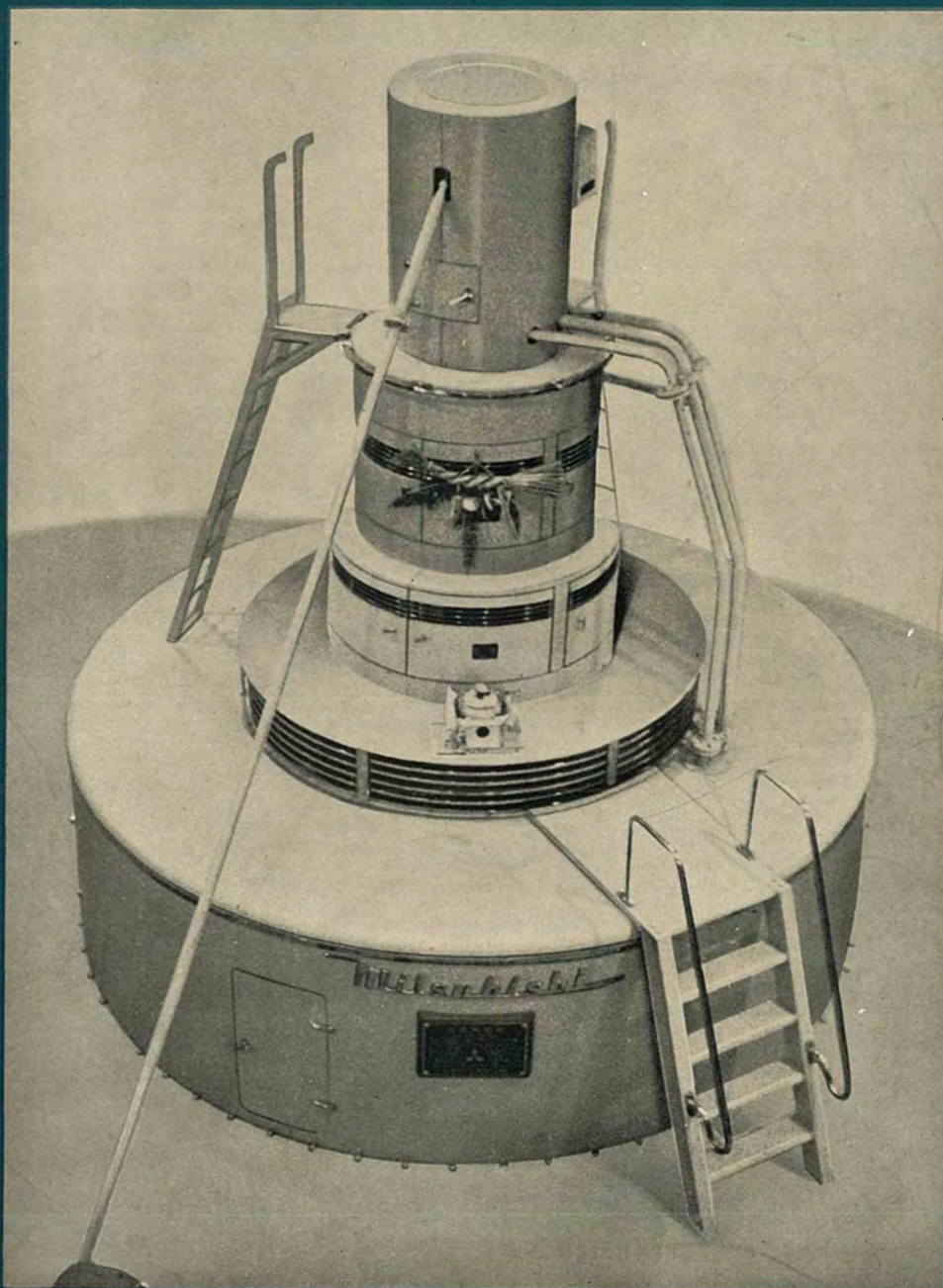


MITSUBISHI DENKI

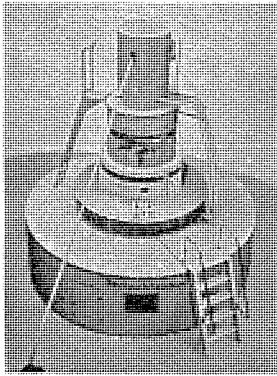
# 三菱電機



関西電力越方発電所納 三菱堅型カプラン水車発電機

2

VOL31 1957



MITSUBISHI DENKI

三菱電機

表紙説明

関西電力越方発電所向けとして最近納入した堅型カプラソ水車発電機である。おもな仕様は発電機容量 6,000 kVA, 電圧 6,600 V, 回転数 360 rpm, 極数 20, 周波数 60 c/s で、水車は新三菱重工製である。

なおこの発電所は去る昭和 28 年 7 月台風のため流失した経験にかんがみ発電所建屋は円筒形鉄筋コンクリートとし、外圧に対して十分安全性があり、配電盤室・屋外変電所は山腹に設けているなど特殊な構造になっている。

昭和 32 年 第 31 卷 第 2 号

目次

九州電力池田ユニットサブステーション……………吉松九州男・水上 誠… 2

水車の研究設備……………富永守之… 9

10 MW 天然ウラン重水炉の設計 (国産第一号原子炉の参考資料として)  
……………菅野正雄・長沼辰二郎・今村元・明石克寛・穂原智・  
小倉成美・弘田実弥…11

節油タンク型超高压遮断器……………新井正元・五十嵐芳雄・永田秀次…19

液冷式、密封型イグナイトロン整流器……………加藤又彦…29

京浜急行納入の電車制御装置……………宮内圭次…36

エレベータのカゴ室……………山田春夫…42

ニュースフラッシュ……………46

最近における当社の社外寄稿および講演……………48

三菱電機株式会社

本社

東京都千代田区丸の内(東京ビル)

(電) 和田倉 (20) 代表 1631・2331

研究所 兵庫県尼崎市南清水

神戸製作所 神戸市兵庫区和田崎町

名古屋製作所 名古屋市中区東区矢田町

伊丹製作所 兵庫県尼崎市南清水

長崎製作所 長崎市平戸小屋町

無線機製作所 兵庫県尼崎市南清水

大船工場 神奈川県鎌倉市大船

世田谷工場 東京都世田谷区池尻町

郡山工場 福島県郡山市宇境橋町

福山工場 福山市仲野上町

姫路工場 兵庫県姫路市千代田町

和歌山工場 和歌山市岡町

中津川工場 岐阜県中津市駒場安森

福岡工場 福岡市今宿青木

静岡工場 静岡市小 110

札幌修理工場 札幌市北二条東 12

大阪営業所 大阪市北区堂島北町 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 1601

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 6 (富国生命ビル)

(電) 中 (2) 2211—4

高松出張所 高松市紺屋町 34 番地

(電) 高松 3178・3250

小倉出張所 小倉市京町 10 丁目 (五十鈴

ビル) (電) (5) 小倉 3614

品質奉仕の三菱電機

# 九州電力池田ユニットサブステーション

九州電力株式会社熊本支店発変電課 吉松 九州男・水上 誠

## Ikeda Unit Substation of Kyushu Electric Power Company

Kyushu Electric Power Co. Kusuo YOSHIMATSU・Makoto MIZUKAMI

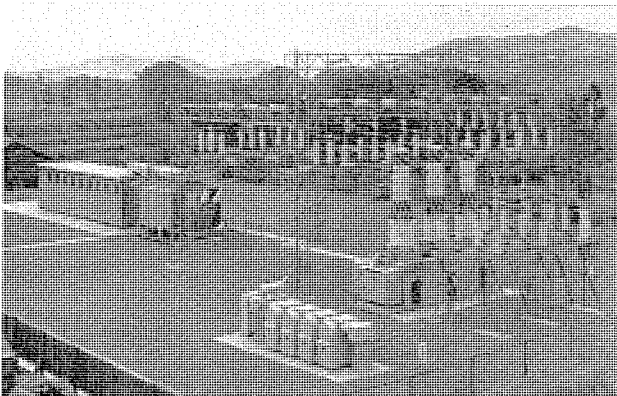
Ever increasing demand of electric power with prosperity in the business circles and elevation of people's living standard requires expansion of substations for distribution systems. Newly built substations are mostly unit substations. From the viewpoint of rationalization of the enterprise semi-automatic systems are most popularly employed, and also outdoor metal clad distribution boxes are found popular from the consideration of dependability, small floor spaces, reduced period of construction and fine appearance. Ikeda unit substation is a model installation of the metal clad equipment planned by the Kyushu Electric Power Company while a concrete clad type is favorably commented on by some people.

### 1. ま え が き

近年経済界の好景気と市民の消費水準の向上により、電力の需要が急激に増加しつつあり、当社においても相次いで配電用変電所の増強ならびに新設が行われている。新設される配電用変電所はその大部分がユニットサブステーションであるが、企業合理化の見地から、半自動方式が採用され、かつ、機器の信頼度・据付面積の減少・工期の短縮・美観などの見地から、屋外メタルクラッド配電箱が多数採用されている。

しかしながら、現在までの使用実績から考えて、おもに経済的および保守の点から再検討を要するのではないかと、という論があり、メタルクラッドによる屋外ユニットサブステーションに対し、配電盤・高圧遮断器類を屋内に設置するかあるいはコンクリートクラッド式ユニットサブステーションも建設されつつある。

当社熊本支店において都市配電用として池田ユニットサブステーションが新設されたが、機器の大部分が三菱電機株式会社の納入でありかつ、屋外メタルクラッド式ユニットサブステーションのモデルとして紹介するにふ

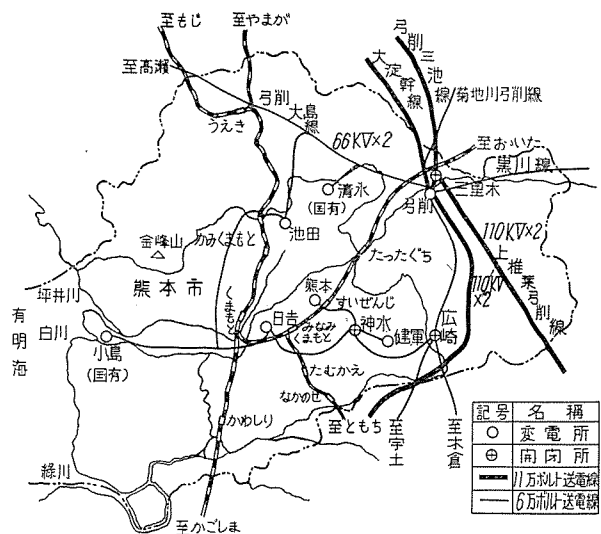


1 図 池田変電所全景  
Fig. 1. View of Ikeda substation.

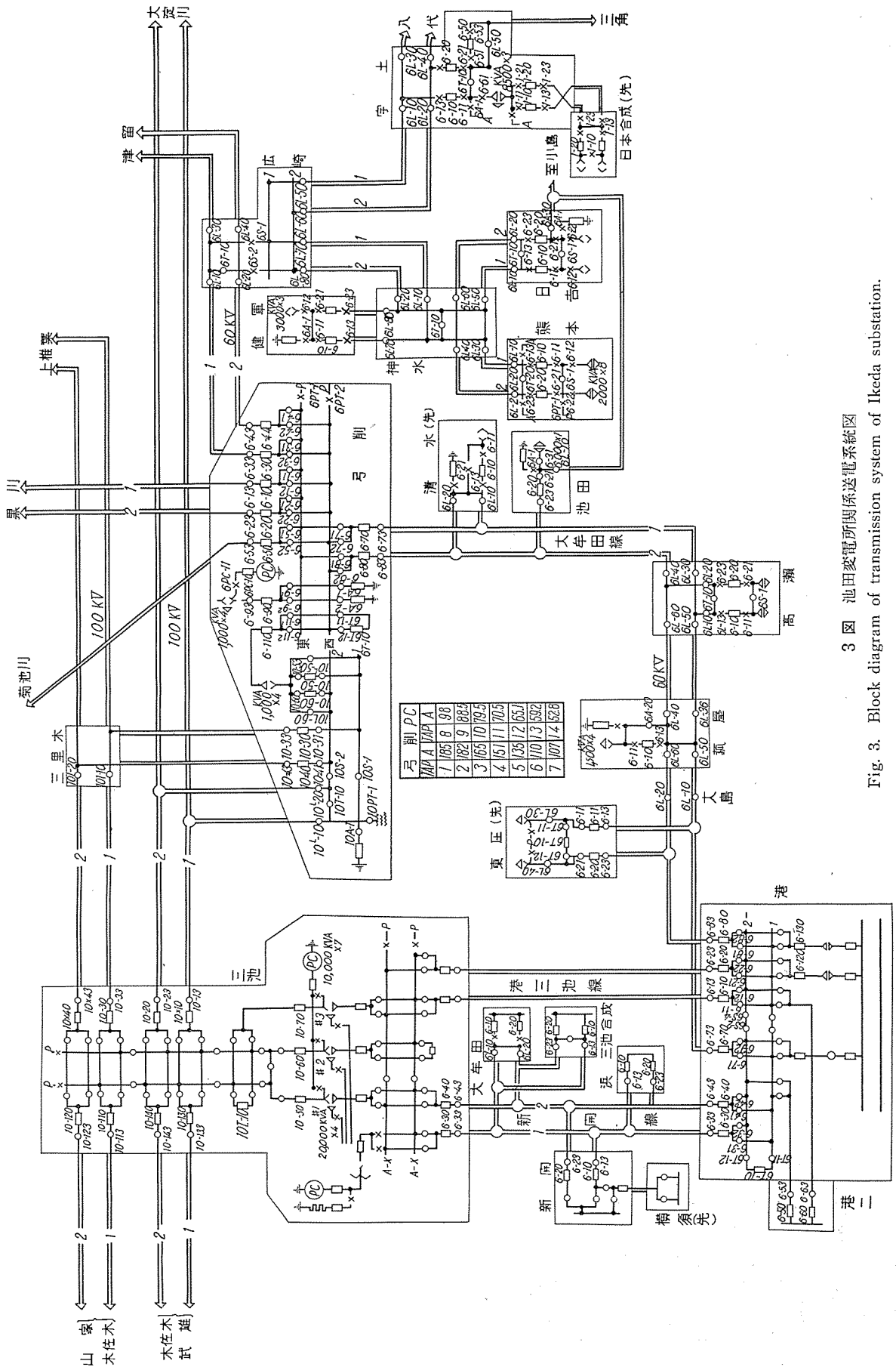
さわしいものであると考えるので、ここにその計画・設備内容および工事の概要について述べ若干の卑見を加えることとする。

### 2. 池田変電所新設の背景

九州のほぼ中心に位し、九州第2の都市人口 32 万を擁する熊本市は古くから銀杏城の名によって城下町として知られているが、近年急速に需要が増加し現在約 3 万 kW の需要があり毎年約 3,000 kW の需要増加が見込まれている。これに対し 2 図のように従来熊本、日吉、健軍の 3 配電用変電所と一部弓削変電所 (1 次変電所) から供給されていた。市中心部の需要がとくに増加し一昨年未熊本、日吉両変電所が認可出力に達し、一方市中心部より北西部需要家に供給する配電線の電圧降下が非常に大きくなり、かつ配電線損失電力も莫大なものとなりつつあった。



2 図 熊本市附近の変電所  
Fig. 2. Substations near Kumamoto city.



3 図 池田変電所関係送電系統図  
Fig. 3. Block diagram of transmission system of Ikeda substation.

熊本、日吉両変電所を増強して供給する案も一応考えられたが、市北西部 load center に近く最終容量 12,000 kVA の池田変電所を新設すれば配電線の損失が非常に軽減され将来10年間に於いて約1億円の損失軽減となり電圧降下もはるかに小さくなりました。熊本、日吉両変電所と共に市中心部に対してちょうど三角形の頂点の位置にあって万一の事故に対して切替送電が可能でありサービス上にも有利であるところから、熊本市清水町大字津の浦字橋山861番地に池田変電所を新設することとなった。

3 図池田変電所関係送電系統図にあるように、池田変電所電源は三池変電所2次系である大牟田線より60kV送電線1回線(池田北線)を新設して常時の受電系統とし、さらに別ルートとして同じく60kV送電線池田南線を新設して日吉変電所と連絡し予備受電系統とすることとした。日吉変電所は熊本および健軍変電所と共に弓削変電所2次系である。池田、熊本、日吉3変電所は配電線と共に60kV送電線によってもいつでも連絡できる系統となっている。ただし常時配電線によるループ運転はしない。

池田変電所の供給区域は市中心より北西部であるがこの区域にはNHK、ラジオ熊本の2つの放送局と32万市民の飲料水を賄う市水道その他重要な負荷を有している。

### 3. 設備の概要

池田変電所は前述のように重要な変電所であるが、半自動方式として極力勤務員を少なくすることのほかに、

1. 機器は信頼度十分なものであること。
2. なるべく簡単に監視、保守に便利なこと。
3. 都市の近郊にある関係上、なるべく据付面積を少くし、かつ美観を損なわないこと。
4. 受電系統の変化により1次側電圧が大幅に変化するので、2次側電圧が限定値以内になるような自動電圧調整をすること。
5. 今回変電所出力は6,000kVAであるが、近い将来2Bank 12,000kVAとする予定であること。

などが設計の基本方針となった。

機器の主なる仕様を示せば次のとおりである。

#### ア. 主要変圧器 1台

型式 CR—URS 型 負荷時タップ切換変圧器、屋外、油入自冷式、全装可搬型、窒素封入式

相 3相  
周波数 60 c/s  
1次電圧 60,000 V  
2次電圧 6,900 V±690 V 3,450 V±345 V  
定格出力 6,000 kVA  
結線 1次△ 2次△  
調整タップ 17点±8段切換 1.25% ステップ

#### イ. 受電用遮断器 1台

型式 70-V-150 碍子型遮断器  
定格電圧 80.5 kV

定格電流 600 A  
定格周波数 60 c/s  
定格遮断容量 1,500 MAV (at 80.5 kV)  
絶縁階級 70号  
標準動作責務 甲号 0-1分-CO-3分-CO  
定格開極時間 0.05秒  
操作方式 投入 圧縮空気 4.5 kg/cm<sup>2</sup>  
引外 D-C 110 V 電磁

#### ウ. 線路開閉器 4台

型式 H型  
定格電圧 80.5 kV  
定格電流 400 A  
操作方式 手動  
絶縁階級 70号  
使用碍子 ラップ碍子

#### エ. 区分開閉器 3個

型式 DU型  
定格電圧 80.5 kV  
定格電流 400 A  
操作方式 フック操作  
絶縁階級 70号  
使用碍子 ラップ碍子

#### オ. 避雷器

型式 SV—A 3型 オートバルブ避雷器  
公称電圧 60 kV  
商用周波許容端子電圧 84 kV (1.4 E)  
商用周波放電開始電圧 165 kV (工場試験実測値)  
衝撃放電開始電圧 258 kV (工場試験実測値)  
放電耐量 20,000 A

#### カ. メタルクラッド配電箱

##### (1) 主幹用 1面

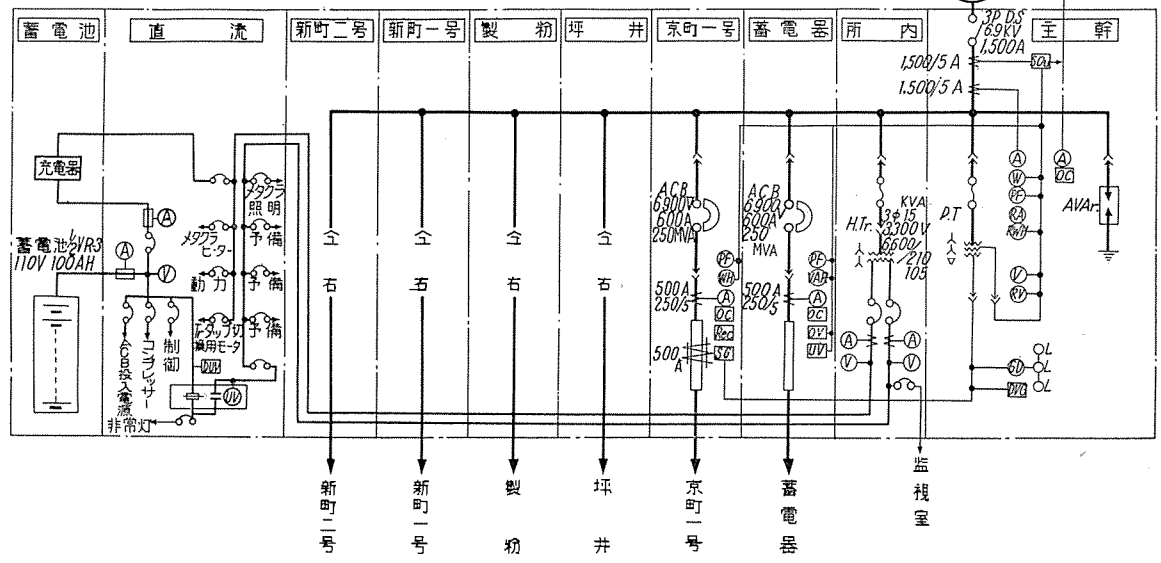
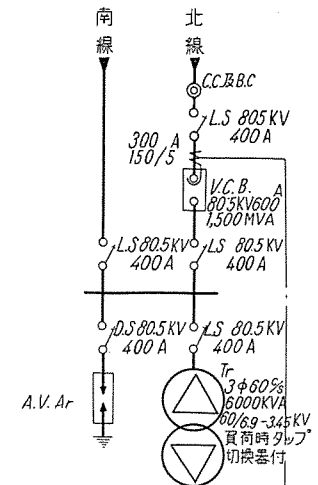
内蔵品 TW—O 型 乾式単相計器用変流器  
6,900 V 1,500-750/5 A 40 VA 6個  
TV—OS 型 乾式単相計器用変圧器  
3,300/110/110 V 200 VA 3個  
同 上  
6,600/110/110 V 200 VA 3個  
(配電線 6,000 V 昇圧時使用)  
BAL—PT 型 同上用電力ヒューズ  
6,900 V 引出型 3個  
PT—S 型 3極単投断路器 6,900 V 1,500 A  
遠方手動操作式 1組  
SV—A 型 3相オートバルブ避雷器  
3,000 V 屋内用引出式 1組  
3相絶縁母線 6,900 V 1,500 A 1式  
可揺計器盤 1面

##### (2) 所内用 1面

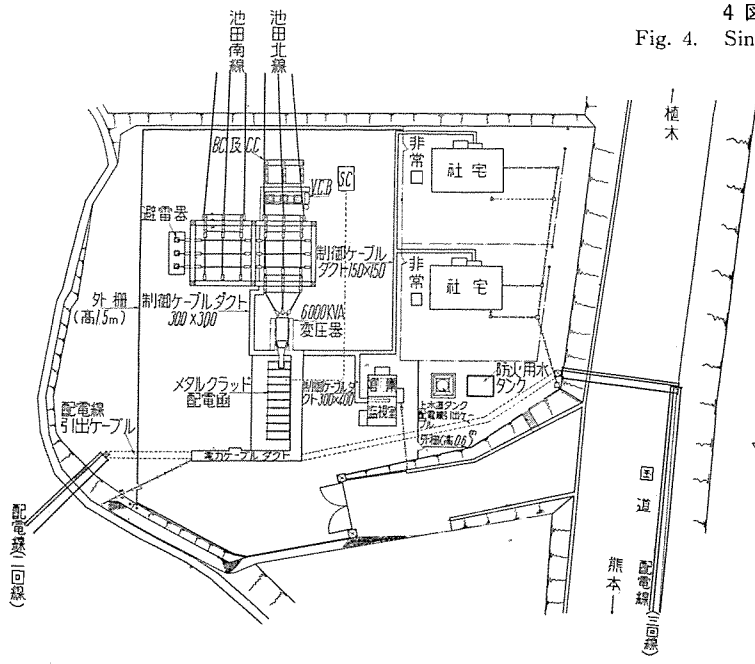
内蔵品 RA 型 不燃性油入3相変圧器 15kVA 1台  
6,900-6,600/210-105 V (210, 105V 同時使用)  
3,450-3,300

- BAL-10 型 電力ヒューズ 3 個  
6,900 V 10 A 引出型遮断容量 360 MVA
- CK 型 乾式単相計器用変流器  
690 V 100/5 A 15 VA 1 個
- " " 1 個  
690 V 50/5 A 15 VA 1 個
- 可揺計器盤  
(主変圧器 タップ切換用電磁接触器ならびに  
電圧調整継電器 P.I. 等を取付)
- (3) 蓄電器用 1 面  
内蔵品 6-DH-25 型 3 極単投磁気遮断器  
(引出型) 1 個  
6,900 V 600 A 遮断容量 250 MVA (at  
6,900 V) 操作投入引外共 D-C 110 V
- チューリップ型断路器 6,900 V 600 A 6 個
- TN-O 型 乾式単相計器用変流器  
6,900 V 500-250/5 A 40 VA 2 個
- 可揺計器盤 1 面

- (4) 饋電線用 5 面  
内蔵品 6-DH-25 型 3 極単投磁気遮断器  
(引出型) 1 個
- 仕様蓄電器用に同  
じ
- チューリップ型断  
路器 6,900 V  
600 A 6 個
- TN-O 型 乾式単  
相計器用変流器  
6,900 V 500~250  
/5A 40 VA 2 個
- TB 型 零相変流器  
6,900V 500A 1 個
- 可揺計器盤 1 面
- (5) 直流電源用 1 面



4 図 単線結線図  
Fig. 4. Single line wiring diagram.



5 図 一般平面図  
Fig. 5. General plan.

- 内蔵品 交直自動切換用電磁接触器  
250 V 70 A 1 個
- 可揺計器盤 1 面
- (6) 蓄電池用 1 面  
内蔵品 据置用蓄電池 1/2 V R-3 型  
完全防爆防沫密閉型 110V 100AH 1 式
- 自動定電圧セレン整流器 1 組
- キ. 警報盤 (直立式 1 面, 卓上型 2 面) 3 面  
取付品 DI 型集合故障表示器  
表示個数 24 個
- ク. 記録計器盤 1 面  
MZ-3A 型記録積算電力計(印字式) 1 個  
R 型記録電流計(インク式) 1 個  
R 型記録電圧計(インク式) 1 個

4. 工事概要

単線結線図を 4 図, 一般平面図を 5 図,  
機械器具装置図を 6 図に示す。  
ユニットサブステーションのように据付  
工事の比較的簡単なものは,



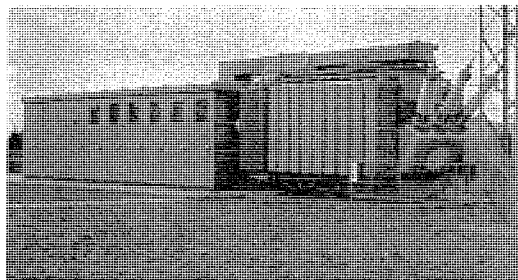
on load tap changer は 2 次側にあり間接式である。直列変圧器の励磁電圧の切替方法はリアクトル挿入によってタップ切替を行っている。昨年 8 月 6 日運転開始以来 99 日間において延 2,940 回タップ切替動作を行っているが自動電圧調整リレーの動作と共に非常に円滑に動作している。メーカーの試験によると 30 万回の動作が保障されているが、系統電圧の変化の著るしい池田変電所においては遠い将来にわたって良質の電気を供給するために故障の皆無であることを期待したい。

将来変圧器が 2 Bank になった場合は、常時並列運転の予定であり、今回はとりあえず単独運転であるがリレー等を取付けるスペースも空けてあり並列運転に必要な他の設備もすべて整っている。

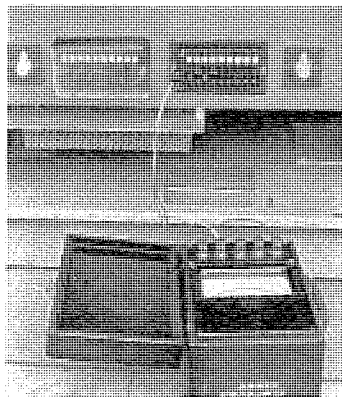
2 次側は金属ブスダクトによりメタルクラッド配電箱に直結されている。

(2) メタルクラッドはとくにユニットサブステーションの場合重要な部分をなすが、池田変電所に据付けたものは内部に DH 型磁気遮断器を使用しているほかつぎの点において特長がある。

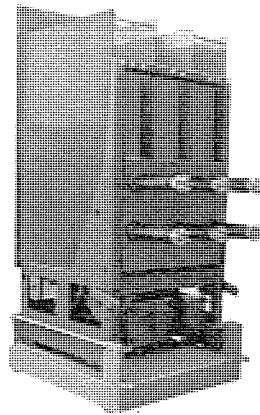
- 母線の絶縁にマイカルタを使用し絶縁が完全である。
- 遮断器は投入されたままでは絶対に引出せない(他所のものは投入された状態で引出すと自動的に Trip するものがある。)
- 機器はすべて金属板で外扉の外、2 重に仕切られていてインタロックが完全である。
- D-C電源用を蓄電池用と別室とし、両者の間の隔壁を取外し可能とし Battery の保守を便利にした。



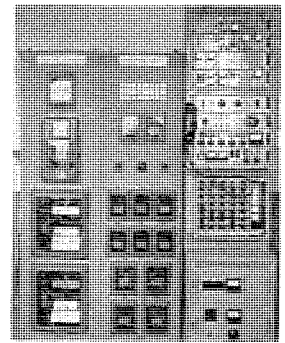
9 図 主要変圧器およびメタルクラッド  
Fig. 9. Transformer and metal clad switch gear.



10 図 テストスイッチ  
Fig. 10. Test switch.



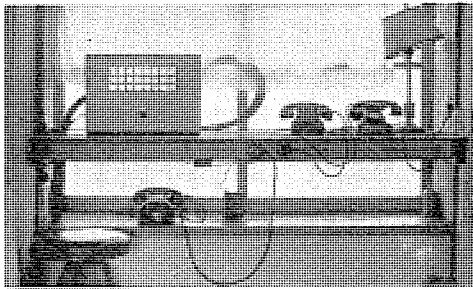
11 図 磁気遮断器  
Fig. 11. Magneblast circuit breaker.



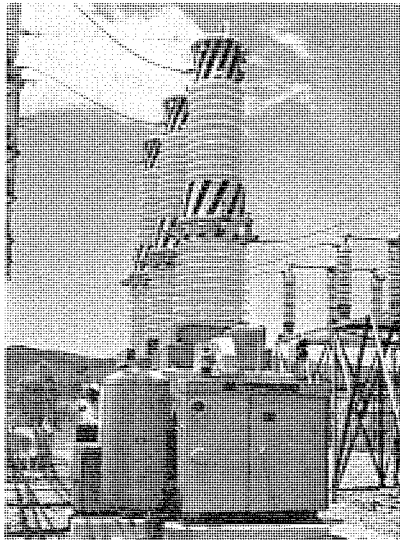
12 図 記録計盤および警報盤(右方は電力線搬送電話端箱装置)  
Fig. 12. Recording meter panel.

- 正面ドアに遮断器操作窓を設け、正面外側の上部に遮断器開閉表示用赤緑ランプ各 1 個と事故による遮断時の白ランプ 1 個を付し、これにフードをつけて昼間遠方からも識別容易なものとなっている。
- 可揺計器盤に従来の短絡片を使用しない特殊構造のテストスイッチを使用し専用のリードワイヤを付している。
- 磁気遮断器を引出したまま動作試験ができる試験箱を付している。
- 所内用電源にはすべてノーヒューズブレーカを使用している。
- 内部照明燈は正面と背面に 20 W 蛍光燈各 1 燈ずつを使用している。
- 配電線引出はケーブルである。
- 配電線再開路リレーは RC 型を使用しているが動作が良好である。
- 記録計器類はメタルクラッド内可揺計器盤にはつげず監視室に据付けた。

まえがきにおいて触れた保守の点においてメタルクラッド配電箱は現在の使用実績から再検討を要するということは、おもに雨天時におけるそれを言っている。雨天時において遮断器などが事故を起したら雨除け修理は実際上困難で、また事故は晴天時よりも雨天ないしは荒天時に起りやすいものである。天幕を用意したり、あるいはドアの一部を庇のように上へはね上げる仕掛けにしたりしてこれに対する考慮を払っているメーカーもあるが使用者としての立場から言わすれば絶対に事故を起さない信頼度の高い機器を作ってほしいものである。絶対に事故を起さない機器を作ることが難しければきわめて少くしてもらいたいと思う。少くとも従来の配電用変電所における配開装置の事故率と同程度の機器を屋外メタルクラッド式のユニットサブステーションに使用していたのでは再検討論が出てやむを得ないのではなからうか。池



13 図 社宅用卓上型警報盤  
Fig. 13. Desk type alarm.



14 図 碍子型遮断器  
Fig. 14. Porcelain type circuit breaker.

田変電所におけるメタルクラッド配開装置がこの間に答え得るものであるかどうか、それはこれからの実績を見なければわからないが、メーカーにおいても絶対の自信をもって製作されたものであり、使用者としても期待している。

(3) 警報盤中とくに社宅用は卓上型としスマートな設計となっていて家とよく調和している。

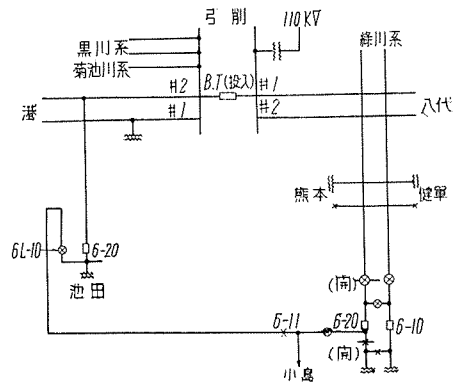
(4) 記録計器類は従来のユニットサブステーションでも必ず取付けられているが動作の悪いものが多い。池田変電所においてもとくに注意し、運転開始1カ月前から水抵抗器を接続して記録計器を実際に連続して動作させ試験したが、記録積算電力計・記録電流計・記録電圧計いずれも時計部分・印字または記録・巻取部分共に申し分なく動作し、心配はまったく杞憂に過ぎなかった。使用開始以来いずれも間違いなく良く記録している。

(5) 碍子型遮断器

変流器内蔵型である。操作用空気圧縮機はベビーコンプレッサを付属している。250lの気蓄槽を備え、4.5 kg/cm<sup>2</sup>の規定圧力から5回開閉動作をすることができる。

(6) 線路開閉器

碍子にラップ碍子を使用している。操作ハンドルは水平回転であるが非常に軽く片手で楽に操作できる。池田変電所は60 kV送電線池田北線と同南線によって三池



15 図 ループ系統図  
Fig. 15. Block diagram of loop system.

2次および弓削2次系の両系統から受電できることは前に述べたが、受電系統を変更する場合無停電で行うために、ループ電流を切る必要がある。とくに弓削2次系から三池2次系へ切替える場合15図のループ系統のループ電流を池田変電所南線側線路開閉器6L-10によって切らなければならない。

竣功後社内試験時オシログラフによって遮断時の状態を把握しようとして準備したが系統構成上数Ampのループ電流しか得られず試験することができなかった。その後8月11日たまたま給電上の要求で40Aのループ電流を切る必要を生じ、若干の危惧の念を抱いて切ったが大したアークも生ぜず容易に切ることができた。その後も数回ループ電流遮断を行っている。

(8) その他

構内照明として屋外鉄構ポスト上に300Wレフレクターランプ6個を取付けているが、その外メタルクラッド正面に三菱製蛍光水銀燈FH-300型300W2個を取付けている。

## 5. むすび

昨年7月下旬据付工事を完了し8月2~3日福岡通商産業局の竣工検査を受けて8月3日仮使用認可され8月6日より営業運転にはいった。

その後さきにも述べたようにきわめて順調に運転を継続し良質の電気を不断に市民に供給している。

以上池田ユニットサブステーションについて述べたがこれを要するに、池田変電所に屋外メタルクラッド式を採用したことは「まえがき」において述べたいろいろの問題点について大部分の条件に合っていると思う。屋外メタルクラッド方式の再検討されようとしているときに当たってモデルケースとしてさらに今後いろいろの角度から眺めて見たいと考えている。

最後に池田ユニットサブステーションの新設に当りご指導を得た九州電力工務部変電課前中島課長、大藪係長および栗田技師、機器の製作納入にご尽力を賜り非才の者の申すことにも誠意をもってご協力を賜った三菱電機山本課長・横浜氏・北氏・朱雀氏その他の方々ならびに現地工事関係者の方々に深甚の謝意を表すものである。

# 水車の研究設備

新三菱重工神戸造船所流体力学研究課長 富永守之

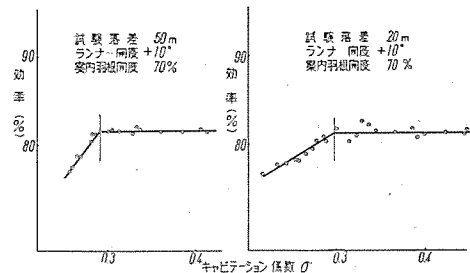
## Water Wheel Research Equipment

Mitsubishi Heavy Industry Reorganized Kobe Shipbuilding Yard Moriyuki TOMINAGA

It was in 1941 when a laboratory of fluid dynamics was set up to make extensive study on water turbines, pumps, axial flow fans and steam turbines. A variety of equipment provided there are a water wheel performance test apparatus, cavitation test apparatus, wind tunnels for testing vanes and the like, with which a number of results have been obtained to help develop better products. In addition to these arrangements, the year of 1956 saw the completion of a cavitation test equipment by actual heads and test equipment of vertical pelton wheels.

### 1. 水車の研究設備

流体力学研究場はすでに昭和 16 年に建設され、水車の性能試験装置・同キャビテーション試験装置・低速翼列試験風洞・高速翼列試験風洞などの設備を有して水車・ポンプ・軸流送風機・蒸気タービン等の流体力学的研究を進めて多くの成果を挙げてきたが、近年軸流圧縮機試験装置・潜水艦試験用回流風洞・ジーゼルエンジンの掃気試験装置などの増設を行ったが、水車の研究設備としては昨年 7 月に実落差によるキャビテーション試験装置と縦軸ペルトン試験装置を完成した。以下この新設備につき簡単にご紹介しよう。



1 図 実落差と低落差によるキャビテーション性能の対比  
Fig. 1. Comparison of cavitation performance between actual head and low head.

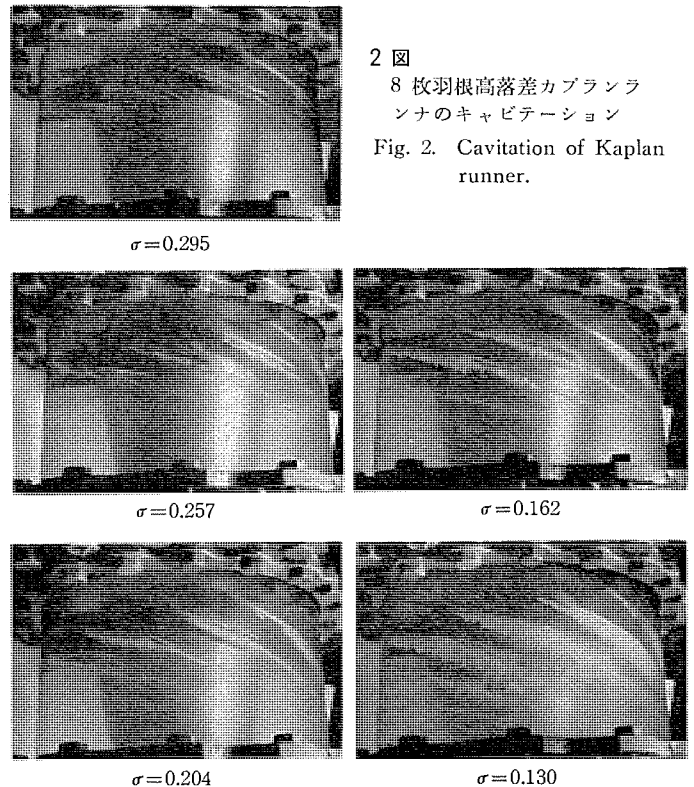
### 2. 実落差キャビテーション試験装置

近時カプラン水車の高落差化に伴いキャビテーションの防止は必須の条件となり、まずキャビテーションの発生限界、その発生箇所および発生状態などを模型によって一段と明確に把握する必要がある。しかるに一般に使用される落差の低い試験装置では羽根数の多い高落差カプランについてはキャビテーションの臨界係数が諸般の事由から明確につかみ得ないのみならず、これを実物に適用するには数倍または十数倍の落差のものに対してまで単に係数  $\sigma$  の相似律に依存して同一値をもって判断しているが、この点なお疑念のあるところである。

そこでカプラン水車として実用に適する最高落差まで実際の落差をもって模型水車のキャビテーション試験を施行しうる実落差キャビテーション試験装置を完成し、ここに高落差カプラン水車の研究に万全を期するに至りすでに着々その成果を生みつつある。

1 図は従来の低落差キャビテーション試験で施行した試験結果と実落差による試験結果とを対比したものである。 $\sigma$  の臨界係数にはあまり違いはないようであるが明らかに実落差試験の方が臨界点は明確に表われる。また 2 図は同試験装置で瞬間撮影した 8 枚羽根カプランランナのキャビテーション発生状況である。

本装置は送水ポンプから圧力水をタンクに押し込み、タンクからベンチュリ管を経て模型水車に送水する。模型水車から出た水は吸出管から真空タンクに導水されさらに吸出ポンプによって吸出落差を自由に調整しうるよう



2 図  
8 枚羽根高落差カプランランナのキャビテーション  
Fig. 2. Cavitation of Kaplan runner.

になっている。模型水車の発生した動力は電気動力計によって精密に測定されるが落差が高いため回転数は最低 1,000 rpm, 最高は 5,000 から 8,000 rpm に及ぶ高速回転である。

電気動力計は高速かつ広域な使用範囲にわたって強度はもちろん振動・軸の危険速度などに対して安全でしかも測定精度はきわめて高くなければならないので、これが製作を担当せる三菱電機においても非常な苦心を払われたのである。

また動力計の内部故障あるいは過電圧・過電流などによる負荷の遮断を行う場合当然一万数千回転の無拘束速度を起して破壊するので特殊な安全装置と保護装置が施してある。なおこの設備はカプランのみならずフランシスについても中落差のものまで実落差によるキャビテーション試験が可能である。

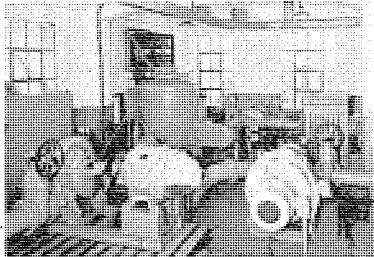
模型水車はランナ翼面のストロボ観察を容易ならしめるため横軸型とし、したがって動力計も高速高出力に対して安全な横軸型を採用した。しかして装置全体は一床面上に配列して実験能率の向上を図るなど幾多の特長を有する。装置の設備概要は次のごとくである。

送水ポンプ		吸出ポンプ	
揚程	70 m	吸込揚程	9 m
水量	250 l/s	水量	220 l/s
電動機	250 kW	電動機	45 kW
電気動力計		試験落差	15~75 m
測定最大	125 kW	模型ランナ直径	
回転数	5,000 rpm	カプラン	200 mm
最小キャビテーション係数	0.015	フランシス	150~200 mm

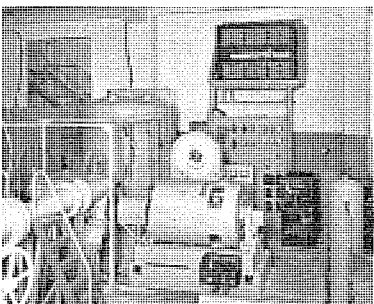
### 縦軸ペルトン試験装置

ペルトン水車も近來次第に単位容量が増大し世界的には十万 kW を越えるものも製作されるに至り、従来の 2 嘴管または 4 嘴管型から縦軸 4 嘴管または 6 嘴管型に進展を見るに至り、発電所の建家面積と掘鑿の節減引いては建設費の低減を図ることができる。ちなみに某発電所における一例を見るならば 30,000 kW のペルトン水車発電機 3 台を縦軸にした場合の方が横軸の場合に比して掘鑿・基礎・建家などで約 22,000,000 円、水車発電機で約 12,000,000 円、鉄管その他で 3,000,000 円計 37,000,000 円の節約になる。

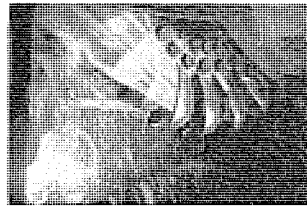
しかるに嘴管数の増加に伴って噴流水の相互干渉、バケット内の流水の混乱、バケットからの排水による噴水の擾乱などによって惹起する効率低下が問題であるため、ここに 6 嘴管型縦軸ペルトン水車の模型試験装置を完成して研究を開始しすでに高効率のペルトン水車の一部開発を完了するに至った。5 図は各種ノズル開度で各回転数において撮影したバケットの噴流状況の瞬間写真である。



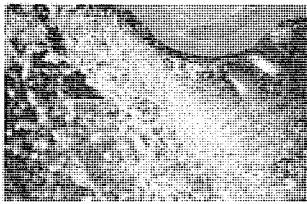
3 図 実落差キャビテーション試験装置  
Fig. 3. Testing equipment of cavitation of actual head.



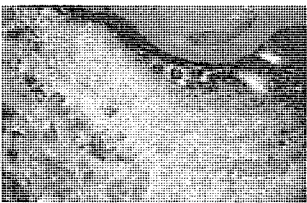
4 図 実落差キャビテーション試験装置測定部  
Fig. 4. Measuring part of testing equipment of cavitation of actual head.



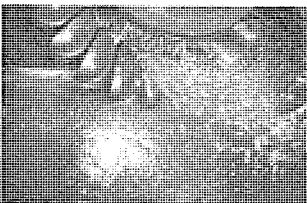
ノズル開度 10%  
停止中



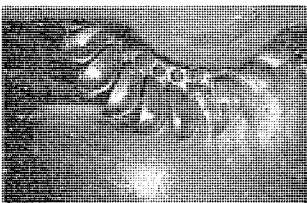
ノズル開度 20%  
回転数 400 rpm (正規速度)



ノズル開度 50%  
回転数 400 rpm (正規速度)



ノズル開度 50%  
回転数 600 rpm



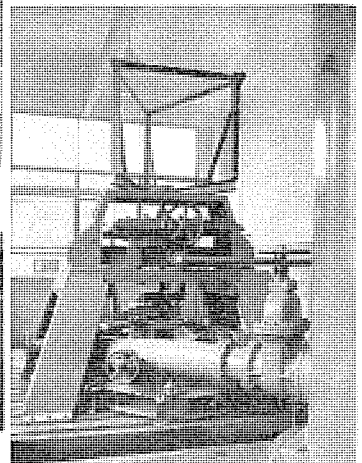
ノズル開度 50%  
回転数 780 rpm (無拘束速度)  
5 図 バケットの噴流状況

Fig. 5. Water spouting from bucket.

この装置は実落差キャビテーション試験装置の送水ポンプとタンクを流用しタンクに付属するバルブの切替のみによって随時試験が可能である。ニードルの開閉は手動式で 1 嘴管から 6 嘴管まで自由に開閉を選定しうるし、カバーは視窓を有し内部の噴流状況を観察することができる。動力計はプロニープレーキを使用して流量は三角堰を使用して正確な効率を測定することができる。

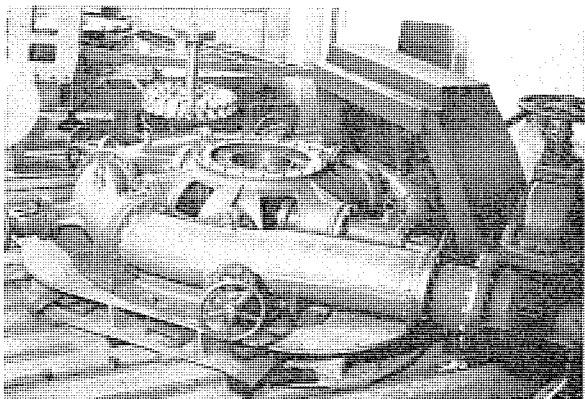
装置の設備概要は次のとおりである。

送水ポンプ	
実落差キャビテーション試験装置と共用	
動力計	
プロニープレーキ	
測定最大	30 HP
回転数	300~1,000 rpm
測水堰	
三角堰または矩形堰	
水路幅	1.5 m
測定水量最大	400 l/s
試験落差	20~30 m
模型ランナ直径	400 mm



6 図 6 嘴管縦軸ペルトン水車模型試験装置

Fig. 6. Testing equipment of model vertical pelton wheel.



7 図 組立中の 6 嘴管縦軸ペルトン模型水車  
Fig. 7. Model vertical pelton wheel.

# 10 MW 天然ウラン重水炉の設計

(国産第 1 号原子炉の参考資料として)

研究所 菅野正雄\*・長沼辰二郎\*\*\*・今村元\*\*  
明石克寛\*\*・薮原智\*\*\*・小倉成美\*\*  
日本原子力研究所 弘田実弥

## Design of Natural Uranium Heavy Water Reactors

(Reference Materials for No. 1 Home Made Atomic Reactor)

Engineering Laboratory Masao KANNO・Tatsujiro NAGANUMA・  
Gen IMAMURA・Katsuhiko AKASHI  
Satoru HAGIWARA・Shigeyoshi OGURA  
Japanese Atomic Energy Research Institute Jitsuya HIROTA

One of the objectives of the Basic Study Commission for Atomic Reactor Design in the Learning and Study Advancement Society of Japan in the fiscal year of 1955 was to make a design of a natural uranium heavy water reactor rated at a thermal output of 10 MW to be completed in 1959 at the Japanese Atomic Energy Research Laboratory. For this purpose a research squad for natural uranium heavy water reactors has been set up in the foregoing commission and each group participated in it is asked for to make a skeleton design. This atomic reactor is expected to be built of materials of home product at hand by engineers in this country besides a design, selection of materials, manufacture and construction are all to be carried on.

### 1. ま え が き

学術振興会原子炉設計基礎研究委員会の昭和 30 年度における目標の 1 つは、日本原子力研究所に昭和 34 年度に建設完了を予定されている熱出力 10 MW の天然ウラン重水炉の設計を行うことであつた。このため上記委員会の中に天然ウラン重水炉研究班が設けられ、これに参加した各グループごとのスケルトン設計が行われた。

この原子炉は国産第 1 号炉として、その設計、材料仕様の選定、製作ならびに建設などはすべてわが国の技術者の手で行い、材料の調達もできるだけ国産品を用いることが予定されていた。

昭和 31 年度にはいつて、この国産第 1 号炉設置に関する仕事は日本原子力研究所によって引き継がれ、炉の設計、計測制御ならびに材料の各方面にわたってさらに深く調査されて国産 1 号炉設計仕様書が作成された。現在原子力研究所においては、学界ならびに関連産業界からの参加を得てこの仕様書を検討中である。

われわれは天然ウラン重水炉研究班の初期からこの炉の設計グループの一員として参加し、昨年 3 月にはそのスケルトン設計を完了したので、ここにその概略を紹介することとする。

### 2. 国産第 1 号炉の目的

国産 10 MW 天然ウラン重水炉の設計をするに当り、そのおもな目的として核燃料要素の試験およびプルトニウムの生成の 2 つを考えた。なお多数の実験孔を備えて、諸種の物理実験、原子炉用材料の試験およびアイソトープの生産ができるようにした。これらの目的の間には互

に相容れない要素が含まれているので、この目的達成のためには、それらの間の適当な調整をはかることが必要である。すなわち核燃料要素の試験を行うためには、炉内の中性子密度ができるだけ高い値であることが望ましいのに対し、一方プルトニウムの生成量を増加するためには初期転換比  $C_0$  の値が大きいことを要する。核設計において検討した範囲内においては、減速材である重水とウランとの体積比を小さくすれば  $C_0$  の値は増加するが、ウランの使用量は増大し、出力を 10 MW におさえているために中性子密度は減少することとなる。われわれは中性子束密度の最大値  $\phi_{\max}$  として  $1.33 \times 10^{13}$  n/cm<sup>2</sup>·sec という、この種の原子炉としてはかなり高い値に選び、しかも  $C_0$  として 0.763 なる値を得たので、年間のプルトニウムの生成量として数 kg を期待することができる。

### 3. 本原子炉の特性

この原子炉は冷却材としての重水と減速材としての重水とを管壁を用いて区別し、いわゆる分離型と呼ばれる構造を採用した。減速材を同時に冷却材として兼用する非分離型にくらべて分離型を採用することの利点は、燃料棒きせ金の破損などの事故が生じたとき、この破損燃料棒の検出が容易で重水の汚染される度合が少なくてすむので、被害を最小限に止めることができることである。また冷却材ダクトを有しているため、冷却材の流速を増加することによって炉の出力増加の可能性も生じてくるばかりでなく、さらに炉心上面における重水面の波立ちの問題を避けることができるから、炉の運転上好ましい結果をうることとなる。

しかしながら一方分離型にしたため、燃料棒および冷却材ダクトの構成が3重管となり、したがってその構造は複雑となり構造材の使用量も多くなる欠点がある。それで3重管構造の工作および組立には十分注意して、その利点を活かすよう努力した。

#### 4. 炉心の設計

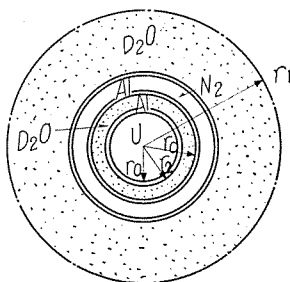
原子炉を設計するに当り、最も重要な部分は炉心の設計であり、通常これを核的設計、熱的設計および機械的設計の3つに大別して考える。

##### ア. 核的設計

設計の方針は前述のようにプルトニウム生成の率を良くすること、実験を十分にできることにあったので、燃料棒の寸法および配置などについて広い範囲にわたって計算をし、その中から目的に近い核的性質のものを選び出した。

燃料棒の配置は1図に示すように、中心の燃料棒の外側に分離した冷却材(重水)と熱絶縁のための空隙を設け、この外側に減速材(重水)があるような構造にした。

いわゆる4因子公式  $k_{\infty} = \epsilon \eta p f$  中の  $f$  は拡散理論に基づいて算出したが、算式中の損失因子(disadvantage factor)には輸送理論との差が最も大きく現われていると考へて、N. A. A. および A. N. L. において行われた



1 図 単位セル断面図  
Fig. 1. Cross section of unit cell.

指数実験の結果と比較して、その因子を補正した。  $\rho$  についても同様、  $f_r$  を拡散理論に基づいて計算した。

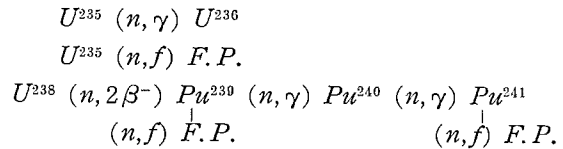
臨界量は2組近似の臨界条件から、まず反射材のない裸の場合の値を求め、それから石墨反射材による節約を引き去ることによって求めたが、その節約量は2組近似の拡散方程式を反射材を含めて解いた場合の結果を利用して導いた。ただし上下方向と半径方向に関する反射材の効果を同時に取扱うことは困難なので、それぞれ独立に取扱った。

なおアルミタンクの影響は1組近似で計算したが、それは無視できる程度であった。

さて実験炉としてこの機能を満すためには、余分の超過倍率  $k_{ex}$  を持たなければならない。  $k_{ex}$  として考慮しなければならないものは、ある期間連続運転するための燃料の余分の仕込み、分裂生成物の毒作用、炉の温度効果、運転用の余裕、実験孔やビーム孔の影響および同位

元素製造のための吸収の増加などに対するものである。

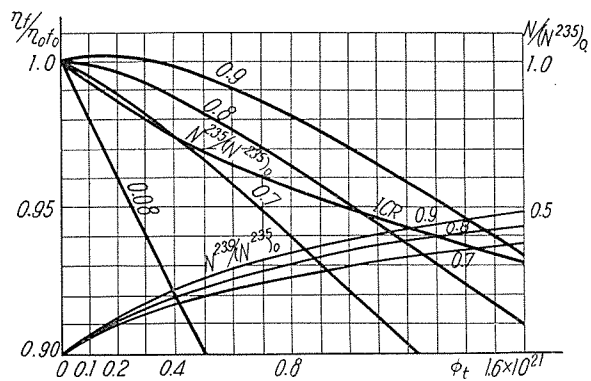
運転中における反応率の変化の計算は、初期転換比の値が運転期間中一定であると仮定し、次の過程を考慮して行った。



その結果は2図に示してある。また実験孔の反応率への影響は摂動論を用いて計算した。

以上の計算から、  $k_{ex}$  として7.5%位が必要であることがわかり、それを吸収するだけのシムおよび安全用の制御棒が必要になる。制御棒に対する計算の結果、外径6cmの棒を、6本ずつの2重リングに配列すれば十分であることがわかった。

このような方法で広い範囲にわたって核的計算を行った結果、  $Pu^{239}$  の生成と実験孔を数多く設けるための要求とから、1表に示すような構造のものを選定した。なお2表、3表にそれぞれの核的特性と、  $k_{ex}$  の配分をしめしてある。



2 図  $nf, N^{235}/(N^{235})_0$  および  $N^{239}/(N^{235})_0$  の変化  
Fig. 2. Variation of  $nf, N^{235}/(N^{235})_0$  and  $N^{239}/(N^{235})_0$

1 表 核的構造

燃料管	
ウラン棒半径	12.7 mm
ウラン棒長さ	223.5 cm
きせ金厚さ(アルミ)	2.0 mm
冷却用重水の厚さ	3.7 "
空隙の厚さ	3.4 "
燃料管外径	50.0 "
燃料管全長	412.0 cm
本数	232 本
格子間隔(三角形配列)	130.6 mm
ウラン使用量	5 ton
減速用重水使用量	11 "
反射材(黒鉛)	
上下面	50 cm
側面	75 "
使用量	60 ton
制御棒	
調整用	2 本
シムおよび安全用	10 "
制御棒外径	60 mm

2 表 核的特性

$f$	0.9400
$p$	0.9081
$\epsilon$	1.0275
$\eta$	1.34
$k_{\infty}$	1.1752
$k_{eff}$	1.073
$\tau_c$	133.3 cm <sup>2</sup>
$L_c^2$	102.7 cm <sup>2</sup>
$B_g^2$	$4.04 \times 10^{-4}$ cm <sup>-2</sup>
温度系数: $dp/dT$	$-1.39 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ (25 $^{\circ}\text{C}$ における値)
最大熱中性子束: $\phi_{max}$	$1.33 \times 10^{13}$ n/cm <sup>2</sup> , sec
平均熱中性子束: $\Phi$	$0.63 \times 10^{13}$ n/cm <sup>2</sup> , sec
初期転換比: Co	0.763
中性子有効寿命: $l$	$0.561 \times 10^{-3}$ sec

3 表  $k_{ex}$  の配分

燃料の消耗	0.010	(1年間連続 運転)
$X_e$ の毒作用	0.020	
$S_m$ "	0.007	
温度効果	0.004	
実験用	0.015	
運転用	0.003	
同位元素製造用	0.003	
中央実験孔	0.005	
垂直実験孔	0.001	
ラビット孔	0.002	
制御棒用孔	0.003	
計	0.073	

イ. 熱および水力学的設計

原子炉の熱的設計にあたって考慮しなければならない諸点は、(1) 燃料棒温度がウランの変態点を越えないこと、(2) 冷却材としての重水温度がいたるところ沸騰点を越えないこと、(3) きせ金が熱応力によって破壊されないこと、などである。また燃料棒の彎曲、管壁の熱歪などによって起る冷却水路の変形をも考慮しておく必要がある。

核的設計から与えられた構造に対し、前述の条件を考慮して行った熱的設計の結果は 4 表 にしめしてある。

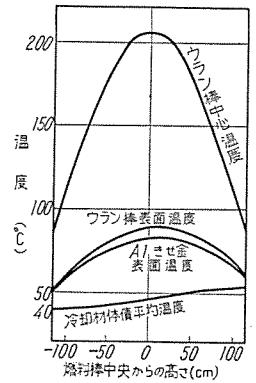
炉心中央における燃料棒の軸方向温度分布の計算結果は 3 図にしめしてある。燃料棒の中心付近に生ずるウランの最高温度は 205.2 $^{\circ}\text{C}$ 、Al きせ金の表面最高温度は 83.7 $^{\circ}\text{C}$  であって、前者はウランの  $\alpha, \beta$  変態点に対し、後者は大気圧における重水の沸騰点に対しいずれも十分の余裕があり、出力 10 MW 以上の運転裕度を持って

4 表 熱 的 特 性

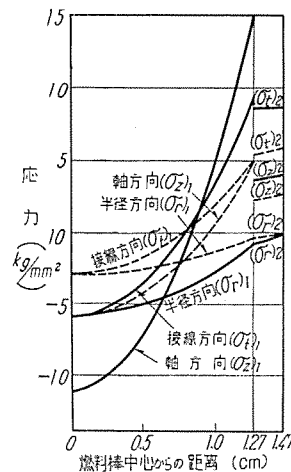
熱出力	10 MW	燃料棒熱応力最大値	1517.4 kg/cm <sup>2</sup>
最大発熱密度	79.8 W/cm <sup>3</sup>	Al きせ金熱応力最大値	864.4 kg/cm <sup>2</sup>
燃料棒表面熱流束最大値	51.1 "	Al きせ金中の温度降下最大値	4.65 $^{\circ}\text{C}$
Al きせ金表面最高温度	83.7 $^{\circ}\text{C}$	冷却材の炉内圧力降下	0.392 kg/cm <sup>2</sup>
燃料棒中心最高温度	205.2 $^{\circ}\text{C}$	炉内ポンプ仕事	9.1 kW
燃料棒半径方向温度降下最大値	117.3 $^{\circ}\text{C}$		

いることがわかる。これは本原子炉が冷却材と減速材との分離型を採用したため、冷却材の流速を大きくとることができ、したがって燃料棒表面の熱伝達率が大きくなり、膜温度差を僅少にすることができた結果であって、このことは本原子炉の特長の1つとなっているものである。

中央の燃料棒における熱応力分布の計算結果は 4 図にしめしてあるが、この計算ではウラン



3 図 温度分布  
Fig. 3. Temperature distribution.



4 図 ウラン棒および Al きせ金の熱応力分布  
添字 1, 2 はそれぞれウラン棒および Al きせ金に関する量をしめす。実線は (1, 0, 0) 結晶軸の、破線は、3 軸平均のウラン熱膨脹係数を用いた結果である。応力の正負はそれぞれ引張および圧縮をしめす。  
Fig. 4. Thermal stress distribution.

棒ときせ金とは密着していると仮定してある。図において実線は (1, 0, 0) 結晶軸におけるウランの最大熱膨脹係数を用いた場合、破線は 3 軸の平均熱膨脹係数を用いて計算した場合の熱応力分布をしめすもので、ウラン棒およびきせ金中の半径方向の温度降下は軸方向に対する平均値を用いて計算した。ウラン棒の最大熱応力は、ウランの熱膨脹係数として最大値を用いた場合は、きせ金との接触面における軸方向応力  $\sigma_z$  として現われ、1517.4 kg/cm<sup>2</sup> に達する。ウランの熱膨脹係数として平均値を用いた場合にはウラン棒中心における軸方向圧縮応力として現われ、その値は -596.8 kg/cm<sup>2</sup> となっている。きせ金中における最大熱応力はいずれの場合も燃料棒表面におけるたが張り応力  $\sigma_t$  に現われ、熱膨脹係数として最大値を用いた場合は 864.4 kg/cm<sup>2</sup>、平均値を用いた場合は 589.6 kg/cm<sup>2</sup> となる。燃料としてのウラン棒の熱膨脹係数はその製作工程によっても異なるが、幾分指向性もち軸方向の値が半径方向の値に対して大きくなることは容易に考えられる。この場合には、きせ金中に生ずる最大熱応力は当然 864.4 kg/cm<sup>2</sup> と 589.6 kg/cm<sup>2</sup> との中間

間の値をとるであろうと予想できる。さらにまた、荷重がきせ金材質の降伏点を越える熱サイクルの形をとる場合には、サイクルの谷で逆向きの残留応力を生じ、応力サイクルの許容振幅は降伏応力以上になるであろう。この辺の状況は実験的研究をまたなければならないが、この設計の燃料棒に用いるきせ金に実現する熱応力は 2 SA1 の引張り強さ  $1,100 \text{ kg/cm}^2$  に対して十分安全な値に収まるように思われる。

なお、炉中心における冷却材の流速  $3.22 \text{ m/sec}$ 、流量  $287 \text{ l/sec}$ 、入口および出口の平均温度はそれぞれ  $40^\circ\text{C}$  および  $47.5^\circ\text{C}$ 、炉心内の最高温水路における温度上昇は  $12^\circ\text{C}$ 、冷却材としての重水使用量 5 トン、炉内圧力降下  $0.392 \text{ kg/cm}^2$ 、炉内ポンプ仕事  $9.1 \text{ kW}$  の定常運転において、最大発熱密度は  $79.8 \text{ W/cm}^3$ 、燃料棒表面の最大熱流速は  $51.1 \text{ W/cm}^2$  である。

### ウ. 機械的設計

炉の本体は減速材用アルミタンクと冷却管、上下管寄せからできている (5 図および 6 図参照)。構造は冷却管部分が多重管構造となっているので、一見複雑に見えるが、多重管のために薄い冷却管はすべて管の端面で鏡板の厚板と溶接でき、管の途中で鏡板にすみ肉溶接する必要がなくなり、構造上かえって安全な形態となっている。材料はすべて 2S の純アルミ焼鈍材を使用し、厚板の溶接はすべてグループ溶接、管と鏡板の溶接は板に円輪の溝を切り、同じ厚さで溶接する。各部品はすべて工場で作製し、現場溶接はできるだけ少くするように組立構造を考慮してある。また熱歪による膨脹などに対しても十分な逃げを考慮してある。さらに各部の組立に関して減速材用管および中央実験孔が中心をなして組立を容

易にしてある。

組立はつぎの順序にしたがって行われる。

- (1) 下部管寄せに冷却管を溶接したものを基礎の上に据える。
- (2) 下部反射材黒鉛を積む。
- (3) 減速材タンクの完成品を、冷却管を通しながら釣り込む。
- (4) 上部反射材黒鉛を積む。
- (5) 上部管寄せの下鏡板を据えて、冷却管端面と溶接する。
- (6) 上部管寄せの上鏡板を溶接する。

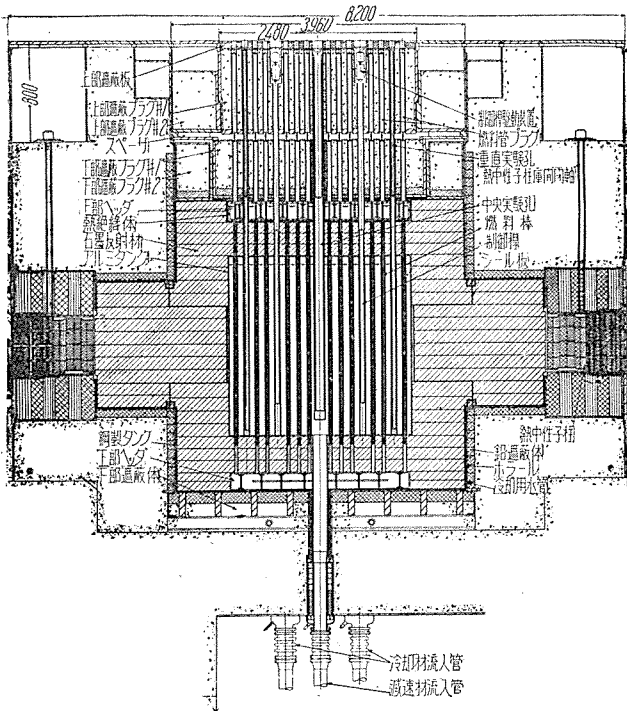
つぎに主要な構造部品の説明を簡単に付け加えておく。

上部管寄せは、厚さ  $15 \text{ mm}$  の板から溶接で作られる。中のタイバは直径  $20 \text{ mm } \phi$  の棒 60 本をピッチ  $276 \times 240 \text{ mm}$  で四角に、六角形配列の燃料棒の中心に配置される。上部管寄せには内圧はなく、燃料棒の重量を上部より受けるだけであるから強度上の問題はない。

減速材タンクは厚さ  $15 \text{ mm}$  の板材の溶接で作られ、直径  $235 \text{ cm}$ 、高さ  $240 \text{ cm}$  である。タンクは重水の静水圧を受け、最大応力は減速材を満したとき底鏡板と円胴の接合部に生ずる。

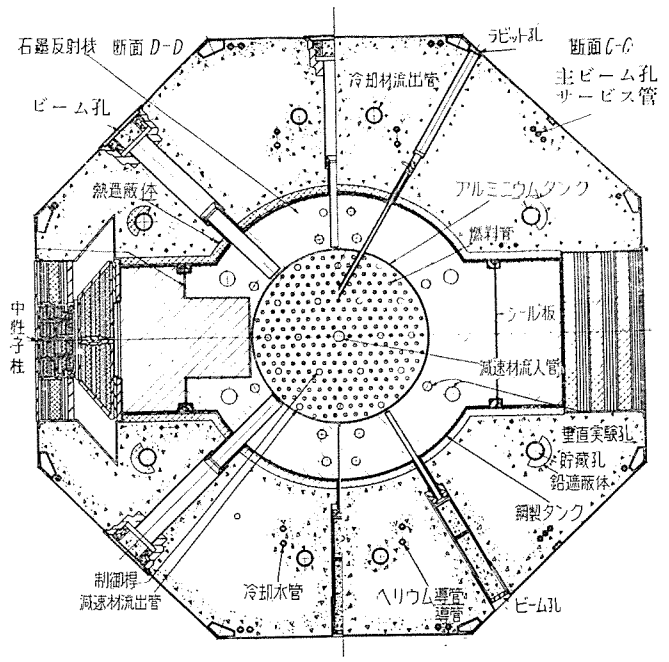
下部管寄せは厚さ  $20 \text{ mm}$  の板材から溶接で組立てられる。タイバは直径  $30 \text{ mm } \phi$  のもの 60 本を四角に配列する。外圧としては、上部からの重量 26 トンと冷却材の静水圧および管内損失で約  $0.9$  気圧の内圧を受ける。最大応力は鏡板と円胴の接合部、タイバと鏡板の接合部、タイバの中間などに生ずる。

以上の応力はいずれも曲げ応力で  $70 \text{ kg/cm}^2$  以下、軸力では  $50 \text{ kg/cm}^2$  以下に設計されており、十分な安全度を持っている。



5 図 炉本体縦断面図

Fig. 5. Vertical cross section of reactor body.



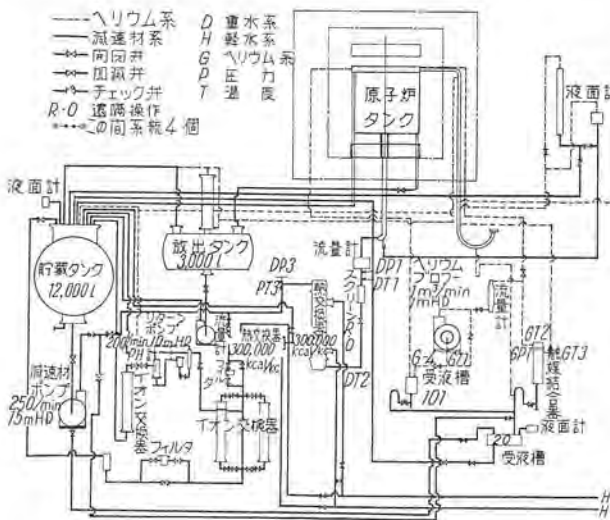
6 図 炉本体横断面図

Fig. 6. Horizontal cross section of reactor body.



材は9図にしめすように、冷却下部管寄せを貫通する1本の給水管から炉心タンクにはいり、中性子減速にあずかって炉心タンクの周辺部に直立する排水管に流入し、さらに貯蔵タンクに至る。貯蔵タンク底部から各1基の減速材ポンプ、熱交換器を通過した減速材は再び給水管を通過して炉内に送り込まれる。減速材用熱交換器は堅型シェルアンドチューブ型で外径1/2" 不銹鋼冷却管309本を用い、管板距離150cm 胴内径は30cmで、全溶接構造として重水の漏洩を防いでいる。

放出タンクの容量は3,000lで、事故時には減速材をこれに放出し、反応を止めることができる。放出された重水はリターン



9 図 減速材系統図  
Fig. 9. Retardation material.

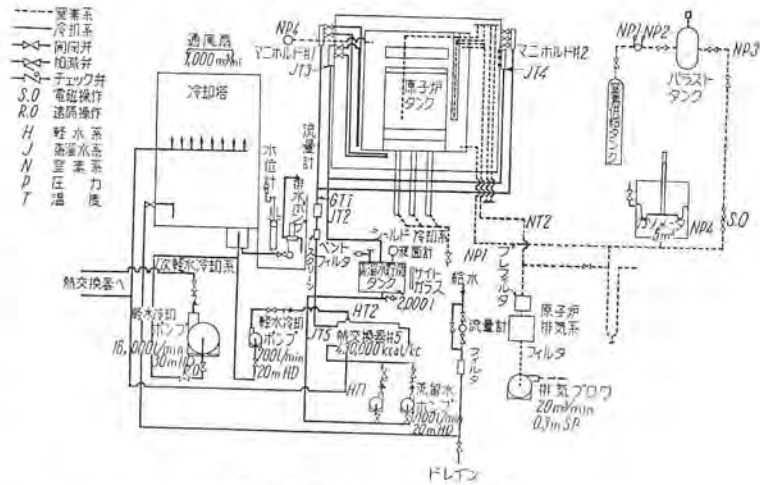
ポンプによって貯蔵タンクに返され、再出力に備えるようにしてある。

### ウ、蒸溜水冷却系

蒸溜水冷却系は黒鉛反射材および鉛の遮蔽体の冷却を行うための系である。厚さ10cmの遮蔽体中に蒸溜水冷却管が埋込まれ、黒鉛反射材は窒素ガスに包まれているので、反射材中の発熱量および炉心からの漏洩熱量は黒鉛内の熱伝導と窒素の熱伝達によって鉛遮蔽体に達し蒸溜水によって冷却される。

### エ、軽水冷却系

軽水冷却系は前述の重水系および蒸溜水系の熱交換器における2次冷却系で、この冷却系は10図にしめすように冷却塔、軽水循環ポンプおよび付属設備からなっている。所内給水設備から、ろ過器を通過した軽水は、冷却塔の水溜めに蓄えられ、循環ポンプによって重水系および蒸溜水系の各熱交換器を分流し、冷却塔ノズルから噴射冷却して再び水溜めに帰る。冷却塔は外径13.5mφ、高さ15.2mのfill typeで、軽水流量1,600l/min、湿



10 図 軽水および蒸溜水系統図

Fig. 10. Block diagram of light-water and distilled water system.

球温度20°Cの空気流量7,000m<sup>3</sup>/minで定常動作を行う。水溜めの深さは150cm、補給水量は保有軽水量の2%である。

### オ、窒素冷却系

窒素冷却系は大気圧より幾分高い圧力の窒素を鋼製容器内部に導くことにより黒鉛反射材を包み、冷却寄与すると共に黒鉛反射材への空気の侵入を防止するようになっている。またコンクリート遮蔽体中にも配管を有し、窒素によって冷却される。

## 7. 遮 蔽

炉体からの中性子線およびγ線の遮蔽の問題もきわめて重要なものであるが、複雑な過程が多く含まれているのでその精密な計算ははなはだ困難である。この設計計算はStephensonの方法により行った。遮蔽には

黒鉛反射材の外側にポーラル(5mm厚)と鉛および普通のコンクリートを使用し、ポーラルの有無、鉛を5cm、7cm、10cm、15cmと変えた場合に対するそれぞれのコンクリートの厚さを計算した。最大許容放射量は7.5mγ/hr(0.3γ/週)とし、安全率を10にとって計算した。その結果、5mm厚さのポーラル、10cm厚さの鉛、200cm厚さの普通コンクリートで十分遮蔽できることがわかった。

放射線源としては炉心内で核分裂により発生する中性子、炉心内で核分裂、中性子捕獲により発生する1次γ線および反射材表面より漏洩する中性子がコンクリート内面で捕獲されることにより発生する2次γ線を考えた。

炉の熱出力は10MWであるから、毎秒3.1×10<sup>17</sup>個の核分裂が起っており、これより各エネルギーの中性子の炉心内強度がわかる。1次γ線は核分裂による即発γ線とU<sup>238</sup>による2個の1MeV、1個の3MeV、Alによる1個の7MeVの捕獲γ量子の和として各エネ

ルギの  $\gamma$  線強度がわかる。

計算は円筒形の炉を同体積の球におきかえて行った。中性子および1次  $\gamma$  線は次のようにして求めた。まず炉心内での自己吸収を考慮し、炉心表面の放射線強度を求める。次に炉心表面に放射線源があるとして、linear build-up factor を考慮して反射材外表面での放射線強度を求める。最後に反射材外表面を無限平面と考え、linear build-up factor を用いて遮蔽体外表面における放射線強度  $I_1$  を求めた。その結果  $I_1$  は

$$I_1 = \frac{S_p}{2\Sigma_0} \left( 1 - \frac{1}{2R_0\Sigma_0} + \frac{e^{-2R_0\Sigma_0}}{2R_0\Sigma_0} \right) \frac{R_0}{R_1} \left[ e^{-\Sigma_1(R_1-R_0)} - e^{-\Sigma_1(R_1^2-R_0^2)^{1/2}} \right] e^{-\Sigma_2 x}$$

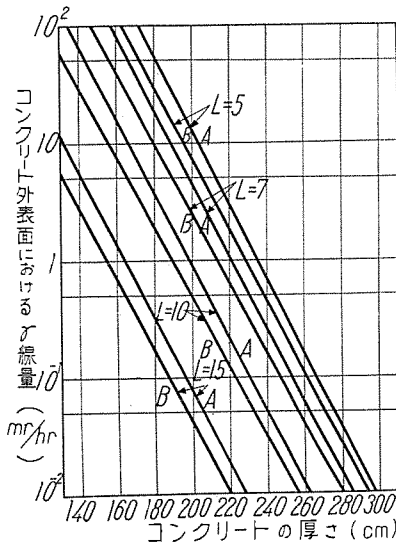
で与えられる。ここで  $\Sigma_0$  は炉心での巨視的断面積、 $S_p$  は強度、 $R_0$  は炉心半径、 $R_1$  は反射材外表面までの半径、 $\Sigma_1$  は反射材巨視的断面積、 $x$  は遮蔽体の厚さ、 $\Sigma_2$  は遮蔽体の巨視的断面積を表す。

次に反射材表面より漏洩する中性子の数  $S_a$  は  $k_{\infty}$ 、 $k_{eff}$  の値から求まる。コンクリート内面で3個の3 Mev 捕獲  $\gamma$  量子が発生すると考え、無限平面の源として linear build-up factor を考慮すれば、コンクリート外側での  $\gamma$  線強度  $I_2$  は

$$I_2 = \frac{S_a}{2} e^{-\Sigma_2 x}$$

で与えられる。このとき炉内の  $L_2$  ((拡散距離)<sup>2</sup>) と  $\tau$  (フェルミ年齢) の値はほとんど同じであるから、漏洩する中性子の半分が熱中性子で、これは反射材外側のボーラルで遮蔽できるとした。残りの高速中性子が遮蔽体中で減速されて捕獲  $\gamma$  線を発生するが、ここでは簡単にコンクリート内面で高速中性子の数だけ捕獲  $\gamma$  量子を発生するとして計算した。

以上の結果から遮蔽体外表面における  $\gamma$  線量を密度2.32



11 図 コンクリートの遮蔽効果  
Fig. 11. Shielding effect of concrete.

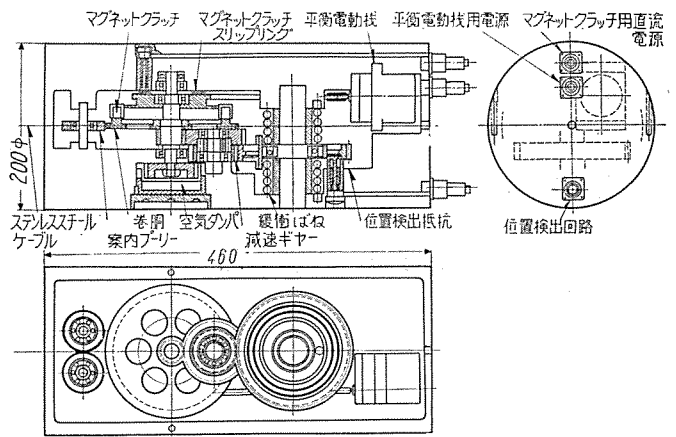
$g/cm^3$  の普通のコンクリートの厚さを変数として 11 図にしめした。図中  $L$  は反射材外側に使用した鉛層の厚さを cm でしめし、 $A$  および  $B$  はそれぞれ 5 mm 厚さのボーラルを加えた場合と加えない場合を表わしている。

なお、コンクリート (200 cm) の外面における中性子線量はきわめてわずかで 0.014 mrep/hr であった。

## 8. 制御系

### ア. 制御棒駆動装置

制御棒駆動装置 (12 図参照) の特長とするところはシム、安全および制御に共通した構造で、しかも小形軽量で原子炉の上部シールド内に収めることができるようになってきていることである。



12 図 制御棒駆動装置  
Fig. 12. Control-rod driving device.

制御棒は直径 60 mm  $\phi$  厚さ 2 mm のボーラル中空円筒に 1 mm の Al シースを内外面にかぶせ、強度を保つようにしたもので、重量は長さ 260 cm で 5 kg となる。この制御棒は 0.1 mm  $\phi$  の不銹鋼を 120 本燃り合わせた鋼索により釣り下げられ、鋼索は 15 mm  $\phi$  の巻胴に 6 段巻きに巻き込まれ上下する。上下する速度は 10 mm/sec で、全行程は 230 cm である。

巻胴の回転は 10 W の平衡電動機を用いて十分駆動でき、60 rpm の電動機軸よりウォームギヤによって  $1/15$  に減速して行かうものである。このウォームギヤに電磁クラッチを取付け、巻胴を駆動するときは直流電流を通じればよい。電磁石には 100 V D-C, 0.05 A を用い、その吸引力は約 50 kg である。電磁石コイルの電流が緊急時に切られるとクラッチがはずれて制御棒は自然落下する。この落下速度は重力場における自然落下に比し、巻胴や歯車を回転させるために幾分遅くなる。この遅れを少なくするために巻胴その他の回転部の慣性モーメントを極度に小さくしてある。一方衝撃の応力はかなり大きく機械的強度を十分考える必要があり、したがってできるだけ強い材料で小形に形成された機構を採用した。巻胴は磁性の関係で軟鋼を用いるが歯車軸はすべて Ni-Cr-Mo 鋼を用いる。落下速度は 0.87 g の加速度で

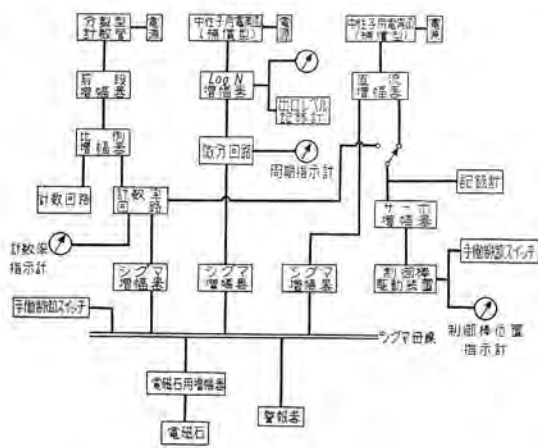
落下するようになっているから、2m を落下するに要する時間は 0.68 秒である。

落下して原子炉内に挿入された棒は所定の位置に停止するために緩衝装置を必要とする。

この装置は巻胴の回転を減速した終段歯車が回転してつる巻ばねを振ることによって行われる。このばねは 5 kg の重量が 230 cm の高さより落下したとき 10 g の加速度で停止するように設計されている。ばねの寸法は 9 mm φ 3.1 巻 2 個である。

緩衝ばねだけでは反発がはなはだしく制御棒がおどるのでダンパをかけて制御する必要がある。

この方法として巻胴軸の回転で 60 mm φ 細目ねじを回し、ピストンを前進させ空気室の圧力を高めて、ねじ部にスラストによる摩擦抵抗トルクを与えて減衰をかけるようにした。空気室の圧力は常時の運動に対してはピストンとシリンダ漏洩のために圧力は変動しないが、急激な落下運動のときは、ほぼ体積に逆比例して圧力が高まるためダンパとして作用する。しかもその作用の仕方は、棒がかなり落下してから圧力が急激に高まるようになるので、緩衝ばねが作用し出すころにダンパの作用も著しくなり、理想的な状態となっている。この運動系をクーロン摩擦のある減衰振動として計算した結果によると、空気の圧力が 10 kg/cm<sup>2</sup> 程度になると、はね返りを完全に防止できることがわかる。なおこのときのスラストは 385 kg である。また制御棒の位置の検出は、大歯車の回転角を抵抗変化として取り出し、その位置を指示するようにした。



13 図 制御図

Fig. 13. Diagram of control system.

## イ. 制御装置

実験用原子炉を運転するためには、中性子束を測定してその信号に基いて制御する必要があるが、安全性には特に注意を払い、中性子束レベルおよび炉周期の両者からの信号を受け、しかも安全系専用の P. C. P. を 2~3 個備えなければならない。

各検出器は計装孔の奥の反射材、あるいは遮蔽体に挿入されるが、分裂型計数管だけは中性子束の上昇に伴って機械的に外側に引き出されるようにしてある。

計画した制御系は 13 図にしめしてあるが、このほかに P. C. P. を検出器とする安全系 2 組がシグマ増幅器を通してスクラム母線に接続されている。また炉の周囲および制御盤近傍での中性子、および  $\gamma$  線の照射量を管理し、これらが過大となるときもまたシグマ母線に信号を送り警報器を動作させるようにしてある。

なお測定装置としては冷却水の温度、燃料棒の温度、冷却水および減速材の流量、ヘリウムガスの流量、圧力などの測定も可能なように計装を行うが、それらは炉の制御系には加えていない。

## 9. むすび

以上が当社において設計した国産第 1 号炉の参考資料としての 10 MW 天然ウラン重水型原子炉の概略である。他のグループの設計と異なるおもな点は、完全な分離型を採用した点である。国産第 1 号原子炉としては分離型にするか、あるいは非分離型を採用するかは意見の分れるところであるが、他のグループの設計と異なる分離型についての設計資料を提出したこと自体にも 1 つの意味があるものと考えられる。

なお実際に炉を設置するに当っては、以上説明した炉自身の設計のほかに、たとえば燃料棒の取換装置、原子炉から生ずる放射性廃棄物の処理などを含む保守方法、原子炉の据付方法および作業員に対する放射線傷害からの保護方法など、考慮しておくべき多くの事柄がある。

閣下するに当たり、つねにご指導、ご鞭撻をいただいた大野所長をはじめ、いろいろご協力をいただいた当所の原子炉研究会の方々、ならびに種々の問題点についてご討論下さった学術振興会原子炉設計委員会関西グループの諸氏に厚く感謝の意を表する次第である。

# 節油タンク型超高圧遮断器

伊丹製作所 新井正元\*・五十嵐芳雄\*\*・永田秀次\*\*

## Ultra-High Voltage Oil Poor Tank Type Circuit Breakers

Itami Works Masamoto ARAI・Yoshio IGARASHI・Hidetsugu NAGATA

With the recent growth and expansion of electric power systems, high speed operation and large interrupting capacity have come to be requisite for ultra high voltage power circuit breakers. A number of 195.5 kV 3,500 MVA oil poor tank type circuit breakers having a what is called watch case type tank were built for the installation at key stations on Tokachi Power Transmission Line in Hokkaido, where they underwent a series of artificial fault tests with success last year. The oil poor tank type is believed to be more fitting than the air blast design in the use for the ultra high voltage and large rupturing capacity use.

### 1. ま え が き

電力需要が増大するにつれて電源開発も進み、大きな電力を遠い山から負荷の中心である都市に運ぶためには新しい送電線を増設しなければならないが、長距離の新設送電線は次第に電力輸送能力とその経済性から従来の抵抗接地方式の 161 kV 送電線では間に合わなくて、直接接地方式の 195.5 kV, 230 kV および 287.5 kV のいわゆる超高圧送電線が使われるようになった。わが国ではすでに数年前から北陸の新愛本変電所から大阪近郊の枚方に至る 287.5 kV の新北陸幹線が運転せられており、佐久間発電所と東京・名古屋を結ぶ 287.5 kV 送電線および北海道の足寄発電所と札幌間の 195 kV 線も昨年営業運転にはいった。さらに将来九州では上椎葉発電所と山家変電所間が 230 kV に昇圧され、中国、四国も 230 kV 超高圧送電線で結ばれ、東北只見水系と東京を結ぶ 287.5 kV 線、関西に増設される 287.5 kV 線の計画があり、一部には 380 kV 送電線の構想もあると聞いている。また欧米においても各国の最高送電電圧はイタリア、ノルウェーが 220 kV, 英国が 275 kV, 米国、カナダが 330 kV, スウェーデン、ドイツが 380 kV, ソ連が 400 kV を使っている。これらの超高圧送電線の運転には果していかなる形式の交流電力遮断器が性能優秀で、据付・保守・点検が容易であり、かつ経済的であるかは、関係技術者にとって最も興味ある問題と思われる。

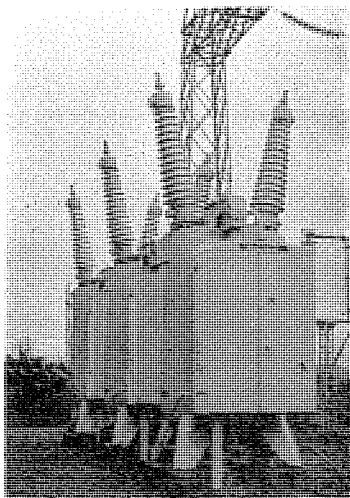
さて油入遮断器が生れて久しい間タンク型が採用せられていたが、1930 年頃から始まった欧州方面の油量および資材の節約を目的とする碍子型の節油方式の出現に刺激されて、わが国においても戦時中の材料不足と相まって、現在では比較的低い使用電圧以外のものはほとんど碍子型が採用せられ、タンク型油入遮断器といえば旧

式だという概念を使用者が持つておられる。また一方碍子のかたまりのような圧縮空気遮断器の進出も、その優秀な性能と新物喰的な購買心理も手伝って目覚ましいものがある。かかる状況の下で一見復古調と思われるタンク型遮断器が、英国および米国の超高圧送電線に旧来の丸タンク型とはまったく違った姿のウォッチケース型、あるいはレンズ型として登場し、碍子型遮断器あるいは圧縮空気遮断器と覇を競っていることは、注目すべきである。当社は新北陸幹線に納入して去る昭和 29 年 11 月の人工故障試験に遮断時間 2.7 c/s 以下という好成績で国産超高圧遮断器の真価に万丈の気を吐いた 287.5 kV M 型碍子型遮断器の製作経験をもとにして、超高圧遮断器の利害、得失を研究調査の上、幾多の利点を有する 230 kV, 5,000 MVA の節油タンク型遮断器を開発し、さらに電源開発株式会社ならびに北海道電力株式会社の十勝幹線用 195.5 kV, 3,500 MVA 遮断器を全数 8 台受注し、昭和 30 年 9 月好成績で各種立会試験をおえて納入し、昨年 8 月行われた人工故障試験も遮断時間 2.6 c/s 以下という好成績で合格し営業運転にはいつている。当社は目下関西電力株式会社枚方変電所向の 287.5 kV, 5,000 MVA その他を製作中で、近く全超高圧にわたり節油タンク型遮断器のシリーズが完成する予定である。1 図は 195.5 kV, 3,500 MVA の GW 型節油タンク型遮断器の現地据付写真で、以下超高圧用遮断器に要求される各種性能と、わが国超高圧送電線の特異性および節油タンク型遮断器について構造・動作・性能ならびに特長を述べる。

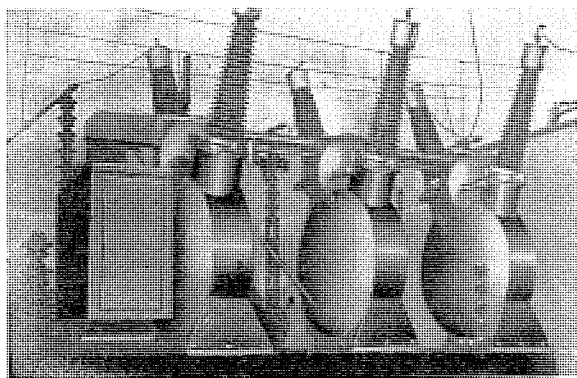
### 2. 外国の節油タンク型遮断器

1950 年に米国 Westinghouse 電機会社（以下 W 社と略す）が BPA に節油タンク型の 230 kV, 7,500 MVA の油入遮断器を納入してから、米国における超高圧油入

\* 技術部補器課長 \*\* 技術部



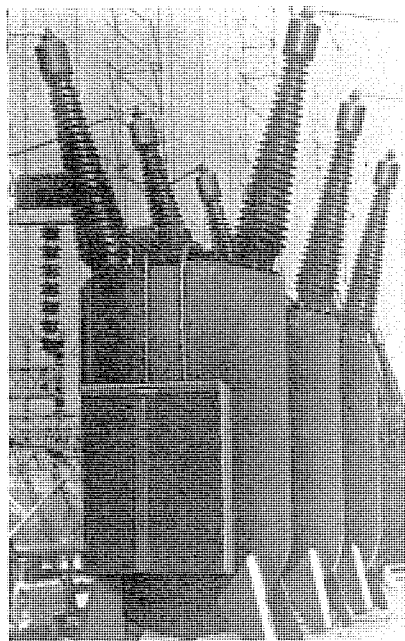
1 図 170-GW-350 型  
節油タンク型遮断器  
195.5 kV 3,500 MVA 800 A  
Fig. 1. Oil poor tank type  
circuit breaker.



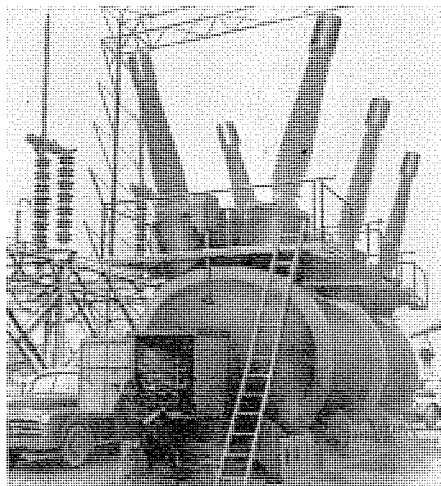
4 図 英国 B.T.H. 社製 レンズ型節油タンク遮断器  
220 kV 5,000 MVA  
Fig. 4. B. T. H. Lens-type oil poor tank circuit breaker.

遮断器発注の過半を独占するに至り、G. E. 社および Allis-Chalmers 社ともに節油タンク型に設計変更を余儀なくされた。とくに G. E. 社は有名な碍子型のインパルス遮断器を Steel-Clad Impulse というタンク型に変更したのは余程の決断が必要であったと思われ、節油タンク型に米国遮断器界が制覇せられたようだ。またこれより先、英国 220kV 送電線に B.T.H. 社がいわゆるレンズ型油入遮断器を発表しており、B.T.H. 社が G. E. 社の姉妹会社であることを考えると、この実験が良好だったことが G. E. 社の設計方針転換に役立ったのではないかと想像される。2 図は米国 W 社の 330kV, 25,000 MVA ウォッチケース油入遮断器、3 図は G. E. 社の 330kV, 25,000 MVA Steel-Clad Impulse 遮断器で、共に米国 330 kV 送電線に使用されている遮断器の花形で、4 図は英国 B. T. H. 社

の 220kV, 5,000 MVA レンズ型節油タンク遮断器の写真である。



2 図 米国 W 社製ウォッチケース  
遮断器  
330 kV 1,600 A 25,000 MVA  
Fig. 2. Westinghouse watchcase  
circuit breaker.



3 図 米国 G.E. 社製  
Steel-Clad Impulse 遮断器  
330 kV 1,600 A 25,000 MVA  
Fig. 3. G.E. Steel-clad Impulse breaker.

### 3. 超高压遮断器に要求される各種性能とわが国超高压送電線の特異性

#### ア. 高速度遮断と再閉路

超高压遮断器は故障電流が流れれば、高速度継電方式と組合せて早急に故障相を遮断して事故を除去したら直ちに投入して送電線の安定度を高めると同時に、地絡電流の通信線への誘導障害を最短時間に食い止めなくてはならないので高速度遮断と再閉路が要求される。故障除去時間は 6 c/s 以内を要求されるから、超高压遮断器の遮断時間は 3 c/s の仕様である。もし故障が雷害あるいは鳥獣などが引かかって碍子が閃絡したような場合は、1 度遮断後 20 c/s 前後してから遮断器を再閉路すると、すでに碍子面は絶縁回復していて運転を継続することができる。通常再閉路するまでの無電圧時間は 15 ないし 25 c/s あれば十分といわれ、3kV 回路で使われるような 15 秒あるいは 30 秒間隔の再閉路と区別して瞬時再閉路といわれる。欧米ではほとんど 3 相一括再閉路方式を採用しているが、わが国では 1 回線送電時の安定度を考慮して単相再閉路方式を採用している。

#### イ. 遮断電圧

超高压送電線は直接接地方式なので、超高压遮断器は通常の故障電流遮断では対地電圧に近い電圧を切ることになり、従来の 161kV 以下の送電線のように抵抗接地、Petersen Coil 接地あるいは非接地の場合に比して楽なように見えるが、基準電圧が高いから設計がむづかしい。しかも連絡線の遮断器は故障発生時の脱調時における系統分離に際し、遮断電流は比較的少ないが、相電圧の 2 倍以上の過電圧を遮断することを考慮しなければならない。また最近非常に長い超高压送電線では遮断時にレギレーションとフェランティ効果に

よって相当高い回復電圧に遭遇することがいわれている。

#### ウ. 充電電流遮断

超高圧送電線に直接接地方式が採用された最大の魅力は送電線あるいは機器の絶縁低下であるから、充電電流あるいは励磁電流遮断などによる開閉サージによる異常電圧を制限する必要がある。したがって充電電流遮断に際して超高圧遮断器には再点弧1回以下を仕様されるが、できれば再点弧なしにするのが望ましい。送電電圧が高くなればなるほど再点弧なしで送電線の充電電流を遮断することはむつかしくなる。とくにわが国ではまだ超高圧送電線はループで連繫されないで単独長距離送電されるので、故障選択遮断時に長い無負荷送電線を遮断することになり、接続発電機の負荷遮断による速度上昇・送電線キャパシタンスによる自己励磁・フェラントイ効果あるいは線路定数の高周波共振とかによる異常上昇した送電電圧の充電電流を再点弧なしに遮断しなければならない場合もあるから、超高圧遮断器は遮断点数増加その他で充電電流遮断性能を十分余裕のある設計にしなければならない。

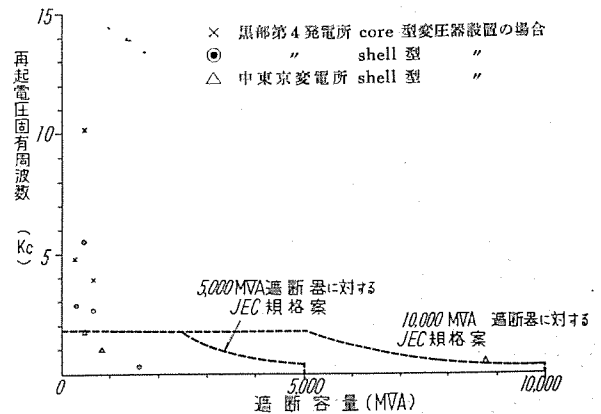
#### エ. 励磁電流遮断

充電電流遮断性能向上のために他力消弧方式を加味した油入遮断器や、小電流に対しては消弧力の強過ぎる空気遮断器では、変圧器の励磁電流遮断に際して電流遮断により異常電圧を発生し、送電機器の絶縁を脅かすことがあるので、できるだけ励磁電流遮断による異常電圧を少なくしなければならない。

#### オ. 遮断容量と再起電圧周波数

わが国の超高圧遮断器が現在実際の回路で遮断をさせられる故障電流は、送電系統の容量が十分でないので、定格遮断電流の1/10~1/5程度の比較的小電流で、これらの小電流を大電流遮断のときと同じ時間内に遮断するためには、必然的に多重消弧室の採用と、油入遮断器では強力な他力方式を加味しなければならない。

超高圧送電線になると回路のL、Cが大きくなって、故障電流遮断時遮断器コンタクト間に現われる再起電圧の周波数は、かえって少なくなりかつ線路あるいは負荷の減衰抵抗もはいて過渡回復電圧の上昇率は減衰されて遮断が楽だといわれている。しかし近き将来増大する電力需要に応じて大容量の水火力発電所が増設され、超高圧送電線が増設連繫されて大容量の系統となると、発電所の発電機と昇圧変圧器間あるいは変電所の降圧変圧器低圧側端子付近で故障が発生すると、かなりの遮断容量で10kc以上といった高い再起電圧の周波数が現われる。すなわちかかる場合は変圧器背後系統のインピーダンスに比して、変圧器のインピーダンスがかなり高いので、変圧器の固有周波数が強くあらわれるからであって、遮断容量が再起電圧周波数で敏感に響く空気遮断器では相当苛酷な条件と考えられるから、超高圧遮断器の選定に当ってはこの点十分考慮せねばならぬ。5図は黒部第4発電所と中東京変電所の287.5kV遮断器が近き将来



5 図 将来大発電所で 287.5 kV 遮断器の遭遇を予想せられる再起電圧周波数計算の例

Fig. 5. Example of recovery voltage expected in future of 287.5 kV circuit breaker at large substation.

に遭遇を予想される再起電圧周波数の計算結果の一例を示すものである。

#### 4. 空気遮断器か、油入遮断器か

現在わが国遮断器界は BBC 旋風に席捲せられているといっても過言ではないほど、空気遮断器の超高圧方面への進出は驚異的である。しかし空気遮断器が最上のものであるか否かは考慮の余地が十分あると思われる。油入遮断器でも遮断特性は完全に3サイクル遮断可能であるから性能的には同等と見なされる。もし圧縮空気系統に異常が発生すれば空気遮断器は遮断不能となり、またある種のものでは圧力低下すれば自動的に投入する等の空気を利用するための本質的な欠点がある。この点油入遮断器は遮断には圧縮空気を利用しないで、蓄勢されたスプリングによるから非常の際は手動トリップが可能で空気遮断器より高級といえる。空気遮断器は超高圧になれば各相に多数のユニット消弧室を直列に使用し、かつこれらに断路部を兼ねさせ、遮断と断路の2段運動をせしめるものがある。したがって各ユニット消弧室の動作順序ならびに速度が常に等しくて初めて遮断が可能であるが、長年使用してもくもらない動作をするかどうか、使用されるバルブの数も多いので、精密工作ならびに材料研究の進んでいないわが国で早急に完成しうるか否かは疑問がある。また細長い碍子の塊ともいえる空気遮断器が果してわが国の強烈な地震その他の天災に耐えうるや、あるいは塩害・塵害・雪害などにより遮断点の電圧分布が悪くなって遮断性能が落ちないかが懸念される。空気遮断器では変流器および計器用変圧器を外付しなければならないが、油入遮断器では変流器が B. C. T. として内蔵でき、またコンデンサブッシングを利用してポテンシャルデバイスが活用できるから、きわめて据付面積が小さくて済む。空気遮断器でも、小電流遮断の範囲に他力消弧を加味した油入遮断器でも、変圧器の励磁電流遮断に際しては、電流遮断によって異常電圧を発生することはやむを得ないが、他力消弧を加味した多重切の油入遮断器は極間の絶縁回復がきわめて早く、空気

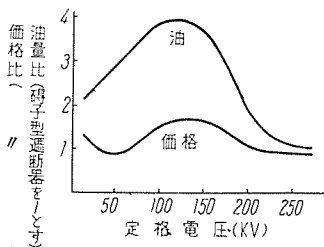
遮断器のように何回も極間の絶縁破壊と電流遮断を繰返すことがないから、異常電圧も低いであろうし、進展事故に発展することが防げる。将来系統が成長した場合を考慮すると前節で述べたように、かなりの遮断容量の遮断で 10kc 以上といった再起電圧周波数に遭遇すると考えられるから、空気遮断器では油入遮断器に比して必要以上に定格遮断容量の大きいものを購入して置かなければならない不利がある。

## 5. タンク型油入遮断器か、 碍子型油入遮断器か

### ア. 油 量

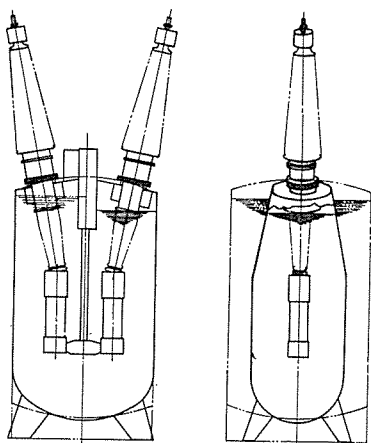
昔は油入遮断器の油量は碍子型遮断器に比し 10 倍位必要だと考えられていたが、その後消弧室の改良研究が進むにつれてタンクと消弧室の間の絶縁のみを油が保てばよいようになり 6 図に示すように、最近 4 倍以下となり、所要材料も減じて価格も安くなった。とくに超高压遮断器では碍子型では消弧室数を増すために 1 相に碍子柱 2 柱必要となるから、これを 1 つのタンクに入れて不必要な油量を節約する

いわゆるウォッチケース型とすると 7 図の旧式丸タンク型油入遮断器との比較に示すように所要油は丸型タンクに比してすこぶる少く碍子型とほとんど等しくなるので特に経済的な設計ができる。8 図は 287.5kV 5,000 MVA の碍子型遮断器と某社の空気遮断器および当社の節油タンク型遮断器の外形比較を示すもので節油タンク型遮断器は占有スペースが他の遮断器の 1/3 ないし 1/4 で済む。また資材重量は空気遮断器・碍子型遮断器に比べて多くなるが、これらが碍子の重量を主とするに反し、節油タンク型は鉄材および油を主とするので、本体のみ



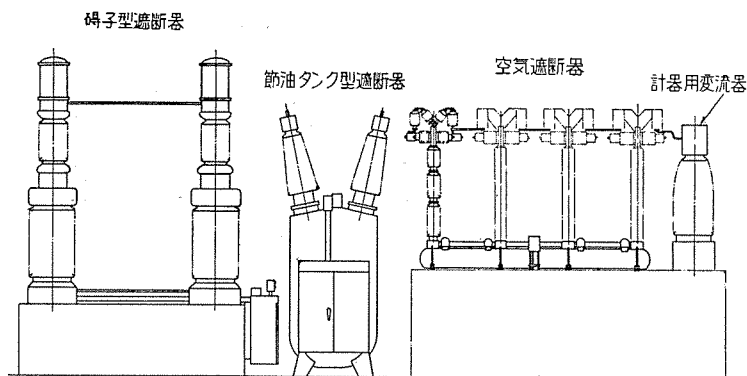
6 図 碍子型遮断器とタンク型油入遮断器の比較

Fig. 6. Comparison between porcelain type circuit breaker and oil poor tank type circuit breaker.



7 図 節油タンク型遮断器と普通型油入遮断器の油量比較

Fig. 7. Comparison between oil poor tank type circuit breaker and ordinary oil circuit breaker with regard to oil quantity.



8 図 287.5kV 5,000MVA 遮断器, 外形寸法比較図

Fig. 8. Comparison of outline dimensions of circuit breakers.

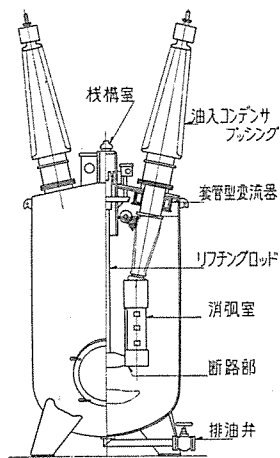
の経済比較も必ずしも高価ではない。すなわち占有スペースが少いこと、製作費の安い点からも再考察の価値がある。

### イ. タンク型の利点

碍子型遮断器とタンク型油入遮断器との保守を考えると、タンク型の方が油洩れ、点検その他に数段まさっていることは衆知の事実である。すなわちタンク内に横腹の蓋から自由に出入できて保守点検が容易であり、油量が豊富なので定期点検間隔を長くすることができる。最近のように高速度大容量の高性能遮断器が要求されると、どうしても開離速度を上げるために非常に強いスプリングを用いるので投入および遮断時のショックに耐えるように碍子型で設計することは段々むつかしくなり補強に碍子以外の絶縁物を使うためにこれが劣化して弱点になる懸念がある。タンク型では 2 つの套管の下に任意の遮断点数の消弧室が取付けできるので碍子型遮断器のように碍子の長さに制約されなくて、大遮断容量にも、過電圧遮断にも十分な安全係数を考えて設計できる。また据付基礎台の工事も平面で空気遮断器あるいは碍子型遮断器の基礎のように高くする必要がなく、占有面積もごくわずかで済むので工事費が少くて据付も簡単である。さらに特性良好な絶縁劣化の心配のない套管型変流器が内蔵でき、コンデンサブッシングからポテンシャルデバイスが利用できるから計器用変圧器を別に購入する必要はなくなる。以上の諸点を考慮すると超高压用として節油タンク型遮断器が最良のものといえる。

## 6. 一般構造

9 図はこの遮断器の断面を示すもので上部下部とも碍管に包まれた油入コンデンサブッシングを天井に傾斜して取付け、これの下に新型の消弧室があり中央に可動コンタクトを上下するリフチングロッドと上部の機構室がある。左右 2 個の BCT がコンデンサブッシングの取付根元にあり、別にコンデンサブッシングのタップ取出口からタンク外部の上部に取付けたブッシングポテンシャルデバイス用の箱へ導線が出ている。タンクは楕円円筒で半球型の底を持っており油量を減ずると共に、重責務の際の衝撃内圧に抵抗できる。10 図に示すようにタンク



9 図 節油タンク型遮断器構造外形説明図

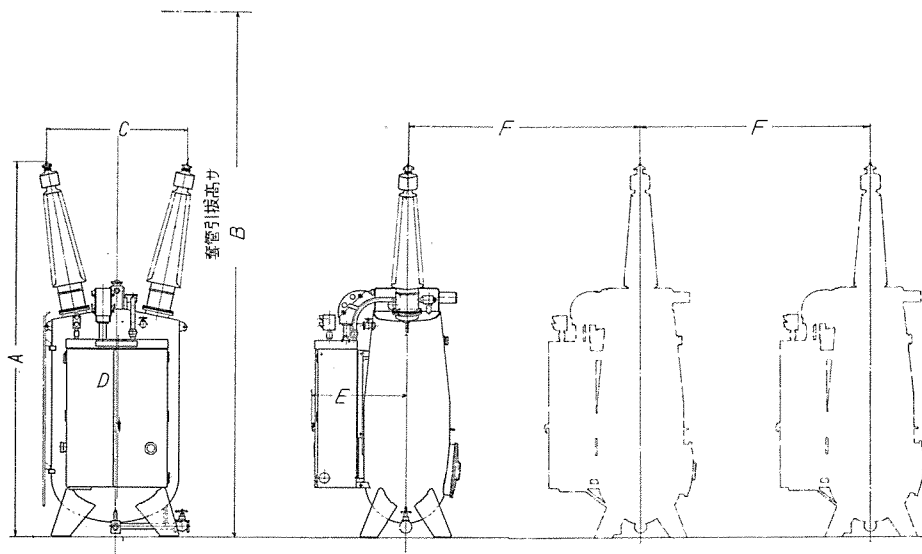
Fig. 9. Oil poor tank type oil circuit breaker construction and outline.

で 287.5kV には 6 点遮断, 230kV, 195.5kV 用には 4 点遮断を用いる. 13 図は 195.5kV 用半相分消弧室の写真である. 半相分消弧室の上部には小電流遮断用のピストンを備えこのピストン内外のスプリングで 2 本のコンタクト絶縁操作棒間に梯子形に取付けられた可動コンタクトを加速開極すると共にピストンの油圧を発生する. アーク発生部はファイバ板でできたグリッドで囲まれ, 可動コンタクトが開極するに従って排出口が開かれ, アークは油流により効果的に左右対称にしばられて吹付け

横腹の窓を横開きにして自由に出入ができて内部の点検調整が便利で, 消弧室の取外しは天井から吊ひもで上下できる. 高速度遮断を行うためには加速にきわめて強力なスプリングを用いるので, この強力な荷重に耐えるための能率的なトグル機構の設計と特殊鋼のレバーを用い, 重量慣性を小さくしている.

### 7. 新多重切消弧室

12図は節油タンク型遮断器に採用した新多重切消弧室

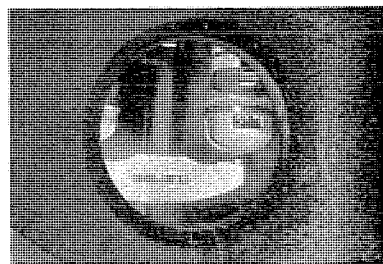


11 図 GW 型節油タンク型遮断器寸法図

Fig. 11. Dimensions of type GW oil poor tank type circuit breaker.

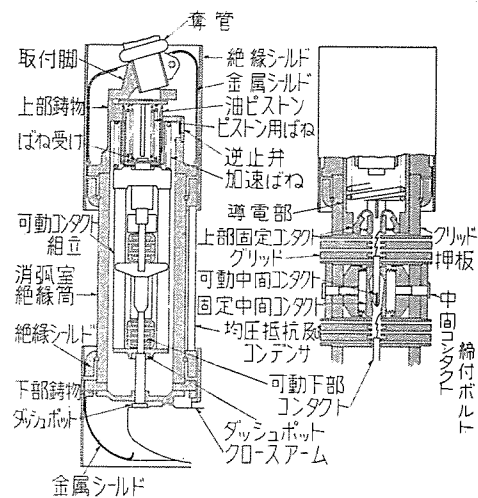
1 表 寸法変化表

型名	遮断容量 (MVA)	電圧 (kV)	電流 (A)	重量 (kg)	油量 (l)	A	B	C	D	E	F
170-GW-500	500	195.5	800	19,000	13,000	5,632	7,200	2,110	1,924	1,420	3,500
200-GW-500	"	230	"	22,000	18,000	6,350	8,500	2,350	2,145	1,420	4,200
250-GW-500	"	287.5	"	27,000	25,000	7,460	10,000	2,850	2,376	1,520	5,000



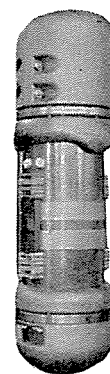
10 図 タンク横腹の窓を開いた光景  
Fig. 10. Flank of tank opened.

12 図は新多重切消弧室



12 図 新多重切消弧室

Fig. 12. New multiple breaker de-ion chamber.



13 図 195.5kV 用消弧室  
Fig. 13. De-ion chamber of 195.5 kV unit.

られて小電流を消弧する. このピストンの小電流分担域は 3,000A 位まで有効なように強力なものでこの上の大電流遮断では自力式消イオン作用で消弧せしめ, アーク発生域に十分貯えられた油の分解ガスによって排出口からガスが噴出するときアークは強い乱流をうけて消弧される. 大電流消弧中は発生ガス圧が高いので上部ピストンは動かないが, 消弧されると駆動スプリ

ングによってピストン内の油を消弧室中に押出して残存のアークによる発生ガスおよび劣化した油などを洗浄消掃するので、瞬時再閉路再遮断しても最初の遮断の影響を受けて遮断時間が伸びることがない。各遮断点間には遮断時に加わる電圧分布が均等になるように抵抗を入れてあることはもちろんであるが、再起電圧の周波数が高い場所でも電圧分布が均等となりまた遮断中に雷サージあるいは開閉サージが進入してきても局部的に高いストレスを生じないでこれに耐えられるようキャパシタが入れている。この消弧室を使用することにより遮断点数の増加、ピストンによる強力な油流作用で、少電流より大電流に至るまで瞬時再閉路再遮断時も含めてすべて3サイクル以内の遮断が可能で充電電流遮断にも再点弧零が期待できる。ファイバグリッドは取出し可能なブロックにはり合わさっていて、点検取換に便利でありまたコンタクトは耐弧メタルを先端に付したチューリップ型であるので電流容量も十分大きく、電弧で多少損耗しても定格電流の通電には何の差支えもない。

## 8. 操作機構

本遮断器に用いられる操作機構は当社のM型碍子型遮断器に使用されるものと同様で操作箱の内に操作機構および補助気槽等を一緒に入れ配管を短くして投入時の圧力降下を減じて圧縮空気のエネルギーを完全に用いることができると共に、乾燥電熱器によって寒冷地で発生する弁の凍結などの問題を解決している。14図は操作機構箱の写真で15図a, b, c. は機構の構造動作説明図である。a図に示すように圧縮空気がシリンダにはいるとピストンはピストンロッドと共に下降しピストンロッドは遮断

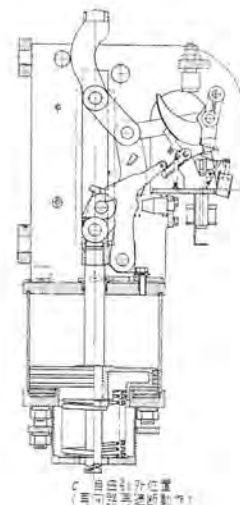
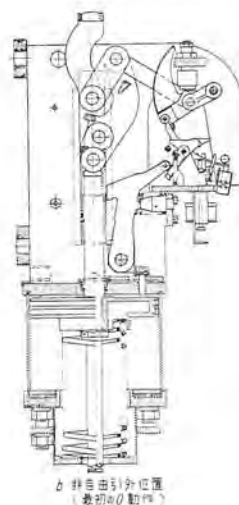
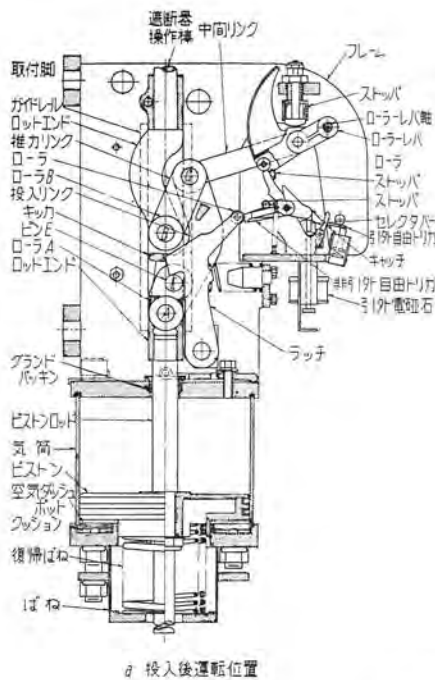


14 図 操作機構箱

Fig. 14. Operating mechanism.

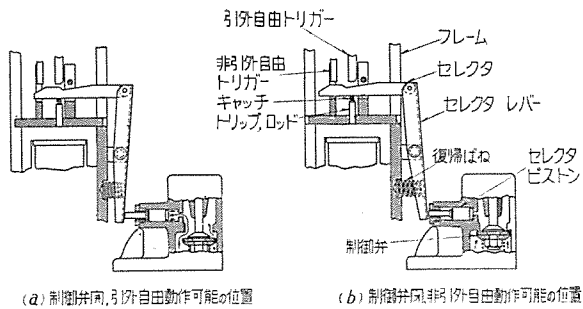
器操作棒と推力リンクと投入リンクで7の字形に接続せられ、接続ピンA, Bはガイドに沿って上下する。推力リンクと投入リンクとの接続点Cはリンクで扇型ローラレバーにつらなりc図に示すように引外自由の場合には引外コイルの付勢により引外電磁石のプランジャーが上げばローラレバーの先端の小ローラとトリガとの掛合が外されて推力リンクと投入リンクの7の字形結合が開いて伸びピストンロッドに関係なしにあるいはピストンシリンダ内の残存空気圧力に関係なしに遮断器は開路する。保持ラッチにも別の掛合するトリガがあって、この方を引外すとb図に示すように推力リンクと投入リンクの7の字形の結合は解けないで遮断器は開路するので、ピストンとベルクランクは結合されているから開路途中で圧縮空気を入れて再投入しても投入可能である。どちらのトリガを外すかは16図に示すようにピストンシリンダ内の圧縮空気圧力に反応するセレクトタピストンで凸凹のあるセレクトレバーを動かして引外電磁石のプランジャーについた引外シロッドがたたくトリガを選択せしめる。

すなわち最初の遮断はピストンシリンダ内には圧縮空気がないから保持ラッチ用のトリガを外し、再閉路時引外しはシリンダ内に圧縮空気圧力が残存するからセレクトタピストンのレバーが動き引外し自由のトリガが引外されるようにする。ピストン下部にはショック吸収の空気



15 図 操作機構説明図

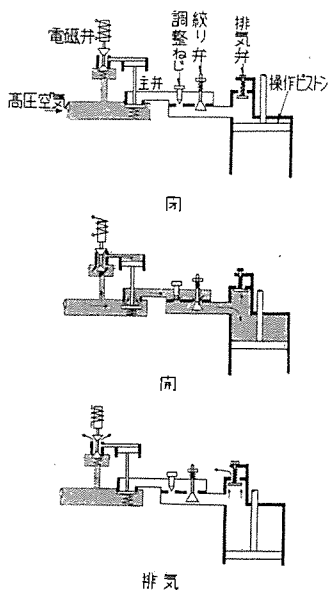
Fig. 15. Trip free position after reclosed.



16 図 引外選択装置説明図  
Fig. 16. Trip free selection.

ダッシュポットがあり、トリガは特殊硬度合金を頭部に埋金としたマンガン黄銅のダイカストを用いて十分な機械的強度と耐摩耗性および耐久性を持っている。

17 図は制御弁の動作説明図で特長とするところは主弁とピストンシリンダ間に調整弁を2個有することで1個は調整ねじで供給圧縮空気量を加減し、他の1個は操作機構ロッドと連動する絞り弁を備え、投入終端時のみこの弁を開くことによっていたずらに可動部を加速して衝撃を与えないように特別な考慮が払われている。使用気圧は15 kg/cm<sup>2</sup> までできるだけシリンダを小さくして圧縮空気の漏洩を防ぎ、重量を軽減した能率的な操作機構である。



17 図 制御弁動作説明図  
Fig. 17. Control valve operation.

18 図は 195.5 kV 用 300A, 40VA BCT の試験成績で比誤差ならびに相差角はほとんど 0.5% 級にはいりかつ過電流 14 倍でも比誤差は 1% を少し上まわる程度である。BCT は 1 次アンペアターンが少ないため磁束密度が少いところで常時使用することを考えると、過負過特性良好なのは当然である。どうしてこのような優秀な BCT が製作されるようになったかは後記の理由による。

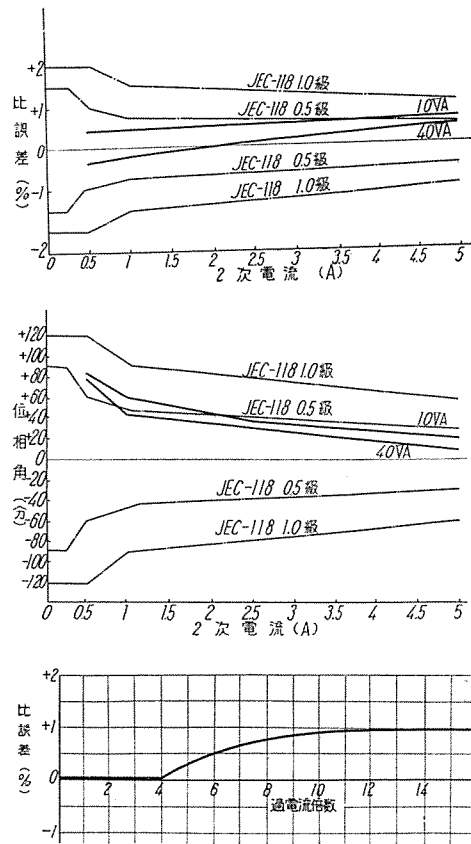
すなわち

1. 鉄損の少ない冷間圧延の電気鉄板が入手されるようになった。
2. コンデンサブッシングの胴が套管碍子締付方法の

改良から細くなったので BCT の磁路長を短くできる。

3. 低電流用には特殊な補償方法を採用する。

従来碍子型遮断器では CT は絶縁劣化を考慮して別置にされる傾向にあるが、タンク型では絶縁劣化による爆発事故の憂がなく安価なかつ特性のよい BCT を内蔵できる利点がある。

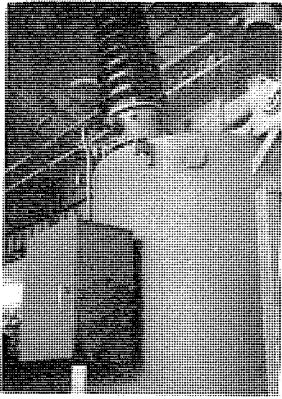


18 図 195.5 kV 300/5 A 40 VA BCT の特性  
Fig. 18. Characteristics of 195.5 kV breaker.

### 10. ポテンシャルデバイス

この遮断器の套管は上部下部碍管を有し、油を充填した完全密封式コンデンサ型で、このコンデンサブッシングのタップからポテンシャルデバイスを用いてリレー・メータ用の電圧を取り出すことができる。最近有力電力会社の傾向は頻発する PT 事故のために 80.5 kV 回路以上には PT を置かずに、絶縁劣化の心配の少ないキャパシタデバイスを用いる。キャパシタデバイスのキャパシタの代りにコンデンサブッシングを用いたのが当社 PBA 型ポテンシャルデバイスで結合コンデンサが不要なので安価であり、また PT のように断路器を必要としないのでさらに経済的である上に特性も優秀である。

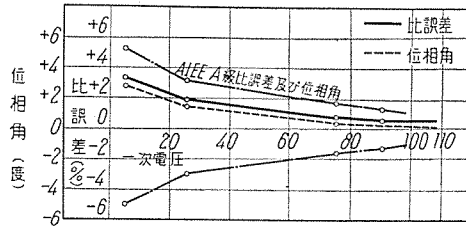
19 図は PBA 型計器用変圧器の遮断器への取付写真で、コンデンサブッシングのコンデンサの大地側から第 2 層より取出したタップと大地との間の電圧はほぼ 7,500 ~ 8,000V であるから、これを小さな計器用変圧器で低圧に変圧し、2 次側にリアクトル・コンデンサを入れて位



19 図 161kV 油入遮断器に取付けた PBA 型ポテンシャルデバイス  
Fig. 19. Potential device type PBA fitted to circuit breaker.

2 表 PBA 型ポテンシャルデバイス定格

定格絶縁階級 (kV)	定格回路電圧 (kV)	定格 1 次電圧 (kV)	定格負担 (W)	定格 2 次電圧 (V)	力率補正用コンデンサ全 (VA)
115	115	66.4	25	115/66.4	20
138	138	79.7	35	"	28
161	161	93.0	45	"	36
195	195	112.9	60(推定)	"	48(推定)
230	230	133.0	80	"	64
287	287	166.0	100	"	80
345	345	179.0	未定	"	未定



20 図 ポテンシャルデバイスの特性 力率 1.0 定格直線性負担インピーダンス接続  
Fig. 20. Characteristics of potential device.

関係係を補正して、補助変圧器で 115 V, 66.4 V に調整できるようになっ

ている。定格は 2 表のとおりで回路電圧 287.5kV で 100 W, 230kV で 80W, 195kV で 60 W が負担として得られその特性は AIEE, 規格に合格するもので 20 図は特性の一例である。すなわち電圧変動率は 1 次電圧 100% で電圧比 +0.55% 位相角 +8.5 分, 1 次電圧 25% で電圧比 +1.82%, 位相角 +96.5 分である。

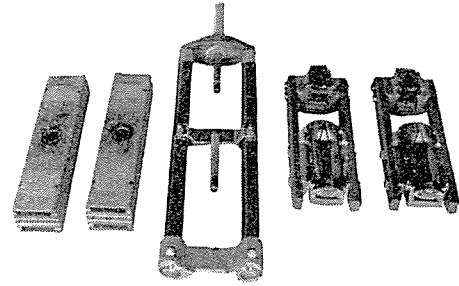
コンデンサブッシングは左右 2 本あるから必要あれば上記の 2 倍の負担が得られる。2 表に示す定格負担は 60c/s の値で 50c/s のときは 2 表の値の 80% 定格負担である。

電圧変動率は 60c/s のときと同様である。

### 11. 試験成績

30 年 7 月と 31 年 4 月電源開発, 北海道電力株式会社立会の下に行われた当社 195.5kV 3,500MVA 節油タンク型油入遮断器の試験成績の概要を述べると下記のごとくである。

耐久操作回数試験は予備試験 2,000 回立会試験 2,000 回に耐え, 投入時間は 15 kg/cm<sup>2</sup> の操作圧力で 10.8 c/s, 再閉路時間 13 c/s, 再閉路投入時間は 10.6c/s (いずれも 50c/s ベース) であった。なお開極時間は直流 100V で 1.5 c/s で引外電流は 1 相 9.2A 開極速度は 6.3m/sec であった。温度上昇試験も油を抜いて 800 A 通電して気中で上部コンタクト部 27°C の上昇が最高であるから, 油がはいった状態ではタンク表面の冷却作用が多いからずつと低くなる。また遮断試験は半極で 70 kV の過電圧 1,500 A 前後の切りにくい少電流でさえ, 遮断時間は最長 2.75 c/s でかつ 12 c/s 再閉路再遮断に対しても電弧時間の延引は認められず, 充電



21 図 遮断試験後のコンタクトおよび消弧室グリッドの状況

Fig. 21. Contacts and de-ion grid chamber after rupturing tests.

電流遮断も半極で 68kV 4.9~51.7 A 79 kV 19A を無発弧無再点弧の好成績であった。もちろん 21 図に示すように上記遮断試験によるコンタクト, 消弧室グリッドその他の損耗はごく軽微であったことはいうまでもない。3 表は遮断, 4 表は充電電流試験の成績で, 22 図および 5 表は全極 113kV で 1,200A 遮断のオシロで最長 2.55c/s の遮断時間である。

なお本遮断器は現地納入後, 31 年 1 月岩松発電所で充電電流と変圧器励磁電流を遮断し, 8 月十勝幹線人工故障試験において 1 線接地電流の遮断を行った。6 表は充電電流遮断試験結果, 23 図はそのオシログラムで 45A

3 表 170-G-W 型節油タンク型短絡電流遮断試験

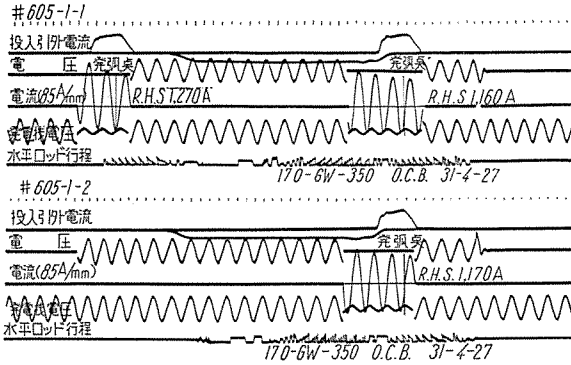
動作 責務	極 数	遮断電流 (A)			給与 電圧 (kV)	回復 率	再起電圧 周波数 (kc)	開極 時間 (c/s)	アーク 時間 (c/s)	全遮断 時間 (c/s)	投入 電流 (A)	再閉路 時間 (c/s)
		交流分	直流分	rms								
O -CO 1分CO	1	1,230	300	1,270	113	90.7	3.0	1.45	0.75	2.20	1,470	14.3
		1,160	90	1,160		89.5	3.0	1.5	1.05	2.55		
		1,170	40	1,170		90	3.0	1.5	0.6	2.10		
O -CO	2	1,590	85	1,590	70	91.4	4.5	1.5	1.25	2.75	2,580	13.3
		1,450	0	1,450		85.0	4.6	1.4	1.15	2.55		
O -CO	2	2,710	1,470	3,080	60	94	2.8	1.45	0.5	1.95	5,100	14.3
		2,440	180	2,440		87	2.8	1.45	0.8	2.25		
O -CO	2	5,030	300	5,040	50	94.5	3.6	1.45	0.75	2.20	7,350	14.3
		4,600	0	4,600		90.5	3.6	1.45	0.80	2.25		
O -CO 1分CO	2	10,100	3,630	10,700	25	93	9	1.45	0.75	2.20	22,700	14.65
		9,300	1,190	9,380		88	9	1.45	0.6	2.05		
		9,430	990	9,490		91.5	9	1.45	0.5	1.95		

4 表 170-GW-350 型節油遮断器充電電流遮断試験

極 数	遮断電流 (A)	給与電圧 (kV)	再点弧		遮断時間		
			発弧	点弧	開極 (c/s)	電弧 (c/s)	全 (c/s)
半	4.9	68	0	0	1.5	0.13	1.63
			0	0	1.5	0.13	1.63
	8.8	68	0	0	1.5	0.45	1.95
			0	0	1.5	0.15	1.65
	2.9	68	0	0	1.5	0.11	1.61
			0	0	1.5	0.45	1.95
極	51.7	68	0	0	1.5	0.53	2.03
			0	0	1.5	0.22	1.72
	19	79	0	0	1.5	0.18	1.68
			0	0	1.5	0.24	1.74

5 表 170-GW-350 型遮断器短絡電流遮断試験

試験番号	動作責務	113kV 1,200A 短絡電流遮断試験 第2~3回											
		遮断電流			給与電圧 (kV)	回復電圧 (%)	遮断時間			固有回復電圧 (%)	投入電流 (A)		
		交流分 (A)	直流分 (A)	r.m.s. (A)			開極 (c/s)	電弧 (c/s)	全遮断 (c/s)				
605-1-1	0	-1,230	300	1,270	113	96	1.45	0.75	2.20	3			
	12.1 c/s	1,160	90	1,160							1.50	1.05	2.55
	1 min	1,170	40	1,170							1.50	0.60	2.10
動作状況		ガス	噴	炎	発	音	遮	断	液	接	触		
		なし	なし	なし	なし	なし	噴	出	せず	接	触		
										損			
										傷			
										小			



22 図 170-GW-350 型遮断器短絡電流遮断試験オシログラム

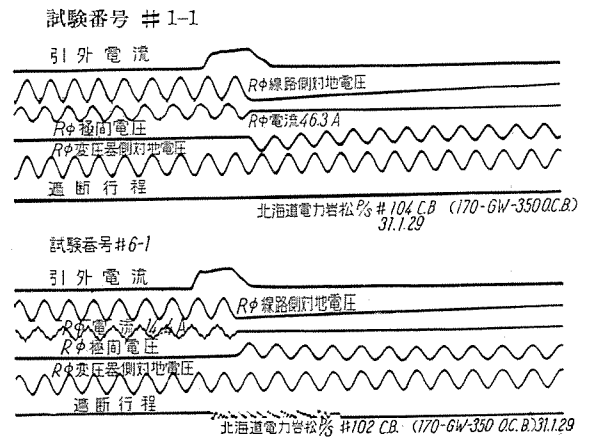
Fig. 22. Oscillogram of rupturing test of short circuit currents.

6 表 170-GW-350 型節油タンク型遮断器充電電流遮断試験 (31年1月29日 於岩松 P/S)

供試遮断器	試験回路	試験番号	相	電圧 (kV)	電流 (A)	遮断時間 (c/s)	再点弧回数		線路側対地電圧 (倍数)	周波数 (c/s)	中性点過渡電流 (波高値 A)
							発	点			
新札幌側 # 104	岩松 66/187 KM 140.3 新札幌線	1	R	195.5	46.3	1.7	0	0	1.0以下	49.95	34
			S		45.6	2.0	0	0			
			T		45.6	1.9	0	0			
			R		2.05	0	0	0			
			S		2.0	0	0	0			
幌平側 # 102	岩松 66/187 KM 40.5 幌平線	6	R	14.4	14.4	1.75	0	0	50.05	11.2	
			S		15.2	1.6	0	0			
			T		14.4	1.9	0	0			
			R		1.9	0	0	0			
			S		1.75	0	0	0			
		7	R	14.4	1.9	0	0	0	14.4		
			S		1.75	0	0	0			
			T		1.9	0	0	0			
			R		1.65	0	0	0			
			S		1.9	0	0	0			
		8	R	14.4	1.65	0	0	0	12		
			S		1.9	0	0	0			
			T		1.8	0	0	0			
		9	R	14.4	1.65	0	0	0	11.2		
			S		1.8	0	0	0			
		10	R	14.4	1.6	0	0	0	10.4		
			S		1.8	0	0	0			
			T	1.75	0	0	0	0			

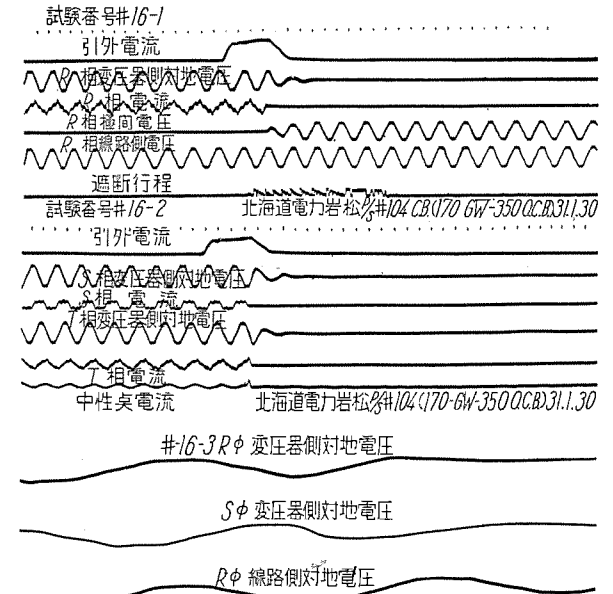
注 (1) 対地電圧倍数は常規対電圧に対する比を示す。  
1.0 以下とあるは高調波を含む充電電流を遮断した場合正規零点の外の遮断により 1.0 以下となるものがあることを意味する。

と 15A を遮断し完全に無再発弧無再点弧である。7 表は励磁電流遮断試験結果、24 図はそのオシログラムで多少截断に基く異常電圧を伴ったが最大 1.39 倍できわめて低く、さらに 1.1 倍をこしたものは 25 回中 3 回にすぎない。8 表は十勝幹線の人工故障試験結果でそれぞれ遮断条件の異なる 4 台の遮断器がいずれもほとんど同一の遮断時間を示している。



23 図 岩松発電所における充電電流遮断試験オシログラム

Fig. 23. Oscillogram of rupturing test of charging currents.



24 図 岩松発電所における変圧器励磁電流遮断試験のオシログラム

Fig. 24. Oscillogram of rupturing test of exciting current.

7 表 170-GW-350 型節油タンク型遮断器変圧器励磁電流遮断試験  
(31年1月29,30日 於岩松 P/S)

供試遮断器	試験回路	試験番号	相	電圧 (kV)	電流 (A)	遮断時間 (c/s)	変圧器側電圧倍数 (%)	周波数	中性点過渡電流 (波高値)
糠平側 # 102		11	R S T	186	1.78	1.85 1.75 1.75	1.39 1.1 (1.1)	50.0	4.1
		12	R S T	"	"	1.7 1.7 1.75	1.05 1.0 以下 (1.1)	"	2.8
		13	R S T	"	"	1.7 1.7 1.8	1.09 1.0 (1.1)	"	4.2
		14	R S T	"	"	1.7 1.75 1.75	1.0 以下 1.0 以下 (")	"	3.4
		15	R S T	"	"	1.75 1.7 1.75	1.00 以下 1.37 (1.1)	"	5
新札幌側 # 104		16	R S T	181	1.3	1.7 1.7 1.8	1.0 以下 " 以下 (")	"	3.2
		17	R S T	"	"	1.75 1.75 1.75	1.0 以下 " 以下 (")	"	2.4
		18	R S T	"	"	1.8 1.75 1.75	1.1 1.0 以下 (")	"	2.8
		19	R S T	"	"	1.75 1.8 1.8	1.0 以下 " 以下 (1.1)	"	2.8
		20	R S T	"	"	1.9 1.9 1.8	1.18 1.0 以下 (1.1)	"	3.5
新札幌側 # 104		21	R S T	191	2.04	1.9 1.75 1.75	1.35 1.0 以下 (")	"	5.9
		22	R S T	"	"	1.8 1.9 1.9	1.0 以下 " 以下 (")	"	2.8
		23	R S T	"	"	1.75 1.7 1.85	1.0 以下 " 以下 (")	"	5.5
		24	R S T	"	"	1.8 1.85 1.8	1.0 以下 " 以下 (")	"	2.8
		25	R S T	"	"	1.75 1.75 1.8	1.0 以下 " 以下 (")	"	3.2

注 (1) 変圧器側電圧倍数中 ( ) 内は M.O. の値、他は B.O. の値を示す。  
10 以下とあるは、遮断の位置により常規電圧より低くなることを意味する。倍数はすべて常規対地電圧の倍数である。

## 12. むすび

以上述べたように旧来のタンク型油入遮断器は 161kV 以下では不経済でも超高圧用に用いて節油タンク型にすれば経済的にしてかつわが国の超高圧送電線に要求されるような過電圧少電流の苛酷な条件でも十分な性能を発揮しうるばかりでなく充電電流も無再点弧遮断を期待できるいわゆる完全3サイクル遮断器として製作しうる。さらに改良された BCT の内蔵、ポテンシャルデバイスの付加ができると共に据付面積少く据付保守容易な理想的な遮断器である。節油タンク型が生れたのは碍子型にするよりは設計しやすくかつ経済的であるために必然的な結果であって決して復古調でも時代逆行でもない。近き将来わが国の超高圧送電線の諸点にぞくぞくと設置されて空気遮断器あるいは碍子型遮断器と競い好評を博することを疑わない。擲筆するに当り本遮断器開発にご協力下さった木村工作第1課長、堀品質管理課長を始め、工作部の方々に紙上より厚く感謝の意を表す。

8 表 十勝幹線人工故障試験結果

試験月日	試験時刻	試験番号	故障点	故障相	糠平 P/S または 新札幌 S/S				足寄 P/S または 岩松 P/S				新札幌負荷 (MW)
					故障継続時間 (c/s)	遮断器遮断時間 (c/s)	無電圧時間 (c/s)	遮断電流 (A)	故障継続時間 (c/s)	遮断器遮断時間 (c/s)	無電圧時間 (c/s)	遮断電流 (A)	
31-8-1	9.30	T-1	糠平 P/S (足寄側)	R	4	2.2	15.4	280	7.6	2.25	15.4	192	0
31-8-1	11.00	T-2	糠平 P/S (岩松側)	"	5.1	2.2	14.1	554	5.1	(1) 2.3	14.0	518	0
31-8-1	13.00	AN-1	糠平 P/S (足寄側)	"	3.5	2.0	14.0	835	3.9	2.2	13.9	210	20
31-8-1	14.20	NI-1	糠平 P/S (岩松側)	"	4.1	1.8	15.2	507	4.7	(1) 2.4	14.7	800	20
31-8-1	15.40	NI-2	糠平 P/S (岩松側)	"	4.1	1.9	15.2	1053	4.7	(1) 2.4	14.6	800	40
31-8-2	9.35	T-3	新札幌 S/S (岩松側)	"	4.6	(1) 2.6	13.6	1153	4.6	(1) 2.4	15.4	360	0
31-8-2	11.00	SI-1	"	"	4.6	(1) 2.6	15.0	1120	(2) 4.5	(1) 2.4	—	525	20
31-8-2	14.00	SI-11	"	"	4.2	(1) 2.4	14.5	1170	4.1	(1) 2.1	15.1	530	20
31-8-2	15.45	SI-2	"	"	3.5	(1) 2.0	15.0	1010	4.4	(1) 2.0	15.2	603	40

注 (1) 岩松 P/S および新札幌 S/S では引外補助継電器を使用し、遮断時にはこの継電器の動作時間 (約 0.2 c/s) を含む。  
(2) SI-1 において新札幌側は再閉路に成功したが、岩松側はヤレン整流器の逆電流によつて S 相の引外補助継電器が動作し、ついで不平衡遮断の結果 T 相も遮断再閉路しなかつた。故障継続時間は S 相 6.3 c/s T 相 7.8 c/s である。

# 液冷式, 密封型イグナイトロン整流器

伊丹製作所 加藤 又彦\*

## Liquid Cooled Sealed Ignitron Rectifiers

Itami Works Matahiko KATO

Air cooled sealed ignitron rectifiers are already acknowledged products. Then their modification—liquid cooled sealed units have been introduced with success. Those developed are rated at 1,500 kW 600 Volts d-c 12 tank units for railway service and 1,000 kW 250 volts d-c 400 amperes for electrochemical industry. They are housed in a cubicle, which is one of the salient points of the new design. The former is installed in a nonattendant remote control substation and the other is used for electrolysis.

### 1. ま え が き

今般, 当社では従来製作してきた風冷式, 密封型のイグナイトロン整流器に対して新しく液冷式, 密封型の整流タンクを製作し, 600 V, 1,500 kW, 12 タンク方式の電鉄用ならびに 250 V, 4,000 A, 12 タンク方式の電気化学用イグナイトロン整流器を納入し, 実負荷運転するにいたった。

これらのイグナイトロン順変換装置は液冷式であり, キュービクル型の新方式を採用した在来の水冷式冷却方式を著しく改変した点で特筆されるべきものである。

本文は上記の液冷式, 密封型イグナイトロン整流器の諸特長・方式・ならびに今回納入した 1,500 kW, 600 V の無人遠方制御変電所と食塩電解用として日本最初の密封型イグナイトロン整流器についての試験結果, ことに在来の水冷式, ポンプ付イグナイトロン整流器との比較研究の一端もあわせてご報告するものである。

### 2. 液冷式, 密封型イグナイトロン整流器の種類と構造

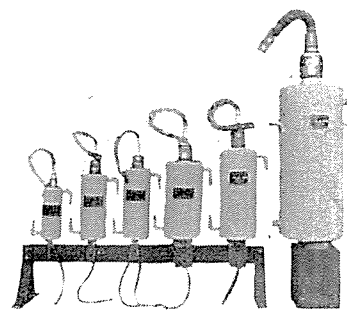
液冷式, 密封型イグナイトロン整流器の種類としては次の3種類があり, 標準品として生産されている。

- (1) MI-1101 型…直流 250 V 換算で 100 A (平均値)
- (2) MI-1201 型… " " " 200 A ( " )
- (3) GU-20 型… " " " 400 A ( " )

以上の3種類のほか, 開発途上にある整流タンクが2種類ある。今回 600 V, 1,500 kW; 250 V, 1,000 kW として納入したものは GU-20 型の整流タンクであり, 大容量の順変換装置としての性格を賦与したものである。1図 2図は液冷式, 密封型整流タンクの外観写真であり, 1表は外形寸法を示したものである。

1 表 液冷式, 密封型イグナイトロン整流器諸元表

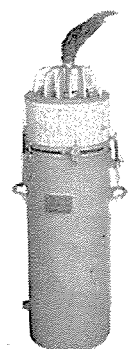
型 名	タンク数	全 長 (mm)	外 径 (mm)	重量/1タンク	容量/タンク
MI-1101	1	319	95 φ	5 kg	200 kW/600 V D-C
MI-1201	1	535	136 φ	11 kg	500 kW/600 V D-C
GU-20	1	760	225 φ	50 kg	1500 kW/1500 V D-C 750 kW/600 V D-C



1 図 液冷式, 密封型イグナイトロン整流器

左より MI-1050 型, MI-1100 型, MI-1101 型, MI-1200 型, MI-1201 型, GU-8 型

Fig. 1. External view of liquid cooled type sealed ignitron tubes.



2 図 GU-20 型, 液冷式, 密封型イグナイトロン整流器

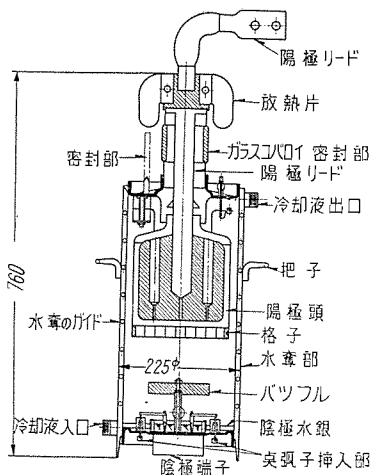
Fig. 2. External view of GU-20 type sealed ignitron tube.

GU-20 型, 液冷式, 密封型整流タンクは三菱電機, 30 巻, 第 4 号 1956 に掲載したイグナイトロン電気機関車用イグナイトロン整流器とその根本概念および構造において何ら変っていない。ただ車両用整流タンクを地上変電所用に使用したときに電流・電圧定格と要望条件においていかにあるべきか, また用途・主回路条件の変化によって責務がことなるのでその点が問題である。

GU-20 型, イグナイトロン整流器の特長を列記すると次のとおりである。

- (1) 整流タンクは 3 図に示すように直径 225mm 程

\* 技術部



3 図 GU-20 型液冷式、密封型イグナイトロン整流器内部構造図  
Fig. 3. Internal construction of GU-20 type ignitron rectifier.

度のステンレススチール製の円筒と陽極板、陰極板の3部分より構成され、各部はそれぞれアルゴン溶接されて封じ切っている。溶接箇所は3 図に示したように冷却液に接しないので電食はまったくない。

(2) 陽極板・陰極板・その他吊金具などはプレス作業で製作され、多量生産に適し、かつ寸法精度の良いものである。

(3) 陽極部は陽極板とコバロイシールを介して絶縁され、陽極棒とコバロイシール部は陽極加熱器によって外部より常時加熱される。また点弧子・補助極はそれぞれ陰極板の下部より陰極板を貫通して挿入され、固定されている。

(4) 密封部はすべてガラスコバロイシールであり、その強靱性はイグナイトロン電気機関車積載用整流タンクで実証済のものである。

(5) 液冷式であるので整流タンクの配列は風冷式のものに比して自由度がたかく、5 図に示したように上下2 段に配列するのを標準とし、キュービクル方式が標準である。配管はすべてビニールパイプを使用する関係上床面積は少く、絶縁および電食の問題はすべて解決された。

(6) 冷媒としてはエチレングリコール、カルゴンなどのインヒビタの液体を使用する。

また水槽は非鉄金属を使い、密閉式として空気中の酸素の溶解を防止し、水冷式再冷器または風冷式再冷器を使用して水系全体の温度調節を簡単にした特殊水系構造とした。

したがって無人変電所としての要望条件をすべて満足せしめている。

(7) 上記の水系構造と低温時にも起動しうる整流タンク構造との協調によって15°Cの低温でも使用しうる。

また冷却条件の上限温度は50°Cで使用可能である点が特長である。

(8) 主回路方式としては相間リアクトル付2重星型結線接続を標準とするが単相全波整流方式・グレース接続(ブリッジ接続); 相間リアクトル付6相3重2相2次接続などによって整流タンクの特性をいかし、利用率を向上せしめ、能率の改善、ひいては保守の簡易化を期することができた。

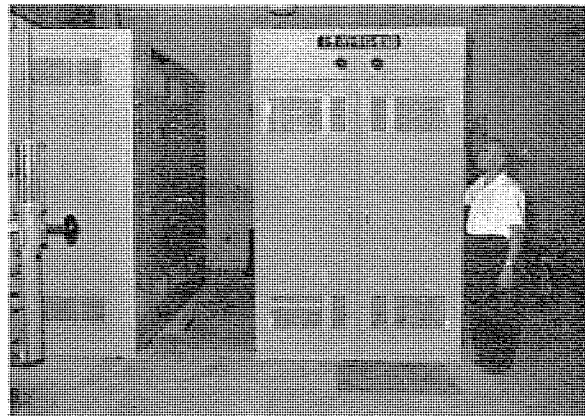
### 3. キュービクル型イグナイトロン整流器の確立

今回製作した液冷式、密封型整流タンクは後述する回路責務・制御方式と用途によって6 整流タンクによる変換単位の定格は変わるが電鉄用変電所の変換単位の規準は大体一定し時代の推移とともに徐々に増加する傾向にある。しかし変電所の制御方式の変化は製作技術と経済性によって小容量化する傾向もないでもない。また電気化学用、直流電動機駆動用などの用途によっては位相制御の都合により整流タンクの定格はもちろんのこと事情によっては整流タンク自体の構造・外形寸法をも変化せしめることになるのは当然である。しかしこうした諸条件があるにもかかわらずイグナイトロン順変換器は単極型整流タンクである関係上タンク配列は冷却条件と接続リードによる制限のほかはなんら拘束をうけないのみか標準のキュービクル方式として外観も美しく、保守上の安全性に万全を期することができる。

現在までに当社で製作した実績のあるキュービクル型液冷式、密封型イグナイトロン整流器は次の3つに区分される。すなわち

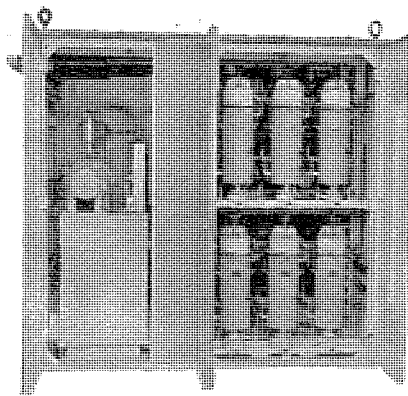
- (1) イグナイトロン整流タンクとこれが冷却装置1式とが一体となったキュービクル方式。
- (2) イグナイトロン整流タンクと制御装置全体とが一体となり冷却装置は別置き方式としたキュービクル方式。
- (3) イグナイトロン整流タンクのみ1つのキュービクルに入れた方式。

(1)の方式は東京都高速度交通営団へ納入した600V、1,500kW、12タンク方式の重負荷公称定格のイグナイトロンがそれである。4, 5, 6, 7 図はこれが外観を示したものである。これは12タンクを配列し、しかも循環水ポンプ・水槽はもちろんのこと水冷式再冷器をも設置して

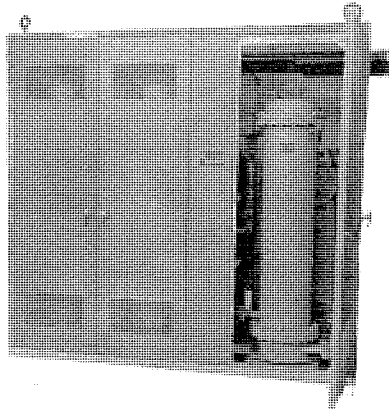


4 図 帝都高速度交通営団新大塚変電所納入液冷式、密封型イグナイトロン整流器

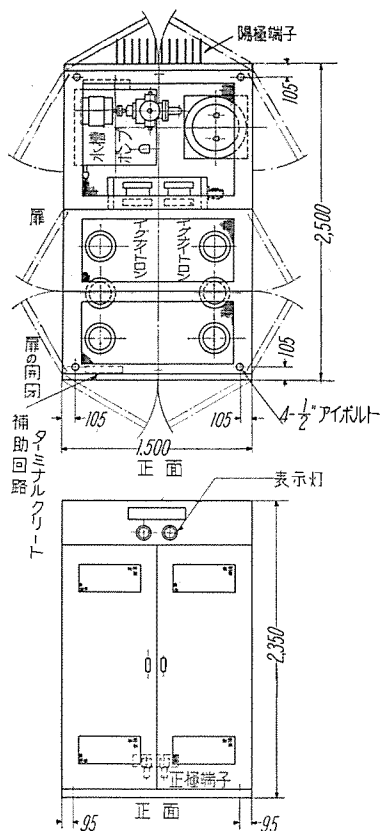
Fig. 4. Front view of a 1,500 kW, 600 V D-C 12 tank unit of liquid cooled type sealed ignitron rectifier at Shin-Otsuka substation of Tokyo subway railway.



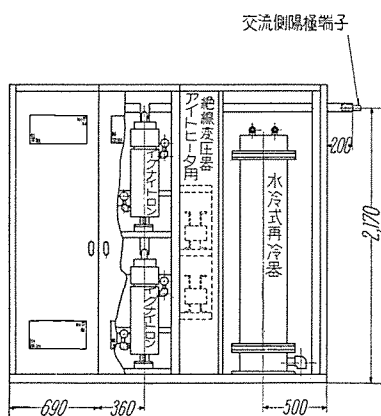
5 図 4 図に示した整流器の内部。右側整流タンク、左側循環水ポンプ  
Fig. 5. Internal view of a 1,500 kW 600V D-C 12 tank unit of sealed ignitron rectifier shown in Fig. 4.



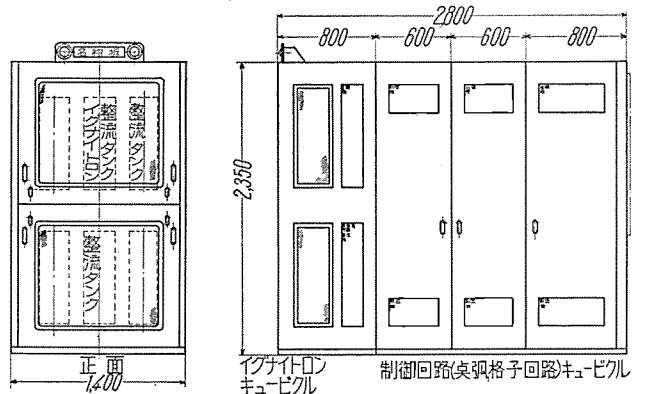
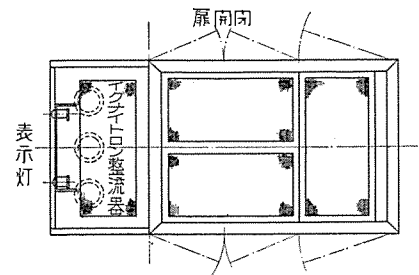
6 図 4 図に示したイグナイトロンの水冷式再冷器  
Fig. 6. Water-to-water heat exchanger equipment of a 1,500 kW, 600 V D-C 12 tank unit of sealed ignitron shown in Fig. 4.



7 図 帝都高速度交通管団納入キュービクル型イグナイトロン整流器外形寸法  
全重量 3,000 kg (冷却装置 1 式を含む)  
Fig. 7. Dimension drawings and a 1,500 kW 600 V D-C 12 tank unit ignitron cubicle for railway substation.

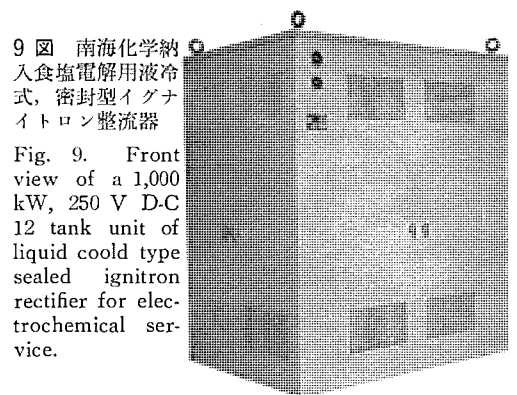


8 図 京都市交通局納入液冷式、密封型イグナイトロン整流器  
全重量 2,400 kg 整流タンク 1 本重量 50 kg  
Fig. 8. Dimension drawings and a 750 kW, 600 V 6 tank unit ignitron cubicle for railway substation.

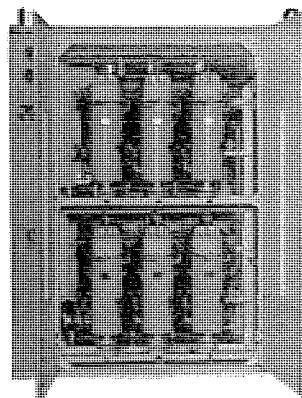


ものである。冷却装置は風冷式再冷装置であり、階下に設置してある。よって冷却液の循環系は完全閉路方式となっている。

(3) の方式は南海化学へ納入した電気化学用 250 V, 4,000 A のイグナイトロン整流器がそれである。これは 12 タンクを上下 2 段に配列した液冷式、密封型イグナイトロン整流器の標準方式のものであり、外形寸法は 2,000 mm (幅) × 1,500 mm (奥行) × 2,350 mm (高さ); 全重量は 2,000kg である。9, 10,



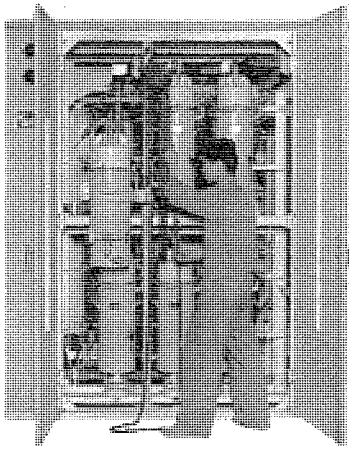
9 図 南海化学納入食塩電解用液冷式、密封型イグナイトロン整流器  
Fig. 9. Front view of a 1,000 kW, 250 V D-C 12 tank unit of liquid cooled type sealed ignitron rectifier for electrochemical service.



10 図 9 図の内部構造を示す  
Fig. 10. Internal view of a 1,000 kW, 250 V D-C 12 tank unit of sealed ignitron rectifier shown in Fig. 9.

いて全重量が 3 トン; 外形寸法は 1,500mm(幅) × 2,500 mm (奥行) × 2,350 mm (高さ) である点が在来の風冷式ではみられないほどの小形・軽量化である。

(2) の方式は京都市交通局へ納入した 750 kW, 600 V 2 組のイグナイトロン整流器がそれである。蛍光灯照明の外観の美しいもので 8 図は外形寸法・全重量を示した



11 図 整流タンク1本の  
取はずし方法を示す  
Fig. 11. Tank lifting  
assembly of ignitron  
rectifier shown  
in Fig. 10.

2 表 在来の風冷式ポンプ付イグナイトロンとの比較表

比較項目	風冷式イグ ナイトロン	1000kW, 250V, 4000A 水冷式ポンプ付12タンク イグナイトロン整流器 化学工業用連続定格
整流器外形寸法の比	1500kW, 600V 風冷式 密封型6タンクイグナイ トロン(重負荷公称定格)	2800mm×2000mm = 1.49 2500mm×1500mm (今回製作の液冷式)
全重量比	5600kg/3250kg=1.72 (冷却装置を含む)	4250mm×1210mm = 1.37 2500mm×1500mm (今回製作の液冷式)
1 整流タンクの 重量比	500kg/50×2本=5.	4000kg/3250kg=1.23 (冷却装置(冷却装置 を含まず)を含む)
1 整流タンクの 内径寸法比	風冷式タンク/液冷式=2.2 密封型タンク	210kg/50kg=4.2
		ポンプ付/液冷式、密 封型タンク/密封型タンク=1.7

11 図は外観および整流タンクのとりはずし方を示したものである。

以上のキュービクル型液冷式イグナイトロン整流器の外形寸法その他を在来の風冷式のものと比較したものが2表である。

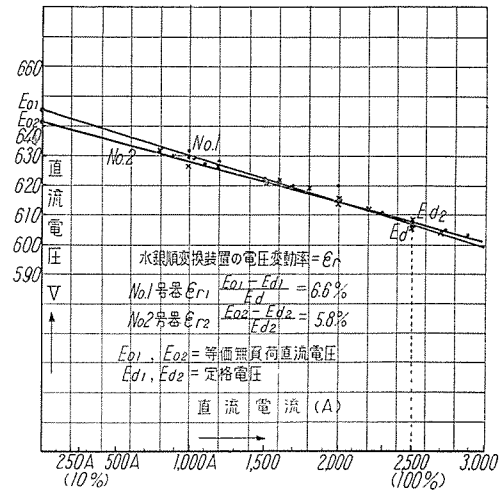
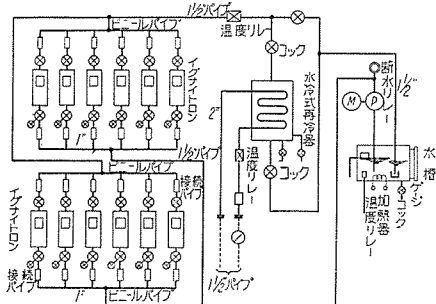
#### 4. 液冷式、密封型イグナイトロン整流器の負荷試験および運転状況

1,500kW, 600V, および 250V, 4,000A 定格のイグナイトロン整流タンクの基本試験についてはイグナイトロン電気機関車に積載したもので行っているから本稿では省略する。

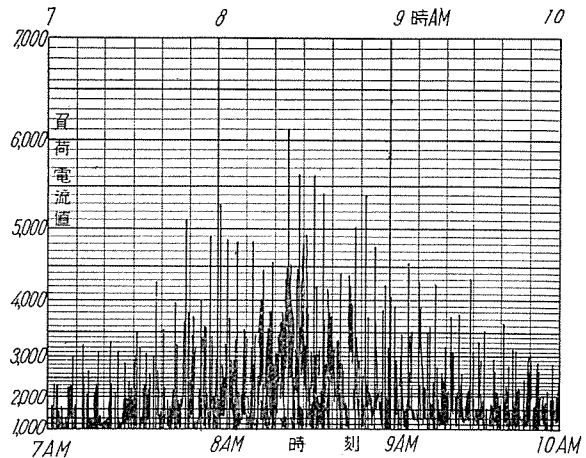
##### ア. 1,500kW, 600V 12タンク、帝都高速度交通営団納入、新大塚変電所における実負荷状況

この変電所には昭和28年10月に納入したポンプ付水冷式1,500kW, 600V, 6タンク方式の既設のイグナイトロンがあり、今回はその既設品と並列運転を行う目的をもつ液冷式、密封型イグナイトロンを納入したものである。両者ともに水冷式再冷却付の循環閉路方式の冷却系であり、新製品の冷却系は12図に示してある。既

12 図 水冷式  
密封型イグ  
ナイトロン整流  
器無人変電所  
冷却水系図  
Fig. 12. Cool-  
ing system of  
sealed igni-  
tron rectifier  
at the no-man  
station.



13 図 帝都高速度交通営団新大塚変電所  
600V, 1,500kW イグナイトロン整流器並列運転特性  
直流電圧-直流電流特性曲線  
受電電圧 22kV タップ, 31年9月19日測定  
No. 1.....水冷式、密封型イグナイトロン (12タンク)  
No. 2.....// // ポンプ付イグナイトロン (6タンク)  
Fig. 13. D-C voltage—D-C current characteristic curves.



14 図 新大塚変電所負荷曲線 (午前のラッシュ時は  
電車の運行は上下線とも3分間隔)  
Fig. 14. An example of load charts of 1,500kW, 600V  
sealed ignitron rectifier for railway service.

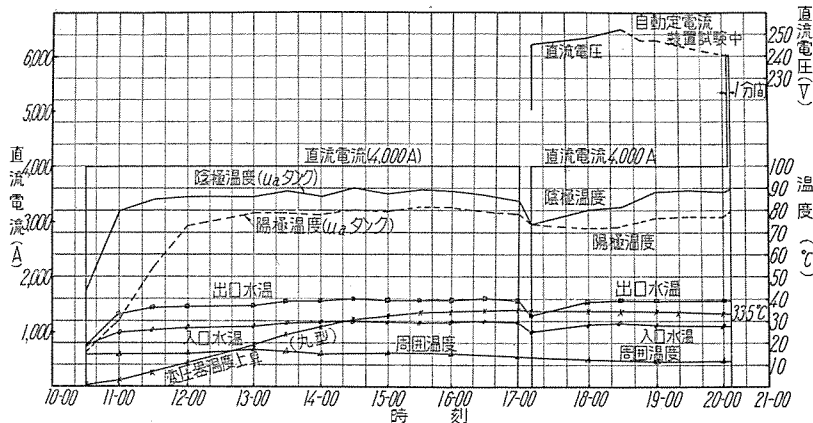
納の1,500kWイグナイトロンとの並列運転時の負荷状況を電圧変動率曲線で示したものが13図である。両者の曲線は実負荷の変化を測定して、平均値を記入したものである。実際的にはポンプ付6タンクと密封型12タンクとの並列運転は満足すべき状況にあることを実証したものである。

また14図は当変電所の実負荷曲線の一例であり、地下鉄負荷特有の尖頭負荷の反復を示している。

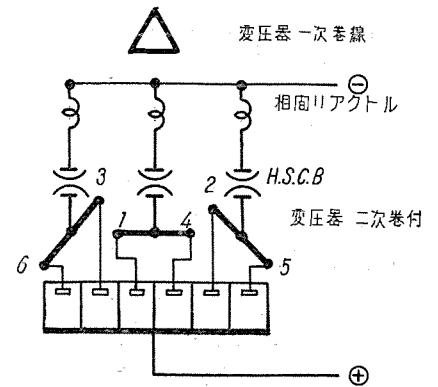
以上は旧型の水銀整流器変電所の諸設備を新しい型式のイグナイトロン整流器によって刷新、強化し、無人変電所としての特色を発揮せしめえたことは特に注目すべきことである。

##### イ. 250V, 4,000A 化学工業用、密封型イグナイトロン整流器

電気化学工業用イグナイトロン整流器として液冷式密封型整流タンクを使用し、12タンクで4,000A定格電



15 図 GU 型 1,000 kW, 250 V, 4,000 A 密封型イグナイトロン試験記録 (南海化学納)  
 Fig. 15. Load test of a 1,000 kW, 250 V, 4,000 A D-C 12 tank unit of sealed off type liquid cooled ignitron rectifier.



16 図 相間リアクトル付 3 重 2 相 2 次接続  
 Fig. 16. Six phase triple diametric connection.

流のものを納入することになった。

15図は納入する変圧器と組合せた立合試験時の試験記録である。10時30分より17時の間は電流通電による温度上昇試験・アーク降下測定を実施したものであり、17時より20時の間は250Vの直流電圧を印加しての負荷試験である。この試験で注目すべきことは整流タンクの陽極部は陽極ヒータにより加熱しており、陰極底部は通水冷却していないにもかかわらず陰極底部の温度が高かったことである。従来の常識に反することであるが何ら異常なかった。

### ウ. 研究試験

液冷式、密封型イグナイトロン整流器は上述したようにイグナイトロン電気機関車用として最初に設計したものでその後も引続いて低温時の起動特性の研究を研究所で実施している。現在までに判明した試験結果は格子構造と冷却液温との関連性である。この件については他日研究発表をする予定であるが上記の納入イグナイトロン整流器では冷却液温度 10°C で 600A/1タンク (平均電流値); 15°C の液温では 1,500A/1タンク の限度以内であればサージ電圧の発生は誘起しないことが確認されている。またアーク降下の不安定限界と冷却液温度との相互関係も解明されており運転保安上の規程が明良になっている。

単相全波整流回路と相間リアクトル付 6 相, 2 重星型結線回路とのアーク降下値の比較研究をした。同一の整流タンクを使い、単相全波整流回路の負荷電流値を 6 相 2 重星型結線の回路に換算してアーク降下値を比較すると前者の整流回路の方が 1~3V 低いことが判明した。これは負荷電流値・冷却条件・転流条件・通電期間などによって変わるのでなお研究の必要性はあるが、従来もっぱら使用されてきた 2 重星型結線方式に対して 250V 級の直流電圧の電源用には相間リアクトル付 6 相 3 重 2 相 2 次接続方式が有効適切であることを実証した次第である。16 図はその回路の結線図である。この接続方式の特長を在来の 2 重星型結線方式と比較すると 3 表のとおり

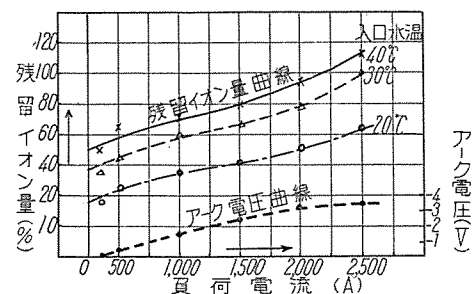
3 表 相間リアクトル付 2 重星型結線と 3 重 2 相 2 次結線方式との諸元の比較表

比較項目	比較回路	相間リアクトル付 6 相 3 重 2 相 2 次結線	相間リアクトル付 6 相 2 重星形結線
直 流 電 圧	$E_d$	(250V)	$E_d$ (250V)
直 流 電 流	$I_d$	(6000A)	$I_d$ (6000A)
定 格 出 力	$E_d \times I_d$	(1500kW)	$E_d \times I_d$ (1500kW)
陽 極 電 流 尖 頭 値	$I_d/3$	(2000A)	$I_d/2$ (3000A)
陽 極 平 均 電 流	$I_d/6$	(1000A)	$I_d/6$ (1000A)
" 実 効 電 流 値	$I_d/3\sqrt{2}$	(1414A)	$I_d/3\sqrt{2}$ (1732A)
変 圧 器 2 次 電 圧	$E_s = 1.11E_d$	(278V)	$E_s = 0.855E_d$ (214V)
逆 電 圧 尖 頭 値	$2\sqrt{2} E_s$		$\sqrt{6} E_s$
変 圧 器 巻 線 容 量		(2010kVA)	(1900kVA)
相 間 リ ア ク ト ル 巻 線 容 量		(274kVA)	(101kVA)

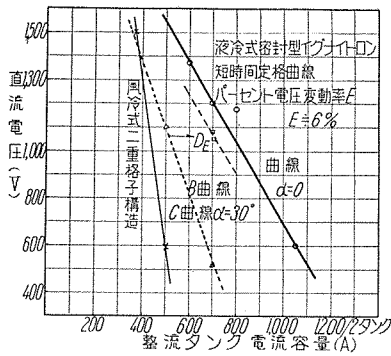
である。

すなわち尖頭陽極電流が低減するが尖頭逆電圧値は 1.5 倍となる。したがって低電圧の直流電源に対して有効である。

また液冷式、密封型イグナイトロン整流タンクはその陰極部を直接冷却していないので内部放電現象に整流タンク外側の冷却液温度がいかに関与するかを研究するため残留イオン量と負荷電流との関係曲線を冷媒の温度に応じて測定したものが 17 図である。冷媒の温度差によってかなりの差異のあることが判明している。

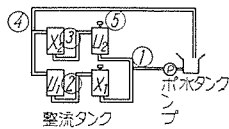
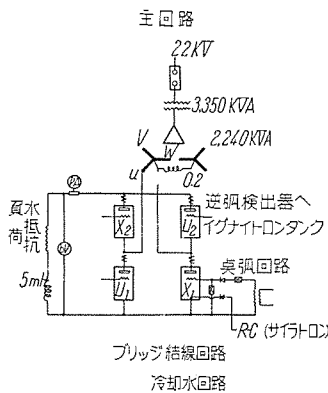


17 図 アーク電圧-負荷電流特性曲線および残留イオン量-負荷電流特性  
 Fig. 17. Relation curves between arc drop and load current, residual ions-load current characteristic curves.



18 図 短時間定格容量曲線  
Fig. 18. D-C voltage—D-C current/tube rating relations of sealed ignitron at the short time load condition.

(D.E. は  $\alpha=30^\circ$  の制御率で逆弧した点を示す. A 曲線は  $\alpha=0^\circ$  B 曲線は  $\alpha=30^\circ$  C 曲線は風冷式イグナイトロンの特性曲線を示す.)



19 図 ブリッジ結線方式による GU-20 型 4 タンクイグナイトロンの負荷試験記録  
Fig. 19. Load test of a 4 tank unit of water cooled type sealed ignitron rectifier in 950 kW rating, 1,350 V D-C testing circuit is bridge connection.

単相全波整流回路における液冷式、密封型イグナイトロン整流タンク、2 タンクの短時間定格出力を位相制御したときとしないときに分けて数種の直流電圧で試験を行った。18 図はその結果をまとめたものであり、B 曲線は A 曲線の定格出力が制御率 13.5% において低減する程度を示したものである。A, B 両曲線の関係はさきに発表した三菱電機第 30 巻、第 8 号、507 頁に掲載した 18 図の関係曲線を満足せしめている。上記の 18 図の曲線群はイグナイトロン電気機関車、同電車などの場合に適用しうる性格の曲線である。

また GU-20 型整流タンク 4 本を 19 図 a に示したようにブリッジ結線方式に接続し、直流 750V 級の整流タンクを 2 本直列として、1,350V の直流出力を得、かつ  $\alpha=20\sim 30^\circ$  の位相制御を実施して 700A の負荷試験を行っている。この試験は相間リアクトル付 2 重星型の変圧器の  $u, x$  相を使つての試験であるため相電圧の関係からして直流 1,500V を出すことができなかつた。しかし冷却条件  $35^\circ\text{C}$  (入口水温) のとき 1 整流タンクの電流定格として 350A を負荷したことになり、6 相ブリッジ結線に換算して 1,500kW, 1,500V の定格容量をもつてに相当する。19 図 b は負荷試験の一例である。

この回路方式はさしあたっては交流電化用イグナイトロン電車の主回路方式として採用し、試作が進展してい

る。

## 5. 考 察

以上は地上無人変電所用として帝都高速度交通営団へ納入した 1,500kW, 600V 重負荷公称定格、および南海化学へ納入した 1,000kW, 250V, 4,000A の食塩電解用水冷式、密封型イグナイトロン整流器についての工場試験、ならびに実負荷状況の一端をご紹介したものであるが新方式の整流器であるため今 1 度設計の見地より検討してみよう。

### ア. 新しい型式の液冷式、密封型イグナイトロン整流器とその電流定格について

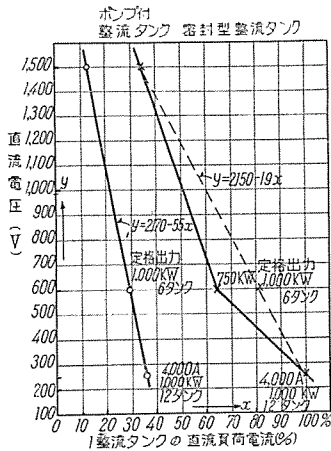
在来の水冷式多陽極型水銀整流器には水漏れ、スケール堆積、電食という故障が発生しそのため水銀整流器の保守技術を左右したばかりか寿命をも決定したものである。こうした故障を分析してみると水漏れというのは溶接箇所が主体であり、スチールの堆積とその清掃作用も整流タンクの鉄材の酸化によるスケールの堆積が主体であった。また電食は材料自体と水系の構成によって異なった結果になりうる性質のものであることもわかつていた。

今回整流タンクの真空外被をステンレススチール製としたのを契期として陽極板・陰極板の構造を 3 図に示したように溶接箇所はすべて冷却液と接触することなく大気中に露出しており、風冷式となんら変りがない。また水系の絶縁はビニールパイプを全面的に使用し、かつ閉路密封系として冷却液の溶存酸素の変化、ならびに劣化を防止し、直流高電位と同一電位を与えて電食と酸化作用を防止した。再冷却器は風冷式再冷却器を使うのを標準とする。

こうした冷却系の設計は整流タンク自体の内部構造の改善と構成材料の進歩によって改良強化され、在来の水冷式水銀整流器で往々惹起した故障を根絶することになった。また整流タンクの設計内容の変化は電流容量を増加せしめるとともに液冷式にしたための冷媒の熱伝達率の特性は風冷式整流タンクと同一外形寸法の整流タンクと比較してその電流容量を増加せしめる結果となった。18 図には同一外形寸法の風冷式と水冷式整流タンクの電流容量比を示してある。

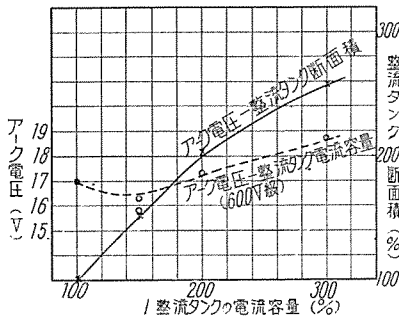
また在来の水冷式、ポンプ付イグナイトロンと比較して定格出力を同一としたときの 1 整流タンク当りの電流値を直流電圧によって比較曲線をかくと 20 図のようになり、今回新しく設計した液冷式、密封型整流タンクの優位性を顕示している。

冷媒が液体であるので加熱に要する時間が短かく、かつ循環液系を適宜自動調節して最も有効に冷却液の温度調整ができうる点も遠方制御・無人変電所の要望条件を満足せしめている。このことは (ウ) 項の研究試験によ



20 図 ポンプ付、水冷式、密封型イグナイトロン整流タンク電流容量の比較曲線

Fig. 20. Relations in tube current rating between pumped tube and sealed tube.



21 図 1 整流タンク特線曲線

Fig. 21. Relation curves between one tube current rating and arc drop.

って裏書されている。

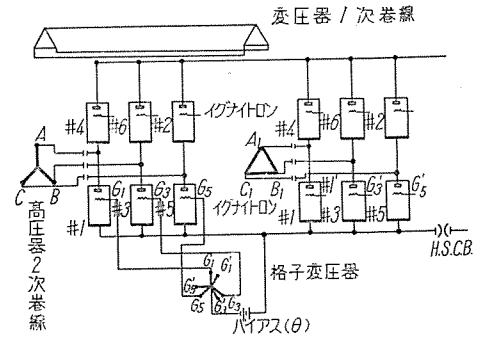
以上の冷却方式と整流タンク自体との構造の改善によって1整流タンクあたりの電流容量が増大したことは負荷試験の項で述べたとおりである。ひるがえって液冷式の整流タンクの内径寸法と電流容量，ならびにアーク電圧値とを総合的に曲線にまとめたものが21図である。また密封型整流タンクを作る技術，広義の設備ならびに需要面を考え合すると21図から1つの結論が引き出される。すなわち整流タンクの内径は一定の大きさにおさえて変換単位を決定し，それより大容量のものは変換単位数を増加し並列運転を行う方式とすべきであるということである。

### イ. 多相整流器回路

GU-20型整流タンクの電圧・電流定格は750V, 300A(平均値)ときまっている。この整流タンクを各種の回路方式により使いわけると各種の定格出力の水銀順変換装置ができる。その代表的方法がブリッジ結線方式による1,500V 直流電源の水銀アーク順変換装置の構成である。このブリッジ結線方式は従来の相間リアクトル付6相2重星型結線方式と比較して次の利点がある。

- (i) 整流器用変圧器の容量は相間リアクトル付6相2重星型結線方式のものに比して約80%である。
- (ii) 1整流タンクの平均電流値は2倍であるが逆電圧は約1/2.0に低減するため1段下位の電圧階級にある整流タンクを上位の電圧階級に使用しうる。よって逆弧の発生確率が少ない。
- (iii) 通電電流は特定の2本の整流タンクを直列に通流するため格子消弧作用が完全である。

液冷式，密封型イグナイトロン整流器・加藤



22 図 ブリッジ結線方式による液冷式，密封型イグナイトロン整流器

Fig. 22. Schematic diagram of main power supply circuit in bridge connection. Liquid cooled type sealed ignitron rectifier is rated at 2,000 kW, 1,500 V D-C and consists of 12 sealed tubes.

(iv) 正極側整流タンクの逆弧は直流電流の逆流を誘起せしめない。正極側・負極側のそれぞれの1整流タンクが逆弧してはじめて隣接機器よりの直流の逆流が発生するのみであり通電時期の位相の関係でその発生確率は少ない。よって並列運転の信頼性がたかい。

(v) 無負荷時の抑圧抵抗は挿入する必要がない。

上述したGU-20型整流タンクを6本使って1,500V, 1,000kWのD種定格出力の水銀順変換装置を構成することができる。2,000kW, 1,500V, D種定格の水銀順変換装置は22図のように12本の整流タンクを組合せて12相結線とする。かくすることによって誘導障害発生防止と運転信頼度を強化することができる。

## 6. む す び

今回新しく製作した液冷式，密封型イグナイトロン整流器は定格電流容量の点と新分野への開拓という両面で特筆すべき記録品である。本文で説明したように液冷式で電食の問題を解決した整流タンクでかつキュービクル型の水銀整流器という時代の新しい感覚と要望をすべて満足せしめている点が留意されなくてはならない。また新しい回路の採用によって定量的な設計ができることを実験により確認したので今後は直流変電所の無人化に，直流電動機の駆動方式に最も良好な仕様を決定しうる確信をえた次第である。最後に今回の液冷式，密封型整流タンクの設計から製作され，運転し良好なる成績をおさめるまでの間，各方面より多大のご協力とご援助をいただいたことに対して関係者一同を代表して厚く御礼申上げる次第である。

### 参 考 文 献

- (1) 三菱電機，第30巻，第8号，加藤，室賀，塚本，阪上：「風冷式，密封型，3,000kW, 1,500V 大容量イグナイトロン整流器の完成」
- (2) 昭和31年電気関係学会関西支部連合大会 No. 6 加藤：「液冷式，密封型イグナイトロン整流器の特性について」
- (3) 三菱電機，第30巻，第4号，加藤：「ED451 イグナイトロン電気機関車用液冷式密封型イグナイトロン整流器」
- (4) 昭和30年度電気関係学会関西支部連合大会部門講演要旨，加藤：「水銀整流器の発達と将来性」

# 京浜急行納入の電車制御装置

伊丹製作所 宮内圭次\*

## Electric Car Control Equipment for Keihin Express Railway Company

Itami Works

Keiji MIYAUCHI

Control equipment delivered to the Keihin Express Railway Company is designed to control four traction motors connected in series as one unit, forming a set of braking circuit by eight motors. This is a modification of a similar type operating successfully in Kinki Nippon Railway and Odawara Express Railway. A motor operated cam shaft switch employed for a resistor switch is one of marked differences. The interruption of electric brake circuit, which was thought to be a dubious function, is proved successful by breaking reducing currents of the weak field.

### 1. ま え が き

昭和 31 年 10 月京浜急行に納入した制御装置は、さきに近畿日本鉄道、小田急電鉄および名古屋鉄道に納入した制御装置と同様 8 個電動機単一制御の制御装置であるが、その制御方式においても、また抵抗スイッチとして電動カム軸スイッチを使用した点などにおいてかなり相違する点があるので、その制御装置の概要を説明し、あわせて現車試験成績の一部を紹介する。

### 2. 容量ならびに制御方式

制御装置型名 ABF-108-15 MDHA 型

架線電圧 D-C 1,500 V

主電動機 MB-3028-A 型 375-V 100 HP 225 A 8 台

制御電圧 D-C 100 V

制御空気圧 5 kg/cm<sup>2</sup>

制御編成 M<sub>1</sub>+M<sub>2</sub> 車単一制御方式

回路スイッチ

高速度減流器

断流器

組合せスイッチ (ただし K のみ)

抵抗スイッチ

組合せスイッチ

界磁スイッチ

制動転換器

逆転器

電磁空気式単位

スイッチ

電動操作カムスイッチ

電磁空気式カム軸スイッチ

予備励磁スイッチ 電磁接触器

自動ステップ進め方式

限流継電器と { 電動(全界磁) } カム軸制御器の組合  
{ 空動(弱界磁) } せ

操作

総括自動方式で加速は主幹制御器で行いブレーキは電気接点付のブレーキ弁で行う。

空気ブレーキは HSC-D 型

主幹制御器には電気式のデッドマン装置を備える。

ステップ数

力行 { 直列 8 }  
{ 並列 6 } 計 17  
{ 弱界磁 3 }

制動 { 弱界磁 3 }  
{ 抵抗直列 8 } 計 17  
{ 抵抗並列 6 }

起動

弱界磁起動・橋絡渡り・常時減流遮断

非常時・高速度減流器による減流遮断

制動

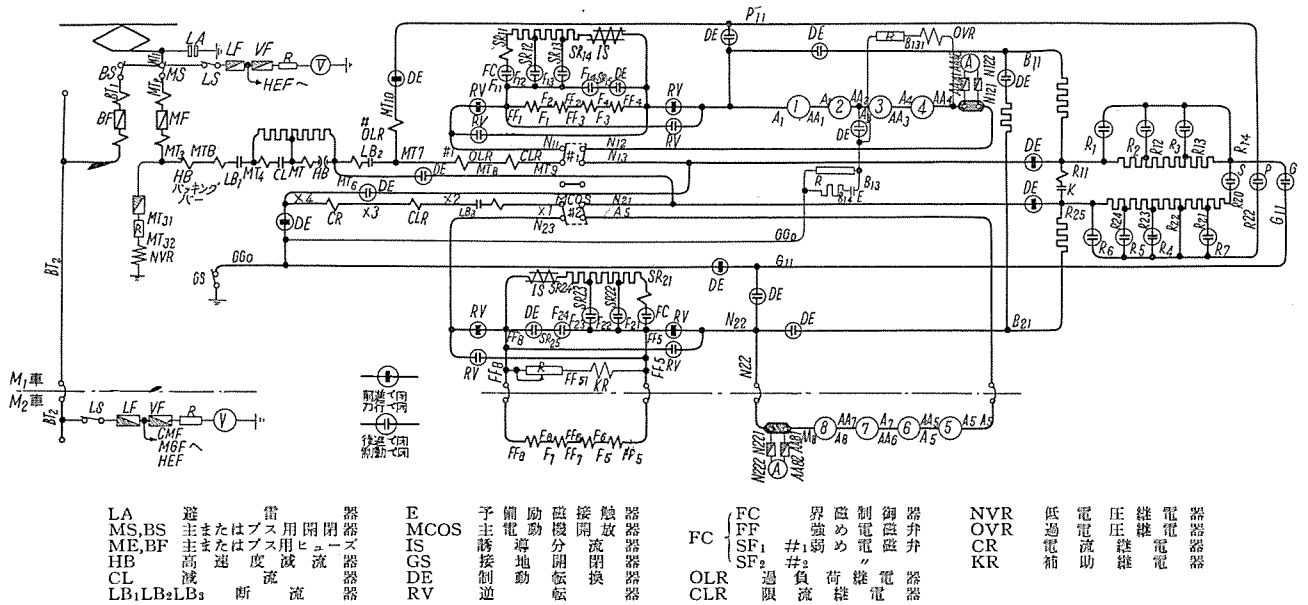
電流制御の架線よりの予備励磁方式

弱界磁減流遮断

アクチュエータ、縮切電磁弁使用

電動機開放

4 個単位、開放では電気ブレーキは作用せず。



1 図 主回路つなぎ図

Fig. 1. Connection of main circuit.

### 3. 特 長

今回の制御装置においてとくに注目すべき点ならびに当社の従来品と趣きを異にする点は概略つぎのようである。

#### ア. 器 具

器具の箱数少く、軽量である。主要器具名およびそれらの重量を示せば ( $M_1 + M_2$  につき)

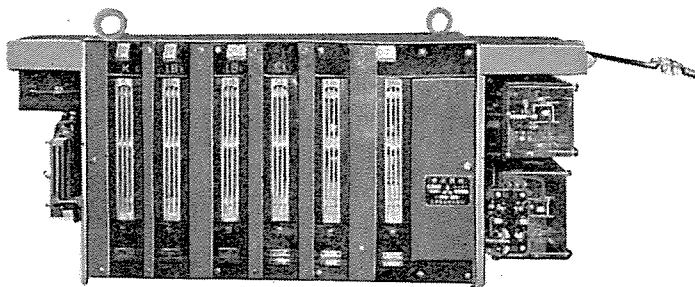
主可溶器 35 kg	主抵抗器 810 kg
断流器箱 370 kg	誘導分流器 125 kg×2

主制御器 610 kg      主幹制御器 29 kg×2  
である。

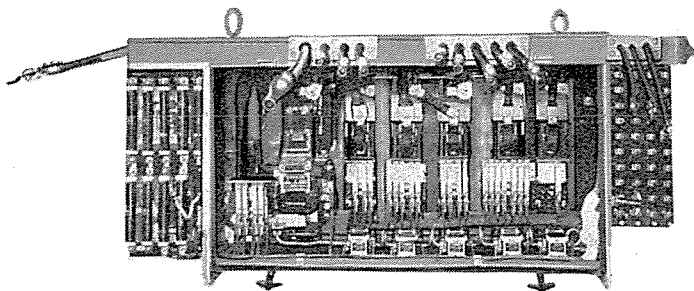
- (1) 断流器箱には力行および制動時の遮断用単位スイッチとKスイッチの5個および高速度減流器をあわせて6個のスイッチのほか各種保護継電器を収容するも軽量にしてしかも遮断能力を十分有している。
- (2) 抵抗および組合せスイッチとして電動操作のカムスイッチを使用し、かつこれらのスイッチはことごとく電弧箱を具備しない。
- (3) 電磁空気操作の弱め界磁器においては電磁弁3個を備えて動作速度を2種類得られるようにした。
- (4) 制動転換器を初めほとんど全器具を主制御器箱内に収めた。
- (5) 主制御器はとくに防塵に注意してカバーを平板に分割してパッキンを効果的に使用した。

#### イ. 回路について

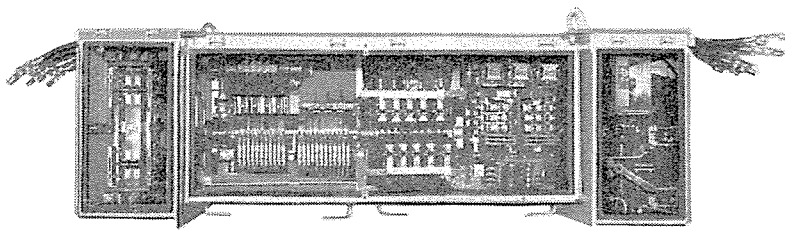
- (1) 主電動機4個直列接続のままこれを単位として力行、制動時共に制御する。したがって8個電動機で1組の制動回路を形成する。
- (2) 予備励磁電流を架線から直接導入し、この制限抵抗を接地側に使用した。
- (3) 制動時の遮断は弱界磁減流遮断により、また過電圧、過電流時にはとくに迅速に界磁を短絡して制動回路を遮断するようにした。
- (4) 主幹制御器逆転ハンドルに高加速位置を追加して限流点を高めうるようにした。



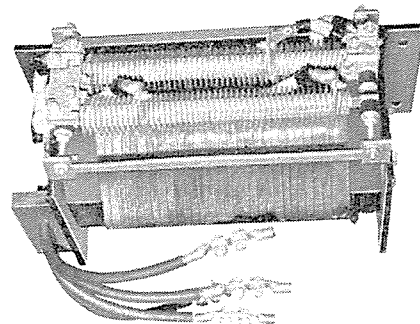
2 図 HB-6R-451 型断流器箱正面  
Fig. 2. Front view of line breaker box.



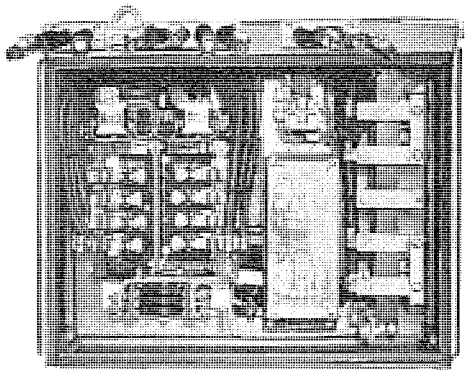
3 図 HB-4R-451 型断流器箱背面  
Fig. 3. Back view of line breaker box.



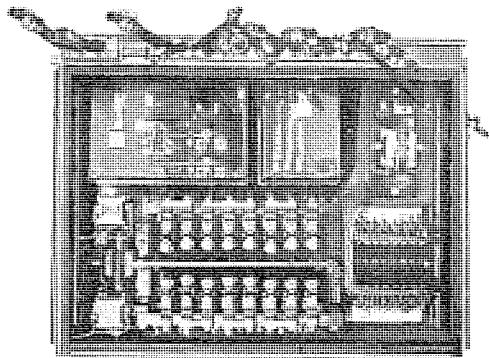
4 図 CB-10 C-1 型主制御器正面  
Fig. 4. Front view of main controller.



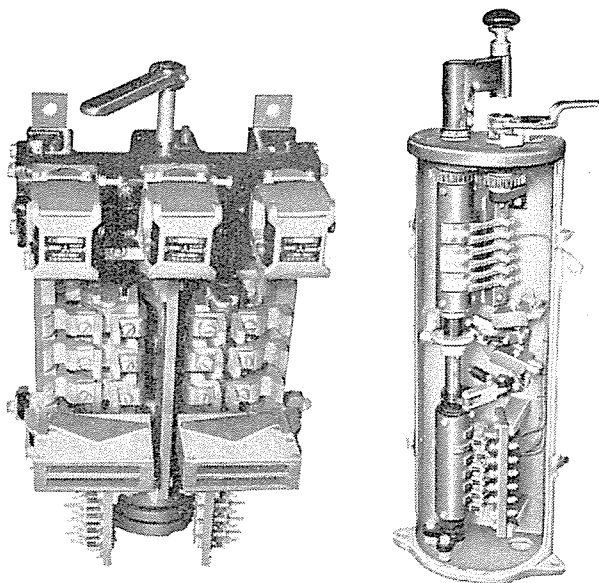
9 図 CX-108 型誘導分流器  
Fig. 9. Induction shunt.



5 図 CB-10 C-1 型主制御器 側板 (送転器側)  
Fig. 5. Side plate of main controller.



6 図 CB-10 C-1 型主制御器 側板 (制動転換器側)  
Fig. 6. Side plate of main controller.



7 図 XC-8-234 型 弱め界磁器  
Fig. 7. Weak field device.

8 図 KL-571 型主幹制御器  
Fig. 8. Master controller.

#### 4. 主要器具

主要器具はほとんど  $M_1$  車に装備される。以下主要器具について述べる。なお器具の説明に際してはすでに各方面に納入のものに対してはできるだけ詳述を避けることとする。

##### ア. 断流器箱 HB-6 R-451 型

高速度減流器	1 個	} を収めている。 したがって主回路の保護に関連する器具はことごとく断流器箱に収容されていることとなる
単位スイッチ	5 個	
過負荷継電器	2 個	
過電圧継電器	1 個	
低電圧継電器	1 個	
予備励磁接触器	1 個	
低電圧継電器回路用可溶器	1 個	

力行時および予備励磁時における断流器箱の遮断能力は空心 20 mH 相当回路で 6,000 A であるから断流器箱の重量からみてきわめて高能率と見なしうる。なおこの高速度減流器はバックンバー電流を  $LB_1$  スイッチより電源側からとってあるため、本器の作動範囲は従来よりも拡大されたこととなる。

##### イ. 主制御器 CB-10 C-1 型

電動操作カムスイッチ (抵抗スイッチおよび組合せスイッチ用計 10 個)

- 弱め界磁器
- 逆転器
- 制動転換器
- 限流継電器
- 短絡継電器
- 補助継電器
- 弱界磁継電器
- 電流継電器
- 制動継電器
- 主電動機開放器

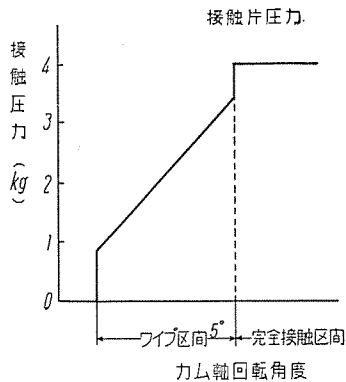
上記各器具をことごとく主制御器箱内に収めた。

抵抗スイッチおよび組合せスイッチ用のカムスイッチは 4 図の中央部に示す UC-210 型カムスイッチである。

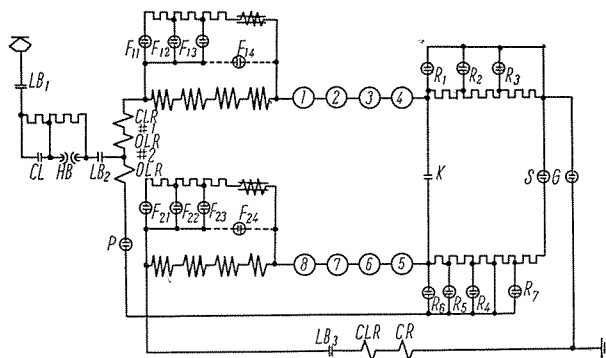
UC-210 型カムスイッチは常時閉型 (ノルマルクローズ) の単一基板取付方式の軽量小形のカムスイッチで重

量 1.5 kg/個であって駆動用カムには絶縁材のカムを使用した。また接触子開放間隙は 10 mm で接触子接触圧は 10 図に示すごとくである。これらのカムスイッチはことごとく消弧装置を使用していない。

本器のような常時閉型カムスイッチは軽量小形で接触子の融着の恐れがないという大きな長所を有する。しかし反面電流投入時接触子通電面の荒損の恐れは常時開型(ノルマルオープン)のカムスイッチより大きい。その原因は常時閉型においては接触子の開閉ストロークが大きくとり得ないためワイブ動作が十分行い得ず、また接触圧力も十分とり難い。したがって投入の際完全接触時の



10 図 UC-210 型接触器  
Fig. 10. Contactor.



11 図 力行主回路  
Fig. 11. Power-run main circuit.

スイッチ投入順序表

ツナギ	単位スイッチ		カム 接 触 器																			
	ノック	リリ	CL	LB <sub>1</sub>	LB <sub>2</sub>	K	S	P	R	R	R	R	R	R	R	R	F <sub>11</sub>	F <sub>12</sub>	F <sub>13</sub>	F <sub>14</sub>	E	
切	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
直	S <sub>1</sub>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	S <sub>2</sub>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	S <sub>3</sub>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	S <sub>4</sub>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
列	S <sub>1</sub>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	S <sub>2</sub>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	S <sub>3</sub>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	S <sub>4</sub>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
渡	I <sub>1</sub>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	I <sub>2</sub>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	P <sub>1</sub>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	P <sub>2</sub>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
並	P <sub>1</sub>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	P <sub>2</sub>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	P <sub>3</sub>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	P <sub>4</sub>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
列	P <sub>1</sub>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	P <sub>2</sub>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	P <sub>3</sub>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	P <sub>4</sub>	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
弱	FF	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	U	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Q	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	Q	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

接触圧力変化の不連続性より生じがちな接触子の微細な跳躍を防止することが困難なためと考えられる。しかしながら今回使用の UC-210 型カムスイッチにおいては 10 図に示すように接触子接触圧力の変化をできるだけ小さくし、接触圧力の適正および接触子面のワイブ寸法の増大をはかり常時閉型カムスイッチの長所のみ十分生かし得ている。

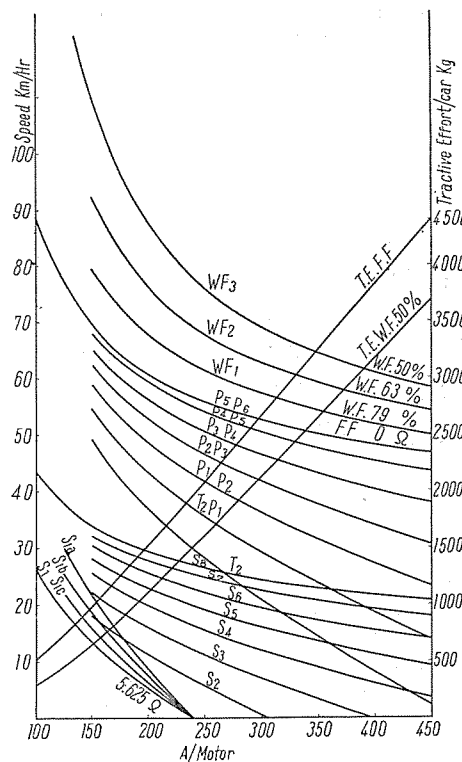
界磁弱め器は 7 図に示すように FF, SF<sub>1</sub>, および SF<sub>2</sub> の 3 個の off 電磁弁を取付け SF<sub>1</sub> と SF<sub>2</sub> の励磁によりそれぞれ動作速度を異にする。なお電磁弁とシリンダの間には絞り調整台を取付けてそれらの動作速度を調整しうるようにした。

制動転換器はカムスイッチが多数個に及ぶもスイッチの形状の小形とカムの形状の工夫による操作シリンダの小形化および小形電磁弁の使用により、側板取付けを容易にすることができた。

操作電動機操作の短絡継電器はその動作 dead time がきわめて短く限流継電器のすぐれた性能と相まって自動ステップ刻みを十分確実ならしめている。

### ウ. 主幹制御器 KL-571 型

8 図に示すように主円筒、逆転円筒、これらのハンドル部分ならびにデッドマン機構よりなっている。主ハンドルのノッチ数は起動・直列・並列および弱界磁の 4 ノッチで切位置の手前にデッドマン復帰位置があり、デッドマンが動作した場合この位置にハンドルを戻せば正常に復帰させることができる。なお逆転ハンドルには後進・切・前進のほか高加速位置を設けた。



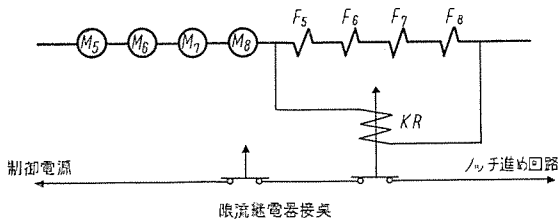
12 図 力行ノッチ曲線  
Fig. 12. Notching curve (Powering)



ただ限流継電器接点回路に今回設けた KR 補助継電器およびブレーキ回路について少しく説明を加える。

### ア. KR 補助継電器

15 図に示すように界磁コイルと並列に KR 継電器を挿入した。この KR 継電器は起動、制動初期のショックを緩和し、あわせてステップトビの防止にも役立つものである。KR 継電器は界磁コイルに比べて時定数がある程度小さいので電動機回路の電流変化の度毎にこの継電器コイルにいわゆる kicking current が流れて接点を開く。したがって電流変化またはその変化率の小さい場合にも限流継電器の引上げの緩慢さを助けることとなりステップ刻みは確実となり、なおまた捨てステップの通過時間を延長し起動制動初期等のショックを緩和しうることとなる。



15 図 KR 継電器の接続図

Fig. 15. Connection diagram of KR relay.

### イ. ブレーキ回路

主幹制御器の主ハンドル切位置でブレーキ弁を常用ブレーキ位置にすれば（制御円筒  $S_1$  位置、弱め界磁器が弱界磁位置において）架線よりの予備励磁回路を形成する。

制御円筒の回転時間は 3~3.5 sec/回で、弱め界磁器の動作時間は 0.75 秒であるから、力行より電気制動開始まで最悪の場合約 4 秒を要す。

予備励磁回路は制動電流が所定値に達すると CR 電流継電器により切り離され、これと同時に縮切電磁弁が働いて、空気ブレーキは初込めまたは後れ込めの状態に復帰し、低速になって  $P_0$  ステップで縮切電磁弁回路が切れて再び空気ブレーキが追加される。

また予備励磁回路は CR と無関係に  $S_0$  ステップでは断たれる。なおブレーキハンドル位置に相当した直通管空気圧に応じて電気制動はアクチュエータを介して限流点の変動を行い、空気制動ではブレーキシリンダの空気圧力の変動を行うことはいうまでもない。

また非常ブレーキでは空気制動力に対して高速時の減速度を高めるため  $S_0$  ステップまで電気制動力を追加し、定員乗車時 120 km/hr のブレーキ初速の場合でも 600 m 以内に円滑な停車を行いうる。

## 8. 現車試験

現車試験における成績の一部を記載する。



16 図 力行平坦起動オシログラム 31 年 10 月 24 日

Fig. 16. Oscillogram (Starting).

### ア. 力行時

16 図のオシログラムより

起動時弱界磁から全界磁まで約 0.7 秒、直列最終まで約 11 秒、並列最終まで約 22.5 秒である。

並列ノッチでは  $P_3$  および  $P_0$  ステップでピーク電流が流れていないのは電動機および抵抗が 2 回路に分れ交互に電流が増加するため、測定回路にない他方の電動機電流が増加していることとなる。

### イ. 電空併用制動時 (17 図)

電空併用試験

初速 90 km/hr

直通管圧力 3.5 kg/cm<sup>2</sup> (限流点 300 A 相当)

$M_1 + M_2$  負荷 定員相当

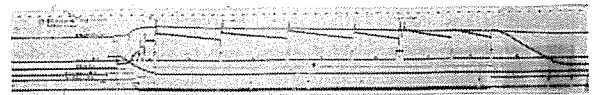
オシログラムより

制動転換器動作より予備励磁開始まで 0.45 秒

予備励磁後 縮切電磁弁動作まで約 0.8 秒

” 電気制動力最大に達するまで 1.9 秒

その後 16.5 秒の後  $P_3$  ノッチに達して、ここで縮切電磁弁回路は切れて空気ブレーキが追加されてくることになる。



17 図 制動時オシログラム 31 年 10 月 24 日

Fig. 17. Oscillogram (Braking).

なおこの試験では試験の都合により  $P_3$  ステップで縮切電磁弁回路が切れるようにした場合である。

## 9. むすび

この制御装置は現車運転結果よりみて十分所期の目的を達することができた。今回の実績より

電動機 4 個直列回路を単位とした 8 個 1 組の電気制動回路において懸念された電制回路の遮断は弱界磁減流遮断により十分安全であること。K スイッチのほかは P, G, S, および R スイッチはいずれも電弧吹消能力のないカムスイッチですむことを立証し得たことはとくに注目にする。

末筆ながらこの制御装置の設計ならびに現車試験に対して種々ご指導ご援助を賜った京浜急行の関係者一同に深甚な謝意を表する次第である。

# エレベータのカゴ室

名古屋製作所 山田春夫\*

## Elevator Cars

Nagoya Works Haruo YAMADA

Elevators are to the lofty building what electric railways are to the street. Modern living can hardly exist without the elevators. However, they differ greatly in their capacity, speed, control and operating methods according to the purpose of buildings. Pertinent specifications must be selected to assure the best result and attention must be paid to even the shape, lighting and painting of the car. The elevators are roughly classified to: for passengers, combined use for passenger and freight, for freight only and for kitchen services. From another viewpoint they are for department stores, office building, apartment house, hotel and hospitals. Herein are described about elevator cars for passenger service.

### 1. ま え が き

高層建築物におけるエレベータの任務は縦の交通機関として不可欠のものである。エレベータを設置計画するに当っては、建築物の使用目的によって容量・速度・制御・運転方式など内容的に大いに異なるから、適切な仕様を選択しなければならないのはいうまでもなく、カゴ室の形状・照明・塗装などについても使用目的に適合と同時に意匠的な点にも十分に考慮すべきであろう。

エレベータはその使用目的により、乗用・人貨用・貨物用・厨房用に大別され、さらに乗用を用途別にすると、百貨店用・事務所用・高層アパート用・ホテル用・病院患者運搬用などに分類することができる。以下乗用エレベータ、カゴ室の設計上の概念と基本的要点について述べる。

### 2. カゴ室に対する一般的概念

カゴ室の型式（容量と床面積の関係は除く）については、なんら定められた方式規則もないから、顧客各位の概略設計・構図によって当社では製作可能な範囲でいかなる形状にも応じうる用意がある。カゴ室はエレベータの部品中で装飾的価値の最大のもので一番衆目を浴びるものであるから、近代建築に調和した斬新な進歩的な研究は一日もゆるがせにできないが、それと同時に基本的な用途にマッチした照明・換気・色彩などの美観と原価面との両々相まった合理的な設計をすることが大切である。

### 3. 構成材料および取付部品

#### ア. おもな構成材料

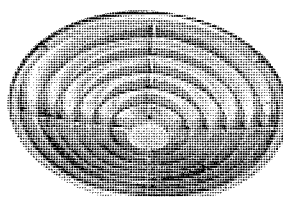
名 称	材 料
カゴ室壁板・天蓋板 および補強材	高級仕上鋼板および山形鋼
敷 物	
床 板	ナラ樫, ホモゲンホルツ。

手摺および幅木	ステンレス板・黄銅板ホワイトブロンズ調メッキ。
車止メ	木材(樫), 木材あるいは鋼板にゴム貼付けのもの。
出入口柱	高級仕上鋼板, ステンレス板。
遮光板	高級仕上鋼板。
散光板	アクリライト板, ポリエステル板。
非常脱出口蓋	高級仕上鋼板。
非常梯子	ステンレス板(タラップ式)。

#### イ. カゴ室内取付部品

用途により下記取付部品を選択する。

名 称	摘 要
手 摺	主として百貨店用に指定し普通事務用にはつけない。
車止メ	病院患者運搬用に使用する。
扇風機	壁掛専用扇型 12in 相当扇 (標準)
デフューザ型	丸型 12in, 14in 相当扇 (標準)
	角型 同 上 (特殊)
間接送風型	シロッコファン (特殊)
運転手専用扇型	シロッコファン (特殊)
	およびブラインド
照 明	間接照明 吊天井・遮光板によるもの。
	直接照明 乳白色半透明アクリライト板あるいはポリエステル板(平板・変形板)のグローブ・ルーバによるもの。
電話器	壁掛型 カゴ室壁にボックスを設け取付ける (標準)



1 図 デフューザ標準型  
Fig. 1. Standard type diffuser.

卓上型	同	上 (特殊)
テレコール	カゴ内操作盤上部に設置する。	(特殊)
カゴ操作盤	仕様に適応した大きさとする。	
呼カケ知ラセ盤	同	上
カゴ内位置知ラセ盤	同	上
連結器具室内スピーカ	百貨店向などの指定による。	
非常ベル	指定による。	
バックミラー	運転手付の場合。	
店内案内板	百貨店用として指定する。	
敷物	ゴムタイル 6.0t, 10t	
	色は単色	(標準)
銘板	社名板および定員札・名札・注意銘板など。	

#### 4. カゴ室の基本的設計

##### ア. 百貨店用

最近新設あるいは増設の百貨店用はすべて顧客本位のサービスに万全を期し、輸送上高効率の大型が採用される傾向にある。したがって常時満員運転されるカゴ室内の乗客にいかに満足感を与えるかという点に腐心するわけである。

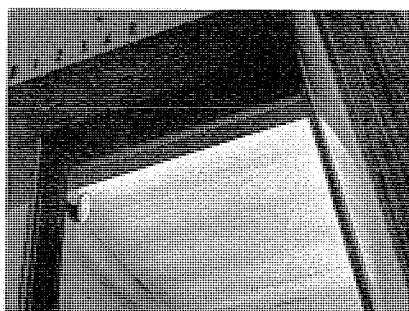
##### 着眼

(1) 満員の場合でも乗客に余裕感を与える。

カゴ室の形状は、その建築物本体のデザインに調和したもので正面壁および側面壁は平面で隅は30~100mmの丸味をつけたR型が好まれる。天蓋は一般にドーム型とし遮光板を取付けるが天蓋の直下(150~200mm)に吊天井を取り付けると前記の遮光板型に比較すると頭上の空間が大きくなり乗客に余裕感を与える。また吊天井



2 図 カゴ室照明  
吊天井間接照明  
(神戸そごう納)  
Fig. 2. Car lighting.

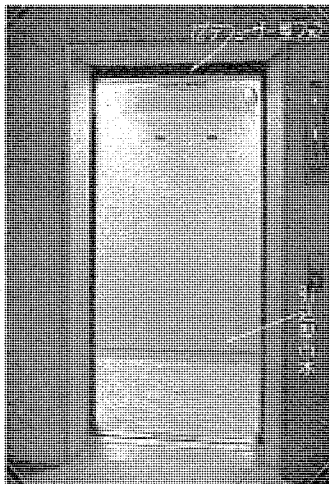


3 図 カゴ室照明  
アクリル板吊天井  
(大阪テレビ納)  
Fig. 3. Car lighting.

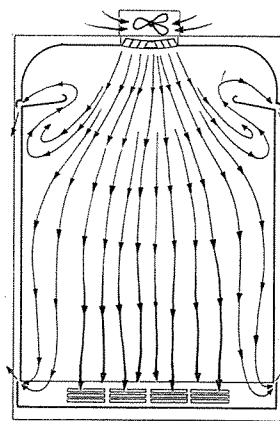
をアクリル板・ポリエステル板の変形板で製作したもの、あるいはアーチ型の2重天井としたものは明るい照明効果と共に斬新さがある。床の敷物はゴムタイルを標準とし、近時クッションのよいようにゴムタイルに改良を加え、逐次使用している。



4 図 カゴ室照明  
アクリル板グローブ  
(東京松竹会館納)  
Fig. 4. Car lighting.



5 図 カゴ室照明  
アクリル板グローブ  
(東京大和証券納)  
Fig. 5. Car lighting.



6 図 カゴ室内換気状況  
Fig. 6. Car ventilation.

手摺はカゴ室内面に取り付けの方がよい。

##### (2) 照明方法

百貨店用では均一に明るくする方がよい。

中央の吊天井による間接照明で4周より柔かい光線を出すか、天蓋両側に散光度のよい乳白アクリル板などによるグローブ・あるいは同質材のルーバ照明も好ましい。

詳しくは第6項で後述する。

##### (3) 室内の換気あ

るいは送風を最大限に図る。

換気穴は目に付く箇所に設けることは敬遠されて、遮光板の裏側および引込型幅木と壁下部との間隙に一応設置されている現況であるが、それだけでは効果はあまり望めない。

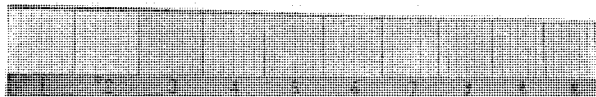
換気穴は大き過ぎるほどに計画すべきである。幅木あるいは壁面下部にグリル式に調和したデザインで設置することを強く要望する。4周の壁面に沿って送風される間接送風型は壁面より50mm幅くらいで下方に風が下るのみでカゴ室の中央部はほとんど無風に等しい状態となるから、常時満員に近い混雑するカゴ室で比較的強力な換気を必要とする場合は採用しない方がよい。

(4) 運転手の疲労感の軽減を図る。

常時混雑するカゴ室で長時間勤務する運転手の疲労感を軽減する方法として運転手専用ファンを取り付ける。

(5) 店内案内板の設置

顧客に対する行届いたサービスは百貨店のモットーとすべきであってそのためにも店内案内板を取り付け売場案内をすると共に、自機用カゴ内インジケータを共に併用するのが望しい。



7 図 店内案内板兼カゴ内位置知らせ盤  
Fig. 7. Car position indicator.

#### イ. 一般用 (事務所・ホテル・高層アパート用など)

(1) カゴ室形状

カゴ室の形状は4面壁は百貨店用と同様であり、天蓋はドーム型(2面ドームあるいは4面ドーム)が高尚でよい。

(2) 照明方法

吊天井はあまり好ましくない。照明も両側の遮光板あるいは出入口上部か正面壁上部の一方の遮光板による間接照明を推奨する。ホテル用の直接照明では前述のポリエステル拡散照明板による2重天井などは豪華で斬新さがあると思われる。

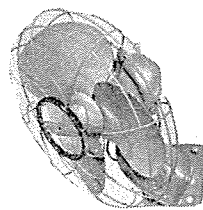


8 図 カゴ室照明 ポリエステル板2重天井照明  
(神戸国際会館納)

Fig. 8. Car lighting.

(3) 換気

壁掛専用扇が一番簡単で望ましい。またデフューザ型も標準として推奨したい。換気穴についての考え方は百貨店用で述べたと同様である。



9 図 12 in 壁掛専用扇  
Fig. 9. Wall mounted fan.

ウ. 病院患者運搬用

全般に一般用に準じた設計をする。

使用上間口に対して奥行が長いので照明は両側

遮光板による間接照明が理想的である。照度はその使用目的からあまり明るくない方が好ましい。

換気穴・車止メは必要であるが送風機は一般に避ける傾向にある。

#### 5. 送風機の選定

室内換気方法にはつぎの3方法がある。

(1) 給気および排気ともに換気扇による方法。

(2) 給気だけを換気扇により排気は自然排気口による方法。

(3) 給気は自然給気口により排気だけ換気扇による方法。

以上の3方法において換気量は(1)~(3)に従って低下するものである。

騒音と振動を許されないエレベータカゴ室の狭い天蓋上部においては、上記(2)の方法による押込型を選ぶのが普通である。押込型送風機の種類(第3項)の選定条件はその使用状態とカゴ室の形状・床面積・照明方法により決定する必要がある。

#### 6. 照 明

一般的に共通な注意としてはできうれば据付後の管球の取り替えがカゴ室の内部から可能なことである。百貨店用の照度は大体70~120ルクスが適当であり一般用では30~70ルクスが望ましい。

##### ア. 直接照明の設計上の注意

(1) ルーバによる方法

従来は鋼板塗装製のものが多く設計されたが最近ではアクリ板あるいはポリエステル板の散光板を使用する傾向が多い。照度は蛍光灯の直接照明であるから明るいがかゴ室内部からルーバを見上げたときに見苦しくない配管および配線することに留意する必要がある。

(2) 乳白色アクリ板製グローブによる方法

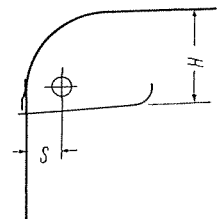
グローブは気泡や歪がなく指定の形状に成型され温湿度による伸縮を考慮に入れた設計をする。グローブの全面に「むら」なく一様に散光するよう光源体の位置およびグローブとの間隔を保つ。

このような散光板を通して優雅な照明をうる方法は圧倒的に多くなっている。

##### イ. 間接照明の設計上の注意

(1) 遮光板による方法

天井が一様に光ることが望ましい。そのために遮光板は天井に近づけることは不適當であり効率も下る。また天井面の光沢は消すことが望ましい。反射板のない場合は遮光板と天井の距離と天井の幅との比率が1:5以内ならば大体均一に明るくなる。反射板をつけた場合は一層輝度を均一にしやすい。



10 図 H と S 寸法  
のきめ方

Fig. 10. Determination of dimensions of H and S.

10 図の H および S 寸法の決め方により天井反射率も75~50%の差ができる。また壁反射率もそれに伴って50~10%程度になる。

もちろん部屋指数(面積および高さの関係値)の変化による影響も考慮する必要がある。エレベータの標準出入口高さは2,120mmで全高は2,370~2,420mm前後の範囲であるからH寸法は250~300mm, S寸法は60~80mmまでとする。

光源体の近くの天井面の輝度を均一にするためには S 寸法をできるだけ小さくする。

#### (2) 吊天井による方法

H 寸法が必然的に標準寸法より小さくなるから必ず反射板を設け、天井面に光源体が写らないように工夫する。なおこの場合は壁反射のみとなるためカゴ室中央部の照度は 20~30 ルクスとなる。照度を増加するために吊天井の面積を小さくするか、スポット照明を併用する場合もある。

## 7. 内装仕上

ア. 上述までの要点をすべて考慮して設計されたカゴ室も内装仕上いかんによってその製品価値を左右するものであるからゆるがせにできない。塗装仕上の意匠のクラスは当社は 5 段階を設け、その中で乗用には上級の 3 段階を標準としている。

#### (1) 幅木・手摺・出入口柱

ステンレスあるいはホワイトブロンズを使用した場合はその仕上はヘヤライン仕上艶消しを標準とする。

#### (2) 壁板・天蓋板・遮光板・吊天井

一般に高級仕上鋼板製であるので塗装仕上を行う。現在ではほとんどすべてが単色指定であるが最近の色彩感覚から単色の中間に帯状に調和色をあしらうか裾の方をぼかすのもまた斬新さがある。

塗料としてはラッカ系統とメラミン樹脂系統がある。後者は前者に比較して塗面は塗ったままでも光沢があり、塗膜は傷つきにくく堅牢である。耐摩性・褪色性・耐候性などについてもすぐれている。しかしメラミン系は焼付を必要とするので補修のできない欠点があり、ラッカ仕上は自然乾燥あるいは低温乾燥であるから補修が可能であるという利点がある。

イ. 最近の意匠的感覚の飛躍した発達に伴い、化学的・技術的な見地より研究努力し万全を期している。

最後に内装特殊加工として現在実施しているものを、つぎに紹介する。

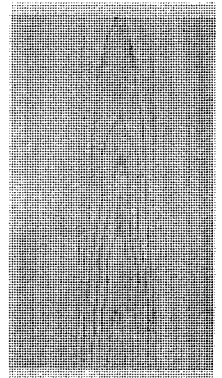
(1) 目下製作中で近く読売ホールに納入予定のカゴ室は 4 周壁を全部ロンリウムで貼り付ける。加工前にはもちろん壁板は完全な防錆加工を施して特殊糊で接着する。同じく読売ホール Aバンクのカゴ室には塗装で木目塗りを実施する。説明なしに眺めたときには板物と区別がつかぬほどの塗装である。今後はこの種の木目塗りが大いに喜ばれるのではないかと考える。古典的な落付きと優雅さの点においては現在の単色の明るさに比して対照的である。

(2) 名古屋 CBC ホールに納入したカゴ室は 4 周壁に「シマレオ」(木材合板)を貼り付けた。表面にはポリエステル被膜を塗布し堅牢とした。ポリエステル板を通しての柔かい照明による柱目模様の美しさは目新しさを感じずる。

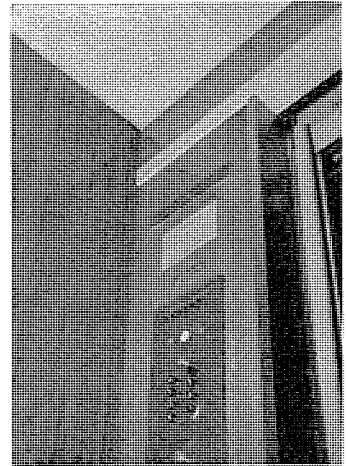
## 8. むすび

時代の要求を取り入れ、日進月歩の現代建築に調和したカゴ室の

設計は望むところであるが限られた狭少なカゴ室であることを念頭に置いて原価的にも不要なことはやめ、使用目的に合致した合理的な設計ができるよう顧客および建築担当者各位の絶大なご協力を念願するものである。



11 図 木目塗装見本  
Fig. 11. Sample of wood grain painting.



12 図 カゴ室照明  
ポリエステル板  
壁板「シマレオ」合  
板を貼り付けたもの  
(名古屋 CBC ホール納)  
Fig. 12. Car lighting.

# ニュース フラッシュ

## 佐久間をしのぐ田子倉発電所向水車 3台受注

昨年12月27日電源開発会社田子倉発電所向水車発電機3台を当社が一括受注することに成功した。

田子倉発電所は最終最大出力380,000kWの日本一の発電所になる予定であるが、今回記録的大容量100,000kVA水車発電機3台の受注に凱歌を奏したわけで、4台目のドラフトチューブも納入することになっている。

この概略仕様は次のとおりである。

### 主水車

台数	3台
型式	堅軸単輪単流渦巻フランシス水車
有効落差	最高 118.2m
	基準 105m
	最低 67m

流量	105.7 m <sup>3</sup> /s
最大出力	103,000 kW
基準出力	100,000 kW
回転数	166.7 rpm

### 主発電機

台数	3台
型式	3相交流堅軸回転界磁閉鎖風道循環型
容量	100,000 kVA (定格) (力率 1)
電圧	13.2 kV

## 新鳴子の水車発電機完成、現地据付中

昨年3月受注以来、電源開発糠平発電所向の23,000kVA発電機2台の経験も採り入れ鋭意製作中であつたが去る11月過速度試験を含めた工場立会試験はきわめて好成績裏に終了した。本機の仕様は22,000kVA、11kV 80% P.F. 50~18P 333rpm 堅軸フランシス水車直結発電機で目下現地据付中である。

本年5月頃発電開始の暁には東北地方の電力不足解消の一助となるものと関係方面より大きな期待が寄せられている。なお直結水車の容量は19,000kW 97m (三菱造船所製)である。

## 国産機として最大の 156,250 kW タービン発電機 受注 (関西電力大阪中央火力発電所向)

関西電力では大阪中央火力発電所の建設計画を進め第1号機第2号機第3号機はそれぞれウエスチングハウス電機会社より輸入することになっているが、今回その第4号機として156,250kW 1台を当社が注文内示を受けたことはご同慶の至りである。

長崎製作所においてはかねてより今日あるを期し内部冷却式発電機の研究、すなわち固定子、回転子コイルの試作その他に腐心していたところ、幸い好結果をうることができ、今回その貴重な経験を生かすべく関係者一同張り切っている。概略仕様は

156,250 kW	蒸気タービン直結内部冷却式		
出力	電圧	力率	水素圧力
166,957 kVA	18 kV	85%	30 psig.
192,000 kVA	"	"	45 "
2 極	3,600 rpm.		

## 中国電力新宇部発電所の2号機も受注

さきに新宇部発電所第1期分として75,000kW (88,236kVA)タービン発電機、260 T/H 汽罐、90,000kVA 変圧器配電盤開閉装置など一括全三菱で受注し目下鋭意製作中であるが今回第2期分として同一仕様のもので受注することができた。

発電機仕様は、75,000 kW 13.8 kV 85% P.F. 2P 3,600 rpm で				
0.5 psig.	65,217 kW	85%	76,722 kVA	
15 "	75,000 "	"	88,236 "	
30 "	81,522 "	"	95,909 "	

なお本機は関西電力姫路発電所2号発電機と仕様が酷似しており、同機は昨年暮好成績裏に工場立会試験を終了したのでその後の研究も加え、必らずや優秀性能を発揮するものと期待される。

## 姫路発電所向2号機完成 本年6月運転の見込み

当社ではさきに関西電力姫路発電所向第1号タービン発電機を製作納入し、昭和30年より国産最新鋭機として好調に運転を続けて現在の電力不足の緩和に大きな役割を果たしている。

第1号機に引続いて第2号機を当社で受注し、鋭意製作中であつたが、31年11月末に製作を完了し、12月2日から5日までの4日間にわたり当社長崎製作所に関係者各位を招いて公開試験を行い、1号機以上の好成績を収めて無事終了した。同機の定格は1号機とまったく同一で次のとおりである。

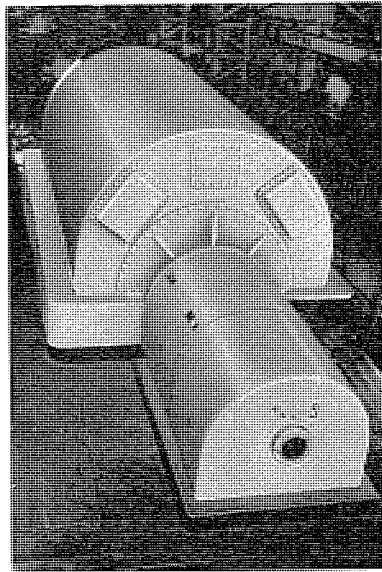
型式	横置	円筒回転界磁	水素冷却	耐爆型
容量	出力	力率	水素圧力	
	60,000 kW	0.85	0.5 psig	70,588 kVA
	69,000 kW	0.85	15 psig	81,176 kVA
	75,000 kW	0.85	30 psig	88,235 kVA

端子電圧	13,800 V
相数	3 相
周波数	60 c/s
極数	2 極
回転数	3,600 rpm
結線	星型接続 6 本端子
中性点	抵抗接地 (接地電流 100 A)
絶縁	電機子、回転子とも B 種
励磁機定格	270 kW 375 V 3,600 rpm
	発電機に直結
	副励磁機付他励磁

本機は1号機の姉妹品で、特性ならびに構造上ほとんど同一であるが、発電機母線に離相母線を採用したこと、密封油処理

装置にループシールタンクをつけたことなど発電機の信頼性をより一層増すために細心の注意を払っている。また本機は回転子軸は日本製鋼、固定子鉄心は八幡製鉄製のいずれも国産最高級品を使用し、好成績をあげたのも特筆すべきことである。

なお本機は公開試験終了後、直ちに分解点検の上姫路発電所に向けて発送された。32年6月には据付を終って運転を開始し、関西電力界に一大偉力を加えるものと期待されている。



姫路発電所向第2号タービン発電機

### 航研向の記録的風洞電気設備受注す

昭和29年9月総理府直属の航空技術審議会で航空技術研究所建設に関し審議された結果、遷音速風洞・超音速風洞・強度試験装置・燃焼試験装置・空気源低温低圧室・材料試験装置・電子計算装置・遠隔測定装置などの設置が議決され、昭和30年度から6ヵ年計画をもって逐次重点的に整備されることになった。

この計画に基きまず遷音速および超音速風洞に関して引合が出され、遷音速風洞主送風機用電動機設備一式を受注した。この設備はわが国の記録品であって技術的にも非常に重要な要素をもっている。すなわち

1. 主電動機となる 24,000 HP 710 rpm の誘導電動機および副電動機となる 6,000 HP 710 rpm の直流電動機はいずれも国内の記録品であり技術的にも大きな研究課題である。
2. 速度制御範囲 (710~70 rpm) における設定速度および制御速度に対する精度が従来にみられない 0.03% 以内というきわめて高いもので、当社技術の研究課題としてはなほだ有意義なものである。

### 90度偏向、メタルバックの最新型 14 in テレビ発売 14 T-330 型

つぎつぎとすぐれた品質の新型テレビを発売して、業界にゆるぎない地位を確立している当社は、このたび 90度偏向で、

メタルバックのブラウン管を採用した最新型の 14 in テレビを発売した。本機の特長は次のとおりである。

1. 画面が 20% も広い  
90度の広角偏向のブラウン管を使用しているのので、従来のテレビより 20% も画面が広く、15 in のテレビに匹敵する。
2. 従来のテレビの 2 倍も明るい  
メタルバックのブラウン管を使用しているのので、今までのテレビの 2 倍も明るく、コントラストも上り、フォーカスは鮮明繊細で、昼間明るいところでも十分テレビが楽しめる。
3. 視野が広い  
ブラウン管を前方に突出させ、その前方にブラウン管の前面カーブに沿った円筒形のガラスを使っているから歪の少ない立体的な映像が非常に広い角度から見られ、広角ブラウン管の使用と相まって、名実共にワイドスクリーンになっている。
4. すばらしいデザイン  
前面オールプラスチックの豪華でスマートなデザインは三菱電機独特のもので、キャビネットは永年使用しても変色やサメハダを生じない光沢のある美しい塗装が施されている。
5. 卓越せる性能  
三菱電機独特の高性能カスコードチューナや、寿命の長い 600 mA 新型真空管を使い、永年の理論的研究と実地試験に基いて完成した受像回路を使用しているのので、画面の美しいことは他にその類例がなく、しかも自動焦点式のブラウン管を使い、AGC、AFC 付であるから映像はきわめて安定している。

6. ブラウン管の表面は簡単に拭ける  
両側面のビスをゆるめると、プラスチック製の前面板と円筒形のガラスが簡単に取外せる構造になっているのでブラウン管の表面に微細な塵がついても手軽に拭くことができる。

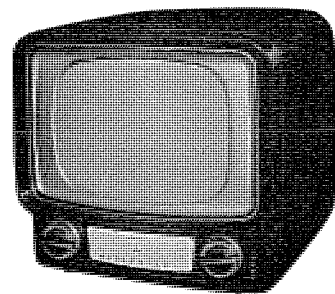
本機の定格

電 源	50/60 cs, 100~110 V
消費電力	130 W
ブラウン管	14RP4A
真空管	ブラウン管を除き 17 球、セレン整流器付
スピーカ	ダイアトーン P-67 型, 6.5 in

AFC (自動周波数制御装置) 付

AGC (自動利得制御装置) 付

映像中間周波数	21.0 Mc
音声中間周波数	25.5 Mc
帯域幅	3.5 Mc
キャビネット	高さ 426 mm, 幅 444 mm, 奥行 496 mm
重 量	パッキングケース込 30 kg



14 T-330 型テレビ

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
電気商品	31年8月	蛍光灯と色の見え方	小堀富次雄	本社
工業管理	9月	働きよい環境をつくる工場照明(工場管理写真集)	"	"
新生活と電気	9月	商店照明の効果を上げるには(とくに店内、棚の照明)	"	"
照明学会雑誌	9月	照明トピックス 3編	"	"
生産と電気	10月	新しい工場照明と今後の問題	"	"
工場管理	10月	働きよい環境をつくる工場照明(工場管理写真集)	"	"
電気普及シリーズ 「家庭照明」	No. 13	眼によい照明とは?	"	"
同上	"	蛍光灯による家庭の照明	"	"
工場管理	11月	ガラス工場の照明	"	"
電車	32年1月	WNドライブ主電動機および駆動装置	浅越泰男	伊丹
火力発電	1月	原子力発電の諸方式とその長短	木村久男	本社
火力発電	1月	水素冷却発電機のガス冷却器について	志岐守哉	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
6-7	関東電気協会	蛍光灯と水銀燈(優良電気商品講習会)	小堀富次雄	本社
6-8	中部電力刈谷支店(一色町)	商店照明講習会	"	"
"	"(西尾市)	"	"	"
"	"(西尾市商店街)	"(臨店指導)	"	"
6-9	"(刈谷)	"	"	"
"	"(安城)	"	"	"
"	"(安城商店街)	"(臨店指導)	"	"
6-14	照明学会北陸支部	新しい商店照明の手法と商店照明コントロール審査と基準	"	"
6-15	同上	同上	"	"
6-17	同上	同上	"	"
6-28	関東電気協会 家庭電気文化会	家庭のあかりと照明器具(家庭用電気器具講習会)	"	"
6-26	神奈川県商工指導所	商店照明コントロール審査	"	"
7-24	愛知県商工課	商店照明	"	"
7-25	同上	同上	"	"
7-26	同上	同上	"	"
8-2	松江商業技術相談所 同商工会議所 中国電力島根支店	照明はこのようにすれば効果がある	"	"
8-3	同上	照明に必要な店舗構成	"	"
8-23	大阪商工会議所	社内規格の在り方	松尾準一	"
9-20	大阪市立労働会館	規格協会 QC セミナ関西教室	前田幸夫	"
10-3	日本放送協会	「お宅の照明診断」	小堀富次雄	"
10-23	日本生産性本部	日本生産性本部工業デザイン専門視察団報告会	二星潤	"
10-27	31年度秋期電気学会連合会	液冷式密封型イグナイトロン整流器の特性	加藤又彦	伊丹
"	"	堅型水車発電機の起動時回転子自動持上装置	三浦宏	神戸
10-28	"	電力線搬送式遠方監視制御装置	大木徹爾	"
"	"	乾式ならびに不燃性油変圧器	福中希生	伊丹
10-31	関西能率技術協会	社内規格と標準化	和田鐵	本社
11-10	精器学会	超音波加工用振動具について	斎藤長男	研究所
11-12	磁器増幅器研究会	可飽和リアクタを用いた交流巻上機の自動制御	浜岡文夫	"
11-17	電気学会北陸支部	交流計算盤およびアナログコンピュータ	馬場文夫	"
11-16, 17	電気3学会連合講演会	リアクタ制御起重機	吉田太郎	名古屋
"	"	カゴ形誘導電動機の磁気騒音	梶谷定之	"
11-17	電気学会東京支部	制御装置と電気ブレーキの進歩	松田新市	伊丹
11-19~25	第6回品質管理大会	材料の抜取検査についての一考察	小島正男	名古屋
11-21	"	バネ座金の品質管理	牧田孝次郎	伊丹
11-27	材料試験協会関西支部	ダイヤモンドチェック絶縁	石黒克己	研究所

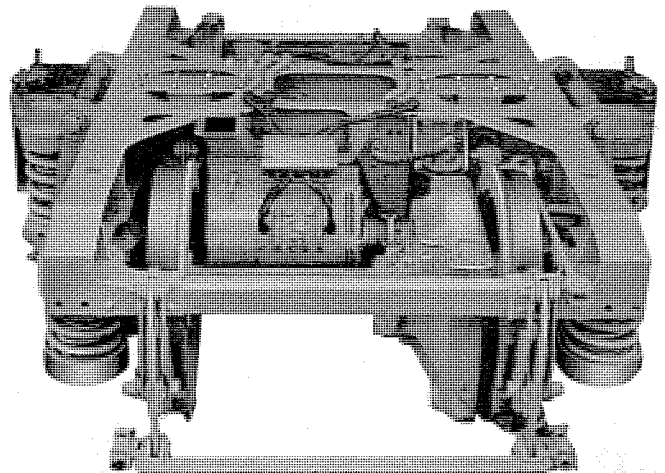
# 狭軌電車用

## 三菱高速電動機とWN駆動装置

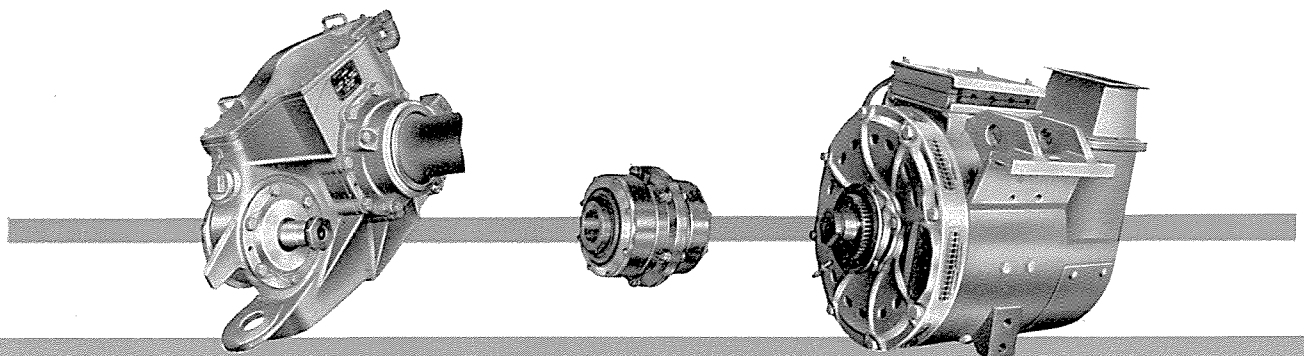
台車装架式高速電動機の駆動装置としてWN駆動装置は現在まで広軌用電車に約100両採用され好成績で運転されている。

一方狭軌用電車に対しては大容量のWNドライブは不可能とされていたが種々検討の結果、今回富士山麓電鉄新車に55kWの狭軌用WN駆動装置および高速電動機を完成、引続き最近75kWの狭軌用が長野電鉄において運転を開始する。

またさらに大容量の100kW、110kW以上の狭軌用WNも可能で設計を完了している。



台車に装架した電動機と駆動装置



WN-25-A型 キヤユニット

1段減速ヘリカルギヤ

歯車比 97:16=6.06:1

WN-525-A型 キヤカップリング

ダブルインターナル  
エキスターナルギヤ型  
許容軸変位 偏心 ±13mm  
軸方向 ±10mm

MB-3033-A型 主電動機

1時間定格

55kW, 340V, 185A

1,400rpm (弱界磁)

昭和32年2月8日印刷

昭和32年2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	常任委員	宗村平
副委員長	石川辰雄	委	石橋英
常任委員	井井徳次	員	岡屋精
〃	荒井深	〃	進藤貞
〃	安藤安二	〃	津村又
〃	菅野正雄	〃	松尾新
〃	木村雄	〃	山田未
〃	小堀富次	〃	森上八
〃	高井得一	幹	井市
〃	中野光文	事	市
〃	馬場文夫	員	
〃	松田新市		

(以上50音順)

編集兼発行人	東京都千代田区丸の内2丁目3番地	市村宗明
印刷所	東京都新宿区市谷加賀町1丁目	大日本印刷株式会社
印刷者	東京都新宿区市谷加賀町1丁目	長久保慶一
発行所	三菱電機株式会社内「三菱電機」編集部 電話和田倉(20)1631	
	日本出版協会会員番号 213013	
発売元	東京都千代田区神田錦町3の1	株式会社オーム社書店 電話(29)0915・0916 振替東京20016