視感度に補正した光電池を用いて全光束を測定した。同時に VR-2 フィルタを組合せ赤色光束をも測定しその比を求めた。(15 図)

全光束は塗布量を増すにしたがい始めやや上昇し、のちほぼ直線的に低下する。赤色光束は相当厚いところで最大となりのち徐々に低下、赤色対全光束の比は急激に上昇し、あとではほとんど一定である。

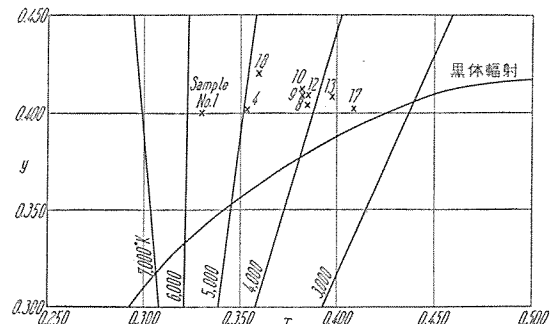
実用上要求される赤色光束対全光束の比は約 15% である。実験の結果から比較的うすい塗布量でよい。この付近では全光束は約 20,000 lm を示し、フロロゲルマニウム酸マグネシウム：マンガン蛍光体を用いたものが 18,000~19,000 lm であるのに比べ相当明るい。

これらの試料のうち数種についてリヒター型 3 色色度計により色度測定を行った。これにより砒酸マグネシウム：マンガンを用いた蛍光水銀燈は約 4,500°K, M, P, C, D 値+30 の良好な白色を得られることがわかる。(16 図)

この蛍光水銀燈の代表的なスペクトル分布図を 17 図に示す。

## 7. 考 察

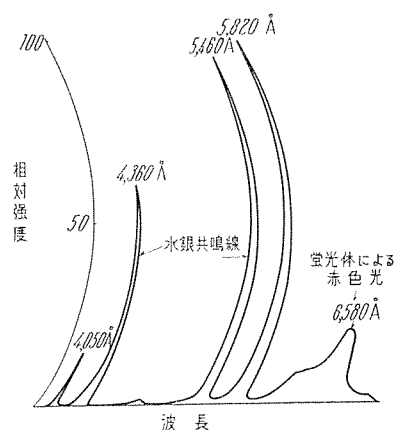
砒酸マグネシウム：マンガンは今までのべたように紫外線に対し不安定である。発光を失う直接原因は  $Mn^{+4} \rightarrow Mn^{+2}$  の反応であるが、同じ  $Mn^{+4}$  により発光する



16 図 砒酸マグネシウム：マンガン蛍光体の塗布量を変えた 400 W 蛍光水銀燈の色度図

Fig. 16. Chromaticity chart of 400 kW fluorescent mercury lamp with the change of magnesium arsenate: manganese phosphor.

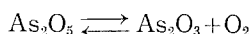




17 図 砒酸マグネシウム・リチウム：マンガン  
蛍光体を用いた 400 W 蛍光水銀燈  
の分光分布

Fig. 17. Spectroscopic distribution of 400 W  
fluorescent mercury lamp using magnesium  
arsenate: manganese phosphor.

フロロゲルマニウム酸マグネシウム：マンガンはこのような現象を引き起こさない。これは基体を構成する  $\text{As}_2\text{O}_3$  が解離しやすいものであるから、強いエネルギーを受けて  $\text{As}_2\text{O}_3$  となると  $\text{MnO}_2$  に対し触媒的な作用をおこなうためであろうと考えられる。



したがって基体としての安定性が蛍光体としての安定性に影響をおよぼしているものと思われる。

アルカリ金属の酸化物は基体格子中において、これら酸素酸塩の固定化に役立つ。たとえば、純粋の酸化マグネシウムにマンガンを加え焼成したものは発光を示さないが、少量の酸化リチウムを加えると、紫外線により  $\text{Mn}^{+4}$  の微細構造をもつ発光をおこなうことが報告されている。

これは前者と同様酸素酸基となるべき  $\text{MnO}_2$  が  $\text{Li}_2\text{O}$  により  $\text{MgO}$  中に導入される結果であろう。

$\text{Mn}^{+4}$  の発光をおこなう蛍光体すなわち、 $2 \text{MgO} \cdot \text{TiO}_2$ ,  $4 \text{MgO} \cdot \text{GeO}_2$ ,  $6 \text{MgO} \cdot \text{As}_2\text{O}_5$  について考えると、基体を構成する元素  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Ti}^{+4}$ ,  $\text{Ge}^{+4}$ ,  $\text{As}^{+5}$  および  $\text{O}^{2-}$  等のイオン半径が 4 表のように  $\text{Mn}^{+4}$  イオン半径とよく似ている。このことは  $\text{Mg}$  塩以外で  $\text{Mn}^{+4}$  の発光をおこなう蛍光体がまだ知られていないこととも関連があると思われる。

以上のことからアルカリ金属中  $\text{Li}^+$  がこれらのイオン半径とよく似ていて、基体中に介入しやすく、かつ、発光に対して有用であることが推察できる。

4 表 各元素のイオン半径

	陽イオン価	イオン半径 (Å)
Mg	+ 2	0.65
Li	+ 1	0.60
K	+ 1	1.33
Na	+ 1	0.95
Mn	+ 4	0.50
As	+ 5	0.47
Ge	+ 4	0.53
Ti	+ 4	0.64
O	- 2	0.65

## 8. む す び

砒酸マグネシウム：マンガンそのままでは蛍光水銀燈用として使用できないが、アルカリ金属、とくにリチウムを導入せしめることによって安定性を増大し、すぐれた特性を実際に利用できる見通しがついた。

この劣化の原因は短波長の紫外線による  $\text{Mn}^{+4} \rightarrow \text{Mn}^{+2}$  の反応であり、 $\text{Li}_2\text{O}$  は  $\text{MnO}_2$  の固定化に役立つことがわかった。

今後ガス放出特性などについてさらに研究し、改良を続けるつもりである。

蛍光水銀燈は近來その需要がますます増大してきている。そしてさらに明るく色調の良好なものが要求されている。砒酸マグネシウム・リチウム：マンガン蛍光体はこの目的に合致したすぐれた特性を持っている。価格的な問題も含んで将来大いに利用されるものと考えられる。

終りにこの実験に種々協力いただいた、物理第 1 研究室今村研究員、物理第 2 研究室大盛技師、後藤技師、また試料の製造測定に尽力せられた当研究室松永君に厚く感謝する次第である。

## 参 考 文 献

- (1) 井手：特許 186213
- (2) 秦，栗津：特許 222786
- (3) F. A. Kroeger: "Same Aspect of the Luminescent of Solids"
- (4) F. A. Kroeger & J. van Den Boomgard: J. of Elec. Chem. Soc. p. 337, Nov. (1950)
- (5) M. A. Lorentz & J. S. Prener: J. of Chem. Phys. Vol. 25, p. 1013 (1956)
- (6) Smisionian Tables, p. 491
- (7) H. A. Klasens: Philips Res. Rep. Vol. 9, p. 337 (1954)
- (8) J. S. Prener: J. of Chem. Phys. Vol. 21, p. 160 (1953)
- (9) 塩谷，"固体ルミネッセンス" 化学の領域 (1957)

# 螢 光 燈 調 光 装 置

大 船 工 場 東 昇\*

## Fluorescent Light Dimmers

Ofuna factory Noboru AZUMA

As the fluorescent light has come to be recognized of its high efficiency and color rendition, various kinds of dimmers have been devised for a practical use, yet few of them are so successful as to be free from flicker when the light flux is reduced and sudden change of brightness in the course of adjustment. The employment of discharge tubes for the adjustment of fluorescent light unavoidably makes the circuits a little more complicated than that of incandescent light. But the dimmer thus built must be simple in installation, durable for a long use, with less trouble in maintenance and high in dependability.

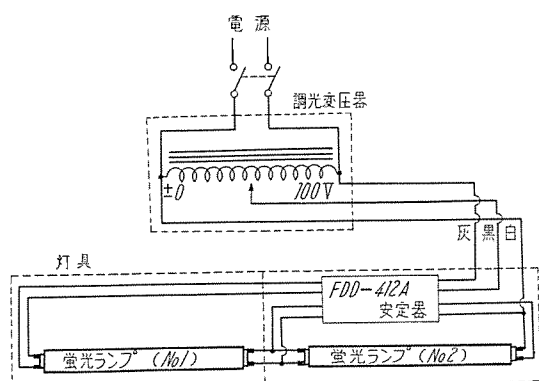
### 1. ま え が き

螢光燈の調光装置は螢光燈の効率と演色性が認められるようになると共に、多くの種類の調光方式が考案されて実用に供されるようになったが、まだ光束を絞ってもチラツキがなく調光の途中に飛躍現象のない方式はきわめて少いようである。螢光燈の調光には放電管を使用するのであるから、白熱電球の調光方式に比して回路が多少複雑になることは避けられないが、施設工事が簡単であって長期間の使用に耐え、保守に手数を要せず、信頼度の高いものでなければならない。また最近の劇場照明のようにダウンライトを併用する場合には、同一制御装置で螢光燈と白熱電球とを調光できれば取扱いが簡単になるので便利な点が多い。

以上の諸条件を考慮した螢光燈調光方式として、電圧制御方式のものを開発し、読売会館の大ホールに納入して好評を得ることができたので、この調光装置について広くご批判を仰ぐ次第である。

### 2. 回路の説明

電圧制御によるこの調光装置の基本回路は1図に示す



1 図 調光装置基本回路

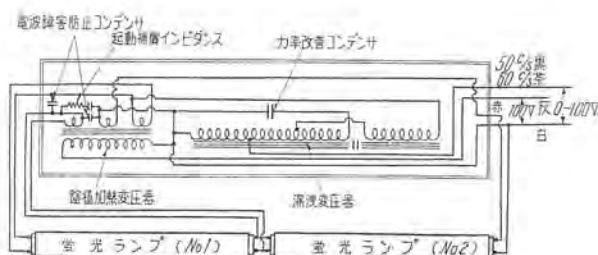
Fig. 1. Circuit of dimmer.

ようにきわめて簡単なものであって、1 個の調光用安定器に FLR-40 型ラピッドスタート螢光ランプ 2 燈を直列に接続して、各ランプの陰極に一定電流を流し、陰極を加熱しながら調光変圧器によって安定器の入力電圧を変化させ、ランプ電流を制御する逐次起動の方式である。

### 3. 調光用安定器

この調光装置に使用する変圧器については後に述べるように、従来の白熱電球の調光装置に使用されている変圧器と同じ機構であるが、安定器は下記のような螢光ランプの特性を考慮し、低電流域においても平滑な調光特性が得られるよう逐次起動の方式を採用している。

螢光燈の電流対電圧特性は負特性であるから、調光の途中、アーク放電の状態で電流が少いとき、電流と電圧との間に複雑な特性の変化があって、一種の振動を起し、いわゆるムービングストレーションと称するチラツキが現われる。またグロー放電からアーク放電に移るとき、急に電流が増す飛躍現象が現われる。この現象は安定器の出力を低くしてインピーダンスも小さい場合にとくに多く発生する。したがって低電流域のチラツキや飛躍現象を少なくするには、安定器の無負荷出力電圧を高くしてインピーダンスを大きくすればよいのであるが、安定器の無負荷出力電圧を高くし、インピーダンスを大きくすると、調光せずに定格値で速時点燈する場合に螢光燈はコールドスタートの状態になるので、螢光燈の寿命を短かくすると共に安定器の価格が実用にならないような値になる。この調光装置に使用する FDD-412A 型調光用安定器は、螢光燈 2 燈を直列に接続して低電流域ではランプ 1 燈にかかる電圧が比較的高くなるようにして、チラツキや飛躍などの不快な現象の発生を防ぐようにして、速時点燈する場合でもコールドスタートしないようにしている。



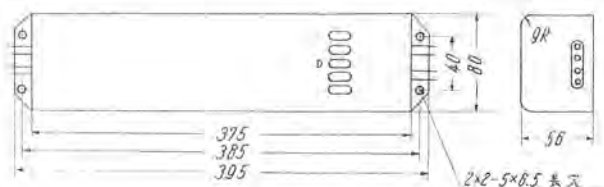
2 図 FDD-412A 型安定器結線図  
Fig. 2. Connection diagram of ballast.

#### 4. FDD-412A 型調光用安定器回路

FDD-412A 型安定器は 2 図に示す。陰極加熱変圧器・漏洩変圧器・力率改善用コンデンサ・起動補助インピーダンスおよび電波障害防止用コンデンサ等を 1 個の金属箱に納めたものである。なお安定器の定格および外形を 1 表、3 図に示す。

1 表 定 格 表

FDD-412A5 FLR-40 型ランプ直列起動方式		FDD-412A6 FLR-40 型ランプ直列起動方式	
電 圧 100V	2 次無負荷電圧 450V	電 圧 100V	2 次無負荷電圧 450V
周波数 50c/s	2 次短絡電流 0.58A	周波数 60c/s	2 次短絡電流 0.58A
電 流 1.2A	内蔵コンデンサ容量 4 $\mu$ F	電 流 1.2A	内蔵コンデンサ容量 3.3 $\mu$ F
電力損 28W	FLR-40 2 燈用	電力損 28W	FLR-40 2 燈用
力 率 90%	▽ 10-1883	力 率 90%	▽ 10-1884
外面黒色仕上、口出線長さ、ゲージ外 600 mm、製品重量 5.2 kg			



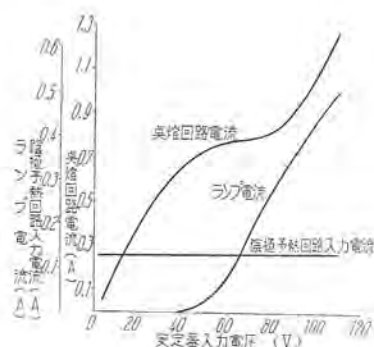
3 図 外形寸法図  
Fig. 3. Outline dimensions of ballast.

#### ア. 動作説明

調光変圧器の電源スイッチを閉じて調光用安定器の 1 次側口出線、白色、灰色間に 100V の電圧を与えると、陰極加熱変圧器により No. 1 および No. 2 の蛍光ランプの各陰極に約 370 mA の電流が流れて陰極が熱せられ、点燈の準備ができる。つぎに調光変圧器の出力電圧を 0V から逐次上昇させると調光用安定器の 1 次側口出線、白色および黒色を経て漏洩変圧器の 1 次巻線に電流が流れ、2 次側に直列に接続されている 2 燈の蛍光燈に漏洩変圧器の出力電圧が加えられる。調光変圧器の出力電圧が逐次上昇して 30~35 V になると No. 1 の蛍光燈の両端からグロー放電の状態点燈しはじめ、つぎに No. 2 の蛍光燈の点燈へと移行して行く。はじめ No. 1 の蛍光燈が点燈し始めるのは、No. 2 の蛍光燈と並列に接続されている起動補助インピーダンスにより漏洩変圧器の出力電圧の大部分が、まず No. 1 の蛍光燈に加えられて、陰極に近い部分にグロー放電を生じ、電圧

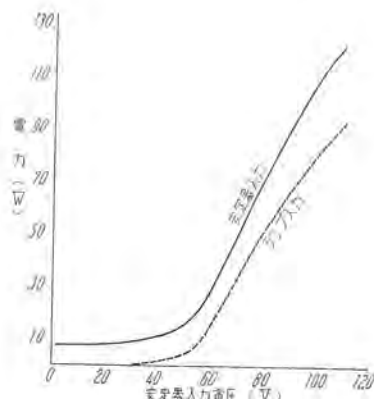
4 図 FDD-412A 型安定器電流特性

Fig. 4. Characteristics of ballast.



5 図 電力特性

Fig. 5. Characteristics of power.



の上昇とともに、局部的なグロー放電がのびて両極間をつながるようになると、グロー放電からアーク放電に変わってランプ電圧が下がるから、さらに No. 2 の蛍光燈に電圧が加わって、2 燈の蛍光燈が起動するのである。当初のランプ電流は 1mA 以下であるが、調光変圧器の出力電圧が上昇するに伴ってランプ電流も増加し、定格値の 100V ではランプ電流は 435mA となる。

FDD-412A 型調光用安定器を使用する逐次起動の調光方式は、調光中任意の調光度において連続点燈する場合でも、また最初から定格電圧で速時起動する場合でも陰極電流は一定で、ランプ電流は電圧に比例した電流値を保持するから、蛍光燈をむりな状態で使用するようなことはない。FDD-412A 型安定器は 2 燈用であるが、直列点燈方式であるから力率改善の巻線とコンデンサにより 90% の力率になるようにしている。

#### 5. 調光用蛍光燈

一般の照明に使用されている蛍光ランプはつぎの 3 種類のものが主なものである。

1. FL 型予熱起動熱陰極蛍光放電管
2. FSL 型瞬時起動熱陰極蛍光放電管
3. FLR 型速時起動熱陰極蛍光放電管

FL 型蛍光ランプはグロースタータまたはマニュアルスタータ等の起動装置を使用して点燈するもっとも普及している蛍光ランプであるが、この蛍光ランプの起動は陰極予熱電流を遮断するとき、チョークコイルによって発生するサージ電圧を利用して点燈するのであるから、低

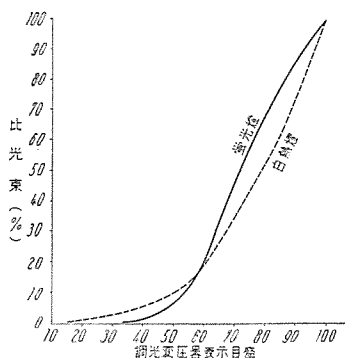
い電圧では起動させることができず、低電流域から平滑な調光特性をうることができない。

FSL 型蛍光灯は陰極を予熱せずに高い起動電圧を与えて瞬時起動を行うもので、コールドスタートに適した蛍光灯である。このランプも FL 型の蛍光灯と同様にランプ電流によって陰極の温度を保持しているのだから、ランプ電流を絞ると陰極温度が下がって、低電流では放電が持続できなくなるので調光用には不向である。

FLR 型蛍光灯はラビッドスタート・ランプと称されるもので、外部から電圧を与えて連続的陰極加熱電流を流して使用するように設計された蛍光灯である。このランプは起動に際してサージ電圧を必要とせず比較的低い電圧で確実に起動するので、陰極を適当な温度に加熱すれば定格値の 1/100 以下にランプ電流を絞っても、安定な放電状態を継続させることができるものである。また FLR 型蛍光灯は速時起動用安定器で点燈する場合でも、調光用安定器で点燈する場合でも、ランプ寿命には差がないので、調光用としてもっとも適した特性の蛍光灯である。

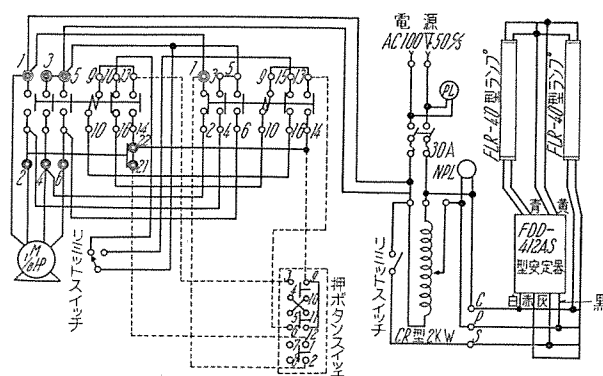
## 6. 調光時の演色性

白熱電球調光装置では明るさを絞るとフィラメントの温度が下がるため赤色が増してくる。その結果背景や衣裳の色彩はもちろん、俳優の表情などに変化を与えることになって演出効果を害するような場合がある。調光に際して照明の色温度の変化を少くするように、光源の一部に着色電球を併用することもあるが、蛍光灯調光装置では色温度の変化はなく、演色性がすぐれているから、白熱燈の調光では表現できなかった演出効果を期待することができる。また日の出、日没などの情景を表現する場合のように調光に際して色温度を変化させる必要のあるときには、蛍光灯と白熱電球を併用することのできる電圧制御の調光装置（FDD-412A 型安定器を使用する方式）では、照明がきわめて簡単になる。白熱電球と蛍光灯を同一調光変圧器で制御すると、6 図のように大体 15% 以下においては、白熱電球の光束が上回るようになるから、客席等を使用するときは、この調光特性を利用して、適当数の白熱電球をダウンライトとして併用すれば、



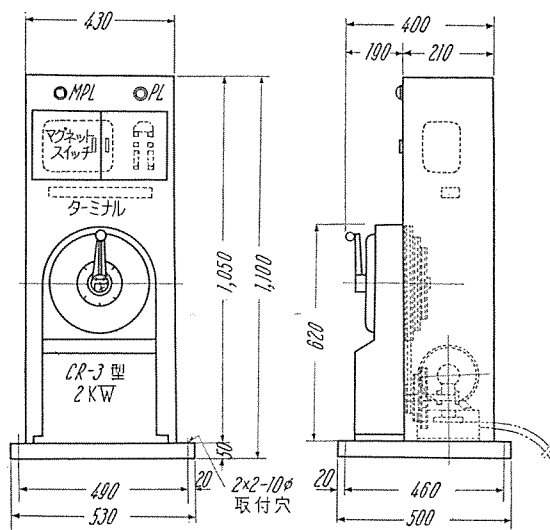
6 図 調光特性

Fig. 6. Characteristics of dimmer operation.



7 図 調光装置回路図

Fig. 7. Dimmer circuit.



8 図 調光変圧器外形図

Fig. 8. Outline dimensions of dimmer transformer.

明るさを絞った場合の陰うつさを避けることができる。

## 7. 調光用変圧器

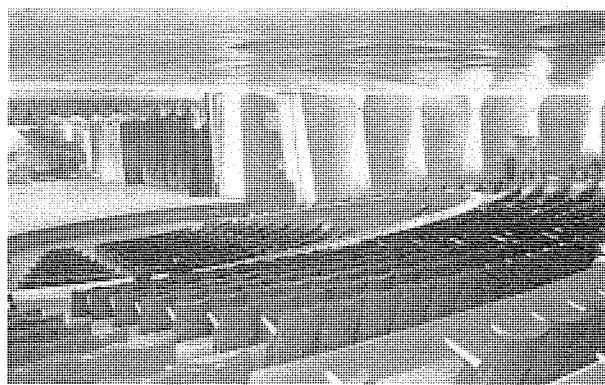
FDD-412A 型調光用安定器に使用する調光変圧器は白熱電球の調光装置に使用している摺動型変圧器と同じ構造の単巻変圧器である。線輪には 70~75 個のタップを付して、調光に際してチラツキがなく、平滑に明暗の加減ができ、任意の調光度で長時間使用してもなんらの支障もなく、長期間の使用に耐えうるように十分考慮してある。調光変圧器の容量は蛍光灯 2 燈に対して 108 W であるから、白熱電球用調光変圧器に比して小容量のものでよい。劇場などの舞台と客席の調光に時差をつける場合、変圧器を分割して時差をつけるようにすることも、従来の白熱電球用調光変圧器と同様である。したがってすでに白熱電球調光装置があって、これを蛍光灯調光装置に改造する場合は、陰極加熱用の配線を 1 本架設するだけで、調光変圧器はそのまま使用することができる。

## 8. 本調光装置の特長

### 1. 取扱いが容易である

蛍光灯調光装置はおおむね取扱いのめんどろなもの





9 図 読売会館大ホール  
Fig. 9. Yomiuri assembly hall.

多いが、この調光装置は取扱いが簡単であって、特別な考慮を必要とするような部分がない。

#### 2. 信頼度が高い

単巻の可変変圧器と逐時起動方式の安定器を組合せたものであるから信頼度がきわめて高く、調光点燈する燈数の増減によって、調光変圧器の目盛に影響を与えるような調光度のずれが生じない。

#### 3. 保守が楽である

この調光装置は蛍光灯をむりな状態で使用しないから、ランプ寿命が長く保守に手数を要しない。

#### 4. 調光特性が良い

FDD-412A 型安定器を使用する逐時起動のこの調光方式は、1 台の調光変圧器で蛍光灯と白熱燈とを同時調光することができて平滑な調光特性である。また調光の途中における任意の明るさでも、最高の明るさでも、即時点燈することができる。

#### 5. 施設費が少い

この調光装置は蛍光灯 2 燈に対して安定器は 1 個であるから、他の方式のものに比して施設費が少い。なお白熱電球の調光装置を蛍光灯の調光装置に改造する場合は、

陰極加熱用の配線を 1 本増すだけで調光変圧器はそのまま使用できるから改造費が少くてすむ。

### 9. 本調光装置の実施例

近代設備の粋を集めた建築として有名な読売会館の大ホールのガラスモザイク張壁面の壁の部分と、客席後方のコブに FLR-40WDL 型ラピッドスタート蛍光ランプ 156 燈を配置して、豪壮な雰囲気の意匠によくマッチした照明となっている。

### 10. む す び

演劇、映画およびその他の各方面において調光照明をもっとも効果あるようにいかに配置するかについて研究されており、そのために常に新しい照明装置が取入れられて、情景の描写や演出効果を増すように努力されているこのとき本調光装置を発表できる機会を得たことはまことに幸甚である。

この調光装置の実施に際し、読売会館の関係各位をはじめ施設工事にご協力いただいた諸氏に対し、深甚なる謝意を表する次第である。

# 照明用拡散性材料の光学的特性

本 社 上 川 忠 夫\*

研 究 所 八 島 英 之\*\*\*・安 東 滋\*\*\*

## Optical Characteristics of Diffusive Materials for Lighting Purpose

Head Office

Tadao KAMIKAWA

Engineering Laboratory

Hideyuki YASHIMA・Shigeru ANDO

Recently such diffusive material as methacrylic acid resine is used for lighting fixtures of fluorescent lamps or building material. To obtain necessary information for the application of this material to practical use, experiments have been made to measure varied optical characteristics. The application is chiefly to the cover of the lighting fixture with an aim of the improvement of light distribution curves, reduction of glare and pleasing effect of the surrounding.

### 1. ま え が き

最近蛍光灯用照明器具や建築材料にメタクリル酸樹脂板(商品名 アクリライト)のような拡散性の材料が使用せられているが、これらの材料を実際に利用する場合に必要なデータを得る目的で各種の光学的特性の測定を行った。以下に述べることはその実験のあらましと、そこで得られた結果の報告で、測定した試料の多くは三菱レイヨン株式会社より提供を受けた。

照明器具にこれらの拡散性材料を使用する場合は燈具のカバー等が主であって、それによって配光特性の改良、まぶしさの低減をはかり、照明設計上快適な効果をもたらし、さらに器具自身また建築物のデザイン面で美観を向上させることがその目的である。このために材料に要求される光学的性質としては

(1) 効率のよいこと、すなわち、燈具にとりつけた場合、燈具からの全光束がつけられない場合に比べてできるだけ低下してはならない。

(2) 光の拡散性がよいこと、これは拡散性材料に対しては当然の要求であるが、具体的にはどういう形で効果をあらわすかといえ、たとえば燈具のカバーに使用した場合、その面がどの程度一様な輝きをもつかということに関係した因子になる。むろん、これは燈具の構造や寸法にもよるが、材料の特性によっても非常に影響される。

(3) 拡散性材料はなるべく色を有しないことが望ましい。すなわち、この材料を使用した場合、透過した光の色や分光組成がもとの光源のままで変化しないことが必要である。

(4) 燈具内に光源を点燈しない場合、あるいは建築に使用したとき、外光で照された拡散板の面がなるべく明

るい白色を呈すること。これは燈具に使用される反射板にも影響されるが、拡散性材料の反射率が相当に高く、かつ分光反射率が平坦であることが望ましい。

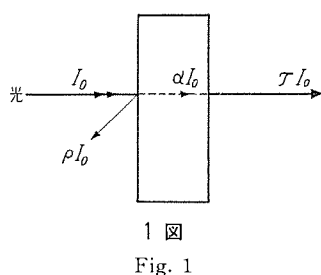
以上のような要求を現在の拡散性材料がどの程度満たすかを量的にしらべるためにつぎのような項目について測定を行った。

- (1) 全反射率
- (2) 全透過率
- (3) 透過光線の角度分布
- (4) 分光透過率
- (5) 蛍光灯との組合せ実験
  - (a) 拡散板面の輝度分布の測定、肉眼による観察
  - (b) 蛍光灯を使用し拡散板をとりつけた照明装置の光度測定

ここで測定に供した試料はメタクリル樹脂板(アクリライト)十数種類、乳白ガラス、塩化ビニル乳白板若干等であり、その厚さは約 1 mm から 5 mm の範囲にわたっている。

### 2. 全反射率、全透過率の測定

まず拡散性材料の基本的な特性として重要な量は入射した光の何 % を透過し、何 % を反射するかという目安である。1 図に示すように  $I_0$  なる量の光が入射したとき  $\tau I_0$  が透過、 $\rho I_0$  が反射、 $\alpha I_0$  が吸収されたとする。ここで  $\tau$ ,  $\rho$ ,  $\alpha$  をそれぞれ透過率、反射率、吸収率といい、 $\tau + \rho + \alpha = 1$  なる関係がある。アクリライトのような拡散性材料では反射、あるいは透過した光線はある角度分布をもっているいろいろな方向に発散するので、反射率や透過率を測定するにはこれらの光線を全部捕えて入射光と比較してみなければならない。このようにして測った値を全反射率、全透過率という。



1 図  
Fig. 1

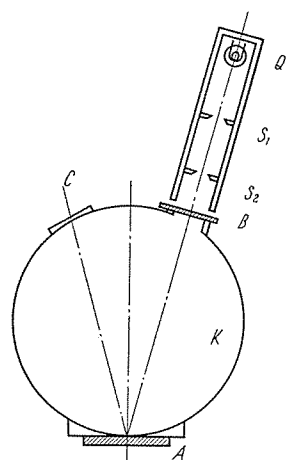
全反射率, および全透過率の測定は球形光度計によって行った. この装置は2図に示すような構造を有している.  $K$ は積分球(Integrating Sphere)で内面を白く塗ってあり,

全反射率を測るときには試料は  $A$  の位置に置き, 全透過率は  $B$  の位置に置いて測定する.  $Q$  は光源で, これからの光はスリット  $S_1, S_2$  を通って細いビームになって球内に入射する. 試料から反射, あるいは透過してきた光線は全部球の中に閉じ込められ, その量を球の側壁にとりつけられた光電池で読みとれば反射光, 透過光に比例した光量が測られる.

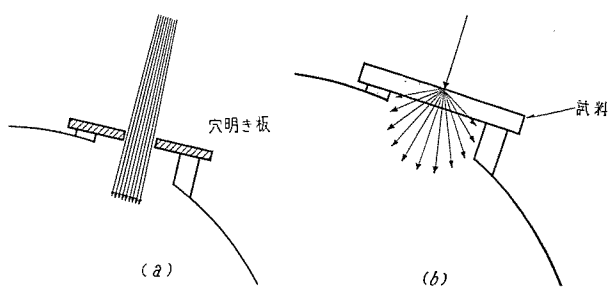
まず全反射率を測定するには  $A$  の位置に標準白板(炭酸バリウムを塗布したもの)を置き, そのときの読みを100 とする. つぎに試料を置き, その場合の光電流を読み標準板のときとの比をとれば全反射率となる. この際試料の裏には押え板を置かず透過光線は全部球外へ逃がすようにしなければならない.

つぎに透過率の測定について述べよう. この場合, 透過率100%の標準は吸収や反射がなく入射光が全部球内に閉じ込められることであるから,  $A$  には標準白板を置き,  $B$  には試料を入れず光のビームを通すだけの細い穴をあけた白色板を置き光電池の読みをとればよい(3図(a)). このような穴明き板を使用する理由は, 入射孔が大きすぎるとそこから内部の光が逃げて誤差を生ずるがこの誤差をなるべく小さくするためである. つぎに試料を置く場合は穴明き板をとりのぞき試料を直接入射光にあてる(3図(b)). すなわち, 試料の内部で拡散した光をなるべく多く球内に入れるためできるだけ大きい穴を用いる. このときの透過光量の読みと試料がない場合の読みの比が透過率  $\tau$  になるが, 実際にはこの値に補正を施さなければならない. 何となれば試料の反射率は100%でないで若干の光が試料を通して再び外へ逃げており, そのため球内の光は試料を通して入射してきた光よりも若干少くなっているからである.

この補正はつぎのようにして行う. その1は, 実験的方法で2図のように球内で拡散反射した光が  $B$  孔から逃げる割合も  $C$  孔から逃げる割合も同じであるとみなすことができる.  $B$  から光を入れ  $C$  に標準白板を置いたときの読みを1とすれ



2 図 球形光度計  
Fig. 2.  
Spherical photometer.



3 図 全透過率の測定

Fig. 3. Measurement of total transmission coefficient.

ば,  $C$  に試料を置きかえたとき, 球内の光は試料を通して抜けるため読みは  $a$  に減ずる. したがって試料を  $B$  に入れて測定した値に  $1/a$  を乗ずれば真の全透過率の値を得る. つぎに計算によって補正値を求めるにはつぎの式によればよい. すなわち,

$$\tau' = \tau[1 - s(1 - \rho)]$$

ここで  $\tau'$ : みかけの全透過率

$\tau$ : 真の全透過率

$\rho$ : 試料の全反射率

$s$ : 積分球の内部全面積  $S_0$  と穴  $B$  の面積  $S_B$  の比:  $S_B/S_0$

この2つの方法による補正係数の値を1表に示すが, きわめてよく一致していることがわかる.

1 表 透過率の補正係数

試料	反射率 %	補正係数	
		測定値	計算値
1	58.8	1.020	1.023
2	18.3	1.047	1.049
3	53.0	1.028	1.028
4	40.8	1.036	1.035
5	20.5	1.044	1.047

なおこの球形光度計において  $C$  は取りはずしのできる蓋で,  $A$  に試料を置き反射率を測るとき  $C$  を付けた場合とははずした場合の差をとれば反射光線中の正反射成分を求めることができる. また透過率測定の場合には  $A$  に平面鏡を,  $B$  に試料を置いて同様に  $C$  の有無による差をとれば平行透過成分を求めることが可能になる.

各種の試料について全反射率, 全透過率を測定した一

2 表 反射率, 透過率の測定値

試料	厚さ mm	全反射率 %	全透過率 %
A-1	5.09	57.0	37.2
A-2	2.86	12.0	78.9
A-3	2.24	53.0	46.2
A-4	4.91	40.8	46.4
A-5	1.91	48.3	50.5
A-6	3.17	19.3	73.1
A-7	2.97	33.2	53.0
B	2.43	42.9	47.8
C	2.83	38.0	56.3

A: メタアクリル酸樹脂板  
C: 乳白ガラス

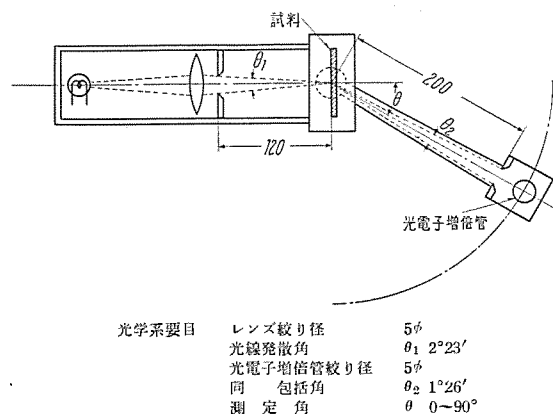
B: ポリエステル乳白板

例を2表にあげる。全反射率と全透過率の和を100から引いた値はそのまま吸収率と見なすことはできない。試料の内部の散乱によって側方から逃げる光線が存在するからである。この値は一般に試料の厚みが厚くなるほど大きくなるであろう。むろん、この差の中には吸収率も含まれている。吸収率の大きい材料は照明用材料としては器具の効率を低下させるので望ましくない。

### 3. 透過光線の角度分布

拡散性材料の特性のうちで、入射した光が材料内でどのように散乱し、透過して出てくるかを示す透過光線の角度分布は重要な量である。この測定には測角光度計(Goniophotometer)を使用した。その構造の概要は4図のようになっており、光源からの光はレンズおよびスリットを用いて細いビームに絞り、試料にあてる。試料の後にはスリットおよび受光器を有し、試料は固定し、受光器部は腕になっていて、試料の面を軸にして回転する。受光器には高感度の光電子増倍管を使用し、その出力を増幅し光電流を各角度に対してよみとる。この光学系の要目は別に示したとおりである。

この方法で測定した透過光線の角度分布曲線は5図にあげるようなものである。この結果をみると曲線の形に著しい相違を示す2群のあることがわかる。その1つは円または楕円に近い滑らかな曲線でほかは $0^\circ$ の透過成分だけがとくに大きいものである。後者では散乱されない平行透過成分が存在することを意味しており、事実これらの板の背後に輝度の高い光源を置くと明瞭にその形を認めることができる。前者にはこのようなことはない。このことは光を散乱させる材料の構造の差異を示すものと推測される。前者では散乱の原因は主として材料を構成する高分子物質の微細組織内の屈折率の差異等に求め



4 図 透過光分布測定装置

Fig. 4.

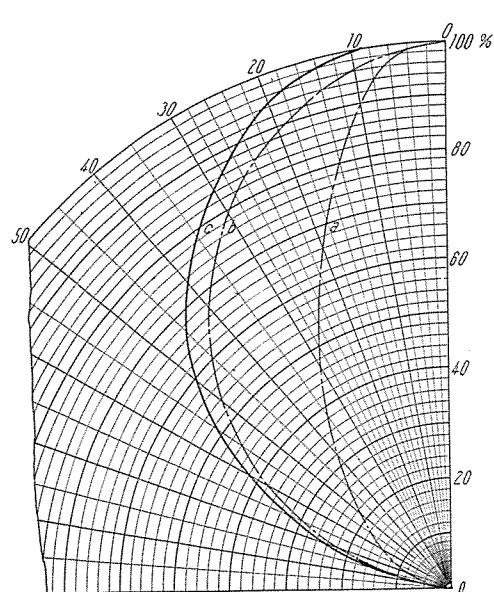
Transmitted light distribution measurement device.

られようが、後者では拡散体が顔料のような粒子性のもので、またその粒子の大きさ、濃度等によって上述のような透過効果を生ずるものと考えてよいであろう。照明用材料としては平行透過成分の多い(拡散されずに透過する成分の多い)材料は不適当なことがある。

図において角度に対する透過量の値は試料によって種々異なっているが、ここでは $0^\circ$ の透過量の値をすべて1に合せてあり、各試料に対する $0^\circ$ の場合の光電流の読みを別に示してある。また分布曲線の形を示す係数 $k$ を使用する。これは6図のように $0^\circ$ のときの値を1としてこれに直角な軸の長さを $k$ としたものである。

### 4. 分光透過率

拡散性材料は光源の色や分光的組成を変えずに照明効果を改良するためのものであるから、その分光透過率はなるべく平坦であることが望ましい。これがために分光透過率を知る必要がある。この測定にはベックマン分光

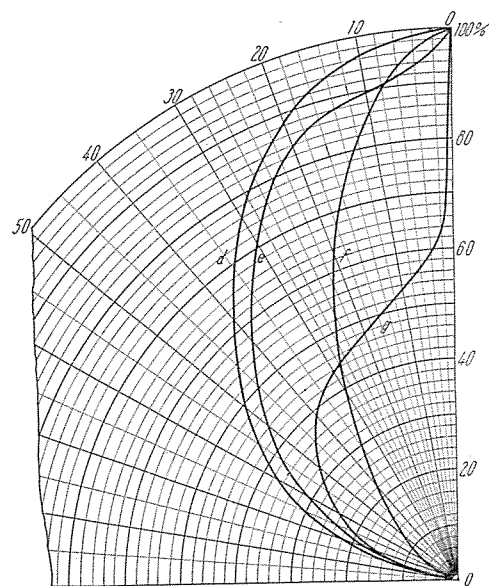


5 図 (a) 透過光分布曲線

Fig. 5-(a).

Transmitted light distribution curves.

試料の特性		
試料	$k$	aを基準としたときの $0^\circ$ の読み
a	0.48	100
b	0.87	39.8
c	0.97	17.3
d	0.79	42.0
e	0.73	57.2
f	0.43	—
g	—	—

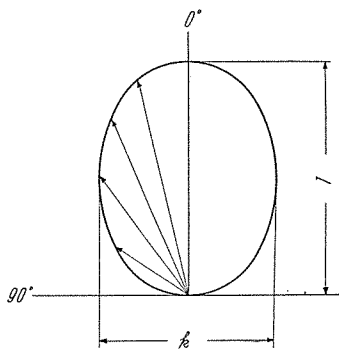


5 図 (b) 透過光分布曲線

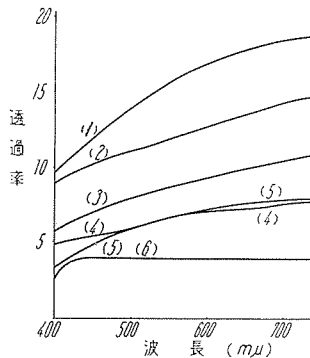
Fig. 5-(b).

Transmitted light distribution curves.





6 図 透過光の分布形  
Fig. 6. Distribution figure of transmitted light.

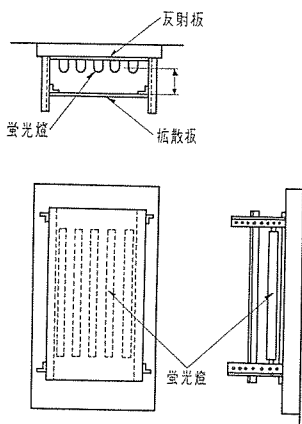


7 図 分光透過率曲線  
Fig. 7. Spectral transmission curves.

光度計を使用した。その結果は7図に示してある。縦軸は試料と受光器の面の間を一定に保ったとき透過率の値であるが、これはその距離や光電面の大きさなどで異なるので各試料について条件を一定にして相対的な値で示したものである。この曲線を見るときは長波長部では透過率がよく、短い側では低下するがその様子は試料によっていろいろの差異が認められる。しかしこの程度の曲線の差異は拡散面の“白さ”に非常に大きく影響するものではない。

## 5. 蛍光灯バンクによる実験；その1：板面の輝度の測定

以上の諸測定によって拡散性材料の基礎的な光学的特性を知ることができたが、これらの値が照明器具の設計にどのような影響を及ぼすかを理論的に計算することはかなり面倒なことである。ここではむしろなにか適当なモデルを作って光源（ここでは蛍光灯）と組合せて種々のパラメータを変えたとき、どのような性能が得られるかを実験的にしらべ、その性能と拡散性材料の特性との間にどのような関係があるかを調べるのが直接的であろう。この目的のために8図に示すような蛍光灯を何本か並べたバンクを作って実験を行った。



8 図 蛍光灯バンク  
Fig. 8. Fluorescent lamp bank.

ここで変える条件としては、つぎのものである。

(1) バンクの反射板の種類。これはメラミン塗装の白色板とイルミナイト板（電解研磨で散乱反射面に作ったアルミニウム板）を使用した。

(2) 蛍光灯の種類。蛍光灯はすべて 20 W のものを使ったが、その種類はデラックス屋光色、デラックス冷白

色、スタンダード冷白色に変えてみた。

(3) 蛍光灯の本数。3 本と 5 本の場合について測定を行った。また、その間隔も 80 mm と 120 mm に変えて実験した。

(4) 蛍光灯と拡散板の間の距離。これは拡散板の取付穴が 10 mm 間隔にあってあるから蛍光灯との距離を変えて測定することができる。

蛍光灯バンクに組合せた実験では大きくわけてつぎの 2 種類の測定を行った。

(a) 拡散板面の輝度

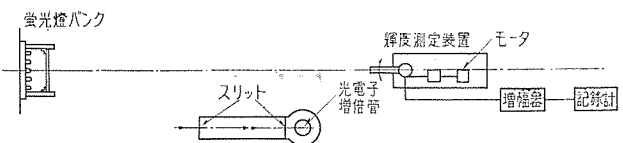
(b) 拡散板をとりつけた場合の器具の光度

(b) については次節で述べることにし、ここでは (a) の拡散板の輝度について説明する。

蛍光灯バンクの前面に拡散板を置いた時、肉眼で蛍光灯の部分が見えいぼになってその位置をはっきり認め得るか、あるいは板が一様な輝度を呈しているかが問題である。この現象は蛍光灯の反射板の種類によっても影響を受けるが、一番重要な因子は蛍光灯と拡散板の間の距離である。一般にこの距離さえ大きくすれば拡散板面の輝度は一様にする事が可能であるが、あまりこれを大にすれば輝度が低下して器具の効率が悪くなり、また器具の設計上難点を生ずるので、この距離はできるだけ小さい方が望ましいわけである。

この効果の測定はつぎのように行った。その 1 つは肉眼によって拡散板面の輝度のむらを観測する方法で、蛍光灯と板の間の距離を変えて行ったとき明かに蛍光灯の認められるものを ++, +, やや認められるものを ±, かすかに輝度のむらを認められるものを ±', 全く一様な輝度にみえるものを - の符号をつけて拡散板の種類、反射板の種類、その他の条件を変えて観測した。

第 2 の方法として光電的に輝度を測り、その分布曲線を記録させる方法を採用した。この装置は 9 図に構造が示されているもので、光電子増倍管のケースがその軸のまわりに同期電動機で回転できるようになっており、受光器の前にはスリットを有し、拡散板の中央部から発する光を受入れる。このようにして受光器は拡散板面を走査し、光電子増倍管には輝度に比例した光電流を生じ、これを増幅し、記録計に入れば輝度分布曲線が得られる。いろいろの場合について得られた分布曲線を大きくわけてみると 10 図のようになる。その (A) ははっきりと分布曲線に山や谷があらわれているもので、もちろん眼でみても明らかに見わけられるものである。つぎは曲線の形の上にはっきりとした山や谷がないが、眼では明



9 図 輝度測定装置  
Fig. 9. Brightness measurement device.



10 図  
輝度分布曲線とその 2  
次微分曲線

Fig. 10.  
Brightness distribution  
curve and second order  
differential curve.

輝度分布曲線 2次微分曲線

らかに輝度のむらの認められるもので、このような曲線をしらべてみると (B) のように (A) の山にあたる所で曲線に“かど”を生ずるものである。最後に眼でみても全く輝度のむらがなく一様にみえるもので、その場合の曲線は (C) のように滑らかな形をとっている。この結果をみると眼の働きは“対比”に敏感であって、輝度分布の変化の大きい所で明るさのむらを感じるのである。各曲線の 2 次の微分曲線を作ってみると図のようになり、結局眼の感じは輝度分布曲線の 2 次微分に対応させることが可能であるように考えられる。

これらの測定結果と拡散板の反射、透過特性との間の関係を考えてみよう。3 表は拡散板の全透過率、全反射率、透過光分布曲線の形をあらわす  $k$  と輝度分布の形を対応させたものである。ここで  $\Delta H$  は輝度分布の山と谷の高さの差を示すものである。この値はイルミナイト反射板の場合は蛍光灯と拡散板の間の距離を 44 mm, メラミン反射板の場合は 34 mm に定めて輝度分布を測ったときの値である。

この  $\Delta H$  が小さいものほど輝度分布が一様に近いことを意味するものである。 $\Delta H$  と  $k$  を比べてみると  $k$  の小さいもの、すなわち透過光線の分布が長い楕円形を呈し、方向性の強いものでは輝度分布に差が多く、円に近いもの、すなわち  $k$  が 1 に近く拡散性のよいものでは輝度のむらが少なくなる傾向にある。さらに同じ程度の  $k$  でも  $\Delta H$  に差があるものがある。この理由については明確な

3 表 拡散性の比較

試料	$k$	$\Delta H$		$\tau$ %	$\rho$ %
		メラミン	イルミナイト		
1	0.45	+16	+13	78.8	12.0
2	0.52	+6	+17	72.5	18.3
3	0.59	+8	+10	67.5	13.2
4	0.54	+3	+6	51.7	44.0
5	0.98	+2	+1	46.2	53.0
6	0.73	+2.5	+6	46.4	46.8
7	0.89	+1.5	+1	50.4	48.3
8	0.86	+1.5	+2	49.5	44.2
9	0.86	+1	+2	45.6	39.5
10	0.59	+5	+5	71.6	20.5
11	0.71	+2.5	+3	62.1	31.0
12	0.94	+2	+2.5	53.1	41.0

ことはわからないが、全反射率を比較してみると相違が認められるので、これが大きいものほど相互反射が積み重なって灯具内で光が均一に近くなり、したがって輝度が一樣になる傾向があるものと解釈されよう。

つぎに蛍光灯と拡散板の距離を考えて行ってみよう。輝度が一樣になる点を求めれば、さきの  $\Delta H$  の小さいものほどこの距離が短いことがわかる。またこの距離は反射板がメラミンとイルミナイトの場合で異なり、メラミン白色板の方が著しく短い。

これらの結果をまとめてみると、拡散板の透過光線の拡散性のよいものほど、また反射率の大きいものほど輝度の一樣化により影響を及ぼすものであろうと推察される。同様に反射板についても全反射率が高く（いまの場合イルミナイトは 78.5%, メラミン白色板は 93.7%）散乱反射性の大きいメラミン板の方が輝度の一樣化がすぐれていることが理解できよう。

## 6. 蛍光灯バンクによる実験；その 2：灯具の光度の測定

以上で蛍光灯バンクへ拡散板をとりつけた場合の板面の輝度の分布を測定したが、つぎにこれら拡散板を用いた場合、灯具の配光特性にどのような影響を及ぼすか、また灯具からの光束の値がどのように変るかをしらべる必要がある。

この実験装置は 9 図において拡散板面から 3 m の距離に受光器（セレン光電池にフィルタを使用して人間の眼の視感度に合せた“人造眼”）を置いてその光度を読み、拡散板がない場合の値との比をとった。この値を光度比と称する。つぎに灯具の配光の測定には蛍光灯バンクを回転させて各角度における光度の読みをとり配光曲線を求めた。

光度比と拡散板の全透過率の間の関係を求めるため、両者の値を対比させたものが 11 図である。この図より明らかなように光度比と全透過率の間には大体平行的な関係があり、全透過率の大きいものほど光度比が大、すなわち灯具の能率がよいことを示している。

つぎに灯具の配光曲線を描いた 12 図をみてみよう。この図よりわかることは拡散板のない裸の灯具では反射板の種類によって配光曲線に著しい差異があらわれていることである。すなわち、メラミン白色板では大体滑らかな曲線であるが、イルミナイト反射板ではその形がきわめて特殊な様相を呈している。これに対し 2, 3 種類のアクリライト板をとりつけて測定した結果はいずれの場合も円に近い配光曲線が得られることが示されている。もとの灯具だけの配光曲線の差異に加えて、それぞれの拡散板の透過光の分布曲線がかなり異っているにもかかわらず、得られた配光曲線はいずれも同じような形をもっていることは注目すべきことである。すなわち、これらの灯具では相互反射や散乱の効果が重なり合って平均化された円形に近い配光曲線が得られるものと考えてよ



いであろう。

## 7. 測定結果の検討

以上のように各種の拡散性材料の光学的特性  
 蛍光灯器具と組合せた場合の効果について実験  
 し測定してみたが、その結果からどのような結  
 論が得られるかを考えてみよう。

(1) 燈具の効率を高めるためには吸収の少い  
 透過率の大きい材料を選ばなければならない。  
 同時に燈具から得られる全光束は反射板の種  
 類によっても非常に影響されるから反射率のよい  
 反射板を使わなければならない。

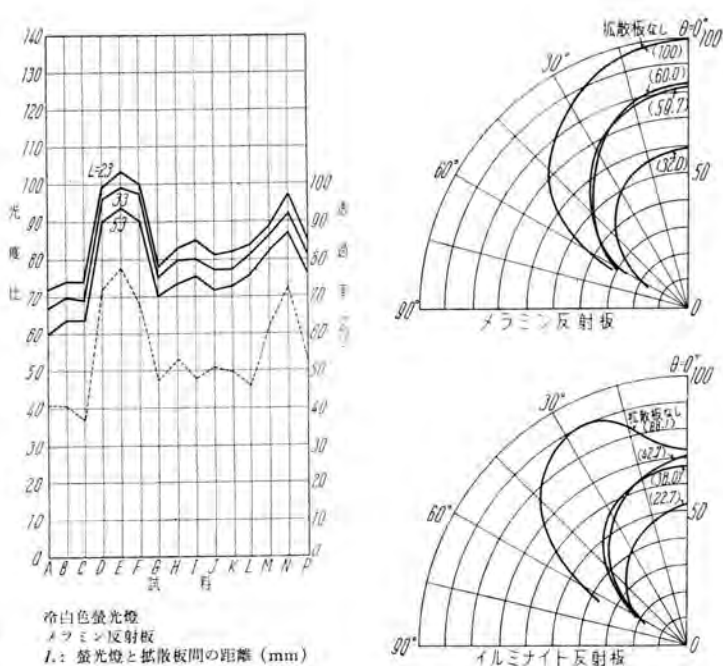
(2) 上のように効率をあげるためには透過率  
 が大きいものがよいが、透過率だけ大きく反射  
 率の小さい材料は透明な材料になってしまう。  
 拡散性があると必然的に反射成分が存在する  
 が、結局燈具の設計の面からどの程度の反射率  
 のものをえらぶべきかは条件に応じて決めな  
 ければならない。定性的にいい得ることは、この  
 割り振りはどこまでも透過率の方にかなりの比  
 重を置くべきだということである。

(3) 燈具や建築に利用する場合、なるべく均  
 一な輝度の面光源を得ようという目的に対して  
 は拡散透過性のよい材料、すなわち透過光の分  
 布曲線がなるべく円に近いものを選ぶべきである。さら  
 にこの効果をあげるためには反射板の拡散反射性が大い  
 に関係し、また材料自身の反射率も影響することが認め  
 られた。

(4) 光源からの光の色や分光組成をなるべく変えない  
 で照明に利用するために分光透過率の測定を行ったが、  
 この結果からはあまり大きな影響はないと判断される  
 が、もっと詳しく色の変化をしらべるためにはさらに計  
 算あるいは実験を必要とする。

(5) 燈具や建築に使ったとき白さが問題になることが  
 あり得る。これには反射板の種類を考慮し、また拡散材  
 料の全反射率が適当な値をとっていなければならない。  
 もちろん、拡散板の分光反射率が平坦であるか否かをし  
 らべる必要がある。

(6) 蛍光灯の種類を変えて実験した結果では、拡散板  
 面の輝度の均一化には影響がないことがわかった。しか  
 し、光度比をしらべてみると種類によって相違が生ずる  
 ことが認められる。たとえばメラミン反射板を使った場  
 合、どの拡散板についても昼光色蛍光灯の方が冷白色蛍  
 光灯（いずれもデラックス）よりも光度比が大になって  
 いる。これは蛍光灯のエネルギー分布、拡散板や反射板の  
 分光特性、受光器の分光感度が組合わさってこのような



11 図 光度比と透過率の関係

Fig. 11. Relations between light  
 luminosity ratio and  
 transmission coefficient.

試料	$k$	$\tau$	$\rho$
A	0.48	73%	19%
B	0.87	58	35
C	0.94	48	43

図中 ( ) 内の数字は  $\theta=0^\circ$  のときの読  
 みの相対値

12 図 配光曲線

Fig. 12.  
 Light distribution curves.

結果を生ずるものと判断される。

(7) 蛍光灯バンクで燈の間隔を同じにして本数を変化  
 しても面の輝度が一樣になる限界距離は変りがない。ま  
 た蛍光灯の間隔を増した場合、この距離はやや大きくな  
 るがその増加の割合は間隔の増加の割合に比べてかなり  
 小さいという結果になっている。

## 8. む す び

拡散性材料を照明器具や建築に使用する場合の設計に  
 必要な資料を得る目的で以上に述べたような実験測定を  
 行い、これら材料の光学的特性と実際に応用した場合の  
 効果を示す表式との間の関係を定性的につかむことがで  
 きたが、この関係を定量的に表示し、設計の式を作るた  
 めにはもっと広い範囲のデータを求め、さらに精密な測  
 定を行う必要がある。本報告は実地に応用するための  
 資料としてはまだ満足なものとはいえないが、今後さら  
 に機会があればこれらの問題について検討をつけ、  
 完全なものにしたいと考えている。

終りにのぞみ、この実験に際し多数の試料を提供せら  
 れ、また種々の点でご援助とご便宜をお与えいただいた  
 三菱レイヨン株式会社の大沢氏、安藤氏、塚田氏、伊東  
 氏外、各位に対し心から御礼申上げる次第である。

# 船舶照明の螢光燈

本社 佐々木武敏\*

## Fluorescent Illumination of Ships

Head Office Taketoshi SASAKI

Application of the fluorescent lamps is spreading into marine engineering. The first of this kind in this country was lighting up submarines at their activity some time ago, though it was a very primitive and in a crude form. Now that alternating current power has found its way into ships, the condition has been greatly improved to make economical application of the fluorescent lamps to the advantage of naval architects. They are vibration-proof, of high efficiency, easy in maintenance besides their pleasing color effect. With further development of waterproofness, dripproofness and explosionproofness they are promised to replace the old incandescent lamps on board.

### 1. ま え が き

螢光燈が一般に普及するにおよび最近では船舶にも相当使用されるようになった。もっともわが国における最初の螢光燈照明は、戦前法隆寺の壁画模写に使用されたのであるが、実用的には戦時中の艦艇とくに潜水艦に使用されていたことは意義深いことである。これは現在製作されているランプに比較すればはなはだ幼稚なものであったが、螢光燈が震動に強く効率がよい点に着目されたためであろう。

最近の船舶は電源に交流（以下 A-C と記す）を採用するケースが多くなったので、螢光燈を使用するにははなはだ都合となった。ここに船舶の特殊性に対する螢光燈の諸特性その他照明方式に関することがらについて述べて見たい。

### 2. 電 源

船舶の電力は機関室に設置される発電機によって船内に供給される。その原動機は最近ではほとんどジーゼルエンジンが採用される場合が多い。また電源の種類として A-C および直流（以下 D-C と記す）の 2 方式があるが、最近の傾向では船用交流電機品の進歩と、かつは経済的理由により大形油漕船、貨物船（7,000 t 以上）、客船などではほとんどが A-C 電源を採用し、漁船その他の小形船は D-C 方式になっている場合が多い。したがって螢光燈を使用する場合 A-C 船では電源に問題ないが、D-C 船の場合は一般に直流電動交流発電機（以下 MG と記す）を設置する必要があるが、価格が高い点と既設船の改装の場合は MG の設置場所のスペースの点で問題となる場合があり、特殊な直流式螢光燈を使用す

る。しかし直流螢光燈の場合は安定器に抵抗を使用するため、その電力損が大きく（電源の電圧とランプの Watt によって異なるが）きわめて効率が低くなる場合が多く、その他暗端効果（dark end effect）、寿命が短いなどの欠点があり総合的にあまりよいものとはいえず、適当な MG を設置することが望ましい。

### 3. 電圧、周波数

日本海事協会の鋼船規則により A-C 船の周波数は 60 サイクルが規定されている。電圧に関しては、1 表に示すような制限電圧を規定している。実際に使用されている電圧は A-C 船で動力に 445 V または 225 V、電燈用に 115 V（変圧器にて）、D-C 船では 225 V または 115 V である。

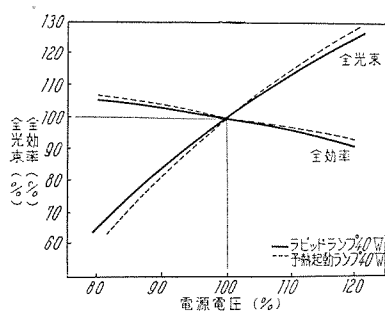
電圧の変動は一般陸上施設に比べるときわめて安定しており、鋼船規則では発電機配線とも電圧降下 5% 以内となっているが実際の状態ではもっとも変動の大きな場合と思われる貨物船で揚貨機の同時運転の場合でも電圧降下のピークで 6~7%、大形補器の起動のときも瞬時（最大 15%）である。配線も容量が十分にとってあり普通の運転状況ではほとんど電圧、周波数の変動は螢光燈にとっては問題でない。螢光燈は白熱電燈に比べて電圧変動に対する光束の変化も少なくこの点も船用照明光源として適している。1 図に螢光燈の電圧変動に対する光

1 表 鋼船規則による船舶の制限電圧

(1) 直流の場合	
動力用	500V
電燈および電熱用	250V
(2) 交流の場合	
動力用	単相 250V 3 相 450V
電熱用（固定配線のもの）	250V
電燈用（小形電気器具を含む）	150V

\* 営業部照明技術課長





1 図 電源電圧と全光束の関係  
Fig. 1. Relations between supply voltage and total light flux.

束の変化の関係を示す。

#### 4. 力 率

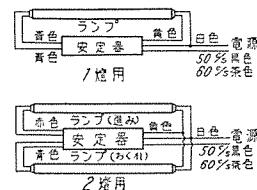
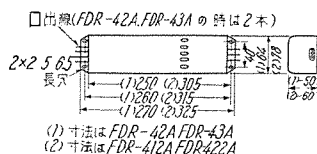
A-C 船の発電機の力率は鋼船規則で 80% が標準に規定されている。負荷に対して発電機、配線とも十分余裕があるので力率の点も問題にならない。低力率型で十分使用に差支えない、むしろ高力率の場合に燈具に内蔵するコンデンサの破損による事故がかえって好ましくない。しかし小形船の場合でとくに照明用電源として MG を設置される場合には、MG の大きさに制限を受けるので、この場合は検討して高力率を使用することもある。2, 3 表に当社の予熱起動型、ラピッドスタート型安定器の標準を示す。

2 表 予 熱 起 動 型 安 定 器

型 名	適 合 ランプ W	合 燈	周波数 (c/s)	電 圧 (V)	電 流 (A)	電力損 (W)	力 率 (%)	外形 (上図参照)	外 形 寸 法 (mm)					取 付 穴	重 量 (kg)	型式承認 番 号 (▽)
									L	B	H	l	b			
FBC-10B	10	1	50 60	100	0.23	3.5 3.3	57 56	I	92	43	25	85		2-3.5φ	0.3	10-1458 1459
FBC-15B	15	"	"	"	0.31	4.0 3.8	60 59	II	63	51	34	55		2-4φ	0.4	10-1624 1625
FBC-20D	20	"	"	"	0.375	4.7 4.4	63	II	67	53	31	60		"	0.4	10-1493 1494
FBC-30A	30	"	"	"	0.62	6.0 5.5	58 57	II	84	58	38	77		"	0.6	10-1673 1674
FBC-40	40	"	"	200	0.42	7.5	56	I	126	67	46	110		2-5×6.5 長穴	0.9	10-274 275
FD-41C	"	"	"	100	1.02 1.00	12 11	51	III	142	67	47	132	40	2×2-5×6.5 長穴	1.5	10-1518 1519
FD-42C	"	"	"	"	0.58	12.5 12	90	III	240	67	50	230	40	"	2.2	10-1582 1583
FD-412B*	"	2	"	"	1.02 1.01	19 18	96	III	320	80	56	310	40	"	4.1	10-1559 1560 1800 1802 1801 1803
FD-422A*	"	"	"	200	0.49	16	96	III	270	80	56	260	40	"	3.1	10-1800 1802 1801 1803

\* 印のものはフリッカレス高力率型

3 表 ラピッドスタート型安定器



安定器型名	適合ランプ W	合 燈	周波数 (c/s)	電 圧 (V)	電 流 (A)	電力損 (W)	力 率 (%)	2 次無負荷 電 圧 (V)	2 次短絡 電 流 (A)	重 量 (kg)	型式承認 番 号 (干)
FDR-42A	40	1	50 60	100	0.59	13	90	230	0.6	2.2	10-1325 1326
FDR-412A	"	2	"	"	1.05	20	95	"	"	"	10-1422 1423
FDR-43A	"	1	"	200	0.29	13	90	"	0.55	4.4	10-1420 1421
FDR-422A	"	2	"	"	0.52	20	95	"	0.53	"	10-1424 1425

(注) 2 燈用はフリッカレス回路

#### 5. 無線器に対する雑音の障害

蛍光灯による雑音障害波は、ランプ自体より放射する分はごくわずかで問題にならない。その主なるものは配電線より電源を伝わって受信機の電源からはいるものである。蛍光灯には雑音防止フィルタ装置として一般にランプにパラレルに容量 0.006~0.01  $\mu$ F のコンデンサを内蔵しているので、電圧強度の強い地域ではほとんど問題ないが、弱い地域では障害を受ける。かかる場合は 1 次 2 次をそれぞれシールドした変圧器を無線器用電源とするか、完全を期すためには別電源を設ける。配電線はもちろんシールドして誘導をさけるべきである。

#### 6. フ リ ッ カ

一般の室ではあまり問題にならないが主機室の回転機等では問題になりそうであるが案外そうでもない。しかしぜひフリッカをやめたい場合は、2 燈組合したフリッカレスの安定器を使用する。フリッカレスでは同時に力率も 95% 位になっている。(2 表参照) この外 3 相配

線より相を違えて電源をとってもよいが配線が複雑となる。また普通の蛍光灯と白熱電球を併用してもよい。しかしこの際は蛍光灯の色温度に近い昼光色電球を用いた方がよい。

#### 7. 周 囲 温 度

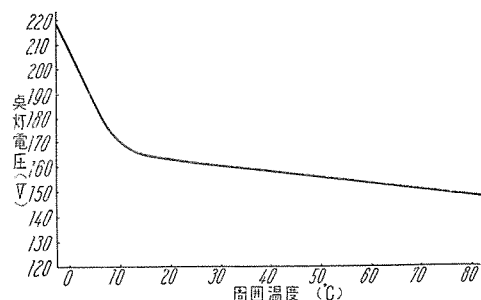
船舶の行動範囲はきわめて広く地球一円におよび赤道付近の熱帯より南北両極付近の極寒地帯を含むので、外気温度の範囲もきわめて広い。鋼船規則によれば船用電機品に対する周囲温度をつぎのように定めている。

(1) 周囲温度 50°C を適用すべき場所

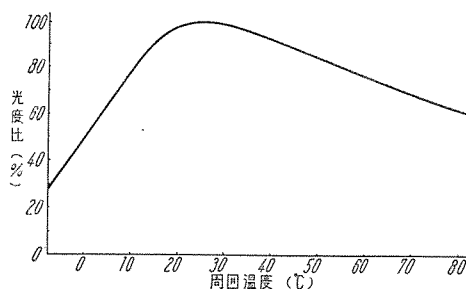
航洋船のボイラ室、主機室、発電機室、蒸発器室その他の高温度を発生する装置を有する場所および暴露甲板

(2) 周囲温度 40°C を適用すべき場所

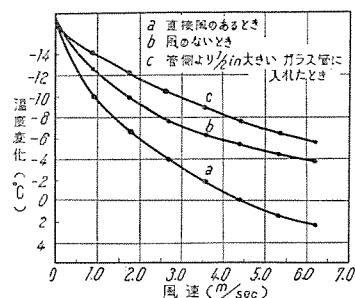
航洋船の前号以外の場所、(例 居住区画、通路) 前号の場所に使用するものではあるが周囲温度を 40°C 以下とみるべき特殊の冷却装置を有する場合および常



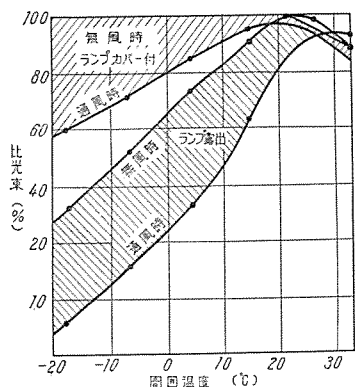
2 図 周囲温度と点燈電圧の関係 (予熱型 40W)  
Fig. 2. Relations between ambient temperature and lighting voltage.



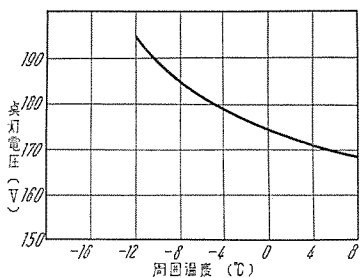
3 図 周囲温度と光度比の関係  
Fig. 3. Relations between ambient temperature and luminous intensity.



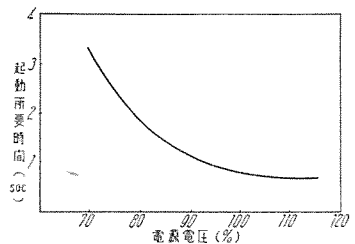
4 図 風速と管壁温度  
Fig. 4. Wind velocity-tube wall temperature.



5 図 ランプ露出とカバー付のばあいの周囲温度と光束の関係  
Fig. 5. Relations between ambient temperature and light flux with exposed lamp and covered lamp.



6 図 40 W 低温ランプの周囲温度と点燈電圧の関係  
Fig. 6. Relations between ambient temperature and lighting voltage of 40 W low temperature lamp.



7 図 電源電圧と起動時間の関係  
Fig. 7. Relations between supply voltage and starting time.

に熱帯圏以外で使用せられ周囲温度が  $40^{\circ}\text{C}$  を越えることのない場合。

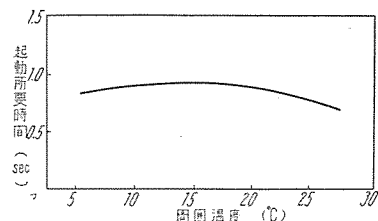
一方低温に関しては別に規則はないが零下数十度以下の極地帯が最低温度であろう。しかし船内居住区画は暖房装置があるので直接外気にふれる場所以外は人類の生活に適する温度と考えて差支えない。一般に船内の温度

は海水温度  $+6\sim 7^{\circ}\text{C}$  といわれている。蛍光灯は周囲温度により光束、点燈電圧、管電流等の特性が変化し、周囲温度  $20^{\circ}\text{C}$  付近で最高の効率を発揮し、温度が低い場合は極端に低下する。また、通風による冷却効果もありとくに低温の場合は影響が大きく、点燈してい

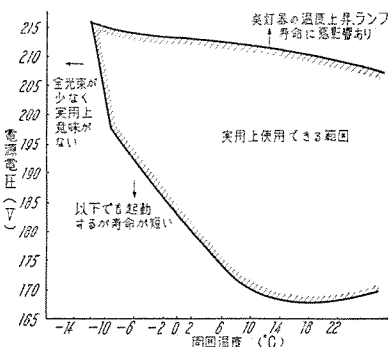
ても実用に供しないことになるのでこの場合適当なグローブで密閉して使用する。2, 3 図に周囲温度と点燈電圧、光束の変化の関係を示す。4, 5 図は風速と管壁温度、通風時の周囲温度と光束比の関係を示す。予熱起動グローブ点燈方式の場合は  $5^{\circ}\text{C}$  以下になると点燈困難となるのでこの場合は、低温ランプを使用すると  $-10^{\circ}\text{C}$  位まで使用できる。ただしある程度寿命が短い。6 図に 40 W 低温ランプの周囲温度と点燈電圧の関係を示す。最近の新しい蛍光灯として速時点燈のラピッドスタートランプがあるが割合に低温特性がよい。7 図に電源電圧と起動時間の関係、8 図に周囲温度と起動時間の関係、9 図に周囲温度と起動時間、実用上使用できる範囲を示す。

したがって寒冷地帯の航路では居住区画外の低温の場所ではランプに対しては適当なグローブを必要とし、ランプは低温ランプを使用する。反対に高温となる機関室、ボイラ室等では光束の低下もある程度あるが、管電流が増加するため安定器はますます高温となるため一般陸上用標準品では焼損の恐れあり、特別の高温用安定器を使用すべきである。高压蛍光水銀燈は従来の水銀燈に比べて色合も相当改善されており、温度の影響もほとんどなく、ランプの容量も大きいので特定の場所には便利であると思う。ただし停電後の再点燈に 3~4 分を要

8 図 周囲温度と起動時間との関係 (電源電圧 100% の場合)  
Fig. 8. Relations between ambient temperature and starting time.



9 図 電源電圧と周囲温度の関係 (ラピッドスタート 40W)  
Fig. 9. Relations between supply voltage and ambient temperature.





10 図 W型 1 燈用ソケット

Fig. 10. Type W socket of one lamp.

するので演色性を兼ねて最低保安用の照度を保つ白熱電燈と併用する。

## 8. 湿度

船舶は洋上を航海するので船内の空気は塩分を含んでおり、陸上に比べてきわめて湿度が高いから電気的絶縁にはとくに考慮し十分の絶縁処理が必要である。照明器具（以下燈具と略す）の内部配線、導体の接触部などの処理を完全に行いかつ燈具自体の防食処理も特別な処理をなす。経費の都合で裸ランプを使用する場合はランプの口金に漏電する心配もあるので、安全のためソケットカバーを設けたがよい。機関室、ボイラ室、貨物倉等とはとくに温度が高く水滴が落ちる場合もあり、防滴用、防浸形を使用する。ラピッドスタートランプを用いる場合は一般に湿度が高いと点燈不能となる傾向があるので注意を要するが、当社の方式はランプの内面に導電処理を施しているため湿度の影響がほとんどないのが特長である。

## 9. 振動

船舶は車両と同様に振動および衝撃の影響は大きな問題である。蛍光灯はフィラメントの線が大きくかつ短いので白熱電球に比較してはなほだ振動、衝撃に強く、艦艇に使用される 1 つの理由である。白熱電球に対する試験規格は振幅 2 mm、毎分 1,000 サイクルの振動波に耐えることが要求されており、普通電球では耐振性が弱いので効率を幾分犠牲にして船用ランプが製造されている。これに対して蛍光灯の場合は、最近の防衛庁艦艇用蛍光灯に関する耐振試験の取決めでは振幅 3mm、毎分 1,000 サイクルであるが、十分これに耐えることができる。（蛍光灯の場合ランプに対し軸方向および直角方向につきそれぞれ振動を与える）衝撃試験も防衛庁では行われていて相当に耐える結果が出ているが本文では説明を割愛する。

燈具の構造上とくに考慮すべき点はランプとソケットの接触である。



11 図 W 型 2 燈用ソケット

Fig. 11. Type W socket for two lamps.

この点各種のソケットを試験した結果スプリング式ソケットはもっとも結果がよく、実用試験および既納入品でぜんぜん問題を起していない。10, 11 図に三菱 W 型 1 燈, 2 燈用のソケットを示す。この外燈具各部のねじの締付、とくに安定器は重量が筐体に比して重いのので取付に十分の考慮を要する。12 図に試験中の振動試験器、13 図に防衛庁艦艇に納入した 20 W 燈具を示す。

## 10. 室の照度、照明の方法

船舶照明については戦前より、船舶安全法、同施行規則、船舶設備規程、海上衝突予防法、船燈試験規程、船用品取締規則、信号器試験規程、鋼船規則などに詳細に規定せられているが、これらは航海の安全を主とした規程で、客室その他船員室の照明については、船窓、天窗等の外人工照明についてはほとんどない。戦後日本標準規格として船舶の照明器具を制定し、鋼船規則も米英にならって船室の照明の基準を設けている。4 表に船内最少限度の照明値を示す。ただしこの表は白熱電球を基準としたもので、容積当りの電力で示しており蛍光灯を使用する場合は、いささか不便で、照度で表わした方が明確である。筆者の推奨する照度を右欄に付記し参考に供する。なお上記信号、安全燈に関しては本文では触れないことにする。

### ア、広間、公室

船舶は陸上建築物に比べてはなほだしく天井が低く、かつ梁が下向きに突出しているため、照度分布が悪くな

4 表 船内最少限度の照明値

場 所	容積 1m <sup>3</sup> に対する最小電力			蛍光灯の場合の標準推奨照度 (lx)
	直接照明	半間接照明	間接照明	
洗面所および浴室	3.88	7.28	13.2	50~30
広間、船室、公室	"	5.83	7.77	100~200
旅客出入口	"	"	"	50
通 路	2.83	4.88	5.83	30
外 側 通 路	3.18			50
船 員 区 画	3.88	5.83	7.77	100
高級船員区画	"			100
主機室およびその入口	"			100
ボイラ室およびその入口格子床	3.18			50
操舵機室および揚艀機室	2.83			50
貨物置場 (固定燈の場合)	2.12			30
貨物置場 (移動燈の場合)	3.88			



12 図 振動試験器

Fig. 12. Vibration tester.



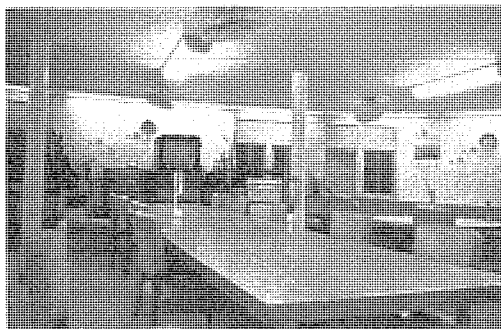
13 図 防衛庁納入の 20W 器具

Fig. 13. 20W lighting fixture.

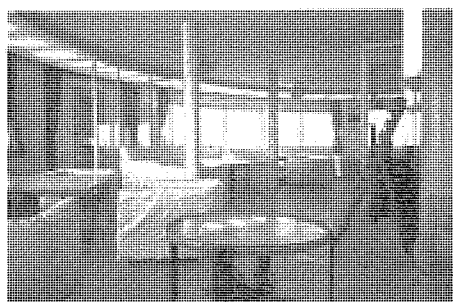




14 図 サロン半埋込型 20W×2  
Fig. 14. Semi-flush type lighting fixture.



15 図 サロン 40W×2 直付, および埋込  
Fig. 15. Ceiling mounting type and flush type lighting fixtures.



16 図 喫煙室  
20W 埋込  
Fig. 16. Flush type in a smoking room.

り易く案外やりにくい。広間、公室は船内でもっとも豪華な室で、天井も2重天井とし体裁を整えている。天井が低いと燈具は埋込型か直付器具ですっきりした感じを持たせるが、埋込の場合は天井が暗くなる欠点があるので、半埋込型を使用した方がよい。照度の分布が悪くなりがちで燈具は配光の広いものが適し、天井、床の反射率の高い材料を使用することもあわせて必要である。この外部屋のデザインにマッチするブラケットを併用し華やかな感じを出させる。蛍光灯のなかった戦前ではよく間接照明が用いられたが、間接照明は効率が悪いので現今では特別の目的で使用する以外その必要はないといっても過言でない。

光の色合の問題は近代照明にとって大切な要素の1つである。食事や顔色がよく見え快適な雰囲気を作るため、色補正をなしたデラックス系のランプを使用する。とく

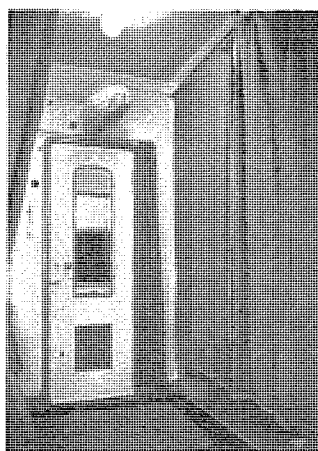
に航路の長い船では気温に応じて暑いときは、色温度の高いデラックス昼光色で涼しい感じを出し、寒い場所では色温度の低い暖味のあるデラックス白色、春秋の気温ではもっとも爽快な感じのデラックス冷白色にそれぞれ取換えると部屋の雰囲気を変えることができる。旅客に対する

特別のサービスとなり得よう。14, 15, 16 図にサロン、喫煙室の実施例を示す。

#### イ. 居室

船室の等級により広さも異なり一概にはいえないが、全般照明として天井に直付または埋込型を使用し、ベッドには枕元に10Wの枕元燈を設ける。照度は読書のできる100lx位が必要である。3等船室など大勢起居する所は一般に混雑するのが常であり幾らか高めに照度をとった方がよい。また航路の短い連絡船等では照度を高くとり乗客にサービスすることも必要であろう。現在建造中の船で200lx程度に計画されているものもある。しかし長い航路では幾日も船中で生活を営むので就寝時は適当な照度に下げ安眠を妨げないように計画する。

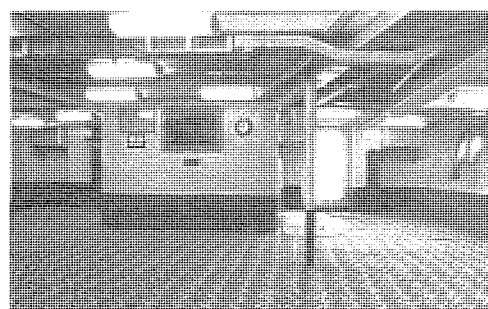
17 図は1等船室、18 図は10W枕元燈の一例。19, 20 図に特別3等、3等室の例を示す。



17 図 1 等船室  
Fig. 17. 1st class cabin lighting.



18 図 枕元燈 (10W)  
Fig. 18. Bed lamp.



19 図 特別3等室 FL 20W×2  
Fig. 19. Special 3rd class lighting.

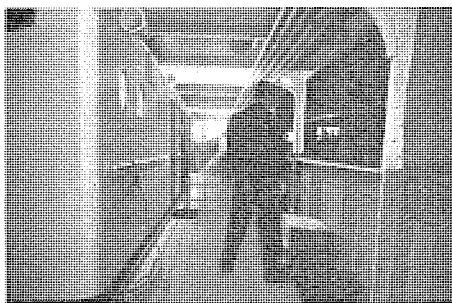


20 図 3 等室 FL 20W×2  
Fig. 20. 3rd class lighting.

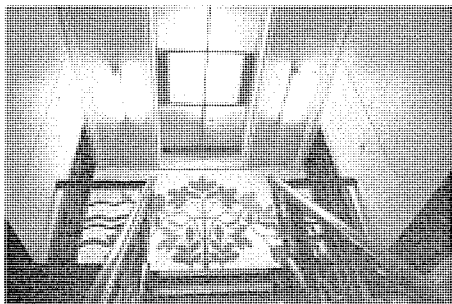




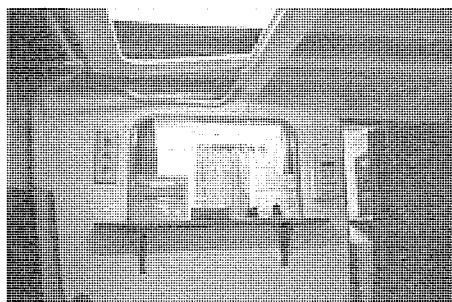
21 図  
通路1等船室  
Fig. 21. Passage  
lighting.



22 図  
外側通路  
Fig. 22. Passage  
lighting.



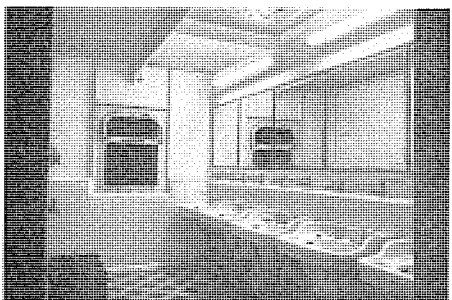
23 図  
サロン入口  
Fig. 23.  
Entrance  
of salon.



24 図  
船客案内所  
Fig. 24.  
Information  
office.



25 図  
洗面所入口  
Fig. 25. Wash  
room entrance.



26 図  
洗面所  
Fig. 26.  
Wash room.

## ウ. 通 路

船内通路は一般に狭く安全な歩行のためにとくにまぶしきの少ないよう燈具およびその取付に注意する。ランプの向きは配光は悪くなるが軸方向を通路に平行に取付ける (21 図参照)。外側通路の場合は防水型燈具が必要である。サロン入口、案内所前などは部屋に順じた照明を行い普通通路より明るくする。22 図は外側通路, 23, 24 図はサロン入口, 船客案内所の例を示す。

## エ. 洗面所, 浴室

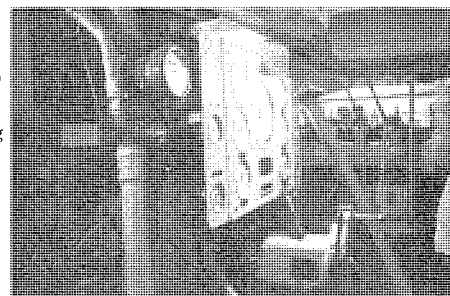
鏡の上部にランプを取付けるが、この場合人の顔にぜんぜん影が出ないように照すと明良に姿がうつる。欲をいえば鏡に対し1本ずつ 20W を配置する。室内の照度は別に光源がなくとも十分明るくなる (25, 26 図参照)。

## オ. 主機室, ボイラ室

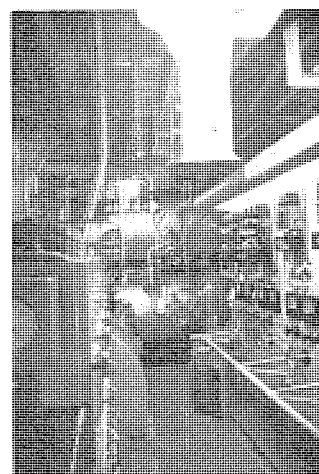
機械配管, タラップ等ぎっしりと取付けられているので、燈具の取付場所に困ることが多く、従来ほとんど白熱燈が使用されているが振動がひどいためランプの寿命がとくに短い。取付場所がないため蛍光灯の場合でもタラップの下に取付けると、船員の歩行が乱暴なため衝撃により断線することがあるので、この場合は燈具は適当なクッションを介して取付けた方がよい。配電盤、計器盤には 27, 28 図に示すような専用のランプを設け垂直照度を 100 lx 位にとる。この室は高温であるためランプに昼光色を用いると涼しい感じを与え作業環境をよくする。蛍光水銀燈の利用も適していると思う。

## 11. 照明器具の保護法式

燈具の保護形式は鋼船規格によれば 5 表のように定めている。また構造に関する条項として同規格の電気装置編



27 図 計器盤の照明  
Fig. 27. Lighting  
of meter board.



28 図 配電盤の照明  
Fig. 28. Lighting  
of switchboard.

5 表 燈具の保護方式

適 用 場 所		燈具の型式
暴露甲板など風雨にさらされる場所		防 水 型
同上波浪に洗われる場所		防 水 型
錨鎖庫、揚錨機室、甲板機械室、操舵室（前壁）、船首および船尾倉庫、貨物倉、工場		防 滴 型（1）
操舵室、海図室、無線室、羅針儀室、公室、事務室、倉庫、居住区およびその通路、配膳室		開 放 型
電池室その他引火性または爆発性ガスの集積する恐れある場所		防 爆 型（2）
附室、便所、洗濯室、浴室		防 浸 型
主 機 室	湿気、蒸気、油気および塵埃等の少ない場所	防 滴 型
	湿気、蒸気、油気および塵埃等の多い場所	防 浸 型
	床面以下の場所	防 浸 型
水中で使用し、または水に浸される恐れのある場所		水 中 型
1. 燈具（1）のうちの手提燈には開放型を、カーゴライトには防滴開放型を使用して差しつかえない		
2. 燈具（2）は手提燈に限りブラグレースプタクルを安全な場所に置けば防浸型のものを使用して差しつかえない		
型 式 の 説 明		
開 放 型	燈具にグローブを備えず電球が露出している型式	
防 滴 型	器具を垂直より 15 度傾斜した状態で取付け、水滴または塵埃を降下せしめても支障なく使用できる型式のもの	
防 浸 型	器具を水中に入れ 15 分間その表面を水準に浸してもその内部に浸水することのない型式のもの。主として湿気またはガスの浸入を防止する目的に使用する。	
防 水 型	器具を水深 1m の水中に 15 分間浸しても、その内部に浸水することのない型式のもの。	
水 中 型	所定の水压のもとで所定の時間水中に浸しても、支障なく使用できる型式のもの	
防 爆 型	全閉または狭隙構造のもので、内部にある所定のガスが爆発してもその圧力に耐え、かつ内部に発生した火花は爆発によって外部のガスに引火する恐れのない型式のもの（JIS C0901 鋼船規格第 4 付属規定参照）	

第5節につぎのように取決めている。すなわち

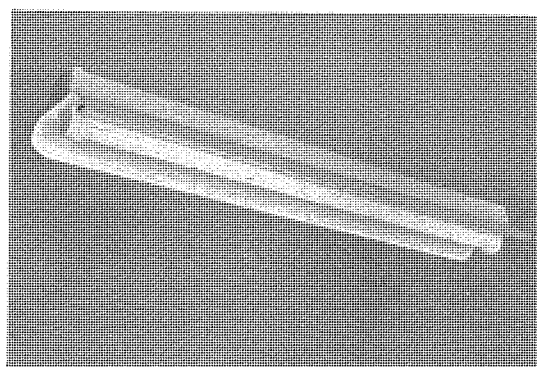
第7条 燈具はすべて耐食性または防食処理を施した材料を用いてじょうぶに造られ、外枠と充電部間は完全に絶縁し、かつ取付けに当ってはすべての露出金属部を有効に接地しなければならない。

第8条 開放型以外の燈具には、フランジ付またはねじ込式のじょうぶなガラスグローブを使用し、とくに防浸型または防水型のものに対しては完全な水密を保たしめなければならない。

第9条 機械的損害をうける恐れのある場所を使用する燈具には、電球またはグローブを保護するためじょうぶな金属製のガードを取付けなければならない。

第10条 燈具は、使用状態においてその最高温度が燈具の取付部で 90℃ 引込ケーブルの端子部で 75℃ をこえてはならない。なおこれに使用する内部配線に全閉型の天井燈または釣り下げ型燈具に対しては 150℃、その他の開放以外の燈具に対しては 85℃ の温度に耐えるものを使用しなければならない。

船舶照明の蛍光燈・佐々木



29 図 FHR-C40 耐酸型

Fig. 29. Acidproof lighting fixture.

また同編第9節に蛍光燈に関する項目には

第20条 居住区画内の照明、配電盤の照明等に蛍光燈を使用して差しつかえない。ただしこれに使用する燈具およびその付属品は船の振動および周囲温度に耐えるものでなければならない。

本規則によれば蛍光燈を使用できる範囲は居住区画と主機室等の配電盤照明のみに限定している。この範囲以外は5表に示すように防水・防滴・防浸・防爆型などの特殊器具が要求されるのであるが、蛍光燈の特性（高効率・強耐振性・長寿命・まぶしくない）等は船舶に対して、白熱電球に比べてはなはだすぐれた性能を持ち舶用光源として最適のものと思われるので、信号燈その他特別のものを除いて今後は全面的に蛍光燈を使用いたしたいものである。燈具の構造としては、耐振・耐食をじょうぶにし、配光としては天井が低いので配照型を用い照度分布をよくする。したがってルーバ器具は不向である。またグローブの材料にはとくに意匠的にガラスを用いる外は軽くてじょうぶなプラスチックが適当である。29図の燈具は全部硬質塩化ビニール製の耐酸型器具であるが防滴・防浸の場所に適している。

## 12. む す び

船舶に蛍光燈を使用する場合の船の特殊性に対する蛍光燈の特性、燈具の型式について述べた。現在の鋼船規則では使用範囲を住居区画に限定しているが、蛍光燈は耐振性・効率・保守・光の色など白熱電球に比べてはるかに勝る性能を持っており、船舶用光源としてもっとも適したものと信ずる。船舶での蛍光燈の利用は日なお浅くその普及の途上にある。今後完全な防水・防滴・防爆等の特殊舶用燈具の開発をまわって船内全般に利用されんことを望む次第である。拙文が今後の船舶照明計画にご参考になればはなはだ幸である。

## 参 考 文 献

- (1) 日本海事協会 鋼船規則電気装置編
- (2) 上田篤次郎 舶用電気設備
- (3) 三枝守英 船舶電気機装工事
- (4) 照明学会 照明のデータブック

# 街 路 照 明

本 社 吾 郷 侃 二\*

## Street Lighting

Head Office Kanji AGO

The problem of building a highway is now becoming a political issue in Japan. But without consideration of the street lighting the highway is almost meaningless. The writer introduces several examples of the latest street lighting in Europe and America, laying emphasis on the point that good illumination reduces traffic accidents a great deal in spite of increased amount of transport. Current trend of using fluorescent lighting for every field has brought a new system to the illuminating engineering in the outdoor facilities and high pressure mercury lamps have found their way into this sphere.

### 1. ま え が き

わが国の道路は近年とみに政治問題にも取上げられるほど国家の重要政策の1つにあげられている。戦後はもとより戦前よりわが国の道路の貧困さについては、各方面より指摘せられるところであるが、国民性の然らしめるためか、経済力の問題からかしてとかく二の次に放置されてきた。戦後産業の盛んなる復興とともに、自動車による貨物の輸送量は著増し、道路の重要性は倍増している。

海運における港湾施設の改善拡張と同時に、国道、幹線ないし2次3次の交通路線の修復、整備は喫緊事といわねばならない。

本文は街路照明について技術的問題を述べんとするのであるが、昨今の道路の現状が上述のごとく貧弱な状態にあることに相応して、街路照明施設もまたしごく衰えた状態にある。否むしる施設として見るべきものはまったくないといってもよいのではなかろうか。

近年わが国において高出力蛍光ランプならびに高圧水銀燈の発達に伴って、街路照明のあり方についても自動車の発達とともにようやく進歩的設備が実現されるものと期待される。

### 2. 海外における代表的街路照明

ひるがえって海外における街路照明はどんなものであろうか。最近の雑誌に紹介されたものを2,3拾ってみよう。

New York 市第1の壮大な蛍光燈街路照明施設として Manhattan 地区の3番街の照明<sup>(1)</sup>が紹介されている。すなわち Brooklyn Bridge から Harlem River までの全長7 $\frac{1}{2}$ マイルにわたるものであって、長さの点でも世界一の折紙がつけられている。

この街幅は70ftである。その両側に100ft間隔に左右交互に539基の燈柱が設置されている。各照明器具には管長72in 100Wの蛍光ランプ4本宛が上向き30度の角度に取付けられている。燈具の高さは路面から26ftであり、平均照度8lxである。この設備の特長として照明効果のすぐれていることと、電力費が経済的であることがあげられている。この4燈器具は白熱電球1,000W(初期光束21,600lm)とほぼ同じ明るさであるが、消費電力は1基当り490Wである。またlampは街路照明としてとくに考慮して製造されたものであって、起動も操作も30°Fまでは安定して使用できる。1燈の平均光束は5,300lmであり、低温度において一層明るさを増すような特性をもっている。冬の寒いときによく視界が明るくするというためである。

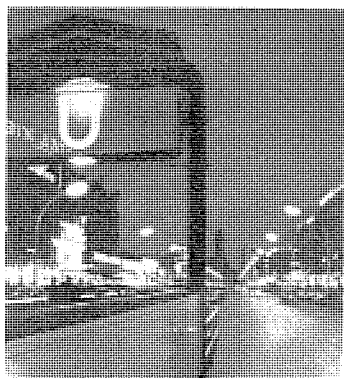
つぎに Berlin における最近の代表的照明施設の例<sup>(2)</sup>をあげよう。場所は Kurfürstendamm zwischen Gedächtniskirche und Wilmersdorfer Strasse および Ost-West-Achse zwis-



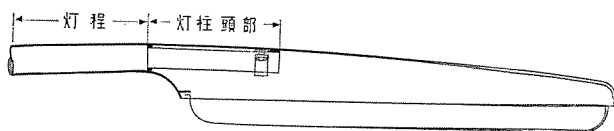
1 図(左) 2 図(右) Manhattan 3 番街における新型蛍光燈器具による街路照明の施設前(1 図)および後の対照。全長 7 $\frac{1}{2}$  マイルにわたって 539 組の新型器具の設置によって照明が改善されている。

Fig. 1-2. Below Manhattan's Third Avenue before and after installation of new fluorescent luminaires. Along a 7 $\frac{1}{2}$  mile stretch of the avenue, 539 luminaires have been installed for better lighting.

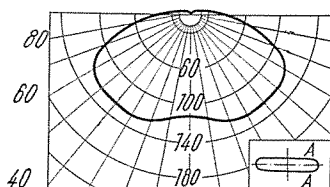




3 図  
Berlin 市内 Kurfürstendamm における  
新型街路照明  
Fig. 3.  
Die neue Strassen-  
beleuchtung am  
Kurfürstendamm  
in Berlin.



4 図 Berlin 新型照明  
器具の外形および A-A  
軸方向の配光曲線  
Fig. 4. Die Ansicht  
der Leuchte mit  
Anordnung der drei  
Leuchtstofflampen  
sowie die  
lichtverteilungskurve.



chen Brandenburger Tor und Bahnhof Tiergarten  
の 2 例である。

3 図はその夜景である。施設の明細は下表のとおりで  
ある。4 図はその燈器の外形および配光曲線図である。

	Kurfürstendamm zwischen Gedächtniskirche und Wilmsdorfer Strasse	Ost-West-Achse zwischen Branden- burger Tor und Bahnhof Tiergarten
照明施設区間の亘長	2 km	4 km
車道の幅	2×10 m	2×14.5 m
歩道の幅	2×13.5 m	2×3.0 m
中央地帯の帯	1×6.5 m	1×4.0 m
街路の総幅員	53.5 m	39 m
道路面	Asphalt	Asphalt
路面反射率	0.08	0.08
燈柱の構造	円柱、根部より上方に漸 次細く、上端部はパラボ ラ形に彎曲して腕本支柱 となる。	同 左
車道上における燈源の高 さ	10 m	10 m
取付燈数	3×65 W	3×65 W
車道面における 水平照度	$E_{max}$ 22.5 lx $E_{mean}$ 12.4 lx $E_{min}$ 5.4 lx	$E_{max}$ 22.5 lx $E_{mean}$ 8.8 lx $E_{min}$ 3.2 lx

### 3. 交通状態の類別

わが国における街路照明が非常に遅れていることは前  
文で触れたところであるが、他面交通状況はいかなる状  
態にあるかを述べてみたい。

米国交通技術家協会 (The Institute of Traffic

1 表 道路照明のための車両交通量の分類

	交通状況の区別	1 時間の車両数*
1	非常に閑散	150 台以下
2	閑 散	150~500 "
3	普 通	500~1,200 "
4	繁 忙	1,200~2,400 "
5	繁 劇	2,400~4,000 "
6	すこぶる繁劇	4,000 台以上

\* 両方向への夜間最高車両数

Engineers) の道路照明委員会によれば、道路の交通状  
態を 1 表のように分類している。

つぎに夜間歩行者をその最高交通量別によって下記の  
ように類別される。

- (1) 軽または無人交通量 住宅地、倉庫地帯、急行  
道路、地下道等
- (2) 普通交通量 辺地の商店街、工場地区等
- (3) 繁華交通量 商店中心街等

### 4. 東京都における交通状態と事故

東京都警視庁における都内年次交通量調査報告によれ  
ば昭和 29~32 年間の都内における各種交通量の状況は  
2 表のとおりである。

2 表 東京都における 1 日間 (午前 7 時より午後 7 時  
までまたは午前 1 時まで) の交通量調査

	自 動 車 <sup>(1)</sup>	自 転 車 <sup>(2)</sup>	歩 行 者 <sup>(3)</sup>
昭和 29 年 3 月	2,005,897	100	957,506
30 年 1 月	2,070,500	103	865,891
31 年 3 月	2,593,072	129	998,885
32 年 3 月	2,947,932	147	973,541
			102
			2,693,250
			112

上記の測定時間は (1) は午前 7 時より翌午前 1 時まで (2) および (3) は午  
後 7 時までの統計である。また調査地点は都内 23 区 94 地点における統計であ  
る。

2 表によって自転車ならびに歩行者の量は逐年、多少  
宛の増加に過ぎないが、自動車の増加量は顕著なもの  
があることがわかる。

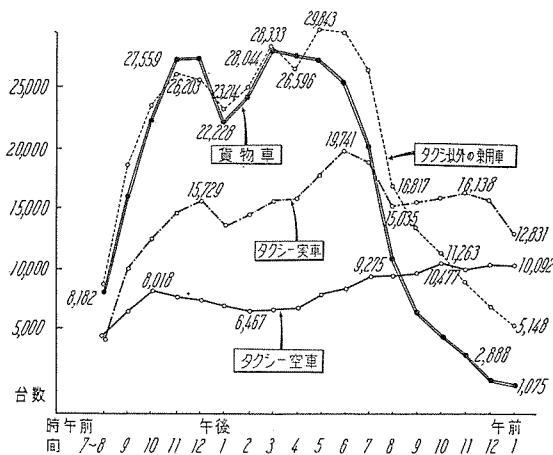
昭和 31 年 7 月 19 日午後 7 時より翌午前 1 時の間に  
おける日比谷交差点ほか 9 ヶ所における自動車交通量は 3  
表のとおりである。

3 表 交通量 調査

交通量の 区 別		Pm 7~8	8~9	9~10	10~11	11~12	12~1 Am	計
6	すこぶる繁劇 日比谷	5,644	3,526	3,378	3,073	2,135	999	18,755
5	繁 劇 岩本町	2,460	1,886	1,573	1,244	1,111	597	8,874
5	繁 劇 銀座四	2,426	2,227	2,041	2,919	2,378	1,706	13,697
6	すこぶる繁劇 新橋一	4,525	3,064	2,563	2,983	2,671	2,493	18,299
6	すこぶる繁劇 虎の門	4,019	2,764	2,841	2,958	2,245	2,182	17,009
5	繁 劇 大崎広	2,651	2,257	2,083	2,206	1,823	1,224	12,244
5	繁 劇 渋谷駅	2,494	2,447	2,374	2,912	2,883	2,264	15,374
5	繁 劇 四谷道	3,495	3,671	3,499	3,307	2,887	2,390	19,249
4	繁 忙 鍋屋横	1,248	1,170	1,280	1,420	1,376	1,033	7,536
5	繁 劇 上野駅	3,103	3,179	3,004	3,399	2,172	1,279	16,136

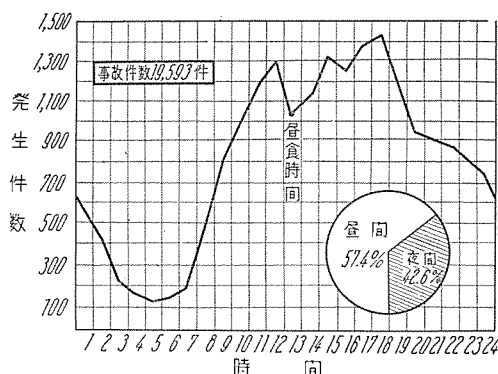
この表からして都内繁華地点における交通量は驚くべ  
きものであって、1 表と照合した場合調査地点における  
交通量がほとんど⑤および⑥に該当する繁劇地点である  
ことがわかる。したがって都内の街路照明の重要性はこ  
の表からも十分うかがわれるところである。

5 図は本年 3 月 18 日調査の都内 20 地点における時間  
別車両交通量曲線図を参考資料として示したものであ  
る。これによると日没後には車両交通量が著減して行く  
ことがわかる。そのうち貨物車ならびにタクシー以外の  
乗用車の減少は目立っているのに反し、タクシーは日中  
とほとんど変化がないことを示している。



5 図 都内 26 交差点における車種別・時間別交通量比較

Fig. 5. Comparison of traffic volumes classified according to the kind of vehicles and the hours at crossings in the city.



6 図 交通事故時間別発生件数表

Fig. 6. The number of traffic accidents classified according to time.

6 図は昨年 (昭和 31 年) 中における交通事故時間別件数を示している。この図によれば昼間の事故件数は 57.4% であり、夜間は 42.6% であって夜間の方がやや少ない。この点は米国の交通調査の資料<sup>(3)</sup>と逆であって、米国 National Safety Council の発表によれば 1 年間の交通事故による死傷者数は 35,000~40,000 人であり、この事故の 60% は夜間の出来事であって、このための経済的損害は年間 40 億弗をこえるといわれている。都警視庁の調査によれば昨 31 年度の交通事故件数のうち事故死亡者 766 名、傷害者 14,469 名である。全国的にはこの数字の約 10 倍の見込であるとされている。

7 図は 7 曜日別の交通事故件数 (都警視庁) の統計表である。土曜日は日曜よりも 35%、平日よりも 15% 増加している点に注目すべきである。

## 5. 交通事故と街路照明の要点

自動車交通事故の原因として、視覚の不十分、疲労、酩酊および操縦者の技能不足の 4 要素があげられる。このうち、後者の 3 項を左右するのはかなりむずかしい問題であるが、最初の視覚の点は街路照明の改善によって打

開の可能性がある。近代的街路照明によって交通事故による死亡、傷害がいかに改善されているかについては米国の実例が各種の資料によって報告されているが、その 1 例<sup>(3)</sup>として Denver および Kansas City の実例によれば、それぞれ 18% および 31% 減少したと報告されている。

街路照明は自動車の交通事故を防止するに役立つだけではなく、歩行者にとってもぜひ必要なものであり、また犯罪防止の上からもゆるがせにできないものである。

照明の要点を列記すればつぎのようなものである。

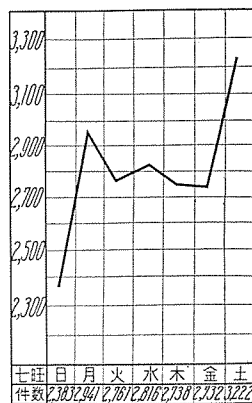
- (1) 道路の交通状態の判別
- (2) 各種の交通状態に適応する照度の決定
- (3) 各種の道路に対して適当なる配光性のある照明器具の選定
- (4) 照明器具の取付高さの決定および燈柱の距離の決定

## 6. 街路照明の照度の選定

道路の交通状態について主として都内状況について既述したとおりである。

道路の照度については、米国照明学会によって 4 表が推奨されている。

この推奨照度は両側歩道外の車道路面上の平均照度である。路面上のどの部分でもこの数値の  $\frac{1}{4}$  以下になっては不可とされている。なおこの表の数値は路面反射率が 10% 程度の良好の状態の場合であって、もし反射率が 3% ないしそれ以下の場合には照度は 50% 上げられねばならない。また反射率が高く 20% ないしそれ以上のときは、水平照度は 25% 下げるとされて



7 図 交通事故七曜別発生件数表

Fig. 7. The number of traffic accidents classified according to week days.

いる。

4 表 市街地道路上における平均水平照度 ((ft. Cd.)

歩行者量	車両交通量 (1 表参照)			
	(1) 非常に閑散	(2) 閑散	(3) 普通	(4)(5)(6) 繁忙ないしそれ以上
(イ) 繁華	—	0.8	1.0	1.2
(ロ) 普通	—	0.6	0.8	1.0
(ハ) 閑散または無人	0.2	0.4	0.6	0.8

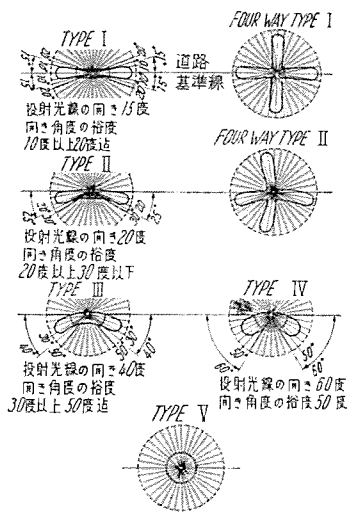
## 7. 照明器具の選定

道路の照明においては、器具の路面上の位置によってまた器具の配光特性によって 8 図 9 図に示すように、つぎの 5 種類が基準とされている。

### ア. I 型器具

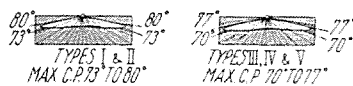
(1) 2 方向と 4 方向の 2 種の器具に分けられる。2 方向型の器具は道路の中心線に対しそれぞれ 15 度宛計 30 度の開きをもっている。この開きは 15 度に対して 10 度から 20 度の裕度をもっている。燈源からの光は左右両方向に同一光度で、道路の中心線に平行に放射される。この器具は道路のほぼ中心線上に設置される場合に用いられる。道路幅と燈柱の高さがほぼ同じ場合に適当とされている。





8 図 道路照明用器具としての五種類の基本燈器の配光線図

Fig. 8. Light distribution curves of five principal lighting fixtures for street lighting.



9 図 同上垂直光線の配光曲線

Fig. 9. Vertical light distribution curves.

の裕度は 20 度以上 30 度以下とされている。

(2) 4 方向器具 4 方向に集中光線が放射され、そのおのおの光線は上記の (1) の場合と同様、開きの裕度は 20 度以上 30 度以下とされる。この配光器具は十字路の片隅に設置するに適している。

### ウ. III 型器具

道路の方向線に対する角度は 40 度であってその裕度は 30 度以上 50 度以下とされる。この器具は道路幅が取付高さの 2.7 倍をこえない中程度の広さの道路に使用され、道路の側方に設置するに適している。

### エ. IV 型器具

道路の中心線（歩道の角石の線）に対し放射光線が 60 度の開きをもったものである。その裕度は 50 度またはそれ以上である。広い道路の側柱上に取付けるに相当したものである。なお道路幅は取付高さの 3.7 倍までの広さを適当としている。

### オ. V 型器具

配光は円形であって各方向に均等の光線を放射する。この型は道路の中心またはその付近、駐車場の中心位置、交差点等に用いられる。

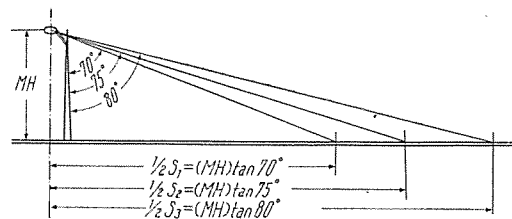
## 8. 燈器の取付高さとその距離

燈柱の高さを決定するのに 2 つの条件がある。すなわち燈源からの直接のまぶしさをできるだけ少なくすることといま 1 つは路上全面にできるだけ均一に配光できるように設計することである。燈源の高さが高ければ高いほ

(2) 4 方向の器具は左右前後各 90 度の方向に集中光線が放射される場合であって、光束の開きは (1) と同様それぞれ 20 度ないし 40 度の範囲にとられる。十字路の中心またはその近くに設置するのに適している。

### イ. II 型器具

(1) 2 方向器具 道路幅が取付高さの 1.6 倍をこえない程度の比較的狭い道路に適当なものであって、設置位置は道路の側方に置かれる場合である。道路方向との開き角度は 25 度であって、そ



10 図 柱間距離と取付高さとの関係

Fig. 10. Relationship between spacing and mounting height.

ど、視線は遠くまで届くまぶしさはそれだけ少くなる。ただし均一なる配光を得るためには器具の高さとその相互間の距離および燈器の最高光度の垂直角度との間には一定の相関性がある。一般には 70 度から 80 度の間にとる。(10 図)

燈柱の区間とその取付高さとの比率はできるだけ小さくなるようにきめる。すなわち最高光度の光線が少くとも隣の燈柱間の  $\frac{1}{2}$  の距離を照らすのがよいとされている。交通量の多いところでは一層十分な均質の配光ができるように柱間の距離をさらに  $\frac{1}{2}$  に短縮して垂直光線の重なりを 100% になるようにする。

5 表に示すように IES の道路照明委員会の指示する燈柱の高さはまぶしさを最少にすることおよび配光度を最高の均質にすることを考慮している。燈柱の高いことはしばしば都合のよい場合が多いが委員会によって指示された数字よりも低くてはよい設計とはいえぬ場合が多い。

5 表 照明器具の取付高さ (ft)

ランプの光束 (概数)	燈器の配光の型別			
	I 型	II 型	III 型	IV および V 型
2,500 lm	25'	20'	20'	20'
4,000 "	25'	25'	25'	25'
6,000 "	25'	25'	25'	25'
10,000 "	—	※ 25'~30'	※ 25'~30'	25'
15,000 "	—	30'	※ 25'~30'	※ 25'~30'
20,000 "	—	30'	30'	※ 25'~30'
50,000 "	—	—	—	※ 25'~30'

※ 燈器とその背景との輝きの対比が比較的少ないときには取付高さは低くとも差支えない。

## 9. わが国における街路照明の例

札幌市の街路照明に関して照明学会誌<sup>(4)</sup>に発表されたところをみても、まことに暗く照明学会街路照明委員会の推奨値に比較して  $\frac{1}{10}$  程度である。他の都市においても道路照明の現状はこれと大差ないといえる。ただ、商店照明は大体推奨値近くあるいはこれ以上の場合があるが、これは店頭ないし屋外看板の光線も含まれている場合が多く、閉店後は街頭のみの照明にたよらなければならないので繁華街における照度は推奨値近くの明るさが望ましいのである。

### 参 考 文 献

- (1) Westinghouse Engineering, March 1957.
- (2) Lichttechnik März 1956.
- (3) Ill. Eng. May 1956, p. 361. Street Lighting Aspect.
- (4) 照明学会雑誌 1957 年 6 月号 p. 253.  
Westinghouse Lighting Hand Book, 1956.

# 螢光健康ランプの光化学反応への応用 アルデヒドの光化学的酸化反応による脂肪酸の製造

協和醗酵工業株式会社堺工場 下村国夫・根岸喜代美・丹羽英之  
 三菱電機株式会社研究所 栗 津 健 三\*

## Application of Fluorescent Lamps to Photochemical Reaction. Preparation of Fatty Acid from Aldehydes by Oxidation Process

Kyowa Fermentation Industry Co., Ltd. Kunio SHIMOMURA・Kiyomi NEGISHI・  
 Hideyuki NIWA  
 Engineering Laboratory Kenzo AWAZU

To photochemical reaction in the industrial scale are applied chiefly visible region and ultraviolet region having relatively long wave-length of light, the light source employed being fluorescent lamps or high pressure mercury lamps. Lack of radiation sources with a good efficiency of output and wide and selective spectroscopic-distribution in the range of shorter wave-lengths has been restricting their application to the photochemical reaction.

Fluorescent sun lamps, however, are found satisfactory to the foregoing conditions because they convert radiation 253.7 mμ of mercury into radiations 270~350 mμ with good efficiency. As one application they are used for the production of fatty acid from aldehydes.

### 1. ま え が き

一般に有機化合物の分子が光を吸収して励起される反応性にとみ、あるいは分子、イオンまたはラジカルに分解することはよく知られており、近年低温におけるラジカル反応の機構をしらべるため物理化学の分野において光化学の研究が多く用いられている。その反面光化学反応の工業的な応用は種々の要因により制限され、現在まで特殊な例を除いてあまり開拓されていない。

従来工業化の対象であった可視部および比較的長い紫外部の光を利用する反応より、さらに短い波長領域に対して出力効率、波長範囲の選択、光源寿命、形状および価格などの点からみて適当な光源が実用化されなかった。

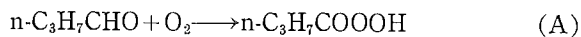
サンタンランプは 270~350 mμ の中間的な紫外線を効率よく放射するもので、これらの工業化される場合の必要な条件もそなえており、ランプ 1 個当りの出力は小さいが、実用的な光源として興味あるものである。

一般にアルデヒドはカルボニル基の振動による幅広い吸収帯を 280~300 mμ に極大値として示し、230~360 mμ の光を吸収して分解し、ラジカルを生じて酸素と共存するとき反応を開始し対応するカルボン酸を生成する。この光酸化反応を利用して脂肪酸を常温、常圧で容易に合成することを目的とし、その一例として n-ブチルアルデヒドから酪酸の製造を採りあげ、光源としてサンタンランプを使用し、この反応の化学工学的な取扱いの概

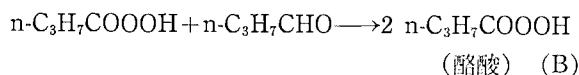
要を調べて工業的な光源としての実用性を検討した。

### 2. 反応の概要

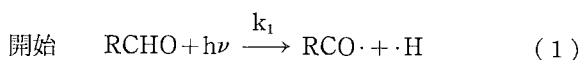
一般にアルデヒドが空気または酸素と接触するとき、徐々に酸化され最終生成物として対応する酸を生ずることは古くから知られており、この反応は光またはある種の触媒の存在により促進される。n-ブチルアルデヒドは次式のように酸素と反応して中間生成物として過酪酸

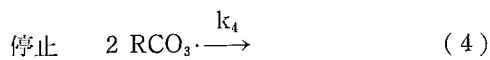
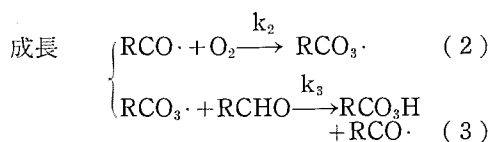


(n-ブチルアルデヒド) (過酪酸)



を生じ、これが分解して酪酸を生成するものである。脂肪族アルデヒドの光酸化については Melville および Cooper<sup>(1)</sup> の n-デシルアルデヒドおよび Mc Nesby<sup>(2)</sup> らの n-ヘプチルアルデヒドに対する報告がある。これらの報告によれば反応はラジカル連鎖機構で進行し、その機構は 1934 年 Bäckstrom により提出されたものが定説として認められており、この反応が定常状態を保って進行するときその反応速度は時間に対し 0 次反応となり、その表現はつぎの素反応 (1)~(4) の速度式からラジカル濃度を消去し

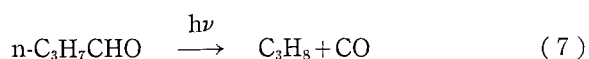
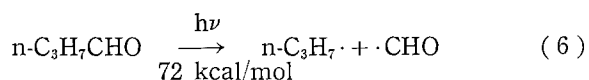




$$\frac{\alpha[\text{O}_2]}{\alpha t} = k_2 \left( \frac{k_1}{k_4} \right)^{\frac{1}{2}} [\text{I}]^{\frac{1}{2}} [\text{RCHO}] \quad (5)$$

でえられる (5) 式によりなされる。すなわち反応速度は酸素の濃度 (圧力) に無関係で、アルデヒド濃度に 1 次、光強度に  $1/2$  次としてあらわされる。

光は 1 次過程としてアルデヒドを分解させ生ずるラジカルが上式 (2) (3) (4) のように反応するもので、この 1 次過程は (6) 式のように起るものであるが、長い連鎖に対しては (1) のように近似的に書くことができる。n-ブチルアルデヒドは光のエネルギーを吸収して



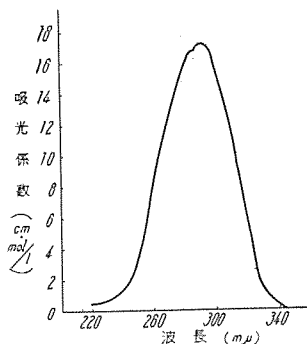
分子中のもっとも弱い結合 (72 kcal/mol) が光により切れるもので、Einstein が 72 kcal/mol 以上の波長すなわち 3,800 Å 以下の短波長部の光により原理的にこの分解が行われることとなる。n-ブチルアルデヒドの光分解については Nicholson<sup>(3)</sup> の総説によれば、ラジカル分解 (6) 式とともに、分子内分解 (7) 式をとめない、ラジカル分解と分子内分解の比は 1:0.7 (3,130 Å), 1:1.3 (2,804 Å), 1:2 (2,537 Å) と短波長になるとともに増大するもので、分子内分解は酸化反応の開始としては利用されない性質のものである。

このアルデヒドの酸化反応は光、あるいは触媒の存在によってのみ進行され、厳密な暗反応 (熱反応) は存在しないと最近まで信じられていたが、1949 年 McDowell および Thomas<sup>(4)</sup> がアセトアルデヒドの酸化でヒドロパーオキシラジカルを含む次式の反応を熱的開始機構と

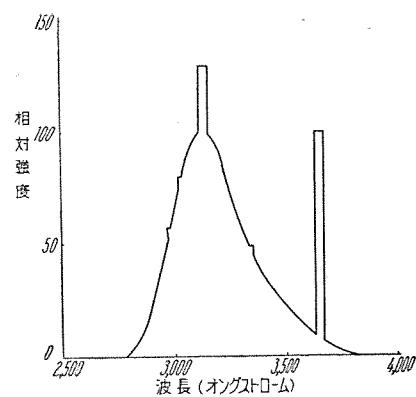
$$\text{RCH} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{RCO}\cdot + \cdot\text{HO}_2$$

として報告しており、これが現在もっともたしからしいと考えられている。

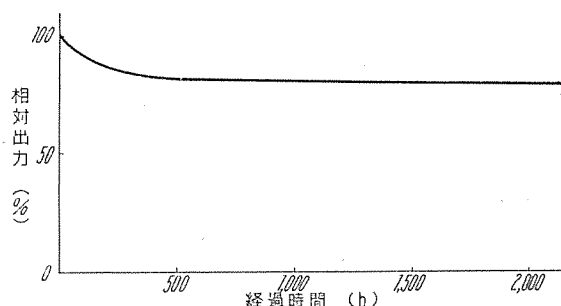
使用した n-ブチルアルデヒドの紫外部吸収スペクトルは Beckman DU 分光光度計で測定した結果、1 図に示すように 240~340 mμ に吸収をもち、極大値波長は 290 mμ である。吸収極大値はこの測定において溶媒と



1 図 n-ブチルアルデヒドの吸収スペクトル  
Fig. 1. Absorption spectrum of n-butyric acid.



2 図 三菱蛍光健康ランプのスペクトルエネルギー分布  
Fig. 2. Spectrum energy distribution of Mitsubishi fluorescent sun lamp.



3 図 三菱蛍光健康ランプの出力減衰曲線  
Fig. 3. Output attenuation curves of Mitsubishi fluorescent sun lamp.

して n-ヘキサンを使用したので、水素結合により会合している液体との間に多少の差を生ずるはずであるが、吸収光量その他の計算には大きい影響を与えないためこの値を用いた。

### 3. 光 源

この実験に用いた紫外線源は T8-GB-30 型殺菌ランプおよび T8-48 型蛍光健康ランプ<sup>(5)</sup>である。前者は低圧水銀放電による 2,537 Å を主とする線スペクトルを放射するが、このとき要求される 2,800 Å 付近の出力は非常に小さい。蛍光健康ランプは 2 図に示すようにその発揮スペクトルが現在知られている蛍光ランプ中もっとも短かく、n-ブチルアルデヒドの吸収帯に比較的良好に似ている。また効率が高く、発生熱量の小さいこともこの実験の目的によく合致している。

このランプは紫外線をよく透過せしめるため、極度に精製された原料を用いて製造したガラス管の内面に 2,537 Å の紫外線で励起され、2,700~3,400 Å の紫外放射を行う蛍光物質としてタリウムで賦活した正燐酸鉛カルシウム [(ZnCa)<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>:Tl] を塗布したものである。

とくに短い波長域での放射を能率よく行わせるために通常の蛍光ランプに比して塗布膜は薄くしてあり、点燈中は水銀放電の可視光線による青白い発光を行う。ランプの電気的な特性は通常の蛍光ランプとまったく同じで

1 表 三菱蛍光健康ランプの定格

型 式	大きさ (W)	長さ (mm)	管径 (mm)	ランプ電流 (A)	定格電圧 (V)	健康線出力 (Eviton)
FL-20 E	20	580	38	0.375	100	45,000
FL-40 E	40	1,198	38	0.435	200	100,000

註: 実験に使用したランプは反応塔の寸法で制限されるため T8-48 (管径 25mm 長さ 1193 mm) の薄束なものを使用した。

ある。

ランプは点燈中 500時間までは比較的速くそののち徐々にその出力を減ずるが、これは正常な状態の出力の低下で、2,000時間経過後の紫外線出力は初期の約80%である。

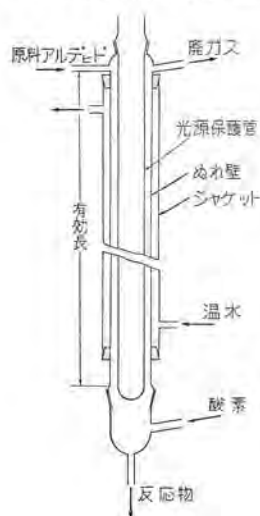
#### 4. 実験装置

基礎実験では流動法および非流動法ですでに速度論的な知見をえたので、この知見にもとづいてやや大形の流動法による実験装置を製作した。

実験装置は反応装置、過酸分解装置および後処理の蒸溜装置からなり、装置の規模はパイロットプラントへの拡大に対する計算の誤差をすくなくするためやや大形とし、酪酸 0.2~0.5 kg/h の生成量を標準として主として硬質ガラスにより製作した。

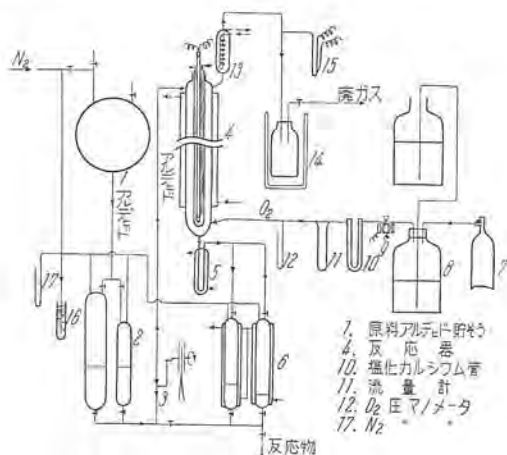
##### ア. 反応装置

反応装置は流動法による基礎実験の結果にもとづいて光源をその内部に収納し、内壁を薄膜として n-ブチルアルデヒドを流下させる形式のぬれ壁塔式反応器を用いてこれに定圧(全圧 760~780 mmHg)で酸素を供給する方法を用いた。反応器は4図に示すようにぬれ壁の部分硬質ガラスおよびアルミニウム(純度 99.8%)とした直径の異なる2つのものを使用し、主として前者により実験し、後者は直径および材質の差違による影響を追試するに止めた。反応器Ⅰ(硬質ガラス)はぬれ壁内径 68 mm、有効長 850 mm、反応器Ⅱ(アルミニウム)はぬれ壁内径 98 mm、有効長 850 mm で、Ⅰは液の流れの分散を助けるため、約 15 mm 間隔に外径 0.7 mm の銀線のリングをそう入し、Ⅱはアルミニウムパイプに深さ約 1.5 mm のねじを切ったものを使用した。反応器の中心に光源を収めた透明石英製光源保護管(外径 44~46 mm)をすり合わせて固定し、反応温度はジャケット部に一定温度の水を通じて保ち、また光源保護管にはランプ管壁温度を 40°C に保つよう水または空気を送つ



4 図 反応器

Fig. 4. Reactor.



5 図 反応装置

Fig. 5. Reaction equipment.

て制御した。発光部はサリタンランプをそのまま保護管に収めて用い、特別にフィルタを使用せずに直接その放射を利用し、光度の調節はランプ管壁に透過率を調べた金網を巻いて変化させた。

反応装置の要は5図に示すとおりで、n-ブチルアルデヒドは原料タンク(2)より一定の流速で送液ポンプ(3)により反応器上部へ供給され、ぬれ壁を流れて反応したのち、圧バランス U 字管(5)を経て反応物受器(6)にはいる。酸素はポンプ(7)より緩衝タンク(8)にはいり、マノスタット(15)と連動するマグネットバルブ(9)により反応器に供給し、反応器内のガス置換は還流冷却器(13)およびドライアイスで冷却したコールドトラップ(14)を通じて行った。

原料 n-ブチルアルデヒド系および反応物受器は窒素封じとして空気との接触を避け、窒素圧を水銀柱(16)で調節して圧バランス U 字管で酸素系圧とバランスさせた。

反応温度はジャケット部温度を $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 、反応圧(全圧)は $\pm 0.05\text{ mmHg}$ の範囲で自動制御により保ち、反応物は生成する過酸の分解を防ぐため受器ジャケット部、U 字管ジャケットに冷水を通じて  $0\sim 5^\circ\text{C}$  に保った。

##### イ. 過酸分解装置および蒸溜装置

反応物中に高濃度に蓄積する過酸は  $70\sim 80^\circ\text{C}$  に加熱したラシヒリング充てん塔に流して分解させた。分解物はラシヒリング充てん連続蒸溜塔により未反応 n-ブチルアルデヒドを回収し、溜出液として純度 98~99% の粗酪酸をえた。

#### 5. 実験結果

原料 n-ブチルアルデヒドは純度 95~96% のものを用い、酸素は市販の酸素をそのまま使用した。反応物中の n-ブチルアルデヒドおよび酪酸の含量は試料を採取してただちに水浴上で数分間加熱沸騰させて過酸を分解し、24 時間窒素封じのまま室温に放置したのち、常法により

それぞれについて分析して求めた。また反応器空間部のガス分析はあらかじめ完全真空としたガスホールタを反応器下部につないで試料を採り、ドライアイスで n-ブチルアルデヒドの蒸気圧を除いたのち、常法により炭酸ガス、一酸化炭素、酸素、炭化水素および窒素を分析した。

##### ア. 反応時間、薄膜厚およびレオノイズ数の計算

反応器のぬれ壁の流れを層流とし、銀線またはねじ山による流れの乱れを無視して均一な流れとして、薄膜の平均流速  $\bar{u}$ 、薄膜厚  $B$  およびレオノイズ数  $Re$  と流量  $V$  との関係を求め、平均流速  $\bar{u}$  で有効長を割ったものを

2 表 反応器 I および II のぬれ壁の定数

薄膜厚 B mm	平均流速 $\bar{u}$ cm/sec	平均滞留時間 $\theta$ sec	Re 数	流量 V kg/h	
				反応器 I V <sub>I</sub>	反応器 II V <sub>II</sub>
0.02	0.174	489	0.186	$2.14 \times 10^{-2}$	$3.09 \times 10^{-2}$
0.04	0.697	122	1.487	$1.715 \times 10^{-1}$	$2.47 \times 10^{-1}$
0.06	1.57	51.5	5.016	$5.8 \times 10^{-1}$	$8.34 \times 10^{-1}$
0.08	2.79	30.5	11.89	1.371	1.976
0.10	4.36	19.5	23.22	2.681	3.859
0.15	9.80	8.67	78.4	9.04	13.03
0.20	17.4	4.89	186	21.42	30.88

3 表 暗反応と明反応

アルデヒド流速 g/h. (cc/h)	反応温度 (°C)	反応率 (%)		R <sub>T</sub> /R <sub>L</sub> (%)
		明反応 R <sub>L</sub>	暗反応 R <sub>T</sub>	
736 900	40.0	36.1	4.0	11.1
" "	30.0	34.1	2.1	6.0
" "	20.0	32.1	0.9	2.8
" "	10.0	30.0	0.9	3.0

平均滞留時間すなわち反応時間とした。 $\bar{u}$ , B および Re の算出は Fallah<sup>(6)</sup> らの有名なつぎの (I) 式~ (V) 式を用いた。ただし B: 薄膜厚 (m),  $\mu$ : 液粘度 (kg/msec),

$$B = \left[ 12\mu\Gamma \left( 1 - \frac{U_B}{2\bar{u}} \right) / \rho^2 g \right]^{1/3} \quad (I)$$

$$B = (3\mu\Gamma / \rho^2 g)^{1/3} \quad (II)$$

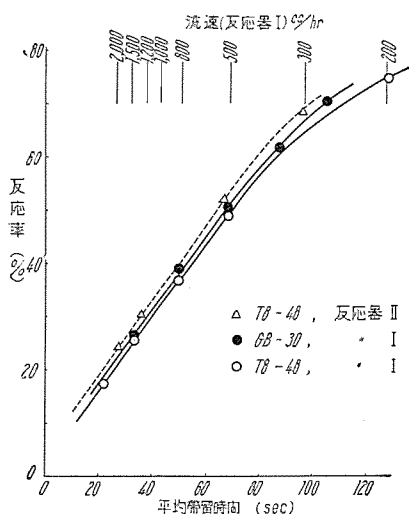
$$\bar{u} = \rho g B^2 / 3\mu \quad (III)$$

$$Re = 4\Gamma / \mu \quad (IV)$$

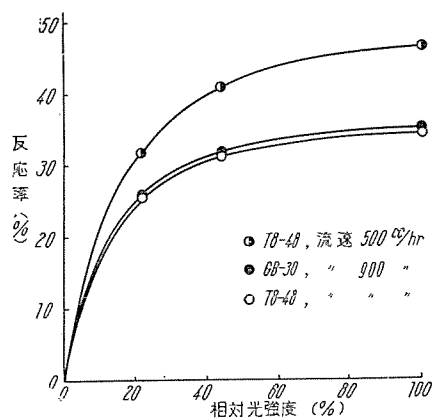
$$V = D \times 10^{-2} \cdot \pi \Gamma \quad (V)$$

$\Gamma$ : 浸辺長当りの質量速度 (kg/m sec),  $U_B$ : 薄膜の表面速度 (m/sec),  $\bar{u}$ : 薄膜の平均速度 (m/sec),  $\rho$ : 液比重 (kg/m<sup>3</sup>),  $g$ : 重力定数 (m/sec<sup>2</sup>),  $Re$ : レオノイズ数 (0),  $V$ : 流量 (kg/sec),  $D$ : ぬれ壁直径 (m) を示し,  $u_B = 1.5\bar{u}$  として計算したものである。

ぬれ壁を流れる液 (原料 n-ブチルアルデヒドおよび生成する酪酸を含む) の比重 0.8 ( $\rho=800$ ), 粘度 0.6 c.p. ( $\mu=6 \times 10^{-4}$ ) を用い,  $D$  は反応器 I および II について



6 図 アルデヒド流速と反応率  
Fig. 6. Aldehyde flow velocity-rate of reaction.



7 図 光強度と反応率  
Fig. 7. Light intensity and rate of reaction.

$D_1=6.8 \times 10^{-2}$ ,  $D_2=9.8 \times 10^{-2}$  の値を用いて計算した結果, 2 表に示すような関係をえた。

### イ. 流速と反応率

光源を点燈し, n-ブチルアルデヒドを流して酸素を供給して反応させるとき, 流量を増加すれば当然反応率が低下する。種々流速を変えて相対光度 100% (光源に金網を用いないとき) で実験した結果を上記 **ア**. のように求めた反応時間 (平均滞留時間) について反応率をプロットすると 6 図のように直線関係がえられた。反応温度 40°C, 光源は低圧水銀燈 GB-30 による結果も併記した。この結果からたとえば流速 640 g (800 cc/h) で n-ブチルアルデヒドを流して反応させるとき, 反応時間 51 秒でその反応率は 35~38% の範囲でえられることとなる。この直線性は反応が主として酸素の液層への拡散機構により支配されているものということができ, 反応率 70% 以上で曲るのはその機構の変化を意味する。反応器 II の結果も 6 図の点線のように I と同様の直線性, 傾斜を示し, 直径の増大による気相反応の寄与の増加を考慮すれば反応器 I の結果と一致し, **ア**. で述べたようなぬれ壁の流動条件の取扱い方が適用できるものといえることができる。

### ウ. 光度と反応率および暗反応

つぎに相対光度を前記の方法で変化させて実験し, 同時に暗反応の寄与をしらべた。暗反応は光源を点燈せずに明反応同様に行い反応率を求めた。その結果, 暗反応 (熱反応) は非常に小さく 3 表に示すように 40°C の反応率 4.0%, 同一条件の明反応の 11% にしかすぎない。この暗反応と明反応との関係について種々の議論があるが, 同一の生長および停止機構であるとする Melville らの方法により暗反応の寄与を補正して純粋の光化学反応速度 (反応率) と相対光度との関係を, 実験結果より求めると 7 図に示すとおりである。すなわち相対光度の変化に対する反応率の変化は図からみられるように非常にゆるやかで, さらに横軸を  $1/2$  次の座標により調べた結果, この反応は相対光強度 50% 以上では酸素の液層への溶解が律速となっている傾向を認めた。すなわち

50% 以上では光量の方がその反応速度より大きいという結果になり, この図よりたとえば 900 cc/h, 40°C では反応率を大きく低下させることなくぬれ壁の直径を約 2 倍に拡大させることができる。

### エ. 光量と反応率および量子収量

反応に消費される光量はサンタンランプの出力 (270~350 m $\mu$ ) の実測値 2.45W, 低圧水銀燈 GB-30 は公表値 6.5W を用い, 前者は 270~350 m $\mu$  の分光分布を薄膜の液厚について n-ブチルアルデヒドの吸収スペクトルの各波長の吸光係数よりベールの法則に



4 表 光 の 吸 収 率

薄膜厚 (mm)	アルデヒド流速 g/h (cc/h)	サンタンランプ (T8-48) 積分吸収率 (%)	吸収光量 (W)	低圧水銀燈 (GB-30) 積分吸収率 (%)	吸収光量 (W)
0.05	340 (416)	62.28	1.53	47.0	3.06
0.06	580 (666)	66.77	1.64	53.4	3.47
0.07	920 (1256)	70.21	1.72	58.8	3.82
0.08	1340 (1639)	73.32	1.79	63.8	4.15
光源	—	—	2.45	—	6.50

5 表 酪酸生成量, 光量, 電力量<sup>(a)</sup>

光源	相対光強度 (%)	反応率 (%)	酪酸生成量 (g/h)	光源出力 (W)	吸収率 (%)	酪酸 1 kg 当り の吸収光量 (W)	酪酸 1 kg 当り の 1 次側入力 (W)
T8-48	100	34.2	308	2.45	68.55	5.46	110.41
	50	31.5	283	1.23	"	2.97	60.1
	30	28.4	256	0.82	"	1.95	39.8
GB-30	100	36.6	329	6.5	56.14	11.1	100.4
	50	32.5	292	3.25	"	6.27	56.5
	30	28.6	257	2.17	"	4.28	38.5

注 (a) 反応温度 40°C

6 表 量 子 収 量<sup>(a)</sup>

光源	相対光強度 (%)	流 速 (g/h)	n-ブチルアルデヒド反応量 (g)	(mol)	吸 収 光 量 (W) (kcal)	量子収量
T8-48	50	736	231	3.205	0.84 0.724	413
	30	"	209	2.90	0.50 0.431	628
	30	"	210	2.92	1.10 0.949	347
GB-30	50	736	239	3.32	1.83 1.579	237
	30	"	210	2.92	1.10 0.949	347

注 (a) 反応温度 40°C

より求めた値を 270~350 mμ の範囲に積分したものを積分吸収率とし、後者はその出力が 2,537 Å とし、同様にこの波長について吸収率を求めた。実験の範囲の B=0.05~0.08 mm についてこの関係を示すと 4 表のようになり、サンタンランプのとき吸収効率 62~73%, 低圧水銀燈 GB-30 のとき 47~64% となる。

つぎに反応器 I により流速 736 g/h (900 cc/h) で n-ブチルアルデヒドを流して反応させた結果について反応率, 吸収光量, 酪酸 1 kg を生成させるに要する電力量などの関係を求めると, 5 表に示すようにサンタンランプ, 低圧水銀燈の両者共ほぼひとしく, 最低酪酸 1 kg を生成させるために約 40 W を要し, 操作上の安定さをえるためには 60~100 W の 1 次側入力で十分であるといえることができる。1 次側入力はバラスト (またはリアクタ) の力率をサンタンランプ 80%, 低圧水銀燈 90% として計算したものである。

この結果からわかるように低圧水銀燈はサンタンランプに比較して, 酸素の溶解が律速でなく真の光化学反応速度をあらわしていると考えられる相対光強度 30 % のときにおいても約 2 倍光量を多く必要とすることがわかり, これは短波長による開始反応の効率の低いことを示している。

この反応の量子収量は各波長により異なり, 初速度に

ついて議論すべきであるが, 1955 年 Doedd および Nalker<sup>(7)</sup> が Practical Quantum Yield (実用的な量子収量) を化学工学的立場から論じており, 反応速度の直線からの偏差, 生成物による遅延反応, 波長の影響などの総括した量子収量が重要なものと思われる。この意味から反応器 I について相対光強度 50 および 30% でサンタンランプおよび低圧水銀燈の有効波長全域で量子収量を求めた結果は 6 表のとおり, サンタンランプについて 400~600, 低圧水銀燈について 250~350 がえられ, 安全度を考えて前者について約 400 が実用的な量子収率と見ることができる。

### オ. 反応後の処理

反応物は前記のように過酸を分解させたのち, 連続蒸溜塔で未反応 n-ブチルアルデヒドを回収し, 粗酪酸をえた。生成粗酪酸および反応器の廃ガスの分析値より検討した結果, 光化学的酸化反応の酪酸の理論収率は 97% に達した。

## 6. む す び

以上サンタンランプの光化学反応への応用の一例としてアルデヒドの光酸化による脂肪酸の合成に対する利用を試み, 工業的に困難とされている発光部-受光部の組合せの 1 つの型式としてぬれ壁塔についての実験結果を報告した。実験の結果はこの型式によりほぼ放射エネルギーを効率よく反応の開始に用いることができ, ぬれ壁塔自体についての理論も実験と一致した。反応中に懸念された着色性物質の生成も認められず, また再現性も良好である結果を示した。反応は 40°C, 直径 68 mm, 有効長 850 mm のぬれ壁を流速 736 g/h (900 cc/h) で流して反応率 32~35% に達し, 副反応非常に少く収率 97% に達する成績をえ, また所要電力量は酪酸 1 kg 当り 100 Wh 以下であることを知った。サンタンランプは低圧水銀燈のときと異なり, 量子収量 400~600 に達し, 副生物少くまた工業的に使用するとき透明石英より安価な紫外線透過ガラスを使用することができ, 270~350 mμ の範囲の光源として適当であるといえることができる。

### 参 考 文 献

- (1) H.W. Melville and M.R. Cooper: J. Chem. Soc., **1951**, 1984.
- (2) J.R. McNesby and T.W. Davis: J. Am. Chem. Soc. **76**, 2148 1954.
- (3) C.A. McDowell and J.H. Thomas: J. Chem. Soc. **1949** 2208.
- (4) A.J.C. Nicholson: Rev. Pure. & Appl. Chem. **2**, 174 (1952).
- (5) 立原, 泰, 栗津: 三菱電機 **29**, 19 (1955).
- (6) R. Fallah et al: J. Soc. Chem. Ind. **53**, 369T (1934).
- (7) C.M. Doedd and C.A. Nalker: Chem. Eng. **62**, 160 (1955).

## 高 圧 水 銀 燈

研 究 所 小 椋 義 正\*

## High Pressure Mercury Lamps

Engineering Laboratory Yoshimasa OGURA

A detailed account of the history on the development of mercury lamps for past half a century has been given by Mr. Elenbaas. The story dates back to 1901 when Mr. Cooper Hewitt introduced his first mercury lamp. Since then this source of light has made much headway and has developed into germicide lamps, black-light lamps, health lamps and fluorescent lamps of today. They are, however, low pressure lamps and high pressure lamps are rather slow in the progress. This high pressure product has a particular field of application with its distinctive features.

## 1. ま え が き

Cooper Hewitt が 1901 年に水銀電極の水銀燈を試作して以来、さまざまな改良発達を経て今日に至った模様は最近 Elenbaas が相当詳しく述べている<sup>(1)</sup>。

現在では殺菌燈、ブラックライトランプ、サンタランプ(健康ランプ)、けい光燈のごとき低圧水銀燈(水銀蒸気圧 1/100 mmHg)と高圧水銀燈および特殊な用途に使用される超高圧水銀燈の3種に分類されるようになった。

低圧水銀燈と高圧および超高圧水銀燈とは構造、性能などがぜんぜん異なるといってもよく、ここでは交流用の高圧および超高圧水銀燈について総括的に解説する。

## 2. ランプの構造

密閉された空間内の電極間に放電を持続させ、その幅射線を外部に取出すことが必要であるからガラス、石英のような透明な絶縁物で管体を作り、この中に電極を気密に封着し、適量の水銀を封入することが必要である。しかし 250 mμ 以下の短い紫外線を必要とするランプ、あるいは放電の弧光温度したがって管壁温度が高いランプ(この場合は必然的に水銀蒸気圧が数気圧以上となる)に対しては石英を管体材料とする必要がある。

## ア. ランプの起動

起動を容易にするために、アルゴンを数ないし数 10 mmHg の圧力で封入するが Paschen の法則に従って電極間距離の長いものはガス圧を低くする。アルゴンに他の稀ガス(たとえばネオン)を混合することも効果がある。400 ないし 500 V 以上の電圧を用いる場合はこれらのガスだけで十分に起動することが多いが、それ以下の電圧で起動する必要があるランプではこのガスの外に起動用の電極を併用する(1図)。これを1つの主電極の付近に設置し、この両者の間にグロー放電を生ぜしめることにより管体内部にイオンが拡散して電導度が大きくなるから容易に起動する。この起動極は 10 kΩ 程度

の抵抗を経て離れた方の電極へ接続してあるから起動時には数 10 mA の電流が流れる。

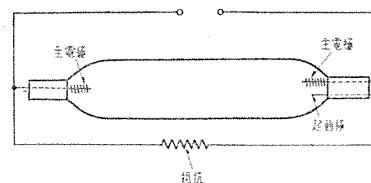
また、ランプ管壁の一部に金属板をつけることも有効である(2図)。この板の面積が大きいほど、その効果も大きい。光を遮るのであまり広くすることはできない。金属板を使用する代りに塩化錫液を約 300°C で管壁に焼付けて導電膜を作れば全面に金属板を張付けたと同様の効果があり、しかもこの膜による光の吸収はわずか 1~2% ですむから実用上差支えない。この膜は 500°C 位までの温度では安全である。

これらの方法に人為的に電圧のキックを与えて起動を容易にすることもあり、放射能物質を用いてランプ内部のイオン化を助けるのも効果がある。低温時の起動が問題になる場合があるが、-30°C の場合でも起動に必要な最低電圧は常温の場合よりも 20 V 位高くなる程度である。

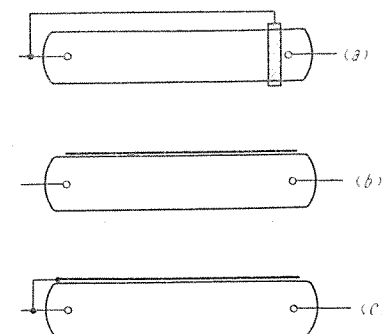
## イ. 電 極

主電極はほとんどのものが冷熱陰極型である。すなわち放電が生じることによって自己を加熱してさらに電子放射を良くし、ランプの定格電流において電子放射と寿

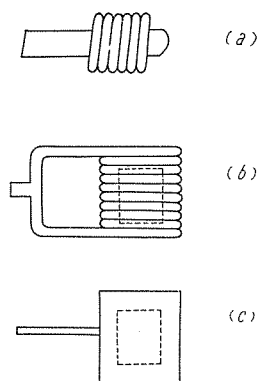
1 図 高圧水銀燈の構造  
Fig. 1. Structure of high pressure mercury lamp.



2 図 起動を容易にする補助方法  
Fig. 2. Auxiliary methods for starting lamp.



\* 物理第2研究室



3 図 高圧水銀燈の電極

Fig. 3. Electrodes of high pressure mercury lamp.

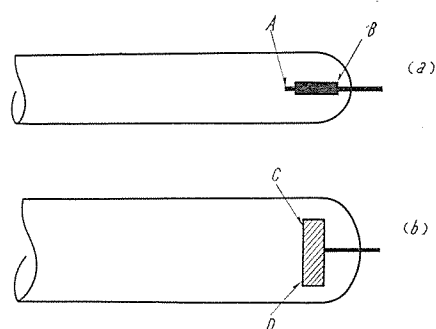
命が良好な状態になるように設計しなければならない。交流用のランプでは電極は半サイクルごとに陽極と陰極の作用を繰返すから両電極とも同じものであって3図の形のものが多い。要するにタングステンの芯線に熱的に安定度の高い酸化物か金属トリウム等を付加して電子放射をよくするのである。3図(a)は芯線に巻いたコイルに酸化物を塗布含浸させたもので、(b)は大きいコイルの中に酸化物を含浸した小さいコイルを入れたもの、(c)は(b)の大きいコイルの代りを板で箱状の電極としたものである。(b)、(c)は1気圧程度で電流の多いランプに用い、(a)は数気圧以上のものに使用する。

起動極はグロー放電の陽極としての役目を果せばよいから電子放射をよくする必要はないので純タングステンでよい。

高圧水銀燈の電極が低蒸気圧の熱陰極放電管の陰極と異なる点は、

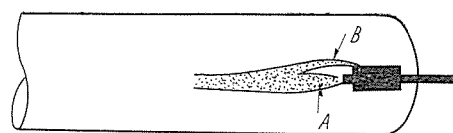
(1) アーク温度が非常に高い(数 1,000 度)ために電極先端の温度が非常に高く(約 1,500~2,000°C)、電極の消耗が大きい。

(2) 陰極として作動する場合に、電子放射面積を大きくすることによって放電電流を増すことはできないから放射電流密度を非常に大きく(数 100 A/cm<sup>2</sup>)しなければならない。なぜならばランプが起動した直後で水銀蒸気圧が低いときには陰極の放射面積を大きくすれば放電電流はある程度まではいくらか大きくすることができるが、蒸気圧が上がってくると放電は次第に絞られて糸状となり、弧光の電位傾度が非常に大きくなるから弧光の端にある陰極の1点からのみで全電流を放射しなければならない状態になる。さらに説明を加えるならば、このような弧光状態になっているときに、4図においてA点およびB点、あるいはC点およびD点が同時に電子放射をしているとしたら、AおよびBあるいはCおよびDがそれぞれ同電位でなければならない。これは実現できない状態であって、実際の放電を観察してもこのことは明らかである。ただし肉眼による観察では5図のような放電が起ることがある。このA放電路とB放電路とは同時に存在するものではなく、たとえば電流が流



4 図 高圧水銀燈の電極付近

Fig. 4. Spaces surrounding the electrode.



5 図 電極付近のアーク

Fig. 5. Visual condition of arc near the electrode.

入する放電路がAであれば、Bは流出する放電路で、AとBは半サイクルの位相差がある。

水銀蒸気圧が100気圧程度の超高圧水銀燈では水銀電極のものもあるが、固体電極の場合は前記の電子放射物質を塗布した電極を使用しないで純タングステン電極を使用するのが普通である。このようなランプではアークの温度も電位傾度も非常に高くしたがって電極先端の温度ならびに放射電流密度がきわめて高いからである。しかし温度も電流密度も高い状態における電極ではあるが水銀蒸気圧が高いことは電極物質の飛唾を防止してくれる大きな効果がある。

(3) けい光燈などでは陰極となるフィラメントを予熱して温度を上げ電子放射を良くした状態で、安定器からキック電圧を出して起動するから非常に条件が良いがアで述べたように高圧水銀燈ではこれに比べて不利である。

## ウ. 管 体

高圧あるいは超高圧水銀燈の管体には石英、バイコールあるいは硬質ガラスを使用するが、紫外線透過の問題は別として管壁が温度と圧力に耐えることが必要である。すなわち高温高圧において管体の変形はもちろん、管体内に有害ガスを生ぜしめてはならない。

石英の軟化温度は約 1,300°C であるが、5~600°C 以上では水素をよく透過し、ついで酸素窒素も透過する(1表参照)から、このことも考慮に入れて管体を設計しなければならない。石英の高圧水銀燈(数気圧)では管体表面積(ステム部分を除き)1cm<sup>2</sup> に対しランプ入力10Wが限度で、これ以上の負荷をかけると上記ガスの浸入、有害ガスの放出、石英の失透<sup>(a)</sup>あるいは分解等が起りランプの寿命が非常に短くなる。しかし超高圧水銀燈では外部を水冷にする関係上1cm<sup>2</sup> に対して数 100 W

1 表 透明石英管のガス透過性  
内径 3 mm, 灼熱帯の長さ 180 mm, 過圧力 300 mmHg

温度 (°C)	壁の厚さ 1.95mm		壁の厚さ 1.0mm	
	H <sub>2</sub> (cm <sup>3</sup> /h)*		O <sub>2</sub> (cm <sup>3</sup> /h)*	N <sub>2</sub> (cm <sup>3</sup> /h)*
	生じてないもの	1,100°C で 8h 生じたもの	生じてないもの	生じたもの
20	0.000	1.20	—	—
500	0.23	1.18	—	—
900	—	—	0.3	0.00
1,000	0.47**	—	—	0.1
1,100	0.81	—	—	0.1
1,200	0.96	—	—	—
1,300	0.85	1.22	0.47	0.28

\* 760 mmHg, 20°C のガス容積

\*\* 不透明石英に対しては同じ条件に対しこの値は 0.7 である。

の負荷をかけることができる。100 気圧位の超高压水銀燈の管体は内径および管の肉厚は 1.5~2.0 mm で肉厚をこれ以上に厚くすると管内壁の冷却が不十分となって石英が溶解するに至る場合がある。20~30 気圧の高圧水銀燈は強制空冷のものが多い。

硬質ガラスのものでは同じ管体表面積の石英のものに比して数分の 1 の負荷しかかけることはできない。

## エ. ス テ ム

硬質ガラスではタングステンあるいはモリブデンのとき金属の線が直接封着できるから問題はないが、石英、バイコール（シュランクガラス）<sup>(a)</sup> のような膨脹係数がきわめて小さいものには、これと同等の膨脹係数を持ちかつ溶融点が 1,700~1,800°C 以上の金属がないから特殊の封着方法によらなければならない。1 つは石英に順次膨脹係数の大きい中間ガラス数種を継ぎ、最後はタングステンガラスにしてタングステンを封着する段継法である。これには相当の技巧を要するのみでなく、熱的機械的に弱くその上、封着時に電極が酸化するので特殊の場合のほかは用いられない。モリブデン箔の封着は現在ほとんどの製品に用いられている。これは厚さ 0.015~0.020 mm のモリブデン箔を真空中で石英の中に焼付け封じ込んでしまうのである。これは熱的機械的に強く、量産に適した方法である。この箔の通電容量は幅 5mm のもので連続 10 A であるが、実効値が数 10 A の電流を通ずればこの箔が溶けて瞬間的に破壊する。

またこのモリブデン箔の欠点は、ステムの温度が高いので空気中ではステムの封入線の外端部が徐々に酸化しこのために外端部がその厚さを増して石英を押し広げて割ってしまう。したがってこのようなことを防ぐためにはステム外端部の使用中の温度が 250°C 以上にならぬようにしなければならない。

このような箔を石英の中に封じ込んでしまうには工作上いろいろな問題がある。気密であり、電導度が十分であり、石英にクラックが生じないことが必要であるから、箔の両面と両側端部が滑らかでかつ清浄でなければならず、焼封した後に箔に皺ができた、箔が切断したりしないでしかも熟練した石英工の手細工によらず機械作業で量産しうることが必要である。

この封着に石英と膨脹係数が非常に異なるモリブデンを使用することができるのはつぎの理由による。

（石英： $5.8 \times 10^{-7}$ ，モリブデン： $60 \times 10^{-7}$ ）

第 1 に石英とモリブデンの付着力が強いこと、第 2 にモリブデン箔が非常に薄いために、箔の膨張、収縮が石英に制圧されてしまうことである。したがって箔の厚さ 20/1,000 mm 以上であればモリブデンの膨張収縮がま

って石英にクラックを生じる。

管体に石英を使用しなければならぬ場合が多いが、石英は非常に高価であるからその使用量を最少限に止めることが望ましい。このために管体のみは石英とし、ステム部分をバイコールのような石英に直接々続できる材質にして価格の低減をはかることが行われる。ステム部分は管体ほど高温とならないから石英よりも軟化温度が 200°C 位低いバイコールでも差支えないのである。

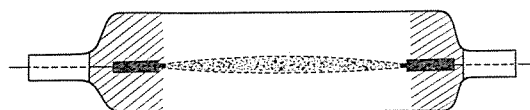
高圧水銀燈の放電が安定した状態では 6 図のように両主電極の先端間にアークが存在するが、電極の封止部と先端間の管体の空間（斜線で示す）が大きすぎるとこの部分の温度が低いために水銀がこの部分で凝縮し、そのために水銀蒸気圧が規定の値まで上昇しないから管電圧、出力（光束）が上らないという結果になる。ガラスのランプの場合に、この点を考慮して、電極の先端をステムからあまり離さないようにすると、点燈中に電極からの熱伝導によって封着部の金属の温度が上りすぎて封着部にクラックを生ずる場合がある。これを避けるために 7 図のように電極と封着部の間の導線をコイル状にして長くすることにより熱伝導を少くし、しかも 6 図の斜線に示す空間を大きくしないですむからこの欠点を除くことができる。

また別の方法として 6 図斜線に示す部分の管外壁に金、白金などのメッキ液を塗布して焼付けることにより、この部分の温度を上げて水銀の凝結を防止することでもできる。

超高压水銀燈ではこの水銀の凝結が生ずるようでは蒸気圧が規定値まで上昇しないから蒸気圧が規定値まで上昇した状態において、両電極（タングステン）が水銀溜から 1mm 位先端を出しているようにする。このステム部分については高压に耐える構造でなければならないからとくに製作上の注意を要する。

## オ. 外 管

高圧水銀燈には発光源のランプのみのものと、これを

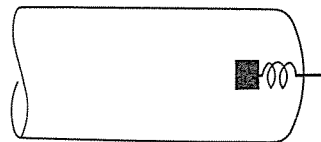


6 図 電極付近の空間と水銀の凝結

Fig. 6. Mercury condensation in the space surrounding the electrode.

7 図 ガラス高压水銀燈の電極内部リード

Fig. 7. Inner lead wire of electrode of glass mercury lamp.



(a) 石英が無定形から小さい結晶に戻ることで、700~800°C 以上に長時間保つとこの現象が起る。きわめて小さい結晶であるために白い艶消しガラスのようになるがさらに進行すると軽石状を呈する。石英の表面が汚れているとこの失透がきわめて早い。

(b) 一種の硼珪酸ガラスの成形されたものを酸処理、熱処理などによってアルカリ分を除去し、シリカ含有率が 96% 程度の準石英としたものである。膨脹係数、軟化温度、紫外線の透過率も石英に近く、石英と直接に接続することができる。でき上がったものが初めの成形材よりも収縮しているので Shrank glass と呼ばれ Corning 社では Vycor という商品名で価格は石英の 1/5 程度である。



ガラスの外管中に封じ込んだ2重管型のものとあり、この場合前者を内管と称する。

2重管型にする理由は

(1) 照明用では眼に有害な紫外線があつては困るので外管でこれを吸収させる。

(2) 内管を機械的に保護し、その過冷却を防ぐ。

(3) 内管のステム封着部の酸化を防ぐ(前述エ)。

(4) オゾンの発生を防止する。(これだけの目的の場合には外管中に気密に封じ込まず、ガラス管の中にアスベスト等のパッキンで封じた程度でよい)。

(5) 艶消した外管を用いて輝度を下げる。

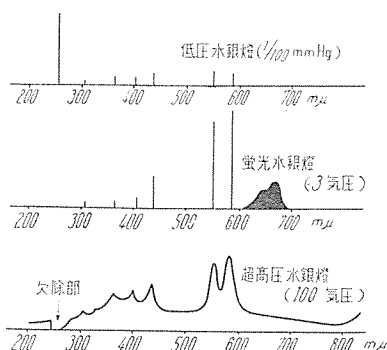
(6) けい光水銀燈では内面にけい光体を塗布する。

(7) 高圧水銀燈型のブラックライトでは紫外線のみを透過する着色ガラスの外管を用いるし、けい光水銀燈では外管によって緑と黄の光を一部吸収して演色性をよくする場合もある。

外管の内部は真空または窒素ガス等を常温において1/2気圧程度封入する。ガスを封入する目的は爆発的な破壊をすることを防止することと(点燈中はガス圧が約1気圧になる)内管の温度を少し下げためである。

#### カ. 螢光体とスペクトル

高圧水銀燈の色は青白色で一般の照明には適しなかったが、数年前、外管の内面にけい光体を塗布したけい光水銀燈が出現して以来、工場、街路等の一般照明に急速に需要が増してきた。けい光水銀燈とけい光燈は似て異なるものである。すなわちけい光燈はランプ内部の低蒸気圧の水銀放電によって生じた253m $\mu$ の紫外線が管内壁のけい光体によって連続スペクトルの可視光線に変換されるものであるからランプから出る光のほとんど全部がこのけい光体から出るのに対し、けい光水銀燈のスペクトルは8図のように404m $\mu$ (濃紫)、436m $\mu$ (青)、546m $\mu$ (緑)、577~579m $\mu$ (黄)の強い4本の線スペクトルと600~700m $\mu$ (赤)の連続スペクトルである。この線スペクトルは内管から輻射されるもので、253m $\mu$ 、365m $\mu$ の紫外線がけい光体によって600~700m $\mu$ の赤色々線に変換される。したがってけい光水銀燈のけい光体から出る光は赤色々束のみで、その量は全光束の10~



8 図 水銀燈のスペクトル

Fig. 8. Spectra of mercury lamps.

15% 程度である。

たとえばけい光燈に使用するけい光体をけい光水銀燈に使用したとすれば、上記4本の強い線スペクトルとけい光体からの弱い連続スペクトルを混合したものとなり、これは補色をしない400 W 程度の高圧水銀燈と5~10 W 程度のけい光燈の光を混合したような結果になって赤の光束が非常に不足するので演色性の改良にほとんど効果がない。

また、けい光燈用のけい光体には253m $\mu$ の紫外線が必要であるが、けい光体の温度は40~50°Cより高くならずかつ紫外線強度も割合に低いので都合がよいが、けい光水銀燈では253m $\mu$ は割に少く365m $\mu$ の紫外線が主で、けい光体の温度は200°C以上となりかつ紫外線強度も大きいから特殊なけい光体でないと使用することができない。したがってけい光体はけい光燈では常温付近で、けい光水銀燈では200~250°C付近で発光能率が最大であることが必要である。

現在使用されている水銀燈用のけい光体は弗化ゲルマニウム酸マグネシウムマンガンあるいは砒酸マグネシウムで、前者は安定な物質であるが非常に高価であり、後者は割に安価であるが高温と強い紫外線の共存状態ではマンガンが還元されて赤色発光能率の劣化を生ずるのでこれを防止するために外管中に少量の酸素あるいは炭酸ガスを封入する。

超高圧水銀燈のスペクトルは8図のように線スペクトルの外にほとんどの波長範囲で連続スペクトルが現われ、一般に短波長の光よりも長波長の光が強くなる。また線スペクトルが幅をもち(これは水銀原子の密度が非常に高くなるために原子相互間の影響を受けてエネルギー準位が攪乱されることによるものである)、253m $\mu$ から長波長側に欠除された部分ができる。この欠除部分の範囲は水銀蒸気圧が高くなるほど広くなる。

### 3. 特 性

#### ア. スペクトル

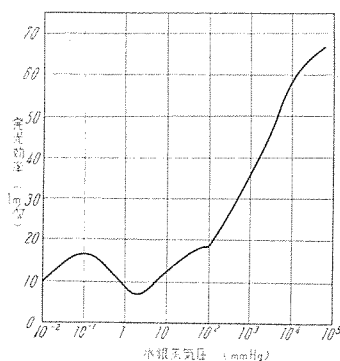
前述

#### イ. 発光効率

水銀蒸気放電の発光効率は蒸気圧に対して9図の関係があり、けい光水銀燈ではけい光物質の発光が加算されるが、その代り内管から出る可視光線が一部吸収を受けるから、けい光水銀燈の方が色補正をしない高圧水銀燈よりも少し効率の悪い場合が多い。超高圧水銀燈は試験的には300気圧程度のものも作られたことがあるが、実用に供するものでは100~150気圧まででしかも寿命が100~200時間である。

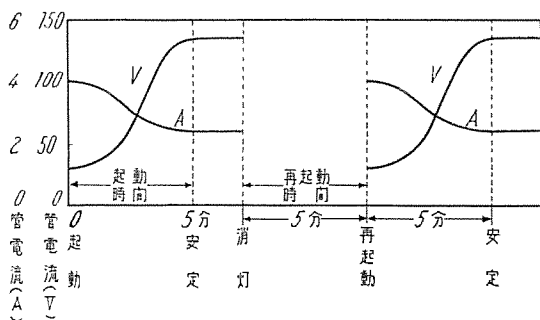
#### ウ. 電氣的特性

ランプが起動してから安定状態に達するまでの経過は前にも述べたとおり、管内で消費



9 図 水銀蒸気圧と発光効率

Fig. 9. Luminous efficiency and mercury vapor pressure.



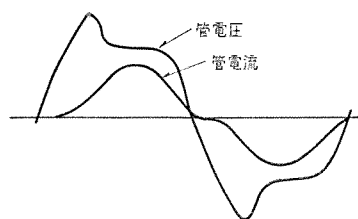
10 図 起動と再起動

Fig. 10. Starting and restarting.

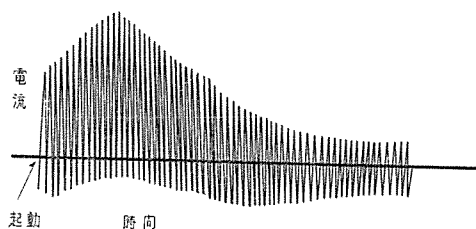
されたエネルギーで管の温度が上昇して水銀が蒸発して蒸気圧が上ってくる。起動時には管内全体が一様に発光しているが、圧力が高くなるに従って弧光は糸状に絞られ、鉛直点灯の場合は両主電極の先端を結ぶ直線上に存在する。アークが水平位置の場合は両電極の先端を結ぶ直線より上方に存在する。これは上の方が水銀蒸気密度が低いために電気抵抗が小さいからここをアークが通るためである。絞られたアークの径は圧力が高いほど小さく、電流が多いほど大きい。

管電圧は電極降下および点燈位置にも関係するが、主として陽光極の電圧すなわち水銀の蒸気圧によって定まる。大部分のランプは管内に封入された水銀が全部蒸発した状態（これを安定状態という）で使用するから水銀蒸気は不飽和の状態であって、この場合は水銀の蒸気圧そのものは関係なく水銀の蒸気密度が関係するのである。水銀を多量に封入して可飽和の状態で使用するものでは、管入力と冷却とを適当にバランスさせれば管電圧、管入力を広い範囲で調節することができる。

ランプの中に一定量の水銀を封入することは製作上の非常に大きな問題である。たとえば 400 W のランプでは水銀の量が約 40 mg で（これは管体内の容積で異なる）これは直径 1.5 mm の水銀球 1 粒である。これできるだけ正確に（少くとも±数%の誤差範囲で）封入する必要があるからである。この方法は数種類あるが各



11 図 電圧、電流波形  
Fig. 11. Tube voltage and current wave form.



12 図 起動時の電流不平衡

Fig. 12. Current unbalance at starting period.

メーカーが秘密として公開しないので触れないことにする。

ランプが起動してから安定するまでの時間的変化は 10 図ようになる。

安定時の管電流と管電圧波形は 11 図に示すが、起動直後の管電流は 12 図のように数ないし数 10 サイクルの間、非対称の電流が流れるのが普通で、ときによれば数秒も続くことがある。これは両電極の温度上昇すなわち電子放射が同じように進行しないためで、このときはランプの両端を短絡したときよりも大きな電流が流れる。これは抵抗溶接器で電流の不均衡が生じたときの現象と同一で安定器鉄芯が直流磁化されるからである。

ランプが安定な点燈を続けるためには、安定器の無負荷出力電圧  $E$ （ランプが点燈していないときの安定器の出力端子電圧）と管電圧  $e$ （安定時の実効値）との間に

$$\frac{2}{3} \times E \geq e \dots \dots \dots (1)$$

の関係が必要であって、もしそうでなければ立消（たちぎえ）といって急に消燈してしまう。点燈中に電源電圧が一瞬でも上記の関係を満足しない状態まで降下すると消燈するのはこのためである。

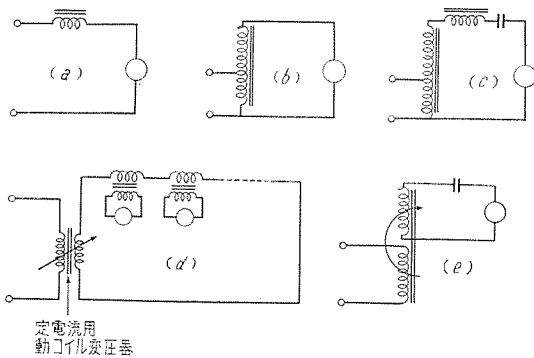
高圧水銀燈の 1 つの大きな欠点は起動してから安定した状態に達するまでに数分を要する（安定時間）ことと点燈中に消燈した場合にすぐに起動することができず、数分の後に起動することで（再起動時間）ある。これは点燈をしていない常温では水銀の蒸気圧は 1/1,000 mm-Hg であるのに、安定した状態でこれの約数百万倍の数気圧であるためである。

数気圧あるいは数百気圧の水銀蒸気の中を、半サイクルごとに電流が零となる交流の放電が持続できるのに、なぜこのような高い蒸気密度の状態から起動することができないか（10,000 V 以上のパルスの電圧を加えれば起動するが）という、順次に蒸気密度が高くなって行く場合は、電流が零となった瞬間でもその前の放電で生じた水銀イオンが放電路に多量に残存しているからであるが、このイオンが消滅してしまった状態では放電路の電気抵抗が非常に高く、起動しないのである。この再起動時間が長いということは自然空冷の高圧水銀燈でとくに問題になるわけで、さらに蒸気密度の高い超高圧水銀燈では強制空冷あるいは水冷であるために、反対に再起動時間が短い。したがってけい光燈の場合に可能である調光を 0 から 100% まで行うことは不可能で、安定器のインピーダンスを変化することによって安定時の光度の 100% から 50% 程度の範囲内は可能であるが 50% 以下まで調光することは不可能といってよい。

一般にアークは負特性であるが、不飽和蒸気中の放電である高圧水銀燈ではアークのインピーダンスはほとんど一定値を保ち、これは 90% の純抵抗と若干の誘導の合成<sup>(3)</sup>と考えてよい。

## エ. 点燈回路

ランプを点燈するには 1 燈につき 1 個の安定器を必要とする。安定器にはチョーク型と漏洩変圧器型があり、



13 図 点 燈 回 路  
Fig. 13. Operating circuit.

前者は小形かつ安価であるが、管電圧に対して電源電圧が低い場合（ウ）の（1）式を満足できない場合は漏洩変圧器型のもを用いなければならない。

点燈回路は 13 図に示すように数種あり、(a), (b) はランプ電流の位相が電圧よりも遅れた遅相回路、(c) は進相回路、(d) は直列回路（街路燈などに使用する）、(e) はランプ入力に電源電圧の変動にあまり影響されない定入力回路である。これらの安定器に蓄電器を付加して電源力率を良くすることも行われ（50～60% から 90% 位までにする）、進相回路と遅相回路で別々のランプを点燈してフリッカを少なくする方法をとることもある。なおランプのみの力率は 85～93% である。

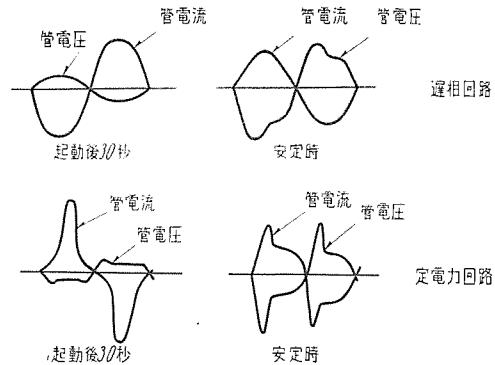
点燈回路によって異なるランプの特性を最近の文献<sup>(4)</sup>によって紹介しよう。

起動直後と起動後 30 秒および安定時の管電流、管電圧の波形は 14 図に示す。

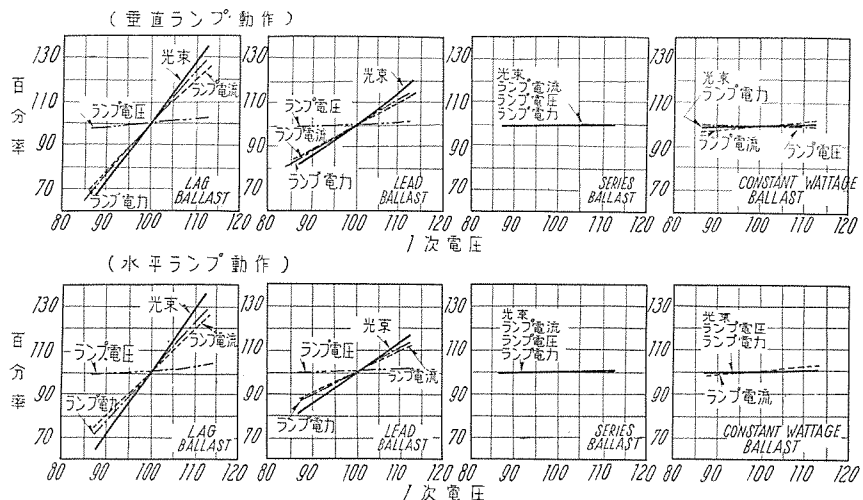
15 図は 400 W ランプを各種の安定器で点燈したときの管電圧、管電流、余光束および管入力に電源電圧に対して変化する状況であり、16 図は定格 1 次電圧において各種の安定器で点燈した場合に管電圧の相違の影響が示されている。（遅相回路が管電力、光束の変化がもっとも少ない）

2 表はランプを水平および鉛直に点燈した場合の特性の変化である。

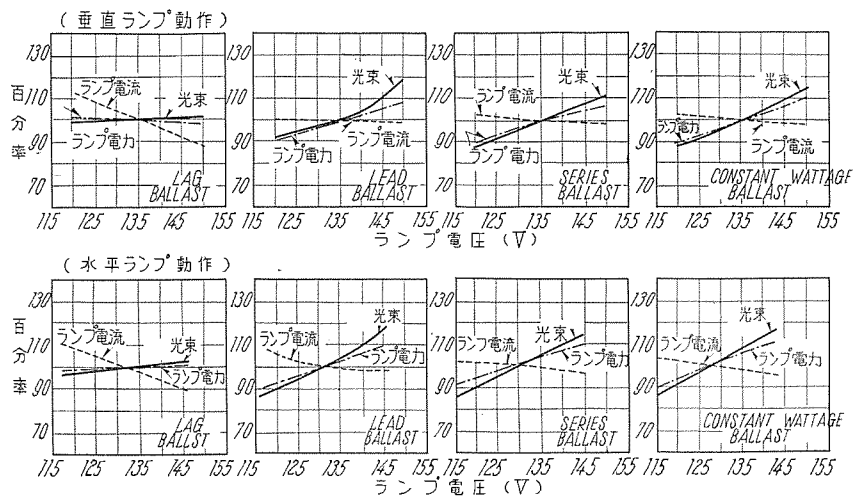
ここで注意を要することは、水平点燈の場合は鉛直点燈に比べて、管電圧が低くなりしたがってランプ入力、全光束が約 10% 少くなることである。これは管内の水銀が一部凝結したからではなく、前に述べたようにアーク



14 図 点燈回路による波形の相違  
Fig. 14. Difference in wave forms according to operating circuits.



15 図 400 W ランプを各種バラストで点燈し、1 次電圧を変えたときの諸量の変化率  
Fig. 15. Variation of lamp current, voltage, wattage and optical fluxes of 400 W lamp operated on various circuits.



16 図 定格 1 次電圧において各種バラストにそれぞれランプ電圧の異なる管を点燈したときの諸量の変化率  
Fig. 16. Variation of lamp current, wattage and optical fluxes, operated 400 W lamp of various tube voltages.

が直線とならず上方に弓状に彎曲したことが原因である。この彎曲する原因が、蒸気密度が小さくて電気抵抗の小さい放電路が管内に実在するから管電圧が低くなる。鉛直点燈の場合にももちろん放電路の上方は蒸気密度が

2 表 各種の点燈回路でランプを鉛直および水平点燈した場合の特性（電源電圧一定）

鉛 直 点 燈						
点燈回路	ルーメン	ランプワット	管電圧	管電流	lm/W	管力率(%)
遅相	20,000	400	136.0	3.20	50.0	92.6
進相	20,100	"	136.5	3.28	50.2	90.0
直列	20,200	"	137	3.18	50.5	91.8
定入力	20,000	"	133.3	3.36	50.0	88.2

水 平 点 燈						
点燈回路	ルーメン	ランプワット	管電圧	管電流	lm/W	管力率(%)
遅相	18,700	392	131.6	3.26	47.7	91.6
進相	17,900	384	131.7	3.34	46.6	87.2
直列	18,000	379	131.4	3.24	47.5	89.0
定入力	17,200	373	133.5	3.33	46.1	83.9

低いからこの部分ではアークの電位傾度は低いが、管軸に対しては蒸気密度は対称であるからアークが曲るという結果にならずまた、水平点燈の場合に比べて蒸気密度の低い範囲が狭いから上に述べた結果となるのである。

#### 4. ランプの種類と用途

高圧水銀燈のおもな用途は照明と化学反応である。照明用には 100 W 位のものから 3,000 W 程度までであるが<sup>(6)</sup>もっとも多く使用されるのは 300, 400, 1,000W である。これらはいずれも BT バルブのもので、けい光膜のあるものが大部分をしめている。外管の内面にアルミニウムを蒸着した反射面のあるもの、あるいは反射面とけい光膜を併用したものがあり、これらは管球をむき出しにして屋外で点燈する傾向が多くなっている。BT バルブでは 1,000W 以上のものは取扱いが不便であるので作られない。水銀燈による工場照明についての経済的比較は文献<sup>(6)</sup>を参照されたい。

近来、けい光燈とけい水銀燈の中間的な存在として VHO ランプ (Very High Output) が現われてきた。<sup>(7)</sup>これはけい光燈に今までよりも大きい電流を通し（ただし水銀蒸気圧は上げない）管入力を増したもので長さ 48", 管径 1 1/2" で 200W, 長さ 96" で 400 W, 50 lm/W である。

光化学反応では陽陰面の焼付がもっとも多く水素添加などの反応促進にも使用されるがここでは省略する。

超高圧水銀燈は高輝度の点光源として王座を誇っていたが、クセノンショートアークランプ<sup>(8)</sup>、ジルコン

ランプ<sup>(9)</sup>、高周波加熱白熱ランプ<sup>(10)</sup>などの出現でその用途が大半奪われた感がある。

#### 5. 使用上の注意

照明に使用する場合につぎの点に注意する必要がある。

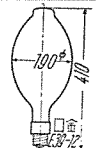
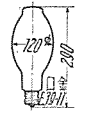
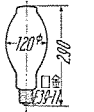


- (1) 少くとも数時間以上連続点燈する場合にのみ使用すること。起動、再起動時間が長いからである。
- (2) 電源電圧が 10% 以上変動する場所には適しない。ランプの寿命に大きく影響を及ぼし、前にも述べたランプの立消が起る場合さえもある。
- (3) 管球の周囲温度は内管のみの場合は非常に影響があるが 2 重管型でも外管の温度は最高を 300°C、口金部は最高 200°C に止めなければならない。無風の常温で点燈した場合には外管の温度は 200°C 位である。
- (4) 安定器の電圧端子を電源電圧に合せて使用すること。ランプの寿命と光束に影響するから。
- (5) 起動直後の電流は安定時の 150% 位になるから配線の電圧降下、ヒューズに対して考慮を払う必要がある。
- (6) 同じ位相で点燈した場合はフリッカがある（けい光燈と同程度）
- (7) 工場の照明に使用する場合短時間の停電に備えて白熱燈を少し併用するのがよい。

最後に照明用高圧水銀燈（一部）の特性を示す。(3 表)

#### 参 考 文 献

- (1) Elenbaas: Philips Tech. Rev. June 1956.
- (2) エスベ・クノール: 真空管材料科学
- (3) Zwicker: Philips Tech. Rev. Dec. 1953.
- (4) Noel & Martt: I.E. July, 1956.
- (5) 小椋: 三菱電機 Vol. 30, No. 7, 1956.  
佐々木: 同上
- (6) W.H. Johnson, W.H. Kahler, D.W. Rowten: I.E. 49, 1954.  
James Bale: I.E. 50, 1955.
- (7) Waymouth, Gungle, Jerome: Sylvania Tech. 4, 1956.
- (8) Thoutet, Gerung: I.E. Nov. 1954.
- (9) 照学誌 (年報) 1956.
- (10) S.C. Peek: Sylvania Tech. July 1956.

3 表 照明用高圧水銀燈（一部）の特性

型 名	HF-1000-A (發 光)	H-1000-A (透 明)	HF-1000-B (發 光)	H-1000-B (透 明)	HF-400 (發 光)	H-400 (透 明)	HF-300 (發 光)	H-300 (透 明)	HF-200 (發 光)	H-200 (透 明)	HR-300 (反射型)
全 光 (lm)	50,000	54,000	50,000	54,000	18,000	20,000	13,200	12,000	7,200	8,000	—
起動時管電流 (A)	15		6		5		4		3		4
安定時管電流 (A)	8.2		4		3.2		2.4		1.7		2.4
ランプ回路無 負荷電圧(V)	200		460		200		200		250		200
管 電 圧 (V)	135		265		135		135		130		135
管 入 力 (W)	1,000				400		300		200		300
起 動 時 間 (min)	6				5		5		5		4
再 起 動 時 間 (min)	6				5		5		5		5
寿 命 (h)	5,000				5,000		5,000		5,000		5,000
外 形											



# 新しい投光照明

本社 佐々木武敏\*

## New Flood Lighting

Head Office Taketoshi SASAKI

Swimming pools, base-ball ground and buildings are added to a new sphere of utilization and beauty by flood lighting now-a-days. Lighting up these places come from a business proposition by which enterprisers seek for profit. From this economical viewpoint a new light source of flood light making use of fluorescent high pressure mercury lamps has been introduced with success. The scope of application has been greatly increased with this and one of spectacular schemes is to illuminate places of interest for sight-seers so as to enable them to visit there even at night.

### 1. ま え が き

野球場、水泳プール、建造物などの投光照明はいまさらこと新しいものではないが、最近新しい光源として蛍光高圧水銀燈（以下蛍光水銀燈と略称す）の出現により、非常に経済的にかつぎん新な投光照明ができるようになった。

これの利用範囲はきわめて広く、スポーツ関係、産業、広告を初めとし、あらゆる分野に利用できるが、最近観光地の照明に用いて大いに成果を上げている。せっかくの名所も今まで夜は用をなさなかったが、明るさと、色彩を加味した新しい人工照明はいまや夜の別世界をつくることのできる。

### 2. 光 源

投光器の光源としては従来もっぱら白熱電球が使用されている。また高圧水銀燈（以下水銀燈と略称す）もかなり以前よりあったが、色が青いことと、光源が長いので投光器用には不向であるという考えでほとんど使用されなかった。最近色のよい蛍光水銀燈が完成されるにおよび、初めてこれを投光器に使用するようになった。したがって一般的に使用する光源としてはつぎの3種が代

表的なものである。

1. 白熱電球
2. 水銀燈
3. 蛍光水銀燈

投光器用白熱電球は一般照明用に比べてフィラメントの形を小さくし、かつ保守の点で寿命を幾分長くしているがそのため効率が悪い。水銀燈、蛍光水銀燈は効率が高く、寿命も数倍長く、保守の点でよいと共に電力費が安く投光器用光源として適している。光色は水銀燈は青白色、蛍光水銀燈は白色に近いがちょっと緑がかっている。1, 2表に投光器用白熱電球、反射型投光器用電球の定格を示す。3表は水銀燈の定格、4表に水銀燈の型の説明を示す。RH型

2表 反射型投光電球

種 類	ガラス球の径 (mm)	全 長 (mm)	口金の ねじ部	全光束 (lm)	軸光度 (cd)	ビーム の開き	寿 命 (h)
フラッド 100 V 150 W	120	—	E26	—	1,000	130°	500
フラッド 100 V 300 W	120	—	"	—	3,700	130°	500
スポット 100 V 150 W	120	—	"	—	7,000	90°	500
スポット 100 V 200 W	130	163	"	2,300	5,000	60°	1,000
スポット 100 V 300 W	120	—	"	—	20,000	90°	500

1表 投光器用電球 (100 V 用)

種 類	ガラス球の 径および径 (mm)	長 寸 (mm)	光中心距離 (mm)	口 金 ねじ部	光源の最大寸法 (mm)		点 燈 方 向	初 特 性			寿 命 (h)	50%寿命 における 効 率 (lm/W)
					高 寸	径		消費電力 (W)	光 束 (lm)	効 率 (lm/W)		
100 V 250 WG	G95±1	123±5	76±3	E26	9	15	上 向	250±18	3,380±510	13.5±1.6	1,500	11.5
" 500 WG	G125±2	168±5	105±3	E39	12	18	上 向	500±35	7,750±1,160	15.5±1.9	"	13.1
" 500 W	PS110±1	232±8	177±3	E39	12	18	下 向	500±35	7,750±1,160	15.5±1.9	"	13.1
" 1,000 WG	G125±2	168±5	105±3	E39	15	26	上 向	1,000±70	18,000±2,700	18.0±2.2	"	14.4
" 1,000 W	PS165±2	322±10	240±5	E39	15	26	下 向	1,000±70	18,000±2,700	18.0±2.2	"	14.8
" 1,500 W	PS165±2	322±10	240±5	E39	20	30	下 向	1,500±105	28,500±4,300	19.0±2.3	"	14.4

3 表 三菱高圧水銀ランプ定格一覧表

ランプ型式	① FH-1000 ② DH-1000 ③ DH-1000-F	④ FH-400 ⑤ FHW-400 ⑥ FH-400-D ⑦ FHW-400-D ⑧ DH-400 ⑨ DHW-400 ⑩ DH-400-F ⑪ DHW-400-F	⑫ FH-300 ⑬ FHW-300 ⑭ FH-300-D ⑮ FHW-300-D ⑯ DH-300 ⑰ DHW-300 ⑱ DH-300-F ⑲ DHW-300-F	⑳ FH-200 ㉑ FHW-200 ㉒ FH-200-D ㉓ FHW-200-D ㉔ DH-200 ㉕ DHW-200 ㉖ DH-200-F ㉗ DHW-200-F	㉘ RH-300-N ㉙ RH-300-M ㉚ RH-300-W
ランプ入力(W)	1,000	400	300	200	300
全光束(lm)	① 50,000 ② 54,000 ③ 53,500	④ 18,000 ⑤ 16,000 ⑥ 20,000 ⑦ 19,500	⑫ 12,000 ⑬ 10,800 ⑭ 13,200 ⑮ 12,500	⑳ 7,200 ㉑ 6,400 ㉒ 8,000 ㉓ 7,700	㉘ 8,300 ㉙ 9,700 ㉚ 10,500
管効率(lm/W)	① 50 ② 54 ③ 53.5	④ 45 ⑤ 40 ⑥ 50 ⑦ 49	⑫ 40 ⑬ 36 ⑭ 44 ⑮ 41.7	⑳ 36 ㉑ 32 ㉒ 40 ㉓ 38.5	㉘ 27.7 ㉙ 32.3 ㉚ 35
外形					
点投方向	任意	任意	任意	任意	任意
起動時管電流(A)	6.0	5.0	4.0	2.5	4.0
安定時管電流(A)	4.0	3.2	2.4	1.7	2.4
ランプ回路 無負荷電圧(V)	460	200~230	200~230	250	200~230
安定時管電圧(V)	265	135	135	130	135
起動時間(分)	6	5	5	5	4
再起動時間(分)	6	5	5	5	5
寿命(時間)	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
光色	① 冷白 ② 青白	④ 冷白 ⑤ 冷温白 ⑥ 青白 ⑦ 青白	⑫ 冷白 ⑬ 冷温白 ⑭ 青白 ⑮ 青白	⑳ 冷白 ㉑ 冷温白 ㉒ 青白 ㉓ 青白	㉘ 青 ㉙ 白

たは補助照明に使用して便利である。

### 3. 投光器

白熱電球用投光器についてはいまさら説明の要もあるまい。投光器の性能は、反射板の反射率の高いことおよび減衰の少ないこと、前面ガラスの透過率のよいこと、配光が適当であり、そのほか機械的にじょうぶなことが条件である。水銀燈を使用する場合は光源が長いので集光が困難であるが、反射板を幾分大きくし、反射面の曲線を適当に設計すれば十分目的を達することができる。ただし蛍光水銀燈の場合はランプの外管全体から光束が出るので光源が大きく、遠距離型配光とすることは困難で、もっぱら広角度拡散型に使用する。したがって同じ投光器で水銀燈と蛍光水銀燈にランプを取替えることにより配光をかえることができる。

### 4. 投光照明の要領

最近の新しい投光照明の一分野であるビル・公園・庭園等の照明につき述べる。この種の照明は一般の屋内照明とことなり平均した昼光の感じの照明でなく、一種の美的な照明と

はランプの内面が反射鏡になっているので、白熱電球の反射型と共に特別に投光器を必要とせず、簡単な照明ま

4 表 高圧水銀燈の型

- DH-200, DHW-200
- DH-400, DHW-400, DH-300, DHW-300
- DH-1000
- RH-300-N, RH-300-M, RH-300-W
- FH-1000
- FH-400, FHW-400, FH-400-D, FHW-400-D, FH-300, FHW-300, FH-300-D, FHW-300-D
- FH-200

RHW 型 ランプに注水した状態

RH 型 ランプの配光

当社は2重管型の高圧水銀ランプとして、上記の蛍光高圧水銀ランプ (FH 型) のほかに 各種の目的のためにつぎのとおり各品種がある。

**FHW 型**：……前述の蛍光高圧水銀ランプ (FH 型) の外管が硬質ガラスで作られており、雨のかかるところに取りつける目的のもの

**FH-D 型**：……FH 型より赤色蛍光体を多く使用しているため、光色は暖か味のある温白色で、演色性はさらによくなっている。赤色光が多くなることは視感度が低くなるので 全光束は FH 型、FHW よりやや少なくなる

**FHW-D 型**：……上の FH-D 型の外管を、雨に安全な硬質ガラス製にしたもの

**DH 型**：……外管が透明ガラスのまの状態で、もっとも効率が高い

**DHW 型**：……DH 型の外管を、雨に安全な硬質ガラス製にしたもの

**DH-F 型**：……外管の内面をつや消しとし、かがやき (輝度) を下げているので、視野内に光源があっても、苦痛を防ぎ、明視度を高めることができる

**DHW-F 型**：……上の DH-F 型の外管を、雨に安全な硬質ガラスにしたもの

**RH-W 型**：……外管内面に、アルミニウムを蒸着し、反射鏡となっているので、効率のよい照明ができ、反射面の汚れや曇りが出ない

**RH-M 型**：……上の RH-W 型と同構造で、左図の如く、照射角度をやや狭くしたもの

**RH-N 型**：……RH-M 型よりさらに照射角度が狭くなっているため、スポットライトとして適当である

以上の中 FH 型、FHW 型以外は、光色が青白色ですから、演色性を必要とするところには、蛍光高圧水銀灯 (FH 型、FHW 型) をご使用下さい



5 表 ビル・記念像の照度

明るい環境	明るい表面	100lx
	暗い表面	200lx
暗い環境	明るい表面	50lx
	暗い表面	100lx

もいえる。すなわちとくに主体となる物体を強調し、昼とことなった特殊の芸術的雰囲気をつくる。

## ア. 照 度

照度の絶対値は、使用目的によってことなるが、一般的にこの種の照明では、その周囲の環境により左右される。すなわち明るい場所ではそれに相応して明るくし、暗い場所ではあまり明るくしなくても効果がある。5 表に米国の投光照明の一規準を参考に供する。日本と米国では一般的の照度規準が相当ことなるので、場所にもよるが普通5 表の半分位の照度でよいと思う。

## イ. ビルの照明

普通の場合は建物全般に照度のむらが出ないように照明する。しかし実際の場合投光器を設置する適当な場所が得がたいので建物に接近して照射することが多いが、その場合はどうしてもむらができる。しかしわれわれの眼は距離に対する照度の変化はそれほど鋭敏でないので1/3 位の照度差内にとどめれば一応目立たない。またわれわれの眼に感ずる物体の明るさは照度ではなく、光が物体に当たったその反射光、すなわち光束発散度による。これは物体の反射率に比例するので反射率のよいものは



1 図 投光器（蛍光水銀燈）1 基による最も簡単な照明  
Fig. 1. Flood lighting with one unit, the simplest form.



2 図 水前寺公園の夜景  
Fig. 2. Flood-lighted park.

6 表 色フィルターを使用した場合の必要な照度の倍率  
（白熱電球の場合）

	倍 率			
	こはく	赤	緑	青
等 照 度	2	6	15	25
広告装飾用	1.5	2	4	6

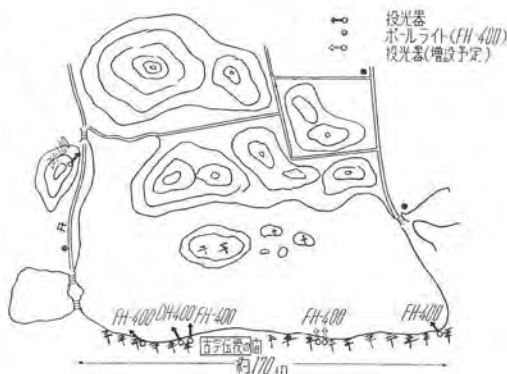


4 図 投光器の光を受けた木の葉  
Fig. 4. Flood lighted foliage.

同じ照度でも明るく見え、逆に反射率の悪い場合は高い照度が必要である。投光器の設置場所は目立たない場所に置き、光源のまぶしさが見る人に感じない角度に置く。とくに交通の盛んな道路の側面にある建物では光源による交通障害を考えておかなければならない。ビル照明では全般均一照度にするのが普通であるが、特殊な建物（古代建築様式等）は照射面が平面でないので投光器はその建築物にマッチする適当な照射場所を選定しなければならない。またこの場合は光源を数種混用すると色調の変化が出るので面白い。白熱電球では赤味を帯び、水銀燈では青味、蛍光水銀燈では薄緑色を呈する。さらに特別の目的で各種の色光を使う場合は白熱電球投光器にフィルターを用いる。その場合光度が低下する割合を6 表に示す。1 図に投光器1 基（蛍光水銀燈）FH-400 を使用したもっとも簡単な例を示す。

## ウ. 公園・庭園の照明

公園や庭園はその造形、水、岩石、草木等により構成されているが、色として最も大切なものは草木の緑であろう。したがって白熱電燈の光では緑の色がよく出ない。水銀燈、蛍光水銀燈はこの点まったく適した光色である。投光器の位置は適当な樹木の間か、屋根の上など観賞



3 図 熊本市水前寺公園燈具配置図  
Fig. 3. Map of a park showing the arrangement of flood light unit.

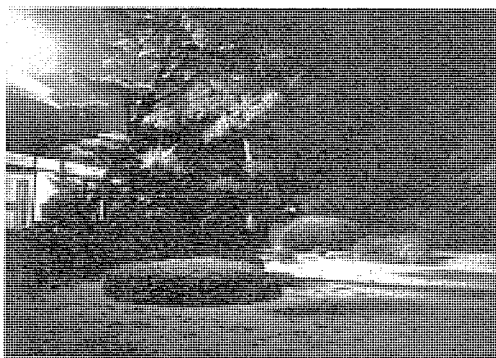
のじゃまにならぬ場所を選定する。照度は全般的には5~10lxあればよく、とくに注目の物体にはスポットを用いて高い照度として立体感を出す。この外広い公園では適当な場所にぼんぼり等の風雅な燈具も必要であらう。2, 3図に日本の代表的公園熊本市水前寺公園の夜景および照明器具の配置図を紹介する。4図は同公園の樹間に設置した投光器の付近の情態で、木の葉に螢光水銀燈の光をうけてもえるような緑色の美観を呈しているところである。公園の夜景は実に昼光では得られない夜の別世界である。5図は福岡市内の某旅館の庭園で、屋上に投光器を1基用いた例である。

#### エ. 神社、仏閣、記念像の照明

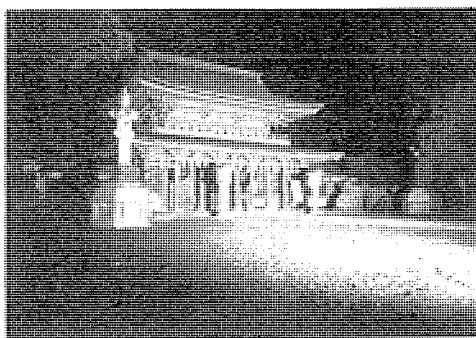
尊厳な場所であるが最近では観光資源化されたかの感がある。しかし照明のない夜の境内はまったく暗く気味が悪いくらいで観光どころのさわぎでない。しかしこれにも適当な照明を施せばまったく様子が一変して実に見事な一幅の絵とすることができる。神社、仏閣ではその主体となる山門、拝殿など朱塗または極彩色などのあざやかな色を用いているので、水銀燈のみによる照明では感心できない。白熱電球を併用するか、またできうれば回廊などに白熱電球または螢光灯を使用し庇を照したい。境内の照明は螢光水銀燈で全般照明を施す。6, 7図に九州大宰府の楼門と境内の照明を示す。8図は記念像の一例である。広角型の螢光水銀燈で全般的の明るさを与え反射方向より水銀燈により像およびその付近を強く照射して立体感を出している。

#### オ. その他

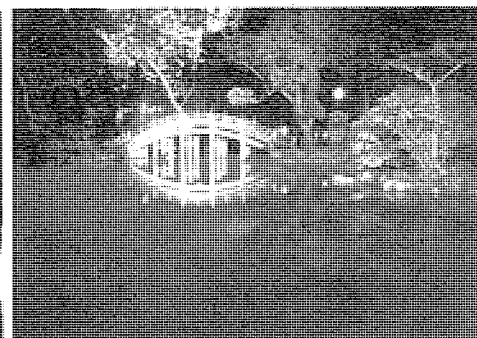
産業上、交通上などきわめて投光照明の利用範囲は広



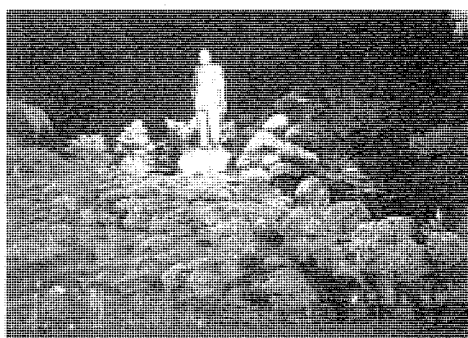
5 図 庭園の照明 投光器は屋上 (FH-300)  
Fig. 5. Flood lighted garden.



6 図 太宰府楼門  
Fig. 6. Flood lighted shrine gate.



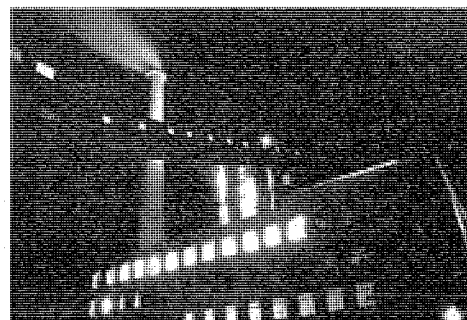
7 図 太宰府境内  
Fig. 7. Flood lighted precinct.



8 図 西郷の像 FH-400, DH-400 の2基使用  
Fig. 8. Flood lighting of a statue.



9 図 三菱長崎造船所ドック照明  
FH-400, 白熱電球 500 W 併用  
Fig. 9. Illumination of Mitsubishi dockyard.



10 図 煙突の照明 九電荊田発電所  
Fig. 10. Flood lighted chimney.

いが本文では説明を省略し、変った例としてつぎの2例の紹介に止める。9図は長崎三菱造船所のドック照明で螢光水銀燈投光器 (FH-400) と少数の白熱電球 (500 W) 併用による照明で、照度約 30 lx, 10図は九電荊田発電所の煙突の照明で螢光水銀燈投光器 (FH-400) 2基使用し、広告を兼ねて煙の状態を見るためのものである。遠く日豊線車中より見ることができる。

#### 5. む す び

おもに水銀燈を投光器として使用した投光照明について述べた。水銀燈、螢光水銀燈は効率がよく、寿命も長いので初めの経費は少々高いが、はなはだ経済的であり、その独特の色調は公園、庭園など草木に対してもっとも適したものである。産業上に、または観光に人工照明により夜を大いに有効に利用したいものである。

#### 参 考 文 献

- (1) 照明学会: 照明のデータブック
- (2) I E S: Lighting Hand Book.



# 最近の照明施設

大船工場 山下源一郎\*・小笠原善丸\*

## The Latest Lighting Arrangements

Ofuna Factory Genichiro YAMASHITA・Yoshimaru OGASAWARA

Marked points of the latest lighting arrangements of fluorescent lamps are a trend of devotion to the efficiency and simplicity in the design using lamps exposed without decorative attachments. The rapid start, which has attained success to a certain extent, is now welcomed and gradually coming into popular use in newly planned buildings. On the other hand, high pressure mercury lamps—specifically fluorescent high pressure mercury lamps—have come to be approved of their real value, resulting in sudden increase in the demand.

### 1. ま え が き

都会、地方ともに工場の拡張、ビルの新築、増築が引き続き盛んで当社の蛍光灯、高圧水銀燈などの受注は相変わらず上昇の状態である。最近の照明施設で特筆することは照明設備そのものがきわめて能率本位化され、機能的な外観意匠となつて、照明器具も数種の典型的なものに集約された観がある。ランプをそのまま露出したものが多く、必要に応じ拡散板で単純に包囲するのみで余分な装飾を廃し、ルーバもほとんど姿を消した。また技術的に一応完成されたラピッドスタート蛍光灯が、ようやく普及の段階に達し、新設建物では多数採用されており、当社の納入品についてはきわめて好成績を上げている。一方、高圧水銀燈、とくに蛍光高圧水銀燈は次第にその真価と用法が認識され、急激な需要増加をきたしている。以上のような傾向はここに写真で紹介する最近の当社納入品についても明らかに表われている。

### 2. ビルの照明

#### 事務室 Office



安定器部分を天井スラブ内に埋込み、光源となるランプのみを出した、きわめて機能的な手法がとられている。ソケットも小形のものを細いパイプで支えている。ラピッドスタートを使用。太平洋炭酸汽船船路磁業所

#### 事務室 Office



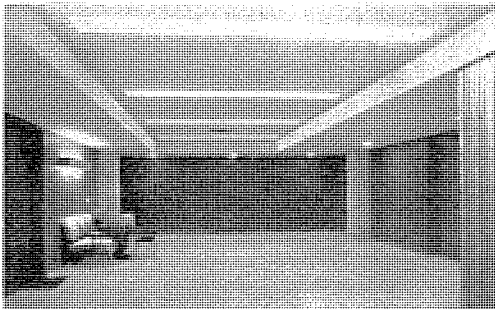
富山電気ビル内の計算機室。ラピッドスタート 40 W 2 燈 2 連の天井埋込、下面開放器具 36 台で坪当りランプを 0.86 本使用している。器具連結部に見える丸穴内に 40 W 白熱予備燈が装置されている。

#### 社長室 President's Office



40 W 2 燈の天井埋込器具 6 台を取り付け、下面は真空成型でふくらせたアクリライト板を使用している。いわゆる豪華さを廃し、簡潔で能率的な照明に設計された北陸放送株式会社の社長室。ラピッドスタートを使用。

## 重役室前広間 Hall before director's office



広間の周囲に各重役室が並んでいる。天井に凹所を作りこの中に 40 W 1 燈 2 連を入れ、下面は開放。凹所中央に木製梁を設け、器具はその上に隠して取り付けである。器具直下で 100 lx、器具中間で 190 lx となっている。

## 会議室 Conference room

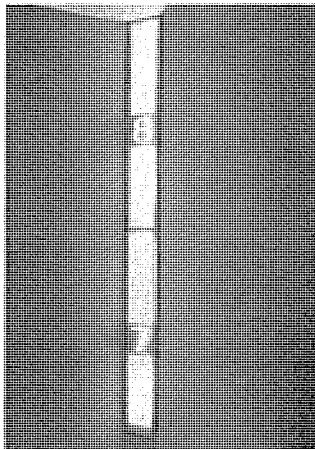


アーチ天井に 40 W 2 燈 2 連器具が埋込まれている。下面は真空成型でふくらせたアクリライトを使用。器具直下で 310 lx、中間で 340 lx である。伊藤忠商事東京支店の大会議室。

## 客だまり Waiting room



東京都庁新庁舎の支払窓口。この建物ではほとんど全部が、ランプ露出形式の簡潔な照明にされている。写真は打放しコンクリート天井小梁の間に 40 W 1 燈を 2 連ずつ納めて、光源は梁でシールドされている。



## 階段 Staircase

おどり場の隅角部に三角形の器具を取り付けた照明で階数の表示を兼ねている。40 W 1 燈を縦に 2 連として床面で平均 20 lx 出ている。伊藤忠商事東京支店。

## 廊下 Corridor



砂防会館（東京）の廊下。手前は階段室で 40 W 2 燈アクリライトカバー器具。廊下部は 40 W 2 燈下面開放の器具を天井に数多く埋込み暗くなりがちの中廊下を十分に明るくしている。

## エレベータホール Elevator hall



特長のある器具を大きな波形の天井からつり下げた、山形農協会館のホール。ラビッドスタート 40 W 2 燈 5 連を 6 台。器具接続部に反射型投光電球を入れてある。器具は側面鉄板 下面開放。広さ 6 間×9 間で平均 350 lx。

## 機械室 Machine room



富山電気ビル内の通信機械室。ラビッドスタート 40 W 1 燈の 3~4 連器具をつり下げたもの。反射かきは乳白アクリライト製で天井を明るくしている。器具連結部には 40 W 自然予備燈がはいっている。

## 3. 工場の照明

### 紡績工場 Spinning mill



近藤紡績所西春工場（愛知）のリング精紡機室。40 W 2 燈（FH-442）143 台、40 W 1 燈（FH-44）12 台をつり下げ平均照度 110 lx。





食品工場  
Confectionary factory

宮城製菓の高天井の工場内で、多湿室のため密閉式の天井埋込器具を使用している。ラビッドスタート40W 2 燈3連を22 台2 連、単を各8 台で作業面 170 lx を得ている。器具下面是曲げアクリライト板。

#### 4. 商店の照明

デパート売場 Sales counter of department store



間接照明によった1 階売場。柱周囲に 40W 16 燈を千鳥に取り付けたので、反射光が一様にきれいに出ている。1 小間4 個千つのダウンライトも配して 160~140 lx の照度となっている。そごう東京店。

デパート売場 Sales counter of department store



側面プラスチック 下面開放の 40W 2 燈つり下げ器具を 20 数連とし、ところどころを十字に配し交叉部に 32W サークラインがある。商店でもルーバを廃し、ランプ露出形式になりつつある例。今井デパート小樽店。

吹抜部売場 Hall-way



非常にユニークな、そごう東京店の吹抜構成である。曲線を描いた光のラインは 20 W 埋込 63 連器具。エスカレータ下端にも光のふち取りをし、2 階天井は 40 W 40 燈を使った光天井である。吹抜中央部で 240 lx となっている。

専門店 Special store



東急文化会館の2 階名店街。40 W 2 燈埋込下面開放器具で簡素明快な照明である。器具直下で 420 lx、中間で 200 lx。低天井のため照度のむらは相当大きく肉眼でも見取れるが、かえって店内に面白い効果を与えている。

#### 5. 食堂の照明

大食堂 Dining room



40 W ランプを十字形に配した天井埋込、下面アクリライト器具を 6 m 角の小間に 4 台ずつ設備された、そごう東京店の6 階食堂。器具直下で 240 lx、中間で 190 lx となっている。

厨房 Kitchen



これは上の写真の食堂の厨房で、室内が非常に高温多湿のため、ソケットはすべて完全防水形のものを使用している。器具は普通の 40 W 1 燈反射かき付を連続取付にしている。

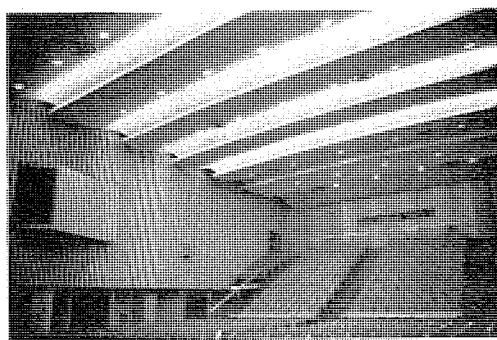
喫茶室 Tea room



同じくそごう東京店の2 階バーラ。不規則な梁配置にうまく合せて、光天井の枝を配したもの。全部で 40 W 41 燈使用。カバー材料は乳白アクリライトのほかにとりどころに色板をあしらって美しい天井モザイクを作っている。

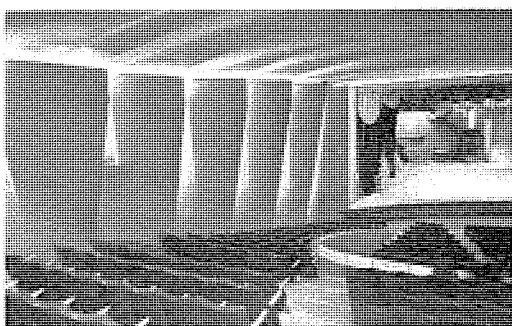
## 6. 劇場・議場の照明

### 放送局 Broadcasting station



北陸放送の4階大ホールである。波状をした天井のコーブ内に、ラビッドスタート40 W ランプを約40 台取り付けられている。白熱電球によるダウンライトを併用。

### 劇場 Theater

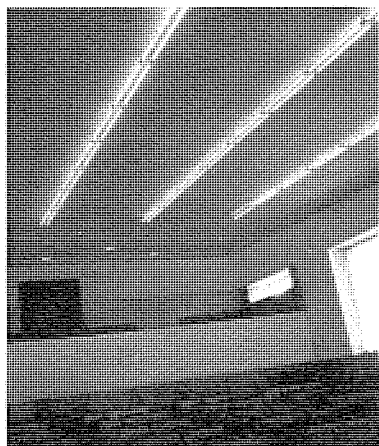


多目的に使用される読売会館内の大ホール。ラビッドスタート蛍光灯による調光装置が設備されている。両壁面の間接照明のみにより照明されたドラマチックな室内意匠を構成している。詳細は本誌 27 ページ参照。

### ロビー Lobby



上記劇場のロビーである。傾斜した天井に大小の穴を点々とあけ、その中に100, 60, 20 W の白熱電球を入れ夜空の星を思わせる、ロマンチックな効果をねらった照明である。

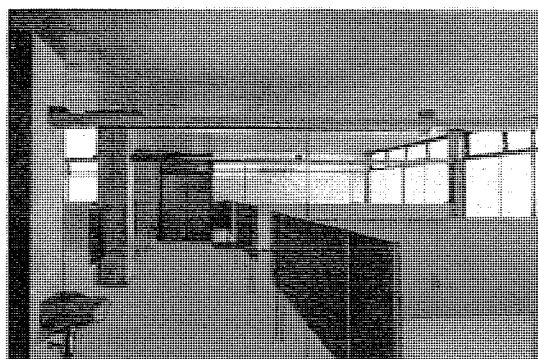


### 議場 Assembly hall

青森市役所の市会議場。シャンデリヤやブラケットによるオーバデコレーションの照明に代って、ランプのみが天井から出ている。40 W 2 燈9 連が4 列。天井高さは12 m。器具は前掲の太平洋炭鉱事務所と同形式である。

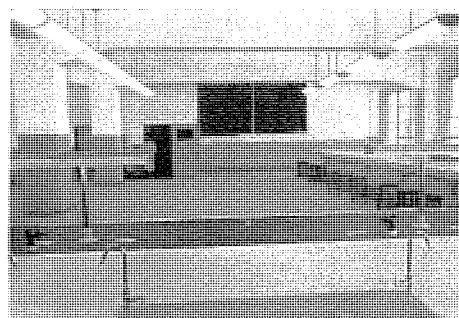
## 7. 病院の照明

### 病室 Ward room



病院ではかがやきの低い照明が必須条件である。これは秋田県立中央病院の大病室で、蛍光灯を内部に納めた梁を渡して間接照明にしてある。壁面もランプも壁面横に取り付け、前面を遮光し壁に投光している。秋田県立中央病院

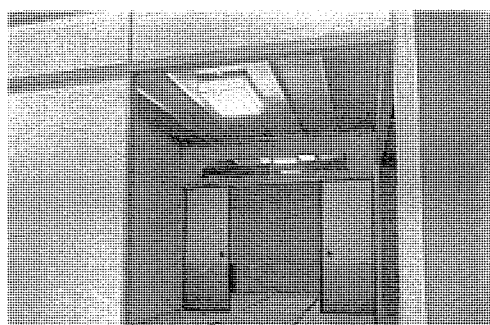
### 解剖室 Dissection room



長崎医大の組織実習室で、アクリライトカバーの40 W 3 燈器具を65 台、20 W 3 燈を5 台つり下げ全数照明とし、局部照明には高さを調節できる20 W スタンドがある。ランプはとくに3500°K デラックス白色が選定された。

## 8. 和室の照明

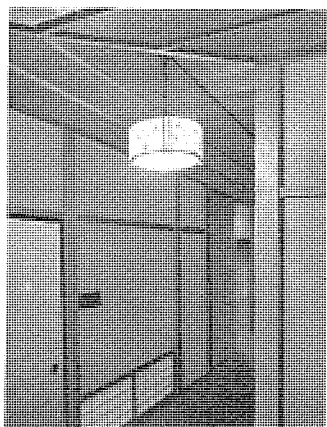
### 座敷 Japanese room



砂防会館内の和室。手前6 燈は20 W 3 燈、奥の4.5 燈は20 W 2 燈を和紙張り木製和風器具で天井直付にしてある。照度は室中央で90 lx、室の隅部で50 lx とやや低目で落ち着いたを与えている。



## 廊 下 Corridor



30 W サークラインを使った木製の和風器具で、雲竜紙にモミジ葉をサンドイッチした塩化ビニール板でカバーしてある。周囲によくマッチして和やかなふん開気を出している。

## 9. 車両の照明

### 客 室 Cabin



長さ 16 m の客室に 40 W アクリライトカバー器具を 11 燈 2 列に取り付けてある。器具連結部には 15 W 白熱予備燈が計 8 個ある。グロー式回路で電源は M.G. によっている。室中心で 280 lx、平均 250 lx である。京浜急行

## 10. 屋外の照明

### 街 路 Street



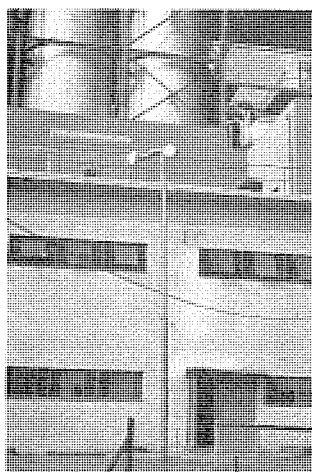
郡山市駅前大通商店街。車道側に 40 W 2 燈を、歩道側に 20 W 1 燈をつけてある。かさを上からかぶせ、下面を開放として効率本位に考えられた街路燈である。

## 街 路 Street



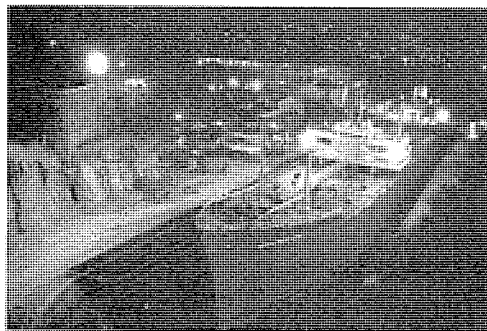
50 m 幅の電車通りのグリーンベルトに 400 W 蛍光水銀燈が 25 m 間隔にある。光源高さは 5.4 m で、かさ付アクリライト使用器具。時間がくれば自動的に点滅できる装置がある。福岡市の中心天神町である。

## 変 電 所 Substation

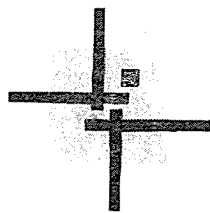


三重火力発電所内の屋外変電設備で、周囲に柱 6 本を立て 4 隅は 400 W 蛍光水銀燈 2 個ずつ、中間は 300 W を 1 個ずつ使用し地上で 20~25 lx となっている。写真は 4 隅のもので、回転自由の投光形器具である。

## 造 船 所 Dockyard



三菱造船長崎造船所の新設ドックの工事用として 400 W 高圧水銀燈を山上に設置して夜間作業を行なっている。局部照明には白熱電球を使用。作業面で平均 30 lx を得ている。



## 最近の米国照明施設の展望(1)

本 社 小 堀 富 次 雄\*

### 1. ま え が き

戦後のわが国の照明界に一大革命をもたらしたのは蛍光灯の技術的進歩とその普及であろう。当時食糧増産の一翼をになった誘蛾燈より、さらに商店・百貨店・事務所・工場・発電所・家庭または道路照明など、商業・生産・明視照明の多方面に一般照明用としての蛍光灯がその普及の程度、施設の規模の大小の差こそあれ進出し始めたころ、海外より到着の照明関係の技術雑誌によりその国の蛍光灯の普及状況、光源の技術的向上、照明器具の新型さらにルーバ天井、光り天井などの大規模の照明施設の写真、図面、解説など、驚歎の眼をもって注目したものであった。これらは経済上、技術上、きわめて製作困難と思われるものもあったが、綿密な設計の下に建物施工主、建築関係の協力を得てわが国でも海外に劣らないすぐれた照明施設を数多く完成し、それらはさらに単に模倣のみに留まらず、わが国独自の方法も少なく、その意味でこれらの照明設計に大いに自信をもったわけである。

一方、光源関係も蛍光灯は予熱起動型より出発し、スリムライン蛍光灯、ラビッドスタート蛍光灯へと発展しさらに、高出力(H.O.)ラビッドスタート蛍光灯へと技術の躍進は限りないことも文献その他で知ったわけである。

これらの技術雑誌発表のものは往々にして画期的なものとかとくに片寄った行き過ぎたものもないではないがその後、海外旅行より帰られた照明関係者の意見を総合しても家庭・レストランは全然蛍光灯は使わぬとか、道路照明はほとんど蛍光灯、水銀燈とか、とかく片寄った話が多く、われわれが文献を通じて知っている実情とは多分にかけ離れていると感じる点も少なかった。

ある1つのものが完成したとか、発明されたということとそれが実際に使用されていることは別問題である。機熟して実施される場合もあり、そのまま埋もれてしまう場合もあれば、さらに忘れられた頃に、時代の脚光を浴びることもある。

海外で照明のもっとも進歩しているのは米国であるとはかねて聞いていたところ、昨春秋わが国の照明学会創立40周年記念事業の1つとして計画された訪米ライト・ミッション(照明使節団)の1員として参加し、米国の最近の照明施設の実際を見学視察するの機会を得た。さらに当社と技術提携しているウエスチング・ハウス社(以下ウ社と略す)の主として白熱電球・蛍光灯・水銀燈・安定器・照明器具製作の研究所・工場なども数ヵ所訪問し、ウ社の蛍光灯などの光源の生産状況、技術的問題、普及状況など種々調査してきた。限られた短時間内での行動であったのでその全貌を解説することは不可能であるが幸い手元にある文献も引用して実際見聞できなかった事項もできるだけ解説したいと思う。今日の米国の照明施設は近い将来の日

本の照明界の行く方向を示している場合が少くない。その実状が幾分でも認識していただけたら筆者の望外の喜びである。

なお、筆者の訪米コース、訪問先については本文の最後に追記した。また、照明を通じて見た筆者の印象、感想等の紀行文法的なものは“アメリカ明りめぐり”(電機(三菱)<sup>(1)</sup>)として連載中であるから参照されたい。

米国の照明施設を論ずる前に最近の一般照明用光源、照明材料および照明の基準など米国の現状とわが国のそれを若干比較して見ることにする。

### 2. 一般照明用光源の種類と特性の進歩

さて、ここでは蛍光灯、高圧水銀燈、白熱電球等の進歩、普及の後のたどって現状についてその概要を述べることにする。

#### ア. 蛍 光 燈

この数年間、新しい光源の進歩・研究・開発など行われ、米国の照明技術雑誌に発表されたものは2ヵ月以内に入手ができ、その内容が判明する。とくに外国と技術提携している会社では機を逸せず、資料をとり寄せることも可能である。ここで落ち入り易い錯覚は米国で新しい光源が完成したといっても直ちに実施しているわけではない。このような傾向はかえってわれわれ日本人の方がいわゆる“新しいもの好き”の国民性でシャニムニ実施してしまうことがあるであろう。やはり国民性というか一歩一歩確実に技術の基礎を確かめて実施に移して行くのが米国人の特長とも合理性ともいえよう。

従来、米国では蛍光灯は予熱起動型 48" T-12 40W が生産およびその需用の大半であり、それ以上の寸法のものとしては予熱起動型蛍光灯 60" T-17 90W、スリムライン蛍光灯では 96" T-12 74W があり、またラビッドスタート蛍光灯 48" T-12 40W が照明施設の状況に応じて使用されていた。

最近、わが国でも話題となってきた 96" T-12 100W の高出力ラビッドスタート蛍光灯が H.O. (High Output) 型として 1954 年 9 月米国にて発表<sup>(2)</sup> されるやこの新型に大いに注目された。当時までは高出力ラビッドスタート蛍光灯もその設計上、生産上、光束の保持が悪く、安定器が大きくて不経済、燈具の温度上昇が高いため熱による光の損失が大きいという欠点などが伴って、この種の設計は不経済とされていたが今日では光束保持もよく、ラビッドスタート方式の安定器もよい設計のものが出現した。

大体同寸法の高出力ラビッドスタート蛍光灯、スリムライン蛍光灯および予熱起動型蛍光灯の3種類につき、入力、管電流、全光束、効率など比較すると1表のとおりである<sup>(3)</sup>。高出力ラビッドスタート蛍光灯の管効率が冷白色で 72.5 lm/W という値は他の長尺ランプに比して群を抜いている。

1 図はニューヨークのブロードウェイに存在する米国照明学会(I.E.S.)の事務室内の天井に半間接照明として設置されている高出力ラビッドスタート蛍光灯 96" T-12 100W×6 燈施

1 表 高出力 (H.O.) ラビッドスタート、スリムラインおよび予熱起動型蛍光灯特性比較表

特 性	ランプの種類および型式	高出力 (H.O.) ラビッドスタート F96T12/RS/CW	スリムライン型 F96T12/CW	予熱起動型 F60T17/CW
A. 物理特性				
1. 管の長さ (公称)		96"	96"	60"
2. 発光部の長さ		93"	92 $\frac{1}{8}$ "	57"
3. 管 径		1 $\frac{1}{8}$ "	1 $\frac{1}{8}$ "	2 $\frac{1}{8}$ "
4. ベース		2 重凹型	1 本ピン	2 本ピン
B. 電気特性				
1. 入 力 (W)		100	74	90
2. 開路電圧 (V)		465	650	150
3. 管電圧 (V)		135	195	65
4. 管電流 (A)		0.850	0.425	1.55
5. 2 燈用安定器損失 (W)		45	35	30
C. 光学特性 (冷白色ランプ)				
1. 初期光束 (lm)		7250	5050	5100
2. 光束/長さ (lm/ft)		906	631	1020
3. 輝 度 (c/in <sup>2</sup> )		6.1	4.3	4.9
D. 効 率				
1. ランプのみ (lm/W)		72.5	68.2	56.7
2. ランプおよび安定器 (lm/W)		59.2	55.2	48.5



1 図 米国照明学会事務室の高出力ラビッドスタート 96" T-12 蛍光灯 × 6 燈の半間接照明施設

設の状況で、速時点滅を数回くり返したがなかなか調子がよかった。

96" の長さは操作しにくいということも一応考えられるが、米国のみならずわが国でも 48" 40 W ランプ出現のときは 20 W ランプに比して非常に長く感じたが、現在では長さに対して非難されることもない。

また照明施設として高照度を要求される場合ランプ数が増すのは当然であるがこの場合、ランプ本数を並べると連続にするかとのランプ配列の問題がある。大きな室では平均照度のむらを

防ぐため、照明器具デザイン上からも 40 W 2 連またはそれ以上の場合が多いが 96" の長いランプを使用すれば、ソケット部分の陰は出ず、効率よく、安定器の結線は容易になるなど種々有利な点が少くないので将来大口需要の工場、事務所、百貨店等では盛んに使用されることとなる。

最近、わが国でもこの種の高出力ラビッドスタート蛍光灯の完成したことを付記しておく<sup>(4)</sup>。なお高出力ラビッド・スタート蛍光灯は生産的には排気とか電気接触の問題など残っている。これらは実際使用の面でもつきまとってくるものと考えられる。

また高出力ラビッド・スタート蛍光灯は周囲温度の低い場合にも光束の低下が少ないので道路照明など屋外用としても有望であり、ウ社では街路燈として 72" T-12 × 4 燈用を標準型としている。(後述道路照明参照)

高出力ラビッドスタート蛍光灯としては 96", 72" の外に 48" (従来の 40 W の寸法に等しい) のものもあるがいずれも入力、管電流、全光束などは大きくなっている。ランプ製作上フィラメント・コイルは強化され速時起動に耐えられるようになっていてランプのベースとソケット部分との接触を確実にする

ためベースとソケットとの構造は 2 重凹型 (double contact recessed type) となっている。

以上の外、新型蛍光灯としてシルベニアの超高出力型 (V.H.O., Very High Output) ラビッドスタート蛍光灯<sup>(5)</sup> および G.E. のパワーグループ (Power-Groove) 蛍光灯<sup>(6)</sup> がある。超高出力型ラビッドスタート蛍光灯は管径 T-12 の管の両端に冷却部をつくりこの部分の壁温度を最高紫外線効率を出すように約 40°C に保ちながら入力を最大にし、これによって常に管中央部の水銀蒸気圧が最良の状態とし光束の低下を防ぐもので 48" T-12 100 W ランプは光束 6,200 lm, 管効率は 62.0%, 96" T-12 200 W は光束 13,250 lm, 管効率は 66% と発表されている。

従来のラビッドスタート蛍光灯、高出力および超高出力の 3 種のラビッドスタート蛍光灯を比較すると長さ当りの入力はずいぶん異なる。

入力/管長 (W/ft)

従来のラビッドスタート蛍光灯	100 %
高出力	125 %
超高出力	250 %

以上、ラビッド・スタート蛍光灯 3 種類も管効率の比較では高出力型の 72.5% が超高出力型の 66% より有利であるがいずれにせよ、現在する長尺の蛍光灯より 100,000 lm 以上の光束を発生し得たことは注目し値することと思う。

またパワーグループ蛍光灯は管径 2 $\frac{1}{8}$ " 長さ 4' および 8' のもので管長に沿ってくぼみがガラス管壁にある特長のあるもので管内の紫外線が容易に蛍光体を励起しうる構造のもので入力は 200 W である。

以上の超高出力型およびパワーグループ蛍光灯はいずれも現品は見たが安定器・照明器具の関係で点燈状況を確認できなかったのは残念であった。最近では安定器、照明器具も完成したとの報告もあるのでいずれその性能とか将来性についても報告があることと思う。

また、高出力型のものの完成に伴い管表面の輝きがまし、蛍光灯本来の特長の 1 つである“まぶしさ”つまり輝きが上ったため、管径 T-17 (54 mm) 寸法の低輝度型の蛍光灯が使用され始めた。これらは照明器具または施設として、やや深い埋込み反射がき器具のもので十分役だっている。

蛍光灯の色物ではわが国ではあまり見かけない金色 (Gold) がロチェスターのコダック研究所の 35 mm フィルムのパトリネ (黄色の管に赤色の焼付印刷、テレンプは黒色のビロード) のケース詰作業の工場の全般照明に使用していた。ゴミ汚れ等の検査、および色彩の検査に比視感度を利用した作業上の要求からと思われるが、工場全体が黄金色の照明下で偉彩をはなってきた。なお、ウ社で金色ランプの用途を質問したところナイトクラブ用であるとのことであった。

また米国でのこの数年間の蛍光灯の販売状況<sup>(7)</sup> を見ると 2 表のごとくである。参考のためにわが国の出荷状況も併記する。

米国と日本の蛍光灯の需要数量を比較して見るとつぎのことがわかる。米国の 1951 年 (昭和 26 年) の需要量を基準とすると、52 年には 10% 減となり、それ以降は暫次増加し 55 年に



2 表 米国および日本の蛍光灯、白熱電球の需要状況（ただし米国は販売数量、日本は出荷数量）

年			1950 年 (昭和 25 年)	1951 年 (昭和 26 年)	1952 年 (昭和 27 年)	1953 年 (昭和 28 年)	1954 年 (昭和 29 年)	1955 年 (昭和 30 年)	1956 年 (昭和 31 年)
数量 (4 割) および比 (%)									
螢 光 燈	数 量	米 国	88,439	86,652	77,629	84,665	86,168	95,000	105,000
		日 本	—	1,468	3,813	7,860	11,497	16,029	20,127
	比	米国/日本	—	5.900	2.040	1.080	750	590	520
白 熱 電 球	数 量	米 国	933,523	950,408	920,825	976,471	1,003,600	1,009,000	1,080,000
		日 本	—	147,203	127,849	142,257	153,897	146,552	158,513
	比	米国/日本	—	646	720	690	650	690	680
螢 光 燈 ／ 白 熱 電 球	比	米 国	10.5	9.1	8.4	8.6	8.6	9.4	9.7
		日 本	—	1.0	3.0	5.5	7.5	11.0	12.7

は 10% 増、56 年には 22% 増となっている。日本の需要量の変動は以上に比較すると 51 年を基準とすると翌 52 年には 260%、53 年には 535% のように増大し、56 年には実に 1,370% となっている。わが国各社の生産設備が整備するとともに需要もいちじるしく増大したことを物語っている。

米国と日本の比較では需要量は 51 年には 59 倍の差が年を経過すると共に減少しこの 1、2 年は 5、6 倍の程度となった。

一方、白熱電球では米国および日本とも 51～56 年でそれほどの変化なく 10% 前後の変動である。さらに蛍光灯と白熱電球の比較ではこの数年間では米国では 9% 前後であるが、日本の場合は 51 年 1.0% が 52 年 3.0% に急激に増大し、55 年は米国の 9.4% を追い抜き 11.0%、56 年には 12.7% となったことは注目を要する。この数字は蛍光灯の白熱電球に対する比率、つまり蛍光灯の普及率とも考えられるからであって一般的には需要数量の上ではわが国の方がこの 1、2 年は普及率が米国より大きいということにある。

つぎに蛍光灯の普及状況として 1955 年<sup>(8)</sup> のランプ色別は 2 図のとおりである。冷白色が 60.5%、昼光色が 16.4% に対し

でデラックス型は比較的少ないがこれには後述のように工場、事務所等の普及率は 95% 以上の状況から演色性より効率本位といったところであろう。したがって現在でも大した変化はなさそうである。ただし演色性を問題とする家庭・レストラン等ではデラックス冷白色、デラックス温白色を多く使うように電力会社で盛んに推奨していた。

3 図の蛍光灯のワット別も 1955 年<sup>(8)</sup> の資料であるがこの数字はその後正式の発表がないから現在の正確な割合は判明しないが、ウ社の話ではスリムライン蛍光灯は管電流が 600 mA が技術的に限度(フィラメント構造、点燈状況、寿命について)であって光束、寿命等に現在以上の技術的向上の余裕なく、前記高出力型のランプの方が将来性がある由、したがって 40 W ランプが 50.1% に対しスリムライン型 96" T-12 74 W が 10.2% で 2 位であるが当然スリムライン蛍光灯にとって代って 96" T-12、72" T-12 等の高出力型蛍光灯の需用が増してくるものと思う。ただし、スリムライン蛍光灯は米国では 53～55 年がその普及の全盛期であったのでスリムライン蛍光灯の補修用を含めて工場での生産も現状では高出力蛍光灯に比べてはるかに大である。

実際には高出力型蛍光灯も 1956 年に施設され始めた程度で予熱起動型、スリムライン型、ラビッドスタート型等各種の蛍光灯が入り混って使用されている状況である。

前記、蛍光灯と白熱電球の販売数量の表より米国における白熱電球に対する蛍光灯の普及率は各照明施設のすべてを含めて、10% 以下と思われる。

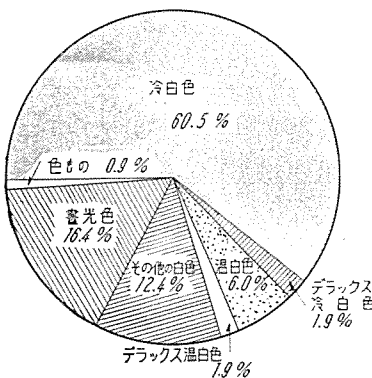
### イ. 高圧水銀燈および蛍光水銀燈

高圧水銀燈および蛍光水銀燈も米国ではすでに実用の域に達し、高天井の工場、街路照明、ハイウェイの照明、ガソリンスタンドの照明、建物外郭の投光照明に使用されている。

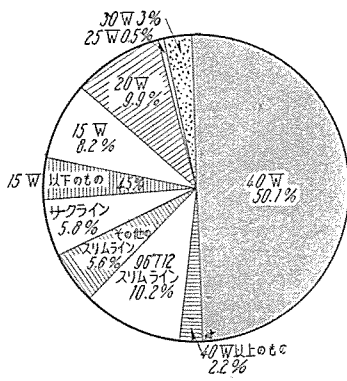
高圧水銀燈および蛍光水銀燈も 2 重管としてその種類は 100、175、250、400、700 および 1,000 W の外、長管の 3,000 W が標準となっている。

工場で従来、高圧水銀燈を使用する場合、白熱電球と併用して光を混合して、演色性を改善していたがすぐれた演色性のよい蛍光水銀燈が完成してからは順次演色性の必要から蛍光水銀燈に切り換えられ、白熱電球は非常燈としてのみ使用されている。(後述工場照明参照)

蛍光水銀燈は高圧水銀燈より演色性はよいがさらに好演色性の水銀燈が要求されるに当り MH-1 型<sup>(9)</sup> 400 W のものが試作の域を脱していた。これはランプ入力 400 W で外管は 1,000 W 管を使用し、蛍光膜の外にセラミックコーティングを施し、緑および黄色のスペクトルの一部を吸収し減衰させる。すなわち現



2 図 1955 年の米国における蛍光灯色別需要量 (八ヵ月間を基礎としての推定)



3 図 1955 年の米国における蛍光灯ワット別需要量 (八ヵ月間を基礎としての推定)





4 図 エンパイヤ・ステート・ビル塔上の水銀ショート・アークランプ 2,500 W×4 セットによるサーチライト



5 図 エンパイヤ・ステート・ビルの水銀ショート・アークランプによるサーチライトの遠景 サーチライトは水平および垂直に回転し地上では 80 マイル、空中からは 300 マイル遠方より見ることができる。

在の蛍光水銀燈をさらに赤味を増し、緑・黄を減少させて演色性をさらに改良したものである。蛍光水銀燈は高圧水銀燈に比して全光束が約 10~20% 減少するが、MH-1 型 400W 好演色性の蛍光水銀燈は光束の減少がきわめて少くしかも演色性ははるかにすぐれていて、蛍光水銀燈の演色性についてはとかく問題のあった場所でも光源として蛍光燈と同様に使用できる。

使用方法としては、高天井の場合 25 ft を境として高天井の工場では高圧水銀燈、25 ft 以下では蛍光燈との原則はそれとあり守られている。

工場外ではガソリンスタンドで投光型水銀燈と白熱電球を併用したり、自由の女神の投光照明、建物の外郭照明に使用している。なお水銀ショート・アークランプも技術的に進歩しニューヨークのエンパイヤ・ステート・ビルの上からサーチライトとしてウ社の 2,500 W のビーコンが 4 セット使用され良い状態では地上より 80 マイル、空からは 300 マイルの距離から見えると評判になっていた<sup>(10)(11)</sup>。(4, 5 図)

#### ウ. 白熱電球と着色電球

一般照明用白熱電球はまだ数としては、多く蛍光燈の約 10 倍の販売量から見てその普及もかなり多いことがわかる。これは従来の習慣とか古い施設の場合によることが多く、しかも蛍光燈に比べて寿命も 1/10 程度で短かいので、その数量としても多く需用とされるわけである。一般照明用として従来の白熱電球の外にウ社ではビューティートーン、G. E. ではコロラミックと称する新型の着色電球が 1956 年 8 月<sup>(12)</sup>発表された。ウ社のビューティートーンに例をとるとこの新型電球は着色とはいえないわゆる、広告用の色電球とは異なり、点燈状態では落付いた柔かな感じのよい光をもち、ビューティートーンではキャンディライト（照明にやや黄味がかった温か味と装飾的な感じをもち）、アクア（冷白色で涼しい感じ）、ピンク（顔色をよく見せると共に装飾的用途に適し、気持のよい温か味の光を出す）の 3 種類があり電力も、60, 75, 100, 150W の外 3 段切替の 50-100-150 W または 100-200-300 W など装飾的に照明と色彩を結びつけた場合——家庭などの憩いの場所に適していると一般家庭雑誌<sup>(13)</sup> などにも美しい多色印刷で広告宣伝している一方、ドラッグストアでも販売していた。

わが国ではデラックス型蛍光燈を家庭に推奨するのに電力会社も各メーカーでも従来の白熱電球より経済的で明るくしかもよい雰囲気をかもし出すと P. R. しているのと対照的であった。（家庭照明の項参照）

なお Silvered ball は間接照明専用の電球であるが、学校・ホテルその他で広く使用していた。照明器具としてはリングルーバ型のもの、角型のものが多かった。

投光型電球も商店、百貨店で多く見受けたが 150, 300, 500 W などが多かった。

#### エ. 電気ルミネセンス——レイエセント (Rayescent)

点光源から線光源の蛍光燈へ、さらに蛍光燈を多数使用した光天井またはルーバ天井へと照明技術は進歩する。そしてわれわれの希望を満たしてくれるものにこの電気ルミネセンスがある。電気ルミネセンスについては数年前より幾つもの文献<sup>(14)</sup>が発表されてわれわれの注視を

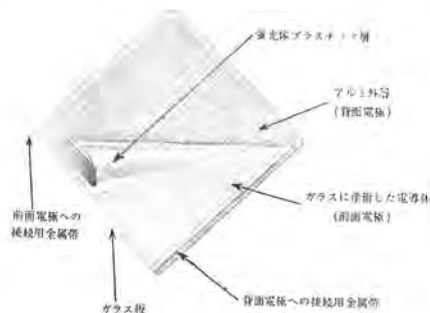
集めているところであるが、昨年 9 月に完成したウ社ビッツバーグの新研究所の開所式<sup>(15)</sup>に電気ルミネセンス（ウ社の商品名ではレイエセント）の装置を一般に公開展示した。天井と上壁に電気ルミネセンスの照明を施した室を公開した。それぞれ 1 呎角の 112 枚のガラス板を取付け近代的照明をされた事務室または教室程度に相当するうすいグリーン色（照度約 500 lx）を発表した。使用電源は交流 350 V, 3,000 c/s, 板の厚きは 100 フートランパート、効率は 3 lm/W である。

この室の発表はウ社ランプ部研究指導者イー・デー・エフ・アーノット氏によって指導された電気ルミネセンスの発達の種々の場面中の展示公開のクライマックスであった。彼は「電気ルミネセンス・セルはサンドイッチのよう 2 枚の導体の間に螢

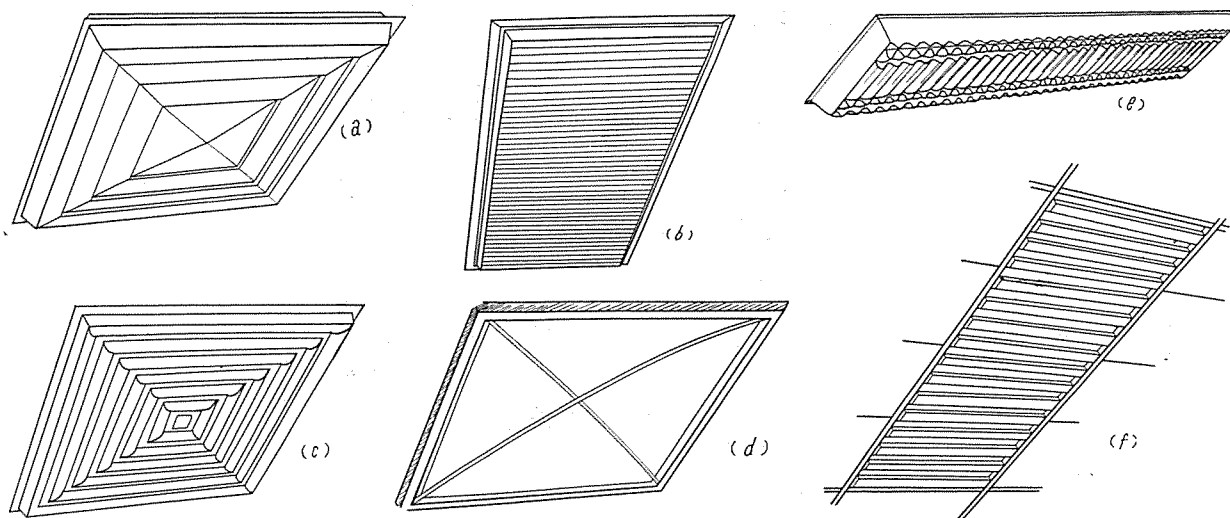


6 図 ウェスチングハウス社による電気ルミネセンスの公開展示

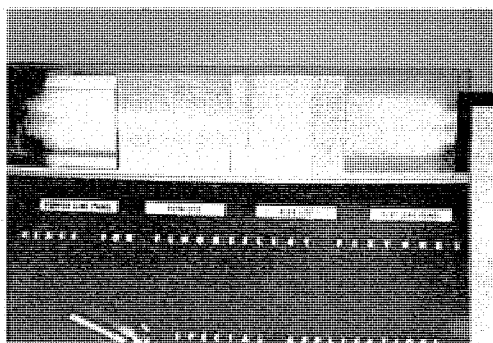
ビッツバーグのウ社新研究所の天井と上壁に電気ルミネセンスによって照明された室。1 呎角の 112 枚のガラス板を取り付け、近代的なよい照明の事務室または教室程度の照度（約 500 lx）が得られた。使用電源は交流 350 V, 3000 c/s で板の厚きは 100 フートランパート、効率は 3 lm/W である。



7 図 電気ルミネセンス・セルの構造図



8 図 硬質塩化ビニールの照明器具用カバーのデザイン例



9 図 コーニングガラスセンタの蛍光灯照明器具用ガラスの展示 (左より Curved Lens Panel, Fota-Lite, Alba-Lite, および Flat Lens Panel)

光体をはさんだ構造である。適当な電圧を印加すると蛍光体が光を発する」と説明した。

アーノット氏は異なった色の蛍光体を使用した幾つかの小さいセルを示して、異なる電圧と周波数を使用しての効果を見せた。緑・青および黄色の蛍光体は白色を与えるように混ぜることができる。さらに同氏は「注文によってすぐに室内用照明ができるという印象を与えたくない。電気ルミネセンスが従来の光源と本当に競争する前に幾つかの研究しなければならない問題がある。しかし、われわれは十分に、その必要を知っている。そして、これらが発達することを確信できる」といった。

筆者はピッツバーグの新研究所のこの室を見る機会を逸してしましたが、ブローム・フィールドのウ社の工場での電気ルミネセンスの担当者ブランチャード・ベリイ氏に現品について説明を受け種々実験して点燈して見せてもらった。この新しい光源は現在は効率はいわめて低い、将来は蛍光灯の効率以上に高効率になると予想された将来性のある光源であることを付記しておく。

### 3. 照明用材料

透過材料としてのプラスチック、反射板としてのアルミ、銅板などある。

#### ア. プラスチックス

プラスチック材としてはメタクリル樹脂の外、ポリスチレン、硬質塩化ビニールがあり、半透明の照明用カバーというよ

り、光の拡散板という点で重視している。硬質塩化ビニール板には平板と波形のものが、乳白色の波形のものは ① 音響の吸収が大 (とくに高周波) ② 影のない柔かなよい照明、③ 標準寸法が容易に得られる ④ 低経費 ⑤ 保守容易などで使用されている。平板は乳白色のもので厚さは 0.18 mm、標準寸法は 1'×4', 2'×2', 5'×3', 4'×4' などあり、これらを照明器具工場に搬入して設計どおりのデザインに真空加熱してプレス仕上げしている。それらの型のデザインで気のついたものを数種スケッチして見ると 8 図のとおりである。絞りものの深さは 50~75 mm が最大である。

#### イ. ガラス

Corning glass とか Holophane が独得の型ガラスを出している。9 図はコーニングガラスセンタでとくに蛍光灯照明器具用のガラスと銘を打って展示しているガラスの種類でガラスの裏面には蛍光灯を入れて説明していた。Curved Lens Panel, Fota-Lite, Alba-Lite および Flat-Lens Panel 等である。Fota-Lite はルーバガラスとして 1950 年 Sep. Illum. Eng. p. 543 に紹介されたものである。

また Holophane 製の蛍光灯、水銀燈用の型ガラスもよく使用されていた。

#### ウ. 標準シールドディング材料<sup>(10)</sup>

ウ社の照明器具に使用しているガラス、プラスチックの型板、ルーバ等 9 種類を 10 図で紹介する。いずれも優美な形状のしかも効率のよいものである。

以上のように米国での照明器具用プラスチック、ガラス類は各種のものが用意されていて、優美なデザインに対応して使用できるようになっている。

### 4. 照度の基準

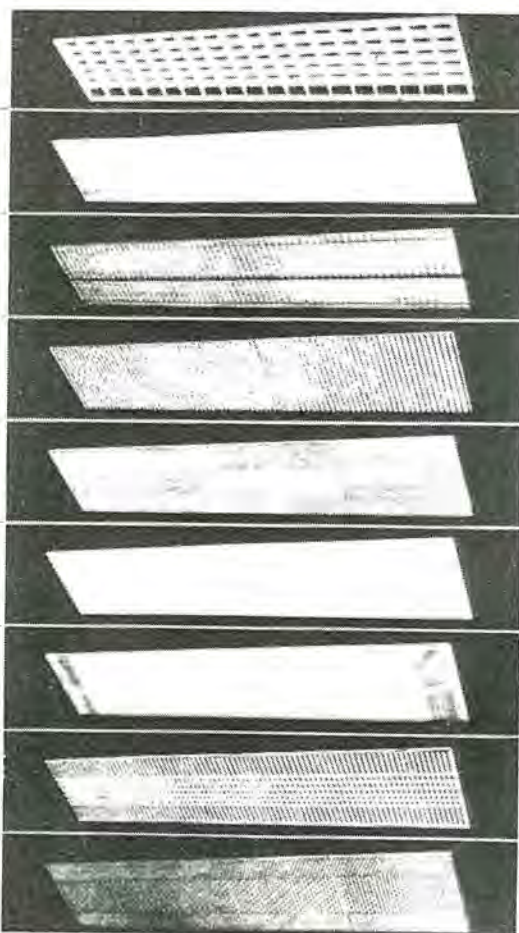
照度の基準は単に照明施設の 1 つの特性であるが常にもっとも重要なものではない。種々の視作業と状況に対して厳格なまたは融通のきかぬ所要照度をとることは実行不可能である。しかしもっとも普通の視力で一般の分類を行うことはできる。

現在の推奨または所要照度が理想の状態を代表するものでないことはいうまでもないが、これらはむりのない実際のもので

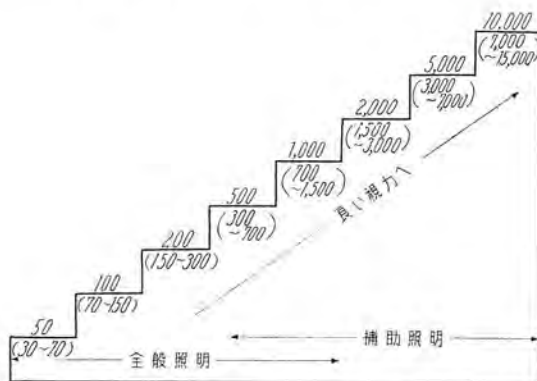


selection

1. louver shielding  
comfort rating ..... B  
efficiency ..... 30%—64%, 45%—46%  
maintenance ..... 30%—A  
45%—B
2. ribbed glass shielding  
comfort rating ..... D  
efficiency ..... 62%  
maintenance ..... C
3. Twin-lite, Uni-lite glass shielding  
comfort rating ..... E  
efficiency ..... 67%  
maintenance ..... D
4. Corning #70 glass shielding  
comfort rating ..... A  
efficiency ..... 62%  
maintenance ..... D
5. Fota-lite glass shielding  
comfort rating ..... G  
efficiency ..... 58%  
maintenance ..... B
6. Alba-lite glass shielding  
comfort rating ..... H  
efficiency ..... 58%  
maintenance ..... C
7. sagged glass shielding  
comfort rating ..... H  
efficiency ..... 63%  
maintenance ..... D
8. Holophane #6018 plastic shielding  
comfort rating ..... A  
efficiency ..... 61%  
maintenance ..... E
9. Westinghouse Opti-kube plastic shielding  
comfort rating ..... A  
efficiency ..... 61%  
maintenance ..... E



10 図 ユニテライト照明器具のガラス、プラスチックおよびルーバ等の標準型



11 図 照度基準 (数字は照度 lx を表す)

あることは間違いない。そして現在われわれが製作する光源と照明器具と施工方法とによって容易に達する値である。

照度基準と視力との関係は幾何学的に大体の有効な照度の範囲を 11 図の如く階段式に示している<sup>(17)</sup>。

また平均照度として全般照明の照度が 300~800 lx あるいは 1000 lx 以上の高い値をとることは結果としてつぎの照明の質の問題にまで影響を及ぼす。① ちらのない照明。② 光り天井、ルーバ天井ではまぶしさを感ぜず照度は十分となる。③ かげのないことなど、光源の分散配置により当然のことではあるが、米国の照明専門家は鉛筆などの棒を机の上に立てて、Shadowless (陰が出ないだろう)と自慢していた。今さらながら照明の急所を指

摘され成るほどと思った。④ 高照度であることは光源の分光分布にも影響を及ぼす。⑤ 事務所・工場では作業能率が高くなるから経済的に成り立つ。⑥ 明るいことは心理的に気持がよい、疲労しない。⑦ 工場には事故防止となる。

さて上記の表で米国での推奨照度は全般照明で 30~1,400 lx 位、補助照明として 400~10,000 lx となるが実際にはどの程度の照度が普通であろうか、10,000 lx は「外の照度であり病院の手術室とか、屋外のショーウィンドウには必要であろう。また、5,000 lx はショーウィンドウの特色あるディスプレイとか工場での色彩の分類に必要な照度である。

各文献より得た結論は米国でも平均照度 1,000 lx はそうざらにはない明るさである。事務所・工場等の執務・作業対照では大体 300~800 lx が普通の照度である。最近では「1,000 lx の事務所照明」ととくに書いた文献<sup>(18)</sup>もある。しかし例外の幾つかはあり、たとえば 1952 年の今から 5 年前でさえも「高照度に伴う快感」として 1,000~1,500 lx の全般照明の例が金属

加工に量・質共に必要とするの実例として挙げられている<sup>(19)</sup>。

3 表は米国およびわが国の所要照度の表であるが照度の基準として日米両国で工場・事務室・学校では約 2~3 倍明るく規定している。面白いことに米国の家庭の照明は暗いと一般にいわれているにもかかわらず、実際わが国よりもはるかに明るい状況である。これに対し筆者の体験した例では事務所たとえばニューヨークの米国照明学会では 1,500 lx の全般照明、Boston の電力会社の設計室では 800 lx 位あり、結局、米国で照明に関心をもっている箇所での実際の照度は平均より上回った値を取り、わが国では規定の値よりも下回った値をとるようである。これらはいずれも経済的な理由による場合が多く、光源そのものとか照明器具の技術的水準はすでに米国のそれと大した差はない。ただし保守の点はなかなか完備されている場合が多かったがこれは道路の完備しているため塵埃が少いこと、空気が清浄なため汚れの少ないなどのわが国とのハンディギャップは考慮しなければならない。これは照明だけの問題ではないからである。

以上はきわめてよい例であるが商店等で保守悪く、不点燈や汚れのはげしいもの、ルーバのはげれたままのもの等の例も見受けた。

さて以上の平均照度 1,500 lx が最高かというと必ずしもそうではなくさらに高照度が要求される。文献<sup>(20)</sup>によれば事務所における普通の事務作業に対して 5,000 lx という高照度が適用され来年はこの例についてもはや疑う余地がないとか、或る

3 表 米国および日本の所要照度比較表

(単位 lx)

A. 事務所・学校・住宅・病院・商店・その他		米 国	日 本
種 類		照 度	
事 務 所	*タイプライタ、*製図、*計算事務	500	400~200
	一 般 事 務 室	300	200~100
	会 議 室、応 接 室	100	100~ 50
学 校	製図室、*図書室、裁縫室、*黒板面	500~300	200~100
	普通の教室、実験室	300	100~ 50
	講堂（聴講のみ）、体操場、集合室	200~100	50~ 20
病 院	△診察室、△処置室、△検査室、△技工室	500	300
	△調 剤 室	500~300	300
	病 室	200	50
	手 術 室 { 全 般 手 術 野	500 1,800	300~200 5,000~1,000
住 宅	*裁 縫	1,000 以上	400~200
	*子供勉強室	400~200	400~200
	*読 書	400~200	200~100
	△台 所	400~100	100
	△客 間	50	100
	△居 間	50	100
	食 堂	50	—
	洗 濯	400	—
	寝 室	50	—
	浴 室	50	20
	入口ホール、廊下、階段	50	20
	化粧台鏡	200	—
	浴室鏡	400	—
旅 館 ホ テ ル	△談話室、△客室、調理場	300	200~100
	大 広 間	—	100~ 50
	階段、手洗場、浴室	—	60~ 30
	ホール廊下	100	60~ 30
	ロ ビ ー	50~ 25	—
	食 堂	100	—
商 店	衣料、洋品、帽子、時計、貴金屬、写真機、眼鏡、電機(器) 書籍、文房具、薬、化粧品、生花、楽器、運動具、玩具、靴、 履物、皮具、食器、果物、菓子、パン、食料品、売店 家具、金物、雑貨、古物、肉、魚、野菜、乾物、煙草	各商品共 750~250 展 示 1,500~500	500~200 300~150 200~100
	ショーウィンドウ 一流商店街 < 一般展示 特色展示	3,000 5,000	× 2,000~400
	二流商店街 < 一般展示 特色展示	1,000 2,000	—
	三流商店街 < 一般展示 特色展示	500 1,000	800~200
百 貨 店	1 階	商店に準ず	500~200
	2 階 以 上 地 下		300~150 400~200
料 理 店	調 理 場	—	200~100
喫 茶 店	客 室	100	100~ 50
理 髪 店・美 容 院		500~250	300~150
一般の廊下、階段、便所、出入口		50	20

B. 工 場		米 国	日 本	
作 業 の 種 類		全 般 照 明 の 場 合	全 般、局 部 作 用 の 場 合	
精 粗	作 業 の 例		局部照明による作業箇所の照度	全般照明による照度
超 精 密	機械（超精密機械操作および細工台上）、時計、精密彫刻、時給、 織物（刺繍に類する作業）、検査（超精密）	※ 10,000~2,000	5,000~1,000	100~50
精 密	機械（精密機械操作および作業台）、金属（板検査）、印刷（植字、 文撰）、暗色布地（切断、検査、裁縫）、検査	1,000~ 500	1,000~ 300	80~40
	塗装（精密手塗仕上）、自動車（飛行機）、組立（修繕）、紡織（暗 色物）			200~100
普 通	機械（操作、削磨、研磨、普通、加工）鋳造（型造）、溶接、明色 布地（切断、検査、裁縫）	500~ 200	300~ 100	60~30
	金属（熱処理）、製薬、製紙、化学（炉過、蒸溜、結晶）、塗装（吹 付、極塗）、紡織（明色物）			100~ 50
粗	木工（荒切）	300~ 50	100~ 50	40~20
	金属（炉）、化学（炉室）、鋳造（鋳込作業）			50~20

\* は局部照明を併用しその他は全般照明によるを可とする。 △ は作業範囲にこの照度が得られればよい。 ※ 全般照明と補助照明との組合せによる。 × 照  
明学会：商店照明コントロール審査と基準（1956）。なお、米国の照度は ASA のものであるが、作業対象の種類を便宜上わが国の照明学会屋内照明の基準（1953）  
によったので、生活様式の差異、作業形態の相違のため若干正確でないところもある。



事務室ではアクリライト板の裏面に蛍光灯を入れた光り天井で、2,500 lx に照明されている。

また電子工業の作業では、4,500 lx とか、これらは近い将来さらに各照明施設の照度が増加するのを暗示しているようでもある。

明るさがよい照明のすべてではないということはわれわれ照明技術家として十分認識しているつもりでも現実には照度という光の量が照明の他の要素である質への影響を考えると矢張り照度が照明をよくする第一番目のものと納得せざるを得ない。(多少の反撥を感じながらも)

さらに照明の傾向としては上述のように照明の質の向上の外に工場・事務所・商店・家庭等あらゆる施設を通じて色彩調節が照明に効果を上げる重要な要素としてとり上げられ、すべて照明と一体となっている感じを受けた。

## 5. 各照明施設

照明施設の光源として蛍光灯の光の拡散性、白熱電球の集光性、これらの二つの特長ある光の性質を組合せて前者は主として全般照明の高照度および、むらのない照度を得るために、後者はアクセントライトとして照らされた対照物を引立たせたり、または和やかな雰囲気をもたせる目的で使用する。これらの照明技法はわが国でも文献その他で導入され、われわれがよい照明とか魅力のある照明として採用しているのが国内での照明施設でも類似の照明技法を見ることが可能である。一般の現況として、それらのわが国の状況との相違点を列挙するとつぎのとおりである。

(1) 一般に作業場の平均照度はきわめて高く、局部照明に頼らなくてもすむ。作業別には補助照明は大いに活用している。

(2) 商店の照明もショーウィンドウの平均照度は高く、鉛直面照度を出すために、ショーウィンドウガラスのたて枠の裏に蛍光灯を入れるような始末な方法をとらなくても十分、照度が得られる。店内も十分明るい。

百貨店でも蛍光灯照明は多く、とくにショーウィンドウの照明は効果的である。

(3) 事務所照明でもむらのない、まぶしくない、しかも高照度の照明のためかげが出ないので執務上非常に作業がしやすい。

(4) レストラン等一般に明るさが少ないといわれているが実際にはメニューを読んだり、食事をするのに十分な照度あり、雰囲気をもたせ、豪華なシャンデリヤとか色彩に考慮が払われている一方、間接照明として蛍光灯はかなり使われている。目立たぬ方法でレストラン全体のバランスを保っている。なお、調理室などは作業場・事務室なみに明るく蛍光灯を使用し衛生面を主としている。

(5) ホテルの照明…新しいホテルには蛍光灯使用が多いロビー・ホールの間接照明、廊下の照明、掲示場の照明などに蛍光灯が使用されるが、個室はまだ照明改善まで至らぬためかわずかにバス・ルームの鏡灯として蛍光灯使用。

(6) 家庭の照明…居間・応接間に主体は白熱電球、補助的に間接照明の蛍光灯併用の照明方法を電力会社で盛んに奨進している。台所、バスルーム等は蛍光灯照明を採用…ここでも休息する場所と作業する場所との照明方法の考え方の相違がはっきりしている。

(7) 道路照明…わが国のような商店街の街路灯はない。効率本位で蛍光灯、高圧水銀灯による道路照明に切り替えられている。わが国で見受ける蛍光灯20W×(1~3)灯のような装飾を

主とした街路灯またはネオンサインを併用した照明はなく、商店街の照明でもハイウェイの照明でも路上および周辺の高建物を照明するような効率本位のものが多い。

山間部でのトンネルの照明も蛍光灯はきわめて有効に使用されている。

(8) 空港の照明…空港の照明は航空機の運行の安全を期して最新式のものである。空港の通路、カウンタ、ロビー、待合室等大規模な蛍光灯照明を行っている。

(9) 学校…明視照明として教室、図書室、実験室等は蛍光灯照明が多い。

(10) 各種展示場…自動車、家庭電器類の展示場は蛍光灯照明多く、新型自動車の陳列にはダウンライト併用で効果を上げている。

以上よりわが国の照明に比べてすべて規模が多きく、合理的に照明するに徹底していると思われる。これらは電力・資材の豊富なこと、屋外では完全な舗装道路、室内は冷暖房完備、空気調整が行われているなど文化のレベルの高いことと相まって、照明施設も合理的に行われ、また大規模な施設など保守点検も完全に行われている。とくに大工場では、わが国ではとなく、実施しがたい光源の集団交換を行っていた。米国人の合理性の現われの1つであろう。

また、以上の合理的な面に相反して、とくに大都会でも裏町の古道具店、中古衣類、古本屋、古レコード屋などでは光源の不点灯はもちろん、ランプのはずれたままのもの裸電球など、照明ばかりでなく陳列にも考慮の払われていないような店もすくなくなかった。

以下、各地の各施設について具体的に実例をもって解説することとする。

### 〔A〕 商店・百貨店の照明

個人経営の商店、株式組織の百貨店でも店舗構成、規模の大小、取扱商品の種類とその品質の良否…これらによって一流店・二流店等の区別は自から決定してくる。

商品として高級品を扱う店と低級品を扱う店では照明・陳列・色彩等に対する考慮がそれぞれ違っている。高級店ほど蛍光灯・白熱電球の組合せも技巧をこらしたものが多く、ショーウィンドウの陳列・バックの色彩等も彩やかに細かい注意が払われている。

低級品の店ではとにかく、多数の蛍光灯を裸のまま無雑作にとり付けていて、白熱電球によるダウンライト併用、商品も



12 図 クリーブランドの商店

96 時スリムライン蛍光灯が 30 本以上ショーウィンドウの天井に裸のまま、無雑作にとりつけられている。ダウンライトとして白熱電球も灯の内にに入れて使用している。ショーウィンドウ内の照度も 2,000~3,000 lx 位ある。



13 図 ニューヨークの商店

安物の店ではこのような照明が多い。天井面の数十本の蛍光灯のため鉛直面はもちろん床面までも十分高照度である。



14 図 ニューヨークの商店

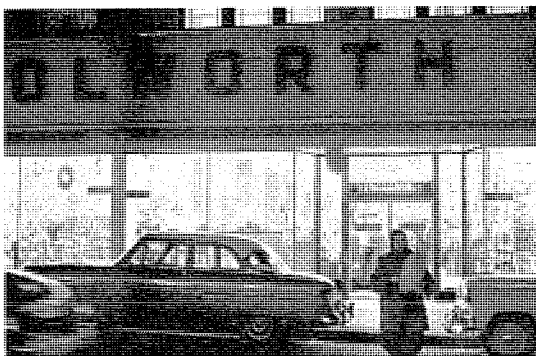
安物の土産物・カメラ等の店で照明方法は12、13 図と大同小異である。

ショーウィンドウ内の壁面一杯に飾り付けの外、底面に雑然と並べられている。平均照度も  $2,000 \sim 3,000 \text{ lx}$  は出ている。上方からの光りのみであるが光源の数が多いため壁面における鉛直面照度はもちろん、水平面照度も十分出ている。また、正札なども大きく価格が目でよく見えるなど購入し易くなっている。ショーウィンドウの大きさは幅  $2 \text{ m} \times$  長さ  $5 \text{ m} \times$  高さ  $4 \text{ m}$  位で天井に  $96'' \text{ T-12 74W}$  スリムライン蛍光灯 4 燈用が 8 セットの外白熱電球 ( $300 \sim 500$ )  $\text{W} \times$  数個 点灯しているのが普通の店のショーウィンドウ照明である。店内は  $500 \sim 800 \text{ lx}$  もありいずれも  $96'' \text{ T-12}$  スリムライト 4 燈用器具が多く目だった。(12, 13, 14 図)

チェーンストアとしてはウォール・オースの 10 セントストアは全米各地の安物・日常品の店である。スーパー・マーケット式に道路に面したショーウィンドウに相当する部分は大きなガラス面一杯に開放し、店内が一目で見通せる構成である。このような店も  $96''$  の長尺のランプを無雑作にとり付けているが照度も十分出ている店が多い。(15 図)

やや高級な店ではショーウィンドウでも裸の蛍光灯ではなく、ルーバ器具とかプラスチックカバーまたはガラスカバーで覆い、商品を十分照明すると同時に客の目に直射光の来ない施設を考慮している。しかも平均照度も  $2,000 \sim 3,000 \text{ lx}$  は出ている。(16 図)

高紙店では矢張りショーウィンドウの構成には留意し、とくに婦人服、貴金属、靴店、菓子、紳士服などの商店では金銀の



15 図 ウォール・オースの 10 セントストア  
(ウイルクインズバーグ)

スーパー・マーケット式に道路に面した部分は広くガラス面で店内が見通せるようになっていて店内の照明はほとんど  $96$  吋蛍光灯ですっきり明るい。



16 図 ニューヨークの衣料店

やや高級で蛍光灯も裸のまゝでなくルーバ付の埋込器具である。ダウンライトの白熱電球の数も実に多い。



17 図 ニューヨークの宝石店

ショーウィンドウ照明は乳白色プラスチックカバーの半埋込器具の蛍光灯照明と白熱電球のダウンライト併用。宝石・時計を扱う店ではショーウィンドウの高さを大体目の高さ位におくのがよい。





18 図 ロサンゼルス の 婦人服店

ショーウィンドウ内ガラス面上部に斜めにとり付けられた蛍光灯照明器具はルーバ付 40W×4 燈用 3 連器具その他多数の白熱電球によるダウンライト併用、これらのショーウィンドウの構成は非常に大きく店内の約 1/3 の面積をしめている。



20 図 サンフランシスコ の 服飾店

入口の天井およびショーウィンドウの照明は全部白熱電球によるダウンライトである。店内は乳白色硬質塩化ビニールの波形押型の光り天井と吊り下げられた反射がさ入りのダウンライト併用である。正面突き当りの上壁の部分も光り天井の構成である。



22 図 閉店後の商店照明 (フェアモント)

店内突き当りの陳列は浮き出して効果的である。

ンドウ(バックレスウィンドウ)の効果は重大である。顧客に商品を見せることが商店照明の第一義とすれば、構成よろしく配列された商品の間から店内が見通せて、しかも店内正面陳列も気のきいた配列の商品——ここでは個人店では珍らしくまとめられたルーバ天井の蛍光灯の全般照明である。ショーウィンドウには商品にスポットライトで光沢を与えている。(25 図および裏表紙のカラー写真)

また、ショーウィンドウ内の白熱電球による投光器…ギャンバライトという名の投光器である。これは投光型白熱電球で照明する場合、白熱電球の形状、ソケット部分、コード等はとくに広くガラス面一杯に開け拡げられたショーウィンドウでは意



19 図 ニューヨークの本屋

天井に三角形の凹部をつくりその内に 96 吋スリムライン 蛍光灯を配置している。レコードと本を取扱っている店で壁面の陳列と店内各部の本棚の陳列にはそれぞれ蛍光灯を入れ鉛直面照度を十分出しているから商品が見え易く選び易い。天井の三角形の凹部が壁面に美しい陰影を画いて効果的である。



21 図 ニューヨークの服装店

入口左右のショーウィンドウはダウンライトと蛍光灯の組合せいずれの光源も隠込んでいるため、客の目を刺激しない。とくに鉛直面照度を強調している。

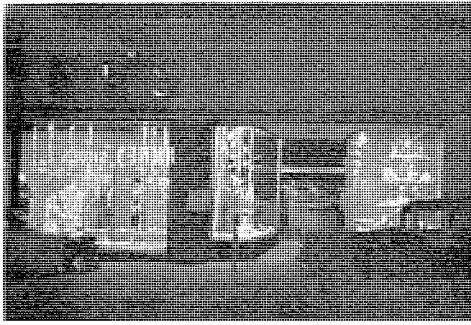


23 図 婦人服店 (閉店後)

蛍光灯による間接照明と白熱電球の直接照明の併用、店内突き当りの陳列照明も明るい。

匠上外観上とかく不具合が多いので考えられたものであるが、これらを球形のカバーで巧みに隠している。個人店・百貨店のショーウィンドウとか陳列によく見受けたのであるが 5, 6 個から 10 個以上使っていても案外、外観上目障りでなく今後わが国でも百貨店などで使用されるようになると思われる。(26, 27 図)

百貨店のショーウィンドウの劇的構成——肌もあらわなイブニングドレスの婦人達、しばったバックのカーテン、細長い数本の蠟燭のブラケット照明、数脚のクラシックな形状の椅子、近代的中にも優がな時代色——バックの赤または緑色の彩かな色彩がそれらの雰囲気を一層効果のあるものとし、思わず客



24 図 閉店後のショーウィンドウ照明と店内突当りの照明 (フェアモント)



25 図 ニューヨークの靴店

バックレスのショーウィンドウの靴の陳列は天井からのスポットライト(白熱電球)によって光沢を出している。店内はルーバ天井でオール蛍光灯、店内つき当りの照明も靴の配置よろしく蛍光灯で行っている。



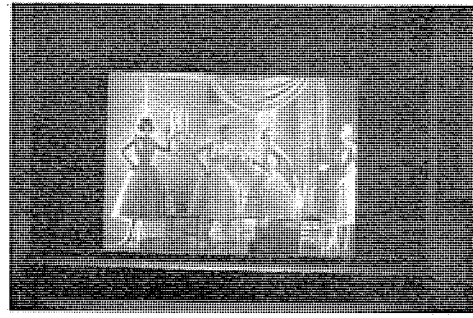
27 図 ギャンバルライトを使用したショーウィンドウ照明 (シカゴ)

10 個位は取り付けがあるが比較的目立たない。なお、道路は蛍光灯によるアーケード照明。



26 図 投光器の一種 (ギャンバルライト)

内部に反射型投光電球を入れる。電球の形状、ソケット・コード類を覆って外観を見よくしたもの。



28 図 百貨店のショーウィンドウ照明 (ニューヨーク)

マネキンの服装と配置が照明とマッチして立体感を出している。



29 図バッファロー市百貨店の紳士服売場

天井埋込の照明器具は細かいルーバで蛍光灯、埋込型ダウンライト器具の白熱電球を併用し、壁面は壁上部を蛍光灯の間接照明と陳列の直接照明を行なっている。

の足を引き留めるようにしている。(28 図)

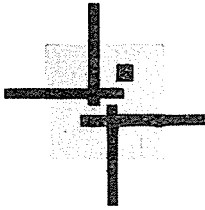
百貨店の店内照明——百貨店内で一番効果のある売場は1階、それも2, 3階への吹抜箇所であることは、わが国と同様である。百貨店1階の照明にルーバ付 96" T-12 4 燈用器具を多数天井に配列したところもあれば、吹抜け部分を中心としてほとんど光源を見せず巧みに間接照明にしているところもある。また、売場、陳列商品にマッチさせて、店のジュタン、壁、天井の配色も落付き照明はシャンデリヤ風の白熱電球のものもある。よい店ほどすべての点に考慮が払われている。ここでもショーケース、陳列棚の照明には十分考慮が払われているので明るく見やすい。エレベータ以外に各階に通じているエスカレータはほとんどダブルでしかも店内の数カ所に配置してある場合が多い。

29 図はバッファロー市の百貨店内の紳士服売場の一隅である。天井には蛍光灯によるルーバ埋込器具と白熱電球による埋込ダウンライト器具の併用である。壁ぎわの陳列にまで照明の考慮が払われている。ショーケース上での平均照度は 600 lx 位である。(続く)

## 文 献

- (1) 電機三菱 (非売品)  
32 年 4 月号 アメリカ明りめぐり  
その 1……アメリカの照明を見て  
(カラー写真)  
5 月号 その 2……商店の照明と買いもの  
6 月号 その 3……航空機の旅と照明  
7 月号 その 4……自動車と道路の照明  
8 月号 その 5……レストランと食事と照明  
9 月号 その 6……ホテルとチップと照明
- (2) Illum. Eng. 49, 9 (1954) p. 447.
- (3) " " 51, 12 (1956) p. 803.
- (4) 電設工業 昭和 32 年 Vol. 3, No. 9
- (5) Lighting July (1956) p. 44.
- (6) " April (1956)
- (7) 日本電球工業会: 電球類に関する主要調査統計 (1957 年 5 月) p. 12~15, p. 87~38.
- (8) Illum. Eng. 51, 1 (1956) p. 4 および p. 5.
- (9) 照明学会誌 31, 3 (昭和 32 年) p. 84.
- (10) Illum. Eng. 51, 9 (1956) p. 608.
- (11) " " 52, 1 (1957) p. 15.
- (12) Lighting Aug. (1956) p. 37, p. 39.
- (13) たとえば Better Homes and Gardens Dec. (1956).
- (14) たとえば Illum. Eng. 45, 11 (1950) p. 688.
- (15) Lighting. Oct. (1956) p. 68
- (16) Westinghouse Commercial and Industrial Lighting Catalog 61~050 (1955).
- (17) Westinghouse: Lighting Hand Book (1956).
- (18) Lighting Jan. (1955) p. 26.
- (19) Illum. Eng. 47, 7 (1952) p. 360.
- (20) " " 52, 1 (1957) p. 12.





## 通信線に発生する誘導雑音〔II〕

本社 安藤 安二\*

### 3. 誘導雑音に関する分類

電力線に運転中に発生する高調波電圧および高調波電流によって電話線に発生する誘導雑音成分はつぎの4種に分けられる。

- 残留電流による電磁誘導
- 平衡電流による電磁誘導
- 残留電圧による静電誘導
- 平衡電圧による静電誘導

さらに誘導区間内においては、これらの残留電流、平衡電流および残留電圧、平衡電圧によって、電話機に雑音誘導を発生する際には電話線の線間回路に直接誘導雑音を発生すると同時に、大地回路に誘導雑音を発生する。

つぎに電話回線の誘導区間内に発生した対地雑音成分はそのままでは電話雑音にならぬわけであるが、この対地成分が電話線を流れる際に、電話線の不平衡より線間雑音成分が発生する。この不平衡によって現われる線間雑音成分と対地雑音成分との比を電流平衡率 (CBR) と称せられている。

なお、誘導区間内で誘導雑音の大地成分と線間成分の間には一定の関係があるわけで、この比率を求めておくのは便利である。線間成分と対地成分との比を  $MLR$  と称せられて用いられている。

結局所望の電話線の雑音は「誘導区間にて直接発生する線間雑音」と「誘導区間内に発生する対地雑音が被誘導区間外に流れるときに電話回線の不平衡のために発生する線間雑音 (これは誘導区間より両側に流れ出すゆえに2個の値が求められる。)」とを合成したものになる。

つぎに雑音成分を求める際には電話回線の終端条件を規定することが必要であって、Engineering Report No. 16 では電話回線の導体群の数を30本とし、被誘導区間の両端で、その特性インピーダンスに等しい  $150\Omega$  で接地した場合を標準としている。なお、線間インピーダンスは側線回線は  $600\Omega$  であり、重信回線は  $400\Omega$  である。

[注、Engineering Report No. 17 では地方電話線を主として、1対の電話線を主対象として、1端を低インピーダンスで接地し、他端を比較的高いインピーダンスで接地した場合について求めている。]

### 4. 対地雑音 ( $N_L$ )

対地雑音として便宜上、電話線群内を流れる、全対地雑音電流 (雑音単位で現わす) の  $\frac{1}{1,000}$  が用いられている。[すなわち、db で現わすと全電流を db で現わしたものよりも60db 少ない。]

対地雑音電流の  $\frac{1}{1,000}$  を選定して対地雑音とした理由は、 $MLR$  および  $CBR$  の数値の選び方によって自由に選定できるわけであるが、対地雑音と  $MLR$  あるいは  $CBR$  を乗じて直接線間雑音を求めるのに都合がよいように  $\frac{1}{1,000}$  の数が選定されている。

つぎに電話線における対地雑音  $N_L$  (Noise-Longitudinal) に対する関係式を示すと、

(1) 電磁誘導 (平衡分あるいは残留分)

$$N_L = 0.3 K_n \cdot K_f \cdot m \cdot I \cdot T \cdot 10^{-3} \quad \text{noise units} \quad (4.1)$$

(2) 静電誘導 (平衡分あるいは残留分)

$$N_L = 0.4 K_n \cdot K_f (V_L / K_v) K_v \cdot T \cdot 10^{-3} \quad \text{noise units} \quad (4.2)$$

この関係式は平衡分および残留分について同一であるが、誘導係数  $m(\mu H/Kf)$ 、 $IT$  積、 $V_L$  (電話線の開放回路大地電圧)、 $K_v \cdot T$  積などはそれぞれ数値が異なる。なお  $K_f$  は誘導区間の亘長 Kilo-feet であり、 $K_n$  は電話線回路における電線の数に關係する常数である。つぎに電力回路の電流  $I$  は平衡分に対しては相電流 (A) を、残留分に対しては大地帰路電流 (A) をとる。

これらの関係式は均等誘導区間に対してのみ適用されるもので、不均等誘導区間に対しては区間に分けて、それぞれについて  $K_f \cdot m \cdot I$  および  $K_f \cdot (V_L / K_v) \cdot K_v$  を計算して合成する必要がある。

#### ア、電磁誘導

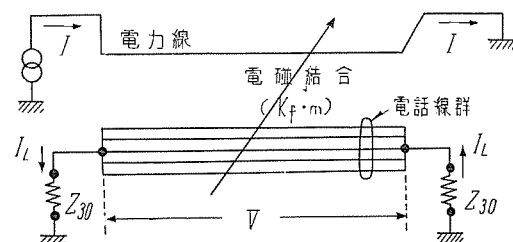
1図のような電力線と電話線群との関係配置で、電話線群はその特性インピーダンスに等しい  $Z_{30}$  で両端を接地されている。

このときの誘起対地回路電圧は、

$$V = 2\pi f \cdot K_f \cdot m \cdot I \cdot 10^{-3} \text{ Volts} \quad (4.3)$$

なお、ここで  $m$  は、micro-henry/Kilofeet であって、 $K_f$  は誘導区間長を Kilofeet で現わした値である。つぎに対地回路を流れる電流  $I_L$  (micro-amperes) は、

$$I_L = \frac{V \cdot 10^6}{2Z_{30}} = \frac{\pi f \cdot K_f \cdot m \cdot I}{Z_{30}} \quad \text{micro-amperes} \quad (4.4)$$



1図 電磁誘導に関する関係図

この関係式は電話線群の大地帰路回路は、両端の終端インピーダンスの値で定まってしまうという仮定で作ってあるもので、導線群の直列インピーダンスは無視してある。

つぎに単一周波数に対する  $I_{Lf}$  (micro-amperes) の  $\frac{1}{1,000}$  を対地雑音として雑音単位で現わすと、

$$N_{Lf} = I_{Lf} \cdot W_f \cdot 10^{-3} \text{ noise units} \quad (4.5)$$

なお、ここで  $W_f$  は雑音評価因子(noise-weighting factor)であって、周波数  $f$  のところでの micro-ampere 当りの雑音単位を示す。

つぎに  $N_{Lf}$  は、

$$N_{Lf} = \frac{W_f \cdot \pi \cdot f \cdot K_f \cdot m \cdot I_f \cdot 10^{-3}}{Z_{30}} \text{ noise units} \quad (4.6)$$

ところで各周波数における雑音値は rss 法(2乗の和の平方根)によって合成されるから、合成の  $N_L$  は、

$$N_L = \sqrt{N_{Lf_1}^2 + N_{Lf_2}^2 + \text{etc}} = \sqrt{\sum N_{Lf_i}^2} \quad (4.7)$$

あるいは、

$$N_L = \frac{\pi \cdot K_f \cdot m \cdot 10^{-3}}{Z_{30}} \sqrt{\sum (W_f \cdot f \cdot I_f)^2} \quad (4.8)$$

なお  $T \cdot I \cdot F$  (Telephone influence factor) と  $W_f$  (noise-weighting factor) との関係はつぎのごとくであって、

$$W_{ff} = 15.3 T_f \quad (4.9)$$

結局、

$$N_L = \frac{15.3 \pi \cdot K_f \cdot m \cdot 10^{-3}}{Z_{30}} \sqrt{\sum (I_f \cdot T_f)^2} \quad (4.10)$$

しかし、

$$\sqrt{\sum (I_f \cdot T_f)^2} = IT \quad (4.11)$$

であるから、

$$N_L = \frac{15.3 \pi}{Z_{30}} K_f \cdot m \cdot I \cdot T \cdot 10^{-3} \text{ noise units} \quad (4.12)$$

つぎに 30 導体群の電話線では、

$$Z_{30} = 150 \Omega$$

であるから、これを代入すると、

$$N_{L30} = 0.3 \cdot K_f \cdot m \cdot I \cdot T \cdot 10^{-3} \text{ noise units} \quad (4.13)$$

この関係式より電磁誘導によって発生する対地雑音は、電話線群の特性インピーダンスに逆比例することがわかる。導線群の本数が違う場合は、その本数に相当する特性インピーダンスを用いなければならないので、

$$N_L = N_{L30} \cdot \frac{Z_{30}}{Z_n} \quad (4.14)$$

そこで、

$$K_n = \frac{Z_{30}}{Z_n} \quad (4.15)$$

とすると

$$N_L = N_{L30} K_n \quad (4.16)$$

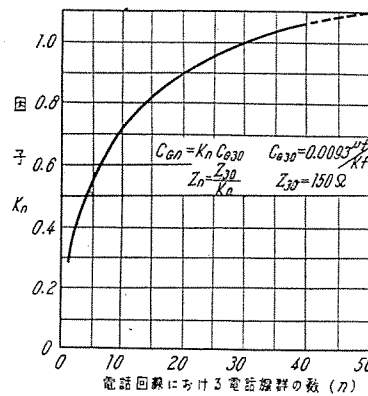
これより任意の導体数の場合の  $N_L$  が求められる。すなわち(4.1)式が得られる。

$$N_L = 0.3 K_n \cdot K_f \cdot m \cdot I \cdot T \cdot 10^{-3} \text{ noise units} \quad (4.1)$$

ところで電話線群の数によって特性インピーダンスが変化するために起る  $K_n$  因子の変化については2図および1表に示しておく。

なお2図には30導体群を一括した場合の Kilofoot 当りの大地容量  $0.0093 \mu f$  が導線群の数の変化と共に変る比率をも付加してある。

ところで大地容量は天候の影響を大きく受けるもので、標準として  $0.049 \mu f/\text{哩}$  ( $0.0093 \mu f/K_f$ ) が選ばれているが、



2 図 電話線数  $n$  と因子  $K_n$  との関係

1 表 電話線導体数に対する較正 ( $K_n$ )

導体数	$K_m$	導体数	$K_n$
2	0.4	10	0.7
4	0.5	20~50	1.0

乾天で温度零度以下の場合は、

$$0.045 \mu f/\text{哩} \text{ 以下}$$

豪雨の際は、

$$0.06 \mu f/\text{哩} \text{ 程度}$$

にもなる。

### イ. 静電誘導

静電誘導により誘起する、対地雑音  $N_L$  を紹介する。電磁誘導の場合と同様に電話線群の両端を特性インピーダンスに等しい抵抗  $Z_{30}$  にて接地する。

なお、対地雑音を求める場合につぎの2つの仮定によって求める。

(1) 電力回線と電話線群との間の結合容量は電話線群の大地容量に比較すれば小さい。

(2) 電話線群の大地容量に相当するインピーダンスは可聴周波範囲では、両端の  $Z_{30}$  に比べて非常に大きい。

それで電話線群に流入する大地帰路電流は

$$2I_{Lf} = 2\pi f \cdot C_G \cdot K_f \cdot K_v \cdot 10^3 \text{ micro-ampere} \quad (4.17)$$

電話線群を両端で概略特性インピーダンスに等しい抵抗値で接地しても、大地に流入する電流値は変化なく、また両端に半分かず別れて流れ込む。それで  $\frac{1}{2}$  という因子が加わってくる。

なお、ここで  $C_G$  は  $\mu f/K_f$  であり、 $K_v$  は Kilovolt の単位である。

つぎに  $V_{Lf}$  を電話線群を両端で大地より隔離したときに電話線群に表われる大地電圧とすると、下式のようになる。

$$C_G = \frac{V_{Lf}}{1,000 \cdot K_v \cdot C_G} \text{ micro-farad } (\mu f) \quad (4.18)$$

これを代入すると、

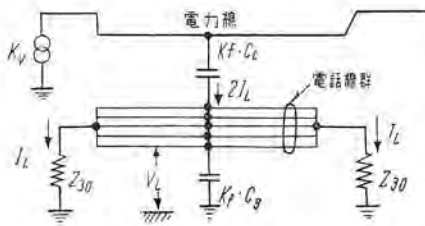
$$I_{Lf} = \pi f \cdot C_G \cdot K_f \cdot (V_{Lf}/K_v) \cdot K_v \text{ micro-ampere} \quad (4.19)$$

すなわち対地雑音  $N_L$  は、

$$N_L = 15.3 \pi \cdot C_G \cdot K_f \cdot (V_L/K_v) \cdot K_v \cdot T \times 10^{-3} \text{ noise unit} \quad (4.20)$$

なお、30導体群の大地容量は  $0.0093 \mu f/K_f$  であるので、導線群の数が異なる場合の関係式は2図に示すごとくで、下式となる。

$$C_G = K_n C_{30} \quad (4.21)$$



3 図 静電誘導に関する関係図

これを代入すると対地雑音  $N_L$  に対する (4.2) 式が求められる。

$$N_L = 0.4 K_n \cdot K_f \cdot (V_L K_e) \cdot K_r \cdot T \cdot 10^{-3} \text{ noise units} \quad (4.22)$$

#### ウ. 対地雑音に関する電磁誘導係数

##### (1) 平衡電流よりの誘導について

誘導係数は電力線と通信線の関係位置のみならず、電力線の導体配置によって非常に差異を生ずる。

平衡分よりの誘導はとくに導体配置に関係するわけであるから、導体配置の例を 4 図に示し、誘導係数の一例を 5 図に参考のために示す。

5 図は水平配置あるいは三角配置の 3 相電力線からの対地誘導係数を示す。

##### (2) 残留電流よりの誘導について

残留電流からの誘導は電力線の配置には関係がなく、かつ電力線間の間隔の影響も比較的少ない。

ところで残留電流の中で誘導に関係するものは大地還流電流であって、その還流電流の大地深度によって大幅に影響するわけで、大地の固有抵抗によって変化し、かつ、周波数によって変化する。その一例を 6 図に示す。すなわち、結合インダクタンスは大地固有抵抗により、また周波数によって変化するわけであるが、代表的例として大地固有抵抗 20 m-Ω、大地深度 200 ft とした場合の 1,000 c/s における誘導係数を 7 図に示す。誘導雑音の場合は 1,000 c/s のところの誘導係数をもって代表できるが、商用周波低周波の危険電圧を推定する場合にはこの誘導係数は用いられないことは注意を要する。

#### エ. 対地雑音に関する静電誘導係数

平衡電圧よりの誘導についても、電力線の配置が大幅に影響してくるのは当然であって、その例を 8 図および 9 図に示す。8 図は正三角形配置の場合であり、9 図は水平配置の場合である。

つぎに残留電圧よりの誘導については、電力線の配置はほとんど影響してこない。その例を 10 図に示す。

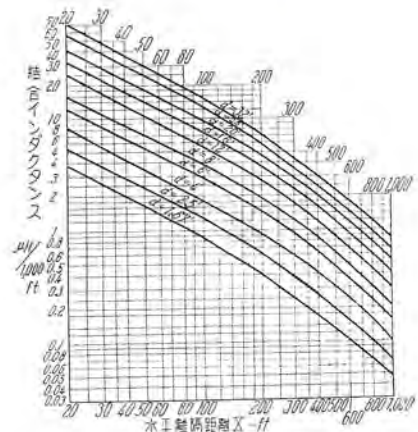
### 5. 線間雑音 $N_M$

線間雑音 (Noise-Metallic) とは電話線端子間に表われる雑音であって、線間回路を流れる雑音電流そのものに当る。

線間雑音は内部インピーダンスが 600 Ω の測定器で測定される。すなわち側線回路の特性インピーダンスと合わせた測定器で測定するわけであるが、重信回線では公称の特性インピーダンスが 400 Ω であるゆえに、測定点に中継線輪を通して測定器を接続し、インピーダンスを合わせて測定する必要がある。さらに測定点の反対側すなわち遠端側は側線回路は 600 Ω で、重



4 図 導体配置図



5 図 対地誘導係数  
水平配置あるいは三角配置の 3 相電力線の  
平衡分電流からの誘導係数

信回路は 400 Ω で特性インピーダンスを模擬した抵抗値で接続しておかなければならない。

ところで線間雑音は被誘導区間で電線配置の不均衡のために直接線間に表われる誘導〔これは対地雑音に  $MLR$  を乗じて求められるもの〕と、被誘導区間に発生した対地雑音が誘導区間外に流れ込む際に電話線の懸架の不平等等のために二次的に生ずる線間雑音〔これは対地雑音に  $CBR$  を乗じて求められるもの〕に大別できる。

#### ア. 被誘導区間に直接発生する線間雑音 ( $N_M$ )

##### (1) $MLR$ について

種々の線路構成について、線間雑音と対地雑音との比すなわち  $MLR$  を計算あるいは実験により求めて、これを表にしておけば便利である。すなわち、 $MLR$  がわかっていればつぎのように簡単に線間雑音を求め得る。

$$N_M = (MLR) \cdot N_L \text{ noise units} \quad (5.1)$$

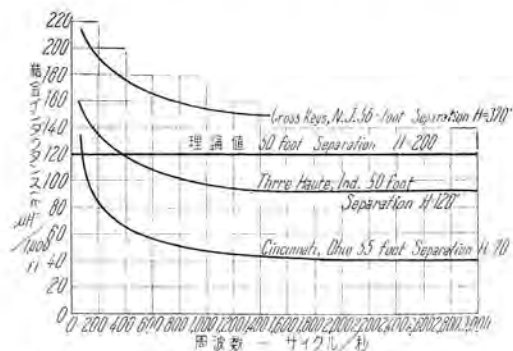
ところで側線回路と重信回路とで  $MLR$  はそれぞれ異なるから、別々に  $N_M$  を求めなければならない。

なお、上の関係を db で表示すると、

$$N_M = (MLR) + N_L \text{ 基準雑音以上の db} \quad (5.2)$$

となる。

ところで  $N_M$  は残留電圧、残留電流、平衡電圧および平衡電流の 4 種の誘導により発生するから、RSS 法により合成しなければならない。



6 図 残留電流による電磁誘導係数と周波数との関係

MLR の実例を2表に示す。

この表を用いる場合の注意について記述すると、残留電流による電磁誘導については平均値を 0.5 倍して用いる。すなわち Residual Magnetic Induction に対する MLR は他形式の誘導の半分である。数値で表わした比率は micro-ampere (線間) milli-ampere (対地) に相当する値であって、すべての比率は電力回路が燃架してないときに起きる対地雑音を基準としている。

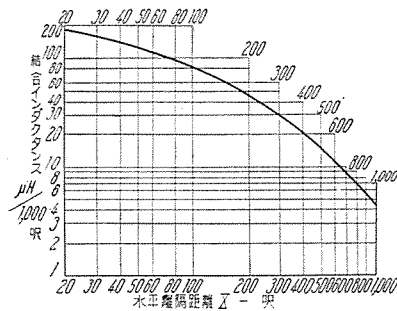
なお、この表には Pin-shift unbalance によって生じたものは含んでない。

つぎに表中の協調とは電話線が完全に燃架されており、かつ電力線も燃架されている場合である。ただし電話線が完全に燃架されれば電力線の燃架はそれほど影響しない。(ただし、電力回線の燃架は電力回路の残留誘導成分の大きさに関係してくる。)

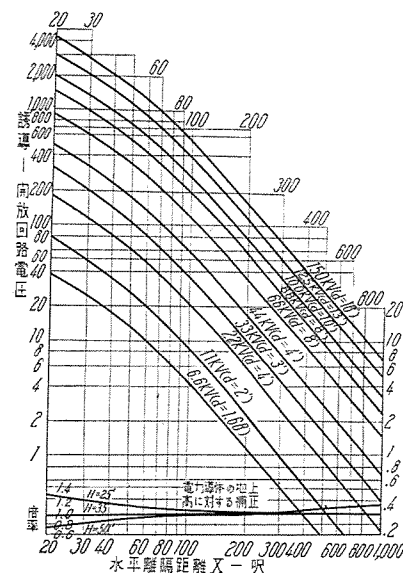
つぎに非協調とは電話線は Standard あるいは、ABC Transposition System に従って燃架が行われているが、電力線路の燃架は行われてない場合を指す。

MLR を表わす単位について説明すると、この単位は線間雑音 (noise unit で表した値) と全対地回路電流 (noise unit で表わした値) との比の 1,000 倍である。

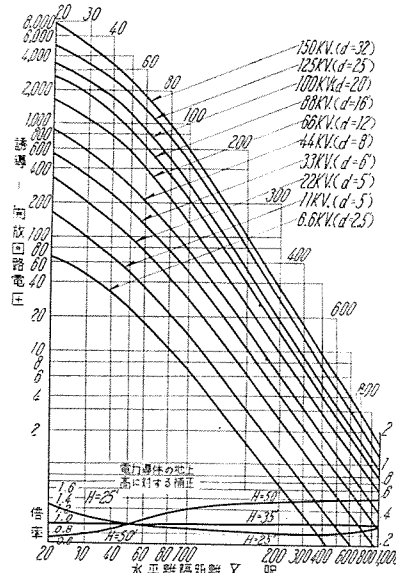
それで単一周波数で noise current を測定する場合に、MLR は、noise-metallic (micro-amperes) を total current-to-ground (milli-amperes) で割れば得られる。



7 図 対地誘導係数  
大地帰路電流からの誘導 (導体配置には関係しない)



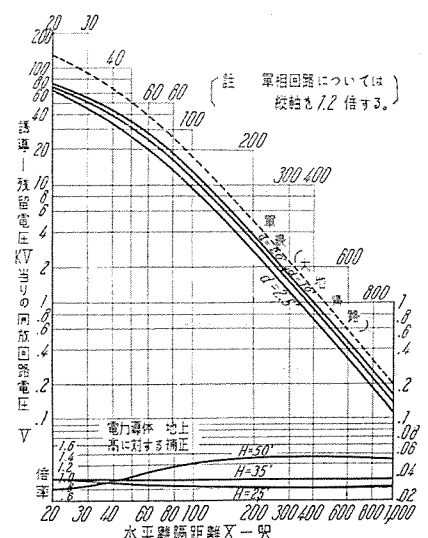
8 図 対地回路誘導  
正三角形配置 3 相電力線の平衡分電圧からの誘導値



9 図 対地回路誘導  
水平配置 3 相電力線の平衡分電圧からの誘導値

2 表 MLR の 実 例

電話線燃架	協調 非協調 燃架なし	重 信 回 線 群						重信構成のない線路		
		側 線 回 路			重 信 回 路			最小 平均 最大		
		最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大
数値で表わした比率	協調	0.1	0.5	1	0.2	0.6	2	0.1	0.2	0.4
	非協調	0.7	2	4	2	5	12	—	—	—
	燃架なし	4	8	15	10	20	35	4	8	15
db で表わした比率	協調	-20	-6	0	-14	-4	6	-20	-14	-8
	非協調	-3	6	12	6	14	22	—	—	—
	燃架なし	12	18	24	20	26	31	12	18	24



10 図 対地回路誘導  
3 相および単相回路の残留電圧からの誘導値 (導体配置には関係ない)



上式は「側線回路」および「重信回路を作らない電話回線」に関する関係式であるが、重信回線にも大体同じ要領で使用できるもので、 $m$  あるいは  $V_M$  等は側線回路のものと同じの係数をそのまま用いて、その結果を 2.5 倍すればよい。

つぎに上の関係式の係数は前述の  $N_L$  の関係式と対比してつぎのようにして求められる。

側線回路の場合：—

$$\text{電磁誘導について} \quad \frac{15.3\pi}{600} = 0.08$$

$$\text{静電誘導について} \quad 15.3\pi \times 0.0016 = 0.077$$

重信回線の場合：—

重信回線の場合は側線回路を 2.5 倍して求められる。その理由は、

- (a) 重信回線に対する誘導線間回路電圧は側線回路の倍である。
- (b) 特性インピーダンスおよび相互容量値は 3 表のとおり。
- (c) noise は 1:1.62 の Ratio の不均等中継線輪に接続された 600  $\Omega$  回路の端子で与えられている。

電磁誘導について

$$N_{MLH} = N_{MS} \cdot 2 \cdot \frac{600}{400} \cdot \frac{1}{1.62} = 2.5 N_{MS}$$

静電誘導について

$$N_{MTH} = N_{MS} \cdot 2 \cdot \frac{0.0026}{0.0016} \cdot \frac{1}{1.62} = 2.5 N_{MS}$$

つぎに上の関係式は均等な誘導区間で、かつ燃架してない電話回線についてのみ適用できるもので、電話回線に燃架があったり、誘導区間が不規則であったりする場合は、誘導区間を不連続点毎に分けて、各地帯毎に  $UmI$  および  $U(V_M/K_n)K_n$  を計算して合成しなければならぬ。電話線の燃架点ももちろん不連続点として計算しなければならない。

この計算方式は通信線路を構成する場合に燃架方式を決定するときには役立つが、電話線相互間の遮蔽効果を計算に入れることができない点が問題である。

実験的に算出された 2 表では遮蔽効果もこの実験値の中には入っている。

他の電話線が線間回路へ影響する遮蔽効果は静電誘導の場合のみ重要であるが、その影響を入れるのは困難である。電磁誘導の場合にはこの影響は考えなくてもよい。

### (3) 線間誘導係数について

式 (5.4) および式 (5.5) における誘導係数を 4 図の導体配置と対比して参考のために示す。ところでつぎのように係数を定めて、

$$\text{平衡分電圧よりの係数} = K_{E-R} = 0.077 V_M / K_n$$

$$\text{残留分電圧よりの係数} = K_{E-R} = 0.077 "$$

3 表 雑音公式を導出するために用いられた実験的常数の総括

回 路	特性インピーダンス ( $\Omega$ )	大地容量或は線間容量	
		( $\mu f/Kf$ )	( $\mu f/Mf$ )
30 導体群の大地回路	150 ( $Z_{30}$ )	0.0093	0.049 ( $C_{30}$ )
側 線 回 路	600 ( $Z_{MS}$ )	0.0016	0.0084 ( $C_{MS}$ )
重 信 回 路	400 ( $Z_{MPh}$ )	0.0026	0.014 ( $C_{MPh}$ )

$$\text{平衡分電圧よりの係数} = K_{E-R} = 0.08 m$$

$$\text{残留分電圧よりの係数} = K_{E-R} = 0.08 "$$

離隔距離  $X$  に対する  $K_{E-B}$ ,  $K_{E-L}$ ,  $K_{L-B}$ ,  $K_{L-R}$  の変化を示すとそれぞれ 11 図 12 図 13 図の如くなる。

ところで 11 図, 12 図, 13 図は電話線の地上高 25 呎および電話線の間隔 1 呎とした場合について、電力線と電話線間の最小間隔  $X$  呎について計算した値であって、各因子について電力線の配置が異った場合および地上高  $H$  が異った場合に対する補正係数が必要であるが、それを例示すると、4 表および 5 表の如くなる。

### イ. 被誘導区間外に流出する対地雑音によって発生する線間雑音 ( $N_M$ )

#### (1) CBR について

電話回線の燃架方式に従って実験的に CBR を求めておけば、誘導区間における対地雑音  $N_{LT}$  を求めることにより、容易に不平衡によって生ずる線間雑音  $N_M$  を推定できる。

ここで対地雑音  $N_{LT}$  とは被誘導区間に発生する実際の対地雑音の合成値を指すもので、電力回線の燃架および遮蔽効果も全部考えに入れたものである。

なお、被誘導区間内に発生する対地雑音は、その区間の両側に流出するものであるから、1 つの区間について、2 つの  $N_M$  を求めなければならないことになる。

$$N_M = (CBR) N_{LT} \text{ noise units} \dots\dots\dots (5.6)$$

ここで CBR は側線回路および重信回路でそれぞれ異なる値であるからそれぞれについて  $N_M$  を求める必要がある。

なお、上式を db 表示にすると、

$$N_M = (CBR) + N_{LT} \text{ 基準雑音以上の db} \dots\dots\dots (5.7)$$

となる。

なお、CBR の実例を示すと 6 表がある。

この表のすべての数値は 100 呎区間に対して表わしてあるもので、 $L$  呎の区間については上記の数値に  $\sqrt{L/100}$  を乗ずる。あるいは db で表わすときは  $\sqrt{L/100}$  を db に換算して 1 表に加える。(すなわち  $L$  が 100 より小であるときは db 校正は負となる。)

なお、ここで示す CBR は単周波による測定で得られた値で 3 つの平均値が与えてあるが、

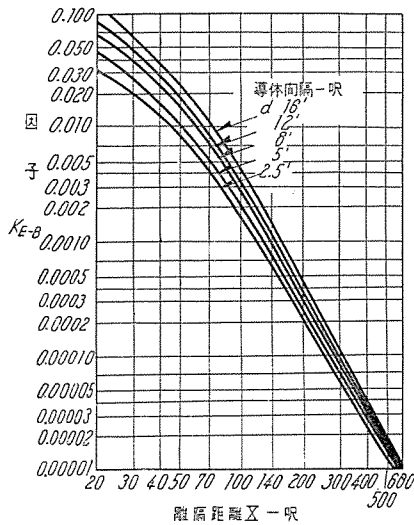
- ① 最小値は低周波 200~300 c/s の所のすべての回路に対する平均値である。
- ② 最大値は高い周波数 2,800~3,000 c/s における平均値。
- ③ 平均値は全周波に対するものの平均値である。

数値比率は micro-ampere (線間) milli-amperes (対地) で表わしてある。

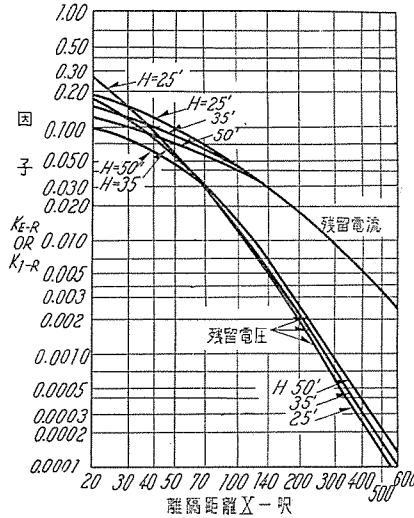
さらに Current Balance Ratio について付言するとつぎのようである。

4 表 電力線地上高に対する校正  $K_{E-R}$  に対する校正

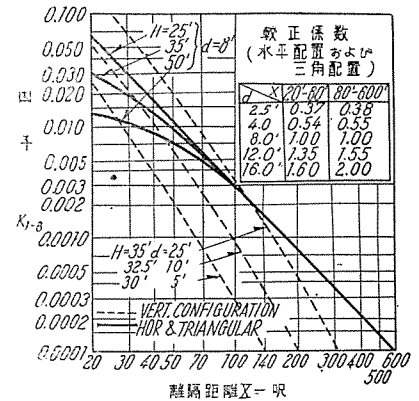
目 X	水 平		正三角形		垂 直		鈍角三角形		鋭角三角形	
	25'	50'	25'	50'	25'	50'	25'	50'	25'	50'
20'	1.55	0.21	1.20	0.67	0.80	0.75	1.48	0.21	1.20	0.67
60'	1.00	0.85	1.14	0.87	1.25	1.25	0.92	1.00	1.14	0.87
100'	0.90	1.06	1.15	0.93	1.50	0.72	0.88	1.20	1.15	0.93
300'	0.85	1.34	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	1.10	1.00	1.00
600'	0.83	1.34	1.00	1.00	1.00	1.05	1.00	1.03	1.00	1.00



11 図  $K_{E-B}$  平衡電圧因子  
〔水平対称配置〕



12 図  $K_{E-R}$  及び  $K_{I-R}$  残留電圧  
及び残留電流因子  
〔電線配置には関係ない〕



13 図  $K_{I-B}$  平衡電流因子  
〔垂直配置、水平配置及び三角配置〕

- ① 電話機燃架形式中で ABC System は古い形式であって 8 inch non-phantomed circuit は改善された形である。
- ② 周波数については、Current Balance Ratio は周波数と共に増加する傾向にある。
- ③ 大地帰路回路の終端接続 (Longitudinal-Circuit Termination) によって影響を受ける。
- ④ 電話回線導体の数  
10 導体の電話線路に対するものが 30 導体の電話線路に対するものよりも CBR が大きいという実験例があるが、数字的の確証はない。

⑤ 燃架の誤差および抵抗の不均衡については、6 表では異常な直列および並列の抵抗不平衡を排除して試験している。

⑥ 電話線の間隔について metallic pair における誘導は導体間隔に比例していると推定されるので、12 inch non-phantomed pair は同一の燃架をほどこしてある 8 inch pair に 1.5 を乗じて得ることができる。

## (2) 集中不平衡の効果 (Effect of Lumped Unbalances)

誘導区間と非誘導区間の接続点に抵抗の不均衡があると線間雑音は増加する。たとえば、

- ① 一導体上に  $1\Omega$  の直列抵抗不平衡がある場合。
- ② 一導体と大地間に 1 micromho の並列抵抗不平衡がある場合。

〔電話導体は 30 導体で遠端の大地接続を  $150\Omega$  とする〕について、発生する CBR の一例を示すと 7 表のようになる。

直列不平衡について

$$\left. \begin{aligned} CBR_S &= \frac{N_{MS}}{N_L} = 0.8 \frac{\Delta Z}{n} \\ CBR_{Ph} &= \frac{N_{MP}}{N_L} = 0.5 \frac{\Delta Z}{n} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5.8)$$

並列不平衡について

$$\left. \begin{aligned} CBR_S &= \frac{N_{MS}}{N_L} = 0.04 \Delta Y \\ CBR_{Ph} &= \frac{N_{MP}}{N_L} = 0.03 \Delta Y \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (5.9)$$

$CBR_S$  あるいは  $CBR_{Ph}$  はそれぞれ側線回路 (Side) あるいは

6 表 Current Balance Ratios (CBR)

燃架方式	側線回路及び重信構成のない電話回路			重信回路		
	最小	平均	最大	最小	平均	最大
ABC Standard	0.1	0.4	0.5	0.2	0.5	0.7
Exposed Line (with Superposed Alternate Arm)	0.1	0.4	1.5	0.1	0.8	1.6
K-8 (8 inch spaced, Non-Phantom)	0.05	0.3	0.4	0.1	0.5	0.7
K-10 (8 inch spaced, Non-Phantom)	0.06	0.1	0.15	0.2*	—	—
数字で表わした比率						
ABC Standard	-20	-8	-6	-14	-6	-8
Exposed Line (Alternate Arm)	-20	-8	4	-20	-1	4
K-8 (8 inch spaced, Non-Phantom)	-20	-10	-8	-20	-6	-3
K-10 (8 inch spaced, Non-Phantom)	-24	-20	-16	-14*	—	—
直列で表わした比率						
K-10 (8 inch spaced, Non-Phantom)			-17*			

〔注〕 \* 印数値は推定値である。

\* 印は Phantom-group に対する唯一の試験例であつて、Vertical pole pair phantom の例である。

5 表 導体配置に関する較正,  $K_{E-B}$  に対する較正

d	水平非対称 [A]				水平非対称 [B]				正 三 角 形					垂 直					鈍 角 三 角 形					鋭 角 三 角 形				
	5'	8'	5'	8'	2.5'	5'	8'	12'	16'	5'	8'	12'	16'	2.5'	5'	8'	12'	16'	2.5'	5'	8'	12'	16'	2.5'	5'	8'	12'	16'
20'	1.13	1.05	0.77	0.91	1.06	1.19	1.03	....	....	....	....	....	....	1.05	1.01	1.04	....	....	1.40	1.34	....	....	....	1.40	1.34	....	....	....
60'	1.35	1.24	0.74	0.77	0.69	0.95	0.94	0.92	1.07	0.45	0.35	0.28	0.30	0.85	1.09	1.04	0.99	1.20	0.84	0.99	1.00	1.11	1.36	0.84	0.99	1.00	1.11	1.36
100'	1.38	1.34	0.68	0.76	0.72	1.01	1.10	1.15	1.21	0.70	0.53	0.53	0.55	0.68	0.92	0.96	0.97	1.14	0.90	1.18	1.23	1.25	1.24	0.97	1.14	0.90	1.18	1.23
300'	1.43	1.40	0.74	0.75	1.08	1.44	1.81	2.23	2.34	1.68	1.91	2.20	2.33	0.38	0.66	0.93	1.23	1.75	1.66	2.18	2.60	2.85	....	1.75	1.66	2.18	2.60	2.85
630'	1.50	1.46	....	0.65	1.53	1.96	2.57	3.02	4.05	2.25	3.01	3.62	4.28	....	0.49	0.82	1.32	2.09	2.21	3.07	3.85	4.06	....	2.21	3.07	3.85	4.06	....

は重信回路 (Phantom) の CBR である。

$N_{MS}$  あるいは  $N_{MP}$  はそれぞれ noise unit で表わした Side あるいは Phantom circuit の雑音である。共に中継線輪の電話機側の  $600\ \Omega$  にかかる雑音である。中継線輪の Impedance Ratio は側線回路に対しては 1:1 であって、重信回路に対しては 1:1.62 である。

$\Delta Z$  は直列不平衡  $\Omega$

$\Delta Y$  は並列不平衡 micro-mho

$N_L$  は電話線群中の noise-Longitudinal

$n$  は電話線群中に含まれる導体の数である。

## 6. 被誘導区間端子における合成線間雑音

電話線に発生する誘導雑音を総括してみると、前述のように、直接線間に発生する線間雑音と対地雑音が電話線を通るために誘起する線間雑音との合成になるから、被誘導区間端子に表われる雑音は、

$$\sqrt{(\text{直接発生分})^2 + (\text{間接発生分 } A)^2 + (\text{間接発生分 } B)^2}$$

となる。ここで間接発生分を  $A$  および  $B$  としたのは、対地雑音は被誘導区間の両側に流れることを示す。

なお、これらの雑音は側線回路および重信回路でそれぞれ異なる値となるが、求める過程は同様である。

## 7. 隣接電話局における合成線間雑音

被誘導区間端子よりも距離的に離れた隣接電話局における合成線間雑音を求めるには、被誘導区間端子における線間雑音の合成値に回路減衰を入れて校正すればよい。すなわち、被誘導区間と隣接電話局との間の距離に相当する線路減衰を加味することになる。

代表的な線路減衰値を示すと 8 表のようである。

ところで 8 表の数値は乾天のときに対する値である。

極端に悪い天気の場合は 165 gauge について 35% 増し、他のゲージについては 20% 増す。

## 8. MLR に関する事項

2 表に示した MLR はいずれも電力線には燃架がないとして求めた対地雑音 (Noise-longitudinal) をもととして求めているが、その理由は平衡分よりの誘導成分比率と残留分よりの誘導成分比率との対比を計るためであり、また電力線の燃架は平衡成分よりの誘導に対して、対地雑音には大幅に影響するが、線間雑音にはそれほど影響しないことも示している。なお、残留成分よりの誘導については電力線燃架は関係しない。また残留電流による電磁誘導よりの MLR は多くの場合、他の 3 種の誘導に対する値の半分である。

つぎに MLR に影響してくる因子をひろってみると、

### ア. 電話線回路の特性

#### (1) 電話回線の燃架

7 表 集中不平衡の例

不 平 衡	Current Balance Ratio ( $\mu\text{A}/\text{mA}$ )	
	側 線 回 路	重 信 回 路
1 $\Omega$ 直列抵抗	0.03	0.02
1 $\mu\text{S}$ 並列導通 (1 M $\Omega$ 漏洩抵抗)	0.04	0.03

非常に影響が多く、完全に燃架なしの状態から線間回路の誘導を中和できる状態までの広い変化がある。

#### (2) 電話回線の不平衡

この報告での MLR は異常な直列あるいは並列抵抗の不平衡は勘定に入れていない。測定のときに誘導区間外に電話線が延びている場合は、その区間外部分の不平衡が影響するので、そのときの線間雑音と対地雑音との比は本当の MLR を表わさない。

#### (3) 電話線の数

実験結果によると誘導区間の線間回路電流は導線の数が 10 から 40 あるいはそれ以上となってもあまり変化しないといわれている。

他方大地雑音は、電話線群の Impedance に関係して導線の数が増加するに従って Impedance は減少するから、導線数が増加すると若干増加する。すなわち MLR は減少することになる。非燃架の線路で実験した結果では、10 導体の場合と 40 導体の場合とで比較して 2:1 と変わる結果が求められている。しかし、電話回線の燃架あるいは不規則等のために普通はこんなに大きな変化はない。影響する因子が不確定であり、かつ他の因子も影響するわけであるから、10 あるいはそれ以上の導体のものについては電話線導体数の影響は普通考えに入れられない。

電話導体数が 10 以下の場合には、試験データは少いけれども、静電誘導による金属回路電流は 10 導体以上の場合よりも本質的に高くなる。他のものはあまり変化はない。なお noise-longitudinal は少くなるので、結果として MLR は 2 あるいは 3 あるいはそれ以上大きくなるかもしれない。

### イ. 通信線と電力線との関係位置

#### (1) 離隔 (Separation)

電力線と電話線との離隔距離の差によって生ずる MLR を実験的に求めるのは実際には不可能である。(離隔距離が違って、かつ他の条件が同一であるという 2 つの通信線を発見するのが困難である。)しかし、理論的には MLR は離隔距離が増加すると同時に減少する。

たとえば離隔距離が増加すると、20 呎離隔のときと 100 呎離隔のときとの減少は 2 対 1 の割合である。

#### (2) 離隔距離の均一性

電力線と電話線間の離隔の均一度は MLR に大きな影響があると考えられるものである。しかし、すべての因子を考えに入れて精密に評価することは不可能に近い。

#### (3) 電話線の燃架の協調度

電話回線の燃架の度合はかなり広い範囲に亘っている。

離隔距離等々の不連続が沢山ある所では協調をとることが困難である。

電話回線の燃架の度合によって MLR は異なり、協調の度合いが少ない場合には MLR は大きくなる。

8 表 電話回路減衰の代表的値 (db/哩)

線 番 号	側線あるいは重信構成のない回路	重 信 回 路
165	0.03	0.025
128	0.05	0.04
104	0.07	0.06

## (4) 誘導区間長

誘導区間が長くなると、電話線中の伝播常数が問題になってくるもので、実験によると4哩以下の長さでは大きな影響はないが、10~15哩以上になると重要な影響が出てくる可能性がある。影響が出てくる区間は電力線より誘導する周波数に関連があるわけで、周波数が高くなるほどその区間は小である。しかし、誘導区間の長さがMLRにきいてくるところの実験データは少く、一般的結論は得られてない。

## ウ. 電力線の特性

## (1) 電力回路燃架

前述の如くMLRは燃架がないとした場合の対地雑音より求めたものである。それはMLRは電力回路の燃架の効果を評価するために有用とは信じられてなく、かつ燃架がある場合とない場合からくる比率の差はかなりあって、使用方法に混同を起しがちであるから、このような方法が採用された。

平衡分からの誘導については、電力回線の燃架の効果は対地雑音に相当の減少を与えるが、もし電話線の燃架が協調してあれば平均の線間雑音には大きな変化を及ぼさない。その結果として誘導区間に電力線の燃架があるところでは、直接試験結果より算定したMLRは電力回線の燃架がない場合に比して大きくなる。

Residuel component からくる誘導については電力線の燃架は効果を及ぼさない点も前述のとおりである。

## (2) 電力線導体の配置

配置がMLRに及ぼす影響は理論計算により誘導係数を求めてあるが、この結果より電力導体の配置および電力導体の間

隔による差異をまだ一般的結論に持ってくるには不十分である。

## (3) 誘導の種別

残留電流からの電磁誘導に対するMLRは、他の形式の誘導からくるMLRよりも本質的に低い。2表の平均値のMLRに0.5を乗じたものが用いられる。

さらに理論的計算によれば(実験的の確証はまだ十分でない)。電力回線が垂直配置の場合の、3相誘導については、他の型式の誘導あるいは他の配置の電力回線のときよりも2倍ないし3倍となり得る。

## 9. MLR と CBR との比較

このMLRおよびCBRは共に対地雑音に乗じて線間雑音を推定するのに用いられることは前述のとおりであるが、簡単にまとめてみると、MLRとは誘導区間内部に直接起る雑音に対するもので、CBRとは誘導区間外部に起る雑音を推定するためのものである。

そこで電力回線の燃架が誘導区間内にあるときは、MLRおよびCBRについて違った値の対地雑音を用いなければならない。MLRは電力線燃架がないとして計算した対地雑音とともに用いるもので、他方CBRは実際に発生する対地雑音(電力線燃架の効果を入れたもの)とともに用いなければならない。

さらにMLRとCBRとの重要な差異は、CBRは誘導区間内に発生する雑音が原因となって誘導区間外に発生する線間雑音を計る尺度であって、MLRは電力回線より電話線の線間回路に直接発生する誘導を計る尺度である。



## つぎに来るべき光源——電気ルミネセンス

Electroluminescence—Light Source of the Future.  
(Westinghouse Engineer, Vol. 17, No. 1, Jan. 1957, p. 28-29)

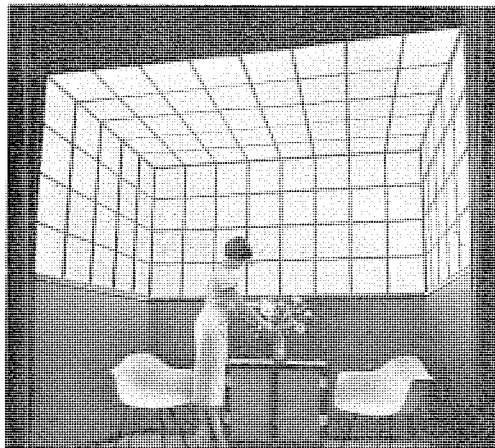
電気ルミネセンスは——それは人類にとってもっとも新しい形式の光源として——注目を浴びてきた。技術上重大な問題はほとんど克服される見通しがついたので、この新しい光源は限らない進歩を約束されるに至った。

電気ルミネセンスとは絶縁物中に入れた蛍光物質が交流電界により励起されて発光する現象をいい、外の光源のように特殊な容器を要しない。W 社の新研究所では電気ルミネセント発光板で天井と三方の壁をおおった室を展示した。発光板は 1 ft 平方のガラス板を蛍光物質を含んだプラスチックでおおい、その上にアルミニウムの導電膜を施した構造のもので、これらを電源に接続すると 100 foot-lambert の輝度を示した。

この電気ルミネセンスは平板状の光源が得られるだけでなく、その色も変化できる特長がある。たとえばこの室に展示された発光板は 1,000 c/s 以下で緑色、5,000 c/s 以上では青色、この中間では青緑色を発する。白色光は赤、青および緑色を発する蛍光体を混合して得られ、この場合は電源のツマミを回すだけで室の明るさと共に色も変えることができる。

電気ルミネセンスはまだ一般照明に使用されるに至っていないが、過去 2 年間の進歩を顧みれば遠からず実用されることが確言される。電気ルミネセンスなる現象は 1936 年フランスの George Destriau により発見され 1947 年これに関する研究発表がされているが、W 社では直ちにこの研究に着手した。初期の発光板は暗室でやっと発光が認められる程度であったが、この 2 年間の著しい進歩によりその輝度は 40 W 蛍光燈程度に達し、発光効率も電球の 16、蛍光燈の 60~70 に対し、9 lm/W にも到達した。将来蛍光燈が 100 lm/W 程度まで向上する見込に対し、このものは 240 lm/W に達するものと期待されている。

電気ルミネセンスには以上のような大きい期待がもたれているが、しかも寸法や形状を自由にとることができ、色まで変えられるために建築化照明に一大変化をもたらすことが予期される。(研究所 山下博典訳)



W 社新研究所で展示された天井と壁を電気ルミネセント発光板で形成した室の内部

## 水銀燈照明新分野に登場

Mercury Lighting Moves into New Areas. (Westinghouse Engineer, Vol. 17, No. 1 1957, January p. 23)

水銀燈を街路照明に使用する試みはとみに多くなってきたが、このたび、2 つの新デザインの燈具が開発されたので、さらにこの分野での水銀燈の使用が多くなるであろう。

その 1 つは、とくに住宅地に向くように設計されたもので、よく磨かれたアルザックの反射面とプリズム・ガラスの屈折を利用して、狭い照射範囲で、照度が大きくなるような配光特性を持たせてあるので、道幅の狭い住宅地で燈間隔の長いところに適している。

住宅地の街路照明には、光のビームの出力からいって 2 つの型の配光特性が望まれる。第 1 は部落の中央部に設置して、両側に 2 本のビームを作る型のものであり、第 2 のものは、交叉路に使用するもので、4 本のビームが各街路に放射状に出される型のものが要求される。

新しい考案によって、反射笠は同じもので、プリズム・ガラスだけを替えればどちらの用途にも向くような燈具の設計に成功した。

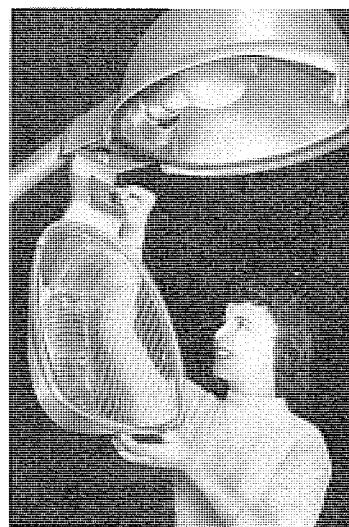
これは OV-10 型と称するもので、100 W (L-H4) または 175 W (A-H22) のクリアの水銀燈を使用する。これによって始めて水平位置の点燈で 100W、175W の低電力水銀燈の街路照明用燈具が出現したわけで、水銀燈を一層効率よく有効に利用しうるものである。

OV-35 型の新しいデザインのものを OV-35S 型と称し、これは 400W の蛍光水銀燈を直列点燈式に用い、回路電流 6.6A および 3.3A のどちらの方式にも使える燈具である。

OV-35S 型は OV-35 型と比べて形状も全く同一で、点燈中の外観も見分けがつかない程であるが、新型では 19,000 V の高圧回路に使用されるので、保守の場合の安全上、燈具の扉と、フィルム開閉器とが連動していて、扉を開くと、直列回路は短絡されるようになっている。写真でも判るようにランプは完全に密閉された燈具の中に装着されている。

(研究所 大盛真次訳)

写真は OV-35 型燈具の新型で直列点燈式のものである。400W の蛍光水銀燈用に設計されている。



# 電 気 ル ミ ネ セ ン ス

H. F. Ivey: Electroluminescence. (Westinghouse Engineer Vol. 17, No. 3, May, 1957, p. 93~96)

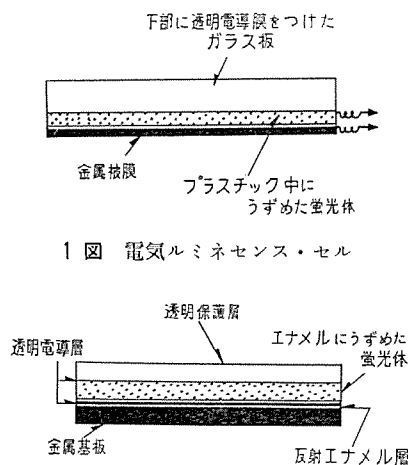
電気ルミネセンスについての解説と W 社での現況および将来の応用面がのべられている。

電気ルミネセンスが白熱電球、放電燈、蛍光灯と比べてすぐれている点は加熱、放電の操作がいらず、真空管の形をとらずにすみ、窓ガラス程度の厚みの板から光が出て、形、大きさがいろいろに変えられる大面積の光源で、まぶしくなく、また色も自由に調節できることである。

試作段階では種々の形が考えられたが、現在もっとも進んだ形態は 1 図、2 図のようなものである。

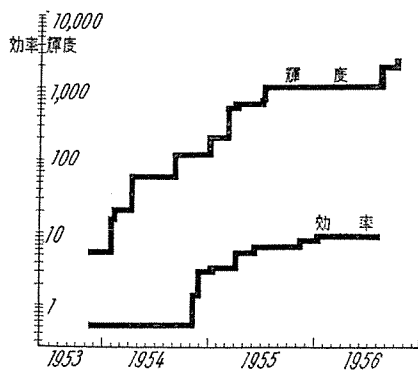
これに使用する蛍光体としては ZnS がよいが、活性体によって種々の色を発光するものが得られ、印加電場の周波数をますと発光の色は短波長に移る。また明るさも電圧をまし周波数をあげると明るくなる。

この研究は 1947 年より着手されたが、3 図に示すように近年いちじるしい発達をとげ、最高輝度として緑色蛍光体を使い周波数 20kc で点燈したとき 2,500 foot-lambert のものが得られた。これは 40W 蛍光灯の輝度 1,800 foot-lambert より明るい。また効率も 65 foot-lambert の明るさのとき 10 lm/W にまで達した。これは白熱電球の 16 lm/W、蛍光灯の 65 lm/W



1 図 電気ルミネセンス・セル

2 図 電気ルミネセンス・セル



3 図 輝度および効率の増加図

に比べて小さいけれども、効率を制限する要素が少いので将来は蛍光灯の効率をしのごと考えられている。

まだ研究の段階ではあるが、電源として power transistor を使った簡単な周波数変換器が使用できるから、前記の長所を利用していろいろの応用が考えられる。暗室やパネルの照明を手始めに、将来は本格的照明になるのも遠くはないが、その外に壁掛けテレビのブラウン管代用、光伝導物質と組合せて蓄積装置、“and”, “or”, “not”, “nor” 等の計算器素子、また X 線、電子線、紫外線を可視光に変換する装置、光増幅器等と多くの利用面を持っているものである。(研究所 伊吹順章訳)

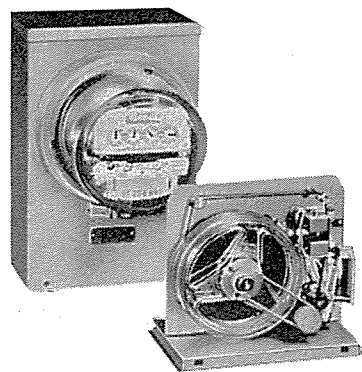
## 負 荷 を 自 動 的 に 測 定 す る 方 法

Load-Surveys—Automatically. (Westinghouse Engineer, Vol. 17, No. 1, Jan. 1957, p. 14~15)

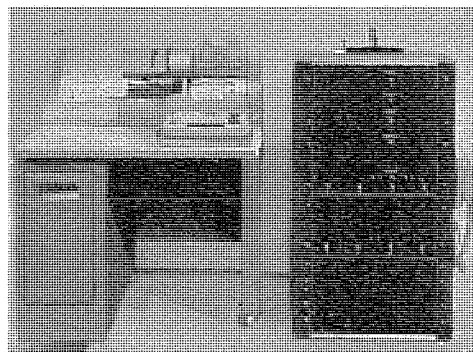
家庭用電力の平均値は、10 年の間に 2 倍になることが予想される。したがって電力会社は電力網に対する需要の影響を予想するため、さらに正確なデータが必要となってくる。新規の負荷測定ならびに記録装置とはこのデータを自動的に集めかつ処理することができるものである。

この新しい測定装置は、負荷と時間との量を磁気テープに記録する簡単な記録装置に、これらのインパルスを需用電力値として換算する翻訳装置、標準カード（このカードには、あらかじめ標準となる測定値がパンチしてある）に記録するためのカードパンチングマシンとから成立っている。

翻訳器およびカードパンチングマシンは、中央の事務所におかれるべきものであつて、需要家先に取り付けねばならぬ設備は、データ集合装置（あるいは記録装置）だけでよいのであつて、この装置は、簡単で強固なものを作ることが可能であり、また普通の電力測定に支障がないようにすることができる。



1 図 負 荷 記 録 器



2 図 カードパンチングマシン

需要家の計器において記録装置は、時間と負荷の経歴をインパルスによって 600 ft の標準の長さのある磁気テープに保存する。

9.4 in/h の記録速度において、標準長の磁気テープは 32 日間の測定を、なんらの注意を行わなくても行うことができる。テープが不足になった場合は、時計により指示される。記録装置は 3 つの異った形態で利用できる。すなわち、その 1 は、15 または 30 ampere の DS meter (Westinghouse で製造している最近の switch type 積算電力計-訳者注)を含んだソケットタイプの完成品としたもの。

その 2 は、需要家に元から取付けられている計器をそのまま使用できる構造のスイッチタイプのもの。

その 3 は、cable によって 120/240 Volt の 3 線式 A-base 計器 (front type の積算電力計のこと-訳者注)に接続し、計器から離れた場所に設置する記録装置である。

(福山工場 広瀬薫訳)

## 積算電力計に関する News

News About Meters. (Westinghouse Engineer, Vol. 17, No. 1. Jan. 1957, p. 15)

### 1. Watthour Thermal Demand Meter (熱型需用計付積算電力計)

最近の設計による計器は kWh だけでなく、検針期間に使用された kVA デマンドも、ある想定された電圧の下に、計量できるようになった。

kWh は、単相積算電力計の素子により計量され、kVA デマンドは、対数平均の原理により動作する熱型の素子によって指示される。

熱型素子は、温度補償を行うため、互に反対方向に巻かれて、1 本の軸に取り付けられた、2 コのバイメタルスプリングより成り立っている。

1 個のバイメタルは、2 個の変流器に接続された加熱抵抗によって囲まれている。2 個の変流器の 1 次側は、積算電力計の電流コイルに直列に接続されている。

したがって、バイメタルスプリングに加えられる熱は負荷に比例し電圧を一定と考えれば kVA を指示する。

QDS 型計器は、その定格は、240V 15A 60c/s 単相 3 線式であって、最大目盛 24 kVA の kVA デマンドの付いたものである。

計器のすべての部分は、10,000V のインパルス電圧に耐えるように設計されている。

### 2. 定格が変更できる積算電力計

電力の需要が高まるに従い、今迄、一般家庭に見うけられた 2 線式回路に代って 120/240V の 2 種類の電圧に対していずれも使用できるような単相 3 線式回路が家庭において使用されるようになってきた。

したがって電力会社としては、2 種類の計器が必要となるわけである。

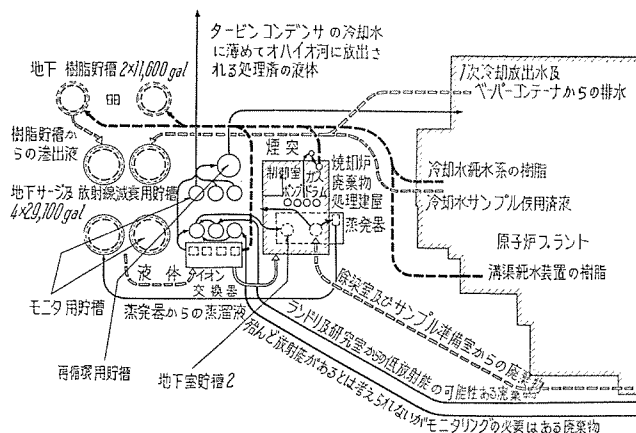
新しい計器は、この問題に対して、このいずれの電圧に対しても、使用できるものである。

2 線式の回路に対しては、2 個の電流コイルの中の 1 個のみを使用し、電圧に対しては、2 個のコイルを並列にして使用する。単相 3 線式用に対しては 2 個の電流コイルを使用し、また

240V に対しては、電圧コイルを直列に接続するように、接続を変更すればよいのである。(福山工場 広瀬薫訳)

## 加圧水型原子炉における放射性物質の制御

Jacques R. Lapointe and Robert D. Brown: Control of Radioactive Material at the Pressurized Water Reactor. (2nd Nuclear Engineering and Science Conference 57-NESC-107)



液体および気体廃棄物処理過程

SHIPPINGPORT 原子力発電所の放射性廃棄物の源としては 10mg/dm<sup>3</sup>, mo の腐食物の炉心における放射能化と燃料被覆の穴から分裂生成物の漏洩とがあるが、この論文の前半では種々の廃棄物のいろいろな処理方法に関して、(1) 商業的におこなえるか、(2) 放射能レベルを許容量以下に下げられるか、(3) 経済的であるか、(4) 処理過程における放射線にたいする防護の観点から論じ、後半ではこのプラントで採用された処理方法にかんして述べてある。

### 1. 種々の処理方法の考察

液体廃棄物処理……(1) 自然崩壊により不揮発性分裂生成物のレベルを周囲に放出できるまで下げるには 80 年を要する。(2) 直接の稀釈、(3) 海中に捨てる。廃液をセメントと共に 55 gal 鋼製ドラムで混合、凝固させて海中に捨てるこの方法は、廃液量が非常に多いので高価につく。この方法に要する費用は 3.50~10.00 弗/gal で毎月処理すべき量は 30,000 gal である。(4) 蒸発。適当に pH を調節して I および Ru の揮発を防ぎ除染因子を 10<sup>6</sup> にすることができる。濃縮された残留液は地下または海に埋没する。この方法に要する費用は供給廃液 1gal あたり \$ 0.10~\$ 0.13 で比較的高価である。それゆえすべての廃液を処理するには不適當であるが、(6) に述べるイオン交換による方法がつかえない高い化学成分を含む廃液の処理には適している。(5) Montmorillonite clay イオン交換の性質がすぐれ、また機械的安定度が高い方法である。放射性イオンを吸着し、1,000°C で焼結する方法は現在開発中である。(6) イオン交換 Bettis Plant における PWR 型の破損燃料の in-pile テストによると放射性の水の中のおもな放射性物質は I, Cs, Rb, Ba, Sr, Mo が主でその他 Zr, Nb, Ru, Te および稀土類元素であった。試験の結果アルカリ金属、アルカリ土金属、稀土類、Ru, Rh, Zr, Nb などを含む高抵抗の水溶液処理の際の除染係数は原子炉プラントよりの要求を十分満足するものである

ことがわかった。この結果イオン交換法はこの PWR における高純度の液体廃棄物処理の主要な方法として選ばれた。

固体廃棄物処理……(1) 使用済の交換樹脂 まず考えられるのはプラントからフィルタにあげて、それから容器に移し地下のコンクリート室に入れる方法であるが、この方法は第1にこれらはすべて遠隔操作でやらなければならない。第2に樹脂からの滲出液の地中への漏洩を防ぐため鋼の内張りで水密にしなければならない。第3に崩壊熱を除却するため冷却をおこなわなければならない、という欠点がある。樹脂を燃焼する方法もその前に上と同じような操作が必要であるのみならず燃焼器に関連して遮蔽、ガスの処理の問題がさらに加わる。このため PWR では遠隔操作その他の装置をつかわないで樹脂を直接地下の貯槽に移し、滲出液は別に処理する方法がとられた。(2) 可燃性廃棄物 boiling machine にかけてコンクリートに固定し海に捨てる方法と燃焼器で燃焼する方法と2通り考えられる。前者は体積の減少率は 6:1、処理費は \$0.45/lb、後者は 50:1 \$0.30/lb である。PWR では後者が採用された。(3) 不燃性廃棄物 小さいものはコンクリートに入れて海に捨て、大きいものは地中に埋める。

気体廃棄物処理……(1) 稀釈して大気に放出 AEC の使用済燃料処理プラントではこの方法がとられているが、PWR では稀釈に必要な空気量が多すぎて不適当である。(2) 液化 この方法はまだパイロットプラントの段階である。(3) 崩壊させて稀釈 おもなガスは半減期 5.3 日の  $\text{Xe}^{133}$  と 10 年の  $\text{Kr}^{85}$  とであるが、廃棄ガスは 60 日で放射能は 2500 分の 1 になる。PWR ではこの方法がとられた。

## 2. PWR における廃棄物処理\*

PWR 廃棄物処理の規程……(1) 水中における濃度はタービンのコンデンサで測定して、また空気中における濃度は大気に放出する点で測定して National Bureau of Standards (NBS) Handbook 61, Table 5 の identify されてない混合物の最大許容濃度の 1/10 を越えないこと。(2) 放出物質はさらに Codes of the State of Pennsylvania の処理規程に従うこと。(3) 貯槽または埋設施設の地中への漏洩および大気中への蒸気の放出の防護。(4) 不適当な気象条件の期間中に耐える十分な容量 (5) 船を利用する場合は the U.S. Interstate Commerce Commission Regulations, Parts 71~78 の規制に従うこと。

上の規程に従って 1. に述べた方法を適当に組合せて液体、固体、気体の放射性廃棄物の処理方法が述べられている。

(本社 川口 修)

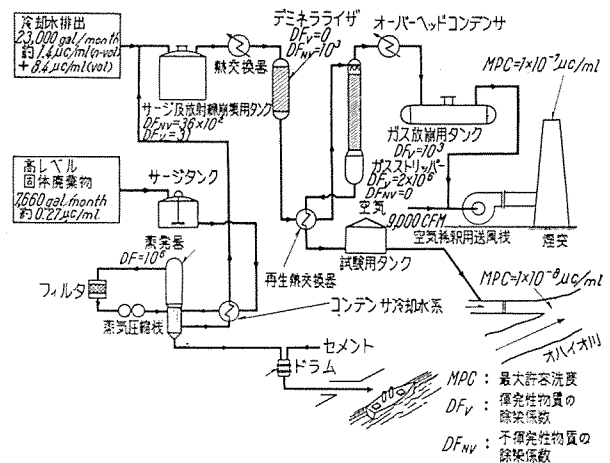
## SHIPPING PORT

### 原子力発電所廃棄物処理の構造

H. T. Evans: Structural Features of the Waste Disposal System for the Shippingport Atomic Power Station, Shippingport, Pennsylvania. (2nd Nuclear Engineering and Science Conference, 57-NESC-18)

Shippingport 原子力発電所の廃棄物処理プラントは発電所の主要プラントに隣接して 1 エーカー以上の面積を占めている。その建設費 (Structural Cost) は廃棄物処理プラントの全費用の 40% であるが、これは発電所の主要プラントにおける割合よりもはるかに高く、また通常の火力発電所における割合およびその処理プラントにおける割合よりも非常に高い。この相違

\* 注: この構造に関しては 57-NESC-18 の訳者による抄訳があるから、こゝではそれを補足する面だけ述べることにする。



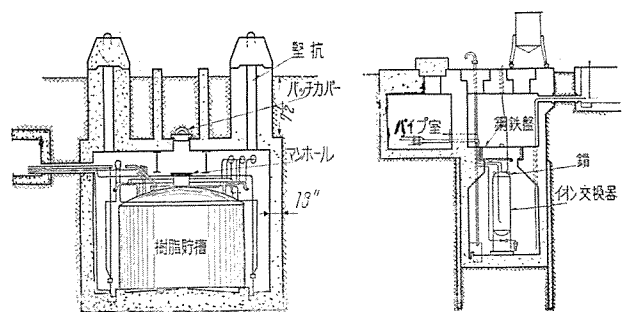
1 図 廃棄物処理プラントの配置図

は処理される廃棄物が放射能をもっていることに起因する。放射能に対する防護のためタンクやパイプは遮蔽されなければならない、できれば地下におくことが望ましい。つぎにこれらが地下に置かれた場合その漏洩廃棄物が地下水を汚染しないように工夫されなければならない。第3に遮蔽および処理済廃棄物の川または空気中への放出に対しては安全度をきわめて高くとった。以上3つの理由によりたとえ使用されたコンクリートは 4,000 ないし 5,000 立方ヤードの多量になった。

1 図に廃棄物処理プラントの配置を示す。このプラントは一方方向的な流れ作業的なものではなく必要場合には再循環の過程が含まれており、また将来追加して樹脂貯槽、サージおよび放射線減衰用廃液貯槽がつくられるよう空間的余裕が考慮されている。

樹脂貯槽 (2 図参照) は容量 11,600 gal のものが 2 基あり不銹鋼でできている。貯槽の周囲には円形の溝があり排水溝に通じ、もし水が流れてきたときは貯槽からの漏洩か地中からコンクリート壁を通しての滲出しかたしかめるためモニタリングの装置がある。(完全な膜による防水は費用の関係で採用されなかった) 貯槽の上方には重さを支えるため固定された 2 つの鋼製の梁がある。貯槽は使用不能になったときは取出したりしないで新しいのをつくる予定である。4 つの堅坑は放射線の測定などに用いられる。

サージおよび放射線減衰用の地下貯槽は 29,100 gal のものが 4 基あり、主として保守のための原子炉の 1 次冷却水の排水用として用いられる。構造は樹脂貯槽とあまり変らないが、中に入れられる液体の放射能は樹脂貯槽のときほど強くないから土壌の厚さは薄く、2' のコンクリート壁で遮蔽されるだけである。以上 2 つの樹脂貯槽とサージおよび放射線減衰用地下貯槽、それらの壁、パイプ、接近孔などの合計の費用は廃棄物処理プラントの全建設費の約 30% (以下にのべる % は最初のにべた 40 % を 100 としたときの内訳である) である。



2 図 樹脂貯槽壁の断面図

3 図 イオン交換器室の断面図



上の6つの地下貯槽の外に1図でその右に7つある貯槽は容量 3,570 gal から 21,200 gal までいろいろあり、低放射線レベル用で地上につくられる。最大のものは再循環用貯槽で、廃棄物処理純水装置を通った水が貯えられ、その水は低レベルの放射能をもってはいるが補助冷却用として必要なときには主要なプラントに用いられる。これら7つの地上貯槽の建設費の合計は全建設費の2%である。

イオン交換器(4つ)は地下のコンクリート室の中におかれ、樹脂の充たされた不銹鋼容器は  $2\phi \times 9\frac{1}{2}'$  ht である。3図の鋼鉄盤は中に鉛がみたされてあり、汚染された交換器を取替えるためパイプを切断するために、人がその上にはいれるように遮蔽の役目をしている。イオン交換器は鋼鉄盤に鎖で連結され、盤と一緒にクレーンで取出され、新しい盤と交換器が入れられる。イオン交換室、パイプ室等の建設費は全建設費の12%である。

1図中央の廃棄物処理建屋にあるガスドラムはすべての貯槽からの蒸気を貯蔵し、取扱うものである。同じ建屋の中の焼却炉は研究室の濾過紙、除染装置で使われた布切など可燃性廃棄物を処理する。この建屋の深い地下室には2つの貯槽がある。これは除染室およびサンプル準備室からの廃棄物を貯蔵する。除染とはサービスや保守のために原子炉プラントから取外した装置を洗うことをいうが、この液体は酸を含みモニタリングおよび処理を必要とする。この建屋およびその基本的付属設備(換気、照明、……)の建設費は全建設費の27%で、地下室(2つの貯槽を含む)関係がその中半分を占める。

パイプは遮蔽のためにできる限り地下の溝の中を通したが(それについてはこの抄訳では触れない)、この地下の連結網に要した費用は全建設費の25%と見積られている。

最後にショッピングボートの土壌条件は廃棄物処理プラントの建設にとって非常に有利なものであった(詳細略)と報告されている。(本社 川口修訳)

## 特殊電子管製造技術の進歩

Harry F. Dart: An "Age of Refinement" For Special Purpose Tubes. (Westinghouse Engineer Vol. 17, No. 3 May, 1957 pp. 74~78)

特殊用途に使用される電子管は、軍事上の要求や工業、医療、通信の各界、さらには原子力設備関係の必要性に応じて、各管種にわたりより高出力に、より高周波に、より高い信頼性に向って絶え間なく改良されつつある。また新しいガラスやゲッター、すぐれた電極材料の使用により、旧型の管種にも改良が加えられてその特性は向上しつつある。そしてそのもっとも大きな目標は、出力密度の増大すなわち外形の小形化と、苛酷な環境のもとでの使用にも耐える高信頼化とにある。

外周器としてはガラスがおもに使用されていたが、新しい改良ガラスにより、大きな部分でも金属外周器と接合できるようになり、セラミックまたは粉末ガラスの使用により、工作技術の簡易化や機械強度および耐熱性の向上が得られ、強電界中でも安定に動作しうようになった。各種の外部導線や内部の電極間の絶縁材料などにも特殊な工夫が加えられ安定性が増した。

電力管の陰極ではトリウムタングステンヒラメントの大形管への普及およびマグネトロン等の特殊用途管に対するサーメット陰極の利用が特筆される。格子はそこからの電子放射を押えるために白金被覆や金メッキをした線が使用される。陽極はかなりの熱が陽極損失として消費される部分であるから、ある種の電力管では陽極が外周器の一部を形成して冷却効果を高め、ガラスとの封止部分にはコパールを使用する。また風冷管ではラジエータの設計に工夫を加え低圧ブローで十分冷却効果をあげうる構造になった。とくに高い耐圧を必要とする整流管では耐圧と冷却との2つの効果を兼ねて油中で動作させる。

部品の処理技術は超音波洗浄方法の普及により著るしく進歩

した。20,000 c/s から 40,000 c/s の機械振動を与えることにより化学作用は促進され、短時間に清浄と脱脂との効果をあげうる。またメッキ作業中にも超音波を加えると迅速に均一な表面が得られる。

非破壊試験方法の普及により材料や部品の品質の検査が容易で確実になった。金属の化学的処理面の観察や超音波の伝達模様や、または X 線写真から表面や内部の傷を見出す技術は大いに利用されている。

管内電圧降下を低下させるためのガス封入管は封入ガスとしては水銀と共にクセノンガスが利用され、さらにパルス用途としては水素ガスを封入し、レータ装置などに使用されるようになった。これらのサイクロトロンはイグナイトロンと共に広く工業用、通信用に利用されている。マグネトロンでは発振周波数を外部的に可変にしようもの、および 10MW もの尖頭出力に耐える "Big Maggie" が開発された。また中性子カウンタは耐熱および振動に十分な注意が払われて、原子力の監視や制御に、または作業者の健康管理に役立っている。

(研究所 岡田武夫訳)



Multiform ガラス封止 (WL-6406)

## 負荷遮断カットアウト

Loadbreak Cutout. (Westinghouse Engineer, Vol. 17, No. 1, Jan. 1957, p. 12~13)

過負荷でない負荷電流をも遮断できる新型の配電用カットアウトが製作された。

異常電流に対する作動は普通型のカットアウト同様であって、ヒューズリンクが溶断放出されると共に支持筒がドロップアウトして遮断を表示する。

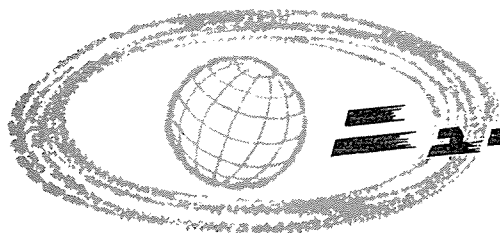
負荷電流を遮断しようとするときには、支持筒の下端にあるレバーを操作用フック棒で引っ張ればヒューズリンクが機械的に切られて、発生した電弧は、異常電流を遮断する場合のように消弧され、支持筒はドロップアウトするものである。レバーには特殊なローラ装置が組合せられており、このローラによって負荷遮断の際つねに可溶部分が切れるように力が増えられる。

この新型カットアウト筒は、DX 型カットアウト(普通型のもの)に取付けることができる。据付は簡単であり、負荷遮断およびカットアウト筒の取替えは完全にフック操作で行うことができる。

電圧定格 5.2kV, 7.8kV, 15kV, 負荷遮断 5A~100A, 最大遮断電流 5,000A である。

通電部分は銀メッキされており、上下の開閉接触部は厚くアエン引きした覆いによって雨や氷雪から保護されている。この覆いは端子にバンドによって締付けられているが、バンドはとくに絶縁被覆されて鳥による接地事故を防止している。

(伊丹製作所 樺沢孝治訳)



# ニュースフラッシュ

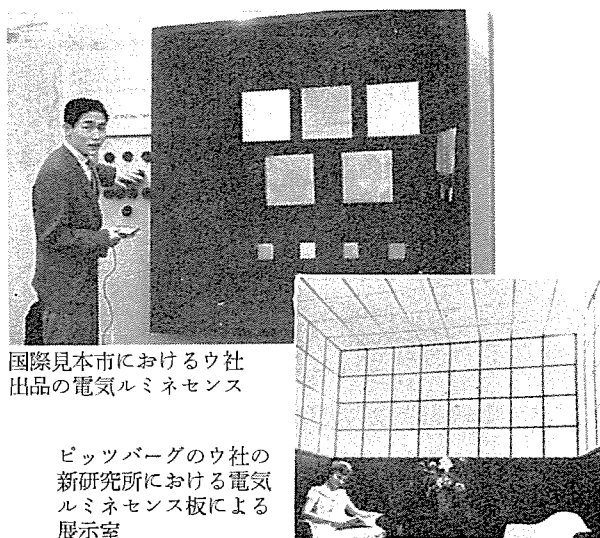
## ■ 国際見本市におけるウ社出品の電気ルミネセンス

本年5月5日から19日まで東京で開催された第4回国際見本市には、米国ウエスチングハウス社よりこの数年間照明界の話題となっている電気ルミネセンスがアメリカ工業館に展示され関係者の人目を引いていた。外国からの出品で光源関係はこれだけであったがウ社出品に当ってはウ社よりの依頼により当社も技術的援助を行った。

出品された電気ルミネセンス（ウ社商品名はレイエスセント Rayescent）は写真のように1ft角のもの5枚、4in角のもの4枚で、そのうち2枚は120V、60c/sで点灯し、外は400V、3kc/sのトランジスタ発振器を電源としていた。

電気ルミネセンスは2枚の電極（1極は透明電導ガラス板で蛍光体を塗り、その上にアルミ膜を蒸着した構造のもの）からできていて、両極に交流電圧を印加すると蛍光体が発光して透明ガラスを通じて外部に光が出るものである。

なお、写真の展示場の左側のスイッチ類はそれらの点滅用のもの、また、下の写真は昨年秋、ウ社が開所した新研究所内の電気ルミネセンス板1ft角のもの112枚使用の展示室で平均照度も500lxという近代的事務室を模したデモンストレーションの室の光景である。



国際見本市におけるウ社出品の電気ルミネセンス

ピッツバーグのウ社の新研究所における電気ルミネセンス板による展示室

## ■ 富士製鉄室蘭向 6,000 馬力圧延電動機完成

当社は本年6月半ば連続式熱間圧延機組圧延機用電機品を製作し富士製鉄株式会社室蘭製鉄所に納入した。その主要なもの

はつぎのとおりである。

主ロール用電動機 3,000 HP, 600 V, 40/100 rpm

直流電動機2台よりなる双子型駆動方式である。

立ロール用電動機 600 HP, 600 V, 150/375 rpm

電源の電動発電機は

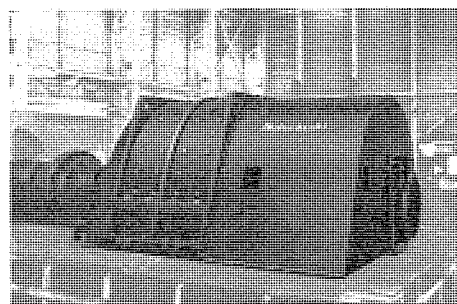
3台 1,650 kW, 600 V, DCG

1台 500 kW, 600 V, DCG

1台 8,000 HP, 6,000 V, 50 c/s, 600 rpm, 同期電動機

よりなるワードレオナード式である。

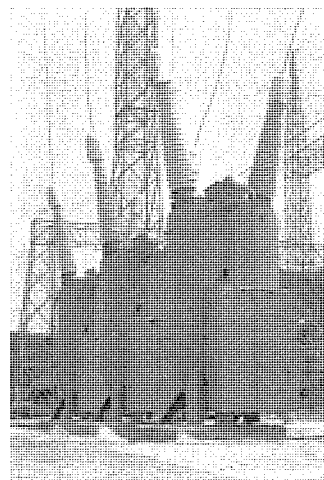
その他励磁機6台、強制励磁用ロートトロール11台よりなっていて、正40rpmより逆40rpmまで約1秒で逆転が可能な優秀な設備である。



試験中の 3,000 HP 直流電動機

## ■ 関西電力枚方変電所向 287.5 kV 節油タンク型遮断器

関西電力枚方変電所の変圧器用遮断器として、4台の超高压節油タンク型遮断器を製作中であつたがこのほど1号機が完成し現地掘付けを完了した。本遮断器の定格はつぎのとおりである。



枚方変電所向 28.5 kV 節油タンク型遮断器

型 名	250-GW-500
定 格 電 圧	287.5 kV
定 格 電 流	800 A
定格遮断容量	5,000 MVA
動 作 責 務	0.1 分 CO-3 分 CO
遮 断 時 間	5 サイクル

本遮断器は操作機構を若干改造すれば、単相再閉路3サイクル遮断器として使用することができる。その構造は本誌(31巻2号)に発表したものと同一で、6点遮断の消弧室を用いている。去る8月2日現地据付後線路充電電流と変圧器励磁電流の遮断試験を行ったが、いずれも優秀な成績であった。

## ■ 電鉄界最初の「トレーラ」式移動変電所が出現

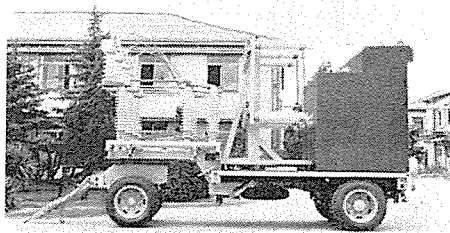
当社は日本国有鉄道に日本最初の「トレーラ」式 3,000 kW 移動変電所1組を納入した。これは開閉器車・変圧器車・整流器車の3車よりなるもので、初めに分割納入した整流器車については本誌臨時増刊 31 巻7号の本欄に紹介してある。あとの2車の主要点はつぎのとおりである。

		開閉器車	変圧器車
寸 法	長さ mm	7,235	8,919
	幅 "	2,500	2,490
	高さ "	3,500	3,490
総重量	kg	8,980	27,800

積んでいる主要機器

開閉器車

- (1) 負荷断路器 VLB 型 80.5 kV 600 A 3 個
- (2) 電力ヒューズ DBA 型 80.5 kV 100A 1,500 MVA 3 個
- (3) 磁気遮断器 3-DH-15 型 3,450 V 1,200 A 150 MVA 2 個

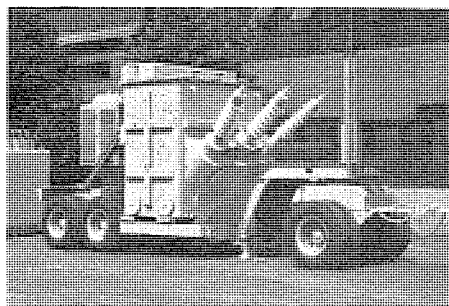


開 閉 器 車

ただし(3)は使用するときは車からおろして、変圧器車と整流器車との間に接続できるようキュービクル入りの構造となっている。

変圧器車

整流器用変圧器 3,350/4,740 kVA 50/60 c/s 3/6 相  
73.5-70-66.5-63-60 (人)  
21.2-20.2-19.2 (△)/1,370 V  
屋外用 油入送油風冷式



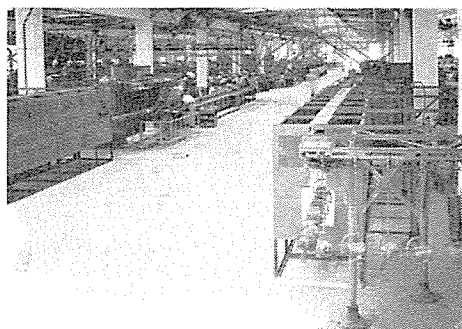
変 圧 器 車

## ■ 最近設備を誇る小形電動機工場完成

近時小形電動機の旺盛な需要に対応するため昨秋以来建設中の小形電動機工場は今春完成し、はなばなしいスタートを切った。当工場は標準機種多量生産を目的とし、したがって高能率稼働するため設備、環境に十分留意し斯界の最先端をゆくモデル工場である。



小 形 電 動 機 工 場



組立搬送用オーバーヘッドコンベア



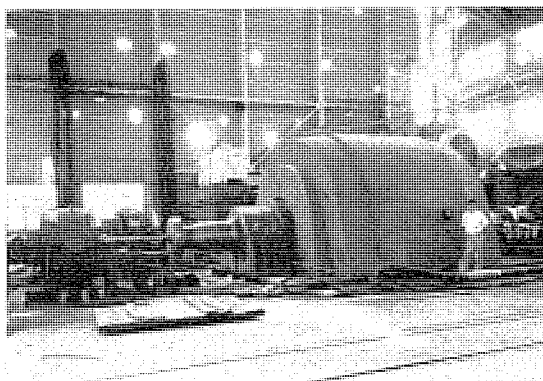
## 特 長

1. 鉄心作業より荷造りに至るまで一貫した流れ作業を行う。
2. コンベアを立体的に多数使用している。  
各部品の職場内にトロリ、スラットコンベアを運転し搬送と同時に作業を規制し、停滞を最小限にしている。また完成部品はおの組立コンベア直上に搬送され以降自動的に試験塗装が行われる。
3. 専用機を多数使用し能率を向上している。
4. 色彩管理を行い作業環境を良好にしている。

## ■ 工場完成した台湾電力滝澗発電所向 62,000 kVA/54,000 kVA 横軸ペルトン水車発電機

三菱電機がかねてから技術の総力をかけて、鋭意製作中であつた東洋最大級の台湾電力滝澗発電所向横軸ペルトン水車発電機は、無拘束速度試験を含めた各種工場試験を、国際検査会社および台湾電力の一部関係者立会の下に実施し好成績をもってぶじ終了した。無拘束速度試験は 900 rpm で、発電機回転子の周速は毎秒約 145 m にも達し、この種の大容量機としてこのような無拘束速度試験は外に前例がなく、なんら異常なく終了しその構造の優秀さを示した。

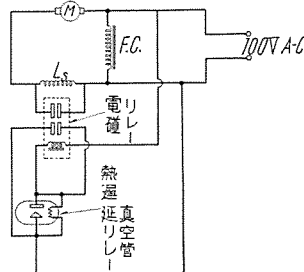
現地で Neyrpic 社製 68,000 HP 横軸ペルトン水車と直結の上、来春より発電開始の予定である。



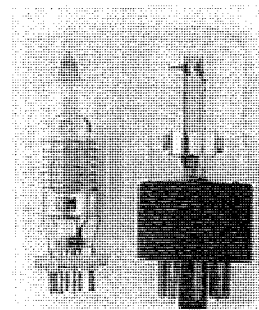
台湾電力滝澗向横軸ペルトン水車発電機

## ■ 小形熱遅延リレー真空管

パイメタル板が加熱によって彎曲することを利用した真空管型 (GT 型および MT 型) 熱遅延リレーを製作しているが、非常に工合よく作動するのでご紹介する。このリレー真空管の特長とする点は



1 図 単相誘導電動機の起動回路例



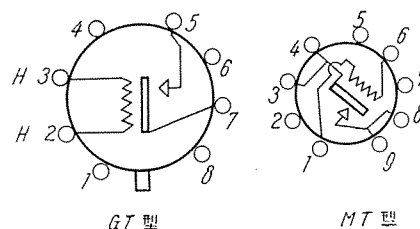
2 図 小形熱遅延リレー真空管

- (1) 接点容量に比して小形である
- (2) ガラスバルブ内に封入されているので外気の温度、気圧、湿度などの影響を受けない
- (3) 微少電力 (約 2 ワット) で作動する

などであつて、電磁リレーと組合せて使用すると、利用の方面はきわめて広いものである。たとえば通信機器の現用機と予備機の切換、サイクロンなどのヒータ予熱に一定時間を必要とするものや高電圧回路の自動起動作、あるいは単相誘導電動機の起動作などに利用できる。1 図には単相誘導電動機の起動作にこのリレー真空管を使用した回路例を示す。現在製作している管種は 1 表のようなものであるが、この外遅延時間 60 秒のものやヒータの 50 V 40 mA 加熱のものも製作可能である。

1 表

名 称	動作別	ヒータ電圧 (V)	ヒータ電流 (mA)	動作時間 (sec)
DR102	N	100	20	1~3
DR103	お	100	20	2~4
DR105	よ	100	20	3~7
DR110	び	100	20	7.5~12.5
DR130	C	100	20	23~37



(注) 動作別 N は常時開路, C は常時閉路となっており、ヒータ電圧印加後一定時間でおの逆になるものをいう。

(注) 名称付与の一例 DR110N-GT, DR105C-MT など



最近登録された当社の特許および実用新案

区 別	名 称	特許または 登 録 日	特許または 登 録 番 号	発 明 考 案 者	所 属 場 所
特 許	給 水 装 置	32- 3- 7	229764	山 県 満	福 岡
"	同期機保護装置	"	229765	森 健	神 戸
"	多 相 変 圧 器	32- 3-13	229848	田 宮 利 彦	伊 丹
"	電気車電気制動装置	32- 4- 4	230692	待 鳥 正	伊 丹
"	直 流 送 電 装 置	"	230693	阿 部 久 康男	研 究 所
"	回転電機の刷子保持装置	"	230694	平 野 昭 二	伊 丹
"	高能率送電方式	32- 4-16	231105	尾 畑 喜 行	神 戸
"	電力系統の充電電流補償装置	"	231106	藤 井 重 夫	"
"	強靱鋳鉄の製造法	"	231107	鈴 木 一 郎	名 古 屋
"	ラジオ用偏光現色ダイヤル	"	231108	鈴 星 野 一 克	大 船
"	直流電鉄回路の選択遮断保護装置	"	231109	中 村 弘	本 電 技
"	列車位置表示装置	"	231110	木 村 久 男	無 線 機
"	保 護 継 電 方 式	"	231111	杉 多 重 夫	神 戸
"	油の連続脱気装置	32- 4-23	231454	藤 井 重 夫	伊 丹
"	電気車制御装置	32- 5- 9	232005	森 本 治 夫	近 伊 丹
"	タイムスイッチ	"	232006	赤 尾 公 之 雄	福 山
"	白金の電解研磨法	"	232007	加 藤 本 義 明 輝	研 究 所
新 案	螢光燈用ルーバ	32- 3- 4	458317	斎 真 藤 鍋 長 男 明	大 船
"	送電線脱調保護継電装置	"	458319	山 下 源 良 一 郎	神 戸
"	電磁引外し装置	32- 3- 5	458410	森 健	福 山
"	計器用制動装置	32- 3-29	459722	佐 藤 貞 雄 薫	"
"	油面指示装置	32- 4- 8	460381	加 藤 義 明	長 崎
"	電気車発電制動装置	"	460382	江 口 末 次	伊 丹
"	熱 動 型 計 器	"	460383	細 井 一 雄 正	福 山
"	グリッド型抵抗器	"	460384	加 藤 義 明 二	伊 丹
"	密閉型冷凍機	"	460385	大 松 藤 尾 義 昭	静 岡
"	扇風機の電動機支持装置	"	460386	石 川 和 田 茂 孝	中 津 川
"	屋外型配電盤用点検整備装置	"	460387	神 谷 昭 美	長 崎
"	着火用断続器の手動進角調節装置	"	460388	武 田 内 英 夫 修	姫 路
"	照明器具の吊下げ装置	"	460389	荒 川 利 弘	大 船
"	帯状パッキン取付装置	"	460390	船 田 淳 三	伊 丹
"	螢光燈スタンドの支柱	"	460391	野 間 良 員 夫 二 郎 肇	大 船
"	計器、継電器用制動装置	32- 4-23	460992	高 山 島 下 源 一	福 山
"	限時型電磁装置	"	460993	加 藤 義 明	"
"	押 釦 開 閉 器	"	460994	広 瀬 太 保 郎 雄	名 古 屋
"	鉄道車両の動力伝達装置	32- 4-24	461096	吉 梶 田 太 保 郎 雄	伊 丹
"	電 気 発 熱 体	"	461097	浅 越 泰 男	名 古 屋
"	油入電気機器の油炉器	"	461098	増 谷 良 久 雄	伊 丹
"	螢光燈スタンドの支柱取付装置	"	461099	飯 田 幸 雄 男 二 郎 肇	大 船

## 街路照明と建物の投光照明

(サンフランシスコ・マーケット通り)

高さ約 12m の柱にとり付けられた透明カバーによる 96" T-12×12 燈用 2 基の街路燈が異彩を放っていた。前方の建物は投光照明され、さらにその先の建物もそれぞれ投光照明が行われて夜空に輝いていた。

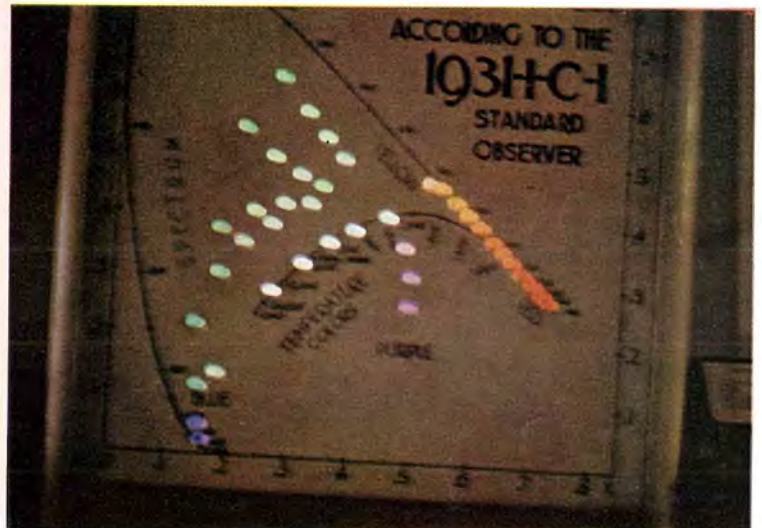


# 最近の米 国照明施設



## 国立標準局の P. R. 用色度図(ワシントン)

色彩と照明とは密接な関係がある。この P. R. 用色度図は面積約 1m×1m のもので標準色ガラス・フィルタと背後の光源によって色度図内の各色の分布と色温度が示されている。国際照明委員会 (I·C·I) 1931 年などの文字も見え、直接、目で色を見ることができると複雑な色度図に対して理解しやすい。



写真の撮影と解説は本社照明技術課長小堀富次郎、詳細は本誌 69 頁「最近の米国照明施設の展望」参照のこと。

昭和 32 年 9 月 8 日 印刷 昭和 32 年 9 月 10 日 発行

「禁無断転載」 定価 1 部 金 60 円 (送料別)

## 雑誌「三菱電機」編集委員会

委員長	大石久保謙	常任委員長	宗村英平
副委員長	浅川辰郎	委員	石橋英樹
常任委員	井井徳次	委員	岡進藤二
"	荒井安二	"	立原村又
"	菅野正雄	"	津松尾
"	小堀富次郎	幹事	井上八郎
"	高井得一郎	"	市村宗明
"	中野光雄		
"	馬場文夫		
"	松田新市		

(以上 50 音順)

編集兼発行人 東京都千代田区丸の内 2 丁目 3 番地 市村宗明  
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 長久保慶一  
発行所 三菱電機株式会社内「三菱電機」編集部  
電話 和田倉 (20) 1631  
日本出版協会会員番号 213013  
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 (29) 0915・0916 振替東京 20016