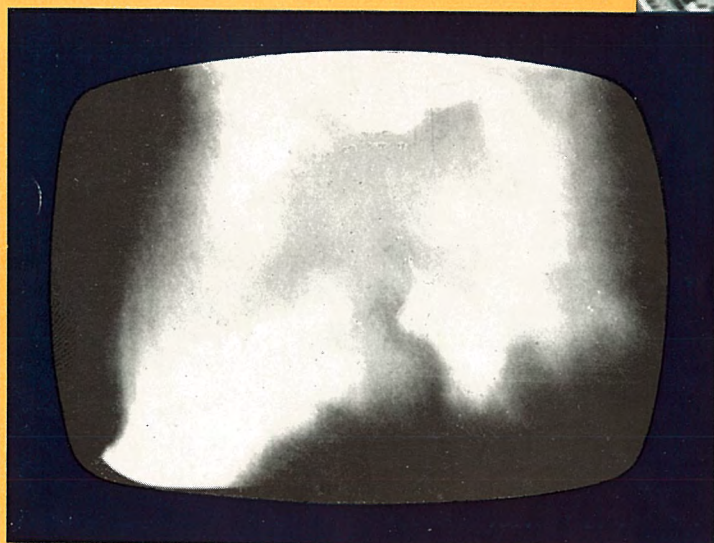
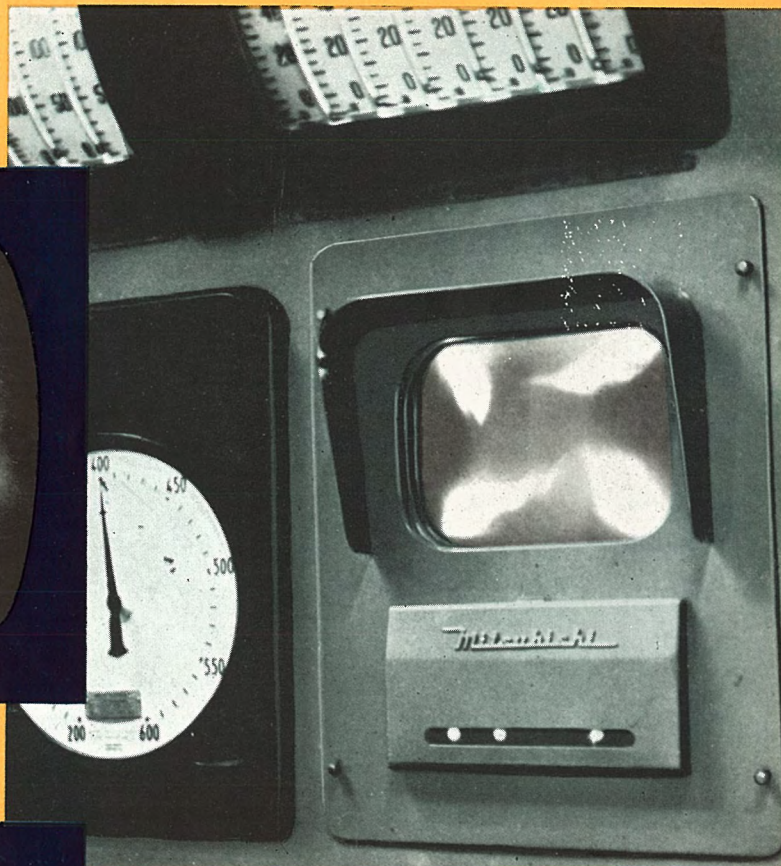


MITSUBISHI DENKI

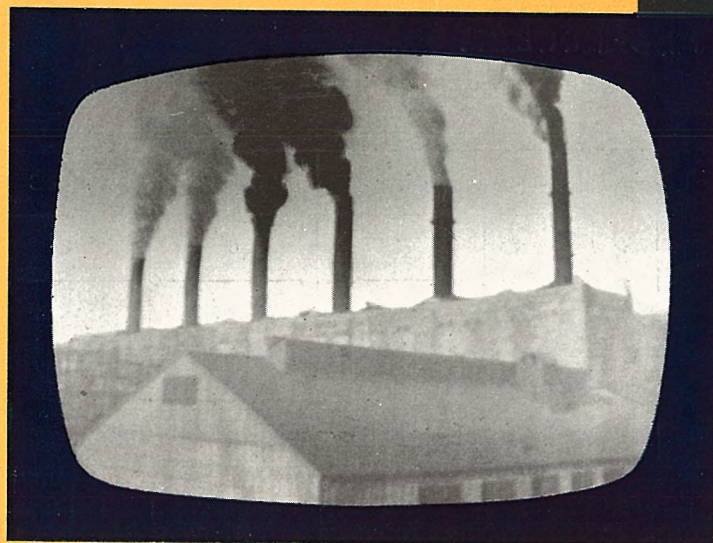
三菱電機



受像画面石炭専焼時 中央の暗部は渦の中心



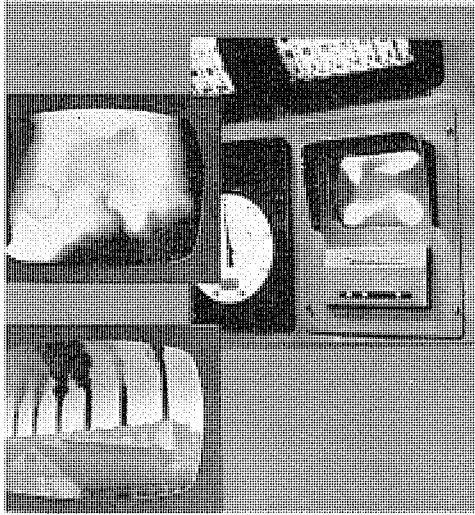
計器盤前面より制御監視機画面を見た所、受像画面は重油バーナの点火時の炉内状況



関西電力尼崎第1発電所における排煙監視実験時の受像画面(天候・曇天)

6

VOL30 1956



MITSUBISHI DENKI

三菱電機

表紙説明

表紙は中国電力小野田火力発電所納入のIT-1A型工業用テレビジョン装置の使用状況を示すものである。(同種の目的に使用された国産第1号機)

ボイラ制御盤正面に設置された制御監視機の受像画面はボイラ点火時の重油バーナ燃焼状況を現している。

炉内の燃焼状況監視はボイラの点火および運転を安全かつ確実に行うためのもので、今迄は数人の監視員が危険を冒して監視に当り、ボイラ操作員はこれと連絡を取りつつ点火を行ってきたが、本装置を取付けることによって全バーナをボイラ制御盤で直接見ながら安全に運転させることができるようになった。

工業用テレビジョン装置はこの他各方面に利用され作業の安全と能率の向上に貢献しつつある。

昭和31年第30巻第6号

目次

徳島県営日野谷発電所 26,200 kW 縦軸フランシス水車……山本秋久…2

徳島県営日野谷発電所 24,000 kW A 水車発電機

運転制御装置および配電盤設備……………三浦 宏・梅名茂男…14

電磁クラッチ付同期電動機……………斎藤 寛・松村敏三…25

MZ-3 型記録積算電力計……………加藤義明…35

鑄鉄鑄物組織の研究 第1報

酸素量と冷速の関連性 その1 冷し金使用の場合……………鈴木一郎…41

三菱電機株式会社

本社

東京都千代田区丸の内(東京ビル)

(電) 和田倉 (20) 代表 1631・2331
研究所 兵庫県尼崎市南清水
神戸製作所 神戸市兵庫区和田崎町
名古屋製作所 名古屋市東区矢田町
伊丹製作所 兵庫県尼崎市南清水
長崎製作所 長崎市平戸小屋町
線機製作所 兵庫県尼崎市南清水
大船工場 神奈川県鎌倉市大船
世田谷工場 東京都世田谷区池尻町
郡山工場 福島県郡山市宇境橋町
福山工場 福山市仲野上町
姫路工場 兵庫県姫路市千代田町
和歌山工場 和歌山市岡町
中津川工場 岐阜県中津市駒場安森
福岡工場 福岡市今宿青木
静岡工場 静岡市小鹿 110
札幌修理工場 札幌市北二条東 12
大阪営業所 大阪府北区堂島北町8番地1
(電) 大阪 (34) 代表 5251
名古屋営業所 名古屋市中区広小路通
(電) 本局 (23) 代表 6231
福岡営業所 福岡市天神町
(電) 中 (4) 7031—7036
札幌営業所 札幌市大通西3の5
(電) 札幌 (2) 代表 7236
仙台事務所 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

徳島県営日野谷発電所

26,200 kW 縦軸フランシス水車

新三菱重工業株式会社神戸造船所

山 本 秋 久*

26,200 kW Vertical Francis Turbine

Mitsubishi Heavy-Industries, Reorganized,
Limited Kobe Shipyard & Engine Works Akihisa YAMAMOTO

Increasing a capacity of a single generating unit is the worldwide tendency developed by the expansion of the capacity of the transmission network and progress in the manufacturing technique of machines. Vertical Francis turbines for Hinotani Power Station in Shikoku District are the largest of the kind. They are designed to disassemble the intermediate shaft so as to facilitate the shipment and installation.

1. ま え が き

送電網の容量増加と機器の製作技術の進歩につれて、発電機器の単位容量が増加するのは、世界一般の傾向であるが、本水車も四国地区において単位容量ならびに全容量とも最大のものであって、運転開始後その活躍が期待される。

本水車の計画、製作に対しては種々細心の注意と斬新的な設計が採られ、また所期の性能を得るため、模型により水車性能、案内羽根自己閉鎖等種々の試験が実施された。

たとえば計画にあたっては

1. 本発電所は2床式で水車ケーシング中心から発電機床面までの高さは9 m あり、比較的長いため、水車発電機主軸は危険速度に対してとくに考慮を払った。
 2. 中間軸が長いため、組立分解に便なるよう、中間軸取外し装置を設けた。
 3. 水圧による案内羽根自己閉鎖能力を、一層確実にするために、サーボモータに、ばねを取付けた。
 4. 案内羽根を中正位置に保持するための調整装置および推力受を設けた。
 5. 各部摺動面の潤滑は集中式とし、グリースポンプにより給油する方式とした。
 6. 主弁閉鎖時の漏水防止装置として、中空ゴムパッキングを採用し圧縮空気を用いて漏水を防止する方式とした。
 7. 圧油装置小水車用調速機として、新型のキャビネット型調速機を採用した。
 8. 変落差に応ずる自動起動装置を設備した。
- 等種々挙げられるが、以下本水車について概略述べることにする。

2. 計 画 概 要

本発電所は徳島県那賀郡日野谷村大字日浦に位置し、同郡宮浜村に構築された貯水池用堰堤にて那賀川本流を堰き止め、左岸に設けられた取水口より約5,000 m の圧力隧道にて、発電所調圧水槽に導き、分岐管を経て、3本の水圧鉄管により、各水車に給水されその排水は那賀川本流に放流される。

本発電所は上記貯水池を利用して、年間四季を通じて需要に応じて負荷発電される計画であるが、また尖頭負荷発電所としても使用される。

発電所の運転方式は1人制御式で運転員は日に数回発電所内を巡視する程度で、普通は配電盤より機器の監視が行われる。

1, 2, 3, 4 図は本発電所の位置および概要を示す。

堰 堤 位 置 徳島県那賀郡宮浜村



1 図 発電所全景

Fig. 1. General view of power station.

発電所位置 徳島県那賀郡日野谷村大字日浦
取水河川名 那賀川水系那賀川
貯水池

最高 128 m
最低 87 m

最高水位 EL 225.0 m
利用水深 30 m
有効容積 43,500,000 m³
使用水量 60 m³/sec
有効落差

導水路 圧力隧道
内径 4.7 m
長さ 5,000 m

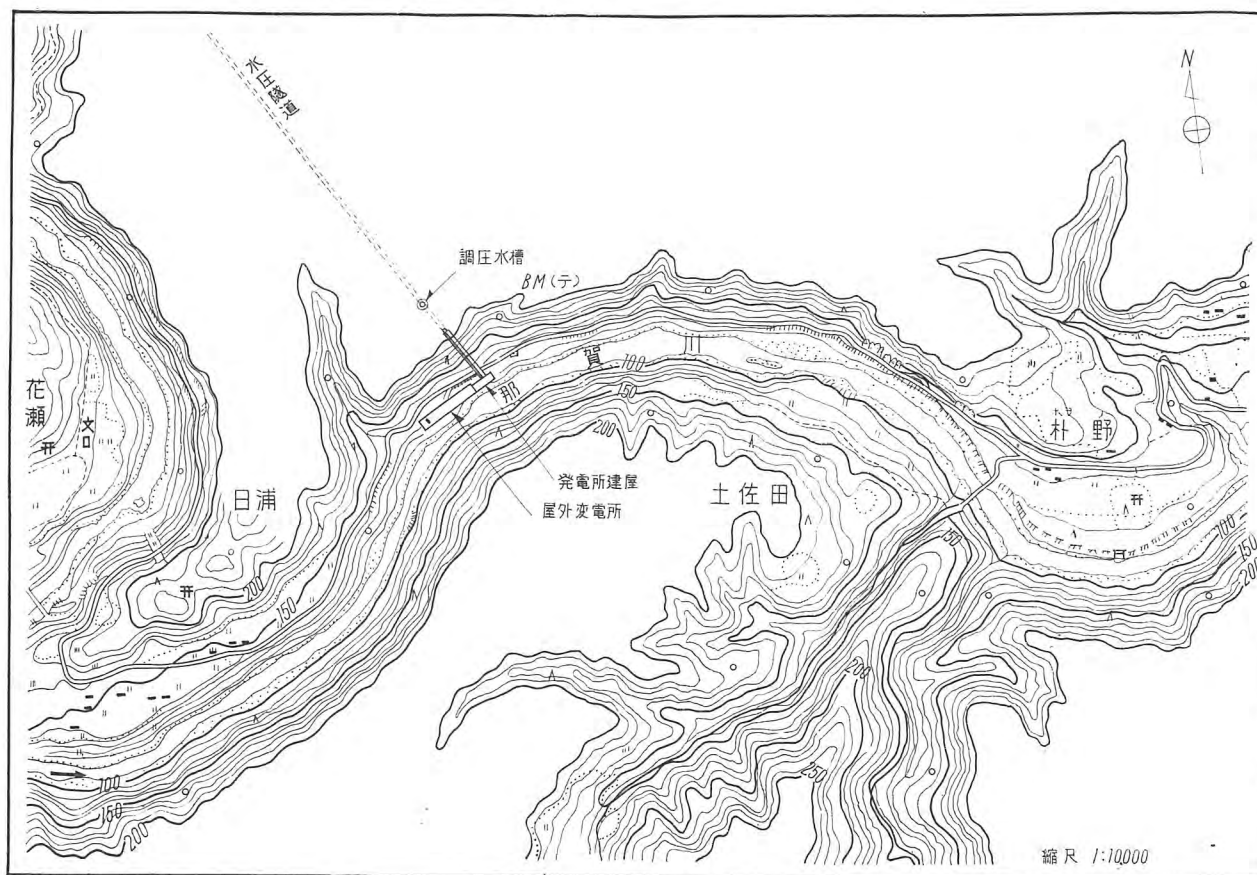
調圧水槽 差動式調圧水槽

ライザ内径 4.2 m
上部水室内径 23.0 m
下部水室内径 12.0 m
自調圧水槽至分岐球水路
内径 4.7~4.5 m
長さ 72 m
条数 1 条
水圧鉄管
内径 2.8~2.65~2.5 m
長さ 150.975 m
厚さ 14~28 m
条数 3 条



2 図 那賀川水系一覽図

Fig. 2. Map showing Hinotani power station.



3 図 発電所付近平面図

Fig. 3. Map showing power station site.

3. 水車仕様

水車仕様はつぎのとおりである。

型 式： 縦軸単輪渦巻フランス水車

台 数: 3 台

有効落差: 128 115 (基準) 87 m

最大出力: 26,200 23,400 15,500 kW

流 量: 23 23 20.6 m³/sec

回 轉 數: 360 rpm

回転方向： 上より見て時計式

特有速度: 146.2 (m-kW)

据付方式：2床式で中間軸を設置し、スパイラルケーシングは全埋込式

制御方式： 1人制御式

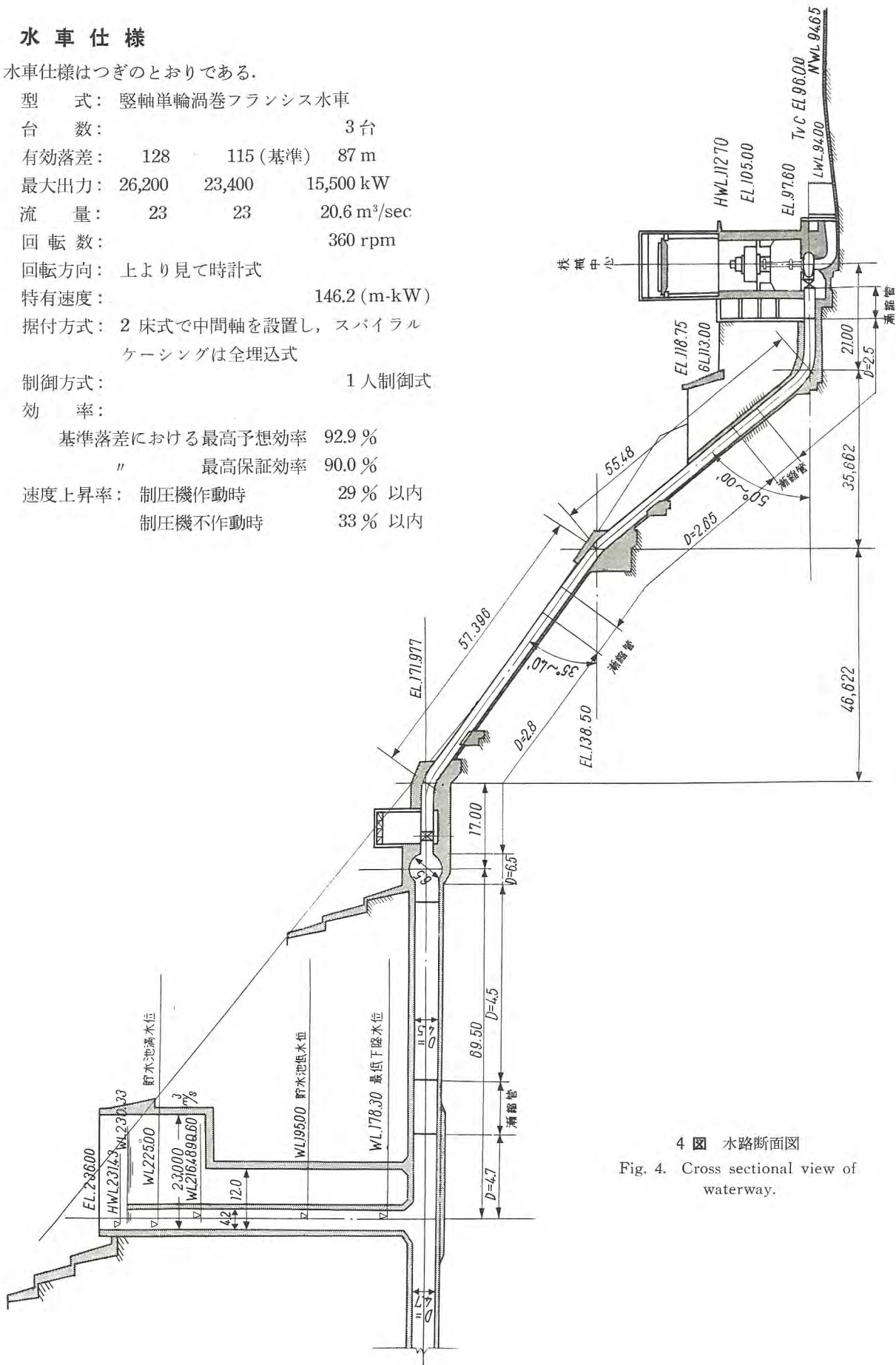
効 率:

基準落差における最高予想効率 92.9 %

" 最高保証効率 90.0 %

速度上昇率： 制圧機作動時 29 % 以内

制圧機不作動時 33 % 以内



4 图 水路断面图

Fig. 4. Cross sectional view of waterway.

| | |
|------------------------------------|---------------------------|
| ただし、発電機回転部蓄勢輪効果 (GD ²) | 400,000 kg-m ² |
| 調速機閉鎖時間 | 3 sec |
| 調速機不動時間 | 0.2 sec |
| 水圧上昇率: JEC による上昇率 | |
| 制圧機作動時 | 25 % 以内 |
| 制圧機不作動時 | 45.8 % 以内 |
| 無拘束速度: | 660 rpm |
| 吸出落差: 許容値 | 2.35 m |
| 推奨値 | 1.39 m |
| 採用値 | 1.50 m |

4. 模型試験

ア. 性能試験

本水車に対しては、基準落差最大出力において効率 90% 以上、出力 80% において、91.5% 以上最高効率 92% 以上という高性能が要求されているため、実物水車の 1/2.93 の模型水車を製作して性能試験を実施し、所期の性能を得るランナ形状を決定し、これに基づいて実物ランナを製作した。その結果基準落差において、最高効率 92.9% 最大出力時 91.7%, 80% 負荷時 92.8% という高効率が予想される (5 図)。

無拘束速度は保証値 660 rpm に対し、試験結果より発電機の軸受損失、風損等を考慮して、650.6 rpm が予想され充分保証値を満足している。

イ. 案内羽根自己閉鎖試験

上記模型水車を用い、特殊装置により水圧による案内羽根の自己閉鎖力の試験を実施した。

一般に案内羽根スピンドル周りの水圧によるモーメントは次式で表わされる。

$$M_h = C_M \frac{\gamma v^2}{2g} \cdot B_0 t^2$$

$$Q = a_0 B_0 Z v$$

$$\therefore M_h = C_M \frac{\gamma Q^2}{2g a_0^2 B_0 Z^2} \quad (1)$$

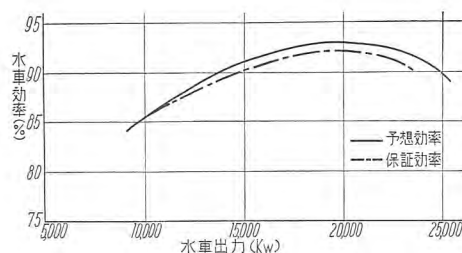
ただし C_M : 水圧モーメント係数

v : 案内羽根出口平均流速 m/s

B_0 : " 高さ m

t : " 弦長 m

γ : 水の比重 kg/m³



5 図 実物水車の予想性能曲線

Fig. 5. Anticipated characteristic curve of water turbine.

Q : 流量 m³/s
 a_0 : 案内羽根開度 m
 Z : 案内羽根枚数

案内羽根は、起り得るあらゆる状態において確実に自己閉鎖する能力を有することが必要であるため、最悪の条件で試験を実施せねばならない。一般に案内羽根を開いて行く場合、 M_h は一旦最大値をとり、その後は a_0 増大と共に減少し、開度 100% で最小となる。しかもこの状態で Q が減少した時 M_h は最小となる。すなわち、本水車では最低落差で無拘束速度となった場合 M_h は最小となる。この状態に相当する条件の下で試験した結果を 6 図に示す。

これにより案内羽根全開で、かつ無拘束速度という最悪条件においても案内羽根は水圧により確実に閉鎖することが実証された。

5. 機器概要

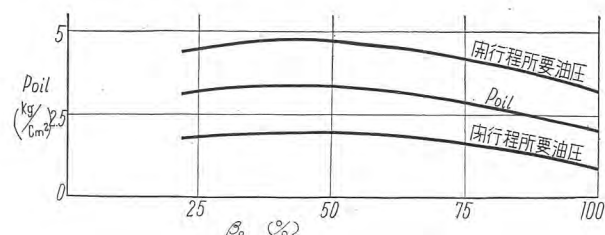
ア. 機器の配置

発電所の据付型式は 2 床式でスパイラルケーシングは全部基礎コンクリート中に埋められ、水車室には水車、案内羽根サーボモータ、入口弁、制圧機に対するピットが設けられ水車ピット以外はすべてチェッカープレートで蓋をされている。案内羽根サーボモータは複動式 2 個とし別に、サーボモータを設置する部屋を床面下に作り、その壁に取付けてある。したがって水車分解の際はサーボモータを分解する必要はなく、手数が省ける利点がある。またこの部屋より制圧機ピットに降る階段が設けられている。

入口弁は入口円錐管を介して、スパイラルケーシングに接続され、主弁室床面より盛り上げられたコンクリート台上に設置され、その開閉機構上端が水車室床面上に出ないように設計されている。

調速機は AIII 筐型で水車制御盤と並べて、水車室に設置されている。水車室の川側壁に接して、各水車用の調速機制御盤、グリースポンプ、および手動グリースポンプが並置されている。

圧油装置は、単位式で水車室と壁を隔てた別室に一括設置され、同室内には主入口弁封水用空気圧縮機および潤滑油揚油ポンプが置かれている。圧油槽初期給気用として可搬式空気圧縮装置が 1 組ある。



6 図 水圧による案内羽根閉鎖力曲線

Fig. 6. Self-closing force by water pressure of guide vanes.

イ. 水車本体

(1) ランナ

ランナは鋳鋼製で、模型ランナと相似に製作され、ランナ外周には取換可能の不銹鋼製ライナを取付けてある。羽根出口部のキャビテーションによる損傷を受け易い箇所は 18-8 不銹鋼により肉盛溶接がなされ、ランナ完成後は精密に静的平衡試験が実施された。

当所製フランス・ランナの特長の1つとして、11 図に見られるように羽根入口縁が彎曲して傾斜しており、案内羽根より出た水がランナに及ぼす衝撃を緩和するようになっているため、案内羽根およびランナの羽根数のいかにかわらず振動を起すことはない。

ランナ入口上部のライナは、U 型を採用した。これは

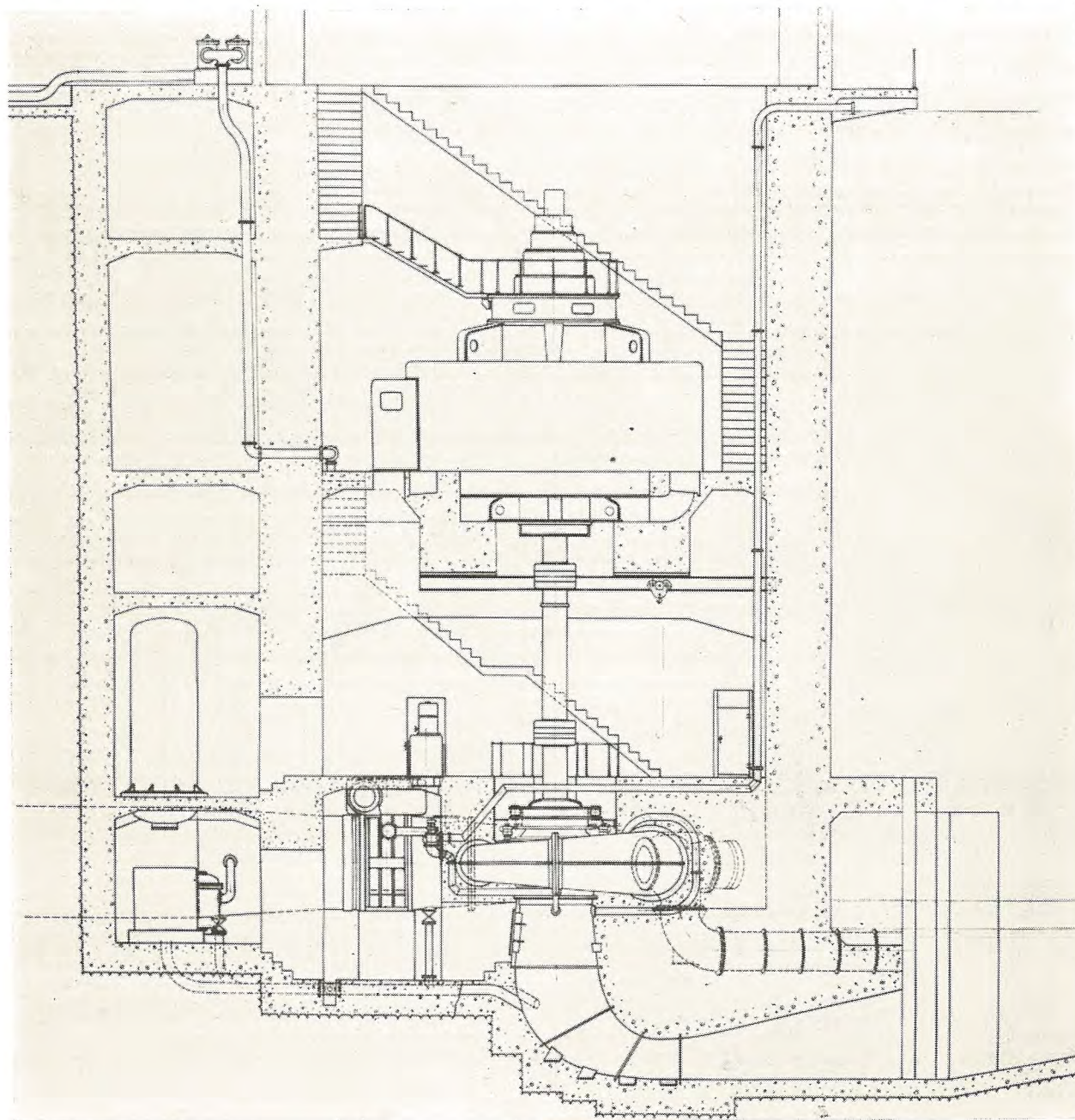
当所の長年の経験から案出されたもので、水車の横振動防止に対して有効である。

(2) スパイラルケーシング

スパイラルケーシングは、口径 2,100 mm の鋳鋼製で、スピードリングと一体に鋳造され、全体を 4 分割して現地に輸送し、現場にて互にフランジによりボルト締めにて組立てる構造とした。固定翼は 12 枚で、そのうち対称の 2 個を中空とし、水車ピットに溜った漏水はこれを通して所内排水ピットへ自然流下せしめるようになっている。

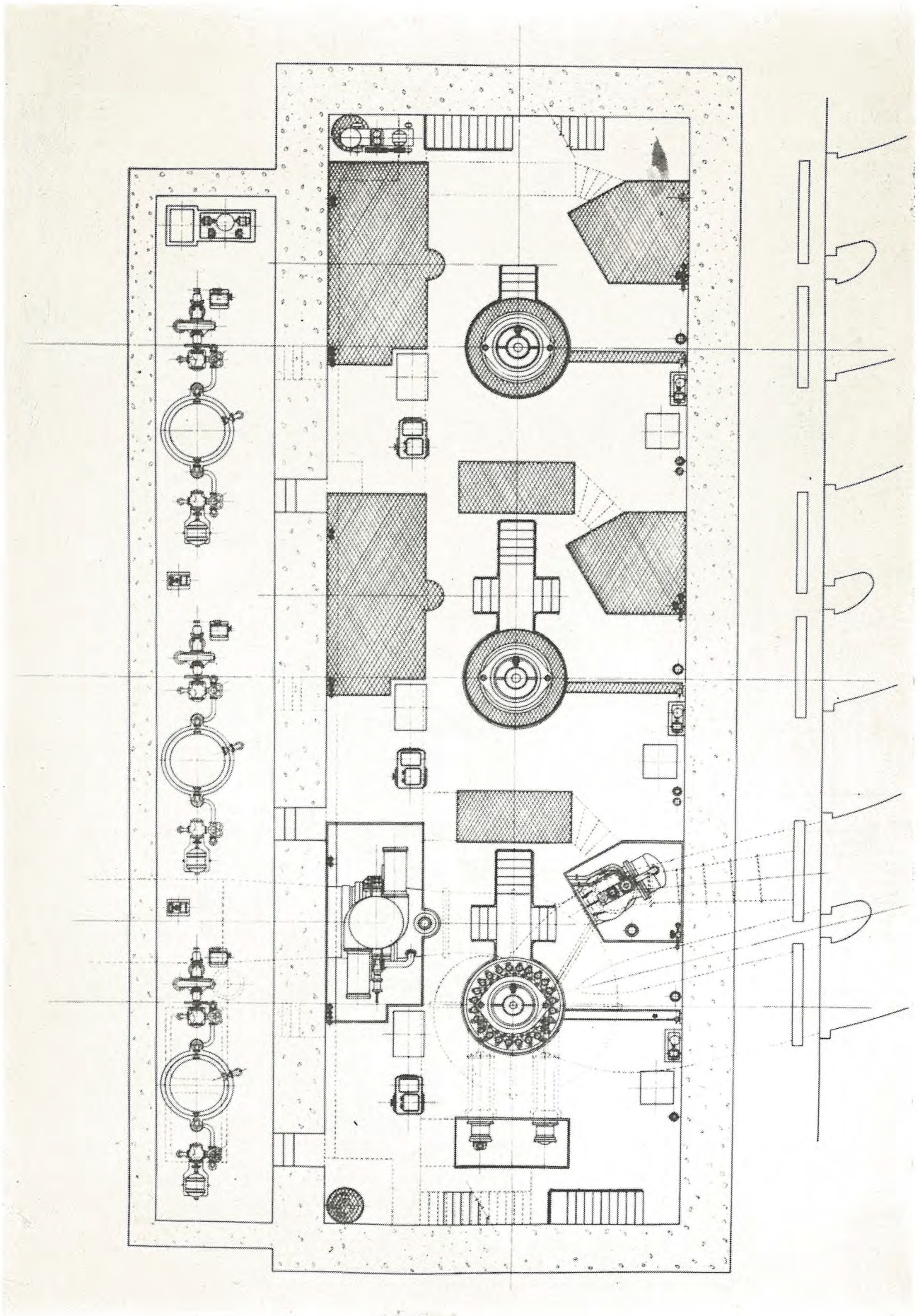
(3) 上・下蓋

上・下蓋はいずれも鋳鋼製で、上蓋は内蓋との 2 部分に分れており、内蓋を取外すと、案内羽根を分解するこ

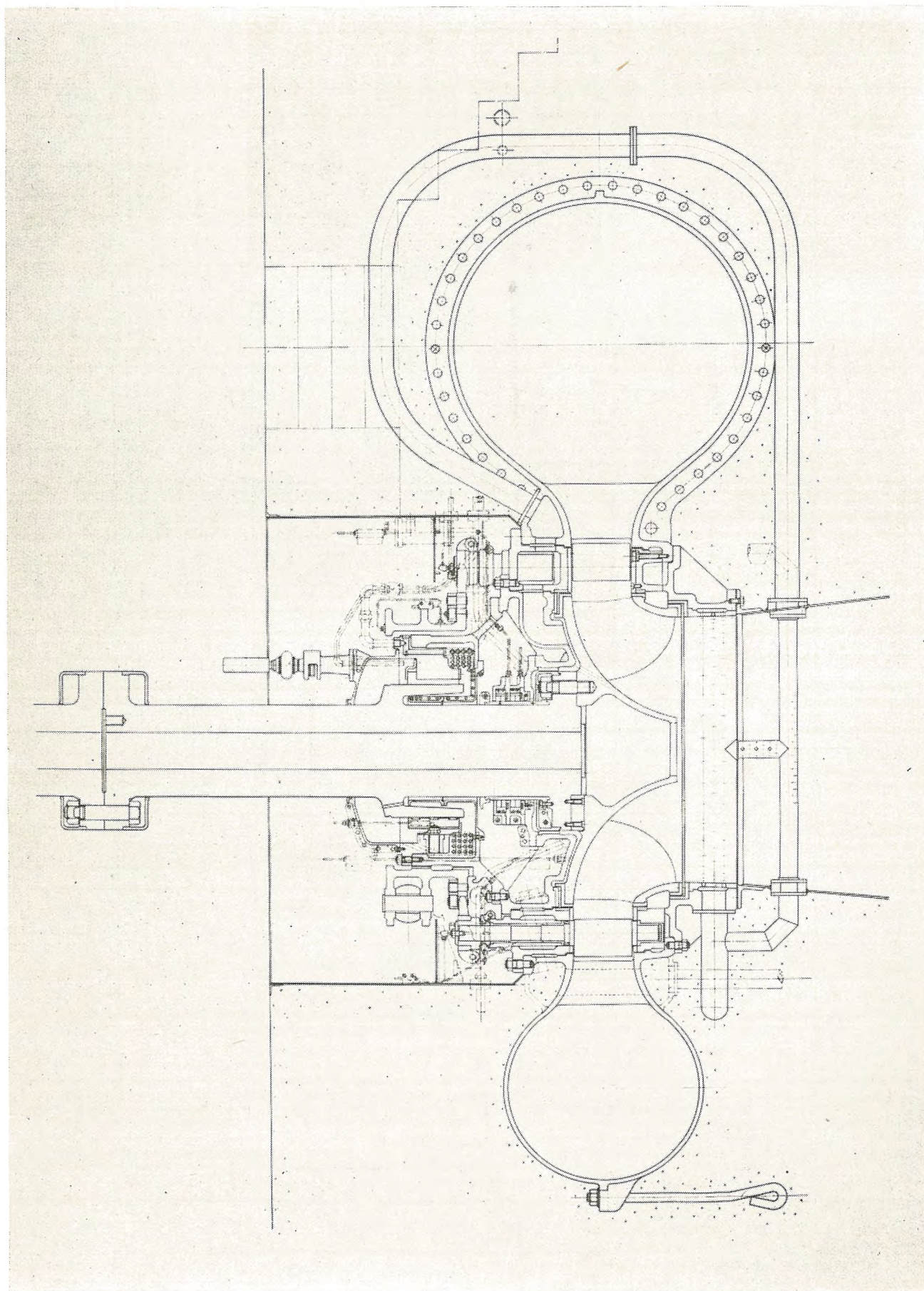


7 図 据付断面図

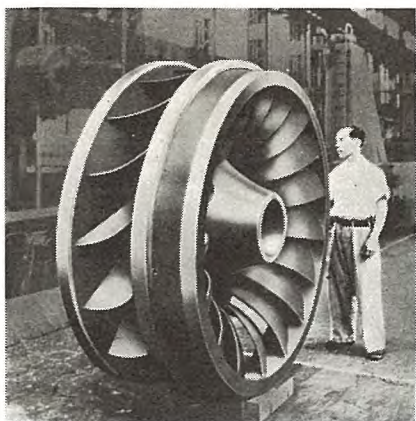
Fig. 7. Cross sectional view of power station.



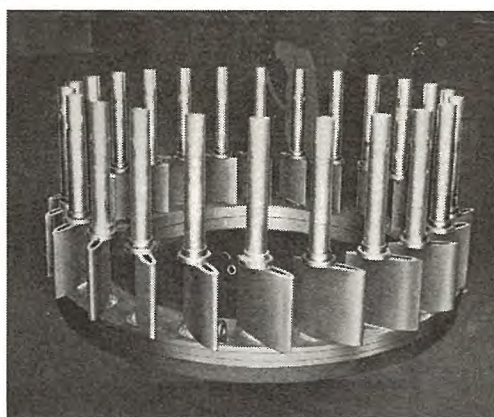
8 図 据付平面図 Fig. 8. Layout of power station.



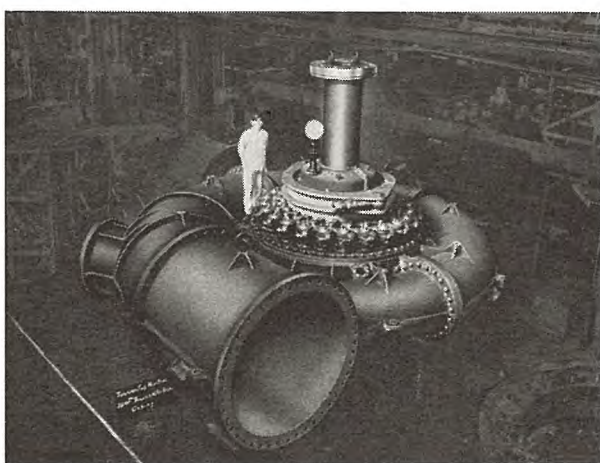
9 圖 水車断面図 Fig. 9. Cross section of water turbine.



10 図 ランナ
Fig. 10. Runner.



11 図 案内羽根
Fig. 11. Guide vanes.



13 図 工場仮組立
Fig. 13. Shop assembly.

となくランナを取出せる構造になっている。

下蓋のランナ出口部と吸出管を接続する部分に、不銹鋼製ライナをはめ込み、これより空気を送入するようになっている。

(4) 案内羽根

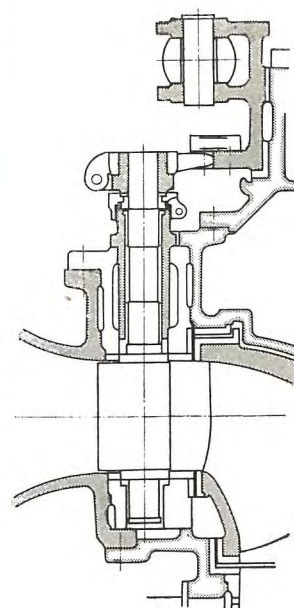
案内羽根は鋳鋼製で軸と一体に鋳造されている。水圧による自己閉鎖型で、その形状は模型試験により種々検討して決定されたものである。閉鎖時摩耗による漏水を防止するため上下面および合せ目部分は 18-8 不銹鋼による肉盛溶接が施されてある。

案内羽根軸に取付けられたリングキー (13 図) は軸に掛る推力を受けると共に、ねじによる位置調整装置の一部として使用される。

(5) 案内羽根開閉装置

案内羽根アームは 13 図に示すように、2 重になっており、いずれも耳を有し、これを小径のボルトで互に結合されている。このボルトは開閉機構の弱点部として設計され、案内羽根を閉鎖する際物を咬むと、純引張力により切断するようになっている。リンクはターンバックル式で案内羽根を個々に調整できる。摺動部には一括グリースポンプによりグリースを給油する方式を採用した。

徳島県営日野谷発電所 26,200 kW 堅軸フランシス水車・山本



12 図 案内羽根上下位置調整装置
Fig. 12. Adjusting device of guide vane position.

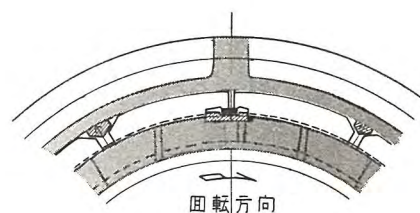
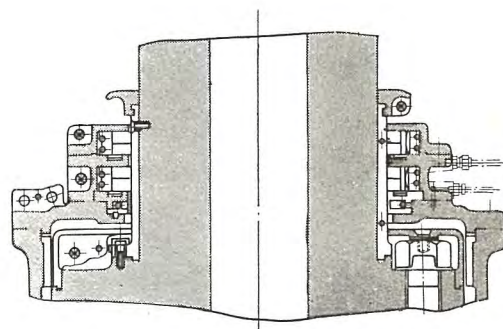
(6) 主軸, 中間軸, および主軸受

主軸, 中間軸はいずれも鍛鋼製であるが, 前述のとおりケーシング中心より発電機室床面までの高さは, 9m あるため無拘束速度に対し回転部の危険速度が充分高くなるようにとくに軸径を太くして 570 mm とし, 重量軽減のために内径 230 mm の中空軸としてある。その結果発電機を含む回転部の危険速度は 845 rpm となり, 無拘束速度時充分安全と考えられる。

主軸受は自己潤滑式のセグメンタル軸受で, さきに製作せる関西電力椿原発電所向水車の同型軸受に対して実施した種々の実験および経験を基礎にして製作した。

(7) 主軸パッキング装置

パッキングはカーボンで特殊切欠を有する矩形断面の



14 図 主軸パッキング装置

Fig. 14. Packing device of main shaft.



15 図 吸出管ライナ
Fig. 15. Draft tube liner.

リング (6 分割) 2 個重ねたものを 2 組取り付けいずれも、ばねにより主軸およびケース内の上面に押付けられている。カーボンは土砂を含んだ水に対しては摩耗がはなはだしいため、パッキング管の下部に白色合金製のリングを 1 段取り付け、土砂を含む水の浸入を防ぐようになっている。

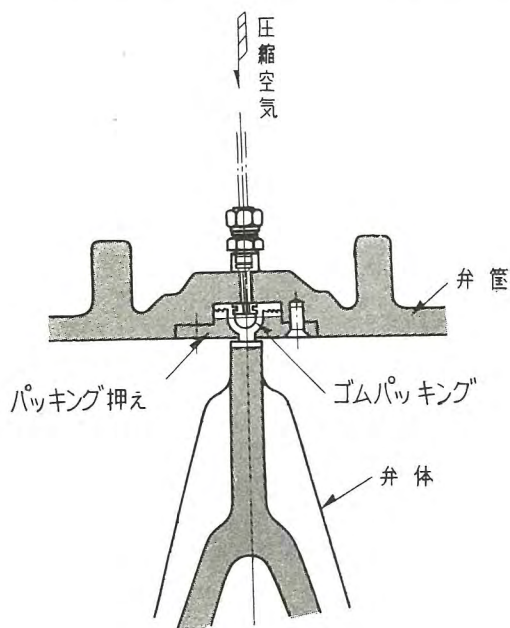
本装置は従来使用されてきた □ 断面のパッキングに比し、漏水量は約 $1/5 \sim 1/6$ に減少し、また自己調整代を大きく取り得る特長を有している。

ウ. 吸出管、ライナ

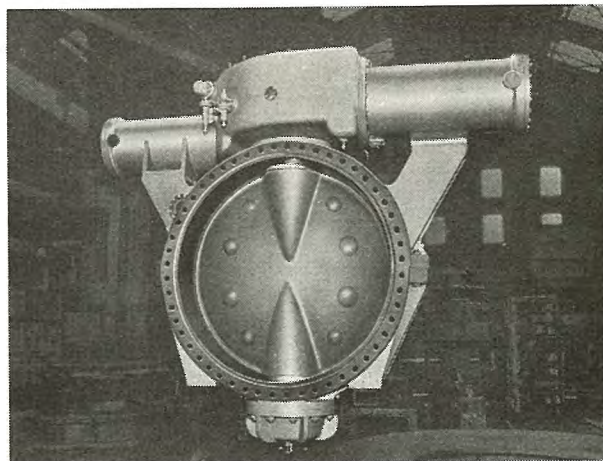
吸出管ライナは鋼板溶接製で、センターピアー先端ライナを一体に製作されている。吸出管ライナの現場組立はフランジによるボルト締め付け法を採用した。

エ. 入 口 弁

口径 2,100 mm の蝶型弁で弁体、弁胴共に鋳鋼製で、弁体は弁軸と一体に鋳造され、弁胴は上下 2 つ割に製作



17 図 入口弁パッキング装置
Fig. 17. Packing device of main valve.



16 図 入 口 弁
Fig. 16. Main valve.

されている。縦軸式で弁胴上部に開閉装置があり、サーボモータは複動式 2 個とし、互に偶力として作用するように配置されている。また弁軸の下端には調整可能の推力軸受が設けてある。

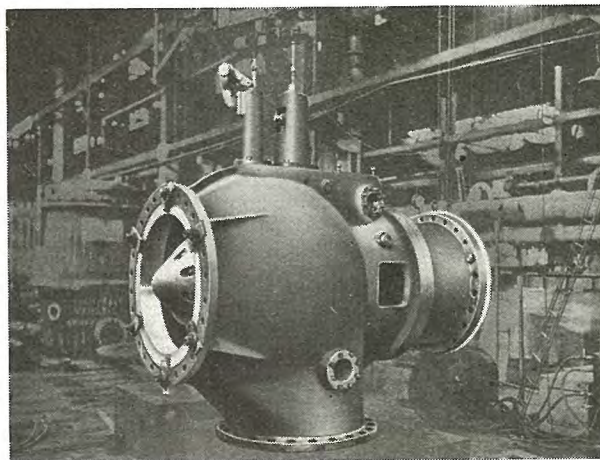
全閉時の漏水防止装置として、中空のゴムパッキング弁を胴にはめ込み(17図)これに圧縮空気を送入して漏水を防止する方式を採用した。圧縮空気の給排はすべて自動的に行われ、また、水圧鉄管に水が張っていない場合は圧縮空気の供給を絶つ保護装置が取付けられ、誤操作によるパッキングの破裂を防止するようになっている。空気圧縮装置は水車 3 台に対し 1 組あり、交流、直流 1HP の電動機のおおのに直結された空気圧縮機各 1 台が設備されており、前者は常用、後者は予備として使用される。工場で実施された上記パッキング装置の試験によると、所定圧力において漏水量 1.8l/min という結果が出ている。

オ. 制圧機

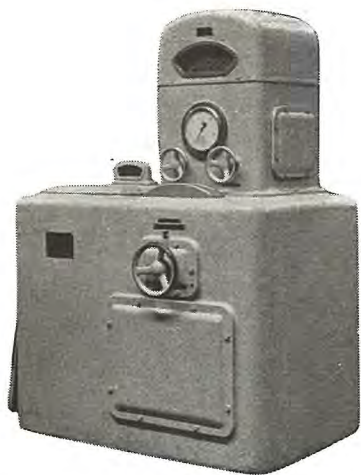
口径 850 mm の横型油圧平均式で、弁体、弁胴いずれも鋳鋼製で青銅製弁座を取付けてある。

カ. 調速機(19図)

A III 型筐型調速機で、アクチュエータは 1 つの筐内に



18 図 制 圧 機
Fig. 18. Relief valve.



19 図 調速機
Fig. 19. Governor.

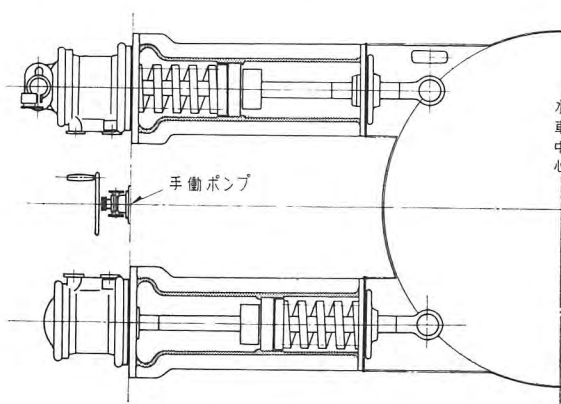
収められ鋳鉄製調速機台上に置かれている。調速機台の中には配圧弁、駆動用電動機等が収納してある。

サーボモータは前述の如く水車室床面下に設けられたサーボモータ室の壁に取付けられ、水圧による案内羽根の自己閉鎖を一層確実にする目的でとくにばねが取付けられている (20 図)。

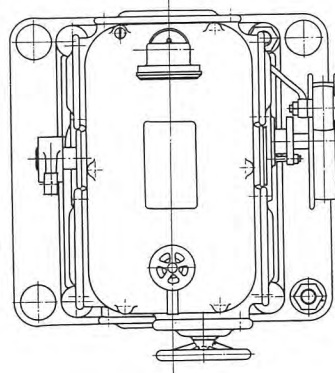
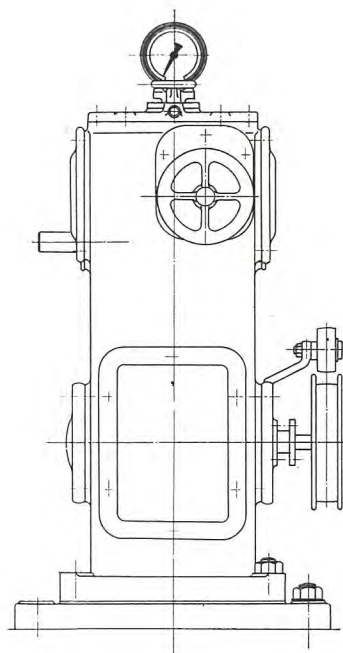
キ. 圧油装置

圧油装置は単位式で、45 HP の電動機および小水車のおおのに直結されたポンプ各 1 台が設備され、前者を常用、後者を予備として使用する。圧油ポンプはいずれも横軸スクリュー式で、油圧は 15 kg/cm^2 、 623 l/min の吐出量をもっている。本容量は入口弁、制圧機およびブレーキを所定時間内に動作させるに必要な油量の 110% である。小水車は横軸フランシス型で落差の変動が大きいため、新型 (Z-型) 調速機を装備している。

圧油槽は $7,500 \text{ l}$ で、これは圧油ポンプ停止状態において、常用最低油圧より調速機サーボモータ 3 行程および制圧機サーボモータ 1 行程行った場合の油圧が停止油圧以上であり、また停止油圧より水車発電機を停止せしめた場合の油圧が各機器の最低油圧以上であるという 2



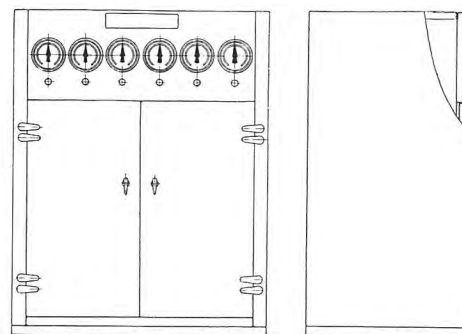
20 図 案内羽根サーボモータ
Fig. 20. Guide vane servomotor.



21 図 Z-型調速機
Fig. 21. Z-type governor.

不要の油圧自己保持型が使用されている。

本発電所は落差の変動が大きいため、落差のいかんにかかわらず水車を自動起動せしめるよう考慮されている。すなわち起動時案内羽根を 負荷制限用電動機により、水車が起動するまで徐々に開かしめ、水車起動すれば起動停止確認継電器の作用で同電動機を停止せしめるようになっている。



23 図 水車制御盤
Fig. 23. Solenoid board.
(water wheel control panel)

条件より決定したものである。なお圧油槽には自動油面調整装置が設備されている。

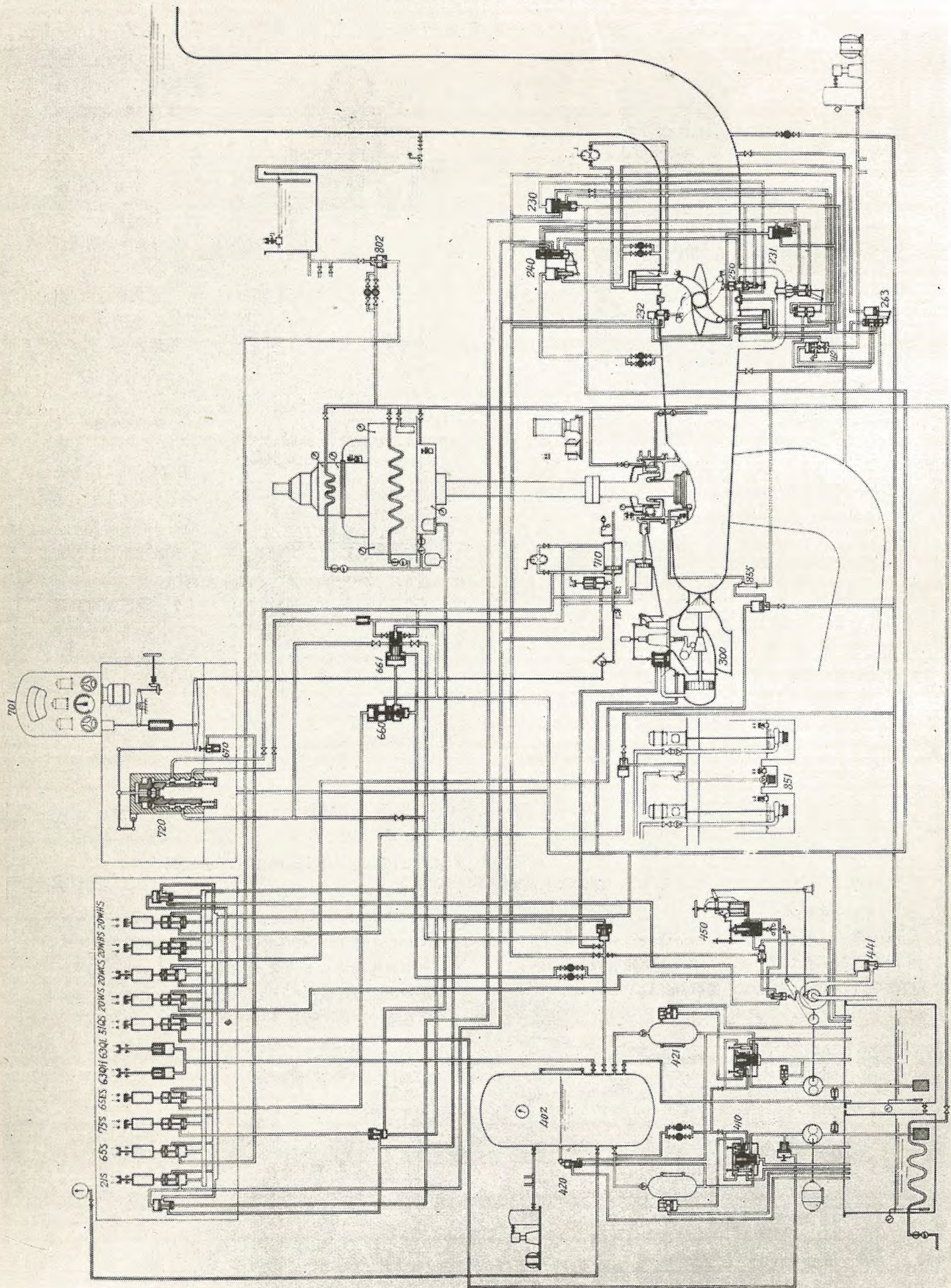
ク. グリース供給装置

案内羽根開閉機等の摺動部に一括グリースを供給するため、水車 1 台に対して電動グリースポンプ 1 台宛を設備した。グリースポンプは自動的に起動し、給油完了すれば自動的に停止するようになっている。なお予備用として手動ポンプを各水車に 1 台宛設備した。

ケ. 運転制御装置

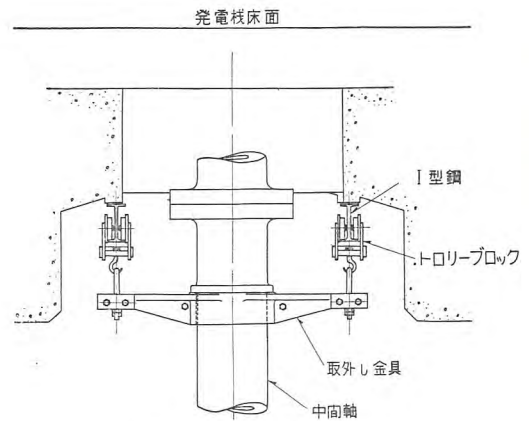
いわゆる 1 人制御方式で運転制御用電磁配圧弁、補助弁、油圧継電器等は水車制御盤 (23 図) に収納され調速機と並べて設置されている。

電磁配圧弁はいずれも補助油圧継電器



22 圖 自動操作線圖 Fig. 22. Diagram of automatic control system.

| | | | | | | |
|-------|---------|------------------|-----|------------------|-----|--------------|
| 20WS | 電磁操作配圧弁 | (小水車起動用) | 230 | 入口弁用配圧弁 | 660 | 案内羽根自己閉鎖用配圧弁 |
| 20WCS | " | (冷却水用) | 232 | 互鍵装置用補助配圧弁 | 661 | " 阻止弁 |
| 20WBS | " | (水車本体排水ジェットポンプ用) | 240 | 水圧応動弁 | 670 | 调速機危急停止装置 |
| 20WHS | " | (所内排水ジェットポンプ用) | 250 | 入口弁鎖錠装置 | | |
| 21S | " | (入口弁用) | 262 | 入口弁封水用空気弁 | 701 | アクチュエータ |
| 51QS | " | (電動機駆動圧油ポンプ起動時用) | 263 | 入口弁バッキング共鍵用水圧応動弁 | 710 | 案内羽根サーボモータ |
| 65S | " | (水車起動停止用) | 402 | 圧油槽 | 720 | 配圧弁 |
| 65ES | " | (案内羽根自己閉鎖用) | 410 | 調圧弁 | | |
| 75S | " | (ブレーキ用) | 420 | 油面調整用弁 | 802 | 給水入口弁 |
| | | | 421 | 油面調整用空気筒 | 851 | 所内排水ポンプ |
| | | | 441 | 小水車入口弁 | 855 | 本体排水ジェットポンプ |
| | | | 450 | 小水車用调速機 | | |



24 図 中間軸取外し装置

Fig. 24. Detaching device of intermediate shaft.

コ. 中間軸取外し装置

水車分解の際中間軸を簡単に取外せるように 24 図に示すような装置を水車ごとに取り付けた。その取付状態は 6 図に示す。

6. む す び

以上述べたように水車および付属各機器に対しては最新の設計および構造が採入れられ、また工場において詳細なる性能試験、強度試験、水圧試験等が施行された。これらの工場諸試験の結果から見て充分所期の性能を発揮するものと期待される。

徳島県営日野谷発電所 24,000 kVA 水車発電機, 運転制御装置および配電盤設備

神戸製作所 三浦 宏*・梅名茂男*

24,000 kVA Water Wheel Generators and Allied Equipment for Hinotani Power Station

Kobe Works Hiroshi MIURA・Shigeo UМЕНA

As a part of all-out power development of the river Naka, a hydro-electric power station was built with a generating capacity of 52,800 kW. The height of the dam is 83 meters and the reservoir is planned for river improvement and irrigation besides the power generation. There are 3 vertical units each rated 24,000 kVA, semi automatic and of one man controlled type. Allied equipment is all of the latest type built by the latest technique of Mitsubishi and by the Mitsubishi Heavy Industry, Reorganized.

1. ま え が き

那賀川総合開発事業の一環として徳島県那賀郡宮浜村長安口に高さ 83 m の大堰堤を築いて那賀川を遮断し、下流域の治水、灌漑用水の確保を図るかわら、貯水した水を同郡日野谷村日浦まで導き、ここに 24,000 kVA 水車発電機 3 台を有する最大出力 52,800 kW の日野谷発電所が、徳島県の手により建設を開始された。

那賀川是那賀郡を東西に流れる四国屈指の大河川であるが、既設発電所としては本発電所の工事用発電所、徳島県営坂州発電所（出力 2,400 kW）を除き、四国電力株式会社桜谷第 1、第 2 両発電所（出力合計 1,900 kW）があるのみで、未開発地点が点在している。本発電所が完成すれば発生電力は飛躍的に増加し、徳島県はもとより四国全島の発展に寄与するものとして大きな期待が寄せられていたものである。当社は昭和 28 年 9 月、同発電所発電機器一切を受注し、全工場をあげて鋭意製作中であつたが、昭和 29 年 12 月、好成績をもって発電機の工場立会試験を完了し、昭和 30 年 11 月、四国第一の発電所として好調な運転を開始した。

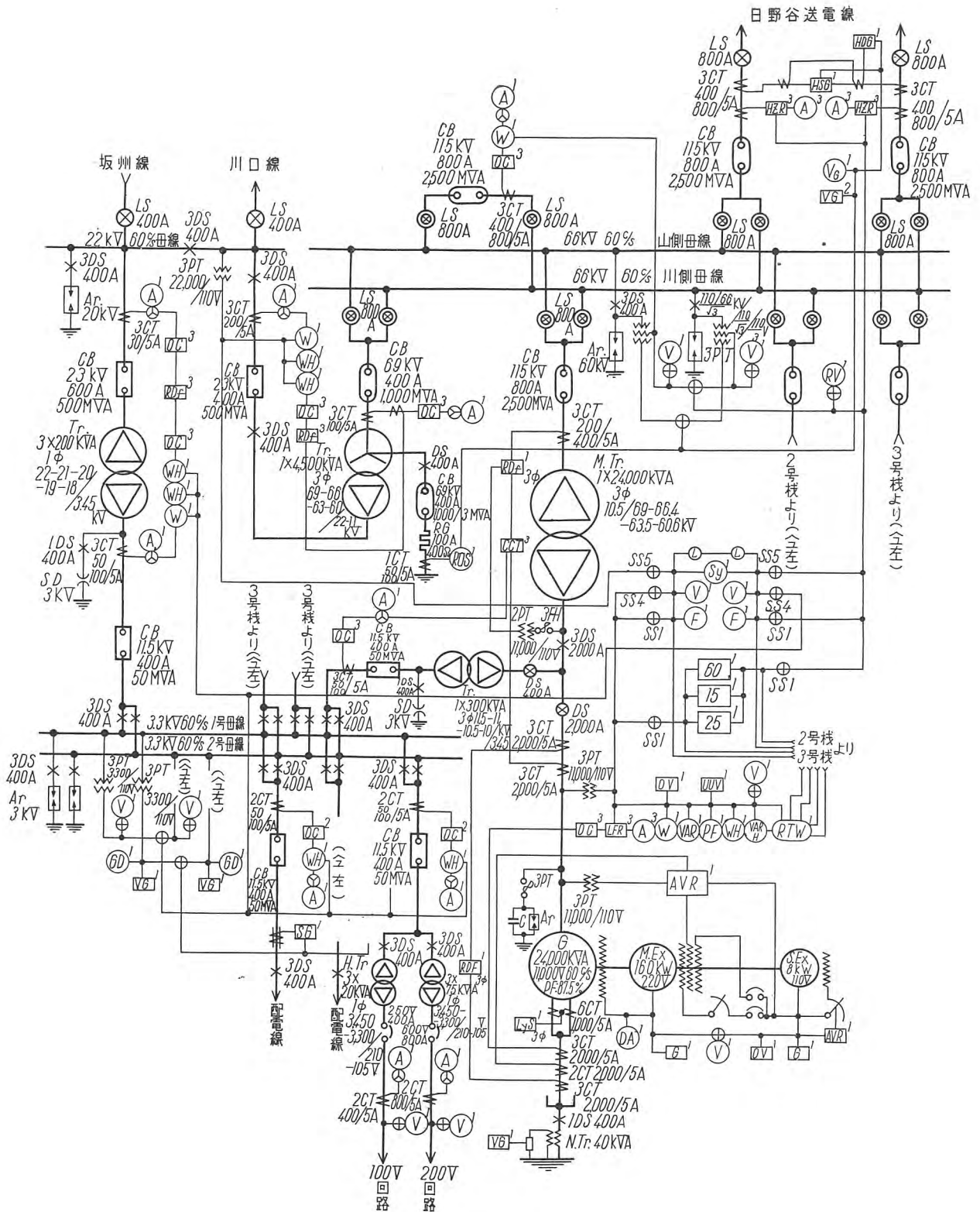
本発電所の発電機は、回転子上部に推力軸受、上下にそれぞれ振止軸受を有する普通型発電機で、容量、形態ともさほど大型機とはいへないが、特殊構造の油自蔵式軸受、油槽とブラケットとの一体構造の採用など、種々の新しい試みを取り入れた特色ある発電機である。発電所の制御方式は完全な半自動 1 人制御式で、落差変動を考慮した緩起動装置、ロートロールによる自動電圧調整器、自動炭酸ガス消火装置など斬新な装置を設け、配電盤設備には広角度計器、引出型継電器を採用し、各種の水車用計器、集合動作表示器などをはじめ、同期連動式

選択計測装置をも設備して集中監視制御の便をはかり、さらに発電所には色彩調節を施すなど、あらゆる点でもっとも近代的な発電所である。以下、発電機構造、試験成績、運転制御装置、配電盤について概要を説明する。

2. 設 備 概 要

1 図は本発電所の主回路接続図で主要機器の概要は下記のとおりでである。

| | |
|---------|--|
| 水 車 | 26,200 kW, 単輪渦巻フランシス水車, 3 台 |
| 発電機 | 24,000 kVA, 11 kV, 60 c/s, 360 rpm, 3 台 |
| 主励磁機 | 160 kW, 220 V, 3 台 |
| 副励磁機 | 8 kW, 110 V, 3 台 |
| 主変圧器 | 24,000 kVA, 3 相, 外鉄型, 送油風冷 3 重定格式, 10.5/66.4-110 kV 3 台 |
| 地方連絡変圧器 | 4,500 kVA, 3 相, 内鉄型, 自冷式, 63/22-11 kV 1 台 |
| 坂州連絡変圧器 | 200 kVA, 単相, 内鉄型, 自冷式, 20/3.45 kV 3 台 |
| 所内子変圧器 | 300 kVA, 3 相, 内鉄型, 自冷式, 10.5/3.45 kV 3 台 |
| 所内動力変圧器 | 75 kVA, 単相, 内鉄型, 自冷式, 3,300/210-105 V 3 台 |
| 所内電燈変圧器 | 20 kVA, 単相, 内鉄型, 自冷式, 3,300/210-105 V 3 台 |
| 碍子型遮断器 | 115 kV, 2,500 MVA, 800 A, 圧縮 空気操作, 6 台 |
| | 69 kV, 1,000 MVA, 400 A, 圧縮空 気操作, 1 台 |
| | 69 kV, 1,000/3 MVA, 400 A, 単極, 圧縮空気操作, 1 台 |



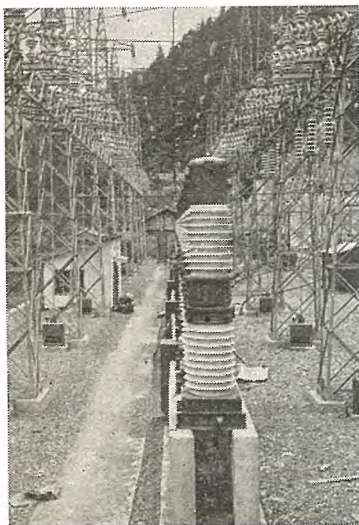
1 図 主回路接続図

Fig. 1. Schematic diagram of Hinotani power station.

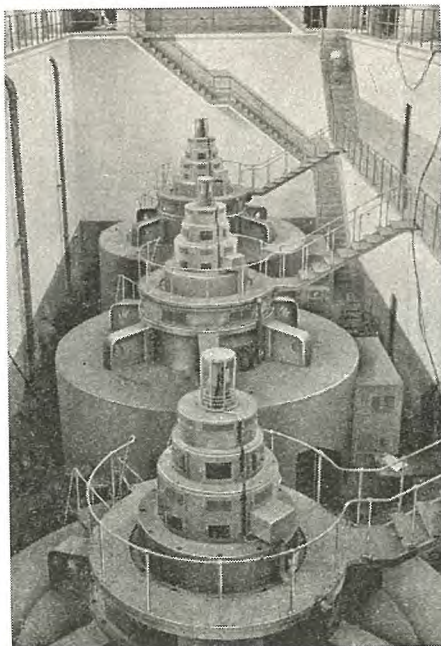
油入遮断器 23 kV, 50 MVA, 電磁操作, 400 A, 600 A, 各 1 台
11.5 kV, 50 MVA, (6.9 kV にて), 電磁操作, 400 A, 7 台

本発電所は 1 図に示すように単位接続方式で、発電機は主変圧器の高圧側で並列する高圧同期式を採用すると

ともに、中性点は 40 kVA, 9,500/440 V 小型変圧器の 2 次側に 3.35Ω の抵抗を挿入して接地し、地絡電流を制限している。特高送電線は、将来系統が直接々地された場合の昇圧を考慮して 100 kV に設計されているが、当分四国電力の 60 kV 系と橋変電所にて連繋、運転される関係から地方連絡変圧器を設けて、その 60 kV 側中性



2 図 115 kV 碍子型遮断器
Fig. 2. Type 100-M-250,
115 kV circuit braker.



3 図 24,000 kVA 発電機 (据付中)
Fig. 3. 24,000 kVA Water-wheel generator.

点を $400\ \Omega$ の抵抗で接地する一方、既設の坂州発電所および将来建設される下流の川口発電所と 20 kV 送電線で連絡されている。また送電線母線、配電線母線はすべて 2 重母線とし、60 kV 系と 20 kV 系は 20 kV 側、20 kV 系と 3 kV 系は 3 kV 側遮断器を同期遮断器として運転の確実性と融通性を与えている。2 図は 115 kV 碍子型遮断器群である。

3. 発 電 機

ア. 発電機の仕様

26,350 kW 立軸フランス水車直結 3 台
堅軸普通型回転界磁閉鎖風道循環型
定格出力 24,000 kVA : 電圧 11,000 V : 力率 87.5% : 電流 1,260 A : 周波数 60 c/s : 回転数 360 rpm : 極数 20 : 蓄勢輪効果 400 t-m² (保証値) : 無拘束速度 660 rpm : 短絡比 1.02 以上 (保証値)

| | |
|----------------------------------|-----|
| 主励磁機 | 3 台 |
| 160 kW 220 V 360 rpm 10 p 他励差動分巻 | |
| 副励磁機 | 3 台 |
| 8 kW 110 V 360 rpm 10 p 分巻 | |

副励磁機はアクチュエータ駆動電動機用交流発電機 (2 kVA 110 V) との複流発電機である。ロートロールおよび磁気増幅器を使用した自動電圧調整方式を採用し、また副励磁機上部には速度継電器、起動停止確認装置を備えている。

イ. 発電機の構造

3 図は現地据付中の発電機、4 図はその構造を示す。キングスベリー型推力軸受、セグメント式振止軸受を有し、軸受冷却には冷却水のみを用い、運転中油循環を行わない、いわゆる油自蔵式を採

用している。使用材料は鋼板、鍛鋼、鋳鋼等信頼度の高い材料を主とし、強度の確保と重量の軽減につとめている。

(1) 固定子

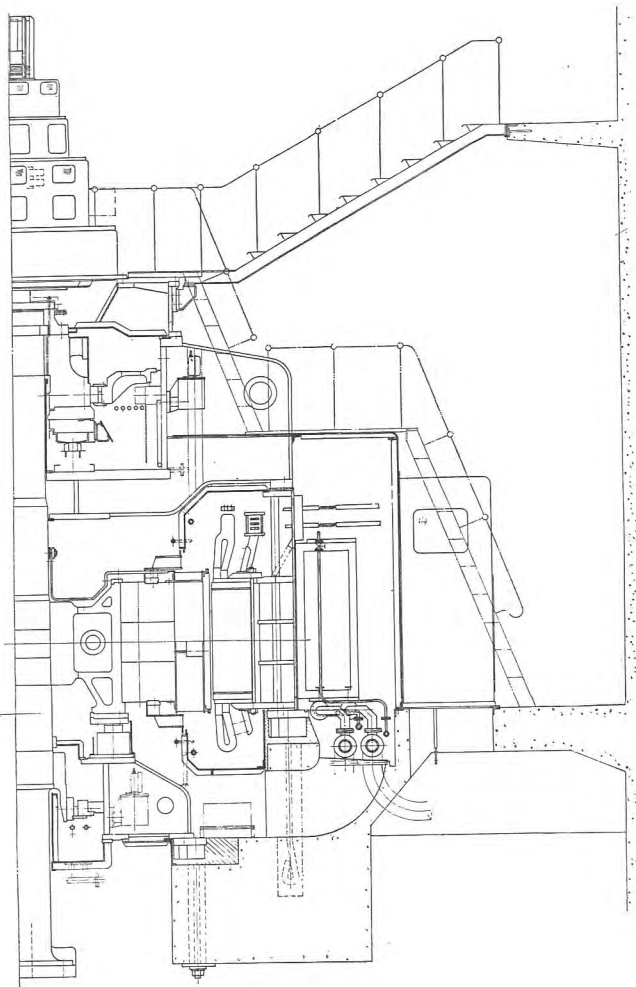
5 図にコイル挿入を終えた固定子の外観を示す。

a. 固定子枠

鋼材溶接型で、輸送の便を計るため全周を 3 つ割としている。割目の工作にはとくに注意を払い、鉄心締付を充分に行って、磁気騒音、振動の発生を防止している。積層鉄心締付用ボルトは鉄心積み作業の案内になると同時に締付圧力を確保せねばならぬもので、良質の材料を用いている。固定子枠外周には直接空気冷却器を取付け、機内の温風の冷却を行っている。

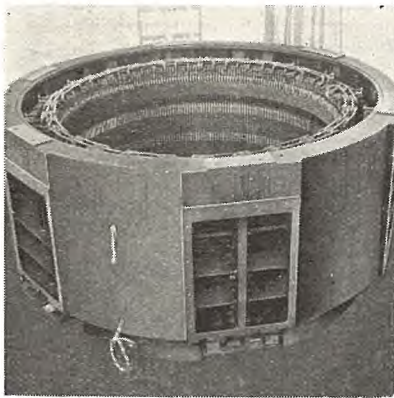
b. 固定子鉄心

T 級の良質珪素鋼板を使用し、外径、溝等を打抜いた後、充分に焼鈍を行い、各鉄板は特殊ワニスを用いて絶縁を行い特性の向



4 図 発電機断面図

Fig. 4. Section of the 24,000 kVA generator.



5 図 固定子
Fig. 5. Stator

上を計っている。打抜いた扇形鉄心は交互に重ね合わせて円形に積み、端部には強力な非磁性金具をあて、ボルトで締付けている。鉄心溝には固定子線輪を有し、発熱部であるため、通風間隙の大きさ、配置にはとくに留意し、軸方向の温度分布が適切になるように設計している。

c. 固定子線輪

裸および2重ガラス巻平角銅線を交互に積重ねた導体に層間および対地絶縁をほどこしており、マイカテープ、ガラステープのみを使用した完全なB種絶縁であって、絶縁強度にはとくに留意し、製作過程において数回のコンパウンド真空含浸、熱プレスを行って、絶縁物内空隙の残存を防止すると共にコイル表面にはコロナ防止塗料を塗布し、コロナの発生を阻止している。

結線は2重星型で、線路側3本、中性点側6本の口出しを有し、中性点側には層間短絡保護継電器を設け、また溝中コイル間には温度測定用および温度継電器用素子を埋込んでいる。

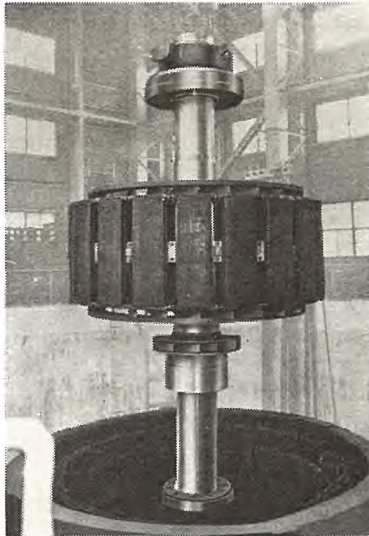
(2) 回転子

6 図に完成された回転子を示す。水車無拘束速度 660 rpm に対して充分の安全係数を有するのはもちろんであるが、本発電所は水車との中間軸が異常に長く、臨界速度についても考慮を払っている。

a. 主軸、輻鉄および輻鉄リム

主軸は鍛鋼製で下端はリーマボルトで水車中間軸に接続し、中央部には輻鉄を、また下部には振止軸受用の筒軸を焼ばめしている。軸中心部には立穴をうがち、材質検査の便をはかり、重量軽減の一助とすると共に、界磁線輪と集電環との接続導体の設置場所として利用している。

輻鉄リムは鍛鋼製で輻鉄の6本の足によって支持されている。この部分は回転部分中でも最も大きい機械的強度を要求される部分で、材料には充分の注意を払い、外周と内周の数ヵ所から試験片をとり、材質、材料検査を行うと共に、超音波探傷器を用いて疵の有無を調査する等、万全の策を講じた。輻鉄リムと輻鉄との嵌合は焼ばめを行い、加熱の上テーパキーを打込んでいる。これ



6 図 回転子
Fig. 6. Rotor

の締代は定格速度以上のある回転数でなくなり、水車無拘束速度においてはキーの側面をガイドとし、完全にフロートするようになっている。本型式がいわゆるフローティング型で、静止時の締代を減少せしめ、輻鉄、軸への加圧を減少できるものであって、大容量機に広く用いられている方式である。輻鉄外周にはダブテールを有し、磁極を支えている。

b. 磁極鉄心および界磁線輪

磁極は 1.6 mm 薄鋼板を成層し、特殊鋳鋼の端板を用いて強固に締付けている。制動巻線は磁極頭部の成層鉄心を貫き、バーの両端は短絡片に銀鍍付けされており、短絡片の下端は磁極端板に設けた切込み部分に入りこみ、遠心力に耐えるようになっている。この嵌合は軸方向には自由になっ

ていて、バーの熱膨脹に対する余裕を有し、バー切断の可能性は絶無である。磁極と輻鉄リムとの結合はダブテールによっている。

界磁線輪は裸平線を用い、層間絶縁にはアスベスト紙を挿入、温度をあげて、線輪が無拘束速度時に受ける遠心力以上の圧力で焼付けを行っている。対地絶縁は可撓マイカを使用し、完全なB種絶縁である。磁極間の線輪接続部は高い遠心力と熱応力を受ける部分であり、設計、製作には充分の注意を払っている。集電環との接続は従来使用してきた絶縁電線が機械的に弱い点をあらため、軸中央を利用し、2つ割丸棒をマイカ、マイカルタで絶縁して接続線として使用している。

(3) 上下ブラケット、軸受

a. 上ブラケット

上ブラケットは発電機回転部の重量を支持すると共に水車回転部を含む全推力を支持せねばならず、それ自体が丈夫でなくてはならないことはもちろん、固定子枠と一体になって、充分な剛性を持たねばならない。従来、とくに戦前は上ブラケットと推力軸受油槽を別個に設計し、ブラケットには振止軸受のみを設置するのが普通であったが、戦後はセグメンタル振止軸受の採用が一般化され、推力軸受と上振止軸受を同一油槽内に納めるようになり、この油槽を上ブラケットと一体に製作し、発電機高さの減少をはかるようになった。本機もこの型式を採用し、厳密な強度計算を行い、鋼材溶接により製作した。放射状の6本足のうち、輸送の都合で4本を継足とした。

b. 下ブラケットおよび制動器

下ブラケットは発電機、水車回転部の静荷重のみを支えれば良く、制動時のトルクもさして大きくはないので上ブラケットよりは大幅簡単になる。鋼材溶接により製作し、中央部には下振止軸受油槽を有し、上面には制動器を具備している。制動器は水車圧油を用いて制動作

用を行うと共に、高圧ポンプに切換えて、ジャッキとしても利用できる。ブレーキシュアの粉末に対しては制動器周りに防塵装置を設けて粉末が発電機内部に入るのを防ぐと共に、たまった粉末の処理を簡単に行えるように考慮した。

c. 軸受

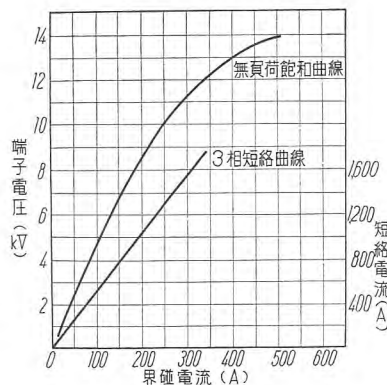
推力軸受はキングスベリー型、振止軸受はセグメント式でそれぞれ上ブラケットおよび下ブラケットの油槽内に設置している。推力軸受は発電機、水車の全推力を支え、回転により自動的に油膜を形成して潤滑作用を行う。上下振止軸受は共に多数個のセグメントより成り、推力受金、下振止軸受筒軸の側面で回転子の横振れを支える。潤滑作用は推力軸受と同じく回転により自動的に形成される油膜によって行われる。軸受冷却には槽内に設置した冷却水管を用い、油の循環は行わない方式である。発電機運転中、油槽内の油は回転による遠心力や軸受温度上昇による熱膨脹の影響を受け、さらに冷却水管その他の構造物の存在もあって、無数の気泡を含み油面は高くなりさらに油面上部には気泡の層を生ずるものである。この現象は軸受周速が高くなるほど著しく、最悪の場合には油が油槽壁を越えて落下するようなことも起り得る。当社は高速機の油自蔵式軸受には多くの経験を有しており、油槽壁の構造、油面整定の方式（いずれも実用新案出願中）に新工夫をこらし、本機の場合、定格速度の軸受周速 26.4 m/sec において、きわめて安定した運転を継続している。油槽には油面継電器、冷却水管には流水継電器を備え、油槽カバーには充分なバッキングをほどこして、油洩れの絶無を期している。

(4) その他

空気冷却器は当社独特の U フィン管を伝熱要素とした冷却効果のきわめて大きいものを使用し、器内の流水の温度上昇を高くにとって冷却水使用量を節約している。冷却器各部の材質はとくに防錆に留意して選択し、発生する滴の処理も簡単に行い得るように工夫した。消火装置には水と炭酸ガスを併用して万一の事故に備え、運転休止中の防湿対策として電熱器を設けている。発電機外回りの仕上げ、塗装には充分注意を払い、手摺にはすべてクロームメッキをほどこし、美しい外観をほこっている。

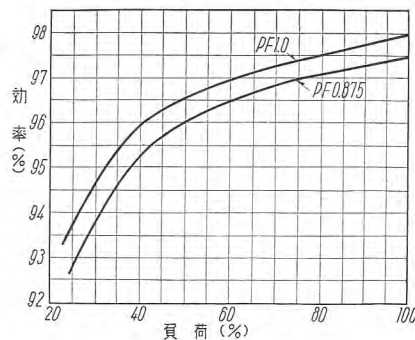
1 表 リアクタンスおよび時定数

| | |
|-------------|-----------------------------|
| 直軸同期リアクタンス | $X_d = 106\%$ |
| 直軸過渡リアクタンス | $X_d' = 34.7\%$ |
| 直軸次過渡リアクタンス | $X_d'' = 22.3\%$ |
| 横軸過渡リアクタンス | $X_q' = 24.8\%$ |
| 逆相リアクタンス | $X_2 = 23.5\%$ |
| 零相リアクタンス | $X_0 = 13.5\%$ |
| 電機時定数 | $T_a = 0.173 \text{ sec.}$ |
| 直軸短絡過渡時定数 | $T_d' = 2.2 \text{ sec.}$ |
| 直軸開路過渡時定数 | $T_d'' = 5.05 \text{ sec.}$ |



7 図 無負荷飽和曲線と短絡曲線

Fig. 7. No load saturation and short-circuit curves.



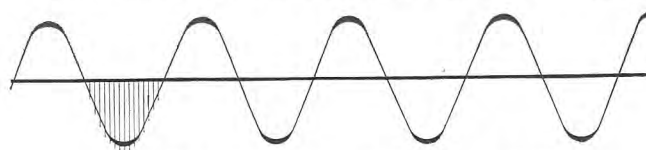
8 図 効率曲線

Fig. 8. Efficiency curves.

ウ. 試験結果

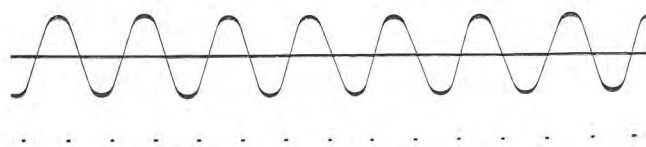
工場で仮組立を行い種々の試験を行った。7 図に無負荷飽和曲線および 3 相短絡曲線を示す。短絡比は 1.18 電圧変動率は全負荷定格力率で 26%，100% 力率で 14% である。8 図は負荷に対する効率曲線である。保証値を大幅に上回り、最高効率は 97.95% に達している。9 図 10 図は発電機の無負荷線間電圧波形および相電圧波形を示す。各種リアクタンスおよび時定数の測定結果は 1 表のとおりである。自動電圧調整器にはロートコントロールを使用し、工場で総合試験を行った。11 図は励磁機自体の電圧上昇曲線である。

温度上昇推定のため JEC-114 による等価法で温度測定を行ったがきわめて低い値を示し、全負荷定格力率の場合、固定子巻線で約 40°C であった。その他損失角の測定、商用周波および衝撃波による層間および大地間の



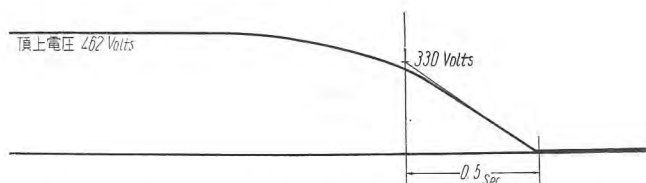
9 図 T-7100 徳島県庁 24,000 kVA 水車発電機
電圧波形、電圧 11,000 V

Fig. 9. Wave form of line voltage (11,000V).



10 図 T-7100 徳島県庁 24,000 kVA 水車発電機
相電圧波形 29-12-18 6,350 V

Fig. 10. Wave form of phase voltage (6,350 V).



11 図 T-7101 徳島県庁 160 kW 主励磁機 電圧上昇オシログラム
Fig. 11. Oscillogram of building-up rate of the main exciter.

絶縁破壊試験等を行い、いずれも好成績をおさめることができた。

4. 運転制御装置

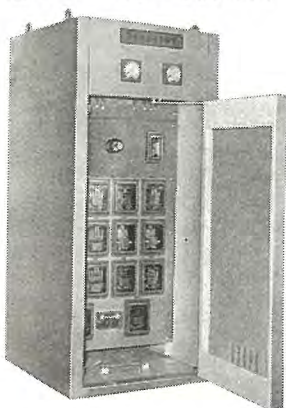
本発電所は完全な半自動1人制御方式であって、起動より並列までは配電盤上の主幹制御開閉器の操作によりまったく自動的に行われ、鉄管制水弁、冷却水給水弁、送配電線の開閉、および負荷調整のみが手動操作で行われる。また、鉄管制水弁から送電線に至るまでの各機器は、特殊のものを除き、すべて単位式として制御系統を整える一方、発電所内の状態監視はことごとく配電盤室にてできるよう集合表示器を設け、さらに堰堤水位と共に制水門扉、取水門扉開度を同期連動式選択計測装置⁽¹⁾を使用して遠方計測できるようになっている。

ア. 起動停止確認装置⁽²⁾

当社が誇る起動停止確認装置は回転体の極低速度を検出するもので、ペルトン水車の背水制動による逆転の防止、全自動発電所の停止確認による冷却水、潤滑油の阻止、あるいは本発電所のような変落差発電所の緩起動装置などきわめて応用範囲の広いもので、すでに東北電力株式会社柳津発電所、中国電力株式会社湯原第1発電所、関西電力株式会社石井発電所などに納入して好評を博しているものである。その動作原理は、規定時間以内に回転体が一定角度を回転し終れば起動と見做すもので、本発電所においては、1次装置を回転計発電機、速度継電器とともに副励磁機軸頂に取付け、2次継電装置を調速機制御盤内に収納している。

イ. 調速機制御装置

調速機は複流副励磁機を電源とする新三菱重工 AIII 型同期電動機駆動ペンジュラム式で、水車起動前に蓄電池電源より副励磁機、および同期電動機を加励し、副励磁機が正規電圧を発生するに至れば界磁回路を開路することなく、安全に、自動的に副励磁機を励磁電源とするよう、界磁切換装置を調速機制御盤に設けている。逆に水車運転中、副励磁機電圧が低下すれば、再び蓄電池より加励されることはもちろんである。また、本発電所は発電所の使用水量が大きく、満水量は発電所常時使用水量の10日分にも満たず、調整池の利用水深は30mにも達する変落差発電所であ



12 図 調速機制御盤
Fig. 12. Governor control cubicle.



13 図 圧油槽油圧変換器、圧油槽油面変換器、水車流量変換器
Fig. 13. Converters for oil pressure, oil level of pressure tank, and water flow of turbine.

るから、前述の起動停止確認装置による緩起動方式⁽²⁾を採用している。12 図はこれらの装置を収納した調速機制御盤で、水車室に設置される関係からキャビネット型とし、盤内にはスペースヒータを設けて露滴の発生を防止している。

ウ. 圧油装置

圧油装置は水車制御装置の中核をなすもので、その確保にはとくに重大な関心が払われている。本発電所の圧油装置は単位式で、45 HP の電動、および小水車ポンプ各1台を備え、常用、予備を任意に選択起動することができるよう構成するとともに、水車運転中は予備機を、停止中は常用機を油圧により制御して、その確保を計っている。また、圧油槽の油面、および油圧を配電盤に伝送指示させ集中監視の一助とし、さらに油面計用変換器には警報接点を内蔵させて、圧油槽油面の異常上昇、異常低下を配電盤に警報表示するようになっている。油面は差圧に変換され、これを F-IT-FW 型流量変換器⁽³⁾と同一原理の F-IT-OL 型油面変換器により、また、油圧は F-T-WL 型水位変換器⁽³⁾と同一原理の F-T-OL 型油圧変換器により、それぞれ直流電流に変換するもので、13 図はこれらの変換器である。いずれも換気を考慮した、体裁のよい防滴型壁掛キャビネットに取付けてある。

エ. 水車流量制限装置

水車の使用流量は F-IT-FW 型流量変換器により配電盤に伝送指示させているが、これを正常流量 20 m³/sec に制限するため、変換器内に継電器接点を設け、水車流量が正常流量を超過した際には警報を発すると同時に、負荷制限電動機を操作して、自動的に案内羽根開度を正常流量に対応する開度まで制限する装置を具備している。

オ. 入口弁封水装置

入口弁全閉後の漏水を防止するため、弁胴に管型ゴムパッキングを取付け、これに圧縮空気を自動封入する。圧縮空気発生装置は水車3台に共通に1組設けられ1HPの誘導電動ポンプを常用、直流電動ポンプを予備機として備えている。前者は直入起動、後者は限時起動とし、いずれも空気槽の気圧継電器により制御され、その起動は配電盤に表示される。常用機の電源喪失、気圧異常低下の場合には予備機が自動起動する。14 図は封水ポンプ制御盤の外観である。



14 図 封水ポンプ制御盤
Fig. 14. Air compressor control cubicle for sealing water main inlet valve.

カ. グリース給油装置

案内羽根軸受などの摺動部に一元的に給油する電動プランジャーポンプを、1日に1回、時限継電器により自動起動する。ポンプから送出されたグリースは、分配弁により規定量だけ供給された後切換弁を動作させ、電動ポンプは自動的に停止する。ポンプの起動渋滞、給油系統故障の際には配電盤に警報表示になっている。

キ. 排水装置

水車主軸パッキング、および案内羽根軸受よりの異常漏水を排水するジェットポンプが1台宛あり、また発電所内の滲透水、冷却器排水などを所外に排水する10HPの誘導電動ポンプ2台、およびジェットポンプ1台があるが、その起動、停止は、いずれも水位に関連して自動的に行われる。

ク. 水車制御用電磁弁

新三菱重工にて新設計された油圧駆動保持式配圧弁にLM型ソレノイドを改造したLMZ型ソレノイドを組合せた斬新なものである。LMZ型ソレノイドは4組の補助接点回路を有するが、これを不燃性透明合成樹脂製のカバーで覆い、接点部分を保護するとともに外部から点検できるようになっている。配圧弁はその全行程の一部をソレノイドで動かされると、残行程を油圧で駆動されて動作状態を続けるもので、ソレノイドの操作把手により簡単に電気回路を断って手動操作もできるなど、細部にわたって新考案がなされている。15図はLMZ型ソレノイドの外観でこの電磁弁は、盤面に圧力計、連成計などを取付けたキャビネット型水車制御盤に収納され、運転、保守に便なるよう調速機と併置されている。16図は据付を完了した水車制御盤およびAⅢ型調速機である。



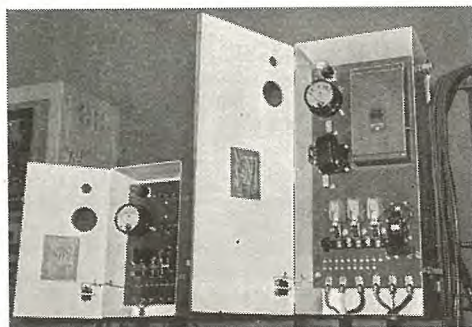
15 図
LMZ 型水車
制御用電磁石
Fig. 15.
Type LMZ
solenoid for
water turbine
control.



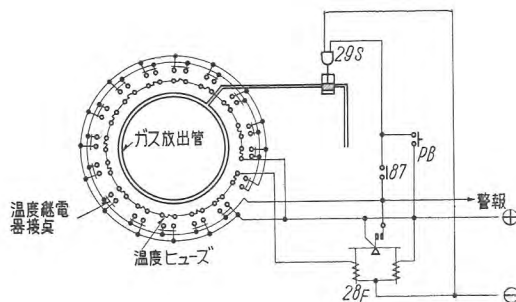
16 図 水車制御盤および
AⅢ 型調速機
Fig. 16. Turbine control
cubicle and Type AⅢ
actuator.

ケ. 直入起動器

本発電所の誘導電動機はすべてカゴ形直入起動式で内部に電源表



17 図 誘導電動機用電磁直入起動器
Fig. 17. Line starter for induction motor.



18 図 炭酸ガス消化装置動作説明図
Fig. 18. Operation diagram of CO₂ fire
extinguishing equipment.

示燈、電流計、ノーヒューズブレーカ、電磁接触器、変流器を収納し、前面に起動停止用押釦を取付けた壁掛型直入起動器箱を使用した。17図はその内部を示すものである。

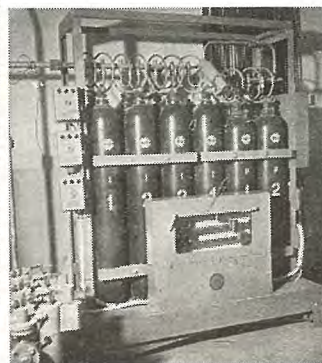
コ. 発電機防湿用電熱器

発電機が停止中、風洞内の湿気による水滴がコイルに凝結付着することのないよう電熱器を設置してあるが、この点滅は、起動停止確認装置により自動的に行われる。

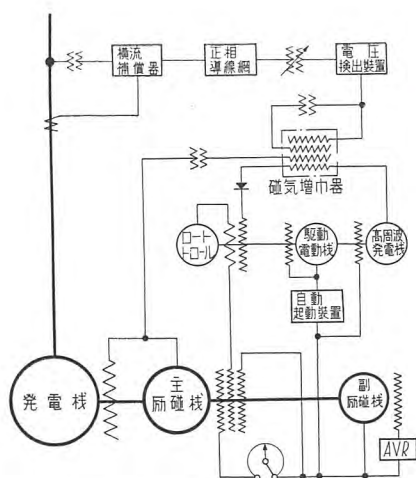
サ. 消火装置

発電機には手動注水消火装置のほかに、自動炭酸ガス消火装置を設けてある。18図はその動作原理を示す説明図である。図において29Sは炭酸ガス放出用ソレノイド、87は発電機内部事故の際動作する差動継電器、PBは危急消火用押釦である。28Fは平衡継電器で、その左脚線輪は固定子周辺に配置された多数の温度ヒューズと直列に接続されて、右脚線軸とともに電源に結ばれている。温度ヒューズが溶断すれば28Fの左脚電磁力は消失し、右脚電磁力によりその接点を閉成するもので、平衡桿には調整用錘を設け、電源停電の際にはその接点を開き誤動作を防止するよう構成されている。発電機に火災が発生して、温度ヒューズと同様に固定子周辺に設けられた温度継電器のいずれか1つが動作するか、ヒューズの溶断により28Fが動作すれば配電盤に警報表示し、同時に発電機に内部事故が発生して87が動作しておれば、29Sを付勢して炭酸ガスを放出し消火する。

消火装置は各発電機に対し、それぞれ1組の完全な消火能力を有する炭酸ガス容器を常備しているため、3台の発電機が同時出火しても支障なく、また一部容器セットを使用した後、ガス充填中にも残部の



19 図
自動炭酸ガ
ス消火装置
Fig. 19.
Automatic
fire
extinguish-
ing device
with CO₂
gas.

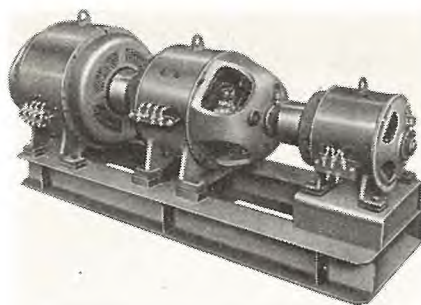


20 図 回転増幅器型自動電圧調整器
Fig. 20. Rotating amplifier type automatic voltage regulator.

述の消火装置動作条件ができれば、まず選択弁用電磁石を付勢して火災機の消火管路を開き、続いて容器弁用電磁石を動作させ、始動容器を開き、そのガス圧によりユニット全部の容器弁を開いて全ガス量の約 55% を瞬間放出し、ついで時限弁の作動により残量を遅延放出し、発電機が停止するまでの漏洩によるガス濃度の低下を補償しながら完全消化を行うものである。19 図は炭酸ガス消火装置で、ガス容器を警報接点付台秤の上に設置し、万一漏洩により炭酸ガスが減量したときには警報するようになっている。

シ. 自動電圧調整器

自動電圧調整器には、磁気増幅器とロートトロールとを組合せた速応励磁式回転増幅型自動電圧調整器⁽⁴⁾を使用している。20 図に示すように発電機端子電圧は横流補償器、正相電圧濾波器、電圧調整変圧器、および電圧検出装置を経て磁気増幅器にその変化を与え、磁気増幅器の出力でロートトロールを励磁している。ロートトロールは、適当な基礎励磁を与えられた主励磁機の調整界磁に、急激な応動変化を与える一方、電圧検出装置および



21 図 ロートトロール、駆動電動機、
磁気増幅器用高周波発電機

Fig. 21. Rototrol, driving motor, and high frequency generator set.

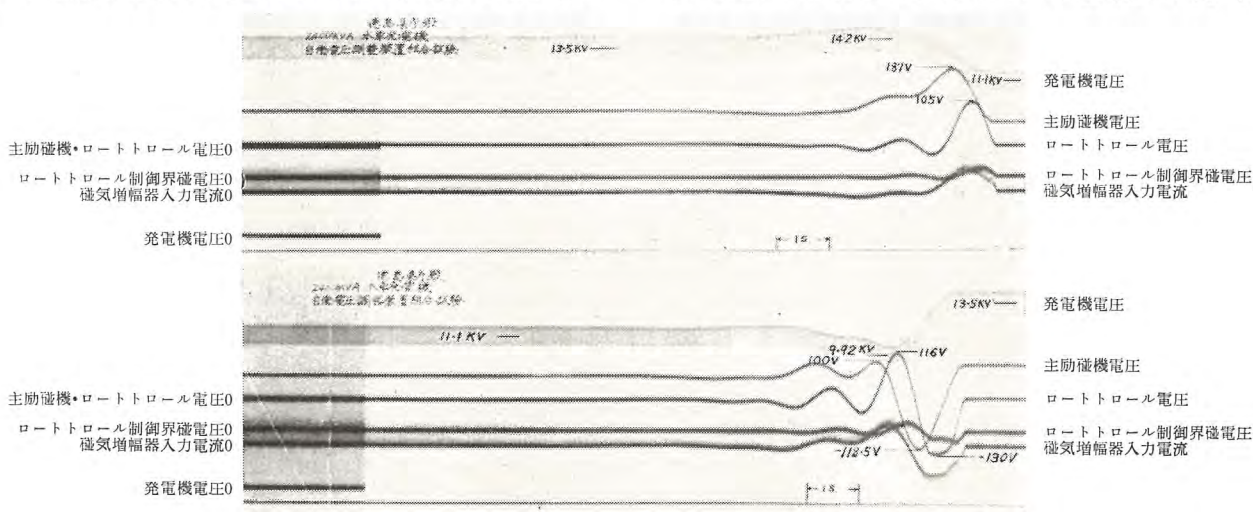
容器セットで各発電機の再出火に対応しうる能力をもっている。前

とんどその影響を受けない。自動電圧調整器の電圧調整範囲は +15%~30% の広範囲なものとし、別に試送電その他必要な場合に発電機電圧を 0 から定格電圧まで、円滑に手動調整しうるよう電動界磁調整器を備えている。ロートトロール制御装置、界磁調整器は、界磁開閉器と共にそれぞれキャビネット型配電盤に収納されている。21 図はロートトロール、駆動電動機、交流補助発電機の外観で、22 図は自動電圧調整器の調整電圧を移行させたときのオシログラムである。

ス. 発電機消磁制御装置

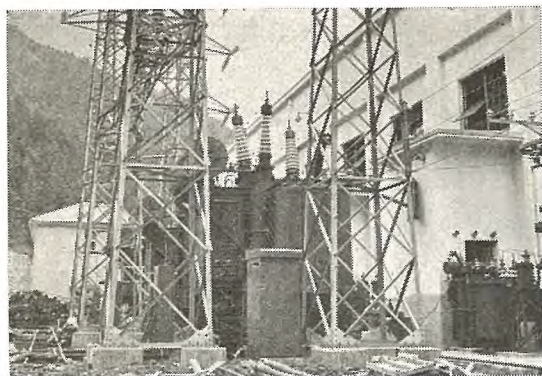
発電機に内部事故が発生すれば、発電機遮断器、界磁開閉器を開き、同時に導翼および入口弁を閉鎖緊錠して非常停止を行わせるが、この場合には発電機電圧を急速に低下させて事故の波及範囲を極限することが望ましい。

一般に発電機界磁回路の時定数は比較的大きく、界磁開閉器を開いて、放電抵抗により界磁回路に蓄積された電磁エネルギーを消滅するには相当な時間を必要とする上、主励磁機の残留電圧による励磁が、発電機界磁の残留磁気と重畳して、界磁開閉器を開いても発電機には 15% 程度の電圧が残存する。発電機電機子巻線の絶縁が破壊された場合には、この残留電圧は事故を拡大、継続することになるので、本発電所では主励磁機に差動界磁を付加し、内部事故が発生すれば、発電機電圧が約 3%



22 図 回転増幅器型自動電圧調整器オシログラム

Fig. 22. Oscillograms under varying regulating voltages of automatic voltage regulator with rototrol.



23 図 主変圧器と送風油機制御盤

Fig. 23. 24,000 kVA Main transformer, and control cubicle for cooling fan and oil circulating pump sets.

以下に低下するまでこの差動界磁のみを励磁し、主励磁機を逆励磁して、発電機界磁の残留磁気をも消失させ急激に電圧を低下させるようになっている。

セ. 主変圧器冷却制御装置

主変圧器 1 台に対し 1/4 HP 送風機 3 台、3 HP 送油機 1 台の送油風冷ユニットを 3 組設け、発電機の並列、解列に従って自動的に起動停止を行わせている。その制御装置は変圧器に併置される耐風雨、

防虫構造の屋外キュービクルに収納し、換気、防湿にはとくに留意している。キュービクル内には電源開閉器、電磁直入起動器、電流計、操作開閉器を設け、手動制御を可能にするとともに、各ユニット毎に、送風機、および送油機に対して別々にノーヒューズ遮断器を置き、任意のユニットをも随時停止して点検できるようになっている。23 図は据付を完了した主変圧器と制御盤である。

ソ. 遮断器断路器操作用圧縮空気制御装置

屋外変電所の碍子型遮断器 8 台および断路器 12 台に対し、設備の重要度から操作用圧縮空気発生装置 2 組を設け、1 組を常用、他を予備としてある。装置 1 組は、5 HP の誘導電動機駆動コンプレッサと、3 HP の直流電動機駆動コンプレッサ、および気蓄槽各 1 基で構成され、気蓄槽内の圧縮空気 13 kg/cm^2 は減圧弁により 7.5 kg/cm^2 および 4.5 kg/cm^2 に減圧されて、それぞれ遮断器および断路器に導かれている。誘導電動機駆動のコンプレッサは常用機として気蓄槽気圧により自動制御され、交流停電、および気圧異常低下の場合に直流電動機駆動のコンプレッサが自動起動する。24 図は屋外変電所にコンプレッサと併置された制御盤である。

タ. 蓄電池充電装置

D-C 110 V, 400 AH の制御電源用蓄電池の充電装置として、50 A, 160 V の水銀整流器を使用し、浮動充電を行っている。さらに、蓄電池をつねに最良状態に保ち、制御電源としての信頼度を一段と向上させるため、充電電流を負帰還する電圧調整方式を採用し、過充電、過放電状態におちいらせることなく、蓄電池の最適電圧で充



24 図

圧縮空気制御盤

Fig. 24. Air compressor control board for operating circuit breakers, and line switches.

電電流が 0 となるよう、移相器により自動的に格子制御を行っている。この方式によれば、蓄電池電圧とその最適電圧との差に比例した充電を行うことになるから、従来の定電圧充電方式のように、蓄電池電圧の値によっては充電電流が過大となるようなことがなく、一番合理的な充電方式といえる。整流器は打抜鋼板を使ったキャビネットに収納し、寒冷時の起動を容易にするため、電熱器を設けてあるが、その回路には温度継電器を挿入して整流器の過熱を防止している。また交流電源の停電を考慮して自動起動装置を備えるかたわら、万一起動渋滞が起れば配電盤に警報するようになっている。

5. 配電盤設備

配電盤は主配電盤 9 面 1 組、補助配電盤 6 面 2 組で構成され、主配電盤は分離机型制御盤を付属させた自立型両面盤、補助配電盤は壁取付型片面垂直盤である。まず特長の概要を列記すると

- (1) 色彩調節を施し配電盤室の壁色とも調和するように、

配電盤表面 . . . マンセル記号 N 6/0

配電盤裏面 . . . " N 9/0

計器継電器枠 . . . " N 4/0

スイッチ把手 " " 7.5 BG 3.2/3.3

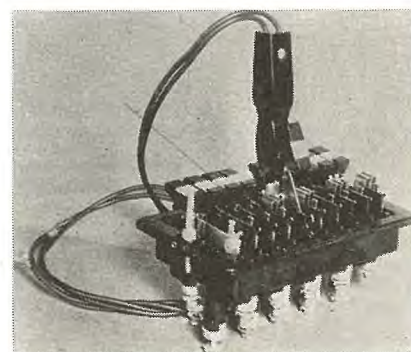
銘板 (文字, 囲み枠) ニッケルメッキ

浮出し

(地) マンセル記号 N 4/0

とした。

- (2) 読み易い K-24 型広角度計器⁽³⁾を使用した。
- (3) 1 次継電器は半埋込引出型を使用し、保守、点検を便ならしめた。
- (4) 計器用変成器の試験端子は 25 図に示す透明カバー付 FT 型試験端子を使用し、そのつまみを相別により色分けしてあるので、PT, CT テストプラグで、安全かつ簡単に変成器の 2 次電圧、電流の測定ができる。



25 図
FT 型試験端子

Fig. 25.
Type FT test terminal.

- (5) スイッチ把手は、模擬母線上に配置した遮断器操作スイッチ、主幹制御開閉器を除きすべて小型とし、用途により把手の形状を変えて識別を容易にし操作の便宜をはかった。
- (6) 直流操作回路は、主配電盤計器面上の電源開閉器により各盤毎に切り分け、接地が起った場合、その箇所を簡単に発見できるよう外部配線とは、スイッチ付端子台で接続することにした。
- (7) 端子台に透明カバーを付属し、刻印した線番号、接続状態などが一瞥してわかるようにした。
- (8) ヒューズ付刃型開閉器のかわりにノーヒューズ遮断器を使用した。

などである。

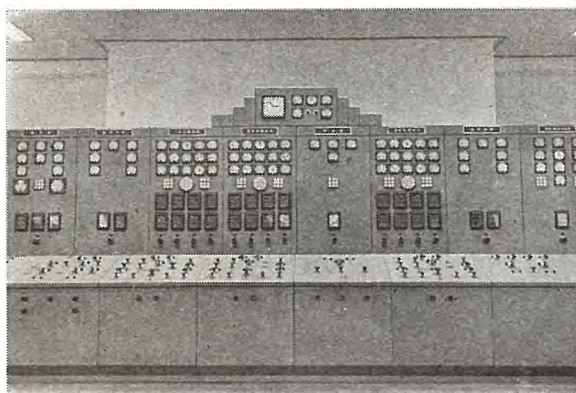
ア. 主 配 電 盤

主配電盤は、発電機盤3面、日野谷送電盤、西送電盤、母線盤、高圧盤、温度水位測定盤、各1面よりなり、正面中央の上部に同期検定、時計盤を取付けてある。

正面は計器盤で、S-LA型運転順序表示器、LS型補機運転表示器、起動条件表示器、DI型集合故障表示器などを取付け、集中監視制御の一助としている。DI型集合故障表示器は、ターゲット式2重表示型で、ターゲットの1つは手動復帰、1つは事故回復自動復帰する。発電機盤には水車流量計、圧油槽油面計、油圧計を取付け、また導翼サーボモータ開度、および負荷制限度は26図の2要素型セルシン式受量器により同一計器上に指示させている。温度水位測定盤には温度計、貯水池水位計のほか、堰堤門扉開度指示計を取付けてある。温度計は抵抗式であるが、定電圧装置と銀接触の切換スイッチとにより、切換スイッチを切換えるのみで発電機固定子、各軸受、および主変圧器の油温度を正確に測定できる。長安口貯水池は日野谷発電所から約8kmの地点にあり、水位変化は30mに達する



26 図 2 要素型セルシン式指示器
Fig. 26.
Two element selsyn type indicator.



27 図 主配電盤計器面および制御機
Fig. 27. Meter panel and control desk of main switchboard.



28 図 主配電盤継電器面
Fig. 28. Relay panel of main switchboard.

の回転角度を直流に変換して伝送しているが、とくに制水門扉6門に対しては、同期連動式遠方選択計測装置を設けて、1門ずつ、任意の門扉の開度を計測できるようになっている。これらの変換器は、いずれも直流電流平衡型であるから電源電圧の影響を受けないことが特長で、伝送線が8kmにもわたって屋外に設置されるので、雷害が直接発電所の直流制御電源を脅かさないよう、計測装置の電源は交流200Vにセレン整流器を使用して発電所の制御電源とは隔離し、さらに両端に真空避雷器を設置した。27図は主配電盤計器面である。

裏面は継電器盤で、高速度型3相用発電機相間短絡、内部接地保護継電器、層間短絡保護継電器のほか、界磁喪失継電器、固定子温度継電器などをも設け、保護の万全を期している。また送電線の保護は方向距離継電器、選択接地継電器、接地電力方向継電器を組合せて行っている。これらの継電器はいずれも高速度型である。また母線盤には発電所の全出力を記録する3要素型総合電力記録計、および送電線母線電圧記録計のほか、カルバンチェの自動オシロ⁽⁵⁾を取付け、送電線の接地電流、電圧などを記録させている。28図は主配電盤継電器面である。

制御機には主幹制御開閉器、遮断器、断路器操作スイッチ、その他各



29 図 運転制御盤、自動電圧調整器盤
Fig. 29. Automatic control, and automatic voltage regulating panel.

種の調整、操作、切換スイッチ、計器切換スイッチなどを取付け、発電所内はもちろん、水圧鉄管入口弁の制御まで、必要な操作は全部ここで行えるものである。机の後側は、内部配線の点検などに便利なよう、扉とし、また 27 図に見られるように前側垂直面の下部は爪先の入る余地を設けて、楽な姿勢でスイッチの操作ができる構造になっている。

イ. 補助配電盤

補助配電盤は、運転制御盤 3 面、自動電圧調整器盤 3 面の 1 組と、自動同期盤、整流器盤、直流盤、交流 100 V 盤各 1 面、交流 200 V 盤 2 面の 1 組とで構成されている。運転制御盤には 1 人制御に必要な操作、補助継電器類を取付けてある。自動電圧調整器盤には SR 型副励磁機自動電圧調整器、電圧検出装置、正相導線網などを取付け、磁気増幅器、ロートコントロール、高周波発電機、駆動電動機など自動電圧調整装置の動作状態が一目してわかるように、各回路の電圧計、電流計を回路別に色分けした模擬母線上に系統的に配列してある。29 図は運転制御盤および自動電圧調整器盤である。自動揃速装置、自動同期検定装置⁽⁶⁾はともに電子管型で、その特性は、揃速時間を周波数差に比例させ、調整周期を周波数差に反比例させて、同期遮断器の閉合時間と周波数差に対応した進み位相において同期検定装置が動作するもので、その性



30 図 所内低圧盤および自動同期盤

Fig. 30. Low voltage switchboard and automatic synchronizing panel.

能の優秀性、確実性は他の追随を許さぬものである。自動同期盤にはこれらの装置のほか、電圧平衡継電器を取付け、電動操作式電圧調整変圧器を操作し、自動電圧調整器の調整電圧を制御して均圧動作を行わせている。交流 200 V 盤、100 V 盤、直流盤などにはノーヒューズ遮断器をデッドフロントに取付け、充電部は盤面に露出させず操作の安全性を期した。ノーヒューズ遮断器は、熱動および電磁引外要素を内蔵する引外自由の遮断器で、最近、ヒューズ付刃型開閉器のかわりに全面的に採用されているものである。30 図はこれらの所内低圧盤および自動同期盤である。

5. む す び

以上、日野谷発電所の発電機、運転制御装置、配電盤設備について概要を記述した。本発電所は、発電所出力の点からも、近代化された諸設備の点からも四国屈指の発電所で、発電機器の性能の優秀性もまたその名に恥じないものがあり、今後果すべき役割に大きな期待が持たれるものである。擧筆するにあたり、機器の設計、製作に対して多大の助言とご協力を賜った徳島県の関係各位に深甚な謝意を表するものである。

参 考 文 献

- (1) 大木：笠寺変電所向遠方監視制御装置「三菱電機」28, 327 (昭 29-7)
- (2) 尾畑：水力発電所新制御方式の 2, 3「三菱電機」28, 475 (昭 29-10)
- (3) 岡本：最近の配電盤計器「三菱電機」29, 98 (昭 30-2)
- (4) 新谷：増幅器型自動電圧調整器「三菱電機」28, 473 (昭 29-10)
- (5) 斎藤：自動オシログラフ「電気計算」19, 975 (昭 26-12)
- 高木、西堀：仏国製自動オシロの使用実績
吉田、小川、加藤：「オーム」40, 1129 (昭 28-11)
- (6) 尾畑：自動揃速装置および自動同期装置「三菱電機」18, 277 (昭 17-9)
- 尾畑：水車発電機新制御方式の 2, 3「オーム」39, 126 (昭 27-3)

電 磁 ク ラ ッ チ 付 同 期 電 動 機

神戸製作所 斎藤 寛*・松村 敏三*

Synchronous Motors with Magnetic Clutches

Kobe Works Hiroshi SAITO・Toshizo MATSUMURA

Synchronous motors have lately come into the fields where induction motors were thought to be an only answer. Cement mills and steam power station are among them. The reason is that varied improvements were made to overcome the defect of the synchronous motor in the starting with heavy loads on. Synchronous motors with magnetic clutches are not very new, but their improved types are much simpler, easier in handling and more dependable than old designs. They are now playing the part to boost the utilization of the motor to new fields.

1. ま え が き

従来誘導電動機が適当であると考えられていた電動力応用の分野に対して、近年多くの同期電動機が用いられるようになってきた。その1つとして、セメント工場における原料あるいは焼塊粉碎、火力発電所における石炭粉碎等に用いられるチューブミル・ボールミル駆動の如き重負荷起動にも、多数同期電動機が用いられるようになった。これは従来同期電動機が誘導電動機に比して、欠点とされていた起動特性について、種々の改良が行われ、この種の重負荷起動に対しても、充分に実用し得るようになったためである。

電磁クラッチ付同期電動機（以下クラッチモータと称す）は従来から製作していたが、今回種々著しい改良を加え、構造簡単・取扱容易かつ信頼度もきわめて高く、重負荷起動用同期電動機として最も適した電動機として、新型クラッチモータを製作したので、その大要をここに紹介し同時に同期電動機についても、その利点や起動特性などに関して、若干説明したい。

2. 同 期 電 動 機

同期電動機が誘導電動機に比して、すぐれていると考えられる主な点はつぎのとおりである。

- (1) 力率調整が自由で、進み力率でも使用できる。したがって工場全体の力率改善に役立たせることができる。
- (2) 空隙が大である。
- (3) 回転子は凸極型で構造が堅牢簡単である。
- (4) 能率および力率が良好であり、とくに軽負荷における能率および力率がすぐれている。
- (5) 最大回転力が励磁電流の変化により、或る程度調整できる。

しかしながら起動特性については、同一起動回転力に対し大なる起動電流を必要とし、また同期牽入という過程

をも必要とする。この欠点が同期電動機の応用を阻んできた大きい原因であったが、近時起動特性の改良とこれに加えて受電容量の増大に伴う許容起動電流の増加により、大いにその応用分野がひろめられてきたわけである。同期電動機に要求される起動回転力・牽入回転力・脱出回転力は、負荷の種類によって異なるが、これらを大別すると、つぎの3種類に分類することができる。

- (1) 起動回転力・牽入回転力共に小なるもの
- (2) 起動回転力小、牽入回転力大なるもの
- (3) 起動回転力・牽入回転力共に大なるもの

(3) 項に属する負荷に対して用いられる同期電動機はいわゆる重負荷起動用同期電動機である。起動回転力と牽入回転力とは本来両立し難い性質をもっている。したがって普通の同期電動機を使用することはできないので、ここに特殊の型式の電動機を必要とするわけである。現在用いられているこの種の同期電動機を大別すると、つぎの2種類に大別することができる。

- (1) 負荷に関係なく、まず電動機のみを起動し、同期牽入を行い同期電動機の状態にした後、なんらかの方法により負荷を起動するもの
- (2) 電動機起動と同時に負荷を起動するもの

前者に属するものが、超同期電動機・クラッチモータなどであり、後者に属するものに、高起動回転力同期電動機・誘導同期電動機・シンプレックスモータなどがある。おのおのについての説明は本論文では省略するが、要するにこの種の負荷は同期電動機にとって、最も苛酷な起動特性を要求するものである。とくに同期牽入について然りである。

ここに簡単に同期牽入について述べたい。同期電動機は一般に磁極頭部に巻かれた制動巻線により、誘導電動機として起動される。誘導電動機としての最高速度に達した後、界磁巻線に直流励磁を与えて同期化する。これを同期牽入というが、同期牽入の可否を決定する要素はいろいろあり、その主なものを挙げると、つぎのような

ものがある。

(1) 直流励磁が与えられたときの速度

……誘導電動機として加速し得る最高速度

(2) 負荷を含めた全回転部分の慣性 (GD^2)

(3) 直流励磁が与えられた瞬間の固定子磁極と回転子磁極との相差角

(4) 直流磁極の強さ

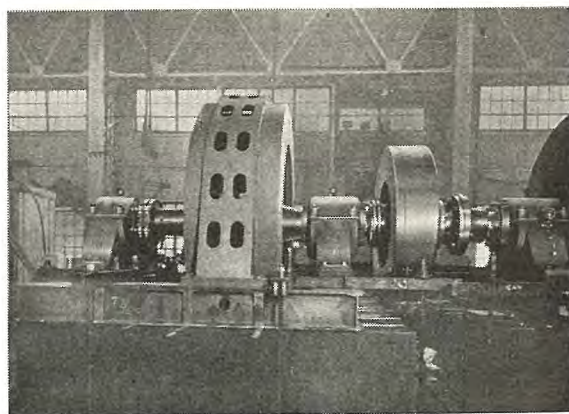
(5) 直流励磁が与えられたときに負っている負荷の大きさ

などである。この中で(1)(2)(5)項が最も大なる影響を与えるものと考えられる。すなわち慣性が大であれば、誘導電動機として加速し得る速度を、できるだけ同期速度に近づけなければならない、一般にこのような場合には、同期速度の 97.5~98% 程度までに加速する必要があるといわれている⁽¹⁾。したがって同期牽入の可否をあらわすのに、回転力ではなくて滑りであらわし、すなわちこの負荷は何%滑り以下でなければならないという表現方法を行うことが最も妥当であると考えられる。かくして慣性の大きさより、滑りの値を決めまた同期牽入をする時の負荷回転力の大きさは負荷の種類により決定されるから、この両者より電動機の同期牽入に必要な特性は必然的に決定されるわけである。

セメントミル・石炭ミルのような負荷は、慣性も大でありまた同期牽入をするときの負荷回転力も大であって、全負荷回転力に相当する大きさであるから、同期牽入については最も厄介な負荷ではあるが、負荷の特性さえ十分に究明しておれば、大して困難ではない。ましてクラッチモータにおいては、さきに述べたように同期牽入は無負荷の状態で行い、同期化後において負荷起動を行うので、まったく問題なくしたがって同期牽入についてはなんら特性上に特別な考慮を払う必要もなく、またきわめて容易に同期牽入が可能である。

3. クラッチモータの構造

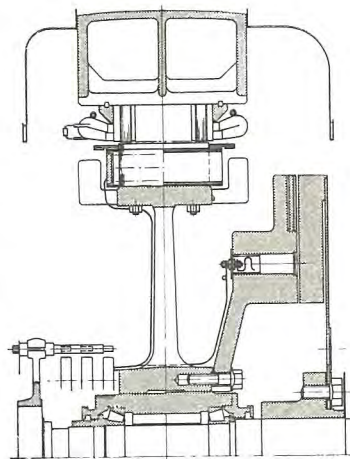
当社のクラッチモータは普通の型式の同期電動機の軸端に、CM-B 型電磁クラッチを付した構造としている。すなわち電磁クラッチを接手として用いている。したがって電動機としてはなんら構造上変わったものはなく、まったく普通の型式のものである。1 図にその外観を示す。従来から製作されていたクラッチモータは、2 図に示すとおり、電動機とクラッチとを一体としたものであって、構造が若干複雑となるので、今回のものは上述のようにクラッチを電動機の軸端に接手として付した構造を採用した。このような型式を採用することにより、構造が簡単になるほかに、クラッチの摩擦ライニングの交換が据付状態のままで容易に行い得る利点が得られる。また従来のものに比して軸方向に長くなるのではないかということも考えられるが、セメントミルについては、従来使用されていた接手の長さ、CM-B 型電磁クラッチの長さ、大差ないのでその懸念はない。



1 図 三菱セメント納入 1,000 HP クラッチモータ
Fig. 1. 1,000 HP Clutch motor for Mitsubishi Cement.

4. 電磁クラッチの構造

CM-B 型電磁クラッチは、主動機械と従動機械の連結部にとりつけて両者を任意に結合または開放させ、過負荷の際にはクラッチにおいて滑りを生じて連結機械を保護させる装置であって、動力伝達のための摩擦部分と摩擦力を発生させるための磁気回路と



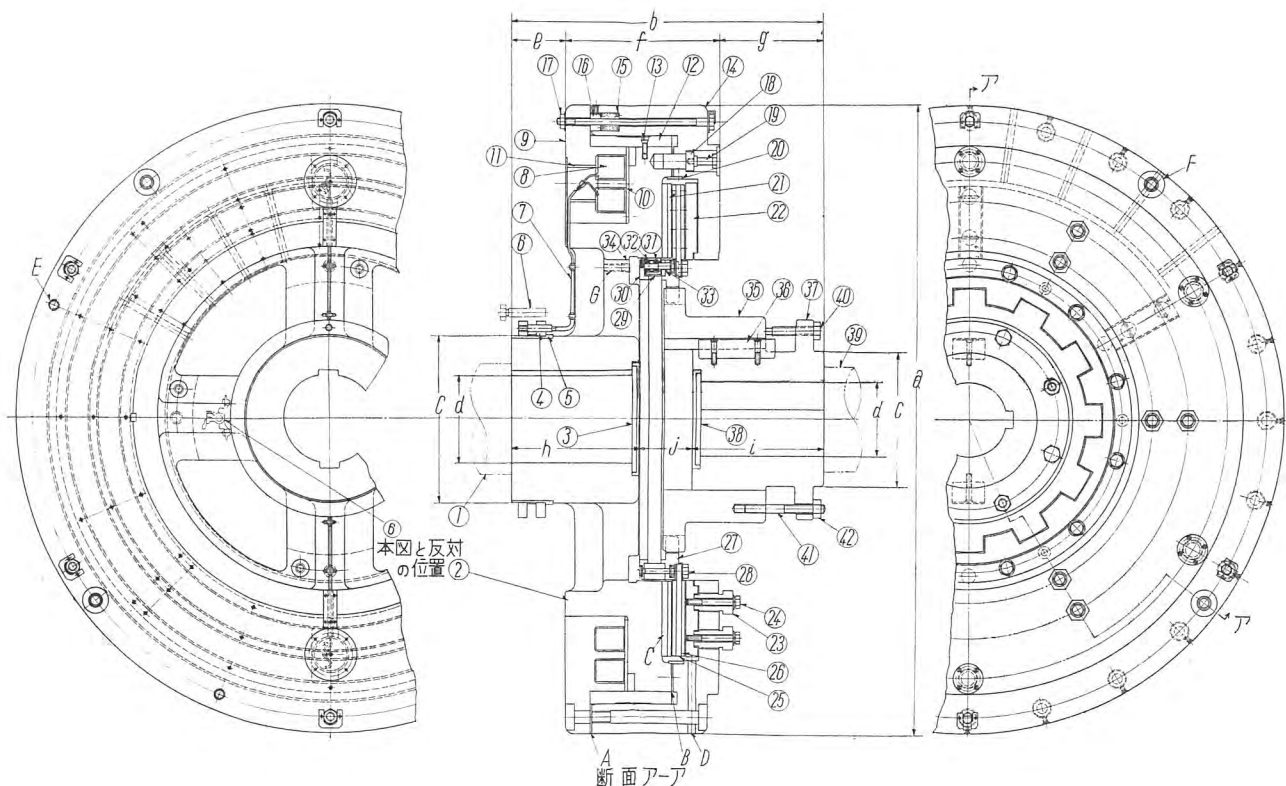
2 図 旧型クラッチモータの構造
Fig. 2. Construction of former type clutch motor.

からなる電磁式摩擦クラッチである。電磁クラッチとしては各種型式のものがありそれぞれに特長をもっているが、CM-B 型電磁クラッチは比較的大きいトルクを伝達する大型電磁クラッチとして、従来の単一摩擦面式電磁クラッチにおいて経験された欠点を改良した新型電磁クラッチである。1 表にその標準仕様を示す。また 3 図はその最新の構造図であるが、これに基いて以下にその構造を述べる。

①は主動軸々端、②は主動軸々端にはめこまれた鋳鋼製クラッチ・スパイダ、③は主動軸々端面にボルト締めされたスパイダ抜止用円板、④はスリップ・リング、⑤は刷子保持器、⑥はスパイダに圧入された鋳鋼製クラッチ・フィールド、⑦は励磁コイルを抑える円輪蓋、⑧は導線、⑨は励磁コイルとを接続するための絶縁ブッシュ、⑩はスパイダとフィールド両者の外周にはめこまれ、スパイダに固定された黄銅製円筒、⑪は円筒⑩にゆるくはめこまれたクラッチ・アーマチュア、⑫は空隙 A のアーマチュア面に等間隔に開けられた穴に挿入された圧縮蔓巻ばね、⑬は圧縮蔓巻ばねとフィールド面間に挿入された間隔片、⑭はフィールドとアーマチュア間の空隙 A にクラッチ開放時に所定の空隙値を保たせるために等間隔

1 表 CM-B 型電磁クラッチ標準仕様一覧表

| 型 番 CM-B | 最大摩擦 トルク kg-m | 最大馬力 100 rpm において | 所要電力 kW | ライニング 面積 cm ² | 全重量 kg | 寸 法 (mm) | | | | | | | | | |
|-------------|---------------------|-------------------------|------------|--------------------------------|-----------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | | | | A | B | C | D最大 | E | F | G | H | I | J |
| 1002 | 2,000 | 280 | 1.0 | 2,000 | 1,300 | 1,000 | 590 | 260 | 150 | 143 | 270 | 177 | 270 | 220 | 100 |
| 1252 | 5,000 | 700 | 1.3 | 3,000 | 2,300 | 1,250 | 640 | 320 | 180 | 143 | 290 | 207 | 290 | 250 | 100 |
| 1502 | 10,000 | 1,400 | 1.8 | 4,000 | 4,200 | 1,500 | 705 | 380 | 220 | 143 | 330 | 232 | 320 | 280 | 105 |
| 1752 | 16,000 | 2,230 | 2.6 | 6,000 | 5,200 | 1,750 | 760 | 470 | 270 | 143 | 355 | 262 | 340 | 300 | 110 |
| 2002 | 25,000 | 3,480 | 3.2 | 8,000 | 7,600 | 2,000 | 835 | 560 | 320 | 143 | 400 | 292 | 380 | 340 | 115 |



3 図 CM-B 型電磁クラッチ構造図
Fig. 3. Type CM-B magnetic clutch.

に配置された通しボルトである。⑬はアーマチュアに固定せられ、空隙 B を隔ててスパイダ面の穴に挿入されたピン、⑭はピン⑬の抜止用ボルト、⑮は空隙 B のアーマチュア内縁に貼布された合成ゴムのシールであって、摩擦ライニングの磨耗粉が空隙 B に侵入するのを防止する。⑯はスパイダに取付けられた鋼板製主動摩擦板、⑰は主動摩擦板で 6 枚の同形の鋼板によって 1 個の円輪を形成させ、摩擦面が平面になるようにしてある。摩擦面側の板には円周方向に長手の溝を開け、裏側の板とボルト締めして、不均一な摩擦熱による円輪の膨脹収縮を無理なく行わせて円輪の熱歪を防止している。⑱はクラッチ動作時における A、B の空隙値を調整するための空隙調整ねじであって、その先端は主動摩擦板⑰を形成している各板に開けられた 2 個の座ぐり穴に挿入されている。⑲は摩擦板固定ボルトである。⑳は鋼板製從動摩擦板、㉑は從動摩擦板の両面に鉋によってカシメ付けられている摩擦ライニング、㉒は從動摩擦板取付輪であって、その内周は從動ハブ㉓のスプラインに嚙合う。

②⑩はいずれもリーマボルトにて従動摩擦板取付輪に固定されたコロ保持輪であって、②は円周等間隔に6個の切欠を有し、この切欠にコロ③が一对の密封型球軸受⑪を介して軸⑬によってコロ保持輪に取付けられている。軸⑬は偏心軸であって、コロ保持輪をスパイダのコロ転走面に挿入する際に、各コロを転走面に均等に接触させ、しかも従動摩擦板取付輪のスプライン中心を主動軸①の中心に合わせるようにそれぞれの偏心軸を微動して調整することができる。⑭は残留磁気によって鋼同士が接着するのを防ぐための間隔片であって、摩擦ライニング取替作業を容易にするものである。⑮は軸方向に摺動し得る鋳鋼製従動ハブで、そのフランジ部外周のスプラインによって従動摩擦板取付輪のスプラインと噛合っている。⑯のスプラインは普通の直線歯であるが、⑮のスプラインは歯の側面(当り面)がグラウンディングされ、かつ両スプライン間の頂隙側隙も充分にとって可撓性をもたせてある。⑰は従動ハブと従動ボスの摺動部分に挿入されたフェザー、キー、⑱は従動軸々端に固定された鋳鋼



4 図 クラッチスパイダ
Fig. 4. Clutch spider.



5 図 クラッチアーマチュア
Fig. 5. Clutch armature.



6 図 従動摩擦板取付輪
Fig. 6. Friction plates mounting ring.

製クラッチ従動ボス、③は従動軸々端⑨の端面にボルト締めされる従動ボス抜止用円板、⑩は従動ボスのフランジ部のねじ穴にねじこまれ、従動ハブを軸方向に押すためのボルト、⑪は一端を従動ハブの端面に等間隔に植込まれた植込ボルトで、その他端は従動ボスのフランジ部に開けられたバカ穴を通してあり、ナット⑫によって従動ハブを従動ボスのフランジ側へ引寄せするためのものである。4 図にスパイダを、5 図にアーマチュアを、6 図に従動摩擦板取付輪をそれぞれ示す。

なお、 A, B は磁気回路の途中にある空隙、 C はスパイダと主動摩擦板②の間に放射状に設けられた多数の溝で、アーマチュアに開けられた多数の放射状穴 D と共に空気通路を形成し、主動軸が回転中はファン作用によってスパイダのコロ転走面とコロ保持輪の間の隙間より外部空気を吸引し、摩擦ライニング摩耗粉を D の穴より外部に排除すると共にクラッチ摩擦面の放熱作用をも営むものである。 E はアーマチュアをスパイダから取外す時にアーマチュアを押すためにねじこむボルト用のねじ穴で円周に 4 ヲ所ある。 F はアーマチュアをスパイダにはめこむ時に使用する特殊両ねじボルト用の穴である。ただし F, F はいずれもクレーンあるいは床面にアーマチュアを受ける案内コロの設備のある場合には使用する必要がない。 G は従動摩擦板取替時にコロ保持輪を押出するためのボルト用ねじ穴である。

5. クラッチモータの機能動作

クラッチモータの起動はまず電動機のみを起動する。この場合まだ電磁クラッチは動作していないから、負荷に無関係に起動することができる。このままの状態にて直流励磁を与えて同期牽入を行い、電動機を同期運転の状態とする。したがって電動機としては、起動回転力率入回転力は共に全負荷回転力の 10~15% 程度で充分であり、起動電流もまた充分に低減することができる。これらの起動操作は普通型同期電動機とまったく同一であって、起動リアクタまたは起動補償器による減電圧起動である。

つぎに電磁クラッチを動作せしめて負荷起動を行うが、これらの過程について以下少しく詳細に述べてみたい。

まず電磁クラッチの励磁コイルに直流電流を通じる

と、励磁コイル回路の時定数に応じて電流が増加し、或る時間後に所定の値に達する。必要に応じてこの時定数についてはとくに小さくするようにしたり、あるいは過励磁を与えて早く励磁電流が所定値に達するように考慮が払われる場合もある。

励磁コイルに電流を通じると、その増加に伴い電磁石の吸引

力が増し、摺動部分の摩擦およびばねに打勝つ大きさになると、アーマチュアが動きはじめる。これまでの時間はいわゆる Dead Time に相当し、ごくわずかの時間である。つぎにさらに吸引力が増加すると、アーマチュアはフィールドに吸引され空隙 B に相当するだけ動く。この時間もまたごく短い時間である。

かくしてクラッチの摩擦面にはじめて面圧が生じ、電動機に負荷がかかりはじめたことになる。

さらに電流が増加し吸引力も増し、したがって面圧が増し伝達回転力が増え、それに応じて電動機の負荷も増加してゆく。しかしまだ負荷は全然回転しておらず、したがって摩擦面は同期速度で滑っていることになる。クラッチの伝達回転力が負荷を起動するに必要な回転力以上に達した時に、負荷は回転しはじめる。かくして(クラッチの伝達回転力—負荷の反抗回転力)に相当する大きさの加速回転力により加速されて、同期運転されるわけである。なおこの間クラッチ摩擦面は、その滑り速度は漸次減少するが、滑っているわけである。負荷加速に要する時間は負荷の全回転部分の蓄勢輪効果と上述の加速回転力により決定される。すなわち負荷の GD^2 と起動時の反抗回転力が問題になってくるわけである。これらは負荷の種類による。クラッチモータが最も多く用いられるセメントミルについては、別項に詳細に述べることにする。

以上クラッチモータの起動について説明したが、負荷起動時において電動機にかかる負荷の大きさはどうなるかをここに要約すると、クラッチの接触部に面圧が生ずるまで、すなわち接触面が互に接するまでは無負荷である。この面圧の増加すなわち吸引力の増加に伴い、負荷が漸次増加する。負荷を加速し終るまでは、クラッチの伝達回転力に等しい負荷がかかるが、加速が終り負荷が同期運転に入れば、負荷の要求する大きさになる。

負荷起動に際しては超同期電動機のように、ブレーキバンドの締付による場合には、電動機に加わるショックを考えて、最初から大きな制動回転力を加えることはできない。したがってブレーキによる制動回転力は最初は小さく、時間の経過すなわち速度の上昇に伴い大となるので、電動機にかかる負荷はこれに伴い増加し、かつ起動時間を相当大にしないと負荷を加速するに要するエネルギーはいかなる場合でも負荷の条件が同一であれば一定

不変であるから、最初小であれば終りの方で大きいエネルギーを必要とし、しかも短時間にこれを必要とするときは、電動機に大きい尖頭負荷がかかり、場合によっては脱調ということになるので、電動機入力電流による摩擦面の面圧すなわちブレーキバンドの締付力の調整を行う必要があるわけである。

これに対してクラッチモータの場合、摩擦面の面圧は電磁石の吸引力すなわち励磁電流によるわけである。動作の確実という点から、励磁回路の時定数をできるだけ小さくするように考慮を払っているが、実際には或る程度の大きさの時定数をもっているから、負荷起動の際最初のショックはまったくなく円滑に起動する。励磁回路の時定数は前述のように極力小さくするように考慮されているから、起動後短時間にて接触面の面圧は大となり、クラッチの伝達回転力も大となり、したがって加速回転力も起動の初期から相当大となり、相当短い時間に負荷起動を行っても、電動機に大なる尖頭負荷をかけることなく、したがって電動機入力電流による面圧の調整は不要になる。

かくして負荷起動完了後は、まったく普通の同期電動機と同一にてなら変る所はない。

負荷停止の場合には、励磁電流を断てば吸引力が漸次減少しこれに伴い接触面の面圧が小となり、伝達回転力は小となり、遂にクラッチの戻しばねによりその接触面の接触はなくなり、したがってクラッチは回転力を伝達しなくなる。

通常停止の場合には、その停止時間はあまり問題にならないが、後述のチューブミル・ボールミル駆動などの場合、ミルの寸動（インチング）に関係あり急速に停止するように、停止に際してはクラッチ励磁コイルを逆励磁し、吸引力を速かに消滅せしめて急速に停止するよう考慮を払っている。

6. クラッチの機能動作

刷子保持器⑥、スリップ・リング⑤を通してクラッチの励磁コイル⑧に外部電源より直流電流を送れば、フィールド⑨→空隙A→アーマチュア⑭→空隙B→スパイダ②→フィールド⑨を通る1つの磁気回路が構成される。したがってアーマチュア⑭は空隙A、Bに生ずる磁気吸引力によって蔓巻ばね⑮の圧縮力に抗してフィールド側に吸引され、微小空隙A、Bを隔ててスパイダおよびフィールドに対向する。しかしてこの磁気吸引力によって従動摩擦板⑮を主動摩擦板⑭⑯の間に挟み、ここに発生する摩擦力によって主動側から従動側へトルクを伝達せしめる。この場合ピン⑧は主動摩擦板⑭の摩擦面が負担すべき伝達トルクを受持つものである。励磁コイルへの通電を断てば蔓巻ばね⑮の圧縮力は残留磁力に打勝ってアーマチュアを最初の位置まで押戻し、摩擦面間には圧縮力がなくなるからトルクの伝達はできなくなる。

クラッチの開閉動作の初期においては、主従動摩擦面

間に滑りが生じて摩擦熱が発生し、摩擦ライニングは使用中に次第に磨耗してくる。したがってクラッチ結合時の空隙A、Bもまた次第に狭くなってくる。磁気回路の空隙が狭くなればそこに発生する磁気吸引力は増加してクラッチの摩擦トルクも大きくなるが、空隙A、Bが零になった場合には摩擦面間にはもはや摩擦力が発生しなくなるから、空隙A、Bが零にならないうちにそれらを所定の値にまで広げておく必要がある。このためにはまず励磁コイルの電源を切ってクラッチを開放状態にし、空隙調整ねじ⑳⑳の中心にある主動摩擦板㉑の締付ボルト㉒を全部緩める。つぎに空隙Aに等間隔に所定厚みのライナを適当数挿入した上で、励磁コイルに送電しアーマチュアをフィールド側に吸引せしめる。しかる後に全部の空隙調整ねじを十分に締めこみ、最後に締付ボルト㉒を全部締めて励磁コイルの電源を切れば、アーマチュアは元の位置に戻り、クラッチ結合時の空隙A、Bに所定の値を保たせることができる。

クラッチ結合時には従動摩擦板㉓は2枚の主動摩擦板㉑㉒によって強固に挟みつけられた状態にあるから、従動摩擦板と従動ハブ㉔の連結部分に可撓性がないと、主従動軸①㉕が偏心している場合には当然軸振れが起り運転に支障を来す恐れがある。そこで可撓性をもたせるためにこの連結部分にスプライン接手を使用すれば、

- (1) 主動軸々端の回転中心
 - (2) 従動摩擦板スプラインの中心
 - (3) 従動軸々端の回転中心(従動ハブスプライン中心)
- 上記3中心の在り方がスプラインの可撓性を左右することになる。すなわち(1)と(3)が同心の時は(2)がこれらに合っていないくても回転に支障はない。すなわちこの場合はスプラインの可撓性ということは問題にならない。

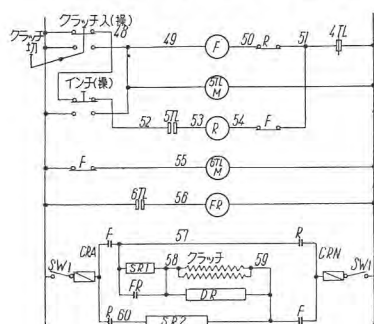
つぎに(1)と(2)が同心で(3)がこれにあっていない時は、偏心方向によってできる或る一定の位置における歯のみで動力を伝達し、この位置に来た歯はつぎつぎに荷重を受けながら歯の接触面において偏心量に相当する滑りを生じてつぎの歯に負荷を移してゆく。すなわちこの場合にはスプラインは可撓性を有することになる。ただしこの場合スプラインの頂隙側隙は偏心量の2倍以上あり、しかも歯の接触点の接触角度がその摩擦角度よりも大きくなるようにスプラインが設計されていることが必要である。

最後に(1)(2)(3)がいずれも合っていない時は、歯の噛合状態は複雑に変化して歯にこじれの生ずる部分ができ、そのために主従動軸に軸振れが出ることになる。すなわちこの場合にはスプラインに可撓性がないことになる。したがって従動摩擦板と従動ハブを単にスプラインで連結しただけでは、クラッチ開放時において従動摩擦板はスプラインの頂隙あるいは側隙量だけ自重によって降下し、このような状態のもとでクラッチが結合されることになるから、もし主従動軸々端の中心が一致していない場合にはスプラインの可撓性が失われるわけであ

る。本クラッチでは従動摩擦板②⑤を取付輪②③に固定し、この取付輪の円周上にコロ③④を取付けてこれを主動軸々端中心と同心に仕上げたスパイダ②のコロ転走面で保持させ、各コロの偏心軸③を微動調整することによって取付輪スプラインの中心を主動軸々端中心に正確に一致させることができるようにした。その結果スプラインの頂隙側隙量の範囲内の主従動軸の偏心に対しては過大の軸振れを起すことなく安全に運転することができ、しかも従動摩擦板取付輪はコロの転走面およびスプラインに沿って軸方向に摺動することもできるから、クラッチの結合開放動作は確実に行われる。

摩擦ライニング②⑤の取りかえの場合は

- (1) 従動摩擦板②⑤を取付輪②③に締付けているボルト②⑦を全部抜去り、取付輪をスパイダの方へ一杯に押して従動摩擦板を取付輪から外す。
- (2) 従動ボス③⑦のフランジ部にある4本のボルト④⑩を抜戻しておき、植込ボルト④⑪にかけてあるナット④⑫を交互にねじこんで、従動ハブ③⑤を従動ボスのフランジ面に接着するまで引寄せ、取付輪と従動ハブの間のスプラインの噛合せを外す。
- (3) 通しボルト④⑬を全部引抜いてクレーンあるいはアーマチュアの下に設置した案内コロによってアーマチュア④⑭をスパイダ②から取外す。
- (4) しかるときは従動摩擦板はスパイダと従動ハブおよびアーマチュア間にできた隙間から自然に床上に落下し、外部に取出すことができる。



7 図 CM-B 型電磁クラッチ制御回路
Fig. 7. Type CM-B magnetic clutch control circuit.

7. クラッチの制御回路

CM-B 型電磁クラッチは独特の電気制御回路を併用することにより、遠隔操作および迅速確実な開閉動作を行わせ、両者相伴って本クラッチの優秀な性能を遺憾なく発揮させている。7 図に制御回路の結線図を示す。

天秤式操作スイッチが切の状態では

- 49 回路 リレー F 閉, 接点 R 閉, リレー $5TLM$ 閉.
 52 回路 接点 $5TL$ 閉, リレー R 開, 接点 F 閉.
 55 回路 接点 F 閉, リレー $6TLM$ 閉.
 56 回路 接点 $6TL$ 閉, リレー FR 閉.

クラッチ励磁コイル回路 接点 F 開, 接点 R 開, 接点 FR 閉.

また操作スイッチが入の状態では

- 49 回路 リレー F 閉, 接点 R 閉, リレー $5TLM$ 閉.
 52 回路 接点 $5TL$ 閉 (fime lag), リレー R 開, 接点 F 開.

- 55 回路 接点 F 開, リレー $6TLM$ 閉.

- 56 回路 接点 $6TL$ 閉 (fime lag), リレー FR 開.

クラッチ励磁コイル回路 接点 F 閉, 接点 R 開, 接点 FR 開 (fime lag).

すなわち操作スイッチが入にすれば、クラッチ励磁コイル回路の2個の接点 F が閉じ、電流は $F \rightarrow FR \rightarrow$ コイル $\rightarrow F$ を流れる。しかるに操作スイッチを入と同時に55回路の接点 F は開き、リレー $6TLM$ も開くが、56回路の接点 $6TL$ は $6TLM$ との間に fime lag がもたせてあるので $6TLM$ よりも少し遅れて開く。したがってリレー FR も遅れて開き、接点 FR はスイッチを入れてから暫く閉の状態を保った後に開となり、コイルの電流は $F \rightarrow SR1 \rightarrow$ コイル $\rightarrow F$ を流れることになる。すなわち起動直後は直列抵抗 $SR1$ は短絡されてクラッチの励磁コイルには大きな電流が流れ、暫くして接点 FR が開いて正常状態になる。これは起動時の磁気吸引力を強大にすると共にコイルの時定数を減少させ励磁電流の立上りを速かにし、アーマチュアを迅速平滑に吸引させるためである。

つぎに操作スイッチを切にすれば、クラッチ励磁コイル回路の2個の接点 F が開いて R が閉じ、電流は $R \rightarrow SR2 \rightarrow$ コイル $\rightarrow FR \rightarrow R$ を流れる。すなわちクラッチは逆励磁されることになる。スイッチを切ると同時にリレー F が開き、52回路および55回路の接点 F が閉じて52回路に電流が流れる。そして $5TLM$ はリレー F と同時に開くが、 $5TL$ は $5TLM$ との間に fime lag をもたせてあるので、 $5TLM$ よりも少し遅れて開く。したがってリレー R も遅れて開き、クラッチ励磁コイル回路の接点 R も暫く閉の状態を保った後に開となり、コイルへの通電は断たれる。55回路の接点 F が閉じることにより $6TLM$, $6TL$, リレー FR の順に閉じ、接点 FR は閉の状態に保持される。これはクラッチ開放時に残留磁気を急速に打消して、アーマチュアの離脱を迅速ならしめるためである。

インテング (寸動) 操作スイッチは前述のセメントミル用としてとくに設けたもので、これは跳返式ボタンスイッチである。すなわちボタンを押せば操作スイッチが入ったのと同じ状態になり、ボタンを放せば操作スイッチを切ったのと同じ状態になる。

8. クラッチモータの特長

電磁クラッチそのものについての特長は、すでにのべたが本項ではクラッチモータ一般について、その特長を述べることにする。

- (1) 起動電流が小さい。

電動機は無負荷起動するため、起動回転力、牽入回転力は共に小さくてよく、起動リアクタまたは起動補償器

を用いて減電圧起動し、極力起動電流を低減することが可能であって、通常起動リアクタによる場合には全負荷電流の約 200%，起動補償器による場合には約全負荷電流程度となり、非常に少ない値となる。

(2) 電動機は標準設計のものでよい。

電動機の脱出回転力が負荷起動に要する回転力より大であることが必要である。定格力率によりその値は異なるが、標準設計による電動機でも大体 150～180% 程度の脱出回転力を有しているから、クラッチモータに使用する同期電動機は標準設計のものでよく、重負荷起動用として特性上なんら特別の考慮を払う必要はない。

(3) 電動機は普通型同期電動機と同一構造である。

電動機の構造はまったく普通型同期電動機と同一構造であって、超同期電動機のように固定子が起動の際回転するため、固定子枠の構造が特殊構造になるとか、また軸受が 2 重軸受になるといような構造上の複雑さはまったくない。

したがって固定子を軸方向に摺動し得る構造を採用し、分解することなく鉄心巻線の点検修理を容易に行えるようにしている。

(4) 負荷だけを起動停止することができる。

電磁クラッチの操作により、電動機に無関係に負荷のみを起動停止することができる。

(5) 制御装置も簡単である。

普通型同期電動機用のものに電磁クラッチ操作用のものが若干加わっただけで制御装置としてはきわめて簡単である。

9. クラッチの特長

CM-B 型電磁クラッチが同様の目的に使用されるほかの機械的あるいは電氣的クラッチに比較して特長とする点を列挙すればつぎのとおりである。

(1) クラッチの結合時には初期吸引力を倍増して結合動作時間を短縮させ、結合完了と共に所定の吸引力に戻る。また開放時には瞬間的に逆励磁を作用させて残留磁気を打消し、開放動作時間を短縮させる。したがってクラッチの結合開放動作はきわめて迅速かつ確実であって、しかも使用状況に応じてこれらの動作時間を適当に調整することができる。

(2) クラッチの伝達トルクはその称呼最大摩擦トルク以下では任意かつ容易に調整することができるから、使用目的に応じて適当な摩擦トルクを与えることができる。そして所定以上の過負荷に対しては摩擦面において滑りを生ずるから連結機械を保護することができ、また結合の際に機械的クラッチのような不快な衝撃がなく、きわめて平滑に結合させることができる。

(3) クラッチの摩擦面は 2 面であり、軸方向に自由に動き得る従動摩擦板の両面を主動摩擦板で挟んでトルクを伝達するから、摩擦面の均一接着が充分に行われ、トルクの伝達は確実であり、かつ摩擦ライニングの片べ

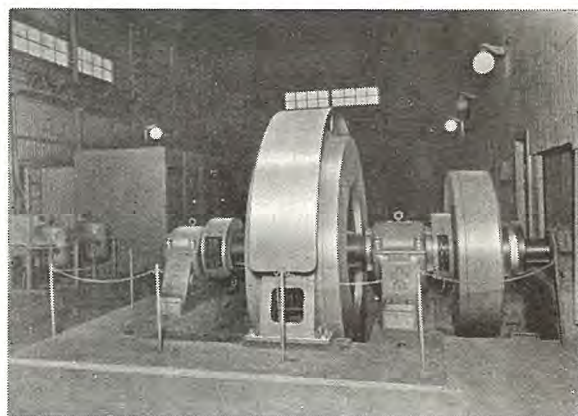
りが生ぜず、その寿命も永く保つことができる。しかも同一トルクを伝達する場合に単一摩擦面式摩擦クラッチに比べてその外径が小さくて済み、したがって慣性も小さくなる。

(4) クラッチの磁気回路の途中にあって磁気吸引力の発生箇所となる空隙 A, B は、クラッチ開放時には従動側と無関係に常に一定に保たれ、また従動摩擦板もスパイダのコロ転走面およびスプラインにおいて従動ハブとは無関係に軸方向に摺動し得るから、いずれも連結機械の軸方向遊びに影響されることがない。しかして従動摩擦板取付輪のスプラインは主動軸々端と同心に保たれているので、スプラインの頂隙側隙量の範囲内で主従動軸間の偏心に対して可撓性を有する。

(5) スパイダ側の主動摩擦板の裏面およびアーマチュアには多数の放射状穴が開けられているので、主動軸が回転中はファン作用により摩擦面の放熱および摩擦ライニング磨耗粉の排出がいずれも良好に行われる。

(6) 摩擦ライニングが磨耗して空隙 A, B が所定の許容値以下になった場合には、アーマチュア背面の空隙調整ねじをねじこむだけで空隙値の調整を行うことができる。

(7) 摩擦ライニングが磨耗して使用に耐えなくなった場合には、予備の摩擦板と容易に取替えることができるから、連結機械を動かしたり、狭い場所で複雑なライニングの張替え作業をする必要がない。またアーマチュアの着脱装置が付属しているから、クレーン設備のない場合でも摩擦板の取替え作業やクラッチ内部の保守点検が容易にできる。

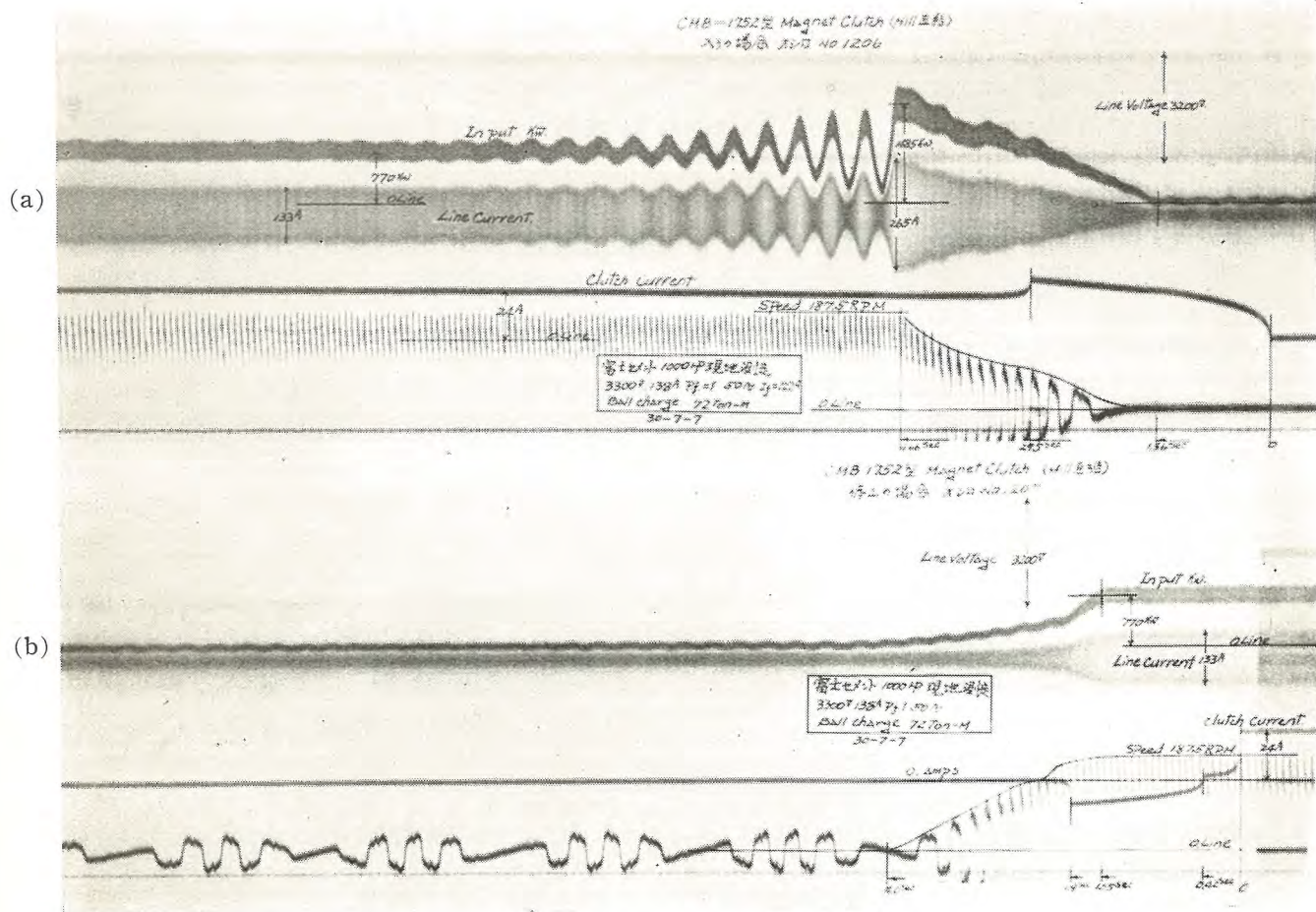


8 図 富士セメント納入 1,000 HP クラッチモータ

Fig. 8. 1,000 HP Clutch motor for Fuji Cement.

2 表 クラッチモータ製作一覧表

| 納入先 | 出力 HP | 電圧 V | 周波数 c/s | 回転数 rpm | 台数 | 製作年 | 電磁クラッチ | 用途 |
|----------------|----------|---------|------------|------------|----|------|-------------|--------|
| 三菱セメント (黒崎) | 1,000 | 3,300 | 60 | 190 | 2 | 昭 30 | CM-B 1752 型 | セメントミル |
| 富士セメント (室蘭) | 1,000 | " | 50 | 187.5 | 1 | " | " | " |
| " | 800 | " | " | 200 | 1 | " | CM-B 1502 型 | " |
| 三菱セメント (黒崎) | 1,000 | " | 60 | 180 | 2 | " | CM-B 1752 型 | " |
| 富士セメント (室蘭) | 1,000 | " | 50 | 187.5 | 1 | " | " | " |
| " | 850 | " | " | 200 | 1 | " | CM-B 1502 型 | " |
| " | 800 | " | " | " | 1 | " | " | " |



9 図 クラッチモータ起動特性試験
Fig. 9. Starting characteristics oscillogram of clutch motor.

10. セメントミル運転の実例

新型クラッチモータを製作しはじめてから、現在までに多数製作したが、それらを示せば2表のとおりである。すべてセメントミル駆動用である。8 図に現地運転中の富士セメント納入 1,000 HP クラッチモータを示す。いずれも工場試験および現地における実負荷試験を行い、きわめて好成績を示した。工場試験としては、同期電動機としての各種特性試験のほかに、クラッチの性能試験として、クラッチの最大摩擦回転力の測定および起動々作試験を実施した。最大回転力の測定については別項に詳細述べられるので、本項では省略する。製作工場における起動々作試験には、負荷として発電機を使用し発電機には負荷として水抵抗を接続して、同期速度に達した時ちょうど全負荷になるようにあらかじめ調整しておいた。発電機のもつ蓄勢輪効果をミルの蓄勢輪効果にできるだけ近いものを選定したが、起動時反抗回転力についてはミルのそれと近似的であるか否かにつき、なお論議の余地があるので、製作工場における起動々作試験については、ここに詳細報告しないこととする。ただしこれはセメントミル駆動の場合についてのみのことであって、この試験により動作の確認は充分できると考える。またこの他の工場試験の結果にいつては、別に普通の同

期電動機と変る所はないので省略する。

実負荷による起動々作試験については、その結果を9、10 図に示す。

9 図 (a) について説明する。このクラッチモータの仕様はつぎのとおりである。

同期電動機 1,000 HP, 3,300 V, 138 A, 3 相, 50 c/s,
32 極, 187.5 rpm, pf 1.0

電磁クラッチ CM-B-1752 型

またミルの主な仕様はつぎのとおりである。

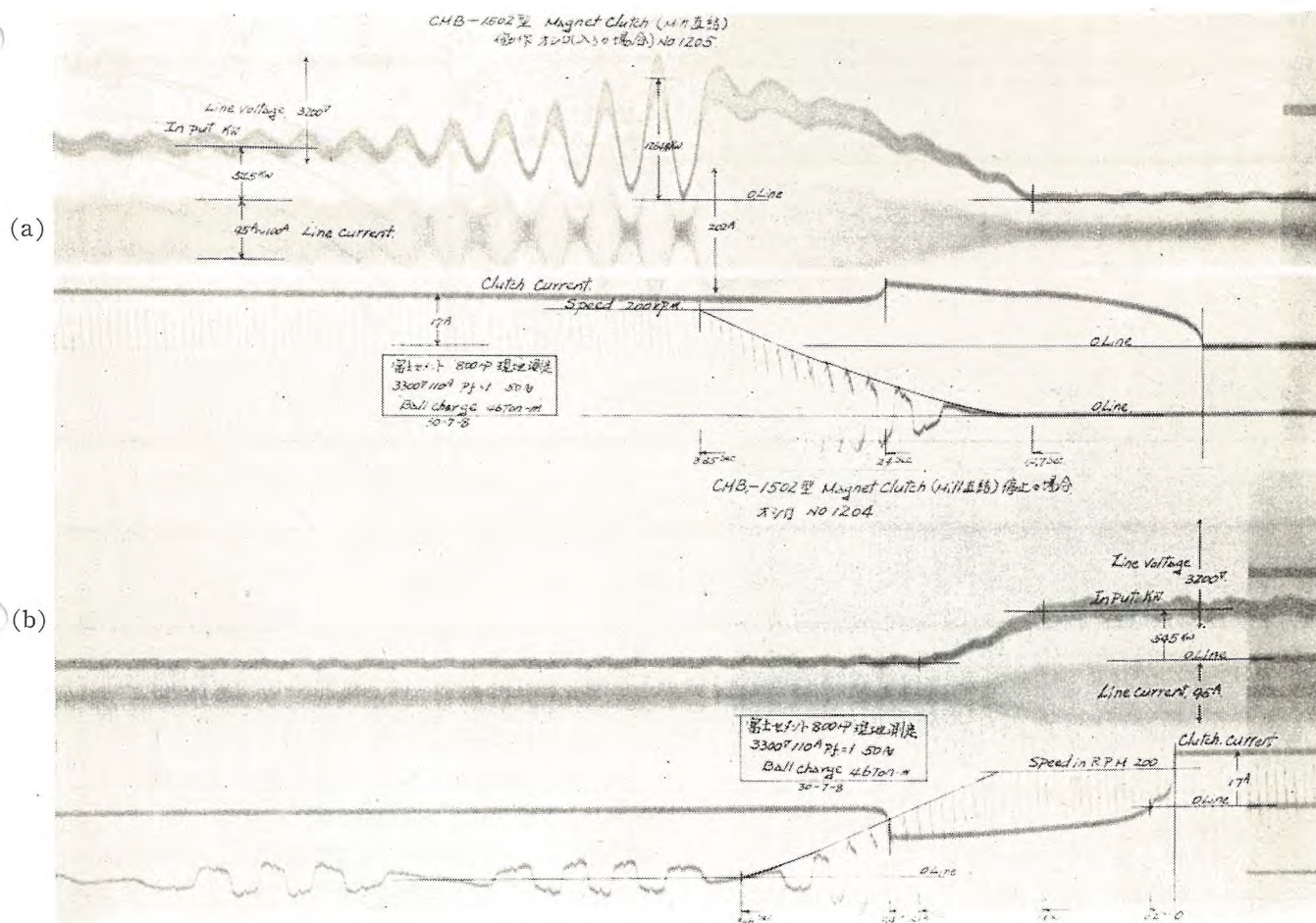
3 室コンパウンドチューブミル

ミル外形寸法 (mm) 2,440 ϕ \times 11,200

ボール挿入量 75 t

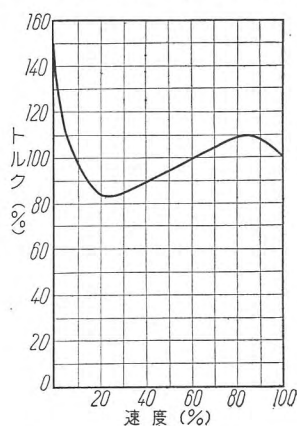
なお本試験の際のボール挿入量は 72 t である。

クラッチ励磁電流を所定値に早く達せしめて、起動々作を確実かつ急速ならしめるために、最初過励磁を与えミル加速の途中すなわち、図(a)では 2.95 秒後に正規の値の 24 A に復帰せしめている。クラッチに励磁を与えてから、クラッチの摩擦面に面圧が生ずる迄すなわち電動機に負荷がかかりはじめる迄に 1.33 秒、ミルが起動しはじめる迄に 1.6 秒、負荷起動が完了する迄に 4.66 秒要している。負荷起動するに要する時間は大体予想したとおりであったが、詳細に検討すると 1, 2 採り上げるべき問題点がある。その最も大きな点はミルの起動時反抗回

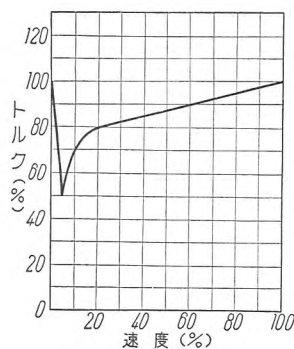


10 図 クラッチモータ起動特性試験
Fig. 10. Starting characteristics oscillogram of clutch motor.

転力である。クラッチ励磁後 1.6 秒にてミルが起動しはじめているが、このときの電動機入力は 160 kW であって能率曲線よりこのときの電動機出力は定格の 20% となる。すなわち換言すれば起動回転力は 20% であるということになる。NEMA 規程によると、チューブミル・ボールミルの起動回転力は 150~175% といわれており、またある文献によれば⁽²⁾、ボールミルの起動時反抗回転力は 11 図に示す特性であると述べられている。これは NEMA 規程の数値と大差ない。12 図は他の文献に示されたものである⁽³⁾。こ

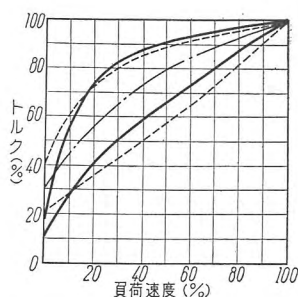


11 図 ボールミルの起動特性
Fig. 11. Starting characteristic of ball mill.



12 図 ボールミルの起動特性
Fig. 12. Starting characteristic of ball mill.

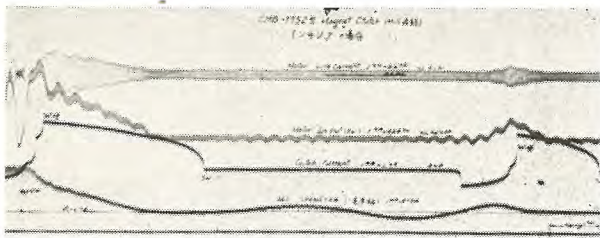
れは起動回転力として 100% の値をとっている。しかるに最近安川電機において、チューブミル・ボールミルの起動特性について測定され、電気学会誌⁽⁴⁾その他に発表されている。13 図にその測定結果を示す。従来考えていた数値より相当下回った値を示している。当社で今回測定した結果は、いずれもこの説を立証する値を示している。しかしながら軸受の摩擦・挿入物の停止時における位置・挿入物の粘着力の影響等を考え、2, 3 の試験結果より必ずしも常にかかる小さい値を示すと考えるのは早計であろう。この点については今後さらにこの種の測定



13 図 チューブミル・ボールミルの起動特性
Fig. 13. Starting characteristics of tube mill and ball mill.

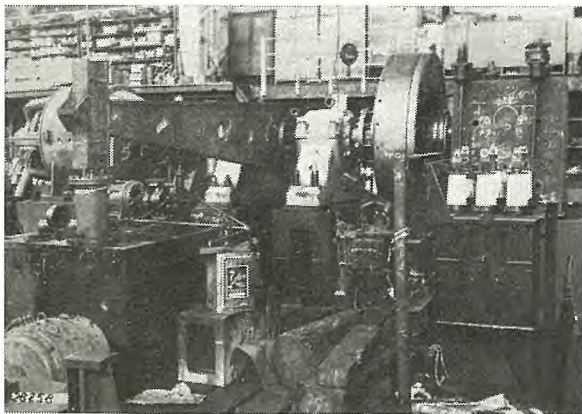
をつづけて検討を加える必要があると思う。しかしながら現在においては、従来の如く 150~175% というような値を採用するのをやめて、少なくとも 100% 程度とすることが最も妥当であろう。

つぎに考えられるのはクラッチの励磁電流に対する伝達回転力の時間的遅れである。9 図 (a) についてい



14 図 インチング試験の一部

Fig. 14. Inching characteristics oscillogram of clutch motor.



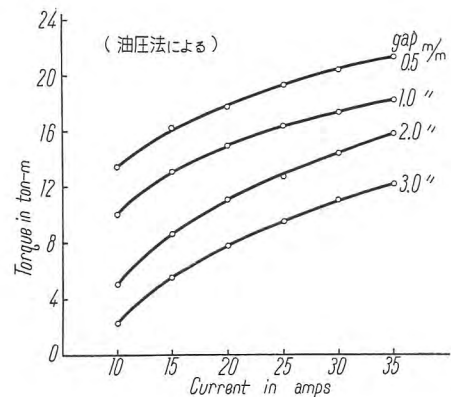
15 図 最大静止摩擦トルク試験

Fig. 15. Test on the maximum stationary friction torque.

クラッチの摩擦面は完全に接触し空隙も正規の値になっている。これ以後は電動機にかかる負荷の大きさは、前述のようにクラッチ伝達回転力にひとしい大きさになる。また励磁電流と伝達回転力との関係については、摩擦面が静止摩擦の状態における値を、16 図に示している。しかしミル加速中はクラッチ摩擦面は滑り摩擦であるから、この場合のクラッチ伝達回転力は、16 図に示す値より減少しなければならない。この減少の割合は最も安全に考えて 50% としても、ミル加速の最初の方ではクラッチ励磁電流に対してクラッチ伝達回転力すなわち電動機入力が少なくなりすぎること気付く。ミル加速の終りではかかる傾向はない。これは明かに励磁電流に対し、これにより生ずる磁束が時間的に遅れを有しているためと思われる。このような傾向は通常の起動停止の場合についてはまったく問題にならないがチューブミル・ボールミルについては、挿入物の出入のためその出入口を所定の位置に停止せしめるため、ミルの寸動(インチング)を必要とする。このインチングの場合にこの時間的遅れが問題になる。これが対策として停止の場合クラッチに逆励磁を与え、励磁電流を断った後になおかつ残留する磁束を急速に消滅せしめている。この結果インチングを実負荷について行ったが、充分満足すべき結果を得た。14 図にインチング試験の一部を示す。したがってこの励磁電流に対する伝達回転力の時間的遅れは、実際上なん

16 図 最大静止摩擦トルクの試験成績

Fig. 16. Test result of the maximum stationary friction torque.



ら不都合なことはなく、電動機に大なるショックを与えることなく円滑に起動し得ることになり、むしろ好都合である。

11. クラッチの試験

クラッチの工場試験としては最大静止摩擦トルク試験と動作試験とがあるが、動作試験については別項に述べるのでここには最大静止トルクについて述べる。15 図にその実施例を示してあるが、写真からも判るとおりクラッチ・スパイダを頑丈なブロックに固定し、従動ボスは仮軸にはめこんでこの仮軸を 2 個の軸受にて支持し、両軸受間にレバーを取付けてその先端を油圧式押上装置のピストン・ロッド上に鋼球を介して支持し、高圧油ポンプによって圧油を押上装置のシリンダへ供給するようにする。そしてクラッチ・コイルを励磁してクラッチを結合状態に保持した上で油ポンプを駆動し、油圧計の指針が指示する最大目盛を読んでクラッチの最大静止摩擦トルクを計算する。この場合レバーの重量および軸受の摩擦による影響を補正することはもちろんである。CM-B 1752 型クラッチについての実験結果を 16 図に示す。なおこのクラッチの定格励磁電流は 23.8 A, クラッチ結合時の標準空隙量 (A, B) は 2 mm である。

12. む す び

今回新しく製作されたクラッチモータについて、構造機能特長および試験結果について詳細に報告したが、重負荷起動用同期電動機としてきわめてすぐれた点を十分に認識されて、今後あらゆる方面に活用されることを期待する次第である。

参 考 文 献

- (1) D. W. McLenegan & A. G. Perriss T. A. I. E. E. 50 p. 607 (1931)
- (2) G. Byberg & E. H. Fredrick Product Engineering 83 (1950-1)
- (3) H. Hertel Siemens Zeitschrift 17 S 222 (1937-5)
- (4) 安川・西沢・十塚 電学誌 73 p. 91 (昭 28-2)

MZ-3 型 記 録 積 算 電 力 計

福 山 工 場 加 藤 義 明*

Type MZ-3 Printing System Recording Watthour Meters

Fukuyama Factory Yoshiaki KATO

The latest trend of automatization or semi-automatization of generating and substations or of large power consumers' equipment has helped the development of supervisory control and telemetering system to a considerable extent. However, recording watthour meters to be used in connection with them had not been fully prevalent before Mitsubishi Type MZ-1 meters were introduced. Application of these meters saves the trouble of recording the watthour readings by a watch man at an interval of definite time. It will not only cut down personnel expenses but will serve to rationalize the relation between demand and supply of power by furnishing with information on the actual load condition. Much improvement has been worked on the original model since then, and Type MZ-3, designed to meet the contemporary requirements best, is now available as a standard product.

1. ま え が き

近時発電所、大口需要家の自動化あるいは半自動化に伴い、遠方制御方式、遠隔測定記録装置が発達してきたが、積算電力量に関するものはなく、これが出現を要望されていた。すなわち、一定時間毎に監視人が電力量を記録する手数をはぶき人件費を節約すること、過去の負荷状態を確実に記録し電力需給の合理化をはかる必要が起きてきた。当社ではこれら要求に応えるため昭和28年にMZ-1型を製作して以来、さらに改良を加えMZ-2型を市場に送りだしてきた。

その後各電力会社および大口需要家の保守、取扱、取付面等のご要求を取入れたMZ-3型記録積算電力計を新規開発し、標準品として続々受注生産中である。以下その特長、機構、動作、概要等を説明する。

2. 特 長 (受量器)

(1) 在来監視人が一定時間毎に積算電力量を読み取っているが、これを自動的に記録し得る。

記録の状態は数字が印字されるのでチャートに描くグラフ方式よりも有利である。すなわち、チャートに山の数を記録してその数を読む方式は繁雑で読みにくくもあり、また、曲線を描くものにあっては目盛線に対する判断で異った読みをすることがあるが、本器ではこのようなことがなくなる。

(2) 従来の監視記録と同一自動記録をする。

発信器計量と同一桁数の5桁の数字を記録して、在来の監視人の筆記録と同様に上より下に記録される。従来の記録計においては上から下に送る方式がとられているが、こうなると時間的に新しい数字が上方に記録されることになる。これは線図で示される場合にはさほど不便を感じないが、数字の場合には明らかに不便である古い数字から新しいものの順に上から下に記録することによって読易くしている。

(3) 任意時の記録紙の切り取りと折たたみ実施。

変電所等では記録した記録紙を2・3日分または1週間分等、切り取り持去る要求が生じる。かかる際、在来の記録計では切り取り後、巻取機構に触れて再セットすることが必要で大変繁雑でありこの際扉の開閉によりちりが侵入したり、内部機構に触れて故障を生ずるおそれがあったが、本器では内部機構に触れることなく小扉を開けることにより記録紙折目より(折目にミシン目が入っている)必要部分を切り取り持去ることができる。(最小6時間毎に切り取り得る)また記録紙は折りたたみを実施しているので過去の記録も読易い。記録紙1冊で連続折りたたみの際は約40日使用できる。

(4) 印字直後および過去の記録の読取可能。

記録紙は印字後直ちに移動するので計器外部より読み取ることができ、かつ過去21時間分をも容易に読むことができる。また小扉をあけ引出し容易な記録紙受を引出す時は過去28時間分読取り可能である。

(5) カーボンテープの長期間使用可能。

とくに市販タイプライタ用をも利用し得るようになっており、テープは使用箇所以外の部分はつねに巻枠に巻込まれているのでインキの効果を長期間保持できる。また切換レバーを動かせばテープの進行方向を変えることができるので巻込毎に巻枠を取換える必要はない。さらにテープの取換は計器前面にて容易にできる。

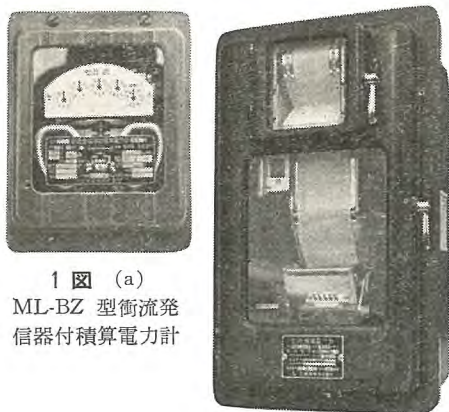
(6) 印字鮮明。

印字用記録車の数字を左文字として記録車と記録紙の間にカーボンテープをはさんで記録紙の背面をたたくので数字は5桁でも鮮明な記録が得られる。

また書体は1/4象限のいずれをも変えた特殊書体としているので誤読することがない。

(7) 制御電源の交流化と停電時の印字実施、誤動作防止。

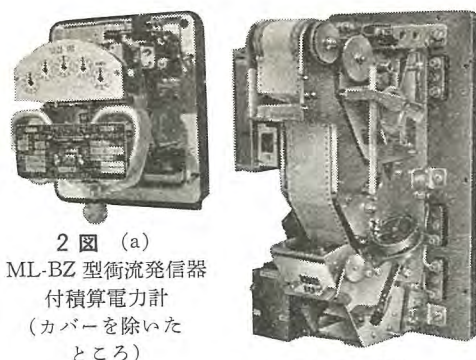
制御電源は交流により操作させ、停電時でも最低24時間は記録紙を運行し、かつ印字もする。



1 図 (a)
ML-BZ 型交流発信器付積算電力計

1 図 (b)
MZ-3 型記録積算電力計

Fig. 1. (a)(b) Type ML-BZ watt-hour meter with contact device and type MZ-3 recording watt-hour meter.



2 図 (a)
ML-BZ 型交流発信器
付積算電力計
(カバーを除いた
ところ)

2 図 (b)
MZ-3 型記録積算電力計
(カバーを除いたところ)

Fig. 2. (a)(b) Type ML-BZ watt-hour meter with contact device and type MZ-3 recording watt-hour meter.
(cover removed)

停電回復時に受量器の記録文字車は誤動作をしない。
(8) 時計装置は高精度でかつ、保持点検に便利な構造
時計装置は自動電気巻テンプレート時計にて手巻の必要はなく、周波数変動の影響もない。

時計は 24 時間の停電にも止ることはない。調速器は温度の影響なきようにしてあり、時計装置には分秒の表示装置を付し、時間調整装置を付してある。

また時計装置のみ取付取外しの容易な構造となっているので保守点検に便利である。

(9) 記録文字車数字の読取可能

記録文字車の数値を計器正面より容易に読取ることができるように読取装置が設置してある。

この読取装置は在来の記録計に見られるように記録文字車と計量機構とを連結したものではなく、記録文字車の数値を直接読取り得るようにしたので読取装置による誤指示が全然ない。読取装置により記録時間外の任意時間の発信器の計量を読取ることができるので短時間の最大需要値の調査もできる。

(10) 任意時刻の打印記録も可能

本器は打印用槓桿を設けているので任意な時刻の記録文字車上の数値を打印記録することができる。すなわち、記録したい時刻に記録紙（適当な大きさに切った紙で充分）を計器に取付けてある記録紙とカーボンテープの間に挿入して打印槓桿を押せば、その時の数値を記録することができる。したがって (9) 項に記載の短時間の最大需要値の調査記録もできる。

(11) 校正用押釦装置の設置

計器の点検または制御電源の停電等のため、記録文字車の数値が遅れた場合、これを校正するための押釦を設けてある。

3. 特長（発信器）

(1) 計量は正確確実である

積算電力量発信器は精密級 (JISC 1201) の特性を有している電力測定要素を内蔵し、接点式交流発信器を備えている。交流発信器機構は接点を閉じるのみに用いているので軽負荷時における誤差の影響はきわめて少ない。

(2) 配電盤取付に便利な構造

配電盤取付のためにとくに小型化し端子を裏面接続とした。また封印装置をも設けてある。自動、半自動の発電所取付を考慮した。パッキングは合成ゴムを用い防じんにはとくに留意してある。

4. 構造、原理、動作

1 図は MZ-3 型の発信器部および受量器部外観。

2 図はケースを取除いたところを示している。

受量器部は計量機構、紙

送り打印機構、折たたみ収納機構、時計装置、ケースで構成されている。

発信器部は積算電力計要素、交流発信器、ケースで構成されている。

ア. 発信器部

(1) 交流発信器

積算電力計を利用した交流発信器には光を利用した光電流を増幅する方式、水銀液利用方式等種々の方式があるが、前者は真空管を利用するのでこれが寿命と価格、また後者では水銀の酸化の欠点があるので無人とか半自動の発電所等の保守不便の箇所を取付ける場合も考慮し、本器はとくに接点機構としてできるだけ簡単確実な方式を採用した。接点機構採用による積算電力計の軽負荷諸特性に及ぼす影響は僅少である。すなわち、2 個の接点開閉器は回路を閉じるだけに用い 2 枚のカム板を交互に配置することにより影響を僅少とした。

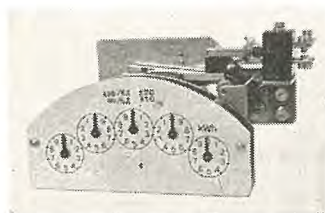
接点は白金イリジウム製で寿命の点も 12 分としている。接点は計量最低位車が 1/10 回転すると閉じるようにしてあり、2 個の接点は交互に閉じるようにできている。3 図はこの発信器機構を示している。

(2) 計量器

積算電力量を示す計量器は 3 図に示すように 5 桁の指針型としている。指針型計量器としたのは JIS 規格にも指定してあるように精密級の精度保持のためである。

計量器と交流発信器は 3 本のねじで容易に取付け取りはずしできる。また計量器の歯車と回転円板軸歯車の噛合はデリケートなものであるが、計量器フレームの 2 本のスタッドを計器のフレームのスタッド穴に差込めば自動的に良好な噛合せができる構造である。

また円板軸にスパーギヤーを切り、これと計量器の第 1 歯車で減速した後ウームホイールを使用しているので軽負荷における誤差変動も少ないし取付けた時と取外した時との差を 5% 負荷において

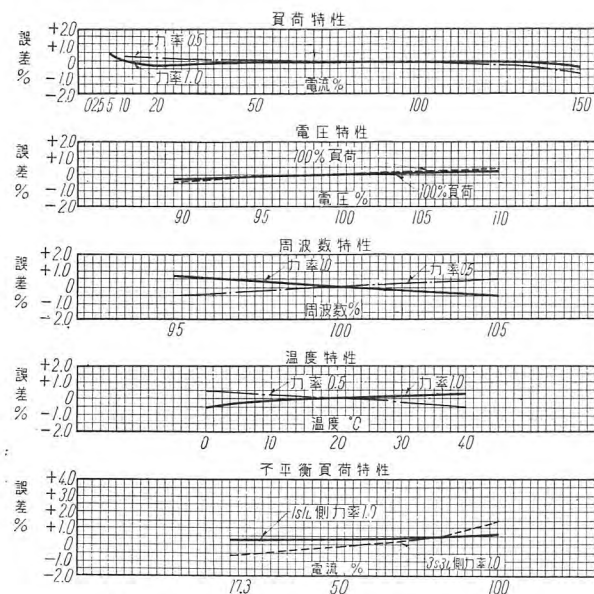


3 図 指針型計量器（交流発信器付）の外観

Fig. 3. Pointer type register (with contact device).

1 表 ML 型積算電力計特性定数表
(定格 110 V, 5 A, 2,400 Rev/kWh)

| | | | | | |
|-------|-----------|----------------|------|----------------|-----------------|
| 計器良度 | 全負荷速度 | 38.1 rpm | 電圧素子 | 電力損失 | 1.1 W (50 c/s) |
| | 全負荷回転力 | 11.2 g | | | 0.85 W (60 c/s) |
| 回轉子重量 | 28.4 g | 電流素子 | 励磁電流 | 64 mA (50 c/s) | 64 mA (60 c/s) |
| | 回轉子/回轉子重量 | | 皮相電力 | 7 VA (50 c/s) | 5.9 VA (60 c/s) |
| 機械的良度 | 0.21 | | 抵抗 | | 115 Ω |
| 始 動 | 始動電流 | 全負荷の 0.25 % 以下 | 電圧降下 | 電力損失 | 0.6 W |
| | 電圧降下 | 110% 電圧 | | 電圧降下 | 0.24 V |
| 調整範囲 | 全負荷調整 | -10% ~ +10% | 絶 縁 | 絶縁抵抗 | 15 MΩ 以上 |
| | 軽負荷調整 | -5% ~ +5% | | 耐 電 圧 | 2,000 V 1分 |
| | 力率負荷調整 | -4% ~ +4% | | | |
| | 回轉力平衡調整 | -7% ~ +7% | | | |

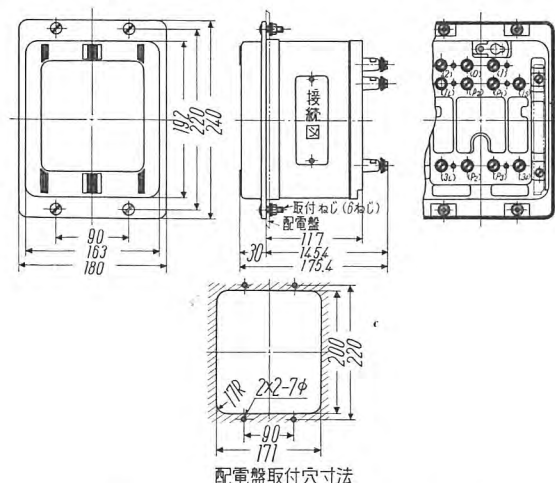


4 図 ML 型積算電力計諸特性曲線 (20°C において)
Fig. 4. Technical data of type ML watt-hour meter.

0.5% とすることができた。

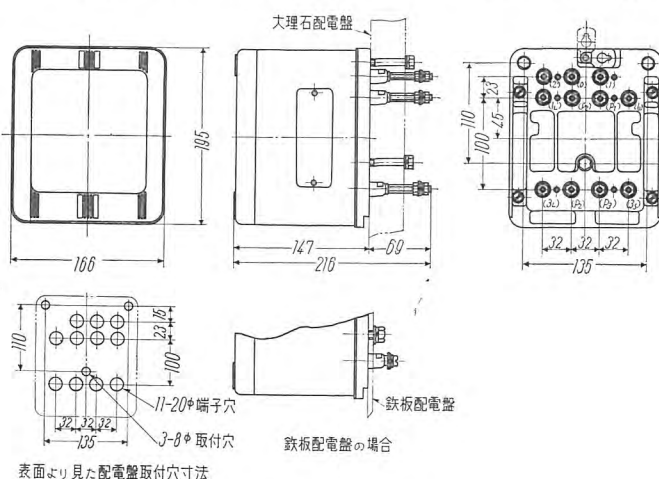
(3) 積算電力計算要素その他

積算電力計要素にはすでに型式承認認可、(型式番号第 202 号) の ML 型積算電力計要素を用いている。その特性を 4 図に定数表を 1 表に示している。



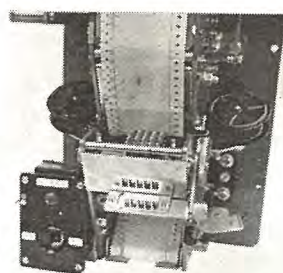
5 図 ML-BZ 型衝流発信器付積算電力計外形寸法図
(配電盤半埋込用)

Fig. 5. Overall dimensions of type ML-BZ watt-hour meter with contact devices (for switchboard semi-flush mounting).



6 図 ML-BZ 型衝流発信器付積算電力計外形寸法図
(配電盤表面取付用)

Fig. 6. Overall dimensions of type ML-BZ watt-hour meter with contact devices (for switchboard projection mounting).



7 図 計数機構の外観
Fig. 7. Counting mechanism.

ケースは特長の項にも記したようにパッキンにはとくに合成ゴムを用い防塵構造に留意している。また封印装置をも設けている。配電盤取付用として半埋込型を標準としているが表面取付型のものもある。なお外形寸法図を 5 図に示している。5 図は標準品としての半埋込である。また 6 図は表面取付型である。

電力を逆送するような場合は回転円板が逆転し、計量に誤差を生じ、また衝流発信器をも傷つける場合も生じるので回転子上部に逆阻ピンを設け、上部軸受部に逆転阻止装置を取付け得るようにしてある。

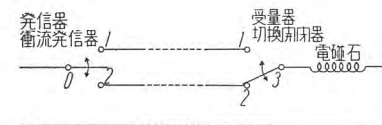
1. 受量器部

(1) 計量機構

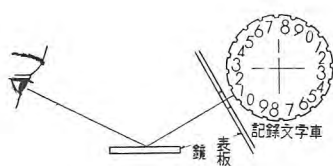
7 図は計量機構の記録文字車部分を示す。記録文字車は 9 図に示すように 1~0, 1~0 と 20 等分の数字を浮出して設けてある。

数字の大きさは横 2.7 mm, 縦 5 mm である。発信器部の衝流発信器の接点が閉じると (01) 電磁石が働き文字車送り用スプリングにより最低位数字車を 1 字送る。1 字送れば計量器部に設けられた切換開閉器を開とし、電磁石が消勢されるようになっている。この場合受量器切換開閉器はつぎの衝流発信器接点回路の準備をする (8 図参照)。

つぎに衝流発信器接点 (02) を閉じると電磁石が作動し文字車が送られ切換開閉器は (13) の方に切換られる動作時間は約 3~4 c/s である。したがってさきにも述べた如く制御電

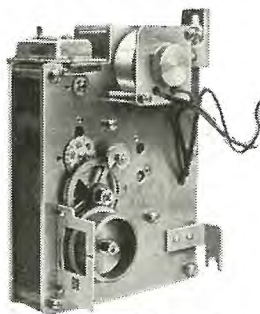


8 図 接点回路図
Fig. 8. Circuit diagrams of contacts.



9 図 読取り装置原理図

Fig. 9. Diagram for principle of reading device.



10 図 時計装置の外観

Fig. 10. Clock mechanism.

源の停電回復または伝送線回路の開閉による受量器文字車の誤作動は生じない。

また在来のもは発信器数値に追いつくことはできるが1度余分に受量器側を送りすぎると校正し得ない欠点があったが、本器の機構は文字車は5桁の送り爪が設けてあり各桁は自由に指で動かせ得るようにしたのでとくに高位の方の発信器計量との数字合せは容易にし得る。

計量機構部には読取装置を付し任意時間の需用電力調査、発信器計量指示との照合等に便にしてある。これが外観および原理を7図9図に示している。すなわち、9図より明らかなように印字すべき文字と対称の文字を鏡に写して見るので間違いなく確実に読取ることができる。

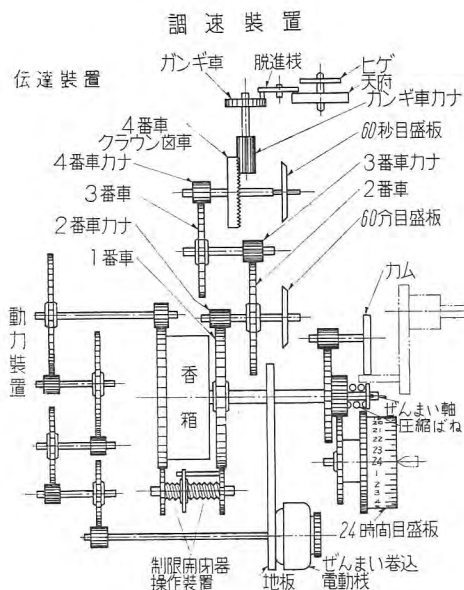
(2) 時計装置

10図は時計装置の外観を示し、11図は時計機構の輪関係を示している。

本装置は電気巻ぜんまい時計にして、動力源にはばね鋼板製のぜんまいを用いその外端は回転香箱の内側に、

2 表 ぜんまい巻込用同期電動機の仕様

| 仕様 | 100 V 50 c/s | 100 V 60 c/s |
|------------|--------------|--------------|
| 回転速度 (rpm) | 500 | 600 |
| 始動電圧 (V) | 75 | 70 |
| 皮相電力 | 2 VA 以下 | 2 VA 以下 |



11 図 時計装置輪列

Fig. 11. Wheel rank of clock mechanism.

内端は香箱を貫く回転軸に固定されている。香箱外側の一部を歯車とし、ぜんまい巻込電動機（ヒステレシス電動機）により一連の減速歯車を介して香箱は回される。すなわち、ぜんまいは巻込まれる。

ぜんまい巻込電動機は11図上部に見られるような外観にて特性は2表に示す。ぜんまいの巻込を自動的に行うため香箱歯車とぜんまい軸に固定された伝達歯車（1番車）との回転数の差により応動する制限開閉器が設けてある。この制限開閉器は電動機と直列に接続し、ぜんまいが一定以上戻ると閉路される。したがって電動機は運転しぜんまいを巻き、ぜんまいが一定以上巻込まれると開路し、電動機は停止してぜんまいの巻込は止まる。このようにして停電しない限りぜんまい巻込電動機の運転停止時間は、ほぼ約1時間運転4時間休止と一定の周期で繰返される。ぜんまい巻込歯車と電動機の減速比を非常に大きくしてあるので、ぜんまいが巻込まれて電動機が停止してもぜんまいトルクにより電動機は逆転することはない。したがって逆転防止装置の必要もない。

時計が動作中最悪の状態、すなわち電動機が運転直前のとき停電しても24時間以上の運転持続時間がある。ぜんまいより調速器に至る歯車はサイクロイド歯形を用い調速器にはクラブツース式脱進機を用い軸受部は7石の宝石としヒゲには弾性率温度系数小なるエリンパー（Ni—Cr—Fe—W—Mn—Si—C合金）を用いて温度補正を行い調速器部はとくに防じんと磁気しゃへいを考慮して黄銅板製天府カバーを設け、カバーには運搬時の振動衝撃および休止時の不必要な天府振動をさけるために天輪抑止レバーを設けた。

天府カバーは地板部に設けられたスプリングクランプにより着脱自在な構造にしてある。

調速器には緩急針が設けてある。その調整範囲は約±10分/1日で1日盛で約2分/日である。60分および60秒目盛板を地板部に設けて調整に便とした。

時限カムは香箱軸より歯車を径て1時間に1回転しさらにこれより減速噛合して回転する24時間目盛盤は時刻を示す。また時限カムを手動にて回転せしめ時間合せと紙送り打印機構の試験をできるようにした。

時計装置は10図外観よりも明かなように時計装置と紙送り打印機構とはカムとレバー（紙送り打印機構につく）により関係をもたし得たので取付台の3本のねじをゆるめれば容易に取外し、取付け得るようにし、保守点検を便とした。

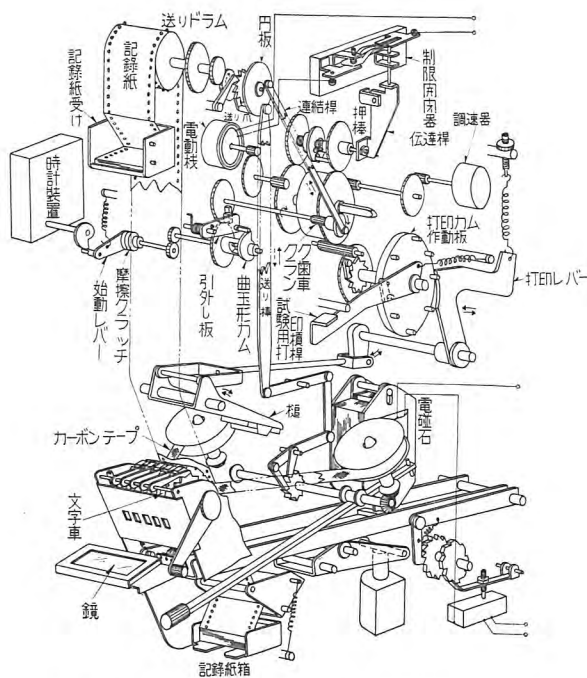
(3) 紙送り打印機構

12図は原理および内部機構を示し13図は紙送り機構の外観である。

本機構は打印終了直後記録紙を移動せしめ同時にカーボンテープをも移動させるものである。また停電時の打印、記録紙、カーボンテープ送りをも実施させるため紙送り、カーボンテープ送りの動力としてばね鋼板製のぜんまいを用いて実施している。

ぜんまいの巻込には時計装置と同様12極のヒステレシス電動機を用いている。

ぜんまいの一端は回転香箱に他端は軸に固着せられ電動機で一連の減速歯車を介して軸は巻込まれる。回転香



12 図 紙送り機構、打印機構、および計数機構

Fig. 12. Chart tripping printing and counting mechanism.

箱の一部を歯車とし、また巻心軸には歯車が固着している。(12 図参照)。

回転香箱が回転し巻心軸歯車にはそれぞれの歯車が噛合、両者の回転差により押し棒、伝達棒を経て制限開閉器が開閉するようにしてある。

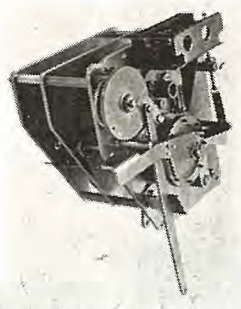
この紙送り機構の制限開閉器は巻込電動機と直列に接続し、ぜんまいが一定以上とけると閉路し電動機は運転しぜんまいを巻込む。ぜんまいが一定以上巻込まれると開路し電動機は停止してぜんまいの巻込は止る。

香箱歯車にはクランク歯車と調速器歯車および打印カム作動板車への中間歯車とが噛合っている。クランク歯車軸には 80 枚の歯車が固着されている歯車にはストップが固着され、止めピンの固着された引外し板がこれにかかり合って香箱の回転をとめている。

引外し板には半月形ピンが反対側に設けられているストップの固着された 80 枚歯車には同じ枚数の 80 枚歯車を噛合せて曲玉形カムを固着せる軸を一定角度回転せしむる。ハブには切欠が設けられ軸に固着のピンがこの切欠にはまり込んでいる。

軸は歯車を介して始動レバー軸に連動している。始動レバーの軸心には一方に回転のときのみ係り合う摩擦クラッチが設けられている。

いま時計装置のカムが回転して切欠部の処に始動レバーの先端ピンが行くと始動レバーに設けられたつる巻ばねの力で摩擦クラッチを介して曲玉型カムが一定角回転する。したがって引外し板に固着の半月形ピンが振りばねの力でカムの低部に落ちる。したがって 80 枚の歯車の係り合いを外すのでクランク歯車は回転する。この時、クランク歯車軸に固着の 80 枚歯車は回転し、これに噛合の 80 枚歯車が回転して切欠ハブより軸に固着のピンを押しさらに曲玉形カムを回転させる。したがって曲玉カムは引外板の半月形ピンを次第に押し上げ引外板のスト



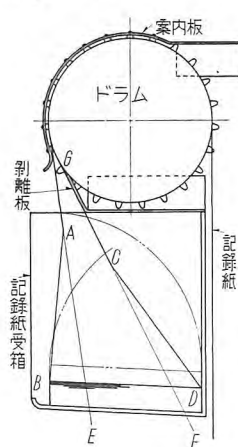
13 図 紙送り機構の外観
Fig. 13. Chart tripping mechanism.

ップと歯車に設けられたストップに係り合う。

以上のようにクランク軸は必ず 1 回転にて停止させるようにできている。クランク歯車が 1 回転する速度を一定にするために遠心力型の調速器歯車を経て連動させてある。

つぎに打印機構を説明すれば始動レバーが動けば回転香箱は 1/6 回転してクランク歯車は 1 回転し、打印カム作動板車が 1/8 回転する。打印カム作動板には等間隔に 8 本のピンが植込まれてありピンには打印レバーが掛合っているので打印カム作動板が 1/8 回転すると打印レバーは打印用つる巻ばねに引張られてレバーピンより外れる。したがってこれに連結せる各連結棒が動き打槌が記録紙の背面を叩く、その後つぎのピンが打印レバーの曲面をしゅう動しレバーは元の位置にかえり槌は各連結棒の連動にて打印前の位置に復帰する。以上の如く打印は打印用つる巻ばねによって実施し香箱の鋼製ぜんまいは掛合を外すにすぎない。したがってわずかのトルクでよいことになった。

さらに記録紙およびテープ送り機構を説明すればさきに説明したようにクランク歯車が 1 回転すると、これに固着のクランクが実線矢印の方向へ回転し連結棒は実線矢印の如く運動し連結棒の他端に取付けられた円板に取付く送り爪はラチェット車の歯の背面をすべて後退する。また円板の一部に取付いた送り棒も実線の如く運動し、テープ送り用ラチェットホイールの爪を後退させる。この間にさきに説明した打印用槌は打印をし槌は元の位置に復帰しかけている。つぎにさらにクランクが回転をすると連棒および送り棒の運動方向は点線矢印の如く変り記録紙送り用ラチェットホイールを点線矢印のように回転し歯車を介して送りドラムを回転させる。またカーボンテープ送り軸に固着のラチェットホイールを回転する。したがってカーボンテープ送り軸に連動の傘歯車を介してカーボンテープ桿を回転させテープを巻き取る。



14 図 折りたたみ機構
Fig. 14. Folding mechanism.

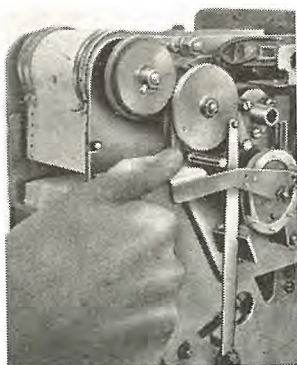
カーボンテープが巻棒一杯になれば切換レバーを巻込もうとする方向に動かせば、その側の傘歯車が噛合いテープの運動方向は反対となる。

従来のものはカーボンテープ棒を取外して交互に取かえを要す不便があったがレバー 1 つで切換できるので指を汚すことも取付を誤るおそれもなく操作が便利となった。

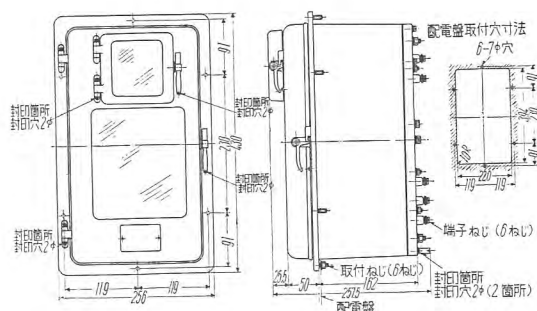
カーボンテープの幅および巻棒は市販タイプライタと同寸法にできている。

(4) 記録紙

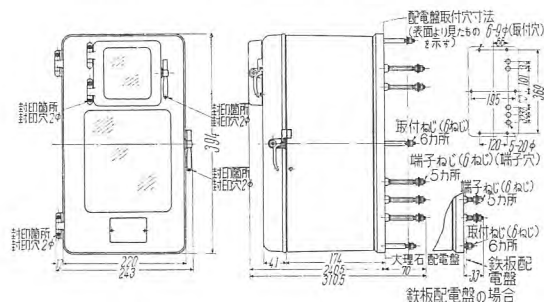
記録紙は幅 60 mm にして



15 図 試験用打印槓桿
Fig. 15. Test printing lever.



16 図 MZ-3 型記録積算電力計外形寸法図
(配電盤半埋込用)
Fig. 16. Overall dimensions of type MZ-3
Recording watt-hour meter
(for switchboard semi-flush mounting).



17 图 MZ-3 型记录积算电力外形尺寸法图
(配电盘表面取付用)
Fig. 17. Overall dimensions of type MZ-3
Recording watt-hour meter
(for switchboard projection mounting).

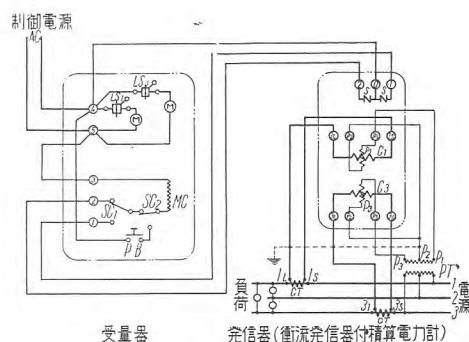
41.4 mm 間隔にマシン目が入れてあり折たたみ折目として必要に応じて切り取り易くしている。時刻は1時間毎に記入してあり左側空白は月日を記入し得るようにしている。

(5) 折たたみ機構

14 図は折たたみ機構を説明する図であり記録紙箱および記録紙受は 12 図に示してある。

下部の記録紙箱に納入してある記録紙は記録紙押えローラを経て記録文字車、カーボンテープの後方を通じて上部ドラムにかかり記録紙受けに至っている。

記録紙はさきに述べたように紙送り装置によりドラムが1時間毎に回動して記録紙受けに折たたみ収容され



18 図 接続図 (裏面よりみたところ)
Fig. 18. Connection diagrams
(Viewed from the backside).

る。

記録紙受けはスチールボールを介して押えばねにより確実に所定の位置に取付くようにしてある。また取外しも手前に指で引出せばよく 21 時間以上の記録を見るに便ならしめかつ紙送機構の点検、注油に便としている。

つぎに記録紙折たたみは 14 図に示す如く記録紙端が手前 AB にくる時は記録はドラムより送られ AE に力がかかりいずれかに曲ろうとする。この時ピンより記録紙が外れないために設けたフレームに取付いた案内板の先端が記録の腰を折ることになり確実に折りたたむ。CD に記録紙があるときはピンより記録紙を外す役目をするフレームに取付けた剥離板の GC で腰を折ることになり記録紙は折目の所で容易にたたみ込むことになる。

(6) 試驗用打印槓桿

2. 特長 (10) 項記載のように任意時の受量器数字を打印する時には 15 図に示すように打印槓桿をストップまで押すことによって実施できる。

本機構は 12 図に示す如く打印槓桿を押せば作動板軸を中心として打印槓桿にかかった送り爪にてピン作動円板を 1/8 回転回動させることになる。この場合ピン作動円板にはラチェットホイールが固着され爪が外れるので内部駆動機構と関係なく回動し得る。

(正規時刻に作動するときには内部駆動機構より爪ラチェットホイールを経てピン作動円板が回動される)

(7) 取付と接続

16 図は外形寸法を示している。16 図は標準としての半埋込型であるが既設配電盤取付をも考慮し 17 図に示すように表面取付型のものも製作している。図示のように各扉、把手およびベースには封印穴を設けて必要に応じて封印できるようにしてある。

18 図は接続を示している。

5. む す び

以上が当社にて開発し標準品とした印字式記録積算電力計の概要である。今後とも自動化、特殊料金の取引等本器の用途のますます広く開拓されることを期待し、これらに対するご批判ご指導を切望して筆をおく。

終りに本器の完成に当って種々ご指導ご協力賜った関西電力株式会社変電課、および九州電力株式会社変電課の方々に深甚の謝意を表す次第である。

鑄鉄鑄物組織の研究 第1報

酸素量と冷速の関連性 その1 冷し金使用の場合

名古屋製作所 鈴木 一郎*

Study on The Structure of Cast Iron. Part I

Mutual Effects of Oxygen Content and Cooling Velocity on Structure

Chapter I When Chilling Block are used

Nagoya Works Ichiro SUZUKI

A cast iron marked A (Table 1) having a composition of C 3.16 %, Si 1.21 %, Mn 0.67 %, P 0.062 % and S 0.010 %, has been variously treated with some reducing or oxidizing slags, devised by the present author, and 11 kinds of melt whose oxygen content vary with each other very slightly, have been made. These melts have been cast in a sand mould 60×60×120mm having a chilling block at its bottom. The structures of 10 portions from the bottom to the centre of the ingot at its longitudinal centre line have been examined under the microscope.

I. ま え が き

戦前2, 30年間における鋼の進歩には著しいものがあり、これに比べれば、鑄鉄にはほとんど進歩らしいものがなかったのが、数年前までの状態であったが、このように非常に遅れていた鑄鉄界も、ノジュラー鑄鉄の出現以来、学会においても業界においても、近年非常に活発な研究工夫がなされ、まったく昔日の面影を一新してしまった観がある。その中ではいうまでもなく、Mg処理の球状黒鉛鑄鉄⁽¹⁾、ミーハナイト鑄鉄、あるいはこれをmodifyした強靱鑄鉄に関する諸発明⁽²⁾等が挙げられる。なかんずく、本間博士の微量酸素量と組織の関連性に関する一連の基礎的研究⁽³⁾は指導的な成果を示すものとして尊敬される。その他の研究は個々の問題に関しては別として、上述の新興強力鑄鉄の製造法のすべてに共通する現象、すなわち溶解酸素量とノジュラー黒鉛その他の組織との関係および接種作用についてとくに注意を払って研究してはいない。筆者のように鑄鉄鑄物の製造に従事している者にとっては、これら先人の研究は非常に教えられるところが多く、当社のダイヤナイト鑄鉄鑄物⁽⁴⁾製造の理論的裏付けには本間博士の研究を挙げたく思っている。しかし、筆者の工場においては、毎日支障なくダイヤナイト鑄鉄の溶解が行なわれているのであるが、体験的には、系統的にダイヤナイト鑄鉄に関して幅広く研究しておくことが必要であることを感ずると同時に、文献上もっとも尊敬すべき前記本間博士の研究成果に関しても、現場技術者の立場からすれば、実験室と現場作業間の間隙を埋める意味からも、かなり多くの残された研究事項があるように考えられた。これが本研究に着手し

た動機である。しかしながら、本研究も筆者の立場上、その範囲をやはり限定せざるを得なかった。筆者としては、本研究の結果は多くの現場技術者に多大の参考となるであろうことを念願して遂行したのではあるが、筆者の触れ得なかった点は後日何人か後に続く者のあることを信ずる次第である。

上述のように、本研究のねらいとするところは現場作業の立場からの鑄物組織改善に関する系統的な基礎資料の提供にある。しかし、前記本間博士の研究では、冷速に関してはあまり顧慮されていない傾きがあるので、筆者としては3.5kg程度のインゴットを試片とし、冷速を実際作業に即して幅広く変更し、微量酸素の働きが冷速によっていかに左右されるかを明らかにすることとした。また、接種作用については、C, Si,等の含有量の相違および冷速の影響等を調べた。すなわち、

1. 冷速の大なる場合としては、鑄型の底部のみに冷し金を当てた場合、冷速の小なる場合としては、冷し金を当てぬ場合。

2. 接種を行った場合と行わぬ場合、接種材の相異の影響、鑄鉄組成の影響。等を調べたのであるが、鑄鉄の組成としてはダイヤナイトを中心とした。このダイヤナイトの組成は1表に示すように、一般の強靱鑄鉄の範疇に入るものではあるが、P, S, が著しく少ない。主としてかかるダイヤナイト組成を選んだのは、再現性ある結果を得るために、日頃手がけているものを用いたに外ならない。

II. 実験条件

筆者の一連の研究は数報に跨って発表することになった

* 工作部鑄造課長

ているが、とくにそのつど記載してない実験条件はここに記する第1報のそれとまったく同様である。

1. 溶解法と溶湯試料の種類

ア. 溶 解

溶解の方法は筆者の作業場において、毎日行っている方法で、大約つぎのようなものである。

溶解炉としては2トンまたは5トンのエルー式電弧炉を、炉性は酸性とし、装入主材料としては製作所内で多量に発生する鋼屑を使用し、加炭剤としてはコークス粉、造滓剤として CaCO_3 を著しく多量に使用している。溶解に当っては、溶け落ち前後を問わず、雰囲気を十分に還元性に保つことが必要である。全装入物の上部にある雰囲気は装入口、除滓口等の開閉に伴って外界との接触が多いから、装入物から還元性のガスが絶えず多量に発散するような状況に保つことが望ましい。この条件が保ち得られれば、全装入物の溶け落ち前における固体鉄または局部的にとけた鉄に対する CO または C による加炭は順調に行われるものと考えられる。加炭の速度は鉄と C または CO との接触面の大小に支配され、固体鉄の滲炭よりも溶鉄の炭素吸収の方の速度が大であるから、溶鉄の表面積を大ならしめて、 CO あるいは C にふれさせることが望ましく、溶鉄の体積が大となる程 C の吸収速度は小となる。したがって、装入原料と共に加炭材をよく混合して装入することが望ましい。また、加炭剤としては、灰分が少なく、見かけの密度の大なる物が望ましく、しかも前述のように雰囲気を強還元性に保つためには、還元性ガスを発生することが望ましい。この目的を達するために、種々試験の結果、コークスにピッチを混合団鉱した物を用いた。これによって、装入物の酸化を防ぎ、溶け落ち直後には、目的とする加炭溶湯を得ることができた。この時期に、珪素鉄および満俺鉄を添加して組成を調整し、1表の鑄鉄を得た。

1表 試験片の化学組成

| 成 分 | 脱 酸 | | 成分調整後 A | 酸 化 | |
|-----|----------------|----------------|------------|----------------|----------------|
| | a ₅ | a ₃ | | b ₃ | b ₅ |
| C | 3.14 | 3.21 | 3.16 | 3.14 | 3.11 |
| Si | 1.24 | 1.23 | 1.21 | 1.22 | 1.22 |
| Mn | 0.64 | 0.62 | 0.67 | 0.71 | 0.63 |
| P | 0.065 | 0.062 | 0.062 | 0.060 | 0.065 |
| S | 0.015 | 0.015 | 0.010 | 0.013 | 0.017 |

以上のようにして、成分調整を行った溶湯をそのまま鑄型に注入して、インゴットの作成に移る場合と、成分調整後、さらに脱酸または加酸処理を行ってからインゴットの作成に移る場合とがある。

イ. 脱酸素または加酸素

本間博士の学説によれば、溶湯中に原子状に溶けている酸素の極微量の差に応じて、規則正しく組織が変化するものであるとされている。筆者の実験も、この学説に準拠して行った。すなわち、筆者の作業場において、日

常ダイヤナイト鑄鉄の鑄物を作っているので、成分調整後溶湯の状況すなわち流動性、保持時間等によって、溶湯の脱酸がどの程度に進行するものであるかは経験的に熟知して、日常の生産に支障なからしめている。しかし、本研究においては、脱酸の程度が順次に少しずつ違った5種類の溶湯 ($a_1 \rightarrow a_5$) を作って、これらを試料としたのであるが、果してそのように微量に原子状溶解酸素(本間博士の学説による)の量が順次に違ったものができているか、否か、一応は疑問が起る。しかしながら、溶湯を楔型の鑄型に注入して破面検査を行っている日常作業の経験と、本間博士により明らかにされている酸素量の漸減による組織の漸変事実とよりして、所期の脱酸段階の5種類の溶湯を得ることができたと筆者は考えている。ただし、本間博士の場合と同様に、各5種類の試料中の原子状酸素量がそれぞれ幾何であるか不明であり、各試料が酸素量において等差をもっているように作成せられたとはいい難く、この点ははなはだ遺憾であるがやむを得ないことである。したがって、筆者は念のためにこのような溶湯の全酸素量を化学分析によって求めてみた。その結果は2表に示すとおりで、脱酸溶湯のa系も、加

2表 試験片の酸化物

| 酸 化 物 | 処 理 | a ₅ | A | b ₅ |
|-------------------------|-----|----------------|--------|----------------|
| SiO_2 | | 0.0102 | 0.0109 | 0.0353 |
| Al_2O_3 | | 0.0075 | 0.0116 | 0.0153 |
| MnO | | trace | 0.0012 | 0.0043 |
| FeO | | 0.0031 | 0.0105 | 0.0172 |

酸溶湯のb系も、標準溶湯Aに対して全酸素量は明らかに予期の相違を示している。ちなみに、これら11種類のインゴット試料はつぎのようにして作成、鑄造されたものである。

A: 成分調整後、溶湯温度が $1,480 \sim 1,530^\circ\text{C}$ に達したとき鑄造インゴット作成に移ったもの。(その手順は後記)

$a_1 \sim a_5$: 脱酸系統の湯。 $a_1 \rightarrow a_5$ の方向に脱酸の程度がより進行したもの。

$b_1 \sim b_5$: $b_1 \rightarrow b_5$ の方向に加酸の程度がより進行した酸化系統の湯。

本間博士の記号Iで示されているものは、筆者は上記のAと対応するものと考えているが、 $a_1 \rightarrow a_5$ が同博士の $\text{II}' \rightarrow \text{VII}'$ 等のいずれに対応するか等はとくに留意してはいない。Aよりa系統が脱酸、b系統が酸化されている定性的傾向を本間博士と一致しているものと見、記述においても、脱酸を左方へ、酸化を右方に現わすこととした。

a_1 : 溶湯温度を $1,480 \sim 1,530^\circ\text{C}$ に保持しつつ、A試験片採取後15分間溶滓下に保持したもの。この溶滓の還元力によって、幾分の脱酸が進行したと考えられる。

a_5 : a_1 の試料採取後、造滓材を追加装入し、それが

溶けたと考えられる時期まで保持した湯。これは a_1 採取後約 40 分である。

a_3 : a_2 採取後溶湯の流動性良好となる頃まで $1,480 \sim 1,530^\circ\text{C}$ に保持した湯。この間約 15 分。この辺の湯は楔型試験片を取れば典型的な逆チル現象が認められる。

a_4 : 内面を赤熱した取鍋中に CaF , NaF 各 1% を投入し、直ちに a_3 状態の溶湯を注入し、溶湯温度 $1,380^\circ\text{C}$ に降下するまで保持したもの。

a_5 : CaF , NaF おおのの量を 2% とし、前同様取鍋中に a_3 状態の湯を注入し、溶湯温度 $1,380^\circ\text{C}$ に降下するまで保持したもの。

以上のような湯をさらに後記するような手順で鑄造に移るのである。つぎに酸化系統の湯を作るにはつぎのようにした。酸化剤は Fe_2O_3 である。

b_1 : 取鍋中に Fe_2O_3 を 0.5% 投入し、A の湯を注入し、溶湯温度 $1,380^\circ\text{C}$ に降下するまで保持したもの。

b_2 : Fe_2O_3 を 1% 使用。その他は上記とまったく同じ。

b_3 : " 2% " "

b_4 : " 3% " "

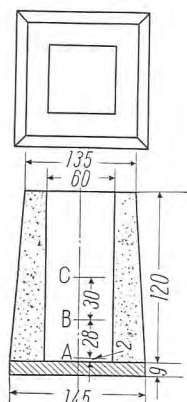
b_5 : " 4% " "

ちなみに、1 表は試料の組成が各種の溶湯処理を施しても問題とする程の変化をうけてないことを分析値によって例示するものである。

2. インゴットの作成

ア. 鑄 型

鑄型としては 1 図に示す角型を使用した。1 図は、周囲すべて砂型で、底部にのみ 9 mm 厚さの鋼板を置いて冷し金の役目をさせたが、これを周囲同様砂型とした場合もある (第 2 報)。この場合は、図の冷し金の代りに 40 mm 厚さの砂型を置き、底部外辺の長さは図と等しく 145 mm とした。砂型には、種油をバインダーとして銀砂を成型し、乾燥後常温まで放冷したものをを用いた。この鑄型により 60 mm 角、長さ 120 mm のインゴットが得られた。



1 図 鑄型の寸法
Fig. 1. Size of mould.

イ. 注 湯

インゴットの作成には、炉中の湯を 1 トン取鍋に採取し、さらに 0.2 トン取鍋に移し、しばらく静置して湯の温度が $1,380^\circ\text{C}$ になるのを待って前記の鑄型に注入した。前記の脱酸あるいは加酸処理は、この 0.2 トン取鍋中で行ったのである。この $1,380^\circ\text{C}$ は筆者の工場における日常作業の最低鑄込温度であり、鑄込み後は自然放冷した。

ウ. 組 成

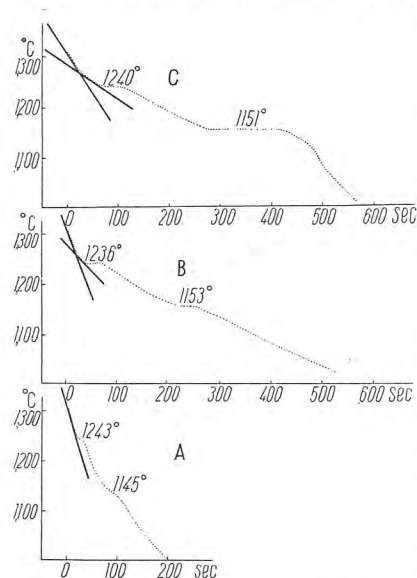
一連の本研究において、試料としての鑄鉄の組成は、ダ

イヤナイトを標準とし、後多少 C, Si 等を変えてその影響を検討した。総じて、本研究が脱酸を基本とする接種鑄造した強靱鑄鉄をねらいとしているので、ダイヤモンドの組成 (1 表) を適當のものと考えた。この組成はすでに多くの人々によって発表されている強靱鑄鉄の組成範囲に入っているものである。1 表に見るように、 a_3 , b_5 もほとんど主成分 C, Si に変化が起っていない。

3. 冷却速度

まえがきにも述べたように、本研究では冷却速度の影響を現場人が首肯し得る程度に広範囲に変えることをねらいとしたが、しかし筆者の立場上あまり大きいインゴットを作成することは、その後の手数の煩雑さが倍加する関係上むずかしく、既述のような大いさを採用せざるを得なかった。したがって、乾燥砂型と冷し金を当てた場合とによって、冷速の影響の調査範囲をできるだけ拡げることとした。しかし、インゴットの各部が異なる冷速をもって凝固したかを知るために、1 図中 A, B, C で示してある箇所 (いうまでもなく断面的に中心線上) に熱電対を設置し、冷却曲線をとった。2 図は、本第 2 報の冷し金を当てて凝固せしめた試料 A の冷却曲線、3 表はこの図から求められた初晶および共晶の温度である。

これらの冷却曲線から、冷速をいかにして求めて組織と対照するかについては考慮を要する。初晶出までの曲線の傾斜は、すなわち、溶湯が均一融体のまま冷却されてきた割合を示している。換言すれば、A, B, C, 3 箇所における湯に対して鑄型の脱熱効果を示している。この脱熱程度の差が鑄鉄組織に影響することはいうまでもない。



2 図 A, B, C 点における冷却曲線
Fig. 2. Cooling curve at A, B and C of the ingot.

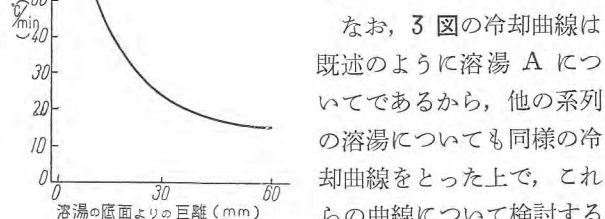
3 表 A, B, C 点における初晶および共晶の晶出温度

| 位置 | 初晶晶出温度 $\alpha^\circ\text{C}$ | 凝固終了 (共晶) 温度 $\beta^\circ\text{C}$ | 凝固所要時間 γ sec | 冷却速度 $\frac{\alpha-\beta}{\gamma} \times 60 (^\circ\text{C}/\text{min})$ |
|----|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------|---|
| A | 1,243 | 1,145 | 55 | 107 |
| B | 1,236 | 1,153 | 210 | 24 |
| C | 1,240 | 1,151 | 350 | 15 |

ばかりか、A, B, C, 3 者間の相違も少なくかつ冷却曲線
上にも 30 mm にのみ過冷が顕著に現われている。これ
らの冷却曲線に対する綿密な考察は後の機会にゆずるこ
ととした。

そもそも、組織に対する冷速の影響は普通の合金の場合
のように、最安定相のみが晶出してくる場合には簡単
であるが、鋳鉄のように黒鉛系とセメント系とが平
衡図の上からも数度の相違しかもっていないで、その晶
出が予期されるものでは複雑であって、初晶出前の均一
融体の冷速ももちろん晶出すなわち組織に影響を持つが、
それと同時に一旦初晶出が開始した後における凝固潜熱
の発生量と奪熱の速度もまた組織を左右するのであろう
ことが考えられる。したがって、均一融体の冷却速度と
初晶晶出後の冷却速度との両者を併せて考慮しなければ
ならないが、この両者にどれだけの係数を与えてよいか、
これはまったく見当がつかない。したがって、筆者は万
やむを得ず、3 表に見るように初晶出開始より凝固終了
までの所要時間 γ をもって、初晶出開始温度（これも図
の切線の示すようにやや凝固の点もあるが） α と、凝固
終了温度 β との差を割って、晶出進行中の平均の冷却速
度 $(\alpha - \beta) / \gamma$ を分単位で現わすこととした。これはあく
まで便法ではあるが、本研究のような実験ではやむを得
ない処置である。（このことは、砂型鑄造の第 2 報の冷
却曲線をも考慮しての結論である。）

つぎに、この 3 表最後欄の冷速の数値を縦軸に、横軸
には鑄型底面よりの距離を
とって、座標図中にプロッ
トし、内外挿すれば底面よ
り中央 60 mm の高さまで
の中心線上の湯について、
上述の意味の冷却速度が求
められる。これが 3 図であ
る。



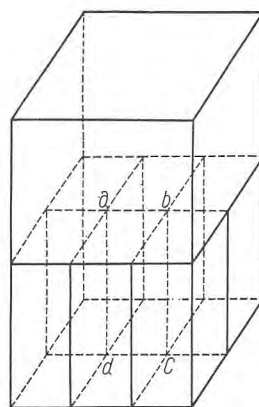
3 図 冷速対距離図

Fig. 3. Curve of cooling
velocity versus distance of
melt from bottom of ingot.

相違にもかかわらず初晶、共晶温度にほとんど相違のな
いことは注目すべきことである。

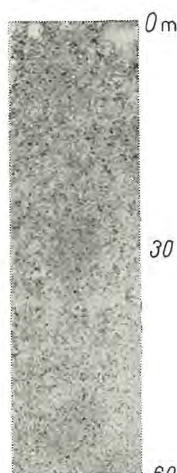
4. 検 鏡

インゴットは冷却後、その高さ 120 mm を中央から
真っ 2 つに切断し、下半分をとり、これを縦に 2 等分し、
さらにその中の 1 つをさきの 2 等分とは直角に 3 等分し、
中央の部分すなわち 4 図の abcd の面を下から上へと、



4 図 検鏡の位置

Fig. 4. Position of section
of ingot for micro-
examination.



5 図 サルファー
プリント

Fig. 5. Sulphur
print.

ては P, S の偏析を認められなかった。本第 1 報の冷し
金の場合のサルファープリントは 5 図のようにこれまた
偏析はほとんど認められなかった。

III. 実験結果とその考察

1. 実験結果

上記のような試料の検鏡箇所全部の写真を 6 図に並
べた。縦 11 列の中央 A 列は本間博士の I に相当する
と考えるものであり、本間博士の表現型式にならって A
より左の列は次第に酸素の減少している試料、右の列は
次第に酸素の増加している試料を並べた。6 図の最下段
はインゴット中央で、最上段は底面である。右側の欄外
にそれぞれ該当する距離（底面よりの）を記し、左側に
各距離に相当する冷速を記した。この 6 図が本研究の実
験記録である。

組織の分類

本間博士によれば、A より左に酸素量を減ずるにした
がって、フレーキ状がバラ状、共晶状に変化し、ついで
一部にチルした組織となり、ついで全チルの組織が現わ
れることになっている。筆者の結果も大局的には同傾向

5 または 10 mm 毎に検鏡
していくこととした。換言
すれば、インゴットの中心
部を下から 60 mm まで検
鏡したのである。本第 1 報
の冷し金の場合の検鏡箇所
は底面から 0, 5, 10, 15, 20,
25, 30, 40, 50, 60 mm の
10 箇所である。これらの距
離に相当する点の冷速は
3 図から算出した。

5. 偏析について

検鏡箇所は前述のように

インゴットの中心線上であるから、
上下の偏析は定性的にはあるものと
考えざるを得ない。が、分析の結果
（4 表）は、砂型鑄込みの場合におい

4 表 1 図の A, C における組成の差異

| 位 置 | 成分 处理 | | A | b _a |
|--------------|-------|-------|-------|----------------|
| | | | | |
| A (0 mm) | C | 3.19 | 3.13 | |
| | Si | 1.21 | 1.15 | |
| | Mn | 0.71 | 0.63 | |
| | P | 0.068 | 0.086 | |
| | S | 0.011 | 0.021 | |
| C (60 mm) | C | 3.16 | 3.14 | |
| | Si | 1.21 | 1.22 | |
| | Mn | 0.67 | 0.71 | |
| | P | 0.062 | 0.060 | |
| | S | 0.010 | 0.013 | |

であるが、冷速の相違からくるものか、組成その他の未知の原因によるものかは別として、組織を本間博士のように細かく分けることはむずかしかった。また、6, 7 図に見られるように、1 つの分類に属するとみられる組織の中にも綿密に見れば細かく区分した方がよいと思われるものもある。したがって、筆者は6 図における横軸の酸素量、縦軸の冷速が組織にいかに関与するかをまず大づかみに知るために、組織の分類を大まかに行うこととした。すなわち、

F 組織

フレーキ状黒鉛組織を指す。これを筆者は本間博士の I 組織に相当するものと考えている。この組織は第 2 報の砂型鑄込みの場合にはしばしば認められたが、6 図にはほとんど現われていない。わずかに、NO. 56, 57 のみがそれとみられる。この両写真を見ると、フレーキ状黒鉛は大きく、比較的均一に分布しており、これらの写真で初晶の地^{*)}をどこと指すことは困難である。NO. 55 および 58 はこれらと異なり、とにかく初晶を思わせる地が存在している。この NO. 56, 57 のように初晶の地が指定しがたい組織を F 記号で現わすこととした。

U 組織

これは黒鉛共晶組織と呼ばれているもので、レーデブライト—セメントイトを全然含まぬものを指す。共晶組織であるから、初晶の地が明らかに存在することはいうまでもない。この例はかなり多く見られた。NO. 27, 28, 36~40, 45~50, 54, 59, 60, 65~70, 76~80, 87, 88 等がその例である。NO. 55, 58 等はこれらに比べると、初晶の地がやや不明瞭である。しかし、NO. 56, 57 の F に比べればやはり初晶は判別される。ここでは、これらを U(F) または F(U) とすることとした。

U(F) または F(U) 組織

F と見るよりは U と見たいが、U としてはやや不明瞭な初晶を有するもの、すなわち、大別すれば U の中に入れるべきものの中 U に近いものを U(F)、F に近いものを F(U) とした。

L 組織

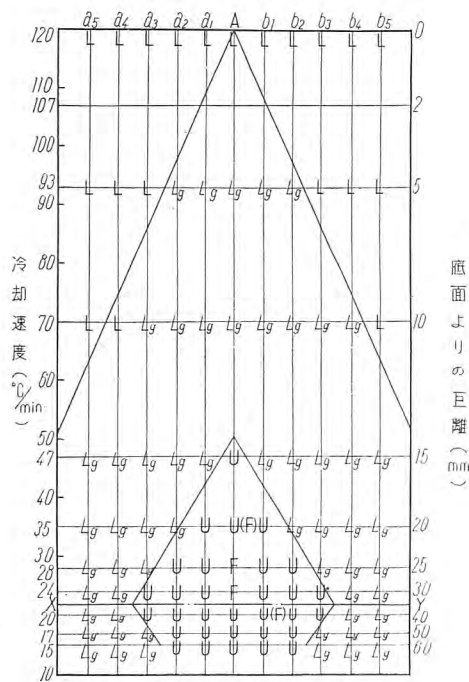
レーデブライト共晶の白鉄組織を指し、黒鉛を含有しない。NO. 1, 2, 3, 11, 12, 13, 21, 22, 31, 41, 51, 61, 71, 81, 82, 91, 92, 101, 102, 103 等がその例である。

以上のような組織の外に L に黒鉛の混合している組織がある。これを別に挙げるのが便利のように思われる。

Lg 組織

L なる白鉄共晶組織の中に少量の黒鉛の混じっているものから、U なる黒鉛共晶組織の中に少量の遊離セメントイト（共晶として晶出したものと推定されるもの）を混じえたものまで、この記号で示される組織は変化に富んでいる。

以上のような組織分類にしたがって、6 図の 110 個の写真を分類して前記の記号で現わし、横軸は 6 図同様に酸素の多寡を定性的に現わすこととし、縦軸は（6 図の



7 図 酸素と冷却速度による組織変化図

Fig. 7. Changes of structure by oxygen and cooling velocity.

如きインゴット底面からの距離とせず)冷却速度とし、各距離に相当する写真採取箇所の冷速をとれば、7 図の酸素量—冷速による組織図が得られる。この 7 図が本研究結果の総括である。

2. 実験記録の総括ならびに考察

7 図のように現わすとき、縦の各行の試料の酸素含有量の微量差が幾何であるかが不明であるばかりでなく、各行間がそれぞれ等酸素含有量差でもなく、A を中心として左右に対称的でもない。この点は非常に遺憾であるが、本間博士もその研究において指摘されているように現状においては致し方のない点であり、岩瀬教授も指摘されているように、なまじっか全酸素量分析値をこの結果に附して、結果を考察することは大綱を逸するおそれがあるので、本研究においても大綱をまず明確にするために、しばらくこれらの点を不問に附すこととした。後に述べる本研究の結論も、酸素量に対して定量的な明確さは持たないが、定性的には酸素の多少と組織および冷速の関係については、本研究の範囲については普遍的に正確であると確信するものである。7 図の組織図からつぎの事柄が知られる。

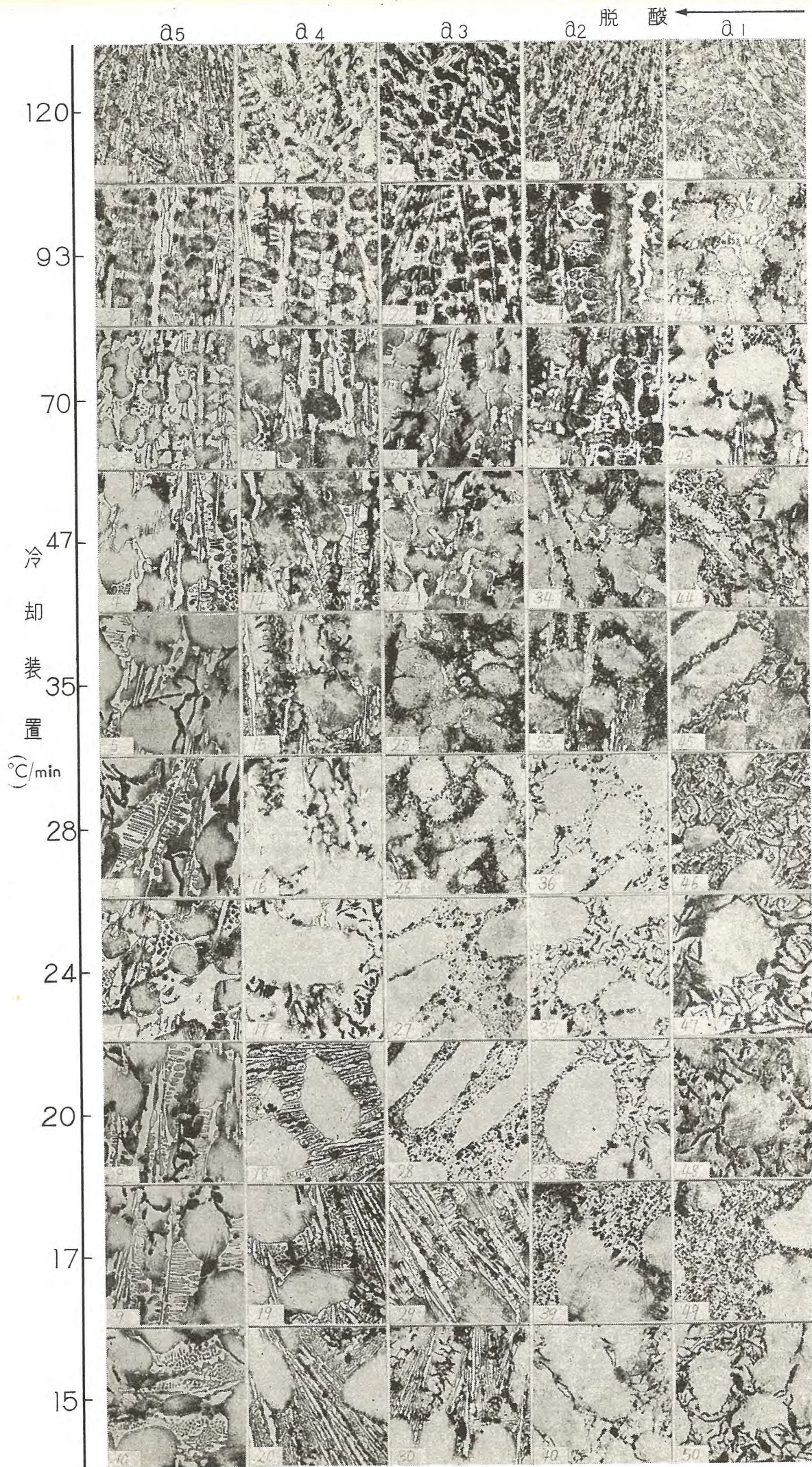
酸素量—冷速による組織図

6, 7 図に明らかなように、まず A, a₁→a₅ 列について通覧すると、L と Lg の間にも、Lg と U の間にも境界線が右上から左下がり引き得られる^{*)}。すなわち、

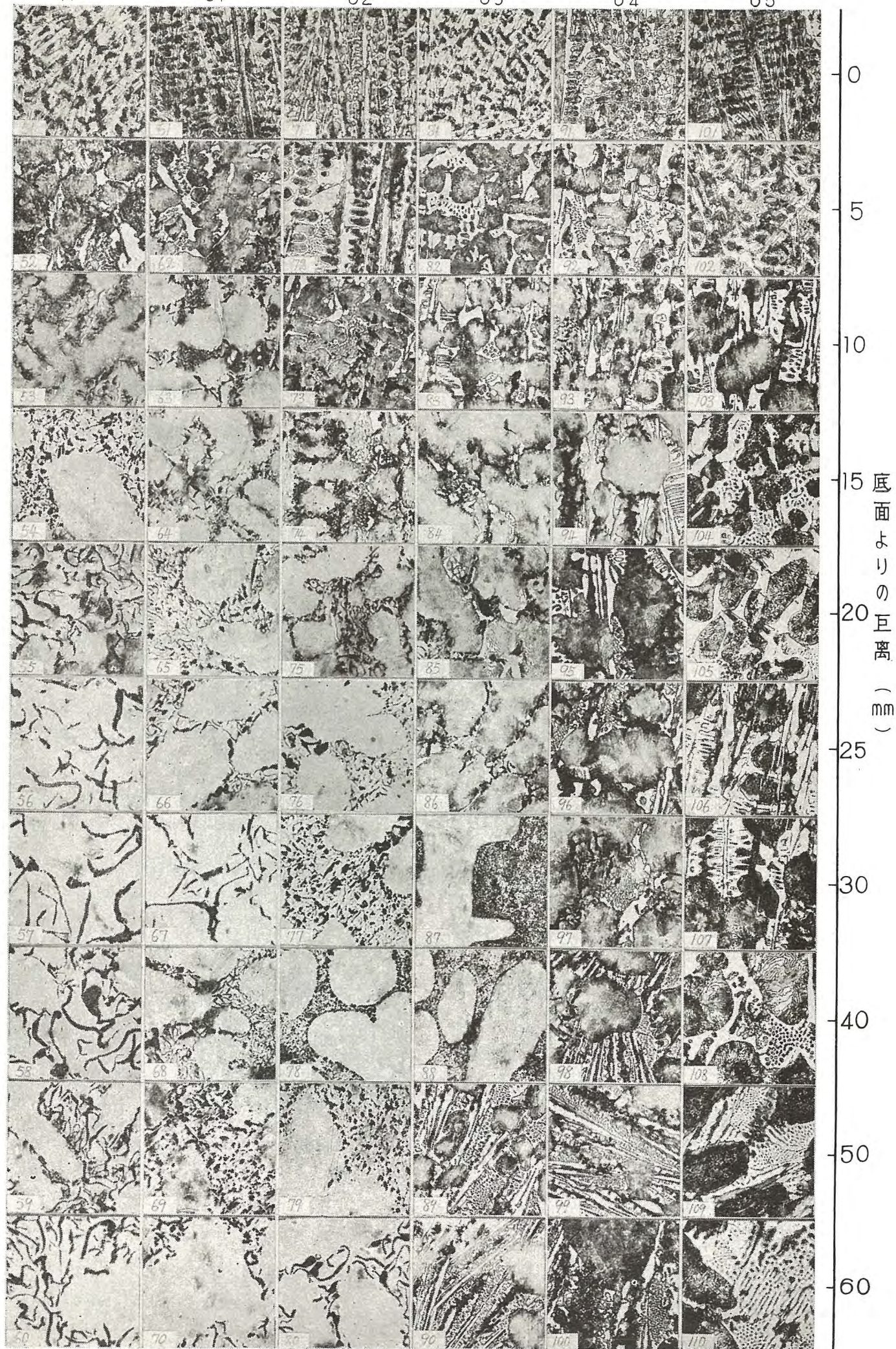
(1) L と Lg の境界についてみると、酸素量が少なくなる程冷速大ならずとも全部チル化し易い。

(2) Lg と U の境界についてみると、Lg なる組織は酸素の少なくなるほど徐冷でも出易い。酸素が A 級では約 50°C/min の冷速でも U となり Lg は出ない。

6 図 酸素と冷却速度による変化組織
Fig. 6. Changes of micro-structure by Oxygen and cooling velocity.



A → b₁ 酸化 b₂ b₃ b₄ b₅



×200 × $\frac{7}{\sqrt{2}}$

(3) 上述2本の境界線をみると、冷速大なれば白化し易い一般通念は成立っており、冷速小となるにしたがってLgを経てUに移る。この傾向はA~a₃列に認められる。

(4) ところが、この(3)の傾向は冷速20~24°C/minまでのことで、それより冷速小となれば反対にUとLg間に境界線が左上から右下がりに引かれる。この線は逆チルを示す線ともなっている。(同様の事柄は砂型鑄造の第2報の場合にはさらに明瞭に出ている。)

(5) a₄, a₅列ではLgが50°C/min以下ではつながっており、その間にUは介在しない。

以上が、6, 7図A級およびその左側の大勢である。A級より右、すなわち、酸素の増加についても図に示すようにまったく同様の傾向となっている。

つぎに、全11列を通じて注目すべきは、A列では、a, b系とはやや異なった趣きを示している。それは、A列を上から下にながめるときUの下にFがあつて、さらにその下にまたUのあることである。すなわち、冷速が遅くなっているにもかかわらず組織がFからUと細かくなっている点である。いま、組織の細かくなることを一般合金の例によって、冷速が大となるによるとすれば、この現象は一般とは逆の傾向を示していることとなる。a₃, b₃列の逆チルもまたA列のXY線以下と同じ現象となる。これを本報では逆転現象と呼ぶこととした。もちろん、逆チルも含むこととした。これについては第2報でくわしく述べることとする。

つぎに、境界線上の傾向がXY線の上下で相反しているから、上と下に分けて考察すればつぎの如くなる^{*)}。

XY線よりも上部において

(1) 図を見れば、境界線をみるとA列を中心に左右にほぼ対称のように見える。Aより左右にa₁→a₅, b₁→b₅は等距離にとつてあるが、既述のように溶解酸素量の差がa_i→a_{i+1}, b_i→b_{i+1}において等量である実証もなく、ただa₁→a₅に酸素が減り、b₁→b₅に増していることのみがいわれるにすぎない。また、仮りに、溶解酸素の等差がa_i→a_{i+1}, b_i→b_{i+1}間に成り立つとしても、組織がA列を中心に左右対称となるべきものという結論は直ちには出せるものではない。したがって、以下において、左右対称というも、単に7図の作図の上からの便宜上のことにすぎない。ただし、本間博士の結果にも見るように、Aを中心に、それより酸素の減ること、増えることは、組織の漸変としては同じ傾向にあることはこの7図の結果からもいい得られる。

(2) 上述の意味の対称性すなわち傾向は0~60mmのすべての距離すなわち冷速において成立っている。

(3) XY線以上では、冷し金の効果がインゴットの内部に行くにしたがって減少する。酸素が減るにしたがい、また、増すにしたがい、レーデブライトーセメントは消えにくい、すなわち、白銑が出易い。

(4) この実験範囲では、A列以外はFすなわちフレキ状黒鉛は出にくい。

(5) 以上、各列について冷速と組織の関係は一般の通念にしたがい、急冷ほど白銑化し易く、徐冷ほどフレキ状黒鉛が出易い。すなわち、急冷のLからLg, Uを経てFに変わる。この一般的傾向が酸素量によって左右され、漸変組織の途中のものが欠如することがある。

(6) XY線以下では(5)とは反対にa₃, b₃列において見られるように、より徐冷の方に白銑化が起る。すなわち、ここに逆転現象の片鱗を見せている。A列NO. 58よりNO. 59, 60の方が組織が細かくなっているのも、この傾向を示すに外ならない。(これは第2報において明瞭に出ている。)

すなわち、これらの結果を本間博士のそれと比較すると、

a. 酸素量の漸増、漸減に応じて組織が漸変する点はいずれの冷速においても左右対称に成立っている。

b. しかし、漸変の途中の組織の欠如が冷速によって起る点は新らしく得られた結果である。

c. また、逆転現象も新事実である。

備考

※ 1.

2図の冷却曲線よりすれば、明良に初晶出が起っているけれども、ここでは組織の上での典型的な初晶の有無を問題にしてのことである。

※ 2.

前にも述べたように、7図の横軸は便宜上とつてあるから、ここにとってある境界線の形状にも、その事柄からくる不明確さが付随する。

※ 3.

逆転がa₅~A~b₅の全部においてXY線を境にして起っている点についても後で考察する機会を得たく思っている。

最後に、終始ご指導を戴いた岩瀬教授に厚く謝意を表し、また実験に協力下さった本社星野技師ならびに小川技手に感謝する。

参考文献

- (1) R. P. Dunphy and W. S. Pellini: Foundry Vol. 80. No. 1. (1952)
R. P. Dunphy, C. G. Ackerlind and W. S. Pellini: Foundry. Vol. 82. No. 6. (1954).
飯高一郎: 球状黒鉛鑄鉄の研究, 第1集および第2集 (1955)
E. Piwowarsky u. Ernst-Günter Nickel: Giesserei. 15 (1955) Nr. 21. Juli.
- (2) 浜住松二郎: 鑄物 Vol. 27. No. 1. (1955)
山口澄夫: 生産技術 Vol. 8. No. 3. (1953)
E. Piwowarsky: Giesserei 9 Juli (1953)
- (3) 岩瀬慶三, 本間正雄: 日本金属学会誌. B-16 (1952) NO. 2.
本間正雄, 橋本雅彦: 日本金属学会誌. 16, 9 および 16, 10.
本間正雄, 嶋原道夫: 日本金属学会誌. 16, 11 および 16, 12.
- (4) 鈴木一郎, 星野克英: 三菱電機 Vol. 28. No. 12. (1954)

紡績工場の合理化に

わが国の紡績業はもっとも重要な産業の 1 つである。過去においては低賃金が最大の強みであったが、世界市場における競争に不動の地位を確保するためには、生産の合理化によらねばならない。

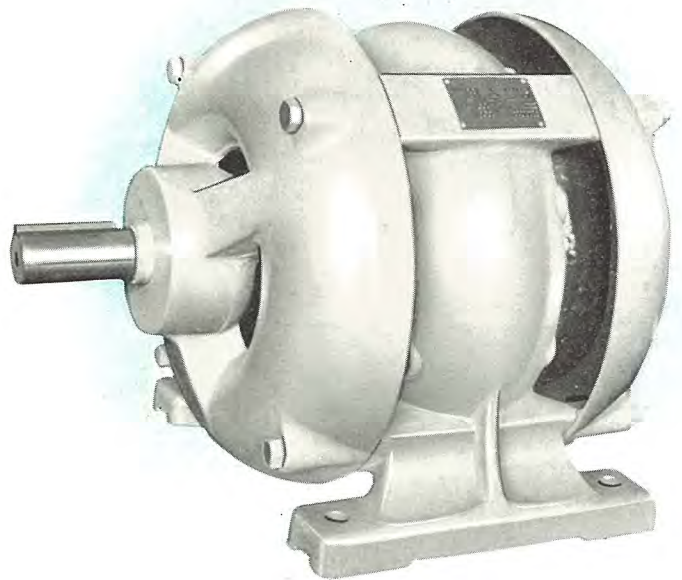
紡績業においては小容量の電動機を多数運転するという特殊な事情にあり、寸法的制約のもとに信頼度、耐久性、能率、力率等の極度に高いことを必要とされる。

当社は幾多の近代式工場のご用命に応じた各種の紡績用電動機を製作し、優秀な運転成績をあげている。

RA型リング電動機

特 長

- 綿ほこりの多い室内の使用に適し点検、掃除に便利な構造になっている。
- 密封幅広ボールベアリングを使用しておりベアリング内に綿ほこりが侵入することなくグリースの老化漏洩が防止され、長期間無給油で円滑に運転される。
- とくに高い効率ならびに高力率に設計製作され温度上昇も低い。
- 通風窓大きくコイルエンドは布で包み表面を滑かに処理を行い付着した綿ほこりは容易に取除かれる。



10 HP カゴ形 3 相誘導電動機

昭和 31 年 6 月 8 日 印刷

昭和 31 年 6 月 10 日 発行

「禁無断転載」 定価 1 部 金 60 円 (送料別)

雑誌「三菱電機」編集委員会

委員長 大久保 謙
副委員長 石川辰雄
委員 浅井徳次郎 荒井 潔 石橋英樹 市吉惟浩
伊東祐義 大久保夙郎 岡屋精二 菅野正雄
木村武雄 小林治一郎 小堀富次雄 進藤貞和
田宮利彦 津村 隆 中野光雄 毎熊秀雄
松田新市 松尾又一 松尾米太郎 宗村 平
横須賀正寿
幹事 市村宗明 前田幸夫 (以上 50 音順)

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