

最近のターボ発電機

後藤恒夫* 菊地彌十郎**

The Recent Turbo-Generators

By Tsuneo Gotō and Yajurō Kikuchi
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

These several years following the introduction of hydrogen cooling system from America have witnessed a phenomenal progress in thermal plant machine industry.

Hitachi, Ltd., as one of the leading manufacturers in this field have been eagerly endeavouring to catch up with the advanced American level of such cooling system as well as many other practices for increasing plant efficiency, now trust themselves to design and build their turbo-generators on world's highest level.

The 55,000 kW turbo-generator built by the Company for the Ushioda Power Plant, Tokyo Electric Power Company, is displaying its faultless performance, as a sure proof of the Hitachi's ability.

The writers, expounding the hard way the Japanese many manufacturers have made in making up for the gap in thermal plant engineering left by the late war, relate future problems concerning this industry of vital importance of the nation.

〔I〕 緒 言

米国が電源の主力を火力におくのに反して、我国では火力は水力の補助的立場にあり、然も昭和18年以降国内情勢の逼迫に伴い火力設備の新設は頓座せしめられた。

この間にあつて米国ではプラントの効率の向上をはかり、高温高压の蒸気を採用したり、水素冷却方式による発電機の運転が行われ、我国の状態と比較すると大きな開きが認められるに至つた。戦後再び海外の智識が入つて来るに及んで、この傾向に注目されそれ以来我国の火力界は新しい段階に入つたといつても過言ではなく、先の時代の人々によつて開拓されて来た基礎によつて着々と新しい飛躍が行われて来た。日立製作所で製作された東京電力納潮田発電所用の 55,000 kW の発電設備は、この新時代の最初の製品として注目すべきものであつて、これについて他社に於ても順次水素冷却方式が採用され、火力発電に対する新しい道が開かれて来た。

今後は彼我の長所をとり入れた日立独特の製品がつくられる日も遠くなく、期して待つべきものがある。今こゝに遂げられて来た進歩の跡をふりかえつて見、現在及

び将来のあり方を考えて見ることは意義あることと思われ、比較的興味があり、重要と目されることがらに就いて簡単に述べてみたいと考える。

〔II〕 現在までのターボ発電機

我国に於て従来採用されて来たものはすべて空気冷却式のものであつて、1930年頃には 15,000 kVA を超える 60 \sim 機は四極が採用され、62,500 kVA が一応製作の限界に近いとされたもので、関西電力、尼ヶ崎第二の 93,750 kVA, 1,800 r.p.m. が我国の最大容量のものであるが、現在は資材の節約、能率の向上等の点から殆ど二極機に極限されている形である。これらはすべて発電機の下部に空気冷却器を置き強制通風循環式のものであつて、これらのものも順次細部にわたつて改良が行われ今日に至つており、最近の空気冷却式の発電機の構造を示すと第1図(次頁参照)の如く、総体的には大した変化は見られていない。

しかしながら発電機の冷却媒体として水素を用いることの利点が認められて実用化に入り、1951年独逸で提案されたに始まり、1922年には AEG の論文が発表され、更に 1923年 Max Schuller の特許が米国に入り、1926

* ** 日立製作所日立工場

年GE社が6,250kVA, 3,600r.p.m. 機を、1928年にはW.H.社が7,500kVA, 3,600r.p.m. 機の試作を行い、本格的に水素冷却方式が採用されるに至つて来た⁽¹⁾。

これらの試作時代を経て気密ケーシングから軸が貫通する部分のない全密閉式の調相機に先づ用いられ、1928年はじめて12,500kVAの調相機が商用運転に入った。ターボ発電機では1937年Dayton, Ohio 発電所の31,250kVA, 3,600r.p.m. のものが最初であり⁽²⁾、以来数多くの大容量機が製作され、今日に於ける記録は184,000kVA, 3,600r.p.m. のもので、目下220,000kVA, 3,600r.p.m. のものが建設中である⁽³⁾。

米国のこの傾向に刺戟され、我国では1940年頃試作の緒につき、日立製作所では2,500kVA, 3,000r.p.m. 機を製作し、1943年に一応実用の域に達する成果を得たが⁽⁴⁾、戦争の苛烈さは研究の継続を中止するの止むなきに至らしめた。他の製作会社も大体同一経路を辿り、終戦後本格的にとり上げられるに至り、1951年東京電力花畑変電所の15,000kVA同期調相機を日立製作所の手によつて、水素冷却式に改造し、20,000kVAに出力増加が行われた。これが日本に於て水素冷却方式を用いて営業運転に入った最初のものである。これが契機となりターボ発電機では1951年東京電力潮田発電所ではじめてとり上げられた。この仕様は

水素圧力、水柱500mmの場合

62,500kVA, 50,000kW, 力率80%, 3,000r.p.m.

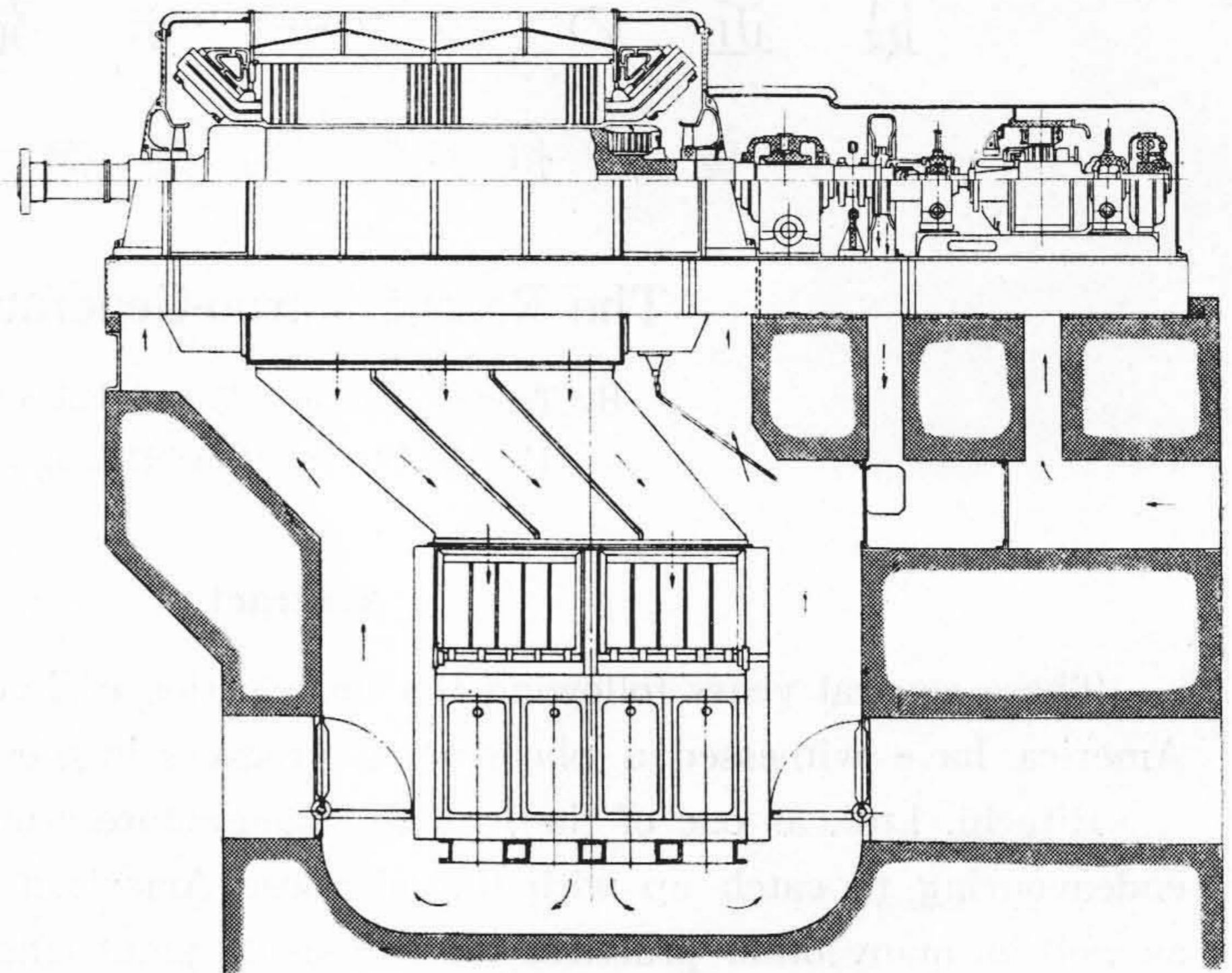
水素圧力、水柱5,000mmの場合

67,000kVA, 55,000kW, 力率82%, 3,000r.p.m.

で、日本でははじめての大容量機に水素冷却を採用されたことは、当時の状況に於ては非常に破格的なものであつて、これが火力界の前途に明るい光明を与え、九州電力築上発電所、相の浦発電所、中部電力名港発電所、東京電力第二鶴見発電所等と相次いで50,000kW級のものが順次製作されている。今後の計画は殆どすべての大容量機が水素冷却となつて行く傾向にある。

〔III〕ターボ発電機の構造

空気冷却の場合も水素冷却の場合も、発電機本体の各部の構造に就いては大體同じであつて、先づこれらを構成する主要部分の概略を述べ、構造上の主な傾向を述べ



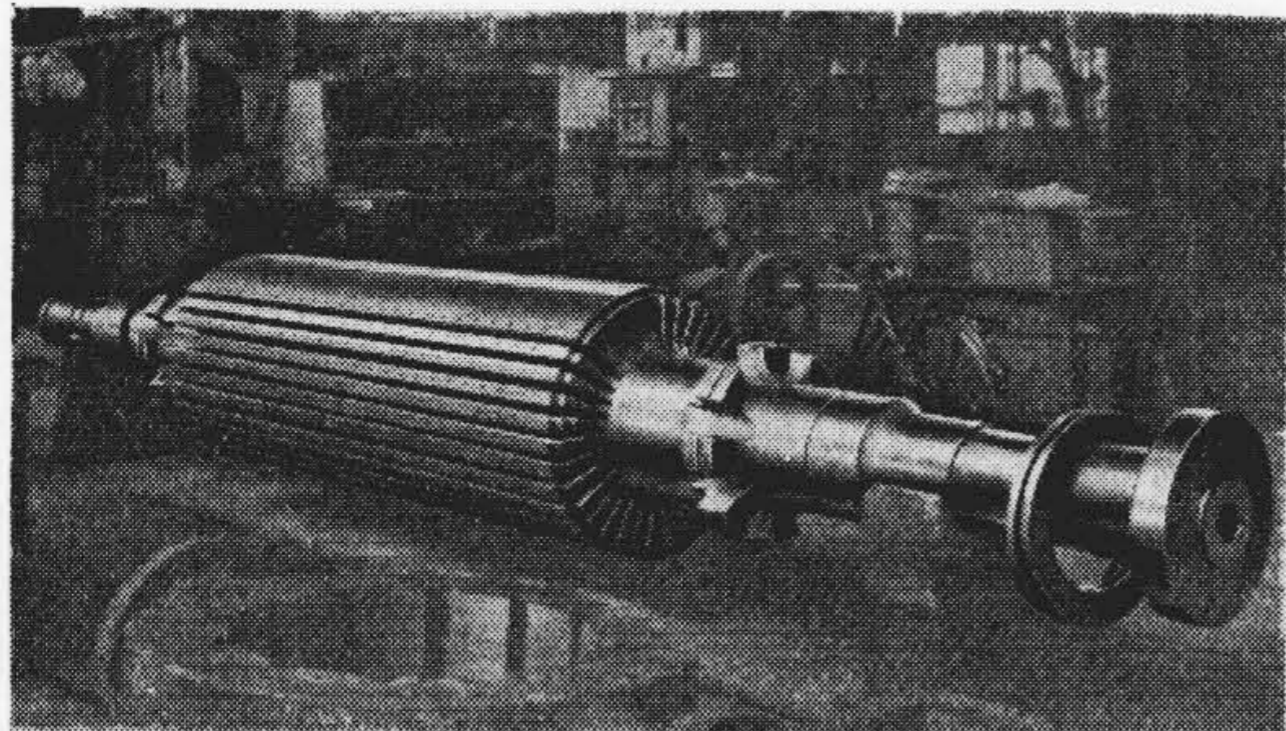
第1図ターボ発電機断面図

Fig. 1. Turbo-Generator Sectional View

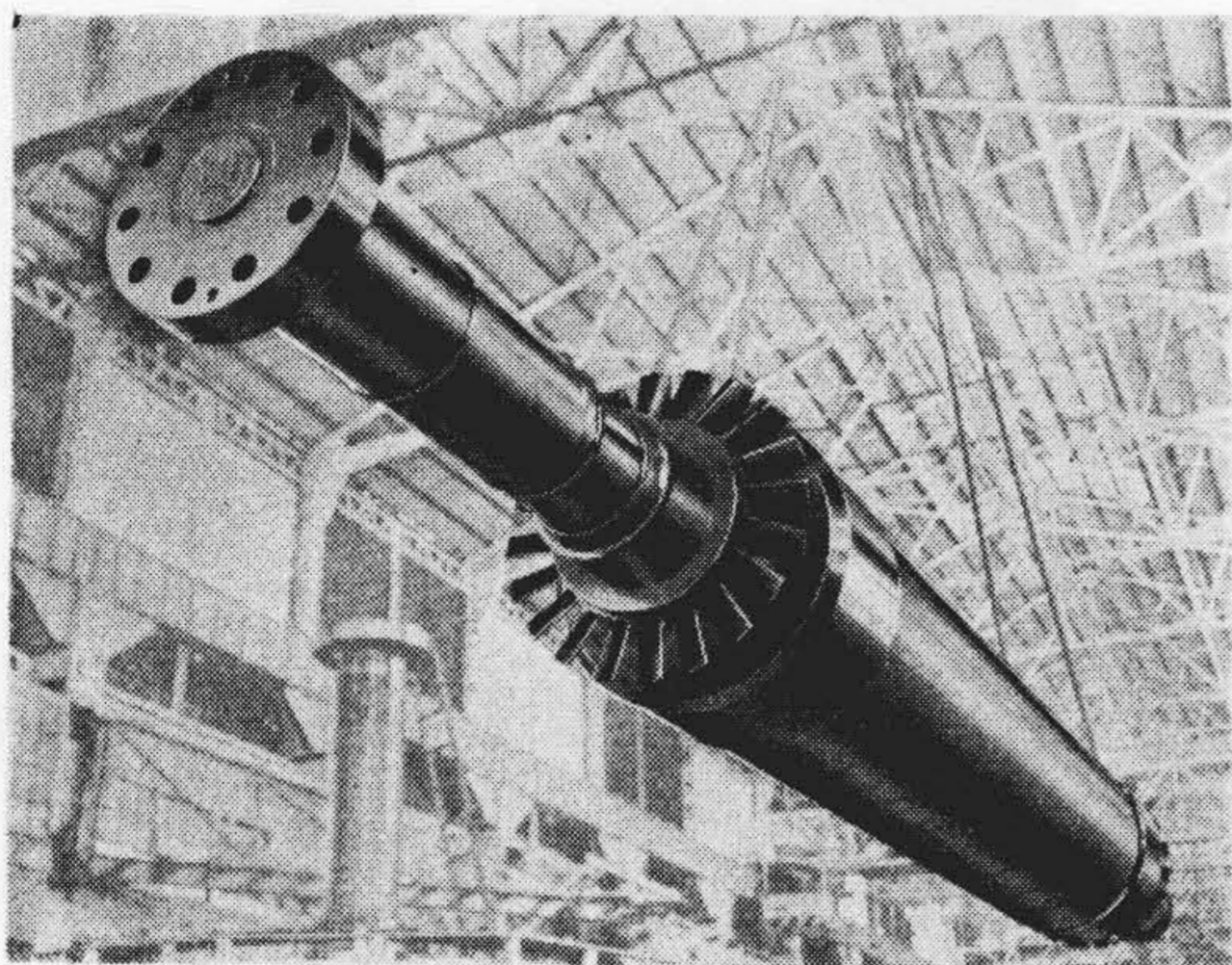
てみる。

ターボ発電機の製作上最も困難とするものは回転子であつて、高速度であるため円筒型回転子が用いられているが、これらの各部には高い応力が生ずるため種々の型が用いられ、従来比較的小容量のものには単一鋼塊のものもあつたが、大型のものには厚鋼板の積層式のものとか、組立プリズム式のもの等が用いられて来た。特に後者は成型界磁線輪を使用し得ること、通風孔を十分に支え線輪の冷却を均一にしかも完全に行へること、或はシャフトが小さくて済み均一な良質の材料のものが得られる等の利点がある。しかしながら近時の鍛造技術の進歩に伴い、単一鋼塊をもつてしても十分信頼のおける材料が得られ、且構造が簡単であり、単位容量の増大に伴う危険速度の点等から、今日ではすべて単一鋼塊式のものでつくられるようになって来た。第2図はこの線輪溝が切られた単一鋼塊式シャフトであり、第3図は完成された回転子を示す。円周方向に数箇の溝が見られるのは、磁極部とこれと直角の部分との断面の慣性能率が異なるために二つの危険速度を持つのを防ぐためである。

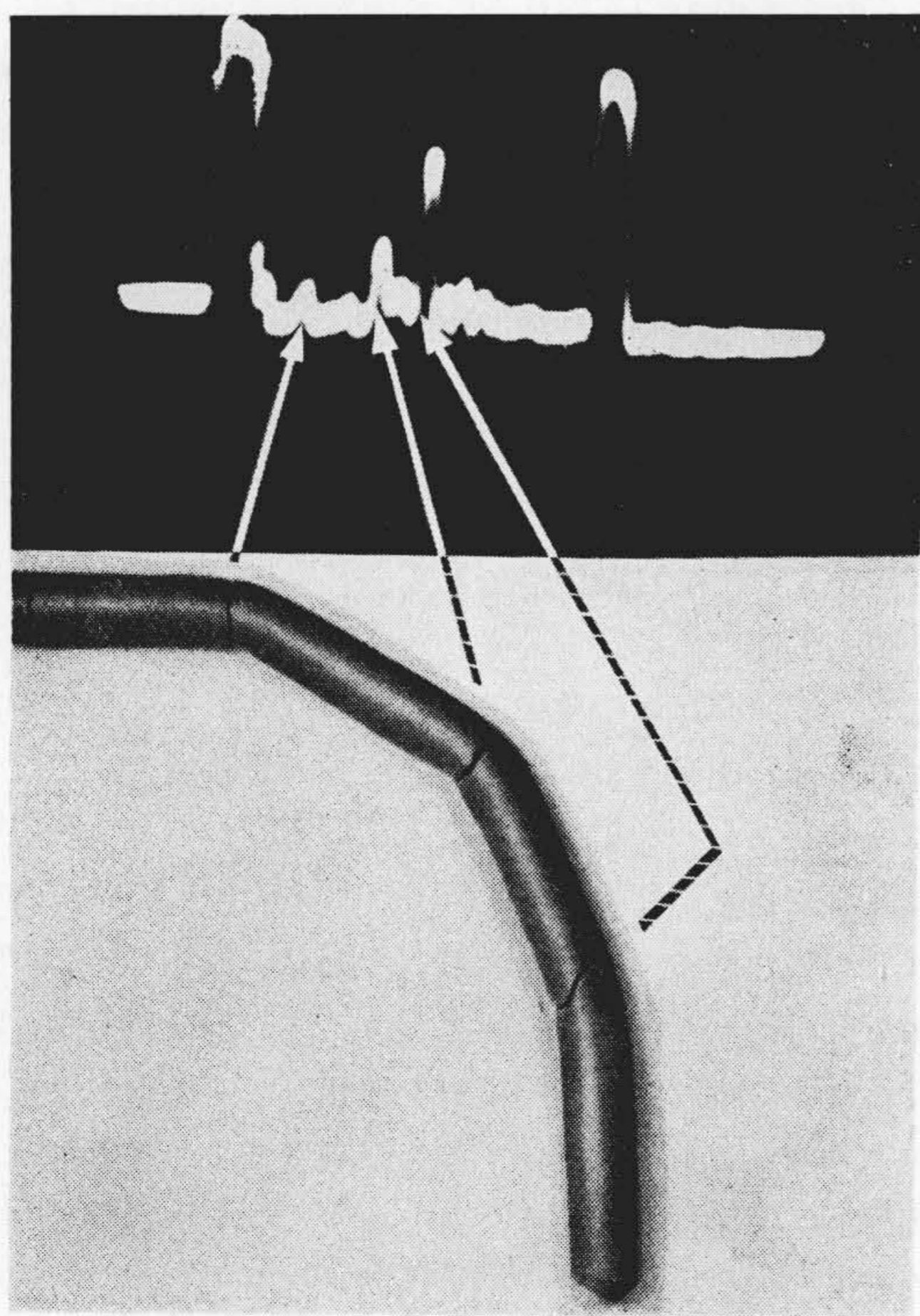
これらのシャフトは高い機械的強度を必要とすると共に、内部まで均一な強度と組織をもち、しかも磁気的特性の良好であることが必要である。過去に於ては一般に鍛造は機械的特性と欠陥のない材料を得ることに主力がそゝがれ、磁気的要素には考慮が払われなかつた。近時この方面の研究が進み、機械的強度を犠牲にすることなくこの磁気的特性を向上せしめるための努力が払われ、これらを低下せしめる炭素とクロム含有量を最小限に止



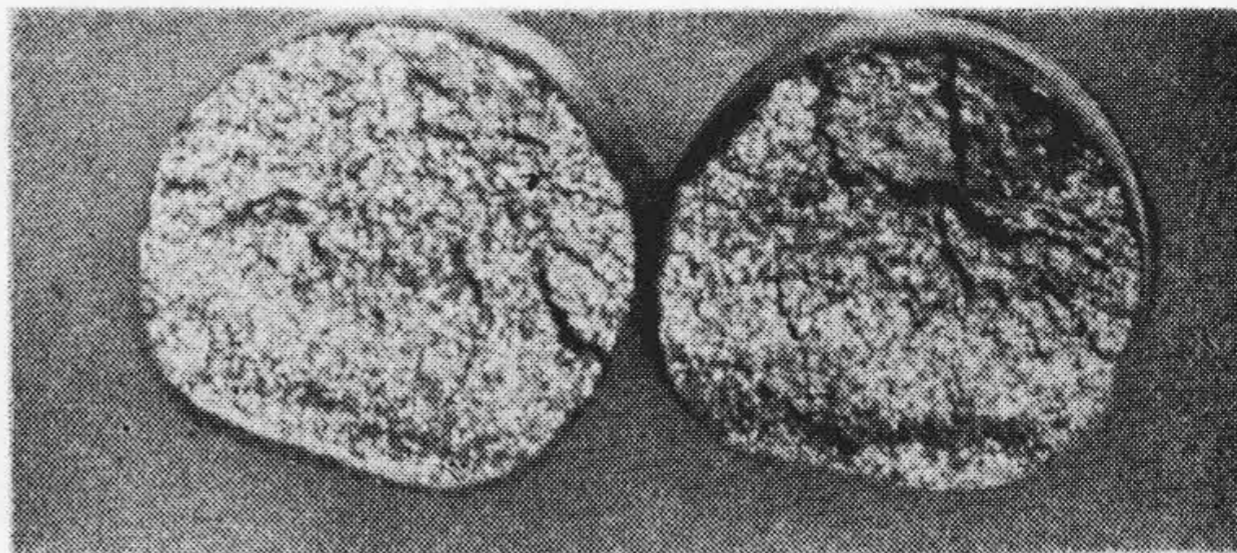
第2図 単一鋼塊製シャフト
Fig. 2. Solid Rotor Shaft



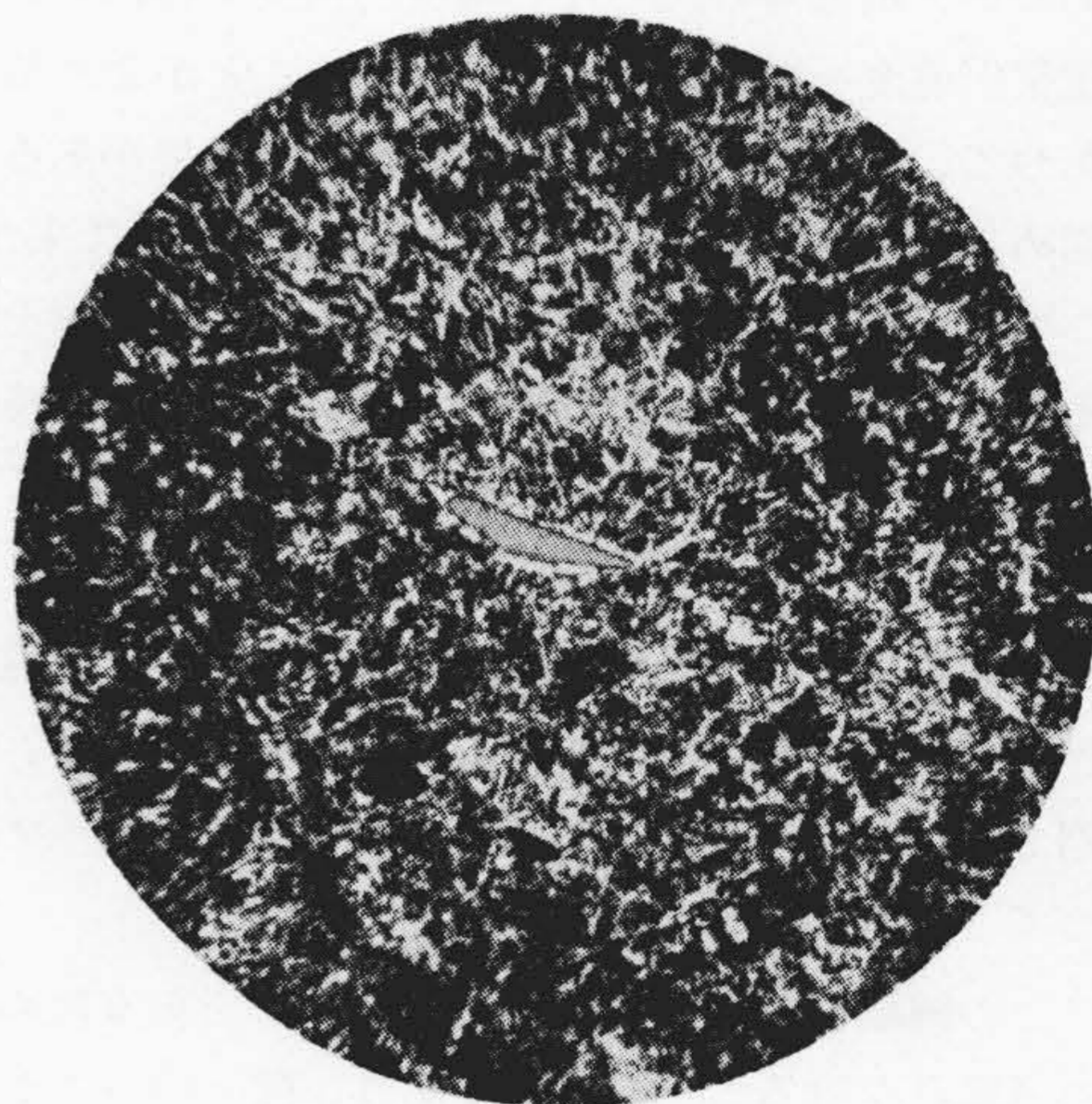
第3図 回転子
Fig. 3. Rotor



第4図 超音波探傷試験とその欠陥部
Fig. 4. Super Sonic Test and its Defects



第5図 欠陥部の破面
Fig. 5. Front View of Defect Part



第6図 欠陥部の顕微鏡組織 ×100
Fig. 6. Micro-structure of Defect Part

め、ニッケルを3%程度に入れ、モリブデンと少量のバナジウムを加え、適当な熱処理によつて、従来のものよりむらがなく信頼度の高いすぐれた磁氣的並びに機械的性質をもつものが得られるに至つた。

又一方材料の試験方法も非常な発達をとげ、従来胴部両端等外部より試験片を採取して材料の強度を検査し、軸心孔等外部よりの欠陥の発見に止まつていたが、最近超音波探傷と磁氣的探傷とが並用され、容易に内部の欠陥が探知出来、これによつて十分信頼がおける完全な材料を用いることが出来るようになり、機械の安全度を増すに至つた。第4図～第6図はこれらの試験の一例であつて、第4図はシャフトの一部に見られた超音波探傷試験の結果であつて、最初の入射波に対して、次の大きい反射が軸心孔の底面反射波でその間に見られる波は内部の欠陥部の反射である。この部分からコアドリルによつて試験片を採取し切断してみると図の如く欠陥反射のあつた矢の部分から折れている。この部分の破断面は第5図の如く、又この部の顕微鏡組織は第6図の如くである。

界磁線輪に於ては起動停止の多い機械或は大容量機に対して線輪の熱膨脹の問題がある。一般には普通の軟い焼鈍された銅が用いられて来たが、線輪は高い遠心力を

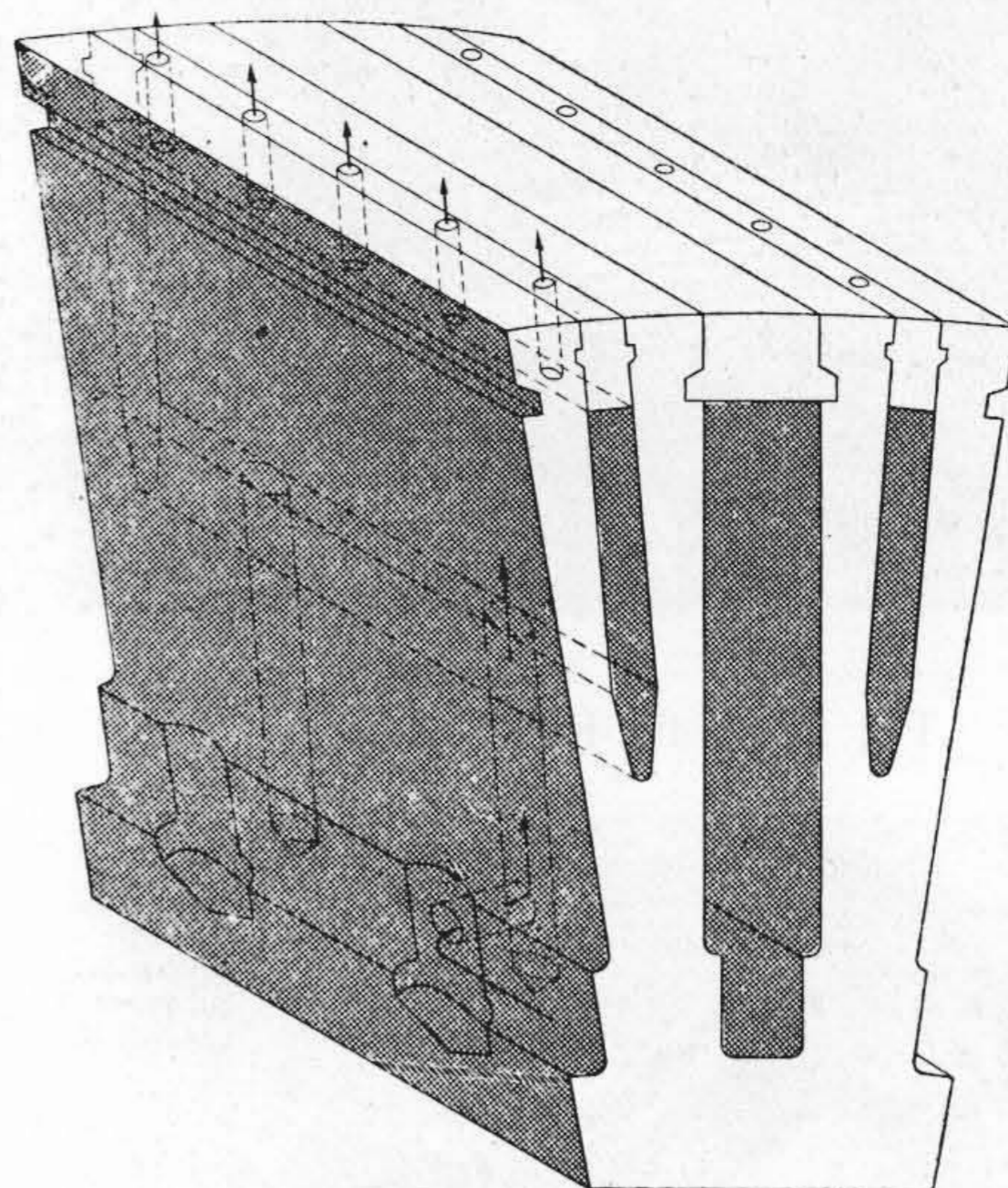
受け楔におしつけられるため、線輪の温度上昇に伴う熱膨脹がこの圧縮力によつて抱束され、線輪に圧縮歪が起り、場合によつてはこれが弾性限界を越すことがある。弾性限に至らなくとも匍匐或は応力弛緩効果を起すおそれがある。従つて冷却された場合この歪は永久歪となつて残ることになり、起動停止を繰返えされることによつて収縮が重なり事故の原因となることがある。これを避けるには遠心力を受ける前に線輪を予熱しておく運転方法もあるが、匍匐等の起らない機械的強度を持たせ、しかも電気伝導度を損わない線輪をつくることにより積極的であつて、これには微量の銀を入れると効果があることが認められ、大型機には用いられるようになって来た。更にこの方面の研究は進められアルミニウム諸元素を添加することによつて、銅を主体としたものに代える時代が予想されるが、未だ製品に応用される域には達してない。

界磁線輪の絶縁に対しても同様であつて、大きい遠心力と熱膨脹に耐える絶縁であることが必要であつて、強く圧縮されたマイカ板、合成樹脂塗装のガラステープ等によつてこの目的が果されている。

更にこの線輪をおさめる溝は、削り出しであるために十分の通風孔を得ることが困難であり、種々の工夫がなされ苦心されている。例えば線輪溝の底の軸方向の通風孔の所々に側面に孔をあけ、歯の中央にあけた半径方向の孔と通ずるようにし、これを通して底の風を外部へ排出せしめる等の方法が用いられて来たが、更にこれを積極的に有効ならしめたものが用いられるようになった。それは歯にも軸方向に通風孔を設けたもので、これを図に示すと第7図の如く、これの歯の中央の溝は底の通風孔と共に界磁線輪の熱を一層有効に持ち去る通路となり又一方歯の付根に対して強度的に余裕のある部分の肉をとることによつて、歯の根本に生ずる応力を軽減し逆に肉をとることによつて強度を増した形となる利点を持つている。

線輪端の保持にはバインド線が用いられたこともあるが、近時は殆どすべて特殊鋼の環が用いられ、特にこの部分への漏洩磁束をなくするため非磁性鋼が用いられることが望ましい。しかしながらこの環は非常に大きい応力が生ずるため機械的強度の高いものが必要であり、しかも非磁性であることは種々の困難が伴い、外国より購入する以外に方法がなかつたのであるが、研究の結果は非常にすぐれたものが自家工場で作れる状態に至つた。

集電環は軸の両側に1箇宛設けるのが日立製作所のこれまでの行き方であつたが、取扱の不便等で軸受の外側に2箇並べておく方式が用いられて来た。導入線は集電



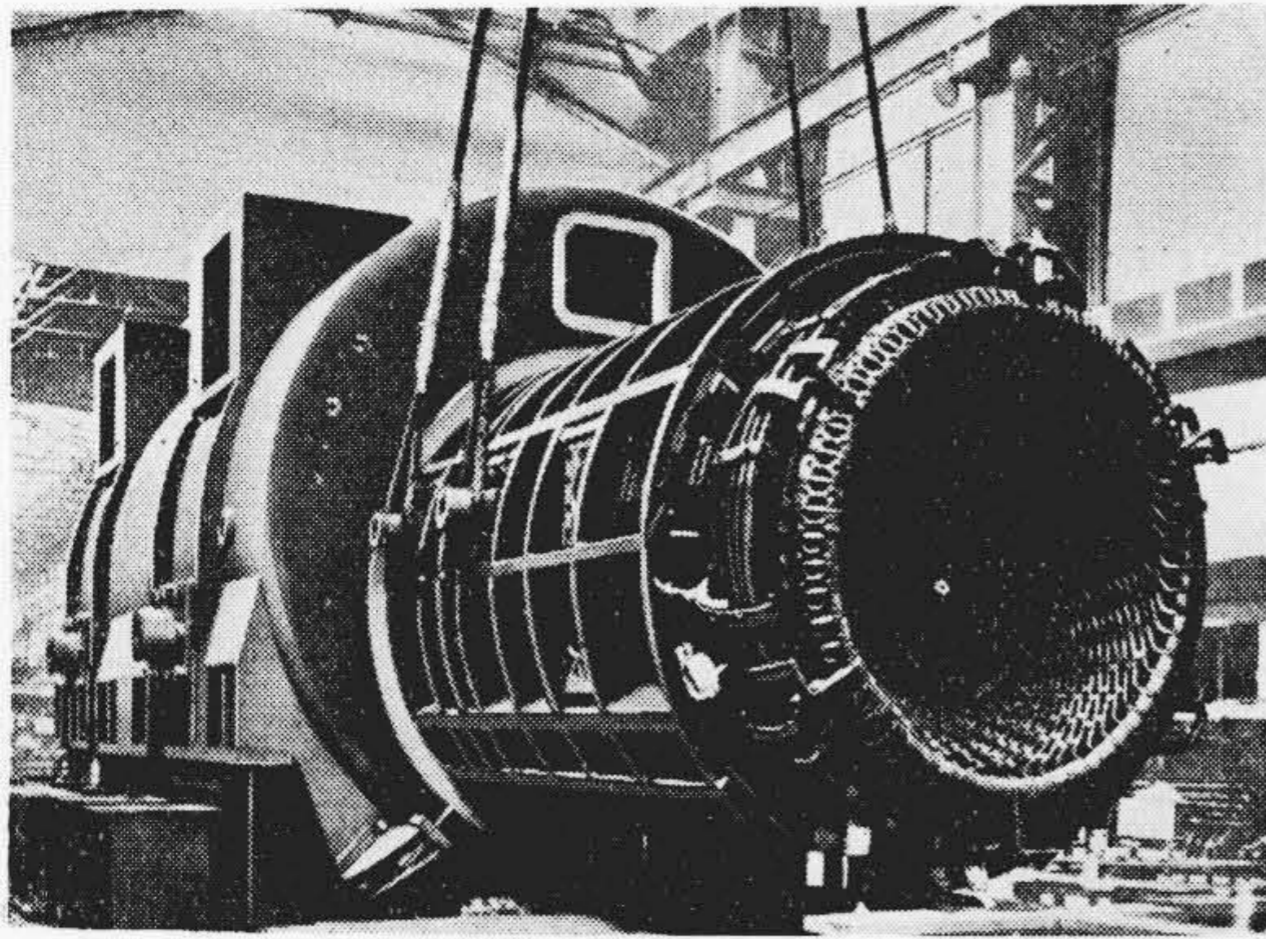
第7図 回転子の通風孔

Fig. 7. Air Duct of Rotor

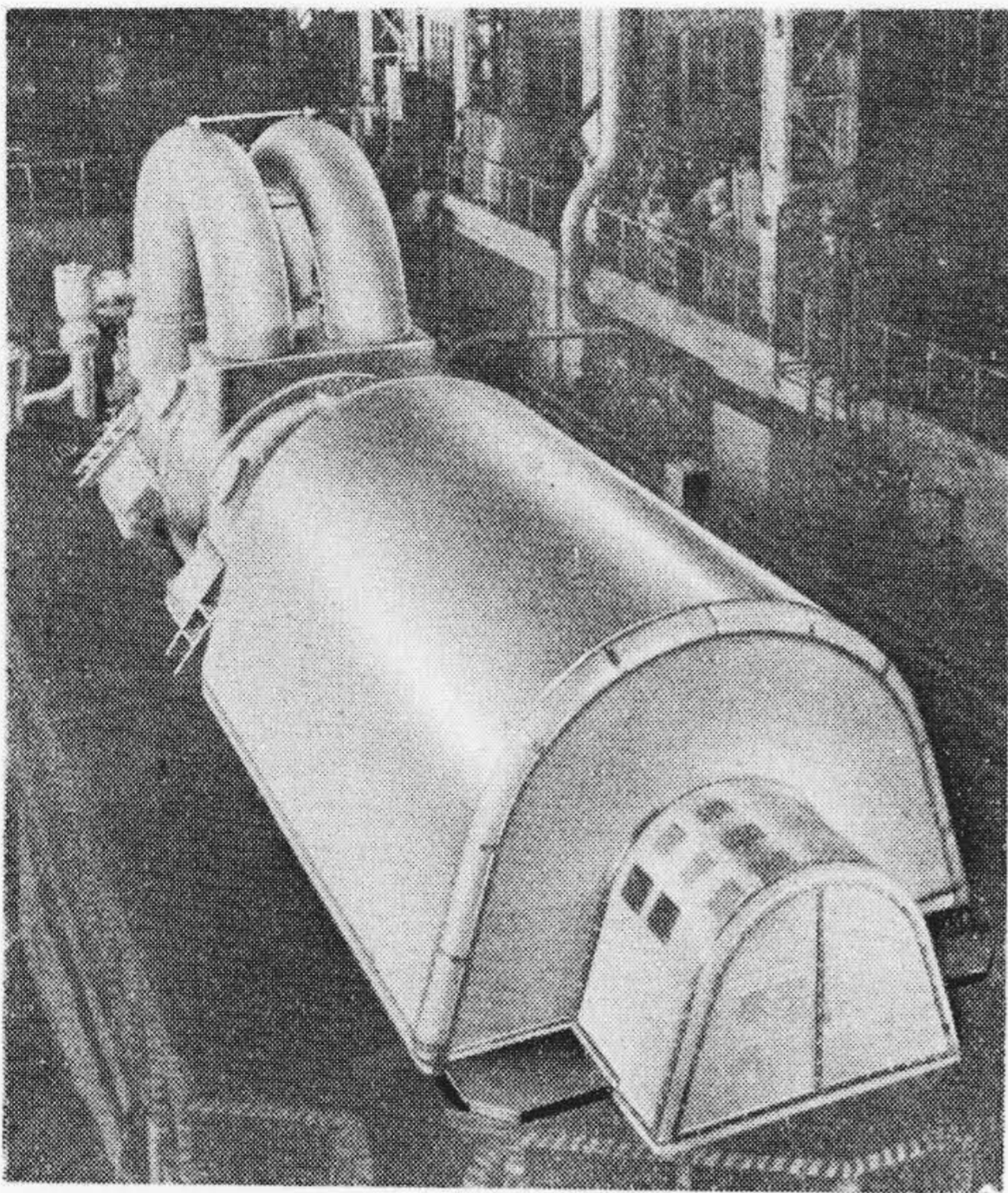
環から軸心を通して界磁線輪へ導かれ、この間無接続の線を用いる新案によつて、この部分の事故の皆無を期するに至つた。又環の表面は電流分布の不均一を避けるため表面に溝を螺旋に切られるのが普通となつて来た。又これに用いられる刷子は高速度用としてあらゆる面からすぐれたものがつくられるに至つた。

固定子では固定子鉄心は発熱の減少と効率の向上の点から順次損失の少ない高級の変圧器用硅素鋼板が用いられて来たが、特に水素冷却機に於ては風損の減少に伴い、鉄損の占める割合が大きいため特に注意が払われ、最近国内に於ても外国の技術の導入により非常に優良な硅素鋼板が製作されるに至り、この目的を裨益している。又これは機械の軽減ばかりでなく輸送制限の上からも効果があるものである。

固定子枠は熔接鋼板製であるが、二極機に於ては磁氣的吸引力のために固定子鉄心及び枠が楕円形に歪むことによつて、回転数の2倍の周波数の振動が生ずるため、これをばねで支えて梁、床等に振動の悪影響を与えないようにしたものが用いられて来ている。しかしながら特にばね支持としなくとも、潮田の55,000kWの発電機をはじめ現在迄につくられた幾多の製品に対して、この種の振動が起つた例はなく、これは必ずしも絶対条件とはならない。唯固定子枠の資材を軽減しこの振動が生ずるおそれのあるものに就いては当然考慮すべきである。理論的には確にこの傾向があり、少くとも水素冷却機で固定子枠の側板に軸受を持つ所謂エンドブラケット式の軸受では回転子から起る振動が固定子を通じて基礎へ伝わるため、ばね支持とする方がよいと考えられる。



第8図 55,500 kW 固定子 (EEC 社製)
Fig. 8. EEC Co. 55,500 kW Stator



第9図 潮田 55,000 kW ターボ発電機
Fig. 9. Ushioda P.S. 55,000 kW Turbo-Generator

又水素冷却の場合固定子の外壁は気密ケーシングとなり、水素冷却器をこのケーシング内に納めるため、径が大きくなり一体としては輸送限界を越える場合がある。この場合重量的に制限を受ける場合と寸法的に制限を受ける場合とがある。ケーシングは気密を保つためにも水素の爆発圧力に耐える強度の面からもケーシングを縦割にすることは不利であり、輸送の点からケーシングと鉄心とを別々のものとしてつくられる。第8図は EEC 社製 55,500 kW の固定子の場合の例である。

軸受に於ては従来基礎上に取付けられた軸受台によって支持される方式であったが、水素冷却方式のものでは固定子枠に取付けられた側壁のブラケットに軸受を設けた式のものを用いられて来ている。この方式は振動や車軸電流防止の点から見ては不利であるが、軸の支点間の距離が短く、無駄のない最小限の容積に機械をおさめ得る利点がある。

又発電機の外観をよくするため、全体を美しい鋼板で覆い、配管その他も外部から見えない形としていることも最近の傾向であつて、空気冷却の場合でも励磁機等をこの型のカバーの中に納め、外観の美を考えるようになって来ている。この場合励磁機の通風に対しては第1図の如く特種の風洞等によつて外部より冷却風を吸入、吐出するような方式がとられている。第9図は、潮田の 55,000 kW の外観である。

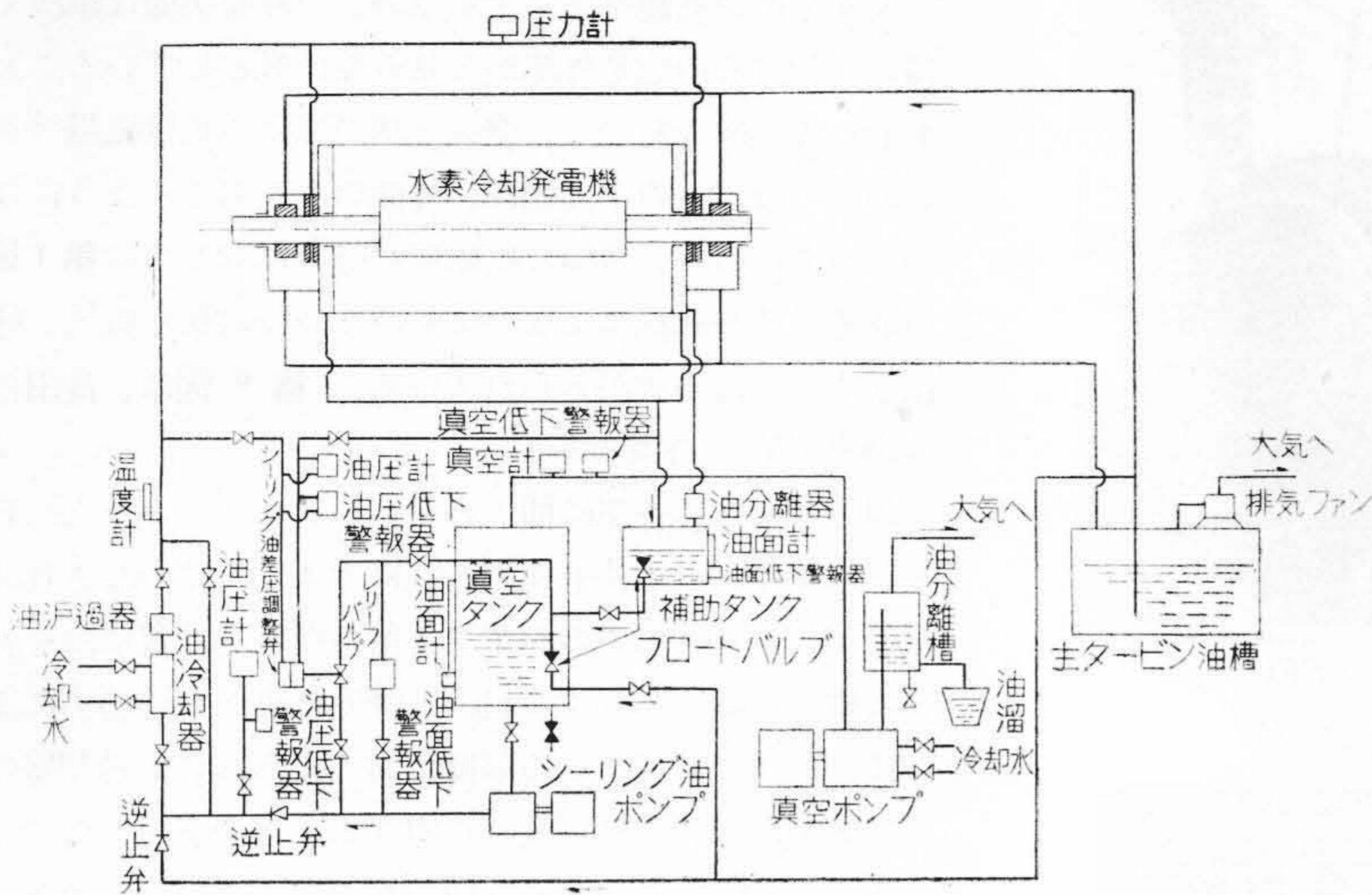
以上のように各部に種々の新しいものがとり入れられ、水素冷却の本格的採用と共に大きい飛躍がなされて来たが、未だ回転子のシャフト材の機械的性質にはそれ程の進歩が認められず、自づと強度の点から遠心力によつて回転子の直径がある限度におさえられ、輸送制限の問題と共に大容量機の製作に対する一つの課題となつて来ている。これらもあらゆる部門からの成果を待つて順次改良されて行くことであろう。

〔IV〕 水素冷却方式に就いて

水素を冷却媒体として用いる事は既に種々の文献⁽⁶⁾⁽⁷⁾に発表され十分に述べられていることで、こゝで基本的な問題に就いて述べることは省略するが、水素を用いることが高速大容量のターボ発電機に対して非常に有利であることは、現在米国では 60⁰⁰ で約 15,000 kVA 以上のものには殆ど空気冷却のものは用いられていない事実が示している通りである。

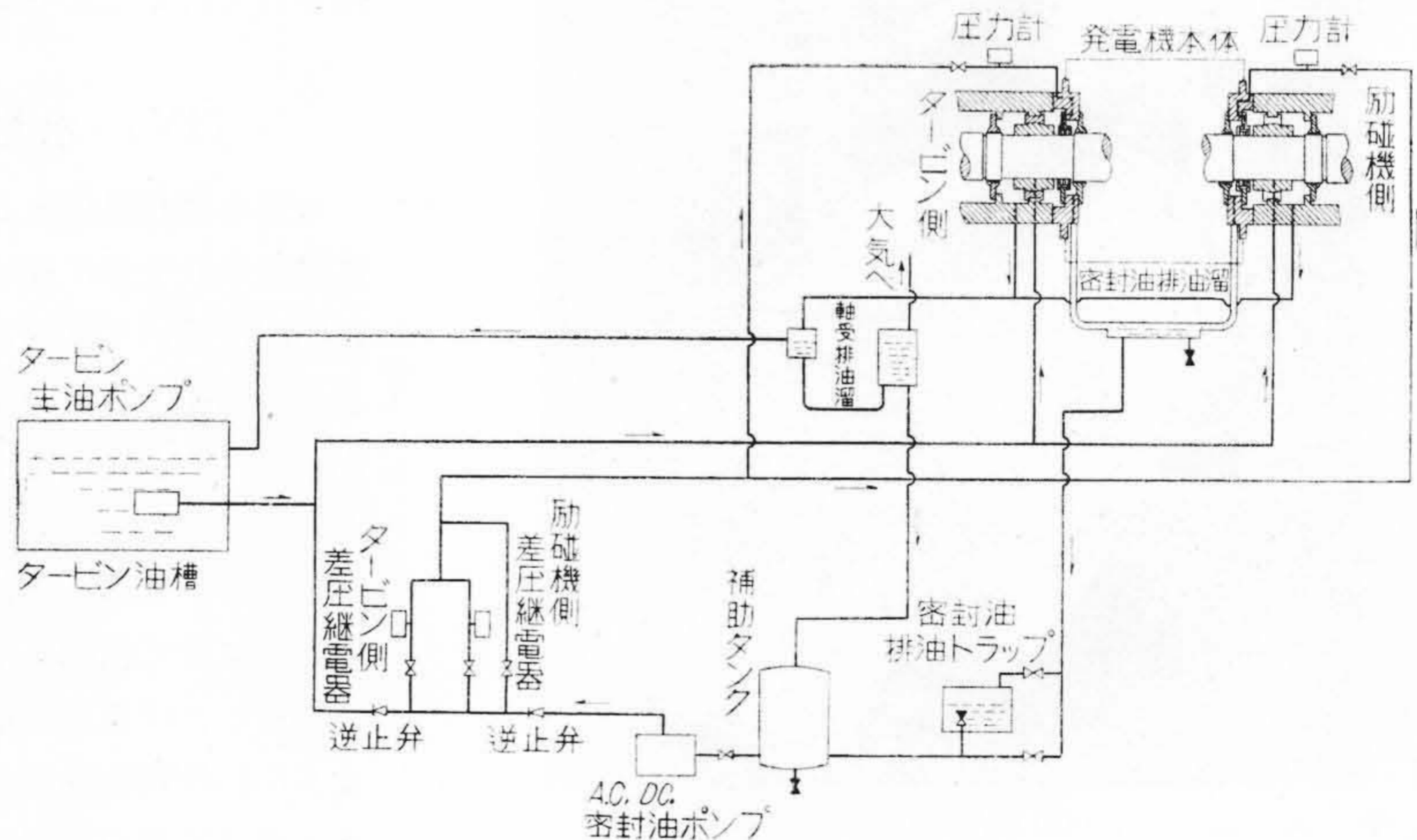
大体に於て我国も米国が歩んで来た道と同じような道を歩むことは想像に難くない所で、先づスタートは同じように同期調相機で成功を収めたことに始まる。次いでターボ発電機の採用になつて来た過程にあり、彼等の歴史を振りかえつて見ることは、これからのわれわれの進むべき道に対して興味あることである。例えば GE 社では運転に入つた水素冷却式のターボ発電機の始めは 1937 年であり、受註の面より見れば水素冷却のものは 1936 年に 12,500 kVA 以上のもので約 20%, 1937 年には 35%, 1940 年には 50%, 1946 年には約 90% になり、現在では 15,625 kVA 以上のものは 100% となつて来ている。このように水素利用が十分採算とれるものであることが認識され一般化されるには約 10 年を経過している。この間にあつては水素系統及びシーリング油系統の装置にも種々改良が加えられて来たもので、幸いにして最初に危惧されたと思われる爆発その他漏洩等に問題も起らず、10年間の実績は水素冷却の特色を損うことなく真価を発揮し、今日の如く内部は勿論外観的にも既往のものとは格段の相違を示すに至つて来ている。

今日日本で用いられている方式も彼等の方式と大体同じであるが、細く見て行くとかなりの違いがある。油系



第10図
シーリング油系統図
Fig. 10.
Diagram of Sealing Oil System

第11図
連続掃気式シーリング油系統図
Fig. 11.
Arrangement of Sealing System for Continuous Scavenging System



統及びガス系統の方式の一例を示すと第10図及び第12図(次頁参照)となる。

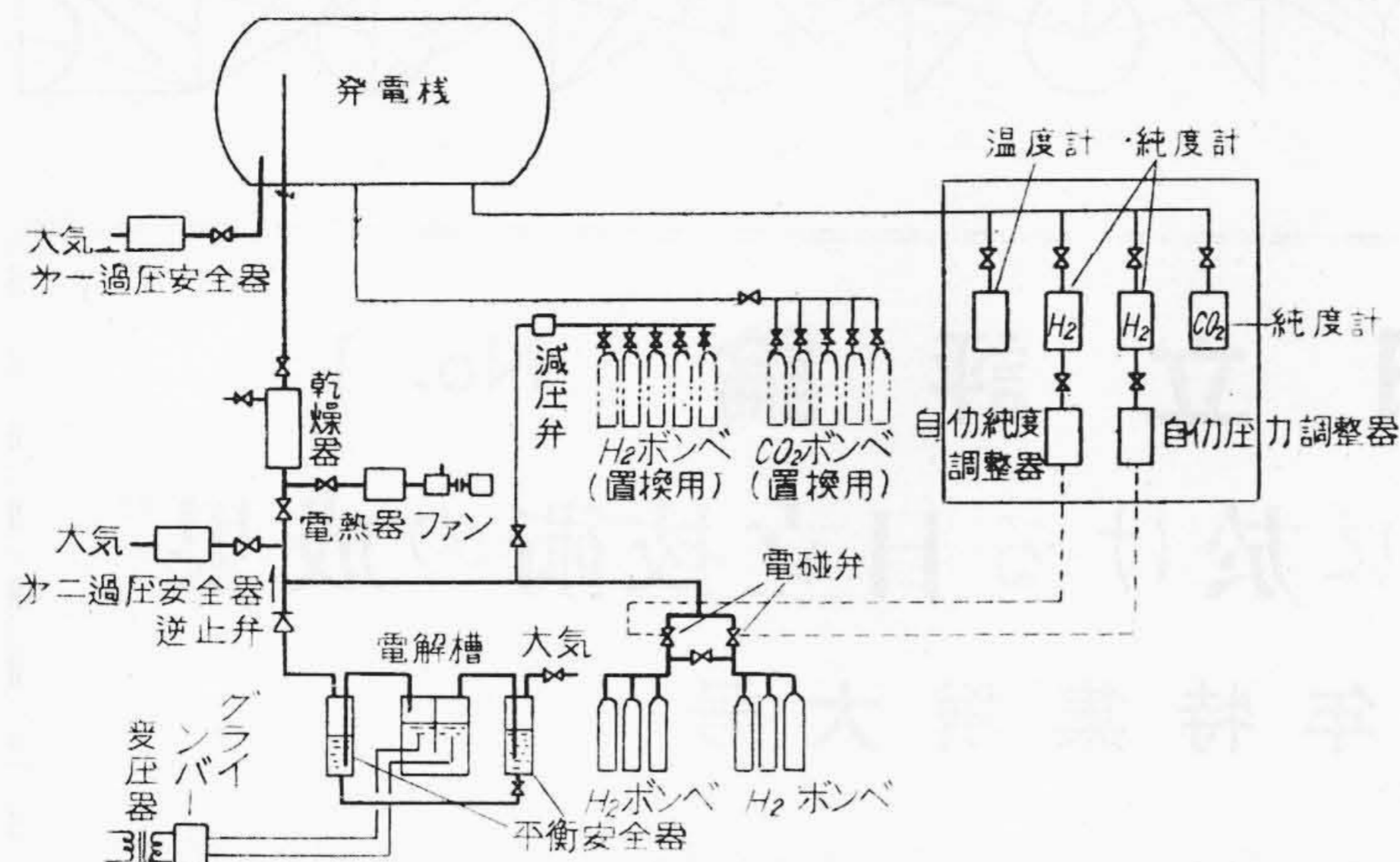
第10図は最も基礎的な油系統を示したもので、これについて簡単に説明すると⁽⁸⁾、回転子軸が耐圧ケーシングを貫通する部分で、機内の水素と機外の空気とを遮断するために油膜が用いられ、この油膜の生成に用いられる油をシーリング油と称し、この油を循環せしめる装置の系統図である。

油ポンプで送られた油はシーリングリングへ送られ、リングの細隙を通過して空気側と水素側へ流出する。空気側へ流出した油は軸受の潤滑油と共にタービンの油槽へ排出される。水素側へ出た油には水素が含まれるため、先づ補助タンクに入れ、気泡になつている水素を油から分離せしめ、その油を真空タンクへ送る。ここで真空ポンプによつて更に油中の残りの水素を抽出してこれを大気へ放出する。この真空処理した油だけでは空気側へ流した油量だけ足りないため、タービン側の油槽から油を

補給する必要がある。しかしこの油には空気が混入しているため、これも又真空処理して空気を除く必要がある。この両者の真空処理した油を油ポンプで冷却器及び清浄器を通して再びシーリング部分に送り循環する。

しかし最近更に進んでシーリング油を真空処理しないで用いられる方式が用いられて来た。この方式の場合を示すと第11図の如く、真空処理の装置がなくなるため、運転は大いに単純化され、この補助装置に要する床面積は非常に小さくてすむことになる。唯この場合はシーリング油は直接タービン油槽から送られるため、この中に含まれた空気がケーシング内へ入り純度を低下するおそれがある。従つてこれは連続掃気式⁽⁹⁾として常に余剰の水素ガスを送り純度の低下を防ぐ方法が用いられ、この場合水素の消費量は真空処理した場合と比較して、大した差はなく、利点の方が大きいため逐次この傾向に移りつゝある。

ガス系統にあつては機内の水素ガス圧を保持し、一定



第12図
ガス系統図
Fig. 12.
Arrangement of Gas System

純度以上に保たしめるために水素を補給する必要がある。この補給はポンベによつて行うもので、これを図に示せば第12図の如くなる。水素の補給量を最小限に止めるため、純度やガス圧が規定より下つた場合、純度及び圧力の自動調整器によつて電磁弁を作動させ、ポンベ中の水素を機内へ供給するようにしてある。

このポンベの代りに電解槽を用い、電解槽によつて発生した水素を常に必要以上に機内へ送り、余分のガスを過圧安全器を通して機内から放出せしめ、新陳代謝を連続的に行わしめる積極的な方法もある。これによる場合は純度及び圧力の自動操作装置或は弁等がないため、使用上何等不安な箇所がなく、安全確実な方式のものである。我国は米国と異り発電所が必ずしも水素が容易に入手出来る場所にあるとは限らず、水素自身よりも運搬費の方が嵩む場所では、矢張り国情に沿つた方式をとるべきで、この点から見ても電解槽による場合は僅かの電力によつて十分の水素を発生することが出来、保守の面からも非常に楽である。

空気中に水素が約 10~70% ある場合はガス圧に関係なく爆発する危険があるため、これ以上の水素純度で運転する必要があり、この純度を常に監視するため純度計を用いている。これには風圧式、光学式、音響式、熱式等種々ある。又各部にはそれぞれ必要な調整器或は警報器を具え十分の保護がなされている。

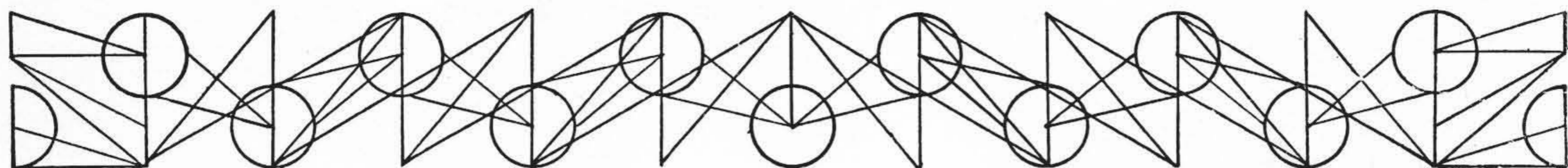
一見複雑に見えるこれらの補助装置を使用しても、運転の信頼度が高いものであることが実際の製品にして実証されて来た。更にこれらを単純化し、補助装置の数と大きさを削減し、これらに要する空間を小さくする段階に達した。補助装置に要する費用を主機に対して問題とならない程度のものにまで持つて行くことが重要な将来の問題である。又これらに用いられる計器或は調整器等の改良が重要なものであることも忘れてはならない。

〔V〕 結 言

最近のターボ発電機の傾向に就いて概略を述べたのであるが、戦後米国の発達した発電機が紹介され、これらのメーカーとの技術提携が行われ、種々の技術が導入されて、この数年間に我国は今までにない異状な飛躍を上げて来た。しかしながら水素冷却方式に於てはようやく緒についたばかりで、興味深い多くの問題があり、使用者側の水素冷却に対する理解と共に発展すべき余地が多々ある。しかし一方米国と我国では国情も異り、運転状態も異なるものであつて、米国の方式をそのまま用いることが必ずしもいゝ方法とはいえず、我国情に適した機械とするために尙種々検討を要するものがある。又火力発電計画もようやく活潑になつて来たとはいへ、新しい考えを機械に応用して行く機会に恵まれないことは、機械の発達の点から非常に残念なことであつて、われわれのたゆまざる研究と諸賢の積極的な御支援によつて、完璧ならしめたいと念願するものである。

参 考 文 献

- (1) M.D. Ross and C.C. Sterrett : T. A. I. E. E., Vol. 59 p. 11 (1940)
- (2) D.S. Snell : T.A.I.E.E., Vol. 59 p. 35 (1940)
- (3) J.B. Mellure and A.G. Meller : El. World. Vol. 138 No. 10 p. 11 Sept. 8 (1952)
- (4) 北村 : 日立評論 26 卷 1 号 (昭 19-1)
- (5) 菊地、高林 : 日立評論 35 卷 8 号 p. 8 (昭 28-8)
- (6) D.S. Snell and L.P. Grobel ; Power Plant Engineering, May (1947)
- (7) Standard Hand Book for Electrical Engineers (1949)
- (8) 菊地 : 電力 36 卷 11 号 (昭 27-11)
- (9) E. D. Huntley and H. D. Taylor : A. I. E. E. Technical Paper 51~96 Dec. (1950)



Vol. 36 日立評論 No. 1

“昭和28年度に於ける日立技術の成果”

— 新年特集増大号 —

本誌恒例の新年号は、毎年「日立評論」(総まくり号)として広く愛読者諸兄より多大の御好評を賜つていますが、1954年度の新年特集増大号(Vol. 36 No. 1)は、全巻文字通り

“昭和28年度に於ける日立技術の成果”

を日立製作所全工場、研究所の技術陣を総動員して収録、本文 420 頁、写真図面 1,000 枚に及ぶ『日立技術年鑑』1954年度版を集成したものであります。

内容は下記目次の通り、機種分類は簡潔に、本文論文の記述は明確に、文章も平易に統一しましたが、特に本年度版の特色として、愛読者に便宜のため用途別機種索引を添付致しました。

何卒相不変御愛読と御批判を頂きたく、その発行日を御期待願います。(発行予定 12 月 20 日頃)

尙、本年度も愛読者諸兄へのサービスとして、普通号と同じく特価 ¥100 にて頒布致します上、特に本号のみ御希望の方にも特価にて分売に応じますから、御遠慮なく前以つて御申込み下さい。

目 次

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| [I] 原 動 機 | [XIII] 運搬荷役機械及びエレベータ |
| [II] 回転電気機器 | [XIV] 建設機械 |
| [III] 静止電気機器 | [XV] 鉱山用機械 |
| [IV] 配電盤及び制御装置 | [XVI] 化学装置 |
| [V] 計器及び継電器 | [XVII] 冷房及び冷凍装置 |
| [VI] 家庭用電気機器 | [XVIII] 理化学機械 |
| [VII] 電装品及び自動車用品 | [XIX] 印刷機、製紙機及びその他の機械 |
| [VIII] 通信機器 | [XX] 鉄道車輛 |
| [IX] 電子管 | [XXI] 電 線 |
| [X] 照明球及び器具 | [XXII] 絶縁材料 |
| [XI] 圧縮機、送風機及びポンプ | [XXIII] 鉄鋼製品 |
| [XII] 圧延機及びロール | 附 用途別機種索引 |

東京都千代田区丸の内1ノ4
(新丸の内ビルディング7階)

日 立 評 論 社

新年特集増大号誌代特価
1冊 ¥100 千28
(振替口座東京 71824 番)