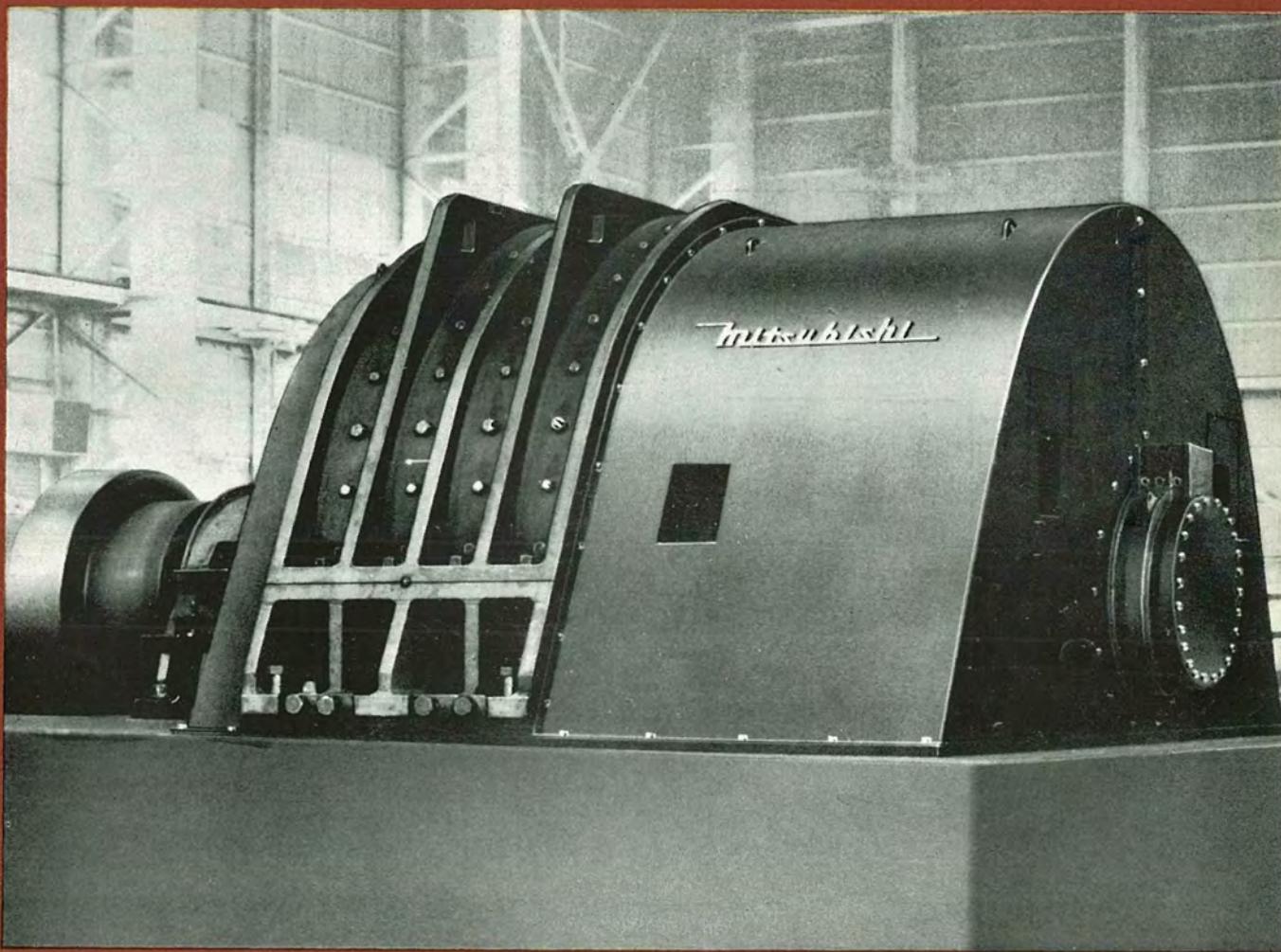


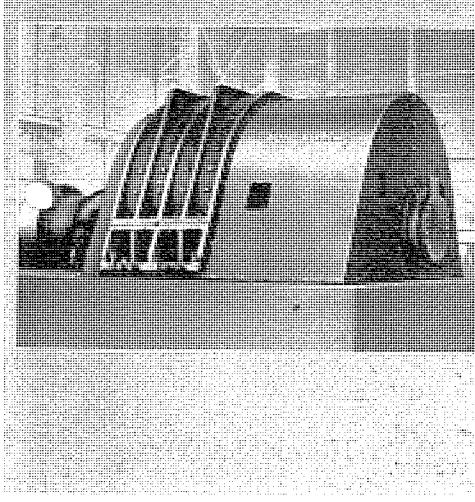
MITSUBISHI DENKI

# 三菱電機



本邦最大の八幡製鉄向け 10,000 HP イルグナ式主圧延電動機

11  
VOL30 1956



# MITSUBISHI DENKI 三菱電機

## 表紙説明

八幡製鉄向け 160 in 4 重逆転式厚板圧延機用 1 万馬力イルグナ式電気設備の主圧延電動機である。駆動方式は従来のピニオンスタンド式でなく上下の主ロールを別個の直流電動機で直結運転する双子型式 (Twin-Drive)

で、仕様概略は下記のとおりである。

なお 1 万馬力イルグナは本邦最大のものである。

圧延電動機 2 台—5,000 HP 直流電動機 750 V 0~40~80 rpm

エッジ用電動機

1 台—1,500 HP 直流電動機 750 V 0~150~450 rpm

イルグナ交流装置

4 台—2,250 kW 直流発電機

1 台—1,250 kW 直流発電機

1 台—9,000 HP 誘導電動機

1 台—蓄勢輪 440 TM<sup>2</sup> (GD<sup>2</sup>)

## 三菱電機株式會社

### 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 研究所 兵庫県尼ヶ崎市南清水

神戸製作所 神戸市兵庫区和田崎町

名古屋製作所 名古屋市東区矢田町

伊丹製作所 兵庫県尼ヶ崎市南清水

崎製作所 長崎市平戸小屋町

無線機製作所 兵庫県尼ヶ崎市南清水

大船工場 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

郡山工場 福島県郡山市宇摩橋町

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 札幌市北二條東 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 札幌市大通リ西 3 の 5

(電) 札幌 (2) 代表 7236

仙台事務所 仙台市東一丁目 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

昭和 31 年 第 30 卷 第 11 号

## 目次

電源開発株式会社糖平発電所 23,500 kW フランシス水車…佐藤博… 2

電源開発株式会社糖平発電所 23,000 kVA 水車発電機…山下喜美雄… 8

カゴ形誘導電動機の起動異常現象…梶谷定之… 14

鋳鉄鋳物組織の研究 第 3 報

接種に及ぼす酸素量と冷速の関連性その 1. C, Si の含量の

少ない場合…鈴木一郎… 20

交流磁気特性直視装置…野口英男・須藤英司… 29

外被型クリネヤ(電気式空気清浄装置)…田附和夫… 34

ニュースフラッシュ… 38

最近における当社の社外寄稿一覧・社外講演一覧

および最近登録された特許・実用新案… 42

## 品質奉仕の三菱電機

# 電源開発株式会社糠平発電所 23,500 kW フランシス水車

新三菱重工業株式会社神戸造船所 佐 藤 博

## Francis Turbines 23,500 kW for Nukabira Power Station of the Power Resources Development Company

Mitsubishi Heavy-Industries, Reorganized, Hiroshi SATO  
Limited Kobe Shipyard & Engine Works.

To Nukabira Power Station of the Power Resources Development Company were supplied two units of vertical single wheel spiral Francis water Turbines. They were built by the Mitsubishi Heavy Industry Company Reorganized and involve numerous novel conception in the design and manufacture, though the capacity is not very large. The model turbine, according to which the main units were manufactured, underwent varied tests at the factory to confirm excellent performance. Every care was exercised by the builder to complete them under the very best conditions.

### 1. まえがき

電源開発株式会社糠平発電所用 23,500 kW フランシス水車は中容量機であるが、その設計工作中に斬新的な構想を多く取り入れ、最近工場において仮組立も終了し、目前現地にて鋭意据付作業中である。

本水車は模型試験により性能およびキャビテーション共その優秀性を確認するとともに、各部の構造および使用材料の材質に付いても十分検討を加え、材料試験、組立検査、補機類性能試験など各種多数にわたり慎重な工場試験および検査を施行し、その優秀性を確認して完璧を期した。以下本水車の概要について述べる。

### 2. 計画概要

本発電所は北海道河東郡上士幌村字黒石平において十勝川水系音更川の左岸に位置し、水路は約 3 km 上流の糠平ダムより延長約 3.4 km の水圧隧道を経て調圧水槽に達し、これより水圧鉄管は 2 条に分岐し鉄管弁を経て発電所に導かれ発電の上直接本流に放流される。放水路は下流に計画中の茅登第 1 発電所用元小屋ダムが建設された場合、そのダムの一部をなす計画である。

本発電所は下流に計画中の茅登第 1 および第 2 発電所下建設中の足寄発電所を含めたいわゆる十勝川水系電源開発計画の一環をなし最上流に位置している。

#### ア. 貯水池（糠平ダム）

堰堤高さ	76 m
「長さ	287 m
「体積	440,000 m <sup>3</sup>
貯水池全容量	187,000,000 m <sup>3</sup>
「有効容量	156,660,000 m <sup>3</sup>
「湛水面積	8.08 km <sup>2</sup>
「利用水深	30 m

### イ. 水路

構造	円形圧力隧道 1 条内径 4.6 m
延長	3,397 m

### ウ. 調圧水槽

型式	差動式調圧水槽	1 基
内径		20 m
ライザ内径		4.4 m

### エ. 水圧鉄管

直徑	4.6~2.2 m
全長	#1 197,966 m
	#2 193,500 m

### オ. 発電所出力

最大	40,000 kW
年間発生電力量	99,500,000 kW

### 3. 水車

#### ア. 水車仕様

本水車の仕様はつぎのとおりである。

型式	豎軸単輪单流渦巻フランシス水車
台数	2 台
有効落差	116 107 80.5 m
最大流量	22.60 (制限) 24.54 (制限) 22.52 m <sup>3</sup> /s
最大出力	23,500(制限) 23,500(制限) 15,760kW
回転数	333 rpm
周波数	50 c/s
回転方向	発電機側より見て時計方向
運転方式	1 人制御半自動式
据付方式	単床式コンクリートバーレル
水車効率	基準落差における最高 92%
速度変動率	制圧機作動時 28%
	制圧機不作動時 33%
水圧変動 (落差112 m)	制圧機作動時 131.0 m

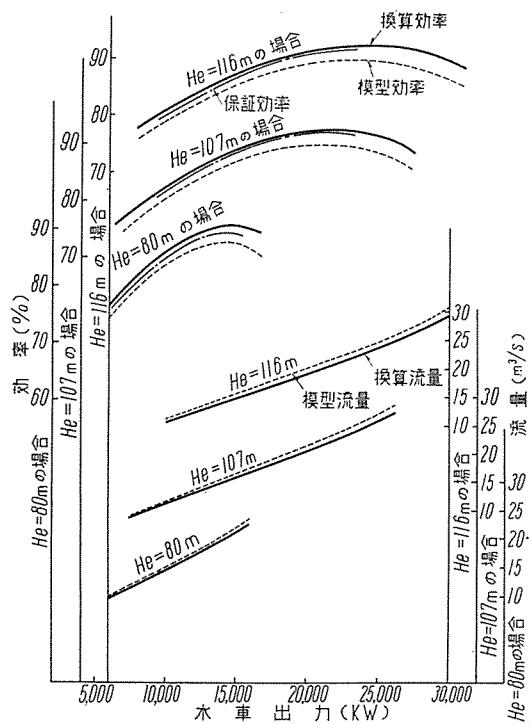
制圧機不作動時	152.0 m
ただし発電機回転部の $GD^2$	530 t-m <sup>2</sup>
調速機閉鎖時間	5.0 sec
" 不動時間	0.2 sec
無拘束速度	610 rpm

### イ. 模型試験

本水車はつぎの如く各種の模型試験を行い、その性能の優秀性を十分確認した。

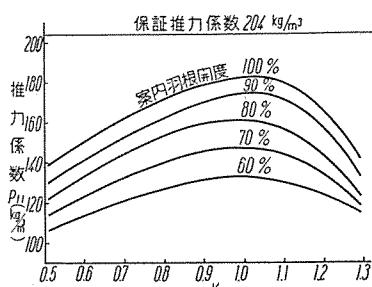
- (1) 効率測定試験
- (2) 無拘束速度試験
- (3) 水圧推力試験
- (4) インデックス試験
- (5) キャビテーション試験
- (6) ランナ出口の流動状態測定試験

模型水車は縮尺 1/3.09 および 1/10 の 2 種類を製作し、1/3.09 の模型で(1)～(4)の測定試験を 1/10 の模型で(5)、(6)の測定試験を実施した。その結果効率においては、模型水車の最高効率をムーディの 1/4 乗式により実物水車効率に換算すると 92.2% を示し、各流量各偏落差においても最良の性能を出しうるランナであることを確認した。1 図は模型水車の効率および実物水車の推定効率、推定水量の曲線図、2 図は模型ランナを示す。無拘束速度試験においては各案内羽根開度にわたって計測し最高無拘束速度が有効落差 117,965 m 案内羽根開度 90% において 599.5 rpm (保証値 610 rpm) であり十分安全であることを確認した。3 図は最高有効落差時における無拘束速度曲線図である。水圧推力試験は流量の大なる案内羽根開度 60～100% について実施し十分安



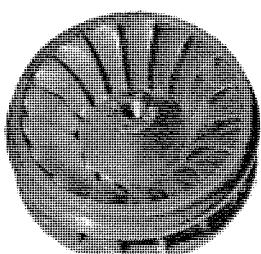
1 図 模型水車効率および実物水車推定効率、流量曲線  
Fig. 1. Model turbine efficiency, Turbine's presumed efficiency and discharge curve.

電源開発株式会社糠平発電所 23,500 kW フランシス水車・佐藤



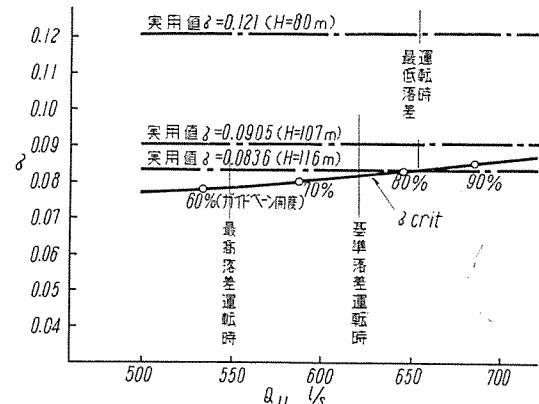
4 図 水圧推力曲線

Fig. 4. Hydraulic thrust curve.



5 図 キャビテーション試験用模型ランナ

Fig. 5. Model runner to be used for cavitation test.



6 図  $\sigma$  crit 曲線

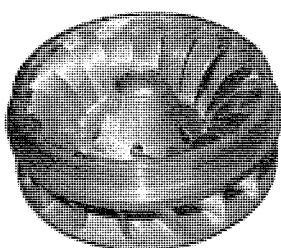
Fig. 6.  $\sigma$  crit Curve.

全であることを確認した。4 図は推力系数の曲线図である。案内羽根開度 90% 有効落差 117 m における水圧推力を求めると 77,411 kg (保証値 90,000 kg) となり、十分安全である。インデックス試験についても綿密な

研究が進められ実際面に最も適正な測圧孔の位置を求めることができた。

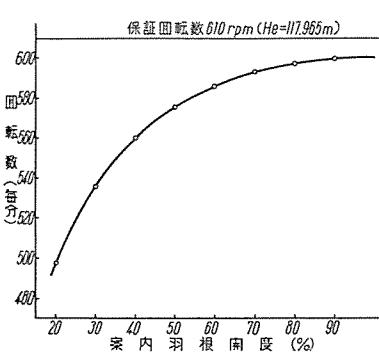
キャビテーション試験においては、空洞現象発生限界を実物水車に換算するに当り、トーマの系数

$\sigma = (Ha - Hs)/He$  を用いて空洞現象性能の測定規準とし、各案内羽根開度、各  $\sigma$  につき性能を調査し実際運転時に対するキャビテーション性能を検討し、安全性のあることが確認された。5 図はキャビテーション試験用模型ランナ、6 図は各有効落差時における  $\sigma$  crit 曲線図である。ランナ出口の流動状態については、流速分布、静圧分布、空洞発生状態等詳細にわた



2 図 性能試験用模型ランナ

Fig. 2. Model runner to be used for a performance test.



3 図 無拘束速度曲線

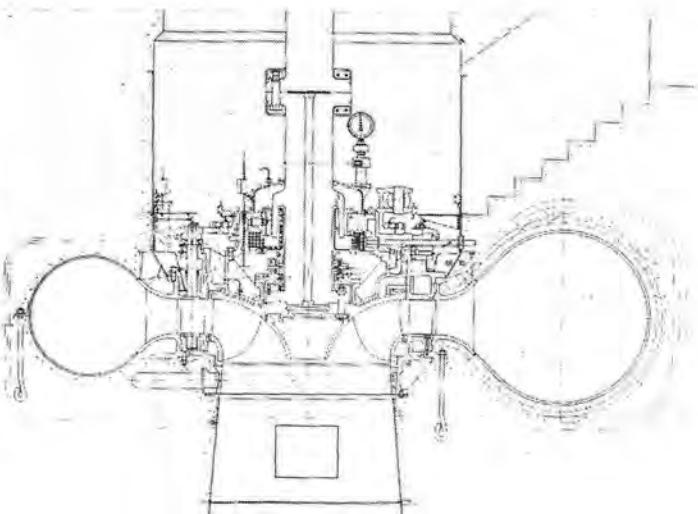
Fig. 3. Runaway speed curve.

り測定検討され今後の水車設計、製作に寄与するところ大なりと信ずる。

#### ウ. 配置および構造

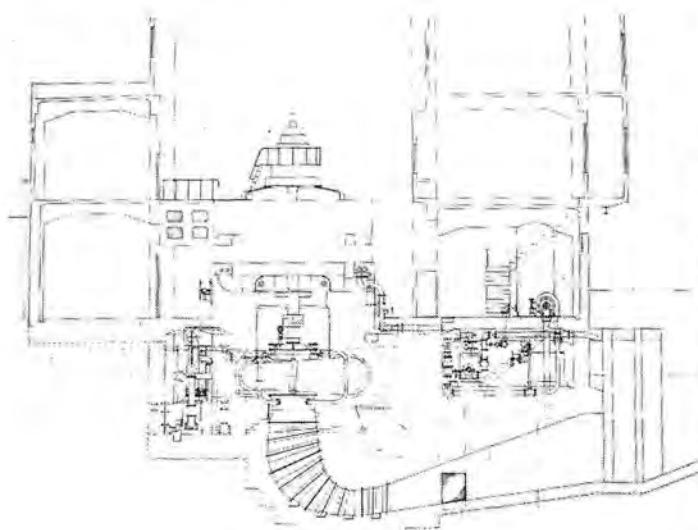
##### (1) 各機器の配置

据付方式は7図および8図に示すように単床式コンクリートバーレルにて、床面積および建家高さは資材の節減を計るため極力切り詰めて計画された。しかしそのため所内が狭苦しくならないよう主弁案内羽根サーボモータは床面より下に沈め、圧油装置、給排水装置、制御盤など補機類は別室に配置したため床面上にはキャビネット型調速機および制圧機の一部分のみの配置となり所内は広々とした感じで明るく、保守運転の面からも便利な配置と思われる。



9図 本体断面図

Fig. 9. Sectional view of vertical francis turbine.



7図 機械配置図(断面)

Fig. 7. General arrangement (sectional view).



10図 本体工場組立状態

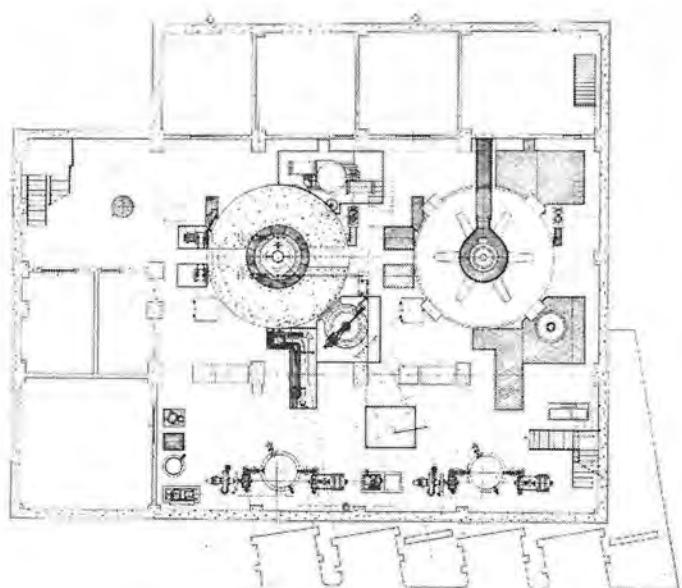
Fig. 10. Assembly of turbine parts at factory.

##### (2) 水車本体の構造

本水車は設計に当り斬新な構想を多く取り入れたため十分検討の上計画されたもので、9図はその構造断面図、10図は工場仮組立の状態を示す。以下主要部分の構造について記す。

###### a. ランナ

水車の性能はランナの良否によって左右されるものであるから、その設計製作に当ってはとくに慎重を期した。ランナの性能については前述のとおり模型試験により優秀性が確認され、製品検査も細部にわたり慎重に行い、翼プロフィルおよび出口入口角度等は特殊ゲージにより検査し、模型ランナと全く相似性であることが確認された。ランナの材質は鉄鋼製で羽根裏面およびシュラウドリング内面はキャビテーションによる腐食を防止するため不銹鋼(18% Cr, 8% Ni)の肉盛溶接が施され、ライナは不銹鉄(13% Cr)製である。11図は完成した本ランナを示す。



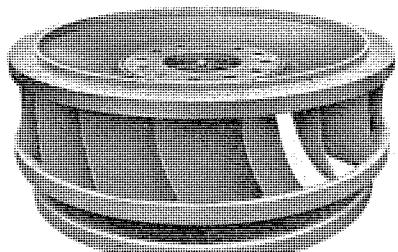
8図 機械配置図(平面)

Fig. 8. General arrangement (Plan).

b. スピードリ  
ングおよびスパイ  
ラルケーシング

スピードリングは鉄鋼製4つ割にて強大な水圧またはバレルを通じて伝達される発電機重量および水圧推力などの下向荷重に対して十分耐えうる強度を持っている。スパイラルケーシングは鋼板製(SS 41)でスピードリングと同様4つ割としフランジでボルト締めとする構造となっている。その接合せはすべて溶接とし、胴板と胴板、胴板とスピードリング(鉄鋼)およびフランジ(鉄鋼)との溶接接手もすべて衝合溶接を採用し、材料の節約、内面流水面の平滑など考慮されている。溶接工事完了後慎重に熱処理をほどこすと共にX線検査により、溶接部に欠陥なきことを確認し、完成後所定の水圧試験を施行して強度的にも十分安全であることが立証された。胴板には前述の模型試験により決定した流量測定用の穴(Index Method)を設け銅管で外部に導いてある。12図は溶接工事完了後のスパイラルケーシングを示す。

c. 主軸および主軸受



11図 完成したランナ  
Fig. 11. Completed runner.

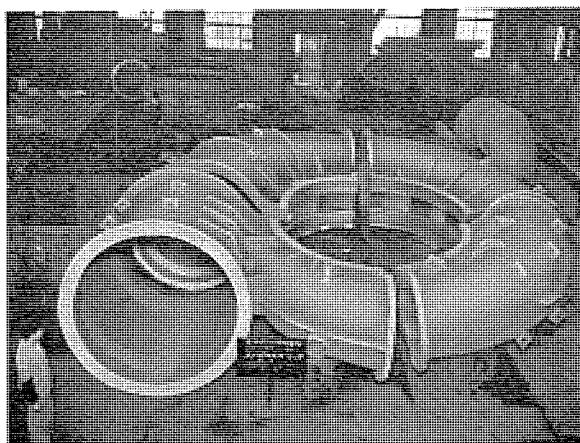
主軸は鉄鋼製(SF-55)で、中央部軸心には80mmの材質点検用穴をあけてある。また発電所現場で据付の際この穴を利用すれば水車の芯出しが容易で据付工程を短縮することができる。13図は発電機軸と結合した水車主軸を示す。軸受部に張り出しているスリーブは主軸と一緒に削り出しである。軸受は油浸式セグメンタル軸受である。循環水で冷却する方式が採用され、保守が容易である。この方式の軸受はクリアランスが自由に調整でき、かつ調整ボルトにより点支持となっているから、軸受は個々に可動しうるので全面に当り、片当たりすることなく、したがって過度の温度上昇を防止することができる。

d. 案内羽根および調整機構

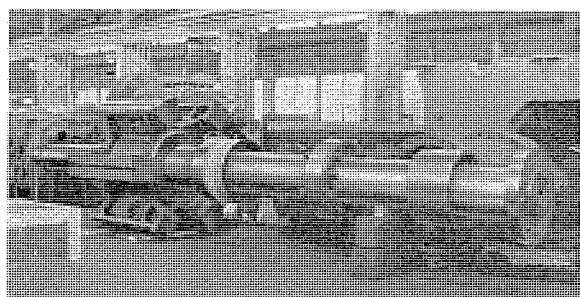
案内羽根は鉄鋼製(SC 45)一体もので、上下カバーに接する面および重り部分には不銹鋼(18% Cr, 8% Ni)肉盛溶接をほどこしてある。案内羽根上下の隙を自由に調整しうるように上カバー上部に調整装置を設け、リンクはターンバックル式とし案内羽根個々の調整を容易ならしめ、アームは2重としてボルトで締め付け、そのボルトに弱点部を設け案内羽根が異物を噛み込んだ場合切断するようになっている。また案内羽根用パッキングはアーム、ブッシュ等を分解せずに組立てたままで自由に取替えうる構造となっているので非常に便利である。14図は案内羽根調整機構付近の構造図である。

e. 上部カバー

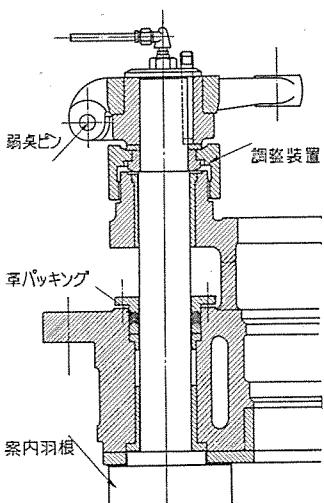
上部カバーは鉄鋼製(SC 45)で外部カバーと内部カバーの2部分に分れ、外部カバーはスピードリング上部フランジに取り付けられ、内部カバーはこれを取りはずすことにより案内羽根関係部品を分解することなく、容易にランナを取り出しえる構造となっている。なお、ランナ外周の間隙測定用孔を対称2カ所に設けてあり、水車停止の際水車の内部に入ることなく簡単にランナ外周間隙を測定できる構造となっている。水車主軸が内部カバーを貫通する部分には新三菱重工独自のカーボンパッキングを使用し、漏水防止の万全を期している。カーボンパッキングはつぎのような特性を有するのでシーリングパッキングとしては最適である。シールの完全度が高いので小さい面圧で十分漏水防止の目的が達せられしたがって摩耗量が少い。熱放散性が高く熱を蓄積しないので絶体焼付くことなくしたがって主軸スリーブ



12図 工場内におけるスパイラルケーシング  
Fig. 12. Spiral casing at factory.



13図 発電機軸と直結した水車主軸  
Fig. 13. Turbine shaft to be connected with generator shaft.



14図 案内羽根調整機構構造図  
Fig. 14. Guide vane regulating mechanism.

を損傷しない、スプリングで常に適当の面圧を保持しうる構造となっているので調整の必要なく、かつ内面に清水を注入し最下部に白色合金を裏張りしたメタルパッキングを1段取り付けてあるので下部より汚水が浸入することなく、したがってカーボンパッキングの摩耗が少い。なおカーボンパッキング部の主軸スリーブは不銹鋼製である。内部カバー上部に溜った漏水は當時スピードリング固定翼の中空孔を通じて所内排水ピットに自然流下する構造となっているが、危急時または点検時に排水するため電動エルモポンプを1台設置してある。

#### f. 吸出管空気送入装置

局部的のキャビテーションによる障害を防止するためランナ下部中央部と周壁部に空気を導入するものにして中央部は主軸とランナとの結合ボルトの中空孔より、周壁部には下部カバー内面の全周にある小穴よりそれぞれ空気管を経て空気を導入する構造となっている。なお空気弁の開閉はカムにより案内羽根と連動させ空気量を自動的に調整する構造となっている。

#### (3) 主入口弁

主入口弁は油圧自動共鍵式蝶形弁にて、弁箱は鋳鋼製で上下2つ割となり、組立および分解が容易にできる。弁体外周が弁箱に接する止水面には管型中空ゴムパッキングを嵌装し、全閉時には圧縮空気を送入して弁体外周に密着させ完全に止水する構造となっている。弁体は鋳鋼製で弁軸と一体で強大な水圧に十分耐えうる強度を持っている。脇路弁開閉用自動共鍵装置の水圧応動弁は新三菱重工独特のもので、ケーシング水圧と鉄管水圧の差によって作動する機構となっているので有効落差が変化しても調整値を変える必要がない。流水遮断に対しては

全開流量の120%を完全遮断しうる強度を有している。製作完了後所定の水圧試験および漏水試験が施行されその優秀性が確認された。15図は本入口弁の工場組立状況を示す。

#### (4) 制圧機

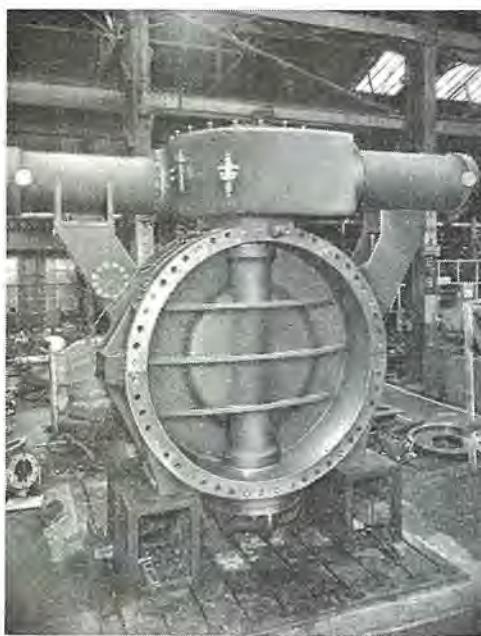
本制圧機は堅型油圧平均式で弁箱は鋳鋼製で砲金製弁座およびブッシュが嵌装されている。弁体は鋳鋼製で砲金製弁座およびライナを嵌装し油圧サーボモータピストンに駆動している。水車停止中放水弁としても使用され手動ハンドルにより自由に放水量を加減できる構造となっている。完成後所定の水圧試験および漏水試験が施行され優秀なことが確認された。16図は本制圧機の工場における水圧試験実施状態を示す。

#### (5) 調速機

調速機はキャビネット型電動駆動式で、アクチュエータ部分とサーボモータ部分とに別れ、アクチュエータは配圧弁および操作装置類と共に外観優美な1個のキャビネット内に納め、その表面には必要な指示計および操作ハンドルのみ取付け、全体を体裁よくまとめたものである。保守運転はきわめて容易で指示計を見ながら操作ハンドルにより調整でき、内部点検のためにはキャビネット側面扉を開き容易に内部に入りうる構造となっている。

またアクチュエータは新三菱重工 AIII 型アクチュエータにさらに改良を加え AIV 型アクチュエータを開発採用している。AIV 型アクチュエータは各操作機構を平面的に横1列に並べ保守点検を容易にし、前面および上部にはプラスチック製透明ガラスでカバーし一見して内部機構の動きがわかるようにしてある。なお各種モータおよび開閉器など電機品はすべてアクチュエータ外部に

取付け油気のかからない構造となっている。完成後詳細緻密な工場試験が施行され、その鋭敏な感度による即応性



15図 工場における組立検査中の主弁  
Fig. 15. Main valve on the erecting test at factory.



16図 工場で水圧試験実施中の制圧機  
Fig. 16. Pressure regulator on the hydraulic pressure test at factory.



17図 調速機キャビネットの外観  
Fig. 17. Outside view of governor cabinet.

と安定性および動作の確実性など真に優秀な性能を有することが確認された。

17 図はキャビネット型調速機の外形図

18 図は AIV 型アクチュエータの外形図を示す。案内羽根サーボモータには高落差時出力制限を行うため配電盤室より自由に調整しうる行程制限装置を有している。

#### (6) 圧油装置

圧油装置はユニット式で電動機駆動ポンプ 1 組を常用とし、小水車駆動ポンプ 1 組を予備とする。常用油圧は  $19 \sim 21 \text{ kg/cm}^2$  であり、常用ポンプの故障または油圧低下の場合は予備ポンプが自動的に起動するが、必要に応じて小水車側を常用とすることも可能である。

ポンプは横軸歯車式でその吐出量は常規最低油圧油面において圧油ポンプを規定速度で運転中に、案内羽根サーボモータの全行程を連続 3 回および制圧機サーボモータの 1 行程を行っても、圧油槽の油圧を規定値の 92% 以上に保つに十分なものである。

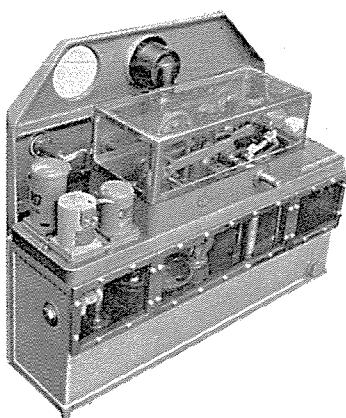
圧油槽は常規最低油圧油面において圧油ポンプからの補給のない場合に案内羽根サーボモータの 3 行程および制圧機サーボモータの 1 行程を行っても停止油圧以上であり、なお停止油圧において案内羽根、制圧機および入口弁各サーボモータ 1 行程を行ってもなお各機器の許容最低動作油圧以上である。圧油槽には自動油面調整装置を備え、油面の異常変動を防止するようになっている。

集油槽は水車 1 台に對して 2 個設備し、運転中でも隨時切り替え掃除できる構造とし、かつ水車室床面上 1 m まで浸水しても油を流失しないよう考慮されている。

#### (7) 運転制御装置

本自動制御装置は配電盤から水車発電機を自動制御する、いわゆる 1 人制御半自動式にして、制御盤上の主幹順序開閉器を操作することにより段階的にあるいは自動的に連続して起動、並列投入を行うものである。しかし自動操作の各段階においてそれぞれ信号燈を点じて各動作の完了を示す。

運転可能条件として、圧油規定値に達し、制圧機閉鎖して、各軸受の潤滑油規定位置にあり、所定の機器に冷却水通じ、かつその他電気的準備が完了すれば主入口弁は開き水車は起動する。規定回転近くで調速機が作動状



18 図 AIV 型アクチュエータ組立状態

Fig. 18. Assembly of AIV type actuator.

態に入る。ついで自動電圧調整器、自動減速装置が作動し電圧および周波数が平衡すれば自動同期検出装置の作動により並列用遮断器を閉じて並列運転に入る。負荷の調整は速度調整電動機により負荷の制限は負荷制限電動機をもって行う。運転中には各種の保護装置により運転状態が監視され、故障の場合にはそれぞれに適応した措置（停止警報）が講ぜられる。

#### (8) 純排水装置

##### a. 発電機風胴冷却用給水装置

當時は給水ポンプにより吸出管より冷却水を供給しているが給水ポンプ故障の場合は自動的に減圧弁を開き減圧した冷却水を鉄管より供給する構造となっている。なお給水ポンプは必要に応じて吸出管排水ポンプとして流用することができる。

##### b. 自動式ストレーナ

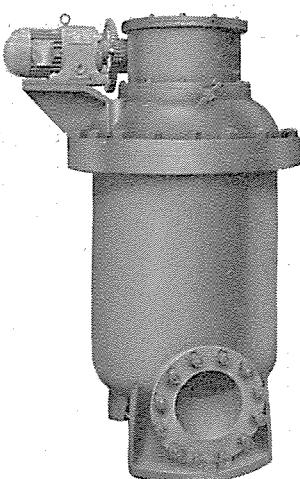
本ストレーナは櫛歯型回転式にしてストレーナ箱内部に櫛歯状の間隙を円周に切り込んだ自由に回転し得る円筒があり、水はこの円筒の櫛歯状の間隙を通じて除塵される構造となっている。また箱の内面壁に櫛歯状の除塵片が取付けられ円筒の間隙にはまり込んでいて円筒の回転により塵を 1 カ所に集めることができる。

蓋に取付けられた電動機により歯車を介して内部円筒を回転し除塵片によって 1 カ所に集められた塵は污水排水口に取付けられた自動阻止弁を開放して排出するようになっている。電動機の起動停止および自動阻止弁の開閉は押ボタンにより適時手動で操作することもできるが時限继電器により一定時間の間隔をおいて自動的に操作することもできる。19 図は完成した本ストレーナを示す。

#### 4. む す び

以上糠平発電所 23,500 kW フランシス水車の仕様、構造概要について述べたが、すでにこの水車も現地据付が順調に進んでおり、完成後の運転結果に期待するところきわめて大である。

終りに臨み本水車設計製作に当り終始ご指導を賜った電源開発株式会社の関係者各位に心から感謝の意を捧げるものである。



19 図 自動式ストレーナ組立状態

Fig. 19. Assembly of automatic type strainer.

# 電源開発株式会社糠平発電所 23,000 kVA 水車発電機

神戸製作所 山下喜美雄\*

## Generators for Nukabira Power Station

Kobe Works Kimio YAMASHITA

Up the river Tokachi in Hokkaido is situated Nukabira Power Station of the Power Resources Development Company. It is built to answer the growing need for the power with the development of the northern district of Japan. The work was started in the end of 1952 and the power is now ready for commercial operation. The generators, built by Mitsubishi, incorporate the latest technique so as to make the height low and reduce the weight, presenting pleasing appearance. The materials employed are steel plates, forged steel and cast steel, but include no cast iron.

### 1. まえがき

北海道十勝川水系上流に位置する電源開発株式会社糠平発電所は、昭和27年12月着工以来銳意建設を急ぎ本年新春竣工された新鋭発電所で、北海道開発とともに電力需要の増大に対し十分な性能を發揮している。

1図はその外観を示している。

### 2. 発電機仕様

#### A. 主発電機

3相交流同期発電機	2台
堅軸、回転界磁閉鎖風道循環型（空気冷却器付）	
容量	23,000 kVA
力率	85%
電圧	1,100 V
電流	1,210 A
周波数	50 c/s
回転数	333 rpm
極数	18極



1図 主発電機外観

Fig. 1. Outside view of main generator.

はすみ車効果 540 tM<sup>2</sup> (保証値)

短絡比 1.4 以上 (保証値)

#### B. 主励磁機

堅軸、開放型補極付、他励差動分巻

容量 120 kW

電圧 220 V

極数 10極

#### C. 副励磁機

堅軸、開放、複流型

(ベンチュラム駆動電動機用電源兼用)

直流側

容量 4 kW

電圧 110 V

極数 10極

交流側

容量 2 kVA

電圧 110 V

周波数 27.8 c/s

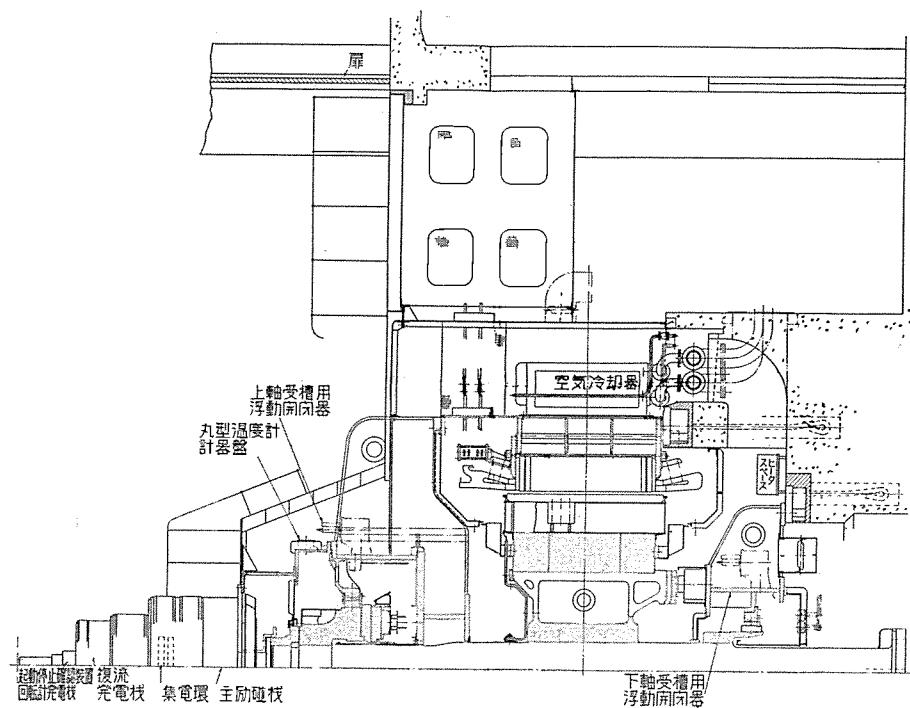
### 3. 発電機の構造

全体の構造断面図は2図に示すとおりである。高速機に属するので普通型の構造を採用しているが、高さを低くし、外観を良くし、重量を軽くし、性能向上のために種々の工夫がなされている。発電機の構造はほとんどが、鋼材溶接、鍛鋼、鋳鋼を使用し鉄鉄はほとんど使用されていない。

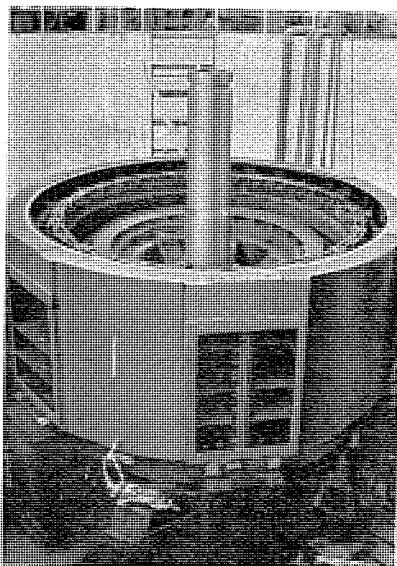
#### D. 固定子

##### (1) 固定子枠

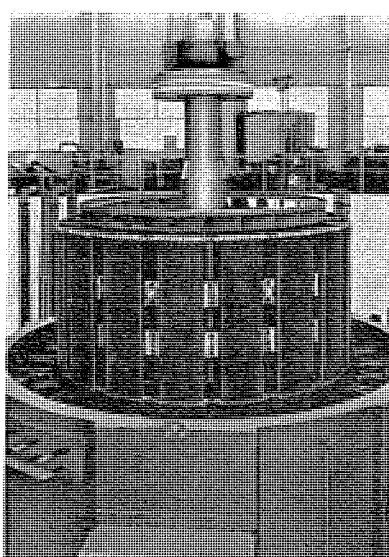
外径約5m 高さ約2m 鋼材溶接組立式の堅固な構造でその外観は3図に示してある。輸送に便利なように全体を3つ割とし、ボルトで締め付け一体としてある。外周の側板6カ所に通風穴を設け熱風はこの穴を経て、空気冷却器に入る。



2図 構造断面図  
Fig. 2. Section of horizontal generator.



3図 固定子枠  
Fig. 3. Stator frame.



4図 回転子  
Fig. 4. Generator rotor.

### (2) 固定子鉄心

固定子鉄心板は、高級硅素鋼板を扇形にスロットと共に1回で打抜いたものを、1枚ごとに交互に半分ずつ積重ね合したものと、固定子枠に沿い円周に積み、軸方向上下端部は、非磁性高抗張力合金製フィンガープレートにより緊く締めつけ鉄心の振動の原因にならぬよう注意してある。また積層間には適当間隔ごとにダクトピースを挿んで、通風溝を作っている。

### (3) 固定子巻線

固定子巻線の特長として1ターンコイルを採用して、従来の固定子線輪焼損の大部分の原因であるターン間の絶縁破壊事故の絶無を期したことである。

電源開発株式会社様平発電所 23,000 kVA 水車発電機・山下

1ターンコイルにすれば当然導体が大きくなり渦流損が増加する。渦流損を減少するため導体素線を多くの2重ガラス平角銅線で構成し、さらに表皮効果を少くするため溝内直線部でローベル転位を行った。

対地絶縁はマイカテープおよびガラステープを使用した完全B種絶縁で、製作過程で何回もコンパウンドの真空含浸を行い、絶縁物中の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て、コロナの発生を阻止している。3図は固定子巻線を納めた固定子を示している。上下固定子線輪間円周12カ所に温度測定用サーチコイルを入れ、うち6個を予備

とした。

固定子巻線の中性点口出側には計測および保護用の変流器6個を串型にまとめたいわゆる串型変流器を取り付け場所の節約と配線の簡素化をはかっている。

### 1. 回転子

4図は完成した回転子を固定子内に吊込むところである。

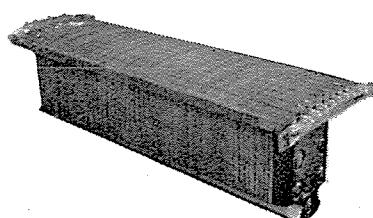
#### (1) 磁極鉄心および界磁線輪

磁極鉄心は所要の形状に打抜いた1.6mm厚の磁気特性の良好な薄鋼板を定められた厚さに積み重ね、その両端に鋳鋼製端板を当て、ボルト締めをして一体とした後、ダブティルにより幅鉄リムに取付ける。頭部には黄銅製制動巻線棒を嵌めその両端部にはZ型断面を有するマングン黄銅製の制動巻線短絡片に銀鐵付

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嵌合し、遠心力に耐えるようになっている。そして隣接のダンバ片はおののおの銅板で接続して、連続型制動巻線を形成し、乱調防止および安定度の増進を有効にしている。

5図は完成した磁極を示す。

界磁線輪はB種絶縁で裸平角銅線を用い、層間絶縁にはアスベスト紙を挿入し、対地絶



5図 磁極  
Fig. 5. Magnetic pole.

縁としてアスベスト布および可撓マイカナイト板を使用し、温度を上げて高い圧力で焼付を行い、水車無拘束速度に充分耐えるようになっている。界磁コイルを磁極にはめ込むとき、上下面にそれぞれ布入マイカルタ製絶縁カラーを挿入し、また長年運転している間に絶縁物の枯れを生じて緩みを生ずることが無いように、下面には板ばねを挿入し界磁線輪を常に磁極頭に押し上げるようにしている。

#### (2) 幅鉄リム、幅鉄および主軸

幅鉄リムは鋳鋼製で、幅鉄の6本足にキーで支持されている。この部分は回転部分中で最も大きい機械的強度を要求される部分で、材質的には充分注意を払っている。外周および内周数カ所より試験片を取り、抗張力等の材料試験を行い、また超音波探傷器を用いて庇の有無を検査するなど万全の策をとっている。

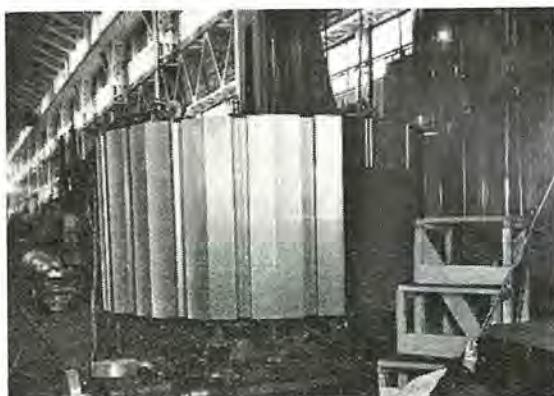
6図は加工中の幅鉄リムを示す。

7図は超音波探傷器で検査中の幅鉄リムを示す。

幅鉄は鋳鋼製で6本足よりなり内2本は輸送に便利なように継足としている。

幅鉄リムと幅鉄との嵌合は焼嵌めを行い、加熱の上テーパーキーを8図に示すように打込んでいる。

この焼嵌め代は定格速度以上の或る回転数で無くなり、水車無拘束速度ではキーがフローティングキーとしての役目を果すから、静止時に過大の焼嵌めを必要としない



6図 機械加工中のスパイダリム

Fig. 6. Machining of spider rim.



7図 超音波探傷器で検査中のスパイダリム

Fig. 7. Spider rim inspection by supersonic inspector.



8図 スパイダリムをスパイダボスに取付中を示す

Fig. 8. Fitting the spider rim to the spider boss.

もので、大型機に採用すると好都合な方法である。

主軸は鋳鋼製で下端はリーマボルトで水車軸に接続し、軸上部は推力軸受金を、中央は幅鉄を、下部は振止軸受筒軸を焼嵌めしている。軸中心部は小穴を開け、材質検査の便をはかり、界磁線輪から励磁機内に取付けた集電環への導体の設置場所を兼ねている。

8図は水車中間軸とカップリング・リーマボルトを共同加工中を示す。

#### ウ. その他の

##### (1) 上プラケット

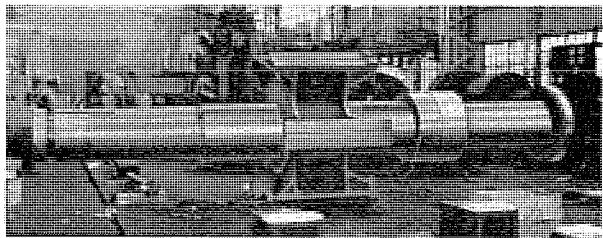
上プラケットは発電機の回転部重量および水車側の全推力を支持しなければならないから、それ自身充分な剛性をもっている。さらに発電機の重量軽減および寸法ができるだけ小さくするため、セグメンタル上振止軸受と推力軸受を同一油槽内に納めている。したがって推力軸受槽はできるだけ落しこんだ構造でこれに6本の脚がついて上プラケットを形成している。6本脚の内2本は輸送の都合で取り外しうるようになっている。すべて鋼材溶接構造である。

##### (2) 下プラケット

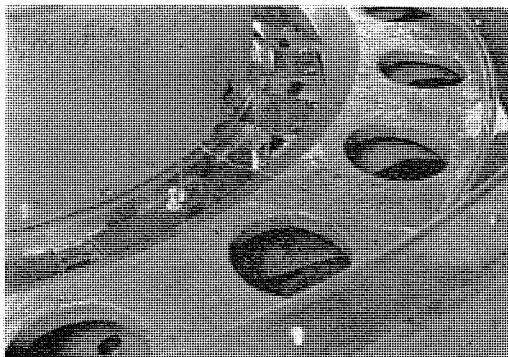
下プラケットは静止時発電機および水車の回転部重量を支持し、また制動時の摩擦トルクにも耐えねばならない。

そして下振止軸受の油槽を兼ねている。6本足の鋼材溶接構造である。各足上面には制動器を取付ける。制動器は圧縮空気式を常用とするが万一故障の場合には圧油自動切換ができるようになっている。

1個の制動器シリンダには圧縮空気がベロア式の空間に入り、圧油使用の場合には別のピストン式の空間に入るような特殊構造(実川新案川原中)になっている。したがって空気洩れがほとんどないため、制動時水車側気槽の圧力低下はない。また高圧油ポンプを取付け高圧油を



9 図 主 軸  
Fig. 9. Main shaft.



10 図 上 振 止 軸 受  
Fig. 10. Segmental type upper guide bearing.

送り込んでやれば、ジャッキとして使用できる。

ブレーキシューの粉末防止に対しては制動器回りに防塵装置を設けて粉末が発電機内に入るのを防いでいる。

### エ. 軸受関係

セグメンタル式上振止軸受は、キングスペリ式推力軸受と油槽を上ブラケットに共用し、セグメンタル式下振止軸受は下ブラケットに設けた潤滑油自蔵水冷式構造である。

#### (1) 推力軸受および上振止軸受

推力軸受はキングスペリ型で、発電機および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。上振止軸受は10図に示すように、セグメンタル軸受よりなり、推力軸受の回転板の側面に当て、不平衡遠心力による回転子の横振れを下振止軸受と共に防いでいる。その潤滑作用は推力軸受と同じく回転により自動的に油膜が形成されている。

推力軸受と上振止軸受の潤滑油は、推力軸受槽内に設置された冷却水用銅管で冷却され、油の循環を行う必要がない。かかる油自蔵水冷式軸受は保安上きわめて便利であるが、技術上種々の難しい問題がある。

当社では戦後多数の自蔵式軸受機を作成し、優秀な技術を各面でもっている。

とくに推力受金内壁から主軸への油洩れを防止するため特殊構造の油壁および、推力受金内壁の特殊構造(実用新案出願中)あるいは、運転により油温が上昇し、油槽内の気圧が上昇するのを防ぐ装置(実用新案出願中)あるいは、軸受油面が静止時と運転時とで相違するため、運転中油面上昇してオーバーフローから逃げないように、特殊構造の油面整定装置(実用新案出願中)等を設置して

いる。

また軸受金に温度計素子を挿入する際、ただ油面を下げただけで容易に外部よりできる方法(実用新案出願中)を採用している。

#### (2) 下振止軸受

下振止軸受はセグメンタル式で、構造はほぼ上振止軸受と同じであり、油槽は下ブラケット内に設置され、水冷管を有している。油洩れ防止、内圧調整、油面整定等の構造は上部軸受と同じである。

### オ. 風洞、空気冷却器、電熱器

風洞は鋼板製の溶接構造で、気密に充分な注意が払われ、振動騒音の発しないような強固な構造である。常時は閉鎖し6個の空気冷却器を通して発電機を冷却するが、冬季には風洞周辺4カ所に設けられた、特殊切換ダンバ扉より発電機温風の一部を室内に放出し、暖房用として利用できる構造である。電磁操作で配電盤室より操作できるもので、非常停止の場合には自動的に閉鎖できる構造である。

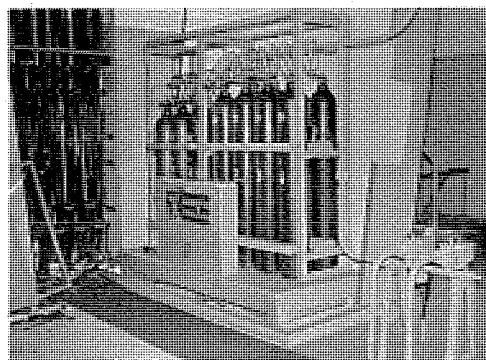
空気冷却器は表面冷却型で冷却水最高温度25°Cにおいて、発電機負荷が定格出力のとき、空気冷却器出口温度が40°C以下になるよう充分な容量をもっている。

冷却管はアルブラック管を使用し、冷却管の外周には硬銅線をからみ合せて伝熱効果をよくしたUフィン管を使用し、上下水室その他冷却器各部の材質は、とくに防錆に留意してある。発電機が運転中においても随時点検、掃除ができる、また簡単に取付、取外しのできる構造で初期注水時における空気抜き、および冬季停止に際して、内部残水による氷結防止のドレーンパイプ等を備えている。

冬季あるいは雨期で、発電機が停止すると、機内温度の低下に伴い湿気が凝結して絶縁低下をきたすことがあるので下ブラケット附近のピット内にスペースヒータを備え、停止期間中の発電機内水滴防止を行っている。

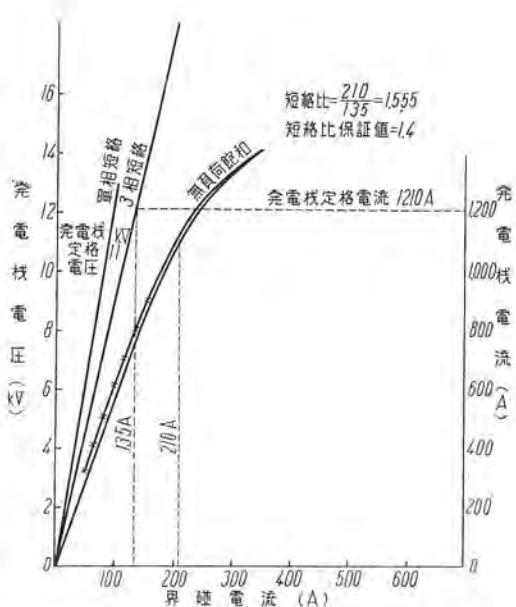
### カ. 消火装置

発電機には手動注水消火装置のほか、自動炭酸ガス消火装置を取付けてある。すなわち差動継電器の作動および火災検出要素として、各空気冷却器入口に取付けたサーモスタットおよび上下コイルエンバ近くに多数設置した温度ヒューズの作動により、自動的に炭酸ガスを放出

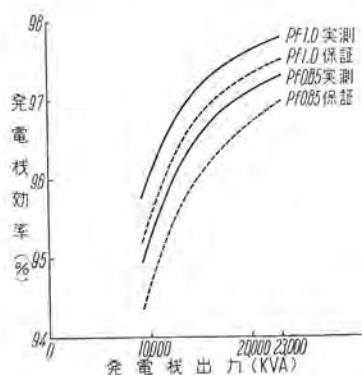


11 図 炭酸ガス消火装置

Fig. 11. Co<sub>2</sub> gas fire extinguishing equipment.



12 図 無負荷飽和曲線および 3 相短絡曲線  
Fig. 12. No load saturation curve and 3 phase short circuit curve.



13 図 効率曲線  
Fig. 13. Efficiency curve.

消火を行う。もちろん手動操作による炭酸ガス放出もできる。

炭酸ガス容器は 2 群に分れ、事故の場合第 1 群は即時放出用として急速に放出して風道内ガス濃度を 40% 以上に達せしめる充分なガス量を備え、第 2 群は遅延放出用として徐々に放出して発電機の回転および通風の停止するまで風洞内ガス濃度を 25% 以上に保つような充分なガス量をもっている。発電機を現地に据付後行われた現地放出試験の結果は充分満足するものであり、風洞のガス漏洩はきわめて高いガス濃度を示した。

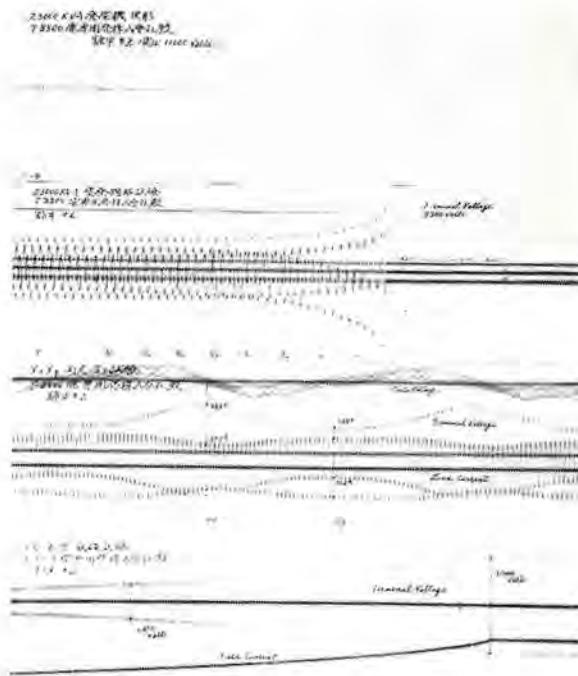
11 図は炭酸ガス消火装置で容器を警報接点付台秤の上に設置し、万一漏洩により炭酸ガスが減量したときは警報するようになっている。

#### キ. 試験結果

工場では仮組立を行い種々の項目につき試験を行い、満足すべき結果を得た。

##### (1) 特性曲線および波形

無負荷飽和曲線および短絡曲線を 12 図に示す。



14 図 主発電機無負荷電圧波形、突発短絡試験および滑り試験  
Fig. 14. Main generator no load voltages wave-form, sudden short circuit test and slip test.

短絡比 1.5 電圧変動率は定格力率で 25.5%，100% 力率で 12.3 % を示した。

14 図は無負荷電圧波形で波形狂い率は 1.9 % に過ぎず、正弦波に近い。

##### (2) 効率算定

測定の結果から JEC-114 により算出した効率は 13 図のようになり、短絡比  $GD^2$  の大きい機械にもかかわらず、発電機効率が非常によい。

全負荷効率は力率 100% で 97.8%，85% 力率で 97.3 % である。

##### (3) 各種時定数

各種時定数は 14 図に示すような、突発短絡試験、スリップ試験等の結果よりつきのように測定された。

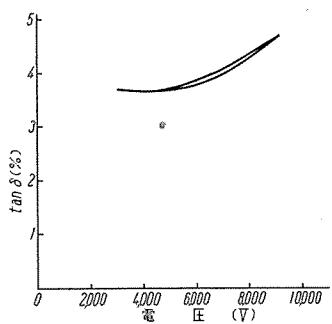
直軸同期リアクタンス	$X_d = 73.7 \%$
直軸過渡リアクタンス	$X_{d''} = 26.3 \%$
直軸次過渡リアクタンス	$X_{d''''} = 17.0 \%$
横軸次過渡リアクタンス	$X_{q'''} = 18.6 \%$
逆相リアクタンス	$X_2 = 17.8 \%$
零相リアクタンス	$X_0 = 8.9 \%$
電機子時定数	$T_a = 0.16 \text{ sec}$
直軸短絡過渡時定数	$T_{d''} = 2.28 \text{ sec}$
直軸開路過渡時定数	$T_{d''''} = 8.69 \text{ sec}$

##### (4) 絶縁破壊試験

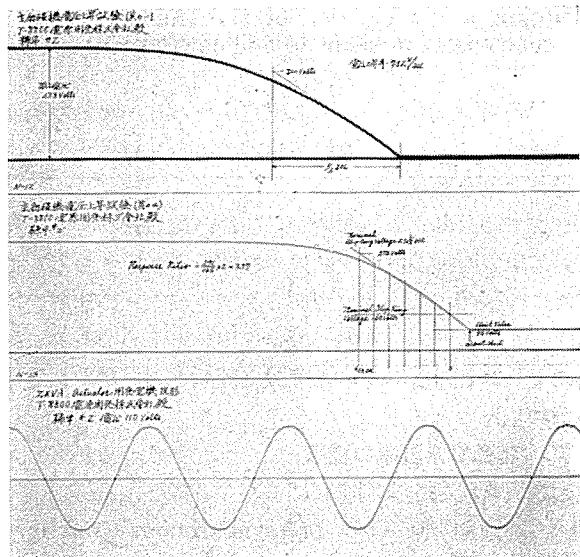
耐地絶縁に対する破壊試験は商用周波数および衝撃電圧波により行われた。

商用周波数に対しては、印加電圧 1,000 V/sec の割で電圧を上昇し、80 kV で絶縁破壊をした。

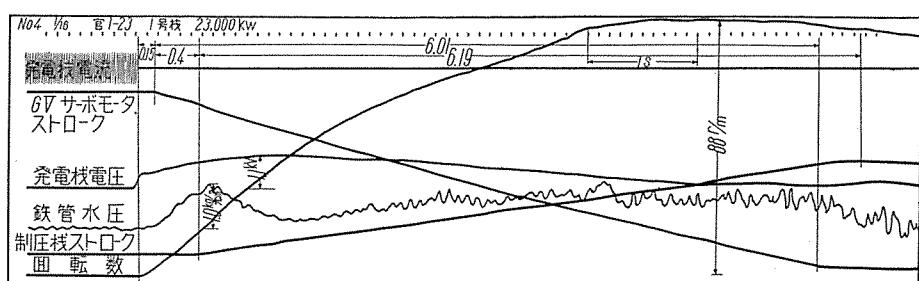
衝撃電圧波に対しては、波形  $1 \times 40 \mu\text{s}$  を使用し、128



15 図  $\tan \delta$ —電圧曲線  
Fig. 15.  $\tan \delta$ -voltages curve.



16 図 主励磁電圧上昇試験および複流発電機無負荷波形  
Fig. 16. Main exciter voltages build-up test and double flow type pilot exciter no load voltages wave-form (A-C side)



17 図 調速機試験  
Fig. 17. Gavernor test.

kV まで加えたが絶縁破壊は起きたなかった。

$\tan \delta$ -電圧特性は 15 図に示すように良好であった。

#### (5) 無拘束速度試験

水車無拘束速度 610 rpm で 1 分間静定する無拘束速度試験を行い、発電機各部はなんら異常なく好成績に終了した。

#### (6) 温度上昇試験

工場内で JEC-114 に基く等価温度上昇試験を行い、固定子巻線の温度上昇約  $40^{\circ}\text{C}$  と推定したが、現地における実負荷でも同様の結果を得た。

推力軸受温度は約  $49^{\circ}\text{C}$  上下振止軸受は約  $42^{\circ}\text{C}$  冷却水温度  $19^{\circ}\text{C}$  であった。

#### (7) 励磁機電圧上昇率試験

励磁機自体の電圧上昇曲線は 16 図のように、電圧上昇率  $688 \text{ V/sec}$  頂上電圧  $498 \text{ V}$  である。

#### (8) 調速機試験

現地における調速機試験の結果は、17 図に示すごとく結果はきわめて良好であった。

## 4. む す び

電源開発株式会社糠平発電所に納入した発電機についてその大要を紹介した。納入以来今日まで快調に運転して北海道の電力需要に充分役割を果しているが、当社の機器設計製作について終始貴重な助言とご支援を賜った電源開発株式会社の関係各位に厚く御礼を申し上げてこの稿を終る。

# カゴ形誘導電動機の起動異常現象

名古屋製作所　臼田長一\*・梶谷定之\*\*

## Abnormal Starting Phenomena of Squirrel Cage Induction Motors

Nagoya Works Choichi USUDA · Sadayuki KAJIGAYA

Study on the abnormal starting phenomena of squirrel cage induction motors has resumed activity with the progress of the measuring process. Mitsubishi has been studying about the subject for past several years, making a part of results public. In this article are given brief accounts of the results of study on the phenomena covering that published in the past. A speed-torque curve tracer of the company's contrivance is worthy of mention among them. In the experiment many devices were worked out changing a combination of slot numbers or alteration of coil distribution to generate abnormal phenomena as a means to find out the causes.

### 1. まえがき

誘導電動機の起動異常現象については古く Gorges の研究以来多くの研究者によって研究され、理論的な研究、測定法、実験結果等の発表された報告は数多いものがあるが、理論的にも実験的にも充分解明し尽されたとはいえない。したがって従来の経験で設計されたものがたまたま異常現象を発生することもしばしばあるのではないかと思う。

われわれは数年来先人の業績を入念に研究するとともにわれわれ自身でも理論研究を進める一方、実験的に種々の条件を作成して異常現象を発生せしめ、理論と実験との結びつきを確認しながら研究を継続している次第である。

われわれはこの研究に先立ち従来実験データの不備が痛感されていたので実験のための手段として精度の高い「速度-トルク曲線直視装置」を完成した。この装置の完成はこの研究を発展させるためにきわめて有意義なものであつて従来の実験データの不備を解決し正しく現象を評価することができた。

また異常現象再現のために、種々の溝数の組合せ、巻線分布の組合せ等を変更した試作品を多数製作して実験しており、その結果によって従来の理論の不備も補いたいと考えている。

今回の報告はその第1次報告であり、総論的な意味のものである。今後の研究により、より具体的なデータも発表しうるものと考えている。

諸賢のご批判とご指導を切に希望する次第である。

### 2. 起動異常現象の理論の概要

起動異常現象についてこれまで多くの人々に

より理論面からもいろいろに研究が行われ、幾多の論文が発表されているが、問題が複雑であるためまだ多くに研究の余地を有している。

ここでは、多くの研究者ならびにわれわれが行った起動異常現象の理論的研究結果の概略を示す。もちろんこれだけの説明では不十分であるが多くの人々の理解を容易ならしめるために省略と仮定を用いたものである。これによりわれわれの行った実験と理論との結びつきを明らかにしたいと思う。

#### ア. 起動異常現象の種類

起動異常現象を大別すればつきの3種となる。

##### (1) 非同期クローリング(Asynchronous Crawling)

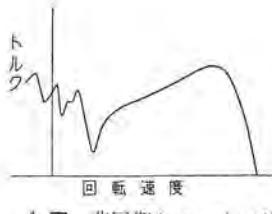
1図に示すように、クローリングのうちある速度範囲にわたって生ずるもので一般に滑りが1に近い所で現われる。

##### (2) 同期クローリング・ロッキング (Synchronous Crawling, Standstill Locking)

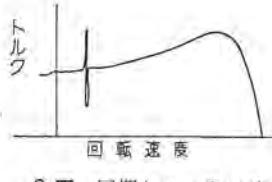
電動機のある定まった速度においてのみ生ずるクローリングをいう。2図参照のこと。とくに起動時(滑りが1の時)に生ずる場合は、固定子に対する回転子の相対位置によって起動トルクの不均一(Standstill Locking)を示す。

##### (3) 不平衡磁気力 (Unbalanced Magnetic Pull)による異常現象

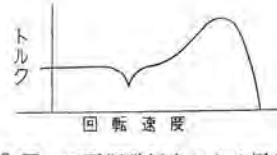
電動機の半径方向磁気力の不平衡に起因するもので、騒音と振動を発生するだけでなく電動機に減速トルクを



1図 非同期クローリング



2図 同期クローリング



3図 不平衡磁気力による異常トルク

Fig. 1. Asynchronous crawling.

Fig. 2. Synchronous crawling.

Fig. 3. Abnormal torque by unbalanced magnetic force.

与える。とくにこの磁気振動がシャフトの固有振動数に共振する時ははなはだしいトルクの低下をきたし電動機をこの速度で拘束する。3 図参照のこと。

### 1. 空隙高調波磁界

上記の異常現象は電動機空隙内に生じた高調波磁界による異常トルクがその原因であるから、異常現象を調べるには高調波磁界の発生原因と種類について考える必要がある。

発生原因としてはつきの 2 つが考えられる。

(1) 開溝による空隙内のパーミアンス変化による高調波

(2) 卷線配置に基づく起磁力中に含まれる高調波  
これらの影響を合せ考えた場合の空隙内磁界はつぎのように表わすことができる。

① 基本波磁界  $AP_0 \cos(px - \omega t)$

② 基本パーミアンス高調波磁界

$$\frac{AP_1}{2} \left[ \cos \{(p+r-s)x - (\omega + RN)t\} + \cos \{(p+r+s)x + (RN - \omega)t\} \right]$$

③ 相帶高調波磁界

$$BP_0 \cos \{(2q-1)px + \omega t\} + CP_0 \cos \{(2q+1)px - \omega t\}$$

④ 固定子溝高調波磁界

$$DP_0 \cos \left\{ \left( \frac{s}{p} - 1 \right) px + \omega t \right\} + EP_0 \cos \left\{ \left( \frac{s}{p} + 1 \right) px - \omega t \right\} + AP_s \cos sx \cos(px - \omega t)$$

⑤ 回転子溝高調波磁界

$$FP_0 \cos \left\{ \left( \frac{R}{P} - 1 \right) px + (\omega - RN)t \right\} + GP_0 \cos \left\{ \left( \frac{R}{P} + 1 \right) px - (\omega + RN)t \right\} + APR \cos R(x - Nt) \cos(px - \omega t)$$

以上は各種高調波のうち最も低次なものを代表的にあげたのであるが、 $q$  を  $kq$ 、 $s$  を  $ms$ 、 $R$  を  $nR$  ( $k, m, n$  は正の整数) と書き替えることによりもっと一般的に表示することができる。

ところで

$A, B, C, \dots$  は電流、巻線分布、毎極の溝数、開溝等による係数である。

このうち  $A$  は固定子と回転子の基本波電流のベクトル和に比例し、 $B, C, D, E$  は固定子電流のみに比例し、 $F, G$  は回転子電流のみに比例する。

また

$P_0$ ： 空隙内平均パーミアンス

$P_R$ ： 回転子の開溝によるパーミアンス変化の $1/2$ 振幅

$P_s$ ： 固定子の開溝によるパーミアンス変化の $1/2$ 振幅

$P_1$ ：  $\frac{P_R \cdot P_s}{2P_0}$

$R$ ： 回転子溝数

$S$ ： 固定子溝数

$P$ ： 固定子巻線極対数

$q$ ： 每極の相帶数

$N$ ： 回転子の回転速度 (機械角ラジアン/sec)

$\omega$ ：  $2\pi f$

$f$ ： 電源周波数 c/s

$x$ ： 回転子の角位置、固定子基準位置からの変位を機械角ラジアンで示す。

$t$ ： 時間 sec

以上各高調波磁界の表式を示したが次にこれらがどのような条件に合致した時に起動異常現象を起すかを述べる。

### ウ. 非同期クローリング

上記各高調波磁界による高調波トルクはその同期速度を境として逆になる。たとえば正回転相帶高調波磁界は  $\frac{x}{t} = \frac{\omega}{(2q+1)p} = \frac{1}{(2q+1)} \times \text{基本波同期速度}$  がその同期速度であり、起動時からこの速度までは加速トルクとなって電動機の基本波トルクに加わるが、電動機がこの速度を越えて加速される時、逆に制動トルクとなって電動機のトルクを著しく減ずる。

したがって速度一トルク曲線における非同期クローリングの発生速度により空隙高調波の種類を知り、その主因を推察することは困難でない。

### エ. 同期クローリング・ロッキング

2 個の別個に作られた磁界が、ある一定の回転子速度のもとで極数と回転速度が等しくなる時、同期クローリングを生ず。

いま基本パーミアンス高調波磁界

$$\frac{AP_1}{2} \left[ \cos \{(P-R+S)x - \omega t - RNt\} + \cos \{(P+R-S)x - \omega t - RNt\} \right] \quad (2.1)$$

$$\text{または } \frac{AP_1}{2} \left[ \cos \{(R-S-P)x + \omega t - RNt\} + \cos \{(S-R-P)x + \omega t + RNt\} \right]$$

と基本波および相帶高調波磁界

$$AP_0 \cos(px - \omega t) \\ BP_0 \cos \{(2q-1)px + \omega t\} \\ CP_0 \cos \{(2q+1)px - \omega t\} \quad (2.2)$$

との間に関し上記条件を探してみると 1 表のようになる。

1 表 基本パーミアンス高調波磁界と基本波相帶高調波磁界による同期クローリングの条件

(2.1 式)	$P-R+S$ $\frac{\omega - RN}{P-R+S}$	$P+R-S$ $\frac{\omega + RN}{P+R-S}$	$R-S-P$ $\frac{\omega - RN}{R-S-P}$	$S-R-P$ $\frac{\omega + RN}{S-R-P}$
$\frac{P}{\omega}$	$R-S=0$ $N=0$	$R-S=0$ $N=0$	$R-S=2p$ $N=\frac{2\omega}{R}$	$R-S=-2p$ $N=-\frac{2\omega}{R}$
$\frac{(2q+1)p}{\omega}$	$R-S=-2qp$ $N=0$	$R-S=2qp$ $N=0$	$R-S=\frac{2\omega}{2p(q+1)}$ $N=\frac{2\omega}{R}$	$R-S=-\frac{2\omega}{2p(q+1)}$ $N=-\frac{2\omega}{R}$
$\frac{(2q-1)p}{\omega}$	$R-S=-2p(q-1)$ $N=\frac{2\omega}{R}$	$R-S=\frac{2\omega}{2p(q-1)}$ $N=-\frac{2\omega}{R}$	$R-S=2qp$ $N=0$	$R-S=2qp$ $N=0$

括弧の中の上欄は極対数を、下欄は回転速度を示す。

したがって同期クローリングの条件として

$R-S = \pm 2p$  なる時  $N = \pm \frac{2\omega}{R} = \pm \frac{2p}{R}$  (基本波同期速度)

$$= \mp 2p(q-1) \quad \text{の速度で生ず。} \\ = \pm 2p(q+1) \quad (2.3)$$

もし相帶高調波磁界の代りに固定子溝高調波磁界を考え

るならば、 $(2q-1)p$  の代りに  $(s-p)$  を、 $(2q+1)p$  の代りに  $(s+p)$  を代入することにより

$$R-2S=\pm 2p \quad N=\pm \frac{2\omega}{R} \quad (2.4) \text{を得る。}$$

また起動時のロッキングの条件として、

$$N=0 \text{なる時を考えれば,}$$

$$R-S=0$$

$$=\pm 2qp$$

$$R-2S=0$$

$$2R-S=0 \quad (2.5) \text{を得る。}$$

上記の条件は各高調波のうちもっとも低次なものについて考え得られたものであるが、前述の方法にしたがってもっと一般的に表示することもできる。たとえば  $R-S=\pm 2qp$  の場合  $mR-ns=\pm 2kqp$  と表わすことができる。

#### 才 不平衡磁気力による異常現象

この現象は基本波磁界と  $\pm 2$  極だけ異なる高調波磁界が存在する時に起る。基本バーミアンス高調波磁界と基本波磁界の間では、

$$\pm(P+R-S)=(P\pm 1) \quad \therefore R-S=(2P-1)$$

$$\pm(P-R+S)=(P\pm 1) \quad R-S=\pm(2P+1)$$

$$R-S=\pm 1$$

なる条件が得られる。

この場合の不平衡磁気力を示せば 2 表の如くになる。

2 表 不平衡磁気力波  $f_c$ : シャフトの共振周波数

固定子と回転子の溝数の差 ( $R-S$ )	不平衡磁気力波 $\times \frac{\pi A^2 P_a P_1}{4}$	不平衡磁気力波の回転速度 sec	トルク降下の生ずる回転速度、同期速度の比 ( $1-s$ )
-2p-1	$\cos(x+2\omega t+RNT)$	$-\frac{R(1-s)f}{p}-2f$	$-\frac{2p}{R} \pm \frac{Pf_e}{Rf}$
-2p+1	$\cos(x-2\omega t-RNT)$	$\frac{R(1-s)f}{p}+2f$	$-\frac{2p}{R} \pm \frac{Pf_e}{Rf}$
-1	$2 \cos(x+RNT)$	$-\frac{R(1-s)f}{p}$	$\pm \frac{Pf_e}{Rf}$
1	$2 \cos(x-RNT)$	$\frac{R(1-s)f}{p}$	$\pm \frac{Pf_e}{Rf}$
2p-1	$\cos(x-2\omega t+RNT)$	$2f-\frac{R(1-s)f}{p}$	$\frac{2p}{R} \pm \frac{Pf_e}{Rf}$
2p+1	$\cos(x+2\omega t-RNT)$	$\frac{R(1-s)f}{p}-2f$	$\frac{2p}{R} \pm \frac{Pf_e}{Rf}$

#### 才 固定子と回転子の溝数組合せ

以上の結果より 3 相 4 極全節巻カゴ形誘導電動機について固定子溝数 24 に対して回転子溝数 20~30 を組合せた場合に最も避けるべき回転子溝数を考えてみよう。

#### 回転子溝数 異常現象の種類

20 同期クローリング、たゞしブリギングにおいてのみ。

21 不平衡磁気力による異常現象

22 とくに問題点なし

23 不平衡磁気力による異常現象

24 起動時のロッキング 非同期クローリング

25 不平衡磁気力による異常現象

26 とくに問題点なし

#### 回転子溝数 異常現象の種類

27 不平衡磁気力による異常現象

28 同期クローリング

29 不平衡磁気力による異常現象

30 とくに問題点なし

#### キ 単相カゴ形誘導電動機の起動異常現象

今まで述べてきたのは多相カゴ形誘導電動機の場合であったが、単相カゴ形誘導電動機についても、固定子溝、回転子溝高調波、基本バーミアンス高調波の理論はそのままあてはまる。しかしながら相帶高調波についてはその巻線法が独特であるため多少趣を異にする。多相誘導電動機では相帶高調波磁界の次数は、正回転の場合  $2kq+1$ 、逆回転の場合  $2kq-1$  で表わされ、したがって 3 相では正回転高調波磁界は第 7、第 13、第 19、逆回転高調波磁界は第 5、第 11、第 17 が表われる。これに反し單相は正回転、逆回転高調波磁界共、第 3、第 5、第 7 と順次発生する。この低次高調波により、異常トルク発生の機会は往々にして単相に多い。

### 3. 速度—トルク曲線直視装置

起動異常現象の究明には速度—トルク曲線を正確に知ることが何より肝要である。われわれはこの目的に応じて精度の高い速度—トルク曲線直視装置を完成し、大いに活用している。

こゝではこの装置の概略を説明する。

4 図に示すように測定しようとする電動機を直流発電機に直結する。この直流発電機は回転数に比例する電圧を発生するようにできている。この回転数に比例する電圧を補償回路、増幅装置を通してプラウン管の水平軸側に入力とする。一方同じ発生電圧を微分回路を通して加速度に比例する電圧に替え、増幅装置を通してプラウン管の垂直軸側に入力とする。ところで回転体の慣性率が一定なる時は、トルクは加速度に比例するから、垂直軸側入力電動機のトルクに比例する電圧を与えられたことになる。したがってプラウン管面上には電動機の速度—トルク曲線があらわれる。

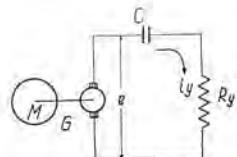
微分回路は 5 図のように  $C, R$  回路からなる。この回路に流れる電流  $i_y$  は

$$Ry \cdot \frac{di_y}{dt} + \frac{i_y}{C} = kT$$

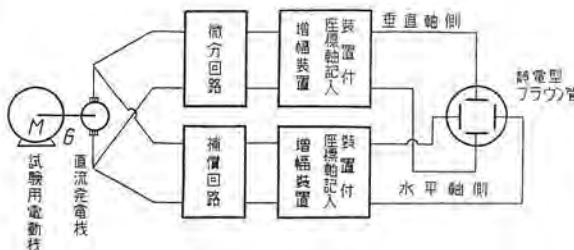
$$\left( \because e=k_1 v, \frac{de}{dt}=k_1 \frac{dv}{dt}=kT \text{ 故 } \right)$$

ただし  $e$ : 発電機の発生電圧

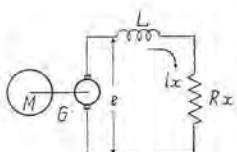
$N$ : 電動機(発電機)の回転速度



5 図 微分回路  
Fig. 5. Differential circuit.



4 図 速度—トルク曲線直視装置の説明図  
Fig. 4. Block diagram of speed-torque tracer.



6 図 補償回路  
Fig. 6. Compensation circuit.

$T$ : 電動機のトルク

$k_1, k$ : 比例常数

上式をとくと

$$iy = C \cdot ky \cdot T \left(1 - \varepsilon - \frac{t}{CRy}\right) \text{ となる。 } ky: \text{ 常数}$$

トルク  $T$  は時間  $t$  の函数であるが  $CRy$  が極めて小さい故近似的に上式を得る。上式では  $\varepsilon - \frac{t}{CRy}$  が誤差項となって響くが、 $CRy$  が極めて小さいことにより通常  $t \gg CRy$  なる条件で無視することができる。しかしながらこの誤差項の影響を更に少くするため、水平軸側に補償回路を設けた。補償回路は 6 図のように  $L \cdot R$  回路からなる。この回路に流れる電流  $ix$  は

$$L \frac{dix}{dt} + Rx \cdot ix = k_1 N \quad (\because e = k_1 N \text{ 故})$$

なる微分方程式をといて得られる。これをとくと、

$$ix = kx \cdot \frac{N}{Rx} \left(1 - \varepsilon - \frac{Rx}{L} t\right) \quad kx: \text{ 常数}$$

この微分方程式をとくに当っても  $N$  はもちろん  $t$  の函数であることを考慮する必要があるが、 $\frac{L}{R}$  が極めて小さいので近似的に上式を得る。

こうして水平軸側にも  $\varepsilon - \frac{Rx}{L} t$  という項を作り

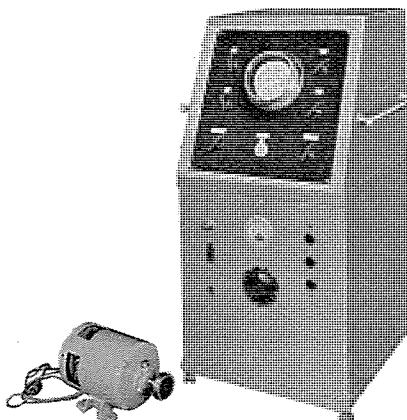
$\varepsilon - \frac{t}{CRy} = \varepsilon - \frac{Rx}{L} t \quad \therefore L = C \cdot Rx \cdot Ry$  とすることにより上記誤差項を補償し、速度一トルク曲線を一層正確ならしめるように工夫している。

なお、上記は電流分について説明したが、実際はこの電流を一定抵抗における端子電圧に替え電圧増幅をしてプラウン管の入力にしている。

7 図の写真はこの装置の全貌を示したものである。これからわかるように装置はシンプルで、操作も極めて便利なように作られている。カップリングを用いて写真の直流発電機に直結するだけで、分馬力の小型モータから数十馬力の大型モータまで広くこの装置でそのまま測定できる所にまた著しい特長がある。

#### 4. 起動異常現象に関する実験

2. において起動異常現象解析のための理論を概略のべたが、その要因となるものには溝数の組合せ、巻線分布状況、鉄心飽和現象、回転子溝の斜溝効果、漂遊負荷損等がありこれらが実際には複雑に組合されるのであらわれた現象は一通りの理論では割り切ることのできぬ複雑なものになっている。したがって製品の仕様を決定するためには理論的考究によって良好と考えられるいくつかを選定し最終的には実験によって決定されなければならないであろう。ここに



7 図 速度対トルク曲線直視装置  
Fig. 7. Speed-torque curve tracer.

設計的な経験が生きてくるのである。しかしながら異常現象の理論と実際とを結びつけるためにはできるだけ要因を少くし特定の要因のみを強調することが望ましい。あとはこの実験結果を組合せて総合的な体系をまとめればよいわけである。そこでわれわれは ア. 溝数の組合せ、イ. 巒線分布、ウ. 斜溝、エ. 漂遊負荷損の4要因をそれぞれ単独に生かした場合について数多くの実験を行った。実験はすべて 3. に説明した自家製の「速度一トルク曲線直視装置」を用いて行っている。実験データの総てを発表することはできないが、そのうち代表的なものをのべ一般的な理解を助けたいと思う。

#### ア. 溝の組合せによる実験

固定子溝数と回転子溝数との組合せのいかんによっては最も顕著に同期クローリング (Synchronous Crawling), 非同期クローリング (Asynchronous Crawling) および起動時のロッキング (Standstill Locking) 等の起動異常現象を生ずる。この現象についてはすでに相当の実験結果も報告され、良好な溝数組合せについては一応の定説が立てられているほどである。しかしながらこれらは他の要因が加えられていない場合のことであり、不良とされる組合せでも他の要因が加えられると解消する場合もある。そこでわれわれは本実験を行うにあたっては溝数以外の要因はつきのように、一定なものとした。すなわちその一例は

固定子溝数は 24 スロット

固定子巻線は全節巻とし 1 種類のみ

回転子導体は銅棒としできるだけ溝と絶縁する。

回転子溝数は、 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30

の 9 種を第 1 次実験とする。実験は起動異常現象のみに重点をおき運転特性等は余り重視していないのでこの報告では、8 図から 14 図に示す速度一トルク曲線のみで説明することにする。これらの曲線は制動機側 (滑りが 1 から 2 まで) と電動機側 (滑りが 0 から 1 まで) 同時に示されているからいざれに異常現象の発生しているか 1 目に見られると思う。

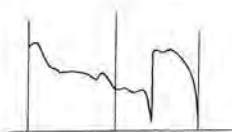
まず  $S: 24, R: 22$  はさきに 2. で異常現象なしとしたものであるが、実験データでは制動機側にわずかに若干の乱れが見られるが、電動機側は異常なしと認めてよいであろう。 $S: 24, R: 24$  の場合は 9 図に示したようく著しい起動時のロッキング現象と非同期クローリングを起す。 $S=R$  の場合に異常現象を呈することは最も早くから知られ、また理論的解析も容易なものである。なおこの図では  $S=1$  におけるトルクが非常に大きくなっているが、回転子の位置によっては非常に小さくなり起動できない時もある。またこの場合には典型的な非同期クローリングを発生していることが認められる。この 2 つの異常現象は 2. にのべた理論で起りうると推定されたものである。10 図は  $S: 24, R: 26$  の場合で電動機側では著しい異常はないが起動時のロッキング現象があり、かつ制動機側で異常トルクの存在を認めることができる。11 図は  $S: 24, R: 27$  の場合で、これは不平衡磁気力に基づくトルク降下の好例としてあげることができる。この

のような場合、起動時は異常な磁気音と振動を発生しわざかな負荷が掛っていると軸の固有振動数と共に振してほぼ $2/3$ 同期速度の点で止り、加速しえない。またこれでは制動機側でも非同期クローリングを発生している。12図は  $S: 24, R: 28$  の場合で、これも甚しい同期クローリングを生じている。この組合せでは最も甚しく負のトルクになることもあり、なんらかの方法により加速しないと、この点で停止してしまうものである。13図は  $S: 24, R: 29$  の場合で電動機側では起動時のロッキングおよび不平衡磁気力による異常トルクの低下を発生している。また制動機側でも異常トルクの発生が見られる。

14図は、 $S: 24, R: 32$  の場合で2.の説明では、異常現象の生じない組合せとされているものである。電動機側ではほとんど異常は認められないが、制動機側では異常があるものと見てよいであろう。以上これらは実験の1例を示したものであるがさきに述べたような前提条件とすれば2.に述べた理論はかなり現象を説明するのに有効なものといえよう。また制動トルクが今までに考えられてきた理論とはかなり異なって大きくなっているのでこの解析のためには新たな理論が必要になってくると考えられる。

#### イ. 卷線分布による実験

溝数組合せがいかに良好であっても卷線分布による高調波の発生のために異常現象を生ずることがある。3相誘導電動機では適当な短節巻を用いることにより磁束分布の歪をなくし低次の高調波磁界を打消すことができ、しかしながら単相誘導電動機の巻線では前述のようにより低次の高調波磁界を含むことが多く、これらをすべて除去するには特殊な巻線法が必要である。ここでは詳細な理論は省略して実験データの



11図  $S: 24 R: 27$

Fig. 11 Torque curve



12図  $S: 24 R: 28$

Fig. 12 Torque curve

みを述べることにする。15図に示したものは、分相起動单相電動機で巻線分布がわるために第3, 第5, 第7次の高調波磁界を発生し、非同期クローリング現象が見られる。とくに第3次高調波による影響は甚しい。この異常現象は巻線分布の変更のみによって改善せられた、その結果を16図に示した。もちろんこの改善の間には溝数組合せの変更は行われていない。以上2つの例はとくに甚しい対照を示したのであるが、一般に製作されているものでは巻線作業の容易さのために多少の異常を許しているものもあるようである。17図、18図は市場に見られるものであるが低次高調波磁界の影響が軽微ではあるが見られる。17図程度になると実用上も支障をきたすものと考えられ、加速の途中のトルクの谷間が負荷トルク以下となると加速はできなくなるものである。

また本項の説明の目的とは異なるが分相起動单相電動機では2相電動機から单相電動機に移行する時の現象は同期クローリングとほぼ同様なものである。ただこの位置は起動開閉器の動作の調整により変更でき、トルク、ディップの程度も制限することができるものである。この位置の調整はかかる意味から重要なものであることが明らかであろう。

#### ウ. 斜溝による実験

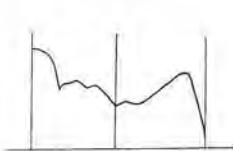
2. に述べた如く起動異常現象を生ずる根本原因是隙内高調波磁界の存在のためであるから、それを打消すためしばしば回転子溝を斜溝にする。

斜溝の適当な値はつぎのようにならに決定される。



9図  $S: 24 R: 24$

Fig. 9 Torque curve



10図  $S: 24 R: 26$

Fig. 10 Torque curve



13図  $S: 24 R: 29$

Fig. 13 Torque curve



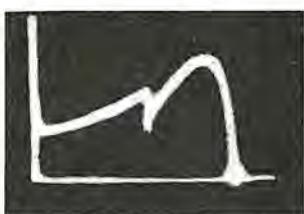
14図  $S: 24 R: 30$

Fig. 14 Torque curve



15図 卷線仕様I  
甚だしい非同期クローリング  
を発生したもの

Fig. 15. Extreme asynchronous crawling.



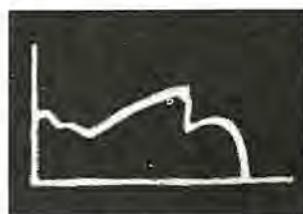
16図 卷線仕様II  
15図の改良後

Fig. 16. After improved



17図 非同期クローリング  
の見られる例1

Fig. 17. Asynchronous crawling.



18図 非同期クローリング  
の見られる例2

Fig. 18. Asynchronous crawling.

「打消したい高調波のポール・ピッチの 2 倍にわたつて回転子溝を斜溝にする」すなわち

$$x = \frac{\text{回転子溝数}}{\text{高調波極対数}} \quad (\text{回転子溝のピッチ})$$

しかばどの高調波磁界を打消すかはかなり難しい問題であるが発生する高調波は 2, 4 のべた理論でほぼ算定できるから、そのなかで低次の影響の大きいものを選定すればよいのである。ア、項にのべた実験例、すなわち固定子溝数 24 に対し回転子溝数を 22 から 30 までを組合せた場合を例にとって有効と思われる斜溝の値を 3 表に示しておく。

3 表 理論的斜溝の値

高調波 回転 子溝数	基 本 波 バーミアンス		相 带		固 定 子 溝		回 転 子 溝	
	(P+R) (-S)	(P-R) (+S)	(2a-1)p	(2a+1)p	(S-P)	(S+P)	(R-P)	(R+P)
22	1.8	1.4	2.2	1.6	0.65	0.58	1.1	0.92
23	2.1	1.5	2.3	1.6	0.68	0.61	1.1	0.92
24	2.4	1.7	2.4	1.7	0.71	0.63	1.1	0.92
25	2.8	1.9	2.5	1.8	0.74	0.66	1.1	0.93
26	3.3	2.2	2.6	1.9	0.77	0.69	1.1	0.93
27	3.9	2.5	2.7	1.9	0.80	0.71	1.1	0.93

但し、斜溝の程度は回転子の溝ピッチで示す。

斜溝にすることにより一般に起動時のロッキングを軽減し、更に高調波磁界に原因する磁気騒音を減少させることができると低次の高調波磁界、たとえば第 5、第 7 高調波、等に原因するクローリングはほとんど改善が困難である。しかしながら斜溝にすることはつぎの不利な点をもっている故採用するに当っては充分考慮しなければならぬ。すなわち 1. 溝漏洩リアクタンスを増加すること、2. 軸方向にスラストが働くこと、3. 工事が面倒であること、等がある。しかしながらこれらの欠点を補って余りある利点をもっているため、現在ではほとんどの電動機が斜溝を用いている。

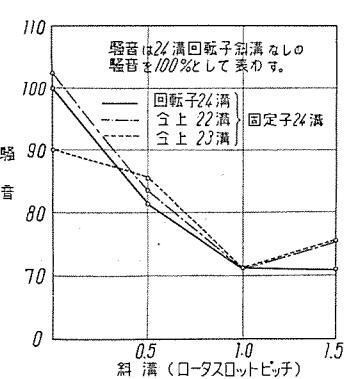
つぎに実験データを若干示す。まず起動時のロッキングは 4 表に示すように、固定子溝数 24、回転子溝数 26 の場合には適当な斜溝をしたものに対し、斜溝をしないものの起動トルクの不平衡度は約 9 倍に達する。

つぎに磁気騒音を比較すると固定子溝数 24、回転子溝数 22 の場合、斜溝にしない場合に比較して適当な斜溝

4 表 斜溝による起動時のロッキング除去の実験例

回転子 溝 数	斜 溝 (回転子溝 のピッチ)	起動トルク の最大値と最 小値との差 (%)
25	0	292
25	0.5	200
25	1.0	100
25	1.5	100
26	0	900
26	0.5	410
26	1.0	160
26	1.5	100

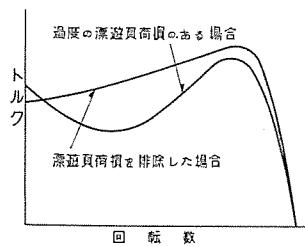
但し、最小の起動トルク差を 100% 規準とした。



19 図 斜溝による磁気騒音の減少を示す実験例

Fig. 19. Experiment of showing reduction of noise by skewing.

カゴ形誘導電動機の起動異常現象・臼田・梶谷



20 図 漂遊負荷損による異常現象

Fig. 20. Abnormal phenomena by stray load loss.

をした時には騒音の大きさは約 70% に減少している。また起動時の異常音もかなり減少することが認められる。実験例を 19 図に示した。

## 工、漂遊負荷損による実験

回転子に漂遊負荷損が存在する場合に甚し

いトルクの谷間を生ずる。この現象は低次の高調波によるクローリングとほぼ同様で、溝数組合せが不良な場合に発生するものとよく似ているので誤らがちであるがこれを正しく解析すれば漂遊負荷損に原因するものであることが明らかになる。漂遊負荷損は積層鉄心の彎曲、圧抜の歪、積層間の過度の圧力、積層絶縁の不完全および溝内における導体の短絡効果等により起るもので、アルミダイカストの回転子にはしばしば経験するものである。20 図には過度の漂遊負荷損がある場合の速度—トルク曲線と、それを適切な処理によりほとんど漂遊負荷損を除去した場合の速度—トルク曲線とを示したものである。

## 5. む す び

起動異常現象は定性的にはある程度の理論的な解析が可能になったが定量的にはいまだに充分なる結果を得ることは困難である。これを補うためには実験的に現象を確認して行かなければならない。われわれはこのためさきに「速度—トルク曲線直視装置」を特殊な補償回路をもった速度微分法により完成し、ようやく誘導電動機の起動異常現象研究を開始することができた。研究は種々の溝数の組合せ、巻線分布の検討等多方面にわたり実施されてきたが、本文に概略説明したように、2, 4 のべた理論にしたがって大略の定性的な設計ができるならばこれを実験的に確認し、最終的に最も良好な仕様を決定しうる確信を得た次第である。本研究にあたっては関係上司、同僚の多くの方々のご指導とご援助をうけた。厚く感謝する次第である。

## 参 考 文 献

1. The Nature of Polyphase Induction Machine, 1951 P. L. Alger.
2. A Study of the Induction Motor 1930 Chapman.
3. Slot Combination of Induction Motors E.E. 1931 G. Kron.
4. Field Harmonics in Induction Motors E.E. 1931 P. H. Trickey
5. Electrische Maschinen IV 1936 Richter.
6. カゴ形誘導電動機の回転力について 電学誌 昭和 7 年 2 月 蓮見
7. カゴ形誘導電動機の異常現象発生の諸条件 電学誌 昭和 25 年 4 月 尾本他
8. 誘導電動機の速度対トルク曲線直視装置 三菱電機 Vol. 28 1954, 臼田・梶谷

## 鉄物組織の研究 第3報

# 接種に及ぼす酸素量と冷速の関連性 その1 C, Si の含量の少ない場合

名古屋製作所 鈴木一郎\*

Study on the Structure of Cast Iron. Part 3.

## Mutual Effects of Oxygen Content and Cooling Velocity on Inoculated Structure.

### Chapter I. When C and Si Content are low

Nagoya Works Ichiro SUZUKI

Two kinds of melts having compositions of C 3.10%, Si 1.68%, Mn 0.59%, P 0.084%, S 0.016% and C 3.05%, Si 0.99%, Mn 0.60%, P 0.067%, S 0.007% were prepared, and have been inoculated by Fe-Si. (75%) or Ca<sub>2</sub>Si. Another set of these two melts have been first deoxidized by reducing slags, devised by the present author, and then have been inoculated by Fe-Si (75%) or Ca<sub>2</sub>Si. These melts have been cast in oil sand moulds of 60×60×120 mm having a chilling block at its bottom. The structure of 10 portions from the bottom to the center of the ingot along its longitudinal center line has been examined under the microscope.

#### I. まえがき

本報においては前2報<sup>(1)(2)</sup>とは異り、接種の影響を調べることとした。

金属が凝固する際の過冷を防ぐために、あらかじめ結晶の核を投入することは、普通に知られていることであるが、普通の合金では鉄鉱に見られるような、白銅化、黒鉛化の如き問題がないから、ことがらは簡単であるともいいうことができる。鉄鉱の場合にはことがらが複雑であるから、接種の作用機構を明確にすることは容易なことではないが、このもっとも複雑と見られる鉄鉱においては、接種が実用化されており、これがために近年における鉄鉱物の飛躍的発展がなしそうられたのである。したがって最近の強制鉄鉱の研究にはこの接種の作用機構を目標にしているものが少くない<sup>(3)</sup>。しかしながら、著者のような現場人には直接的に作用機構の解明に着手する前に、なすべき仕事がたくさんある。すなわち、種々条件を変えて接種に伴う現象を系統的にたんねんに調べ上げることが、実際作業には多大の参考となるのである。それのみならず作用機構を究明するにも、この種のデーターが充分にそろえば、盾の半面のみを見るようであやまちを防ぐことができるようと思われる。本研究はこの趣旨の下に行われたものである。ただし、接種の効果をたんねんに調べるといつても、本報告はその第一歩にすぎない。すなわち、前2報がいずれも微量酸素量の相違と冷速とが組織にいかなる影響を及ぼすかをかなり広範囲に調べて、実際作業への指針たらんことをねらったのであるが、接種を行わない場合のみであったから、

これらに対する補足の意味をも持たせて行ったものである。さらに広範囲の接種に関する研究も著者としては準備している。なお後述するように、第1, 2報においては逆転現象に対して組成の偏析が原因であるかも知れないという考え方を否定する根拠が充分ではなかったが、本報の実験でこの根拠が強められる結果が得られたことは思わざる収穫であった。

接種は Ca<sub>2</sub>Si および Fe-Si(75%) をいずれも単独に溶湯の 0.3% 使用し、溶湯としてはあとに述べる理由により、その組成は第1, 2報のそれよりも少しく異ったもの 2種を選んだ。

#### II. 実験条件

実験方法すなわち溶解方法、成分調整法、脱酸素の方法、鋳型および鋳造法等すべて第1報と同じである。すなわち、鋳型は冷し金を底部にあてた乾燥砂型である。

溶湯の組成は 1, 2 表の A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> に示す 2種の系列を選んだ。A<sub>1</sub> は第1報の A よりも Si が 0.5% ほど多いほかはほとんど等しいもので、接種しない場合 a<sub>3</sub> 級（第1報の a<sub>3</sub> 程度という意味）まで脱酸することにより、逆転ではないが、第1, 2報に特筆した逆転現象を示すものであり、A<sub>2</sub> は A<sub>1</sub> より C やや少く、Si かなり少く、a<sub>3</sub> 級まで脱酸することにより、接種しない場合に逆転組織を生じやすい組成のもので、この方が第1報の A に近いものである。

本研究は接種がいかに組織に影響を及ぼすかを見るのであるから、第1, 2報の F または F(U), U(F) 組織に対しては興味は少い。L, Lg, U 等の組織は不均一で

あるが、鑄物として脆弱であるから、かかる組織に対しこそ接種の効果が実用上問題となる。また、逆チル、逆転等の現象に対して接種がいかに影響するかはいまだ何人も明かにしていないので、これらを明かにする目的から溶湯の組成を上のよう選んだのである。

1, 2 表の  $A_1$ ,  $A_2$  の組成は成分調整後のものであり、 $a_3$  は第 1, 2 報の  $a_3$  級まで脱酸後鋳造したものである。

インゴットの作成は第 1 報同様鋳型の底部にのみ冷し金を当てたものを使用したから、溶湯各部の冷却速度は接種による晶出状況の変化の影響を無視し得るならば、第 1 報に述べたと同様であるはずである。

検鏡場所もまた第 1 報におけると全く同様である。

接種には前述のように  $Ca_2Si$  と  $Fe-Si$  (Si 75%) を溶湯に対して 0.3% 使用した。取鍋の都合上これ以上多くの接種材を用いることは浮上などのため思わしくなかった。ちなみに普通に行われている現場における接種材の分量は溶湯に対して 0.2~0.5% と聞いている。接種は 1,450°C の溶湯に対して行い、放冷後 1,380°C に達したとき鋳型に注入した。

### III. 結果とその考察

#### 1. まえがき

以上のように逆チルは出ないが、逆転現象を示す  $A_1$  系 ( $A_1$ ,  $A_1'$ ,  $A_1''$ ,  $1-a_3$ ,  $1-a_3'$ ,  $1-a_3''$ ) 列と、逆チルを示す  $A_2$  系列 ( $A_2$ ,  $A_2'$ ,  $A_2''$ ,  $2-a_3$ ,  $2-a_3'$ ,  $2-a_3''$ ) について、 $Fe-Si$  で接種したものを  $A_1'$ ,  $A_2'$ ,  $a_3'$ ,  $Ca_2Si$  で接種したものを  $A_1''$ ,  $A_2''$ ,  $a_3''$  の記号で示して、試料の微量酸素量の多少は、第 1, 2 報同様  $A$ ,  $a_3$  で表わし比較に便ならしめた。'または''のついていないものは接種を行わない試料である。これらの試料について第 1 報同様の検鏡箇所の組織を示したものが 1 および 2 図の 120 個の写真である。

鋳込条件は前述のように第 1 報同様であるから、1,450°C 接種、1,380°C で鋳込まれた鋳型内の湯の冷却速度は初晶の晶出が起らない温度範囲では、第 1 報のそれとほぼ等しいと考えることできるが、第 1 報ではすでに述べたように、凝固進行の状況を知る意味で各検鏡箇所の湯の冷却速度としては、凝固開始以前については考慮しないで、初晶の晶出開始から共晶の晶出終了までの冷速をとって表わした。したがって本報においてもこれにならうとすれば第 1 報と比較するに便であるが、かくすることは次の疑問を生ずる。本報の実験では接種材を用いている。この接種が明かに組織の変化をもたらしているのであるから、凝固進行の様相が接種によって影響されていることは明かである。この影響の程度がすべての検鏡箇所について等しいと断言するに足る手がかりは著者には見出せない。もしこれらが等しくなければ凝固に伴う潜熱の発生状況も箇所により異なるであろうから、第 1 報の場合に可能であったように、底部から 2, 30, 60 mm の箇所の冷却曲線から、他の箇所の値を内外

挿することはできないように思われる。また、どことどこの冷却曲線をとるべきかの点も今少し検討を要することと考えられる。したがってこの点については後の機会にゆずることとして、本報告においては溶湯  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $a_3$  に対する  $Fe-Si$ ,  $Ca_2Si$  による接種が各位置の溶湯の凝固組織をいかに変化せしめるかの点に重点をおくのみにすることとした。

#### 2. 組織の細分類

第 1, 2 報においては大局的な傾向を把握する必要から、組織の分類も大まかに行ってきた。すなわち、

L: レーデブライト組織

$L_g$ : L に黒鉛を混えた組織または U にセメンタイトを混えた組織

U: 単純で初晶を認め得るもの

F: 単純で片状黒鉛が比較的均様に分布し、初晶を認め難いもの。

U(F), F(U): U と F の中間のもので U に近いものが U(F), F に近いものが F(U)。

としてきたのであった。本研究ではさらに細分類した方が接種の効果を知る上において便と考えられたので、多少上記の分類を細分することとした、すなわち、

L: レーデブライト共晶組織を指す。本研究では白鉄の方は重視しないので細分しないこととした。したがって黒鉛のない白鉄組織がすべてこれにあたる。

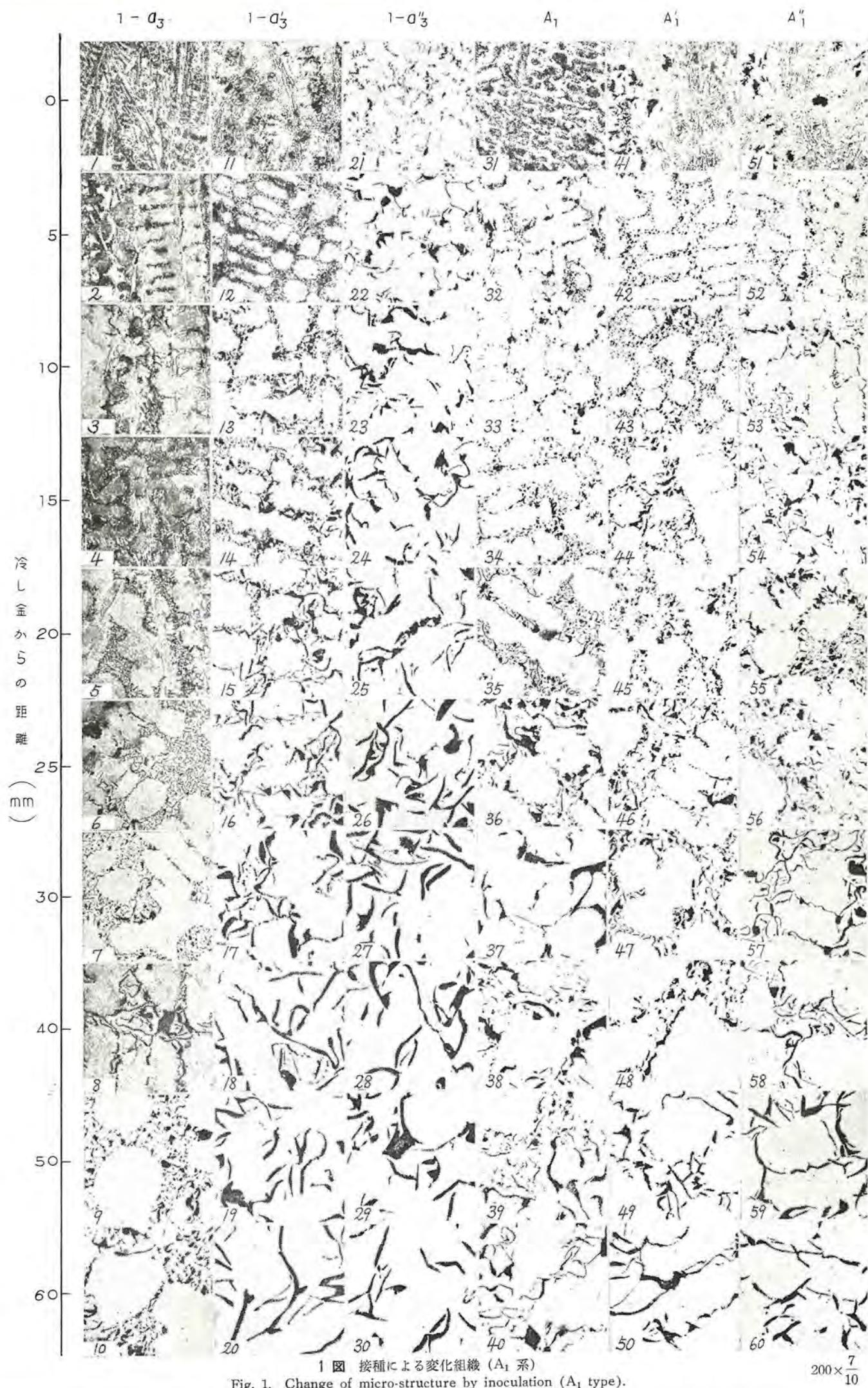
$L_g$ : レーデブライト組織の共晶部分の中に黒鉛の混じっているものおよびこれが大部分と見られるもの。第 1, 2 報では黒鉛がセメンタイト共晶の中に混在しているものの外、場所、配列のいかんを問わず L に黒鉛がどこかに混在するものをすべて  $L_g$  としたが、その中には L と U の別々に配置されているものも同一視されていた。本報ではそれらを区別するために次の  $U_c$  その他を設けた。

$U_c$ : U の共晶黒鉛部分の中にセメンタイトの混在しているものおよびこれが大部分と見られるものを指す。

$L_g+U_c$ : 以上のように分類しても、実際には  $L_g$  とすべきか  $U_c$  とすべきかに迷う組織がしばしば現われる。このような場合にも  $L_g$  と  $U_c$  とが部分的に存在する場合を  $L_g+U_c$  で表わすこととした。このような分類を設けてもなおこの中にも入れかねる組織たとえば、写真 No. 5 のごときがある。No. 5 では U のほかに共晶位置に L がある。

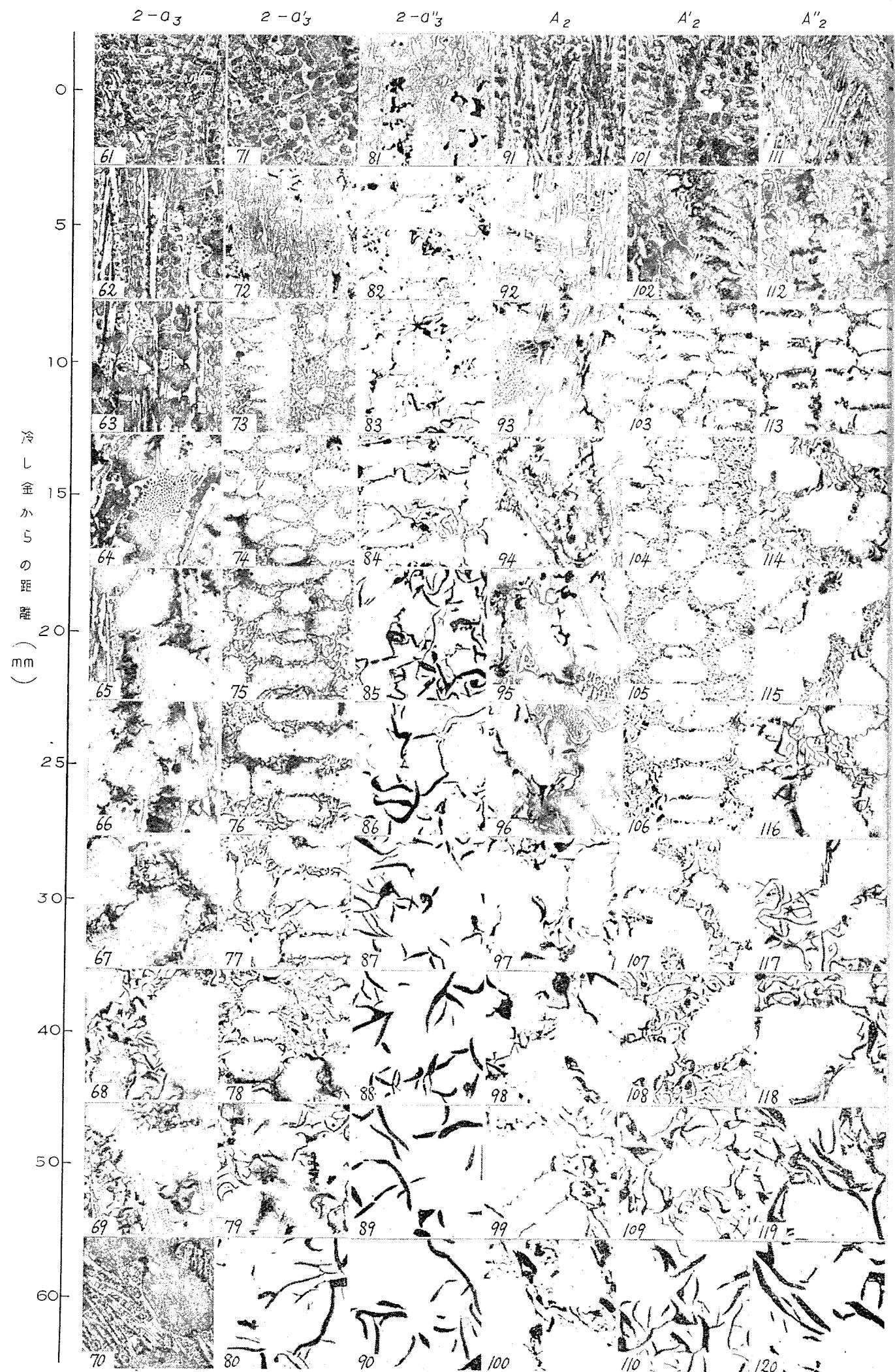
L+U: No. 5 の如き U と L の混合組織。

U: 初晶と黒鉛共晶よりなるものを指す。共晶の 2 相が小さくて共存していれば、その部分のみを見れば共晶であることが判る。このような共晶



1 図 接種による変化組織 (A<sub>1</sub> 系)  
Fig. 1. Change of micro-structure by inoculation (A<sub>1</sub> type).

$200 \times \frac{7}{10}$



2図 接種による変化組織 (A<sub>2</sub>系)  
Fig. 2. Change of micro-structure by inoculation (A<sub>2</sub> type).

$100 \times \frac{7}{10}$

の内にも (a). 黒鉛が粒状に近いもの、(b). その一部分が太くなっているもの、(c). 共晶黒鉛が彎曲せる細長い唐草式のもの、(d). 共晶黒鉛が太く長いものなどがある。

$U_F$ :  $U$  の (d) にあたるもので太長い黒鉛が彎曲度少くてフレーキ状のものを指す。この場合、初晶部分と共晶部分とは区別しうるもの。

$F_U$ :  $U_F$  よりも初晶部分が不明瞭ではあるが  $F$  とは見難いもの。

$F$ : フレーキ状黒鉛の分布が初晶を初晶らしく見せていないものおよび初晶らしい白地の配置はあるが、フレーキ状黒鉛の形、大きさ等が強靭鉄組織の内に入れうるもの。

$FF$ :  $F$  よりも強靭鉄として優秀なものの組織。

以上のように細分すれば、 $L_g$  から  $L+U$  までは第 1, 2 報では  $L_g$  に含まれ、 $U_F$ ,  $F_U$ ,  $F$ ,  $FF$  は第 1, 2 報では漠然と  $F$ ,  $F(U)$ ,  $U(F)$  とされていたものが区別されることになる。また  $L_g+U_0$ ,  $L+U$  で示されるよう分量的に 2 つの組織が相当量ずつ混合しているものも区別して表わされることとなる。この場合一方の組織が分量的に多いとみとめたとき、多い方を最初に記すこととした。分量がほぼ等しい場合もある。接種の効果をみるのに著者は一応このような細分を採用することとした。

次に、以上のような細分類にしたがって 1, 2 図の写真を著者は次の 3, 4 図のように判定した。いまでもなく判定を迷わせる組織が少くない。また、3, 4 図中に組織記号のほかに組織について記号で表わされない備考を付記してある。

### 3. $A_1$ 系試料の場合

この  $A_1$  系試料とは既述のように  $a_3$  級まで脱酸しても逆チル組織は出難く、逆転現象（冷速が小となるほど結晶が大となっていくのが一般の場合であるが、ある冷速まではこのような傾向を示すが、さらに冷速が小となるとかえって結晶が小さくなる現象をいう。いずれも単純組織における黒鉛結晶の大小についての観察である。）を起す組成のものである。この湯を Fe—Si 0.3% で接種したものが  $A_1'$ ,  $Ca_2Si$  0.3% で接種したものが  $A_1''$ ;  $A_1$  を  $a_3$  級まで脱酸したものが  $1-a_3$ 、これを Fe—Si,  $Ca_2Si$  で接種したものがそれぞれ  $1-a_3'$ ,  $1-a_3''$  である。それぞれの試料の組成は分析によれば 1 表のとおりであった。

1 表  $A_1$  系試料の組成

成分	C %	Si %	Mn %	P %	S %
$1-a_3$	3.13	1.81	0.52	0.073	0.009
$1-a_3'$	3.09	1.96	0.52	0.078	0.012
$1-a_3''$	3.11	1.92	0.57	0.066	0.006
$A_1$	3.10	1.68	0.59	0.084	0.016
$A_1'$	3.06	1.87	0.50	0.074	0.013
$A_1''$	3.13	1.79	0.53	0.084	0.009



3 図  $A_1$  系試料の組織分布図

Fig. 3. Structure diagram of test piece ( $A_1$  type).

1 表にみるように接種によって最大 0.2% Si の増加があるほかは組成の変化はほとんどないと見られる。

これらの試料の検鏡結果から述べることとする。

(i) 接種による組織変化

(i-a)  $A_1 \rightarrow A_1'$

No. 31 → No. 41:  $L \rightarrow L+U_c$

No. 32 → No. 42:  $U_c \rightarrow U$ , 初晶大いさほとんど不变。

No. 33 → No. 43:  $U \rightarrow U$ , 初晶やや小さくなる。

No. 34 → No. 44:  $U \rightarrow U$ , 共晶黒鉛に片状のものを見えてきた。

No. 35 → No. 45:  $U \rightarrow U$

No. 36 → No. 46:  $U+U_F \rightarrow U$

No. 37 → No. 47:  $F \rightarrow U$  この 4 種ずつ

No. 38 → No. 48:  $U_F \rightarrow U$  については

No. 39 → No. 49:  $U_F \rightarrow U_F$   $A_1$  列はやや

No. 40 → No. 50:  $U_F \rightarrow F$  or  $F_U$  逆転現象が見られるも、 $A_1'$  列では見られず、次第に黒鉛が太くなっている。

$A_1$  すなわち No. 30 台の試料は No. 31, 32 以外にはセメントタイトを含んでいないから、接種の効果も全体を通じてあまり大ではないが、No. 31 → No. 41 ではセメントタイトの減少がよく現われているが、その他では No. 32 以外は非接種ですべて単純組織であるから、これに接種してもその効果はあまり大ではない。ことに No. 35 の段までにおいてしかりで、共晶黒鉛の大いさもあまり変化していない。No. 36 段以下ではややいうに足る組織変化が起っている。すなわち、比較的徐冷の部分の

組織が接種で変化をよけいに起している。ことに  $A_1$  列には No. 37 以下に逆転現象が起っているが、これは  $A_1'$  列も  $A_1''$  列も接種によって逆転が防止され、徐冷ほど粗な組織となっている。

(i-b)  $A_1 \rightarrow A_1'$

No. 31 → No. 51:  $L \rightarrow L + U_c$ , 初晶少しく大となる。

No. 32 → No. 52:  $U_c \rightarrow U$ , 共晶黒鉛細くなる。初晶もやや細かくなる。

No. 33 → No. 53:  $U \rightarrow U$ , 初晶やや大となる。

No. 34 → No. 54:  $U \rightarrow U$ , 共晶黒鉛に太いものかなり現われる。

No. 35 → No. 55:  $U \rightarrow U$ ,

No. 36 → No. 56:  $U + U_F \rightarrow U$ , 黒鉛細長くなる。

No. 37 → No. 57:  $F \rightarrow U_F$ , "

No. 38 → No. 58:  $U_F \rightarrow U_F$ , "

No. 39 → No. 59:  $U_F \rightarrow F_U$ , 黒鉛太長くなる。

No. 40 → No. 60:  $U_F \rightarrow F$ , "

$A_1$  に対する  $Ca_2Si$  接種の効果は、組織に影響する程度は  $Fe-Si$  の場合より幾分一層進んでいるともいえ、No. 31 → No. 51 ではセメントタイトの減少が、No. 31 → No. 41 よりも著しい。しかして  $A_1$  列の逆転現象を  $A_1'$  列が防いでいるが、 $A_1''$  列ではその防ぎ方が結果として組織の改善をもたらし、強靭鉄組織への移行の段階をよく示している。

以上  $A_1$  系においては  $Fe-Si$ ,  $Ca_2Si$  いずれの接種においてもチルを防ぐ方向に働き、逆転現象をも防いでいるが、効果は特筆すべきものは見当らず、強靭鉄組織をねらうとすれば、距離 40 mm 以内はほとんど期待が持てないということができる。接種の効果は  $Fe-Si$  よりも  $Ca_2Si$  を用いた方が大といい得るも、 $A_1$  系に対しては目立つほどではない。

次に  $a_3$  系にうつる。

(i-c)  $1-a_3 \rightarrow 1-a_3'$

No. 1 → No. 11:  $L \rightarrow L + L_g$ , 初晶やや粗くなる。

No. 2 → No. 12:  $L + U_c \rightarrow U + U_c$ ,

No. 3 → No. 13:  $U_c + L \rightarrow U$ , 共晶黒鉛太くなる。

No. 4 → No. 14:  $U_c + L \rightarrow U + U_F$ ,  $U_F$  の片状程度微小なるも太くなる。初晶やや太くなる。

No. 5 → No. 15:  $U_c + L \rightarrow U_F$ , 初晶太いさほとんど不変。

No. 6 → No. 16:  $U \rightarrow U_F$ ,

No. 7 → No. 17:  $U \rightarrow F_U$ ,

No. 8 → No. 18:  $U_F \rightarrow F$ ,  $1-a_3$  列の逆転現象

No. 9 → No. 19:  $U \rightarrow F$ ,  $A_1$  列より明瞭,  $1-a_3'$  列で明らかに消え,

No. 10 → No. 20:  $U \rightarrow F$ ,  $a_3'$  列で明らかに消え, 強靭性組織となる。

$1-a_3$  は脱酸がかなり進んでいるから急冷によるチル化は深く入っているが、 $Fe-Si$  接種で No. 11, 12 以外

接種に及ぼす酸素量と冷速の関連性。その 1 C, Si の含量の少ない場合・鈴木

はチル化が防がれている。また逆転現象が No. 8, 9, 10 に認められるのが No. 18, 19, 20 で防がれている。総じて接種により黒鉛が大きくなる傾向を示している。また接種により初晶の輪郭が No. 15～No. 20 において次第にぼやけてくるのが特長で、強靭鉄組織に好ましい組織に近づきやすくなるということができる。すなわち、接種の効果は  $A_1 \rightarrow A_1'$  の場合よりも顕著である。

(i-d)  $1-a_3 \rightarrow 1-a_3''$

No. 1 → No. 21:  $L \rightarrow L_g(U_c)$ , 初晶大となる。

No. 2 → No. 22:  $L + U_c \rightarrow F_U$ ,

No. 3 → No. 23:  $U_c + L \rightarrow F_U$ ,

No. 4 → No. 24:  $U_c + L \rightarrow F_U$ ,

No. 5 → No. 25:  $U_c + L \rightarrow F_U$ ,

No. 6 → No. 26:  $U \rightarrow F$ ,

No. 7 → No. 27:  $U \rightarrow F$ ,

No. 8 → No. 28:  $U_F \rightarrow F$ ,

No. 9 → No. 29:  $U \rightarrow F$ ,

No. 10 → No. 30:  $U \rightarrow F$  or FF,

以上において、No. 1 → No. 21 以外はすべてチルが消えると同時に組織が全体として初晶がぼんやりとして来て、好ましい組織またはそれに近い組織の範囲が著しく拡大される。逆転現象も防がれている。すなわち、接種の効果がすべての冷速において顕著で好ましい組織になりやすい。

以上、(i-a)～(i-d) の  $A_1$  系に対する接種効果を要約すれば、 $Fe-Si$  より  $Ca_2Si$  の方が効果大、湯としては  $A_1$  よりも  $a_3$  すなわち微量酸素の含有量が湯 A 級よりも、これを  $a_3$  級まで脱酸した場合に接種の効果は強靭鉄組織に近づかしめやすい。A 級の湯に対しても接種によって、組織に変化を生ぜしめることはかなりはつきり現われるが、初晶の輪郭を残しやすい。これを消すには湯は  $a_3$  級の方が好ましい。

#### 4. $A_2$ 系試料の場合

この  $A_2$  系試料とは既述のように  $a_3$  級まで脱酸すれば逆チル組織を示しやすい組成のもので、この湯を  $Fe-Si$  0.3% で接種したものが  $A_2'$ ,  $Ca_2Si$  0.3% で接種したもののが

2 表  $A_2$  系試料の組成

種別	成分	C %	Si %	Mn %	P %	S %
2-a <sub>3</sub>		3.08	1.03			
2-a <sub>3</sub> '		3.07	1.21			
2-a <sub>3</sub> ''		2.99	1.19			
$A_2$		3.05	0.99	0.60	0.067	0.007
$A_2'$		3.08	1.31			
$A_2''$		2.98	1.17			

%で接種したものが 2-a<sub>3</sub>', 2-a<sub>3</sub>'' である。それぞれの組成は 2 表に示すように、 $A_1$  系同様接種により 0.2～0.3% Si の増加が起っている外はほとんど組成の変化は認められない。

この  $A_2$ , 2-a<sub>3</sub> すなわち未接種試料の組成は第 1 報の A よりは 0.1% C, 0.2% Si 少くなっている。この相違

のためであるか、外の原因があるかは判らないが、本 A<sub>2</sub> 系の試料の組織は 2 図に示すように、第 1 報の A 列、

種別 距離 mm	2-a <sub>3</sub>	2-a' <sub>3</sub>	2-a'' <sub>3</sub>	A <sub>2</sub>	A' <sub>2</sub>	A'' <sub>2</sub>
0	L 61	L+L <sub>g</sub> 71	L+U <sub>c</sub> 81	L 91	L+U <sub>c</sub> 101	L+L <sub>g</sub> 111
5	L 62	L+L <sub>g</sub> 72	U <sub>唐草太極</sub> 82	L+L <sub>g</sub> 92	L+U <sub>c</sub> 102	L+U <sub>c</sub> 112
10	L 63	U 73	U <sub>唐草太極</sub> 83	L+L <sub>g</sub> 93	U+U <sub>c</sub> 103	U+U <sub>c</sub> 113
15	L+L <sub>g</sub> 64	U 74	U <sub>唐草太極</sub> 84	U <sub>c</sub> +L <sub>g</sub> 94	U 104	U 114
20	L+U 65	U <sub>唐草</sub> 75	F <sub>U</sub> 85	L+U <sub>c</sub> 95	U 105	U 115
25	U+L 66	U 76	F 86	U+L <sub>g</sub> 96	U 106	U 116
30	U <sub>c</sub> 67	U 77	F 87	U <sub>c</sub> ブレー キに近 い 97	U 107	U <sub>唐草</sub> 反 117
40	U <sub>唐草細</sub> 68	U 78	F 88	U <sub>f</sub> 98	U 108	U <sub>f</sub> 唐草少 し太る 118
50	U+L 69	U <sub>唐草</sub> 79	FF 89	U 99	U <sub>f</sub> 109	F <sub>U</sub> 119
60	L 70	F <sub>U</sub> 80	FF 90	U 100	F <sub>U</sub> 110	F 120

4 図 A<sub>2</sub> 系試料の組織分布図

Fig. 4. Structure diagram of test piece (A<sub>2</sub> type).

a<sub>3</sub> 列の組織とは多少異なっているが、(A<sub>2</sub> 列においてチルが深く 25 mm まで L<sub>g</sub> となっていること、および逆転現象がごくわずかしか現われていないこと)、2-a<sub>3</sub> 列の 50 mm, 60 mm のものにおいてのみ逆チルが現われていることはよく一致している。

つぎにこれらの試料の検鏡結果について述べる。

#### (ii-a) A<sub>2</sub> → A<sub>2'</sub>

- No. 91→No. 101: L→L+U<sub>c</sub>,
- No. 92→No. 102: L+L<sub>g</sub>→L+U<sub>c</sub>, 初晶やや細り、共晶細るが黒鉛増す。
- No. 93→No. 103: L+L<sub>g</sub>→U+U<sub>c</sub>, 初晶細る。デンドライト明瞭となる。
- No. 94→No. 104: U<sub>c</sub>+L<sub>g</sub>→U, 黒鉛共晶面積多く、デンドライト並ぶ、初晶細る。
- No. 95→No. 105: L+U<sub>c</sub>→U, 同上
- No. 96→No. 106: U+L<sub>g</sub>→U, 共晶黒鉛やや太いが No. 96 より細い、デンドライト並ぶ。
- No. 97→No. 107: U<sub>f</sub>→U, 接種により黒鉛細り、接種により共晶組織はつきりする。
- No. 98→No. 108: U<sub>f</sub>→U, 同上
- No. 99→No. 109: U→U<sub>f</sub>, 接種により共晶組織はつきりする。
- No. 100→No. 110: U→U<sub>f</sub>, 接種により黒鉛太る。

A<sub>2</sub> 列は非接種でかなりの範囲にセメントタイトが見られるから、それが接種で消えたり少くなっている。また、A<sub>2</sub> 列 No. 98~No. 100 に見られる逆転現象は A<sub>2'</sub> 列では見られず、冷速の小となるにしたがって黒鉛太くなっている。すなわち Fe-Si 接種によって逆転現象は防がれる。また接種はチルの範囲をせばめている。接種による組織変化は相当によく認められるが、U 組織にまで modify せられるも F ようの組織は出難く、No. 110 のみはそれに近い。

#### (ii-b) A<sub>2</sub> → A<sub>2''</sub>

- No. 91→No. 111: L→L+L<sub>g</sub>, デンドライト崩れる。黒鉛僅少、初晶大となる。
- No. 92→No. 112: L+L<sub>g</sub>→L+U<sub>c</sub>, 黒鉛量増す、初晶やや細る。
- No. 93→No. 113: L+L<sub>g</sub>→U+U<sub>c</sub>, 初晶大いさほとんど不变、方向性あり。
- No. 94→No. 114: U<sub>c</sub>+L<sub>g</sub>→U, 初晶大いさほとんど不变。
- No. 95→No. 115: L+U<sub>c</sub>→U, 同上
- No. 96→No. 116: U+L<sub>g</sub>→U, 共晶の黒鉛ややのびる。初晶大いさほとんど不变。

No. 97→No. 117: U<sub>f</sub>→U, 同上

No. 98→No. 118: U<sub>f</sub>→U<sub>f</sub>, 同上

No. 99→No. 119: U→F<sub>U</sub>, 同上

No. 100→No. 120: U→F,

A<sub>2</sub> 列から A<sub>2''</sub> 列への接種による組織の変化は A<sub>2</sub> → A<sub>2''</sub> への変化をさらに強めている。もちろん逆転現象は防がれている。その他 A<sub>1</sub> における場合とよく似た傾向を示している。

#### (ii-c) 2-a<sub>3</sub> → 2-a'<sub>3</sub>

- No. 61→No. 71: L→L+L<sub>g</sub>,
- No. 62→No. 72: L→L+L<sub>g</sub>,
- No. 63→No. 73: L→U,
- No. 64→No. 74: L+L<sub>g</sub>→U,
- No. 65→No. 75: L+U→U,
- No. 66→No. 76: U+L→U,
- No. 67→No. 77: U<sub>c</sub>→U,
- No. 68→No. 78: U→U,
- No. 69→No. 79: U+L→U<sub>f</sub>,
- No. 70→No. 80: L→F<sub>U</sub>,

上記において、No. 75~No. 79 において共晶の黒鉛が伸び、その程度は次第に強くなり、No. 79 では太くなっている。また、No. 73~No. 78 において初晶は方位配列し、2-a<sub>3</sub> 列よりも 2-a'<sub>3</sub> 列の方が初晶の大いさが小さくなっている。

逆チル組織は Fe-Si 接種によって防がれている。急冷によるチル化は脱酸の進んでいる湯であるから No. 71, 72 には残っているが No. 73 からなくなっている。

#### (ii-d) 2-a<sub>3</sub> → 2-a''<sub>3</sub>

- No. 61→No. 81:  $L \rightarrow L + U_C$ , 初晶大となる.  
 No. 62→No. 82:  $L \rightarrow U$ , 初晶大となる. セメントタイト減る.  
 No. 63→No. 83:  $L \rightarrow U$ , 初晶大となる. 共晶黒鉛のびる.  
 No. 64→No. 84:  $L + L_g \rightarrow U$ , 初晶大いさほとんど不变, 共晶黒鉛さらにのびる.  
 No. 65→No. 85:  $L + U \rightarrow F_U$ ,  
 No. 66→No. 86:  $U + L \rightarrow F$ , - 2-a<sub>3</sub>"列の黒鉛  
 No. 67→No. 87:  $U_C \rightarrow F$ , は次第に大きくなり,  
 No. 68→No. 88:  $U \rightarrow F$ , 分布がよ  
 No. 69→No. 89:  $U + L \rightarrow FF$ , くなっていく.  
 No. 70→No. 90:  $L \rightarrow FF$ , -

a<sub>3</sub> 級まで脱酸してあるため Ca<sub>2</sub>Si を用いれば, 接種の効果は顕著で, 組織の改善が冷速の広範囲に実現している.

### 5. A<sub>1</sub> 系 A<sub>2</sub> 系の場合の比較

以上 3, 4 によって, 中庸の溶解酸素量を有する A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> 級とこれを a<sub>3</sub> 級まで脱酸せるものに対する Fe—Si, Ca<sub>2</sub>Si 接種の効果が冷速と共にいかに変遷するかは明かとなった. A<sub>1</sub> 系および A<sub>2</sub> 系の鉄鉱の組成の差は 1, 2 表に示したように, わずかであるから, 本項の比較もその実験範囲のことのみを述べるにすぎないこととなる. (組成の広範囲に相違する試料の場合の方が興味はより深くなる.)

ここに比較といつても, 3, 4 における同不同を述べ 3, 4 を総括することとなる.

(1) いずれの系列の試料についてもチルは少くなるか, 防がれ, かくして得られる単純の組織では逆転現象(逆チルを含む)は防がれ, 冷速に対し正常な組織の粗細順序となる.

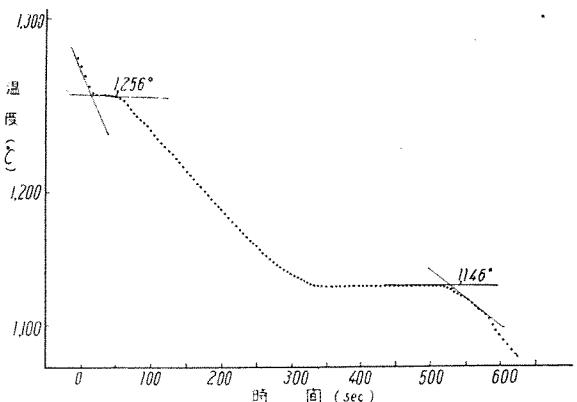
(2) 上に述べたことがらは鉄鉱の系, 級によって程度が決まるものの如く, A 級よりは a<sub>3</sub> 級の方がチルは消えやすく組織も好ましくなる. すなわち, a<sub>3</sub> 級に対する方が接種効果大である.

(3) Ca<sub>2</sub>Si の方が Fe—Si よりも効果が大であるが, それも A<sub>1</sub> 系に対するよりも A<sub>2</sub> 系に対しての方が目だっている.

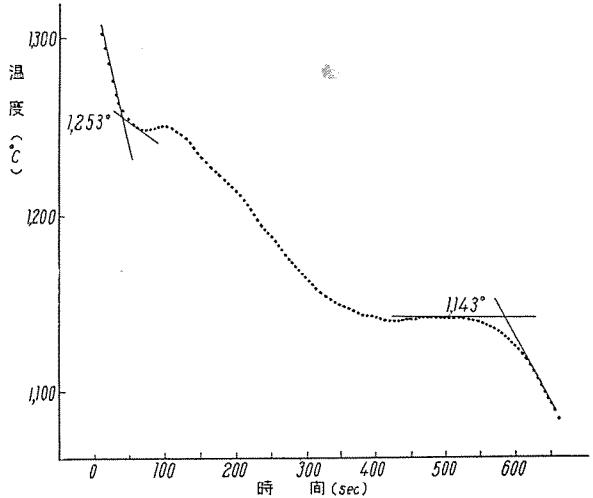
(4) 3, 4 図の結果から U 組織を得るには Fe—Si の方が適し, F, F<sub>U</sub>, U<sub>F</sub> を得るには Ca<sub>2</sub>Si の方がよいことが判る.

#### (5) 偏析の有無に対する 1 つの結果

第 1, 2 報において逆転現象(逆チルを含めて)を明かにした. 逆チルについては良く知られていたが, 逆チルは逆転現象の中の 1 つの場合であることを著者は指摘しておいた. 逆チルについては徐冷の部分に現われるから, チルを起しやすい酸素, 硫黄等の不純物の偏析によるものであろうとの考えが多くの人によつてたれてゐるが, 逆転現象という現象の広い観点に立てば, その原



5 図 2-a<sub>3</sub> 試料の底面から 60 mm の位置における冷却曲線  
 Fig. 5. Cooling curve of 2-a<sub>3</sub> at 60 mm from chilling block.



6 図 2-a<sub>3</sub>" 試料の底面から 60 mm の位置における冷却曲線  
 Fig. 6. Cooling curve of 2-a<sub>3</sub>" at 60 mm from chilling block.

因を偏析に帰することは支持し難いと前報で述べておいたが, 本報の結果もまた偏析説を否定する結果となった.

1, 2 図を見れば判るように, 接種したものにおいては, 組織の大小は底部の急冷部分から 60 mm の内部に行くにしたがって, 順序よく漸変していく, 逆転現象は起っていない. 非接種の 1-a<sub>3</sub>, A<sub>1</sub>, 2-a<sub>3</sub>, A<sub>2</sub> 列以外においては, 単純の範囲では図の上から下に次第に組織が大きくなっている. したがって, 接種した場合にもインゴットの底部ほど冷速が大で中心部ほど冷速が小であることが結論される. これらの冷速の数値は判っていないが, これが非接種の場合とどう異なるか否かは, 接種が湯の凝固進行に対していかに影響するかを知る手がかりとなるようと思われる. 5, 6 図によれば接種の方が凝固進行速度はごくわずかであるが小さい, すなわちよりゆっくり凝固が進行している. (かほんなど等しい, 少くとも早くはない.) したがって底部と中心部とに組成の偏りすなわち偏析があるとすればその程度は接種したものの方が多い筈である. しかも逆転現象は起っていないで, 正常の程度(黒鉛について)漸変を示している.

上の最後にのべたことがらから逆チルや逆転現象の原因には偏析はほとんど関係がないと考えるのは根拠のあ

ることとができる。

#### (6) 接種による組織変化のタイプについて

接種によって組織の変化、ことにチルの防止が起ることは周知であるが、以上著者の得た結果から、組織変化のタイプについて総括することとする。

##### a. チルの防止

チルの防止にも急冷によるチルを同じ冷速において防止する場合と、逆チルを防止する場合がある。急冷チルの防止の方は湯の組成により、微量酸素量の相違により、接種材の種類により防止の程度（湯の場所、底面からの距離）に相違があり、本実験の範囲では、冷し金に接する部分のチルは防ぐことができなかった。逆チル防止の方は逆チルも逆転も防止でき、これには急冷チルのような防止の程度の差は認められなかった。つぎにこれらチル防止を細分して見ると3表のようになる。

3表 接種によるチル組織の変化

非接種の組織	A系試料		a <sub>3</sub> 系試料	
	Fe-Si接種	Ca <sub>2</sub> Si接種	Fe-Si接種	Ca <sub>2</sub> Si接種
L	→ L+U <sub>e</sub>	L+L <sub>g</sub> , L+U <sub>e</sub>	L+L <sub>g</sub> , U	L <sub>g</sub> , L+U <sub>e</sub> , U
L+L <sub>g</sub>	→ L+U <sub>e</sub> , U+U <sub>e</sub>	L+U <sub>e</sub> , U+U <sub>e</sub>	U	U
L+U <sub>e</sub>	→ U	U	U+U <sub>e</sub> , U <sub>f</sub> , U <sub>p</sub>	U <sub>f</sub>
U <sub>e</sub> +L <sub>g</sub>	→ U	U		
L+U	→		U	FU, F
U+L <sub>g</sub>	→ U <sub>e</sub>	U <sub>e</sub>		
U <sub>e</sub>	→ U	U	U	F
U+L 逆チル	→		U <sub>f</sub>	FF, F
L 逆チル	→		FU	FF

以上のように非接種試料においてセメンタイトを含むものはL, L+L<sub>g</sub>, L+U<sub>e</sub>, U+L<sub>g</sub>, L+U, U<sub>e</sub>+L<sub>g</sub>, U<sub>e</sub>等の諸組織となっており、これらの組織は接種によって変化（セメンタイトの減少または消失）をうける。3表の非接種組織の上位にあるものほどチル化強く、L, L+L<sub>g</sub>は接種してもa<sub>3</sub>級の一部にチルの完全防止が起っているほかは、接種してもセメンタイトは残存する。L+U<sub>e</sub>となると接種によりチルは消えやすく、UよりもFに近いU<sub>f</sub>やF<sub>u</sub>が現われる。U<sub>e</sub>+L<sub>g</sub>となれば接種によりチルはすべて消えてしまっている。Fの組織はa<sub>3</sub>試料のCa<sub>2</sub>Si接種によく出ている。

特筆すべきは逆チルに対する接種の効果でNo.70→No.80, 90に見られるように、Lから直ちにFe-SiでF<sub>u</sub>へ、Ca<sub>2</sub>SiでFFに変化することである。

##### b. 黒鉛共晶組織の変化

UからはF, U<sub>f</sub>, F<sub>u</sub>へ変化するが、共晶中の黒鉛は必ずしも小さくなる、または大きくなると一定してはいないで両方の場合がある。

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今井技師ならびに小川技手に感謝する。

#### 文 献

- (1) 鈴木一郎: 三菱電機 Vol. 30・No. 6 (1956)
- (2) 鈴木一郎: 三菱電機 Vol. 30・No. 8 (1956)
- (3) 綱谷俊平: 鋳物 Vol. 27・No. 2 (1955)

# 交流磁気特性直視装置

研究所 野口英男\*・須藤英司\*

## Tracers for A-C Magnetic Characteristic Curves

Engineering Laboratory Hideo NOGUCHI · Hideji SUDO

Measurement of hysteresis curves to judge the quality of magnetic materials has been known to the circles for many years. This, however, is mostly the case of testing on d-c source and the a-c measurement has not been so far very satisfactory. Based on the old apparatus, the company has made improvement on most important parts such as integration, phase adjustment and amplification circuit so as to expand the applicable frequency range, to elevate the sensitivity and accuracy, thereby enabling the new tracer to measure dynamic characteristics of varied magnetic materials other than silicon steel working on a-c power.

### 1. まえがき

磁性材料の特性の良否は、その履歴曲線を測定することによってほぼ知ることができる。

測定電源が直流の時には、古くから知られている弾導検流計を用いた、いわゆる Point-by-Point 法、あるいは最近急速に発展した、反照検流計と光電管を含む積分、增幅回路に X-Y レコーダを組合せた、いわゆる連続測定法<sup>(1)~(4)</sup>によって履歴曲線を測定することができる。しかし交流の場合には、ベクトルメータ、フェロメータ<sup>(7)(8)</sup>の如く機械的整流器を用いた場合を除けば、一般的の指示計器によって履歴曲線の数値測定を行うことができないので、やや精度は低いが、大量の材料の交流履歴曲線を測定するには、現在のところ主にブラウン管オシロを用いる方法が採用されている<sup>(11)~(20) etc.</sup>

最近 X-Y レコーダに gate 回路を組合せ、電源の Switching する位相を 0~180 度変化させることによって、自動的に交流履歴曲線を描かせる装置も研究されているが<sup>(9)(10)</sup> 同種類の鉄心を迅速に比較選別する時には、ブラウン管オシロによる測定法が最も適している。

この種の装置に関しては、今までに相当多くの報告が出されているが、おもに履歴曲線の直視のみであった。

今回 2,3 の点に改良を行って、この装置を製作したので、ここに装置の概要と測定に際して生ずる問題点や、応用についても若干述べる。

### 2. 測定原理

ある瞬時における磁化力に比例した電圧をブラウン管の横軸に与え、その時の磁束密度に比例した電圧を縦軸に与える。この励磁電流を周期的に変化させて、ブラウン管上に両電圧による Lissajous 図形を描かせたものが交流履歴曲線である。

磁化力は、

$$H = \frac{Kn_1 i_1}{l} \quad (\text{Oe})$$

ここで、  $n_1 = 1$  次巻数

$i_1 = 1$  次電流瞬時値 (A)

$l =$  実効磁路長 (cm)

として示されるように、試料の実効磁路長および 1 次巻数が決れば、1 次電流と直線比例の関係にある。ゆえに励磁回路に無誘導の低抵抗を接続し、この両端から電圧を取り出せば、磁化力に比例した値が得られる。そこでこの電圧を適當な大きさにまで歪なく増幅してブラウン管の横軸に与える。

つぎに試料の 2 次巻線に誘導される電圧  $e_2$  は、

$$e_2 = -n_2 \frac{dB}{dt} A \times 10^{-8} \quad (\text{V})$$

ここで、  $n_2 = 2$  次巻数

$A =$  試料断面積 ( $\text{cm}^2$ )

$B =$  磁束密度の瞬時値 (Gs)

として示され、磁束密度を時間に対して微分した形となっている。ゆえにこの 2 次電圧を積分すれば、磁束密度に比例した電圧が得られるので、これを増幅してブラウン管の縦軸に与える。

以上のような操作によって、ブラウン管上に履歴曲線が描かれるのであるが、1 次、2 次の漏洩リアクタンス、励磁リアクタンスおよび鉄損は非直線性の特性を有するので、電源に正弦波を加えても 1 次側に流れる電流または 2 次誘導電圧のいずれかが歪んだものとなる。

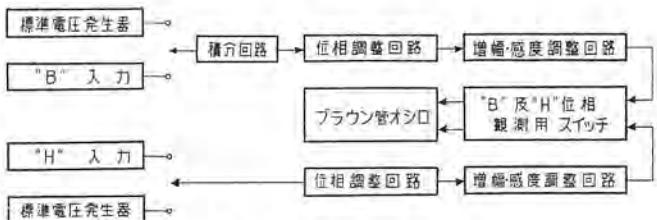
この両者の内、いずれを正弦波にするかによって測定結果が異なるので、測定に際しては注意を要する。

### 3. 装置の構成

装置は大体 1 図に示した各部から構成されており、これらの各部について概説する。

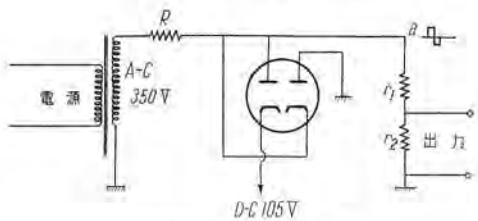
#### ア. 標準電圧（矩形波）発生回路

この標準電圧は、装置の増幅度をチェックするために設けたものであって、双 2 極管による clip 回路を用いた。2 図に示したように一方の陰極を直流の定電圧に保持し、この陽極と他方の陰極とを結んで、抵抗  $R$  を通じて交



1 図 回路構成

Fig. 1. Block diagram.



2 図 矩形波発生回路

Fig. 2. Circuit for rectangle wave generator.

流の高電圧電源に接続する。

この陽極が正になった半周期間の放電開始電圧は、陰極の直流電圧によって一定に保たれ、負の半周期間は他方の陽極が接地されているため、零に保たれ  $a$  点に矩形波が現れる。この矩形波電圧を  $r_1, r_2$  によって適当な値に分圧して標準電圧として使用する。

陽極に与える交流電圧と、放電開始電圧との比を大きくとれば、矩形性の相当良好な波形が得られる。

#### イ. 積分回路および位相調整回路

##### (1) B 軸側

積分回路に要求されるのは、位相誤差および振幅誤差を極小にして入力電圧を積分することである。

この回路に関しては、以前から種々なものが発表されており、既知の 3 つの型、(i) RC 型、(ii) Wiegand-Hansen 型および (iii) Millor 型に関して、上記誤差を定量的に記したものもある<sup>14)</sup>。

これらのうち RC 型のものは、最も簡単で、相当な精度が得られるが、位相誤差を少くする程能率が低下し、損失が 50db あるいはそれ以上にもおよぶ。

今回の装置に用いた回路は、D. E. Wegand<sup>15)</sup> が発表したものと同様な方式にした。

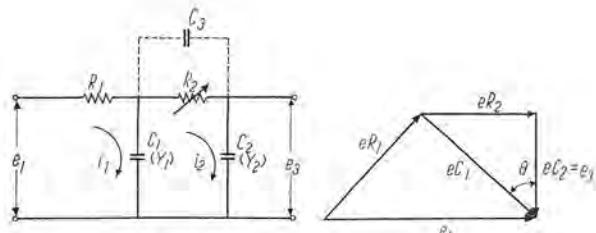
3 図に示した回路において、 $R_1$  および  $C_1$  によって積分が行われた後に、なお完全な積分に対しては  $\theta$  だけの位相差がある。そこでこの位相差を次段の  $R_2$  および  $C_2$  によって補正するのである。

いま  $jwC = Y$  とおくと、

$$\begin{aligned} \frac{e_1}{e_3} &= (1 + R_2 Y_2) + (Y_2 + Y_1 (1 + R_2 Y_2)) R_1 \\ &= (1 + R_1 R_2 Y_1 Y_2) + (R_1 Y_1 + R_1 Y_2 + R_2 Y_2) \end{aligned}$$

となり、完全な積分が行われるためにには、この実数部を零にすればよい。

$$\therefore R_1 Y_1 = \frac{-1}{R_2 Y_2} \quad \text{すなわち} \quad w R_1 C_1 = \frac{1}{w R_2 C_2}$$



3 図 積分回路および位相調整回路

Fig. 3. Circuit for integrator and phase adjuster.

つぎに上式が  $w$  に関係なく成立するためには、位相調整回路に  $C_3$  を付加して、 $R_2, C_2, C_3$  からなるインピーダンスの抵抗分を  $R'$ 、リアクタンス分を  $1/Y'$  とすると、

$$\frac{1}{R' Y'} = w \left( R_2 C_3 + R_2 \frac{C_3^2}{C_2} + \frac{1}{w^2 R_2 C_2} \right) = w K$$

となり、条件を選択によって、 $K$  は周波数にほとんど無関係な値にすることができる。

この  $R_2$  の調整は、増幅器回路から生ずる位相誤差をも含めて行う。上記積分回路の利点は、非常に能率のよい（当装置で 30%）ことである。

##### (2) H 軸側

この回路は、軟磁性材料の場合、増幅器によって生ずる位相誤差を補正するだけであるから、R-C の簡単な回路でよい。

##### ウ. 増幅感度調整回路

この種の装置で重要なことは、増幅器の直線性がよく、とくに位相変位の少いことが望まれる。故に結合コンデンサおよび格子漏洩抵抗はできるだけ大きな値のものを用い、また側路コンデンサは非常に大きな値とするか、多少利得を落しても、抵抗のみの回路にすべきである。しかし、こうすることによって安定度が低下するので、直流電源に対して特別な注意が必要となってくる。

当装置では、ヒータを直流点火にし、高圧側は定電圧放電管により安定化を計ったが、電圧変動が Pulsive なものであれば、これだけでは補償できず、減結合回路の時定数を大きくとるのが最も有効なようである。

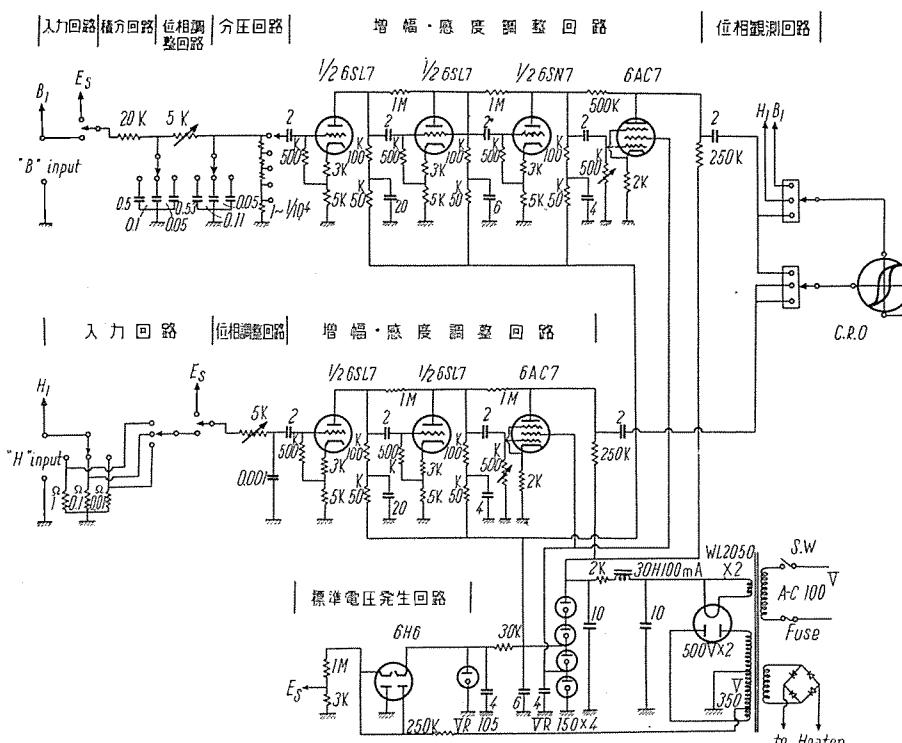
増幅器の感度と安定度は互に反する傾向を有するので、現在の真空管のレベルによって、ある程度限定されてくる。

感度調整は格子側の可変抵抗によって行い、前述の標準電圧発生器と比較して増幅度を決定する。また B 側には誤差 1% のリケノームで、1~1/10<sup>4</sup> 間の測定範囲切換えを行い、H 側には 1Ω, 0.1Ω, 0.01Ω のマンガニン抵抗を取り付けて、使用範囲を広くした。

##### エ. 位相観測回路

この装置を用いて実際に測定を行う時に、装置全体を含めた位相補正が、所定の値になっているかどうかを見るのにつきのようない方法をとった。

まず最初に、縦軸には B 側の入力電圧をそのまま入れ、横軸にはその電圧を積分——増幅したものを入れる。



4 図 交流磁気特性直視装置結線図

Fig. 4. Connection diagram of A-C magnetic characteristic curve tracer.

この両電圧間に  $\pi/2$  の位相差があればよいのであるから、両電圧の振幅を等しくして、ブラウン管上に円が描かれるように位相調整をすればよい。

つぎに縦軸には H 側の入力電圧をそのまま入れ、横軸にはこの電圧を増幅したものを入れる。この両電圧間に位相差のないことが望ましいのであるから、両電圧の振幅を等しくして、ブラウン管上に、両軸に対して  $\pi/4$  の傾斜を有する直線が描かれるように位相調整をすればよい。

以上述べた装置の詳細結果図を示せば 4 図のとおりで、ブラウン管オシロ個別の増幅回路(安定性不良)は使用していない。この回路で極めて小入力 (50 mV) から、25cm エプスタイン試験装置の如き大入力 (200V) のものまで 1 つの装置で測定可能である。

#### 4. 装置使用に際して生ずる問題点

##### ア. 空隙磁束の問題

試料に搜索線輪を密着して巻いた場合には、問題ないのであるが、多数の試料を連続して試験する際には、ほとんどの場合試料には巻線を施さず、試験器自体の巻線を使用するために空隙磁束による誘起電圧が入ってくる。この電圧を近似的に補償するには、試験器の 1 次 2 次間の相互インダクタンスに等価な相互誘導器を 1 次回路に入れ、相互誘導器の 2 次側と試験器の 2 次側を逆直列に接続すればよい<sup>(16)(17)</sup>。

しかしながら、この時の特性は B-H 特性ではなく J-H 特性であるため、硬磁性材料や  $\mu$  の比較的小さい

材料の測定に際しては注意を要する。

##### イ. 電源のインピーダンスの問題

試料鉄心に  $N_1$  回の 1 次巻線を施し電流  $I$  を流した時、主磁束は全部鉄心内を通り、線輪の全ターンを貫通するものと仮定する。すなわち漏洩磁束は省略し得ると考えれば、

$$E = RI + N_1 \frac{d\phi}{dt} \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここで、  $R$  は 1 次回路の全抵抗 ( $\Omega$ )

$\phi$  は鉄心中の磁束 ( $M_x$ )

$E$  は印加電圧 (V)

という関係が成立する。

普通鉄心をもった回路では  $N_1 \cdot d\phi/dt \gg RI$  のので  $RI$  の項はほとんど無視できる。このような時には電圧  $E$  が正弦波であれば、磁束  $\phi$  も正弦的に変化

するはずであり、この磁束  $\phi$  を作るための電流は奇数次高調波を含んだものとなる。しかしながら、抵抗の大きな回路に正弦波電圧を加えた場合には、電流がほぼ正弦波となる代りに、磁束  $\phi$  が正弦波となることができず、その波形はやや扁平なものとなり、したがって  $N_1 \cdot d\phi/dt$  は尖った波形となる。

励磁電源のインピーダンスが試料巻線のインピーダンスに比べて高い場合に、こういった現象が生じ、電流波形が正弦波に近く、磁束波形が歪んだものの合成による履歴曲線の傾向としては、その幅(保磁力)が大きくなる。

いずれの波形を正弦波にする使用例も実際にはある訳なので、それぞれの用途に応じて試験法を変えれば、実用に即したものにはなるが、これでは試験法の統一が不可能なので、従来の交流試験では一応 2 次電圧波形を正弦波にする方法が、慣用されている。

##### ウ. 電圧波形を正弦波に保つ条件

しかし、励磁電源と試料巻線両者のインピーダンスの関係を波形の歪に結びつけて定量的に取扱うのは相当困難であり、現在のところこれを解析した文献は見当らない。これらの問題を多少なりとも量的に把握するためには、つぎのような方法によって、アナコンで解析を行ったので、その詳細を述べる。

電圧、電源、磁束等の相互の関係は前記 (1) 式と

$$\phi = kN_1 I \quad \dots \dots \dots (2)$$

の両式を解くことによって得られる。この  $k$  は磁心の材質および形状によって定まる非線型函数を示す。

いま、 $\phi_0 = k_0 N_1 I_0$  を満足する  $\phi_0$  および  $I_0$  をそれぞ

れ基準にとると ( $\phi_0 I_0$  は磁化曲線上に基準として選んだ、任意の一点に対応する鉄心中の総磁束数および励磁電流) (1)(2) 式は、

$$\frac{E}{E_0} \left( \frac{E_0}{I_0 R} \right) = \frac{I}{I_0} + \left( \frac{N_1 \phi f}{R I_0} \right) p \frac{\phi}{\phi_0} \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$\frac{\phi}{\phi_0} = k \frac{I}{I_0}$$

となる。ここで  $p$  は演算子、実際に鉄心を使用する際には、試料の巻数が変わったとしても、飽和点に磁化するためのアンペア・ターンは一定であり、上式の  $E$  を変化させて、(アンペア) × (ターン) の尖頭値が一定値となるように調節して演算すればよいことになる。誘導電圧波形を決定する項は、(5)(6) 式における

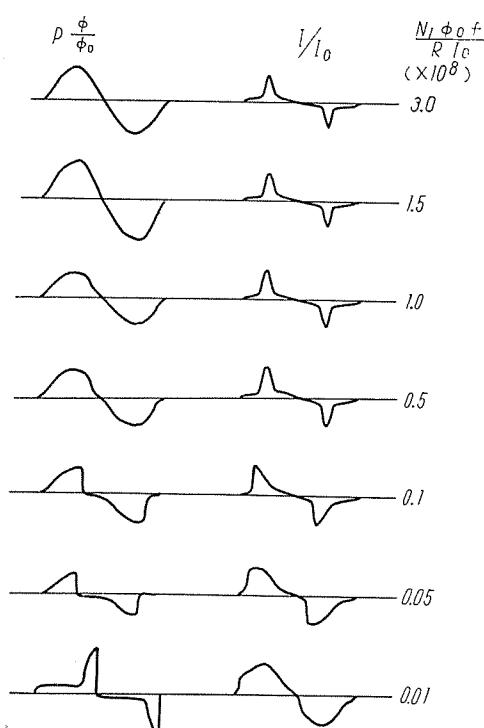
$$\frac{N_1 \phi f}{R I_0} \text{ および } \frac{k}{k_0} \text{ である。}$$

故に、 $k/k_0$  に関しては、それぞれ特性の異なる 3 種類の磁化曲線を選び、各曲線毎に  $N_1 \phi f / R I_0$  の値を適当に変化させて、ペン書きオシロによって  $p \phi / \phi_0$  および  $I/I_0$  の波形を描かせた (5 図参照)。

この結果  $p \phi / \phi_0$  が正弦波からくずれ始めるのは  $(N_1 \phi f / R I_0) = 1.5 \times 10^8$  付近であり、 $k$  の種類に関係せず成立することを確めた。

## II. 位相補償の問題

装置の位相補償法については前述したが、実際に履歴環線を描かせたとき、H 軸の位相が遅れた場合には環線の幅が広くなり、B 軸の位相が遅れた場合には、環線の端部が開く。また進んだ場合にはちょうどこれと逆の傾



5 図 励磁回路のインピーダンスと誘起電圧波形の関係  
Fig. 5. Relation between the impedance of exciting circuit and wave form of induced voltage.

向になる。

## 5. 装置の応用面

### ア. 鉄心の比較選別

磁気增幅器においては多くの場合特性のよく合った 2 個の鉄心が要求されるが、この選別においてブラウン管を使用した直視装置は、その特質を發揮する。

いま 2 個の鉄心に 1 次 2 次共、同一の巻数を施し 1 次直列に、2 次を逆直列に接続し、磁化力を増加して行くとブラウン管上には両履歴環線の差が現れる。

もし両鉄心の鉄損が等しく、磁化特性(2 次誘導電圧)に差がなければ、ブラウン管上には水平方向の 1 本の線が現われるだけであり、鉄損に差がなくても 2 次誘導電圧に差があれば縦方向の線も現れてくる。

こうして現れる图形は、一般に相当複雑な変化をするが、結果の判定さえ誤らなければ、この試験法は種々の応用(たとえば、標準特性の鉄心との比較選別等)面を与える。

### イ. $\mu_d - H$ 曲線の直視<sup>18)</sup>

$\mu_d - H$  曲線は履歴曲線の各点の傾向をプロットしたものであり、微系数であるため、履歴曲線よりも鉄心の特性変化に敏感である。この曲線を直視するにはつぎのようにすればよい。

微分透磁率は、

$$\mu_d = \frac{dB}{dH} \quad \dots \dots \dots (1)$$

で与えられる。(1) 式を変形して

$$(A \frac{dH}{dt} \times 10^{-8}) \mu_d = \frac{d(BA)}{dt} \times 10^{-8} \quad \dots \dots \dots (2)$$

この式の右辺は磁束変化によって 2 次巻線に誘導される電圧であり、これを  $e_\mu$  とし、(2) 式に  $H = K'i$  の関係を入れると、

$$(K \frac{di}{dt}) \mu d = e_\mu \quad \dots \dots \dots (3)$$

となる。故に  $di/dt = \text{const}$  とすれば、2 次電圧  $e_\mu$  は微分透磁率に比例した値となる。

$di/dt = \text{const}$  の電源としては、3 角波、鋸歯状波などを用いればよい。

### ウ. その他の

数千 c/s の正弦波電流を、数十 c/s の低周波で 100 % 振幅変調したものを励磁回路に加えると、ちょうど直流で Point-by-Point 法によるのと同様な原理によって常規磁化曲線を描かせることができる<sup>(20)</sup>。

また直流の Bias 磁界をかけておいて、それに交流を重畠し、 $\Delta B / \Delta H$  の曲線を描かせること等、付属する電源を種々と変化することによって、この装置は種々と応用面を見出せる。

## 6. 各国の現状

前述のように磁性材料の特性は、その履歴曲線によっ

て概ね知ることができる。このため、各種文献をみても履歴曲線以外の直視装置について記したものはほとんど見当らず、多くが履歴曲線の直視装置をいかに活用するかについて述べている。

この種の装置は真空管増幅によるため、最小信号入力や各種歪に対して、自ら制限を受けるが、他の器具に比較すれば相当高感度であり、とくに測定が迅速なために各種の応用が考えられる。

現在圧力や温度およびこれらを重畠して変化したときの特性変化を測定したり、また非常に小断面積の試料の特性測定などに賞用されているようである。

## 7. むすび

今回製作した直視装置の概要と、その応用面について述べたが、この種の装置において最も重要な点は、積分回路における位相、振幅両誤差を少くすることと増幅器自体の感度、安定度をよくすることである。

測定に際しては、電圧、電流波形のどちらかを正弦波にするかによって特性に相異が生ずるが、一般には電圧波形を正弦波にする方法が採用されているので、そのための条件をある程度定量的に解析した。

精度は直流法に比べれば劣るが、測定の迅速なことを利用して、多数の鉄心を選別する時とか、各種現象下における磁性材料の動特性を知るために不可欠なものである。

## 参考文献

- (1) P.P. Cioffi: A Recording Fluxmeter of High Accuracy and Sensitivity. Rev. of Scientific Instruments, **21**, 624 (1950-7).
- (2) R.I. Berge & C.R. Guderjahn: Recording Fluxmeter. Electronic, **27**, 147 (1954-7).
- (3) 山本: 電子管式磁束計.

- オーム、昭 29-7 (臨) pp. 91~94.
- (4) F.G. Brochman & W.G. Stenech: A new Automatic Hysteresis Curve Recorder. Philips Tech. Rev., **16**, 79 (1954-9).
  - (5) F. Koppelman: Der neue AEG-Vektormesser. AEG. Mit., **43**, 59 (1953).
  - (6) 鈴木、戸田: ベクトルメータによる動特性の測定 電学誌. 75 1479 (昭 30-12).
  - (7) W. Thal: Der Siemens Ferrmesser. Arch. Tech. Messen, 1934 J-60-1, 2, 4.
  - (8) 今井: フェロメータによる磁性材料の交流磁化特性. 電気学会、珪専資 No. 230 (30-2-4).
  - (9) E. Kittle: An Accurate Electronic Tracer for Dynamic Characteristics of Magnetic Materials. Comunication & Electronics, 407 (1955-9).
  - (10) 西野、大岡: ゲルマニウムダイオードを用いた交流磁化特性記録装置. 電気学会、珪専資. No. 243 (30-6-3).
  - (11) J. Zamsky: A Cathode-Ray B-H Tracer. E.E., **66**, 678 (1947-7).
  - (12) H.W. Lord: Dynamic Hysteresis Loop Measuring Equipment. E.E., **71**, 518 (1952-6).
  - (13) R. Adler: B-H Curve Tracer for Lamination Samples. Electronic, **16**, 128 (1943-11).
  - (14) H. Wittke: Elektrische Integrationsverfahren Frequenz, **9**, 49 (1955).
  - (15) D.E. Wiegand: A 60-cycle Hysteresis Loop Tracer for Small Sample of Low Permeability Material. T.A.I.E.E., **66**, 119 (1947).
  - (16) M.V. Scherb: Cathode-Ray Magnetization Curve Tracer. R.S.I., **19**, 411 (1948-7).
  - (17) E.C. Crittenden, C.S. Smith and L.O. Olsen: B-H Meter for Samples of Small Cross-Sectional Area. R.S.I., **17**, 372 (1946-10).
  - (18) P. Siakind: A Permeability Analyzer for Magnetic Amplifier Core. T.A.I.E.E., I **72**, 572 (1953).
  - (19) E.C. Crittenden, A.A. Hudimac and R.I. Strough: Magnetic Hysteresis Loop Tracer for Long Specimens of Extremely Small Cross Section. R.S.I. **22**, 872 (1951-12).
  - (20) 大照、小原沢: 電気3学会連大 第26回 予稿 p. 51 (1952-5).

# 外被型クリネヤ(電気式空気清浄装置)

神戸製作所 田 附 和 夫\*

## Encased Type "Cleanair"—Electronic Air Cleaner

Kobe Works Kazuo TAZUKE

Airbone dirt is a formidable pest in various spheres. It will cause harms and spoilage to products and human beings beyond expectation. This fact has drawn attention of industrialist and physicians recently and application of electronic air cleaners is now on the rapid increase to safeguard victims. The encased "Cleanair", which is the combination of a Mitsubishi electronic air cleaner and a standardized, factory-built enclosure, is now introduced to the market as a device to meet the requirements. It varies in air cleaning capacity and in size with the kind of service to be performed.

### 1. まえがき

最近、空気中の浮遊塵埃が工業製品や人体に及ぼす悪影響の認識が高まるにつれて、電気集塵の利用がますます盛んになっている。サイクロンその他の機械的集塵装置も戦後の急速な進歩によってかなり微細な塵埃をも除去できるようになったが、それでも空気を汚染する度合の最も甚しい  $0.5\sim3\mu$  程度の微小塵埃の除去はきわめて困難で、大部分が通過してしまうので役に立たない。静電集塵理論を応用した電気集塵装置によれば、このように微細な塵埃をも除去できるが、従来のコットレル装置のような1段荷電型のものでは、電圧が高すぎるためにオゾン・窒素酸化物あるいは電離空気が多量に発生して人体に有害であるため、直接人間を対象とする換気にはもちろん、製品の品質向上のため製造場内の空気を清浄にする場合や、製造に使用する圧縮空気を浄化する場合でも、人間がその近くにいるかぎりそのままでは使用できない。

当社のクリネヤもやはり静電気集塵理論を応用した空気清浄装置であるが、2段荷電方式の採用によって有害ガスの発生は無視できる程度に止めているので、上述のような欠点はなく、その上  $0.1\mu$  以上の塵埃に対して 90% 以上という高い集塵効率を保証している。したがって、クリネヤを通過した空気はほとんど無塵無菌状態となり品質の向上や作業環境の改善という今日の要求に好適であるため、各種分野において利用されている。当社のクリネヤ製作台数を用途別に1表に示す。

クリネヤの集塵原理・集塵効率の測定方法や各種クリネヤの型式などについては、すでに本誌上で紹介されて<sup>(1)(2)</sup>いるので省略し日赤静岡病院に納入した CE-830 を中心に外被型(CE型)クリネヤについて述べることにしよう。

1表 クリネヤ用途別製作数

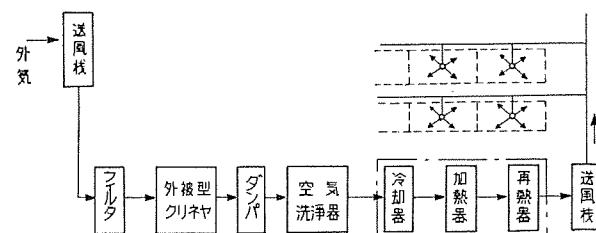
事務室	45
病院	16
研究所	9
食料品	13
光学・精密	6
紡織・化織	8
製鐵	5
その他	3
	17

### 2. 換気方式

クリネヤによる換気方式には、外気だけを供給する非循環式、外気のほかに室内空気の一部を再循環させる方式などがあるが、日赤静岡病院のものは前者に属し、1図のような換気系統の一部として使用される。すなわち屋上から採入れた新鮮外気はダクトにより1階に至り、まず機械的フィルタにより粗い塵埃を、続いてクリネヤにより微細な塵埃を除去されて清浄になり、その後に続く空気洗浄器や空気調和装置によって適当な温度および湿度に調整せられて、送風機により手術室や病室に供給せられる。外被型クリネヤはその構造上、空気調和装置その他の機器と接続して使用する場合にとくに据付が容易である。

### 3. 構 造

キャビネット型以外の大型クリネヤは、標準の集塵ユニットを風量に応じて適當数だけ縦横に積重ね、その外周をダクトで覆う構造であるので、風量や、ダクトの縦横比に制限をうけることは少いが、反面据付のための基礎工事、各種付属品の取付作業など現地における設置計画および作業がやや繁雑になる。外被型クリネヤはこの難点を解消するために計画されたもので、集塵および洗浄に必要な一切の部品があらかじめ工場において堅牢な



1図 日赤静岡病院の換気系統

Fig. 1. Ventilating and air cleaning system for Nisseki Shizuoka Hospital.

外被枠に取付けられている。したがって風量に応じて標準化された外被枠を選択することができるため、設置に際して詳細な部分の取付けまで検討する必要は無く、工場から送られてきたこの装置を所定の場所に設置し、外被枠の空気流出入口をダクトに連結し、所定の配線・配管を施せば直ちに使用できる特長がある。しかし一体として輸送する関係上、その寸法は制限されるので、当社では外被型クリネヤの標準寸法を2表のように定めている。

つぎに外被型クリネヤの主要部分について簡単に説明する。

### ア. 外被枠

外被枠は型鋼の骨組に鋼板を張った堅牢な構造のもので、日赤静岡病院に納入したCE-830の外形寸法を2図に示す。空気流入口には、外被枠内の集塵部を通じる気流の速度を均一にするために多数の小穴のあいた遮

2表 外被型クリネヤ型番表

列番号	11	20	12	21	30	22	31
全幅(mm)	1,850	2,150	2,450	2,750	3,050	3,350	3,650
段番号	全高(mm)						
最大処理風量 m <sup>3</sup> /min							
5	1,650 285	235 340	285 340	330 395	380 455		
6	1,950 340	285 410	340 475	395 475	455 545		
7	2,250		395 475	460 555	530 635	595 715	
8	2,550			530 635	605 725	680 815	755 905
9	2,850				595 715	680 815	765 920
						850 1,020	935 1,120

注：各段列の最大処理風量欄に記載された2つの数値は、上段は集塵効率90%の場合の風量、下段は集塵効率85%の場合の風量をそれぞれ示す。

クリネヤの型番は(段番号)-(列番号)によって表わす。たとえばCE 520型は段番号5の横列と列番号20の縦列との交点における風量 285 m<sup>3</sup>/min, 340 m<sup>3</sup>/min のものを表わす。

各型番号の全高、全幅はそれぞれ段番号の横および列番号の下に示している。なお気流方向における奥行きはいずれも 2,250 mm である。

太線の左側のものに対しては電源部1個、右側のものに対しては電源部2個がそれぞれつく。ft<sup>3</sup>/min に 0.0283 を乗すれば m<sup>3</sup>/min になる。

風板を張り、空気流出口には、万一集塵部に付着した塵埃が大きな塊となって板面から剥離したような場合にこれを捕捉するためと、あわせて気流の速度を均一にし、かつ洗浄時に洗浄管のノズルから噴射される洗浄水および粘着剤の飛沫がダクト内に飛散しないように、メタリック・フィルタを取付けてある。そして外被枠の内部中央には電離部および集塵部が枠断面一杯に配列され、この集塵部分の空気流入側には走行式洗浄管を取付けてある。また集塵部分を挟んで空気の流入側および流出側には、それぞれ保守点検用の出入口が外被枠に設けられ気密扉を設けている。誤って電源を切らずに扉を開けようとした場合でも、自動的に回路が遮断され、かつ扉が開くまでに内部の高圧部分の残留電気エネルギーが完全に放電するだけの时限をもたせた安全スイッチを取付け、危険を防止している。その他保守点検用の照明燈、その表示燈、高圧印加時の危険表示燈なども取付けられている。

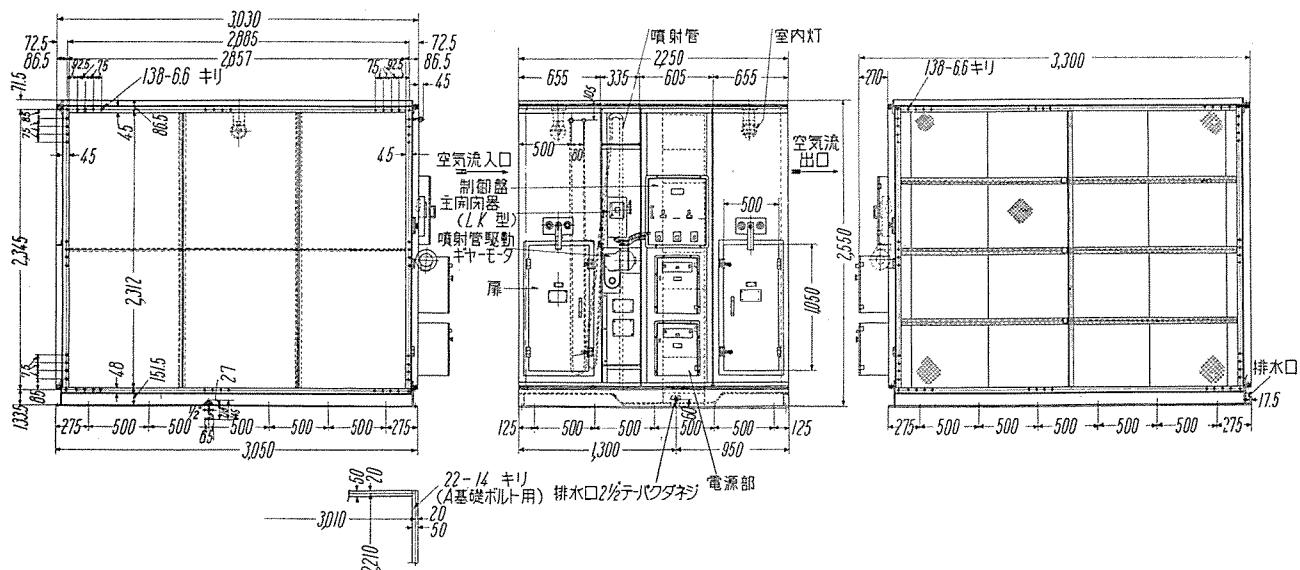
外被枠の底面は洗浄水の排水受になっているので、その排水口に排水管を連結して下水溝に導けばよい。これら外被枠の内面はすべて完全に耐食塗装を施している。

日赤静岡病院に納入のものの外観を3図および4図にその仕様を3表に示してある。

### イ. 電離部

電離部は外被枠内の空気流入側にあり、集塵部とは別個の枠になって垂直の仕切板の間に積重ねて固定してある。電離部は 90mm 間隔で垂直に並べた数本のアルミニウム接地極管と、これら接地極のちょうど真中に平行に張った数本のタンゲステン高電位線とから成る。電源部から外被枠天井の導線溝を経て約 13,000 V の直流高電圧がこのタンゲステン線に印加されると、高い電位傾度を有する不平等電界が形成され、電離部を通過する塵埃粒子に正電荷を与える。

### ウ. 集塵部



2図 外被型クリネヤ CE-830 外形図  
Fig. 2. Outline of type CE-830 cleanaire.



3 図 外被型クリネヤ CE-830 (空気流入側)

Fig. 3. Encased type cleanaire CE-830 (air inlet side).

集塵部は電離部の直後に置かれ、日赤静岡病院向のものでは幅 900 mm の標準集塵部が 8 段 3 列に配列している。多数の正極性高電位極板と接地極板とを交互に一定の間隔で、かつ気流と平行に並べたもので、極板はいずれもアルミニウム薄板製であるので軽量でしかも耐食性が大である。導線溝を経て電源部から約 6,000V の直流電圧を高電位極板に印加して隣接極板との間に強力な平等静電界を形成し、電離部で正電荷を得た塵埃粒子を接地極板上に捕捉するようになっている。

## エ. 電 源 部

電源部は高圧変圧器・整流管・コンデンサなどをケースに納めたもので、単相交流 50/60 c/s~200 V の電源から電力の供給をうけ、これを倍電圧整流方式により D-C 約 6,000 V を集塵部に、また D-C 約 13,000 V を電離部にそれぞれ供給する。表扉には外被枠出入扉の場合と同様の安全スイッチを設けて残留エネルギーによる危険を防止し、内部点検用の観窓の外に、集塵作用が具合よく行われているかどうかを示す表示燈を備えている。5 図に外観を示す。

## オ. 洗浄機構

極板上に集塵せられた塵埃は定期的に約 60°C の温水で洗浄した後、塵埃の捕捉および次回の洗浄を容易にする目的で粘着剤を吹付けておくことが必要であるが\*\*、外被型クリネヤでは走行式洗浄管により簡単確実に洗浄



4 図 外被型クリネヤ CE-830 (空気流出側)

Fig. 4. Encased type cleanaire CE-830 (air outlet side).

3 表 日赤静岡病院向 CE-830 仕様

処理風量 m <sup>3</sup> /min	680	815
集塵効率 %	90	85
電 源	3φ 60 c/s 200 V	
個 数	電 源 部 電 离 部 集 嘉 部	2 9 24
洗浄水	ボンブ 駆動モータ	80 l/min 30 m 2 HP 1800 rpm
粘着剤	ボンブ 駆動モータ	10 l/min 50 m 1/2 HP 1800 rpm

操作を行うことができる。この洗浄管は 1 組の太管と細管とかなり、これらを一体としたものを直立させ、それぞれ適当数のノズルを取付けてある。洗浄管は集塵部分の前面に渡した案内枠によって支持せられ、ロープ伝動により外被枠上の減速電動機で駆動されて左右に走行するようになっている。そして太管のノズルからは洗浄水を、また細管のノズルからは粘着剤を噴射させ、集塵部分の洗浄ならびに粘着剤の吹付を行わせる。走行抵抗を減じ、ノズルの噴射を有効にし、またロープの張力は容易に調整できるよう考慮してある。

この洗浄操作は外被枠外壁に取付けた制御盤のスイッチを操作することにより容易に行うことができる。

## カ. 制 御 盤

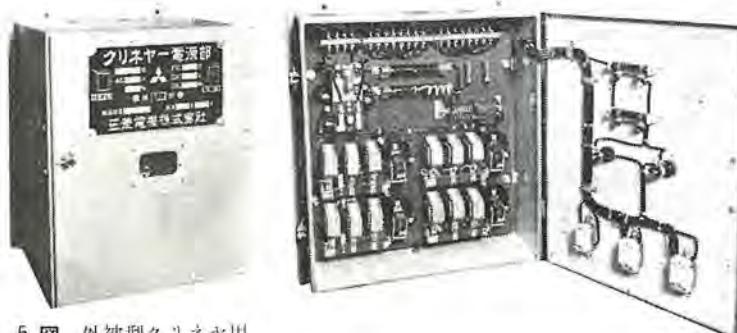
制御盤は電磁接触器・限時繼電器・セレン整流器などをケースに納めたもので、集塵と洗浄との切換および洗浄操作の自動制御はすべてここで行われる。制御盤の電源は 3 相および単相の 50/60 c/s, 200V で、制御盤の左隣の主開閉器を経て接続され、粘着剤ポンプモータおよび洗浄水ポンプモータまたは電磁弁へは、制御盤の上板の導線穴から配線される。6 図に制御盤の内部を示す。

## キ. 洗浄水および粘着剤供給装置

洗浄水としては約 60°C の温水を、また粘着剤は約 50°C で使用し、その加熱装置は設置場所の状況に応じて蒸気式あるいは電熱式などを採用する。タンクは鋼板製で液面計・ドレンコック・フィルタ・温度計などが付属し、加熱装置を内蔵している。洗浄水および粘着剤のポンプは、それぞれ共通台床上に電動機と直結されたターピンポンプおよび歯車ポンプであって、安全弁・圧力計などが付属する。これらのタンクやポンプは外被枠とは別個になっていて、ダクト外の適当な場所に設置して、クリネヤ本体との間に所定の配線・配管を施す。

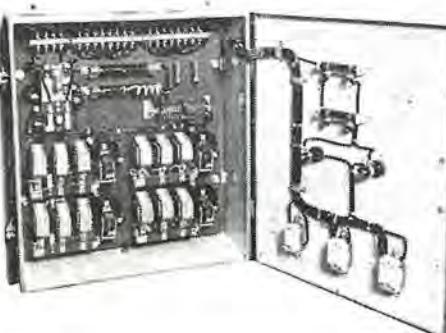
## 4. 洗 浄 操 作

洗浄周期は設置場所における浮遊塵埃の量によって異なるが、大体 1 月に 1~2 回の割合



5 図 外被型クリネヤ用電源部外観

Fig. 5. Electric power source for encased cleanaire.



6 図 外被型クリネヤ制御盤

Fig. 6. Control panel for encased cleanaire.

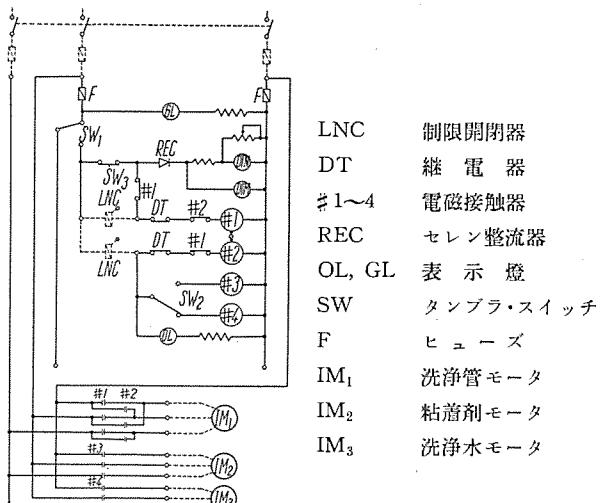


Fig. 7. Connection diagram of control panel.

で洗浄するのが適当である。日赤静岡病院向のものを例に採って洗浄操作を説明する。その制御盤接続は7図の如くである。

(1) 洗浄水の所要量をタンクに注入し、約60°Cまで加熱する。

(2) 制御盤の集塵-洗浄切換スイッチを洗浄側に倒せば、クリネヤの高圧電源が切れ、洗浄管駆動モータは起動準備完了の状態となる。

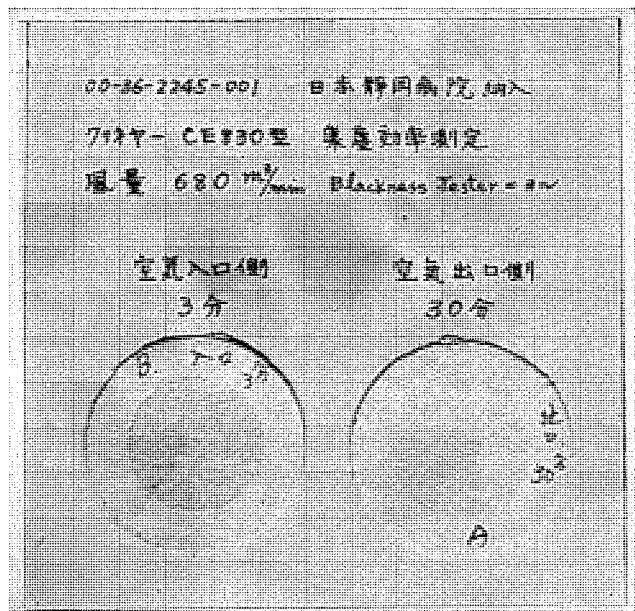
(3) 洗浄水-粘着剤切換スイッチを洗浄水側に倒せば、洗浄水ポンプは起動準備完了の状態となる。

(4) ついで洗浄管走行用跳返り式スイッチを倒せば、洗浄管は集塵部分の一端から走行を開始し、同時に洗浄水ポンプも起動して太い直立管の各ノズルから一斉に洗浄水が噴射される。そして洗浄管は他端に至って逆行し、再び元の位置に戻って1行程を終り、その位置に停止すると同時に洗浄水の噴射も止る。そして洗浄管が走行中は洗浄表示燈が点燈している。

このように洗浄管の走行は1行程ごとに停止するから、数行程繰返させるためには各行程の初めに跳返り式スイッチを入れ直す必要がある。普通洗浄水噴射は6行程で充分である。洗浄水の噴射が完了後は約40分間排水乾燥のために時間をおいて、最後に粘着剤を噴射する。この時は洗浄水-粘着剤切換スイッチを粘着剤側に倒した上で跳返り式スイッチを倒せば、前回と同様に、ただ洗浄水の代りに粘着剤が細管のノズルから噴射される。粘着剤の吹付は1行程で充分である。

## 5. 集塵効率

クリネヤのように $0.1\mu$ というような微細な塵埃を対



8 図 集塵効率測定結果

Fig. 8. Blackness test results.

象とする空気清浄装置の集塵効率は、Blackness Testという方法で決定するのが適当である。この方法に関してはすでに本誌で詳細に紹介されている\*\*ので重複を避けるが、簡単にいえば、クリネヤに入る前および通過後の空気をパイプで採り出し、それぞれ風速がダクト内の風速と同一であるように調節しながら、一定の濾紙に通し、同じ黒さになるに要する時間を出口側と入口側とで比較するものである。クリネヤ通過後の空気は清浄であるので、濾紙の汚れが同じ程度になるにはもちろん入口側より長時間を要する。入口側の空気を3分、出口側の空気を30分それぞれ通した時に濾紙が同じ黒さであったとき、集塵効率は90%である。

日赤静岡病院での試験結果を8図に示すが、集塵効率が90%以上を示していることが判る。なおこのときのクリネヤ通過の圧力損失は6.5 mm水柱、風量は680 m³/minであった。

## 6. むすび

以上日赤静岡病院に納入のものを中心に、当社クリネヤの一型式である外被型クリネヤについて紹介したが、現今の品質向上の要求と相まってクリネヤの応用は今後ますます盛になるものと思う。

## 参考文献

- (1) 「三菱電機」 27巻 11号 60頁 (1953-11)
- (2) 「三菱電機」 29巻 4号 (1955-4)

# ニュース フラッシュ

## 三菱 MYT-S 型 警報装置付需用電力計

電力料金制度によって規定された契約電力を超過すると、電力料金が高価になることは周知のとおりである。

したがって契約電力を超過しないようにあらかじめ負荷を適当に制御すれば、電力を合理的に使用することができる訳である。MYT-S型はこの目的のために製作されたものであり、使用電力が契約電力近くになると自動的にブザーを鳴らして警報を発する。

また希望によっては自動的にトリップ機構を動作させることもできる。

### 構成（写真左より）

発信器……接点機構を付属した需用電力計付積算電力計。  
管制器……繼電器装置により動作を正確にし、表示燈で負荷の

状態をわかりやすくする。

ブザー……市販品 A-C 100 V ブザーを数個つけられる。

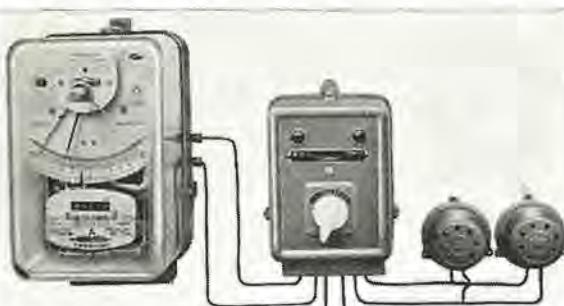
### 動作および特長

接点閉合により管制器を通してブザーが鳴らされる。（接点位置は全目盛間いずれの位置にでも調整変更できる）

表示燈により安全負荷・警報中・警報解除の状態を知ることができます。

デマンドメータの指針は接点が閉合後、開放後いずれの場合でも正常に指示する。

注： 現在までに日立安来、三菱鉱業等に納入、その他紹介依頼がふえつつある。



三菱 MYT-S 型警報装置付需用電力計

## 八幡製鉄向 9,000 HP 誘導電動機

この電動機は戦後におけるわが国の記録品であって、八幡製鉄ブレートミル用 10,000 HP イルグナ、セットの駆動用として使用されるものである。

定格 9,000 HP 6,300 V 60 c/s 14 P 514 rpm

巻線型回転子 完全 B 種絶縁

本機は大容量であるのみならず、設計製作上も各種の点において新機軸を出したものである。

### 特長

1. 固定子コイルにダイヤラスチック絶縁（ポリエスチル樹脂系）を使用し、当社の誇る最新の絶縁技術によるもので従来のアスファルト、コンバウンドやマイカ・フォリウム系絶縁に比べて格段の進歩を示している。
2. 固定子コイルを 1 ターン、ハーフコイルとし素線（ガラス被覆線）の交叉（Transposition）を行って漂遊損の減少を図った。
3. 固定子回転子とも八幡製鉄所連続圧延用素鋼板ダイライトコア S-3 を使用した。

## 自家用火力発電所機器ぞくぞく受注

定評ある三菱の火力機器（三菱造船 K.K.、新三菱重工 K.K. のボイラタービンと当社発電機のカップル）は需要家間の絶大な信用と実績によって最近いちじるしく受注増加、とくに自家用火力発電所向の発電機は電力会社向大物に比し小容量ではあるが、手持工事急増、長崎製作所ではうれしい悲鳴を上げている。以下銘意製作中のものは下記のとおりである。

容 量 (kVA)	力 率 (%)	電 壓 (V)	回転数 (rpm)	周波数 (c/s)	納 入 先	TURBIN MAKER
2,500	2,000	80	3,300	3,000	50	白河バルブ(白河) 三菱造船(広船)
7,500	6,000	80	3,450	3,600	60	東邦レーヨン(徳島) " (長船)
5,000	4,000	80	3,300	3,000	50	大昭和製紙(富士) "
3,750	3,000	80	3,300	3,600	60	玉島レーヨン(玉島) 新三菱重工業
5,314	4,650	87.5	3,300	3,600	60	日本バルブ(米子) 三菱造船(広船)
4,000	3,200	80	3,300	3,600	60	神崎製紙(神崎) 新三菱重工業
6,875	5,500	80	3,300	3,000	50	高崎製紙(日光) 三菱造船(広船)
3,750	3,000	80	3,300	3,000	50	三菱石油(川崎) 新三菱重工業
3,750	3,000	80	3,300	3,600	60	日清紡(徳島) "
8,667	7,800	80	3,300	3,600	60	三菱レーヨン(大竹) 三菱造船(長船)
13,333	12,000	90	3,300	3,000	50	日本セメント(土壁) "
18,750	17,500	93	11,000	3,600	60	紀州製紙(吹田) 新三菱重工業
6,250	6,000	96	3,300	3,600	60	帝國人絹(岩国) 三菱造船(広船)

## 松坂屋百貨店上野店の新旧両館の照明施設

百貨店の照明ではとくに1階の施設に重点を置き考慮が払われているが、東京松坂屋百貨店上野店では新館と旧館との照明施設がそのよい対照を示している。

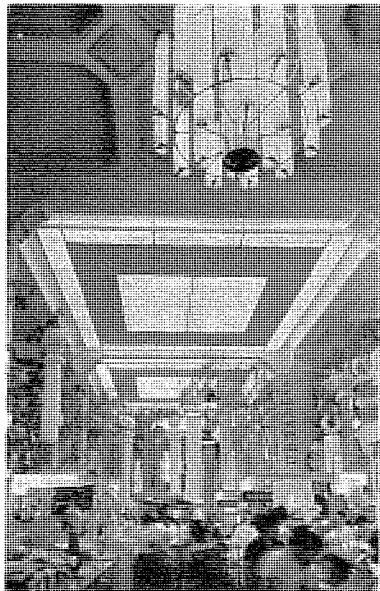
先般完成した新館では近代的な建築構造にふさわしいオペル・アクリライト(№431)カバー使用の半埋込器具(デラックス冷白色螢光ランプ FL-40 W-DL×3燈用)33連×2セット、24連×2セット、19連×3セット、14連×4セットの連続器具の組合せで、11本の光の帯が長く店内を貫いている。ショーケース上の水平面平均照度は約400lxである。

これと対照の旧館はその建築様式が天井、梁、柱等のクラシックな構造に調和させてシャンデリア風の器具に追加して天井面いっぱいにルーバ天井(デラックス冷白色螢光ランプ FL-40 W-DL×40燈)3セットと下面特殊のエッティングを施したスリガラスカバーの半埋込器具(デラックス冷白色螢光ランプ FL-40 W-DL×16燈)3セットの改裝による豪華な照明施設で、ショーケースの水平面平均照度は約600lxである。

新旧両館共、半埋込器具のため、天井面も明るく快適である。折から中元大売出しの七夕祭りの飾り付もはなやかに店内の美観を一層増していた。



松坂屋百貨店上野店新館1階の照明



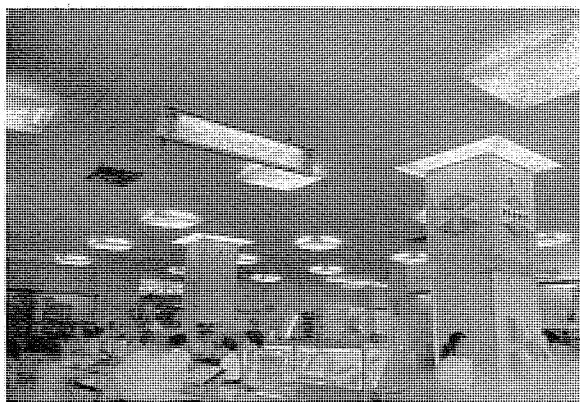
松坂屋百貨店上野店  
旧館1階の照明

## 照明学会の伊勢丹百貨店の照明批評

去る6月1日、新館の開館をした東京新宿伊勢丹百貨店ではこの完成を機会に同百貨店の照明施設についての批評を6月9日、松田学会長、内田副会長、伊賀参与に依頼された。百貨店照明としては1階はとくにより豪華な照明にしてもよくはないか、また全体としての意匠的なバランスをもう少し考慮した方が面白くはないか、しかしながら、照明器具としての個々のデザイン・製作は見るべきものが多い等の声があった。

同百貨店の延坪面積は旧館9,700坪、このたびの新館2,400坪、地下2階、地上7階の建築物で新館のみの螢光ランプはデラックス冷白色FL-40 W-DL 1,600本、FL-20 W-DL 900本、FL-10 W-DL 300本、新館1階の照明施設としては写真のように柱を包囲した天井部分の埋込ルーバ器具(FL-40 W-DL×8本、FL-20 W-DL×8本)と側面乳白色アクリライト板の半埋込ルーバ器具(FL-20 W-DL×8本)よりなり、とくに後者の半埋込ルーバは逆ピラミッド型で天井面を明くするなど新構想のもの、水平面平均照度は約300lxである。

また6階の照明施設としては写真のように柱周囲の天井面に埋込ルーバ器具(FL-20 W-DL×3本、FL-10 W-DL×3本)と天井直付の側面乳白色アクリライト下面ルーバ器具(FO-403型 FL-40 W-D×3燈用)、さらに壁面照明用の埋込器具(FL-40 W-DL×2燈用)とダウンライトの組合せ(写真右方)で水平面平均照度は器具直下で600lx器具の中間で340lxである。



新宿伊勢丹百貨店新館1階の照明



新宿伊勢丹百貨店新館6階の照明

## 照明器具の光拡散材料

白熱電球の照明器具に用いられる拡散カバー、グローブの類には、主としてすりガラス、乳白ガラスが用いられていたが、蛍光燈照明器具に使用するばあい光源の大きいことから大板材料が必要となり、これにともなってそれ自体の強度が要求され、ガラスは厚板にまたガラスに代る破れにくい合成樹脂板がさかんに使用されるに至った。すなわちすりガラスに対しては外観上歓迎される厚板のモールガラスが使われ、乳白ガラスに対しては同様の外観を有するメタアクリル樹脂板が多く採用されている。

これら新旧材料を価格面で比較すると1表のとおりで従来の材料と大差のないことが需要を増している一因でもある。

1表 光拡散材料の市場価格（昭31.8現在 小口価格）

材 料	1 尺角当り価格(円)	備 考
すりガラス	40 前後	
	88 "	
4分銀モールガラス	93 "	厚さ 山 4.6 mm 谷 3 mm
乳白ガラス	420 "	舶来品
	290 "	国産品
メタクリル樹脂板	320 "	乳白色アクリライト厚 2 mm

今までに白熱電球を対象としたこれら材料の光学特性は往々発表されているが、蛍光ランプによるばあいのデータはほとんど見受けられないもので、以下新材料について最近の蛍光燈照明に要望される2、3の点について調べてみよう。

2表 透過率、反射率

材 料	透過率(%)	反射率(%)	計 (%)
アクリライト	40	58	98
	No. 412		
	No. 422 (厚 2 mm)	75	16
No. 431	48	50	98
4分銀モールガラス(内面すり)	75	9	84

(注) 1. アクリライトの品種別

No. 412: 通常乳白半透明、外観は乳白ガラスに酷似

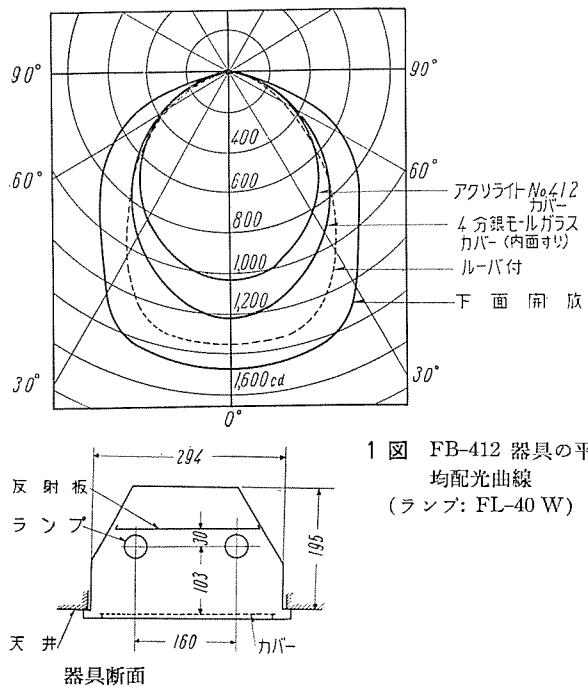
No. 422: 通常オパール、透過率を特によくしたもので白度少くうす黒く見えるもの

No. 431: 通常準オパール、No. 412 と同様の外観を保ち透過率をよくしたもの

2. 計が100%に満たないのは、供試体の吸収の外に測定時の光の損失が含まれている。

1. 透過率と照度

蛍光ランプ（当社の冷白色ランプ）を光源としたときの透過率、反射率は2表のとおりである。メタアクリル樹脂板の供試体は三菱レーヨン製アクリライト厚さ2 mmとした。2表の結果から見るとこれら拡散カバーを照明器具に用いることはいちじるしく光束を減殺するようであるが、多くの器具は器具内部に反射率の高い反射板を有しているため器具内に光の相互反射が行われ、したがって実際の照明に当つて照度の減少はそれほど大きくはならない。この実例としてFB-412型(40 W 2燈



1図 FB-412 器具の平均配光曲線  
(ランプ: FL-40 W)

3表 下面カバー材料別による FB-412 器具の効率照度率

下面カバー	配光の広さ による分類	器具効率 (100 分比) $F(40^\circ)/F_0$	照 明 率							
			天井		75%		50%		30%	
			壁	%	%	%	%	%	%	%
開放 (Narrow)	48% (100)	78%	J	.39	.34	.31	.38	.34	.31	.31
			I	.47	.44	.41	.47	.43	.40	.40
			H	.52	.49	.46	.50	.48	.46	.46
			G	.56	.52	.50	.54	.52	.50	.50
			F	.59	.56	.52	.57	.54	.52	.52
	49% (65)	51%	E	.63	.60	.57	.61	.59	.57	.57
			D	.67	.64	.61	.65	.63	.61	.61
			C	.69	.66	.63	.67	.65	.63	.62
			B	.71	.68	.67	.69	.67	.66	.65
			A	.73	.70	.68	.71	.68	.67	.66
アクリラ イト No. 412 (厚 2 mm)	(Narrow)	51%	J	.26	.22	.20	.25	.22	.20	.20
			I	.31	.29	.27	.31	.28	.27	.27
			H	.34	.32	.30	.33	.32	.30	.30
			G	.36	.34	.33	.36	.34	.33	.33
			F	.40	.37	.34	.37	.36	.34	.34
	(Very (内面すり))	55% (71)	E	.41	.40	.38	.40	.39	.37	.37
			D	.44	.42	.40	.43	.41	.40	.40
			C	.45	.43	.41	.44	.42	.41	.41
			B	.47	.45	.44	.45	.44	.43	.43
			A	.48	.46	.45	.46	.45	.44	.43
4分銀モー ルガラス (内面すり)	(Very (内面すり))	51% (71)	J	.29	.26	.25	.29	.26	.25	.24
			I	.35	.33	.32	.35	.33	.31	.31
			H	.38	.37	.36	.38	.36	.35	.35
			G	.41	.39	.38	.40	.39	.38	.38
			F	.43	.42	.39	.41	.40	.39	.39
	(Concent- rate)	62% (80)	E	.46	.44	.42	.45	.44	.42	.42
			D	.49	.46	.45	.47	.46	.45	.45
			C	.50	.48	.46	.49	.47	.46	.45
			B	.51	.49	.49	.50	.48	.47	.47
			A	.52	.50	.49	.51	.49	.48	.47

用天井埋込型) 器具につき配光曲線、器具効率、照度率を比較したばあいを1図および3表に示す。参考のためにルーバのば

あいも併載した。室内における照度は照明率に比例するから各々の照度の比率は3表によって判る。この器具の反射板の反射率は約82%であるが反射率が高くなればなるほどカバーしたときの効率が高くなるのは当然で、実験用に反射率94%の反射板を置いたときは4表の結果を得た。また手許にある資料から種々のばあいの器具効率の比較を5表に示す。

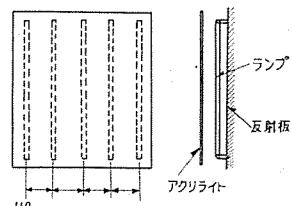
## 2. 光色のひずみ

螢光燈照明では光色の差による演色性(照らされた物の色の

4表 反射板(反射率94%)をつけたときの光度比

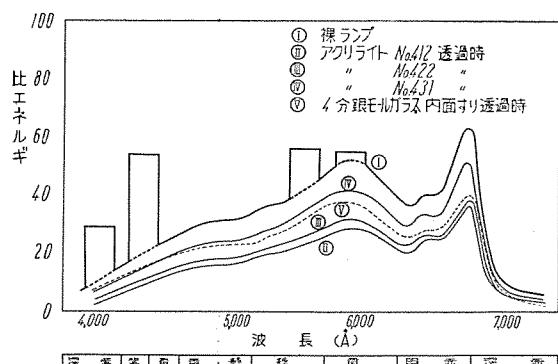
カバー材料	正面光度比
開放	100
No. 412	71
No. 422	100
No. 431	79

(注) 本表は右図に示すばあいの測定値



5表 各種器具効率の比較

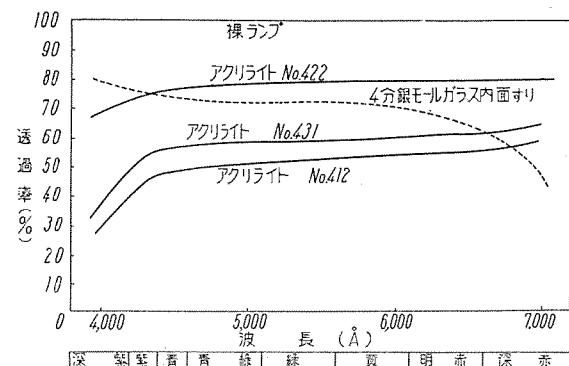
器具型名	FP-402	FP-202	FB-432	FB-222
器具仕様	反射板 カバー 40W 2燈 天井直付用	反射板 カバー 20W 2燈 天井直付用	カバー 40W 2燈 天井埋込用	カバー 20W 2燈 天井埋込用
カバー材料	No. 412 No. 422 No. 431	— 84% —	53% — —	— — —
4分銀モールガラス	82%	64%	62%	64%
ルーパ	—	—	67%	72%



2図 アクリライト・ガラスを透過したときのデラックス冷白色ランプの分光エネルギー分布

見え方)がたびたび問題とされる。ルーパのはあいはランプ露出形式の照明と演色性はあまり変化がないと考えられるが、ランプを前記各材料でカバーしたときは当然懸念される。このためランプの分光エネルギー分布を測定した結果2図を得た。ランプは演色性を重要視するためデラックス冷白色を用いた。

光色のひずみを見るために2図における裸ランプのスペクトル曲線を100%位置の水平線に直して拡散材料でカバーした時の透過光エネルギー分布をとれば3図のようになる。これによつて見ればメタクリル樹脂板では短波長部が、銀モールガラスで



3図 デラックス冷白色ランプを光源としたアクリライト・ガラスの分光透過率

は長波長部の透過エネルギーが減っている。前者はほぼ水平に近く実用上光色、演色性についてはほとんど問題がない。後者は赤色部の透過光が少く、赤色光が少くなりがちの螢光燈照明においてはその欠点を助長する傾向が見られる。

以上を総括するとわれわれの常識的判断がほぼ正しかったことが実証され、おのずから目的によって使用材料が決定されよう。本レポートにある数値は当社研究所、大船工場の測定により、また資料作成には三菱レーション安藤氏の援助をいただいている。

==== 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
デパートニュース	2月号 4月号	デパート照明の今後のあり方	小堀富次雄	本 社
新生活と電気	4月号	台所と食堂の照明	同 上	同 上
電 気 公 論	6月号	発電電所照明と施設例	同 上	同 上
同 上	同 上	新しい工場照明のあり方	同 上	同 上
標 準 化	6,7,8月号	品質管理教育法	和 田 嶽	本 社
電 気 計 算	7月号 8月号	新しい照明施設の展望	小堀富次雄	本 社
火 力 発 電	7月号	大型タービン発電機の安全性について	加賀貞広	長崎
金 属	7月号	タービン発電機の破壊の実例と対策	加賀貞井	長崎
電 气 学 会 雜 誌	7月号	渋波量を含む線路の進行波特性	豊田準三	無線機
オ ー ム	8月号	ダイヤラスチック絶縁	石黒克己	研究 所
オ ー ム	8月号	三菱コントロールセンタについて	伊佐山好延	崎
塗 装 便 覧		電気洗濯機の塗装について	篠崎善助	名古屋
			野 村 博	名古屋

==== 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
2月16,20日	東京電力茨城支店	照明の技術講習	小堀富次雄	本 社
2月23日	東京電力神奈川支店	工場照明の設計	同 上	同 上
3月13,27, 29日	JIS 記念講演会 於 東京, 名古屋, 大阪	螢光放電燈の技術講習 照明関係新製品の紹介	同 上	同 上
3月15日	大垣市照明協会	商店照明の技術講習と臨店指導	同 上	同 上
3月30日	兵庫県電気協会	新しい生産照明	同 上	同 上
4月25日	神奈川県商工指導所	客を引く商店照明	同 上	同 上
5月20日	神奈川県座間青年会	商店照明と陳列効果	同 上	同 上
6月22日	工業学会講演会	チタン酸バリウム系磁器の研究 (第1報)	神崎 邸	研究所
同 上	同 上	シュランクガラスの製造研究	林 次郎	研究所

==== 最近登録された当社の特許および実用新案 ====

区 別	名 称	特許または登録日	特許または登録番号	発明、考案者	所 属 場 所
特 許	水車のランナ翼開度自動調整装置	31-8-14	224621	尾畠 喜頼	行 明彦
〃	3相変圧器	〃	224622	中 静和	伊 順人
新 案	巻上機	31-8-6	448449	安 北	丹 丹
〃	電気車制動制御装置	〃	448500	松川 待向	屋 伊
〃	車 輪	〃	448501	島 井村	名 古
〃	結束電線	31-8-8	448668	健 才	研 究 所
〃	陰極の絶縁支持体	〃	448669	才 三治	中 津
〃	扇風機翼車	31-8-11	448709	大 柏	川 所
〃	電熱器の接続端子盤	〃	448710	野 植谷	屋 伊
〃	リード線繰出装置	31-8-15	448902	増 原	名 古
〃	ガスボンベの封板開口装置	〃	448903	蓮 繩	研 所
〃	鉄 心	〃	448904	成 駒	田 伊
〃	荷造用緩衝体	〃	448905	渡 静	津 福
〃	磁気回路装置	31-8-20	449086	横 田	山
〃	接地電圧電流計	31-8-28	449523	須 岡	研 究 所
〃	気囊体	〃	449524	岡 田	戸 神
〃	記録装置	〃	449525	沢 葉	谷 伊
〃	積算計器用回転子	〃	449526	加 藤	福 世
〃	回転機の冷却装置	〃	449527	木 村	山 福
〃	遮断器	〃	449528	朝 枝	崎 長
				路 小	春 神 戸



建物の節約・設備費が安い

# 三菱 屋外型 防爆型 パワーセンタ

3相 450 kVA 屋外型・防爆型・パワーセンタで写真にて示すとおり変圧器  
2次側主および分岐回路遮断器などを一体とし、各種低圧電動機、電燈回路  
電源用変圧器および同変圧器低圧側主スイッチ回路用に使用する。  
大体の仕様は下記のとおりである。

**変圧器** 3相 150 kVA 3台とし 150 kVA, 300 kVA として切換可能

電 壓 1次側

3,450-3,300-3,150-3,000-2,850 V

2次側

220 V

構 造 耐圧防爆型

冷却方式 乾式自冷方式

絶 縁 H種

**スイッチ**

主回路 DB-50型気中遮断器 600 V 1,600 A 1個 分岐回路 NF-600型気中  
遮断器 600 V 600 A 4個

昭和 31 年 11 月 8 日 印刷 昭和 31 年 11 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	平樹
副委員長	石川辰雄	委員	橋英精	二和
常任委員	浅井徳二郎	委員	岡屋精貞	隆一
〃	荒井潔	〃	藤村進	市男
〃	安藤二郎	〃	尾又	郎明
〃	安野正雄	〃	松田新	一市
〃	木村武雄	〃	松山	男郎
〃	小堀富次郎	〃	森上	明
〃	高井得一郎	幹事	村宗	
〃	中原光文		井市	
〃	馬場大		上村	
〃	松田新			

(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