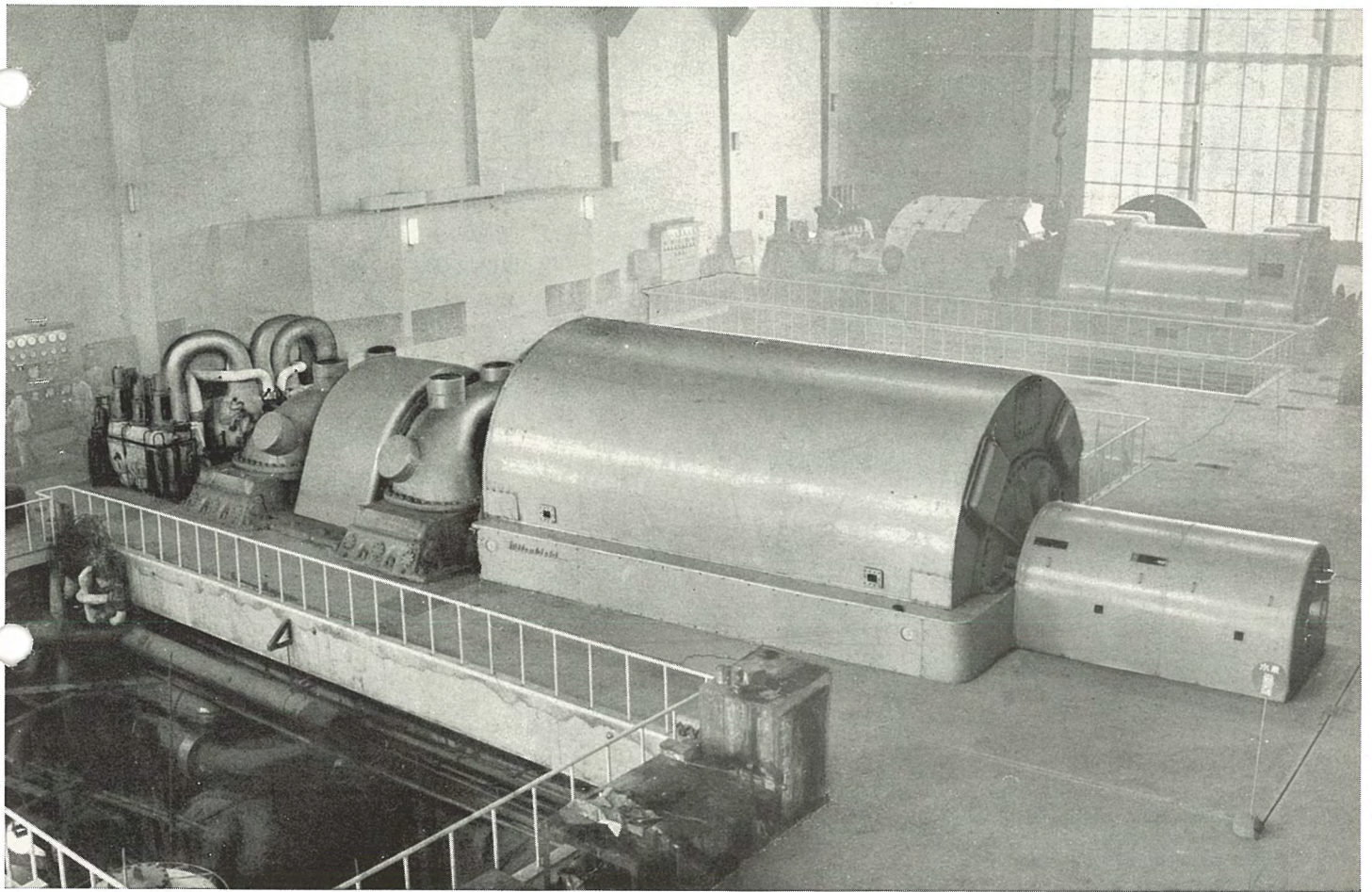


*MITSUBISHI DENKI*

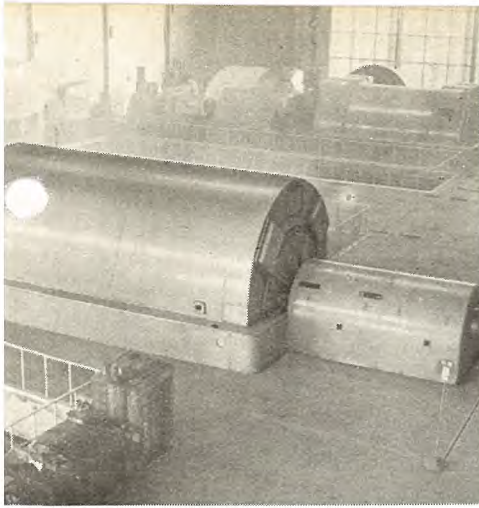
# 三菱電機



東京電力新東京発電所納入の 2 号水素冷却タービン発電機

3  
VOL.30 1956





MITSUBISHI DENKI

三菱電機

### 表紙説明

表紙は東京電力新東京発電所納入の2号水素冷却タービン発電機の写真であります。目下電力事情逼迫の折柄、さきに鶴見第二発電所へ納入致しました66,000kW 81,000kVA 発電機3台と共に東京管下の電力供給に非常な貢献をしております。

なお増設4号機として75,000kW 92,000kVA 1台のご用命を受け目下長崎製作所において鋭意製作中であります。

概略仕様

#2	60,000 kW 13.2 kV 0.85 PF 3,000 rpm 0.5 psig. 70,588 kVA
	66,000 kW 13.2 kV 0.815 PF 3,000 rpm 15 psig. 81,000 kVA
#4	65,217 kW 13.2 kV 0.85 PF 3,000 rpm 0.5 psig. 76,727 kVA
	75,000 kW 13.2 kV 0.85 PF 3,000 rpm 15 psig. 88,236 kVA
	75,000 kW 13.2 kV 0.815 PF 3,000 rpm 30 psig. 92,000 kVA
	以上

## 三菱電機株式会社

本社

東京都千代田区丸の内(東京ビル)

(電) 和田倉(20) 代表 1631・2331  
研究所 兵庫県尼ヶ崎市南清水  
神戸製作所 神戸市兵庫区和田崎町  
名古屋製作所 名古屋市東区矢田町  
伊丹製作所 兵庫県尼ヶ崎市南清水  
長崎製作所 長崎市平戸小屋町  
無線機製作所 兵庫県尼ヶ崎市南清水  
大船工場 神奈川県鎌倉市大船  
世田谷工場 東京都世田谷区池尻町  
郡山工場 福島県郡山市宇境橋町  
福山工場 福山市仲野上町  
姫路工場 兵庫県姫路市千代田町  
和歌山工場 和歌山市岡町  
中津川工場 岐阜県中津市駒場安森  
福岡工場 福岡市今宿青木  
静岡工場 静岡市小鹿110  
札幌修理工場 札幌市北二条東12  
大阪営業所 大阪府北区堂島北町8番地1  
(電) 大阪(34) 代表 5251  
名古屋営業所 名古屋市中区広小路通  
(電) 本局(23) 代表 6231  
福岡営業所 福岡市天神町  
(電) 中(4) 7031-7036  
札幌営業所 札幌市大通り西3の5  
(電) 札幌(2) 代表 7236  
仙台事務所 仙台市東一番丁63  
(電) 仙台(2) 代表 6101  
富山事務所 富山市安住町23の2  
(電) 富山 4692・5273・2550  
広島事務所 広島市袋町1(明治生命ビル)  
(電) 中(2) 2211~4  
高松出張所 高松市紺屋町34番地  
(電) 高松 3178・3250  
小倉出張所 小倉市京町10丁目(五十鈴ビル)(電) (5) 小倉 3614

昭和31年第30巻第3号

## 目次

### 特別寄稿

蛍光健康燈による佝僂病の予防および治療に関する実験的研究……………  
……………赤塚京治・宮沢寿一郎・足立 健・小堀富次雄…2

三菱不燃性合成油“ダイヤクロール”とそれを用いた

変圧器および蓄電器……………南角英男・神谷友清…12

自動負荷選択遮断装置……………堀 謙二郎…18

CO型過電流継電器の超過電流域における動作特性……………  
……………藤井重夫・森 健・天野 恒…23

船用重複巻発電機の並列運転……………万谷 廣・森屋貞夫…26

電子管式直流電動機制御装置……………武藤 哲…35

ニュースフラッシュ……………40

最近における当社の社外寄稿一覧・社外講演一覧……………41

最近登録された当社の特許および実用新案……………42

# 品質奉仕の三菱電機



# 蛍光健康燈による佝僂病の予防および治療に関する実験的研究

東京医科大学衛生公衆衛生学教室

赤塚京治\*・宮沢寿一郎\*\*・足立 健

三菱電機株式会社本社

小堀富次雄\*\*\*

## Experiments on The Prevention and Treatments for Rickets with Fluorescent Sun Lamps

Tokyo Medical College Kyoji AKAZUKA・Juichiro MIYAZAWA・

Ken ADACHI

Head Office

Fujio KOBORI

For those who spend most of their time in large buildings—specially in their basements—the ultraviolet rays are liable to be lacking, with the results that their health is being gradually injured.

If this deficiency is made up to the proper degree without giving harmful effect, what a blessing it will be for the question of public health! With Mitsubishi Fluorescent Sun Lamps, experiments on a group of white mice have been conducted since Feb. 1955 to study this new product of its efficacy on ultraviolet ray radiation. They were divided into two groups; one was irradiated with ordinary fluorescent lamps alone, while the other with the fluorescent and fluorescent sun lamps together. After a proper period with due considerations, the specimens were given careful examination by means of X rays. Though the experiments are still on the way, it has been found that the medical treatment on rickets in marvelous with this new product.

### その1 とくに蛍光健康燈の佝僂病予防効果について

#### 1. ま え が き

巨大な高層建築とくにその地下室においては紫外線の不足あるいは欠乏を招来し、そこで終日作業しあるいは起居する者の健康は憂慮される。この紫外線の不足を適度に補い、しかも有害作用のない紫外線供給が行われ得るならば公衆衛生上甚だ有益なことである。三菱電機株式会社において蛍光健康燈(以下健康燈という)と名付けられた製品の試作のあることを知り上述の目的に沿うものとの予想をもって昭和30年2月2日から動物実験を始めた。まず佝僂病予防について顕著な成績を得たのでここに報告する。(8~11頁写真参照)

#### 2. 実験方法

##### ア. 実験動物

生後約1ヵ月体重約30gの幼若白鼠で最初準備期として昭和30年1月17日より2月1日まで16日間普通巣箱で自然光線の下にマッカラムの佝僂病発生飼料で飼育したものを用いた。

1表 組分け(異腹種別)

異腹種別	種別	対 照 群	試 験 群
A 種		3号 6号 8号	7号 9号 11号
B 種		5号 10号 13号 14号	12号 15号 17号 18号
C 種		1号	2号
D 種		16号 19号	4号 20号

#### イ. 飼 料

マッカラム佝僂病発生飼料 3143 号配合食を1日1匹当たり 15~20g 与えた。このほかに水分は十分に補給した。

2表 マッカラム 3143 号佝僂病発生飼料処方(重量比)

舶 来 黄 色 玉 蜀 黍 粉	33
小 麦 粉	33
小 麦 麸 素	15
ゼ ラ チ ン	15
沈 降 炭 酸 カ ル シ ウ ム	3
食 塩	1

#### ウ. 飼 育 場 所

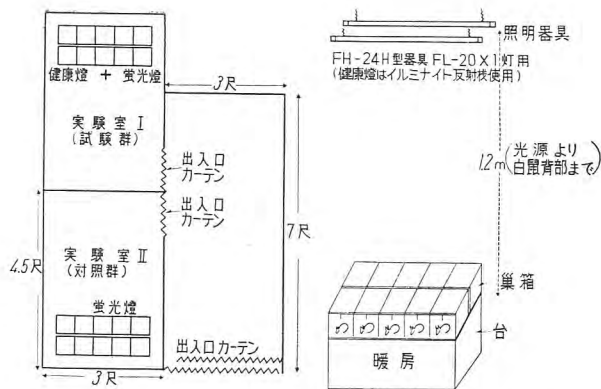
縦4.5尺横3尺高さ8尺の暗室2部屋を作り1室には「蛍光燈」のみ、他室には「蛍光燈+健康燈」を天井より吊し各室その真下に金網の巣籠で中を5つに仕切ったものを2列ずつ置台上に置いた。台の高さは照度が100lx 平均に白鼠の背部に当るようにして巣籠へ該白鼠を入れ電熱装置で暖房し発育に適当な温度を保たせるようにした。(1図 および 2図 参照)なお蛍光燈は三菱デラックス冷白色 FL-20 W-DL, 健康燈は三菱蛍光健康ランプ FL-20 E(20 W) を使用した。

実験室の出入口には暗室の前室を設けた。

#### エ. 照 射 方 法

前記飼育場所の各室の巣籠に10匹ずつの白鼠を試験群と対照群とに分けて入れその上方約1.2mの位置において試験群には「蛍光燈+健康燈」で照射し対照群には「蛍光燈」だけで照射した。照射は両群とも毎日8時間とした。巣籠はつねに清潔に保ち術者はとくに油類の動物に付着することを予防するために再三手指をエタノールで洗った。





1 図 暗室構造図 (上より)

Fig. 1. Dark room.

2 図 暗室構造図 (横より)

Fig. 2. Dark room.

### 3. 実験成績の判定方法

実験の判定はつぎの方法によった。

1. 飼育状態の観察
2. レントゲン写真による両後肢骨の観察
3. 骨灰分測定による観察
4. 病理組織標本による観察

以上の方法で総合判定を行ったがそのうち骨灰分測定と病理組織標本作製のために試験群および対照群より 2 匹ずつ屠殺した。残りはつぎの実験に用いた。

レントゲン写真は付属病院放射線科、骨灰分測定は国立栄養研究所、病理組織標本は本学病理学教室にそれぞれ協力を仰いだ。

### 4. 実験成績

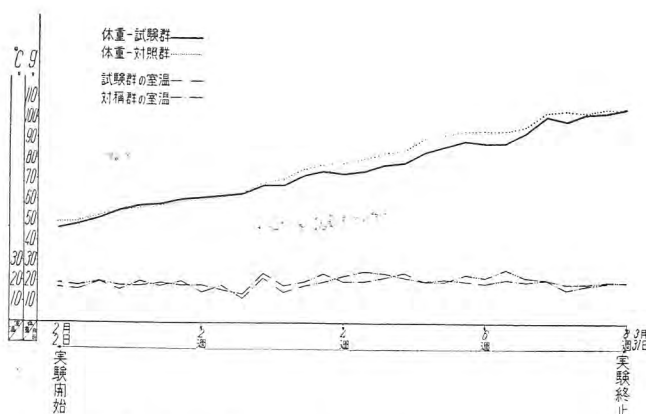
#### ア. 飼育状態の観察所見

被検動物の体重の増減および飼育時の室温は 3 図に示す如くである。

(1) 各週における白鼠の飼育状態

a. 第 1 週 (自 30 年 2 月 2 日～至 2 月 8 日)

試験群…一般に食欲、元気共に良好だが、9 号、12 号



3 図 健康燈予防実験の白鼠体重および室温曲線  
(自 30 年 2 月 2 日 至 30 年 3 月 31 日)

Fig. 3. Curves of the weight of white rats under experiments of disease prevention by fluorescent sun lamps and curves of room temperature.

は少し元気がなく 7 号、11 号、4 号の背部に抜毛が認められた。17 号が実験開始 5 日目に至り突然アテローゼ様変化を起した。すなわち首を背屈するような動作を繰返し同時に四肢も痙攣的に動かすために体の重心がとれずしばしば横転を繰返し、食欲元気は割合良好だが外来の刺激たとえば人が近付いたり点燈するときなどに敏感となる。

対照群…食欲元気共に良好でよく動き回る。5 号、6 号の背部に抜毛が認められた。

要 約…照明に慣れぬためか試験群において数匹食欲不振、抜毛、対照群にも抜毛等認めたが週末には大体回復に向った。ただ 17 号だけは少しも回復しない。

b. 第 2 週 (自 2 月 9 日～至 2 月 15 日)

試験群…ほとんど全部に軽度の体毛黄色着色が認められた。全体として食欲元気共に良好で一部に見られた抜毛も少くなり盛んに動き回る。17 号のアテローゼ様変化は依然として続いている。

対照群…食欲元気共に良好であるが週末頃より足裏に浮腫を生じ歩行に際して後足がのこる感がありやや動きが緩慢である。6 号の抜毛は続いている。甚だ軽度の体毛黄色着色あり。

要 約…体重食欲元気共に両群間にほとんど差がないが対照群の足裏に浮腫が生じたため、動きがやや緩慢である。体毛の黄色着色は試験群の方が著明である。

c. 第 3 週 (自 2 月 16 日～至 2 月 22 日)

試験群…体毛の黄色着色はやや薄れ元気食欲共に良好である。17 号の変化は依然として続いている。

対照群…食欲元気やや悪く足裏の浮腫のため運動はさらに不活発となる。ことに 19 号は元気がなく毛艶も損じられて毛穴がふいてる感である。

要 約…3 週に至って試験群は元気良好なるに比して対照群は一般に元気がなく、動きも緩慢で病的な感がするが体重の差はほとんどなし。これは浮腫の影響かも知れない。

d. 第 4 週 (自 2 月 23 日～至 3 月 1 日)

試験群…食欲元気共に甚だ良好である。17 号は相変わらずである。

対照群…食欲は割に良くなり餌を余すことはないが運動状態はほとんど全部が悪く毛艶も悪く籠の隅にいたことが多くて動きがたがねように見える。

要 約…第 3 週の状態と大差なし。

e. 第 5 週 (自 3 月 2 日～至 3 月 8 日)

試験群…食欲元気共に甚だ良好で盛んに動き回る。17 号は相変わらずである。

対照群…第 4 週時の状態で続く。週末に 3 号が両眼結膜炎を起し眼脂のため充分に開眼せず。

要 約…第 4 週時と大差なし。3 号の眼疾患は付属病院眼科に診察を請うたが角膜には潰瘍など認められず、結膜炎と診断さる。

f. 第 6 週 (自 3 月 9 日～至 3 月 15 日)

試験群…食欲元気共に旺盛。17 号は相変わらずである。

対照群…食欲は比較的に良いが前両足で餌粒をは



さんで食べるのが大儀らしく口で餌を散乱させながら食べる。運動は甚だ緩慢となり隅にうずくまり、とくに13号、3号は甚だしい。毛艶も悪い。3号の眼疾は続く。

要 約…佝僂病の骨変化によるためか前両足で餌粒をはさんで食べる習性が対照群ではあまり行われず、毛艶も悪く皮膚の色も蒼白色だが試験群の方はまったく元気で盛んに動き回り餌粒も前両足ではさんで食べ毛艶、皮膚色も良い。

g. 第7週(自3月16日～至3月22日)

試験群…食欲元気共に旺盛。17号は相変わらずであるが食欲はある。

対照群…第6週の状態はますます顕著となる。3号の眼疾に続いて1号も両眼に同じような変化を起す。

要 約…第6週時より試験群、対照群の良否の差ますます顕著となる。

h. 第8週(自3月23日～至3月29日)

試験群…食欲元気共に旺盛。17号は相変わらずアテローゼ様状態であるが元気は良く餌もときどき残すが概して良く食べ、体重も他とほとんど変らぬ。

対照群…1号、5号、3号、13号、19号など巢籠の隅にうずくまって動かず食欲も不振でしばしば残し、ことに13号は週末に至って遂に斃死す。3号、1号の眼疾は依然として続いている。

要 約…さらに両群の差甚だしくレントゲン写真成績と総合して考察し、予期の成績を得たと思えるので実験を終了とした。

## (2) 飼育状態観察の総括

実験開始後2週間にして徐々に試験群、対照群の差異が現われ始めてきた。すなわち試験群においては一部の例外(17号)を除いて食欲元気共に良好で盛んに巢籠の中を動き回り餌粒を両前肢ではさんで食べ毛艶、皮膚色も良く日を経るにしたがってますます正常な発育を遂げていった。

他方対照群においては2週終頃より足蹠に浮腫を生じ、ために動きが緩慢となりこれは3週、4週とますます顕著となった。皮膚色、毛艶も悪く餌粒を両前肢ではさんで食べることが段々困難となり、遂には籠の隅にうずくまって動かず、なかには眼疾をおこすものもあり食欲も段々不振となり佝僂病徴候が著明となっていった。ただ体重だけは両者の間にほとんど差異がないがこれは対照群に浮腫傾向があったためかも知れずまた食欲が対照群においても比較的終りまで存したため今後差異が明らかとなるのかも知れない。

## イ. レントゲン写真による両後肢骨の観察所見

### (1) 正常および佝僂病骨のレントゲン写真について

#### a. 正常骨のレ線像

正常な骨においてはその化骨機序が順調に進み石灰沈着も良好なために狭小平滑な骨端軟骨、軟骨縁に沿う繊細な石灰帯とそのレ線像も明確で骨幹側は正しく石灰沈着線に達している。そして骨皮質も増強されて急速にその厚さを増してくる。

#### b. 佝僂病骨のレ線像

佝僂病に罹患した骨はまず骨幹端の明確に区画されておるべき骨幹石灰沈着線が不規則かつ朦朧として不鮮明な帯状陰影に変化すると共にその幅が著しく増大する。

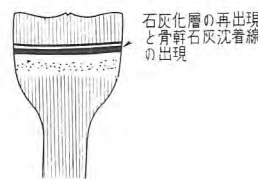
### (1) 正常骨端像



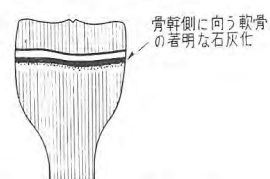
### (2) 佝僂病最盛期



### (3) 佝僂病治癒の初期



### (4) 佝僂病治癒の末期



4 図 正常骨および佝僂病のレントゲン像模型図

Fig. 4. Model of X-ray image of normal bones and those suffering from rickets.

(石灰沈着不良のため) ときにはその帯状陰影に所々断裂を認めたり盃状の陥凹をしたりすることがある。最盛期には類骨組織の著明な異常増生によって骨幹端は三味線撥状に拡がりその限界も漠然朦朧としている。(4図参照)

## (2) 実験経過中間と終了時に検査した本実験動物の骨レ線像所見

実験の中間においては各群より2匹ずつ経過観察のために写真撮って調べ実験開始時と終了時には全部の写真撮った。

### a. 第2週末におけるレ線像所見

試験群(20号)写真により明らかなとおり骨幹端部骨端部の境が狭小平滑で石灰沈着良好なため陰影も濃い。

対照群(1号) 骨端部骨幹端部の境が試験群と比較して著明な程開いてはおらず陰影もくずれてはいないが石灰沈着が阻害されてやや薄い。

### b. 第4週末におけるレ線像所見

試験群(20号) 両骨端部の境は著しく狭小平滑で石灰沈着も良好、陰影も濃い。

対照群(1号) 両骨端部の境は多開し陰影は朦朧として骨幹端部は三味線撥状に拡がっている。佝僂病罹患と診断される。

### c. 実験終了時におけるレ線像所見

試験群の10匹全部が正常な骨発育を遂げ両骨端部の境も狭小平滑で骨陰影も濃く類骨組織の異常増生による骨幹端部拡張も認められなかった。

対照群10匹全部佝僂病に罹患した。その程度には差異があるが全体として両骨端部は多開陰影は淡くかつ朦朧、類骨組織の異常増生による骨幹端部の三味線撥状に拡がりなど定型的な佝僂病レ線像を示すものが多い。

佝僂病骨の構造については病理組織所見の部に述べる。

## ウ. 骨灰分測定による観察

骨を脱脂乾燥してこれを秤量しおき、さらにこれを灰化して灰分を秤量する。この灰分の重量と脱脂乾燥骨の重量からその灰分の重量を差引いた値との比を求める。これを佝僂病係数と称する。その値の大小をもって佝僂



3 表 骨灰分測定法による佝僂病罹患度

	ラッテ番号	骨生鮮重 (g)	脱脂骨乾重 (g)	骨灰分量 (g)	佝僂病係数	判 定
試験群	17 号	0.6123	0.3323	0.1698	1.04	健康に近い
	20 号	0.6211	0.3266	0.1639	1.00	健康に近い
対照群	13 号	0.5947	0.2598	0.1177	0.83	患
	14 号	0.5995	0.3178	0.1530	0.92	患

病罹患の有無を検した。

本実験ではつぎの治療試験のため4匹だけを屠殺してその右後肢を使用した。

注 佝僂病係数 =  $A/R$

$A$  = 脱脂乾骨重量 - 灰分重量

$R$  = 灰分重量

この値が1より大であれば健常、これが1より小であれば罹患とする。

本実験成績では2表に示すように試験群では平均1.02で健康と判定され対照群では平均0.87で罹患と判定される。(3表参照)

### エ. 病理組織標本による観察

これも骨灰分測定のとくに用いた4匹すなわち13号、

4 表 各臓器平均重量 (g)

臓器	群別	試験群	対照群
心	臓	1.0	1.1
肺	臓	1.2	1.4
胃	臓	1.1	1.1
脾	臓	0.4	0.5
肝	臓	9.8	5.6
右腎	臓	0.9	1.0
左腎	臓	0.9	0.8

14号、20号および17号に

ついて内臓標本および各部

位骨脱灰標本を作製し検索

を進めているが結論を出す

には尚時日を要するのでこ

こには各臓器平均重量と骨

脱灰標本の写真図および説明とを記し詳細は後日別に発

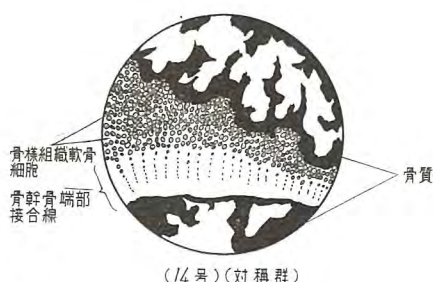
表する予定である。

a. 各臓器の平均重量は4表に示すとおりである。

b. 骨病理組織標本による所見

右上腿骨を縦割して脱灰後ヘマトキシリンエオジン染色をなして鏡検した。写真図およびその説明は5図に明らかなように試験群(20号)は健常な骨構造を示し対照群(14号)は佝僂病骨構造を示している。

### 補 健常骨と佝僂病骨の構造について



5 図 a. 佝僂病骨顕微鏡標本写真図

骨幹骨端間部の骨様組織が増殖し骨幹骨端が異常に成長し軟骨細胞が充満す。そして骨幹、骨端部の接合線が乱れる。

注 左大腿骨脱灰後ヘマトキシリンエオジン染色

Fig. 5. Microscopic model of bones attacked with rickets.



5 図 b. 健康骨顕微鏡標本写真図

骨幹骨端間部接合線が整然として軟骨細胞の異常な増殖もなく骨質へ移行する。

注 左大腿骨脱灰後ヘマトキシリンエオジン染色

Microscopic model of healthy bone.

### a. 正常骨の構造

まず骨端の軟骨細胞が膨大して軟骨の増殖帯を作りこの骨幹側の端の細胞間質中に石灰が沈着していわゆる仮石灰化区を形成する。この石灰化区と成長する骨幹との境界線は輪郭が明瞭である。この石灰化された被膜を骨髓腔から進入した毛細血管が貫いて血液が軟骨細胞を溶解しつぎつぎと進むが、一方その間にも軟骨細胞はつぎつぎに生じてくるのでこの状態はほとんどつねに一定に保たれている。

血管と共に骨髓から伸びてきた造骨細胞は石灰化された細胞間質の骨腔に入り周囲に骨様組織を作りこれに石灰塩おもに磷酸石灰が沈着して速かに硬骨になる。この過程を繰返す訳である。

### b. 佝僂病骨の構造

佝僂病に罹患した場合の骨においては軟骨の細胞間質に石灰塩が沈着しないので仮石灰化区は形成されない。

軟骨の増殖帯は或る所では存続し或る所では骨幹の血管から軟骨中に不規則に入り込んでくる毛細血管に破壊されるために骨端と骨幹の接合線が非常に乱れて長い舌状や島状の軟骨が遊離して残っている。

そして骨様組織

が形成されても石

灰塩が沈着せぬた

めに骨に剛性がな

く動物はこの弱さ

を補うために骨様

組織を過剰に作る

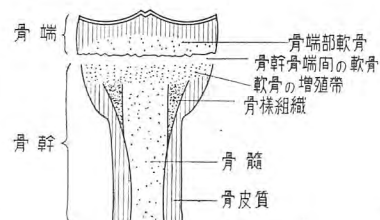
が骨は補強されな

いで骨端はいたず

らに膨大する。

骨幹の端は異常に成長するためいわゆる佝僂病性骨端中節が形成されるがこれは結締組織、骨様組織、骨髓要素、血管および骨様物質に変性しつつある軟骨細胞から

成っている。(6図参照)



6 図 骨端部断面模型図

Fig. 6. Model of the erass section of bone end.

## 5. む す び

マッカラム佝僂病発生飼料をもって飼育した白鼠について三菱電機株式会社製健康燈を照射したものと、しないものについて飼育状態の観察、レントゲンによる骨観察、骨灰分測定、病理解剖学的観察をもって判定するに上記健康燈には佝僂病予防能力がきわめて顕著なことが明らかとなった。

なお残生白鼠について行った治療実験成績は次報にゆずる。



## その2 とくに螢光健康燈の佝僂病治療効果について

### 1. ま え が き

さきに三菱電機株式会社製健康燈による佝僂病の予防に関する実験的研究を白鼠につき実施し、その顕著なる抗佝僂病性を証明したがここにはその実験に用いた同一白鼠について行った治療実験およびその他の総合成績を報告する。

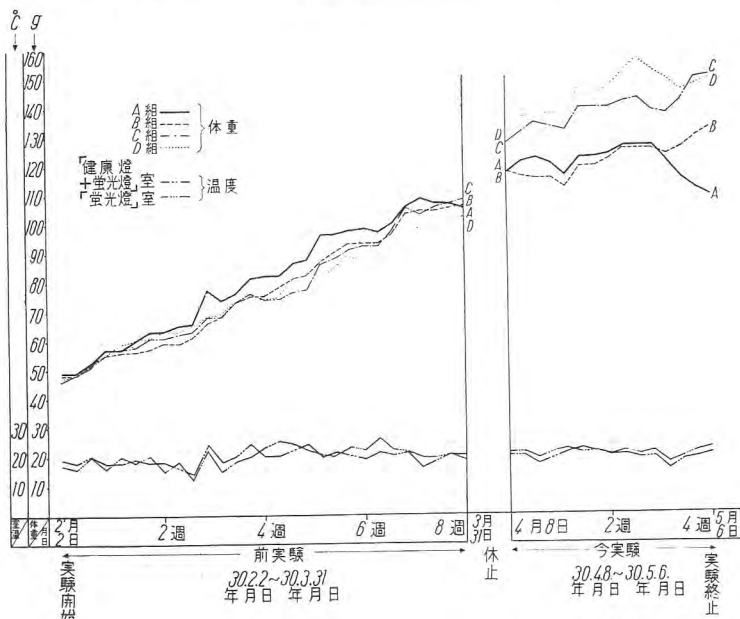
### 2. 実験方法

予防実験に使用した白鼠 20 匹のうち 13, 14, 17 および 20 号は中間成績を知るために屠殺した。残りの 16 匹を今実験に使用するためにつぎの如く組分けした。すなわち前実験における「螢光燈」照射の対照群を A 組と B 組に分け「健康燈+螢光燈」照射の試験群を C 組と D 組に分け各組 4 匹ずつとした。A 組と C 組は前回実験を継続させその経過を観察した。B 組と D 組につき新実験を行った。B 組は今迄の「螢光燈」照射の実験室から「健康燈+螢光燈」照射の実験室へ移して佝僂病に罹患した白鼠が治癒傾向を示すや否やを検し、D 組は今迄の「健康燈+螢光燈」照射の実験室から「螢光燈」照射のみの実験室に移して健常なる白鼠が佝僂病に罹患するや否やを検することにした。

実験日数は約 1 ヶ月間とし飼育場所、飼料、照射時間などすべて前実験と同一にした。

1 表 実験様式

組分け	白鼠番号	前 実 験	今 実 験
A 組	3 号 5 号	螢光燈照射 (罹病試験)	螢光燈照射 (罹病試験)
	10 号 16 号	健康燈+螢光燈照射 (罹病試験)	健康燈+螢光燈照射 (治療試験)
B 組	1 号 6 号	螢光燈照射 (罹病試験)	健康燈+螢光燈照射 (予防試験)
	8 号 18 号	健康燈+螢光燈照射 (予防試験)	螢光燈照射 (罹病試験)
C 組	2 号 4 号	健康燈+螢光燈照射 (予防試験)	健康燈+螢光燈照射 (予防試験)
	7 号 12 号	健康燈+螢光燈照射 (予防試験)	健康燈+螢光燈照射 (予防試験)
D 組	9 号 11 号	健康燈+螢光燈照射 (予防試験)	健康燈+螢光燈照射 (予防試験)
	15 号 18 号	健康燈+螢光燈照射 (予防試験)	健康燈+螢光燈照射 (予防試験)



1 図 全実験期間を通じたラットの体重および室温曲線  
(自 30 年 2 月 2 日 至 30 年 5 月 6 日)

Fig. 1. Curves showing the weight of rats throughout the experimental period and curves of room temperature

### 3. 判定方法

今実験の判定方法は以下のとおりである。

- (1) 飼育状態観察
- (2) レントゲン写真による両後肢骨観察
- (3) ラインテスト (Line test) による観察
- (4) 骨灰分測定による観察
- (5) 病理組織標本による観察

### 4. 実験成績

#### ア. 飼育状態観察所見

被検動物の体重の増減および飼育時の室温は 1 図に示した。

##### (1) 各週における白鼠の飼育状態

##### a. 第 1 週 (自 4 月 8 日～至 4 月 14 日)

A 組…5 号と 16 号は元気がなく食欲も悪く運動不活発にして巣籠の隅にうずくまり、餌を両前肢の間にはきんで食べる習性も少なくことに 5 号は脱毛も多くとくに背部に著しい。3 号と 10 号は上記 2 匹に比べれば食欲元気共に割に良好だが動作はにぶく毛艶も悪い。

B 組…1 号と 19 号は共に元気がなく食欲も悪く動き回らず巣籠の隅にうずくまりとくに 1 号は背部に脱毛が著しく右眼に結膜炎を認めた。8 号と 6 号も上記 2 匹と大差はないが食欲などはやや良好である。毛艶は 4 匹共悪い。

C 組…4 匹共に食欲元気良好。

D 組…4 匹共に食欲元気良好。

要約…第 1 週経過においては体重に A, B 組と C, D 組の間に若干の差異を認めたが A と B 組, C と D 組の間には差異は認められなかった。

##### b. 第 2 週 (自 4 月 15 日～至 4 月 21 日)

A 組…3 号と 5 号は依然として元気食欲共になく体毛も汚れ 5 号は抜毛続く。便も軟く不消化が多い。10 号と 16 号も大差なく全体として段々弱ってくる傾向である。

B 組…1 号の右眼結膜炎続き、脱毛も依然として続く。19 号, 8 号, 6 号も食欲元気共にあまり良くなく A 組と外観上ほとんど変わらない。

C 組…食欲元気共に良好。

D 組…食欲元気共に良好で C 組と変らぬ。

要約…第 1 週と大差ない。

##### c. 第 3 週 (自 4 月 22 日～至 4 月 28 日)

A 組…5 号の抜毛はやや治癒に赴くも 10 号が抜毛著しくなる。全体に食欲不振、元気がなく隅にうずくまって第 2 週時より外観上ますます弱ってきた感である。

B 組…1 号の結膜炎はなお続いているが抜毛は少くなり、全体に A 組よりわずかに食欲元気共に出てきた感じであるがまだ外観上はほとんど変わらない。

C 組…食欲元気共に良好

D 組…15 号下痢便、食欲元気がないが他は良好に経過す。

要約…A 組と B 組との間にわずかながら差異が認められるようになってきた。すなわち A 組は前週に比しますますます衰弱が増してくるのに対して B 組は食欲など少しく良好となり前週よりや



や好転の兆しが現われてきた。C組とD組との間には15号を除いてはほとんど差異が認められない。

d. 第4週(自4月29日～至5月5日)

A組…10号, 5号抜毛多し。全体に食欲元気まったく不振, 体重は減少し体毛は汚れ生存を危ぶまれるに至る。

B組…1号, 19号はまだ食欲元気共に良好とはいえない。1号の眼疾はやや軽快に赴く。全体にはA組より体重も増し元気も徐々に良くなるが毛艶は良くない。

C組…食欲元気共に旺盛。

D組…15号回復。全体に食欲元気旺盛。

要約…A組とB組は体重食欲および外観上かなりの差が現われてきた。すなわちA組は体重食欲など次第に下降線を辿り生存を危ぶまれるに至ったのに対してB組の一般状態はさきの予防実験当時よりとくに目立った程の回復はないが体重もわずかながらも上昇線を示し食欲もだんだん出てきた。C組とD組との間にはなんらの差異も認められなかった。

## (2) 飼育状態観察の総括

約1ヵ月間の実験であるがA組とB組との間には第3週頃より差異が現われてきた。すなわち1図に見る如く平均体重は最大20gもの開きがで、食欲元気などもA組は減弱の一途を辿りB組は徐々に良好となりかなりの幅を生じてきた。体毛の艶などは両者あまり変りはないが動作はA組は第4週頃には隅にうずくまったままほとんど動かないが、B組は餌をやる時などことに良く動くようになった。

C組とD組との差は白鼠が成熟しているためかほとんど全経過を通じて差異は認められなかった。実験終了時の各白鼠の外観は普通写真に示すようである。

## イ. レントゲン写真による両後肢骨の観察所見

別に作製したレントゲン写真一揃え(8～12頁)に見られるように、

A組…石灰化がほとんど阻害され後肢骨の骨端間隙は著しく多開し陰影淡く朦朧としてほとんど破壊寸前の如き観を呈している。

B組…健康燈により治癒傾向をおびてきたもので両骨端部は新たに石灰沈着が行われ始め陰影も徐々に濃くなり前実験において多開した骨端間隙を埋めつつある。

C組…骨端部その他まったく健全な骨影像である。

D組…ほとんどC組と変わらず正常である。

以上通観するにレントゲン写真においてA組とB組の差異は認められたけれどもC組とD組の差異は認められなかった。

## ウ. ラインテスト(Line Test)による観察

本検査法は佝僂病治療試験の判定法であるのでB組について実施した。

測定理論は動物が佝僂病に罹患すると正常な骨組織の発育が阻害され、骨様組織もしくは軟骨組織が異常増殖をするのでこれが治癒に向った時に現われる最初の徴候はその細胞間質に石灰がどんどん沈着してくることである。これをあらかじめ縦に割った骨(主に大腿骨を用いる)を硝酸銀で処理して光に曝して見るときその長軸に直角に黒線となって現われるのでこの程度によって判定をするのである。

成績 8号のほかは不明瞭で総じて治癒傾向もまだ強

くないと思われる。

1号…(±)  
8号…(+) 注(+)…治癒したもの  
19号…(±) (一)…治癒せぬもの  
6号…(±) (±)…いずれとも判定し難きもの

## エ. 骨灰分測定による観察

測定方法は本研究の予防実験の部に詳述したが成績は2表に示した。

判定結果はA組は平均0.68で重症佝僂病罹患、B組は平均1.15で佝僂病治癒傾向、C組は平均1.55で健全、

2表 骨灰分測定法による佝僂病罹患度

	ラッテ番号	骨生鮮重(g)	脱脂骨乾重(g)	骨灰分重(g)	佝僂病係数	判定
A組	引続き14週間健康燈のみで飼育したものの3号	0.4090	0.1756	0.0755	0.75	患
	5号	0.3739	0.1575	0.0657	0.71	患
	10号	0.4504	0.1543	0.0479	0.45	患
	16号	0.7325	0.2955	0.1318	0.81	患
B組	約10週間健康燈で飼育した後約4週間健康燈照射をしたものの1号	0.4957	0.2446	0.1311	1.15	治
	6号	0.6243	0.3308	0.1746	1.12	治
	8号	0.5310	0.2503	0.1328	1.13	治
	19号	0.5926	0.2824	0.1542	1.20	治
C組	引続き14週間健康燈下で飼育したものの2号	0.8465	0.4664	0.2891	1.63	健
	4号	0.8557	0.5131	0.3207	1.67	健
	7号	0.4909	0.2441	0.1435	1.42	健
	12号	1.0210	0.5659	0.3404	1.50	健
D組	約10週間健康燈下で飼育した後約4週間健康燈照射をしたものの9号	0.7156	0.4032	0.2327	1.36	健
	11号	0.5431	0.2877	0.1624	1.29	健
	15号	0.7922	0.4521	0.2710	1.49	健
	18号	0.6970	0.4380	0.2622	1.49	健

D組も平均1.41で健全である。

要約…本測定法においてもA組とB組との差異は甚しかったがC組とD組の間にはあまり差異は認められなかった。

## オ. 病理組織標本による観察

内臓標本および各部位の骨脱灰標本を作製して検索を進めているが結論を出すにはなお時日を要するので他日別に発表する予定である。

## 5. むすび

佝僂病に罹患した白鼠としからざるものにつき三菱電機株式会社製健康燈の佝僂病治療試験を試み飼育状態、骨レントゲン写真像、骨ラインテスト、骨灰分測定、病理解剖学的観察をもって判定するに上記健康燈には佝僂病治療力も存することが明らかとなった。なお眼に対する作用も白内障や角膜潰瘍などの如き重症眼疾患は現われずとくに憂うべき程の害はないと思われる。

以上の研究成績に鑑み三菱電機株式会社製健康燈はその佝僂病予防効果および治療効果につき確実に有効でありまた過剰の紫外線につき顧慮すべき有害性もないようであるがなお厳密なる研究を足立が続行中である。

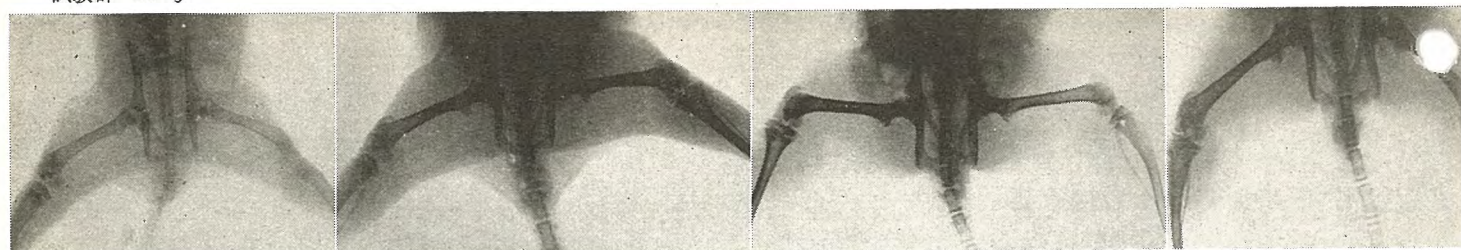
本研究に対しご協力下さった三菱電機株式会社研究所、同大船工場、国立栄養研究所、本学放射線教室、解剖教室生化学教室および病理学教室各位に深謝する。



【その 1】 とくに健康燈の佝僂病予防効果について

実験白鼠の後肢レ線像

試験群 20 号



実験前  
30年1月20日 実験直前に撮影

骨端部は骨未成熟の  
為 化骨機転完成せず広い  
正常レ線像

実験中間  
約2週間「健康燈+蛍光燈」照射直後  
(30年2月26日 撮影)

骨端間隙狭し (正常)  
石灰沈着良好 陰影濃し  
正常骨レ線像

実験中間  
約4週間「健康燈+蛍光燈」照射直後  
(30年3月2日 撮影)

骨端間隙狭し (正常)  
石灰沈着良好 陰影濃し  
正常骨レ線像

実験後  
約8週間「健康燈+蛍光燈」照射直後  
(30年3月31日 撮影)

骨端間隙狭し (正常)  
石灰沈着良好 陰影濃し  
正常骨レ線像

試験群 2 号

試験群 11 号



実験前  
30年1月20日 実験直前に撮影

骨端部は骨未成熟  
の為 化骨機転完成  
せず広い  
正常骨レ線像

実験後  
約8週間「健康燈+蛍光燈」照射直後  
(30年3月31日 撮影)

骨端間隙閉鎖  
石灰沈着良好 陰影濃し  
正常骨レ線像

試験群 12 号



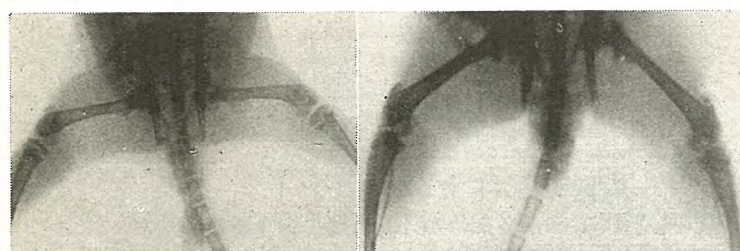
実験前  
30年1月20日 実験直前に撮影

骨端部は骨未成熟の為  
化骨機転完成せず広い  
正常骨レ線像

実験後  
約8週間「健康燈+蛍光燈」照射直後  
(30年3月31日 撮影)

骨端間隙狭し (正常)  
石灰沈着良好 陰影濃し  
正常骨レ線像

対照群 3 号

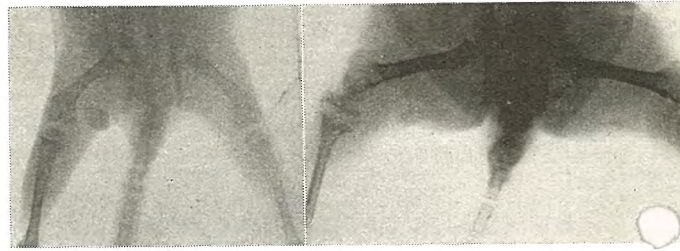


実験前  
30年1月20日 実験直前に撮影

骨端部は骨未成熟の  
為 化骨機転完成せず広い  
正常骨レ線像

実験後  
約8週間「健康燈+蛍光燈」照射直後  
(30年3月31日 撮影)

骨端間隙狭し (正常)  
石灰沈着良好 陰影濃し  
正常骨レ線像



実験前  
30年1月20日 実験直前に撮影

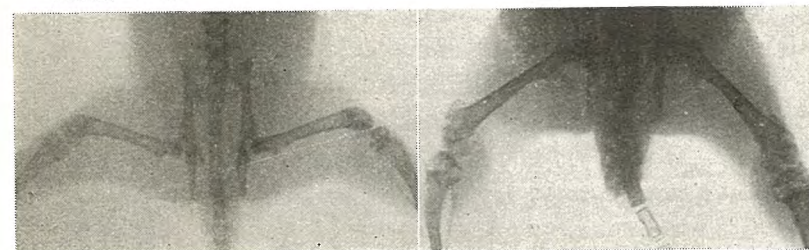
骨端部は骨未成熟の  
ため 化骨機転完成せず  
広い  
正常レ線像

実験後 (佝僂病罹患)  
約8週間「蛍光燈」照射直後  
(30年3月31日 撮影)

骨端間隙広 (異常)  
骨幹部部圧潰像  
(化骨不十分軟弱のため)  
佝僂病罹患中期

対照群 8 号

対照群 5 号

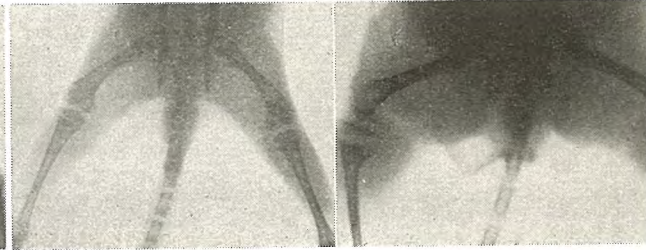


実験前  
30年1月20日 実験直前に撮影

骨端部は骨未成熟のため  
化骨機転完成せず広い  
正常骨レ線像

実験後 (佝僂病罹患)  
約8週間「蛍光燈」照射直後  
(30年3月31日 撮影)

骨端間隙広 (異常)  
骨幹部部圧潰像  
(化骨不十分軟弱のため)  
佝僂病罹患中期



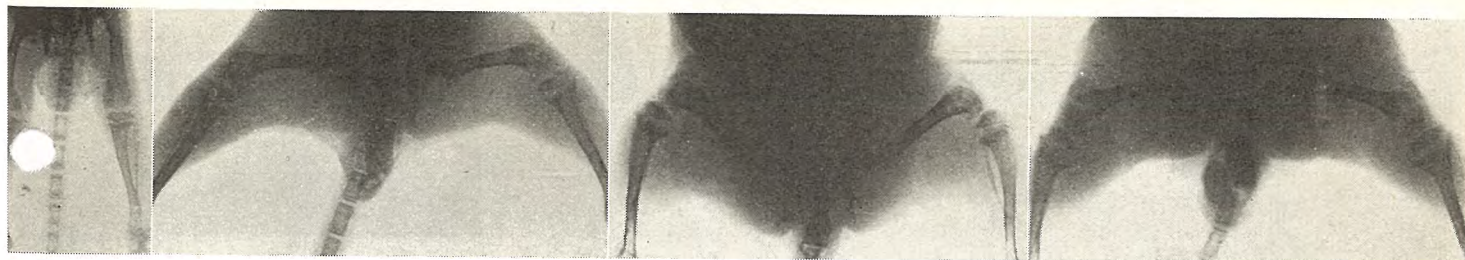
実験前  
30年1月20日 実験直前に撮影

骨端部は骨完成熟の  
ため 化骨機転完成せ  
ず広い  
正常骨レ線像

実験後 (佝僂病罹患)  
約8週間「蛍光燈」照射直後  
(30年3月31日 撮影)

骨端間隙広 (異常)  
骨幹部部圧潰像  
(化骨不十分軟弱のため)  
佝僂病罹患中期





実験前  
30年1月20日  
実験直前に撮影

実験中  
約2週間「螢光燈」照射直後  
(30年2月26日 撮影)

実験中  
約4週間「螢光燈」照射直後  
(30年3月2日 撮影)

実験後  
約8週間「螢光燈」照射直後  
(30年3月31日 撮影)

骨端部は骨未成熟のため化骨機転完成せず広い正常骨線像

骨端間隙広 (異常)  
骨幹端部圧潰像 (化骨不十分軟弱のため)  
佝僂病罹患初期

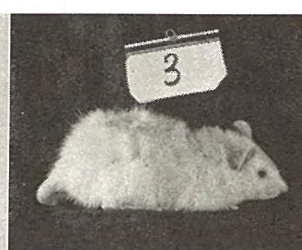
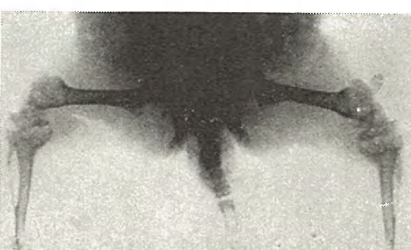
骨端間隙広 (異常)  
骨幹端部圧潰像 (化骨不十分軟弱のため)  
佝僂病罹患初期

骨端間隙広 (異常)  
骨幹端部圧潰像 (化骨不十分軟弱のため)  
佝僂病罹患中期

## 【その2】 とくに健康燈の佝僂病治療効果について

## 実験ラットの後肢レ線像

A組 3号

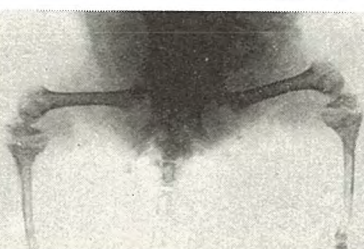


前実験  
約8週間「螢光燈」照射直後  
(30年3月31日 撮影)  
骨幹端間隙広 (異常)  
骨幹端部圧潰像 (化骨不十分軟弱のため)  
佝僂病罹患中期

今実験  
約8週間「螢光燈」照射後  
引続き約4週間普通螢光燈照射直後  
(30年5月6日 撮影)  
骨幹端間隙広 (異常)  
骨幹端部圧潰像 (化骨不十分軟弱、石灰沈着不良のため骨影極端に淡し)  
佝僂病最盛期

今実験  
今実験終了時状態写真  
(30年5月6日 撮影)  
毛艶悪く汚れ、体は貧弱で体毛逆立っている 元氣食欲共になし

A組 5号

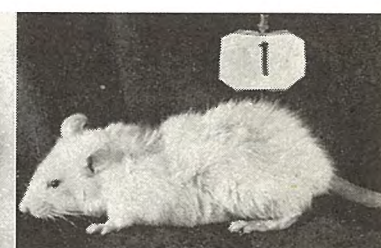
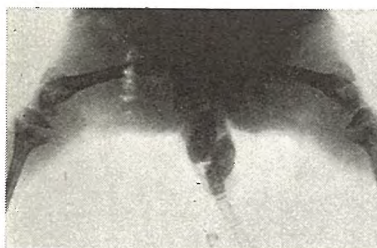


前実験  
約8週間「螢光燈」照射直後  
(30年3月31日 撮影)  
骨幹端間隙広 (異常)  
骨幹端部圧潰像 (化骨不十分軟弱のため)  
佝僂病罹患中期

今実験  
約8週間「螢光燈」照射後  
引続き約4週間普通螢光燈照射直後  
(30年5月6日 撮影)  
骨幹端間隙広 (異常)  
骨幹端部圧潰像 (化骨不十分軟弱、石灰沈着不良のため骨影極端に淡し)  
佝僂病最盛期

今実験  
今実験終了時状態写真  
(30年5月6日 撮影)  
毛艶悪く汚れ、体は貧弱で体毛逆立っている 元氣食欲共になし

B組 1号



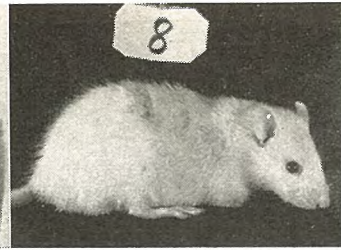
前実験  
約8週間「螢光燈」照射直後  
(30年3月31日 撮影)  
骨幹端間隙広 (異常)  
骨幹端部圧潰像 (化骨不十分軟弱のため)  
佝僂病罹患中期

今実験  
約8週間「螢光燈」照射後  
約4週間健康燈照射直後  
(30年5月6日 撮影)  
骨端間隙狭し (治療)  
骨幹端部陰影濃し (石灰沈着再び盛となるため)  
佝僂病治療像

今実験  
今実験終了時状態写真  
(30年5月6日 撮影)  
毛艶、汚れ、中等度毛が逆立っているが元氣食欲やや可良となり体重も増しつつある



B 組 8 号



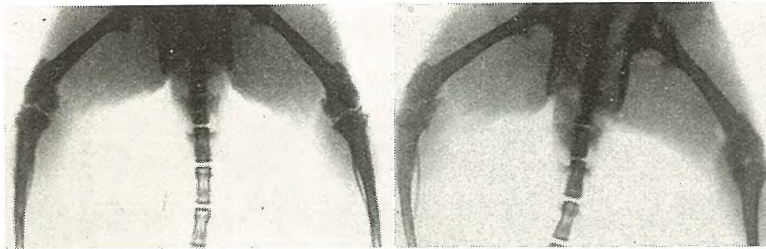
前 実 験  
約 8 週間「益光燈」照射直後  
(30 年 3 月 31 日 撮影)  
骨幹骨端間隙広 (異常)  
骨幹端部圧潰像  
(化骨不充分軟弱のため)  
佝僂病罹患中期

今 実 験  
約 8 週間「益光燈」照射後  
約 4 週間「健康燈」照射直後  
(30 年 5 月 6 日 撮影)  
骨端間隙狭し (治癒像)  
骨幹端部陰影濃し  
(石灰沈着再び盛となるため)  
佝僂病治癒像

今 実 験  
今実験終了時状態写真  
(30 年 5 月 6 日 撮影)

毛艶汚れ中等度体毛も少し逆立っている  
が元気食欲やや可良となり体重も増しつ  
つある

C 組 2 号



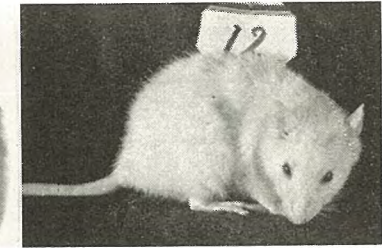
前 実 験  
約 8 週間「健康燈」照射直後  
(30 年 3 月 31 日 撮影)  
骨端間隙狭し (正常)  
石灰沈着良好、陰影濃し  
正常骨レ線像

今 実 験  
約 8 週間「健康燈」照射後  
引続き約 4 週間「健康燈」照射直後  
(30 年 5 月 6 日 撮影)  
骨端間隙閉鎖 (正常)  
石灰沈着良好、陰影濃し  
正常骨レ線像

今 実 験  
今実験終了時状態写真  
(30 年 5 月 6 日 撮影)

毛艶良く体重も増え元気旺盛

C 組 12 号



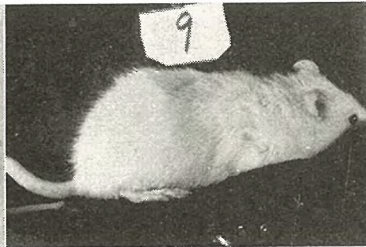
前 実 験  
約 8 週間「健康燈」照射直後  
(30 年 3 月 31 日 撮影)  
骨端間隙狭し (正常)  
石灰沈着良好、骨陰影濃し  
正常骨レ線像

今 実 験  
約 8 週間「健康燈」照射後  
引続き約 4 週間「健康燈」照射直後  
(30 年 5 月 6 日 撮影)  
骨端間隙閉鎖 (正常)  
石灰沈着良好、陰影濃し  
正常骨レ線像

今 実 験  
今実験終了時状態写真  
(30 年 5 月 6 日 撮影)

毛艶良く体重も増え元気旺盛

D 組 9 号



前 実 験  
約 8 週間「健康燈」照射直後  
(30 年 3 月 31 日 撮影)  
骨端間隙閉鎖 (正常)  
石灰沈着良好、陰影濃し  
正常骨レ線像

今 実 験  
約 8 週間「健康燈」照射後  
約 4 週間「益光燈」照射直後  
(30 年 5 月 6 日 撮影)  
骨端間隙閉鎖 (正常)  
石灰沈着良好、陰影濃し  
正常骨レ線像

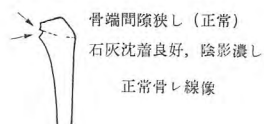
今 実 験  
今実験終了時状態写真  
(30 年 5 月 6 日 撮影)

毛艶良く体重も増え元気旺盛

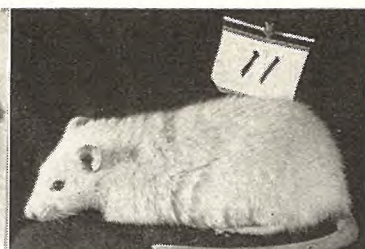
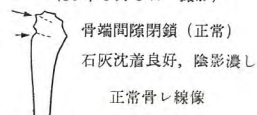




前 実 験  
約 8 週間「健康燈」照射直後  
(30 年 3 月 31 日 撮影)



今 実 験  
約 8 週間「健康燈」照射後  
約 4 週間「螢光燈」照射直後  
(30 年 5 月 6 日 撮影)



今 実 験  
今実験終了時状態写真  
(30 年 5 月 6 日 撮影)  
毛艶良く体重も増え元気旺盛

## 三菱 螢 光 健 康 ラ ン プ

三菱螢光健康ランプは太陽の健康線(ドルノ線)に等しい波長  $3,000 \text{ \AA}$  付近の紫外線を出す螢光ランプの一種であって、眼に有害な  $2,800 \text{ \AA}$  以下の波長の紫外線をカットして外部に出さない特殊な紫外線透過ガラスに特殊螢光体を使用したものである。社会活動が次第に屋外よりも屋内でなされることが多くなり、ことに都会では毎日ほとんど日光に浴する機会のない屋内作業者が増加してくるとき、この種のランプの重要性はいよいよ増してきた。本ランプの照射を受けると皮膚が赤くなり(紅斑作用)、体内でエルゴステリンからビタミン D を生成し、その結果、佝僂病を予防および治療し、カルシウムや磷等の鉱物質の代謝を促進し、保健上重要である。

本ランプの構造および点燈方式は一般照明用螢光ラン

プと同様であるが、取付器具の反射がさは紫外線の反射を良好にするため、イルミナイト製が望ましい。事務所、工場、病院、学校、保育所、一般家庭など、さらに無窓工場、地下室、あるいは晴天の少い雪国地方での健康維持に大いに期待される。なお眼に有害な紫外線は極力除去してあるので、近距離で長時間直視することは好ましくないが、2m 以上離れるか、短時間ならば差支えない。

三菱 螢 光 健 康 ラ ン プ 定 格

型 名	大 き さ (W)	長 さ (mm)	管 径 (mm)	ラ ン プ 電 流 (A)	定 格 電 圧 (V)	健康線出力 (E-Viton)
FL-20E	20	580	38	0.36	100	45,000
FL-40E	40	1,198	38	0.42	200	100,000



# 三菱不燃性合成油“ダイヤクロール”とそれを用いた変圧器および蓄電器

伊丹製作所 南角英男\*・神谷友清\*\*

## Mitsubishi Noninflammable Synthetic Oil “Diaclor” and Transformers and Capacitors Filled with It.

Itami Works Hideo NANKAKU・Tomokiyo KAMIYA

Among the latest achievements of our company is found “Diaclor”, synthetic noninflammable, nonexplosive insulating and cooling liquid which has many excellent characteristics.

It will take the place of mineral oil, yet free from fire hazard, and is very fitting to transformers and capacitors to be installed in a substation situated indoor or any other place where the safety is the prime requisite.

Diaclor is identical with “Inerteen” developed by Westinghouse that has an established reputation for the past scores of years. It is not only noninflammable but also is of high permeability and high dielectric strength.

Its chemical stability is also worthy of mention.

In using it to the electrical machines requiring insulation oil, however, some modifications in the design are inevitable.

It will not be long before this novel product supersedes the mineral oil to be used for transformers and capacitors of special installation.

### 1. ま え が き

画期的なシリコンの発明による H 種乾式絶縁変圧器の実現は、電気機器の不燃化ということに対する関心をよび起し、これに伴って不燃性合成油使用の機器も漸くわが国で実用されるようになった。

従来の鉱油に代る不燃性合成油は、すでに欧米において 30 年の歴史をもち、一例を米国にとっても合成油入変圧器の製作実績は 1 千万 kVA を突破したといわれ、また電力用蓄電器はほとんどすべて合成油含浸に切換えられている実情である。

わが国においても、研究は各社とも戦前から行われ、また Inerteen (米 W.H. 社) Pyranol (米 G.E. 社) Aroclor (米 Monsanto 社) Clopher (独 Bayer 社) 等の商品名あるいは Askarel という総称で広く知られていたものであるが、何分原材料の高値と入手難のため興味も少く、わが国での実用性が疑問視され、引続いて起った戦争による悪条件も加わって遂に中断を余儀なくされて最近に至ったのであるが、機器不燃化の呼声にうながされ乾式変圧器に引続いて着々と普及の趨勢にあることは喜ばしい限りである。

当社においても戦後研究を再開し、提携会社米国 Westinghouse 電機会社の Inerteen と同等品として新に“ダイヤクロール”と命名し、各種の変圧器、計器用変成器電力用蓄電器を多数製作納入を完了し、乾式変圧器と共に不燃性電機品に新しい機種を加えることがで

きたので、ここにご紹介申し上げる次第である。

### 2. 不燃性合成油

従来、変圧器や蓄電器は一部の例外を除き、ほとんどすべてのものが、鉱油を絶縁含浸用として用いてきた。いうまでもなく鉱油は絶縁耐力が高く冷却作用が良好でしかも安価なため、絶縁用含浸用として最適なもので今後とも需要は多いのであるが、何分可燃性爆発性を有し、事故時引火爆発の危険をつねに包蔵しているわけで、とくに人口や重要機器の密集している箇所の屋内設備としては保安上適切さを欠き、つねに防火の対策準備を必要とするものである。不燃性あるいは乾式機器の使用が強く要望されるに至ったことは、この点から当然の成行である。乾式変圧器は保守も簡単で不燃性という見地からは理想に近いが、何分現在の段階ではとくに比較的高電圧小容量器において高価であるため、不燃性合成油使用器もまた、大いに利用価値が存することになる。

不燃性油は合成油であるのでいろいろのものが考えられて来、今度もこの研究は続けられると思われるが、特性および価格の点で現在広く一般に用いられているのはジフェニールやベンゾールに塩素を添加して得られる塩素化合成油であり、とくにそれ自体難燃性で、その蒸気あるいは分解生成物が難燃かつ非爆発性のものとして、塩素量が水素量に等しい五塩化ジフェニールおよび三塩化ベンゾールが主として実用され、現在では各社とも大体この点では一致してきたようである。

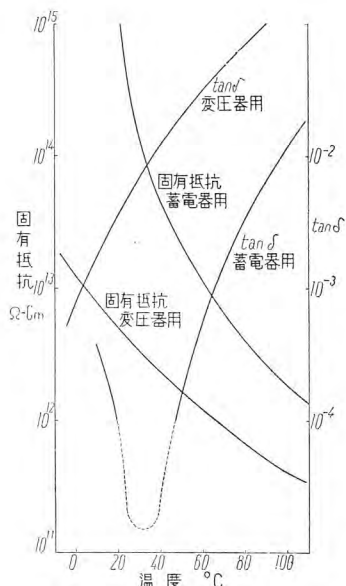


ジフェニールに塩素を加え塩化ジフェニールを製造する場合、塩化の程度により一塩化より十塩化ジフェニールに至る各種の異性体ができ、塩素化の程度および分溜により希望の塩化度のものが得られるわけであるが、電気的に利用されるのは三〜六塩化ジフェニールであり、おのおの異った特性を有し目的に応じ各社の方針に応じ使い分けられる。

戦後、合成油の研究再開に際し各社とも最初はおのおの関係外国製造会社より輸入して使用したが、鐘淵化学工業株式会社において昨年より国産化に成功し、当社においても同社の協力を得、当社仕様による同社製造品について輸入品と比較検討を行った結果、特性は同等以上との結論が得られたので今後国産品を積極的に使用してゆく方針である。

1 表 “ダイヤクロール” の特性

種 類	蓄電器用	変圧器用	鉱油 (JIS-C-2320-1 号)
特 性			
比重	1.47 (100°C/4°C)	1.56 (15°C/4°C)	0.92 (15°C/4°C)
色 APHA	75 以下	100 以下	—
粘度 (レッドウッド, 秒)			
	470 (50°C)	83 (20°C)	96 以下 (30°C)
	70 (75°C)	32 (75°C)	39 以下 (75°C)
	41 (98°C)	—	—
流動点	10°C	-32°C 以下	-27.5°C なし
引火点	なし	なし	135°C
屈折率 25°C	1.6380	1.6140	—
酸価 (mg KOH/gr)	0.010 以下	0.014 以下	0.02 以下
固有抵抗 (100°C/52 cm)	$5 \times 10^{11}$	$10^{11}$	$10^{14}$
誘電率 (100°C)	4.35	4.0	(2.3)
$\tan \delta$ (100°C)	3% 以下	10% 以下	(1% 以下)
絶縁耐力 (50 ~ 2.5 m)	50 kV	45 kV	35 kV

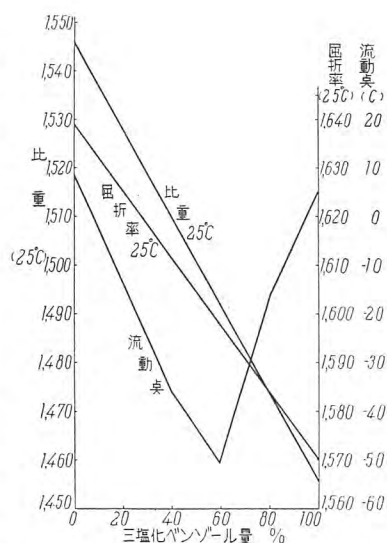


1 図 ダイヤクロールの特性  
固有抵抗  $\tan \delta$  の温度特性  
Fig. 1. Characteristic curves of Diaclor, specific resistance and temperature.

### 3. 三菱合成油 “ダイヤクロール” の特性

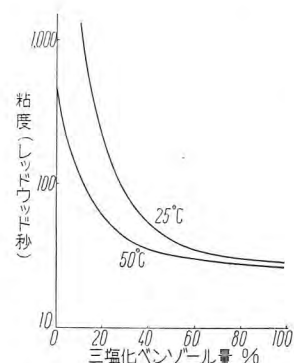
三菱合成油“ダイヤクロール (Diaclor)” は 30 年の歴史を有する米国 W. H. 社製商品名 “Inerteen” と同一仕様品であり、蓄電器用と変圧器用に分れており、特性の一例は 1 表および 1 図に示すとおりである。

蓄電器用“ダイヤクロール”は電気的特性のよい五塩化ジフェニールを主体と



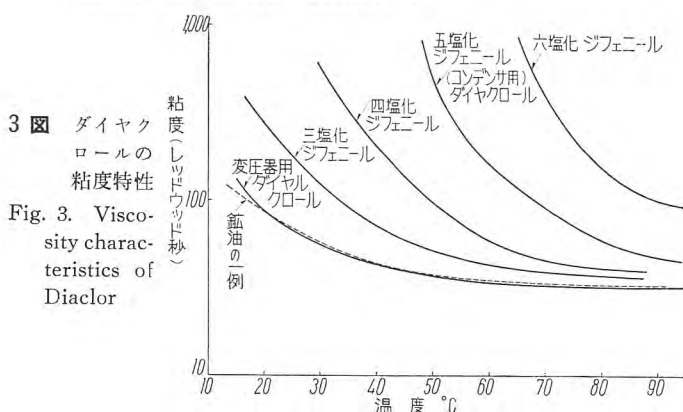
2 図 (a) 五塩化ジフェニールと三塩化ベンゾールの混合による物理的性質変化線曲

Fig. 2. (a) Physical properties of the mixture of diphenyl pentachloride and benzene trichloride.



2 図 (b) 五塩化ジフェニールと三塩化ベンゾールの混合による粘度変化曲線

Fig. 2. (b) Viscosity of the mixture of diphenyl pentachloride and benzene trichloride.



3 図 ダイヤクロールの粘度特性  
Fig. 3. Viscosity characteristics of Diaclor

し、常温では粘調の液体である。直流蓄電器に使用するばあいには、複雑な化学変化により電極材料であるアルミ箔を腐食せしめることが米国の研究により知られこれを防ぐため添加剤を加えることが行われている。変圧器用は蓄電器用と異り、絶縁のほかに冷却作用を良好にしなければならないので、粘調の五塩化または六塩化ジフェニールに、粘度の低い三塩化ベンゾールを適量混入し、従来の鉱油と同程度の粘度と流動点をもたせている。一例として五塩化ジフェニールに三塩化ベンゾールを混合した場合の粘度や流動点の変化の状況を、三塩化ベンゾールの混入率%に対して示したのを 2 図 (a) (b) に示すが、このように合成油はある程度自由にその特性を調整できるのである。このように三塩化ベンゾールを適量混入し当社独特の塩化水素反応抑制用添加剤を加えたものが変圧器用“ダイヤクロール”であり、その粘度特性を 3 図に示すように鉱油とほぼ同じである。なお添加剤の効果については近く発表の予定である。

“ダイヤクロール”の実用上の特性は下記のような諸点が挙げられる。

(1) 難燃性である。



2 表 “ダイヤクロール”の分解無成ガス（一例）

%	蓄電器用	変圧器用	鉱油
塩化水素	99	97.5	0
窒素	0.5	1.4	9
炭酸ガス	0.1	0.6	2
一酸化炭素	0	0.25	0
不飽和炭化水素	0	0.25	3
飽和炭化水素	0.4	0	16
水	0	0	10
	0	0	60

電弧等にさらされたとき発生する分解生成物は2表のように鉱油と異り大半が塩化水素ガスであるので難燃かつ非爆発性である。

(2) 誘電率が大きくかつ絶縁耐力が高い。

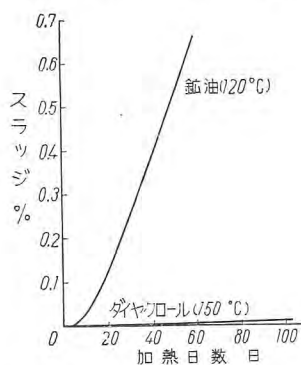
誘電率は鉱油の約2倍であり変圧器や蓄電器の絶縁物の誘電率に近い。このことは油隙と固体絶縁物との交互配置で構成される変圧器等に好都合で電界分布は均等に近くなり、絶縁耐力の高い固体絶縁物が鉱油の場合より以上に絶縁を分担することになり好都合である。

蓄電器のように繊維質絶縁物に含浸した場合の複合誘電率は使用する絶縁材料や構造により異なるが鉱油の場合に比べて30~50%増加し、このことは蓄電器単位kVA当りの容積が減少することになり経済的に有利ともなる。また蓄電器のような強電界の下において鉱油に生ずるような有害な生成物がなく寿命も増大するといわれる。さらに液それ自体の絶縁耐力も鉱油より20~30%高い。

(3) 化学的に安定である。

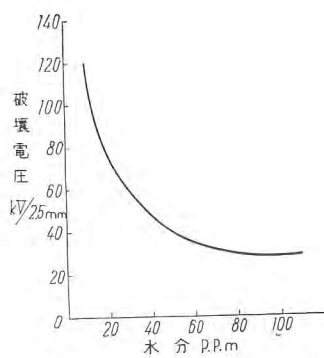
空気と接し加熱しても酸化変質せず、酸化生成物、スラッジ等使用上有害な不純物が生じないので鉱油よりはるかに化学的に安定であり、劣化が少い。4図は“ダイヤクロール”の化学的安定性の一例である。

“ダイヤクロール”は一定の組成を有する合成油であり、取扱いさえ誤まらなければ取扱い保存中の酸化による劣化もないので品質管理上好都合であり、通常特性試験のほかには色や比重、屈折率等も有力な検査資料として用いられ、つねに一定の品質が保証されるのである。



4 図 加熱によるスラッジ生成量比較

Fig. 4. Comparison of the amount of sludge by heating.



5 図 水分による破壊電圧曲線

Fig. 5. Break-down voltage curve due to moisture.

上述のように“ダイヤクロール”は従来の鉱油に比べて種々の優れた特長を有しているが、有機物に対する溶解力が強いので取扱いには特別の注意が必要な面もある。溶解された不純物は多かれ少かれ特性の低下を来し、また湿気の混入も鉱油の場合と同様5図のように絶縁耐力の低下となって表われるから容器や使用材料、取扱いには充分注意を要し、とくに鉱油との共用はさげなければならない。

“ダイヤクロール”の製造方法や詳細な化学特性は本文の目的ではないので割愛し、次項以下に“ダイヤクロール”を用いた変圧器および蓄電器の構造と取扱いについて述べて見たいと思う。

## 4. 不燃性“ダイヤクロール”変圧器

### ア. 使用材料

前述したように変圧器用“ダイヤクロール”は粘度および凝固点等は従来使用されてきた鉱油と同一になるように調節されており、熱伝導率や熱容量、膨脹係数等もほとんど大差がないので変圧器として構成や大きさには大きな差異はない。しかし有機物に対する溶解力が強いので、副材料として用いられる絶縁材料、ワニス類、接着剤、積層板、バックング材料、防錆塗料（とくに内面塗装用）等は耐ダイヤクロール性の強いもの、溶解しても無害のものを厳選して使用しなければならないので従来の鉱油使用変圧器とは材料的に非常に趣きを異にし、従来のままの設計のものをそのまま“ダイヤクロール”に入替えることは危険であり不可能である。当社では“ダイヤクロール”変圧器の使用材料に対しては“ダイヤクロール”に対する影響を多岐にわたり徹底的に調査検討しもっとも影響の少ない特殊な材料を選定して使用している。

しかしいづれにしても有機材料は多少共“ダイヤクロール”に影響等を与えるので、使用は最少限度に留める方がよい。たとえばバックング等は合成ゴムバックングでも、“ダイヤクロール”により膨潤し弾性を失うので可能な限り全溶接として常時油面下にあるやむをえない箇所は特殊なものを使用する。コイル等はワニス処理を全く行わない。鉄心絶縁は特別な考慮を払っている。

3 表 “ダイヤクロール”用プレスボードの特性

変圧器用ダイヤクロール 500 cc 中にプレスボードサンプル 50 gr を入れ 100°C 3 日間加熱後の特性

測定項目	温度 °C	力率 $\tan \delta \%$	固有抵抗 $\rho \times 10^{10} \Omega \text{ cm}$
試料			
ダイヤクロールのみ	23	3.8	122.4
	53	9.5	41
	98	40 以上	9.47
ダイヤクロール+ 特製プレスボード	23	4.0	154
	53	10.2	45.2
	98	40 以上	13
ダイヤクロール+ 鉱油用プレスボード	21	5.0	60.6
	51	12.8	19.3
	100	40 以上	6.33



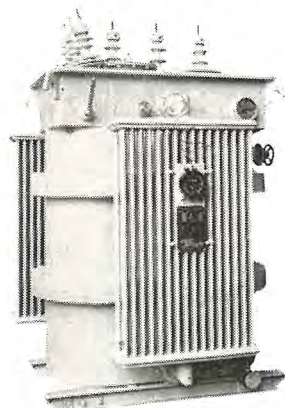
繊維質絶縁材料そのものは“ダイクロール”に浸されないので色素その他の不純物のあるものは同様溶解されて特性を低下せしめるので注意を要する。3表は当社特選のプレスボードと、従来の鉱油用プレスボードの耐ダイクロール性の比較データであるが、当社“ダイクロール”変圧器使用材料の一端をうかがうこともできると思う。

繊維質絶縁材料はまた、“ダイクロール”中の微量の遊離塩素とその結果生じた塩化水素や塩酸により長年月の使用中に抗張力が低下することも認められるが、当社“ダイクロール”は反応速度抑制用添加剤に混入してあるので、この点の心配はない。

金属材料はほとんどすべてのものが使用可能であるが、その塩素化合物の導電性のものは使用を極力さけることも必要な注意の1つである。

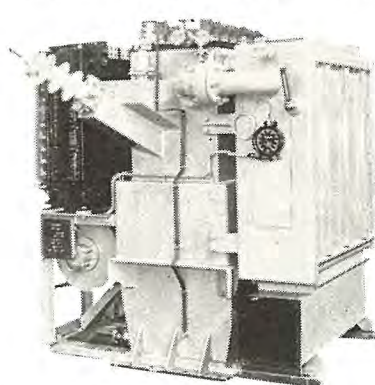
## 1. 構造

“ダイクロール”は常温においてはほとんど蒸発しないが、高温においては三塩化ベンゼルの蒸気圧が五塩化ジフェニールのそれに比べて低いため組成が変化



6 図 ダイクロール変圧器  
単相 500 kVA 11/3.45 kV  
50 c/s 完全密閉式

Fig. 6. “Diaclor” transformer  
single phase 500 kVA.



7 図 ダイクロール変圧器  
単相 1,510 kVA 22 kV/810~90 V  
50 c/s 外鉄型送油風冷, 完全密閉可搬  
式交流イグナイトロン電気車用

Fig. 7. “Diaclor” transformer  
single phase 1,510 kVA.



8 図 ダイクロール計器用変圧器(コンパクト型)  
単相 33,000/  
 $\sqrt{3}/110/\sqrt{3}$   
/110/3 V 60 c/s  
FH-3 X 型

Fig. 8. “Diaclor”  
instrument  
transformer.

し、その結果粘度が変化することが考えられる。また、“ダイクロール”は吸湿したばあい、鉱油と異なり水より比重が重いので水分は油面附近の上部にあつまる。混度が上昇すれば一部は蒸発し好都合のようであるが、一部の飽和した蒸気は“ダイクロール”の循環と共に下部の温度の低い部分に循環するので、その部分で過飽和となり水滴を分離する。この水滴は油中を上昇する間にコイルや鉄心に付着し絶縁耐力を低下せしめるに至るので吸湿も極力防がなければならない。また“ダイクロール”の蒸気は刺激臭を有し、長期間にわたって多量吸入することは生理上好しくない。以上の諸点を考え

ると“ダイクロール”の構造としてもっとも望ましいものは完全密閉式であり、これは米独いずれの文献においても推奨しているものである。

当社で現在までに製作したものはすべて完全密閉式を採用して万全を期している。6図は内鉄型自冷式の一例であるが、この変圧器はカバーはいうまでもなく放熱器もすべて溶接し現地まで組立輸送を行った。7図は外鉄型送油風冷式の一例である。この変圧器はフォームフィット型で外形寸法および油量が非常に少なくなっておりイグナイトロン式交流電気機関車内に設置された。“ダイクロール”は現在の段階では鉱油に比べ価格が相当高いので油量の節約は非常に重要となる。

8図は計器用変圧器の一例で節油型となっており、在来のタンク型、碍子型に比べ非常に小型である。

“ダイクロール”変圧器は万一の事故に際し放圧弁より塩化水素を発生することは前述のとおりであるが、この対策としてはとくに屋内設備のばあい、放圧弁よりの排気を室外へ放出せしめるため煙突様のものを取りつけるか、塩化水素を完全に吸収せしめるガス吸収装置を取りつけることにより簡単に解決できる。後者は容積が嵩むので前者を用いる方が簡単であるが、これは設置箇所の状況により決定され当社ではいづれでも取付けることにしている。

変圧器の遠方制御用として油中の塩化水素をHCl継電器により検出し配電盤に警報を発することもできる。

## (3) 変圧器用“ダイクロール”の取扱い

“ダイクロール”は取扱いには熟練と慎重な注意が必要であるが、当社製“ダイクロール”変圧器は完全密封を建前とし、できるだけ完全組立輸送を行って現地での取扱いを不要としているので、化学的安定性と相まって劣化もほとんどなく、取扱いおよび保守は従来の変圧器と同様な定期点検のほかはほとんど必要としないようになっている。

ている。

“ダイクロール”をもし現地で取扱う必要が生じたばあいは製造者に相談すればよいが、室の換気をよくし長期間連続的に多量に吸入しなければ恐れる程のものではない。

“ダイクロール”は油とよく混合し、混合した場合これを分離することは実用上不可能である。このばあい不燃性という特質が失われるわけであるので、容器その他の器具は鉱油との共用はしない方がよく、やむをえないばあいには、ガソリンまたはベンジンで充分洗浄し乾燥したものを用いなければならない。

“ダイクロール”変圧器の蓋をあけるばあい、変圧器の油温が外気より低い時は“ダイクロール”は吸湿し汗をかくので、油温が外気より5度以上低い時は蓋をあけてはならない。ドラム罐等ではあらかじめ多少加熱しておく等の注意が望ましい。



“ダイヤクロール”の再生は現場では設備もなく困難なのが普通であるが、水分や容器内のゴミ、スケール等は炉過機で取除ける。ただしこれも鉱油の時使用した炉過機を用いてならないのはいうまでもない。事故により塩化水素が発生し変色したものは炉過機のみでは再生不可能で、白土処理を併用しなければならない。したがってこれは製造会社へ返送する以外、設備のない現地では不可能であるが、当社の小型設備を持参すれば現地で行うこともできる。

事故の場合、変圧器内には塩化水素が充満し、油中にも相当量浮遊しているが、これは下部炉過弁より窒素ガスを注入し泡立てれば取り除ける。

“ダイヤクロール”は他社製の同種の合成油との混合使用は可能であるが、一応製造元へ照合するのが安全である。鉱油との混入は不燃性を害うので望ましくない。

“ダイヤクロール”の試験は鉱油と同様に検油弁より採取の試料の絶縁耐力を測定すれば行えるが、耐圧 25 kV 以下ならば再生を考えなければならない。“ダイヤクロール”の比重が重いので、劣化は油上面より行われ検油弁は上部に取りつけてあるが、“ダイヤクロール”は溶解力が強く汚染による特性の変化が大きいので試料採取には十分な注意が必要であり、また前述したように外気より油温が低いときは吸湿するので見合せなければならない。試験容器はガラスまたは碍子製でガソリンやベンジンで充分洗浄し乾燥したものを用いなければならない。



9 図 ダイヤクロール蓄電器  
単相 1,700 V 28  $\mu$ F (25 kVA) 50 c/s  
交流回路用 (イグナイ トロン電気車)

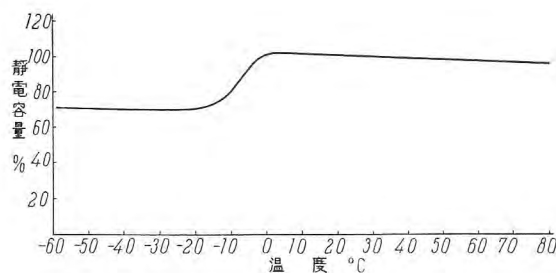
Fig. 9. “Diacolor” condenser for a-c filter circuit.

## 5. 不燃性“ダイヤクロール”蓄電器

### A. 使用材料と構造

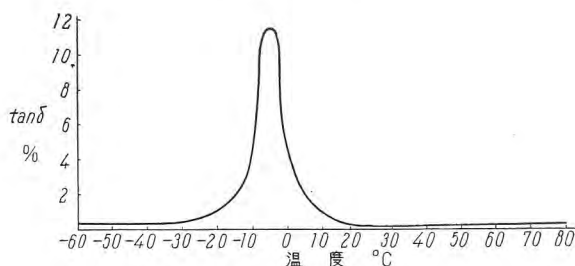
蓄電器用“ダイヤクロール”は粘度が高いので鉱油の場合のような単器型は不可能である。一方集合型は油量が多いので高価な“ダイヤクロール”を使用すれば價格的に問題とならない。結局、欧米で使用している小容量式にし、大容量器は多数を直列並列接続しそのまま架台上におくかまたは網箱やキュービクル内に収納にするのがもっとも経済的となる。米国の実状では、15 kVA または 25 kVA 60 c/s が現在の標準となっているが、当社では 16.7 kVA 50 c/s (20 kVA 60 c/s), 16.7 kVA 60 c/s 単相を標準として、ほとんど 50 kVA となるので 50 kVA 飛びの日本規格に対応せしめているが、将来は単器容量の増大を考えている。上記ユニットを必要量直並列相結線とし、とくに屋内用では網箱の中に収納することを標準としている。

蓄電器の容器は 9 図のように薄鋼板を使用とくに密封に注意して全溶接とし碍子もハンダ付して充分なリークテストを実施している。“ダイヤクロール”の価格は高いが、同一電位傾度としても kV 当りの容積が鉱油の場



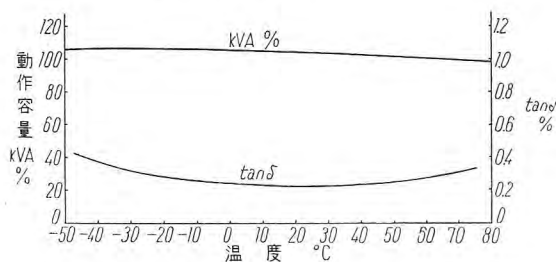
10 図 ダイヤクロール蓄電器静電容量温度特性  
初期静特性 商用周波

Fig. 10. Static capacity temperature characteristic of capacitors using Diacolor.



11 図 ダイヤクロール蓄電器  $\tan \delta$ -温度特性  
初期静特性 商用周波

Fig. 11.  $\tan \delta$  temperature characteristic of capacitor using Diacolor.



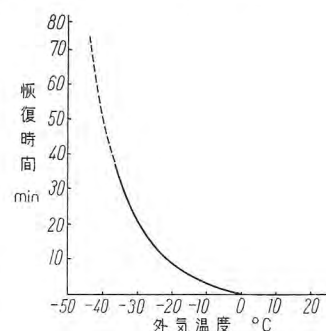
12 図 ダイヤクロール蓄電器動作特性

Fig. 12. Operation characteristic of Diacolor capacitor.

合の 2/3 になる上、油量を極力減少せしめているので、全体として鉱油に比べあまり高価とはならず、更に“ダイヤクロール”の価格が下れば順次安くなることも考えられる。

“ダイヤクロール”は現在の段階では鉱油に比べ、誘電体損失は高いので、絶縁紙としては鉱油の場合以上に誘電体損失  $\tan \delta$  の少い良好なものが望ましい。

しかし材料的には蓄電器の場合、変圧器のような物に問題になるような物は少く、“ダイヤクロール”の高度の精製と含浸が重要となる。絶縁紙の乾燥処理は鉱油の場合と多少



13 図 動作容量恢復時間の一例  
Fig. 13. Example of operation capacity recovery time.



異り特殊処理が必要となる。蓄電器用“ダイヤクロール”は粘度が高いので精製含浸はすべて加熱し粘度を下げた状態でやっている。

#### イ. “ダイヤクロール”蓄電器の特性

かくして精製含浸された“ダイヤクロール”蓄電器は、使用上は在来の鉱油とまったく同様であるが、幾多の特異な現象を示す。

まず静電容量の温度特性は絶縁紙により多少異なるが一例としては 10 図のように 0°C 以上には温度の上昇と共にわずかに下降するが、一方低温域において、急激に減少する範囲が生ずる。誘電体力率は常温においては鉱油とほぼ同様であるが、11 図の一例のように低温域で静電容量の転移点と同一温度部分で損失の異常増大部分が存在し極大点が存在する。ただし以上の低温域における異常現象はすべて蓄電器の初期静電特性で運転中の動特性においては、誘電体損失による温度上昇で蓄電器内部温度は上昇し、たとえ周囲温度が低い場合でも 12 図のようにほとんど変化は生じない。低温時の大きな損失は蓄電器を早急に運転温度に高めるためかえって有効である。なお、周囲温度が低い場合蓄電器が正常な温度に達する時間は寸法、構造により変るが一例を挙げれば 13 図の如くなる。

ただし、“ダイヤクロール”蓄電器を -20° 以下で投入するにあいには、絶縁破壊を生ずることがあるから注意を要する。わが国ではこのような厳寒地はあまり多くはないが、そのような所では、投入に際し蓄電器容器を予熱するような処置が必要となってくる。当社では厳寒地向用の“ダイヤクロール”蓄電器も近い将来開発予定であるが、現在の段階では上記の注意は必要となっている。

#### ウ. “ダイヤクロール”蓄電器取扱上の注意

“ダイヤクロール”蓄電器は完全密閉構造となっており、取扱上は従来の鉱油式の場合と同様で周囲温度が 40° 以上にならないように換気をよくする等の適当な配慮と定時点検などを必要とするだけである。ただし前述したように、厳寒地においてとくに -20° 以下で投入するにあいには注意を要する。変圧器と異り万一事故が発生すればその蓄電器は再生等で恢復する手段はないが、小容量式を採用しているので事故範囲は僅少である。

### 6. む す び

“ダイヤクロール”変圧器および蓄電器は不燃性安定性その他種々の特長を有し、とくに市街地や発電所の屋内設備や火災危険地帯用として最適である。4 表は“ダイヤクロール”変圧器および蓄電器の納入実績を示す。当社では今後共、市街地や発電所の屋内変圧器、

4 表 ダイヤクロール変圧器納入実績表

納入先	相数	周波数	容量	電 圧	台数	年月	摘 要
国鉄 (イグナイ トロンコ用)	1	50	kVA 1510	22 kV/810~90 V	1	30-9	外鉄型可 式送油風 式
“	1	50	P T	22 kV/110 V	1	30-8	タンク型
電源開発 (糖平 p/s)	3	50	500	11/3.45 kV	2	30-9	内鉄型自 式
“	1	50	P T	11 kV/110 V	13	30-8	コンパクト 型
関西電力 (神戸 港 s/s)	1	60	P T	$33/\sqrt{3}/110/\sqrt{3}/110/3$	7	30-8	“
東京電力 (角管 池袋 s/s)	3	50	25	3450/210-105 V	2	30-10	柱上型
“	3	50	P T	3300/110/110/3	2	30-9	タンク型
中国電力 (下松 s/s)	1	60	15	3450/210-105 V	1	30-12	柱上型
“	1	60	7.5	“	1	30-12	“
名古屋市電	1	60	50	“	3	製作中	“
“	1	60	30	“	18	“	“
“	1	60	20	“	3	“	“
“	1	60	10	“	10	“	“
関西電力 (椿原)	1	60	P T	13,200 V/110 V	7	“	コンパクト 型
“	1	60	P T	$\frac{13200}{\sqrt{3}}/110$ V	2	“	“

ダイヤクロール蓄電器製作実績表

国鉄 (イグナイ トロンコ用)	1	50	kVA 25	1700 V	36	30-9	単器型
鉄道会館	3	50	300	3300 V	1	製作中	集合型
“	“	“	200	“	1	“	“
“	“	“	100	“	1	“	“

計器用変成器等で乾式変圧器が経済的に不適当と認められる箇所は“ダイヤクロール”変圧器を製作してゆく方針である。

“ダイヤクロール”蓄電器も同様、現在の段階では屋内設備としてとくに不燃性を必要とする箇所、たとえばビル用、炭鉱用、電鉄変電所用、発電所のサージアブソーバ用に限定されるが、これは鉱油と異り幾多の特長もあり、経済的にも鉱油に比べてそう不利でなく、近い将来には世界の趨勢に応じてすべての蓄電器が“ダイヤクロール”式に切替えられることが期待される。

終りにのぞみ“ダイヤクロール”の開発には、鐘淵化学工業株式会社ならびに当社研究所、伊丹製作所技術部工作部の各関係者のご協力にまつことが多大であり、関係者各位に紙上厚く御礼申上げる次第である。



# 自動負荷選択遮断装置

神戸製作所 堀 謙 二 郎\*

## Automatic Load Selective Interrupting Devices

Kobe Works Kenjiro HORI

In a private power generating system delivering power in parallel operation with another system, when the power supply is interrupted from the latter, the former is sometimes unable to continue satisfying the load demand—especially so if the latter is of much larger capacity. The moment the parallel running is interrupted, the private system is instantly destroyed by losing the generator stability. To this system, however, are often connected important machines which under no circumstances should be stopped. Consequently the system must be maintained uninterrupted feeding power to the loads of primary consideration within the limit of its generating capacity by cutting off less important ones.

Automatic selective interrupting devices thus come to be in need. Of a variety of apparatus built for the purpose, one delivered to Tokushima Works of the Toho Rayon Company is described herein.

### 1. ま え が き

異系統との並行運転により電力の需給を行う自家発電負荷系統において、異系統との並列が遮断された際自家発電による電力は負荷の要求電力を満足できずに系統の運転維持ができない場合がある。ことに自家発電電力に比し異系統からの電力供給が大きい場合には並列が断たれるや否や、発電機は急速に安定度を破壊され自家発電系統は瞬時にして壊滅するものである。一方自家発電系統には往々にして瞬時といえども運転停止の許されない機器もありまたこれら機器間においても、その重要度に応じて自ら軽重度合に差別がある。したがって上記のような異系統からの電力が遮断された場合には、その時の自家発電電力に応じた重要負荷のみを残し他は直に遮断することが必要である。このような目的を達するために、最近数種の自動負荷選択遮断装置を製作し満足すべき結果を得たのでここにその概要を述べ、とくに東邦レーヨン徳島工場に納入のものについて詳説することとする。

### 2. 選択遮断方式の種類

上記のような系統における自動負荷選択遮断保護方式としてつぎの3方式がある。

- (1) 発生電力記憶方式
- (2) 不足電力記憶方式
- (3) 周波数降下による保護方式

第1の方式は異系統側停電時に、あらかじめ記憶された自家発電側発生電力量に等しい負荷を残して、残りの負荷を切りはなす方式である。

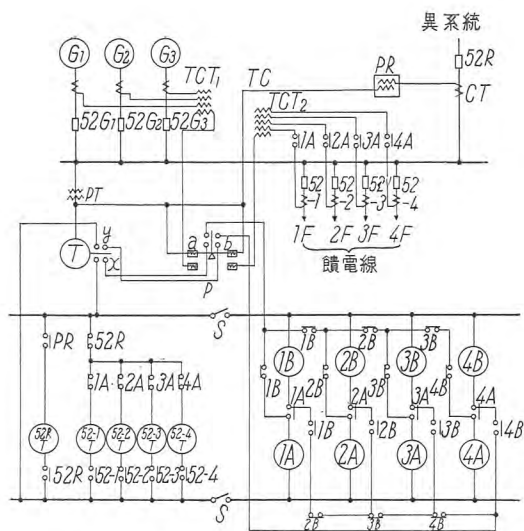
第2の方式は異系統側停電時にあらかじめ記憶された異系統側の供給電力量に相等する負荷を切りはなす方式である。

第3の方式は異系統側停電により、自家発電系統の周波数が降下するのを利用して周波数が回復する迄負荷を切りはなす方式である。

#### ア. 発生電力記憶方式

1 図は本方式を説明するための接続図であって図中  $G_1 \cdot G_2 \cdot G_3$  は自家発電用発電機、 $52R$  は異系統（買電）との連絡用遮断器、 $1F \cdot 2F \cdot 3F \cdot 4F$  は饋電線でこの番号順に重要度の高いことを示している（すなわち  $1F$  がもっとも重要な饋電線である）。 $52-1 \cdot 52-2 \cdot 52-3 \cdot 52-4$  は饋電線  $1F \cdot 2F \cdot 3F \cdot 4F$  を開閉する遮断器、 $52RT \cdot 52-1T \cdot 52-2T \cdot 52-3T \cdot 52-4T$  は遮断器  $52R \cdot 52-1 \cdot 52-2 \cdot 52-3 \cdot 52-4$  の引外線輪、 $TCT_1 \cdot TCT_2$  は総合変成器で  $TCT_1$  は発電機回路の CT により、 $TCT_2$  は饋電線回路の CT により付勢されそれぞれ発電機および CT の接続されている饋電線の全電流に比例した2次電流を発生する。 $P$  は発電機側および負荷側の電力の差に応動する電力平衡継電器で発電機側電力が饋電線側電力に比し大なる時は接点  $a$  を、小なる時には接点  $b$  を閉じるもの、 $T$  は間歇継電器で適当な時間的間隔を置いて接点  $X$  および  $Y$  を交互に閉じるものとする。 $1A \cdot 2A \cdot 3A \cdot 4A$  および  $1B \cdot 2B \cdot 3B \cdot 4B$  は選択記録継電器群で、スイッチ  $S$  が閉じられた時は  $P$  が  $a$  接点を閉じているから、 $T$  が  $X$  を閉じた時  $1A$  が付勢され  $1F$  (最重要饋電線) の CT 2次回路は  $TCT_2$  に接続され  $P$  の右側電力要素に  $1F$  回路の電力に比例した電磁力を発生する。その後  $X$  が接点を開けば  $1B$  が付勢され、つぎに  $2A$  を動作させ得る条件を完成する。自家発電電力が  $1F$  回路の電力よりも大きければ  $P$  は引続き接点  $a$  を閉じているからつぎに  $X$  が閉じた時  $2A$  を付勢し  $2F$  回路の CT を接続する。かくして自家発電側発生電力と平衡すべき饋電線 CT を接続し終る迄、順次同じ動作が行われる。





1 図 発生電力記憶方式

Fig. 1. The memorizing method of generating power.

つぎにこのような平衡状態から自家発側発生電力量が減少するか、あるいは選択された饋電線の全電力量が増大して発生電力を上回った時は  $P$  は接点  $b$  を閉じる。いまかりに  $3F$  回路まで選択された後にかかる状態が起ったものとするれば、 $T$  が  $Y$  接点を閉じた時  $3A$  を短絡消勢し  $3F$  の  $CT$  回路を  $TCT_2$  から切り離す。 $3A$  が消勢された後  $Y$  が開けば  $3B$  も消勢される。なお接点  $b$  が閉じたままならば  $2F$  回路の  $CT$  も同様にして  $TCT_2$  から切りはなされる。この動作は  $P$  が平衡状態に達する迄継続されることは上の場合と同じである。以上説明したように本装置はつねに自家発側発生電力に匹敵する重要饋電線回路を選択記憶しているから、 $52R$  が遮断して異系統との連絡が断たれるや否や発生電力を超過する非重要回路を遮断し得る。しかるに発電電力ならびに饋電線の数には有限でありかつ饋電線を選択により電力平衡継電器にかかる負荷側電磁力は段階的に増減するのであるから最終選択点においては選択解除を交互に繰返すことになる。したがって異系統側が停電すれば、場合によっては自家発電電力が不足することも考えられるが、計画の当初において発電電力の実際上の変遷を勘案の上饋電線数と 1 饋電線の最大負荷を適当に選べば異系統との連絡が断たれて非重要回路を遮断した後も発電機が周波数を若干低下すれば運転を継続できる。もちろん原動機に出力調整の能力があればこの心配はないわけである。なお上述のように  $TCT$  を用いて電気的に合成するもののほかに  $PT$  回路を切換えて機械的に合成する方法や、サーマルコンバータを用いることもできる。

以上を要約すると異系統との並行運転を行っている自家発電負荷系統において自家発電電力をもって賄い得る重要負荷群を電力平衡継電器と選択記録装置によりあらかじめ選定しておき、異系統との連絡が断たれるか、または断つ必要を生じたときは直ちにその時の発電機出力を超える非重要負荷群を遮断し自家発電系統を壊滅から防ぐのである。

## イ. 不足電力記憶方式

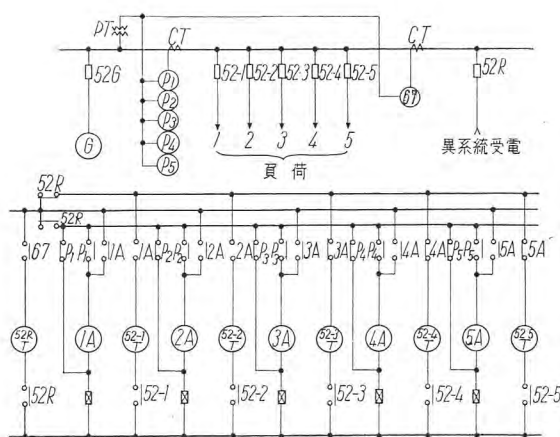
本方式においては前述の発生電力記憶方式とは逆に選択記録継電器群は重要度の低い順に負荷を選択して行き、異系統との連絡が断たれるかまたは断つ必要が生ずるや否や直ちに、あらかじめ選択されていた重要度の低い負荷群を遮断する。すなわち 1 図をかりて説明すれば発電機電力を総合する総合変成器  $TCT_1$  を異系統からの受電電力総合用に切り換え、各遮断器の引外し線輪の回路に含まれている  $1A \cdot 2A \cdot 3A \cdot 4A$  の接点は  $1A \cdot 2A \cdot 3A \cdot 4A$  が付勢された時に閉じる接点、すなわち  $b$  接点から  $a$  接点に変更すればその他は全く同一である。ただし  $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4$  は重要度の低い順位を表わすものとする。その動作要領は前述の発生電力記憶方式と全く同様である。すなわちいまかりに異系統からの受電電力が饋電線  $1F \cdot 2F$  の総合電力と平衡し、 $1A \cdot 2A$  によって  $1F \cdot 2F$  の  $CT$  回路が  $TCT_2$  の回路に接続されているものとするれば、 $52R$  が遮断されて異系統との連絡が断たれるや否や引外し線輪  $52-1T \cdot 52-2T$  が動作して饋電線  $1F \cdot 2F$  が遮断される。この時電力平衡継電器  $P$  に加えられていた電磁力は異系統からの受電電力と饋電線  $1F \cdot 2F$  の総合電力であるから、それだけ自家発側発生電力としては不足していたわけである。

## ウ. 周波数降下による保護方式

本方式はすでに述べたように異系統側の停電により自家発系統の周波数が降下するのを利用して一定時限を置いて順番に重要度の低い負荷から切りはなして行き系統の周波数が回復する迄負荷の遮断を継続するものである。ただし本方式は饋電線の遮断に時限を置くため自家発側発生電力量と異系統側受電電力量との割合や饋電線数等を考慮した上で適当な時限を整理することが必要であって、その適用範囲は比較的狭くむしろ上記 2 方式の補助的手段として使用される。

## エ. その他の方式

以上のほかに各饋電線負荷が時間的に変動すること少なくほぼ一定と見なされる時には、2 図に示すような簡単な方法で選択遮断を行うことも可能である。すなわち  $P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot P_5$  で示す一連の電力継電器を設け、



2 図 簡易方式

Fig. 2. The simple method.

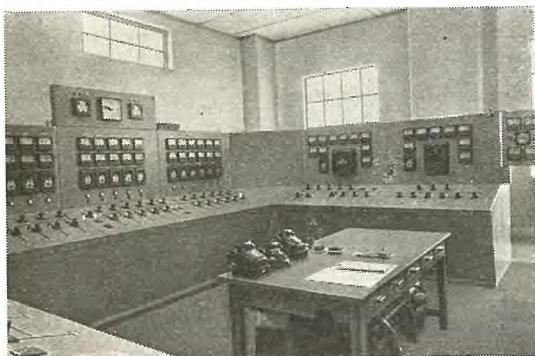


これらの整定値を  $P_1$  は饋電線 1 の電力量に、 $P_2$  は饋電線 1 と 2 の電力量を加えた値に、 $P_3$  は饋電線 1・2・3 のそれぞれの電力量を加えた値に、 $P_4$  は饋電線 1・2・3・4 の電力量を加えた値に、 $P_5$  は饋電線 1・2・3・4・5 の電力量を加えた値にそれぞれ見合うようにすればこれらの電力継電器群により自家発側発生電力量を記憶させることができる（発生電力記憶方式）。電力継電器用 CT を異系統受電側に挿入すれば異系統側供給電力量を記憶させることもできる（不足電力記憶方式）。饋電線 1・2・3・4・5 は発生電力記憶方式の場合は重要度の高い順位を、不足電力記憶方式の時は重要度の低い順位を表わすことは前述の 2 方式と同様である。かくして記憶された負荷は異系統側の遮断により直ちに遮断される。この方式は饋電線の数が少く、饋電線負荷が時間的にほとんど変化しないような負荷の場合にのみ適用することができる。

### 3. 実 施 例

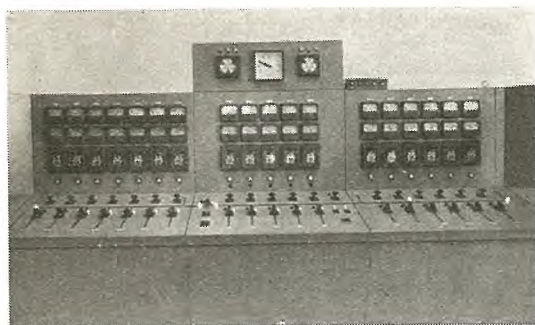
#### ア. 東邦レーヨン株式会社徳島工場における例

東邦レーヨン徳島工場の自家発電設備を改造・増設するに当り 5,000 kW の背圧タービンおよび発電機と共に納入された配電盤は 3 図および 4 図に示すような縮小型制御盤と 5 図に示すような饋電線用屋外メタルクラッドからなっている。これらの配電盤設備には自家発電系統の監視・制御・保護に必要な装置が取り付けられているが、



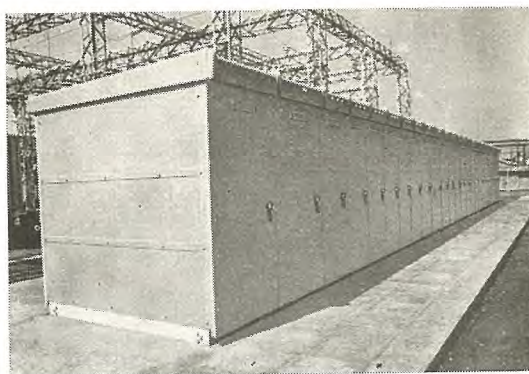
3 図 縮小型制御盤

Fig. 3. Miniature type control board.



4 図 縮小型制御盤

Fig. 4. Miniature type control board.



5 図 饋電線屋外メタルクラッド

Fig. 5. Out-door metalclad for feeder.

この中に自動負荷選択遮断装置も含まれたわけである。

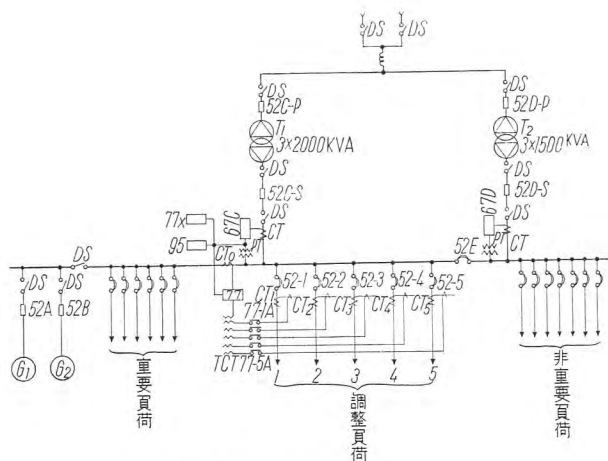
つぎに徳島工場の単線結線図を 6 図に、自動負荷選択遮断装置の接続展開図を 7 図に示したが、この中にも示されているように徳島工場は自家発電設備として 2 台の発電機を持ち異系統よりの受電設備として 2 Bank の変圧器を持っている。すなわち 6 図中  $G_1$  は既設の発電機、 $G_2$  は今回増設した 5,000 kW の発電機、 $T_1$ ・ $T_2$  は異系統受電用変圧器（ただし  $T_1$  と  $T_2$  とは特性の相違により並列運転を行うことができない）。52A・52B は発電機用遮断器、52C・52D は異系統受電用遮断器、52E は区分用遮断器、饋電線は重要負荷・調整負荷・非重要負荷の 3 グループに分れ 52-1・52-2・52-3・52-4・52-5 は調整負荷用遮断器、調整負荷の饋電線 1・2・3・4・5 は重要度の順位を示している。さらに 77 は誘導型電力平衡継電器、77X は間歇時限継電器、67C・67D はそれぞれ停電検出用誘導型継電器、95 は誘導型周波数継電器を示している。

いま自家発発生電力の瞬時値を  $P_G$ 、異系統よりの受電電力の瞬時値を  $P_R$ 、重要負荷および非重要負荷の消費電力の瞬時値をそれぞれ  $P_0$ ・ $P_6$ 、調整負荷の消費電力の瞬時値をそれぞれ  $P_1$ ・ $P_2$ ・ $P_3$ ・ $P_4$ ・ $P_5$  とすると

$$P_G + P_R = P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6$$

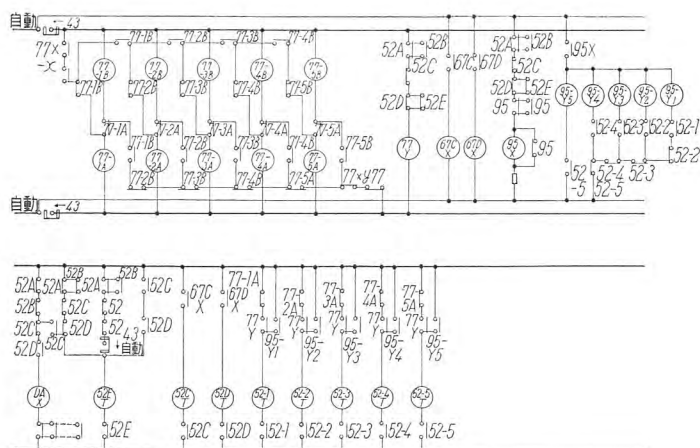
が成立する。したがって発生電力記憶方式によれば  $P_G$  を記憶していればこれに等しい負荷（たとえば  $P_0 + P_1 + P_2$ ）が異系統停電時に残し得る負荷となる。しかるに東邦レーヨン徳島工場の場合は饋電線用遮断器を屋外用メタルクラッド（5 図参照）に取替えられたため 6 図に示すように重要・調整・非重要の 3 グループの順に並べ直された関係上、発生電力測定用変流器  $CT_0$  を重要負荷と調整負荷の間に置くことにより電力平衡継電器 77 にかかる  $CT_0$  側の電力は  $(P_G - P_0)$  となり記憶される自家発側発生電力は重要負荷を含んだ等価発電機の発生電力と見なし得る形となった。いま 7 図に示された「自動—手動」切換開閉器 43 を「自動」側に回せば 77 には  $(P_G - P_0)$  のみが印加されているために 77 は接点  $a$  を閉じ間歇時限継電器 77-X が接点  $x$  を閉じれば選択記録継電器 77-1A を付勢する。以下の動作は (2-ア) に





6 図 単線結線図

Fig. 6. One-Line diagram for Toho Rayon Co.



7 図 接続展開図

Fig. 7. Sequence diagram for Toho Rayon Co.

説明したように調整負荷の重要度に応じて順次饋電線の CT 回路が総合変流器 TCT を通して 77 に接続されて ( $P_G - P_0$ ) と比較されて行く。しかるに調整負荷の数は 5 回線しかなく TCT を通して 77 に加えられる饋電線側電力は連続的でないこともまた前述のとおりである。したがって

$$P_G - P_0 > P_1 + P_2$$

$$P_G - P_0 < P_1 + P_2 + P_3$$

のような場合が起り得る。よって  $P_3$  の値が大きい時は異系統停電時発電機にかかる負担が大なるものとなるから間歇時限継電器 77X には  $x$  接点と  $y$  接点とを設け、一定時限の間において  $x$  接点が閉じられる回数より  $y$  接点が閉じられる回数の方を多くすることにより上記のような場合には ( $P_1 + P_2$ ) の 2 回線を選択する確率の方が ( $P_1 + P_2 + P_3$ ) を選択する確率より遥かに増大し異系統停電時に発電機が過負荷になる可能性が少くなる。もちろん  $P_G$  に比し  $P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot P_5$  の値が小さければ過負荷になる程度も少くサイクルを下げるだけで運転できるから 77X の  $x$  接点と  $y$  接点との挿入箇所を入れ

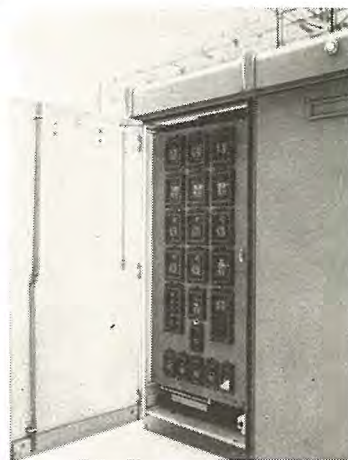
自動負荷選択遮断装置・堀

かえて ( $P_1 + P_2 + P_3$ ) を選択する確率を増しても差支えない。ただし電力平衡継電器 77 は有効電力についての平衡をみるものであるから、あらかじめ発電機の無効電力供給能力と工場内の無効電力負荷とを調査しておく必要のあることはいうまでもない。なお選択遮断装置には赤色信号燈が付属しており、現在選択された状態にある調整負荷を表示している。つぎに停電検出継電器の動作により選択遮断が行われた後、残された饋電線の負荷が増大したために系統のサイクルが規定値より降下すれば周波数継電器 95 動作し補助継電器 95X を通して時限継電器 95Y を付勢する。いま仮りに選択遮断によって饋電線 3 回が残されていたとするとサイクルの降下によって 95-Y3 付勢され一定時限後 52-3 が遮断され続いて 95-Y2 が付勢される。この一定時限以内に負荷が再び減少してサイクルが回復すれば、遮断器 52-3 は遮断されません。52-3 遮断されてもおサイクルが回復しなければさらに 52-2 も遮断される。しかしながら逆にサイクルが回復した後の饋電線の投入は自動的にはい行われず手動で行われる。

以上の説明は異系統側遮断による選択遮断についてであったが、逆に自家発電側が遮断された場合にも選択遮断を行うようになっている。しかしながらこの場合は残された電源が発電機でなく変圧器であるため、異系統側停電時のような厳密さを必要とせず重要負荷と調整負荷の全部を残し非重要負荷のみを切りはなすようにした。すなわち 6 図において自家発電側が変圧器  $T_1$  と並列運転中なら区分用遮断器 52E のみを遮断し、変圧器  $T_2$  と並列運転中の時は補助継電器によって非重要負荷用遮断器全部を同時に遮断するのである。

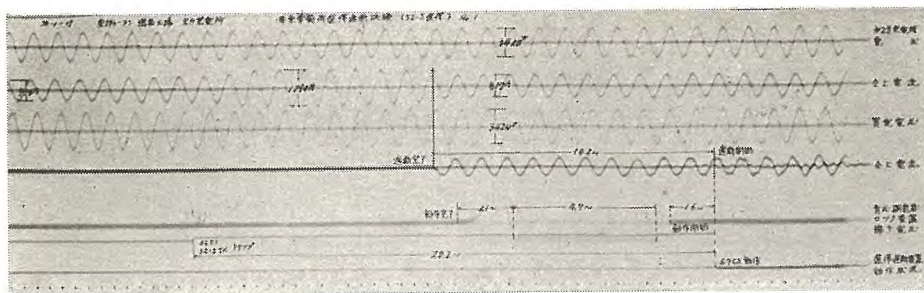
本装置はメタルクラッド配電盤に取付けられその有様が 8 図に示されている。さらに現地において実際の負荷に選択遮断装置を使用した試験結果が 9・10・11 図の各オシログラムである。この試験は増設された 2 号発電機

$G_2$  と変圧器  $T_1$  とが並列運転を行い、1 号発電機  $G_1$  と変圧器  $T_2$  とは休止状態にある時、 $G_2$  の発生電力量を増減することによって選択遮断装置が選択する饋電線の数を変化させ、逆電力継電器 67C を動作させてから選択遮断が完了する迄の動作状況をオシログラムに取ったものである。すなわち 9 図は  $G_2$  の発生電力量が  $P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_4$  である時 67C の動作により遮断器 52C, 52E お



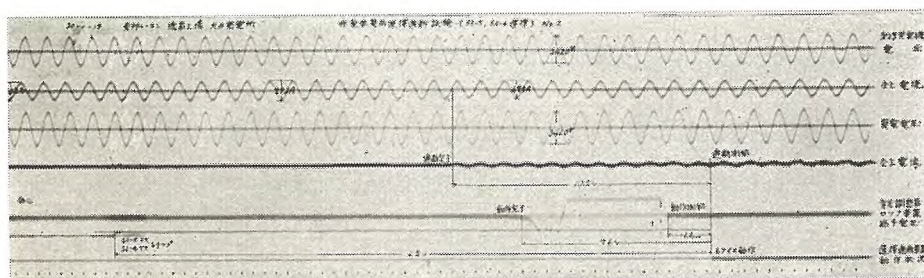
8 図 自動負荷選択遮断装置  
Fig. 8. Automatic tripping device for selected load.





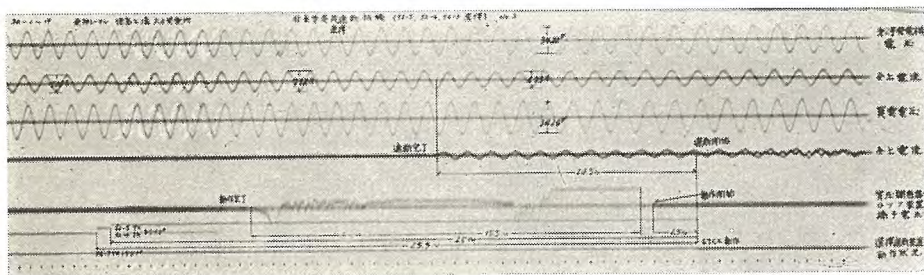
9 図 選択遮断オシログラム No. 1.

Fig. 9. Oscillogram at selective tripping No. 1.



10 図 選択遮断オシログラム No. 2.

Fig. 10. Oscillogram at selective tripping No. 2.



11 図 選択遮断オシログラム No. 3.

Fig. 11. Oscillogram at selective tripping No. 3.

よび 52-5 が遮断される状況であって 67C の補助継電器 67CX 動作後 10.2 c/s で 52C が遮断されさらに 10 c/s 後に 52E および 52-5 が遮断されている。この間発電機電流は増大するが短時間のため過電流継電器は動作することなく全停の恐れはないわけである。なお選択遮断完了後発電機電流が最初の値より減少しているのは  $G_2$  の発生電力量が

$P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 > P_G > P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_4$  の状態にあって少い方が選択された状態にあったことを示している。

10 図および 11 図は  $G_2$  と  $T_1$  によって重要負荷と調整負荷とが電力を供給されている時すなわち 52E が遮断されている時にそれぞれ 52-5・52-4 および 52-5・52-4・52-3 が選択遮断される状況でこの場合は  $G_2$  の発生電力量より多い負荷を選択したことを示している。

#### イ. その他の実施例

東邦レーヨン徳島工場以外の実施例として第 1 にあげるべきものは最近納入された大日本セルロイド株式会社網干工場のものがある。これは東邦レーヨンの場合と異なり (2-イ) に説明した不足電力記憶方式と (2-ウ) の周波数降下による保護方式とを組合わせたものである。第 2 に日本パルプ株式会社日南工場に納入したものがある。これは (2-エ) その他の方式で説明した電力継電器を用いる方式の不足電力記憶方式によっている。これらの系統その他については前述の説明と大差は

ないので省略する。

#### 4. む す び

以上述べたように自動負荷選択遮断装置には幾つかの種類があって自家発電系統の状況によってもっとも適した方式を採用することができ、自家発系統の饋電線の母線に対する接続状況を強いて変更する必要もなくしかも確実に自家発側発生電力量に相当する負荷を残すことができるわけである。



# CO 型過電流継電器の超過電流域における動作特性

神戸製作所 藤井重夫\*・森 健\*・天野 恒\*

## Working Characteristics of Type CO Overcurrent Relays on Super-Overcurrent

Kobe Works Shigeo FUJII・Takeshi MORI・Hisashi AMANO

Type CO overcurrent relays are induction type apparatus intended for general use in the protection of transmission lines, generators and other machines. One of their characteristics is the guarantee for the overcurrent up to 2,000% of rated value, but no consideration has been given to the effect of any higher current. But as relays for the most general use, they may be subjected to abnormal current far exceeding the limit. Tests were conducted recently to see what working characteristics they have under such conditions. As a result it has been found that care should be exercised if Type CO relays are applied to a system where overcurrent more than 5,000% of the rated value is liable to flow and either an instantaneous operating element or a separate instantaneous overcurrent relay is highly desirable in addition to them.

### 1. ま え が き

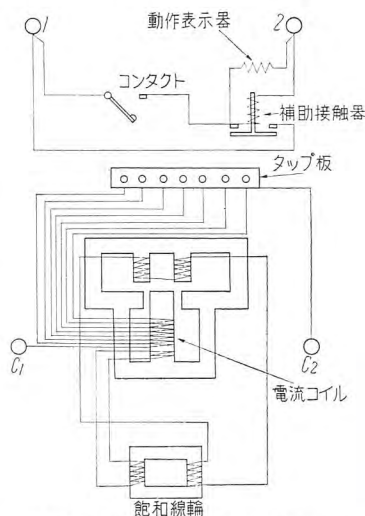
通常 CO 型過電流継電器はタップ値電流の約 500% まで反限時特性を有し、それ以上 2,000% までは定限時特性になるよう調整している。したがって 2,000% 以上の過電流に対しての動作については保証されていないのである。しかし現在配電線用 CT に 100/5~200/5 のものが使用され、ときには 50/5 のものさえ散見される状態であるのに変電所出口における短絡電流は 400~20,000A におよぶような現状である。したがってこのような超過電流域において CO 型過電流継電器がいかなる動作を呈するかを知ることは、使用者にとっても製造者にとっても興味深い問題であろうと思われるので以下のような実験を行い大体の傾向を知ることができた。

### 2. 工場内の試験

#### ア. 供試継電器

供試継電器としては 1 表に示した 4 種類のものを使用した。

この CO 型継電器は 1 図の内部接続図にも示しているようにその特性を反限時定限時性にするため、飽和変流器を使用している。したがって超過電流域において特性が変わるとすればこの飽和変流器の影響が一番大きいと考えられる。標準の継電器以外に試験番号 No. 3 および No. 4 のものはその影響をみるために飽和変流器の接続を反対にしたものと飽和変流器の取付位置を上部に変更したものである。2, 3 図はこの継電器の表面型および半埋込型のものを示しており、また供試継電器の限時



1 図 CO 型過電流継電器内部接続図 (表面図)

Fig. 1. Interior connection of type CO overcurrent relay.

\* 技術部

1 表

供試継電器番号	型 式	備 考
No. 1	F-CO 型 (角型半埋込) 4~12A 60 c/s	標準製品
No. 2	CO 型 (表面型) 4~12A 60 c/s	標準製品
No. 3	"	S. Tr. の接続を反対にしたもの
No. 4	"	参考として S.Tr. を上部に取付けたもの

2 表 CO 型過電流継電器限時特性 (60 c/s)

	Relay No. 1	Relay No. 2	Relay No. 3
4-12A 4A tap Lever 1	CT なし	CT あり	CT なし
200%	24.6 cy	24.3 cy	23.2 cy
300 "	17.9 "	17.1 "	17 "
500 "	14.2 "	13.6 "	14 "
1,000 "	12 "	11.8 "	12.2 "
2,000 "	11.7 "	11.3 cy	10.6 "
	4200% 11.5 cy	3500% 10.5 cy	3200% 12.1 cy
	7500% 10.6 cy	4400% 11.2 cy	5200% 13.4 cy
	10500% 12.2 cy	9500% 11.1 cy	7400% 23.3 cy
	11600% 19 cy	12100% 不動作	7200% 不動作
			8050% 4.55 cy
			11300% 4 cy
			11100% 0.9 cy



2 図 CO 型 (表面型) 過電流継電器  
Fig. 2. Type CO (surface mounting) overcurrent relay.



3 図 F-CO 型 (角型半埋込型) 過電流継電器

Fig. 3. Type F-CO. (square semi flush) overcurrent relay.



特性は 2 表のとおりである。

#### イ. 継電器の整定

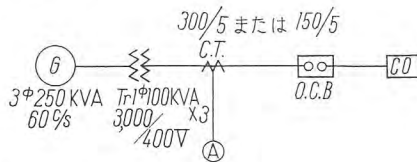
整定はすべて使用タップは 4A タップ、レバー位置は 1 に統一した。

#### ウ. 試験回路

試験回路としては 4 図のように構成した。

#### エ. CT

CT の影響をみる場合は 5/5A, 40 VA の CT を CO 型継電器の前に挿入した。



4 図 試験回路

Fig. 4. Testing circuit.

#### オ. 試験

試験データは 3 表のとおりである。継電器の付勢電流は発電機の過渡特性のため OCB 投入瞬時の電流とその後の電流とは大きさが異なるので、投入瞬時の電流  $I_1$  と継電器に電流が流れてから接点するまでの時間の 1/2 の時間における電流値  $I_2$  と継電器の端子電圧  $V$  とを示してある。オシログラムの測定点は

##### (1) 継電器線輪

ただし、CT を用いたときはその 1 次側

##### (2) 継電器端子電圧

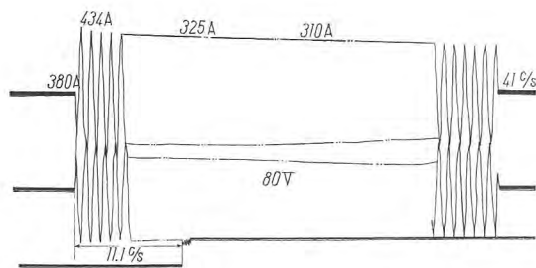
##### (3) 接点

とし、代表的なものを 5, 6 図として掲げておく。

### 3. 考 察

#### ア. 過電流継電器の過電流耐力

標準型過電流継電器の過電流耐力は線輪の温度上昇の観点から継電器の定格の約 2,000% まで保証されているのであってそれ以上の過電流に対して設計、製作上とくに考慮を払うという事は行われていない。したがって定格の 10,000% の過電流を継電器に流すことは特殊な状態においてのみおこり得るものである。それ故この実験はやむを得ずそういう過電流が流れた場合にいかなることになるかというデータの 1 つとして意味をもつのであると考える。とくに工場におけるテストの時の時限整定のレバーは 1 を用いており、工場試験の結果からみて 10,000% 程度の過電流を 20~50 c/s (60 c/s ベース) 通電しても保護動作はもちろん以後使用不能とはならぬ



5 図 試験番号 #23 供試継電器 No. 1 (CT ありカバーあり) オシログラム

Fig. 5. Oscillogram of sample relay # 23.

3 表 試験データ集

番号	$I_1$ (A)	$I_2$ (A)	$I_2$ (%)	V (V)	継電器	CT	カバー	動作時間	通電時間	摘要
1	168	117	2920	51.3	No. 1	なし	あり	11.5	63	
2	173	122	3200	53.5	No. 2	"	"	12.1	61.5	
3	171	126	3150	53.5	"	"	なし	15.8	69	
4	184	126	3150	53.5	No. 3	"	あり	8	51	
5	184	126	3150	55	"	"	なし	7.25	44	
6	66	60	1500	37	No. 1	あり	あり	11.3	48	
7	157	140	3500	66.4	"	"	"	10.5	49	
8	300	203	5200	70	"	なし	"	10.6	50	
9	285	207	5200	74	No. 2	"	"	13.4	52	
10	268	193	4850	86	"	"	なし	25.2	69	
11	296	219	5490	77	No. 3	あり	あり	6.13	46.5	
12	207	215	5470	78	"	"	なし	5.9	44	
13	186	175	4400	67.5	No. 1	あり	あり	11.2	46.5	
14	420	301	7500	125	"	"	"	12.2	46	
15	389	296	7400	127	No. 2	"	"	23.3	51	
16	477	288	7200	126	"	"	なし	不動作	60	発煙あり
17	539	321	8050	120	No. 3	あり	あり	4.55	36	
18	476	323	8100	148	"	"	なし	4.61	22	少し発煙
19	529	463	11600	210	No. 1	"	あり	19	27	"
20	642	452	11300	237	No. 3	"	"	4	33	"
21	564	482	12100	223	No. 2	"	"	不動作	26	発煙せず
22	708	445	11100	227	No. 3	"	なし	0.9	33	少し発煙
23	434	380	9500	80	No. 1	あり	あり	11.1	41	
24	474	330	9500	95	No. 2	なし	"	39.5	45	
25	498	—	9500	—	"	"	"	不動作	73	発煙大

# 25 通電時間 52~にてコイル短絡

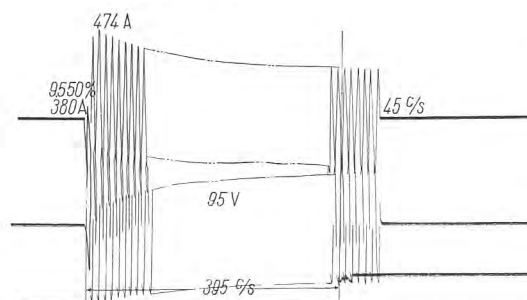
番号	$I_1$ (A)	$I_2$ (A)	$I_2$ (%)	V (V)	継電器	CT	カバー	動作時間	通電時間	摘要
26	305	255	5070	—	No. 4	なし	あり	7.8	24	
27	532	405	10000	—	"	"	"	7.3	35.5	
28	750	424	10600	—	"	"	"	0.7	35	発煙あり

注: カバーとは表面型の場合側面鉄板およびガラスカバーを指す

ことは確かだが、それ以上動作のおくれる時限整定をなせば当然継電器は焼損することが予想される。それ故ある電流値以上の過電流に対しては瞬時動作型の継電器を付加することが望ましいように思われる。もっとも実際にはこのような過電流が流れても CT が飽和してしまつて継電器入力により減少するのではないかということもあり、また逆に継電器が動作しても遮断器が故障電流を遮断できるかということ、また、たとえ遮断できても送配電線の導体そのものの損傷を防止し得るか否かということも同時に考慮されるべきではないかと思われる。

#### イ. 表面型 CO 型継電器の過電流特性

CO 型継電器の時限特性は 1,000~2,000% の過電流域においてとくに明らかな定時特性を得ているが、これは継電器の下部にある飽和変流器の取付法に密接な関係がある。この飽和変流器は 1,000% 以上の電流に対し完全に飽和してしまっていることは明らかであるが、それ故これの漏洩磁束の方向は継電器の動作特性に大きな影響を与える。すなわちこの飽和変流器を所定の位置、所定の方向に取付ければ標準の特性となるが、それを逆の方向に取付けると標準の特性よりはるかに反限時性の特性となるのである。

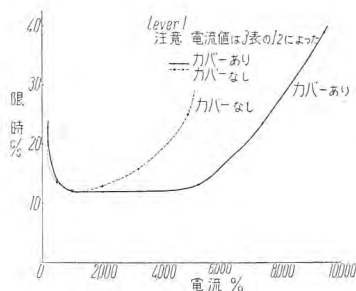


6 図 試験番号 #24 供試継電器 No. 2 (CT なしカバーあり) オシログラム

Fig. 6. Oscillogram of sample relay # 24.

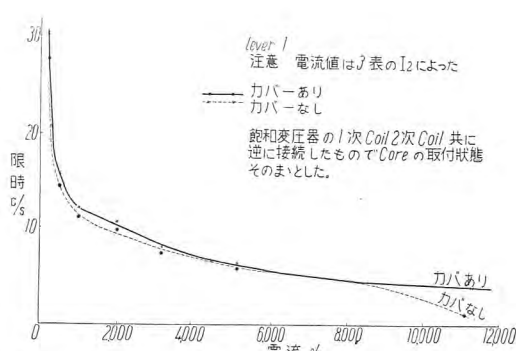
またここで注意しなければならぬのは側面の鉄板カバーの影響であつて、これがないと前記 2 つの特性差はさらに強調されるような傾向になる。



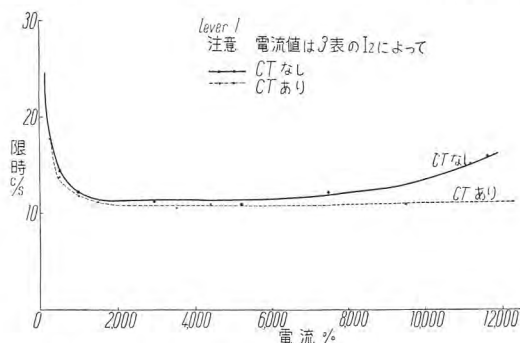


7 図 CO 型過電流継電器 (表面型) 限時特性曲線

Fig. 7. Time limit characteristic curves of type CO overcurrent relay.



8 図 CO 型過電流継電器 (表面型) 限時特性曲線  
Fig. 8. Time limit characteristic curves of type CO overcurrent relay.



9 図 F-CO 型過電流継電器限時特性曲線  
Fig. 9. Time limit characteristic curves of type F-CO overcurrent relay.

それ故継電器は実際に使用される状態で試験されねばならないのであって、名板に記入されている特性も側面カバーをはずして行えば合わないはずである。7, 8 図はこの状況を示すもので、7 図の「カバーあり」は標準の特性、「カバーなし」は 2 図にもみられるとおり鉄板カバーを外した場合の特性を示すものである。故にカバーがあれば 10,000% 以上では不動作であるが 9,500% で約 40 c/s で、5,000% までは 13 c/s 程度で動作しておりそれより 1,000% までは平坦な特性となり別に問題はない。これに対しカバーを外すと 2,000% 程度から尻上りとなり、5,000% 以上の電流に対して不動作になる。また 8 図は同型の継電器の飽和変流器を逆方向に取付けたもので過電流域に至るまで反限時特性をもっている。またカバーを外せば 1,000% 付近ではカバーのある場合より定限時に近い特性を示す。

試みに飽和変流器を主鉄心より上部に取付けて試験してみたが、この場合は 7, 8 図の中間の程度の特性となる。

#### ウ. 角型半埋込型 CO 型継電器の特性および CT の影響

この場合は側面鉄板が固定されているのでこれを外して特性をとることはしなかった。その代り CT を介して通電する場合と CT を介しない場合とについて比較測定した。それによると 10,000% 以上の過電流域において

CT の飽和が顕著となり尻上りの特性が解消されている。その状態を示しているのが 9 図である。もっともこれは単なる一例であって、CT の総合負担とか CT そのものの特性によって異なるものではあるが影響の傾向だけは示しているように思われる。また表面型と比較して特性上相違する点は認められなかった。

#### 4. む す び

今回の実験によって種々得るところがあったが要約するとつぎのようなことがいえる。

(1) CO 型継電器は数十 c/s の短時間ならば最低タップの 10,000% 程度の過電流に耐え、それ以内に接点する程度の限時整定なら保護動作を行うことができる。ただ 5,000% 以上の過電流域では尻上りの特性となるから 5,000% 以上の電流が流れる所では瞬時動作要素付のもの (CO-SH 型または CO-H 型) を適用するとか、別個に瞬時動作過電流継電器 (SC) 型を併用の方が望ましい。

(2) なおその場合継電器は必ず使用されるときと同じ状態で試験されねばならない。

(3) 標準の CO 型継電器を適用している箇所では 10,000% 以上の電流が流れる可能性のある所では飽和変流器の 1 次線輪 2 次線輪を共に逆に接続して強い反限時特性をもたせる方がよい。ただしレバー位置は最大 2 以下とする必要がある。このように飽和変流器の接続を変更しても 1,000% 以下の限時はほとんど影響を受けない。

(4) ただしこのような問題の発生する所は最大の故障電流に対して CT の変成比が小さい場合であるから CT は当然激しく飽和するものと考えられる。CT が飽和すれば 5,000% 以上での尻上りの限時特性を消すように影響するから 10,000% 程度の故障電流であれば支障はないようである。

実験結果は以上の如くであるが、実際問題としてこのような超過電流域に CO 型継電器を適用する場合は、既設品であればあらかじめ試験して使うこと、また新しく系統に適用する場合は購入の際、その旨当社に連絡して頂くことが望ましく思われる。なおその時には前記 (3) 項にて述べたように特性曲線を変更する必要があるかも知れない。

この報告を終るにあたり実験に終始ご協力頂いた当所工作部山口技師はじめ実験担当者各位に厚く感謝する次第である。



# 船用平複巻発電機の並列運転

長崎製作所 万谷 弘\*・森谷 貞夫\*\*

## Parallel Operation of Flat Compound Marine Generators

Nagasaki Works Hiroshi MANTANI・Sadao MORIYA

Requirements for the parallel operation of compound wound generators of marine use stipulated in the Japan Marital Association Rules and Regulations for the construction and classification of steel ships were not very severe. But the amendment of the rules in 1955 imposes much more stern conditions which can hardly be met by the action of an equalizer alone as in the old design. To solve the problem tests were made on the function of the equalizer by using two units of 245 kW Diesel generators on board of an ocean liner, and also on the characteristics of the parallel operation of compound wound generators with differential series windings by the use of two 170 kW Diesel generators. The result has revealed that even the permissible strength limit of the equalizer is not good enough to satisfy the requirements of parallel operation of compound machines prescribed in the 1955 issue. In the case of compound wound generators with differential series windings, however, parallel operation is feasible in conformity with the rules and also easy, steady parallel running can be made for even 2 to 3 % over-compound machines.

### 1. ま え が き

船用主発電機の容量および台数は、電力の最大需要および航海時と停泊時の安全で能率的な運転を、慎重に考慮して決定される。船舶の種類・屯数等によっても相違するが、2～3台の主発電機を搭載するものが多い。3台搭載のものは、並列運転を行うを立前とし、2台搭載のものも、たとえば、パナマ運河通過時または入出港時などの特殊運航条件のときは、一般に、並列運転を行う。船舶の電源電圧は、負荷の変動にかかわらず、一定に保たれることが望ましい。甲板補機類を電化した貨物船などのごとく、とくに負荷の変動がはなはだしいものは、電圧を一定に保つため、自動電圧調整器付分巻発電機にしたものもある<sup>(1)</sup>が、一般には、複巻発電機が使用される。しかるに、分巻発電機のごとく、負荷の増加とともに、急速にその電圧が降下するいわゆる垂下性の大きなものは、並列運転は容易であるが、負荷が変動しても、電圧がほぼ一定に保たれる平複巻特性のものは、前者に比していちじるしく困難となる。

日本海事協会鋼船規則昭和29年版は、並列運転を行う複巻発電機の電圧変動率を6%未満の垂下特性のものとし、各発電機間の負荷の不平衡についての制限も、さほど苛酷なものではなかった。しかるに、昭和30年版では、複巻発電機の電圧特性は、平複巻に近いものとなり、逆に、各発電機間の負荷の不平衡を、きわめて僅少な値に制限したので、その並列運転は、はなはだしく困難となった。かかる状況に対処し、航洋貨物船に搭載されたジーゼル主複巻発電機によって、並列運転についての2,3の実験を行ったので、ご参考に供するしだいである。

### 2. 規 格

わが国で建造される航洋船舶に、もっとも適用される船級規則、すなわち、日本海事協会鋼船規則（以下NKと略称する）、英国のLloyd's Register of ShippingのRules and Regulations for Construction and Classification of Steel Ships（通称ロイド規則、以下LRと略称する）および米国のAmerican Bureau of ShippingのRules for Building and Classing Steel Vessels、ならびに米国電気工師会発行のRecommended Practice for Electric Installation on Shipboard A. I. E. E. No. 45（以下米国の規則ならびに推奨規程を総称してABと略称する）が、複巻発電機の並列運転について規定している事項のうち、関係分を列記すれば、つぎのとおりである。

#### ア. NK（昭和29年）

（1）35・2・8・29・（3）（第三十五編第二章第八節第二十九条（3）の略記。NKの条項指定は以下同様である。『』内は条文を示す）。

『並列運転を行う複巻発電機の動作温度における電圧変動率は、原動機の世界変動率を3.5%と仮定し、負荷を全負荷より無負荷まで漸減した場合、電圧が途中で無負荷電圧を超えることなく、また無負荷電圧は、定格電圧より6%以上の差を生じてはならない。ただし、この場合発電機の界磁調整器は、試験の初めに定格電圧に合せたまま途中で調整を行ってはならない。』

#### （2）35・2・9・30

『2台以上の直巻発電機を並列運転する場合、各機の負荷の不平衡は、各機の定格負荷の総和の20%から100%



までのすべての負荷において、各機の定格負荷の  $\pm 15\%$  以下でなければならない。ただし、この場合各機は  $\frac{3}{4}$  負荷において、その定格負荷に比例した負荷を与えるように、界磁調整器で調整せられていなければならない。』

(3) 35・2・9・31

『ジーゼル機関にて駆動せられる発電機と、タービンにて駆動せられる発電機との並列運転は推奨しない。』

(4) 35・5・5・15

複巻発電機の均圧線

『発電機主回路ケーブルの 50% 以上の断面積を必要。』

イ. NK (昭和 30 年)

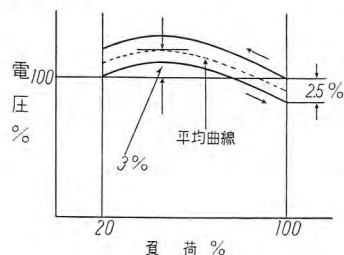
(1) 40・2・8・29・(2)

35・2・8・29・(3) で規定した複巻発電機の電圧変動率は、つぎの如く変更された。

『複巻発電機の電圧変動率は、負荷を 20% から 100% まで漸減した場合、定格電圧の 2.5% 垂下することなく、また 20% から 100% までの漸増曲線と 100% から 20% までの漸減曲線の平均値が定格電圧の 3% を超えないこと。』

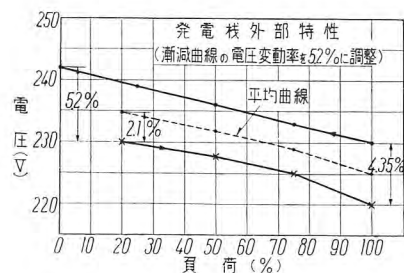
(2) 40・2・9・30

『2 台以上の直流発電機を並列運転する場合、各機の負荷の不平衡は、各機の定格負荷の総和の 20% から 100% 間のすべての整定総合負荷において、各機の定格にもとづく比例配分に対して分担すべき負荷の  $\pm 15\%$  以下でなければならない。』条文の末尾は消略してある。



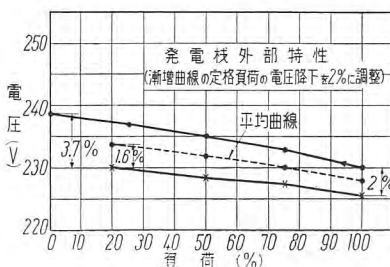
1a 図 電圧と負荷の図 (NK 昭和 30 年複巻発電機)

Fig. 1. Voltage vs. load. (NK Rule 1955)



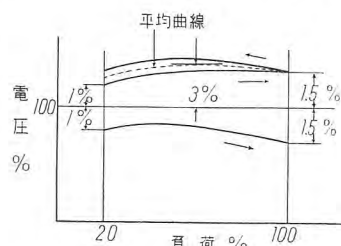
1b 図 120 kW 発電機外部特性および速度特性。

Fig. 1b External and speed characteristics of 120 kW generator



1c 図 120 kW 発電機外部特性および速度特性。

Fig. 1c External and speed characteristics of 120 kW generator.



2 図 電圧と負荷の図  
Fig. 2. Voltage vs. load.  
(A. I. E. E. No. 45 1955)

1 図は 40・2・8・29・(2) を図示したもの<sup>(2)</sup>である。

1 a, b 図は 120 kW ジーゼル発電機の電圧特性の実測値の一例である。a 図は、漸減曲線の電圧変動率が 5.2% のとき、漸増曲線の定格負荷における電圧降下を示し、b 図は漸増曲線の定格負荷における電圧降下を 2% としたときの漸減曲線の電圧変動率を示す。1 a, b 図で明らかのように、電圧特性は、30 年版は、29 年版に比して平復巻に近いものとなった。逆に、負荷の不平衡は、各機の定格負荷の  $\pm 15\%$  以下から、分担すべき負荷の  $\pm 15\%$  以下に変更されたので、30 年版の並列運転の条件は、いちじるしく苛酷なものとなった。

〔注〕 1. 条文中の下線は、筆者が付したものである。

2. NK は、昭和 31 年版で、また改訂され、負荷の不平衡が、定格負荷の  $\pm 10\%$  以下と規定される旨発表された。

ウ. AB (AB の条項は Recommended Practice 1955 のものである。)

(1) 15・09・(6) (『 』内は条文の必要カ所のみを意訳したものである。)

『複巻発電機は、発電機の温度が全負荷時の温度のとき、20% 負荷で定格電圧の 1% 以内の電圧から特性をとりはじめ、全負荷において定格電圧の  $1\frac{1}{2}\%$  以内の電圧でなければならない。また、20% から 100% までの漸増曲線と 100% から 20% までの漸減曲線の平均値が、定格電圧の 3% を超えてはならない。原動機は速度曲線は、20% 負荷と 100% 負荷との速度を結ぶ直線より、1% 以上離れてはならない。』

(2) 15・11 並列運転

本条で、並列運転を行う発電機間の負荷の不平衡および並列運転試験の行い方について規定しているが、内容は、NK 35・2・9・30 と同様である。ただ、均圧線に関しては、NK とつぎのとおり相違する

『複巻発電機は、均圧線を必要とする。均圧線の抵抗の直巻線輪およびその導線の抵抗に対する比は、ともに並列の点までとるとして、0.5 以下でなければならない。ただし、いかなる場合においても、



最長の均圧線の断面積は、該発電機主回路導線の断面積より小であってはならない。』

2 図は AB 15・09 (b) を図示したものである。

AB は、NK 昭和 30 年版に比べ、負荷の不均衡を定格負荷の  $\pm 15\%$  とし、均圧線に太い導体を規定しているだけ、並列運転は容易である。

### エ. LR (1953)

M 章 209 条で、蓄電池充電用の発電機および装備間隔が非常に大なるため、均圧線に過度の銅材を必要とする場合のほかは、発電機はすべて和動複巻であるべきものとし、210 条で、平複巻特性を規定している。また、616 条で、並列運転を行う複巻発電機の均圧線の断面積を、主回路導線断面積の 50% 以上と規定しているが、負荷の不均衡に関しては、規定せず、ただ、2313 条で、満足な並列運転が行えるか否か、試験を行うべき旨指示しているにすぎない。一般に、各機の負荷の不均衡を定格負荷の  $\pm 15\%$  以下に制限している。

## 3. 複巻発電機の並列運転において留意すべき事項

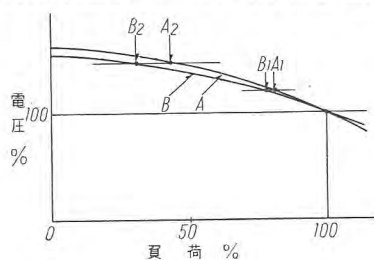
良好な並列運転を行うには、原動機速度特性が良好でなければならない。負荷が一定のときは、一定の速度で運転する定速度変動率が好ましい。もし、速度が周期的に変動するならば、負荷は、並列運転中の 1 機から他機に、速度の変動にしたがって、移動を繰返し、並列運転を不安定にする。また、各調速器の感度が、ほぼ同一に調整されていることも、きわめて肝要である。

発電機については、電圧・電流特性の垂下性と均圧線に関する事項が重要である。

負荷の増加とともに電圧が低下するいわゆる垂下性が大きく、各機の特性が近似しているならば、良好な並列運転が行われやすい。3 図のごとき垂下性の大きな発電機の並列運転は、負荷の広範な変動に対しても、きわめて安定な運転が行われる。発電機の垂下性が減少するにしたがい、並列運転は困難となり、4 図のごとき垂下性のごく僅少なものでは、たとえば、わずかな速度の変動または界磁巻線の温度変化などにより、容易に B 特性が B' 特性のように変動し、並列運転が不安定となる。分巻または安定分巻発電機は、3 図のごとき特性をもつが、複巻発電機は、直巻度が増加するにしたがって、垂下性が減少し、4 図のごとき特性となり、並列運転の困難性は増大する。

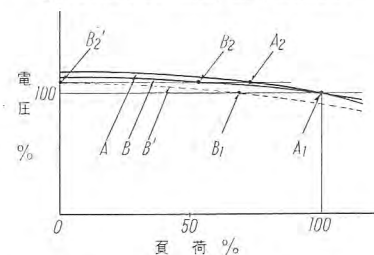
並列運転を行う発電機の垂下性は、発電機の並列点間の特性で論ずべきである。5 図の安定分巻発電機の場合には、両機の並列点は、母線の抵抗を無視すれば、 $B_3B_5 \cdot B_4B_6$  であり、6 図の複巻発電機の場合には、均圧線および母線の抵抗を無視すれば、 $B_1B_3 \cdot B_2B_4$  となる。7 図は、6 図の簡略図であるが、直巻回路には、各発電機の電機子電流に関係なく、総合負荷を各直巻回路の抵抗値の逆比に配分した電流が流れ、直巻回路は、あたかも、

全負荷電流によって決定される他励巻線のごとき作用を



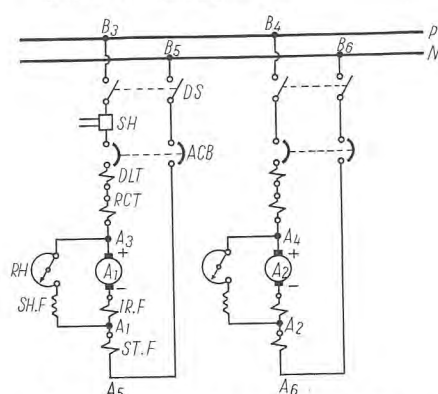
3 図 並列運転を行う発電機の外部特性 (垂下性大なる場合)

Fig. 3. Outside characteristics of generator running in parallel.



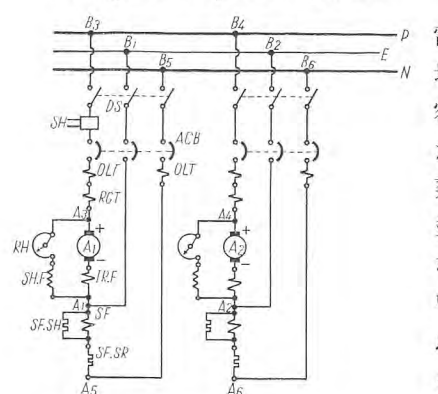
4 図 並列運転を行う発電機の外部特性 (垂下性小なる場合)

Fig. 4. Outside characteristics of generator running in parallel.



5 図 安定分巻発電機の並列運転の場合の結線図

Fig. 5. Connection diagram of stabilized shunt generator parallel operation.



6 図 複巻発電機並列運転の場合の結線図

Fig. 6. Connection diagram of compound generator in parallel operation.

する。かかる場合には、両発電機の並列点外の直巻線輪を取除いて運転し、その特性が、いちじるしく垂下性であるならば、その発電機を複巻のものとして運転した場合、たとえ過複巻特性のものとなっても、直巻回路を適当に調整し、外部特性をあわせれば、あたかも分巻発電機のごとく、安定な並列運転を行いうる<sup>(3)</sup>。

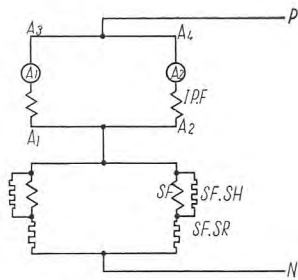
刷子を進み位置に調整すれば、発

記号説明  
P 母線正極  
E 均圧線  
N 母線負極  
DS 断路器  
SH 分流器  
OLT 過負荷引外  
RCT 逆流引外  
RH 界磁調整器  
SH・F 分巻界磁  
IP・F 補償界磁  
SF 直巻界磁  
ST・F 安定直巻界磁  
SF・SH 直巻界磁分流抵抗  
SF・SR 直巻界磁直列抵抗  
ACB 自動遮断器  
A 電機子  
AM 電流計

電機の垂下性は増大するが、大容量の発電機または補償巻線付発電機などで、並列点間で十分な垂下性を得難いときは、並列点間に差動直巻を添加すればよい。

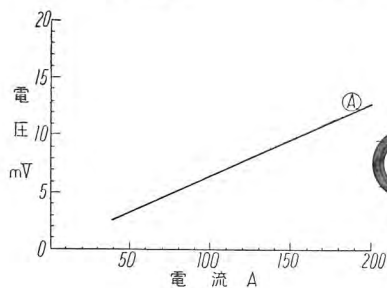
均圧線回路の抵抗は、回路には断路器および自



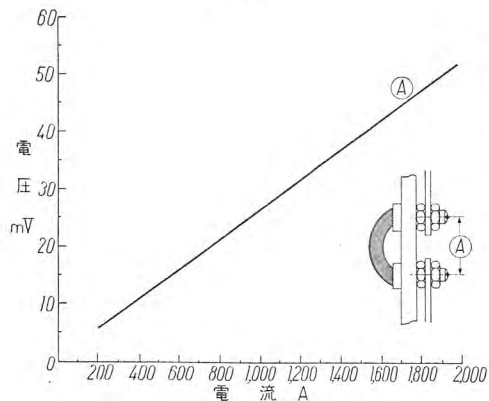


7 図 母線および均圧線の抵抗を無視した場合の6図の簡略結線図

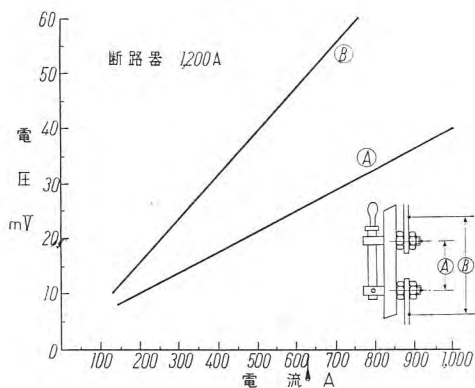
Fig. 7. Schematic connection diagram for that of Fig. 6. when the resistance of bus and equalizer ignored.



8 a 図



8 b 図



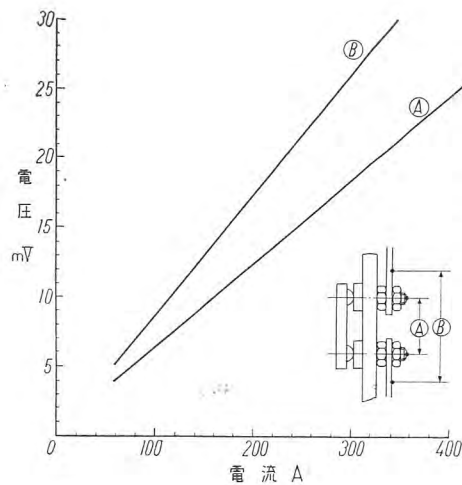
8 c 図

8 図 a. b. c 自動遮断器の抵抗

Fig. 8. a. b. c. Resistance of automatic circuit breakers.

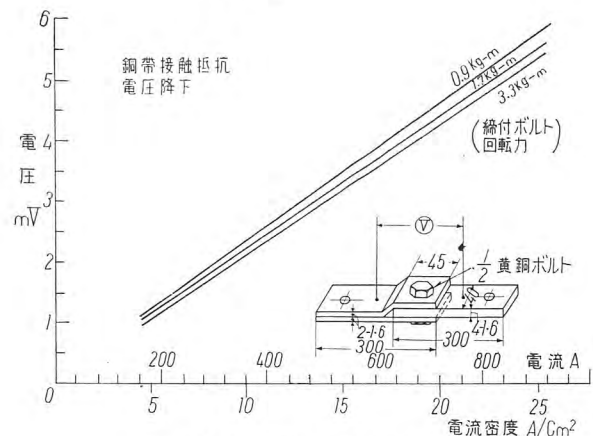
動遮断器が挿入され、また各導線の連結点に接触抵抗があるので、均圧導線自身の抵抗が小さくとも、なお看過し得ない程度の値となるであろう。とくに、大容量機で、導線抵抗が小なる場合には、導線抵抗に対する接触抵抗の比は、充分大なる値となる。8~11 図は、接触抵抗を生ずるものの2, 3の実測例である。測定に際しては、接触を良好にするために、とくに手入れを行うことなどせず、工場で行われているままの状態で測定したものである。

並列点の性質を論ずるには、均圧線回路の抵抗の直巻回路の抵抗に対する比が問題となる。NK および LR はたんに、均圧導線の断面積を規定するにすぎないが、AB では、断面積とともに、抵抗比をも規定している。いか程の均圧導線



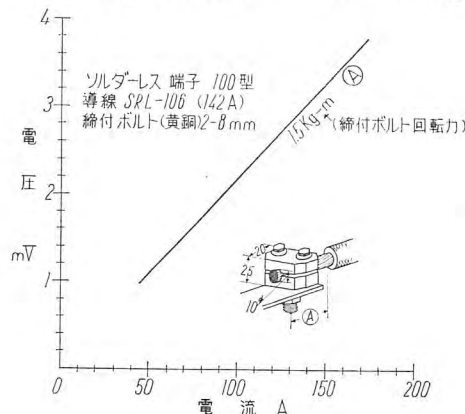
9 図 断路器の抵抗

Fig. 9. Resistance of disconnecting switch.

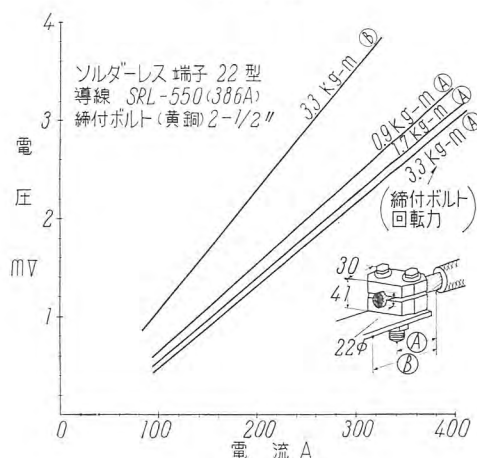


10 図 銅帯接触抵抗

Fig. 10. Contact resistance of copper strap.



11 図 a



11 図 a. b  
Fig. 11. a. b. Resistance of solderless terminal.



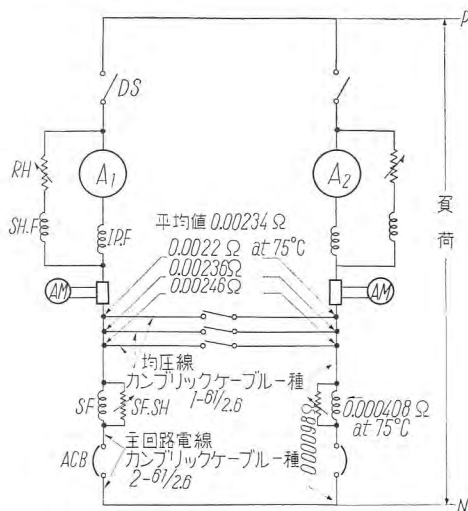
を使用すれば、所定の電圧変動率のものに対して、実用上充分であるかは、研究を要するところである。ジーゼル直巻発電機によつての後示の実験は、この問題についての資料を提供するであろう。

発電機の装備場所が、遠く離れていて、均圧線に過度の銅材を必要とする場合には、発電機を分巻または安定分巻のものとし、電圧変動率を8%以上のものにすれば、充分安定な並列運転を行いうる<sup>(4)</sup>。

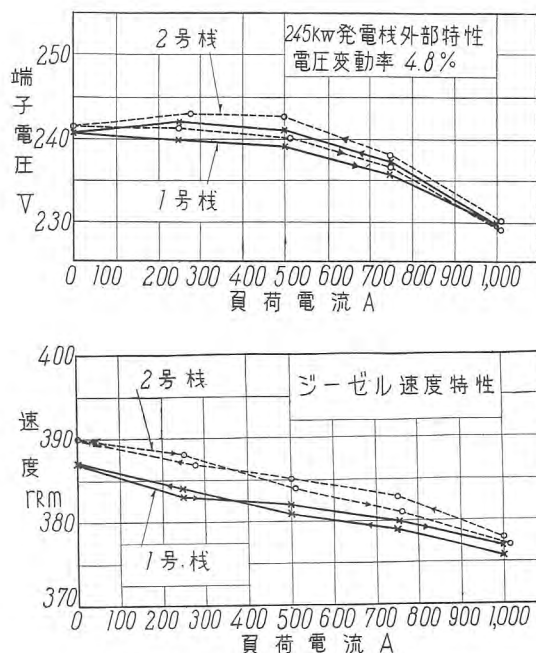
#### 4. 複巻発電機を並列運転する場合の調整法

複巻発電機を並列運転する場合の調整は、つぎのように行えばよい。

1. 原動機の色度特性を調査する。規定の色度および



12 図 245 kW 発電機並列運転実験時の結線図  
Fig. 12. Connection diagram of 245 kW generator in the test of parallel running.



13 図 245 kW 発電機単独運転時の外部特性および速度特性 (電圧変動率 4.8%)  
Fig. 13. External and speed characteristics of 245 kW generator in single operation. (Voltage regulation 4.8%)

変動率で、特性がはなはだしく山高でないか否か、定速度変動率で调速器の感度が、ほぼ同一であるか否かを調査する。

2. 各発電機の全結線を調査する。また、均圧線・母線・スイッチに対する接続を調査する。接続がゆるいときは、温度が変化すれば、抵抗も変化する。

3. 所要の電圧変動率を決定する。たとえば、無負荷 230 V, 全負荷 230 V とする。

4. 発電機を母線から切離し、水抵抗その他の負荷に連結する。

5. 分巻発電機 (差動直巻付のものでは、和動直巻のみを取除く) として、各発電機の電圧変動率をとり、できるかぎり垂下性であるように調整する。刷子を回転方向に移動すれば、垂下性が増大する。

6. 直巻回路の分路の調整で、無負荷 230 V, 全負荷 230 V になるように、各発電機の変動率を調整する。

7. 各機の定格負荷における直巻界磁回路 (配電盤までの抵抗を含めて) の電圧降下を測定する。もし、同一でないならば、すべてが同一になるように、発電機の直巻界磁回路に抵抗を挿入する。

8. 均圧線回路の抵抗値が、直巻回路の抵抗値に比べて、充分小であるか否かを調査する。

9. 以上の調整で、発電機は良好な並列運転を行うであろう。

#### 5. 実験結果

昭和 27 年 11 月に、日本郵船有田丸搭載の 245 kW ジーゼル発電機 (ジーゼルは三菱造船製 5 MUT-22/40 360 HP) 2 台で、均圧線の効果についての実験をした。また、昭和 30 年 7 月に、佐野安船渠納 170 kW 発電機 (ジーゼルは浦賀玉島ジーゼル製 6BH22 260 HP) 2 台に、差動直巻および差動直巻を打消すための和動直巻を仮結線し、差動直巻付複巻発電機として、並列運転についての実験を行った。

##### ア. 245 kW 230 V 360 rpm ジーゼル発電機の並列運転

実験は 230 kW 230 V 1,000 A のものとして行った。

- (1) 実験時の結線図 12 図

- (2) 電圧変動率 4.8% の場合

- a. 単独運転時の外部特性および速度特性 13 図  
負荷を漸減する場合、電圧は途中で無負荷電圧を超えている。

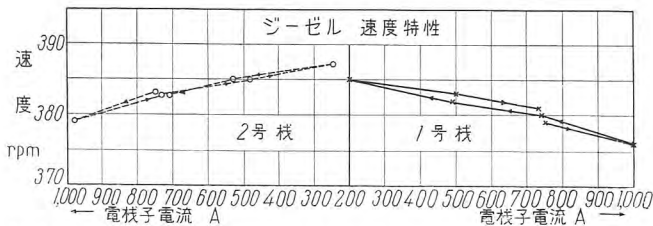
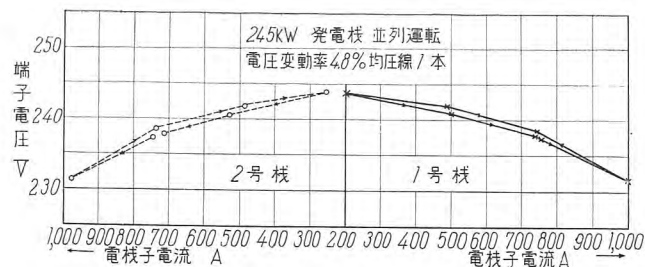
- b. 並列運転特性  
均圧線 1 本 (主回路導線の半分) 14 図

$$\frac{\text{均圧線回路の抵抗値}}{\text{直巻回路の抵抗値}} = \frac{0.00234 \div 2}{0.000982} = 119\%$$

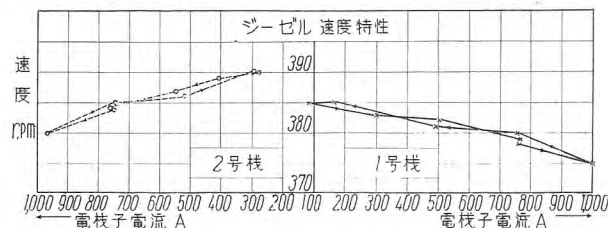
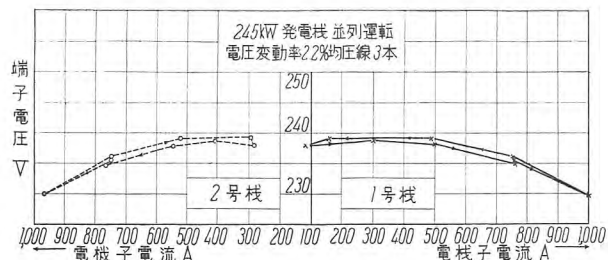
均圧線回路の抵抗値として、6 図の並列点に相当する点までの値をとっている。以下、この比を抵抗比と略称する。

5% 程度の電圧変動率の場合には、かなり弱い均圧線回路でも、NK (昭和 29 年) を満足する並列運転を行

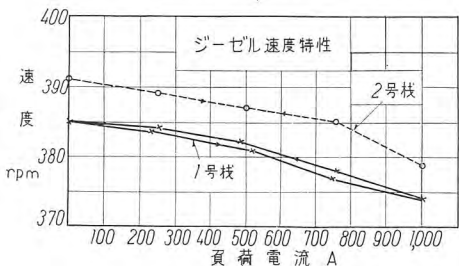
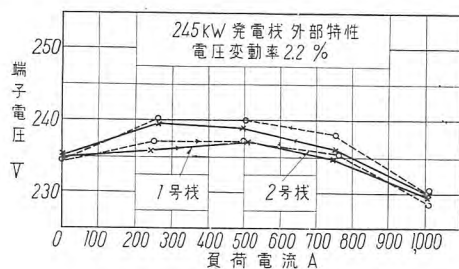




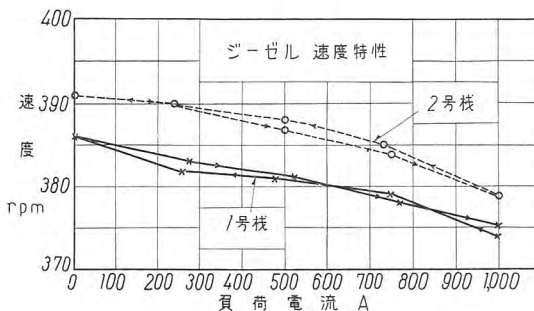
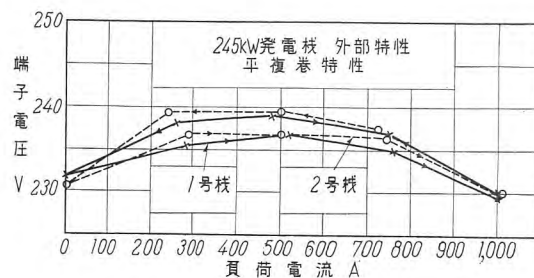
14 図 245 kW 発電機並列運転特性 (単独運転特性 13 図, 均圧線 1 本)  
Fig. 14. Characteristics of 245 kW generator in parallel running.



17 図 245 kW 発電機並列運転特性  
(単独運転特性 15 図, 均圧線 3 本)  
Fig. 17. Characteristics of 245 kW generator in parallel operation.

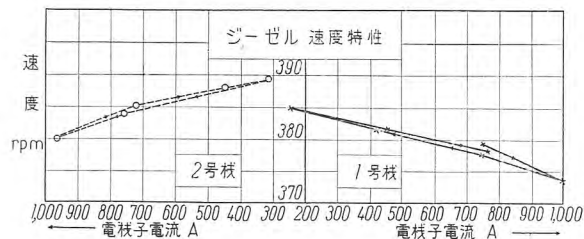
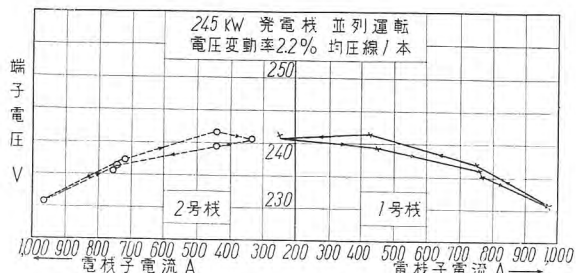


15 図 245 kW 発電機単独運転時の外部特性  
および速度特性 (電圧変動率 2.2%)  
Fig. 15. External and speed characteristics of 245 kW generator in single operation. (Voltage regulation 2.2%)



18 図 245 kW 発電機単独運転時の外部特性  
および速度特性 (平復巻特性)

Fig. 18. External and speed characteristics of 245 kW generator in single operation.



16 図 245 kW 発電機並列運転特性  
(単独運転特性 15 図, 均圧線 1 本)  
Fig. 16. Characteristics of 245 kW generator in parallel operation.

18 図 245 kW 発電機単独運転時の外部特性  
および速度特性 (平復巻特性)

Fig. 18. External and speed characteristics of 245 kW generator in single operation.

うる。

〔注〕 各機とも,  $\frac{3}{4}$  負荷・定格電圧の点を, 並列運転の開始点とすべきであるが, 原動機が調整中であつたので, 単独運転時の特性から, もっとも並列運転を行い易いと想定した電圧を, 開始点とした。本機における以下の実験も同様である。

### (3) 電圧変動率 2.2% の場合

(直巻界磁分路抵抗により調整した)

a. 単独運転時の外部特性および速度特性 15 図

b. 並列運転特性

均圧線 1 本 抵抗比 = 119%

16 図

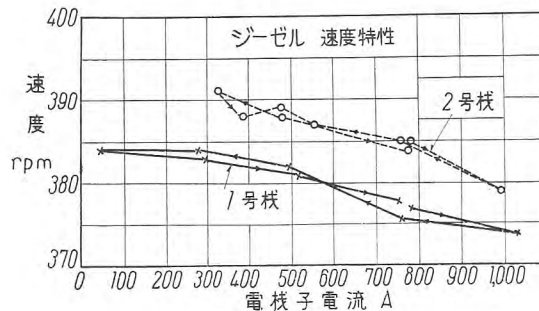
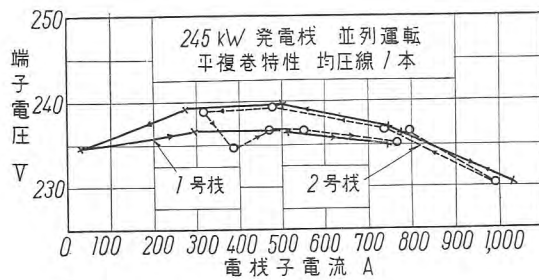
c. 並列運転特性

均圧線 3 本 (主回路導線の 1.5 倍)

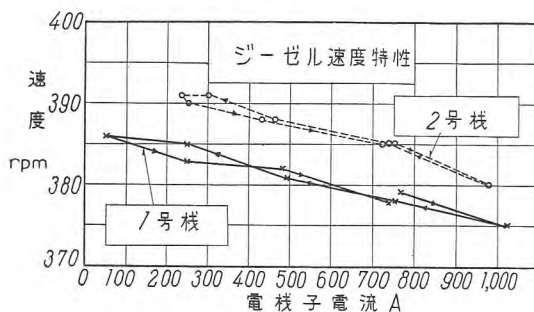
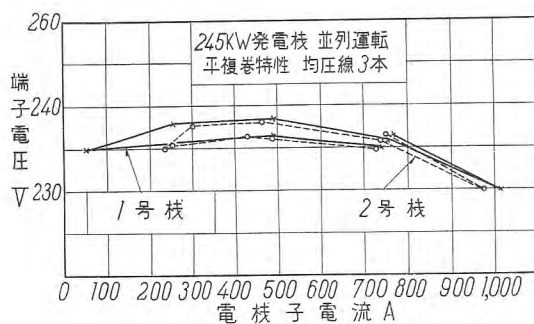
17 図

抵抗比 = 40%





19 図 245 kW 発電機並列運転特性  
(単独運転特性 18 図, 均圧線 1 本)  
Fig. 19. Characteristics of 245 kW generator in parallel running.



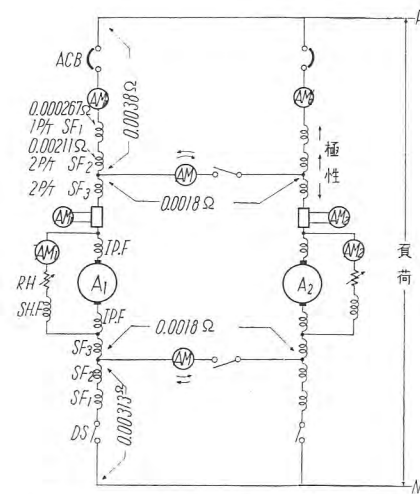
20 図 245 kW 発電機並列運転特性  
(単独運転特性 18 図, 均圧線 3 本)  
Fig. 20. Characteristics of 245 kW generator in parallel running.

均圧線 1 本の場合は, 軽負荷では, 実用上並列運転が困難であるが, 3 本の場合 (NK・LR の 3 倍, AB の 1.5 倍) は, 20% 総合負荷までは, 定格負荷の  $\pm 15\%$  以下の不平衡で, 並列運転を行えた。

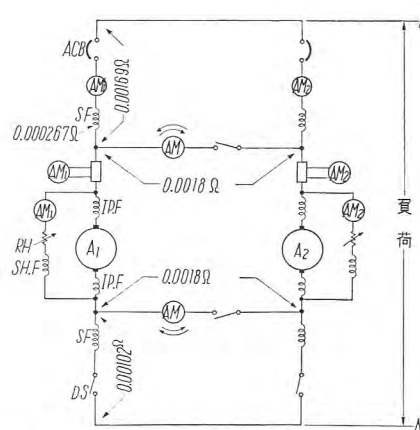
#### (4) 平複巻特性の場合

(直巻界磁分路抵抗により調整した)

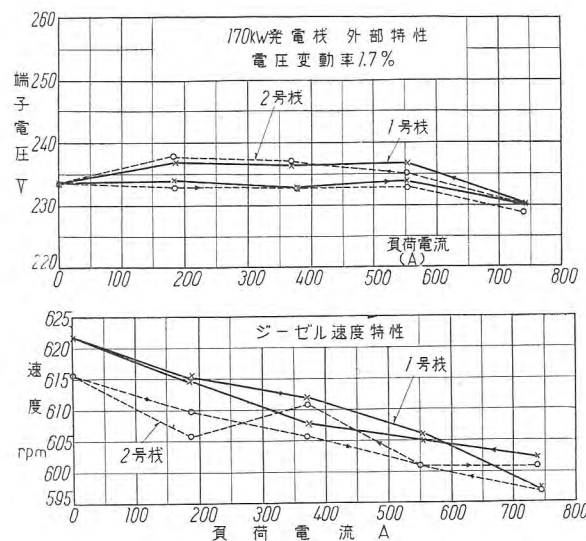
- 単独運転時の外部特性および速度特性 18 図
- 並列運転特性  
均圧線 1 本 抵抗比 = 119% 19 図
- 並列運転特性  
均圧線 3 本 抵抗比 = 40% 20 図



21 図 170 kW 発電機公試時の結線図  
Fig. 21. Connection diagram of 170 kW generator under official test run.

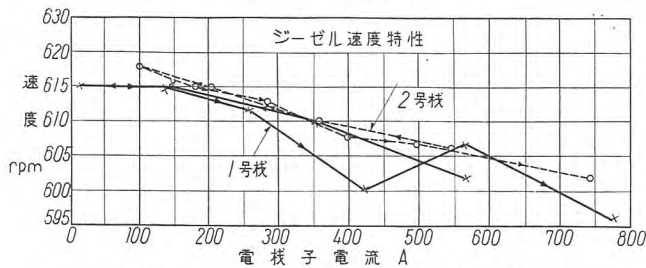
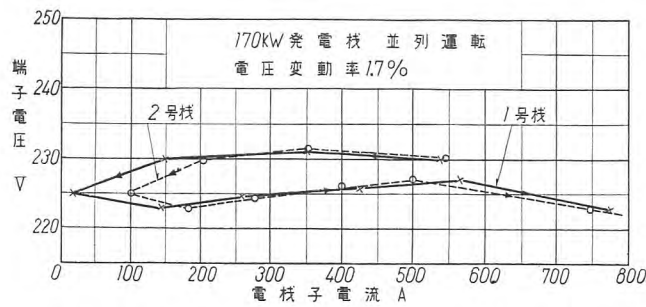


22 図 170 kW 発電機により並列運転に関する実験を行つたときの結線図  
Fig. 22. Connection diagram of 170 kW generator employed for the test of parallel operation.

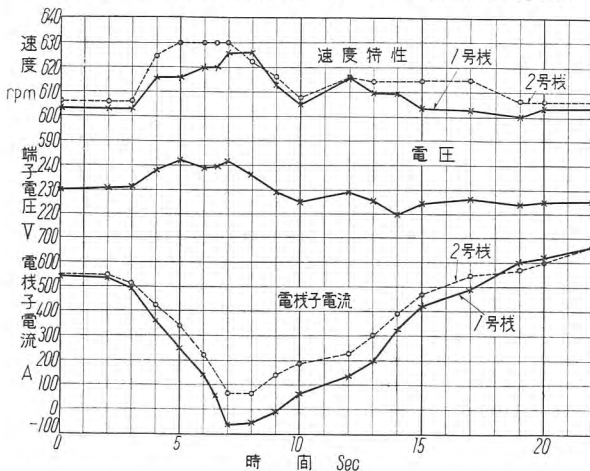


23 図 170 kW 発電機単独運転時の外部特性および速度特性 (電圧変動率 1.7%)  
Fig. 23. External and speed characteristics of 170 kW generator in single operation. (Voltage regulation)

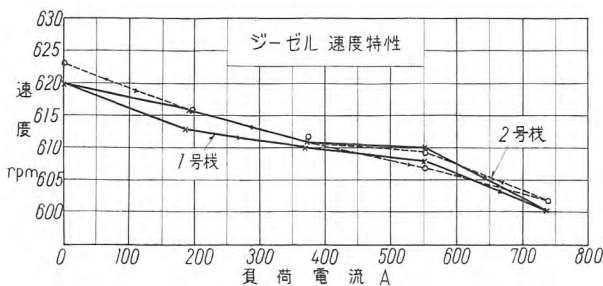
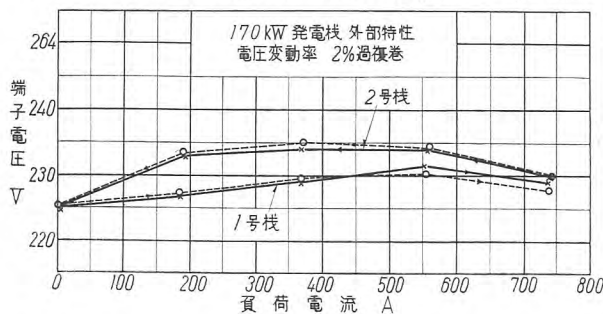




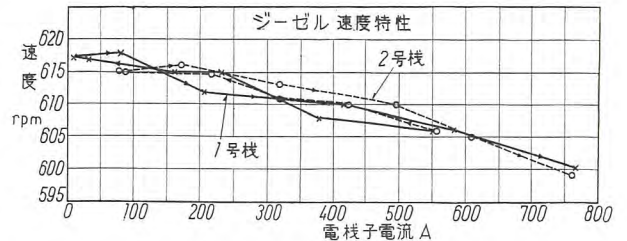
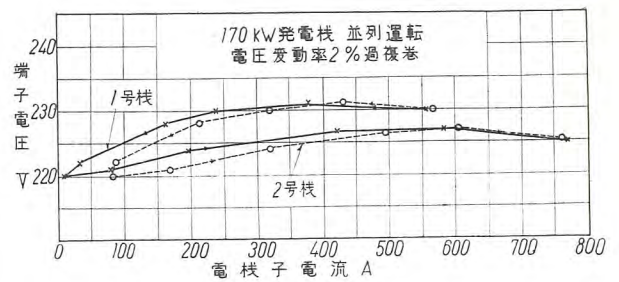
24 図 170 kW 発電機並列運転特性 (単独運転特性 23 図)  
Fig. 24. Characteristics of 170 kW in parallel operation.



25 図 170 kW 発電機並列運転特性 (単独運転特性 23 図)  
変動負荷, オシロ解析結果  
Fig. 25. Characteristics of 170 kW in parallel operation.



26 図 170 kW 発電機単独運転時の外部特性および  
速度特性 (電圧変動率 2% 過復巻)  
Fig. 26. External and speed characteristics of 170 kW  
generator in single operation.



27 図 170 kW 発電機並列運転特性 (単独運転特性 26 図)  
Fig. 27. Characteristics of 170 kW generator  
in parallel operation.

均圧線 1 本の場合は,  $\frac{2}{3}$  負荷以下の軽負荷では, 並列運転は, きわめて困難である. 3 本の場合でも, 20% 総合負荷では, 定格負荷の  $\pm 15\%$  におさえにくい.

以上の実験より, つぎの如く思われる.

総合負荷の 20% から 100% の間で, 各機の分担すべき負荷からの不平衡が, 定格負荷の  $\pm 15\%$  以下の並列運転は, 電圧変動率を 5% とすれば, 均圧線の断面積が主回路導線の半分 (NK・LR) でも, 特殊の場合を除けば, 一般に, 容易である. しかし, 電圧変動率を 2.5% とすれば, 實際上許しうと思われる限度まで, 均圧線を強くせねばならない.

#### イ. 170 kW 230 V 600 rpm ジーゼル駆動差動直巻付複巻発電機の並列運転

(1) 公試時の結線図 21 図

(2) 本実験時の結線図 22 図

現場で, 低圧ゴム線 60 2 本を並列に使用して,  $Se_2 \cdot Se_3$  を仮結線し, 実験を行った.

(3) 電圧変動率 1.7% の場合

(刷子移動により調整した.)

a. 単独運転時の外部特性および速度特性 23 図

b. 並列運転特性 24 図

$$\text{抵抗比} = \frac{0.0009}{0.00346} = 26\%$$

c. b に同じ. ただし, 変動負荷の場合.

オシロ解析結果

25 図

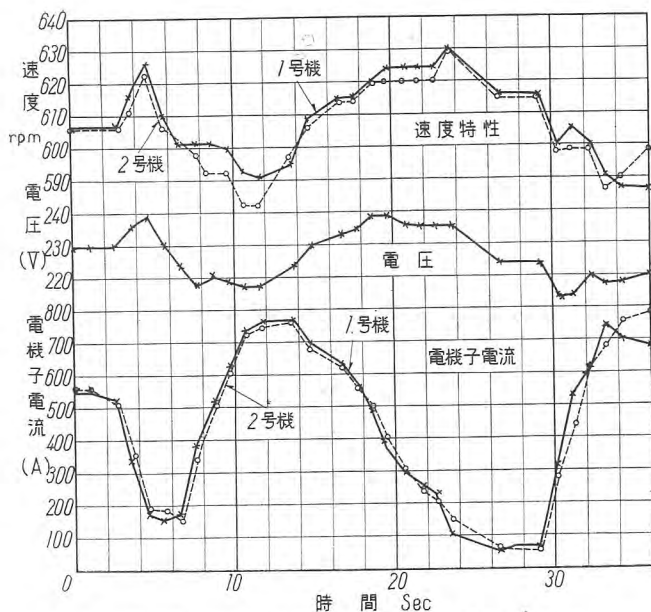
$Se_2 \cdot Se_3$  の現場での仮結線を容易にするため, 細い導線を使用したので, 抵抗比が小さくなっている. とくに均圧線が強力なため, 抵抗比が小となったわけではない. 直巻回路の抵抗値は, 平均値をとった.

本実験では, 原動機の色度特性が, やや乱れているが, 原動機の不調によるものか, あるいは測定誤差によるものか, 不明である.

(4) 電圧変動率 2% の場合

(刷子移動により調整した.)





28 図 170 kW 発電機並列運転特性 (単独運転特性 26 図, 変動負荷, オシロ解析結果)

Fig. 28. Characteristics of 170 kW generator in parallel operation.

- a. 単独運転時の外部特性および速度特性 26 図
- b. 並列運転特性 抵抗比=26% 27 図
- c. b に同じ. ただし, 変動負荷の場合  
オシロ解析結果 28 図

以上の実験より判断し, 差動直巻付のものとし, 均圧線強度を適当にすれば, 平復巻特性のものはもちろん, 2~3% 程度の過復巻特性のものまで, NK (昭和 30 年) の並列運転, すなわち, 総合負荷の 20% から 100% の間で, 各機の負荷の不均衡が, 各機に分担すべき負荷の  $\pm 15\%$  以下の運転を, 容易に行いうるものと思う。

## 6. む す び

わが国で建造される航洋船舶に, もっとも適用される船級規則, すなわち, わが国および米国・英国の船級規

則は, いずれも, 複巻発電機の特長として, 平復巻またはそれに準ずる特性を規定している。平復巻発電機の並列運転は, 均圧線に多量の銅材を使用して, 強力なものとしても, 軽負荷で, 各発電機に分担負荷に, 不均衡を生じやすい。

米国の船級規則が規定している負荷の不均衡に対しては, とくに強力な均圧線の使用により, 規定の並列運転を行いうるが, 一般には, やや困難である。ごくわずかの差動直巻をつけることにより, 均圧線に特別の考慮を払わなくても, 容易に安定な並列運転が行えるので, 差動直巻付のものが好ましいと思う。

日本海事協会鋼船規則昭和 30 年版の規定する負荷の不均衡に対しては, 同規則が規定する均圧線の限度より, はるかに強力なものを使用しても, 満足すべき並列運転は行われにくい。したがって, 一般に差動直巻付複巻発電機を採用すべきである。

差動直巻付複巻発電機は, 差動直巻および差動直巻を打消すための和動直巻を, 余分に必要とするが, 均圧線で節約し得るので, 全般的にみて, むしろ経済的であると思われる。

本実験をなすにあたって, 絶大なご援助にあずかった三菱造船長崎造船所前田電気設計課長, 吉川電気工場長, 川村幸町工場長および早稲田技師, ならびに, 浦賀玉島ジーゼル篠村製造設計課長, 山田電気課長等の各位に深甚な感謝の意を表する。

## 引用文献

1. Marine Eng. 57, 68 (1952-8).
2. 日本海事協会技術部: 鋼船規則の改正について「船舶」27, 1040 (昭 29-11).
3. M. S. Hancock: Parallel Operation of Direct-Current Generators, Electric Journal 30, 459 (1933-11).
4. John M. Dodds: Electrical Power Sources in Marine Service 148 (1945).



# 電子管式直流電動機制御装置

神戸製作所

武

藤

哲\*

## Electronic D-C Motor Control Devices

Kobe Works

Satoshi MUTO

Electronic tubes, in spite of their extensive use in communications and studies on their application to various fields, have been little adapted to heavy electric machinery. This is chiefly due to general conception of their unreliability. But their speed of response as well as amplification is a characteristic superior to any other apparatus. Untiring efforts have been kept on improving products. They have, together with the development of circuits, now become the heart of productive power in modernized factories. The automation in the gift of electronic devices added to the mechanization, insuring improvement of quality and enlargement of production. Of a host of applications, there has been much information regarding electronic motor control. One example taken up by the writer is an automatic speed controlling device for small d-c motors by means of thyratron tubes.

### 1. ま え が き

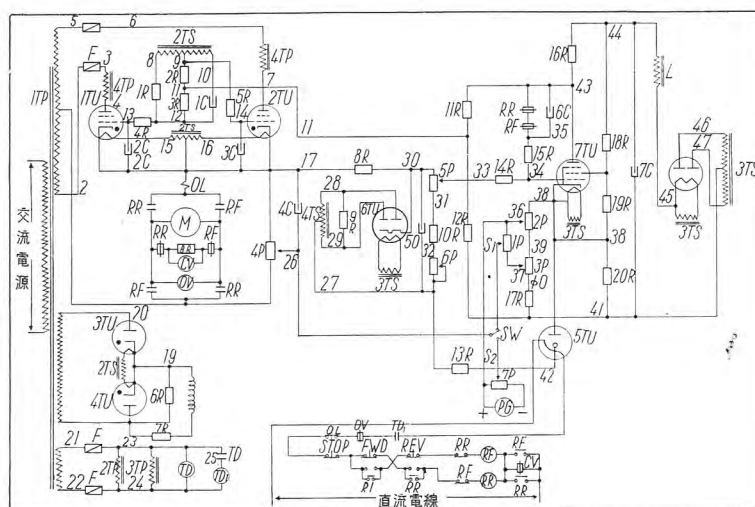
通信方面では盛んに使用されている電子管が、最近まで重電機方面にはあまり使用されず、工業方面への応用は努力研究はされてきたが、実用されるまでに至らなかった。それは真空管は信頼性がないとされていたためであるが、その増幅特性とともに、他機器には得られないほど応動速度が早いという優秀な特性をもっているために、工業方面への利用が進むにつれ信頼性に対する問題も熱心に研究され、続々優秀な電子管が生産されるようになり、回路の発達と相まって近代化された工場の生産力の源をなし、機械化と電子管装置の併用によるオートメーションは品質の改善、生産力拡大の上に欠くことのできないものとなりつつある。

以下電子管応用の一例として、サイラトロンを使用し

た小型直流電動機の自動速度制御装置について紹介する。

### 2. 回路ならびに構造

格子制御放電管使用の直流電動機用電子管式自動速度制御装置は、数多くの方式が標準化されつつあるが、その一例として  $\frac{1}{4}$ ~2HP 直流電動機用の結線図を示すと 1 図のとおりである。本装置は交流電源を整流し電動機の電機子電流を制御するサイラトロン 1 TU, 2 TU (5G72 使用), 同じく交流電源を整流し界磁電流を供給する整流管 3 TU, 4 TU (2H67 使用), および電動機の種々の現象を検出し、サイラトロンのグリッド電圧を変化させるための増幅真空管, 調整抵抗器, コンデンサ等よりなっており, その外観を 2 図に示す。3 図は本装置と組合せ試験を行った  $\frac{1}{2}$  HP 直流電動機の外観を示す。



1 図 回路

Fig. 1. Circuit diagram of electronic motor control device.

2 図 電子管式直流電動機制御装置

Fig. 2. Appearance of electronic motor control device.







3 図 1/2 HP 直流電動機外観  
Fig. 3. Appearance of 1/2 HP d-c motor.

### 3. 動作原理

#### ア. サイラトロン電流制御

サイラトロン制御方式には位相制御、電圧制御、パルス制御等種々の方式があるが、本装置では電圧制御方式を採用した。その原理を4図に示す。1図に示すように変圧器2TSに接続された抵抗1Rおよび1Cによって、端子9-12間に得られるサイラトロンプレート電圧より90°位相のおくれた交流電圧に、端子11-17間の直流電圧を重ねて、それぞれ1TU、2TUのグリッドに供給している。グリッド電圧の直流分を+ $E_g$ 、0、- $E_g$ のように変化すれば、サイラトロン点火位置はa、b、cのように変りプレート電流を調整することができる。

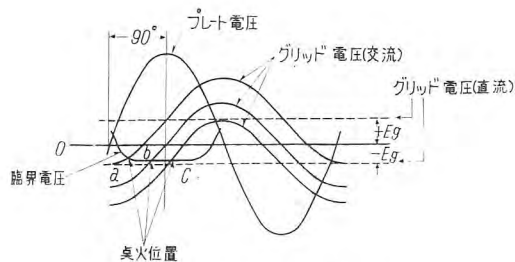
#### イ. 直流電動機の定速度運転

界磁電流を一定しておいた場合、直流電動機速度を一定に保持するためには一般に電機子誘起電圧を一定に維持すればよい。そこで本装置では、電機子誘起電圧と基準電圧（設定速度）とを比較し、なんらかの原因によって電機子電圧が変化すれば電機子電圧と基準電圧との差を7TUによって増幅し、前述のようにサイラトロンに加えられたグリッド電圧の直流分を変化し、直ちに電機子電圧を調整して設定速度に復帰するよう作動する。

電機子電圧は4P、4Cにより平滑され、適当に分圧されて分圧器1P、2P、3Pによって与えられる基準電圧と逆特性に接続され、7TUのグリッドに加えられる。したがって両電圧の平衡した状態で運転が持続され、その差電圧にわずかな変動が生じてみただちに自動的に修正され設定速度に復する。分圧器1Pのノッチが37側にあれば、7TUのグリッド電圧はもっとも低く、プレート電流は最小となる。したがって端子43の電圧は最大となり、端子11すなわちサイラトロングリッドに加わる直流電圧が最大となるから、1TU、2TUのプレート電流すなわち電機子電圧は最大となり最高速度で運転される。1Pのノッチを36の方向に移動するにしたがって電機子電圧は減少し速度は降下する。

#### ウ. 起動および停止

正転および逆転起動操作ならびに各コンタクトの動作はつぎのようである。サイラトロンは周知のようにカソ



4 図 サイラトロン電流制御  
Fig. 4. Principle of direct-voltage grid control of thyatron rectifiers.

ードが充分熱せられない前にプレート電圧を加えると、破壊したり寿命を短くしたりするおそれがある。したがって電動機を起動するにあたり、あらかじめサイラトロンフィラメントに電圧を与えておく必要がある。

このため本装置では、1図に示すように交流電源のスイッチを閉じればただちに各管のフィラメントおよび増幅回路電源は付

勢されるが、サイラトロンカソードが充分熱せられるまで(約5分間)は、限時リレーTDにより操作回路が開かれたままであるから、もし誤って起動ボタンを押してもコンタクトRFまたはRRはいずれも無励磁状態のため、電動機回路は接点RFおよびRRにより開かれたままであるから、サイラトロンプレートカソード間には電圧は印加されず、危険が防止せられる。

サイラトロンカソードが充分熱せられたところ、接点TDが閉じ、TD<sub>1</sub>が附勢され操作回路の接点TD<sub>1</sub>が閉じ、起動準備が完了する。正回転を行う場合は、押ボタンFWDを、逆回転を行う場合は押ボタンREVを押せば、電動機は正あるいは逆回転で起動することができる。

電動機を停止する場合は停止ボタンSTOPを押せばよい。この場合、電動機の停止時間を早くするため電機子に並列に抵抗BRを入れている。運転中は接点RRまたはRFによって開放されており、STOPボタンを押すと同時に接点RRまたはRFが閉じ、BRに電流が流れ電動機にブレーキをかける働をする。電動機を急速に停止したり反転を行いたい場合によく用いられる方法である。CVは電動機を反転する場合、反転の押ボタンを押しても電動機速度がある程度以下に減速した後でなければ接点CVが閉じず、したがってRRまたはRFは無励磁のため反転用接点が切換わらないようにして電動機の保護をしている。OVは過電圧保護用のリレーである。

#### エ. 起動瞬時電流抑制

電動機を起動する場合の瞬時電流をおさえるため、一般には起動抵抗を挿入して起動を行っているが、本装置では小容量のコンデンサと高抵抗を使用し、電動機の起動時サイラトロングリッド電圧を低電圧に保ち、プレート電流を制限することにより電動機およびサイラトロン自身の損傷を防止している。6Cおよび15Rが直接この働をするもので、起動ボタンを押すと同時に常時閉接点RFまたはRRが開き、6Cには端子43-35間の差電圧による充電電流が流れ、6Cと15R、14Rをふくむ充電回路の抵抗値によって決まる時間だけ7TUのグリッド電圧を高める。したがってその間充電電流に応じて7TUのプレート電流が流れ、端子11の電圧すなわちサイラトロングリッドに加えられる直流電圧を降下し、電機子電圧を減少させる方向に作用して起動



時の瞬時電流を抑制する。

#### オ. 過電流制限

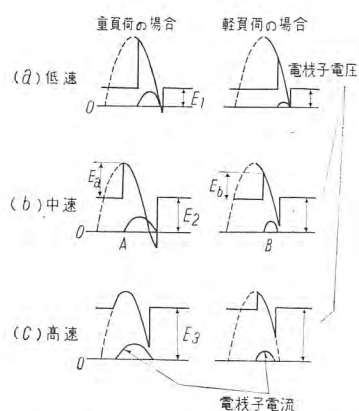
6 TU は電機子に流れる過電流を制限するためのもので、電流変成器 4 TP は電機子電流を供給するサイラトロン回路に挿入されているから、電機子電流が流れれば 4 TS に電圧を誘起し、それを 6 TU によって全波整流した直流電圧が端子 27—30 間にあらわれる。一方 7 TU のカソード端子 38 と端子 27 間に定電圧放電管が接続されている。定電圧放電管は周知のように、プレートとカソード間にある一定電圧以上が印加されるまでは電流を通じない性質をもっている。そこでいま過電流制限調整抵抗 6 P を適当にして、電機子電流が定格値の 130~150% になれば 5 TU の端子電圧が放電開始電圧に達するよう調整しておき、電機子電流がそれ以上になれば 5 TU が通電し 8 R を通して放電電流が流れるため、7 TU のグリッド電圧を高めしたがってプレート電流を増加させ、サイラトロンのグリッド電圧が降下し、電機子電流を減少させるように作動し回路を保護している。

#### カ. IR 降下補償

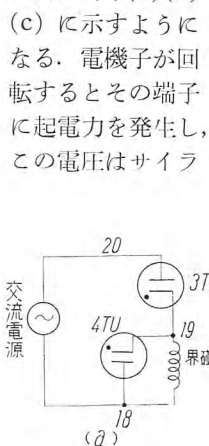
6 P は上述のように電機子電流の最大値を制限するためのものであるが、同じく 6 TU の出力回路に挿入されている分圧器 5 P は、いわゆる IR 降下補償用のもので、速度設定用分圧器 1 P, 2 P, 3 P の位置は一定のままでも電動機の負荷が増大すれば、電機子電流が増加しいわゆる IR 降下を増し速度が若干低下する。そこで電機子電流の値を検出できる 6 TU の出力回路に負荷補償用抵抗 5 P を直列に挿入し、5 P による電圧降下を 7 TU のグリッド回路に導き、ノッチの調整によりグリッド電圧に重畳される補償量を調整できるようにしている。したがって電機子電流が増加すれば端子 30—33 間の電圧が増加し、7 TU のグリッド電圧を若干低下させプレート電流が減少する。したがってサイラトロンのグリッド電圧は上昇し、電機子電圧を増して速度の低下分を補償することができる。

#### キ. 電機子電圧および電流波形

交流電源をサイラトロンにより整流して得た直流によって電動機速度を制御する場合の電機子電圧および電流波形は、低速、中速、高速によってそれぞれ 5 図 (a)(b)(c) に示すように



5 図 電機子電圧および電流波形  
Fig. 5. Wave forms of armature voltage and current.



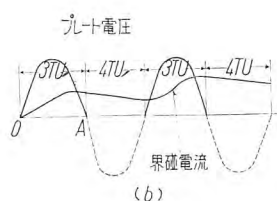
6 図 電動機界磁電流  
Fig. 6. D-C motor field current.

トロンに電流が流れない間は 5 図 (a)(b)(c) においてそれぞれ  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$  で示されるような平な線となって現われる。この値は電動機速度が上昇するにつれて増加する。オシロスコープで観察すれば、サイラトロンの点火している期間だけ交流電圧波形の一部が電機子の両端に現われるのがわかる。これはサイラトロンが点火している間は管内電圧降下が非常に小さく (約 15 V 程度) 交流電圧のほとんどがそのまま電機子に与えられるためである。電動機負荷を増加すればサイラトロンの点火時期は次第に早くなり、無負荷速度と同一速度で回転するのに必要な充分の電機子電流が流れる。この場合 IR 降下補償の行われるのは前述のとおりである。5 図 (b) を例にとってさらに説明すれば、重負荷の場合ならばサイラトロンは A 点で点火するが、電機子に電流を流しうるのは交流波形のうち Ea で示す部分だけであって、残りの電圧は電動機の逆起電力で打消され電機子には電流を流し得ない。交流電圧が反転した後も、電流が流れることにより電機子インダクタンスによって蓄えられたエネルギーが零になるまで電機子電流は流れ続ける。負荷が軽くなれば電機子電流は少なくてすむためサイラトロンの点火時期はおくれ、B 点で点火し交流電圧波形のうち Eb の部分によって電機子電流が流れる。

5 図 (a) および (b) においてみられるように、電動機が低速または重負荷の場合は電機子端子には負電圧が現われる。これは電機子電流が流れることにより、電機子のもつインダクタンスによって蓄えられたエネルギーにより、交流電圧の反転後もサイラトロンの点火を持続するためである。

#### ク. 界磁電流

電動機界磁としては、速度変化範囲の大小により可変界磁方式または定励磁方式が採用されるが、一般に速度制御範囲が 20 対 1 以下の場合は定励磁方式、また速度制御範囲が 100 対 1 というような広範囲にわたる場合は、電機子電圧と共に界磁電流制御が併用される。本装置においては 1 図に示すように交流電源をファノトロンによって整流して得た直流で一定励磁を与えている。周知のように整流方式としては半波、全波整流等種々の方式があるが、本装置に採用している方式について説明すればつぎのようである。1 図における電動機界磁回路を簡単に書けば 6 図のとおりである。すなわち 3 TU により半波整流による界磁電流を得ると同時に、4 TU を電動機界磁の両端に図のように接続する。交流電源を加えれば正の半サイクル間 20—19—18 の方向に電流が流れる。A 点において電源電圧が反転すれば、界磁線輪にはイン



ダクタンスによって端子 18 が正となるような電圧を発生する。この電圧のため 4 TU を通って 19—18 の方向に電流が流れる。これは交流電源の正の半サイクル中に 3 TU を通って界磁線輪に流れる



電流方向と同一であるため、界磁電流の大きさは  $3\text{ TU}$  のみによって得られる値より大きくなり、この値は半サイクル毎に増大し最後にはほとんど界磁線輪の直流抵抗で定まる値となる。1 図において  $6R$  および  $7R$  は界磁電流の値を調整するための抵抗である。

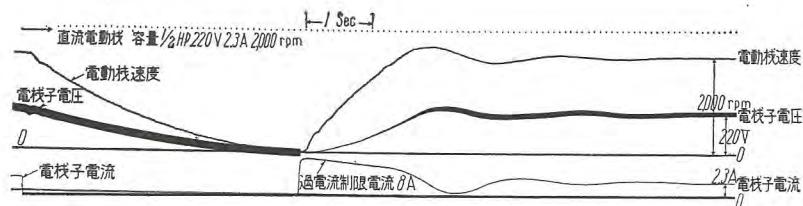
#### ケ. 精密速度制御

電動機速度は一般に  $n = \frac{E - IR}{K\Phi}$  ( $n$ : 速度,  $E$ : 端子電圧,  $IR$ : 電機子電圧降下,  $\Phi$ : 有効磁束,  $K$ : 定数) で表わされるから、負荷の増大した場合、 $\Phi$  が一定ならば  $IR$  降下補償により端子電圧を上げ、誘起電圧を一定に保てばよいわけで、この原理によったものが上述のように 1 図に示す制御方式である。この方式によって速度変動率を  $1 \sim 2\%$  程度におさえることはできるが、これはあくまで  $\Phi = \text{一定}$  と考えた場合で、実際には負荷の増大するにつれ電機子反作用が増大し、その減磁作用によって有効磁束が減少し、また温度上昇による電機子抵抗の変化や刷子電圧降下も変化するため、精密速度制御を行うには充分な方式ではない。

そこで精密速度制御を行う場合は、電動機シャフトに指速発電機  $PG$  を直結し、最終目的である電動機速度を正確に検出し、電機子端子電圧と基準電圧とを比較して行うかわりに、 $PG$  の発生電圧と基準電圧(設定速度)とを比較して  $7\text{ TU}$  のグリッドに導き、電動機速度のわずかな変動に対してもただちに設定速度に復帰するよう動作させる方式が用いられる。これによって速度変動率を  $0.3 \sim 0.5\%$  にすることができる。

#### コ. 追従制御

1 図に示す制御回路において、切換スイッチ  $SW$  を  $S_1$  側に接続した場合はいわゆる定値制御であって、電動機速度を分圧器  $1P, 2P, 3P$  によって定められた任意の設定速度につねに保持するよう作動するが、 $SW$  を  $S_2$  側に切換え他の電動機に直結された指速発電機  $PG$  を接続すれば、 $PG$  の出力電圧に応じて電動機速度を決定するいわゆる追従制御を行うことができる。いま電動機が  $PG$  の出力電圧で定まる任意の速度で運転中、 $PG$  の出力電圧が増加したとすれば  $7\text{ TU}$  に与えられたグリッド電圧が低下し、プレート電流が減少し、サイラトロングリッドに与えられる直流電圧が増加し電機子電流を増し、電機子端子電圧が  $PG$  出力電圧と平衡するまで速度が上昇する。



7 図 起動 停止試験オシログラム

Fig. 7. Oscillogram of a d-c motor start or stop.

#### 4. 試験結果

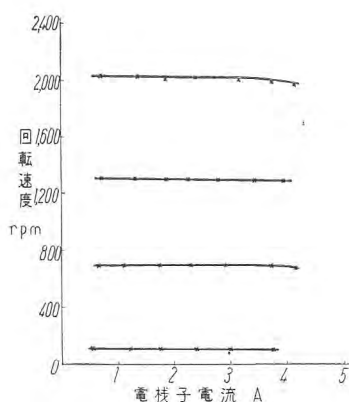
以上述べたような種々の特性を有する本装置を使用し、小型電動機の運転を行った場合の試験結果について述べる。

##### ア. 起動および停止

7 図に示すオシログラムは、容量  $1/2\text{ HP}$ ,  $220\text{ V}$ ,  $2.3\text{ A}$ ,  $2,000\text{ rpm}$  直流電動機を定格運転中一旦停止し、再起動を行った場合の状態を示す。3 項ウで述べたように、制動用抵抗  $BR$  の値を減ずることにより 7 図に現われた停止時間よりさらに短時間で電動機を停止することができた。またこのオシロ撮影にあたっては、過電流制限を  $8\text{ A}$  に調整して起動したが、これを  $3.7\text{ A}$  (定格の約  $160\%$ ) に調整して起動した場合は定格速度に達するまで約  $6$  秒を要するが、さらに安定した状態で起動する。

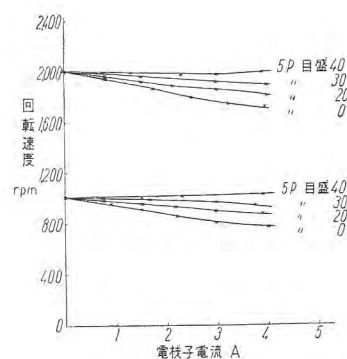
##### イ. 負荷-速度特性

8 図は上記  $1/2\text{ HP}$ ,  $220\text{ V}$  直流電動機を本装置と組合せた場合の負荷-速度特性曲線である。 $IR$  降下補償用抵抗器  $5P$  のノッチを一定にしておいたままで電動機速度を変えると、速度を増した場合負荷を増大するに従って速度は若干降下し、また速度を減じて負荷を増大すれば速度は若干上昇気味になるが、任意の速度を設定した場合、その速度に応じて  $IR$  降下補償量を  $5P$  によって適当にすれば、つねに負荷-速度特性をほとんど水平に保つことができる。 $5P$  により  $IR$  補償量を種々変化さ



8 図 負荷-速度特性曲線

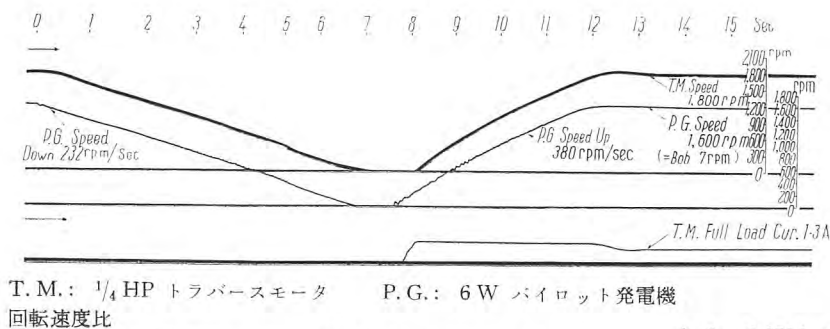
Fig. 8. Speed-torque characteristics of a d-c motor.



9 図  $IR$  降下補償による負荷-速度特性

Fig. 9. Speed-torque characteristics of a compensated electronic drive.



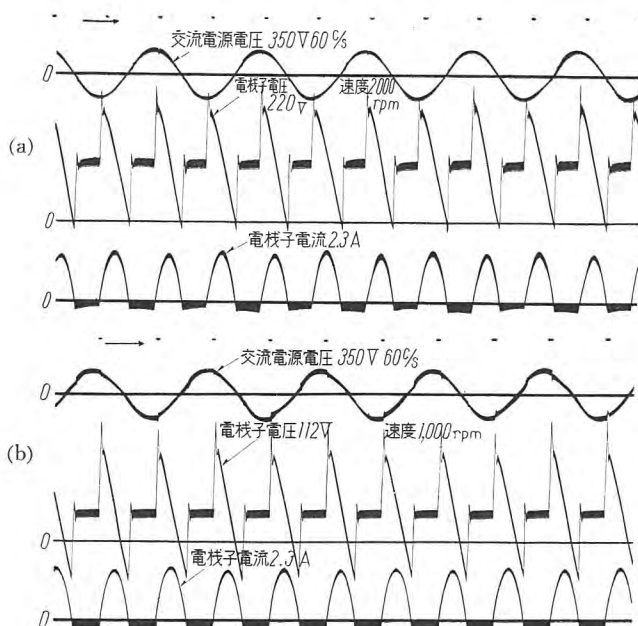


T. M.:  $\frac{1}{4}$  HP トラバースモータ P. G.: 6 W パイロット発電機  
回転速度比

Bobbin: Torque motor : P. G. = 1 : 38.18 : 38.18  $\times$  6

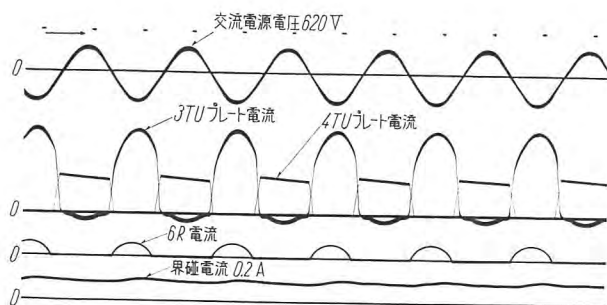
#### 10 図 追従制御特性

Fig. 10. Follow-up control characteristics.



11 図 (a) (b) 電機子電圧および電流波形

Fig. 11. D-C motor armature voltage and current wave forms.



12 図 界磁電流

Fig. 12. Oscillogram of a d-c motor field current.

せた場合の負荷-速度特性を示せば 9 図のとおりである。

#### ウ. 追従制御

10 図は本装置に指速発電機を接続し、追従制御を行った場合における指速発電機速度-電動機速度の関係を示すオシログラムである。

#### エ. 電機子電圧および電流波形

$\frac{1}{2}$  HP 直流電動機を定格運転した状態で、電機子電圧および電流波形をオシロスコープにより撮影したものを

電子管式直流電動機制御装置・武藤

11 図(a)に示す。(b)は同じ電動機を 1,000 rpm 電機子電流 2.3 A で運転した場合のオシログラムである。

#### オ. 界磁電流波形

12 図は上記  $\frac{1}{2}$  HP 電動機の定格運転時における界磁電流 (0.2 A) 波形、ならびに整流管 3 TU, 4 TU のプレート電流波形、界磁電流調整抵抗 6 R を流れる電流波形を示すオシログラムである。

3 TU に加えられる交流電圧が反転し 4 TU に放電電流が流れている間、わずかではあるが逆電流が流れているのは 4 TU の管内電圧降下によって 3 TU の通電状態を維持するためである。また 4 TU に放電電流が流れ始めれば、その管内電圧降下がわずかなため 6 R の両端が短絡に近い状態となり、6 R はほとんど電流が流れない。

#### 5. 用 途

本装置は上述のように、分圧器 1 つによって容易に、高性能にしかも広範囲にわたって電動機速度を調整することができ、また正転逆転も押ボタンの切換えだけで簡単にしかも安全に操作することができるために、圧力、温度、電流などわずかな変動を検出し、それらの変化量に比例して電動機速度を調整したり、工作機械、給炭機、印刷機などの自動制御、液体ガス燃料などのバルブ制御、織物、紙など各種張力の自動制御など応用分野はきわめて広いものと思う。

#### 6. む す び

電子管装置を実際工業方面に使用するにあたっては、従来とかく不安がられた信頼性や寿命の問題、あるいは方面における種々の条件を考慮し、点検や修理の容易さ、部品の安全な使用法などに重点をおいて設計製作する必要がある。

最近国内においても電子管に対する熱心な研究が行なわれた結果、信頼性や寿命の点で従来一般にいだかれていた不安を一掃するほど優れたものが生産されるようになり、また近年トランジスタその他従来の真空管にかわるべき優秀なものが生産されるようになったので、安定性や寿命の点も大いに改善され、寿命も半永久的なものとして考えられるようになるのもさほど遠い将来ではあるまい。そうなれば現在すでに各工業にとり入れられ品質向上や原価の低減に役立ちつつある電子管装置は、その優れた特性のためにいよいよ重宝がられ、ますます実用範囲が広がってゆくものと思われる。

#### 参 考 文 献

- (1) W社: Industrial electronics reference book. 533~571 (1948)
- (2) George M. Chute: Electronic motor and welder controls. 192~194, 226~150 (1951)
- (3) R. C. Walker: The industrial applications of gasfilled triodes. 55~90 (1950)
- (4) John M. Cage: Theory and application of industrial electronics. 122~138 (1951)



## 浮舟ロケット回収に成功

1957 年に行われる国際地球観測にわが国科学陣が参加する準備として東大糸川教授を中心とする超音速航空工学研究会でロケットの研究が行われてきた。

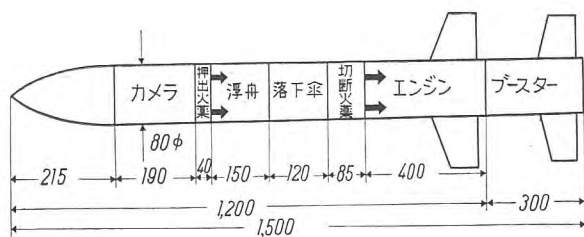
ペンシル型、ベビー S 型、ベビー T 型について 30 年 10 月末から 11 月初めにかけてベビー R 型の試験が秋田県道川海岸で行われた。3 回の試験中 2 回は大成功を収めた。

ペンシル型はただ単にロケットの基本研究用のものであり、ベビー S 型は単に飛翔させるだけで航跡観測用のものであり、ベビー T 型は気圧高度計を内蔵して自動的に発信を行い地上で受信して刻々の高度を知るためのものであったが、ベビー R 型は毎秒 2 枚の割合でロケットの進行方向と直角な方向の写真を取り、ロケットの運動を調査するものである。したがって下降時にエンジンを切り離し、落下傘で下降速度をおとし、浮舟によって海上に浮かせて写真機を回収することが必要になってくる。

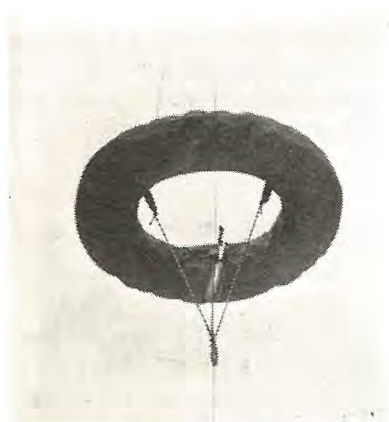
このロケットの概略の構造および寸法は 1 図の如きものである。

当社世田谷工場においてはこの回収のための浮舟を製作したのであるが、製作上の要点はつぎのようなものである。なお落下時の浮舟の実物写真を 2 図に示す。

(1) 大きさ平均直径 380mm 断面 100mmφ で重量 500g



1 図 ロケットの構造および方法



2 図 降下時の浮舟

浮力 6 kg であること。

- (2) ロケットよりの火薬による押出の衝撃に耐えること。
- (3) 落下傘の開傘による衝撃に耐え、しかもこの操作によりポンペ金具が作動すること。

この試験の結果、火薬による押出の場合ポンペおよび金具が火炮における弾丸と同一の運動をして落下傘や浮舟をいためるのでこれについて防護しなければならないことや落下傘の開傘時の衝撃は 100 G に近いこと等が明らかにされ今後の研究課題を作った。

しかし何れともあれかかる大規模な国際的科学的研究に三菱電機が参加して成功を収めたことは当社の優秀なる技術を中外に表明したものであって喜びに堪えない。なおこの浮舟用ポンペ金具の設計には当社研究所の協力を得たことを付記する。

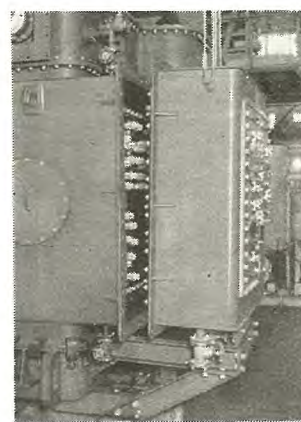
## 最近の負荷時タップ切替器

### 1. 通電動作寿命試験 30 万回に合格

従来負荷時タップ切替器の短所としてあげられていたことはその寿命の短い点と事故の繁発であった。しかし最近の製品はこの点格段の進歩をして昔日の汚名を完全にそそいでいる。今回東京電力角管 S/S に納入した 10 MVA 変圧器は URS 型負荷時タップ切替器がついているが、これは立会をもって行われた 30 万回の通電動作寿命試験に優秀な成績で合格し、その絶対無事故と充分な寿命の保証を実証することができた。

### 2. 着離自在装置

負荷時タップ切替器を点検する場合、変圧器本体の窒素封入を破ることなく極く短時間をもって切替器だけを離脱し、変圧器はそのまま普通の変圧器として運転することができれば、甚だ便利なことである。当社はこれを簡単な装置で有効にできる方法を考案して製品に適用している。また点検保修が終れば容易に変圧器につけてもとの姿に戻すことができることはもちろんである。写真はこの装置を施した URS 型負荷時タップ切換変圧器である。(実用新案出願中)



URS 型負荷時タップ切換器



# 最近における当社の社外寄稿一覧

寄稿先	掲載号	題名	執筆者	所属
新 女 苑	30年7月号	夏の室内照明	小堀富次雄	本社
新生活と電気	9月号	商店と街路の照明	〃	〃
文部省学術情報室 The Japan Science Review	Vol. 1 No. 2	Survey in the Field of Illumination in Japan.	〃	〃
ニューインテリヤー	10月号	レストラン、喫茶店照明の新傾向	〃	〃
工 芸 ニ ュ ー ス	10月号	外観設計者の当面する諸問題	二 星 潤	〃
新生活と電気	11月号	住 宅 の 照 明	小堀富次雄	〃
電気計算	12月号	低圧回路の過電流保護	篠崎善助	名古屋
電気計算	12月号	冷暖房装置の設計と施設	石川嘉孝	静岡
電 力	31年1月号	水車発電機の最近の構造	井 関 巖	神戸
電 力	1月号	機器製作上の方策—水力発電所配電盤について	松 尾 潔	神戸
電 子 工 業	1月号	ゲルマニウムダイオードの小型化	清水潤治	研究所
真空工業	1月号	高性能油拡散ポンプ	(藤永敦之 後藤正之)	研究所
電 機	1月号	昨年中のわが社の誇り	松尾又一	本社
電気計算	2月号	超高圧送電用直列蓄電器の保護装置	亀山三平	伊丹
コロナ社 自動制御便覧		鉾山用交流巻上機 高が巻上機	武田英夫	長崎

# 最近における当社の社外講演一覧

講演月日	主 催	演 題	講演者	所属
30年6月21日	中部日本放送	夏を涼しく暮す照明の方法(放送)	小堀富次雄	本社
6月22日	関東電気協会 家庭電気文化会	照明と電燈器具	〃	〃
7月5日	横浜消防署	照明器具と安全	〃	〃
7月8日～ 8月9日	中部電力 於(関, 飯田, 豊 橋, 岡崎, 刈屋, 清水, 浜松)	商店照明	〃	〃
7月22日	中部電力 於名古屋	最近の照明技術問題	〃	〃
7月25日～ 8月12日	北 陸 電 力 於高岡, 石動, 富山, 金沢	商店照明	〃	〃
7月29日	電 気 協 会	変圧器の寿命と温度上昇	白井万次郎	研究所
8月18日	日本石炭協会	磁気選鉱機の解説	高 島 秀 二	大 船
10月6日	工場照明講習会	工 場 照 明	山下源一郎	大 船
10月11日	日刊工業新聞 オートメーション講習会	電動機応用における自動制御	竹内真一	神戸
10月15日	絶縁材料研究会 絶縁油講演会	絶縁物の劣化より見た変圧器の寿命	白井万次郎	研究所
10月17日	応用物理学協会 30年秋季講演会	スペクトロフォンを利用したガス分析装置	安 藤 巖	研究所
10月27日	日本規格協会 経営管理と社内標準化講演会	社内標準化のあり方進め方	前 田 幸 夫	本社
10月28日	能率協会 コスト引下講演会	包装設計によるコスト引下の実施例	堀 直 昌	本社
10月28日	機械学会九州支部 中 津 講 演 会	補強した矩形板の撓みについて	中尾伊三郎	福岡
11月15日	照明学会 九州支部講演会	造船所船台照明の一例	佐々木武敏	本社
11月19日	電気三学会東海支部連合大会	電気機器の機械的衝撃試験	(大野寛孝 服部謙)	名古屋
11月 21～25日	第5回品質管理大会	実験の順序と確率模型との関係を導くための実験演算 子とその演算法	菅野正雄	研究所
〃	〃	抜取検査普及のための一案	小 原 巖	本社
〃	〃	仕損費低減運動の実施成果	百 崎 忠 志	福岡
〃	〃	工程能力表について	百 崎 忠 志	福岡
〃	〃	わが工場の初品検査と巡回検査について	小 島 正 男	名古屋
12月3日	日本計測学会材料研究会	O P 磁 石	中 村 弘	大 船



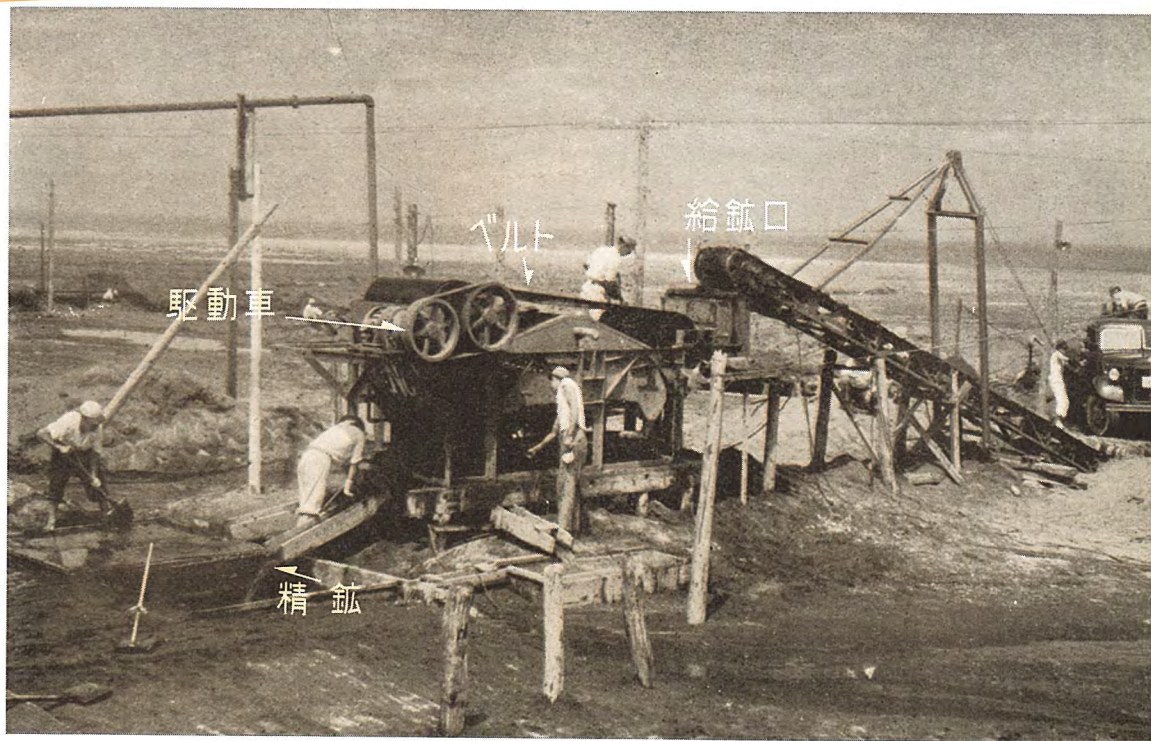
# 特 許 紹 介

## 最近登録された当社の特許および実用新案

区 別	名 称	特 許 又 は 登 録 日	特 許 又 は 登 録 番 号	発 明, 考 案 者	所 属
特 許	変圧器の冷却装置	30- 9- 6	216110	田 宮 利 彦	伊 丹
"	変 圧 器	"	216111	"	"
"	電波偏向装置	30- 9-16	216297	{津 村 隆 喜 連 川 隆	無 線 機
"	ガス分析計の零点調整装置	30- 9-23	216397	{野 村 貞 勇 加 賀 貞 広	島 津 長 崎
"	電気弁電力変換装置	"	216398	{己 斐 健 三 郎 阿 部 久 康	伊 丹 研 究 所
"	陰 極	"	216399	{立 原 芳 彦 泰 前 卓 也 夫	研 究 所
"	故障点指示方式	30-10 20	217148	{豊 田 準 三 中 西 武 三	無 線 機
"	電 波 偏 向 板	"	217149	津 村 隆	"
"	陰極線管の焦点測定装置	"	217150	嶋 村 和 也	"
"	旋盤における自動ねじ切装置	"	217151	山 口 栄	福 山
"	アンテナ方式	30-11-18	217731	喜 連 川 隆	無 線 機
新 案	自動階段の踏段照明装置	30- 8-25	432699	外 野 範 吾	名 古 屋
"	現字形計量装置最低位目盛文字車	"	432700	山 県 穆	福 山
"	超音波探傷器の探傷子	"	432701	平 田 利 印	長 崎
"	遠隔測定計器の校正装置	"	432702	加 藤 義 明	福 山
"	偏 光 眼 鏡	30- 8 31	433148	河 合 登	大 船
"	扇 風 機 翼 車	"	433149	山 田 豊	中 津 川
"	圧 力 計	30- 9- 9	433474	{今 北 孝 次 山 田 保 武 敦}	長 崎 島 津
"	転轍器加熱装置の端子筐	"	433475	増 谷 良 久	名 古 屋
"	自動電圧調整装置	"	433735	砂 川 勘 一	神 戸
"	ミシンの開閉釜	30- 9-20	433736	三 津 沢 武 夫	和 歌 山
"	自動電圧調整装置	"	433737	砂 川 勘 一	神 戸
"	高周波電圧および電界強度測定器	30-10-17	434851	北 垣 成 一	無 線 機
"	可動鉄片型計器	30-10-19	434999	橋 本 政 敏	神 戸
"	平 板 弁	"	435000	{石 川 嘉 孝 垣 見 太 郎}	名 古 屋
"	可動線輪型両振れ電気計器	"	435019	橋 本 政 敏	神 戸
"	電 気 行 火	"	435020	{飯 田 幸 雄 増 谷 良 久}	名 古 屋
"	電 気 行 火	"	435021	{ " " " "	"
"	誘 導 型 計 器	"	435022	山 県 穆	福 山
"	吊下形電極開閉器	"	435023	山 県 満	福 岡
"	分相型单相誘導電動機	30-11-17	436126	東 邦 弘	名 古 屋
"	セルシン表示装置	"	436127	武 田 英 夫	長 崎
"	接 触 子	"	436128	小 路 誠 春	神 戸
"	直流電動巻上機制御装置	"	436537	和 田 義 勝	長 崎
"	流体圧力または流量の調整弁	30-11-28	436538	{今 北 孝 次 佐 丸 尾 和 清 好}	長 崎 島 津
"	水 銀 整 流 器	"	436539	加 藤 又 彦	伊 丹
"	爆破用点火装置	"	436540	{宮 崎 秀 夫 大 村 半 弥}	姫 路



# 三菱磁気選鉱機



わが国のように鉄資源の乏しい国状においては貧鉱の処理がもっとも大切である。

磁気選鉱機による砂鉄、磁鉄鉱、磁硫鉄鉱等貧鉱処理による鉄資源の開発、また陶磁器その他原料からの除鉄に磁気選鉱機を利用することが盛んになった。

したがって能率的でしかも量産に適する磁気選鉱機が要望され、種々研究の結果非常に進歩したものが製作されるようになった。

三菱 M 型磁石選鉱機は OP 磁石を応用して貧鉱から鉄鉱の選別を迅速かつ経済的に行うことができる。

写真は日曹製鋼株式会社飯岡鉱業所へ納入した三菱 M-18 型磁石選鉱機の現場における選鉱状況である。

昭和 31 年 3 月 8 日 印刷      昭和 31 年 3 月 10 日 発行

「禁無断転載」      定価 1 部 金 60 円 (送料別)

## 雑誌「三菱電機」編集委員会

委員長 大久保 謙  
副委員長 石川 辰雄

委員 浅井徳次郎 荒井 潔 石橋英樹 市吉惟浩  
伊東祐義 大久保保郎 岡屋精二 菅野正雄  
木村武雄 小林治一郎 小堀富次雄 進藤貞和  
田宮利彦 津村 隆 成富公一 中野光雄  
毎熊秀雄 松田新市 松尾又一 松尾米太郎  
宗村 平 横須賀正寿  
幹事 市村宗明 前田 幸夫

(以上 50 音順)

編集兼発行人 東京都千代田区丸の内 2 丁目 3 番地 市村 宗明  
印刷所 東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 大日本印刷株式会社  
印刷者 東京都新宿区市谷加賀町 1 丁目 長久保慶一  
発行所 三菱電機株式会社内 「三菱電機」編集部  
電話 和田倉 (20) 1631  
日本出版協会会員番号 213013  
発売元 東京都千代田区神田錦町 3 の 1 株式会社オーム社書店  
電話 (29) 0915・0916 振替東京 20018