

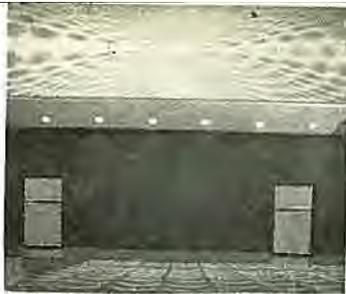
MITSUBISHI DENKI GIHO 三菱電機技報

Vol. 39 July 1965
電子商品と照明特集

7

AS-4001 形音声モニタ装置





表紙説明

この装置は、NHK技術研究所との共同研究により完成した世界最高級の高忠実度スピーカ装置で、高中低、各帯域ごとにアンプを備えたマルチ・アンプ方式を採用したため、クロスオーバーの周波数特性がすぐれ、混変調ヒズミがきわめて小さい、また大出力音圧のヒズミが非常に小さい。スピーカは40cm大口径低音用を2台と12cm中音用を3台および5cmの高音用を4台組み合わせている。



三菱電機技報

昭和40年 第39巻 第7号 (電子商品と照明特集)

目次

《特集論文》

19 形 カラー受像管のラジアル・ミスラフディング	藤村健男	2
テレビジョン受信機の不要フック(輻射)測定 —3m サイトにおけるデータの再現性—	松村長延・倉田健一	5
テレビジョン受信機の新中間周波数	浜田恒朗・室野允良	11
ラジオ受信機回路の複合化	川井尚	19
自動車運転免許試験コース説明装置	高橋広光・首藤佑吉	24
小形電子レンジ	氷室昌美・高瀬明生・沢崎俊幸	28
超高出力ケイ光ランプの照明経済的考察	宮本時夫・甲斐義章	36
ヨウ(沃)化物入り高圧水銀灯—高効率の光源—	土橋理博・三上龍夫・若林正雄	39
工場用防爆形照明器具と爆発試験	田中民雄	46
山形美術博物館の照明設備	小堀富次雄	50

《論文》

最近の電车用 ATC 装置	北岡隆	57
高速加算回路試験装置	中塚正三郎・壺井芳昭・梅田義明	62
金属材料の新簡易分析法	石橋勝・小巻仁・出水通之輔	69
ポリウレタンの力学的性質	柴山恭一・児玉峯一	74

《技術解説》

ケイ光ランプの高効率化と高出力化	小堀富次雄	79
------------------	-------	----

《新製品紹介》

小形軽量化に成功した大容量柱上変圧器・TD-4, 42 形 トランジスタ式限時継電器の完成・LE 形リモットスイッチを開発・三菱カラーテレビ受像機「カリピアン」6CT-338 形新発売	88
--	----

《ニュースフラッシュ》

新設大電力試験設備完成・関西電力納め移動用 90,000 kVA 変圧器バンク完成・三菱レイノズ納め熱間アルミ圧延機運転開始・台湾アルカリ納めソーダ電解用シリコン整流器を受注・国鉄納め全固体 SHF 中継機完成・多重故障対策、循環電流対策付キャトリナレー装置の完成・RC-101 形低速再閉路装置完成	90
--	----

《特許と新案》

自吸式井戸ポンプ・自吸式ウエスコポンプ・ウエスコポンプ・電動井戸ポンプの自動空気補給装置・井戸ポンプの安全弁	93
--	----

《最近登録された当社の特許》	95
----------------	----

《表紙》

1. AS-4001 形 音声モニタ装置
2. 三菱テレビ、トランジスタラジオ、テープレコーダー
3. 最近の照明施設〈1〉
4. 最近の照明施設〈2〉

19形カラー受像管のラジアル・ミスランディング

藤村 健男*

Radial Misregister in 19 inch Color Picture Tubes

Kyōto Works Takao FUJIMURA

After a comparatively long slump since the commencement of broadcast, Color TV sets are coming into popular use gradually. The color picture tubes, started from the assembling of imported components, are now available as home products of 19 inch model as a standard in addition to 16 inch model considered a proper size for domestic use. To reduce the overall length and weight of 19 inch set, 90 deg. deflection angle is employed solving a pending question. But a number of difficulties must be met to bring this tube to have equal or better performance than products of 70 deg. deflection. As an example of cases encountered with, radial misregister posed a problem. This article describes how this is brought to a settlement.

1. ま え が き

カラーテレビジョンは放送開始以来の低迷期をようやく突破し、本格的普及時代を迎えつつある。

輸入部品の組み立てからスタートした国産カラー受像管も、わが国家庭用として適当な大きさといわれる16形に加えて、19形が中形標準機種としてクローズアップされてきた。

19形ではセット全長の短縮、重量の軽減などのため、懸案の90°偏向が採用されているが、外形以外の性能面でこれを従来の70°偏向と同等以上にするには、設計ならびに製造技術上解決しなければならない問題が非常に多い。

この文ではわれわれが経験した一例としてラジアル・ミスランディングについて述べる。



図 1.1 19形カラー受像管
Fig. 1.1 Nineteen inch color picture tube.

2. ラジアル・ミスランディング

ラジアル・ミスランディングとは、ブラウン管のケイ光体ドット三角形に対しビーム三角形が画面中心からのラジアル方向に移動して生ずるミスランディングで、ミスランディング量が偏向角 θ だけの関数となるものである。(図2.1参照)

このミスランディングは量がわかっていれば、ブラウン管製造のときに前もって補正できる性質のものである。

図2.2で少し詳しく説明すると、(a)はケイ光面露光装置(露光台)である。偏向中心におかれた露光源Bから発した光線がシャドウマスク穴Aを通過して、ガラスパネル上のC点に当たり、ここにケイ光体ドットができる。(b)はこれを受像管として動作させた状態を示す。(a)図と同じA点を通る電子ビームが同じC点に当たれば問題はないのであるが、実際には種々の原因でスレ(ミスランディング)を生ずる。

ラジアル・ミスランディングだけについて考えれば、この原因は

- (a) A点の移動(シャドウマスクの熱膨張)
- (b) B点の移動(ビームの偏向による偏向中心の移動)
- (c) C点の移動(パネルガラスの変形)

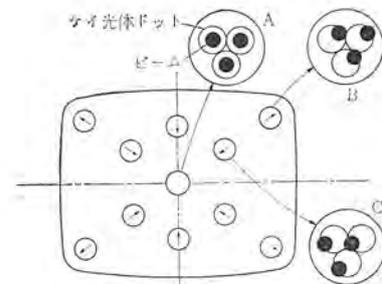


図 2.1 ラジアル・ミスランディングの例
Fig. 2.1 Example of Radial Misregister.

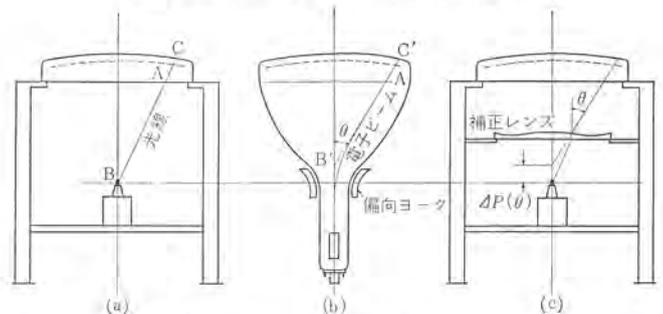


図 2.2 ラジアル・ミスランディングの補正
Fig. 2.2 Correction of Radial Misregister.

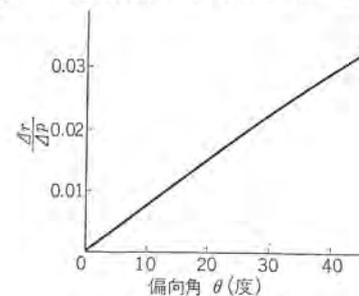


図 2.3 θ と $\Delta r / \Delta p$
Fig. 2.3 θ vs $\Delta r / \Delta p$.

の3種に分類できる。そしてラジアルという条件からこれらは全部「偏向中心の移動」に換算できる。すなわち完成管では偏向中心の位置が偏向角 θ とともに変化するわけである。

ラジアル・ミスランディングがないと仮定したときの $\theta=0$ での偏向中心位置を基準にとって、この移動量を $\Delta p(\Delta p(\theta))$ と名づけミスランディング量を Δr とすると θ と $\Delta r / \Delta p$ の間には図2.3に示す関係がある。(Δr は各 θ に対する平均値がおうざっぱにあって ± 0.005 mmを越えないことが要求される。)

この偏向中心の移動は(c)図のように露光台に適当な形状の補

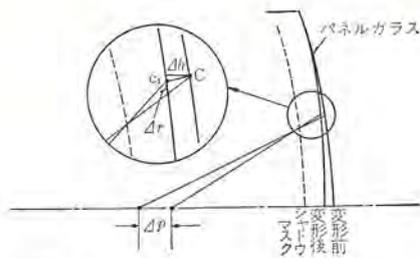


図 3.1 大気圧によるパネルの変形
Fig. 3.1 Depression of panel caused by atmospheric pressure.

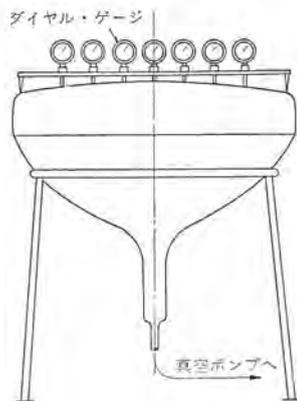


図 3.2 大気圧によるパネルの変形の測定
Fig. 3.2 Measurement of depression.

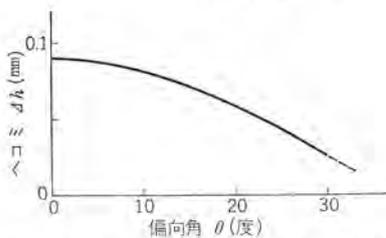


図 3.3 大気圧によるパネルのへコミ測定例
Fig. 3.3 Example of measured depression.

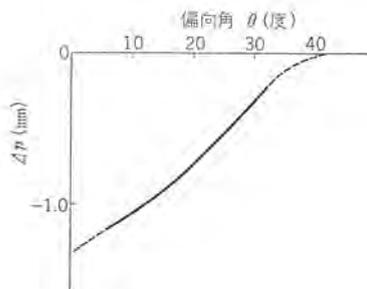


図 3.4 図 3.3 のへコミによる Δp 計算値
Fig. 3.4 Calculated Δp in respect to Fig. 3.3.

にも達する。そのためどうしてもパネル中央部のへコミをまぬがれることができず、これがラジアル・ミスランディングを生ずる原因となる。

この様子を図 3.1 に示す。図ではパネルが Δh だけへこんだために C 点が C₁ 点に移動してミスランディング Δr を生じたことを

示している。

このへコミは排気工程で起こるわけであるが、排気工程では管内を真空にただけですでにへコミが生じ、一般にはバルブに熱を加えるためこれが助長される。前者のほうは定常的に生ずるのでこれによる Δp は熱工程のいかんにかかわらず補正しておく必要がある。

この定常的なへコミは図 3.2 のような方法で測定することができる。

パネルは長方形をしており、また圧力のかかるのもパネル面だけではないので、かなり複雑な変形が予想されるが平均的なもの考えることは可能である。図 3.3 に測定結果の一例を示す。パネル中央部は 0.09 mm とかなりへコミことがわかる。

このへコミから Δp を計算するには、図 3.1 から明らかなように C 点に対し C₁ 点がどの方向になるかを知らなければならぬがパネル各点がパネル曲率中心の方向へ移動すると考えて計算した Δp が実験値とよく合うことが判明した。

この仮定のもとに図 3.3 から Δp を計算すると図 3.4 のようになる。

前に述べたように実際には排気工程で熱を加えるためにこの変形が幾分助長されて必要補正量が増加する。この量は排気温度、温度分布、時間などに影響され、いちがいに数値を出すのはむずかしい。

パネルの変形に対してわれわれは最終的には前記定常的変形も含めて全部本工程で排気した実験管の Δr を実測して Δp を決定した。われわれの場合には定常的変形に比べて、熱工程による変形は小さいようであった。

4. む す び

以上述べたようにして決定されたラジアル・ミスランディング補正のための Δp の値の是非は、これらを補正した受像管のラジアル・ミスランディング Δr を実測して判断されるべきである。

Δr を実測して Δp を算出したとき、前記各原因による Δp がそれぞれどれだけあるか分離することはなかなか困難である。

われわれの場合には実測で得られた Δp がこの文のようにして得た Δp の総合値と非常によく一致したことを報告しておく。

ミスランディングについてはラジアル・ミスランディングのほかにダイナミックコンパネンスに伴うミスランディングや、これらを総合的に補正する補正レンズの可能性、設計法など興味ある問題があるがこれらは別の機会に述べたい。

最後に鷲尾第一製造部長はじめ実験、検討を下されたカー管課の皆様へ厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 鷲尾：カー受像管のビームランディングの経時変化，「TV学会誌」16, No. 7, (1962)
- (2) D.W. Epstein, P. Kaus, & D.D. Van Ormer: Improvements in Color Kinescopes Through Optical Analogy, RCA Rev., 16, Dec. (1955)

テレビジョン受信機の不要フク(輻)射測定

—3m サイトにおけるデータの再現性—

松村長延*・倉田健—*

Spurious Radiation Measurement on TV Receivers

—Dependability on Data Measured at Three Meter Site—

Electronics Works Takenobu MATSUMURA・Ken-ichi KURATA

Spurious radiation interference from TV receivers may be classified into two major categories: one is due to higher harmonics of horizontal line frequency (15.75 kc) and the other is caused by local oscillator frequency signals of the tuner. Of the above two, the latter is more tedious to measure than the former and it is desirable to give much consideration. At present there are IRE method applied in USA and IEC one recommended by CISPR. Mitsubishi has set up a measurement site based on the IEC method and made investigation about the dependability on measurement result at this site before studying the correlation with the IRE method, resulting in findings of a fairly good dependability on it.

1. ま え が き

テレビジョン受信機からの不要フク(輻)射には、チューナの局部発振周波数信号とその高調波、水平偏向周波数信号とその高調波、映像、音声中間周波数信号に基づくものおよびビデオ信号などがあげられるが、このなかで他の機器に妨害を与える点でとくに問題となるものは、水平偏向周波数信号の高調波とチューナ局部発振周波数信号であり、前者はおもに隣接するラジオ受信機に、後者は隣接するテレビジョン受信機その他の通信機器に妨害を与える可能性がある。

近年テレビジョン受信機の普及率の上昇とあいまって、1世帯で何台かのテレビ、ラジオ、受信機が所有される場合もふえ、またアパート形式の住居の増加などにより、受信妨害が問題となってきたが、これら不要フク射をある一定レベル以下に抑え妨害を少なくするために、現在わが国においてはこの問題が電波技術審議会にかけられており、電波技術協会、NHK および電子機械工業会などで種々の実験、検討が続けられている。他方アメリカにおいては、この種の不要フク射レベル測定法が一応確立され(われわれはこの測定法をIRE⁽¹⁾法と呼んでいる)、フク射レベルもFCCにより法的に規制されており、またヨーロッパにおいてもIEC法⁽²⁾を基準として各国それぞれに測定法、フク射レベルを定めているところが多い。

さて、当社も電子機械工業会の一員として前記フク射妨害対策検討の一部に参画している訳であるが、テレビ受信機、ラジオ受信機的设计あるいは製品のフク射レベルの確認の際、水平偏向からフク射レベルは比較的容易であるが、局発からのフク射測定のためには手近なところにフク射レベル測定サイトを持つことが望ましく、測定サイトを作るにあたっては、各国向け輸出テレビ受信機に対しても役立つようなサイトの条件を見出さねばならない。これらのデータも徐々にそろってくるのであろうが、われわれの場合現実の仕事の関係上少しでも早くということ、立地条件、設置費用を考えまたRCAの発表論文⁽³⁾もあって、IEC法による3m距離の測定サイトを昨年末建物の屋上に設置した。これによりIRE法(30m距離)との相関もとる訳であるが、たまたま工業会に

において3mサイトでのデータの再現性の有無が問題になったので、当所においても数多くの現業の測定の間を縫って、とくに再現性に着目したいいくつかの測定を行なったが、ここにその結果を報告するとともにIRE法との比較、相関についても少し付言した。

2. 各種の測定法

まえがきにも述べたように、現在標準的な測定法には、IRE法とIEC法がある。わが国においては測定法はまだ決定されていないが、IRE法かIEC法かまたはこれに準拠した方法になると思われるので、この二つの方法について説明をする。

2.1 IRE法

図2.1において、送信側(テレビ受像機側)と受信側(電界強度測定器側)のダイポールの距離は、100フィート(30m)であり、送信側ダイポールの高さは、30フィート(9m)である。送信側アンテナは受像機と同時に水平面内に回転可能とする。受信側アンテナは20フィート(6m)から7フィート(2.1m)までその高さを変えられるようにする。

2.2 IEC法

図2.1において送信側と受信側のダイポールの距離は3m、送信側アンテナの高さは4mである。送信側アンテナは受信側と同時に、水平面内に回転可能とする。受信側アンテナはその高さが1mから4mの範囲で変えられるようにする。

2.3 IRE法とIEC法の比較

両者に重大な差があるとすれば、それは測定距離の差に起因す

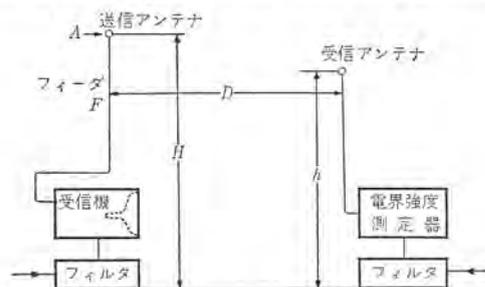


図2.1 測定サイトの配置
Fig. 2.1 Layout of measuring site.

るもののみと思われるが、以下さらに詳細に比較する。(図 2.1)

	IRE 法	IEC 法
アンテナ間の距離 (D)	100 FT	3 m
送信アンテナの高さ (H)	30 FT	4 m
受信アンテナの高さ (h)	7~20 FT	1~4 m
送信アンテナの長さ (A)		
VHF 用	88 IN	1.5 m
UHF 用	12 IN	30 cm
伝送フィーダの長さ (F)	28 FT	3.9 m
受信機の設置位置		
テーブル形受信機	48 IN	発振器の位置地 上から 1 m
コンソール形受信機	18 IN	

(ただし FT: フィート, IN: インチ)

なお両者の得失を述べると、

(a) IRE 法

まず測定サイトの場所の選定に難がある。

アンテナ間の距離 100 フィート (9 m)、送信アンテナの高さ 30 フィート (6 m) となると、かなりの規模の設備となりサイトを工場の近くに設けることはむずかしくなる。またアンテナ間の距離が離れており、受信アンテナに到達する波の射量は小さくなり、サイトに侵入する他の妨害電波にマスクされ測定が困難となる恐れがある。このような理由からして測定サイトは人家から離れ、他の妨害電波の来ないところに設置する必要がある、結局利用する上で種々な意味で不便な場所に設けられることが多くなる。

(b) IEC 法

アンテナ間の距離が 3 m であり、サイトを設ける上で問題は少なくなるが、アンテナあるいは受信機の位置のズレ、ハイトパターンの捕え方、測定時の他の条件などにより測定値に影響を受ける恐れが出てくる。

不要波の測定においては、だれが、いつ、測定を行っても同じ結果を得る必要があるが、IEC 法においては上に述べたような問題でいつも同じ結果を得る——再現性——という点について難点があるとする人もあり、現在いかに再現性をよくしてゆかが一つの課題となっている。

このレポートにおいても IEC 法の再現性について取り上げ、再現性をよくするためにはどうすればよいか、あるいはどの程度の再現性があれば満足すべきかといったことを主として実験検討を行なっている。

3. 当所に設置された 3 m 測定サイト

RCA から発表された 3 m 測定サイトを参考に昨年末当所建物屋上に設置された IEC 法による測定サイトの写真を図 3.1 に示す。

図 3.1 において屋根にアンテナのあるのが受信機をおく小屋で、受信機と屋根の上のアンテナは支持用のポールおよびフィーダとともに、水平面に回転できるようになっている。他の小屋は電界強度測定器を置く小屋である。サイトの中央にあるポールは受信用ダイポールを取り付けるためのものであり、受信用ダイポールを地面に対して垂直にも水平にも取り付けることができるようになっている。また受信用ダイポールの高さを 1 m から 4 m の範囲で変えられるようになっているが、電界強度測定器の置かれている測定小屋からこの操作ができるようにローラーと滑車がついている。測定小屋には配電盤が設置されており、受信機を置く送信小屋への電気を



(a) 全 景



(b) 送信小屋



(c) 測定小屋

図 3.1 3 m 測定サイト

Fig. 3.1 There meter measurement site.

送るとともに、送信小屋の受信機およびアンテナを水平面に回転させるモータの制御を行なうようになっている。したがって測定者は、受信用ダイポールの長さを変えるときと送信アンテナの接続を変えるとき以外は、測定小屋を出る必要はない。

測定小屋と送信小屋は骨組を木で作り、屋根および側面はすべて合成樹脂のパネルを使用している。このままでは夏期には小屋の内部の温度上昇はかなり激しいものと思われるので、風通しをよくするため窓をあけてある。窓をふくめ小屋の組み立てには、電界に影響を与えると思われる金属物はいっさい使用していない。ドアのチオウツガイをはじめ、クギの類はまったく使用していない。またサイトの導電性をよくするため、IEC 法に指定されているように大地スクリーンとして 6×9 m の大きさの金網を敷いている。

さて、用地が適当であるかどうかを調べるため、サイトアッテネー

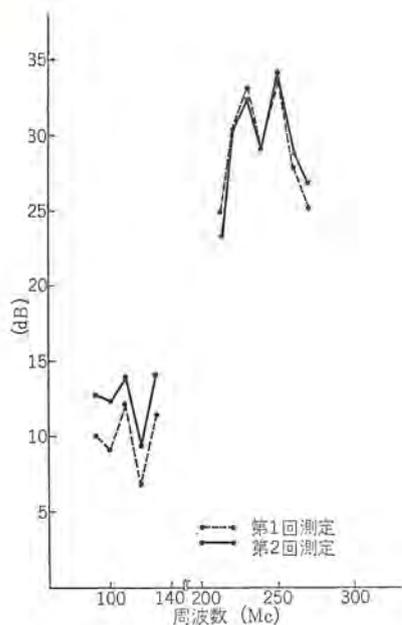


図 3.2 サイト・アッテネーション
Fig. 3.2 Site attenuation.

オンを測定する。測定結果は図 3.2 に示す。サイトアッテネーションと、送信小屋のターンテーブルの上にテレビジョン受像機の代わりに、標準信号発生器をおき受信アンテナ点に、 $100 \mu\text{V}/\text{m}$ の電界強度を生ずるに要する送信側（この場合標準信号発生器側） 300Ω フィーダの入力端子における有能電力を表わしたものである。このサイトアッテネーションの測定値を、IEC 法に記載されている標準の値と比較することにより、そのサイトの特長を知ることができる。

4. 3 m サイトにおける再現性

IEC 法による測定サイトを利用するにあたって、測定値の再現性を確認することは重要なことである。これを確認してはじめて IRE 法あるいは他のサイトとの相関をとる意味がでてくる。理想的なサイトにおいては受信機の状態さえ変わらなければ、いつ、だれが測定をしてもまったく同じデータが得られるわけであるが、実際にはセットの置き方、ケーブルのひきまわし方、サイトの状態、ハイトパターンのとらえ方、測定器側の問題などにより測定値が変化することは避けられない。

今回、屋上に設置した 3 m サイトにおいて、再現性に着目したいくつかの実験を行なったのでその結果を以下に報告する。1 台の受信機について 2 回から 4 回測定した。

実験に使用したのは次の 3 機種、4 台である。

- 受信機 No. 1 19 形 日本チャンネル 測定 2 回
(大形 ターレットチューナ 使用)
- No. 2 12 形 日本チャンネル 測定 2 回
(ディスクターレットチューナ 使用)
- No. 3 12 形 US チャンネル 測定 4 回
(ロータリースイッチチューナ 使用)
- No. 4 同上 測定 2 回

結論を先に述べると、

- (1) IEC 法における再現性は認められる。
- (2) 天候、地面の乾燥状態などによる影響は、あるとしても測定誤差範囲内 (2 dB 程度以下) である。(雨中、その直後は除く)
- (3) ハイトパターンをつかまえるときに、極大値と最大値を取り

違える可能性がかなりある。

(4) 機種による再現性の差はないといえる。

(5) 慎重に測定を行なえば、再現性測定時の標準偏差は 2.5

表 4.1 差の平均と標準偏差

受信機	回数	受信アンテナ	送信アンテナ接続	平均	標準偏差
No. 1	第2回と第1回の差	水 平	あ り	1.86	1.28
		水 平	な し	0.97	2.06
		垂 直	あ り	-0.56	1.93
		垂 直	な し	1.25	2.12
No. 2	第2回と第1回の差	水 平	あ り	-0.06	1.00
		水 平	な し	0.08	1.24
		垂 直	あ り	0.36	3.01
		垂 直	な し	1.16	2.53
No. 3	第4回と第1回の差	水 平	あ り	1.03	3.42
		水 平	な し	0.97	3.29
		垂 直	あ り	2.01	2.42
		垂 直	な し	1.39	1.57
No. 3	第4回と第2回の差	水 平	あ り	0.09	1.51
		水 平	な し	0.19	2.94
		垂 直	あ り	0.47	1.71
		垂 直	な し	0.33	1.83
No. 3	第4回と第3回の差	水 平	あ り	0.52	1.59
		水 平	な し	0.33	1.60
		垂 直	あ り	0.47	1.22
		垂 直	な し	-0.23	1.55
No. 4	第2回と第1回の差	水 平	あ り	-1.34	2.80
		水 平	な し	-3.64	4.62
		垂 直	あ り	-5.10	4.86
		垂 直	な し	-5.60	2.89

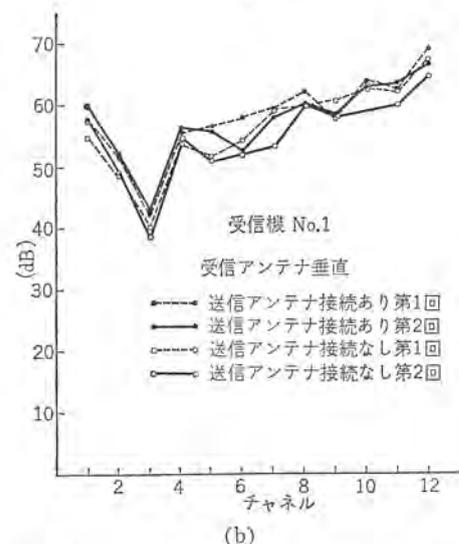
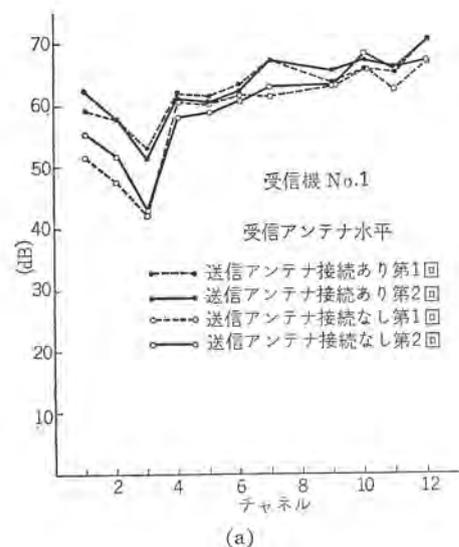


図 4.1 受信機の不要フック射測定値
Fig. 4.1 Television receiver measurements.

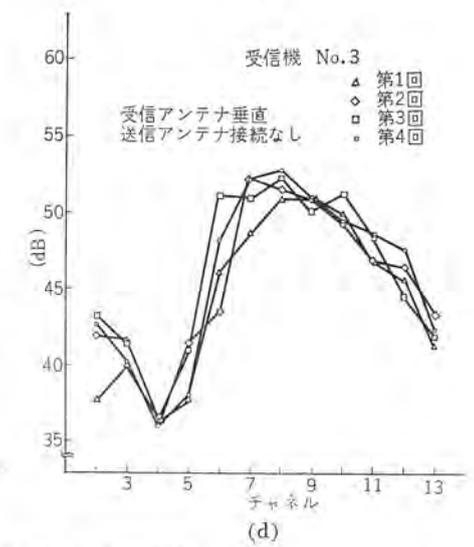
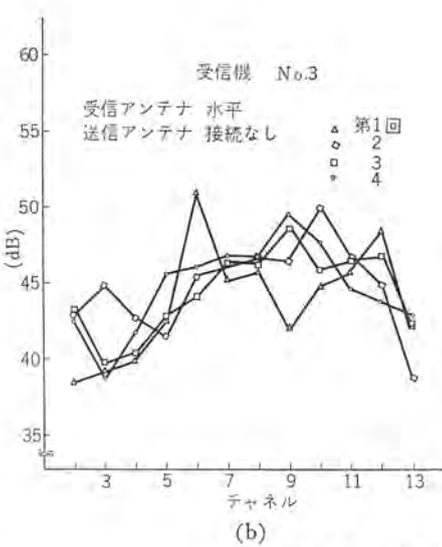
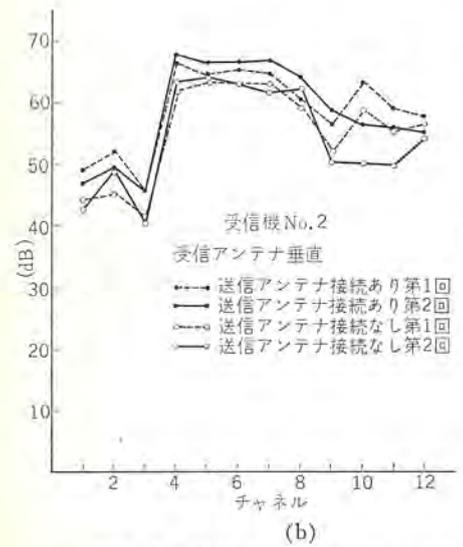
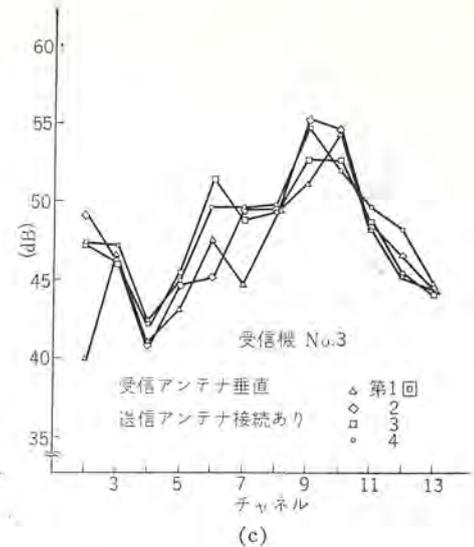
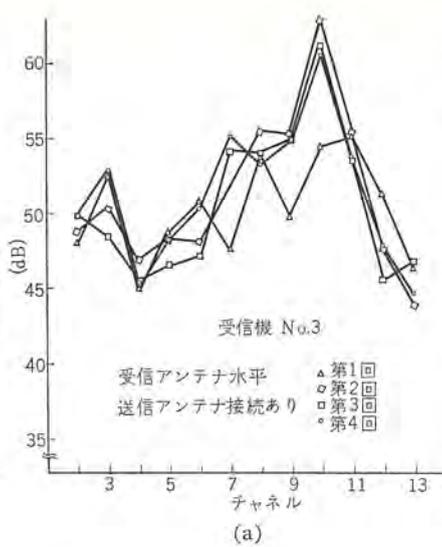


図 4.2 受信機の不要フク射測定値
Fig. 4.2 Television receiver measurements.

図 4.3 受信機の不要フク射測定値
Fig. 4.3 Television receiver measurements.

dB 以下となるものと思われる。

以上がわれわれの IEC サイトにおける再現性検討の結論であるが、サイトが変われば当然結果は変わるであろう。したがって、IEC 法における再現性をさらに一般的に調査するには、多くの サイトにおける実験が必要であるのはいうまでもない。

表 4.1 に示すのは測定を繰り返した場合の測定値の差の平均値、差の標準偏差である。

図 4.1~4.3 は測定結果を示したものである。受信アンテナ水平の場合（すなわち水平偏波成分）、垂直の場合（垂直偏波成分）それぞれについて送信アンテナを付けたとき、付けないときをグラフにまとめた。

表 4.1 の受信機 No. 4 の測定は、故意に測定者を変えて行なった場合のデータで差の平均、差の偏差ともに大きな値となっているが、これは主として測定者の「なれ」の問題と思われる。平均、偏差の大きな値はハイパターンの取り違え、および使用した電界強度計の較正の個人差あるいは妨害信号混入の見すごしなどが原因と考えられる。

表 4.1 から考えられることは、まず差の平均値が ± 2.0 dB、標準偏差が 3.0 dB を越える場合には、測定上なんらかの失敗があるのではないかということである。われわれのサイトでも測定を慎重に行なえば各チャンネルの差の最大値は 3.5 dB 以下にするこ

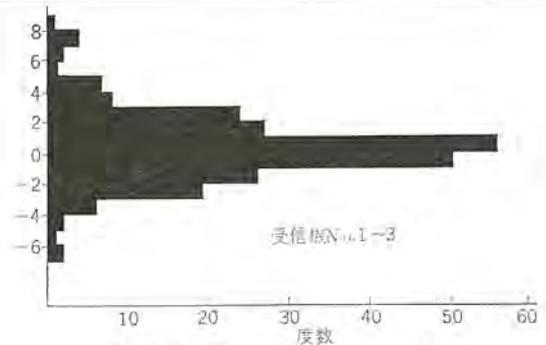


図 4.4 差の度数分布
Fig. 4.4 Frequency distribution of difference.

とは、まず可能であると思われる。なお図 4.4 に示すのは、受信機 No. 1~3 について 2 回あるいは 4 回測定したときの差の度数分布を示すものである。

今までの測定結果と、さらに測定サイトの使いやすさといった観点からして総合的に判断をした場合、次のような結論が導き出せるのではなかろうか。すなわち、再現性の測定を行なった場合、その標準偏差が 3.0 dB を越えるような測定サイトは不要フク射の測定には不適當である。

さて、再現性をよくするために測定を行なう上で注意を必要とする事項が多くあるが、そのうちとくに見すごしがちなものにつ

いて述べる。

1. 受信機の AGC 電圧を一定にしておくこと。

AGC 電圧が変化することにより、不要フク射に 2dB 内外の影響が生ずる。したがって不要フク射測定時に、AGC 調整のある受信機の場合はその位置を一定のところにセットしておく必要がある。ただし、一般に国内では VHF テレビの電波が届かないところは少なく、測定サイトにもテレビ電波の侵入することは十分考えられるので、これを受信することによる AGC 電圧の変化は避けられない。ただ、避けられないまでも影響を少なくするには原則として測定サイトの送信アンテナ、受信アンテナを結ぶ線が、テレビ放送電波到来方向と直角になるように考慮したほうがよく、これは同時に受信側がテレビ放送電波から受ける妨害を減少させるにも効果があるが、設置場所によって他の妨害源も考えなければならないこともある。

2. 受信機の微調ツマミに注意すること。

不要フク射測定において微調ツマミの位置（つまり発振周波数）が変わると、測定値が数 dB 変化する場合がある。このことからして測定の場合、微調ツマミを回わして測定値が最大となる個所を探し、その値を測定値として読みとることが考えられるが、実際には最大個所を探すのは、かなり手数のかかる作業でもあり、また最大個所が微調ツマミの回転範囲のかたよった側にあるときなどは、その位置ではそのチャンネルのテレビ信号が良好に受信できず受信機が実際にそのような微調位置で使用されるケースはほとんどありえないことになり、したがって、不要フク射の測定をその位置で行なう根拠も薄らぐ。結局、妥当な微調の位置は正規の局部発振周波数が得られるところがよいと思う。

3. ハイトパターンに注意すること。

IEC 法においてとくに注意すべきことであるが、送信側と受信アンテナの距離が 3m と近いと、受信アンテナを上下させた場合不要フク射がピークとなる位置が何箇所もあり、そのいずれが最大値を示すかを判別しにくい場合が多い。またフク射が送信アンテナからのみ行なわれているのではなく、地上約 1m におかれた受信機からも直接フク射されており、電界はこの両者の合成された値として得られるためかなり複雑なものとなり、誤った測定値を得る危険がある。いくつかの機種により、受信側アンテナの高さを変えて送信側アンテナ（受信機も含む）の水平面内フク射パターンをとっておくことも測定ミス避けるためには必要である。

4. 受信アンテナの高さの変化範囲

測定チャンネルあるいは測定項目によっては、電界が地面に近づくにつれて増加する場合があるが、一方受信アンテナの高さの変化範囲がきめられているため、最高値に達する手前で高さの制限にかかることもある。高さの変化範囲が測定周波数、あるいは項目により異なっているため制限範囲を取り違えたり、ルーズになったりする恐れもある。

5. IRE 法と IEC 法の相関

IRE 法と IEC 法との相異は、第 2 項にも述べたごとく測定距離の違いを除いて問題はないと思われるが、今までにこの相関に関するデータの発表例を見るに、容易には客観的な相関値が得られそうにない状況にある。たとえば、NHK 技術研究所における実験では 15.2 dB、RCA の実験では 20dB、1963 年 4 月の CISPR の委員会で発表されたイタリアの実験⁽⁴⁾では周波数により異なるが、水平偏波で 16.0~19.8dB、垂直偏波で 18.5~25.2dB

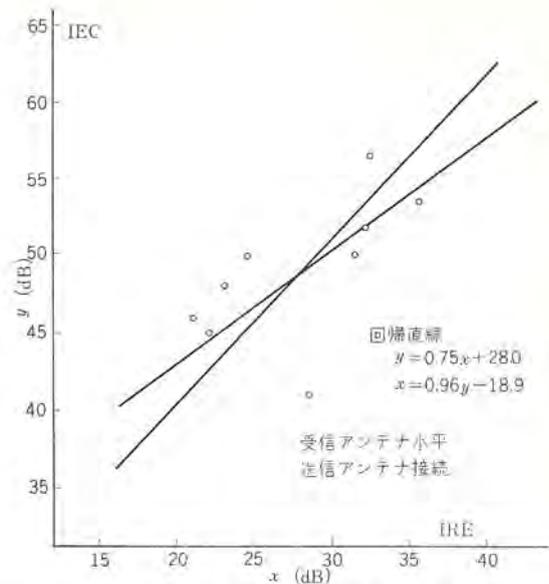


図 5.1 IRE 法と IEC 法の相関
Fig. 5.1 Correlation between IRE measurements and IEC measurements.

であり、また電子機械工業会関西支部メンバ合同で大阪府の羽曳野サイトで測定した結果では、水平偏波で 17.5dB、垂直偏波で 15.9dB といった値が発表されており、それぞれが数 dB 程度のかなり大きい標準偏差を持っている。ただ、IRE 法の距離 30m と IEC 法の距離 3m とから、ごくおおざっぱに 20dB の差といわれてはいる。ドイツでは UHF 帯の不要フク射測定距離 10m の代わりとして 30m も許容しており 10m での測定値から 10dB 差し引いて 30m での値とすることが規格⁽⁵⁾に示されている。10m と 30m との関係から 3m と 30m との相関を類推できることは限らない。近距離では機種によりかなり種々のフク射モードの存在することが今までの測定で察知できる。

われわれの 3m サイトを利用して IRE 法の 30m サイトとの相関をとるのは、これからの仕事であるが、できれば、まず 30m サイト同志間の相関、3m サイト同志間の相関をとることが IRE 法と IEC 法との相関を目的とする場合には賢明であると思われる。ただ、メカとしては自己の所有する測定サイトと、FCC 認定の 30m サイトあるいはヨーロッパの所要の国の政府機関のサイトとの相関をとれば、とりあえずの仕事にさしつかえないということにもなるが、これさえなかなか簡単なことではない。今後できるだけ多く確かなデータを集めて役だつような結果が出れば報告したい。

ご参考までに、本年はじめ関西電子工業振興センタの羽曳野サイトで実験した IEC 法と IRE 法との相関データを以下に記す。

(1) 受信アンテナ水平、送信アンテナ接続

IRE 法と IEC 法との差の平均 21.1 dB

差の偏差 3.7 dB

相関係数 0.75

回帰直線——IEC 法に対する IRE 法

$$y = 0.75x + 28.0$$

回帰直線——IRE 法に対する IEC 法

$$x = 0.96y - 18.9$$

(2) 受信アンテナ水平、送信アンテナ接続せず

IRE 法と IEC 法との差の平均 19.3 dB

差の偏差 5.8 dB

	相関係数	0.43
(3)	受信アンテナ垂直, 送信アンテナ接続	
	IRE法とIEC法との差の平均	19.2 dB
	差の偏差	5.6 dB
	相関係数	0.1
(4)	受信アンテナ垂直, 送信アンテナ接続せず	
	IRE法とIEC法との差の平均	18.3 dB
	差の偏差	6.3 dB
	相関係数	0.34

この種の測定は、多機種を受信機について繰り返し測定を行ないデータを集積しないと、信頼するにたる結果は得られない。上記測定結果で一応納得のいく数値が得られたのは、受信アンテナ水平かつ送信アンテナ接続の場合だけで、他の場合は無意味に近い結果となっている。

6. む す び

テレビジョン受信機からの不要フク射のうち、局部発振器による不要フク射の測定法について検討した。測定方法として基準的なものは、アメリカを中心とするIRE法とCISPRにより推奨されているIEC法がある。この二つの測定法には、本質的な差はないが一定の相関を得るには、なお多くの問題を内蔵していると思われる。IEC法には測定サイト設置、測定手数などからしても、IRE法に比較し、かなり便利になっているが再現性という点でやや難点があるとする意見もある。この点に関してわれわれの測定サイトで検討を行なったが、再現性は認められるとの結論を得ることができた。なお一般的にいうと、再現性を測定してその標準偏差が3

dBを越えるサイトは、実用的ではないとすべきであろう。十分な再現性を得るには、それ相応にサイトの諸条件、諸設備の整備が必要であると同時に測定者の習熟も必要である。今回のわれわれの測定は、単に2ヵ月にわたって行なったのみで、季節による変化については調査ができていない。もちろん常識的には、このような短い距離で季節が影響するとは思えないが、さらにデータを集積するという意味で季節変化も含めて実験を続けていきたい。

IEC法の利点は、サイトが容易に作れ、測定が比較的容易に行なえるということである。これらのことは非常に重要なことである。われわれが新しい受信機を設計試作した場合、不要フク射についても種々実験をつみかさね設計変更を行ない、満足のできる値にまでもってゆくわけであるが、測定サイトが手近な所にあるかどうか、測定が容易であるかどうかはこの場合、試作品の開発状態に非常に大きな影響を与える。あと、このサイトの特性を十分解析し検討し熟知することが残された課題で、これにより利用価値のいっそうの向上が期待できる。終わりに、この実験に協力いただいた関係各位に厚くお礼申し上げる。

参 考 文 献

- (1) Institute of Radio Engineers Standard 54 IRE 17, S1 (1952)
- (2) IEC Recommendation Publication 106 (1959)
- (3) A Roof Top 3 Meter Radiation Site. IEEE Trans. on BTR-9, No.2 July, (1963)
- (4) CISPR 12A(S) 54 April (1963)
- (5) VDE 0872 Part 1/7 61 Radio Interference Suppression for Sound and Television Broadcast Receiving Installations.

テレビジョン受信機の新中間周波数

浜田 恒 朗*・室 野 允 良*

New Intermediate Frequency for All Channel TV Receivers

Electronics Works Tsuneakira HAMADA・Nobuyoshi MURONO

To provide for the forthcoming regular TV broadcast on the UHF band, all wave receivers not operating on the converter system come in requirement. For this purpose a new intermediate frequency is needed by all means, but the selection of new frequency shall be made by meeting with a number of difficulties such as interference on images, on IF waves, of higher harmonics of IF waves, of cross modulation, from local oscillators and also questions of gain and passing bands. All these points taken into account, 58Mc band is taken up as the most appropriate for the use and new receivers are built for trial. This article expounds technological questions of the new IF and considerations left for future study.

1. ま え が き

将来における UHF 帯での TV 放送の本格化をひかえ、コンパ-タ方式によらない、すなわち シングルス-プ方式のオールウェ-ヴ受信機が要求され、この目的には現在 JIS 化されている映像 26.75 Mc の中間周波数は問題が多く、どうしてもこの目的に適合した新しい中間周波数が種々の面から検討されている。

TV 受信機の中間周波数選定にあたって考慮すべき事項はいろいろあるが、そのおもなものは

- (1) イメ-ジ妨害
- (2) 中間周波妨害
- (3) 中間周波変調波妨害
- (4) 混変調妨害
- (5) 局部発振器妨害
- (6) 利得および通過帯幅

以上のうち (1)~(5) は周波数の選定により必然的に決定されるものであり、(6) は受信機の設計、生産に関して大きな問題となる。この論文では、最初に中間周波数選定上の経緯を述べ、現在最も有力な周波数と考えられる 58.75 Mc について上記の諸問題を検討した結果を詳細に述べてある。次に回路設計上の問題について述べ、その内容を利得の向上、安定性、真空管およびその他の部品について、の3項目に分類してある。ここでは主として理論的考察を行ない、TV 受信機設計上のキーポイントを指摘している。第3に、上述した資料に基づいて試作した TV 受信機についてその概要、電気的性能、試作セ-ットの問題などおもな結果について述べた。試作セ-ットは十分慎重に検討したが、58.75 Mc の場合、技術上、生産上の問題があることを示した。

2. 新しい TV 受信機用中間周波数選定上の経緯

現在の TV 受信機用中間周波数は昭和 35 年に電波監理局の推奨周波数として、映像 26.75 Mc、音声 22.25 Mc に決定され、同時に JIS-C-6006-1960 が制定された。その後第2次チャンネルラ-ンに基づき、難聴視地域解消のため UHF によるテレビ放送が開始されたが、これらは局部的なものである性格上 ダ-ルス-プ方式すなわち、UHF 帯を VHF 帯に変換し、これをさらに市販の受信機で受信する方式がとられた。各メ-カはこのためのコンパ-タを生産し市販して需要に供している。

しかしわが国においても大電力の UHF TV 放送を近く開始したいという郵政当局の方針に対し、電子機械工業会としてはこれを重視し、昭和 37 年に郵政当局に対し受信機のコストダ-wn を計るため、シングルス-プ方式を採用できるような新しい中間周波数の検討を申し入れた。これに対し郵政当局はチャンネル間の局発妨害を除くという見地から、映像 52.75 Mc と 58.75 Mc の2案をそれぞれ提出してきたが、工業会で検討の結果 52.75 Mc ではその第2高周波が3CH に妨害を与えるため、不相当であることが判明したので 39 年7月の電波技術審議会で不相当と決まり、残る 58.75 Mc を引き続き検討することになった。

一方工業会としては 58.75 Mc は技術的にかなり問題を内蔵しており、受信機の価格面からして好ましからざるものであるとして別の周波数すなわち、44.75 Mc を同年 10 月ごろに提案し検討することになった。この案の根拠はアメリカの標準である 45.75 Mc で、これを日本チャンネルに適用すると CH1 に第2高周波妨害を生ずるため、これを避けて 1Mc 低くしたものである。この周波数の特長は第1にアメリカおよびヨーロッパの標準周波数に近いこと、部品および真空管が世界共通のものが使用できる。第2にアメリカなどへの輸出に対しても設計を変えることなく、ほとんど調整のみの変更で生産可能である、第3に性能的にも経験済であるから早期実施が可能である、などであるが、これの欠点としては高周波 ウェルダ の周波数 40.68 Mc と音声 40.25 Mc が近接しているために ウェルダ の近傍において妨害を受ける可能性のあることおよび、UHF 帯において 7CH おきにローカル妨害の出ることである。

39 年 11 月現在、電波技術審議会に対し、「58.75 Mc は望ましいが、なお問題が多いためさらに検討を要する。」旨答申されているが現在までのところ郵政局当からの声明は出されていない。しかし現在の段階ではある程度政治的な要素が強くなることも予想され、妨害に関する理論的な問題の少ない 58.75 Mc に決定されるのはほぼ時間の問題と考えられる。

表 2.1 は各中間周波数の妨害について比較対照したものである。

3. 新中間周波数の技術的問題点

ここでは、主として 58.75 Mc について、TV 受信機設計上考慮すべき技術的諸問題を検討する。

表 2.1 各種の中間周波数の問題点

問題点	電子機械工業会案		電波監理局案		J I S
	44.75 Mc		58.75 Mc		26.75 Mc
ローカル妨害	VHF チャンネル間の境界に落ちる UHF 7 CH 目に出る		VHF 問題なし UHF チャンネル間の境界に落ちる		OK
イメージ妨害	8 CH → 3 CH UHF 15 CH 目に出る		10 CH → 1 CH 11 CH → 2 CH 12 CH → 3 CH (比較的周波数が離れている)		OK
映像中間周波数の高調波妨害	4 th → 4 & 5 CH		3 rd → 4 & 5 CH		2 nd → 3 rd 4 th → 11 CH (妨害度大きい)
音声 IF (4-5 Mc) の高調波妨害	10 th (45 Mc)		13 th (58.5 Mc)		6 th (27 Mc)
その他の主要問題点	○高周波ウエルダの妨害が音声 (40.25 Mc) に入る (注) 高周波ウエルダの周波数は 40.68 Mc		○真空管, トランジスタおよび回路設計上の技術的問題 ○部品, セットの標準化, 生産性と関連するコストの問題 ○サービス関係の問題 (調整, 測定技術など)		○昭和 39 年 7 月不適当として取り下げられた

3.1 周波数割当上の問題点

映像中間周波数として 58.75 Mc を選定した場合, 必然的に起こる諸問題について少し詳しく述べる.

(1) イメージ妨害

図 3.1 に示されたごとく, 中間周波数を 32~63 Mc の間にとると, どうしても低いチャンネルと高いチャンネルがイメージ関係となる. すなわち, 58.75 Mc の場合には CH 10 と CH 1, CH 11 と CH 2, CH 12 と CH 3 が同じような関係となり, たとえば CH 1 でローカル周波数を 3.5 Mc 低い状態にすれば CH 10 がこのイメージ妨害を受けることになる. しかし, ローカル周波数が正規の状態では側帯帯同志のイメージとなるので, 妨害はきわめて少ないと考えられるが, 26.75 Mc の場合はほとんど問題のなかった項目なので, TV 受信機の設計にあたっては注意する必要があると考えられる.

(2) 中間周波妨害

これは, 他の電波発生源から直接 TV 受信機の中間周波増幅部に妨害を与えるもので, この中には各種無線局の送信電波, 高周波ウエルダなどの高周波利用設置がある. さしあたり, 58 Mc 帯では電々公社の移動無線, タクシ無線などが問題となるが, 前者については TV 受信機の中間周波数変更の際に行政上適切な再割当がなされるはずであり, 後者は現在 59, 61 Mc 帯などを使用しているが, 来年以後は 400 Mc 帯に切り換えられる予定である.

また高周波ウエルダについては, その周波数が 40.68 Mc などの 40 Mc 帯である関係上, 44.75 Mc や 38.75 Mc では問題となり, 電子機械工業会でも広範囲な調査を実施したが, 58.75 Mc の場合は, ほとんど問題ないと考えられる.

(3) 中間周波高調波妨害

これは中間周波出力の検波時に発生する高調波によるビート妨害であって, 58.75 Mc の場合は映像中間周波数の第 3 次高調波が CH 4 と CH 5 に妨害を与える, すなわち, CH 4 ではローカル周波数が正規より約 1.67 Mc 低い所で, また CH 5 では同じく 0.33 Mc 高い所でビートが発生する. しかもこの場合は 26.75 Mc と違って, 第 3 次高調波なのでその勢力が非常に強く, 受信機の設計上非常に大きな問題となることが予想される. この対策としては, 検波段の完全シールド, AGC ライン, ヒータライン, B 回路などの配置, RF チョークのそう入, バイパスコンデンサのアース点などを十分検討する必要がある.

さらに, より完全を期すためには映像検波出力側に第 3 次高調波用のトラップを設けることが望ましいと思われる.

(4) 混変調妨害

同一地区における二つの TV チャンネルの周波数差が中間周波帯に落ちることによって発生する妨害で, とくに電界強度 90 dB 以上の強電界地域で起こるので, 受信機側ではアンテナ入力回路に 15 dB 程度の減衰器を付加するなどによりこの妨害を防いでいる. しかし 58.75 Mc の場合は周波数的にこのようなことは発生しないので, ほとんど問題はないと考えられる.

(5) 局部発振器妨害

これはあるチャンネルを受信している受信機の局部発振器からのフック射電界が, 他のチャンネルを受信中の他のセットに与える妨害であって, 58.75 Mc の場合は図 3.1 からわかるように VHF, UHF とともにほとんど問題ないと考えられる.

なお欧米の先例にならって, 現在日本でも局部発振器からのフック射量を法的に規制しようとする方向に進んでいるが, 58.75 Mc では, 受信周波数帯と局部発振周波数が比較的離れているため, アンテナ入力回路, 高周波増幅回路の選択性からアンテナ端子からのフック射量は 26.75 Mc より少なくなることが予想される. また局部発振周波数が高くなるため, 他の面では問題があっても, この点では有利であると思われる.

3.2 回路設計上の諸問題

一般に周波数が 50 Mc 以上になると, 回路設計の面で非常にむずかしい問題が多くなる. すなわち, 所要利得の問題をはじめ, 回路の安定性, 使用真空管および部品類など, 回路設計上考慮すべき多くの問題

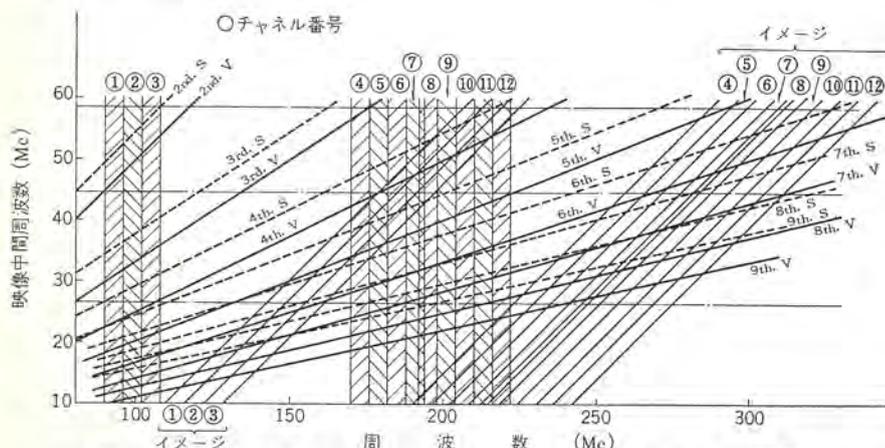


図 3.1 映像中間周波数とテレビチャンネル, イメージおよび IF 高調波の関係
Fig. 3.1 Frequency diagram of TV channel, image, IF harmonics and video IF carriers.

が発生する。

3.2.1 利得の向上

通常の TV 受信機の場合、最大感度を $10 \mu\text{V}$ とすると少なくとも映像増幅系の総合利得は約 120 dB 必要となる。今、チューナ段の増幅度を約 30 dB、映像増幅器の利得を約 27~28 dB とすると、映像検波段における損失を考慮すれば、中間周波増幅段の所要利得は約 70~80 dB となる。実際に現在の TV 受信機では中間周波増幅段の最大利得は 90 dB 以上となっている。ところで、一般に真空管式増幅器において真空管の C_{pg} を考慮した場合の許容最大利得、 G_{om} は次式で与えられる。

$$G_{om} \propto \omega^{-\frac{1}{2}} \cdot (G_m / C_{pg})^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

ただし、 G_m : 相互コンダクタンス
 ω : 角周波数、

したがって、中間周波数が 26.75 Mc から 58.75 Mc となった場合、理論的に同一利得を得るためには、 G_m / C_{pg} の値が現在より約 2.2 倍大きい真空管を使用しなければならない。(表 3.1 参照)。もっとも最近、中間周波増幅用として高 G_m の 5 極フレームグリッド管が多種開発され、実用化されているが、これは真空管だけで解決されるべき問題ではなく、回路の諸損失を少なくする対策を同時に考慮しなければならない。なお UHF の場合は、VHF チューナ部を UHF 用の中間周波増幅段の一部として利用する方式が実用化されているので、利得上はむしろ有利となる。

表 3.1 中間周波増幅用真空管の諸定数

	3EH7	3EJ7	3JC6	3JD6	3BZ6
入力容量 C_{in} (pF)	10	10	8.2	8.2	7
出力容量 C_{out} (pF)	3	3	3	3	3
プレート、グリッド間容量 C_{pg} (pF)	≤ 0.005	≤ 0.005	≤ 0.019	≤ 0.019	≤ 0.025
相互コンダクタンス G_m (mΩ)	12.5	15	15	14	8
G_m / C_{pg}	$\geq 2,500$	$\geq 3,000$	≥ 800	≥ 740	≥ 320
入力抵抗 R_{in} (57 Mc での実測値)	—	10 kΩ	—	21 kΩ	—

(1) 回路方式による利得差

TV 受信機の中間周波増幅器は通常 スタグ方式を採用しているが、各段の利得は結合回路の形により異なっている。たとえば、

結合回路	GB 積
単同調	$G_m \cdot 2\pi C$
パイファイナトランス結合 (結合度=1)	$G_m / 4\pi \sqrt{C_1 C_2}$
限界結合複同調	$\theta_1 = \theta_2 \quad \sqrt{2} G_m / 2\pi (C_1 + C_2)$
"	$\theta_1 / \theta_2 \text{ or } \theta_2 / \theta_1 \gg 1 \quad G_m / \pi (C_1 + C_2)$

ただし、 C : 回路の全容量、

$$C_1: 1 \text{ 次側容量}, C_2: 2 \text{ 次側容量} \quad \dots\dots (3.2)$$

したがって、一般的には複同調形のほうが利得の点で有利である。しかし、TV 受信機の量産性を考慮した場合、回路素子の複雑さおよび調整上の問題などからは、やはり単同調形を採用するのが望ましいと思われる。しかも TV 受信機の中間周波増幅部の位相特性上、最もすぐれていると考えられる遅延時間平坦特性を得ようとするれば、複同調形ではその結合度を臨界結合の $1/\sqrt{3}$ にしなければならないことが知られている。したがって、この場合はかなり疎結合となるので、利得を上げることはむずかしい。

以上の観点から、全面的に複同調形を採用するよりも単同調形によるスタグ方式を基本とし、入力側と出力側で著しくインピーダンスや Q の異なる段 (たとえば映像検波回路の入力段) に複同調形を使用するのが得策だと考えられる。しかも単同調結合の部

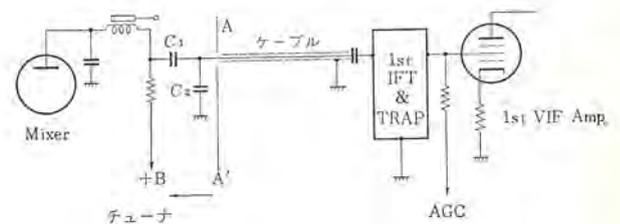
分をあらかじめ単峰特性としておき、複同調結合の結合度を適当に調整することによって、全体として利得を上げることも、さらに所要の総合特性を得ることも可能である。総合特性としては上述のように、遅延時間平坦特性が望ましいが、この場合は利得の点で振幅平坦特性の場合より不利である。(たとえば 2 段スタグの場合、振幅平坦特性の利得を 1 とすると、遅延時間平坦特性の場合は、理論上約 0.86 となる。)

なお設計上、複同調形結合回路は単同調による 2 段スタグの場合と利得を除く、あらゆる特性が全く同一となるので、一般的なスタグ回路の設計式を流用することができるので便利である。

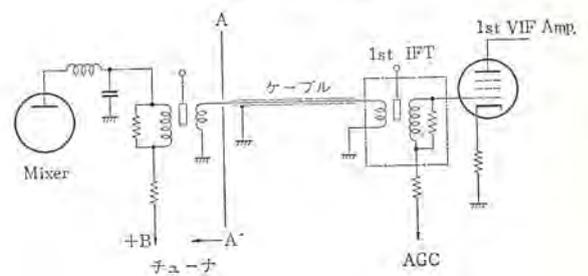
(2) 回路の整合

総合利得を上げるためにも、回路の安定性にとってもインピーダンス整合、電力整合はとくに重要な問題である。

まず第 1 に、TV 受信機ではチューナと中間周波増幅段との間がかなり離れている場合が多く、この段での損失が問題になることが多い。チューナ部との結合回路としては図 3.2 に示すように、C 結合形と M 結合形が考えられるが、中間周波数が高くなって所要帯域幅が比較のとりやすい場合は、容量 C_2 により容易に回路の Q が変化でき、所望の特性が得られやすく、またインピーダンス整合もできる C 結合形が適していると考えられる。なお C 結合形は同一帯域幅の場合、われわれの実験では M 結合形に比べて 3~4 dB 利得が上がることを確認している。さらに回路の特性インピーダンスの不整合が、その位相特性に与える影響は周波数が高くなればなるほど大きくなるので、58.75 Mc の場合はとく



(a) C 結合形



(b) M 結合形

図 3.2 チューナ段との結合回路の一例
 Fig. 3.2 Typical coupling circuits between tuner and IF stage.

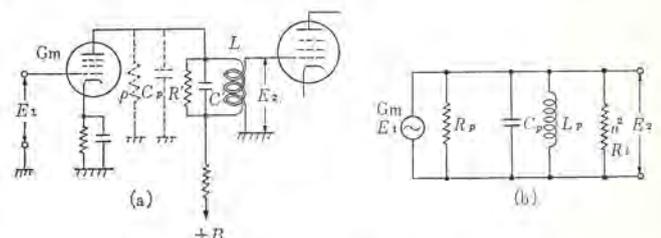


図 3.3 (a) 単同調結合の一例 (b) 等価回路
 Fig. 3.3 Example of single tuned coupling circuits,
 (a) actual circuit, (b) equivalent circuit.

に回路の整合が重要な問題となる。

次に結合回路の電力整合については次のように考えればよい。

今、図 3.3 (a) のような単同調結合を考えると、その等価回路は同図 (b) になる。単同調形 IFT (パイファイラ巻など) で電力整合をとるためには巻数比を $n:1$ にすればよいと、仮定すると、同調素子の Q_0 を含めたこの回路全体の同調インピーダンス、 P_T がスタガ方式の設計計算から導出される各段の担当周波数、 f_T と担当選択度を表わす Q_T から与えられることを利用して、1 次インダクタンス、 L_P 、1 次等価合成容量、 C_P および巻数比 n を次のようにして求めればよい。

$$\left. \begin{aligned} P_T &= Q_T \cdot \sqrt{L_P / C_P} \\ f_T &= 1 / 2\pi \sqrt{L_P C_P} \\ 1/P_T &= 1/R_P + 1/P_0 + 1/n^2 R_t \\ P_0 &= Q_0 \sqrt{L_P / C_P} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3.3)$$

$$\text{電力整合の条件 } 1/R_P + 1/P_0 = 1/n^2 R_t \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

式 (3.3), (3.4) から、たとえば

$$n = \sqrt{\frac{R_P}{R_t} \left(1 - \frac{2Q_T}{Q_0}\right)} \quad \dots\dots\dots (3.5)$$

ただし $Q_0 > 2Q_T$

同様に C_P および L_P も導出できるが、この場合、実際の使用条件において、 R_P , R_t , Q_0 の値を実測する必要がある。したがって、近似的に計算値を求めて後、実験によって所要の特性を得るよう諸定数を決定するほうが早道かも知れない。

また復同調形の場合でも、結合度および回路の等価合成容量は異なるが、上と同様にして電力整合をとることができる。

なおいずれの場合でも、特殊な巻線方法等によって周波数上昇に伴うコイル自身の実効 Q の低下をできるだけ補償するようしなければならないことは当然である。

(3) トラップの影響

TV 受信機の間周波増幅段にそう入されるトラップは通常、隣接チャンネル音声トラップ (映像中間周波数 58.75 Mc の場合はその同調周波数は 60.25 Mc) と音声搬送波トラップ (54.25 Mc) とがある。26 Mc 帯の場合は両者とも、M 結合による吸収形トラップが多く用いられているが、中間周波数が 58.75 Mc になると、トラップ自身の Q の低下、同調周波数および減衰度の温度特性の点で、吸収形トラップを使用することはできない。26 Mc 帯の場合でも振幅特性への影響が小さく、しかもトラップのハネカエリ現象をできるだけ少なくしようとするれば、どうしてもトラップの減衰度を 35 dB 以上にするにはむずかしい、しかし隣接 CH 音声トラップは総合振幅特性への影響が小さければできるだけ減衰度が大きいことが望ましい。したがって、隣接 CH 音声トラップとして、図 3.4 のようなバイファイラ T 形トラップを使用した。これに関する詳細な解析は省略するが、シャント抵抗 R_b が L_t, C_t からなるトラップ等価直列抵抗を相殺するような負性抵抗 ($-\omega^2 L_t^2 / R_b$) を生じるために、トラップの減衰度をかなり深くとることができる。

また、図 3.4 で総合振幅特性上にハネカエリ現象がでるが、これは $R_b, L/L_t$ の値を適当に調整することによって、所要の振幅特性においてトラップの影響を小さくすることも可能である。

しかし、振幅特性への影響をまったくなくすることはむずかしく、減衰度 50 dB のときに、映像搬送波レベルの 2 dB 程度の減衰は避けられないと思う。ただしこのトラップの影響は中心周波数よりトラップ側に現われるので中心周波数における総合利得はほとんど変化しない。

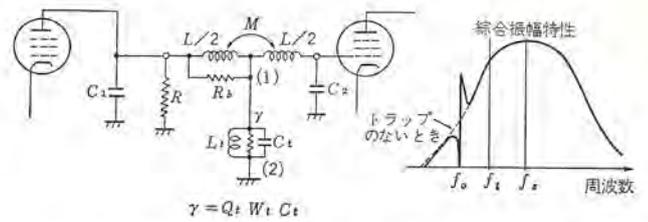


図 3.4 バイファイラ T トラップの基本回路
Fig. 3.4 Basic circuit of bifilar T trap and typical amplitude response.

一方、音声搬送波トラップの場合は、そのインピーダンスの変化特性からバイファイラ T 形トラップの使用はむずかしく、しかも減衰度を 25~30 dB に押える必要があるので、温度特性を犠牲にしない限り同調素子の Q をできるだけ大きくした直列共振形トラップや直並列共振形トラップ、またはこれらと吸収形トラップの併用が望ましい。ただし、この場合は総合利得の 2~3 dB 程度の低下は覚悟しなければならない。

3.2.2 安定性

(1) 真空管の入力抵抗および入力容量の補償

漂遊容量を同調容量として利用する場合は、中間周波増幅段の総合振幅特性の安定性を考える上で真空管の電極間容量の変化が大きな問題となる。とくに周波数が高くなると振幅特性に及ぼす影響がそれだけ大きくなる。

一般に、真空管の入力抵抗、 C_{in} の変化は空間電荷の変化と、 C_{p0} による帰還により起こるもので、グリッドバイアスを浅くすると増大する傾向にある。このような入力容量の変化を軽減するために、通常カソード抵抗による電流帰還が用いられている。これはカソード抵抗により真空管の実効 G_m が小さくなり、したがって C_{p0} によるフィードバックが少なくなって C_{in} の変化が押えられるからである。なお、このカソード抵抗により入力抵抗、 R_{in} の変化も補償されるので、電流帰還量をかなり大きくしない限り全体の利得はほとんど変化しない。

カソード抵抗による C_{in} , R_{in} の補償の様態を図 3.5 に示す。従って適当なカソード抵抗を用いれば、総合振幅特性の AGC バイアスによる変化をまったくなくすることも、また逆に図 3.6 のような特性にすることも可能である。図 3.6 の振幅特性は弱電界で帯域幅が狭くなり、実効 S/N がよくなる利点を持っている。

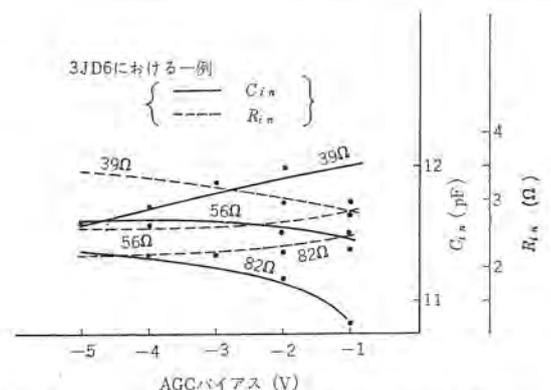


図 3.5 カソード抵抗による入力容量、入力抵抗の変化 (一例)
Fig. 3.5 Changes of input resistance and capacitance of 3JD6 frame-grid pentode caused by cathode resistance.

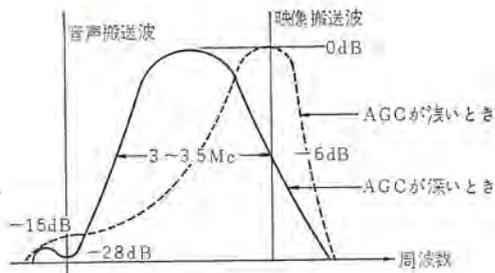


図 3.6 振幅特性の一例
Fig. 3.6 Typical IF amplitude response.

(2) 高調波によるビートおよび不安定要素

これらの問題は、すべて 26 Mc 帯の中間周波増幅器にもそのままあてはまるのであるが、ただこの場合は回路の漂遊容量などの影響が大きくなるので、よりいっそう注意する必要があるということである。とくに 58.75 Mc では、前述のごとく第3次高調波が CH4, CH5 に落ちるので、基本波のフィルタの他に第3次高調波用のトラップを映像検波出力段に装着する必要がある。

なお映像検波用には半導体ダイオードを使用するのが望ましく、さらに完全なシールドが必要なことはいうまでもない。

また高 G_m 5 極管では、しばしば 100~200 Mc 帯での寄生振動が発生する。これは低レベルの増幅段でとくに発生しやすくスクリーンバイパスのリード長やアース点およびスクリーンバイパスの容量に注意を払い、必要ならば寄生振動吸収用のタンク回路を装着することも考えなければならない。

一般に小形セラミックコンデンサなどのリード線は 1cm あたり約 0.006 μH のインダクタンスを有するので、とくに周波数の高い場合は、バイパスコンデンサの使用にも十分注意する必要がある。さらに高利得中間周波増幅器では常に再生振動の問題が起こる。とくに TV 受信機のように量産される場合には安定性の点で十分吟味しなければならない条件の一つと考えられる。

そのためには設計上、きわめて常識的な諸注意事項、たとえば回路素子の配置、シールド、フィルタ、アース点、中和などに十分な配慮をする必要がある。なお、再生振動の場合は、総合振幅特性の AGC による異常な波形変化が見られることが多い。

(3) 温度特性その他

中間周波数が高くなると、真空管の入力抵抗の減少、コイル自身の Q を上げる必要性などから必然的にダンピング抵抗の値を大きくしなければならず、このために総合振幅特性およびトラップの温度特性が悪くなる。しかし、中間周波増幅段では同調容量として漂遊容量を使用するために、コイルの温度補償はむずかしく、コイルの形状の改良やコアの温度特性にたよるざるをえない。しかし、トラップの場合は、別に同調容量を使用するのでその温度係数を調整して温度補償をすることはできるが、26 Mc 帯の場合に比べると同調容量値が小さく、漂遊容量の影響が大きいため非常にむずかしくなる。さらにコアのヒストリックに対する周波数変化が大きくなりコイル自身のインダクタンスの減少とあいまって、衝撃による変化や経年変化が大きく、また電源電圧の変動による振幅特性の変化も大きくなるなど、非常に不利となる点が多い。

3.2.3 真空管およびその他の部品

TV 受信機の中間周波増幅管などに要求される最も重要な性能は「高利得、低雑音」ということができよう。そしてこの要求に最も適合しているのが高 G_m の 5 極 フレームグリッド管である。これらは G_m が高く、等価雑音抵抗、雑音コンダクタンス、入力容

テレビジョン 受信機の新中間周波数・浜田・室野

量、入力コンダクタンスが小さいというすぐれた特性を有し、さらに TV 受信機用として不可欠な均一性、量産性も備えている。

たとえば、最近の代表的なものとしては、表 2.2 に上げた 3EH7, 3JD6 などがあり、スクリーングリッドの内蔵による C_{pg} の減少、カソード電極リード、スクリーン電極リードの延長などにより、種々の帰還から起こる利得の低下も同時に補償している。したがってこれらの高能率、高性能フレームグリッド管を使用すれば 58 Mc 帯でも真空管の問題は比較的少ないと考えられる。

しかし、真空管入力抵抗の周波数による変化はどうしてもなく、このために回路素子および安定性の面での不利はどうしてもまぬがれないことである。ちなみに、真空管の入力抵抗 R_{in} は

$$R_{in} \propto 1/f^2 \cdot G_m \dots\dots\dots (3.6)$$

したがって、 G_m の高いフレームグリッド管では R_{in} の減少はさ

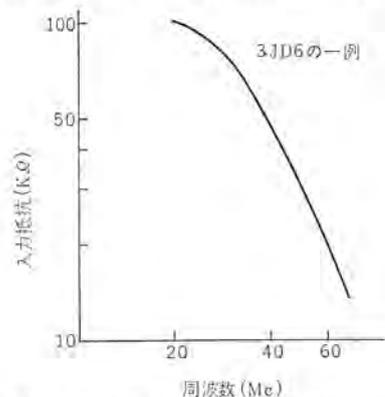
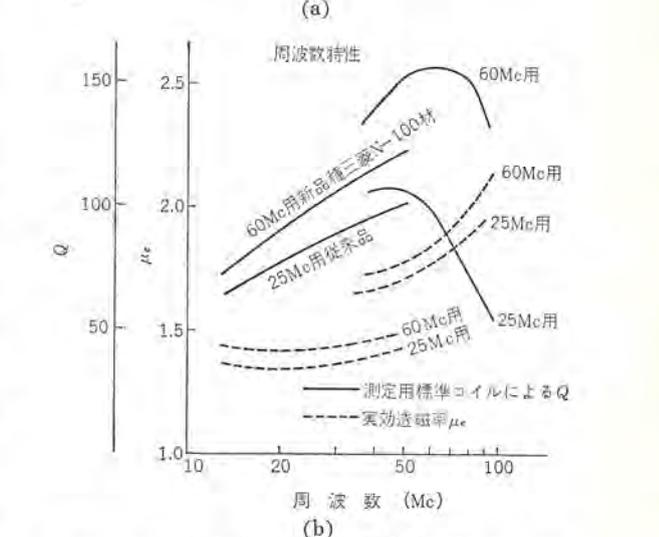
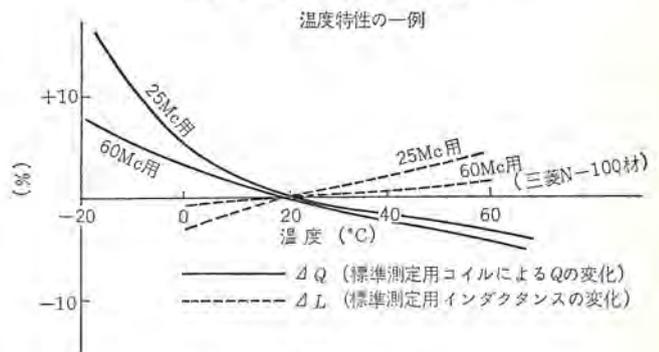


図 3.7 真空管入力抵抗の周波数変化 (一例)
Fig. 3.7 Change of input impedance of tube due to frequency. (example)



(注) 曲線上の不連続は測定器変更のため
図 3.8 60 Mc 帯用高周波フェリコアの特性 (一例)
Fig. 3.8 Q and L affected by temperature and frequency of Mitsubishi ferrite core N-100.

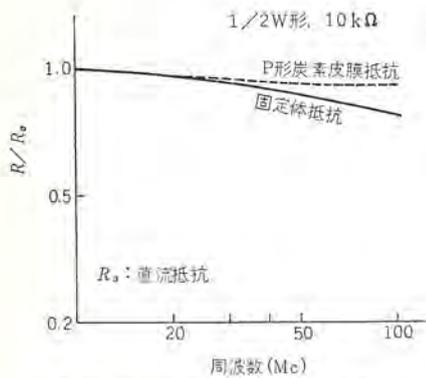


図 3.9 固定体抵抗器の高周波特性 (一例)

Fig. 3.9 Relative resistance affected by frequency. (example)

らに大きくなることがわかる。真空管入力抵抗の周波数変化の一例を図 3.7 に示す。

なお中間周波数が高くなった場合、すでに実用化されていることではあるが、チューナ部の周波数変換段では、5CG8, 4GS7 等のフレームグリッド 5 極 ミキサ管により変換コンダクタンスを高く、また高周波数増幅段では、2GK5, 2HA5, ニューピスタなどの中和方式単 3 極増幅管により雑音指数を小さくするなどの諸方を同時に実施する必要がある。

次に真空管以外の使用部品の中では、まず高周波用コアの特性が問題になる。すなわち、周波数が高くなると同調素子の Q を上げるためにコアの実効 Q 、実効透磁率をできるだけ大きくする必要があり、さらに前述したとおり、中間周波増幅段の振幅特性の温度特性は、コアの温度特性の影響が非常に大きいので、これも大きな要素となる。これらの要求に応ずるために 60 Mc 帯用として種々の高周波用コアが開発されているが、その一例を図 3.8 に示す。

その他の部品としては、同調素子のダンピング抵抗として使用する固定体抵抗器の高周波特性 (図 3.9 参照)、真空管用ソケット、プリント基板、同調素子用ボビンなどの材質、バイパスコンデンサなどにも細心の注意が肝要である。

4. 新中間周波数による TV 受信機の試作

4.1 試作セットの概要

新中間周波数 58.75 Mc の有する技術的諸問題を調査、検討するために、映像中間周波数 58.75 Mc の白黒真空管式 TV 受信機を試作したのでその概要を述べる。

設計にあたっては上述したような問題点を十分考慮しながら、基本的には映像検波入力段を複同調形とする 3 段スタグ方式、遅延時間平坦特性の設計公式を使用した。単同調と複同調形が混在する場合にも、各段の担当利得および通過帯域内での利得許容値を適当に配分することによって、通常スタグ回路の設計公式を使用することができる。これは複同調形結合回路は前述したように、2 段スタグの単同調の場合と同じ特性を有するからである。しかし、各段の配線容量を含む漂遊容量の差や、チューナ部との結合回路の損失などのために、各段の担当周波数や帯域幅の計算値は若干修正しなければならなかった。したがって、トラップそう入による影響、チューナとの結合回路のインピーダンス整合および各段の電力整合を含む最終的な各担当周波数と帯域幅は実験的に決定した。さらにチューナとの結合回路は 3.2.1 項で述べた理由から

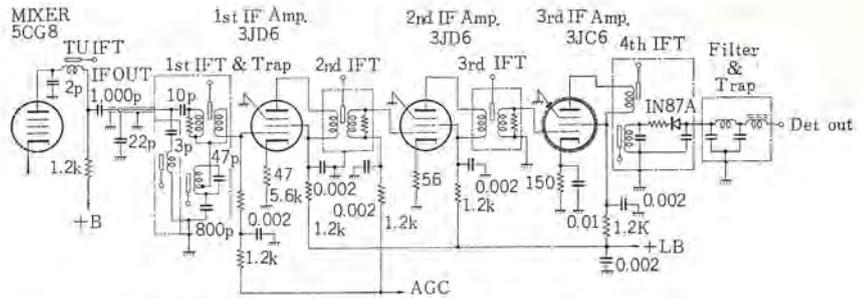


図 4.1 映像中間周波増幅回路の一例 (58.75 Mc の場合)
Fig. 4.1 Example of schematic of 58.75Mc IF amplifier.

C 結合形とし、隣接 CH 音声トラップとしてパイファイラ T 形トラップを、音声搬送波トラップとして直列共振形トラップを採用した。

次に、真空管については種々の品種を吟味したが、主として以下に示す理由から 3JD6, 3JC6 を採用した。

これらの品種は表 3.1 に示した G_m/C_{pg} の値が 3EH7 などに比べてかなり小さいので、この点では周波数の高い場合に不利と考えられやすいが、実際の中間周波増幅回路ではその結合回路の構造上、同調素子の Q が全体の利得に及ぼす影響が大きく、したがって、同調素子の Q を上げるためには、同調容量の一部となる真空管入力容量 C_{in} が小さく、かつ入力抵抗 R_{in} の大きい真空管のほうが、実用上有利となる。また、3EH7, 3EJ7 についてはスクリーングリッド損失の定格が小さいことも実用上の難点となっている。

さらに各同調素子はコイル自体の Q を上げるために、通常のパイファイラ巻ではなく、それぞれ特殊な巻線方法により、しかも複同調形を除いて一つのコアで調整できるような構造とした。かつ同調用コアとして、新らしく 60 Mc 帯用に開発された当社大船製作所製 N-100 材を使用したので、同調時の実効 Q が約 5~10% 高くなった。

その他、映像検波用ダイオードとしては高パービアンチ形の IN87A を使用することにより検波出力が従来より約 1~2 dB 大きくなり、また、映像検波出力段には通常の低域フィルタの他に第 3 次高調波用のトラップを追加した。図 4.1 は試作セットの中間周波増幅回路の一例を示すものである。

4.2 試作セットの電気的性能

試作セットは JIS の TV 受信機試験法の別法に従って、映像部の試験を行なったが、そのおもな結果を次に示す。(ただし、VHF について)

- | | |
|---|------------|
| (1) 総合帯域幅 | 2.9~3.2 Mc |
| (2) 音声搬送波減衰度 (映像基準) | 20~24 dB |
| (3) 隣接 CH 音声搬送波減衰度 (映像基準) | 35~41 dB |
| (4) 最大感度 (1 μ V=0 dB) | 26~32 dB |
| (5) 雑音制限感度 (") | 54~57 dB |
| (6) イメージ比 | 64~80 dB |
| (7) 中間周波妨害比 | 50~77 dB |
| (8) 1 信号選択度 | 図 4.2 |
| (9) 中間周波増幅段の総合振幅特性 (IF レスポンス) の温度特性 (図 4.3) | |

以上のデータから、中間周波数が 58.75 MC になるとイメージ比は確かによくなっていることはわかるが、一方、雑音制限感度はやや悪くなり、他の特性はほぼ同様と考えられる。さらに IF

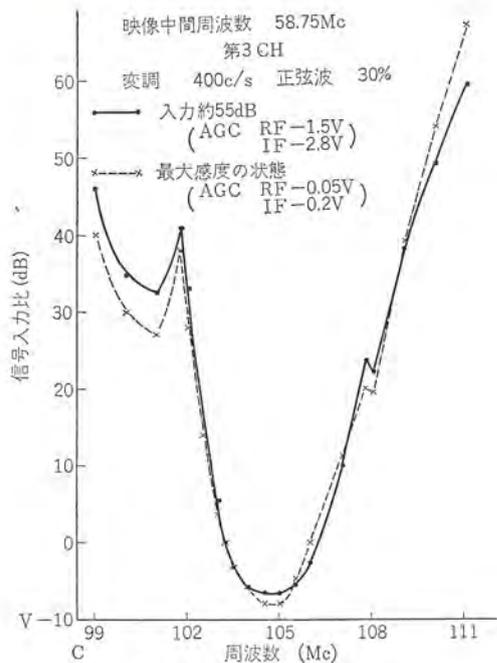


図 4.2 選択度特性
Fig. 4.2 Selectivity.

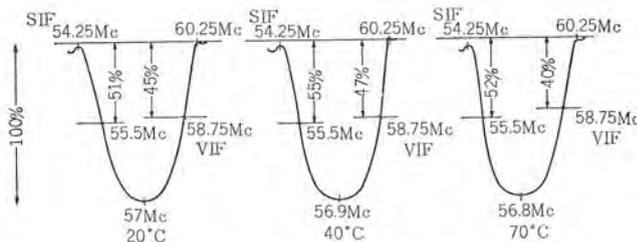


図 4.3 IF レスポンスの温度特性
Fig. 4.3 IF amplitude response due to temperature.

レスポンスの温度特性では映像搬送波レベルが約5%変動し、温度が上昇するにつれて中心周波数が0.2Mc位低くなっていることがわかる。ただし、隣接CH、音声搬送波両トラフは同調容量の温度係数の選択により、同調周波数のズレを±0.1Mc以内に押えることができた。ただし温度が70°Cになると減衰度が約2dB低下する。また図3.2からわかるように、AGCパイアスが浅くなったときのIFレスポンスの波形変化が大きく、映像搬送波レベルの低下も、26Mc帯の場合より大きくなっている。試作セットの結果から総合的結論を出すことはできないが以上のような点で、問題が残ると考えられる。

なお、中間周波高調波妨害については、試作セットの実験結果では26Mc帯よりやや大きいと考えられる程度であったが、さらに広範囲な調査、検討を待たなければ結論づけることはできない。次に、設計時に意図した中間周波増幅段の遅延時間平坦特性の実現度を確認するために、方形波による過渡特性を観察する方法を試みた。

一般的に振幅平坦特性と遅延時間平坦特性とを比較すると、その周波数特性および方形波による過渡特性は図4.4のようになることが知られている。そして、振幅平坦特性の場合、100kc程度の繰り返し周波数の方形波による過渡特性ではスミヤ回路の段数が増すにつれて、スミヤ、リーディングホワイトが増加する傾向にある。また、映像搬送波レベルが振幅特性の6dB減衰点からズレると過渡特性が劣化する。すなわち、減衰の少ないほうへズレる

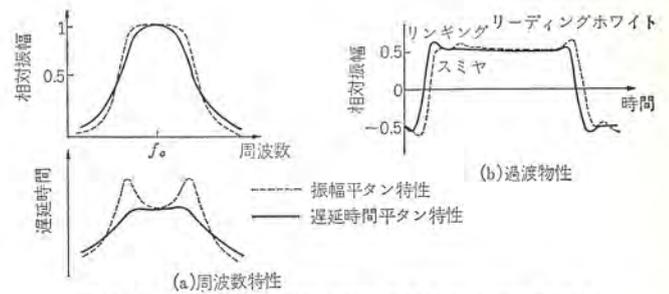
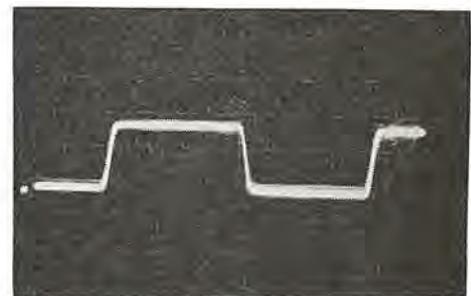
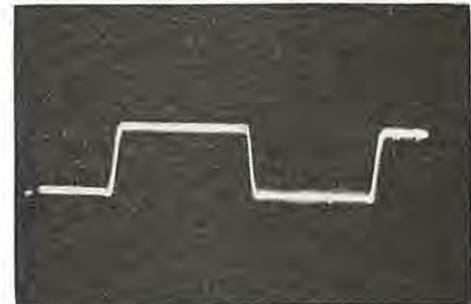


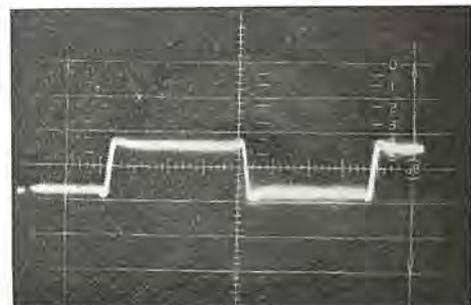
図 4.4 中間周波増幅器の周波数特性および過渡特性
Fig. 4.4 Example of frequency response.



(a) ローカル周波数 -2Mc



(b) ローカル周波数正規



(c) ローカル周波数 +0.5Mc

図 4.5 試作セット 中間周波増幅器の過渡特性 (100kc 方形波)

Fig. 4.5 Transient response of IF stage from mixer grid to detector output.

(ローカル周波数が低くなる)とリーディングホワイトは減少するが、スミヤが増加し、減衰の大きいほうへズレる(ローカル周波数が高くなる)とその逆の現象が起こる。しかし遅延時間平坦特性の場合は、この種の過渡特性の劣化は非常に少なくなる。

図4.5に試作セットの繰り返し周波数100kcの方形波による過渡特性を示す。この図から見て、振幅平坦に比べてリーディングホワイトがかなり減少し、過渡特性は改善されているが、ややスミヤが残り、完全な遅延時間平坦特性にはなっていない。しかし、中間周波数58.75Mcの場合は、前述のごとく、いろいろな条件から所要利得が得られにくいので、実用上、画質の劣化を招かな

い程度に総合利得との妥協が必要である。

また、試作セットのIFレスポンスのAGCバイアスによる波形変化や温度特性を考慮すると、常に遅延時間平均特性を維持することは非常にむずかしいと考えられ、逆に弱電界では、帯域幅を狭くして実効S/Nおよび総合利得の向上をはかるべきであろう。

なお中間周波増幅段の過渡特性の解析には、しばしば正弦二乗波信号が用いられるが、これについては参考文献(11)などを参照されたい。

4.3 試作セットの問題点

映像中間周波数 58.75 Mc のほかに、44.75 Mc の TV 受信機も同時に試作し、比較検討を行なったが、この場合は同様の回路構成により、真空管は 26 Mc 帯と同じ品種(3BZ6, 3CB6 等)を使用して、58.75 Mc の場合と同等またはそれ以上の電気的性能を得ることができた。たとえば、同形式のトラップの場合、減衰度で 3 dB 以上の差があり、IF レスポンスの AGC バイアスによる波形変化も非常に小さくなっている。その他、同調素子、結合回路方式などの面でも 26 Mc 帯と同様に設計できることを確認した。このように 58.75 Mc の場合は、真空管、同調素子その他の部品類のコストアップに加えて、現状では上述の電気的性能の安定性、量産時における性能の均一性の問題など、不利な面がきわめて多いといわざるをえない。

具体的に、総合性能の面では同調素子、音声搬送波トラップなどの特性の改善、総合的な S/N の向上、中間周波高調波、音声 IF (4.5 Mc) や カラー 副搬送波 (3.58 Mc) の高調波、局地的なイメージ妨害、中間周波妨害などに対する調査、検討の問題、安定性の面では、IF レスポンスの温度特性、AGC バイアスによる波形変化の改善、寄生振動、再生振動等回路の不安定要素に対する対策、さらに量産時の性能の安定性、均一性を目的とする回路のプリント化その他の問題、また部品面では、フレームグリッド管のコストダウン、高周波用コアの改良など……、数多くの問題が残されている。

5. 今後の問題点

今回の中間周波数変更の最大目的が、UHF のストレート変換および UHF 帯での TV 大電力放送の実施にある以上、限られた電波のより有効な利用という大局的な見地から、全面的な協力を惜しむものではないが、UHF 帯における新分野開拓の面は別として、VHF 帯での TV 受信機の商品価値がなんら向上しないという点に問題があると思われる。すなわち、たとえば、CH8 のローカル妨害が CH12 に落ちることがなくなるなど、局地的な恩恵はあっても、大部分の視聴者にとっては中間周波数の変更による実用上の利点はまったくないといえよう。

さらに技術的にも、十数年間改良を重ね、十分とうたされてきた 26 Mc 帯の中間周波増幅器に比べて、その性能、安定性、量産時の均一性などの面で、これに追いつき追い越すには、数多くの至難な問題が残されている。

また、58 Mc 帯の場合は従来の回路構成を全面的に再検討した

ければならず、真空管その他の使用部品の面でのコストアップも大きな問題となる。このために TV 受信機の性能の安定性、標準化、および生産面で、国際的競争力の低下は避けられず、開放経済下で輸出振興のますます必要な現在、この問題にいかに対処するかは当面の最も重要な課題といわなければならない。

以上の観点から、具体的には前項で述べた種々の技術的問題点の解決に努めるとともに、受信機の性能の向上、安定性、生産性の面から回路方式そのものの改良、再開発も同時に推進しなければならない。さらに「高性能かつ低コスト」の問題も常にわれわれに課せられた大きな課題の一つである。このためには高性能真空管の量産によるコストダウン、高周波用コア、プリント基板の特性の改善など、部品関係技術者の全面的な協力をお願いしなければならない。さらに、イメージ妨害、中間周波高調波妨害など、予想される各種の妨害に対する調査、検討の問題および受信機の調整、サービスク関係の測定器その他の諸設備、とくに 26 Mc 帯、58 Mc 帯混在期におけるサービスク関係の問題など、あらゆる面でむずかしい問題が数多く残されている。

なお、この稿では真空管式白黒受信機に問題を限定したが、トランジスタ式受信機やカラー受信機の場合は、さらにいっそう多くの問題が発生することが容易に予想される。

6. むすび

以上、技術の見地から TV 受信機の新中間周波数の各種問題点について述べたが、今後、TV 受信機の性能の向上、安定性、均一性、さらにコストダウンなどの面で、山積する多くの問題点を十分検討し、その解決のため鋭意努力する必要がある。

なお、この稿作成にあたり、親切な指導と適切な助言をいただいた上長各位をはじめ、実験その他に全面的な協力を惜しまれなかった関係者諸氏に厚くお礼申し上げる。

参考文献

- (1) D. FINK: TV Engineering Handbook, (1957)
- (2) S. DEUTSCH: Theory and Design of TV Receivers.
- (3) 川上: 回路網の構成 通信工学講座 7-A
- (4) 城見: 実用設計 テレビ 受像機
- (5) 川上: 電子回路 II
- (6) 鈴木: TV 受信機中間周波数の選定, 「テレビ学会誌」15, No. 6 ()
- (7) 岸: 残留測波帯方式による映像信号のヒズミ, テレビ学会誌 15, No. 9 ()
- (8) 吉岡: 受像機の中間周波増幅器の過渡特性とその改善, 「テレビ学会誌」12, No. 9 ()
- (9) RCA Laboratories Division An Analysis of the Bifilar-T Trap Circuit LB-961, Sep't. (1954)
- (10) RCA International Division An Analysis of the Bifilar-T Trap Circuit for Color TV Receivers ER-29, Dec. (1961)
- (11) A. Fowler and J. Igleheart Effects of Frequency Cutoff Characteristics on Spiking and Ringing of TV Signals IRE National Convention Record, Mar. (1959)

ラジオ受信機回路の複合化

川井 尚*

Composite Circuits in Radio Receivers

Electronics Works Hisashi KAWAI

In the miniaturization of linear circuits, it is desirable to set up composite circuits with removal of the inductor and transformer and also to reduce the number of components as much as possible. It is also urged that the composite circuit possesses high gain and good stability. To have good DC stability signifies the circuit remaining stable against the variation of the transistor parameters and of the resistor values. This facilitates the fabrication of the composite circuit, which is an important factor in the production of low cost electronic appliances for amusement. The text describes applications in the case of high frequency band-pass amplifiers and audio amplifiers with regard to practical composite circuits consisting of direct coupled transistors. The MOLECTRONS are the outcome of this development by the Company.

1. ま え が き

わが国で放送が始められて本年でちょうど満 40 年になる。この間放送技術は驚異的に発展し、昨年のオリンピックの際にはテレビの宇宙中継の成功をみる事ができた。この間受信機も著しく進歩して、真空管式のものからトランジスタの出現とともにいち早くトランジスタラジオを開発し、現在では海外貿易に大いに貢献している。

最近になってとくに著しく進歩した技術の中に、電子回路の超小形化の技術があり、電子装置の各分野に応用され非常に将来性があるが、われわれの身近にあるラジオやテレビに対しても同様に非常に小さいものへの期待が高まってきている。電子回路を小形化してゆく場合多種多様の制約が伴う。制約事項については多くの文献で説明されており、この文では詳しく述べないが、超小形化の方式、超小形化の対象となる回路、目標原価、信頼度、あるいはその時点の技術レベルなどによって、きわめて流動的に変わりうる。民生用の機器を超小形化の対象と見る場合、最も重要なことは低コストでなければならないことである。そのために超小形化の困難な変成器やインダクタを含まない回路を複合化して、なるべく素子の使用数を少なくするとともに、その複合回路が製造しやすいものでなければならない。ラジオやテレビの回路のようなリニア回路は1段ずつ変成器結合されている場合が多い。そこで変成器を分離して、別の方法で段間接続を行ない、多段の増幅回路を複合化して小さくする。この際回路は超小形化しやすくまた高利得で安定度がよくなければならない。変成器やインダクタはなるべく使用しないようにするか、あるいはそれらに代わる他の素子を使用できる回路構成にする必要があり、それらを使用するとしても最小限にとどめるようにすべきである。この文は2段以上の増幅回路を複合化した実用的な回路について検討した結果を紹介する。

2. 複合回路の基本形と直流動作

抵抗、コンデンサ、トランジスタおよびダイオードからなる複合回路のうち、とくにトランジスタを2個、それらの電極を直接に接続した

直結形の回路を基本的なものとして検討する。もちろん3段以上でも2段の場合を延長して考えることができる。

直結形にした場合、有利な点は当然のことながら段間の結合コンデンサが不要なこと、広帯域化が可能なこと、高入力インピーダンス回路にもできること、直流負帰還を強くかけ自己補償機能を持たせ直流安定度のよい回路も得られることなどが数えられる。

直結形の複合回路としてよく使用されるものとして二つがある。これを図2.1および図2.2に示す。このほかに複合回路としては種々と考えられるが、おおむね素子の使用点数が多くなる。またトランジスタのPNP形とNPN形を組み合わせる用いる相補対称接続する方法もあり、実際には多岐にわたるが、これらは特殊な場合としてここでは触れない。

図2.1はダーリントン回路と呼ばれよく知られている。この回路は第1段のトランジスタのエミッタ電流が第2段のトランジスタのベース電流となるため、第1段のベース電流をかなり小さくしても、第2段のコレクタ電流は非常に大きくなる。すなわち直流バイアス電流を非常に大きくしてやる必要がある。

図2.2は第1段のコレクタと第2段のベースを直結した縦続接続回路で、さらに第2段のエミッタから第1段のベースに直接バイアス電圧を与えており、これが大きな直流負帰還となって、回路

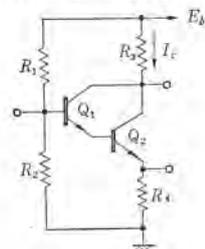


図 2.1 基本ダーリントン回路
Fig. 2.1 Basic configuration of Darlington circuit.

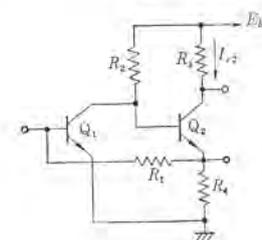


図 2.2 2段帰還形増幅器の
基本回路
Fig. 2.2 Basic configuration of two stage feedback amplifier.

* 無線機製作所

はきわめて安定である。この回路を2段負帰還増幅器ということにする。図2.2のように、直結形の縦続接続ではあるが、2段負帰還にせず、各段を単独にバイアス安定化する方法もよく行なわれる。この安定化の方法は単一段での直列帰還および並列帰還による。

2.1 バイアス電流

それぞれの回路についてコレクタ直流電流は近似的に以下のように示される。ここで抵抗値は図示した値とし、また第1段のトランジスタ Q_1 の直流電流増幅率を B_1 、ベース、エミッタ間のバイアス電圧を V_{be1} 、コレクタエミッタ断電流を I_{cbo1} 、また第2段トランジスタ Q_2 についても同様に B_2 、 V_{be2} 、 I_{cbo2} とする。

(1) ダーリントン回路の場合(図2.1)

$$I_{c2} \approx \frac{\left\{ \frac{E_{bb}}{R_1} - (V_{be1} + V_{be2}) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \right\} B_1 B_2 + \left\{ 1 + \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) R_4 \right\} (B_1 B_2 I_{cbo1} + B_2 I_{cbo2})}{1 + R_4 \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) B_1 B_2} \quad (2.1)$$

(2) 負帰還形直結回路の場合(図2.2)

$$I_{c2} \approx \frac{(E_{bb} - V_{be2})(R_1 + R_4) + (R_2 B_1 - R_4) V_{be1} - R_2 (R_1 + R_4) (I_{cbo2} + B_1 I_{cbo1})}{R_4 (R_1 + R_2 B_1)} \quad (2.2)$$

2段負帰還増幅器については I_{c2} のみ求めたが I_{c1} もおおよそ同じような直流動作を示すので I_{c2} のみで検討すれば十分である。

ベース、エミッタ間のバイアス電圧 V_{be} は、Geトランジスタの場合は0.1~0.2V、Siトランジスタは0.6~0.7Vで差があり、伝達特性を示す曲線の形も異なり後者のほうが立ち上がりが急しゅんであり、とくにダーリントン回路では減電圧特性をよくするために、バイアス回路の設計に注意を要する。またSiトランジスタはコレクタエミッタ断電流 I_{cbo} の絶対値は非常に小さくこれによる影響はまったく無視してよい。したがってSiトランジスタの場合は、上に示した二つの式で I_{cbo} による項を省略してよい。

2.2 バイアス点の変動

複合回路をモジュールあるいは集積回路などに超小形回路化する場合、その製造上の立場から複合回路の直流安定度を十分に吟味して置く必要がある。

まずトランジスタのパラッキは電流増幅率が支配的であるから $\partial I_c / \partial B_1$ 、 $\partial I_c / \partial B_2$ を求め、これらの微係数が小さくなるように抵抗値の設計中心値を決める。次に抵抗値のパラッキについては $\partial I_c / \partial R$ を各抵抗について求める。 $\partial I_c / \partial R$ はそれぞれの抵抗について値が違わずであるから、その値についてそれぞれの抵抗の公差を管理しなければならない。

回路の性能上の要求から I_c の範囲が決まれば、トランジスタの電流増幅率のパラッキの範囲と各抵抗の公差が決まる。

2.3 温度変化

トランジスタは半導体であるので、各パラメータはかなりの温度依存性を持つが、中でもとくにコレクタエミッタ断電流 I_{cbo} と続いてベース、エミッタ間バイアス電圧 V_{be} の温度変化の影響は大きい。直流電流増幅率 B の影響もあるが、 V_{be} に比較して1ケタ以上小さい。したがって温度変化に対するバイアス電流の変化は次式で与えられる。

$$\frac{\partial I_c}{\partial T} = \frac{\partial I_c}{\partial I_{cbo}} \frac{dI_{cbo}}{dT} + \frac{\partial I_c}{\partial V_{be}} \frac{dV_{be}}{dT} \quad (2.3)$$

ここで $\frac{dI_{cbo}}{dT} = K I_{cbo}$ 、 $\frac{dV_{be}}{dT} = -K' \frac{kT}{q}$
 K の値は $0.05 \sim 0.09 / ^\circ\text{C}$ であるから微係数が求まり、式(2.3)

によりそれぞれの回路についてバイアス電流の温度変化の影響が求まる。しかし前にも述べたように、Siトランジスタは I_{cbo} の絶対値が非常に小さいため dI_{cbo}/dT が大きくても I_c に変化をもたらすようにはならないので、 I_{cbo} についてはやはり無視できる。 $\partial I_c / \partial I_{cbo}$ と $\partial I_c / \partial V_{be}$ はそれぞれの回路について式(2.1)、(2.2)を計算して得られる。ダーリントン回路の場合は、エミッタ抵抗 R_4 を十分大きく R_1 、 R_2 を相対的に小さくしなければ回路の直流安定度をよく保つことができないので、電源電圧の利用効率が下がると同時に、減電圧特性も悪くなる。その点2段負帰還増幅器は直流的には非常に有利である。

3. 高周波帯域増幅器

ビデオ増幅器など広帯域増幅器は、その広帯域性の要求から直結形の回路が使用されることが多い。しかも回路の構成素子がトランジスタと抵抗、コンデンサだけで超小形化が実現しやすいので、リコ回路として最も超小形化が進んでいる。これについては多くの文献があり、またこの文の目的とするところではないので触れない。

高周波帯域増幅器は従来、1段ずつ変成器結合を行ない多段増幅段を得ていたが、このような回路は変成器とトランジスタ、抵抗およびコンデンサが交互に配列され、しかも1段ずつ回路が安定化されており、部品の点数も多く最も超小形化しにくい回路構成である。したがって超小形化を行なおうとすれば、その方式によって異なるところもあるが、一般的にいってインダクタを含む変成器を除外し、トランジスタ抵抗およびコンデンサなどを集中して、素子の使用点数をなるべく少なくして増幅部を複合回路化するのがよい。

また変成器は元来段間の結合と選択特性を得るための二つの意味があるが、段間結、合は別の方法で可能であるから、選択特性を得るためだけならば、各段に分けて配置する必要がなく、 π 器としてこれも集中的に置くことができる。すなわち増幅度を得る回路と選択度を得る回路を分離して考える。増幅度を得る回路とはそれだけで考えれば広帯域増幅器である。したがって選択特性の異なる π 器を交換すれば異なった帯域増幅器を得ることができる。

選択特性を得る回路としての変成器あるいは π 器に LC 共振回路を用いれば、回路設計の立場からは最も容易であり自由度も大きい大ききの点であまり期待ができない。しかし現状では LC 共振回路を使用せざるをえないし、また大ききの点でも、リングコアやつぼ形コアを用いてある程度までは小形化できる。最近では圧電形共振子を用いた π 器としてセラミックフィルタが開発されており、455kc 中間周波増幅器に十分使用できるが、将来はさらに高い周波数まで使えるものが開発されるであろう。さらに π 器として既に述べたような集中的な素子を使用したもの以外に、

分布 CR 線路を用いる方法もあり、これを信号系の適当な個所に入れて選択特性を得る方法があり、半導体集積回路でかなり高い周波数の中間周波増幅器が実現されているが、まだ一般的ではない。

以下、ダーリントン回路と2段負帰還増幅器に用いた応用例を述べるが、もちろんこの両者を組み合わせることも可能である。

3.1 ダーリントン回路を用いる場合⁽¹⁾

ダーリントン素子は電流増幅率が高く入力インピーダンスも高い。その上トランジスタを2個以上用いるので固有電力利得も大きい。また1段階ずつの連続接続の回路に比較して受動素子の点数が少なく済む。さらに入力インピーダンスが高いため入力結合を行なうコンデンサの容量値も小さく選ぶことができる。これらの事柄は当然増幅回路の超小形化にとってつごうがよい。一方ダーリントン素子にも欠点がある。すなわち入出力間の内部帰還成分が大きいことで、これはおもに初段トランジスタのベース、コレクタ接合容量によるもので、ミラー効果により入力容量を増加させ高周波特性を劣化させること、および帰還作用により交流安定度を悪くすること、また高周波出力コンダクタンスの増加に伴い電力利得を低下させること、さらに前に述べたように直流バイアス電流を非常に多く流す必要がある。

しかし Si ゲルマニウム形トランジスタは 100 μ A 以下の小電流でも十分電流増幅率が高いのでダーリントン接続をしても全バイアス電流を少なくすることができる。またたとえバイアス電流が多くても自動車ラジオのように電源容量に心配のない場合は、ダーリントン回路を有利に使用することができる。

455 kc 中間周波増幅回路に応用した例を述べる。図 3.1 にその回路図を示す。負荷インピーダンスを $R_L=500 \Omega$ としたとき、第1段ベースの入力インピーダンスは約 20 k Ω となり、また電力利得は約 45 dB であり2段ダーリントンではほぼ十分の利得が得られたが、もしまだ利得が必要ならば3段ダーリントンにすることができる訳である。AGC 特性も良好である。選択特性は複同調中間周波トランスによって得られるが、さらにエミッタバイパスコンデンサ C の代わりにバイパス形セラミックフィルタを使用するなど、セラミックフィルタを適当に併用することによって選択度を改善することができる。入力インピーダンスが高いため、入力結合回路にセラミックフィルタを利用しやすい。

10.7 Mc 中間周波増幅器の場合はトランジスタの f_T のかなり高いものを使う必要があるが、 f_T が 200 Mc 程度のもので電力利得は約 30 dB であり、FM ラジオの中間周波段としては不足である。また3段ダーリントンにしても利得の増加はさほど望めない。

図 3.1 の回路で2個のトランジスタのコレクタが分離されているのは、コレクタから出力を取り出すので、電源電圧の利用効率を高めたためである。また負荷を 500 Ω の比較的低い値とし、並列

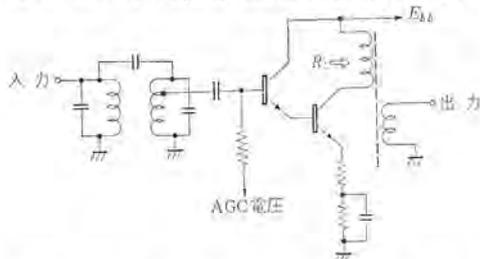


図 3.1 I.F.T. を用いたダーリントン回路による中間周波増幅器

Fig. 3.1 I.F. amplifier as an application of a Darlington circuit provided with I.F.T.

共振回路を設けなかったのは回路の交流安定度をよくするためで、もしコレクタ負荷として共振インピーダンスの高いタック回路を接続すれば、入力側の信号源インピーダンスをきわめて低くしなければ回路は発振してしまい、その上、非常に低い出力インピーダンスの信号源で駆動することは、ダーリントン素子の高入力インピーダンス特性のよさを無にしてしまうことになる。しかし負荷を図のように 500 Ω にした場合でも、信号源インピーダンスを入力インピーダンスよりもある程度低くして、トランジスタのパラメータのバラツキや温度変化の影響の少ない相互コンダクタンスによって増幅作用が支配されるように設計すべきである。

3.2 2 段負帰還増幅器を用いる場合

この回路は直流的に非常に安定な回路で、超小形回路ブロックの製造面から見て有利であり、バイアス電流も少なくて済み、また電源電圧の利用効率もよい。この回路はリニア回路として当社モロトロンTMの標準回路になっている。

3.2.1 中間周波トランスを使用する回路

中間周波トランスを使用した 455 kc 中間周波増幅回路を説明する。図 3.2 にその回路図を示す。この回路の入、出力インピーダンスは、図のように後段トランジスタのエミッタ回路にバイパスコンデンサを付けて交流帰還をなくせば、ほとんどトランジスタ単独の入、出力インピーダンスと同等になる。しかし内部帰還による影響を考え、交流安定度をよくするために、信号源および負荷インピーダンスをある程度小さく選ぶ必要があるが、電力利得は約 50 dB 得られ、普通のトランジスタラジオに用いて十分である。

ここで注意しなければならないことは、後段トランジスタのエミッタ回路のバイパスコンデンサ C としてその容量値は、帰還抵抗 R_f とのかねあいで、ある値以上の大きい容量値のコンデンサか、あるいは音声周波に使用する電解コンデンサにする必要がある。この理由は、バイパスされたとはいえ、C の両端に現われた電圧が R_f を含む帰還ルートを介して入力側に交流帰還があるためで、とくに後段トランジスタのコレクタ負荷である共振インピーダンスの高いタック回路の位相の変化の影響を受け、共振周波数に近いある周波数で交流帰還成分の位相が入力信号の位相に近づき回路が不安定な状態になり得るからである。

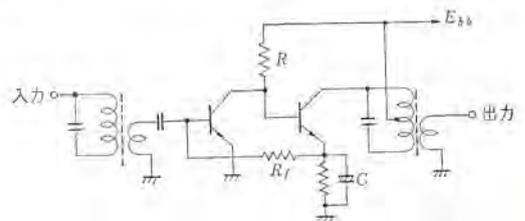


図 3.2 I.F.T. を用いた 2 段負帰還増幅器による中間周波増幅器 (1)

Fig. 3.2 I.F. amplifier (1) as an application of two stage feed-back amplifier provided with I.F.T.

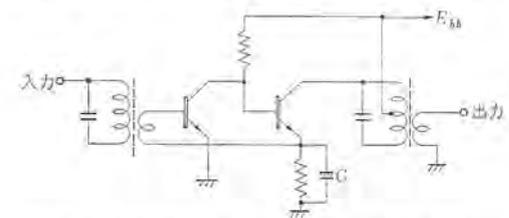


図 3.3 I.F.T. を用いた 2 段帰還増幅器による中間周波増幅器 (2)

Fig. 3.3 I.F. amplifier (2) as an application of two stage feed-back amplifier provided with I.F.T.

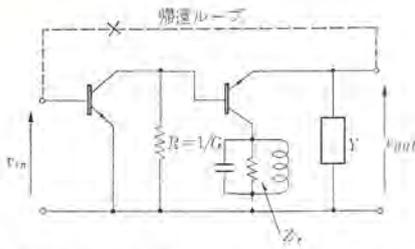


図 3.4 帰還電圧についての等価回路
Fig. 3.4 Equivalent circuit for the feed-back voltage.

図 3.2 の回路をさらに使用素子を減らして図 3.3 のようにすることもできるが、上に述べたような不安定性は非常に顕著になる。図 3.3 の回路では、エミッタバイパスの C に磁器コンデンサなどを使用する場合は、 $0.02 \mu\text{F}$ 程度でも発振し、 $0.04 \mu\text{F}$ でも不安定である。一方電解コンデンサを使用すれば回路は十分安定である。

この帰還ループによる不安定性についてさらに詳しく述べる。図 3.3 は帰還成分にのみ注目して回路を変形して図 3.4 を得る。R を前段のトランジスタのコレクタ負荷抵抗、 Z_r を後段トランジスタのコレクタ負荷の並列共振回路のインピーダンス、そして Y を後段トランジスタのエミッタ回路のアドミタンスとする。また二つのトランジスタの特性は同じであるとする。帰還ループを開放したときの電圧還送比 $T = v_{out}/v_{in}$ は近似的に次のように与えられる。

$$T \approx \frac{-1}{Rg_m + \delta + \frac{1}{g_m(\xi + Z_r)} + \frac{\xi + Z_r}{\xi + Z_r} \left(\frac{1}{g_m} + \frac{\xi}{K(Rg_m + \delta)} \right) Y} \quad (3.1)$$

$$\text{ここで } \delta = \frac{g_{ce} + Y_{b'e}}{g_m} \quad \xi = \frac{g_m}{g_m Y_{b'e} + g_{ce} Y_{b'e}}$$

$$\zeta = \frac{Y_{b'e}}{g_m Y_{b'e}} \quad K = \frac{g_m}{g_{ce}}$$

そして g_m , $Y_{b'e}$, g_{ce} はトランジスタの Giacoletto-Johnson の等価回路パラメータである。

エミッタ接地の場合のトランジスタの cutoff 周波数が中間周波数すなわち 455 kc より高い場合、式 (3.1) に実際の数値をあてはめて、タンク回路の共振周波数付近を周波数を変化させて T の軌跡を複素平面上に描けば図 3.5 のようになる。図において n は周波数と共振点からの離調度であり、斜線の部分は実数が 1 より大の範囲を示している。したがって T の軌跡が斜線の部分に入るといことは、 T の実数部が 1 より大となって回路が不安定になることを現わす。

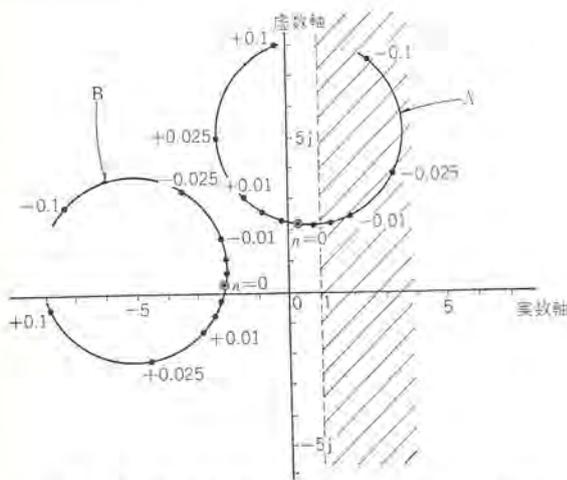


図 3.5 T の軌跡 Fig. 3.5 Locus of T.

曲線 A は、図 3.4 において後段トランジスタのエミッタ回路のアドミタンス Y がコンダクタンス分だけの場合の軌跡であり、曲線 B は、Y が容量性だけの場合である。すなわち曲線 A の場合は安定であるが、曲線 B の場合は不安定になりうる。Y をコンダクタンス分だけにするためには、図 3.3 のエミッタバイパス用に電解コンデンサを用いればよいことは前にも述べた。その理由は、電解コンデンサは、高周波に対して直列抵抗が増大し、直列インピーダンスが容量ではなくこの直列抵抗に支配されるからである。アルミおよびタンタル電解コンデンサについて容量値が $3 \mu\text{F}$ から $10 \mu\text{F}$ の範囲のもので、 455 kc にて $4 \sim 10 \Omega$ の抵抗性を示す。もちろん直流は阻止するので、十分バイパスの用をなす。したがって図 3.2 の回路でも、後段のエミッタバイパスには電解コンデンサを使用するのが無難である。

10.7 Mc 中間周波増幅器の場合には、もちろん f_T の高いトランジスタを使用しなければならないが、 f_T が 200 Mc 程度のものを使って電力利得は約 30 dB で、ダーリントン回路の場合とだいたい同じである。この場合の後段トランジスタのエミッタバイパスには $1,000 \text{ pF}$ 程度を用いて十分である。回路の利得が 455 kc のときよりも下っているので帰還ループによる不安定性もさほど問題にならず、入、出力端を適当にダンピングすれば回路は安定である。

3.2.2 圧電型振動子その他を用いる場合

2 段負帰還増幅器とセラミックフィルタおよび水晶振動子を用いて、トランシーバの周波数変換器と中間周波増幅器の一例を図 3.6 に示す。すなわち前の直結段が変換器で後の直結段が 455 kc の中間周波増幅段である。変換器の変換電力利得は 10 dB 以上、入力インピーダンスは 400Ω 、出力インピーダンスは 200Ω である。また中間周波増幅段の電力利得は約 30 dB 、入力インピーダンスは 350Ω 、出力インピーダンスは 200Ω であり、またセラミックフィルタの減衰度は 1 個につき 10 kc 離調しておおよそ 6 dB である。実際には、これでは利得が不足であるから中間周波段に、少なくとも 1 段、直結段を用いねばならない。したがってトランジスタの数は増すことになるが、まったくインダクタを使用しないで済むから回路の大きさは非常に小さくすることができる。

分布 CR 線路、すなわちノッチフィルタを用いた帯域増幅器も実

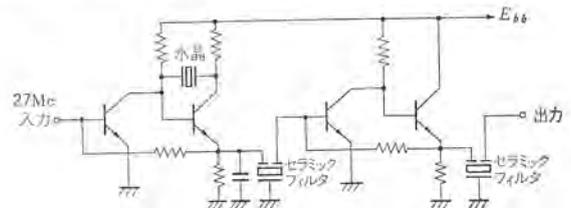


図 3.6 水晶振動子およびセラミックフィルタを用いた変換器と中間周波増幅器
Fig. 3.6 Converter and I.F. amplifier using a quartz crystal and ceramic filters.

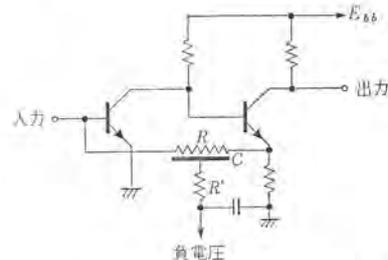


図 3.7 分布 CR 線路を用いた帯域増幅器
Fig. 3.7 Band-pass amplifier using a distributed CR filter.

現できる⁽²⁾。図 3.7 に回路図を示す。図に示すように帰還 ループに ノッチフィルタを入れることにより、ある周波数でノッチフィルタの減衰度が大きくなり、負帰還量がなくなって増幅器の利得が大きくなり、この周波数が同調周波数となる。図において、 R は帰還ループの直列抵抗、 C は分布容量 R' はシャント抵抗である。同調周波数は C 、 R および R' で決まり、 R' を介して印加されている負電圧を可変することにより可変同調が可能である。電気的特性の一例を示せば、同調周波数が 15~23 Mc で、電力利得は約 20 dB、入、出力 インピーダンス は約 500 Ω である。また帯域幅は 3 dB 減衰して 4.5 Mc でかなり広い。同調周波数は更に低く、数百 kc の オーダまで下げられる。帯域幅はかなり広いのでテレビの映像中間周波数には適当であるが、ラジオの中間周波数など狭帯域を要求されるものには別に選択性素子を併用しなければならない。

4. 低周波増幅器の応用

低周波回路を小形化する際に障害となるものは、大容量の電解コンデンサと低周波トランスである。したがってこれらをできるだけ少なくするような回路構成が必要で、それには直結形でトランスレスの回路にする必要がある。また出力増幅器は温度に対する安定性が要求されるが、これに対して出力回路を含めて、直結形にすることにより直流帰還をかけて安定度を向上させることができる。

このような点を考慮した回路例として出力段が B 級 ラッシュアルの場合と A 級の場合の二つを示す。

図 4.1 は B 級 ラッシュアルの場合で、出力段は相補対称接続で、トランスを使用せず、出力端に直接スピーカのボイスコイルを接続する。出力トランジスタのバイアスは抵抗 R_1 と R_2 とで決まり、しかも R_1 と R_2 を流れる電流はドライブ段の後段トランジスタのコレクタ電流であり、ドライブ段の直流動作は既に述べたようにきわめて安定であるから、このコレクタ電流は大幅の温度変化に対してもほとんど変化しない上、しかもそのわずかな変化分が出力段のトランジスタを補正するように働くため、この回路の温度特性は非常に安定である。ドライブ段に Si ヲレナ形トランジスタを用い、出力段に Ge トランジスタを使用した場合 -50°C から $+80^{\circ}\text{C}$ の間でとくに温度補償素子を用いる必要がない。しかし電源電圧の変動には若干弱い。この回路の電気的特性は電源電圧 12 V で、ボイスコイルインピーダンスが 50 Ω のスピーカを接続したとき、最大出力は約 250 mW、電力利得は約 80 dB、周波数レスポンスは 100~10,000 c/s の間で 2 dB 以内である。また交流帰還を適当にかけることにより特性を変えることができる。

図 4.2 は出力段が A 級の場合で、この回路では出力トランスを使用しなければならない。この回路の直流帰還の方法は、出力トランスの直流抵抗の電圧降下分を 3 段にまたがってドライブ段の初段のベースに帰還を行っており、原理的には 2 段の場合と同じである。ドライブ段に Si ヲレナ形トランジスタを使用し、出力段に P. N. P の Ge トランジスタを使用した場合、この回路の温度特性は、わずかに補償過多の傾向はあるが非常に良好であり、 -50°C から $+80^{\circ}\text{C}$ の間で温度補償素子を入れる必要がない。高温の限界は出力トランジスタのコレクタ損失で決まる。電気的特性は、最大出

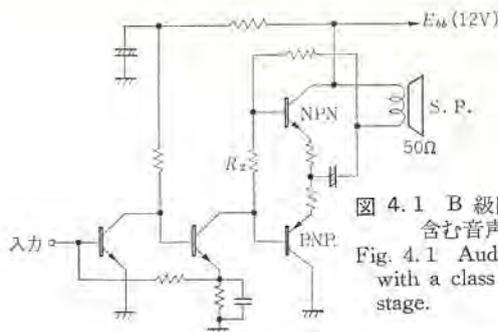


図 4.1 B 級出力段を含む音声増幅器
Fig. 4.1 Audio amplifier with a class B output stage.

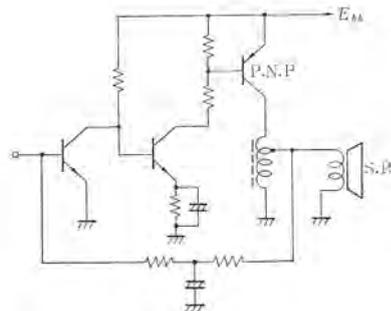


図 4.2 A 級出力段を含む音声増幅器
Fig. 4.2 Audio amplifier with a class A output stage.

力は出力トランジスタによるが、6 W 程度まで可能であり、電力利得は約 75 dB、周波数レスポンスも非常によく 100~10,000 c/s の間で 2 dB 以内である。また交流帰還も適当にかけることができる。この回路は自動車ラジオ用として好適である。

ダーリントン回路は、当然のことながら低周波増幅器に使用して効果的である。とくにクリスタルピックアップを使用するレコードプレーヤの前増幅器には高入力インピーダンスが要求されるのでダーリントン回路が最適である。ダーリントン回路を超小形化してピックアップのアームの中に前増幅器を収容することなどは簡単にできる。また普通のラジオ回路でもドライブ段の入力インピーダンスを高くすることによって、検波器の負荷抵抗を大きくして検波効率を高めるとともに、微小信号時における検波ヒズミを少なくすることも可能で受信機の総合設計を有利に行なうことができる。

5. む す び

以上、ラジオ受信機回路の小形化の問題に関連して、直結複合回路の応用方法と例を示した。複合回路には用途により種々の種類が考えられ興味深い。超小形回路の製造技術と回路技術を調和させて、低価額の民生用機器に使用できるものが遠からず実現できると思われる。一つの機能を持つ回路を小さくして、一つのブロックとして取り扱えることの長所は、単に小形化できるというだけにとどまらず、量産を対象とした場合、標準化された回路ブロックを使用することで、受信機の設計が簡略化され、また組立工程が単純化されることも考えられる。なお上述の複合回路を当社のモロトロンで実現し、ラジオ受信機およびトランシーバを試作して良好な結果を得た。

参 考 文 献

- (1) 関口, 三和: 「電子工業」3, 256 (昭 39)
- (2) T. E. Price, G. Bradshaw, C. H. Taylor, Electronic Engineering, 12, 806, (1963)

自動車運転免許試験コース説明装置

高橋広光*・首藤佑吉**

Magnetic Tape Controlled Illuminating Panel

Ware Research Laboratory Hiromitsu TAKAHASHI
Nagoya Works Yūkichi SHUTO

To cope with an increasing number of candidates for an examination of the licence of motor car driving in Aichi Prefecture, a test course with extensive facilities has been built in Nagoya City. There is provided a magnetic tape controlled illuminating panel which enables the candidates to learn throughly the running course and the running condition by plotting light spots on a desired model course out of four to indicate a route to run. The device has been supplied by Mitsubishi, having a feature of controlling electric light spots with signals recorded on a magnetic tape. With this innovative system, it is now feasible to handle 3,000 applicants a day.

1. ま え が き

自動車運転免許受験者数の膨張に対処するため、愛知県では名古屋市内に東洋一を誇る総合試験場を新設した。広大な設備に加えて事務処理の機械化など斬新な工夫がなされており、受験者の消化能力は一日 3,000 人といわれている。

当社からは走行試験コースの説明装置を納入した。これは電光の点滅を磁気テープに記録した信号で制御するもので、電子製品と照明装置を組み合わせた一例になると思うのでここに紹介してみよう。

2. 動 作

一般に運転免許受験者は試験前に試験官の説明を聞きながら走行コースをぞろぞろと巡回するのが常であるが、広大なコースと膨大な受験者数ではこの説明が徹底しないきらいがある。また、試験官によって説明に若干の差異があり、まれには受験者をまごつかせることもありうる。試験コース説明装置はそのような難点の解決を意図して設備されたものである。

まず試験官の説明をテープレコーダに換えて説明の平等と統一をはかる。次にコースを巡回する代わりに試験コースの模形に電光線を走らせる。テープの再生と電光線の進行は同期を保つようにする。

受験者は控室でこの装置の始動ボタンを押せば、好きな時に、反復して何度でも説明を聞くことができる。受験者が始動ボタンを押すとまずテープが駆動されて、スピーカから説明の開始を告げるチャイムが流れる。同時にコース模形の自動車発進点にランプが点灯し、自動車発進時の注意事項がテープから再生される。次にコース模形の道路部分に、発進点から第一の交差点の間をわたって幅 15mm の電光線が現われ自動車の走行経路を示す。そこで交差点においてなすべき条件や注意事項の説明がなされる。説明が終了すると電光線は次の説明地点まで進行する。テープには音声の他に電光線を制御する信号が記録されており、説明の一節が終了するとこの信号が制御回路に指令を与え電光線を次のステップに進めるようになっている。このようにしてコース一周の説明が終わるとあらかじめテープに記録しておいた自動停止信号が働いて装置を停止する。テープはエンドレスになっているので、説明終

了後ただちに反復して始動することができる。

試験コースは大形車、普通車合わせて4種類あるので説明用のテープや電光線表示も4系統を用意しておき、内1系統が選択動作するようになっている。受験者は4個の始動ボタンの内1個を任意に選んで説明を聞くことができる。

3. 構 造

この装置は電光表示板と制御盤とから成る。

電光表示板は高さ 2.5m 横幅 4m のプラスチックパネルを鉄骨に取り付け美麗に装飾を施したもので、建物の壁面に沿って設置するようになっている。その外観は図 3.1 のごとくパネル中央に走行試験コースの俯瞰図を描き、上部にスピーカ、下部に始動

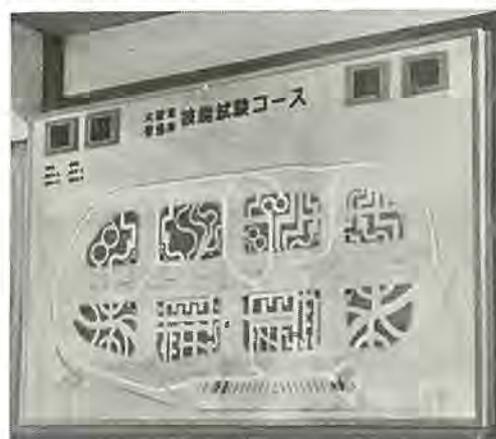


図 3.1 電光表示板
Fig. 3.1 Illumination panel.

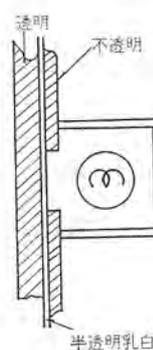


図 3.2 プラスチックパネル断面
Fig. 3.2 Sectional diagram of plastic panel.

用押しボタンを配置してある。裏面には試験コースの道路に沿って100V 5Wの小形白熱電球を約250個配列し、光のシャハイ板および反射板でかこってある。パネルは光を拡散するため、電光線のエッジを鮮明にするため図3.2のように透明アクリル板、乳白色半透明アクリル板、グレーの不透明アクリル板の3枚を重ね合わせ、グレーの半透明アクリル板に幅15mmのミソを切って電光線の幅を規制するようにした。

4種類の試験コースに対して電球も各コース別に独立した4系統を配列してある。したがって試験コース内の広い道路では数系統の電球が重複して配列される場所もあるが、これを共用し系統にすると回路構成が非常に複雑になり、また、コースの変更も困難になるのでコース別に独立させる方式を採用した。1コースの説明は13に区分されているので、電球も13のグループに分けて配列されており、電球の各グループはシャ光板でしきられて他の部分に光がもれないようになっている。配線はグループ内の電球を並列にしそれらを一括して端子板でまとめている。

制御盤は鋼板製デスク形で、電光表示板の制御に必要な一切のものを内蔵している。その構成要素は下記のようなものである。

1. テープ駆動機構
2. 音声および信号の再生回路
3. 音声および信号の録音回路
4. 歩進継電器回路
5. 電磁継電器回路
6. 手動運転回路
7. 操作スイッチ
8. シグナルランプ



図 3.3 (a) 制御盤
Fig. 3.3 (a) Control box.

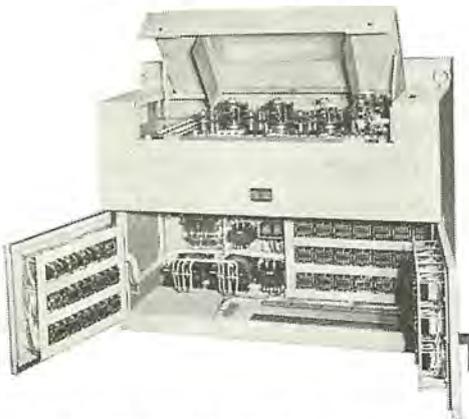


図 3.3 (b) 制御盤 (カバーオープン)
Fig. 3.3 (b) Control box. (with cover open)

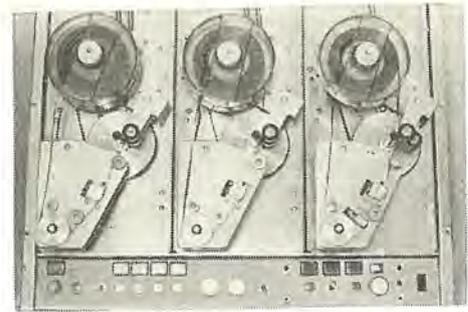


図 3.4 テープ駆動機構
Fig. 3.4 Mechanism of tape driving device.

テープは磁気録音テープで、コース説明の音声および信号の記録、再生を行なっている。前述のようにエンドレステープを使用しているため一回の説明が終われば引き続いてその説明の開始点に接続されただけに反復再生ができる。

テープ駆動機構は録音1台再生2台より成り再生機構は磁気テープを2段積み重ねキャプスタン作動用ソレノイド励磁により同一電動機からの回転を選択駆動している。したがって再生機構は1台につき2個の磁気テープを選択再生する。

テープ速度は9.5cm固定、録音再生ヘッドはそれぞれ専用の2チャンネルヘッドを使用し、上トラックに音声、下トラックに制御信号の入力あるいは出力を得ている。

録音機構には録音ヘッドの他に下トラック専用の再生ヘッドが手前側に取り付けられており、録音開始時に磁気テープ上に記録された自動停止の信号をテープ一周後に取り出して録音機の電源を断っている。

テープ駆動機構は操作スイッチ類とともにデスク表面に取り付け、開閉自由なカバーで覆い中央に透明アクリル板の窓を設けてテープの動きを監視できるようにしてある。

60個の電磁継電器その他の制御器具はデスク内部に納め、テープ駆動機構との相互接続は30極のコネクタを使用した。

4. 回路構成とその動作

4.1 電磁継電器回路

電光線の1グループは多いところでは約40個の電球が並列に接続されることになるので、電流容量と接点の寿命を考慮してその点滅はすべて電磁継電器の接点を介することにし、電磁継電器のコイルを歩進継電器の接点で励磁するようにした。

歩進継電器には電話用のステップスイッチを使用した。このコイルは短時間定格になっているので、コイルの温度上昇をおさえるためコイルとコンデンサを直列にして直流電源に接続した。ステップスイッチはコンデンサの充電電流で起動し、保持電流はコンデンサの放電抵抗で制限されることになる。

ステップスイッチは磁気テープから信号を受けて1ステップ進むのであるが、誤動作を防ぐため信号が一定時間持続した時のみステップスイッチが駆動されるようタイミング回路を設けた。また、テープからの自動停止信号は、テープ一周後に取り出して回路をリセットするのであるが、次に再びテープが回わり始める時にも自動停止信号を拾うことになる。そこで、テープ駆動後一定時間内は自動停止が働かないようここにもタイミング回路を設けてある。

4.2 磁気記録、再生装置の回路と動作

4.2.1 回路構成

この装置は録音1回路、再生4回路で構成されており、録音お

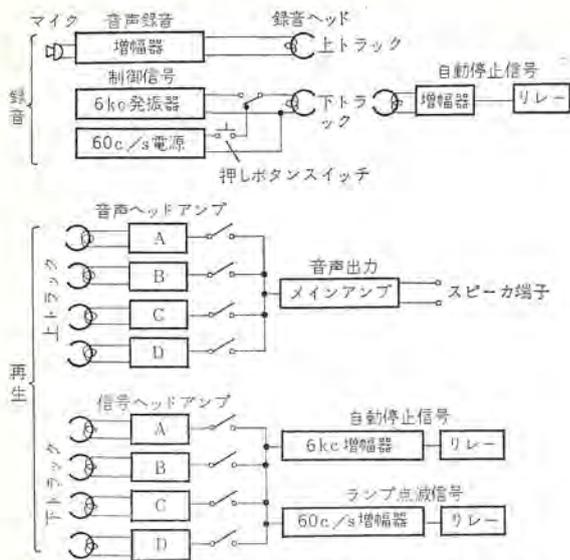


図 4.1 録音、再生回路のブロック線図
Fig. 4.1 Block diagram of recording and playing circuits.

よび再生はそれぞれ独立して同時使用可能、再生の4回路は押しボタンの選択により任意の磁気テープを選択して再生し得るようになっている。この装置の回路構成を図 4.1 に示す。

磁気テープは上下トラックを同時に使用し、上トラックに音声を、下トラックに制御信号をそれぞれ記録し、再生時にこの音声と制御信号をとり出して増幅した後、スピーカおよびリレー回路に接続される。この制御信号には電光線を進光させる信号および磁気テープが一周したら自動停止させる信号の2種類があり、それぞれ 60 c/s および 6 kc の正弦波を使用した。

録音電源のスイッチを入れると録音しようとする磁気テープが駆動され、自動的に約 0.5 秒間 6 kc の信号が下トラックに記録される。この信号は磁気テープが一周した後に別に付属している磁気ヘッドから出力を取り出し、磁気テープ駆動電源を切って二重録音を防ぐことができる。この信号が磁気テープに記録された後は押しボタンを押すことにより、任意の位置に 60 c/s の信号を記録し得る。この信号は再生時に電光線進行指令として使用される。音声の録音は通常の高周波バイアス方式で、上トラックに録音される。

再生は4種類の磁気テープを用意しておいて、任意の時に必要な種類の再生を選択し得るように4個の駆動機構を有し、押しボタンの選択により所要の磁気テープの駆動が行なわれる。この押しボタンの動作によって再生の増幅回路電源も同時に印加される。

下トラックからの信号出力は 6 kc および 60 c/s の専用増幅器によりふり分けられ、それぞれのリレーを動作させて自動停止信号および電光線進行信号を得ている。

上トラックより再生された音声は 5 W の出力増幅器により、口径 16 cm (P-610A 形) のスピーカ4個を駆動する。

4.2.2 録音回路

録音回路は一般のテープレコーダと同様で、2SB134、2SB135×2の2段増幅を行ない、磁気ヘッドに供給している。録音バイアスは 2SB268 のハートレー発振回路の出力により約 40 kc の高周波バイアスを加えている。

この装置は録音および再生装置が独立しているため、すでに録音してあるテープから再録音し得るように再生出力からの入力端子を設け、録音時の音声出力は 2SB135 により、レベルメータおよびイヤホンによるモニタ端子も設けてある。

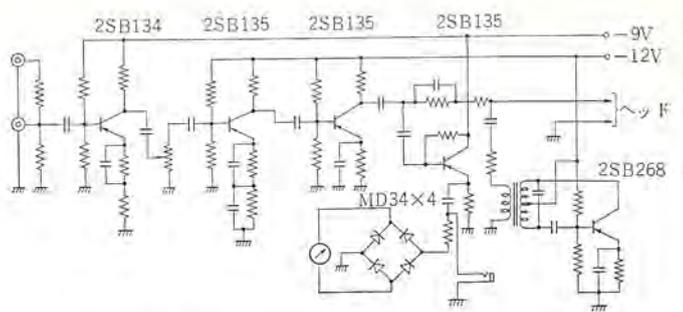


図 4.2 録音回路 Fig. 4.2 Recording circuits.

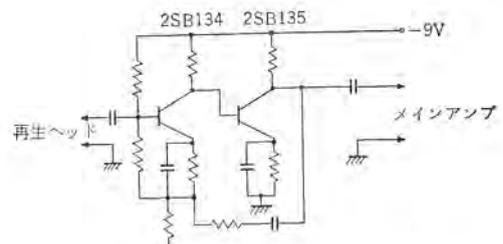


図 4.3 (a) プリアンプ回路
Fig. 4.3 (a) Preamp circuits.

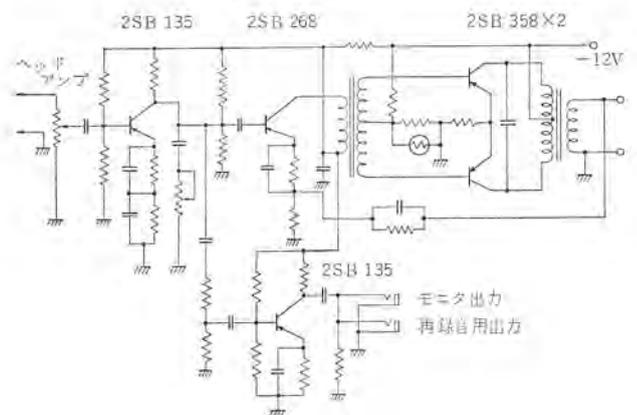


図 4.3 (b) メインアンプ回路
Fig. 4.3 (b) Main amp circuits.

録音回路の接続図を図 4.2 に示す。

4.2.3 再生回路

ヘッドアンプとして 2SB134 および 2SB135 を使用し、2 段目のコレクタから初段のベースへ負帰還を加えて入力インピーダンスを上昇させている。再生ヘッドは4個あるが、図 4.3 に示すとおりヘッドアンプのみを各ヘッドに付属させているが、その出力をリレー接点を介して1個のメインアンプに接続している。メインアンプは 2SB358 B級ラッシュアルで最大無ヒズミ出力 5 W、トランジスタに余裕をもたせ直線性と信頼性の向上を計った。

4.2.4 信号回路

制御信号には電光線進行信号と自動停止信号の2種があって、いずれも磁気テープの下トラックに記録再生を行なっている。2種の制御信号は相互の干渉を防ぐため、十分に離れた周波数の正弦波を使用し、電光線進行信号には 60 c/s (電源周波数)、自動停止信号には 6 kc を使用した。

制御信号の記録回路は図 4.4 に示すようなもので、g は録音電源用押しボタンに接続するリレーの接点である。今接点 g が動作すると、C を通してリレー RY-H が動作し、接点 h₁、h₂ を通して 6 kc の正弦波信号が記録ヘッドに供給される。約 0.5 秒

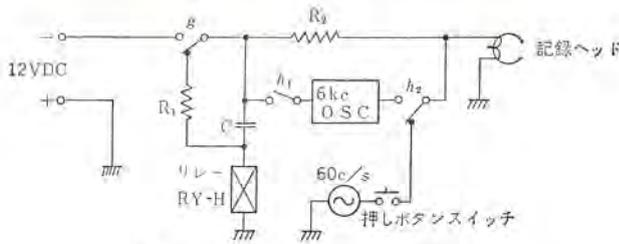


図 4.4 信号録音回路
Fig. 4.4 Signal recording circuits.

で C が充電され、RY-H が復旧して 6 kc の信号は切れる。h₂ の接点は復帰位置で 60 c/s の電源側に接続されているから信号用押しボタンの操作によって任意の時期に電光線進行信号をそう入することができる。

上記の方式で記録された制御信号の再生は各再生ヘッドに付属したヘッドアンツで1段増幅しリレー接点で選択された後、各周波数の選択増幅器でリレーを駆動して接点出力を得ている。

4.2.5 電源回路

電源はすべて AC 100 V、60 c/s の商用電源から供給し、トランス回路の電源は変圧器により降圧してダイオード整流を行ない、リレーの電源は誘導雑音のおそれのあるところでは整流電源を、その他は AC 電源とした。

電源回路の主要部は図 4.5 に示すように録音回路と再生回路を別のダイオードで供給して相互の干渉の軽減を計っている。図 4.5 において PB₁ は全電源スイッチで PUSH ON—PUSH OFF 形である。再生電源はリレー RY-A、B、C、D (図中省略) の選択により、接点 a₁、b₁、c₁、d₁ で再生増幅回路の電源を、接点 a₂、b₂、c₂、d₂ でヘッドアンツ切換用リレー (RY-K、L、M、N)、a₃、b₃、c₃、d₃ でソレノイドおよび電動機の切換を行なって所要の回路に接続している。

録音電源は押しボタン PB₂ を短時間 (約 0.5 秒) 押すことにより、C を通してリレー RY-G が励磁され、録音回路に電源が供給される。すなわち、RY-G が動作した後、C が完全に充電される前に PB₂ を復帰させると R および接点 g₂ により自己保持される。同時に g₁ および g₃ によりそれぞれ録音増幅器および電動機、ソレノイドに電圧が供給される。PB₂ が復帰するとそれまでに充電された C の電荷は R を通してただちに放電される。ランプスイッチ ST は録音一時停止用スイッチで、この動作によって RY-G が復帰しないようになっている。電源を切る場合は、PB₂ を長時間 (1 秒以上) 押すと、RY-G を通して C が充電され、ついで

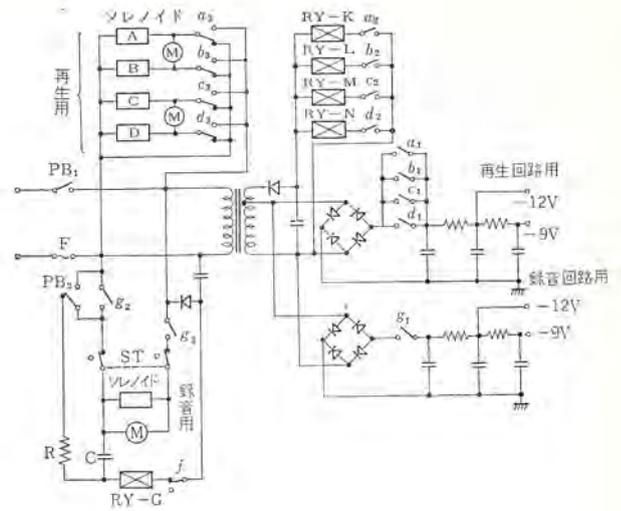


図 4.5 電源回路
Fig. 4.5 Power supply circuits.

に RY-G の励磁が不十分となって、g₂ による自己保持が切れて PB₂ を戻しても RY-R は励磁されず、録音電源は断となる。すなわち、RY-G は録音中作動するリレーで接点 g₁ により録音系回路に電源を供給する。接点 j は磁気テール一周後の自動停止接点で、これが開けば RY-G の自己保持がとかれ録音電源はすべて切断される。

5. む す び

以上自動車運転免許試験場向について紹介したが、この装置の応用分野は自動車練習場や観光地の案内板など多々考えられ、未開拓の市場性を持っていると思われる。ただこのような製品は商品と工業用品の両性格を兼備させなければならないので、そこに若干の努力を要した。録音、再生装置においては、当初電源の誘導信号、音声間の干渉、接点火花の影響などによる信号の誤動作が心配されたが、リレー励磁の直流化、部品配置並びに配線上の注意、火花防止処置などにより、誤動作を完全に防ぐことができた。

なお、その装置の製作にあたっては、無線機製作所、商品研究所、名古屋製作所の3場所協調によってなされたのでここに付記する。

- | | |
|--------|-------------------|
| 無線機製作所 | テラ 駆動装置の設計製作 |
| 商品研究所 | 録音、再生回路の設計製作 |
| 名古屋製作所 | 上記以外の設計製作およびとりまとめ |

小形電子レンジ

氷室昌美*・高瀬明生*・沢崎俊幸*

Compact Electronic Ranges

Ware Research Laboratory Masami HIMURO・Akio TAKASE・Toshiyuki SAWAZAKI

Electronic ranges were utensils employed chiefly for large restaurants or dining cars on account of relatively high inputs ranging from 5 to 10 kVA. In medium and small dining rooms it does not pay to use them with the present capacity of service lines. Under the circumstances, compact electronics ranges are introduced to the market by Mitsubishi. Their input is 1.7 kVA and 600 W output is made available so as to suit for cooking in ordinary kitchens. The electronic range permits the cooking for a period in the order of second. In combination with newly developed electronic timers of high precision and easy application, a variable repeated heating needed for cooking high protein food, rice and pastry is made practicable.

1. ま え が き

電子レンジは、誘電体発熱の原理をオーブン(天火)に応用した商品であって、食品を被加熱体とし高周波電界を印加し誘電体損失によって発熱させる調理器である。これは従来木材の乾燥および接着・プラスチックの加熱成形・農産物の加工殺菌などに利用されていた誘電加熱よりさらに使用周波数が高い2,450 Mcの極超短波(マイクロ波)が用いられるので、ガスオーブンなどに比べて調理速度が著しく短縮され食品によっては加熱時間が1/4~1/10となり調理に要する経費も節約される。それゆえ食堂・レストラン・ピュウフェなどではクイックサービスが可能となり夢の調理器といわれその将来性は大きい。

本稿では一般の中小食堂・ピュウフェ・独身寮または家庭でも十分に使用できる低入力の新しく開発した小形電子レンジを中心に電子レンジ一般についてその概要を述べる。

2. 食品の誘電体発熱原理

2.1 発熱原理

食品のマイクロ波による加熱は誘電体発熱の原理と同様であって、交番電界中に食品を入れると導電電流のほかに電界の方向に食品の極性分子がならぶが、電界の方向を変えるとあるヒステリシスルーに沿って反転する。いま印加電界の周波数をあげると分子はそれに追従して激しく振動し、高周波電界からエネルギーを吸収し分子自体が自己発熱し誘電体内で消費される。このような電力を総称して誘電体損失と呼んでいるが、誘電体損失の小さいプラスチック・ガラス・陶器はマイクロ波の吸収がほとんどなく、マイクロ波は透過しほとんど発熱しない。したがって調理物をそれらの容器に入れたまま加熱できしかも容器は発熱しない。また金属面はマイクロ波を反射するからマイクロ波によってほとんど発熱しないから効率よく食品だけを加熱できる。

電子レンジの加熱原理もこれと同様に考えることができる。簡単のため、図2.1(a)のように平行板電極にはさまれた被加熱物(誘電体)に交番電圧 $V \sin \omega t$ を印加すると同図(b)のごとく電流位相は電圧に対して 90° より少し小さな角度だけ進み、したがって同図(c)のような等価回路がえられる。

ここに等価容量 C および等価抵抗 R は

$$C = I_0 / 2\pi f V \dots \dots \dots (2.1)$$

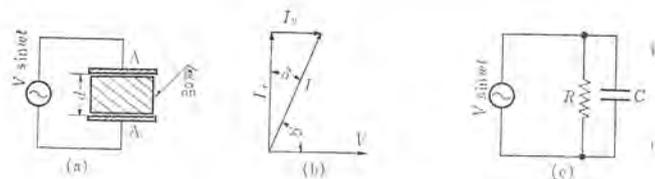


図 2.1 食品の加熱原理
Fig. 2.1 Principle of dielectric heating with microwaves.

$$R = V / IR \dots \dots \dots (2.2)$$

誘電体発熱として誘電体内に吸収されるエネルギーは、

$$P = VI \cos \phi = VI_R = V \cdot I_0 \tan \delta \\ = 2\pi f C V^2 \tan \delta \dots \dots \dots (2.3)$$

C は比誘電率 ϵ に比例した K を常数とすれば

$$P = K f V^2 \epsilon_r \tan \delta \dots \dots \dots (2.4)$$

また被加熱物の単位体積あたりの吸収電力は

$$P_0 = P / Ad = 0.556 f E^2 \epsilon_r \tan \delta \text{ [W/cm}^2] \dots \dots (2.5)$$

で求められる。ただし f = 周波数 [Mc/sec]

E = 電界強度 (実効値) [kV/cm]

ϵ_r = 食品の比誘電率

$\tan \delta$ = 誘電体損失角

2.2 浸透深度

平行板電極に食品をそう入し高周波誘電加熱する場合は電極間の電界強度分布は一定となり食品の各部分が均一に加熱されるが、電子レンジのごとくアンテナよりマイクロ波をフク射する場合は進行波として取り扱う必要がある。食品にマイクロ波を照射した場合、食品の中でマイクロ波エネルギーが指数関数的に減少し、表面と中央部では当然単位体積あたりの吸収電力が異なり温度差を生ずる。これらの現象は式(2.5)で求めたマイクロ波における食品の単位体積あたりの電力吸収の良さに起因し、マイクロ波の浸透深度が問題になる。浸透深度は均質被加熱物に垂直に入射するエネルギー密度が $1/e \approx 37\%$ になる距離(深さ) D として慣例的に定義され次式で表わされる。

$$D \propto 1/f \sqrt{\epsilon_r \tan \delta} \dots \dots \dots (2.6)$$

浸透深度は、電力吸収の良さと逆比例する関係にあるが電子レンジによる加熱では、一般に粉質の多孔性の食品は中心部の温度が上り、タン白質食品では表面温度が中心部より高くなる現象が現われるが、これなどは食品自体の電力吸収の良否によるも

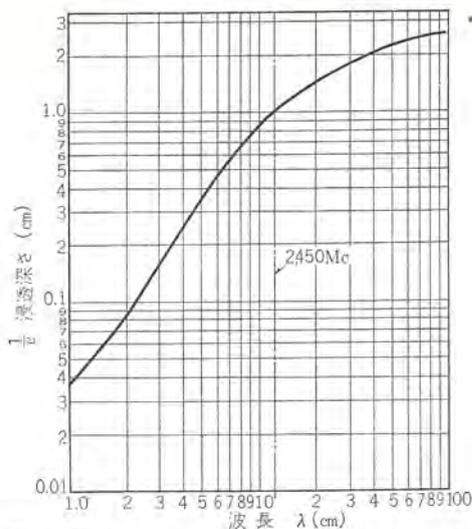


図 2.2 高含水タン白質の浸透深さと波長の関係
Fig. 2.2 $1/e$ depth versus λ_0 for high water protein tissue.

のであると考えられる。図 2.2 は水分を含んだタン白質食品(肉)の調理周波数とその浸透深さの関係⁽²⁾を示したものであるが、多孔性のデンプン質の浸透深さは 4~5 cm まで達して発熱するためガスオーブン・赤外線オーブンのような食品自体の熱伝導によって調理する方式に比べ加工速度が数分の 1 に短縮できるというすぐれた特長を持っている。また加熱時間が非常に短縮できるから調理に要する経費も節約できる。

3. 電子レンジの概要および仕様

3.1 仕様と特性

RR-600 形の仕様を下記に示す。また特性は図 3.1 に示すように低入力でも効率よく使用できる。

形式	RR-600 卓上形
外形寸法	620 (幅) × 540 (高さ) × 575 (奥行)
オーブン寸法	360 (幅) × 260 (高さ) × 300 (奥行)
電源電圧	単相 3 線 200/100 または単相 200 V.
消費電力	1.4 kW (1.7 kVA)
マグネトロン	M-165 (両波整流形)
高圧整流器	シリコン整流器 (SRIC-24) × 36 個(ブリッジ)

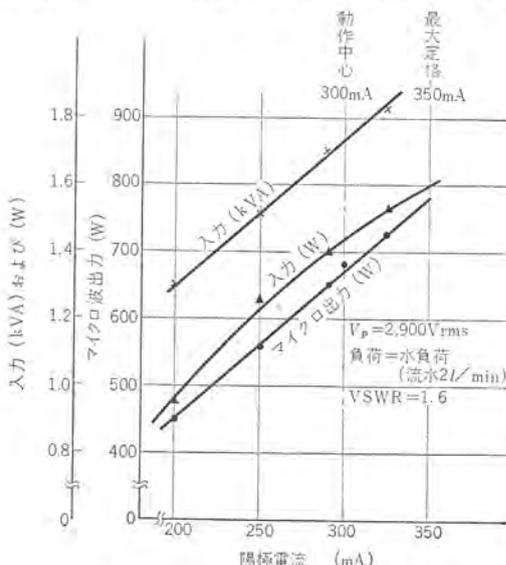


図 3.1 RR-600 形電子レンジの特性
Fig. 3.1 Performance chart of electronic range. (type RR-600)

整流) 逆耐圧	1.1 kV (抵抗分圧器付)
マグネトロンプレート電圧	2,900 Vrms
マイクロ波出力	600 W ± 50 W
マイクロ波周波数	2,450 ± 50 Mc
冷却器	貯水循環式強制通風冷却器 800 kcal/h/20°C
タイマ	15 分 プッシュボタン式電子タイマ
出力調節(火力調節)	電子式可変繰り返し加熱スイッチ
重量	76 kg

3.2 構造および動作

電子レンジのブロック線図は図 3.3 のとおりである。さらに大きく分類すれば、マイクロ波回路・電気回路および構造部品の三つに分けられる。マイクロ波回路および電気回路は別の項で述べるとして、その構造を図 3.4 側断面図に示す。また図 3.2 は RR-600

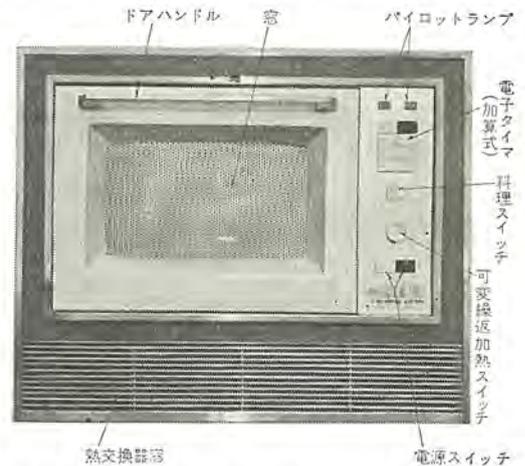


図 3.2 RR-600 形小形電子レンジの外観
Fig. 3.2 Exterior view of electronic range. (RR-600 type)

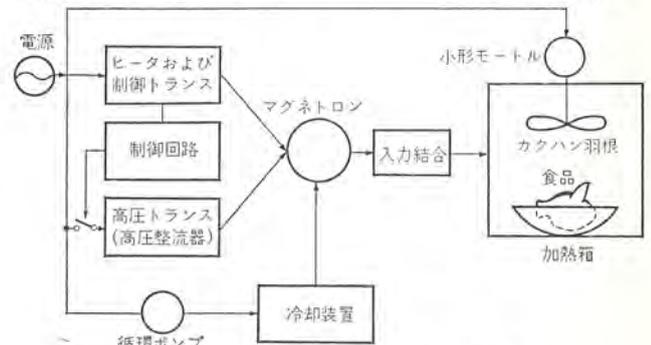


図 3.3 電子レンジのブロック回路
Fig. 3.3 Block diagram of electronic range.

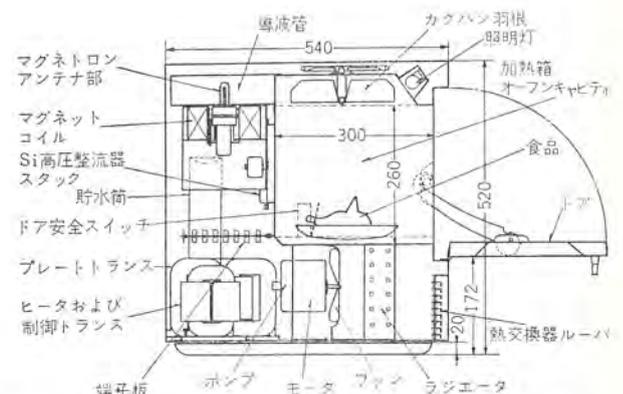


図 3.4 RR-600 形小形電子レンジの構造
Fig. 3.4 Construction of electronic range. (RR-600 type)

小形電子レンジの外観図である。

電子レンジの動作の概要を述べると、マグネトロンは空洞内蔵形のマイクロ波発振管で、マグネットコイルの中心部に置かれ、管軸方向に直流磁界をかけ、さらに高圧トランスからえた高電圧を陰陽極間に印加すると、陰極から放射する電子が旋回しつつ周回運動を行ない回転電子極を形成する。この電子極の回転によって自蔵の空洞共振器に誘導電流が流れ、さらに電子極が分割陽極の電界と同期回転することによってマイクロ波を発生させ、その出力はマグネトロンのアンテナによって導波管に結合される。導波管と加熱箱の境界面はマグネトロンの動作特性を考慮して結合される。加熱箱は鏡面仕上げされた金属性の空洞であり、この中に食品が入れられて加熱される。また加熱箱では加熱の均一性をうためスターラ（電波かく乱羽根）が毎分150回程度で回転している。これは加熱箱内に放射されたマイクロ波と壁面で反射する成分が重畳し、固定した定在波が生じ被加熱物（食品）に加熱ムラが生じるが、スターラに適切な傾斜と形状を持たせて回転させると結合窓からの伝搬経路が刻々変化し定在波が移動するため、加熱箱全域にわたって発熱が平均化される。また熱交換器はマグネトロンがプレート損失（約600W）によって過熱するので、冷却水をポンプにより循環させて冷却ラジエータによって放熱させている。冷却水は約1.5Lの貯水式で密栓（栓）をし厳寒期にも凍結しないよう不凍液を混入してある。

4. マイクロ波回路（電子レンジ）

電子レンジのマイクロ波回路をブロック線図で示したものが図4.1である。すなわちマグネトロンより放射された電磁波はアンテナと導波管との出力結合をへて放射損失を減らすための伝送路である導波管に導びかれ、オープンとの入力結合をへてオープン内に導びかれる。

オープン内では、スターラと呼ばれる金属性の電波かく乱羽根が回転しており、オープン内部での電磁波の共振モードの固定による加熱のムラを防いでいる。

4.1 マイクロ波回路理論

4.1.1 オープンの等価回路

オープン内の電磁界の状態を知るため、オープンモデルをモデル化して図4.2のごとく考えMaxwellの方程式を解き、空間誘電体の導電率 $\sigma=0$ とすると、

$$\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2 + \left(\frac{s\pi}{c}\right)^2 = \omega^2\epsilon\mu \quad \dots\dots(4.1)$$

となる。したがって上式を満たす自然数 m, n, s の一组について一つの電磁波のモード（状態）が存在可能となり、したがってオープンの負荷時の等価回路としては図4.3が考えられる。すなわち、オープンの等価インピーダンスは各種共振モードに対する負荷インピーダンス Z_{e1}, Z_{e2}, \dots オープン内部の壁面および放射損失にもとづく R_{c1}, R_{c2}, \dots およびスターラの等価インピーダンス Z_{s1}, Z_{s2}, \dots により決定される。そしてこのインピーダンスは入力結合部を経て導波管より見たインピーダンス Z_R に変換され、マグネトロン発振時においてはこれが導波管の特性インピーダンス Z_0 と一致することが望ましい。またマグネトロンとアンテナとの出力結合についても同様にインピーダンスの整合を取ることが必要である。

しかし、オープン内部の負荷は多種多様で負荷により Z_c は広範囲に変化する上スターラの回転によっても Z_s は周期的に変化する。このようなオープン内の等価インピーダンス Z_R の広範囲な変動に対



図 4.1 マイクロ波回路のブロック線図
Fig. 4.1 Block diagram of the microwave circuit.

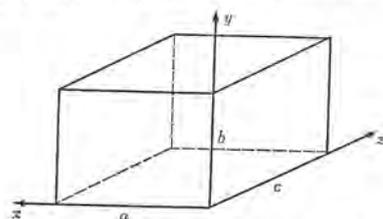


図 4.2 直六面体のオープンモデル
Fig. 4.2 Cuboid oven model for solving the Maxwell equation.

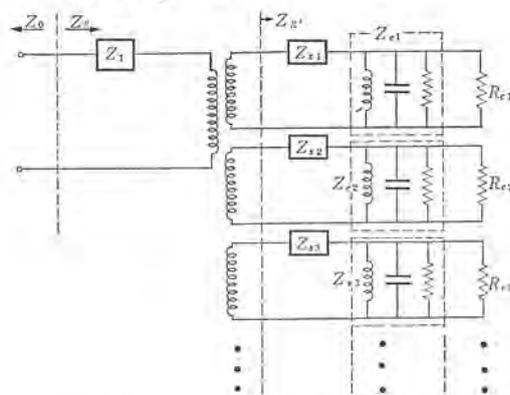


図 4.3 オープンの等価回路
Fig. 4.3 Equivalent circuit of the oven.

し導波管より見たインピーダンス Z_R の変動範囲を決定するものは入力結合部およびスターラであり、オープン内で起こりうるあらゆる負荷インピーダンスに対してマグネトロンの安定動作領域中にそのインピーダンスの変動範囲をとどめたい。さらにオープン内の負荷の均一加熱を実現するようなオープン内電界分布のかく乱をも考えて入力結合部およびスターラを設計しなければならない。

4.1.2 定在波比と有効出力

図4.3において導波管の特性インピーダンス Z_0 とオープンの入力インピーダンス Z_R が一致しないとき、その点において入射波の一部は反射され進行波との干渉により定在波が生じる。いま、進行波の方向をZ軸方向にとって考えると

$$\text{進行波} \dots\dots Ae^{-j\beta Z} \dots\dots(4.2)$$

$$\text{反射波} \dots\dots Be^{j\beta Z} \dots\dots(4.3)$$

で示される。そして両者が存在する時の合成波 F は

$$\phi_0: \text{障害物の点における反射波の位相角}$$

とすると

$$F = Ae^{-j\beta Z} + B_1 e^{j(\beta Z + \phi_0)} \\ = De^{-j\beta Z + j\phi} + 2B_1 \cos(\beta Z + \phi_0) \dots\dots(4.4)$$

$$\text{ただし } D = |A - B_1 e^{-j\phi_0}|$$

$$\phi = \tan^{-1} B_1 \sin \phi_0 / A - B_1 \cos \phi_0$$

上式において、第1項はZ方向への進行波、第2項は完全な定在波を示している。このようにインピーダンスの不連続点の手前では進行波と定在波とが混在してそれぞれの場合に特有の定在波分布を生じてくる。そして $\rho = E_{\max} / E_{\min}$ なる量を考え、これを電圧定在波比（VSWR）という。この量はレンジの有効加熱出力に関係する。すなわち不連続点における入射電力を P_i 透過電力を P_t 、反射電力を P_r とすると、

$$P_t / P_i = P_i - P_r / P_i = 1 - P_r / P_i = 1 - |E_r / E_i|^2 = 1 - |\rho|^2$$

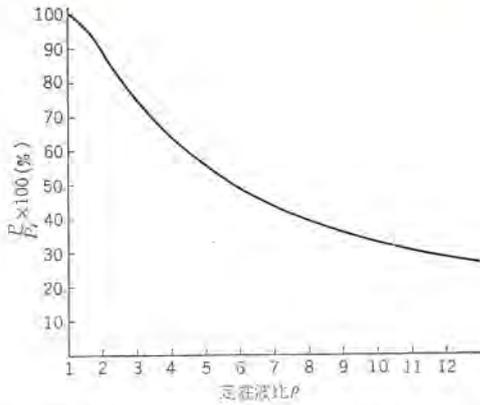


図 4.4 有効エネルギーと定在波比
Fig. 4.4 Relation between voltage standing-wave ratio and effective power.

$$= 4\rho / (\rho + 1)^2 \dots\dots\dots (4.5)$$

なる関係が成立する。この式にしたがって入射エネルギーと吸収エネルギーの比と定在波比 ρ の関係として表わしたのが図 4.4 である。

このようにインピーダンスの不整合に基づく反射波成分の増加は、定在波比 ρ の増加をもたらす。オープンの有効出力を落とすほかにマグネトロンにも影響をあたえ、その発振の安定性および寿命に重要な影響をあたえることになり、あまりに反射分が大きくなるとマグネトロンの発振が停止してしまうことも起こる。さらに定在波の電界最大点での放電の恐れも出てくるためこの定在波比 ρ はなるべく 1 に近い値になるように導波管およびオープンが決定されなければならない。

4.2 マイクロ波回路の設計

導波管とオープンとの結合を考えるときオープンの入力インピーダンス Z を考慮しなければならない。オープンの入力インピーダンスに寄与するオープン関係素子としては前に触れたごとく、スターラ・入力開口部・オープンおよびオープン内の負荷が考えられるが、オープンの寸法形状はおもに使い易さの面から制約を受け、またオープン内負荷は多種多様にわたるため設計にあたってはスターラおよび入力開口部が重要なインピーダンス整合素子となり、オープン内負荷の変動に対しても安定な高出力を維持するようにこれらを設計する必要がある。

ここでは (1) でスターラについて、(2) でスターラ入力開口部を含めた最終的なインピーダンスの決定についてふれる。

4.2.1 スターラの効果

まずスターラであるが、これはインピーダンス素子であると同時に共振モードをかく乱して平均的電界均一度を高める役割をも有しているため、設計に際しては両作用を考慮して決定する必要がある。まずインピーダンス素子として考えると、そのインピーダンスに寄与するパラメータとしてはスターラ羽根の直径・幅・傾斜角および開口部に対する三次元的取付位置・形状などが考えられる。

この研究においてはスターラだけについて数十例の実験データをえたが、図 4.5 はその一例である。このようにスターラの等価インピーダンスは回転によってその値が変化するため、完全な整合状態で電子レンジを運転することは不可能である。したがって負荷時において正規化されたオープンの入力インピーダンスの抵抗分はスターラの回転によって定在波比を 1 の近辺に押し、そのリアクタンス分はマグネトロンの特性を考えて設計することが望ましい。このためには上記のパラメータのうちでとくに入力開口部より見たスターラの大きさが重要なパラメータとなってくる。

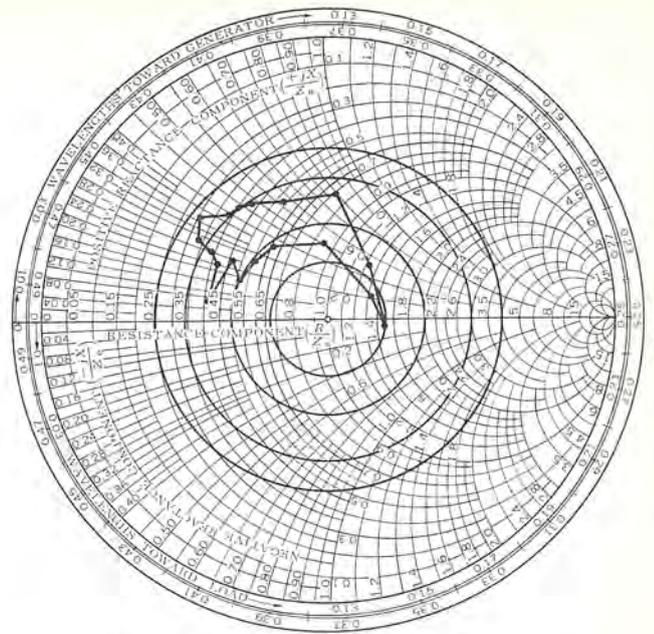


図 4.5 無負荷オープンのインピーダンスチャート
Fig. 4.5 Input impedance chart of the unloaded oven.

次に電界かく乱素子として考えると、そのかく乱効果をおもに規定する要素はスターラ羽根の直径および幅である。このレンジで最終的に採用したスターラについての電界均一度を測定した結果 80% 程度であり実用上は何らの支障もない状態になっている。

4.2.2 リーク線図とオープン入力インピーダンス

さて最終的にスターラを含めたオープンの入力インピーダンスを決定するためには、マグネトロンの出力特性を示すリーク線図を考えてマグネトロンの最適な動作状態へオープン入力インピーダンスを一致させる必要がある。

図 4.6 は規準面において測定されたマグネトロンのリーク線図である。同図に示された A の領域は Sink 領域と呼ばれマグネトロンの発振の不安定な領域であり、いま負荷インピーダンスがこの領域に近づくとつれてマグネトロンの出力電力は増大するが、これはおもにマグネトロン共振回路とその負荷回路との間の電力の分配すなわち回路能率が上昇することによるものである。そしてスターラの回転によって負荷の正規化インピーダンスがさらにこの領域に近い値になると、マグネトロン陽極間隔より見た負荷側コンダクタンス分がきわめて大きくなり、誘導電流によって生ずるマグネトロン陽極間隔電圧が小となって、電子の半径方向の速度が小さくなるため、他の領域と同じ陽極電流を流そうとすると作用空間内の電子極の電荷密度はきわめて高くなり、電子の周回角速度が半径によって異なってきた電界との同期が保てなくなってくる。そしてついに電子流は二つに分裂し発振が急に停止する状態へと進む。また同図に示された B 領域の近くに相当する負荷状態においては、共振回路内での電力損失が多くなり、また陰極が加熱されて寿命短縮などの問題が起こる。

したがってオープンの入力インピーダンスとしては上述のごとき不安定領域 (A) や低出力領域 (B) を避けた位置に決定してやれば良く、これを実現するためには入力開口部におけるインピーダンス変換が有力な手段となる。入力開口部におけるインピーダンス変換素子としては容量性リッジ・誘導性リッジ・スタブおよび共振窓などが考えられるが、図 4.7, 4.8 はこれらを考慮して設計された入力開口部およびスターラを有する負荷時オープンのスターラの各回転角に対するインピーダンスチャートの一例である。この状態においてはスターラのいかなる回転角に対してもマグネトロンの発振の不安定領域 A とは離れており、またマグネトロンの出力および定在波比の点

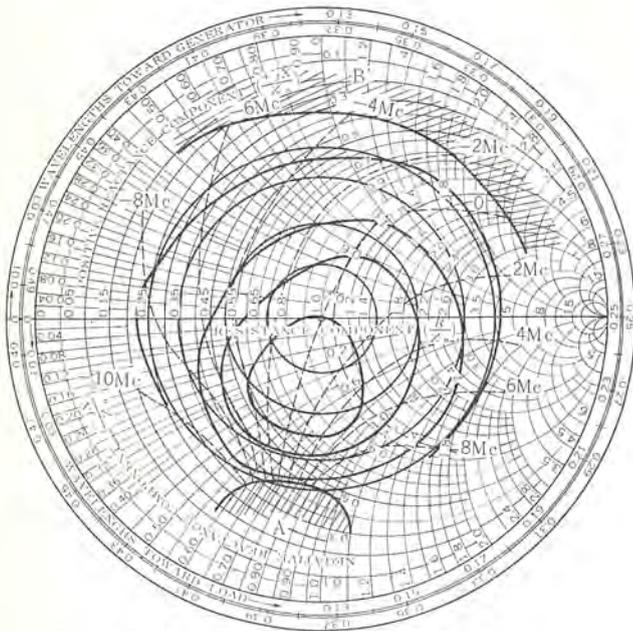


図 4.6 マグネトロン のリーケ線図
Fig. 4.6 Rieke diagram.

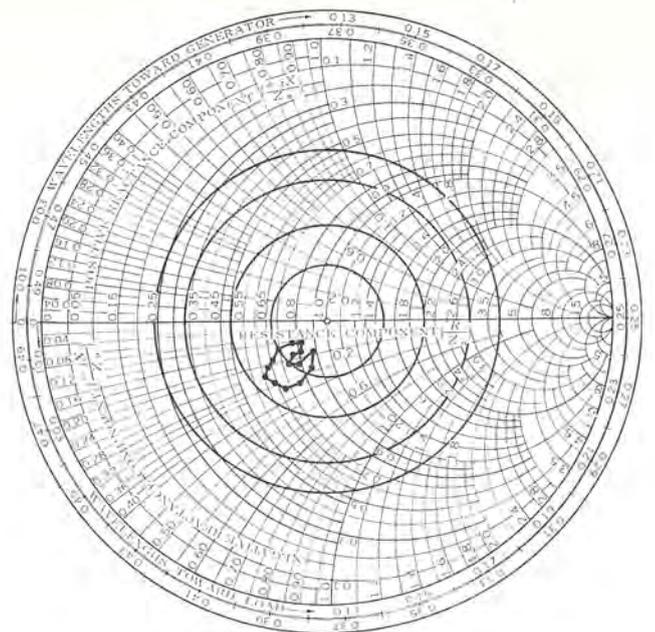


図 4.7 中量負荷時のオープンインピーダンスチャート
Fig. 4.7 Input impedance chart of the oven with medium load.

でも問題はない。

次にオーブン内の負荷を変化させたときオーブンのインピーダンスの変化するようすの一例を図 4.7, 4.8 に示す。ただし図 4.7 は中量負荷時、図 4.8 は軽量負荷時、図 4.5 は、無負荷時オーブンの特性である。

このようにオーブン内負荷が変動することによりオーブン入力インピーダンスはかなり変化するので、オーブン関係素子をいかなる負荷状態のときにマグネトロン の最適な負荷条件に合わせるには種々の考え方があるが、このレンジにおける根本の方針としてはいかなる負荷状態であってもマグネトロン が十分安定な発振を維持できるようにインピーダンス領域にオープンインピーダンスが分布するようオープン関係を設計することである。すなわち無負荷時あるいはそれに近い状態のときにオーブンの Q をある程度下げておき、普通の負荷あるいは重負荷のときには負荷を除いたオーブンの等価的な Q が上昇するように構成するため、オーブン内にはケイ光灯が設置されこれを実現している。

すなわち無負荷時あるいはそれに近い状態においてはオーブン内に入射したエネルギーはケイ光灯に代表されるオーブン内の抵抗体により吸収されるため、オーブン自体の Q はかなり低下しているが、オーブン内に負荷が入るにつれてオーブン内電磁波は負荷中をとるたびに相当のエネルギーを失なうためオーブン内平均的電界強度が落ち、ケイ光灯およびオーブン壁面で失われるエネルギーが無負荷時よりも減少してくるので、実質的に負荷を除いたオーブン自体の Q は上昇していると見られ、負荷に吸収される電力に関しても問題はない状態となる。このようにオーブン内に設置されたケイ光灯は負荷に応じて自動的に変化するベース負荷としての役割を持つと同時に、マグネトロン の発振・非発振のインディケータおよびオーブン内照明の役割もあわせて持っている。なおベース負荷としてオーブン内に水負荷を入れる方法もあるが、保守の点に関して問題があると同時にオーブン内の照明・マグネトロン の動作のインジケータの装置など別に考慮する必要があるためこのオーブンでは採用されていない。この他定在波比の大きいとき、マグネトロン の発振を自動的に止める装置が付加されたレンジもあるが軽負荷時での使用が複雑

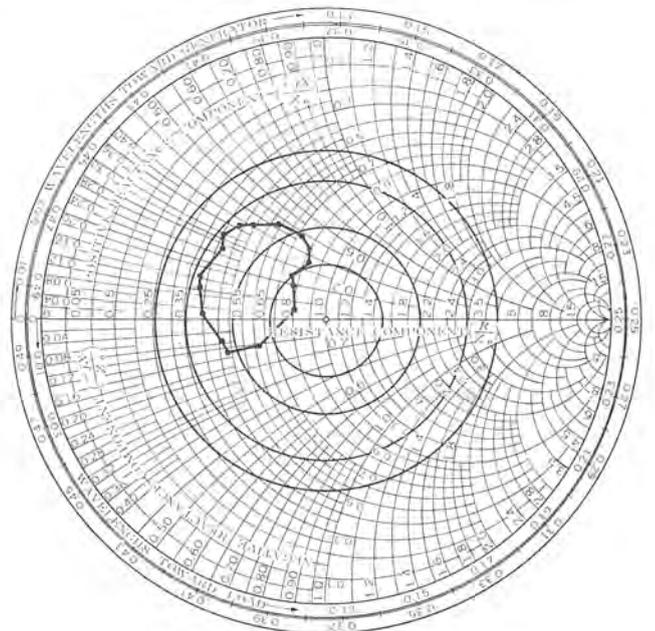


図 4.8 軽量負荷時のオープンインピーダンスチャート
Fig. 4.8 Input impedance chart of the oven with light load.

になるため問題がある。

図 4.9 はこのようなオーブンにおけるスターの電界かく乱の状態をオーブン内にネオンランプを平面的に配置してスターを回転させてその効果をパンチ窓より撮影したものであり、同図 (a)(b) はスターの静止時、(c) は回転時である。

5. 電気回路

5.1 パワー回路

電子レンジの電力はほとんどマグネトロンによって消費される。マグネトロン の電力供給はラートランスにより 2,900 Vrms に昇圧した正弦波電圧をブリッジ形シリコン整流器スタックにより両波整流して印加されるので、力率は 0.82 程度となり電源入力(kVA)が



図 4.9 スターラによるオーブン内定在波のかく乱
Fig. 4.9 Breaking the waves within the oven cavity with a stirrer.

減少し、とくに高周波出力 600 W 程度の電子レンジでは小口の電力契約でも使用できる利点がある。したがって中小食堂・寮または家庭用としても販売の可能性が生じた。またプレート電流を押えられしかも出力が増加し、電源トランスの電源インピーダンスの大きい場合でも出力の低下が少ないなどの利点がある。図 5.1 は RR-600 小形電子レンジの電気回路である。プレートトランス T_1 は巻鉄心を用い磁束密度を大きくとり、セン頭プレート電流に対するインピーダンス電圧降下率を 5% 程度とした。その結果プレートトランスが小形化され、しかも投入サージ電圧および開閉サージ電圧が半減し安全性が増加した。高磁束密度に設計する唯一の欠点は突流であるが、トランス突流抑制遅延リレー RSW_2 により抑制し、パワーリレースイッチの接点溶着事故を未然に防止できる。さらに投入時の異常電圧を積極的に抑制する投入異常電圧抑制コンデンサ C_2 を設けて、開閉異常電圧によるマグネトンの管内スパークなどの不測の事故や高圧整流器の保護を行ない、信頼性の向上を計っている。

5.2 制御回路

5.2.1 パワー制御回路

制御回路は制御およびヒートトランス T_2 よりセンタタツウ式両波整流回路を介して直流に変成して供給される。一部は可変抵抗 VR_1 を介してマグネトン用のマグネットコイル L_5 に供給され、マグネトンのプレート電流を極性を一致させて重畳し、電源電圧変動による出力変動が生じないようにネガティブフィードバックが掛けられる。さらに一部は電子タイマ・繰返し可熱スイッチ回路に供給され料理時間の設定・火加減の調節が行なわれる。

5.2.2 電子タイマ

電子レンジでは調理スピードが早く、秒単位の調理が必要となり、従来の電動式タイマでは時間設定が不可能であり、全時間 15~30 分のタイマでは 1 分以内の設定は非常に精度が悪く、しかも調理毎設定を要する不便さがあったが、電子レンジ用として新しく開発したフラッシュボタン式電子タイマは 7 個のフラッシュボタンを加算して 10 秒間隔で 16 分まで設定可能で 16 分以内の時間誤差は最大 2~3% 以内ときわめて精度がよく、電源周波数や電圧変動による誤差もきわめて小さい。回路動作は Tr_1 (V.J.T) を用い C_{13} と $R_{31} \sim R_{37}$ の充電時間を応用した半導体電子タイマで、フラッシュボタン

タイマ R_{31} および R_{32} をセットし、料理スイッチを押すとパワーリレー SW_6 が投入されマグネトンが発振開始すると同時にタイマ回路 R_{31}, R_{32} をへて C_{13} が充電されその充電時定数によって時間が決まる。 C_{13} の電圧が一定レベルに達すると Tr_1 がターンオンし、タイマリレーを通して放電し、パワーリレーコイルと直列に接続された接点 (1) が開き、パワーリレーの制御コイルの通電を停止し、マグネトンへの高圧供給が停止し発振が止る。 C_{13} は一定であるから加熱時間は、充電抵抗に比例し 7 個の組み合わせで約 100 種の時間設定が可能である。その他の回路要素は時間精度を向上させるのに必要な回路部品である。(出願中)

5.2.3 可変繰返し加熱スイッチ

電子レンジによる調理の基本は 3 種類に大別される。もっとも電子レンジの急速加熱が適した調理法はあらかじめ調理し、盛りつけを完了した食品の再加熱および冷凍食品の解凍であり、この二つの用途にはほとんど問題はないが、生食品の調理において少し問題がある。というのは発熱が急な

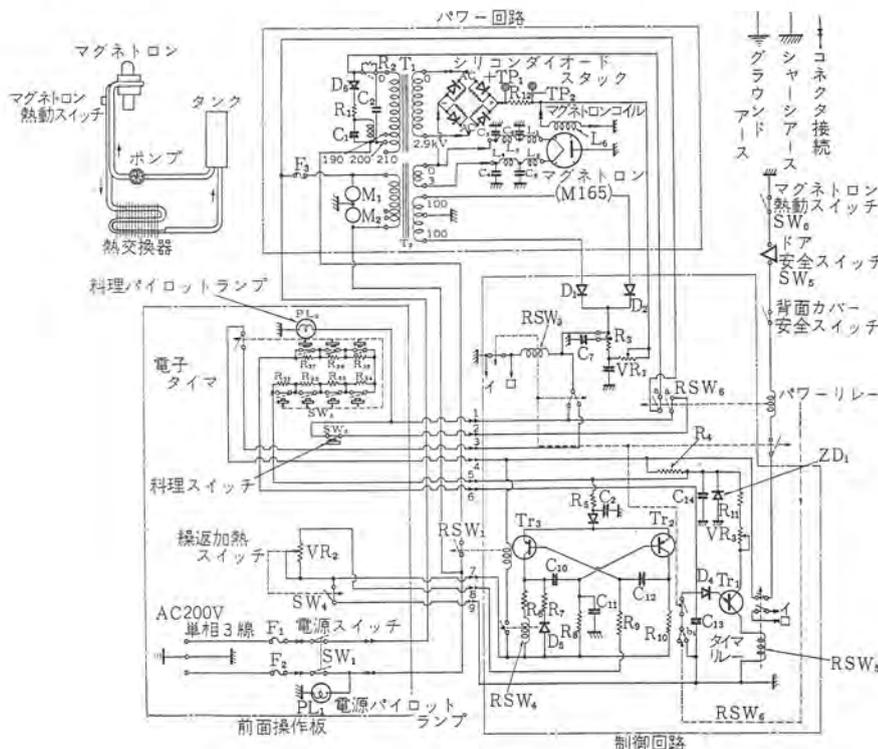


図 5.1 RR-600 形電子レンジの回路
Fig. 5.1 Schematic diagram of type RR-600 electronic range.

あまり 粉質がコウ(膠)化しなかったり、汁の多い料理ではふきこぼれたりすることであり、また生食品の調理では食品特有の風味を損なわないで調理するにはある一定の時間を要するものがある。いわゆる「弱火で煮こむ」という方法も必要であり千差万別である。そこで火加減の調節は従来行なわれてきたように単に出力を落すことでは満足されないことがわかったので、本機では繰り返し加熱スイッチを装置した。これは休止時間は15秒一定とし加熱時間を10~60秒まで細かく調整できる。しかもこのサイクルで電子タイマの設定時間内を繰返して加熱するため、休止時は加熱時の熱で蒸すような状態で調理されるから食品の持つ風味が損なわれることがない。さらに汁の多い料理では沸点に達したとき自動的に休止するようなサイクルを選ぶことにより噴きこぼれがなく、一定の温度にコントロールすることもこの装置により可能である。可変繰返し加熱スイッチ回路の動作は $Tr_1 \cdot Tr_3$ からなる無安定マルチバイブレータ回路で構成され、ツマミにより通電率80~30%まで調整できる。回路動作は可変繰返し加熱ツマミを連続から繰返しにセットすると SW_4 が投入され、マルチバイブレータ回路は共振発振を開始する。 Tr_2 のコト断時には Tr_3 が飽和状態に達し導通して補助リレー SW_4 が投入され、繰返し加熱リレー RSW_1 接点が開放されるからプレート回路の給電を停止し加熱が休止する。 Tr_3 は Tr_2 のベースに接続された C_{10} と R_8 の時定数により定まる一定時間経過すると、 Tr_3 が導通し Tr_3 はコト断され補助リレー接点が開放され、可変繰返し加熱リレー RSW_1 の接点が閉じ加熱が開始される。加熱時間は C_{12} と $(VR_2 + R_9)$ の時定数により定まり、 VR_2 を適当に調整すれば、通電率を変えて連続的に火力調節ができる。(出願中)

5.2.4 保護回路

電子レンジは3,000~6,000Vの高電圧で動作しかつマイクロ波による火傷など人体に対する保護と機器の保護に重点を置き設計されている。高圧に対する保護はキャビネットの裏面に保護スイッチが装置され、はずすと高圧が印加されないように動作ししかも裏面は厳重に封印されている。マイクロ波に対する保護は発振中にドアを開けたとき、人体にマイクロ波を受けないようただちに発振を停止させるドア安全スイッチ SW_5 により保護される。さらに高価なマグネトロン保護は冷却システムの故障時動作させると、プレート損失により熱的破損に至るのでマグネトロン出口の冷却パイプに75°Cで動作するサーマルカットアウトスイッチ SW_6 を装置し水系故障のとき動作を停止させる。さらにマグネトロン保護は整流回路の故障により励磁されない場合は、同一電源から供給される制御回路の動作が停止して保護されるなど、安全性に対しては万全の配慮がされている。

6. 調理実験

前にも述べたように電子レンジによって加熱調理される食品を大別すると次の3種、すなわち冷凍食品の解凍加熱・調理食品の再加熱および生食品の加熱調理が考えられる。冷凍食品はわが国では古くからの食生活の習慣もあり一般に普及されにくかったが、最近では列車食堂・レストランなどで多く用いられるようになり、これにしたがって電子レンジの需要も多くなる傾向にある。冷凍食品は-25°C以下に貯蔵された食品で食品内の水分が凍結された状態で保存されている。これを解凍するためには室温放置・冷蔵庫中解凍・水または熱湯を用いるなどの方法が採られているが、いずれも解凍時間が長くしかも解凍により流出する水分により食

品の味を損なわれるため、短時間解凍を行なうことが必要になる。電気またはガスオーブンで短時間解凍しようとしても、表面よりの伝熱によるため外が焦げて内部は凍結状態にある場合が多く、良好な解凍を行なうことが困難である。しかし電子レンジにより解凍させる場合は超短波が内部まで瞬間的にしん透して発熱現象を起こし、きわめて短時間に解凍を行なうことができるので、味を損なうことなくただちに食卓に供し得る食品とすることができる。表6.1はRR-600形電子レンジを用いて調理加熱したときの所要時間の一例である。この調理速度を電気オーブンによるものと比較したところ、ビーフシチューの加熱には表のように電子レンジで10分を要したが、電気オーブンでは強熱加熱で約30分を要し電子レンジの即熱性が認められた。食品にはそれぞれ食べるのに適した温度があるが、われわれはかならずしも理想的に温められた食品を口にしているとはいえない。ときには調理された後保存のため冷蔵庫中に貯蔵されていたものもあり、また調理後それほど長時間経なくても温度が下がってしまうことが多い。これらの場合従来は煮直し・焼き直しなど再加熱して食卓に供することが多かったが即時加熱を望むことができず、また再加熱によって煮くずれとか焼き過ぎ・焦げすぎを起こしてでき上りと同質のものを得ることは困難であった。また営業用としては食品の商品的価値が重要であるため、食事時間外に大量に調理し混雑ときに再加熱して提供することが困難であったが、電子レンジは食品全体を即時に均一に加熱できるので乾燥や変質することはなく再加熱でき、調理直後の食品と判別ができない程度に仕上げるができる。またご飯のように保存時に比較的表面が乾燥しやすいものは濡れぶきを掛けて加熱するほうがより良好な結果となる。電子レンジの需要が将来大きく伸びるか否かの一つの要素は生の食品の調理ができるか否かにあると思われる。獣肉や魚肉の加熱のごときものは単に連続加熱を行なうことにより短時間に調理できるが、弱火で長時間加熱する必要がある調理食品はある程度それに適した加熱方法が必要であることがわかった。すなわち炊飯のごとく初期に十分吸水させ、また終了時にむらし加熱を要するようものは電子レンジによる連続加熱では、十分にふくらみと粘りを持った米飯を得ることができないので、最初一定時間連続加熱して吸水を行なわせ、その後適量の熱を均一に与えるため可変繰返し加熱スイッチを利用して比較的加熱時間を長くした間欠加熱を行

表 6.1 電子レンジによる調理

区分	料理名	量	容器	調理法	所要時間
冷凍食品の調理	茶わんむし	36個	茶わん	間欠	分 秒 10.00
	虹マス	2匹 230g	磁製皿	連続	6.00
	ビーフシチュー	260g	包装のまま	〃	10.00
	マカロニグラタン	260g	〃	〃	11.00
調理済食品の再加熱	米飯	250g	磁製皿	〃	1.50
	ローストポーク	700g	〃	〃	2.30
	しゅうまい	10個 180g	〃	〃	1.00
	マカロニグラタン	260g	〃	〃	2.00
	ビーフシチュー	260g	〃	〃	2.00
生食品の調理	ローストポーク	700g	〃	〃	17.00
	米飯	米 280g	バイレックスのふた付容器	〃 間欠	9.00 +15.00
	カスタードプディング	3個 350g	水浴中のバイレックス容器	〃	20.00
	茶わんむし	130cc	茶わん	〃	5.00

ない、しかる後むらし条件として加熱時間を短くとした間欠加熱を行なう必要がある。またカスタードドレーシングや茶わんむしの場合のように間欠加熱方式を用いてもいまだ加熱が強過ぎる場合は水を介して加熱する方法を用いるとさらに良質の調理を行なうことができる。ただしこのときでも単に連続加熱を行なった場合は水が過熱沸騰または突沸を起し最適の条件に保つことができないため、湯温制御の意味で間欠加熱を行なう必要がある。前にも述べたとおり電子レンジは超短波加熱の特性として、食品の部分部分の組成のちがいに、不均一加熱される恐れがあるはずであるが、実際には食品内の熱伝導により均一に加熱され、また内部浸透深度の不十分から生ずる生焼けの状態も現われず各種の調理に十分満足できるものであることがわかった。

7. 電子レンジ調理による食品中の微量成分の変化

電子レンジによる調理は短時間に効率良く加熱する調理法であるが、これによる食品中の微量成分の変化に関しお茶の水女子大学家政学部食料学科稲垣研究室に依頼して各種ビタミンの変化および脂肪の酸化状態の検討を行なった。ビタミンについてはC₁・B₁・B₂・Aの純結晶液と蜜柑および豚肉について行ない、脂肪の酸化状態については大豆油・綿実油・オリーブ油を用いそれらの酸価・過酸化価・TBA値(Thiobarbituric acid value)・カルボニル値より検討した。なおこの実験には比較対象加熱調理器具として電気オーブン(800W)を用いた。ビタミン類純結晶水溶液の実験に対しては各種濃度において測定を行ない、加熱時間は各調理器具による沸騰到達時間の1/2・1・2倍とし、ビタミンAのみサラダ油に溶かして測定を行ない、加熱時間は沸騰到達時間の1/3・1/2・1倍の時間で行なった。その結果の一部を表7.1に示す。

表7.1 ビタミンの変化
(カッコ内は残存率%)

調理法 種類	電子レンジ				電気オーブン			
	0秒	30秒	60秒	120秒	0分	5分	10分	20分
ビタミンC 量(mg)	9.5 (100)	9.2 (97.3)	8.6 (90.5)	8.8 (92.6)	8.4 (100)	7.9 (91.2)	5.8 (69.5)	5.5 (65.1)
	39.7 (100)	39.7 (100)	39.7 (100)	39.2 (98.7)	38.9 (100)	37.4 (96.1)	36.0 (92.5)	32.9 (84.5)
ビタミンB ₁ 量(γ)	108.7 (100)	97.7 (89.9)	89.7 (82.5)	87.0 (80.0)	109.1 (100)	98.1 (89.0)	88.6 (81.2)	32.8 (30.1)
	595.0 (100)	580.7 (97.6)	583.7 (78.1)	521.2 (87.6)	601.5 (100)	598.5 (99.5)	460.7 (66.6)	340.4 (56.6)
ビタミンB ₂ 量(γ)	99.8 (100)	99.8 (100)	97.7 (97.9)	96.7 (96.9)	103.3 (100)	96.5 (93.4)	94.7 (91.7)	89.6 (86.7)
	484.0 (100)	484.0 (100)	470.0 (97.1)	472.4 (97.6)	495.0 (100)	495.0 (100)	440.1 (88.9)	397.0 (80.2)

ビタミンCは空気中での酸化および熱に対して鋭敏であり、水溶液のC濃度が高くなれば安定になる性質を持つが、この傾向は電子レンジ・電気オーブン加熱にも認められ、とくにビタミン濃度が低くなるにしたがい電子レンジ加熱の方が残存率が高くなることが認められた。ビタミンB₁についてもCと同様の傾向が現われたがいずれの濃度でもかなりの減少を示したが電子レンジの方が損失が少なかった。ビタミンB₂については加熱による損失は少なかったが電気オーブンでは各濃度とも少しずつ減少している。ビタミンAに関しては電子レンジ・電気オーブンともに大きな変化がなかった。食

品中のビタミン変化量試験試料として冷凍みかんと冷凍豚肉を用いて電子レンジでは1分、電気オーブンでは15分解凍加熱を行なった。この結果C・B₁は電子レンジ処理による解凍のほうが残存率が大きいであるがB₂においてはあまり差がないことがわかった。脂肪の酸化と比較試験は大豆油・オリーブ油・綿実油を加熱し、急冷後その酸化状態を測定して行なった。その結果加熱によってすべての酸価は増加したが試料によって差があり大豆油・綿実油・オリーブ油の順に酸価増加率が小さくなった。これは市販食用油を使用したため添加物の影響が大きくなったと考えられるが、電子レンジによる加熱の方が酸価が低い傾向にあることは認められた。過酸化価の測定結果は電子レンジ・電気オーブンともに加熱によって増加しており両者間に差は認められなかった。TBA値については100°C以前では同様な増加率を示したが、それ以上加熱した場合電気オーブンのほうが増加率が大きくなることが認められた。しかし総体的に見て大差ないものと考えられた。カルボニル値についても電子レンジと電気オーブン加熱とは大差は認められなかった。以上の結果を総括して比較すると、電子レンジにより加熱を行なった場合の方がビタミン類の変化と脂肪の酸化とも少ないことがわかった。これは加熱時間の差が大きく影響しているものと考えられる。

8. むすび

以上は当社で開発した電子レンジを中心としてその構造・性能と理論的検討を詳細に述べ、またこの開発品による実際調理実験の結果とそのときの食物成分の変化の概要を記したが、これらをまとめて特長として次にあげる。

- (1) 両波整流方式であるため力率がよく、低入力(1.7kVA)で使用でき家庭用としても使用可能である。
- (2) 電子タイマの採用により操作が簡単でタイマを再セットする必要がなく取扱いが簡単である。
- (3) 可変連続繰返しスイッチによって間欠加熱による火力調節が連続的にできて料理に適した温度に制御可能であるからおいしい調理ができる。
- (4) マイクロ波の浸透により効率よく加熱ができるので加熱調理時間が短く経済的である。
- (5) 食品または各種容器に入れたまま加熱でき、しかも容器は熱くならないので取り扱いやすく衛生的である。
- (6) 食物の成分を破壊する度合いが少く、調理された材料の風味や栄養価の減少が小さい。

終わりに本稿の執筆に当り貴重なる実験結果を提供していただいた国立お茶の水女子大学稲垣教授に厚く感謝いたします。

参考文献

- (1) 山本・馬場編：工業用電子装置ハンドブック、朝倉書店
- (2) W. Adikes & W. Hickman: A New C.W. Magnetron for Microwave Cooking (1964)
- (2) 西巻：マイクロ波真空管とその回路 オーム文庫
- (4) 板倉、熊谷：超高周波回路 オーム社
- (5) 藤沢：マイクロ波回路 コロナ社
- (6) 食品工業技術 1 No. 2~6 第一資料社

超高出力ケイ光ランプの照明経済的考察

宮本時夫*・甲斐義章*

Economic Consideration on Illumination with Extra-High Output Fluorescent Lamps

Ofuna Works Tokio MIYAMOTO・Yoshiaki KAI

With the progress of illumination technology, new light sources are coming into beings year after year. Newly developed extra-high output fluorescent lamps have an illuminating power 2.5 times that of conventional fluorescent lamps and 1.7 times that of the old high output lamps of the kind. They have a tube with its ends specially devised cooling sections to control the interior mercury vapor pressure. The gas filled in is a mixture of Ar and Ne. The new products are introduced in two types: FLR-110EH (110 W) and FLR-220EH (220 W). The article discusses the comparison between new and existing lights together with varied technical problems covering luminous flux, life and economy in their installation.

1. ま え が き

最近のケイ光灯の傾向として、高効率化とともに高出力化が問題とされてきている。当社では高効率ケイ光灯として、さきに“ルミスーパー”⁽⁴⁾を発表した。一方高出力ケイ光灯については昭和32年に高出力ケイ光灯(60, 80 および 110 W)を業界にさきがけて発表して以来現在なお普及の段階にあり、高照度照明用光源として重要な役割を果たしている。

最近このような高出力ケイ光灯の普及に伴いさらに出力の大きい超高出力ケイ光灯への期待がもたれ新たな用途を築こうとしており近い将来にはそのランプ入力も高圧水銀ランプとケイ光灯との中間の照明用光源として照明界に躍進するであろう。当社においてはこの超高出力ケイ光灯を完成し、現在多用な照明用途に応ずるための、その実用性を検討している段階にある。

このように新しい光源の普及が目標とされた場合、すでに普及している他の光源との比較が行なわれるのが普通であるが、ただランプの技術的比較だけでは一般に当を得ないことが多く、実際には施設の諸条件を考慮して、初めてその比較も可能となる。

ここでは、工場照明について超高出力ケイ光灯(110 および 220 W)と一般照明用光源であるロビッドスタート形ケイ光灯(40, 80 および 110 W)との照明経済的比較を行なった。

2. 超高出力ケイ光灯の特長

一般にケイ光灯の単位長さあたりの光出力を増すためには管電流を増してランプ入力を増加させる方法があるが、これはランプ効率を低下させるとともに放電空間内での電離が増加するため電子密度が増しランプ入力を増加させるに必要なランプ電圧が低下する問題が生ずる。

高出力ケイ光灯では、この効率が低下しない範囲で設計されており標準形ケイ光灯(40 W)の約2倍のランプ電流を流し、ランプ入力を約1.5倍に増加させたものである。

これよりも大幅に光出力を増大させた超高出力ケイ光灯においては、とくに効率の補償を行なうことが重要である。この効率の低下を防止する方法としては、放電空間内の水銀蒸気圧の制御と電子温度を上昇させる方法の二つがあり、これを行なうことにより高出力ケイ光灯の約2倍以上の電流を流しそのランプ入力は2

倍近く増加させることができる。

2.1 水銀蒸気圧制御

ケイ光灯のケイ光膜を発光させるために必要な紫外線の量は水銀蒸気圧が4~6 μ Hgのとき最大となるためにランプ効率も水銀蒸気圧に依存することになる。この水銀蒸気圧は一義的に温度によって定まり実際のケイ光灯では管壁の最も低い部分の温度で決定されるのでランプ中の大部分の水銀は管壁の最も低い部分に付着し、一部が蒸気となっているわけである。

標準形および高出力形ケイ光灯は、この管壁温度が35~40°Cに設計され最適の水銀蒸気圧になっている。

超高出力ケイ光灯では、管壁の大部分の温度が60°C以上になるので管内の一部の温度を35~40°Cになるよう冷却部を設けて、水銀蒸気圧を規制して効率が最大になるよう設計しなければならない。

2.2 電子温度の上昇

前に述べたように、ケイ光灯はランプ電流を増すことにより、放電空間内の電子密度が増加して、電子温度が低下するのでランプ電圧が低くなり単位長さあたりのランプ入力の増加割合が減少するとともに共鳴線のフク(輻)射効率も低下し、ランプ効率が低くなる。この対策として超高出力ケイ光灯では封入ガスの組成、圧力およびランプの形状などを変えてランプ電圧が低くならないような手段がとられている。

3. 超高出力ケイ光灯の構造および特性

3.1 構造

超高出力ケイ光灯の前述の利害得失を十分検討したFLR-110EH(110 W)およびFLR-220EH(220 W)は水銀蒸気圧制御方式⁽¹⁾として、図3.1のような構造を採用し、また電子温度を高めるためNe, Arの2種混合ガスを封入するとともに、電極は特殊の大形を採用したものである。

3.2 特性

超高出力ケイ光灯は、点灯初期において、管内の水銀蒸気圧が制御されるまでランプの諸特性が変動する特性がある。

これは十分時間が経過すれば管内の余剰水銀は蒸気となり管壁の最低温度部、すなわち管端部の冷却部に凝縮し、安定する。またこの水銀蒸気圧を制御するための管端冷却部の管壁温度は、周

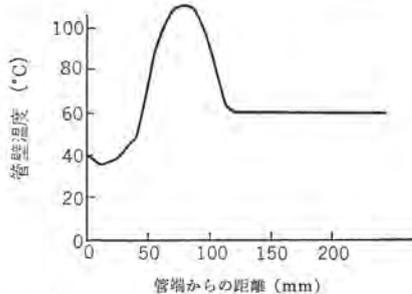
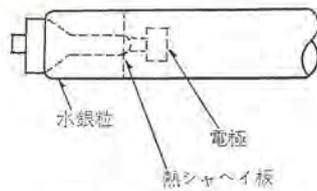


図 3.1 超高出力ケイ光灯の外形と管壁温度分布
Fig. 3.1 Appearance and bulb-wall temperature of extra high output fluorescent lamp.

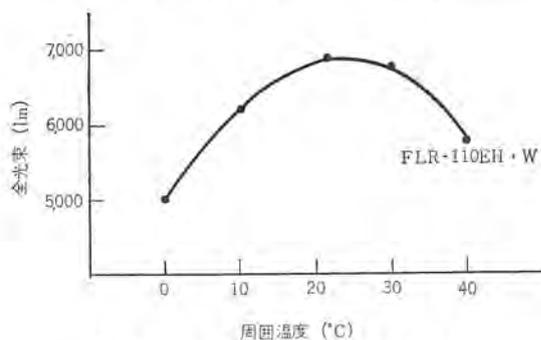


図 3.2 (a) 周囲温度と全光束の特性
Fig. 3.2 (a) Ambient temperature vs total light flux characteristics.

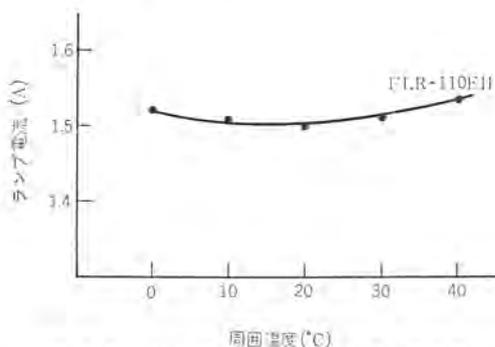


図 3.2 (b) 周囲温度とランプ電流の特性
Fig. 3.2 (b) Ambient temperature vs tube current characteristics.

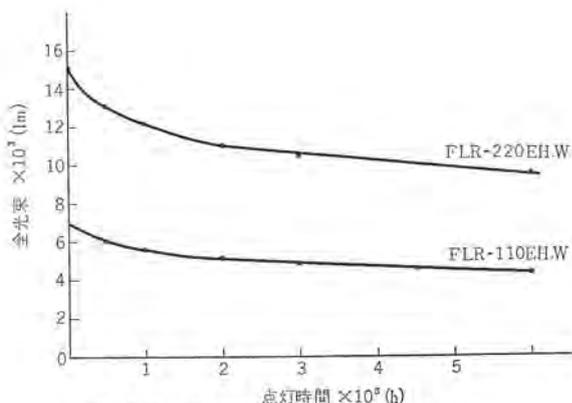


図 3.3 点灯時間と全光束の特性
Fig. 3.3 Burning hour vs total light flux characteristics.

周囲温度との平衡によってきまる。

周囲温度に対する光出力の特性は図 3.2 (a), (b) のとおりである。

さらに、高出力ケイ光灯の約2倍のランプ入力を有する超高出力ケイ光灯の点灯中の明るさの低下率は図 3.3 に示す特性を有する。

4. 照明経済の比較

ケイ光灯照明の評価は、どのような観点によりその価値を評価するかによって、いろいろの方法がある⁽²⁾。

たとえば次のような場合がある。

- (1) 実用的観点にたった評価
- (2) 審美的観点にたった評価
- (3) 初設備費節約の観点にたった評価
- (4) 経済的観点にたった評価

したがって、この稿においては、最も一般的な経済的観点にたった評価方法を行なうことにする。

この経済的評価の方法においても、いろいろと評価の方法があるがこの経済比較では特定の施設で各種光源、各種照明器具を同系統の照明方式で同一照度下で計算し、年間照明費を比較したものである⁽³⁾、ただし、ランプ交換費、器具清掃費などの保守費は考慮した。表 4.1 はこの稿の経済比較に使用した光源と照明器具の表である。超高出力ケイ光灯 110 W および 220 W の2種類に対し、標準形ケイ光灯は 40 W、高出力ケイ光灯は 80 W および 110 W を比較の対象とし、照明器具は2灯用を示している。

ランプおよび照明器具の価格は、標準形および高出力形は、カタログ記載の価格を選んだ。超高出力形の価格についてはまだ、決定されていないのでここでは妥当と思われる価格を設定した。工場の建物としては、床面積 20,000 m²、照明器具の取付高さ 6.6 m のジカ付の機械工場とし、天井および壁の反射率はそれぞれ、50、30% とした。

経済比較の場合、平均水平面照度を一定にすることが重要であり、各種光源での計算の基礎となっている照度が違っている比

表 4.1 各種光源 (色温度 4,500°K, 白色) の特性と照明器具の比較

	光源の種類	標準形ケイ光灯		高出力ケイ光灯		
		FLR-40SW	FLR-80H-W	FLR-110H-W	FLR-110EH-W	FLR-220EH-W
ランプ	大きさ (W)	40	80	110	110	220
	長さ (mm)	1,198	1,500	2,367	1,148	2,368
	管径 (mm)	32	38	38	38	38
	ランプ電流 (A)	0.435	0.9	0.8	1.5	1.5
	全光束 (4,500°K, 白色) (lm)	3,300	5,700	8,700	6,900	15,000
	ランプ効率 (lm/W)	82.5	71.3	79.0	62.7	68.2
ランプ寿命 (h)	10,000	10,000	10,000	* 1	* 1	
照明器具	照明器具の種類	反射かさ付		反射かさ付配照形		
	照明器具の形式	FH-4102RSH		FH-802-RSH		
	ランプ数/灯具	2	2	2	2	2
価格 (円)	安定器損失 (W)	19	33	50	45	45
	力率 (%)	95	90	90	90	90
価格 (円)	ランプ (1個)	530	860	1,250	* 2	* 2
	安定器 (直列逐次始動式)	2,260	6,500	7,500	* 3	* 3
	照明器具 (ランプ安定器込)	4,400	11,300	15,000		

注 * 1, 2 および * 3 についてはまだ確定していない。

表 4.2 工場照明における各種光源の経済比較

光源	光源の種類 光源の形式 照明器具の形式 ランプ数/器具あたり	標準形	高出	力形	超高出力形			超高出力形		
		FLR-40S-W FH-4102RSH 2	FLR-80H-W FH-802RSH 2	FLR-110H-W FH-1102RSH 2	FLR-110EH-W 反射かきつき器具 2			FLR-220EH-W 反射かきつき器具 2		
基礎資料	全光束/器具あたり (lm)	3,300×2	5,700×2	8,700×2	6,900×2			15,000×2		
	ランプ寿命 (h)	10,000	10,000	10,000	5,000	6,000	7,500	5,000	6,000	7,500
	器具あたり消費電力 (kW)	99	193	270	265			500		
	照明率	0.66	0.70	0.71	0.66			0.71		
	減光補償率	1.8	1.8	1.8	1.8			1.8		
	器具数	1,650	900	584	798			339		
	平均水平面照度 (lx)	200	200	200	200			200		
	電力料 (円/kWh)	6.0	6.0	6.0	6.0			6.0		
	年間点灯時間 (h)	4,500	4,500	4,500	4,500			4,500		
	初設 備費	器具価格 (ランプ別)	3,340	9,580	12,500	10,000			16,000	
器具あたりの配線取付費		1,110	3,530	4,170	1,110			4,170		
ランプ価格 (1個あたり)		530	860	1,250	1,200			2,000		
器具あたりのランプ価格		1,060	1,720	2,500	2,400			4,000		
器具あたりの価格		5,510	14,830	19,170	13,510			24,170		
年固定 間費	全設備費	9,100,000	13,347,000	11,196,000	10,781,000			8,194,000		
	器具価格	4,450	13,000	16,670	11,110			20,170		
	全施設費	7,350,000	11,800,000	9,750,000	8,866,000			6,838,000		
年間 運 転 費	年間固定費 (15%)	1,000,000	1,770,000	1,460,000	1,330,000			1,026,000		
	年間ランプ交換数	1,480	811	526	1,437	1,197	958	611	509	407
	年間ランプ交換費	785,000	698,000	658,000	1,725,000	1,437,000	1,150,000	1,222,000	1,018,000	814,000
	ランプあたり交換人件費	100	120	150	100	100	100	150	150	150
	ランプ交換の全人件費	148,000	98,000	79,000	144,000	120,000	96,000	92,000	77,000	62,000
	器具あたり清掃費	200	240	300	200	200	200	300	300	300
	年間清掃回数	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	年間清掃費	660,000	432,000	351,000	320,000	320,000	320,000	204,000	204,000	204,000
	年間保守人件費	808,000	530,000	430,000	464,000	440,000	416,000	296,000	281,000	266,000
	年間全保守費	1,593,000	1,228,000	1,088,000	2,189,000	1,877,000	1,566,000	1,518,000	1,299,000	1,080,000
年間電力費	4,420,000	4,690,000	4,258,000	5,710,000	5,710,000	5,710,000	4,577,000	4,577,000	4,577,000	
年間全運転費	6,013,000	5,918,000	5,338,000	7,899,000	7,587,000	7,276,000	6,095,000	5,876,000	5,657,000	
照明 費	年間全照明費	7,113,000	7,698,000	6,798,000	9,229,000	8,917,000	8,606,000	7,121,000	6,902,000	6,683,000
	同上記率	100	108.2	95.6	129.7	125.4	121.0	100.1	97.0	94.0

表 4.3 各種光源の経済比較

光源の種類	年間固定費 (%)	年間保守費 (%)	年間電力費 (%)		
FLR-40S	100	100	100		
FLR-80R	177	77.1	106.1		
FLR-110H	156	68.4	96.3		
		5,000 h	6,000 h	7,500 h	
FLR-110EH	133	137.4	117.8	98.3	129.2
FLR-220EH	103	95.3	81.5	67.8	103.6

較できない。ここでは照明方式としては、全般照明とし、作業面の平均水平面照度は 200 lx とした。

表 4.2 は標準形 ケイ 光灯 40 W (FLR-40 SW) を基準とした経済比較の結果を示す。

超高出力 ケイ 光灯の寿命を 5,000, 6,000 および 7,500 時間とした場合を比較すれば、経済的に有利さの順は次のとおりである。

- (1) 超高出力 ケイ 光灯の ランプ 寿命が 5,000 時間の場合
FLR-110H, FLR-40S, FLR-220EH, FL-80H, FLR-110EH.
- (2) 同じく ランプ 寿命が 6,000 時間の場合
FLR-110H, FL220EH, FLR-40S,
FLR-80H, FLR-110EH.
- (3) ランプ 寿命が 7,500 時間の場合
FLR-220EH, FLR-110H, FLR-40S,
FLR-80H, FLR-110EH

以上から超高出力 ケイ 光灯としては FLR-220EH が他の光源と比較して ランプ 寿命 6,000 時間以上の場合に経済的に有利であることがわかる。この結果をさらに、年間固定費、年間全保守費および年間電力費別に FLR-40S を基準として比較すれば、表 4.3 のとおりとなる。

5. む す び

以上の結果から、今回の計算では一般工場照明においては標準形ケイ 光灯 FLR-40S と比較して、超高出力 ケイ 光灯, FLR-110EH は経済的に不利であることがわかるが、FLR-220EH は ランプ 寿命 6,000 時間以上のものであれば有利となる。

ここでの経済比較の結果は工場照明の場合について検討したが、実際に、経済比較をする場合は、それぞれの計画された建物に対して、その用途および目的を考慮すべき性質のものである。将来、従来の高出力形で達成されなかった高照度照明および大形の白熱電球や高圧水銀灯の用いられる照明分野あるいは表示板、街路およびトンネルなどの照明においては、光色、効率および寿命などのケイ 光灯のもつ利点を大いに生かすことにより FLR-220EH はもとより、FLR-110EH も躍進することが期待される。

なお、表 4.2 においては、高出力 ケイ 光灯: FLR-110H は標準形ケイ 光灯: FLR-40S に比較して経済的に有利で、FLR-80H は不利となっているが、高出力 ケイ 光灯の ランプ および器具製造の量産性はまだ、十分でない現状であるので、将来、この機種の普及発展に伴って、製造の量産性およびランプ品質の向上により、年間固定費と保守費を低減することができるので、FLR-40S に対して、FLR-110H は格段と経済的に有利となり、FLR-80H も有利となる。同様のことが超高出力 ケイ 光灯についても期待できる。最後に、照明経済の比較について、いろいろと、ご指導いただいた本社、小堀照明技術部長に謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 牧野, 土井, 伊東: “超高出力ケイ 光 ランプ” 『三菱電機技報』 37, 1206 (昭 38)
- (2) 久保, 村井: “ケイ 光灯の管電流に対する照明経済的一考察” 『三菱電機』, 30, 448. (昭 31)
- (3) 小堀: “高出力 ラピッドスタートケイ 光灯の経済問題” 『三菱電機』 32, 1166 (昭 33)
- (4) 小堀: “高効率三菱 ルミスターケイ 光 ランプ” 第 11 回光学四学会連講演会 35 (昭 40)

ヨウ(沃)化物入り 高圧水銀灯

—高効率の光源—

土橋理博*・三上龍夫*・若林正雄*

Metal Iodide Mercury Arc Lamps

—Light Sources of the Highest Efficiency—

Ofuna Works Michihiro TSUCHIHASHI・Tatsuo MIKAMI・Masao WAKABAYASHI

High pressure mercury vapor discharge lamps with sodium and thallium iodide have the highest luminous efficiency and better color rendering properties than the conventional discharge lamps of the kind, giving off greenish yellow light. They have similar appearance and general electrical characteristics to the latter and permit easy handling. These merits enable them to suit the lighting of highways, high-bay factories, tunnels, athletic grounds, outdoor works, gymnasiums, golf rinks and ski runs.

This article is a report on the characteristics, construction, color and applications of the lamp.

1. ま え が き

高圧水銀放電の効率と演色性を改善するために、添加物を加えるというアイデアは高圧水銀放電が考え出されたころから生まれ、1914年のSteinmetzをはじめとして多くの研究がなされてきている。(1),(2)最近はとくに種々の金属のヨウ化物を添加する研究が活発に行なわれている。(3)~(17)

著者らは以前に高圧水銀放電にヨウ化タリウム(TlI)を添加して、効率の等しいランプ入力の場合、水銀ランプの1.5倍以上にしたランプすなわち高出力タリウム水銀ランプについて述べたが(13),(14)、今回は高圧水銀放電にヨウ化ナトリウム(NaI)とヨウ化タリウムの両方を添加し、効率、演色性ともにさらに改善した高圧水銀ランプの構造、特性などを紹介し大方のご参考になりたいと考える。

2. 添加物の性質

表2.1に添加物であるヨウ化ナトリウム、ヨウ化タリウムおよびナトリウム(Na)、タリウム(Tl)、水銀(Hg)などの融点と沸点を示し、図2.1にはそれらの物質の蒸気圧曲線を示す。

表 2.1 ヨウ化物および金属の融点および沸点

化学式	融点(°C)	沸点(°C)
NaI	651	1,300
Na	97.5	880
TlI	440	824
Tl	303.5	1,457
Hg	-38.87	356.58

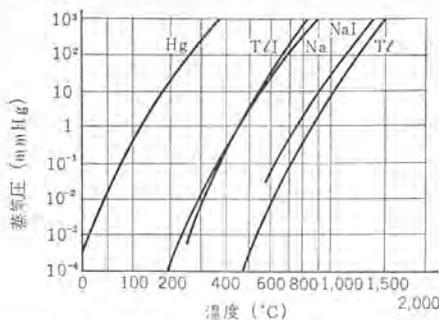


図 2.1 ヨウ化物および金属の蒸気圧
Fig. 2.1 Vapour pressures of iodides and metals.

97.5°Cの融点、880°Cの沸点をもつナトリウムはヨウ化物になると、融点651°C、沸点は1,300°Cと上がり、蒸気圧は約100分の1に減少する。一方303.5°Cの融点、1,457°Cの沸点をもつタリウムはヨウ化物になると融点440°Cと上がり、沸点は逆に824°Cと下がり、蒸気圧は約1,000倍増加する。一般に金属をヨウ化物にするとタリウムのように蒸気圧は高くなるが、ヨウ化ナトリウムは例外の一つである。

ヨウ化タリウムは安定で吸湿性もないので添加物として好つごうであるが、ヨウ化ナトリウムは吸湿してNaI·2H₂Oという形になりやすいので、ランプ製作上注意を要する。ヨウ化ナトリウムが発光管内に水分を抱き込んでしまうと放電に悪影響を及ぼすのはいうまでもないからである。

3. 添加物としての必要条件

高圧水銀放電の効率を増加させ、演色性を改善するために放電に添加する物質の必要条件としては、次の各項目が考えられる。この中から効率を主にするか演色性を主にするか、または効率・演色性の両方を考えるかによって、適当に組み合わせればよい。

条件

- (1) 可視部に強い線スペクトルを持つ。
- (2) 可視部に強い帯スペクトルを持つ。
- (3) 可視部に強い線密度を持つ。
- (4) 励起電圧が低い。
- (5) 発光管の動作温度(管壁)で、蒸気圧が高い。
- (6) 熱伝導度が小さい。
- (7) 発光管と電極を侵さない。

などである。

高圧水銀放電におけるアークは5,000~7,000°Kという高温にあり、アーク中の電子と原子の間では熱平衡がなりたっている。このアーク中で、基底状態から V_x eVの励起レベルに励起される原子の濃度 n_x は、基底状態にある原子の濃度を n_0 とすると、Boltzmannの法則に従い、

$$n_x \propto n_0 \exp(-11,600 V_x / T) \dots \dots \dots (3.1)$$

で表わされる。ここで T はガス(原子)の温度であり、5,000~7,000°Kの値をとる。 n_x を大きくすれば強いスペクトル強度が得

* 大船製作所

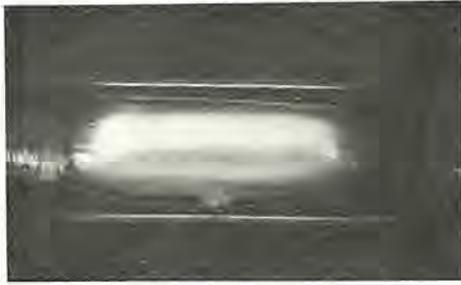
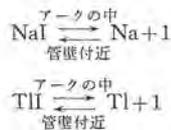


図 4.3 ヨウ化物入り水銀ランプのアーク(水平点灯)
Fig. 4.3 Arc configuration of metal iodide mercury arc lamp. (horizontal burning)



図 4.4 水銀ランプのアーク(水平点灯)
Fig. 4.4 Arc configuration of mercury lamp. (horizontal burning)

ウムは D 線 (5,890/96 Å) を、タリウムは緑線 (5,350 Å) を、水銀は 4,047, 4,358, 5,461, 5,770/91 Å の波長を持つ光を放射する。発光管の管壁付近では、フリーのナトリウムとタリウムはフリーのヨウ素とおおの再結合して、ヨウ化ナトリウムとヨウ化タリウムになる。点灯中はこの解離—励起—放射—再結合のサイクルが繰り返される。



アーク中でフリーになったナトリウム原子は、管壁付近で再結合してヨウ化ナトリウムになり、これによってナトリウムが石英壁を侵すのが阻止されている。

5. ランプの構造

5.1 発光管

発光管は透明な石英でできていて、図 5.1 に示すように、その両端に 1 対の主電極と補助電極とが封止されていて、モリブデンハック(箔)を通じて外部と電氣的に接続されている。また、点灯中発光管の最冷部の温度を、できるだけ高く保つために、発光管の両端はゆるいカーブをつけて細くしてある。

発光管内には適量の水銀と、点灯中最冷部の温度をできるだけ

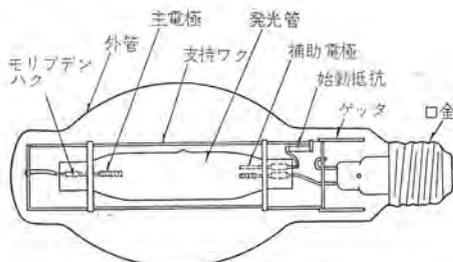


図 5.1 ヨウ化物入り水銀ランプの構造
Fig. 5.1 Construction of metaliodide mercury arc lamp.

高くするために、点灯中蒸発する量に対して過量のヨウ化ナトリウムとヨウ化タリウムおよび始動補助ガスであるアルゴン (Ar) が約 20 mmHg の圧力で封入されている。

5.2 電極

化学的に比較的活性であるヨウ化物を添加するために、水銀ランプに一般に広く使用されている金属酸化物をタングステンコイルに付加した、いわゆる酸化電極は使えないので、金属トリウムをタングステンコイルに付加した、いわゆるトリウム電極を使用している⁽¹⁴⁾。

5.3 外管

外管は透明な硬質ガラスでできているので、点灯中雨などが当り、急冷による破損の心配をなくしている。また発光管を効率よく作動させるためには、先に述べた条件 (5) により、作動中の発光管の最冷部の温度を高く保ち、添加物の蒸気圧をできるだけ高く保つことが必要である。このために外管内を高真空にし、対流による熱損失を少なくしている。この高真空を長く保つために、外管内にはゲッタが備えられている。こうすることにより、対流伝導による発光管からの熱損失がきわめて少なくなり、発光管最冷部の温度を高く保つことができる。

6. 周囲温度と効率

図 6.1 にヨウ化ナトリウムとヨウ化タリウムを添加した、管径 25 mm 電極間距離 58 mm の高圧水銀ランプ (400 W) を炉の中に入れ垂直点灯した場合の周囲温度と効率との関係を示す。効率は周囲温度に比例して直線的に増加する。また周囲温度の変化につれて、ランプの光色も変化する。温度が低いときは、少し黄味があった緑であるが、温度が上がるに従い、徐々に黄味が増してきて、光色は黄緑から、さらに周囲温度が上がるに従い、少し緑があった黄色となり、さらに黄色を経て黄だいたい色へと変化する。

これは周囲温度が高くなるに従い発光管最冷部の温度も上がり、ヨウ化ナトリウムとヨウ化タリウムの蒸気圧が高くなり、蒸気圧が増加する割合は図 2.1 からわかるように両者ともほぼ同じであるが、ナトリウムとタリウムの主スペクトルに関してナトリウムのほうがタリウムに比べ励起電圧が低い (2.11 eV と 3.27 eV) のために、式(3.1)に従いタリウムのスペクトル強度に対するナトリウムのスペクトル強度の増加の割合が大きいために、光源色度が C.I.E 色度図上で、色度点 ($x=0.224, y=0.679$) と ($x=0.566, y=0.432$) を結ぶ線上付近を周囲温度が上がるに従い、 x が増え、 y が減る方向に移動するためである。

以上の結果から、発光管の最冷部の温度をできるだけ上げることが効率に対して有効であることはいうまでもないことである。

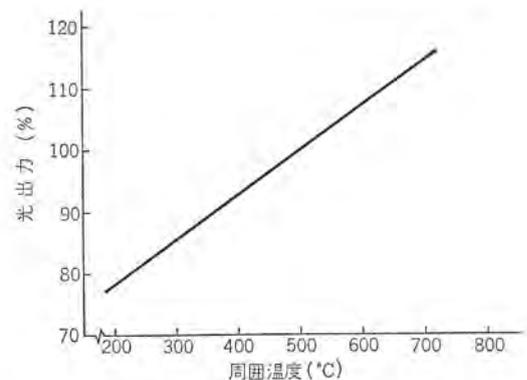


図 6.1 周囲温度と光出力との関係
Fig. 6.1 Efficiency as a function of temperature.

7. 電位傾度

図 7.1 は管径 22 mm, 発光管から約 100 mm の所に内径約 3 mm の石英管を通じて, 水銀 ラール を備えた発光管内に約 20 mmHg の圧力で, アルゴン および過剰の ヨウ化ナトリウム と ヨウ化タリウム を封入した発光管を炉の中で直流で管電流 3.3 A 流し, 水銀 ラールの部分を 450°C に保温したときの, 電極間距離と管電圧の関係を示す。上側の直線は ヨウ化物を封入しない場合, 下側の直線は ヨウ化物を封入した場合である。これからわかるように, ヨウ化ナトリウム と ヨウ化タリウム を添加した高圧水銀放電の電位傾度は, 高圧水銀放電のそれと比べて, 5~6% 減少する。これは水銀の電離電圧が 10.42 eV にあるのに対して, ナトリウム と タリウムの電離電圧はおおの 5.14, 6.07 eV と低いためである。また電極降下は両者とも約 10 V である。

したがって, ヨウ化物を封入した高圧水銀 ラールの管特性を水銀 ラールのそれと合わせようとする場合には, 水銀封入量を水銀 ラールの場合よりも, 増さなければならない。

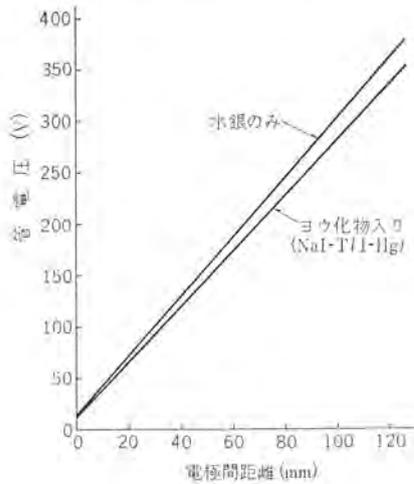


図 7.1 電極間距離と管電圧の関係
Fig. 7.1 Arc voltage as a function of separation of electronics in mm on 3.3 A DC arc current.

8. 水銀封入量

ヨウ化ナトリウム と ヨウ化タリウム を, ラール点灯中蒸発する量より過剰に添加した高圧水銀 ラールの電位傾度 $E(V)$ と, 管径 $d(\text{cm})$ と電極間距離 1 cm あたりの水銀封入量 $m(\text{mg}/\text{cm})$ との関係は実験的に次式で表わすことができる。

$$m = \frac{1}{2.42}(Ed^{3/2} - 17) \quad \dots\dots\dots(8.1)$$

ここで, E は次式に従う。

$$E = \frac{V_a - 10}{l_a} \quad \dots\dots\dots(8.2)$$

式 (8.2) で $V_a(V)$ は管電圧を $l_a(\text{cm})$ は電極間距離を表わす。管特性を一般水銀 ラール に合わせる場合は, 400 W の場合の管電圧は $130 \pm 10 V$ であるから式 (8.2) に $V_a = 130$ と l_a を代入し, E の値を求め, この値を d とともに式 (8.1) に代入すると, 封入水銀量 m が決定できる。

今回の実験では, 実用上の観点から管径, 電極間距離を変えた場合でも, 管特性, 主に管電圧を式 (8.1) を用いて, $130 \pm 10 V$ の範囲に入るようにした。

9. 管径と効率

9.1 管壁負荷一定の場合

管壁負荷 10 W/cm², 入力 400 W の場合の ヨウ化物入り水銀 ラールの管径と効率との関係を図 9.1 に示す。

管径が細い場合は管壁へのロスが多く, 太い場合は発光管最冷部の温度が低いために, 添加物の蒸気圧おもと ヨウ化ナトリウムの蒸気圧が非常に低いために, 効率下がると思われる。効率は管径 24~26 mm の間にピークがある。

なお, 管壁負荷 $W_e(\text{W}/\text{cm}^2)$ と, 管径 $d(\text{cm})$ と電極間距離 $l_a(\text{cm})$ の間の関係は次式に従った。

$$W_e = \frac{P}{\pi \cdot d \cdot l_a}$$

ここで, P は入力 (400 W) を示す。

9.2 管径一定の場合

管径 22 mm, 電極間距離 58 mm の ヨウ化物入り水銀 ラールの管壁負荷 (入力を変化させる) と効率との関係を図 9.2 に示す。管壁負荷を増す, すなわち入力を増すと発光管最冷部の温度が上がり, 添加物の蒸気圧が増すために効率が增加する。管壁負荷を増せば増すほど, 効率のよい光源が得られるが, 実用的には, 約 10 W/cm² 以上加えられないので, 入力 400 W で約 90 lm/W の値が得られることになる。

9.3 電極間距離一定の場合

図 9.3 に電極間距離および入力を一定 400 W にして管径を変

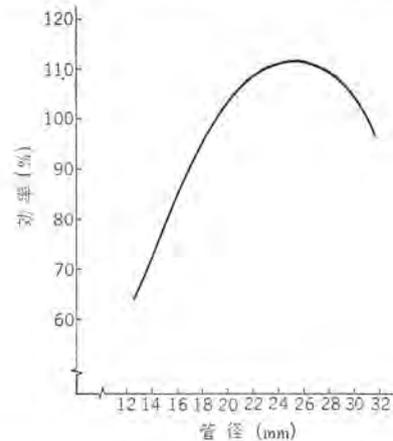


図 9.1 管径と効率の関係
Fig. 9.1 Efficiency as a function of tube diameter.

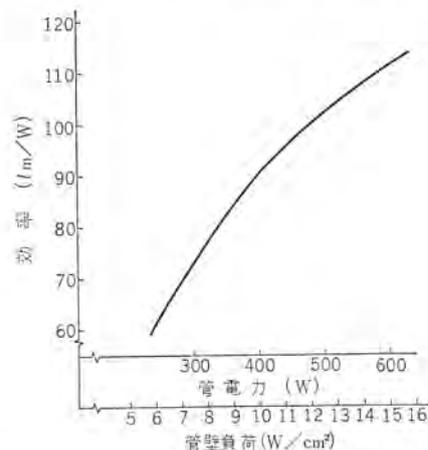


図 9.2 管壁負荷と効率との関係
Fig. 9.2 Efficiency as a function of quartz loading.

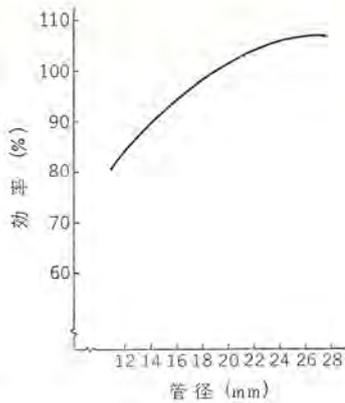


図 9.3 管径と効率との関係
Fig. 9.3 Efficiency as a function of tube diameter.

えることによって管壁負荷を変えた場合の効率と管径との関係を示す。図 9.2 によると管壁負荷を増すと効率が增加するが、管径を細くすることによって管壁負荷を増加させると、管壁ロスが多くなるために発光管の最冷部の温度が上がり、放電中のナトリウムとヨウ化ヨウ素の濃度が高くなっているにもかかわらず、効率は減少する。

図 4.1 に示すようにヨウ化物入り水銀ランプのアークは、水銀ランプのアークに比べると発光している部分が大きく、ほとんど管壁付近まで発光が認められるので効率に対して有効であるが、このことが管径を細くして管壁負荷を上げても、効率が上らない一つの原因と思われる。

10. エンドキャップ

10.1 構造

ランプ作動中の発光管最冷部の温度をできるだけ上げ、効率を上げる一方法として、図 10.1 に示すように発光管両端になめらかな表面をもつ金属板(エンドキャップ)を備えることが有効である。このエンドキャップの内側表面でランプからの熱線が反射され、発光管最冷部の温度を上げることができる。

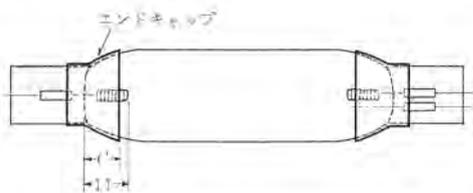


図 10.1 エンドキャップを備えた発光管
Fig. 10.1 Arc tube with end caps.

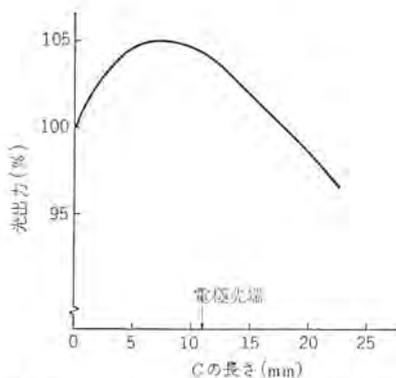


図 10.2 エンドキャップと光出力の関係
Fig. 10.2 Light output as a function of C in fig. 10.1.

ヨウ(沃)化物入り高圧水銀灯—高効率の光源—土橋・三上・若林

10.2 光出力

図 10.1 の C の関数としての光出力を、図 10.2 に示す。C を大きくすると、すなわち、エンドキャップでおおう部分を増すに従い発光管最冷部の温度が上がり、効率が上がる。電極先端から少し管端側までおおう所で光出力は最大となり、それより多くおおうと光出力は減少してくる。これは過量に添加したヨウ化物が電極先端付近の管壁に付着し、アークからの光をさえぎりまたエンドキャップが電極先端から発光管中央部側にはみ出してくると、はみ出した部分からの光をさえぎってしまうためである。したがってエンドキャップで電極先端から少し管端側までおおい、添加物がアークからの光をさえぎらない程度にするのがよい。

10.3 光色

エンドキャップでおおう部分を多くすればするほどランプから放射されるスペクトル中のナトリウムの D 線の強度が強くなり、光色も黄色味が強くなっていく。これはエンドキャップでおおう部分を多くするにつれて、発光管最冷部の温度が上がり添加物の蒸気圧がふえることを示す。

11. 諸特性

ヨウ化ナトリウムとヨウ化ヨウ素を添加した高圧水銀ランプの諸特性を以下に示す。

11.1 始動時の特性

図 11.1 に二次無負荷電圧 200 V のチョーク形安定器で点灯した場合の始動時の特性を示す。管電流、管電圧、管電力は外管内が高真空であるために、水銀ランプより安定がやや速く約 2 分で安定する。光出力が完全に安定するまでに約 5 分かかる。

放電が開始すると、最初は水銀放電であるために光色は青白いが、放電の熱により発光管の温度が徐々に上昇し添加物が蒸発するに従い、ランプの光色も変化してくる。ヨウ化ナトリウムよりヨウ化ヨウ素の蒸気圧が非常に高いために、光色は青白から緑色と変化し、さらに発光管の温度が上昇するとヨウ化ナトリウムの蒸気圧も高くなり、光色は緑から黄緑へと変わり安定する。

11.2 電圧変動特性

二次無負荷電圧 200 V のチョーク形安定器を用いて点灯し、電源電圧を変動させた場合の、管電圧、管電流、管電力、光出力の

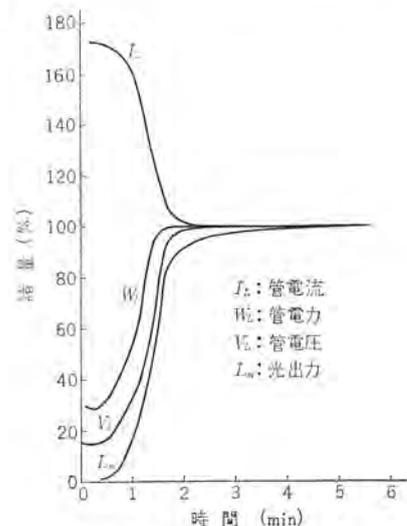


図 11.1 始動時の特性
Fig. 11.1 Starting characteristics of metal iodide mercury arc lamps.

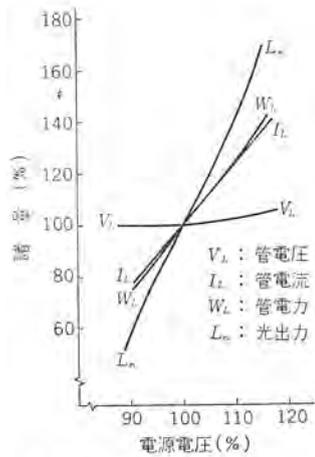


図 11.2 電源電圧特性
Fig. 11.2 Steady-state characteristics of metal iodide mercury arc lamp.

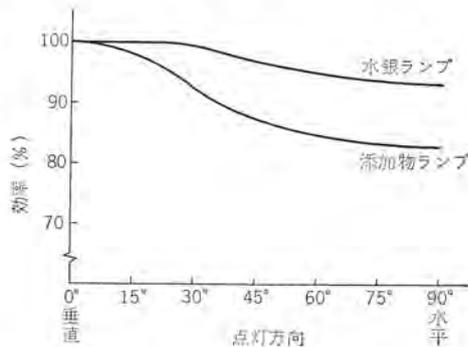


図 11.3 点灯方向と効率との関係
Fig. 11.3 Efficiency as a function of burning positions.

特性を図 11.2 に示す。管電圧、管電流、管電力の特性は水銀ランプの特性とほとんど同じであるが、光出力の特性は多少異なり変動率が水銀ランプより大きい。光色は電源電圧が低い時は緑がかっているが、電源電圧が高くなるに従い黄味を帯びてくる。これは既に述べたように入力が増えるに従い、発光管最冷部の温度が上昇するためである。

11.3 点灯方向

図 11.3 にヨウ化物入り水銀ランプ 400 W と水銀ランプ 400 W の点灯方向による、効率の変化の様子を示す。図からわかるようにランプを垂直方向から傾けるに従い効率は徐々に減少し、水平方向では水銀ランプでは約 7%、ヨウ化物入り水銀ランプでは約 14% 減少する。

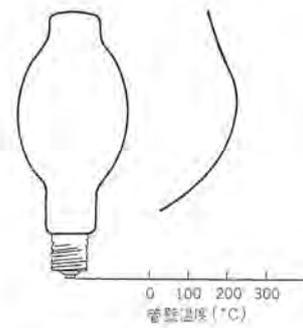
ランプを傾けて点灯すると図 4.3, 4.4 に示すように、発光管中のガスの対流によりアークが上方に浮ぶことが効率減少の大きな原因である。とくにヨウ化物入り水銀ランプの場合は、アークの移動により最冷部の温度が変化するので光色にも変化が見られ、ランプを傾けてゆくと緑味が少し増してくる。

11.4 管壁温度

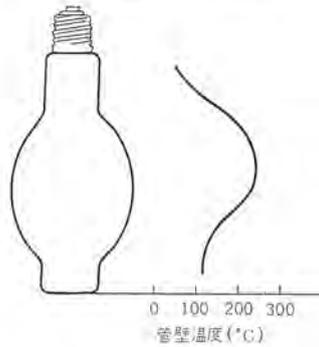
図 11.4 に無風常温の室内で点灯した場合のランプ外管管壁の温度分布を示す。水平点灯したときの上側中央部が最高で、約 280°C に達する。

11.5 分光エネルギー分布

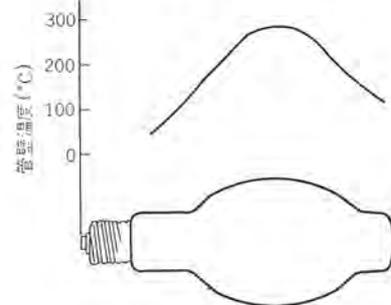
ヨウ化ナトリウムとヨウ化タリウムを添加した水銀ランプ (400 W) の分光エネルギー分布を図 11.5 に示す。水銀のラインのほかにタリウムとナトリウムの強いラインが加わり演色性をよりよくしている。



(a) 垂直点灯 (口金下)



(b) 垂直点灯 (口金上)



(c) 水平点灯

図 11.4 管壁温度分布
Fig. 11.4 Outer bulb temperature distribution.

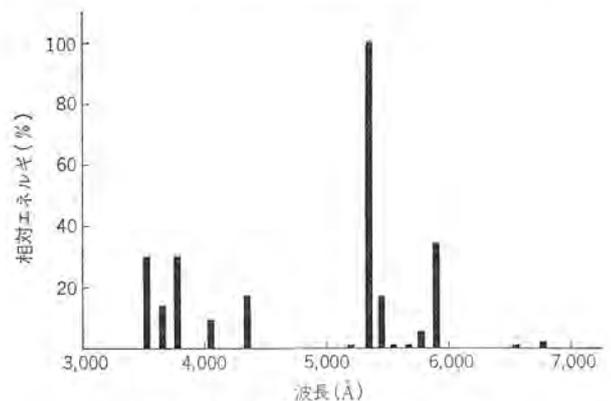


図 11.5 分光エネルギー分布
Fig. 11.5 Relative spectral light distribution of NaI-Tl-Hg arc lamp. (400 W)

11.6 色度点

ヨウ化ナトリウムとヨウ化タリウムを添加した水銀ランプ (400 W) の色度点を C.I.E. 色度図上に、タリウム水銀ランプ (400 W)、水銀ランプ (400 W) と比較して図 11.6 に示す。光色は少し緑がかった黄色である。

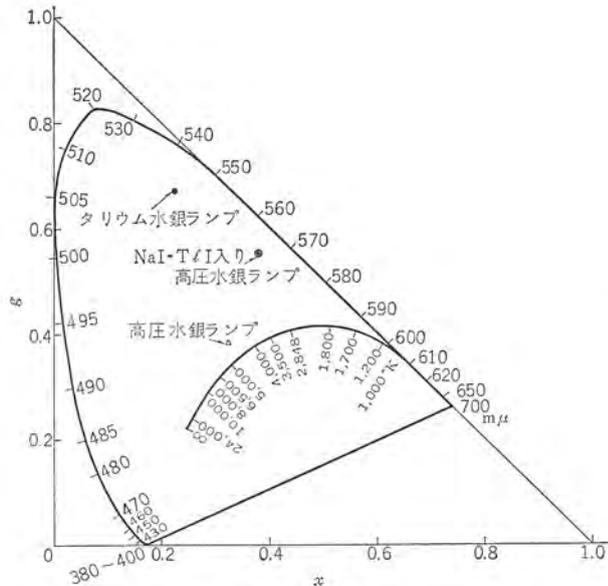


図 11.6 色度点 (C.I.E. 色度図)
 Fig. 11.6 Chromaticity points of NaI-Tl-Hg arc lamp, Tl-Hg arc lamp and Hg arc lamp on C.I.E. chromaticity diagram.

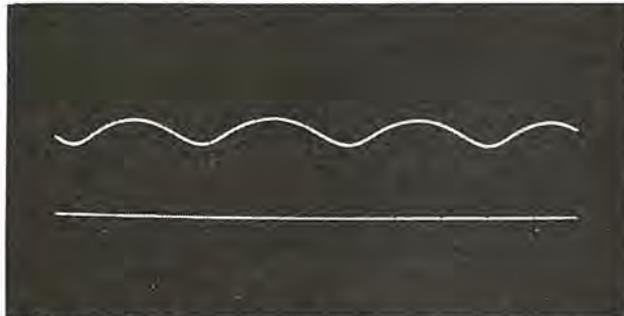


図 11.7 ヨウ化物入り高圧水銀ランプの光出力波形
 Fig. 11.7 Light-output waveform of metal iodide mercury arc lamp.

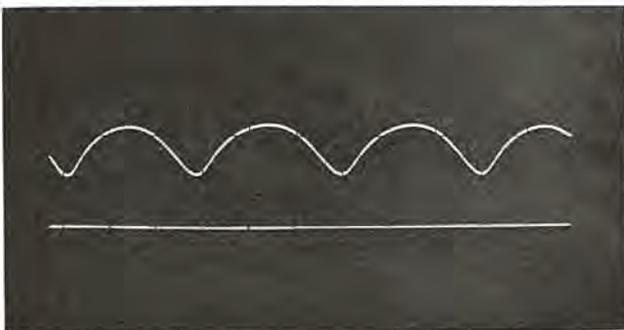


図 11.8 水銀ランプの光出力波形
 Fig. 11.8 Light-output waveform of mercury lamp.

11.7 光出力波形

図 11.7 にヨウ化物入り水銀ランプの光電池を用いて測定した光出力波形を、図 11.8 には水銀ランプの光出力波形を示す。波形からわかるようにナトリウムやタリウムのような励起電圧が低い元素が高圧水銀アークに導入されると、電流ゼロの瞬時でもアークの温度は非常に高いので励起が行なわれるために、脈動率は高圧水銀アークのそれに比べて非常に小さい。このこともヨウ化物入り水銀ランプの効率に大きく寄与している原因であると思われる。

12. む す び

ヨウ化ナトリウムとヨウ化タリウムを添加した水銀ランプは効率、演色性ともによく、とくに効率においては水銀ランプの1.7~2倍に達し、非常に効率のよい光源である。またその光色からしても、このランプの用途は広く一般照明に適し、高効率である特長を生かし、道路、公園や工場照明をはじめ多くの利用範囲をもっている。

最後にこの実験に協力いただいた管球技術課および水銀灯工作課の関係諸氏に深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) C.P. Steinmetz: U.S. Patent 1,088,740 Mar. (1914)
- (2) K.G. Schenetzler: U.S. Patent 2,240,353 Apr. (1941)
- (3) D.A. Larson, H.D. Traser, W.V. Cushing, M.C. Ungler: Illum. Eng. 58, 434, (1963)
- (4) E.C. Mart, L.J. Smialek, A.C. Green: Illum. Eng. 59, 34 (1964)
- (5) T.H. Rantenberg, P.D. Johnson: Applied Optics, 3, 4, 487 (1964)
- (6) G.H. Reiling: J. Opt. Soc. Am. 54, 4, 532, (1964)
- (7) P.D. Johnson, T.H. Rantenberg: J. Opt. Soc. Am. 54, 12, 1425, (1964)
- (8) A. Bauer: Lichttechnik, 16, 3, 118 (1964)
- (9) アルノルトパウエル: 特許公報 昭 39-23250
- (10) B. Kühl: Lichttechnik, 16, 2, 68 (1964)
- (11) トマス, ホルメス 他: 特許公報 昭 39-15360
- (12) ヒュー, デイ, フレイザー 他: 特許公報 昭 39-2598
- (13) 大盛, 大田, 近藤, 土橋: 「三菱電機技報」 37, 10, 1211 (昭 38)
- (14) 牧野, 大盛, 土橋: 照学誌, 48, 4, 149 (昭 39)
- (15) D.A. Larson, H.D. Traser, C.R. Edris, M.C. Ungler: I.E.S. Conference Paper No. 17 (1964.)
- (16) J.F. Waymouth, W.C. Gungle, J. M. Harris, F. Koury: Illum. Eng. 60, 2, 85 (1965)
- (17) E.H. Nelson: G.E.C. Journal, 31, 2, 92 (1964)

工場用防爆形照明器具と爆発試験

田中 民雄*

Explosionproof Luminaires for Factory Use and Their Explosion Tests

Ofuna Works Tamio TANAKA

Chemical industry, in spite of its contribution to the civilization, has brought about danger of explosion from various causes. Precaution must be taken against every possible source of trouble in factories. In this sense explosionproof luminaires are vital requirements to the plants where explosive gases are liable to present. For the assurance of design effect of the products, Mitsubishi conducts thorough tests covering explosion strength test and explosion ignition on fluorescent lighting fixture and mercury vapor lighting fixture by the use of an enclosed test vessel and mixed gas devices. This account deals with the equipment, method and results of tests together with comment on future design of lighting fixtures.

1. ま え が き

最近の化学工業などの発展は、まことにめざましいものがあるが、反面そこに取り扱われるガス・蒸気あるいは粉じん（塵）などによる大きな事故発生の危険性は、ますます増大しつつあることは迷惑なことといわざるをえない。それは、ここ2、3年の間に各地で発生した痛ましい事故の状況からも容易に推察されるところである。しかしながら同時に防災上の研究、認識が各界に大きくとり上げられ、着実な成果があらわれつつあるのは当然のなりゆきとはいえ、非常に喜ばしいことである。

従来、防爆についての基準あるいは、規則は久しく炭坑用のみであったが、工場用としても2章に述べるとく急速に整備されつつある。また照明器具の分野に限って見てもそれは着実に進められ、ここに防爆機器メーカとしても、なおいっそうの研究に努力すべきであることを痛感させられる。当社では、過去永年にわたり炭坑用、工場用防爆電気機器の設計、製作を続けているが、ここに工場用防爆形照明器具の概略とその試験項目の内、最も主要であるところの爆発試験につき、開発時点における問題点をもとにした説明を参考に供すべく簡単に述べようとするものである。

2. 防爆上の電気設備基準

わが国では昭和30年10月労働省産業安全研究所から「工場電気設備防爆指針」（ガス、蒸気）が技術指針として発表され、その後種々の実験・研究あるいは経験にもとづき、かつ国外規格（たとえばドイツ規格VDE 0171/57、イギリスのBS 229などの改正、またIECの防爆構造に対する勧告草案、アメリカのNEC、UL規格など）を参考に取り入れ、昭和36年11月に前記技術指針の改正および粉じん防爆の技術指針が同時に発表された。引き続き昭和38年1月には、同指針の中に「防爆構造の電気機器の試験方法—改正」が加えられたわけである。

なおこの指針は前記研究所を中心として関係官庁、学界、ユーザおよびメーカなどによって構成された委員会においてたえず研究、審議が進められており近々一部に改正あるいは追加を加えた新指針が出される運びにある。またJIS規格としてはJIS C 0903「電気機器の一般用防爆構造通則」が、JIS C 8001～JIS C 8004で白熱電灯器具、ケイ光放電灯器具、高圧水銀灯器具および電池付携電灯についての規格が昭和37年7月に公告された。一方取り締まりの拘束力をもつ、労働省安全衛生規則については「電気

機械器具防爆構造規格」が昭和36年9月に告示42号として公布されており、電気工作物規程も昭和38年7月の改正にあたって防爆電気設備の基準および機器の構造が大幅に取り入れられ危険場所に対する電気工事が、従来に比べきわめて明確に示されるようになったといえる。以上の規格類の整備は化学工業に止まらず、あらゆる方面に逐次役だつてゆくものと思われる。

3. 防爆照明器具の概要

当社で製作している工場照明用防爆器具の内、主となるものの概要は下記のとおりである。

3.1 安全増防爆構造

(1) 40 W 1 灯用ケイ光灯具 (図 3.1 参照)

形式記号 FWE-401-R 防爆記号 eG₄

(2) 40 W 2 灯用ケイ光灯具

形式記号 FWE-402-R 防爆記号 eG₄

(3) 200～400 W 用高圧水銀灯器具

形式記号 HWE-301 防爆記号 eG₁

3.2 耐圧防爆構造

(1) 40 W 1 灯用ケイ光灯具

形式記号 FWD-401-R 防爆記号 d₂G₄

(2) 40 W 2 灯用ケイ光灯具 (図 3.2 参照)

形式記号 FWD-402-R 防爆記号 d₂G₄

(3) 200～400 W 用高圧水銀灯器具 (図 3.3 参照)

形式記号 FWD-301 防爆記号 d₂G₃

以上の内、安全増防爆構造のものは、第2種危険場所に、また耐圧防爆構造のものは第1種危険場所に使用されるものとして設計製作したものである。これらはいずれも種々の特長を有し、かつ



図 3.1 安全増防爆形ケイ光灯具
(40 W 1 灯用 FWE-401-R 形)

Fig. 3.1 Safety increased explosionproof fluorescent light luminaire. (40 W single light, type FWE-401-R)

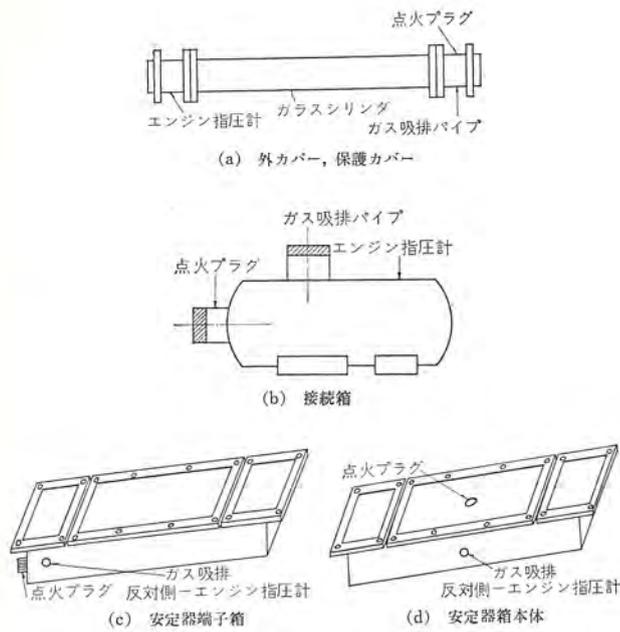


図 4.2 爆発試験における器具の部分分割の例
 Fig. 4.2 Example of luminaire classified according to parts of luminaires.



図 4.3 防爆実験室の全景
 Fig. 4.3 Full view of explosionproof test room.

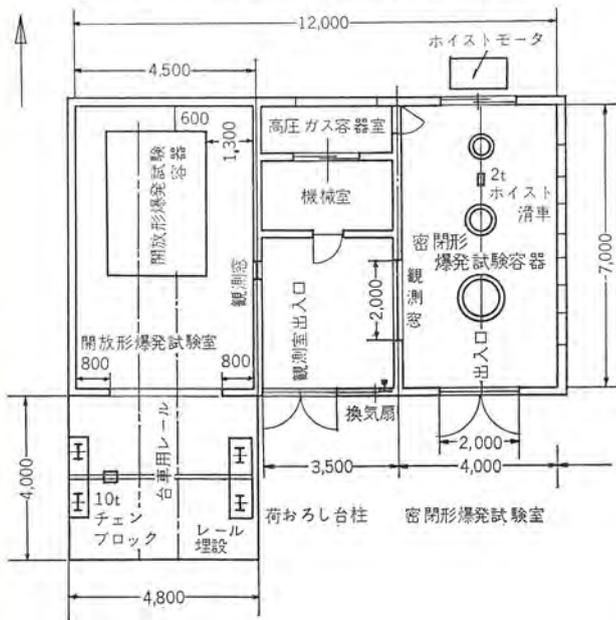


図 4.4 防爆実験室平面図
 Fig. 4.4 Plan of explosion test room.

必要がある。下にその分割例とガスの吸排口、指圧計および点火プラグの位置を図 4.2 に示す。

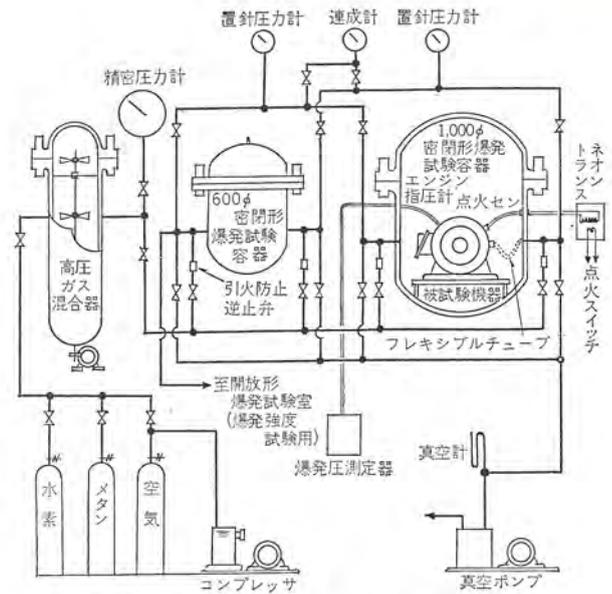


図 4.5 密閉形爆発試験装置説明
 Fig. 4.5 Enclosed explosion test equipment explanatory diagram.



図 4.6 密閉形爆発試験容器とガス混合器
 Fig. 4.6 Enclosed type explosion test vessel and gas mixer.

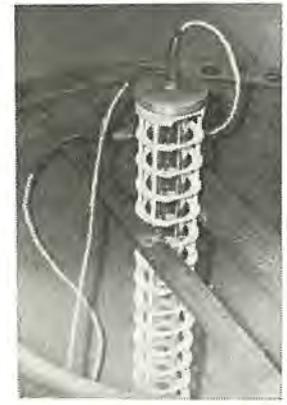


図 4.7 ケイ光灯器具のランプ保護カバーの爆発試験容器への収納
 Fig. 4.7 Placing a protective cover of fluorescent light luminaire in the explosion-proof test vessel.

- (1) ケイ光灯器具
 ランプ保護カバー、接続箱、安定器収納箱、同用端子箱
- (2) 高圧水銀灯器具
 ランプ収納室、端子室

4.2.4 試験設備

当社福岡製作所内に図 4.3 のような本格的な防爆実験設備を設置しており、この設備の中でも内容積 1,100 l の密閉形爆発試験容器はわが国では他に例を見ない最大のもので、たとえば 40W のケイ光灯器具をそのまま十分に収納することができるものである。図 4.4 は防爆実験室の平面図、図 4.5 は試験装置の説明図である。また図 4.6 は密閉形爆発試験容器で図 4.7 にケイ光灯のランプ保護カバーを収納した状態を示す。詳しくは本誌第 36 巻第 6 号 (昭 37) を参照願いたい。

4.2.5 爆発圧の記録

爆発圧の測定は器具内で、混合ガスに点火プラグにより爆発を起こさせたとき、器具に取り付けたエンジン指示計により抵抗線

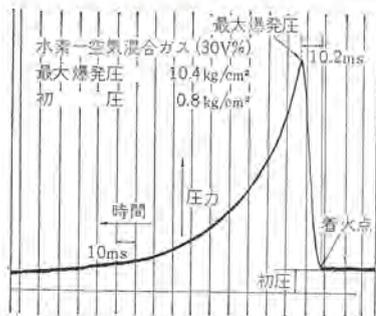


図 4.8 強度試験時の爆発圧の電磁 オシログラフ (ケイ光灯, 安定器箱)

Fig. 4.8 Electromagnetic oscillograph of explosion pressure at strength test. (Fluorescent light, ballast box)

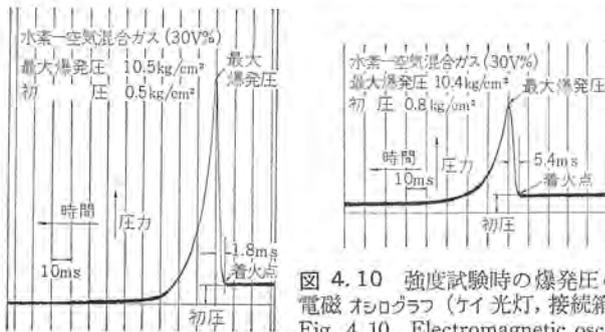


図 4.9 強度試験時の爆発圧の電磁 オシログラフ (ケイ光灯, 安定器端子箱)
Fig. 4.9 Electromagnetic oscillograph of explosion pressure at strength test. (Fluorescent light, ballast box)

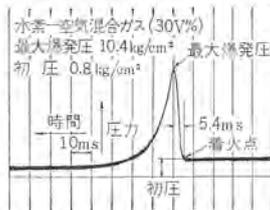


図 4.10 強度試験時の爆発圧の電磁 オシログラフ (ケイ光灯, 接続箱)
Fig. 4.10 Electromagnetic oscillograph of explosion pressure at strength test. (Fluorescent light, connecting box)

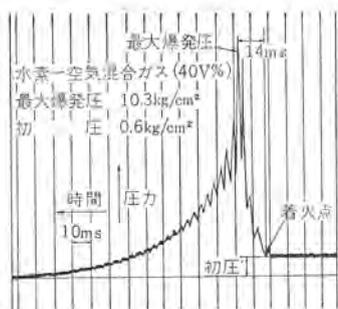


図 4.11 強度試験時の爆発圧の電磁 オシログラフ (ケイ光灯, ランプ保護カバー)

Fig. 4.11 Electromagnetic oscillograph of explosion pressure at strength test. (Fluorescent light, lamp protective cover)

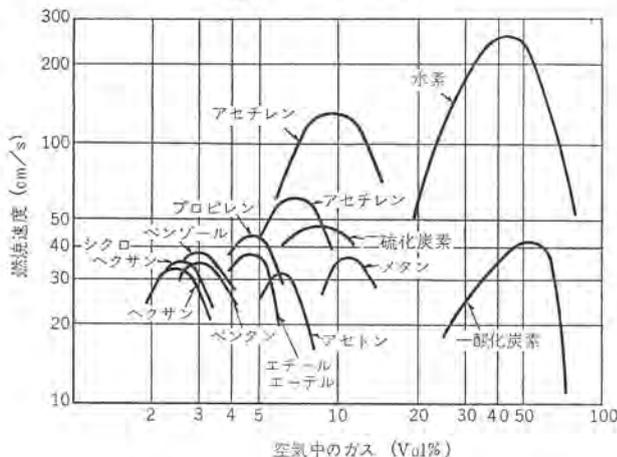


図 4.12 可燃性ガス、蒸気と空気混合物の燃焼速度と濃度との関係

Fig. 4.12 Relations between inflammation speed and density of the inflammable gas, vapour and air mixture.

形動ヒズミ測定装置を通じて電磁オシログラフにより記録するものである。図 4.8~4.11 はケイ光灯器具の爆発強度試験 (10 回実施した中の 1) のものでとくに爆発現象がわかるようにとったものである。

4.3 爆発試験の結果から見た器具構造の設計、製作上とくに注意すべきであると思われる点

(1) 防爆接合面に他の面からの塗料がはみ出してきている場合には規定のスパの値を越え引火爆発を生ずる危険が大きい。

(2) スパとスパの奥行きを決定するときには、容器の材質、締付ボルトの取付ピッチ、締付部の厚さなどにつき十分検討すべきである。すなわち内部爆発を起こしたとき、接合面のスパは材料の伸びのため瞬間的に規定値を越えることが起こりうる。

(3) 鋳造部品についてはその鋳物巣が原因で引火爆発を生ずることがある。これは塗装仕上の前に水圧試験などあるいは適当な探傷装置によって発見できるようにすべきである。

(4) ボルトによる締付部については、ボルトの強度はもちろんであるが、とくに注意を要するのは対応するネジ穴を有する部品の材質の選択である。場合によってはネジ部が破壊されることが起こり得るからである。

(5) 器具内の貫通導体およびその絶縁物の締め付けは十分に留意すべきで、引火試験 (15 回) 中にユルムことがありうることを考えに入れて設計することが肝要であろう。

(6) ケイ光灯器具のランプ保護カバーは比較的長い管状である。(たとえば 55φ の直径で、長さ 1,200 程度) そのため一端で点火、他端で爆発圧を測定したとき、水素-空気混合ガス (30V%) で初圧を加えない状態で規定値の 10 kg/cm² を越える値を示した例が見られた。これは一種の圧力重積現象と考えられる。したがってガス、蒸気の種別、混合比、点火位置などから実験にもとづき必要最低限の容量強度をもたしめるよう十分な検討を加えるべきであると思う。爆発圧力を衝撃的に受ける度合いの参考として図 4.12 に混合ガス別の燃焼速度を示す。燃焼速度の高いものほど安全度を見込んで設計すべきであると思う。

5. む す び

爆発試験を通して、防爆照明器具の概要を述べたものであるが、各基準の精神の上になって今後さらによりすぐれた器具の設計、製作に努力してゆきたいと考えている。また同時に、これはユーザ側のご理解なしには目的を達し得ない要素 (取扱上および構造上の点を含めて) が非常に多く含まれていることはいうまでもないことであり、その点についてのご協力をせつに希望するものである。終わりにのぞみ実験その他で種々ご高配いただいた弊社福岡製作所の関係者の方々に深甚の謝意を表するものである。

参考文献

- (1) 労働省産業安全研究所「工場電気設備防爆指針」
- (2) 林, 中屋, 佐藤, 小井川: 防爆構造電気機器の爆発試験設備, 「三菱電機技報」36, No. 6 (昭 37)
- (3) 秋吉, 田仲: 水素ガス耐圧防爆形誘導電動機, 「三菱電機技報」38, No. 6 (昭 39)

山形美術博物館の照明設備

小堀 富次雄*

Lighting Installations of Yamagata Museum

Head Office Fujio KOBORI

Relatively little consideration was given to the illumination of art galleries and museums in the past. There was such an inclination that much weight was given to the preservation of the articles of art at the sacrifice of lighting, which was so dim as to cause fatigue to the visitors. In the design of the Yamagata Museum this point is fully taken into account with high output fluorescent lamps of deluxe white color arranged in full, resulting in good color rendering of exhibited articles. The illumination level is 350 lx at the wall surface and 700 lx in the display space of the show case. Furthermore, background music is played to create pleasing atmosphere. For safety measures CO₂ gas fire extinguishing devices and ion alarms are provided.

1. ま え が き

美術館および博物館の照明については従来あまり考慮が払われなかった。とくに展示照明についてはよい照明とはいえず、中には展示場全般を光り天井、ルーパ天井方式のごとく豪華な施設や天井埋込形照明もあるが一般にはそれらの美術館の建築構造、様式、意匠としてのおもしろ味はあっても美術館側としては絵画・彫刻などの美術品を大切に扱おうとするあまり、低照度でしかも変化に乏しく明暗のはげしい照明で、美術鑑賞者には見えにくく、疲労とかげんたい感を与えることが多かった。いわゆる「美術館疲れ」と称する疲労感がそれである。「美術館疲れ」は大きな床面積の館内で展示品の多い場合はその割合も大きいのはもちろんであるが、中小の館内でも例外ではなくその影響はある。今後の美術館、博物館の照明ではこのような疲労感、不快感を起こさせることなく快適に鑑賞できるような配慮が必要である。

昨年8月完成した山形美術博物館⁽¹⁾ではその規模は必ずしも大きくはないが照明施設その他に細かく配慮されて計画、設計してある。それらの施設の概要について説明する。

2. 美術館・博物館照明のあり方

美術館・博物館の照明については次の各項が考慮される。

(a) 美術館・博物館では歴史的価値のあるもの、教育的な効果のあるもの、または美術工芸品など公共的に鑑賞および研究などのために展示される。これらの展示品は寸法・形状・材質が非常に広範囲にわたっていて、寸法では微細なものから巨大なものまであり、形状も平面的なものから立体的に複雑なものまで多岐にわたり、さらに材質では古代のくすんだ織物から近代的な光沢のある金属、ガラス、プラスチックまで、色彩でも有彩色の各スペクトルを含むものから無彩色の白・灰・黒まで各種各様である。

(b) 展示品の研究または鑑賞すべき重要な面は鉛直面か傾斜面で絵画・綴織・衣料などがこれらに相当する。水平面が重要な展示面となるものには図書、宝石類でそれ以外の立体的な展示面では全般照明として鉛直面および水平面の中間を考慮し、必要があれば補助照明または局所照明の併用が望ましく、この場合はコメント、灯具などの臨時の施設の用意をあらかじめ設けておく。

(c) 絵画などの平面的なものは色彩、パターン、デザインにおける美が拡散された全般照明によって照明される。その場合、主光源

の向き、拡散の程度、画面における正反射など考慮の必要があり、光の入射角が小さすぎると画面のオウトツ(凹凸)を必要以上に誇張し、原画の再現に対して忠実でなくなるおそれがある。また、鉛直入射の光は画面のオウトツを見えにくくし、正反射を生ずるので好ましくなく、入射角はだいたい30~50°程度が望ましい。また、十分な拡散光を得るため光源としてはケイ光ランプが最適である。

(d) 同一画面上の照度の Δ も見やすさにはあまり影響はないが画面の再現性を損なうおそれがあるから避けるべきである。大きい面積の画面に小さい光源、とくに投光電球などで照明する

表 2.1 美術館、博物館の照度基準

種 類	材 質	主要面の性質	主要面に対する所要照度 [lx]
油 絵 (単独・集団展示) ワクなし	カンバス	鉛 直 面	300
	木 絹 ビロード	つ や 消 し	500 300 500~1,000
ワクつき	カンバス	鉛 直 面	300
ワクなし	木	鉛 直 面	500
紙	カンバス	鉛 直 面	300~500
水彩画 (集団展示) ワクつきおよび ワクなし	—	鉛 直 面	300
壁 飾 (単独展示) ワクなし	プラスタ	鉛 直 面	300~500
		水 平 面	
エッチング、彫刻、 彫 金 (集団展示) ワクつきおよび ワクなし	紙	鉛 直 面	300
		光 沢	
陶磁器 (集団展示)	陶 器 類	鉛 直 面	300
		傾 斜 面	
彫 塑 (目 田 立)	大理石 テラコッタ プラスタ 木 明色ブロンズ 暗色ブロンズ 赤 青 黄 金 銀 象牙・蠟	鉛 直 面	1,000
		つ や 消 し	1,000
		光 沢	1,000
		半 光 沢	1,000
		半 光 沢	2,000
		半 光 沢	5,000
		半 光 沢	3,000
		半 光 沢	5,000
		半 光 沢	2,000
		半 光 沢	1,000
		半 光 沢	1,000
		半 光 沢	1,000

と必然的にこのような現象が起こる。

(e) これらの美術展示品の照度についてはわが国では日本工業規格 JIS Z 9110-1964 照度基準にも規定されてなく、もちろん、権威のある基準も決定していないがものを見る立場から照度基準内の類似の項を探して見ると付表 12 の商店、百貨店の衣料品、文房具、書籍などの一般的陳列で標準照度 200 lx (a 段階 300~150 lx)、店内重点的展示、一般的 ショーケース、飾窓全般で標準照度 500 lx (aa 段階 700~300 lx) となっていて、さらに飾窓の重点的展示、重点的 ショーケース 1,000 lx (aaa 段階 1,500~700 lx) とし、場合によっては局部照明を併用してよいとしてこれらの照度を推奨している。

なお、表 2.1 のように米国の推奨照度⁽²⁾⁽³⁾は参考になるものである。

(f) いわゆる「美術館疲れ」に対しては従来この種の館内とはかく、陰うつな暗い環境でとくに長時間、細かい展示品の鑑賞ではけんたい感を与える場合が多く現在でも古い美術館ではこのような状態のものが多い。近年になってから世界的な傾向として極力、開放的な構造で明朗なふん囲気になるようにし、照明も明るく快適なものとなってきた。その反面、落ち着きのない騒々しい環境となるおそれがある。これらを補うには展示品には十分な照度を与えると同時に部屋全体の照明バランスを計り、さらに天井・壁・床などの色彩、とくに絵画・彫刻などの美術品の周辺の色調を中間色などにして対比が大きくならないように考慮するとよい。また、館内に鑑賞の妨げにならないようなバックグラウンドミュージックなどを流すことも疲労感をやわらげる効果を伴うものである。

3. 山形美術博物館完成までの沿革

山形県は現在、人口 127 万ほどの農村県であり、最近、蔵王エコーライン、吾妻 スカイレー などの観光、産業ルートの開発、山形空港の整備などでもできるにつれ、文化施設の充実も叫ばれてきた。

同県内には、酒田市の本間美術館、鶴岡市の致道博物館、米沢市の郷土博物館、川西町の掬粋巧芸館(中国陶器)上ノ山市の蟹仙洞(漆器)、大井沢の自然博物館など六つも施設があり、それぞれ所在の美術博物館の展示活動をしているが、県都山形市には県内の他市のごとき美術館・博物館などの文化施設がなかった。このような情勢を察して昨年同市内森林公園の一角に同館が完成開館となったものである。⁽⁴⁾

同館は地元山形市の羽田設計事務所長羽田他所夫氏の設計によるものであるが同氏よりの依頼で美術館照明のとくに展示照明について光源の選定、展示面の照明など数次にわたる実験を行ない照明技術について当社では種々協力した。

図 3.1, 3.2 および 3.3 は同館の外観、入口標識および入口より玄関ホールを見た写真である。



図 3.1 山形美術博物館の外観
Fig. 3.1 Exterior view of Yamagata Museum.

山形美術博物館の照明設備・小堀



図 3.2 入口の標識
Fig. 3.2 Sign at entrance.



図 3.3 入口より玄関ホールを望む
Fig. 3.3 Porch and hall viewed at entrance.

4. 同館照明施設の概要

4.1 山形美術博物館の企画と照明設計

計画にあたっては天然光は使用せず、人工照明のみを採用し、展示室の照明に関しては次の事項について考慮が払われた。

(1) 一般に美術館・博物館などの照明の欠点として展示面照度のむらの多いこと、室内照度と展示面照度のアンバランスなどを指摘して検討を加えた。平面的な絵画と立体的な彫刻とでも異なる。

(2) 絵画・彫刻などの美術工芸品の色彩の再現につき光源の黄色性に検討を加え、ケイ光灯の光色では、デラックス 白色(色温度 4,500°K)を選定した。また、高照度施設のため高出力ケイ光灯を採用した。

(3) 観賞のための疲労感を少なくするため、照度は十分高くとり展示室内展示面は壁面で 350 lx、ショーケース内壁面で 700 lx とし、さらに照度のむらの範囲を 1/2~2/1 程度にした。

(4) ショーケースのガラス部分も平常時は電動装置で壁面となる構造の電動式壁面開閉装置を設けた。この壁面の照度は 350 lx である。

(5) 観賞中、良いふん囲気を保つため、バックグラウンドミュージック装置を設け絶えず場内に音楽を流した。

(6) 万一の火災による事故を防ぐため、炭酸ガス消火装置および煙でブザーの鳴るイオン警報装置を設けた。

以上のうち、照明とは一見無関係であるが(5)バックグラウンドミュージックは絵画鑑賞にふさわしい曲目を選ぶことにより疲労感を感じずに鑑賞することに満足を与える効果があり、(6)炭酸ガス消火装置とイオン警報装置は不時の火災発生の際に貴重な美術品を損わずに保管できる効果がある。

4.2 建物の概要

同美術博物館は山形市森林公園内の敷地 710 坪 (約 2,345 m²) に鉄筋 コンクリート 造り (一部鉄骨造り) で平家建 (一部地下 1 階) 建築面積 325.36 坪 (約 1,070 m²) である。室の種類は二つの展示室各 62 坪 (約 205 m²)、保存室 15 坪 (約 49.5 m²) のほか玄関ホール、会議集会室、機材室、電気室、暗室、倉庫、事務室、管理人室、宿直室などがあり、全館冷暖房完備となっている。図 4.1 はその平面図、図 4.2 は各室の照明器具配置図を示している。

図 4.3~4.8 は展示室の全景および各部の照明設備の状況を、図 4.9 (a) (b) は玄関ホール、図 4.10 は会議集会室、図 4.11 は保存室の照明を示している。

さらに図 4.12 は展示室の断面図で展示照明の主光源となるケイ光ランプの配置と鑑賞者の視線との関係を示している。



図 4.3 展示室の全景 (天井の左右両側埋込形ケイ光灯とダウンライトを示す)
Fig. 4.3 Full view of display room.

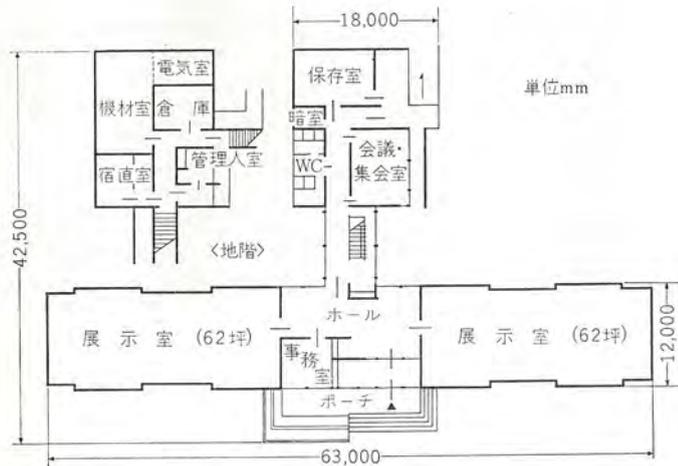


図 4.1 山形美術博物館平面図
Fig. 4.1 Plan of Yamagata Museum.



図 4.4 展示室天井埋込の高出力ケイ光灯 (FLR-110H-WDL×3 灯連続取付による壁面照明, 平均照度 350 lx)
Fig. 4.4 Recessed high output fluorescent luminaires in a display room.

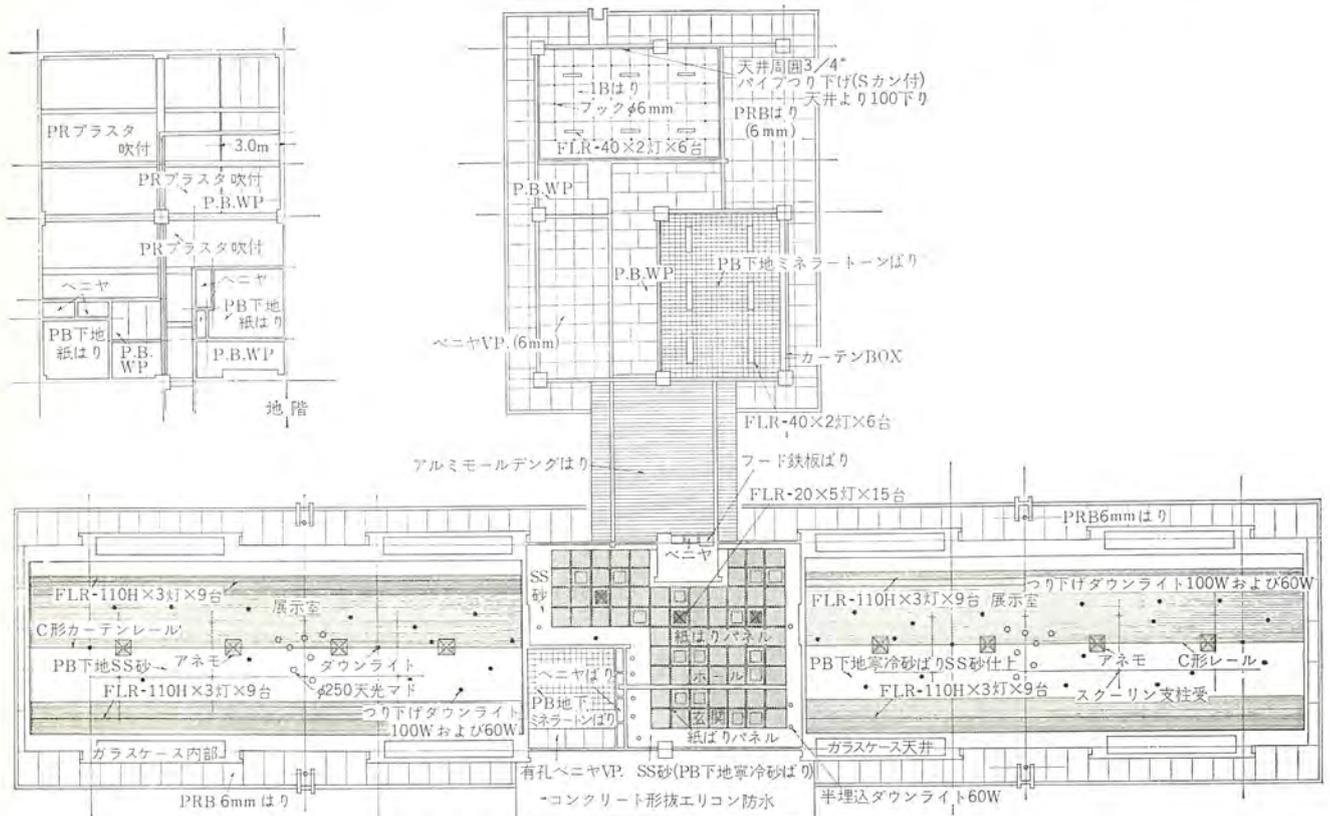


図 4.2 各室の照明器具配置

Fig. 4.2 Layout of luminaires of each room.

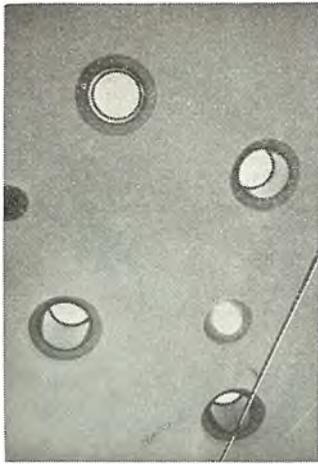


図 4.5 展示室天井のダウンライト
および一部スカイライト
Fig. 4.5 Down light on the
display room ceiling and
partly sky light.

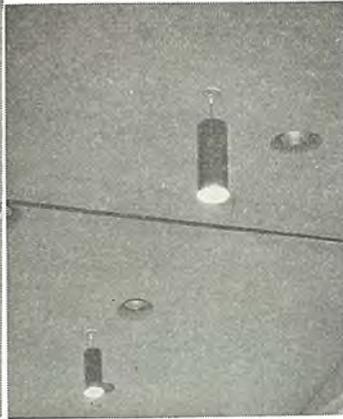
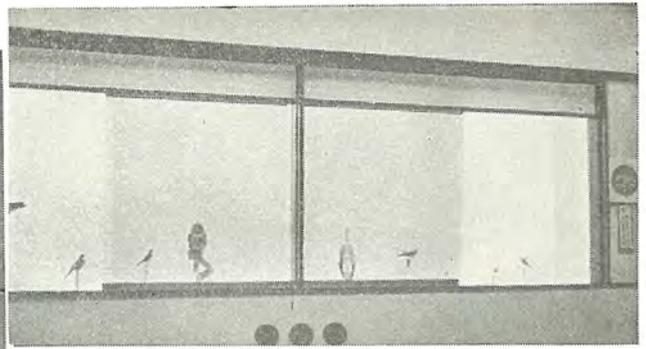
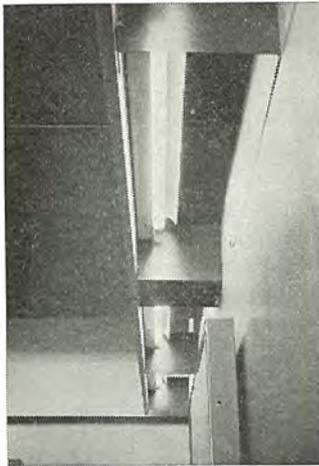


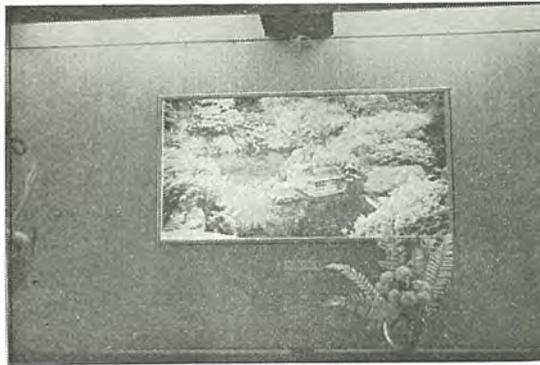
図 4.6 展示室のつり下げ
ダウンライト器具
Fig. 4.6 Suspended down
light in display room.



(a) 開閉装置を開いてショーケース内を展示面とした場合

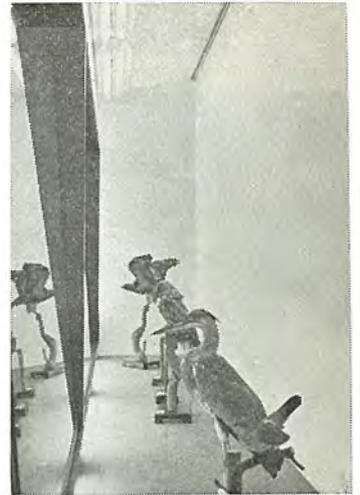


(a)



(b)

図 4.7 展示室の壁面照明と展示面
Fig. 4.7 Wall illumination of display room
and displaying face.



(b) ショーケース内の上下の
照明設備を示す

図 4.8 展示室の壁面
Fig. 4.8 Wall surface of
display room.



図 4.9 (a) ホール内より展示室を望む(プラスチックカバー埋込形ケイ光灯 FLR-20×4 灯器具, 平均照度 120 lx)
Fig 4.9 (a) Display room viewed from hall.



図 4.9 (b) 玄関およびホールの電球器具
Fig. 4.9 (b) Electric light of porch and hall.

4.3 照明設備

(1) 電源関係では FLR-110H, FLR-60H および FLR-40 は 200 V, 50 c/s 高出力形またはフリッカレス形, その他は 100 V, 50 c/s グロースタート形 (一部ラピッドスタート形) である。

(2) 照明器具

展示室の主光源として図 4.13 は高出力ケイ光灯 FLR-110H ×3 灯埋込器具, 図 4.14 はつり下げダウンライト器具, 図 4.15

は玄関ホールの半埋込ダウンライト器具を示す。

高出力ケイ光灯 FLR-110H×3 灯用器具	36 台
“ FLR-60H×2 灯用器具	32 台
ショーケース用 FLR-40×1 灯用器具	80 台
下面プラスチックカバー埋込形 FLR-20×4 灯用器具	15 台
100 W および 60 W 1 灯つり下げ形白熱灯用器具	68 台
その他ケイ光灯, 電球器具	110 台



図 4.10 会議集会室の照明 (平均照度 210 lx)
Fig. 4.10 Lighting of conference room.



図 4.11 保存室の照明 (平均照度 75 lx)
Fig. 4.11 Lighting of store room.

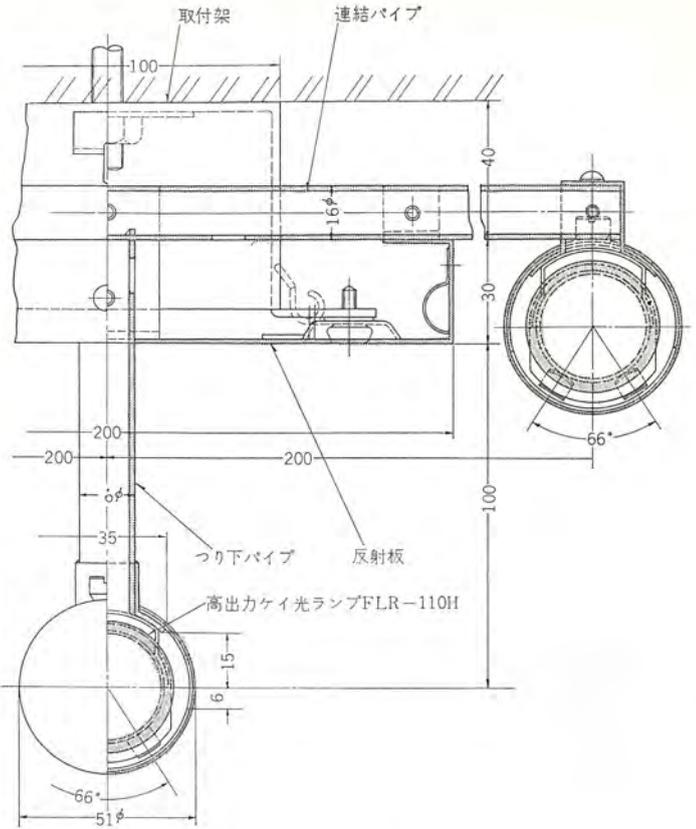


図 4.13 展示室の高出力ケイ光埋込器具
Fig. 4.13 Recessed high output fluorescent luminaires in a display room.

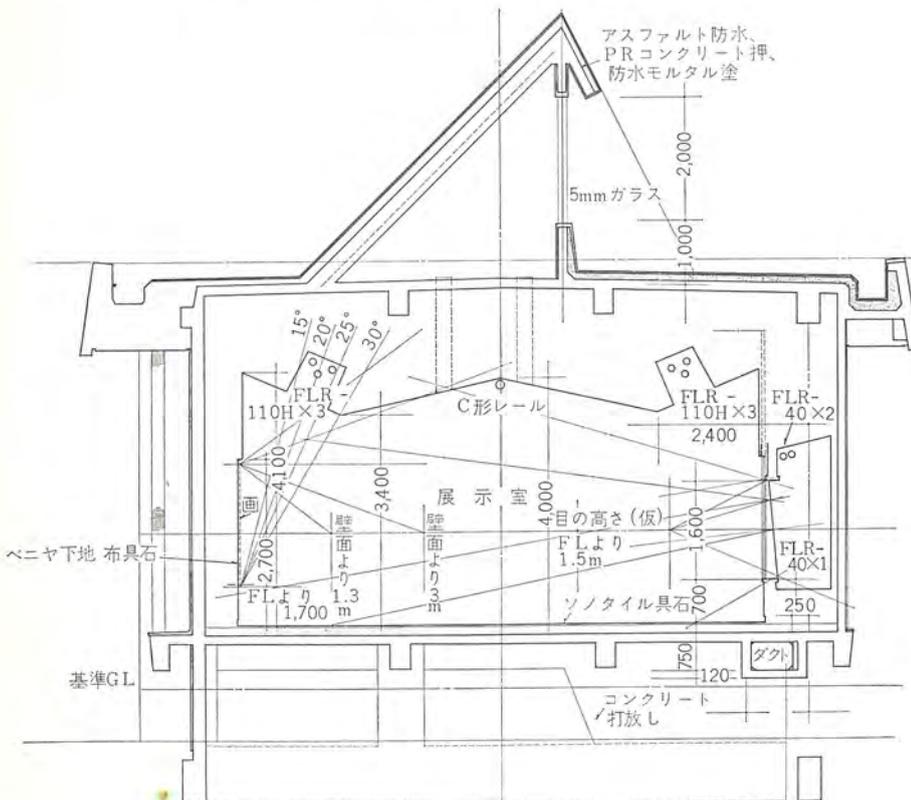


図 4.12 展示室の断面
Fig. 4.12 Cross section of a display room.

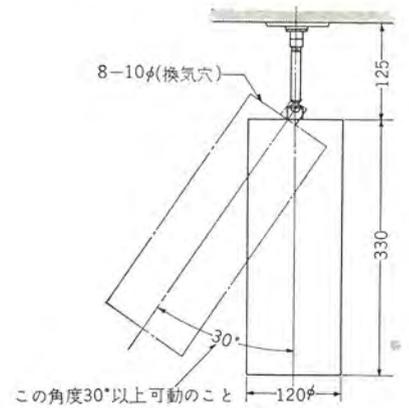


図 4.14 つり下げダウンライト器具 (100 V, 60~100 W 電球)
Fig. 4.14 Suspended down light luminaire.



図 4.15 半埋込ダウンライト器具 (100 V, 60 W 電球)
Fig. 4.15 Semi-recessed down light luminaire.

(3) 各室の照度

各室の照度分布は図 4.16 のごとくであるが平均照度は下記のようにである。

展示室壁面の照度	200~540 lx
床面照度	65~420 lx
ショーケース内壁面照度	600~1,400 lx

図 4.16 は展示室の壁面およびショーケース内の壁面の照度測定図で美術品鑑賞に十分な照度となっている。

玄関(床面)	100 lx
ホール(床面)	120 lx
会議・集会室(机上)	210 lx
保存室(床面)	75 lx

図 4.17 は玄関・ホール・会議・集会室および保存室の照度測定図である。

5. む す び

以上、美術館・博物館照明のあり方と今回完成した山形美術博物館の照明設備の概要について述べた。貴重な美術工芸品を大切に扱うことは今後とも重要なことであるが同時に十分、鑑賞し研究できるように見やすく、疲労を感じさせない照明施設についても考慮して完成して行きたいものである。

この論文に執筆にあたっては山形市羽田設計事務所羽田所長その他関係者のご協力をいただいた。厚く深謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 小堀：「照学誌」照明のデータシート No. 171 49 No. 5(1965)
- (2) IES Lighting Hand Book 3rd Ed. 12-28 (1959)
- (3) Westinghouse Lighting Hand Book 5-2 (1961)
- (4) 山形美術博物館 パンフレット (1964)

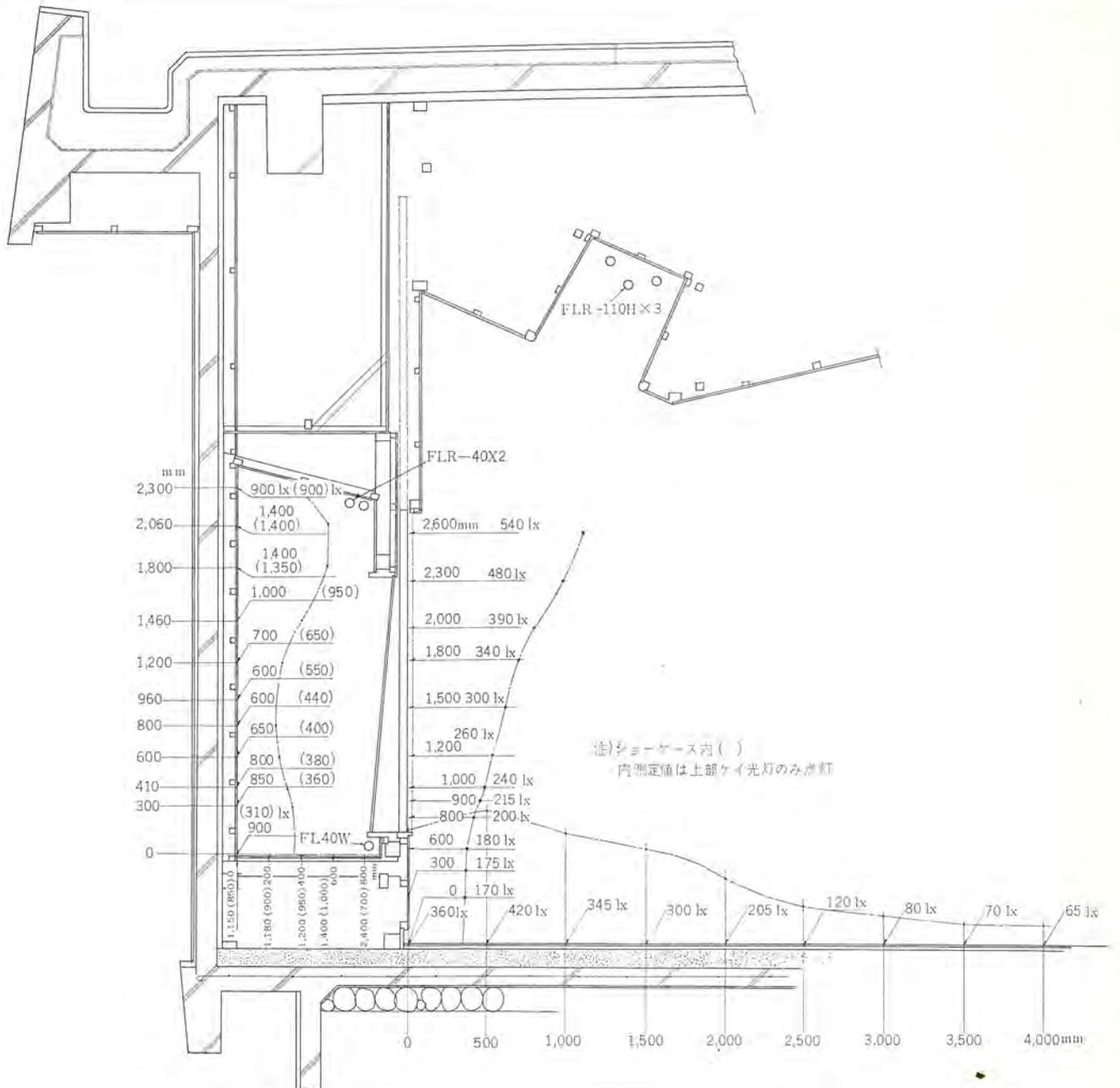


図 4.16 展示室の壁面およびショーケース内の照明測定
Fig. 4.16 Illumination measurement of display room walls and show cases.

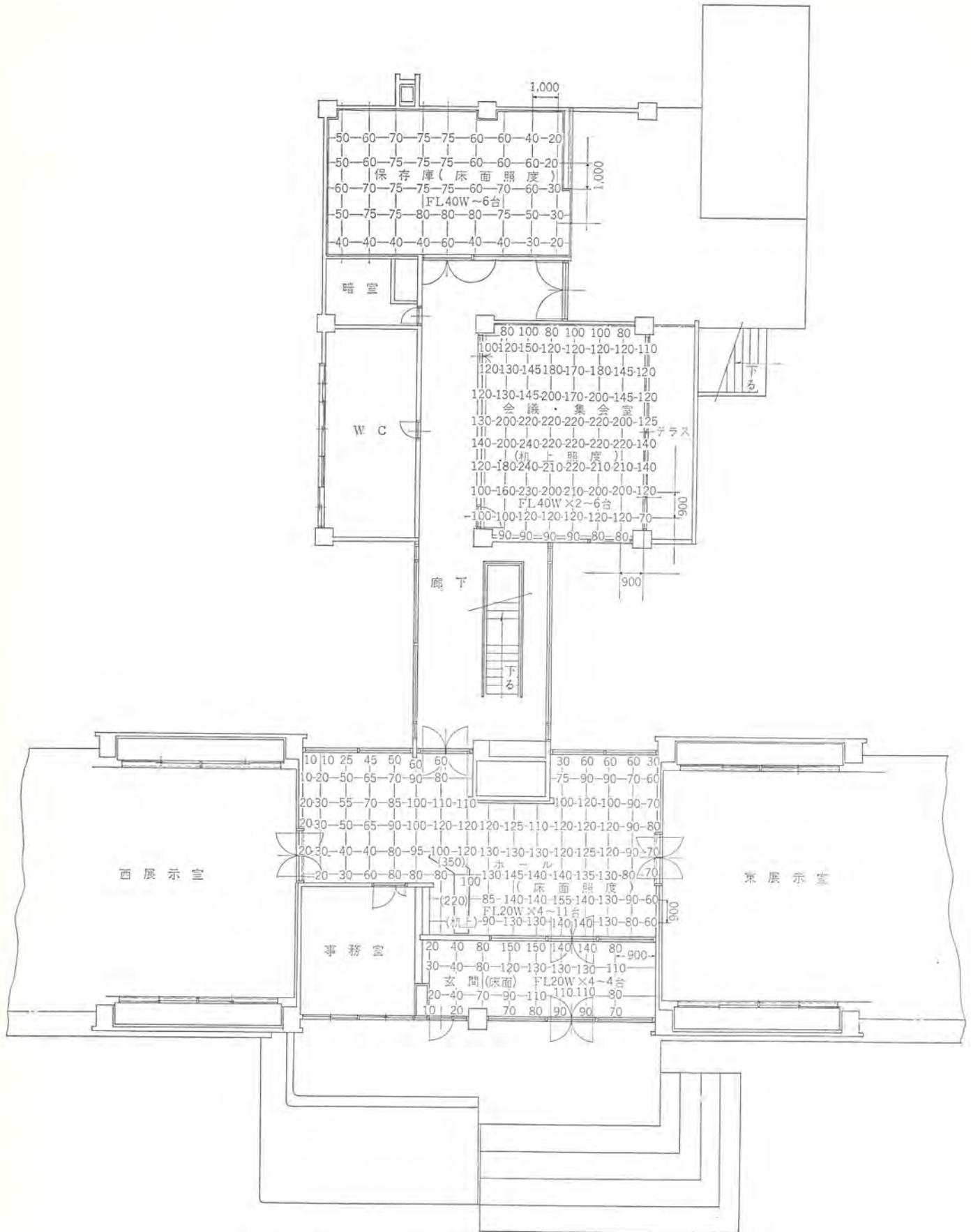


図 4.17 玄関ホール、会議集会室および保存室の照明測定
 Fig. 4.17 Illumination measurement of porch, hall, conference and store room.

最近の電车用 ATC 装置

北岡 隆*

Recent ATC Apparatus for Electric Coaches

Itami Works Takashi KITAOKA

Recent increase of traffic volumes makes it necessary to reduce the headway for every electric railway. This in turn demands the elevation of the safety in running through the automatic train control. However in providing this control not a few problems are involved from the relation with existing signal equipment. Herein is described these points together with the details of ATC apparatus supplied to the Teito Rapid Transit Authority by Mitsubishi. The device is fully equipped with transistors for the assurance of fail safe and the reduction of the size and the weight as the latest advance in the semiconductor reliability, especially that of transistor is remarkable with inexpensive costs. In the case of the above rapid transit, the apparatus has been working with no trouble for a half year so far.

1. ま え が き

自動列車制御装置(ATC 装置)が実用に供されてからすでに数年以上経過し、これの実用上の効果が十分認識されるにいたった。しかも鉄道輸送量は増加の一途をたどっているため、保安度を低下させることなく輸送量の増大に対処するため、ATC 装置を各電鉄会社とも採用しようとする傾向にある。しかし一方経済性そのほかの問題があるためこれを解決しなくてはすべての鉄道に使用することが困難である。以下は現在までの ATC 装置の発達の過程、および現在完成されている新方式のものについて述べることにしたい。

2. ATC 装置の発達

もともと ATC 装置は安全運転を確保するために開発されたものであるが、これを分類すると、高速列車用として一種の自動運転の要素を加味したものと、区間車または地下鉄のごとく運転ひん度が高いために運転手の誤操作を起しやすいためパッカアッ用のものとなる。いずれも機能上はほとんど同じであるが、用途が異なるわけで前者は新幹線用^{(1),(2)}のものがその例であり ATC が減速用として常用される。この場合は階段状減速制御で一種の定点停止の動作要素が加味されているわけである。しかもこの高速車用 ATC は超高速での人間の判断能力が限界を越えるため正確度が期待できなくなるのを ATC でカバーしているものである。

これに反して区間車を対象とした ATC は比較的低速での運転が対象となり、このような速度範囲では人間の判断は非常に正確で機械の助けがなくとも正常な運転が可能である。しかし運転上の操作ひん度が高くまた列車間隔が狭いため、誤操作に基づく衝突などの事故発生確率はきわめて高いわけで、これを ATC でパッカアッし運転手がまちがった判断または操作をした場合安全に列車を停止させようとするものである^{(3),(4)}。

このようなパッカアッ用の ATC は手動運転との関連の点で非常にむずかしい問題を含んでいる。すなわち図 2.1 に示すように、一般に手動による運転は現行の方法によると、地上信号機を通過する速度はその信号の指示する制限速度以下とする必要があ

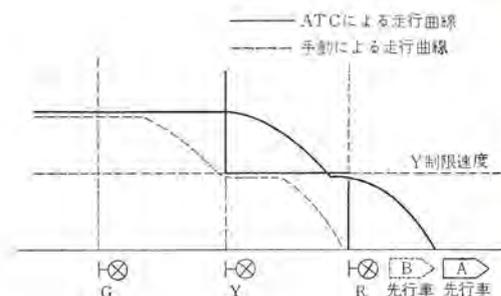


図 2.1 手動および ATC による走行曲線
Fig. 2.1 Running curves in both cases of manual and ATC running.

る。したがって ATC によりパッカアッしようとするれば、制限速度は図 2.1 のごとき階段状にしなければ ATC 制限のほうが優先動作してしまう。しかし先行車が A の位置にあればよいが、B の位置にあれば ATC による減速走行では衝突してしまう恐れがある。このような問題を解決するために R 信号を 2 段階設けて、信号区間を 1 段ずつずらしておく方法がとられている。しかし普通は既設信号設備があってそれに ATC を追加しようとする場合が多く、信号間隔信号機制御方法などの点から変更が容易ではない。

次に ATC 装置の重要な要素としてどのような部品を選択するかという問題がある。すなわち ATC 装置は弱電的要素が強くまた小形で消費電力も小さいことが要求されるので、トランジスタ、磁気増幅器、SCR などが使用されるが、いずれの場合も装置が fail safe となるための配慮が必要である。とくに半導体を使用する場合は、一般に故障の状態が on 状態と off 状態いずれにも同じ程度の確率で生じうるので、回路上この点をカバーする必要がある。これは受信器部、速度照査部、論理回路いずれの部分についてもいえることであり、しかもおのおの回路が特性上まったく異なるため、fail safe とするやり方もおのおの異なるわけである。回路を fail safe とするために一般に回路が複雑となる傾向があり、信頼度を低下する要因となる恐れがある。

したがって回路を選定するにあたって fail safe と信頼度の両方の点から考慮する必要がある。装置の信頼度は使用する部品の信頼度に左右されることはもちろんであるが、部品数は直接その

* 伊丹製作所

装置の故障率に関係するので、できるだけ回路を簡単にすることが必要である。しかし回路は使用する部品により異なり、また半導体関係の進歩はめざましいものがあるので、なかなか永続的標準品を開発することは困難である。しかし現在までの発達段階を見ると ATC が開発された当初は半導体技術がまだ十分とはいえず、したがって信頼度向上のために磁気増幅器が相当大幅に使用されたが、シリコントランジスタ、サイリスタ など過酷な使用条件に耐えうる素子が実用段階に入った現今では、おおかたのすう勢として全面的に半導体を使用することが、性能の面はいうにおよばず電力消費、重量、容積などの点からも有利である。なお ATC 装置をさらに発展させ自動運転化したものが ATO 装置であり⁽⁵⁾、互いに関連性も大であるがここでは紙面のつごうで省略する。また特殊用途としてモノレールなどに使用される ATC 装置もあるが⁽⁶⁾ 詳細は省略する。

3. 最新形 ATC 装置

以下は最近納入した帝都高速度交通営団東西線納めの ATC 装置について紹介する。東西線は全線開通後は東陽町から国鉄中央線中野までをつなぐ 16 km の地下鉄であり、国鉄と相互乗り入れが予定されている線であるが、現在開通しているのは九段下から高田馬場までの 5.4 km である。この路線は諸種の事情によりコウ配が多くかつ急で、運転上も高度の技術を要するので ATC の必要度も高いわけである。帝都高速度交通営団では、先に全線開通した日比谷線に全面的に ATC を採用されて効果をあげたので、今回の東西線にも ATC を採用されたわけである。この ATC 装置は方式としては日比谷線用とほとんど同一であるが回路、構造はかなり改良されている。なお定格は以下のごとである。

- 方式 完全無接点 fail safe 方式
- 速度範囲 max 120 km/h
- 制限速度 40 km/h, 25 km/h, 15 km/h
- 電源 DC 100 V から DC-DC コンバータを通して DC 24 V で給電
- 信号系統 キロサイクル 高周波連続誘導式
- 速度発電機 4 ケース 装置誘導子形
- ATC 切換 地上信号連動 営団—国鉄 半自動切換

3.1 構成

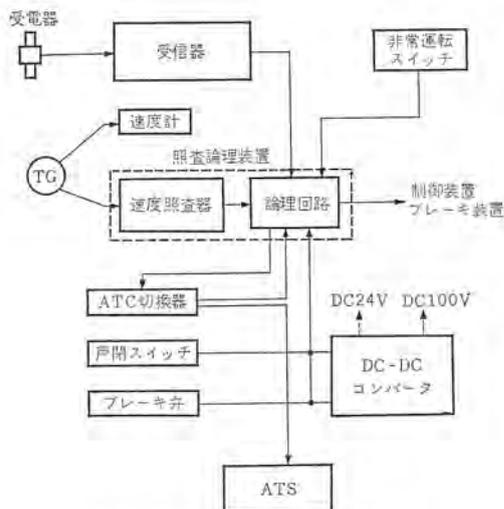


図 3.1 ATC 装置ブロック線図
Fig. 3.1 Block diagram of ATC.

東西線用の ATC 装置は国鉄との相互乗り入れが条件となっているので、地下鉄線では ATC、国鉄線では ATS を使い分けるようになっており、接続駅では地上から信号を受けて切り換えを行なうよう考慮されている。この構成は図 3.1 に示すようになっており、日比谷線に使用されている ATC 装置とはほぼ類似している。しかし電源関係の考え方は日比谷線とまったく異なり、直流 24 V を DC-DC コンバータ で変換して使用し、万一コンバータ が故障しても バッテリ から分圧した電源で ATC が有効に動作するよう考慮されている。速度発電機は 2 出力巻線式であるので、1 個で速度計と速度照査器を駆動するようになっていいる。運転台交換に際しては地上信号条件により ATC 切換器を国鉄側に切り換えておくようになっていいる。ATC 装置は各運転台に 1 組ずつ備えられていいるが中間運転台となった場合は、戸閉スイッチに連動して自動開放されるようになっていいる。

3.2 信号系統

地上信号は日比谷線で実績のある高周波連続誘導式のもので、非常に信頼度の高い方式である。

それぞれの信号区間での信号現示、信号入力(変調周波数)制限速度は表 3.1 に示される。車上受信器はトランジスタ化されていいるその電源は DC-DC コンバータ から出された DC 24 V を使用していいる。

表 3.1 信号および制限速度一覧

信号区間	6T	5T	4T	3T	2T	1T	切換区間
信号現示	G	YG	Y	YY	R ₁	R ₂	—
信号入力	10 c/s (A)		15 c/s (B)	25 c/s (C)	35 c/s (D)	—	85 c/s (X)
全ブレーキ系制限速度	—		40 km/h	25 km/h	確認後 15 km/h	絶対停止	—
非常ブレーキ系制限速度	—		—	—	15 km/h	絶対停止	—

3.3 速度照査回路

速度照査回路は、誘導子形速度発電機の交流出力を周波数基準で速度照査するもので、速度検出精度を必要とするため fail safe であることが要求される。この条件を満足させるために多くの試作検討を行なった結果、実用上十分に満足できるものが開発されるにいたった。この速度照査回路はトランジスタ化された完全無接点回路であることはもちろんであるが、fail safe とするための配慮が十分なされている。図 3.2 は速度照査回路のブロック線図を示していいる。この照査器は従来のごとき絶対速度検出方式によらず受信器よりの信号出力種類によりパターン発生器を切り換え、周波数—速度電圧変換回路出力と比較してブレーキ指令を論理回路へ送るようになっていいる。したがって信号制限速度以上か以下かを判定してブレーキ指令を出すようになっていいるので、論理継電動

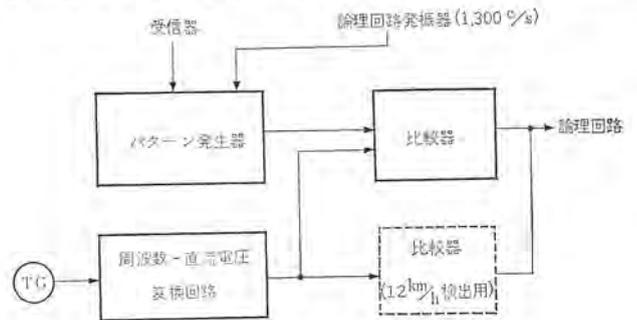


図 3.2 速度照査回路ブロック線図
Fig. 3.2 Block diagram of speed checker.

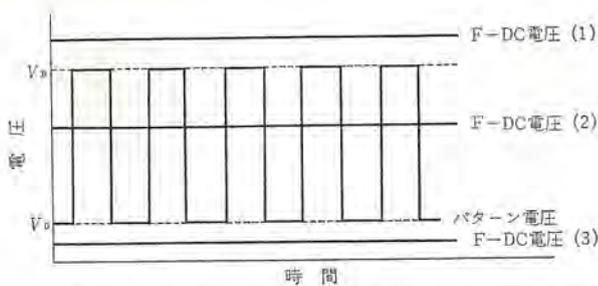


図 3.3 パターン発生器および周波数変換器出力相対関係
Fig. 3.3 Relation between output of pattern generator and that of frequency-DC voltage converter.

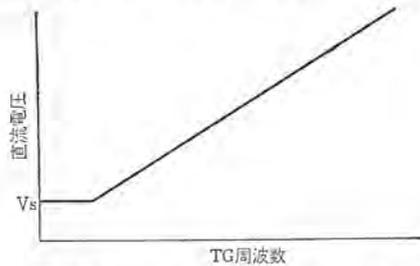


図 3.4 周波数—電圧変換回路特性
Fig. 3.4 Characteristic of frequency-DC voltage converter.

作の一部分を果しているともいえるが、逆に絶対速度は検出できないので、スポッティング制御などに必要とする 12 km/h 検出用として比較器をさらに 1 個設け、これによって行なっている。

速度発電機を含む速度照査回路の fail safe を保証することは、従来から非常に困難とされてきた。とくに回路を複雑化しないので fail safe の回路とすることは、ATC 装置の価値を決める最も大きな要素となる。この装置では次のような方式により上記の目的を達している。すなわち照査回路は主として交流増幅方式とし、トランジスタが故障状態となった場合は出力が後段へ伝達されないようにすること、TG の断線と停止状態とを見分けるために特殊な周波数—直流電圧変換回路を使用し、TG の周波数が一定値以下となるとこの回路が発振状態となるよう考慮されており、発生器回路が断線すれば発振が停止し、故障時と停止時が区別されるようにして fail safe としている。すなわちパターン発生回路は論理回路の発振器出力により 1,300 c/s の励振を受けて図 3.3 に示すような方形波電圧が発生される。この方形波の瞬時最高値 V_P は速度に比例した電圧で、最低値 V_0 は一定の電圧値で約 5 km/h に相当する。 V_P は受信器出力を受けて信号ゲート回路により切り換えるようになっている。一方周波数—直流電圧変換回路は、速度発電機の出力を受けてこの周波数に比例した直流電圧が発生されるようになっているが、この回路は発振と波形整形とを兼ねた動作を行なうように考慮されている。

TG 出力が大きい場合は波形整形回路として動作し数 km/h 程度となると TG によりトリガが行なわれなくなり低周波数で発振するので、この回路の特性は図 3.4 のようになり、停止時も一定電圧が発生されるようになっている。この電圧 V_S はパターン最小電圧 V_0 よりも大きく設定されている。もしトランジスタが故障したり TG との配線が断線すると発振が停止し出力電圧はなくなるようになっている。また比較器は変成器結合による差動増幅回路であり、周波数電圧変換器 (F-DC 変換器) 出力電圧とパターン回路出力電圧を比較するようになっている。図 3.3 に示すようにパターン電圧よりも F-DC 変換器出力のほうが高い場合は、(1)に

示すように F-DC 電圧がつねに V_P より大きいので比較器入力 は直流となり、したがってその出力はゼロとなり、走行速度が制限速度より高いことが論理回路へ継電されるわけである。すなわち出力が fail した場合は高速側を指示することになり安全側指示となる。次に (2) のように F-DC 電圧が V_P 以下 (正常の場合は $V_S > V_0$ のため V_0 以下となることはない) の場合は、比較器の差動入力は交流となり増幅されて出力が出て制限速度以下であることが継電される。一方万一故障により F-DC 出力電圧が V_S 以下となれば比較器の差動入力は直流となるので (1) の場合と同じとなりブレーキが作用するので fail safe となるわけである。もちろん照査回路のどの部分が故障しても出力がゼロとなるので、fail safe となることは論をまたない。この速度照査回路は速度検出精度が ± 2 km/h で車輪径補正では 3 段行なっている。電源は DC-DC コンバータ出力 DC 24 V より受けている。

3.4 論理装置

日比谷線用として納入された論理装置は速応性磁気増幅器“サイパック”を使用して好結果を得たが、今回はシリコントランジスタによる fail safe 論理要素を開発使用した。論理回路は常用ブレーキ回路、非常ブレーキ回路、営団国鉄切換回路に分けることができる。常用ブレーキ回路は受信器出力により切り換えられたパターン電圧と走行速度電圧を比較した結果が照査器から指令されるので、論理回路では従来方式のごとく、受信器出力と照査器速度出力からブレーキの判別を行なう必要はなく、単に増幅するだけでよいことになる。しかし実際は後側運転台が国鉄側に切り換えられていることを必要とするので、この条件が満足されてない場合は常用ブレーキが作用するような判別回路が付加されている。最終段の常用ブレーキリレーは常時励磁でブレーキ時は落下状態となることはもちろんである。

非常ブレーキ回路は、 R_1 信号で 15 km/h 以上の速度で進入すれば非常ブレーキが作用し、停止後いったん確認すれば 15 km/h 以上となっても常用ブレーキしか作用しないようになっている。

ATC 切換回路は国鉄線との相互乗入れを行なう関係上、地上信号の条件が与えられれば ATC 動作、開放の切り換えが行なえるようになっている。すなわち営団線から国鉄線に乗り入れる場合は地上から X 信号を受けると切換論理回路が動作して ATC 切換スイッチのロックが解け、またベルの鳴動により切り換えを運転手に知らせる。いったん国鉄側に切り換えられると地上信号がなくなってもブレーキが作用しないよう論理継電されると同時に、国鉄線内では ATS が動作状態となるように切り換えられる。一方国鉄線から営団線に進入する場合は、地上から A, B, C, D いずれかの信号が入ると ATC 切換スイッチのロックが解け、ベルが鳴動して切り換えを行なえるようになる。

論理要素は AND, OR, Flip Flop, Time Delay 終段増幅器の 5 種類からなるが、論理回路を構成する場合少なくとも AND および終段増幅器を fail safe にしなければ、系を fail safe にすることは不可能である。今回開発した論理要素は回路ができるだけ簡単でしかも fail safe とするため照査回路の方式と同じように直流電源を使用した交流搬送方式を採用し、素子にはシリコントランジスタを使用した。すなわち論理回路には Royer 発振回路を 1 組置き、これから 1,300 c/s の搬送周波数をもった方形波信号を出すようになっている。AND 回路は 2 入力 AND と 3 入力 AND の 2 種類あり、信号入力が直流の場合と交流の場合で印加端子を区別するようにし回路の単純化をはかっている。いずれもトランジ

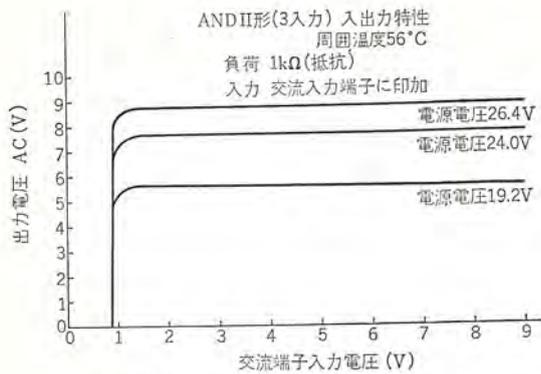


図 3.5 AND II 形入出力特性
Fig. 3.5 Input-output characteristic of AND-II.

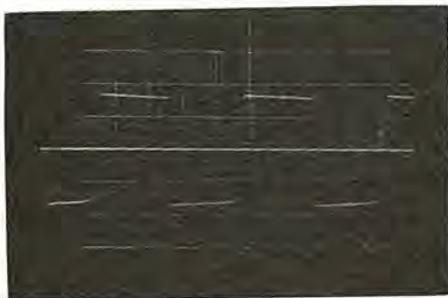


図 3.6 AND II 形出力波形 (18 V p.p. 1,300 c/s)
Fig. 3.6 Output wave form of AND-II.

スタの増幅能力がなくなれば出力がなくなるよう、コンデンサ結合および変成器結合方式を使用しているため、一般に使用されている NOR 要素のように、故障時 ON, OFF いずれの状態にもなりうるという危険性はまったくない。終段増幅器は AND とだいたい同じような回路を使用しているが、増幅率が高く 15 W の定格出力を有する。図 3.5 は入力 AND の入力特性をまた図 3.6 は出力電圧波形を示す。

3.5 照査論理装置の構造

今回開発納入した ATC 装置の照査回路と論理回路は小形化するため 1 箱に収め、日比谷線用として納入したトレイの約半分の容積とすることができた。このように両回路を同一の箱内に入れるために、各要素は同じプリント基板を使用した。プリント基板は車両用としての耐振強度を十分にするため、補強用前面パネルを付けまたツツとの固定を強固にするために差し込みのガイドに留意してある。また各要素により構成部品数が異なるので、プリント基板の前面パネルの幅を 2 種類設けた。前面パネルには、差し込み抜き取り用のフィンガホルのほかにチェック端子も設けてある。図 3.7, 3.8 および図 3.9 はプリント基板要素を、また図 3.10 は照査論理装置の外形を示す。

3.6 電源

前にも述べたように、この装置の電源はほかの電子装置との協調、およびバッテリーとの切り換えもできるように DC 24 V とした。バッテリー電圧は 100 V なので、24 V のセルから分岐線を出してこれにより ATC 装置が動作させられるよう、切換スイッチが設けられているが、これを常用することは、バッテリーの部分充電が困難であるため行わず、DC-DC コンバータを使用するようになっていて、万一コンバータが故障した場合のみバッテリー使用を行なう。このコンバータの定格は以下のごとくである。

入力 DC 100 V (+10% -30%)
出力 DC 24 V (±5%) 500 VA



図 3.7 F-DC 回路要素
Fig. 3.7 F-DC element.

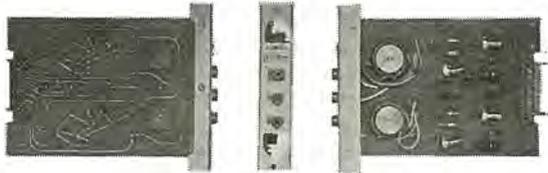


図 3.8 AND, OR 要素
Fig. 3.8 AND, OR element.

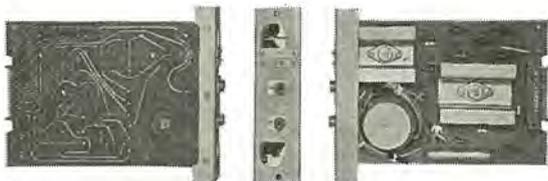


図 3.9 パワー増幅器要素
Fig. 3.9 Power amplifier element.

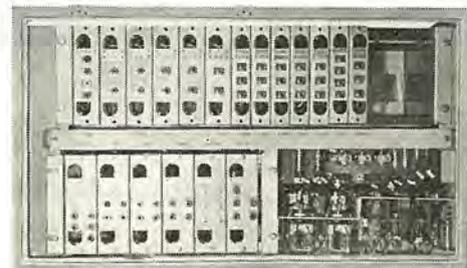


図 3.10 照査論理装置外形
Fig. 3.10 Speed checking and logic apparatus.

効率 約 70%

AVR 方式 PWM 方式

変換周波数 約 400 c/s

形名 SI51-2 形

このコンバータは ATC 用電源であるから信頼度が高いことが必要で、従来の実績から最も実用性の高い方式を使用した。すなわちこの DC-DC コンバータは、サイリスタ式 400 c/s インバータと整流回路を結合したものであるが、AVR は DC 24 V 出力電圧を帰還して、インバータ発振方形波の幅を調整して、フィルタを通った後の平滑直流電圧の値を一定とするようになっている。図 3.11 はこのコンバータのブロック線図である。過電流保護装置としては、分路トリップコイルをもったノーヒューズシャ断器をもち、15 ms 以内にトリップするようにしている。一方バッテリー回路には、種々のインダクタンス負荷が接続されているためサージの発生率が高いので、コンバータには標準波形でその波高値が DC 1,500 V になるサージ電圧の印加に耐えるよう考慮されている。図 3.12 はコンバータの外形を示す。

3.7 試験結果

試験は工場と現車とで十分に行なったが、満足すべき結果が得られたのでここにその大略を述べる。ATC 装置は保安を目的とするものであるから試験には十分留意した。速度照査精度は DC-DC コンバータと組み合わせた状態で電源電圧を +10%, -30% 変

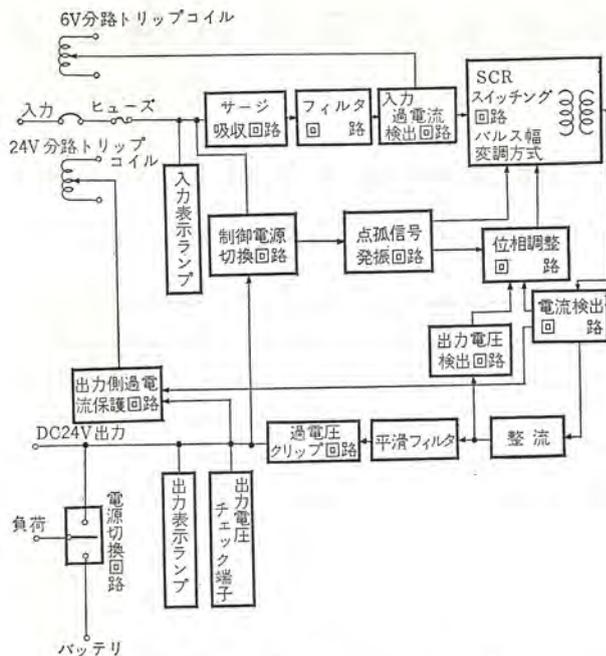


図 3.11 SI-51-2 形 DC-DC コンバータ ブロック線図
 Fig. 3.11 Block diagram of type SI-51-2 DC-DC converter.

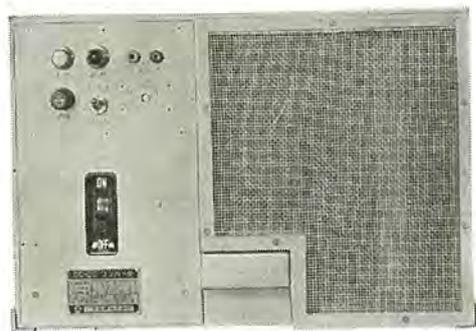


図 3.12 DC-DC コンバータ外形
 Fig. 3.12 Outside view of DC-DC converter.

動させ、また温度を $+50^{\circ}\text{C}$ から -10°C まで変化させても ± 2 km/h 以内に入ることが確認された。また振動試験は 1g, 5 c/s, 10 c/s, 50 c/s, 3 方向に対して行なったが異常は認められなかった。現車試験では各種の信号条件で走行確認したが、動作は確実に十分目的を達することが証明された。

4. む す び

ATC 装置はどの電鉄にとっても、輸送量増大に伴って必要欠くべからざるものとなりつつあるが、なお解決すべき 2, 3 の問題が残っている。それは前にも述べたように既設の信号装置をできるだけ有効に利用して ATC 装置を適用しようとする点にあり、とくに特急、急行、各停など多種類の列車を運行している場合は問題である。先に紹介した ATC 装置は新路線に適用するために開発されたものではあるが、一般の電鉄にも適用することが容易なように fail safe, 良好な特性はもちろんのこと、小形、軽量、安価を目標として設計された。また電源も直流を使用して一般に使用しやすいよう配慮した。東西線開通以来現在に至るまでまったく故障なく運転を継続している。最後にこの装置を開発するにあたりいろいろご指導を受けた帝都高速度交通営団の関係の方々および社内関係者に対して深甚な謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 小原, 北岡: 国鉄新幹線試作車用自動運転装置「三菱電機技報」36, 1276 (昭 37)
- (2) 北岡, 石田: 東海道新幹線 ATC 装置「三菱電機技報」38, 469 (昭 39)
- (3) 小原, 北岡: 自動列車制御装置「三菱電機」35, 441 (昭 36)
- (4) 宇田川, 小川, 北岡, 太田: 帝都高速度交通営団日比谷線用 3000 形電車の性能試験結果「三菱電機」35, 1377 (昭 36)
- (5) 宇田川, 北岡, 柴谷, 竹内: 電車の自動運転装置「三菱電機技報」36, 960 (昭 37)
- (6) 神崎, 北岡, 永岡, 中村: モノレール用自動停止装置「三菱電機技報」38 1142 (昭 39)

高速加算回路試験装置

中塚正三郎*・壺井芳昭*・梅田義明*

Test Circuitry for a Fast Carry Adder

Central Research Laboratory Shōzaburō NAKATSUKA・Yoshiaki TSUBOI・Yoshiaki UMEDA

Test operating circuitry has been built for trial by way of experimenting a full parallel 36 bits binary adder using a saturated transistor carry circuit. In the circuitry a member from a data generator is processed in accordance with a fixed program to cause a sequence of adding and subtracting operations followed by an error check. The device has been found to operate successfully up to 3 Mc 2-phase clock pulses. The carry propagation time obtained over 36 bits was 170 nano sec. It was more than twice in number against the time observed in a carry path having transistor switches statically saturated before the generation of carry. The construction of the test circuitry, test method, logic elements used and test results are described herein.

1. まえがき

高速加算回路として、構成が簡単で所要部品が少なくてすみ点から、飽和トランジスタをスイッチ素子とした高速ケタ上げ回路について実験を進めてきた。試作加算素子の回路およびケタ上げ回路が前もって形成されている場合の応答速度については、すでに発表した^{(1),(2)}。今回、この加算素子を実際に計算機回路に組み込んで使用すると同様な条件で加算試験を行なうため、およびとも使用する他の論理演算素子などの機能確認のための動作試験装置を試作した。

装置は、36ビットの2進並列加算器を主要部としたもので、約270枚のプリント板に収容された各種論理演算素子によって構成されている。図1.1に試作装置の外観図を示す。

実験の結果、3 Mc (2相クロック方式)の繰り返して加減算を実行できることが確認できた。以下、試作装置の概要、試験法、各論理演算素子および実験結果の順に説明する。

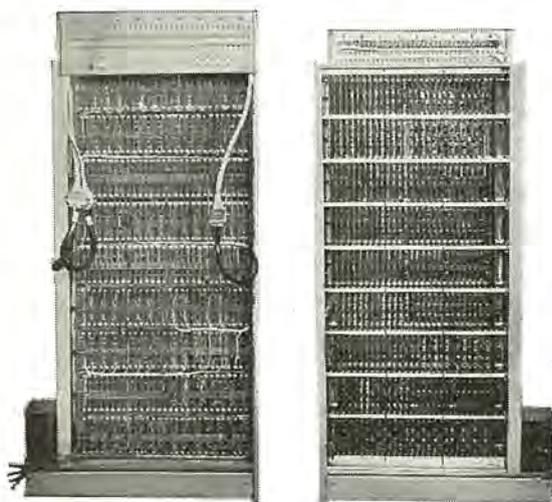


図 1.1 加算試験装置の外観
Fig. 1.1 Adder test rack.

2. 装置の構成

試作装置全体の構成を図2.1に示すブロックダイアグラムに従って説明する。なお、各構成要素個々の詳細については後の章にゆず

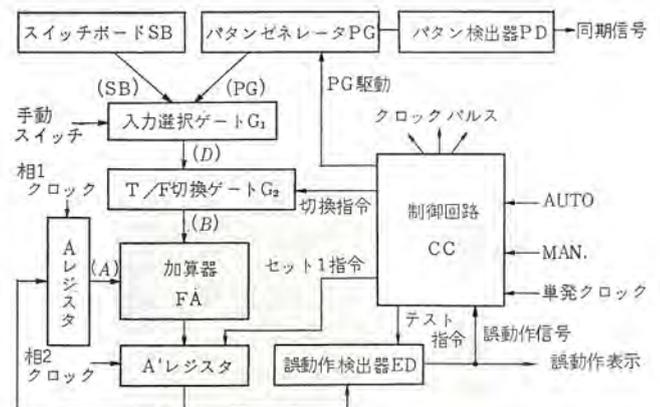


図 2.1 試験装置の構成
Fig. 2.1 Block diagram of test circuitry.

る。

装置は、テスト用のデータに対して繰り返して加減算操作を施し、最終的には最初の入力データにかかわらず、常に特定の値1を得ている。そして、これがその特定の値と一致していることをチェックすることによって、装置の正常動作を確認するように構成されている。

まず、試験に用いるデータの発生源としては、スイッチボード SB とパルス発生器 PG の2種類が用意されている。これらは目的に応じていずれか一方がゲート G_1 によって選択される。

G_1 を通過したデータは、次のゲート G_2 を通った後、加数 B となって加算器 FA に供給される。

この G_2 は、 G_1 の出力をそのまま通過させる (加算) か、あるいは反転した後、1ビット左シフトしたものを出力とする (2倍の減算) かを切り換える機能を持っている。なお、ここで行なわれる左シフトは、最上位のビットを最下位にもどす、いわゆるラウンドシフトである。

G_2 の次に位置する加算器は、36ビット2進並列形のもので、飽和トランジスタスイッチをケタ上げ回路に使った、36個の全加算素子によって構成されている。最上位から発生されるケタ上げはエンダラウンドキャリとして最下位にもどされる。

FA の出力は36ビットのフリップフロップレジスタ A' にセットされ、さらに同じ構成の被加数レジスタ A に転送される。

試作装置では、2相クロック(マスタスレーブ)方式を採用しており、上のA'は相2、Aは相1のクロックでそれぞれセットされる。加数も被加数と同期して相1のクロックで準備される。なお、A'は制御信号によって強制的に1(000...1)にセットすることができる。

誤動作検出回路EDは、試験サイクルの終りにA'の内容を検査して、装置が正しく動作しているか否かをチェックするために設けられている。制御回路からのテスト指令によってA'の内容が正常値(000...1)か否かを検査する。

制御回路CCは、後述の試験ステップに対応した制御信号を各ゲートに送るシーケンス制御と、単発クロックの発生や誤動作検出時のクロック停止などのクロック制御との両者の機能を持っている。この単発クロック発生の機能を使えば、各クロックごとの動作を確認しながら試験ステップを進めることも可能である。

パターン検出器PDは、PGが特定のパターンになったことを検出して同期信号を発生するためのもので、連続試験の場合に特定入力データを抽出し、これに対応する装置の動作状態を観察するのに使用される。

3. 試験方法

入力選択ゲートG₁の出力Dに対する1試験サイクルは、相1と相2のクロックまで分解して考えれば、次の8ステップから構成される。

- (1) A'に1, (00...01)をセットする。A'=1となる。
- (2) A'の内容をAに移す。被加数A=A'=1となる。
G₁の出力(試験データ)Dは、T/F切換ゲートG₂をそのまま通過し、FAに加数Bとして与えられる。
- (3) 加算出力がA'にセットされる。A'=D+1となる。
- (4) A'の内容をAに移す。A=A'=D+1となる。
G₂が切り換えられ、Dの否定が1ビット左シフト(2倍)されてFAに加わる。Dの最高位のビットはBの最低位に入り、ラウンドシフトとなる。nをFAのビット数(この場合は36)としたとき、Bは次のように表わされる。

$$2D \geq 2^n, (D \text{ の最高位が "1" のときならば、})$$

$$B = 2(2^n - D - 1) = 2^{n+1} - 2D - 2$$

$$2D < 2^n, (D \text{ の最高位が "0" のときならば、})$$

$$B = 2(2^n - D - 1) = 2^n - 2D - 2 + \underline{1} = 2^n - 2D - 1$$
 ここで $\underline{1}$ はラウンドシフトによる1を示す。
- (5) 加算出力がA'にセットされる。A'は、

$$2D \geq 2^n \text{ ならば、}$$

$$A' = (D+1) + (2^{n+1} - 2D - 2) = 2^n + 2^n - D - 1 = 2^n - D - 1 + \underline{1} = 2^n - D$$

$$2D < 2^n \text{ ならば、}$$

$$A' = (D+1) + (2^n - 2D - 1) = 2^n - D$$
 となり、いずれの場合もA'=2ⁿ-Dとなる。ここで $\underline{1}$ はエンドアラウンドキャリによる1を示す。
- (6) A'の内容をAに移す。A=A'=2ⁿ-Dとなる。
G₂が切り換えられ、DがそのままFAに入る。B=D
- (7) 加算出力がA'にセットされる。

$$A' = (2^n - D) + D = 2^n - \underline{1}$$
 A'の値が1, (00...01)かどうかを誤動作検出回路EDで検査する。1であれば正常動作とし次のステップに進

D	0 1 1 0 1	
\bar{D}	1 0 0 1 0	
$2\bar{D}$	0 0 1 0 1	
(ラウンドシフト)		
1,	0 0 0 0 1	(1), (2)
D, +)	0 1 1 0 1	(2)
	0 1 1 1 0	(3), (4)
$2\bar{D}$, +)	0 0 1 0 1	(4)
	1 0 0 1 1	(5), (6)
D, +)	0 1 1 0 1	(6)
	0 0 0 0 0	(7)
	0 0 0 0 1	

図 3.1 5ビットについての計算例
Fig. 3.1 Operations for data of 5 bits.

む、A'≠1であれば、全クロックを止め試験ステップの進行が停止される。

- (8) A'の内容がAに移されるが、これは無意味。

パターンジェネレータPGに駆動パルスが送られ、次の試験パターンを発生させる。

ステップ(5)の $2D \geq 2^n$ の場合および(7)におけるエンドアラウンドキャリは、 $D=0=(00...00)$ あるいは $D=2^n-1=(11...11)$ でないかぎり必ずそのステップで発生することを示す。 $D=0$ であれば、ステップ(5)($2D < 2^n$)でだけ発生する。 $D=2^n-1$ であれば、ステップ(3)で $A'=D+1=(2^n-1)+1=2^n=\underline{1}$ となりエンドアラウンドキャリが出て、ステップ(5)では出ない。

ステップ(7)では加算結果が1, (00...01)であることから、Dの最下位のビットが“1”でありさえすれば、つねに最下位からケタ上げが1周(36ビット)することがわかる。図3.1に、5ビットのデータについての計算例を示す。

以上のように、この試験法によれば入力データにかかわらず最終結果はつねに1となる。また、ランダムな入力データに対し、その半分(最下位のビットが“1”のもの)はステップ(7)で必ず最大長にわたるケタ上げが生ずるので、加算に対する最悪条件のもとで試験を行なうことができる。

4. 各部の構成

図2.1に示したブロックダイアグラム各構成要素について説明する。

- (1) 加算器(FA)

36個の全加算回路素子からなる、36ビットの2進並列加算器で試験装置全体の中心をなしている。エンドアラウンドキャリ方式のケタ上げ回路には、6ケタごとにエミッタホリア増幅器をそう入して、ケタ上げ信号の電流増幅とレベル矯正にあてている。

- (2) レジスタ(A, A')

マスタスレーブ方式のもので、それぞれ相1, 相2のクロックでセットされる正副2個の36ビットのフリックフロップレジスタ(A, A')を1組として有している。

A'の出力はAに供給されるほか、後述の誤動作検出回路にも送られる。

- (3) 試験用データ発生器(SB, PG)

試験用データを任意に手で設定できるスイッチ盤SBと、1サイクルの試験が終わるごとにその内容を自動的に変更して、種々のデータについての試験を連続的に行なうためのパターンジェネレータPGの二つを持っている。

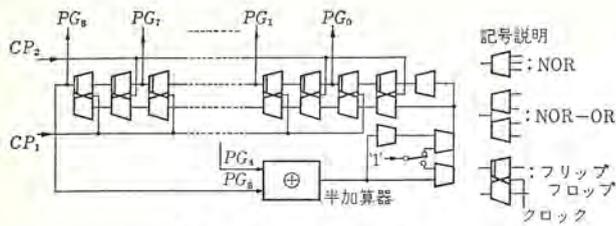


図 4.1 パターンジェネレータ
Fig. 4.1 Pattern generator.

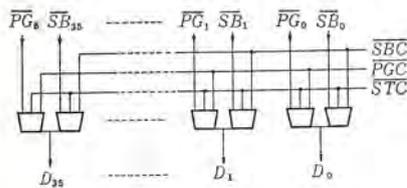


図 4.2 ゲート G₁
Fig. 4.2 Gate G₁.

SB は加算器各ケタに対応する 36 個のスイッチ群, PG は帰還路を持った 9 ビットの最大周期シフトレジスタからなっている。

PG は装置の規模, 全パターン一周時間, その必要性などを考えて 36 ビットではなく, 9 ビットとしたが, このため, PG の各ビットは 4 個ずつの加算回路を受持っている。すなわち PG_n は $D_{4n} = D_{4n+1} = D_{4n+2} = D_{4n+3}$ に対応する。

PG の構成を図 4.1 に示す。図の中のスイッチは, PG の発生するパターンに含まれない All '0' または All '1' のパターンを切り換えるもので, これを操作することによって 2^9 のパターンすべてが表現できる。図 4.1 には使用した論理素子の記号の説明をも示してあるが, おのおのの詳細については次の 5 章で説明する。

(4) ゲート G₁

構成は図 4.2 のようである。

$D_n = PG_m \cdot PGC \cdot STC + SB_n \cdot SBC \cdot STC$, ただし $m = \left\lfloor \frac{n}{4} \right\rfloor$ となる。PGC, SBC は手動スイッチによって供給される。

データの供給開始を指示する制御信号 STC をこのゲートに加えることによって, 実計算機の場合により近い構成としている。

(5) ゲート G₂

指令にしたがって, データが通過する NOR ゲートを切り換えて, 加算数の修飾を行なう。図 4.3 に示すように, 加算器に対する出力 B_n は,

$B_n = D_n \cdot T + \overline{D_{n-1}} \cdot F$, ($35 \geq n \geq 1$), $B_0 = D_0 \cdot T + \overline{D_{35}} \cdot F$,
で示される。T, F は制御回路から供給される。

(6) 誤動作検出回路 (ED)

試験サイクルの終期に 1 以外の A' パターンを検出することによって動作する。図 4.4 はその構成を示している。

誤動作検出信号は直接, ならびにフリップフロップ EFF を介して制御回路に送られる。そして, 誤動作検出直後の状態で, 装置の運転を中断させる。このほか, EFF の内容はランプによって外部に表示され, 誤動作の検出を報知する。

この EFF は手動スイッチによって, 強引にリセット状態を継続させることができる。この状態では, 誤動作の検出は不可能となり, 誤動作が発生しても装置は止まらない。また, 誤動作の検出によって一度セットされた EFF は, このスイッチの操作によってのみリセットされる。

(7) 制御回路 (CC)

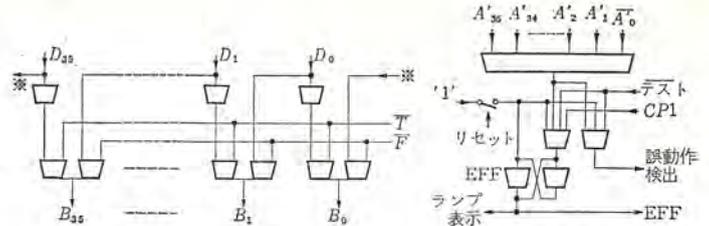


図 4.3 ゲート G₂
Fig. 4.3 Gate G₂.

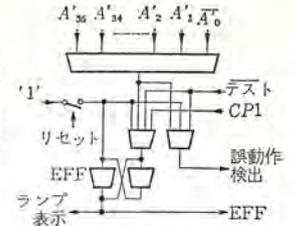


図 4.4 誤動作検出回路
Fig. 4.4 Error detector.

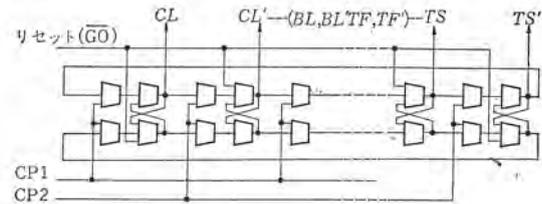


図 4.5 制御カウンタ
Fig. 4.5 Control counter.

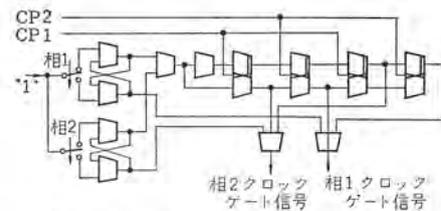


図 4.6 単発クロック発生回路
Fig. 4.6 Single clock pulse generator.

装置の各部分が所定の順序で動作するためのシーケンス制御と, 内・外部の要請にこたえてクロック信号の供給を断絶し, おもに装置の動作の進行停止をつかさどるクロック制御の機能を持つ。

シーケンス制御は図 4.5 に示す 8 個のフリップフロップからなる 4 段のリングカウンタによって行なわれる。その中の '1' の位置によって, 各時刻の動作ステップが明示される。

クロック制御回路は外部手動スイッチによる起動-停止, 単発クロックの発生などの指示に従うほか, 内部の誤動作検出信号によって装置の動作中断処置を行なう。

誤動作が検出された場合は, 相 2 のクロックに同期したこの誤動作検出信号を受けると, 次の相 1 クロックは一部を除いて直接この信号によって, 次の相 2 クロック以降のものは全面的に EFF の出力によってブロックされる。

単発クロックの発生は, 手動スイッチによって制御されるシフトレジスタの特定出力パターンによってゲートを開くことによって実行される。その回路構成を図 4.6 に示す。

クロック信号の制御はすべて, クロックパルスレギュレータの制御端子を通じて行なわれる。

(8) 操作スイッチ

試験装置はそれの動作を制御する各種の手動スイッチを持っている。それらのスイッチのうち, ここではこれまでの説明の中に出なかった二つのものについて説明する。

(GO-GO スイッチ) 装置に "動作-停止" の指示を与える。

GO ではクロックが全面的に停止されるほか, 制御カウンタがテストの初期の状態にリセットされる。

(MAN.-AUTO スイッチ) 動作モードの切り換えを行なう。

手動スイッチによって与えられる単発クロックで動作するか, ク

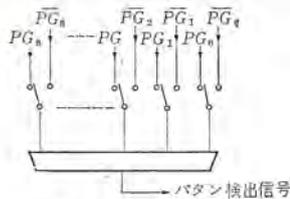


図 4.7 パターン検出器
Fig. 4.7 Pattern detector.

ロック発振器の発振周期に従った高速動作を行なうかが決められる。

これらのスイッチは、すでにこれまでの説明の中に出てきた各種の制御スイッチや、SBを構成する36個のスイッチ、各種の表示灯などととも、1枚の操作表示盤にまとめて取り付けられている。

(9) パターン検出器 (PD)

PGの出力パターンが指定のものと一致する時刻を検出するものである。検出するパターンの設定は、図4.7に示すように、NORゲートに、PGを構成する各フリップフロップの真側、否定側のどちらを与えるかを選択することによって実施される。

この選択を行なうスイッチは、他の各種のスイッチと異なり、パルス信号が通るため、他のものとは別に本体ロック側面に設置して、配線長の短縮をはかっている。

5. 論理演算素子および実装

論理回路は2相クロックによって同期されるスタチック回路方式を採用している。加算素子とレジスタ以外の大部分の論理回路は、2入力と6入力のNOR素子によって構成されている。

試作装置は、図1.1に示したように、高さ約1,400mm、幅600mmの金層製のラックに組み立てられている。各論理回路素子は114×110mmのプリント板に組み立てられており、上記ラックに、タテ9段、横30枚が収容される。

論理回路の配線には、配線間の相互誘導、ゲート電流切換雑音あるいは線路インピーダンスの不整合による反射などの影響を考慮しなければならない。後述のNOR素子に対し、上記各雑音の影響を実験的に検討した結果⁽³⁾、試作装置では次のように線種を使いわけた。

- (1) 単線 (心線 0.32 mm, 外径 1.1 mm の発糸 (泡) ポリエチレンナイロンジャケット線):
同一接セン (栓) および隣接接セン間にかぎって使用。
- (2) 2本ヨリ (燃) 線 (同上線, 40回/m のネリ, $Z_0=180\Omega$)
終端なし: 負荷3個まで, 50 cm 以下
終端なし: 負荷1個のとき, 1 m 以下
RC終端: 負荷2個まで, 1 m 以下
- (3) 同軸ケーブル (外径約 2.7 mm, $Z_0=50\Omega$):
50 Ω の抵抗で終端して全クロックシステムに使用

2本ヨリ線の1線および同軸ケーブルの外部導体は、各プリント板用接センに銅板のアース板を入れ、配線の両端で接地する。同様に、接地電位(0V)の電源配線も各接センごとに上記アース板に接地する。各電源間のバイパスコンデンサは、各プリント板ごとに内蔵させ、外部は使用しない。

試作装置の論理値“1”は約-1V, “0”は約-4.5Vで表わされ、各論理演算素子に共通である。ただ、加算素子のケタ上げ伝送路の信号レベルは、回路の性質上、上記“1”, “0”の電

表 5.1 プリント板の種類とその収容素子数

プリント板の種類	収容素子数
2入力 NOR	4 個
6入力 NOR	2 個
フリップフロップ	2 個
全加算器	1 ビット分
ケタ上げ用エミッタホロア	1 個
パルスリピータ	2 個
ランプドライバ	10 個

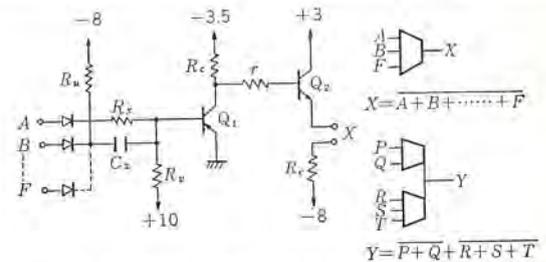


図 5.1 NOR (-OR) 素子の回路と記号
Fig. 5.1 Circuit and symbols for NOR (-OR).

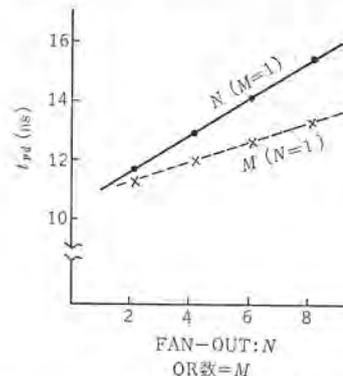


図 5.2 NOR (-OR) 素子の FAN-OUT および OR 数と伝搬遅れ t_{pd} の関係
Fig. 5.2 FAN-OUT and the number of wired OR vs propagation delay t_{pd} for NOR (-OR).

圧の間になければならないため、-1.5V (“1_n”)と-4V (“0_n”) で表わされる。

表 5.1 に試作装置に使用したプリント板の種類とその素子収容数を示す。一部すでに発生したものもあるが^{(1),(2),(4)}、以下、各素子について簡単に説明する。

ダイオードトランジスタ NOR (NOR-OR) (図 5.1)

普通の DTL-NOR のあとにエミッタホロアを接続することにより、高速動作と大きな FAN-OUT を得ている。また、他の NOR のエミッタホロアとエミッタ負荷抵抗を共通にすることにより、OR 演算を行なうことができる。

インバータ Q_1 は、飽和スイッチング素子として用いられるので、蓄積電荷による遅れの比較的小さな MADT 形トランジスタを使用している。 Q_2 は、OR ゲートを構成させる必要上 NPN 形のものを用いる。これは、非飽和で用いられるので、高周波特性が良く、許容コレクタ損失の大きなシリコンプレーナトランジスタを使用している。

図 5.2 に NOR (NOR-OR) の FAN-OUT, N , および OR 数, M , と、1 段あたりの伝搬遅れ時間 t_{pd} の関係を示す。

フリップフロップ (図 5.3)

NOR によりフリップフロップを構成することも可能であるが、並列形計算機ではレジスタのビット数が多いため、フリップフロップは専用のものを使用したほうが、部品および外部配線を減らすことができる。

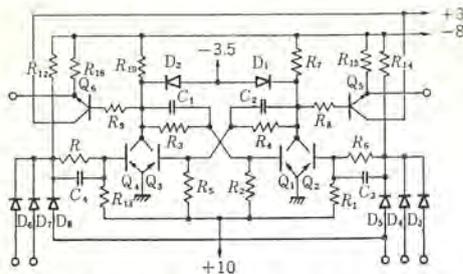


図 5.3 RS フリップフロップ
Fig. 5.3 RS Flip-Flop.

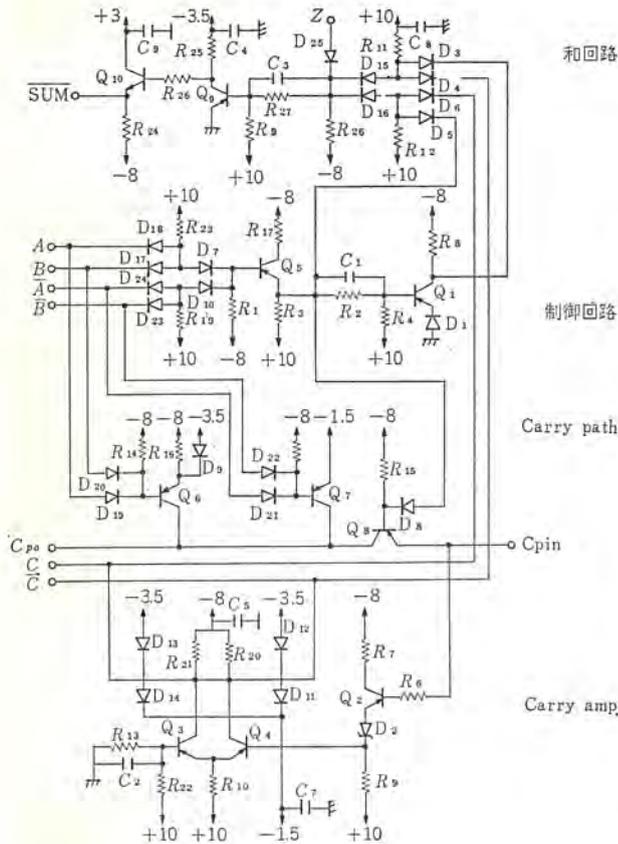


図 5.4 加算素子 (1 ビット分) の回路
Fig. 5.4 Full adder.

回路は RS 形の フリップフロップであり、出力は NOR と同様にエミッタホロアを通して取り出される。最小動作クロックパルス幅は、三角波の場合、半値幅で約 16 ナノ秒 ($ns=10^{-9}$ sec) であり、クロックパルスの前縁から出力の応答までの遅れ (t_{pd} に相当) は約 17 ナノ秒である。

フリップフロップの入出力回路は、NOR 素子と回路定数がほとんど同じなので、FAN-OUT 特性および駆動側に対する負荷効果も、NOR 素子とほぼ同じである。

加算素子 (図 5.4)

ケタ上げ回路に飽和トランジスタをスイッチ素子として用いた、高速ケタ上げ加算回路を使用する。この形の加算回路についてはすでに数件発表されているので^{(2),(9)-(8)}、動作原理については省略し、試作回路について簡単に説明を加わえる。

ケタ上げ伝送路は 1 線式で真側だけを備えている。Q₅ が伝送路のスイッチで、Q₆ と Q₇ はそれぞれケタ上げ回路に "0_p" と "1_p" を発生するためのスイッチである。Q₆ のエミッタ回路に入れた R₁₆ と D₉ は、入力開放あるいは誤動作などで、Q₆ と Q₇ が同時に導通したときのルーラ電流を制限するためのものである。ケタ上げ

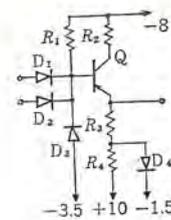


図 5.5 ケタ上げ伝送路用エミッタホロア
Fig. 5.5 Emitter follower for carry path.

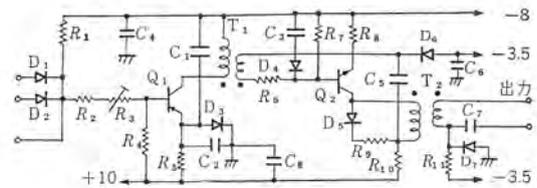


図 5.6 クロックパルスリピータ
Fig. 5.6 Clock pulse repeater.

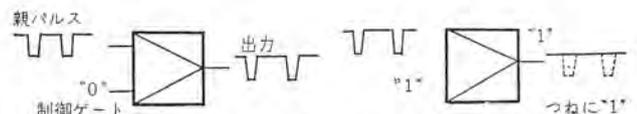


図 5.7 制御ゲート入力による出力パルスの制御
Fig. 5.7 Control of output pulses.

伝送路の信号は、エミッタホロア Q₂ を通じ、Q₃ と Q₄ による電流スイッチ形増幅回路により、標準論理電圧レベルまで増幅、反転が行なわれる。

和回路の出力は、後段との接続の都合で否定側で取り出している。入力 Z は、和出力をブロックするためのもので、Z="1" であれば出力 SUM="0" となる。通常は Z="0" (または開放) とする。

ケタ上げ伝送路用エミッタホロア (図 5.5)

ケタ上げ信号が多段にわたって伝搬する場合、各ケタのケタ上げ伝送用トランジスタのベース回路に電流が分流するため、途中で電流増幅を行なう必要がある。このため、試作装置では加算素子 6 ビットごとにエミッタホロアを入れている。回路図で、D₁ は入力信号レベルがベースエミッタ間電圧降下で失われるのを補償するためのものである。D₂ は補助入力で、通常遊ばせておけるが、両方の入力により OR 演算を行なうこともできる。D₃ と D₄ はエミッタホロアの縦続接続によって生ずるオーバーシュートをクランプするためのものである。

クロックパルスリピータ (図 5.6)

おもにフリップフロップにクロックパルスを提供するのに使用されるパルス増幅器である。終端された 50 Ω の同軸ケーブルを 2 本駆動することが可能であり、親クロックパルスの分配用増幅器としても使用される。入出力の信号レベルが同じで、同極性のため、ピラミッド状に接続して出力を増すことができる。また図 5.7 に示すようにゲート入力により出力を制御することができるのでクロックパルスの制御に使用される。

回路は図に示されるように、トランス結合エミッタ接地形 2 段増幅器である。Q₁ と Q₂ は常時シャ断されており、パルスの来たときだけ導通する。Q₂ のターンオフには、結合トランス T₁ に発生する逆起電力を利用している。このため T₁ の一次巻線は比較的少ない目に設計されている。出力トランス T₂ の二次側の R₁₁ と D₇ は、出力パルスの基準電位を約 -1 V にし、他の論理電圧レベルと合わせるためのものである。

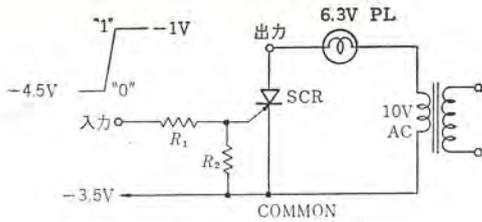


図 5.8 ランプ ドライバ
Fig. 5.8 Lamp driver.

この回路の特性は、出力に $22\ \Omega$ の抵抗を負荷したとき、
出力パルス 振幅: 4V 以上
出力パルスの Rise time および Fall time: 15 ナノ秒以下
入出力パルス間の遅れ: 20 ナノ秒以下
最大使用パルス幅: 100 ナノ秒
最大使用可能パルス繰り返し周波数: 5 M c/s

である。

ランプドライバ (図 5.8)

低圧交流電源により表示灯を点灯するため小形シリコン制御整流素子 (SCR) を使用している。電源周波数 (60 c/s) よりかなり早い周期で変化する入力に対しては、入力が "1" (-1V) である期間が SCR を導通するのに十分な値でありさえすれば、表示灯の明るさは "1" と "0" の時間比によって変化せず、つねに一定の明るさになるのが特長であるが、また動作の瞬時的変化を視覚に訴えない点は欠点でもある。

その他

2 相クロック発生回路は、無安定および単安定マルチバイブレータからなり、パルスの繰り返し周波数、相間間隔および各相のパルス幅を独立に変化させることができる。他の回路と同様 1 枚のプリント板に組み立てているが詳細は割愛する。

6. 試験結果

ここでは試作試験装置を運転して得たオシロ写真をもとに、動作のようすを説明する。

図 6.1 は、和信号とクロック信号の関係の一例を示している。図では和信号として 1 に、1 の補数形で表わされた 0 (これは All "1" パタンに相当する。) を加算したときの最下位ケタが示されている。

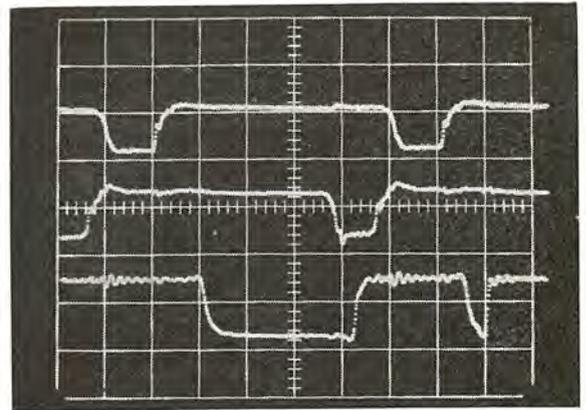
図によれば、相 1 のクロックで用意されたデータに対して、相 1 クロックの前縁から測って 260 ns の加算時間を経過した後には正答が得られること、その時点で相 2 クロックによって答の収納がなされていることがわかる。

加算器の動作時間はおもにケタ上げ信号の伝送のために消費されるから、36 ケタ全長にわたるケタ上げを伴う図 6.1 の加算は、最も長い加算時間を必要とする場合の一つである。

図 6.2 はこのケタ上げ信号の伝送状況と、和信号の関係を示している。これによれば最下位の全加算器 FA_0 から発したケタ上げ信号は、170 ns の後に全ケタ上げ伝送回路を一巡して FA_0 に完全な形で帰ること、同時に正答が得られることがわかる。

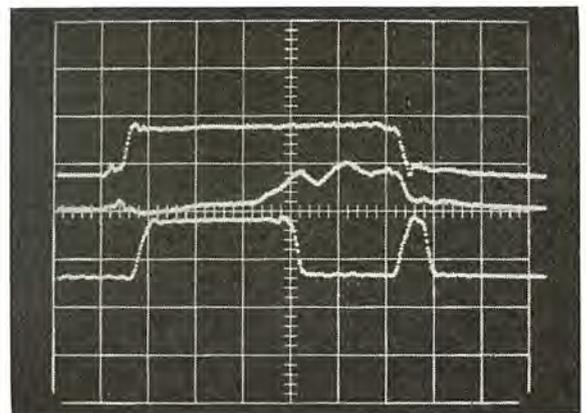
このケタ上げ伝送時間は、別にあらかじめ連続ケタ上げ発生条件を設定した状態の下で得た測定値、70 ns に比べて約 2 倍強の値が示されている。これは、

(1) 今回の実験では、実用時と同じくケタ上げ信号と、ケタ上げ条件設定信号とが同時に来るため、伝送の初期ではケタ上げ



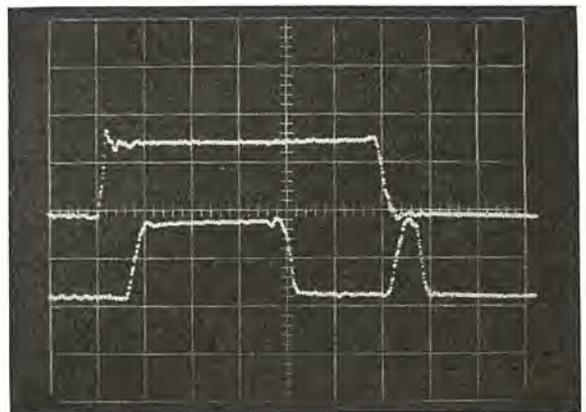
50 ns/div
上から相 1 クロック, 相 2 クロック, A'_0 の入力信号を示す。

図 6.1 和信号とクロック
Fig. 6.1 Sum signal with clock pulses.



50 ns/div
上から順に FA_0 からのケタ上げ信号, FA_0 へのケタ上げ信号, FA_0 の和出力信号を示す。

図 6.2 ケタ上げ信号と和信号
Fig. 6.2 Carry signals and sum signal.



50 ns/div
上から FA_0 の入力信号, FA_0 の和出力信号を示す。

図 6.3 加算器の応答速度
Fig. 6.3 Response of adder.

回路のスイッチが十分に閉じきっていないこと、

(2) エンドア라운드キャリ方式をとったため、ケタ上げ信号増幅器の数が 1 個増加したこと、

(3) 試作装置では、使用したラックのつごうでケタ上げ回路の配線長が十分短かくできなかったこと、

などによっている。

ところで、図 6.1 で相 1 クロックから次の相 2 クロックまでの時

間として示された加算時間には、データ源と加算器の間に、実計算機の補数関係のゲート長を模擬して設けたゲートによる時間遅れが含まれている。

そこで、加算器にデータが到着してから出力が安定するまでの正味の加算器動作時間を知るためにとった写真が図 6.3 で、図からわかるように 200 ns となっている。

なお、ケタ上げ回路のエミッタホロアの出力が振動するのを防ぐために、インダクタンスを装荷することを考えていたが、実験の結果、試作装置ではその必要性は認められなかった。したがって、試作装置にはインダクタンスはついていない。

試作装置に使った周囲条件の下では、加算器は、同相のクロック間隔として 300 ns、繰返し周波数では 3.3 Mc までの範囲で安定に動作することが確かめられた。

配線による雑音の問題についても、先に述べた配線基準にしたがうことによって、ほぼ完全に解決している。

7. む す び

試作装置による実験の結果、加算素子に関して、

- (1) 和回路における和出力の遅れがめだつ。
- (2) ケタ上げ発生、伝送路のスイッチの制御入力に対するスイッチングレベルが適当でないため、スイッチの ON, OFF の時間遅れが大きい。

の二つの問題点が抽出された。今後、(1) については該当回路を電流スイッチング形などの高速回路で置きかえる、(2) に対しては ON, OFF レベルを論理条件電圧の中間に一致させる、などの改

良策が考えられる。これらの改良および単相クロック方式の採用によって、加減算繰返し速度を現在の 3 Mc から 5 Mc 近くまで向上させることが可能となろう。

なお、この文は電気通信学会電子計算機研究会で発表した際の講演資料に加筆したものである。

終わりに、この試験装置の製作、調整に際してご協力いただいた当研究室の松原、笹尾両氏に感謝する。

(昭 40-5-8 受付)

参 考 文 献

- (1) 壺井, 松原: マンチェスタ型高速加算回路についての実験, 電気四学会 大会講演予稿, No. 280 (昭 39)
- (2) 壺井, 松原: 高速ケタ上げ加算回路, 三菱電機技報, 39, 6, June, (1965)
- (3) 壺井, 松原: 論理回路の配線によって発生する雑音, 電気関係学会, 関西支部大会講演予稿, No. 4-18 (昭 39)
- (4) 中塚, 壺井, 松原: ダイオードトランジスタ NOR-OR, 信学会, 大会講演予稿, No. 468 (昭 37)
- (5) 高橋, 西野: マンチェスタ大学の高速ケタ上げ回路の追試と 2, 3 の考察, 情報処理, 1, 1, Jan, (1960)
- (6) T. Kilburn et al.: A Parallel arithmetic unit using a saturated-transistor fast carry circuit, IEE Paper No. 3302M, Nov., (1960)
- (7) F. Salter: High-speed transistorized Adder for a digital computer, IRE trans. on EC, Dec. (1960)
- (8) 山口: 飽和トランジスタスイッチを使用した高速加算回路, 電子計算機研究会資料, 1 月 (1964 年)

金属材料の新簡易分析法

石橋 勝*・小巻 仁*・出水通之輔*

A New Simple Method of Analyzing Metals

Central Research Laboratory Masaru ISHIBASHI・Hitoshi KOMAKI・Michinosuke DEMIZU

Investigation has been made on chromatography of circular paper treated with high molecular weight amine regarding the following themes. (1) Effect of the developing temperature, (2) Selection of the amine, (3) Effect of diluents of the amine, (4) Effect of paper strips, (5) Relation between extraction and R_f value.

This writing deals with the explanation of these items. An electrograph apparatus has been used instead of making sample solutions.

A simple and rapid method combining electrograph and circular paper chromatography (paper treated with the amine) has been worked out and applied to the separation of several metal ions. The total time required in the method is about 30 minutes.

1. ま え が き

金属材料の組成や成分量を迅速、簡単に知るための手段として、現場分析にはペーパクロマトグラフ法が適している。これは高価な設備を必要としないで、作業場の片隅で十分その機能を発揮することができる。

ペーパクロマトグラフ法は過去10年余りの間に、急速に発展した分野であり、微量の試料(ガンマ単位)でも分離分析の目的を達することができる。この方法は無機、有機化合物を問わず多くの報文があり、その有用性を知ることができるが、その反面、現場分析としてはあまり利用されていないようである。この理由として考えられることは、試料溶液や展開剤の作成が面倒であるためと思われる。

筆者らは試料溶液の作成の手間をはぶくためにエレクトログラフ装置を試作し、展開剤に水溶媒、すなわち塩酸の濃度を変えることにより、各元素を相互分離する高分子量アミン含浸ペーパクロマトグラフ法を開発した。

本法は従来の方法に比較して、非常に迅速、簡便であり、エレクトログラフ装置を使用する場合は、金属表面の不純物の検査、塗装メッキもれ、キズなどの検査、装置に組み込んだ部品の非破壊分析など広範囲に利用できる。

本報文では高分子量アミン含浸ペーパクロマトグラフ法とエレクトログラフ法の2項に分けて基礎実験の結果と、最後にその実施例について述べる。

2. 高分子量アミン含浸ペーパクロマトグラフ法

C. Testa ら⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾はウラニウム、トリウムおよび希土類元素の分離に Tri-n-octylamine-Benzene 溶液を紙に含浸させ、温風で過剰の Benzene を除いて後、使用に供している。展開剤には硝酸を用いて、 R_f 値と抽出平衡 E_a^0 との比較検討を行なっている。また、希土類元素の相互分離には硝酸リチウムで展開し、良好な結果を得ている。その他、展開剤に塩酸を用いて、鉄、コバルト、ニッケルなどを分離した報告もある。

これらの数種の報文は、いずれも C. Testa らの一連の研究であり、高分子量アミンをペーパクロマトグラフ法に応用する研究は、他に例を見ない。

筆者らは紙クロマトグラフに適した高分子量アミンや希釈溶媒、温度の影響などについて検討した。また、 R_f 曲線と抽出曲線との関連性などについても明らかにできた。

2.1 処理紙の作成法

5 vol % Cyclohexyl-di-n-octylamine-Methylisobutylketone (MIBK) を約 12 cm φ のガラス容器に移し入れ、円形紙 (9 cm φ) を1枚ずつ浸して風乾する。その後、乾燥器で 50°C、1時間乾燥し、過剰の溶媒を除く。この紙をクロマトグラフに使用する。

処理紙を作成するのに、注意を要する点は処理工程中に水分が混入しないことである。水分が混入したときは処理紙の一部に白い斑点ができて、その部分は未処理と同様であり、クロマトグラムが乱れる。また、紙を一度に多量処理したときも、良い結果は期待できない。



図 2.1 展開容器
Fig. 2.1 Developing apparatus.

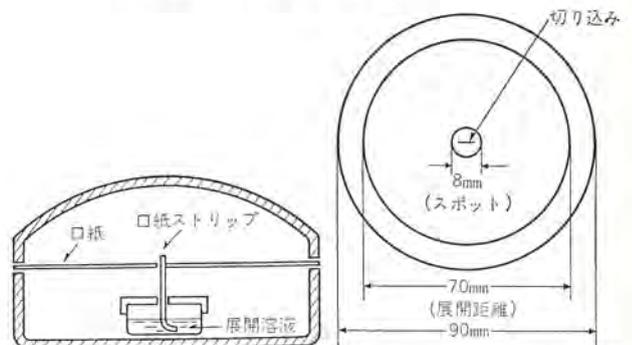


図 2.2 円形紙クロマトグラフ装置
Fig. 2.2 Developing apparatus for circular paper chromatography.

図 2.3 紙上のスポット位置および展開距離
Fig. 2.3 Developing distance and spot on paper.

* 中央研究所

2.2 展開方法

処理 口紙の中心部にマイクロピペットで試料溶液を0.005~0.01 ml 滴下する。そして、温風で乾燥後、カミソリで切り込みを入れ、2 mm×35 mm の口紙ストリップをはさみ、展開容器を用いて、40°C 場合によっては50°Cで展開する。その後、乾燥し呈色剤を吹きつけて、各金属元素の展開距離の測定、および定性、定量を行なう。 R_f 値⁽⁴⁾ は次のようにしてもとめる。

$$R_f = \frac{\text{Radial distance to zone}}{\text{Radial distance to solvent front}}$$

図 2.1 は展開容器であり、図 2.2 は展開容器を側面から見た図である。また、図 2.3 に口紙上のスポット位置および展開距離について図示した。

2.3 基礎実験

口紙の処理および展開方法については、2.1, 2.2 節で記した。ここでは、高分子量アミンに Cyclohexyl di-n-octylamine, 希釈溶媒に MIBK を使用したり、口紙ストリップを2 mm 幅に規定した理由などについて述べる。

2.3.1 高分子量アミンの選択

図 2.3 から知られるように、高分子量アミンの窒素原子に水素基またはメチル基などの簡単な構造をもつ基がついている場合や側鎖をもつ基がある場合は良好なクロマトグラムは得られない。

一般に第3アミン>第2アミン>第1アミンの順序でペーパークロマトグラフに適しているが、第3アミンの中でも直鎖状の tri-n-octylamine

表 2.1 各種高分子量アミン-MIBK 処理口紙クロマトグラフによる鉄、銅、コバルトの R_f 値

アミン種	元素	鉄(III)	銅(II)	コバルト(II)
trialkyl methylamine (商品名 Primene JMT)		1.00	1.00	1.00
N-dodecyl trialkyl methylamine (商品名 Amberlite LA-1)		0.34	0.89	1.00
N-lauryl trialkyl methylamine (商品名 Amberlite LA-2)		0.41	0.91	1.00
Cyclohexyl-di-n-octylamine		0.12	0.54	0.90
tri-n-octylamine		0.20	0.70	0.98
Cyclohexyl didecylamine		0.16	0.74	1.00
Cyclohexyl-di-2 ethylhexylamine		0.27	0.78	1.00
tri-2-ethylhexylamine		0.19	0.64	1.00
methyldioctylamine		0.61	0.93	0.96
N-butylidodecylamine (商品名 Amberlite XE-204)		0.27	0.73	1.00

試料溶液: 5 mg Fe Cu Co/ml
展開剤: 3N-HCl

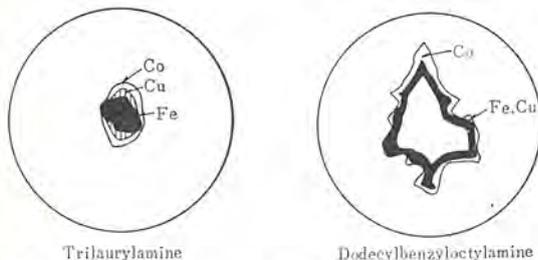


図 2.4 Tri-laurylamine および dodecylbenzyl-octylamine 処理口紙による鉄、銅、コバルトのクロマトグラム

Fig. 2.4 Chromatogram of iron, copper and cobalt on paper treated with tri-laurylamine and dodecylbenzyl-octylamine.

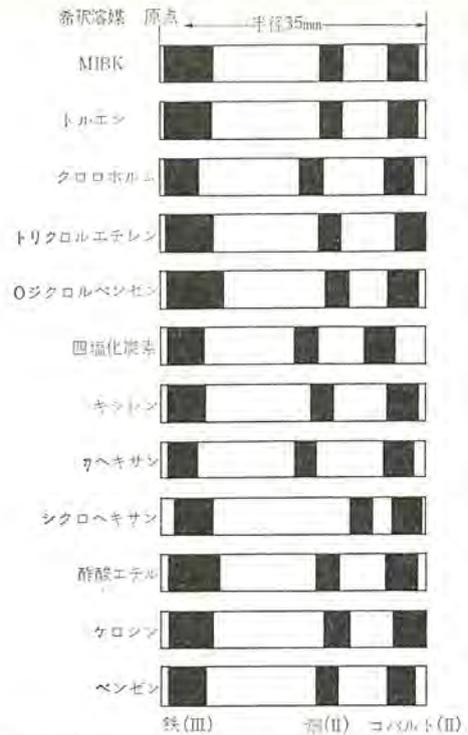


図 2.5 Tri-n-octylamine の希釈溶媒が鉄、銅、コバルトの R_f 値に及ぼす影響
Fig. 2.5 R_f values for iron, copper and cobalt as functions of paper treated with TNOA in various solvents.

よりも、octyl 基が cyclohexyl 基と置換した構造をもつ Cyclohexyl-di-n-octylamine の方がよい。

高分子量アミンでも tri-laurylamine や dodecyl benzylamine は使用できない。この原因は口紙繊維の表面をアミンが被覆して、吸水性が悪くなるためと思われる。

2.3.2 希釈溶媒の選択

tri-n-octylamine を Xylene, toluene などの有機溶媒に 5 vol % になるように溶解し、1N 塩酸と振とうして塩酸形にしたものをもちいた。口紙は東洋口紙 No. 7 9 cmφ のものであり、試料溶液は鉄(III)、銅(II)、コバルト(II)の 5 mg/ml を等量混合した溶液を使用した。

なお、展開剤は 3N 塩酸である。図 2.4 は口紙の半径を断面で示した。筆者らは溶媒抽出に MIBK を使用しているので、ストックがあるので用いているが、高分子量アミンの希釈溶媒としては、四塩化炭素、シクロヘキサシの他は使用できる。しかし、常温で蒸発の著しい溶媒は避ける必要がある。処理口紙の作成するときに濃度変化が大きくなれば、口紙に対する高分子量アミンの付着量が変わるので、クロマトグラムの再現性が悪くなる。

2.3.3 口紙の選択

市販の円形口紙は No. 3~7 の種類があり、ペーパークロマトグラフ用の口紙としては

1. 展開時間が短い
2. 均質である
3. 不純物が少ないこと

が必要である。

筆者らは現場分析法として適用することを目的にしているため、短時間で分析できることがのぞましい。そこで、各種の未処理、処理紙を使用して、3N 塩酸を展開剤として、時間を調べた。

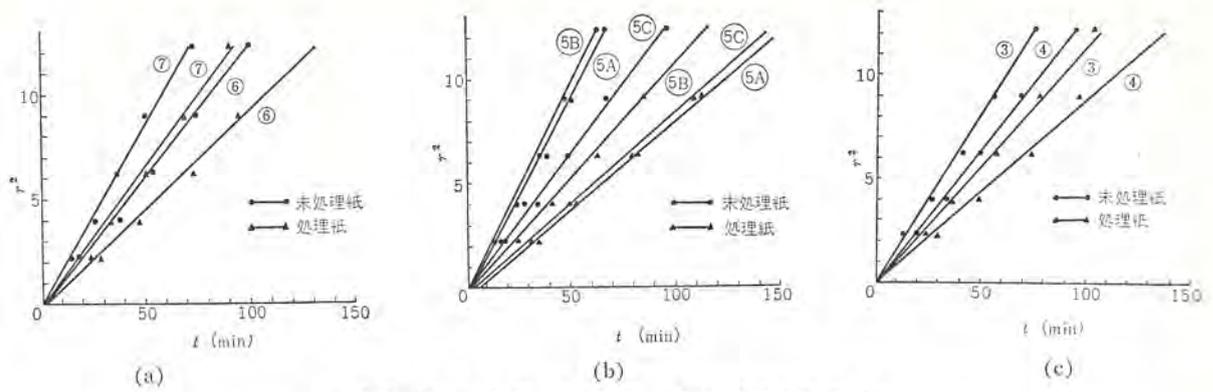


図 2.6 各種処理, 未処理紙の r^2 と t の関係
 Fig. 2.6 Relation of r^2 and t of paper treated with untreated with cyclohexyl di-n-octylamine-MIBK.

表 2.2 $r^2=kt$ よりもとめた毛管恒数

紙 No.	処理紙	未処理紙
3	0.12	0.17
4	0.09	0.13
5A	0.08	0.18
5B	0.10	0.18
5C	0.08	0.13
6	0.09	0.12
7	0.13	0.18

一般に毛管恒数の測定法は細長い紙の一端を水につけて、水の吸い上げる高さ (cm) h とそれに要した時間 (min) t からもとめる。

$$h^2=kt \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

筆者らは円形紙を使用したので、半径 r をもちいて便宜上

$$r^2=kt \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

で毛管恒数をもとめた。

毛管恒数が多いほど、水溶液の浸透が速いので、紙クロマトグラフでは展開時間が短いことになる。

図 2.6 からわかるように、処理紙は未処理紙に比較して、一般に展開時間はおそくなる。この原因は紙繊維の空間または繊維内に高分子量アミンが含まれて、水溶液の浸透を悪くするためと思われる。7 種類の紙のうち、No. 7 は不純物が少なく、展開時間が短いので、ペーパークロマトグラフには、この紙の使用が適している。

2.3.4 紙ストリップの展開時間に及ぼす影響

吹上げ用紙ストリップは幅の広いものを使用すれば、展開時間が短縮できるが、金属元素の相互分離が悪くなったり、クロマトグラムが乱れたりする。

2 mm 幅程度であれば、同心円のきれいな分離状態を得ることができるが、それより少し広いものを使用するとマ円形になり易い。この場合でも、各元素の相互分離は完全に行なうことができるから、展開時間の短縮を目的にするのであれば 3 mm 幅のものを使ってもよい。

表 2.3 に 1, 2 mm 幅の紙ストリップによる展開時間について示したが、紙半径 35 mm に至る時間は 1 mm 幅で約 112 分、2 mm 幅で約 92 分となり、この結果から後者をもちいるとよいことを知った。

2.3.5 展開温度の影響

温度の影響については、原沢ら⁽⁵⁾ がタンザク形紙により、銅、ビスマス、カドミウムなどの展開剤に酢酸・塩酸・水をもちいて検

表 2.3 紙ストリップの展開時間に及ぼす影響

紙ストリップ	No.		1	2	3	4
	r (mm)	r (mm)				
10	10	10	13	10	13	11
	15	15	27	21	26	24
	20	20	47	37	43	43
	25	25	66	56	62	67
	30	30	93	76	86	87
	35	35	113	100	115	112

紙ストリップ	No.		1	2	3	4
	r (mm)	r (mm)				
15	10	10	13	15	15	14
	15	15	19	21	22	21
	20	20	33	37	38	37
	25	25	48	52	56	52
	30	30	65	70	77	73
	35	35	83	91	99	94

表中の数字は展開時間 (min)
 展開液 5N-HCl 20°C
 Cyclohexyl-di-n-octylamine-MIBK 処理紙

討し、1~2 の例外を除いて、温度の上昇につれて R_f 値が増大することを認めている。しかし、5~40°C の範囲では分離可能であり、冬季から夏季への室温変化は影響ないと報告している。

筆者らが研究している高分子量アミン処理紙クロマトグラフは Metal-chloro complex のような錯体種を生成させて、高分子量アミンと一種のイオン交換を行なわせて、金属元素の相互分離を行なう方法であり、温度の影響についても特異な現象を示すことが予想できる。

図 2.7, 2.8 に実験の一例を示したが、温度の R_f 値に及ぼす影響は、鉄、銅、コバルト、ニッケルのうち、展開剤が 1~2 N 塩酸で、銅(II)、4~5N 塩酸でコバルト(II) が大きい。

前者は 1N 塩酸で 0.9~0.7、後者は 4N 塩酸で 0.9~0.6 程度の変動である。鉄(III)、ニッケル(II) はほとんど影響を受けない。また、他の塩酸濃度において、温度の影響はあまり大きくない。

金属元素の分離は、0~60°C の範囲で可能であるが、温度が高くなるにつれて、展開時間は短くなり、30°C で 60 分が 50°C になれば 40 分程度になる。しかし、60°C であると展開溶液の蒸発が著しくなり失敗が多い。

温度の最適条件は、40~50°C である。

温度と展開時間の関係について、図 2.9 に示す。円形紙を 10×80 (mm) に切り取り、試験管をもちいて、60 mm まで、展開溶液を吸い上げた時の時間と温度の関係曲線である。

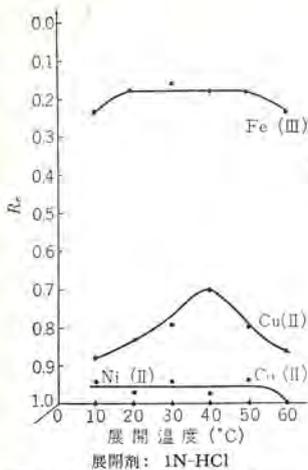


図 2.7 5 vol % シクロヘキシル・ジ・オクチルアミン-MIBK 処理紙による Fe(III), Cu(II), Co(II), Ni(II) の R_f と温度との関係
 Fig. 2.7 Relation of R_f with temperature of Fe(III), Cu(II), Co(II) and Ni(II) paper treated with 5 vol % cyclohexyl di-n-octylamine-MIBK.

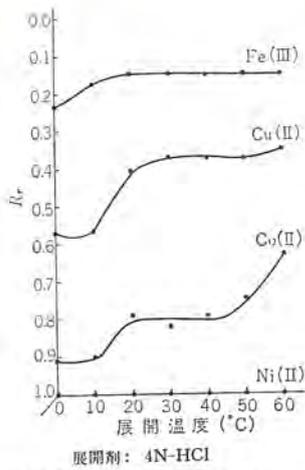


図 2.8 5 vol % シクロヘキシル・ジ・オクチルアミン-MIBK 処理紙による Fe(III), Cu(II), Co(II), Ni(II) の R_f と温度との関係
 Fig. 2.8 Relation of R_f with temperature of Fe(III), Cu(II), Co(II) and Ni(II) paper treated with 5 vol % cyclohexyl di-n-octylamine-MIBK.

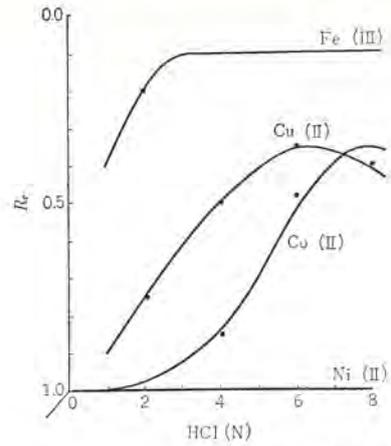


図 2.11 5 vol % cyclohexyl di-n-octylamine-MIBK 処理紙による R_f 曲線
 Fig. 2.11 R_f values as functions HCl normality with several metal ions.

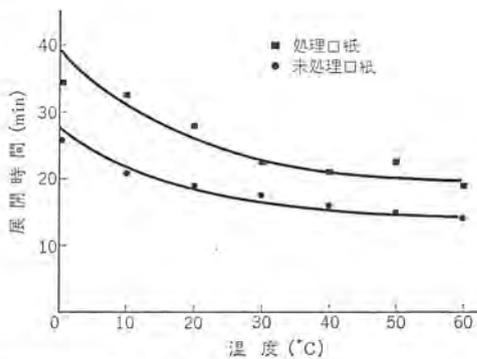


図 2.9 未処理, 処理紙の展開時間と温度の関係
 Fig. 2.9 Relation of temperature with developing time of paper treated and untreated with cyclohexyl di-n-octylamine.

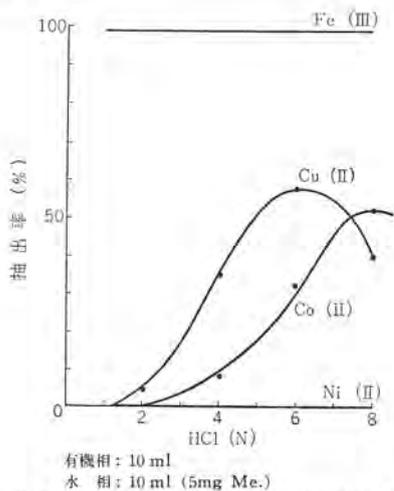


図 2.10 5 vol % cyclohexyl di-n-octylamine-MIBK による各金属の抽出曲線
 Fig. 2.10 Extraction as functions of HCl normality with several metal ions.

この結果からも、温度が高くなれば、能率の良いことがわかる。

2.3.6 R_f 曲線と抽出率との関係

R_f 曲線と抽出曲線とは類似するので、 R_f 曲線をもとめること

により、各金属が最高に抽出され塩酸濃度を知ることができる。
 このように高分子量 アミン を溶媒抽出に利用する場合の予備実験に用いられる。

3. エレクトログラフ

エレクトログラフ 法については、成書⁽⁶⁾に詳述され、他に、塩原の報文⁽⁷⁾がある。

この方法は口紙に合金成分を電解溶出させるものであり、陽極側に試料を置き、陰極側の アルミニウム 板または炭素電極との間に陽極溶剤(塩化 ナトリウム, 塩化 アンモニウム などの溶液を浸ませた口紙をはさんで通電する。口紙上に溶出した成分は、後処理により、定性、定量に使用する。

おもな用途としては、金属および合金の定性、定量、金属の表面組織の検査などである。

筆者らは、ペーパクロマトグラフ に使用する試料溶液を作る手間をはぶくことと試料をほとんど損傷することなしに分析することを目的にエレクトログラフ の利用を考え、従来の電流と時間を規制する装置の他に、新しく放電形の装置を開発した。

3.1 放電形エレクトログラフ装置

図 3.1 A は トランジスタ 回路の タイマ を組み込んだ従来の装置であり、B は放電形 エレクトログラフ 装置である。

この装置は電解 コンデンサ 5,000 μ F, 40 WV をもちいるだけであり、定電圧装置または乾電池により、充電し、その後放電を行ない、一定の電気量を両極間に供給する。この時の電気量は、 $Q = CV$ であるから、理論的に、金属の溶出量をもとめることができる。

放電形 エレクトログラフ 装置は電流計や タイマ が不要であるから、それだけ簡単に安価に製作できる。また、瞬間電流が大きいため、金属が不動態化しがたく、溶出量は均一になると考えられる。



図 3.1 エレクトログラフ 装置
 Fig. 3.1 Electrograph apparatus.



図 3.2 電極 Fig. 3.2 Electrode.

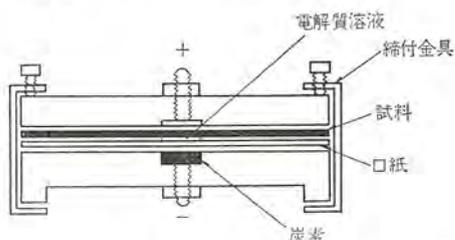


図 3.3 電極 Fig. 3.3 Electrode.

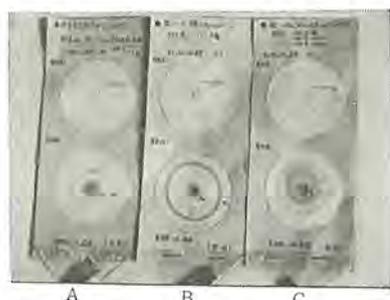


図 3.4 エレクトログラム後の展開 Fig. 3.4 Development after forming electrogram.

3.2 エレクトログラムの作成法

図 3.1 装置の out の部分から、図 3.2 の電球へリード線で結び、図 3.3 のようにして、エレクトログラムを作成する。

口紙の中心部にエレクトログラムをすれば、乾燥し、切り込みを入れて、口紙ストリップをはきんで、高分子量アミン処理クロマトグラフ法で説明した操作で展開する。

3.3 実施例

図 3.4 に 5 vol % cyclohexyl di-n-octylamine-MIBK 処理口紙をもちいて、エレクトログラム後、展開した例を示した。

A は銅地金に鉄-ニッケルの合金メッキしたもの

B は 50% 鉄-ニッケル合金

表 3.1 50% 鉄-ニッケル合金の分析

装置	成分		鉄 (%)	ニッケル (%)
	1	2		
図 3.1 A 装置	1		46.2	53.8
	2	電解条件	44.3	56.7
	3	0.1 M-クエン酸アンモン	42.0	58.0
	4	5 mA 10 sec	51.2	48.8
図 3.1 B 装置	1		48.1	51.9
	2	電解条件	48.5	51.5
	3	0.1 M-クエン酸アンモン	49.3	50.7
	4	5000 μ F 10 V	51.8	48.2

C は鉄-ニッケル-コバルト合金

5 cmφ 口紙をもちいたので、展開時間は約 10 分である。

最後に、鉄-ニッケル合金の定量分析の結果について記す。

これは、エレクトログラム後、6N 塩酸で展開し、呈色剤を吹き付けてから、呈色部分を切り取り、鉄は O-フェナントリン、ニッケルはジメチルグリオキシム法で定量した。

4. む す び

エレクトログラムと高分子量アミン処理口紙クロマトグラフの併用により、従来とは比較にならないほど、簡便、迅速に金属および合金成分を定性、定量できることについて説明した。基礎実験については、現場分析法として活用することに主眼を置いたので、学問的に興味ある現象や理論的な考察などは避けた。本文中に図表を多く取り入れたのは本法を実際に使用する場合の参考に供するように心掛けたからである。

高分子量アミンの提供を受けた吉富製薬株式会社および花王石鹼株式会社に謝意を表す。

参 考 文 献

- (1) E. Cerrai & C. Testa; J. Chromatog., 5, 442 (1961)
- (2) C. Testa: Anal. Chem. 34, 1556 (1962)
- (3) C. Testa: J. Chromatog., 5, 236 (1961)
- (4) Heftmann: Chromatography,
- (5) 原沢, 木南: 日化誌 78, 96 (昭 32)
- (6) W.G. Berl: Physical methods in chemical analysis, II (1951)
- (7) 塩原: 化学の領域, 15, 211 (昭 36)

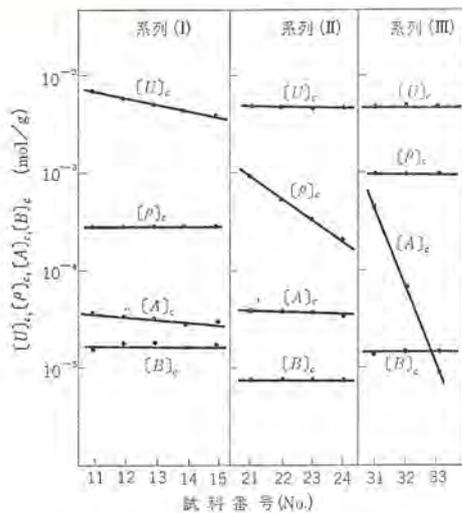


図 2.1 結合濃度の計算値
Fig. 2.1 Calculated values of functional group concentration.

W: 全重量, (): 当量数, []: 1g 中のモル数.

ここではウレタン結合濃度 [系列 I]), 橋かけ密度 [系列 II]) およびアロハート結合濃度 [系列 III]) の異なる同族体をつくることを目的とした。実際の成分の配合に対して生成結合濃度を上式から計算した結果を図 2.1 に示した。[]_c は結合濃度の計算値を示す。図 2.1 から明らかなように各系列のものはそれぞれ目的とした結合濃度に関する同族体であることがわかる。

2.2 原料の精製およびポリウレタンの合成

TDI は東京化成製のもの減圧 (5 mmHg) F105~108°C で蒸留した。PPG は日本油脂製 ユニオール D-400 (分子量 400) を、DPG は石津製薬製を、TR は三洋油脂製 GP-400 (グリセリンにラロピレンオキドを付加したもの、分子量 400) をいずれも減圧下 (2~3 mm Hg) 70°C で 3 時間乾燥したものを用いた。水分量はポリオール混合物についてカルフィッシュ法により求めた。

各成分を所定の割合に混合したものをテフロンフィルムで包んだガラス板の間に注入して硬化させた。硬化条件は 40°C で 3 時間、引き続いて 60°C で 48 時間、最後に 100°C で 3 時間である。

2.3 X 線回折

島津 X 線ディフラクトメータを用い、皮膜状試片についての X 線回折強度曲線を求めた (Fe-K_α 線, 35 kV, 10 mA, Mn フィルタ)。

2.4 比体積-温度曲線の決定

島崎の方法⁽⁸⁾ に準じシリコン油 (信越化学製 KF 96, 10 cs) 中で 2~3 g の柱状試片を用いて行なった。

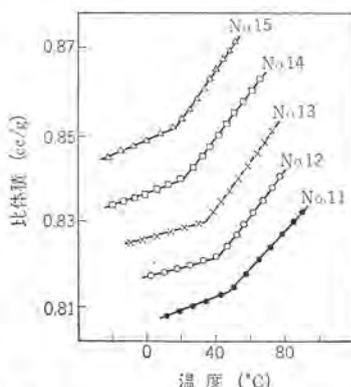


図 3.2 系列(I)の比体積-温度曲線
Fig. 3.2 Specific volume vs temperature curves for series (I).

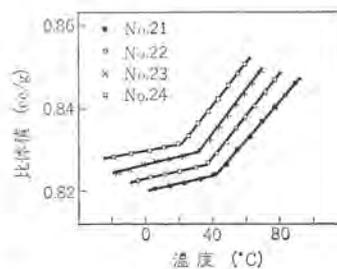


図 3.3 系列(II)の比体積-温度曲線
Fig. 3.3 Specific volume vs temperature curves for series (II).

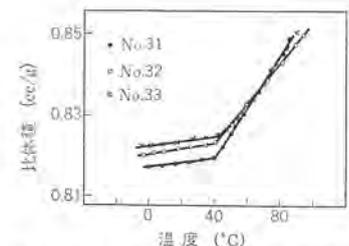


図 3.4 系列(III)の比体積-温度曲線
Fig. 3.4 Specific volume vs temperature curves for series (III).

2.5 粘弾性の測定

定速伸張応力-ヒズミ曲線の傾斜から一定時間 (5 秒) での緩和弾性率を主分散と考えられる温度域で求めた。試片は 5×70×0.1~0.3 mm の皮膜状のものを用い、伸張は 1% 以内で行なった。測定結果は既報^{(9),(10)} の方法に従って動的測定から得られる内部摩擦に相当する緩和弾性率の時間微分 λ を求め、この結果から転移の鋭さを示すパラメータ h および緩和時間の温度依存性の表式である WLF 式中のパラメータ C₁⁰, C₂⁰ を求めた。

3. 実験結果

3.1 X 線回折

図 3.1 に No. 13, 24, 33 の常温における回折強度曲線を示した。この結果から、ここで得た試料はまったく結晶性部分を含まないことがわかる。

3.2 比体積-温度曲線

図 3.2, 3.3 および図 3.4 にそれぞれ系列 (I), (II), (III) の比体積-温度曲線を示した。図 3.2 ではウレタン結合濃度が大きいものほど曲線は右下方に移動し、図 3.3 の場合にも橋かけ密度の増大に伴い、曲線は右下方にずれる。図 3.4 の場合には転移点以上の挙動にはほとんど差がないが、転移点以下では規則的に変化する。表 3.1 にはこれらの比体積-温度曲線を特長づける数値をまとめて示した。V₀, α_a, α_b はそれぞれ T₀ での比体積、T₀ 以上での熱膨張係数、T₀ 以下での熱膨張係数をあらわす。

3.3 粘弾性

図 3.5, 3.6 および図 3.7 にそれぞれ系列 (I), (II), (III) の緩和弾性率-温度曲線と λ-温度曲線を示した。系列 (I) ではウレタン結合濃度 [U]_c が大きくなると分散域は高温側に移行し、λ-温度曲線は広がり、その極大値はわずかずつ低くなる。高温平衡弾性率は大体一定値を示す。系列 (II) では橋かけ密度 [ρ]_c が増すにつれて分散域は高温側に移行し、λ-温度曲線は広がり、その極大値は小さくなる。系列 (III) では分散域での挙動にはほとんど差

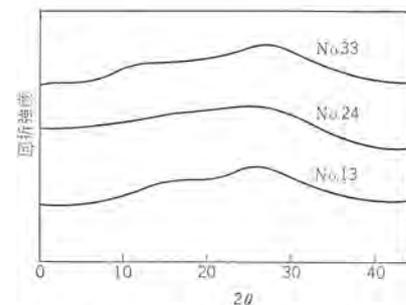


図 3.1 X 線回折強度曲線
Fig. 3.1 X-ray diffraction intensity curves.

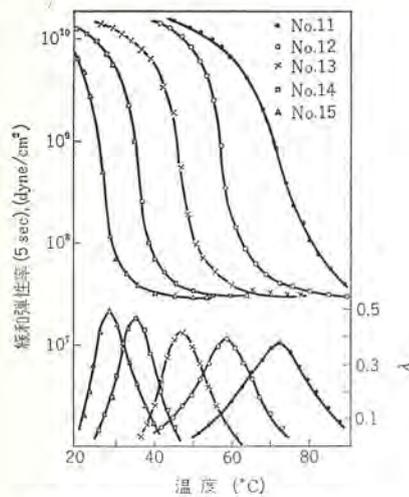


図 3.5 系列 (I) の緩和弾性率-温度曲線および λ -温度曲線

Fig. 3.5 Relaxation modulus and λ vs temperature curves for series (I).

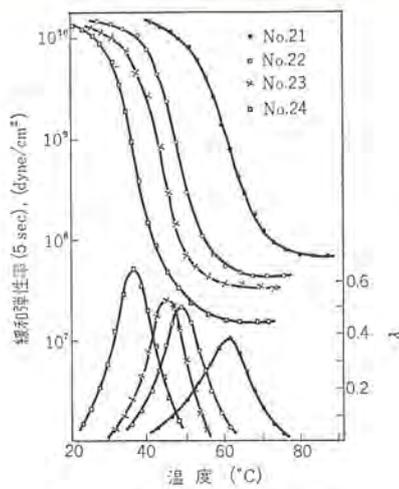


図 3.6 系列 (II) の緩和弾性率-温度曲線および λ -温度曲線

Fig. 3.6 Relaxation modulus and λ vs temperature curves for series (II).

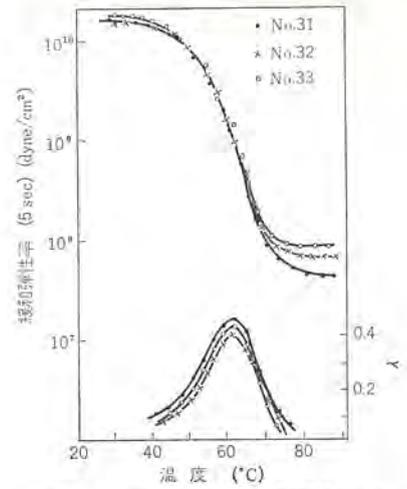


図 3.7 系列 (III) の緩和弾性率-温度曲線および λ -温度曲線

Fig. 3.7 Relaxation modulus and λ vs temperature curves for series (III).

表 3.1 比体積-温度曲線を特長づける数値

系列	No.	T_g (°C)	T_v (cc/g)	α_a	α_b
(I)	11	54	0.8150	5.90×10^{-4}	1.97×10^{-4}
	12	45	0.8235	6.11×10^{-4}	1.58×10^{-4}
	13	35	0.8310	6.76×10^{-4}	1.57×10^{-4}
	14	24	0.8410	7.43×10^{-4}	1.57×10^{-4}
	15	17	0.8520	7.48×10^{-4}	1.58×10^{-4}
(II)	21	47	0.8257	5.81×10^{-4}	1.21×10^{-4}
	22	37	0.8267	5.93×10^{-4}	1.21×10^{-4}
	23	33	0.8310	6.52×10^{-4}	1.08×10^{-4}
	24	24	0.8319	6.61×10^{-4}	0.96×10^{-4}
(III)	31	42	0.8201	7.05×10^{-4}	0.84×10^{-4}
	32	44	0.8242	6.44×10^{-4}	0.85×10^{-4}
	33	46	0.8246	6.32×10^{-4}	0.73×10^{-4}

表 3.2 粘弾性を特長づける数値

系列	No.	T_m (°C)	$[\rho]_0$ (mol/g)	h	c_1^0	c_2^0	α_f	f_g
(I)	11	72	2.88×10^{-4}	0.257	22.2	36.5	5.35×10^{-4}	0.0196
	12	58	2.80×10^{-4}	0.263	21.4	30.6	6.63×10^{-4}	0.0203
	13	47	2.90×10^{-4}	0.282	19.9	29.9	7.31×10^{-4}	0.0218
	14	36	2.88×10^{-4}	0.315	18.8	29.8	7.75×10^{-4}	0.0231
	15	29	2.88×10^{-4}	0.338	18.0	29.4	8.21×10^{-4}	0.0242
(II)	21	62	7.85×10^{-4}	0.308	16.0	31.5	8.60×10^{-4}	0.0272
	22	49	4.49×10^{-4}	0.361	15.8	25.9	11.30×10^{-4}	0.0274
	23	45	3.48×10^{-4}	0.371	13.8	25.2	12.50×10^{-4}	0.0314
	24	35	1.72×10^{-4}	0.401	12.2	24.8	14.40×10^{-4}	0.0354
(III)	31	62	4.48×10^{-4}	0.294	13.5	42.8	7.53×10^{-4}	0.0321
	32	62	7.80×10^{-4}	0.297	13.1	45.8	7.21×10^{-4}	0.0331
	33	63	8.26×10^{-4}	0.313	13.0	48.1	6.95×10^{-4}	0.0333

異はなく、高温平衡弾性率が規則的に変化する。

表 3.2 に各系列の粘弾性を特長づける数値をまとめて示した。 α_f , f_g は Doolittle 式中の $B=1$ として c_1^0, c_2^0 から求めた自由体積の熱膨張係数および T_g での自由体積分率である。 T_m は、低温および高温での平衡弾性率を E_1 および E_2 とするとき、 $E(T) = (E_1 \cdot E_2)^{1/2}$ に相当する温度である。橋かけ密度 $[\rho]_0$ は高温平衡弾性率から $E_2 = 3d[\rho]_0 RT$ の関係式によってもとめたものである。ここで d および R はポリマの密度および気体定数である。

4. 考 察

4.1 アロハネート結合の生成程度

ポリウレタン中に存在する各極性結合、すなわち ウレタン、尿素、ピュレット、アロハネートの中、アロハネート結合の生成速度は、他のもの比べてかなり小さく、アロハネート結合の生成速度を 1 とするとピュレット、尿素、ウレタンのそれはそれぞれ 100, 400, 400 になると報告されている⁽¹¹⁾。したがって今の場合のように 1 段法で合成した場合には、各反応の完結度を 100% として計算した結合、濃度はアロハネートに関しては図 2.1 では過大に見積られている可能性が大きい。この点についての検討はアロハネート結合の生成が橋かけ結合に寄与することから、橋かけ密度の実測値と計算値の比較によって行なわれる。そこで図 2.1 の橋かけ密度の計算値 $[\rho]_c$ およびアロハネート結合の生成を無視した場合の橋かけ密度の計算値 $[\rho]_c' ([\rho]_c' = [\rho]_c - [A]_c)$ を高温平衡弾性率から求めた実測値 $[\rho]_0$ と比較すると図 4.1 のようになる。一般に計算値のほうが実測値よりも高めに出来るが $[\rho]_c$ よりも $[\rho]_c'$ のほうが実測値に近く、とくに $[A]_c$ の大きいもの (No. 31) でこの傾向は著しい。 $[\rho]_c'$ と $[\rho]_0$ の間には大体直線関係がなりたつ。

アロハネート結合は 110~130°C では徐々に熱解離するとされているが⁽¹²⁾、今の場合にはほとんどのものは 100°C 以下でゴム状弾性を示すにいたっているので、測定範囲内では熱解離はほとん

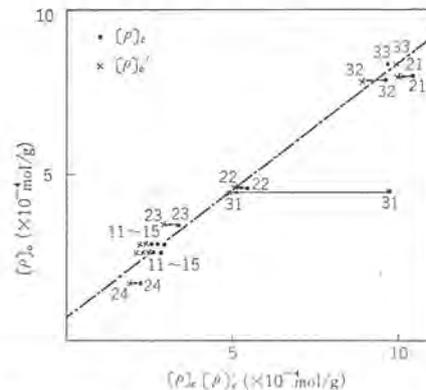


図 4.1 橋かけ密度の実測値と計算値の比較

Fig. 4.1 Comparison of observed values of crosslinking density with calculated values.

ど起こっていないものと考えられる。これらのことから、ここで扱った試料においてはアロハネート結合の生成は皆無ではないとしても、他の結合に比べて無視できる程度のもと考えられる。したがって以下の記述においては、橋カケ密度はゴム弾性率からもとめた実測値 $[\rho]_0$ を用い、極性基濃度は $[A]_c=0$ とするほかは図 2.1 に示した値をそのまま各系列に対して用いることにする。

4.2 ウレタン結合濃度の効果

図 4.2 に系列 (I) の場合の $[U]_c$ に関して $T_g, h, v_g, f_g, v_o, \alpha_f, \alpha_a$ をプロットした。 T_g は $[U]_c$ とともに規則的に増大し、転移の形は h の値から明らかのように $[U]_c$ の増大につれてゆるやかになる。このようなウレタン結合濃度とともに T_g が上昇することは、Smith ら⁽²⁾ も指摘しているように、ウレタン結合濃度が増せばそれに伴って TDI 中のフェニル環濃度が大きくなり、分子鎖の屈曲性が小さくなることと、極性の大きいウレタン結合による凝集エネルギーの増大の結果と考えられる。ウレタン結合濃度が大きくなるにつれて、占有体積 $v_o, v_o=v_g(1-f_g)$ 、によって評価される、は減少することから、分子鎖の充填状態はウレタン結合濃度が大きくなるとより密になるものと考えられる。系列内では f_g はほとんど一定であるのでこの系列は等自由体積系列であるといえる。比体積の熱膨張係数 α_a と自由体積の熱膨張係数 α_f は $[U]_c$ の増大につれて減少する。通常 α_f と $\alpha_a - \alpha_b$ の値はほぼ近い値になるはずであるが、今の場合には α_f は常に $\alpha_a - \alpha_b$ よりかなり大きな値となって一致しない。この傾向は系列 (I) 以外についても常に認められるので 4.4 節でまとめて考察する。

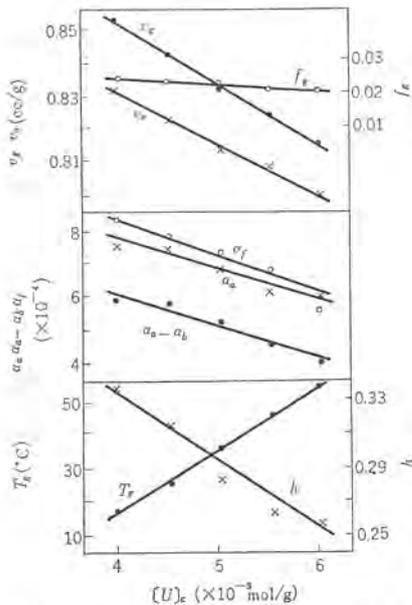


図 4.2 粘弾性を表わす数値のウレタン結合濃度依存性
Fig. 4.2 Values of characteristic parameters representing viscoelastic properties vs urethane group concentration.

4.3 橋カケ密度の効果

図 4.3 に系列 (II) のガス転移および粘弾性を特長づける数値と橋カケ密度の関係のプロットした。 T_g は $[\rho]_0$ とともに上昇する。この関係はこれまでも数種のポリマについて見出されており、統一的な考え⁽¹³⁾ で説明できる。また h は $[\rho]_0$ の増加につれて減少し、 α_f が $\alpha_a - \alpha_b$ より大きいことも系列 (I) と同様であるが注目されるのは α_f の $[\rho]_0$ による変化の程度が α_a に比べて著しく大きいことである。 f_g および v_g は $[\rho]_0$ が増加するにつれて減少するが、 v_o は橋カケ密度によらずほぼ一定値になる。すな

ポリウレタンの力学的性質・柴山・児玉

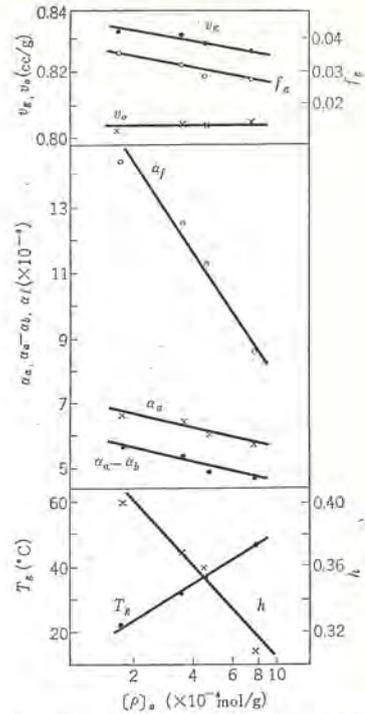


図 4.3 系列 (II) の粘弾性を特長づける数値の橋カケ密度依存性
Fig. 4.3 Values of characteristic parameters representing viscoelastic properties vs crosslinking density for series (II).

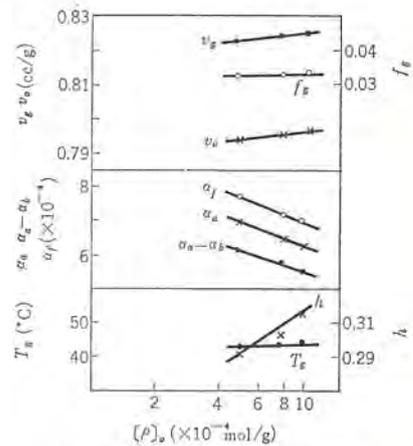


図 4.4 系列 (III) の粘弾性を特長づける数値の橋カケ密度依存性
Fig. 4.4 Values of characteristic parameters representing viscoelastic properties vs crosslinking density for series (III).

わち系列 (II) は他の橋カケ高分子の場合と同様に⁽¹⁴⁾ 等占有体積系列といえる。この結果からポリウレタンの場合にも、橋カケ結合が高分子に与える影響を自由体積量の変化によって説明できるものと考えられる。

系列 (III) はアロハネート結合の生成を無視すれば橋カケ密度と、未反応のイソシアト基が空中に水分あるいはその他の成分などと反応して生ずるところの未知の極性結合濃度の異なる系列と考えられる。図 4.4 に図 4.3 と同様な $[\rho]_0$ と粘弾性を特長づける数値との対応を示した。 α_a, α_f は $[\rho]_0$ の増加とともに減少するが、 T_g, f_g は大体一定である。 v_g, h は系列 (I), (II) の場合とは逆に増大する。これは未反応のイソシアト基から生ずる未知の極性結合濃度と橋カケ密度の効果が重なって現われるためと考えられるが、現在のところこれ以上立ち入った議論はできない。

表 4.1 修正 WLF 式 (4.2) 中のパラメータ

系 列	No.	A	f'_0
(I)	11	0.013	0.0222
	12	0.013	0.0223
	13	0.014	0.0246
	14	0.013	0.0255
	15	0.013	0.0270
(II)	21	0.020	0.0310
	22	0.025	0.0310
	23	0.027	0.0352
	24	0.029	0.0396
(III)	31	0.010	0.0372
	32	0.010	0.0385
	33	0.010	0.0392

4.4 自由体積の温度依存性

各系列において見られた α_f と $\alpha_a - \alpha_b$ の不一致の原因について考えてみる。

ポリウレタンのような各種レベルの相互作用をもつ極性基が存在する場合には、温度の上昇により極性基間の2次的な結合が順次解離していく可能性がある。その結果占有体積の一部を自由体積として放出するような過程を考えることも一つの方法であるが、このような考え方によって、たとえば系列(II)に見られるような α_f と $\alpha_a - \alpha_b$ の間の大きな差を説明できるかどうか疑問である。

これに代わる考え方として、WLF 式と Doolittle 式との対応の際に現われる B の値について、検討することがいっそう重要であろう。Williams⁽¹⁵⁾、斎藤⁽¹⁶⁾ らはこの B を1でない適当な定数値に調節することにより、 α_f と α_a または $\alpha_a - \alpha_b$ を一致させているが、平井⁽¹⁷⁾、Cohen-Turnbull⁽¹⁸⁾ らによるとこの B はセグメントの運動に必要な空孔の大きさに関係するものと考えられるので、ポリウレタンのように温度により運動単位の大きさが変化する可能性の考えられる場合には、 B に温度依存性を仮定してもよい。そこで最も簡単に B を式(4.1)のように表わすと WLF 式は式(4.2)のように変形される。

$$B = \frac{1}{1 + A\Delta T} \dots\dots\dots (4.1)$$

$\Delta T = T - T_0$, A : 定数。

$$-2.303 \log a_T = \frac{\frac{1}{f'_0} \left(\Delta T + \frac{A\alpha_f}{Af'_0 + \alpha_f} \Delta T^2 \right)}{\frac{f'_0}{Af'_0 + \alpha_f} + \Delta T + \frac{A\alpha_f}{Af'_0 + \alpha_f} \Delta T^2} \dots\dots (4.2)$$

α_f に表 3.1 の $\alpha_a - \alpha_b$ を代入し式(4.2) から f'_0 および A を計算すると表 4.1 のようになる。次にこの f'_0 , A の値を用いて逆に式(4.2) から $\log a_T$ を求めプロットすると、図 4.5 のようにいずれも通常の WLF プロットのような直線関係が存在する。したがって式(4.2)に従うような事情にある場合にも、この程度の温度範囲の実験では WLF 式がなりたつと誤って結論される可能性があり、このように B に温度依存性を考慮することも、 α_f と $\alpha_a - \alpha_b$ の不一致を説明する一つの方法と考えられる。 f'_0 は表 3.2 に示したものと変化の傾向は同様であるが $B=1$ としたときよりも大きめに出ている。これは B に仮定した関数形にも問題があり、どちらがより確からしいかについて結論は下せない。 A の

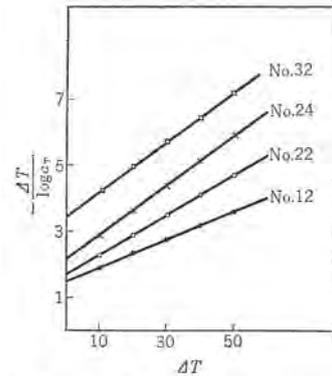


図 4.5 式(4.2)の WLF プロット
Fig. 4.5 WLF plots of modified equation (4.2).

値は各系列間でかなり大きな差がある。この原因についてはさらに詳しい検討が必要であるが、系列(I)では系列(II)より $[B]_0$ がかなり大きく、系列(III)は $[B]_0$ に関しては系列(I)と同程度であるが、 $[f]_0$ が系列(I)よりもかなり大きいという組成上の差と関連すると考えられる。

5. む す び

極性ポリマの構造と性質の間の関係を知るために、ポリウレタン同族体の主転移域における粘弾性を調べた。その結果橋かけ密度の異なる同族列は一般の橋かけ高分子と同様に等占有体積の系列であるが、ウレタン結合濃度の異なる場合は等自由体積の系列であり、それぞれの効果を区別して知ることができた。またポリウレタンでは通常は無極性ポリマの場合とは違って、自由体積の温度依存性に異常性が現われることを認めた。これは極性基間の2次的な結合が熱解離するためであると考えて、WLF 式の修正を行なうことにより説明を試みた。

(昭 40-5-25 受付)

参 考 文 献

- (1) 西山, 岩村, 吉川, 七戸: 「三菱電機技報」 37, 105 (1963).
- (2) T.L. Smith, A.B. Magnusson: J. Polymer Sci., 42, 391 (1960).
- (3) 横山: 「工業化学雑誌」 63, 2050 (1960).
- (4) 田中, 横山: 「工業化学雑誌」 64, 1873 (1961).
- (5) H. Jacobs, E. Jenckel: Makromol. Chem., 43, 132 (1961).
- (6) 田沢, 井上: 「色材協会誌」 35, 433 (1962).
- (7) J.H. Saunders: Rubber Chem. & Tech., 33, 1259 (1960).
- (8) 島崎: 「工業化学雑誌」 64, 1291 (1961).
- (9) 柴山: 「色材協会誌」 35, 1 (1962).
- (10) 柴山: 「高分子化学」 19, 543 (1962).
- (11) J.H. Saunders: Rubber Chem. & Tech., 32, 337 (1959).
- (12) I. C. Kogan: J. Org. Chem., 23, 1594 (1958).
- (13) 柴山: 「高分子化学」 19, 219 (1962).
- (14) K. Shibayama, Y. Suzuki: J. Polymer Sci., 投稿中.
- (15) M.L. Williams: J. Appl. Phys., 29, 1395 (1958).
- (16) S. Saito: Kolloid-Z., 189, 116 (1963).
- (17) 平井: 「高分子化学」 19, 191 (1962).
- (18) M.H. Cohen, D. Turnbull: J. Chem. Phys., 31, 1164 (1959).

ケイ光ランプの高効率化と高出力化

小堀 富次雄*

1. ま え が き

1938年、米国のInmanによって発明されたケイ光ランプはその後、4半世紀を越えた現在、一般照明用光源として各種照明施設に広く使用され、普及するようになった。わが国のケイ光ランプの生産量も最近では各社の増産態勢が整って増大し、この数年間の生産量は35年度38,754千個、36年度51,505千個、37年度60,866千個、38年度61,695千個、39年度77,560千個と年々増加の一途をたどっている。

さて、ケイ光ランプが発明されてから今日までに進歩した技術のあとをたどると、白熱電球、水銀灯などの他の光源に比較して数多くの利点がある。すなわち、全光束、ランプ効率、働程特性、寿命または演色性など実用上、非常にすぐれた性質をそなえた光源でその形状も直管、環形の外U字形、平板形などの変形ケイ光ランプもある。また、ケイ光ランプの点灯方式も初期の予熱始動方式より最近ではラピッドスタート方式へと移行し、ラピッドスタートケイ光ランプの完成はケイ光ランプの調光方式をもたらし、さらにケイ光ランプの高出力化への発展となる。これらの研究については最近では純理論的なものより実験的なし技術的なものへと漸次移行して

表 1.1 標準形および高出力形ケイ光ランプの全光束 (lm)
(三菱電機)

形 式	種 別 お よ び 色 温 度						
	昼 光 色 6,500°K		白 色 4,500°K		温 白 色 3,500°K および 3,000°K		
	D	D-DL	W	W-DL	WW ⁽³⁰⁾	WW-DL ⁽³⁰⁾	
子 直 熱 始 動 形	FL-6	—	—	260	—	—	—
	-10	450	380	520	400	—	—
	-15S	740	620	840	650	—	—
	-20	1,050	850	1,230	920	1,170	900
	-30	1,600	1,320	1,850	1,400	—	—
	-40	2,850	2,200	3,300	2,400	3,050	2,350
環 形	FCL-20	920	770	1,050	820	—	—
	-30	1,430	1,210	1,650	1,290	—	—
ラ ス ビ ッ ド 形	FLR-20	1,030	850	1,200	900	1,170	900
	-40	2,850	2,300	3,300	2,400	3,050	2,350
	-40 (高照度安定器 使用の場合)	3,860	3,150	4,580	3,360	4,360	3,360
高 出 力 形	FLR-80H	5,030	4,200	5,700	4,460	—	—
	-110H	7,700	6,400	8,700	6,800	—	—
反 射 形	FL-15SR	—	—	730 (190)	570 (143)	—	—
	-20R	870 (216)	—	1,000 (240)	780 (186)	—	—
	-40R	2,220 (550)	—	2,550 (622)	2,000 (472)	—	—

注) 1. 演色性を改善したものは DL または SDL の記号をつけて表す。各社の商品名ではデラックス、天然色、真天然色、純天然色、自然色などがある。
2. 環形の各社の商品名ではサークライン、リングライト、円形、丸形などがある。
3. FL-20R, 40R, 15SR の () 内数字は直下光度 (cd)

ゆく傾向である。このことは実際問題としてケイ光ランプ製作に直接結び付いているすべての品質向上の技術に重要な影響を及ぼすものといえる。

ここではケイ光ランプの最近の動向、とくに高効率化と高出力化について解説することにする。ケイ光ランプとしては識別用フラックライトランプ、ケイ光健康ランプ、殺菌ランプのような紫外線応用の低圧放電管、植物育成用ケイ光ランプまたは複写用ケイ光ランプなど特殊用途のランプの高出力化も考慮されるが、ここでは一般照明用ケイ光ランプに限定して説明する。表 1.1 は一般照明用ケイ光ランプの標準形および高出力形の最近の全光束値を示したものである。

2. ケイ光ランプの高効率化

ケイ光ランプの高出力化は管の単位長あたりの光出力を増大するため管電力すなわちランプ入力を増したもので必ずしもランプ効率は増すものではないが一方、ランプ入力は従来の標準形と同様で光出力すなわち、全光束を増す努力が払われた。ケイ光ランプの高効率化がそれである。図 2.1 は最近 10 数年間のケイ光ランプの全光束上昇の変せんを示したもので、昭和 27 年当時に比べて現在の光束値は 183% にも達している。

ケイ光ランプの高効率化の方法としては

- (a) ケイ光体の改良
- (b) 電極構造、封入ガスの種類とガス圧の調整
- (c) 管径の検討
- (d) その他

などが考えられる。

ケイ光ランプのランプ効率を増大させるためには管内に発生する紫外線を有効に活用することが必要である。その方法としてはランプ入力をより多く有効な紫外線に変換させることとこの紫外線をさらに有効に可視線に変換させ、管外に導き出すのである。

標準形 40 W ケイ光ランプ管寸法および電気特性が同一で互換性のある高効率化されたケイ光ランプとしてはケイ光体の粒度などをとくに選別するなど特殊な操作を施して 1959 年に米国 GE

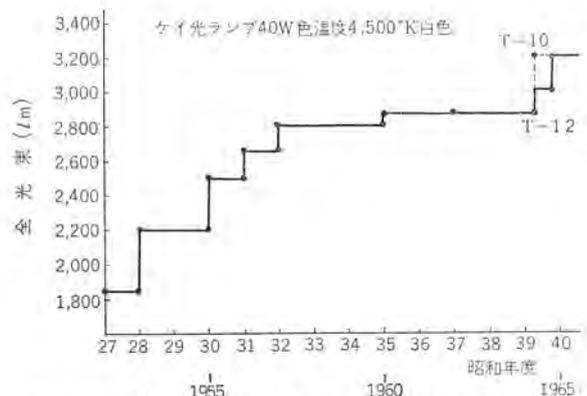


図 2.1 ケイ光ランプの全光束上昇の変せん (三菱電機)

社の Premium 3⁽¹⁾ が発表されて以来、同じく米国 Westinghouse 社の Crown Line⁽²⁾, Sylvania 社の Life Line⁽³⁾ と称する ランプ を発表したがいずれも白色で全光束 3,100 lm, ランプ 効率 77.5 lm/W ランプ 寿命 9,000 h という特性で従来標準形 40W ケイ光ランプの全光束をはるかに超過し、いわゆる 3,000 lm の壁を破ったものとして注目された。わが国ではこれと同種 ランプ が昨年、当社および他 1, 2 のメーカーから全光束 3,200 lm, ランプ 寿命 10,000 h として発表された。

2.1 ケイ光体の改良

表 2.1 ケイ光体と色光

ケイ光体	色光
ケイ酸亜鉛 (Zinc Silicate)	緑色
タングステン酸カルシウム (Calcium Tungstate)	青色
ホウ酸カドミウム (Cadmium Borate)	桃色
ハロリン酸カルシウム (Calcium Halo Phosphate)	各色温度の白色
タングステン酸マグネシウム (Magnesium Tungstate)	青白色
ヒ酸マグネシウム (Magnesium Arsenate)	深赤色

表 2.1 は現在多く使用されているケイ光体とその色光の表である。ケイ光体はケイ酸塩、リン酸塩その他の酸素酸と Mn, Pb などの活性体よりなるものである。

管内壁のケイ光体による膜の発光は紫外線の励起による可視線への変換であるがハロリン酸カルシウムケイ光体が 1948 年実用されてから効率の改善は 5 lm/W 増となったが 1959 年 F. A. Butaeva⁽⁵⁾ は CIE Bruxelles の大会でケイ光体の光出力に関する物理的諸現象につきハロリン酸カルシウムケイ光体を用いたケイ光ランプの全光束の 40% が 1,850 Å の紫外線で励起されていること、 10^{-2} mmHg のメタンガスの混入により初期光束が 10~14% 増加することなど述べた。1960 年 K. H. Butler と H. H. Homer⁽⁶⁾ はケイ光体の粒径を変化したときのケイ光ランプの光学的特性変化を検討し、3 μm 以下の微粒子は紫外線の散乱による発光効率低下と表面積の増加による働特性の悪化をもたらすことから粒径を 3~30 μm に規制することにより、白色で 75~80 lm/W に発光効率を増加させうることを示した。なお、30 μm 以上の粗粒子は塗膜のむらを生ずる。

さらに、ハロリン酸カルシウムケイ光体については J. H. Singleton, L. Surow⁽⁷⁾ はケイ光体が 1,850 Å の紫外線によってカラー中心を生成し、その結果、可視部に吸収帯ができ、このフィルタ作用によりランプ光束が著しくそこなわれることを報告しているが E. F. Apple⁽⁸⁾ は同ケイ光体に少量のカドミウムを加えるとカラー中心の生成が抑制され、その結果、ケイ光体粉末時の輝度はほとんど変わらないがランプにしたときの光束は上昇することを明らかにした。さらにこの場合、エア・ボス⁽⁹⁾ はランプ効率が約 2 lm/W 増加したと述べている。L. E. Vrenken, T. H. DE Vette⁽¹⁰⁾ はその他のケイ光体もあわせてランプに塗付した場合の点灯初期の光束低下を解析し、カドミウムをハロリン酸カルシウムケイ光体に少量添加すれば光束低下が減少することを明らかにした。

M. A. Chermin⁽¹¹⁾ は正磷酸ストロンチウム・マグネシウムとハロリン酸ストロンチウムを用いた デラックスケイ光ランプ光体を発表し、高効率で劣化が少なく演色性がよいことを述べた

このようにケイ光体はその粒子、形状、性能など処理方法によ

っても特性を大きく左右させるものである。

2.2 電極と封入ガスの種類とガス圧の調整

ケイ光ランプの紫外線発生効率を増すためには陽光柱の発光効率を上げることが考えられる。封入アルゴン圧とランプ効率との関係ではケイ光ランプ 48T-12 (40 W, 4,500°K 白色) について管電流 0.2~10 A の範囲で封入アルゴン圧 1 mmHg の低下に対し約 2.4~3.0 lm/W 上昇している報告⁽¹²⁾がある。封入希ガス圧を減らすと管電流一定として、圧力 1 mmHg あたり 4.5% 陽光柱の効率が増加する。しかし同時に約 3% 電位傾度が減少するので陽光柱の入力が減少する⁽¹³⁾。

D. D. Hinman, R. S. Fox⁽¹⁴⁾ は封入ガス圧の減少と陽極面積を適当に増して 6 cm² で約 2 W の電力損を少なくすること、さらにネオンを約 30% アルゴンに混入して約 5% の光束ならびにランプ効率を増加することに成功した。

J. F. Gilmore, R. E. Hanson⁽¹⁵⁾ はケイ光ランプの封入ガスとして混合ガスを用いて光束とランプ効率の増加を計る場合そのケイ光ランプの特性が使用する安定器によってかなり異なる結果になることをアルゴンとネオン混合ガス使用のランプについて示し、ケイ光ランプを新しく設計する場合、安定器との関連についても検討することを警告している。

J. Shurgan, L. Thorington⁽¹⁶⁾ は種々の断面のケイ光ランプを考察し、断面が長方形に近く、40 WT12 で 10° 間隔のラ旋状ランプで 10% の光束増加が得られたことを示した。

なお、ラピッドスタート方式のラピッドスタートケイ光ランプの電極加熱回路では始動時に電極を加熱して始動電圧の低下を計るが回路構成上ランプ点灯中も加熱電流は相当残る。点灯中、放電電力以外に加熱電力を消費しているわけである。この加熱電力は全部損失となるかどうかの研究⁽¹⁷⁾がある。これによると電極構造、封入ガス圧にもよるがアルゴン封入の場合、電極加熱電力の 10~15% が光束増加に役立ち、30~35% が管電圧低下による管電力利得として生かされ、合計 40~50% が有効に使われている。ネオン封入の場合は全体として 10~15% 程度が有効に生かされているにすぎない。

2.3 管径についての検討

標準形ケイ光ランプ 15 W には JIS C7601 で規定されているように管長 436 mm, ランプ電流 0.30 A で FL-15 (38 mm 径), FL-15S (25 mm) 径の 2 種類がある。全光束は 4,500°K 白色で FL-15 は 600 lm, FL-15S は 700 lm, 6,500°K 昼光色で FL-15 は 540 lm, FL-15S は 620 lm あり、いずれも FL-15S 細管は FL-15 太管に比較して 15~17% 増加している。このことは 15 W ケイ光ランプに関しては太管よりも細管の方が発光に有効な紫外線が増加して光束が増したものである。

ケイ光ランプの管径と発光効率などについては概念的には管径が小さいと管壁への電子、イオンの拡散消失が多くなって発光効率が低下し、また、管径が大きいと管中心部で発生した 2,537 Å の紫外線が管壁へ到達するまでに他の水銀原子を励起する確率が増加するため、発光効率が低下するのでその間に最適な管径があるといわれるが実際には非常に複雑である。これらについての研究はケイ光ランプの高出力化に伴う設計上の問題で管径に対する

くなる。ネオンにアルゴンを混入すると陰極降下は小さくなるが高出力時の発光効率は悪くなるので実用上適当な比率でアルゴン量を決定する。

不活性ガスとしてアルゴンを用いその圧力を変えたときの管壁温度と効率⁽³³⁾およびヘリウム、ネオン、キセノン、クリプトンなどのガスの種類と圧力を変えたときの紫外線発生効率の理論的考察⁽³⁴⁾などもある。

H. Homer, H. Butler 氏⁽³⁵⁾はハロリン酸カルシウムケイ光体は非常に安定度の高いものでケイ光体を焼成後、特殊な化学処理を行ない光束減衰のもととなる不純物を取り去ったもので同時に管の製造を注意深く行なえばランプの働程特性は非常に改善されると述べている。

ケイ光ランプの高出力化に伴う光学的特性の変化につき報告⁽³⁶⁾があった。96T-12形110Wランプでハロリン酸カルシウムケイ光体を使用し、封入ガスとしてアルゴン100%のもの、ネオン70%、アルゴン30%の混合ガスおよびヘリウム10%、アルゴン90%の混合ガスを1~1.5mmHg封入した試作品に関し、ランプ色度値はアルゴンだけの場合を除いて不規則な変化を示しているのはケイ光体色度値の不規則な変化と可視部水銀スペクトルの変化とが組み合わさったものであるとしている。

J. C. Hefferman⁽³⁷⁾は高出力ケイ光ランプの始動電圧を水銀蒸気圧と封入ガス圧を変えて測定し、一般にガス圧の低い始動特性は周囲温度が低くても従来の低電流ランプほど悪くならないと指摘した。

超高出力ケイ光ランプではケイ光体の温度特性がその種類で異なるので管壁温度が高い場合、色温度の変化することは知られているが標準形および高出力ケイ光ランプでも周囲温度によって色度点は変化する。周囲温度0°から48°Cの範囲でFLR-40WおよびFLR-110HWの色温度4,400°Kから5,300°K付近まで変化するので照明器具、とくに高出力ケイ光ランプ使用の灯具設計のとき色温度変化の外、ランプ寿命その他の特性の安定の点からも灯具内の冷却に十分注意する必要があると警告している⁽⁴¹⁾。

なお、標準形ケイ光ランプを使用して約50%増のランプ入力と光出力を得ようとするダブルスポット点灯回路(高照度安定器)⁽⁷⁴⁾、⁽⁷⁵⁾のように点灯回路によってケイ光ランプの高出力化を考慮したものがあ。これはケイ光ランプの陰極輝点を2個所に分散させたものである。

高出力ケイ光ランプによる照明施設例⁽⁴²⁾は工場、事務所、屋外などに数多くなり着々と普及して行く傾向である。

4. ケイ光ランプの超高出力化

高出力ケイ光ランプよりも単位長あたり大きなランプ入力を消費して大光束を放射させるケイ光ランプが超高出力ケイ光ランプで以下述べるように幾つかの方式があるが総称してE. H. O. (Extra High Output) ランプと呼んでいる。

超高出力ケイ光ランプでは管壁単位長あたりの負荷を大きく管長300mmあたり約25~30W以上でランプ電流は高出力形ランプの約2倍の1.5A程度となっているため、一般にランプ管壁のほとんど大部分はランプ効率が最大となる水銀蒸気圧6~10μHg

に相当する管壁温度の最適値約40°Cより20°C程度高く約60°Cの高温になるが水銀蒸気圧は管内温度の最も低い温度に対応した値となるので、ランプ管壁の一部をなんらかの方法で低温に保つような機構を設ければ水銀蒸気圧の制御ができる。(図4.1) また、ランプ入力を増すため、電流密度を上げると電極の電力損失が増し全ランプ入力に対する陽光柱電力の比が減少してランプ効率は低下する。その損失をなるべく少なくする

ため管内封入ガス圧を低下させたり、ネオン、ヘリウムなどの稀ガスを用いたり、管形を変えて実効的に管壁距離を短くするなどの構造が採用されている。

このように超高出力ケイ光ランプは標準形および高出力ケイ光ランプとはかなり異なった原理に基づいているからその特性について種々の問題点がある。

(1) 水銀蒸気圧の制御の方法

現在発表されている超高出力ケイ光ランプを水銀蒸気圧の制御の形式から分類すると次のようになる。

(a) 電極形(管端冷却形)

管端の電極のうしろを冷却部とし、この部分の温度が最適値となり、水銀粒がここに集められるように電極構造を設計したものである。1956年米国Sylvania社の発表したV.H.O. ((Very High Output) ランプ⁽⁴³⁾、⁽⁴⁴⁾、1958年米国Westinghouse社のS.H.O. (Super Hi) ランプ⁽⁴⁵⁾がこれに属する。陽光柱入力を増し電子温度を増すためネオン80%、アルゴン20%の混合ガスが封入されている。水銀粒が冷却部以外に位置すると安定化までに長時間を要する。(図4.2(a)(h))

(b) 非円形断面形

管にミゾを作ったり、管をU形状にしてその断面を非円形として、アークから離れた管壁部分が低い温度になるようにしたもので1956年米国GE社の発表したPG⁽⁴⁶⁾(Power Groove) ラン

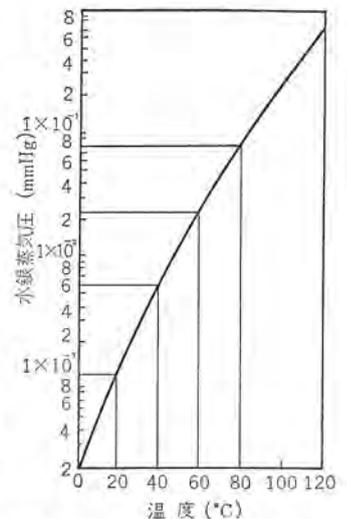
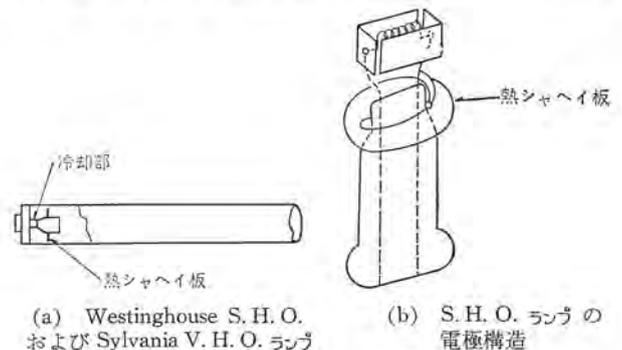


図 4.1 管壁温度と水銀蒸気圧との関係



(a) Westinghouse S. H. O. および Sylvania V. H. O. ランプ
(b) S. H. O. ランプの電極構造

図 4.2 電極形(管端冷却形)

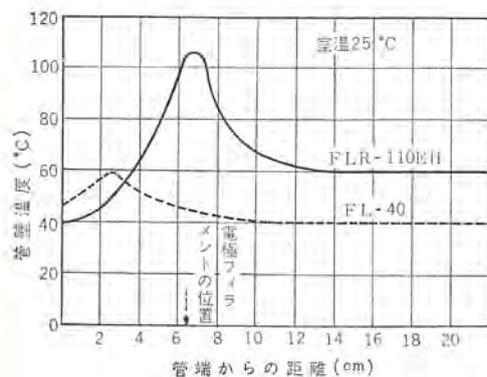


図 4.8 管壁温度分布の一例

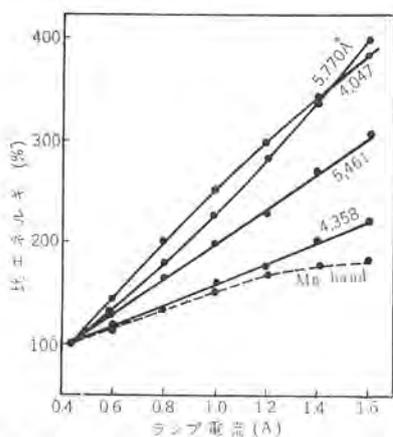


図 4.9 ランプ電流による各水銀スペクトルの変化

から低い方へ水銀の相対的な移動が起こる。この移動の速さは封入ガスの抵抗と密度差で異なるが結局高い温度の液状水銀は蒸発して、次第に低い温度の部分に凝縮する。十分長い時間経ってこの過程が終わった時には管内の液体水銀はすべて温度の最も低い部分に凝縮し、管内の水銀蒸気圧は凝縮水銀の温度で定まる飽和蒸気圧に等しくなる。この状態が水銀蒸気圧の規制状態ということになる。

超高出力ケイ光ランプではたとえば図 4.8⁽⁶¹⁾のごとく管壁温度分布が標準形ケイ光ランプと違うがランプ負荷が大きいため管端電極部を除いた発光部分の管壁では約 60°C である。したがって管内の水銀蒸気圧を規制するため余分な水銀を何らかの形式の冷却部を設けて凝縮させる低い温度になるように設計するため上述のごとき各形式の超高出力ケイ光ランプが完成したのである。

(b) 色スレの問題

超高出力ケイ光ランプ特有の問題の一つに光色の色スレの問題がある。ケイ光ランプの発光は、2,537Å の紫外線で刺戟されたケイ光体の発光と水銀スペクトルの可視部の輝線との組み合わせられたものであるが、ハロゲン酸カルシウムケイ光体の安定した温度特性より、色スレの原因は可視水銀スペクトルの輝線の変化にあると考えられる。図 4.9⁽⁶¹⁾は管径 T-12 管長約 115 cm の管端冷却形 110 W 超高出力ケイ光ランプでケイ光体は約 4,000°K の色温度をもつハロゲン酸カルシウムケイ光体を塗付、封入ガスはネオン 80%、アルゴン 20% の混合ガスを 2.5 mmHg 封入したランプのランプ電流による各水銀輝線の変化を示すものである。図中の点線は Mn band の

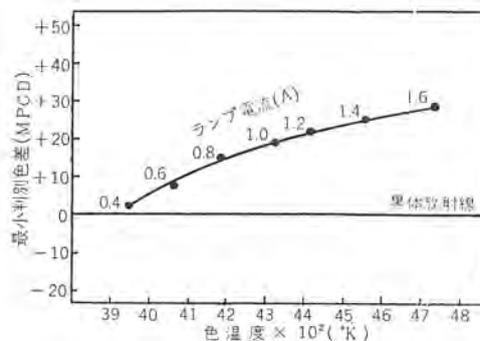


図 4.10 ランプ電流によるランプの色スレ

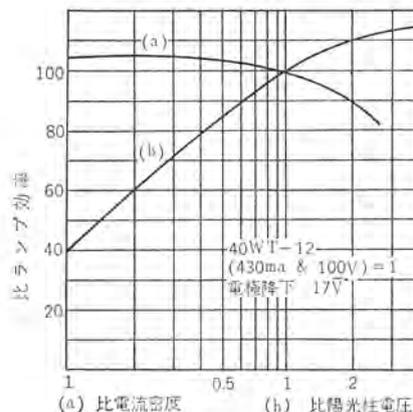


図 4.11 ランプ効率に対する電流密度および陽光柱電圧の影響

ピークの比を示すもので、2,537Å 紫外線の有効放射の量に比例すると考えられる⁽⁶²⁾。

以上のようにランプ電流の増加による可視部の各水銀輝線強度の上昇はランプ光色の色温度がランプ電流とともに高い方へずれることを意味している。各ランプ電流におけるランプの色スレを色温度と最小判別差 (MPCD) によって図 4.10⁽⁶¹⁾に示すと 40W 点灯では 3,950°K + 2MPCD であるのに対し、110 W では 4,640°K + 27MPCD であった。

(c) ランプ負荷の増大

ケイ光ランプでは電流密度が増大すると比例的に電極損失が増し、全ランプ入力に対する陽光柱電力の比が減少してランプ効率は低下する。図 4.11 はこの関係を示すもので比電流密度を示す (a) 曲線で明らかのように、電流密度が 2 倍になるとランプ効率は 10% 減少する。また、電流密度が大きくなると陽光柱電位傾度が減少し、2,537Å 共鳴放射線の発生効率が低下してさらにランプ効率が低下する。陽光柱電圧 (b) 曲線では陽光柱電圧が半分になるとランプ効率は 15% 低下する。

超高出力ケイ光ランプの設計ではこのランプ効率の低下をさけていかにランプ負荷を増加するかということになる。そのためには管電流を小さくして陽光柱電位傾度をできるだけ高く保ち、高電流密度によるランプ効率の低下や大電流による安定器効率の低下を少なくすることが必要である。具体的には封入ガスとしてアルゴンの代わりにネオンやヘリウムのような軽い稀ガスを種々の混合比で用い、または封入ガス圧を低くして水銀イオンの移動度を増加する方法と管の断面をひずませたりして管の周囲長に対する

断面積を小さくする方法とがある。

(d) 非円形断面その他の研究

高出力ケイ光ランプの高効率化が考慮され陽光柱効率を上げる試みとして管の有効断面積を小さくして電位傾度を増す方法が考えられた。L. Thorington⁽⁶³⁾らは非円形断面の管をラ旋形にしてランプ効率を高めることを示した。L. E. Vrenken⁽⁶⁴⁾は円形断面の管について管径の影響を検討し、管電流 1.5 A の 125 W Double Flux ランプの例について内径 33 mm が最適であることを示した。また、電極損失を減少させるため C. L. Toomey⁽⁶⁵⁾は大きな flag type anode について同形の電極は蒸発するバリウムを密着させ効率のよいエミッション表面を作ると報告している。

J. O. Aicher, E. Lemmers⁽⁶⁶⁾は非円形断面管の超高出力ケイ光ランプについて設計上の詳細な考察を行ない、C. J. Bernier⁽⁶⁷⁾は円形断面のランプについてアルゴンとヘリウム、アルゴンとネオンガスにつき検討した。

また、超高出力化に伴う水銀蒸気圧の上昇を照明器具構造の面から制御する方法につき P. J. Underwood, C. E. Beck⁽⁶⁸⁾は検討を加えた。水銀蒸気圧の上昇をおさえ効率低下を防ぐ実用的な冷却効果の方式を比較検討⁽⁶⁹⁾したり、170 W/m 程度のランプ入力で 0.5 mmHg のヘリウムガスを封入⁽⁷⁰⁾したときアルゴン封入に比べて特異な性状を示すことを認めた。

5. む す び

以上、ケイ光ランプの最近の動向として、とくに高効率化と高出力化について述べた。高効率化についてはケイ光ランプの技術的進歩の過程として常に研究が進められるわけである。高出力ケイ光ランプについてはすでに普及の段階に入り、大規模の高照度施設に採用され、照明技術の面から照明経済^{(71), (72), (73)}、照明効果など十分実用に耐えることが立証され、ますます従来の標準形ケイ光ランプに代わって使用量も増すものといえよう。

ケイ光ランプの超高出力化として生まれた超高出力ケイ光ランプに関しては標準形および高出力形ケイ光ランプに比べてかなり異なった原理に基づいているため、その特性についてもまだ未解決の分野が少なくなくこの方面の研究が進められ、わが国では各社独自のランプ完成し、超高出力ケイ光ランプも実用の時代に入った。

参 考 文 献

- (1) Illum. Engng. 54 373 (1959)
- (2) J. F. Gilmore, R. E. Hanson: Illum. Eng. 56, 3 173 (1961)
- (3) Lighting March (1962)
- (4) Westinghouse Lighting Hand Book 3-29 (1961), その他
- (5) F. A. Butaeva, et. al. CIE Bruxelles 59, 3 (1959)
- (6) K. H. Butler, H. H. Homer: Illum. Engng. 55, 396 (1960)
- (7) J. H. Singleton, L. Surow: J. Elec. Soc. 110 36 (1963)
- (8) E. F. Apple: J. Elec. Soc. 110 374 (1963)
- (9) エイア, 特許公報, 昭 38-4325
- (10) L. E. Vrenken, T. H. DE. Vette, R. W. V. D. Wolf: Illum. Engng. 59 59 (1964)
- (11) M. A. Chermin: Illum. Engng 56 554 (1961)
- (12) 久保, 村井: 「三菱電機」31, 743 (昭 32)
- (13) E. F. Lowry, W. C. Gungle, C. W. Jerome: Illum. Engng., 49 (1954)
- (14) D. D. Hinman, R. S. Fox: Illum. Engng 56 222 (1961)
- (15) J. F. Gilmore, R. E. Hanson: Illum. Eng. 56, 173 (1961)
- (16) J. Shurgan, L. Thorington: Illum. Engng. 56, 560 (1961)
- (17) 竹田, 山下: 「三菱電機」32, 1138 (昭 33)
- (18) 竹田: 「照学誌」44 131 (昭 35)
- (19) 竹田: 「三菱電機」34, 1225 (昭 35)
- (20) 橋本, 染谷, 花田: 「東芝レビュー」18, 10 (昭 38)
- (21) 小堀: 「照学誌」47-1 25 (昭 38)
- (22) 森, 橋本ほか: 昭 39 電四学会連大 992
- (23) A. C. Barr, W. J. Karash: Illum. Engng. 49, 9, 447 (1954)
- (24) 小堀: 「電設工業」3-9 (昭 33)
- (25), (26), (28) 久保, 村井: 「三菱電機」31, 741 (昭 33)
- (27) A. C. Barr, W. J. Karash: Illum. Engng 50, 1, 5 (1955)
- (29) A. C. Barr, W. J. Karash: Illum. Eng. 50, 1, 5~15 (1955)
- (30) 木崎: 「電学誌」79, 55 (昭 34)
- (31) 染谷: 昭 38 電四学会連大 1109
- (32) 竹田: 「照学誌」44, 219 (昭 35)
- (33) 阪口: 昭 33 電四学会連大 734
- (34) 阪口: 昭 34 電四学会連大 681
- (35) H. Homer, H. Butler, J. Bergin: Illum. Engng. 52, 2 214 (1956)
- (36) 中島, 本田: 「照学誌」44, 9, 497 (昭 35)
- (37) J. C. Hefferman: Illum. Engng. 58, 588 (1963)
- (38) —: Illum. Engng. 47, 9 (1952)
- (39) —: Illum. Engng. 48, 2 (1953)
- (40) John H. Campbell: Illum. Engng. 55, 247 (1960)
- (41) 小堀: 「照学誌」40, 9, 467 (昭 35)
- (42) 池上: 「照学誌」40, 9, 501 (昭 35)
- (43) J. F. Waymouth, W. C. Gungle, C. W. Jerome: Sylvania Technologist 9, 102 (1956)
- (44) C. J. Bernier, W. C. Gungle: Illum. Engng. 53, 32 (1958)
- (45) Westinghouse Engineer 18, 24 (1958)
- (46) J. O. Aicher, E. Lemmers: Illum. Engng.: 52, 579 (1957)
- (47) J. O. Aicher, E. Lemmers: Illum. Engng: 55, 39 (1960)
- (48) Light and Lighting 51, 391 (1958)
- (49) L. Thorington, J. Shurgan: Illum. Engng. 57, 3, 127 (1962)
- (50) H. J. J. Van Boost, D. Kolkman: Philips Tech. Rev. 19 333 (1957/58)
- (51) 石丸, 大塚: National Tech. Report 8, 4, 353 (1962)
- (52) 特許公報 昭 37-14194
- (53) 特許出願中
- (54) 牧野, 土井, 伊東: 「三菱電機技報」37, 1206 (昭 38)
- (55) 特許公報 昭 36-24144
- (56) 亀山, 橋本ほか: 「東芝レビュー」17-9 935 (昭 37)
- (57) 「東芝レビュー」19, 356 (昭 39)
- (58) 牧野, 土井, 伊東: 「三菱電機技報」37, 1206 (昭 38)
- (59) 特許出願中
- (60) 亀山, 染谷: 「照学誌」44-9 474 (昭 35)
- (61) 牧野, 土井, 伊東: 「三菱電機技報」37, 1206, (昭 38)
- (62) 中島, 本田: 「照学誌」44-9 497 (昭 35)
- (63) L. Thorington: Illum. Engng. 57, 127 (1962)
- (64) L. E. Vrenken: Illum. Engng. 57, 683 (1962)
- (65) C. L. Toomey: Illum. Engng. 57, 588 (1962)
- (66) J. O. Aicher, E. Lemmers: Illum. Engng. 55, 39 (1960)
- (67) C. J. Bernier: Illum. Engng. 55 282 (1960)
- (68) P. J. Underwood, C. E. Beck: Illum. Engng. 55 47 (1960)
- (69) 竹田: 「照学誌」43, 463 (昭 34)
- (70) 木崎: 「電学誌」79, 55 (昭 34)
- (71) 小堀: 「照学誌」45-10 450 (昭 36)
- (72) 小堀: 「照学誌」46-5 186 (昭 37)
- (73) 小堀: 「照学誌」45-8 362 (昭 36)
- (74) 小林: 「OHM」48-10 (昭 36)
- (75) 井村, 児玉, 三木: 「照学誌」44-9 489 (昭 35)
- (76) 「照学誌」49-4 220 (昭 40)
- (77) 小堀: 第 11 回光学四学会連大講演 (昭 40)
- (78) 三菱電機編: 三菱蛍光灯ハンドブック (昭 40)

新製品紹介

小形軽量化に成功した大容量柱上変圧器

最近の都心部における電力需要増加は柱上変圧器の大容量化を必要としているが、装柱重量の点から従来は単相 50 kVA ないし 75 kVA、3 台バンクが限度であった。これに対しさらに容量増大の要求に応ずるため今回大幅に小形軽量化した単相 75、100、133 kVA 柱上変圧器を製作した。

この変圧器は当社が業界に先がけ変圧器の絶縁に採用した耐熱絶縁紙（商品名、HI-L 絶縁紙）を使用することにより、従来の変圧器に比べて温度上昇を 10°C 高くして、冷却油など放熱関係の重量軽減を計った。さらに大幅な小形軽量化をするため設計に特別な考慮を払い、鉄心には特性の良い巻鉄心 M コアを使用し、ケースの放熱装置、巻線などに新しい設計を採用した。



SEI 形単相大容量柱上変圧器

今回製作を完了した大容量柱上変圧器は関西電力株式会社仕様に基づくもので、すでに同社の形式試験に合格し、100 kVA、77 台の納入を完了、75、133 kVA についても近く納入する予定である。従来同一容量の変圧器に比べ 30% 程度軽量化され、柱上変圧器装荷容量の限界を破る画期的なもので、今後負荷過密地域の柱上変圧器として貢献することが期待される。

なお関西電力株式会社仕様では定格負荷における温度上昇、60°C 以下であるが、今回製作した変圧器は JEC 規格、55°C 以下にも入っており、過負荷耐量の大きい変圧器になっている。

■ 仕様および重量（関西電力株式会社仕様）

機種	大容量柱上変圧器	旧形柱上変圧器 1φ 75kVA (参考)	
おもな仕様	一次電圧 (V)	6,900F-6,600F-6,300R-6,000	6,900~5,700/3,450~2,850
	二次電圧 (V)	210-105	210-105
	相数	単相	単相
	周波数 (c/s)	60	60
	温度上昇 (巻線) (°C)	定格負荷連続 60 以下 定格負荷に引き続き 150% 負荷 2h. 85 以下	50 以下 75 以下
	過負荷警報装置	あり	あり
重量比較	容量 (kVA)	新形重量 (旧形 75kVA との比較) (%)	旧形重量 (%)
	75	72	100
	100	88.5	
	133	112.5	

TD-4, 42 形 トランジスタ式 限時継電器の完成

送電線保護継電装置の高速度化、高性能化の要求に伴い、後備保護および各種制御装置に使用される限時継電器はいっそうの正確さが必要とされ、また小形化の要求と合まって、今回下記のようなトランジスタ形限時継電器が完成された。

■ 特長

- (1) トランジスタ式であるため整定時限のバラツキが、ほとんどない。
- (2) 定電圧装置を内蔵しているため電源電圧変動による誤差が少ない。
- (3) 回路が静止化されているので機械的衝撃にも耐え、また保守点検が容易である。
- (4) 繰り返しの動作（タイマ動作後短時間消勢、ふたたび付勢しタイマを起動）による誤動作および時限誤差がない。
- (5) 従来の機械式に比べ 40% 程度小形化されている。

■ 定格

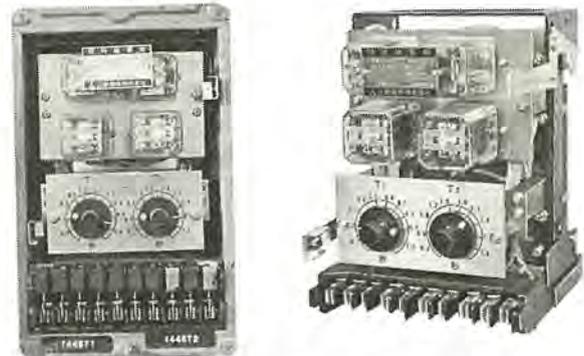
定格電圧 DC 110 V
 時限範囲 0.1~1 秒 0.2~2 秒 0.3~3 秒
 0.5~5 秒 1~10 秒のうち 2 組
 接点容量 DC 0.5 A 誘導負荷開閉可能。

■ 性能

時限精度 誤差 ±3% 以内
 時限バラツキ ±1% 以内。

電源変動特性 (DC 電圧 90~130 V)
 110 V の値 ±3% 以内
 周囲温度特性 0~40°C で 20°C の値 ±3% 以内。
 -20~60°C でも暴走なし。

なおこの継電器は 2 種の時限要素が収納されており、2 要素の起動を同一接点により行なう TD-4 形と、各要素に起動接点をもつ TD-42 形とがある。



TD-42 形 限時継電器

LE 形 リミットスイッチを開発

クレーン、コンベアなどの産業機械や大形工作機械などの制御（たとえば運転の自動化、危険防止）に使用されるリミットスイッチとし

て、新たに LE 形 リミットスイッチを開発した。この種リミットスイッチは、動作が確実で精度がよいことはもちろ

表1 仕様一覧

操作方式	形名	定格**	接点構成	レバーの勝手別	ローラの有無	寿命
自動復帰式レバー形 (ハッチ式)	LE-11-*	AC 250 V 5 A	最大 2極 (詳細は表2参照)	左	なし	電氣的 AC 100 万回以上 DC 50 万回以上 機械的 250 万回以上
	LE-11R-				つき	
	LE-12-	600 V 3 A		右	なし	
	LE-12R-				つき	
他力復帰式レバー形 (トランプ式)	LE-21-	DC 用マグネットつき 125 V 1 A		左	なし	
	LE-21R-				つき	
	LE-22-	右		なし		
	LE-22R-			つき		

* 末尾には、表2の接点構成による記号を付加する。
 ** AC 定格は JJS-C-4503 により、また DC 定格は1倍 ON, OFF の寿命で誘導負荷(時定数は100ms)に対する値である。

ん、屋外あるいは油まつ、じんあいの多いところで使用されることが多く、また過酷な操作がなされるので、防水性、じょうぶさがとくに要求される。LE形リモットスイッチは、これらの条件を満足し、また構造は比較的簡単にして使用部品の標準化により、安価となりまた長い寿命で、取り扱いも容易である。

接点開閉機構は、カム操作、緩動形、片切り式となっている。DC用にはとくにアーク吹消用マグネットをつけて開閉容量を大きくしてある。単極単投のユニットスイッチは、最大2個まで取り付けることができる。

■ 特長

- (1) 防水形である。

表2 接点構成による記号

接点構成	記号	
	AC用	DC用
1a1b	1	1D
2a	2	2D
2b	3	3D
1a	4	4D
1b	5	5D
AC1a+DC1a	6	
AC1a+DC1b	7	
AC1b+DC1a	8	
AC1b+DC1b	9	



図1 LE-11R形リモットスイッチ 図2 LE-21R形リモットスイッチ

- (2) じょうぶで寿命が長い。
- (3) レバーは15°ごと24段階の任意の位置にセットでき、左または右勝手別接点構成など、用途に応じた選定ができる。
- (4) 取扱い、保守点検および部品の交換が容易である。

三菱カラーテレビ受像機「カリビアン」6CT-338形新発売

さきに、トリネスコロー方式を採用し、その明るいカラー映像と安い価格で世界の注目を集めた6CT-333形に続いて、第2弾として6CT-338形を新発売しました。

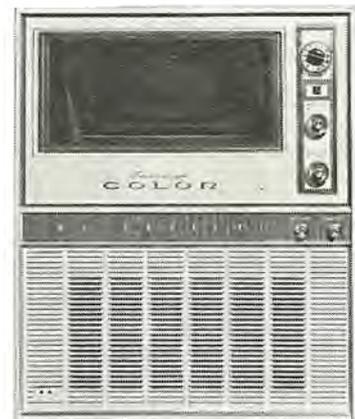
■ 特長

- (1) シェドウマスクを使用しない画期的新方式
従来のシェドウマスク式カラー受像管を使用せず、3本の原色受像管の映像を光学的に重ね合わせる、家庭用としては世界唯一のトリネスコロー方式を採用しています。
- (2) 世界で最も明るい画面
トリネスコロー方式の採用により、画面の明るさは、従来のカラーテレビ受像機と比べると実に10倍、白黒受像機の明るさをしのぎます。したがって、どんな明るい部屋でも、屋外でも鮮明華麗なカラー映像を見ることが出来ます。
- (3) 見やすい画面
画面の開口窓を極力広くして、一家団らんで見るに十分な広さになっています。
- (4) 優美なデザイン
前面にプラスチック成形品、側面に木目の美しい化粧鋼板を使用していますので、和洋室いずれにもよく調和するデザインです。
- (5) 安定な受像
シェドウマスク式カラーテレビ受像機に採用されている各種の自動回路はこの受像機にもあますところなく採用されていますので、安定なカラー放送の受像ができます。
- (6) 安い価格
¥108,000という価格は、これまでに見られない画期的に安い価格です。これは高価なシェドウマスク式カラー受像管を使用していないためです。したがって、受像管の補修費もケタ違いに安いものとなります。

■ 定格

電源	100 V (90, 110V タッチ付) 交流 50~60 c/s
消費電力	260 VA
受信周波数	1~12 チャンネル

映像中間周波数	26.75 Mc
クロマノンス 中間周波数	23.17 Mc
音声中間周波数	22.25 Mc
受像管	150 LB22(R) 150LB22(B) 150LB22(G)
重ね合せ方式	光学的(ダイクロイック鏡および補正ガラスを使用するトリネスコロー方式)および電気、磁氣的の併用
クロマ同期安定方式	位相検波リアクタンス管方式
AGC方式	遅延形キードAGC方式
AFC方式	パルス幅AFC方式
クロマ復調軸	XZ軸
外形寸法	423(幅), 521(高), 480(奥行) mm
重量	39.1 kg



三菱カラーテレビ受像機6CT-338形 現金正価 ¥108,000



ニュースフラッシュ

■ 新設大電力試験設備完成

近年の系統容量の増大と、それに伴うシヤ断器のシヤ断容量の増加に対処して、大電力試験設備の出力の増強をはかっていたが、このほど、完成、稼動を開始した。

短絡出力は、発電機端子で 5,000 MVA、トランス端子で 1,700 MVA である。

発電機は、定格電圧 18 kV、180 MVA、1,800 rpm のターボ形で、4,000 kW の誘導電動機により駆動される。巻線は、2巻線となっている。

トランスは、一次 18 kV、二次 22 kV/44 kV/75 kV/150 kV/225 kV/360 kV の 6 タップを持った、充テシ絶縁方式のものである。

電流制限用のリアクタは、0.5~256% までの 2 進法を採用し、遠隔操作の断路器で、迅速に切り換えられる。

テストセルは、屋内用、屋外用があり、いろいろな定格のシヤ断器の試験が行なえるようになっている。

シーケンス・コントローラは、全トランジスタ方式のものをを用い、電気角で 5 度から、10 秒の時間設定が可能である。

そのほかに、等価試験設備、キロメートル故障試験設備を有している。

この近代的な設備の完成により、今後の活躍が、大いに、期待される。



新設短絡発電機室内部

■ 関西電力納め移動用 90,000 kVA 変圧器バンク完成

送電系統の一次変電所の変圧器の事故・点検修に備えて、バンク容量 90,000 kVA の大容量高圧移動用変圧器を去る 3 月に完成し、走行試験などの諸試験の後、関西電力新八幡変電所で好調に最初の運転に入っている。

この移動用変圧器は、「移動用変圧器の製作限界は 70 kV、6,000

kVA 程度である」という従来の常識を破った変圧器で、その定格・諸元は次のとおりである。

台数	3台
形式	SUB (外鉄形送油風冷式)
相数	単相
周波数	60 c/s
容量	30,000/30,000/6,000 kVA
一次電圧	$154/\sqrt{3}-147/\sqrt{3}-140/\sqrt{3}^R$ kV
二次電圧	$77/\sqrt{3}$ kV
三次電圧	11 kV

(二次側に三相、4,500 kVA、CUB-MRD 形負荷時電圧調整器を別置する)

総重量 40,200 kg

移動時重量 39,000 kg

移動時寸法 幅 2,500×高さ 2,390×長さ 7,125 (mm)

この移動用変圧器の構造は、普通の電力用の外鉄形変圧器を横に倒して輸送限界内に収めたもので、外鉄形標準のフォーム・フィット構造と、高性能の部品の採用により非常に軽量である。

特長を数例あげると、

(1) フォーム・フィット形であるので、タンクには特別の補強を加えなくても輸送中の衝撃に耐え、また油の循環が良いため冷却が容易であるなどの理由で、軽量で全油量も少ない。

(2) 移動の際には高圧 140 号 ラッキングのみ取りはずすが、本



図 1 移動用変圧器の外観



図 2 トレーラで輸送中の移動用変圧器

体内の絶縁油はまったく排除しなくてよい構造で、高圧 ブラッシングの着脱も容易である。

(3) 以上のように軽量で寸法も小さいので、変圧器を積載するトレーの種類にかかわらず(高床式のトレーでもよい)一般道路の車両制限寸法・重量を満足する。

(4) したがって変圧器 パックの移動・据付に要する期間は、大容量にもかかわらず2~3日で十分である。

この移動用変圧器の完成を期して、超高圧(250kV)変電所用のさらに大容量の移動用変圧器 パックの設置が計画されるだろうが、今回のものと同じように十分製作可能である。

■ 三菱レイノルズ納め熱間アルミ圧延機運転開始

三菱レイノルズアルミ富士工場に設置された熱間アルミ圧延機は4月20日に試運転を行ない、その後好調に運転されている。

圧延設備はアメリカ・メスタ社および三菱重工広島造船所の設計製作によるもので、わが国最大の規模である。電機品は冷間圧延設備2基を含めて全部当社の設計製作によるものである。

主圧延用直流電動機はトッホワード方式のトゥインドライブとなっている。主要回転機を表に示す。

箇 用	台 数	容 量 (kW)	電 圧 (V)	回 転 数 (rpm)
主圧延用直流電動機	2	2,250	750	30/70
巻取り用 *	2	370	600	300/900
主圧延用直流発電機	2	2,550	750	500
駆動用同期電動機	1	5,500	6,000	*
巻取り用直流発電機	2	500	600	1,000
駆動用同期電動機	1	1,100	6,000	*
ホットランテーブル用直流電動機	160	2.2	440	1,720
その他約 30 台の補助用直流電動機				

電動機の駆動電源としてはMGセットを採用したが、その励磁装置はSCRサイリスタを用いた。発電機界磁は2×55kW、電動機界磁は95kWサイリスタにより励磁されて急速な強制励磁を行っている。写真は電気室を示す。



電 気 室

■ 台湾アルカリ納めソーダ電解用 シリコン整流器を受注

台湾中央信託局より台湾アルカリ公司納めとしてソーダ電解用シリコン整流器一式を受注した。この装置は台湾アルカリ社台北工場に設置されるもので、交流側受電機器より整流器、直流電流制御装置、補助電源設備および据付配線材料一式を含むものでその仕様概略は次のとおりである。

交流入力 三相 60 c/s, 3,300 V

直流出力 3,360 kW, 140 V, 24,000 A

全負荷連続, 150% 1 分間, 400% 0.05 秒

中心となるシリコン整流器は密閉循環風冷式で6,000 A 4セクションよりなっている。入札は国際公開入札の形で行なわれたが、整流器を主とした各機器の性能仕様にきびしい条件が課せられたのでこれらを満足した当社品が実質的には他をひき放して受注が決定した。

この設備に含まれる各機器は現在神電、伊電、北電で製作中で6月には伊電で総合組み合わせおよび立会試験が行なわれた後本社施設部の手で現地据付が行なわれることになっている。

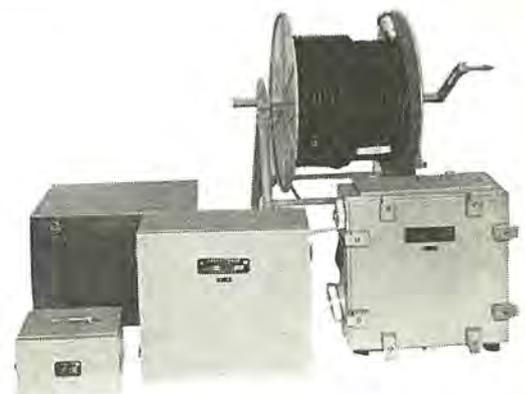
シリコン整流器はインドを中心として海外への進出もめざましいが、この装置はお隣り台湾への1号器として今後の商談にも多くの期待が寄せられている。

■ 国鉄納め全固体 SHF 中継機完成

全固体化 7Gc 多重中継装置がこのほど完成した。この装置は国鉄、鉄道技術研究所へ納入したもので、災害時の中継回線の確保、反射板の代用、伝搬試験などに使用できる可搬形である。使用活性素子をすべて固体化し、消費電力の低減、小形化、軽量化および信頼度の向上を計り、また、空中線は組立式可搬形の気球空中線を使用している。主要回路に使用している半導体素子は、SHF帯の1部を除き、すべて当社製品である。

おもな仕様は下記のとおり

使用周波数帯	7,500 Mc
伝送容量	電話 480 CH (MAX)
中継方式	ヘテロダイク 中継および ビデオ 中継
送信出力	100 mW
雑音指数	7 dB (トンネルダイオード増幅器使用)
消費電力	70 W



SHF 中 継 装 置 一 式



気球空中線

■ 多重故障対策、循環電流対策付 キヤリヤ・リレー装置の完成

最近の送電線保護リレー技術において脚光を浴びている問題に下記2点がある。

1. 多重故障対策
2. 循環電流対策

これらは、わが国の送電系統が、限られた敷地で最大限の電力を供給し得よう2回線あるいは数回線、時には累系統を同一鉄塔に併架して行かなければならないという宿命に起因するものである。

今回、これらの問題点を完全に解決した新方式を開発完成し、当社模擬送電線によるテストの結果、きわめて優秀な成績を得ることができたので、その概要を紹介する。

特長

通常の単純な短絡、地絡故障に対する高速度保護のほか、下記保護動作を行なうものである。

- (1) 1号線がA相、2号線がB相の異相地絡故障時。



中部電力昭和町変電所納め PC-337 形搬送保護継電装置盤面図

進み相側の1号線のみをシヤ断、高速度再閉路を行ない、引き続いて2号線をシヤ断再閉路し、無停電送電を行なう。(進み相優先動作)。

(2) 1号線がAB相、2号線がB相といった故障では、重故障側の1号線のみをシヤ断、高速度再閉路を行ない同じく無停電送電を行なう。(重故障優先動作)

(3) また、1号線、2号線とも同名相の地絡故障の時は、いずれかあらかじめ指定された回線だけをシヤ断し、同じく無停電送電を行なう。(指定回線優先)

(4) 以上のごとき優先シヤ断を行ない、しかも、両回線とも短絡故障の時は、必ず高速度で両回線とも同時シヤ断を行なうことができる。(両回線短絡故障時、両回線シヤ断)。

(5) 以上の動作は、故障電流が一端からしか供給されない場合でも必ず満足し、とくに、非電源端ある時、従来困難とされていた(4)項の条件を完全に満足するための考慮がなされている。(非電源端対策)

(6) NGR電流が一端のみ100A、循環電流500Aの系統でも保護できる。しかも、循環電流がない時は、従来のキヤリヤ・リレーとまったく変わらない動作スピードを有している。(循環電流対策)

この装置は、昭和40年4月、中部電力 昭和町変電所、大高変電所に納入されている。

■ RC-101 形低速再閉路装置完成

この再閉路装置は、電力系統に故障が発生したとき、停電区域を減少させ、停電時間を短縮するとともに停電の回復を自動的に行なうことを目的として開発したものである。すなわち、故障の発生後、従来は保守員が自分の判断や電話連絡などによりシヤ断器を操作していたため、停電区域が広がったり、停電時間が長くなりがちであったが、この再閉路装置を全系統に設置すれば、保守員の手を必要としないで、停電区域および停電回復時間の短縮を自動的に行なうことができる。

特長

- (1) 無電圧時間が1分間の低速再閉路方式を採用している。
- (2) 幅700mmの標準配電盤に、6端子分を収納できる。
- (3) 1端子分は、再閉路条件検出継電器・ACタイマ・補助継電器の三つのユニットより構成されている。



RC-101 形低速再閉路装置

(4) あらゆる系統条件を考慮し、13種類の方式を用意している。また、各方式間の変更は継電器端子の接続変更などによって簡単に行なうことができる。

(5) 再閉路条件検出継電器は、電圧検出要素・同期検出要素・時限要素をトランジスタ化して、コンパクトに収納している。

(6) ACタイマは、静止形DC-ACインバータを電源として、長時限DCタイマの小形化をはかっている。

なお、この装置120端子分を関西電力へ納入した。

特許と新案

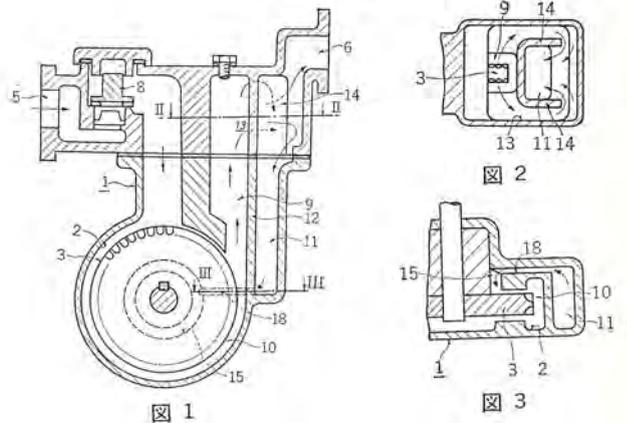
自吸式井戸ポンプ

考案者 佐々静男

この考案は、吸込口(5)と吐出口(6)とを有するケーシング(1)の内部に、回転翼車(3)を収納した翼車室(2)、およびこの翼車室(2)の圧力水路(10)の最終部に設けられた吐水室(9)に隔壁(12)を介して並設された水たまり室(溜)室(11)、ならびにこの水たまり室(11)と上記吐水室(9)との上部に設けられ上記吐出口(6)に連通する空気分離室(13)をそれぞれ備えたものにおいて、上記空気分離室(13)に、上記吐水室(9)から空気分離室(13)に流入した水を分流し、この分流した水を互いに衝突させる分流壁(14)を設けるようにしたもので、上記分流壁(14)によってこれに衝突した水と、この水の中に混合した気泡との分離が能率よく行なわれ、上記水たまり室(11)にたまる水には気泡が混合しないため、この水たまり室(11)から流通路(18)、環状室(15)を経て圧力水路(10)の回転翼車(3)の外周羽根部に供給される気泡のない水は、回転翼車(3)の吸引作用を著しく助勢し、この種自吸

式井戸ポンプとしてすこぶる有用なものである。

(実用新案登録第 741473 号) (土居記)



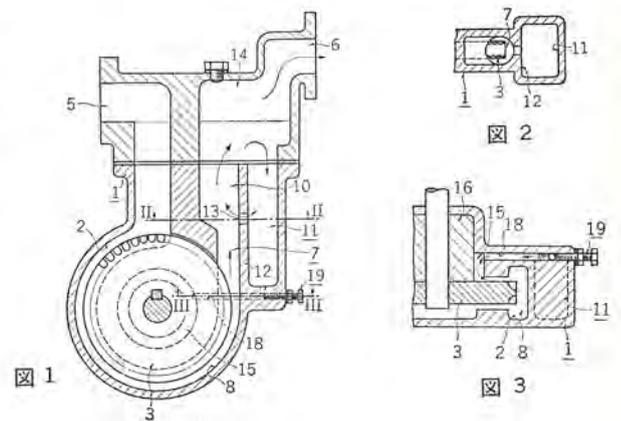
自吸式ウエスコポンプ

考案者 井上誠治

この考案は、回転翼車(3)を収納した翼車室(2)と、この翼車室(2)に連通する吸入口(5)と吐出口(6)とを有するケーシング(1)、および上記翼車室(2)の圧力水路(8)に連通して設けられた吐水室(7)と、この吐水室に隔壁(12)を介して並設された第2の空気分離室(11)との上部に設けられ、上記吐出口(6)に連通する第1の空気分離室(14)、ならびに上記第2の空気分離室(11)と上記回転翼車(3)の一侧に設けられた環状室(15)とを連通し、上記第2の空気分離室(11)の水を上記環状室(15)を経て上記圧力水路(8)に返送する流通路(18)を備えており、さらにこの流通路には上記ケーシング(1)の外部から操作されポンプの通常揚水時に上記流通路(18)内の水の流通を阻止する塞止装置(19)を装着したものである。

とによって生じる圧力の減退を阻止するもので、ポンプ効率を著しく向上させる効果を有するものである。さらにまた、上記流通路(18)に水アカ、あるいはじんあいが付着して呼び水の流通が悪くなった場合には、上記塞止装置(19)を取りはずすことによりその清掃を簡単に行なうことができる効果をも有するものである。

(実用新案登録 730597 号) (土居記)



したがって、気泡の混合しない呼び水をためるようにした上記第2の空気分離室(11)と、翼車室の圧力水路(8)に連通する環状室(15)との間に設けられた流通路(18)とに装着された上記塞止装置(19)は、ポンプの起動時に上記流通路(18)を開放して自吸作用を行なわせ、またポンプの通常揚水時には、上記流通路(18)を閉塞して吐水室(7)ならびに第1の空気分離室(14)に吐出された圧力水の一部が流通路(18)から環状室(15)に返送されるこ

ウエスコポンプ

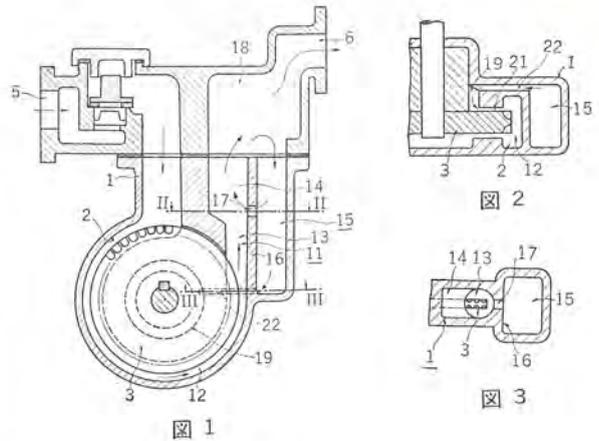
考案者 井上誠治

この考案は、ケーシング(1)の内部に回転翼車(3)を収納した翼車室(2)およびこの翼車室にそれぞれ連通する吸込口(5)と吐出口(6)とを有するものにおいて、上記翼車室(2)の圧力水路(12)の最終部に設けられ互いに連通する小径水路(13)と大径水路(14)とからなる吐水室(11)と、この吐水室に隔壁(16)を介して並設された水たまり室(溜)室(15)と、上記隔壁(16)に設けられ上記

水たまり室(15)内の上部の水を上記吐水室(11)の大径水路(14)に返戻する水戻し孔(17)と、上記吐水室(11)と水たまり室(15)との上部に設けられ上記吐出口(6)に連通する空気分離室(18)と、上記水たまり室(15)と上記回転翼車(3)の一侧に設けられた環状室(19)との間に上記水たまり室(15)内の水を上記環状室(19)を経て上記圧力水路(12)に供給する流通路(22)とをそれぞれ備

えたものである。

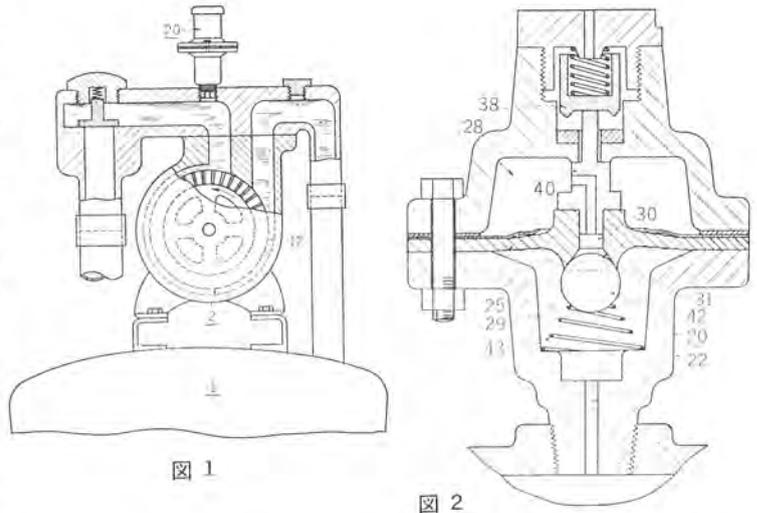
したがって、揚水管内の、空気が混合した呼び水を吐水室(11)から空気分離室(18)に送り、この空気分離室において分離させた空気を吐出口(6)から放出させる第1段空気分離作用と、上記空気分離室(18)に流入した呼び水の一部を水たまり室(15)にため、上記分離室(18)で分離できなかった上記水たまり室(15)内の呼び水の気泡を呼び水とともに水戻し孔(17)から上記吐水室(11)に吸引させて、再び上記空気分離室(18)に送り込む第2段空気分離作用とを行なうので、上記水たまり室(15)の底部にたまる呼び水内には気泡が著しく減少し、流通路(22)、環状室(19)およびスキマ(21)を経て再び圧力水路(12)に供給される気泡のない呼び水は、回転翼車(3)の吸引作用を著しく助勢する作用効果を有するものである。
(実用新案登録第 727057 号) (土居記)



電動井戸ポンプの自動空気補給装置

考案者 早田 作 平

この考案は、箱体(20)内を大気に連通する大気室(28)と、ポンプ(2)の翼車室(12)に連通する受圧室(29)とに区画し、上記受圧室(29)と大気室(28)とを連通する通気孔(30)の受圧室(29)側に弁座(31)を設けた可とう膜(25)、およびこの可とう膜と一体なる作動カム(40)により作動され、上記ポンプ(2)の所定回転時に上記大気室(28)と大気との間を遮断する逆止弁(38)、ならびに上記弁座(31)に離接自在に圧接し、上記ポンプ(2)の起動時に生ずる受圧室(29)と大気室(28)との圧力差に応動して上記弁座(31)の開閉を所定時間間欠的に行ない、大気室(28)内の空気を上記ポンプ翼車室(12)に断続的に導入するボール弁(42)を備えたもので、ポンプの起動ごとに圧力タンク(1)内に補給する空気の量を、多量に瞬間的でなく、少量断続的に補給して、多量補給に起因するポンプの水切れ現象による揚水能力の低下、あるいは揚水の停止を防止するようにしたものである。



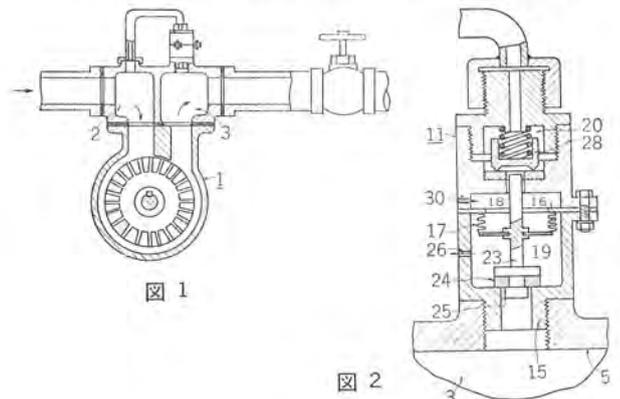
井戸ポンプの安全弁

考案者 井上 誠 治

この考案は、箱体(11)内をポンプ(1)の吸込室(2)に開閉自在に連通する空気流入室(18)と、上記ポンプ(1)の吐出室(3)に開閉自在に連通する排水室(19)とに区画し、伸縮する自由端に作動カム(23)を定着したベローズ(17)、および上記作動カム(23)に設けられ上記吐出室(3)が所定圧力以上に上昇したとき、上記排水室(19)の流通孔(25)を開放して吐出室(3)の水を排水室(19)から排水孔(26)を経て外部に放出する下部弁体(24)、ならびに上記空気流入室(18)と隣接して設けられた弁室(20)を備えており、さらに上記弁室(20)には上記作動カム(23)により作動され、上記ポンプ(1)の制限圧力上昇時に、上記空気流入室(18)と弁室(20)とを連通させて空気流入孔(30)から流入した大気の空気を上記空気流入室(18)から弁室(20)を経て上記ポンプ(1)の吸込室(2)に供給する上部弁体(28)を設けたものである。

圧力を低下させるもので、従来のように、吐出室(3)の水を外部に放出することによってのみ圧力低下を計ったものと比較して、水の放出量はきわめて少なく、かつ圧力低下に要する時間を著しく短縮することができる実用的効果を有するものである。

(実用新案登録第 730602 号) (土居記)



最近登録された当社の特許

名 称	特 許 日	特 許 番 号	発 明 考 案 者	関 係 場 所
可とう性磁石の押出成形の口金装置	39-12-28	436363	井手平三郎・綱島芳和	大 船
故障点標定装置	39-12-28	436364	北浦孝一	神 戸
イグナイトロン点弧回路	39-12-28	436365	細野 勇	伊 丹
回路シヤ断器	40- 1- 5	437054	田辺俊雄	伊 丹
飛しゃ体などに使用する環状スロットアンテナ	40- 1- 5	437055	田原清一・河村 孝	無線機・鎌倉
アンテナのパターン成形方式	40- 1- 5	437056	{喜連川 隆・武市吉博 水沢丕雄	中央研究所
回転結合器	40- 1- 5	437057	櫻本俊弥・若田和明	無 線 機
自動車用変速制御装置	40- 1- 5	437058	坂本敏之・浅野哲正	姫 路
光電装置	40- 1- 5	437059	高村 明・都竹 尚	名 古 屋
自動点滅装置	40- 1- 5	437060	武田克己	福 山
送受信装置	40- 1- 5	437062	喜連川 隆・中原昭次郎	中央研究所
電気掃除機用ブラシ	40- 1- 5	437061	武井久雄	群 馬
コーヒ、紅茶自動電気湯沸器	40- 1- 5	437063	加藤義明・岡上 廉	群 馬
单相再閉路時の過電圧発生抑制装置	40- 1- 9	437271	馬場準一・森本英男	中 研・伊 丹
走査用空中線	40- 1- 9	437272	吉田武彦・河村 孝	鎌 倉
円スイ走査用空中線	40- 1- 9	437273	吉田武彦・河村 孝	鎌 倉
周波数自動追尾装置	40- 1- 9	437274	近藤五郎	鎌 倉
送受信装置	40- 1- 9	437275	中原昭次郎	中央研究所
直流電動機の制御装置	40- 1- 9	437276	細野 勇	伊 丹・神 戸
パラメトリック増幅器励振装置の自動電力制御装置	40- 1- 9	437277	喜連川 隆・白 輻 潔	中央研究所
交流発電機の初期励磁装置	40- 1- 9	437278	平田 毅	姫 路
異相地絡相判別距離継電器	40- 1- 9	437279	三上一郎	神 戸
エレベータの速度制御装置	40- 1- 9	437280	安西伸夫	名 古 屋
減圧装置の故障検出装置	40- 1- 9	437281	亀山三平・早瀬通明	伊 丹
放電間ガキ装置	40- 1- 9	437282	原 仁吾・川根 清	中央研究所
誘導電動機の制御装置	40- 1- 9	437283	吉田太郎・宮崎 治	名 古 屋
扇風機	40- 1-16	437570	増田元明	中 津 川
気流速度検出装置	40- 1-18	437683	添田 実	鎌 倉
加熱フィラメント装置	40- 1-18	437684	藤永 敦・花坂孝雄	中央研究所
内燃機関点火装置	40- 1-18	437685	三木隆雄	姫 路
信号選出方式	40- 1-20	437721	藤掛 勝	無線機・鎌倉
恒温ツウの制御装置	40- 1-26	438096	木下忠男	静 岡
電圧電流検出装置	40- 1-26	438095	森 健	神 戸
開閉装置	40- 1-26	438097	渡辺睦夫	神 戸
軸流通風機の風量調節装置	40- 1-26	438098	宮内貞夫	長 崎
電気冷蔵庫のホットガス式自動霜取り装置	40- 1-26	438099	木下忠男	静 岡
電気冷蔵庫のオフサイクル式自動霜取り装置	40- 1-26	438100	木下忠男	静 岡
リアクトル装置	40- 1-28	438101	田村良平・山内 敦	伊 丹
浮動小数点表示2進数の加減算装置	40- 1-29	316472	中塚正三郎・前田良雄	中央研究所
無限可変移相器	40- 1-30	438459	{喜連川 隆・野村卓也 近藤昭治	中央研究所
2温度式冷蔵庫の除霜方式	40- 2- 1	438560	広田 豊	静 岡
扇風機首振角度調節装置	40- 2- 1	438566	増田元明	中 津 川
扇風機首振装置	40- 2- 1	438567	市岡 洋	中 津 川
クラッチ制御装置	40- 2- 1	438561	坂本敏之	姫 路
自動車用自動クラッチ制御装置	40- 2- 1	438562	辰己 巧	姫 路
自動車用自動クラッチ制御用信号発生装置	40- 2- 1	438563	辰己 巧	姫 路
複数個のトビラの同時開閉防止装置	40- 2- 1	438564	国井和司	名 古 屋
酸化により塩基性酸化物を生ずる金属の電解加工液	40- 2- 5	439079	{前田祐雄・齊藤長男 真鍋 明	中央研究所
誘導体電波レンズ	40- 2- 5	439080	河村 孝	鎌 倉
円錐走査用空中線	40- 2- 5	439081	吉田武彦・河村 孝	無線機・鎌倉
電氣的走査空中線	40- 2- 5	439082	河村 孝	無線機・鎌倉
誘導電圧調整器の制御装置	40- 2- 5	439083	坂上 茂・佐野善之助	伊 丹
円錐走査空中線	40- 2- 5	439084	河村 孝	鎌 倉
パイロット保護継電装置	40- 2- 5	439085	三上一郎	神 戸

次号予定

三菱電機技報 Vol. 39 No. 8

SF₆ ガスシヤ断器特集

特集論文

- 電力用シヤ断器の大容量化と SF₆ ガスのシヤ断器への応用
- SF₆ ガスの絶縁破壊特性
- SF₆ ガスの消弧現象
- アークに対する SF₆ ガスの物理化学的特性
- ガスシヤ断器におけるガス流のシミュレータとその応用
- 新形大容量 SF₆ ガスシヤ断器
- ガスシヤ断器用油圧操作機構
- 新設大容量短絡試験設備
- 大容量シヤ断器の試験および測定技術に関する最近の二、三の問題

論文

- ブラシレスタービン発電機
- 大容量高速度2極同期電動機
- 航空機用 VHF 帯 8 分の 1 波長広帯域ラードアンテナ
- 合理的な時間帯別料金制度に使用される機器
- 国鉄ディーゼルカー用 AU-13 形ユニットクーラ
- OP モータ

技術解説

- ポリアトロン (多陽極計数放電管)

三菱電機技報編集委員会

- 委員長 小倉弘毅
 常任委員 明石精
 " 安藤安二
 " 石川理一
 " 宇佐見重夫
 " 犬野寛孝
 " 小路誠
 " 小堀富次
 " 鈴木正材
 " 祖父江晴秋
 " 中野光雄
 " 馬場文夫
 " 宮内圭次
 " 安松靖彦
 " 山田栄一
 委員 大森淳夫
 " 尾畑喜行
 " 榎本俊弥
 " 神崎遼
 " 島津大介
 " 堀真幸
 (以上 50 音順)

昭和40年7月22日印刷 昭和40年7月25日発行
 「禁無断転載」 定価1部 金100円 (送料別)

編集兼発行人

東京都千代田区丸の内2丁目12番地 小倉弘毅
 印刷所 東京都新宿区市谷加賀町1丁目 大日本印刷株式会社
 印刷者 東京都新宿区市谷加賀町1丁目 高橋武夫
 発行所 三菱電機株式会社内「三菱電機技報社」
 東京都千代田区丸の内2丁目12番地 (三菱電機ビル内)
 (電) 東京 (212) 大代表 6111

発売元

東京都千代田区神田錦町3の1 株式会社オーム社書店
 電話 (291) 0912 振替東京 20018

本社 営業所 研究所 製作所 工場 所在地

- 本 社 東京都千代田区丸の内2丁目12番地 (三菱電機ビル内) (電) 東京 (212) 大代表 6111
- 大阪営業所 大阪市北区堂島北町8の1 (電) 大阪 (312) 大代表 1231
 名古屋営業所 名古屋市中村区広井町3の88・大名古屋ビル (電) 名古屋 (561) 大代表 5311
- 福岡営業所 福岡市天神2丁目12番地1号天神ビル5階 (電) 福岡 (75) 代表 6231
 札幌営業所 札幌市北二条西4の1・北海道ビル (電) 札幌 (26) 大代表 9111
 仙台営業所 仙台市大町4の175・新仙台ビル (電) 仙台 (22) 代表 6101
 富山営業所 富山市桜木町1番29号・明治生命館 (電) 富山 (31) 代表 3151
 広島営業所 広島市中町7番32号日本生命ビル (電) 広島 (21) 大代表 5111
 高松営業所 高松市鶴屋町45番地 (電) 高松 (2) 大代表 0001
- 東京商品営業所 東京都千代田区丸の内2の12・三菱電機ビル (電) 東京 (212) 大代表 6111
 大阪商品営業所 大阪市北区堂島北町8の1 (電) 大阪 (312) 大代表 1231
 名古屋商品営業所 名古屋市中村区広井町3の88・大名古屋ビル (電) 名古屋 (561) 大代表 5311
 福岡商品営業所 福岡市天神2丁目12番地1号天神ビル5階 (電) 福岡 (75) 代表 6231
- 札幌商品営業所 札幌市北二条西4の1・北海道ビル (電) 札幌 (26) 大代表 9111
 仙台商品営業所 仙台市大町4の175・新仙台ビル (電) 仙台 (22) 代表 6101
 富山商品営業所 富山市桜木町1番29号・明治生命館 (電) 富山 (31) 代表 3151
 広島商品営業所 広島市中町7番32号日本生命ビル (電) 広島 (21) 大代表 5111
 高松商品営業所 高松市鶴屋町45番地 (電) 高松 (2) 代表 0001
- 横浜出張所 横浜市神奈川区沢渡16高島台第2ビル (電) 横浜 (48) 6121~6123
 新潟出張所 新潟市万代町69番地 (電) 新潟 (4) 0643
 長野出張所 松本市白坂212番地 (電) 松本 (2) 1058・(3) 1453
 静岡出張所 静岡市七間町9の10・池田ビル (電) 静岡 (53) 代表 9186
 北九州出張所 北九州市小倉区京町10の28・五十鈴ビル (電) 小倉 (52) 代表 8234
 長崎出張所 長崎市大黒町3番1号長崎交通産業ビル (電) 長崎 (2) 0293
 金沢出張所 金沢市幸町13番28号 (電) 金沢 (31) 6213~4
 岡山出張所 岡山市西長瀬宇村北122の1 (電) 岡山 (24) 0331
- 中央研究所 尼崎市南清水字中野80番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
 商品研究所 鎌倉市大船782番地 (電) 鎌倉 (6) 代表 6111
- 神戸製作所 神戸市兵庫区和田崎町3丁目 (電) 神戸 (67) 大代表 5041
 伊丹製作所 尼崎市南清水字中野80番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
 長崎製作所 長崎市平戸小屋町122番地 (電) 長崎 (3) 大代表 6211
 名古屋製作所 名古屋市中区矢田町18丁目1番地 (電) 名古屋 (721) 2111
 福岡製作所 福岡市今宿青木690番地 (電) 福岡 (88) 代表 0432
 福山製作所 福山市沖野上町6丁目709番地 (電) 福山 (2) 代表 2800
 姫路製作所 姫路市千代田町840番地 (電) 姫路 (23) 大代表 1251
 相模製作所 相模原市小山字久保224の224 (電) 相模原 (72) 大代表 5131
 静岡製作所 静岡市小鹿110番地 (電) 静岡 (85) 大代表 1111
 中津川製作所 中津川市駒場町1番地3号 (電) 中津川 (5) 大代表 2121
 和歌山製作所 和歌山市岡町91番地 (電) 和歌山 (3) 代表 1275
 大船製作所 鎌倉市大船800番地 (電) 鎌倉 (6) 代表 6111
 郡山製作所 郡山市宇境橋町1番地 (電) 郡山 (2) 1220~1223
 群馬製作所 群馬県新田郡尾島町大字岩松800番地 (電) 太田 代表 4311
 無線機製作所 尼崎市南清水字中野80番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
 京都製作所 京都府乙訓郡長岡町大字馬場小字園所1 (電) 京都 西山 (92) 代表 4171
 北伊丹製作所 伊丹市大鹿字主ヶ池1番地 (電) 伊丹 大代表 5131
 鎌倉製作所 鎌倉市上町屋325番地 (電) 鎌倉 (6) 大代表 6171
 稲沢製作所 稲沢市字井之口 (電) 稲沢 (32) 代表 4121
 伊丹工場 尼崎市南清水字中野80番地 (電) 大阪 (481) 大代表 8021
 相模製作所 東京都世田谷区池尻町437番地 (電) 東京 (414) 代表 8111
 世田谷工場
 伊丹製作所 三田市三輪町字交々部85番地 (電) 三田 4371~4375
 三田工場
 札幌営業所 札幌市北二条東12丁目98番地 (電) 札幌 (22) 3976
 札幌工場

最近の照明施設<1>



■ 名神高速道路小牧インターチェンジ（名古屋）

高速道路に高さ 10 m のポールをランプウェイに始めて使用したもので 400 W ケイ光水銀灯 74 灯使用し、道路上の平均照度は本線で 18.3 lx, ランプウェイで 19.6 lx, 均斉度も小さくすぐれた施設となった。



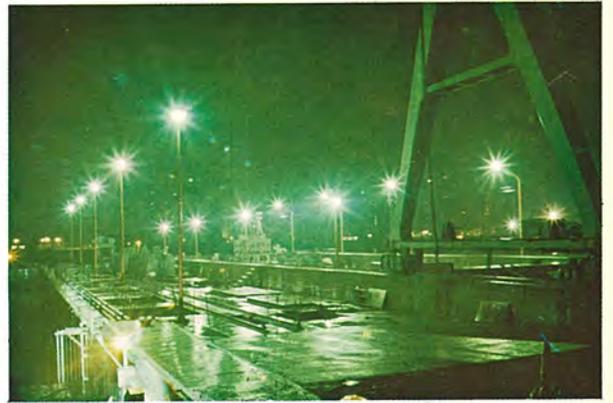
■ 名神高速道路養老サービスエリア（岐阜）

給油・修理・休息などの目的の場所として 400 W×2 灯用 ケイ光水銀灯 60 台を使用し、平均照度は 10 lx となっている。



■ 阪神パーク・噴水プール（甲子園）

直径約 20 m のシャワー兼用噴水ポールの周囲に約 90 度間隔に 400 W 高出力タリウム水銀灯 4 灯を配し、四方からながめて光が水滴で屈折して噴水を淡緑色に輝かし、ポールの水をいっそう透明に照明している。



■ 関西電力堺港火力発電所（大阪）

循環水ポンプは火力発電所では重要な機能をしめる機器でこの付近の照明は屋外としては比較的高照度が要求される。したがって高効率・大光束のタリウム水銀灯が適している。400 W×5 灯 300 W×9 灯使用し平均照度 30 lx である。



■ 近畿電鉄あやめ池駅前広場（奈良）

約 4,000 m² の駅前広場に反射形 400 W 高出力タリウムケイ光水銀灯 3 灯用ポール（地上 14 m）を 2 基設置し、平均照度 10 lx となっている。淡緑色の光色が遊園地の入口付近を美しく照明している。



■ 阪神電鉄今在家踏切（西宮）

深いフード付器具に 300 W 高出力タリウム水銀灯を入れて軌道面の照度は 30 lx と明るくなった。さらに反射形ランプの採用により 2~3 倍の照度が得られ、光源の輝度は増大しない。なお、同光源は実験の結果信号灯の青色との誤認のおそれはない。

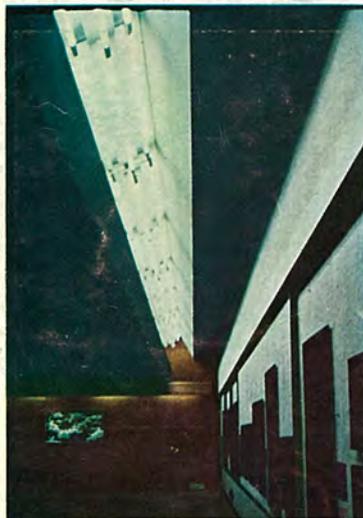
最近の照明施設<2>



山形美術博物館の照明

■ 玄関ホール

半埋込形 FL-20 W-DL×4 灯用器具 15 台とカウンタ上に電球 60 W つり下げ ダウンライト 器具 4 台を取り付け玄関 ホールの床上の平均照度は 100 lx となっている。



■ 展示室の全般照明 (右)

展示室は二つあり、主力となる照明は高出力 ケイ 光灯 FLR-110H W-DL×3 灯用間接照明埋込器具 36 台のほか 100 W および 60 W 電球 ダウンライト 器具 44 台を使用し壁面での平均照度 350 lx である。



■ 展示室の間接照明 (左)

同上天井の間接照明器具を見上げたところ。ケイ 光灯は テラックス 白色を使用し美術品などの展示品の色彩再現を行なっている。



■ ショーケース内照明 (左)

ショーケース の ガラス 部分は平常時には展示壁面となる構造の電動式壁面開閉装置を設けてあり、ケース 内には上部に FLR-60 H-W-DL×2 灯、下部に反射形 40 W ケイ 光 ランプ が設置され、壁面の平均照度は 700 lx となっている。



■ ショーケース内照明器具 (右)

ショーケース 内部の照明器具を見たところ。照明器具の配置によって展示壁面の照度の均斉度を極力よくしている。

今日もあなたと共に

