

日立水冷単極水銀整流器

毛利 銓一* 桑島 千秋**

Hitachi Water Cooled Single Anode Mercury Rectifiers

By Sen-ichi Mori and Chiaki Kuwashima
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

Water cooled single anode mercury rectifiers have come into use in our country since only these few years. Hitachi, Ltd., taking the lead of manufacturing activities of this type, has recently completed, the standard type single anode rectifiers for electric railway and chemical industry use.

These rectifiers are provided with double grids and splash baffles, effectively prevented from mercury vapour stream and mercury splash, both consisting a main cause of back fire. Improved features are mentioned ; that is in brief, low arc voltage, high grid control ability, and large reliability of continuous operation. 2,000 kW 15,000 V heavy duty nominal rating rectifier for electric railway use, and 2,000 kW 4,000 A continuous rectifier for chemical industry use supplied lately to the customers are reported of their excellent performance, showing the characters as illustrated. Moreover, the 5,000 A rectifier of six anodes was studied to disclose that a higher capacity limit is attainable.

[I] 緒 言

水冷単極整流器は周知の如く米国において発達したものであるが、第二次大戦後は欧州でも製作されるようになった。我国では数年前から製造が始められ、すでに電鉄用、化学工業用共に優秀な運転成績が得られている。

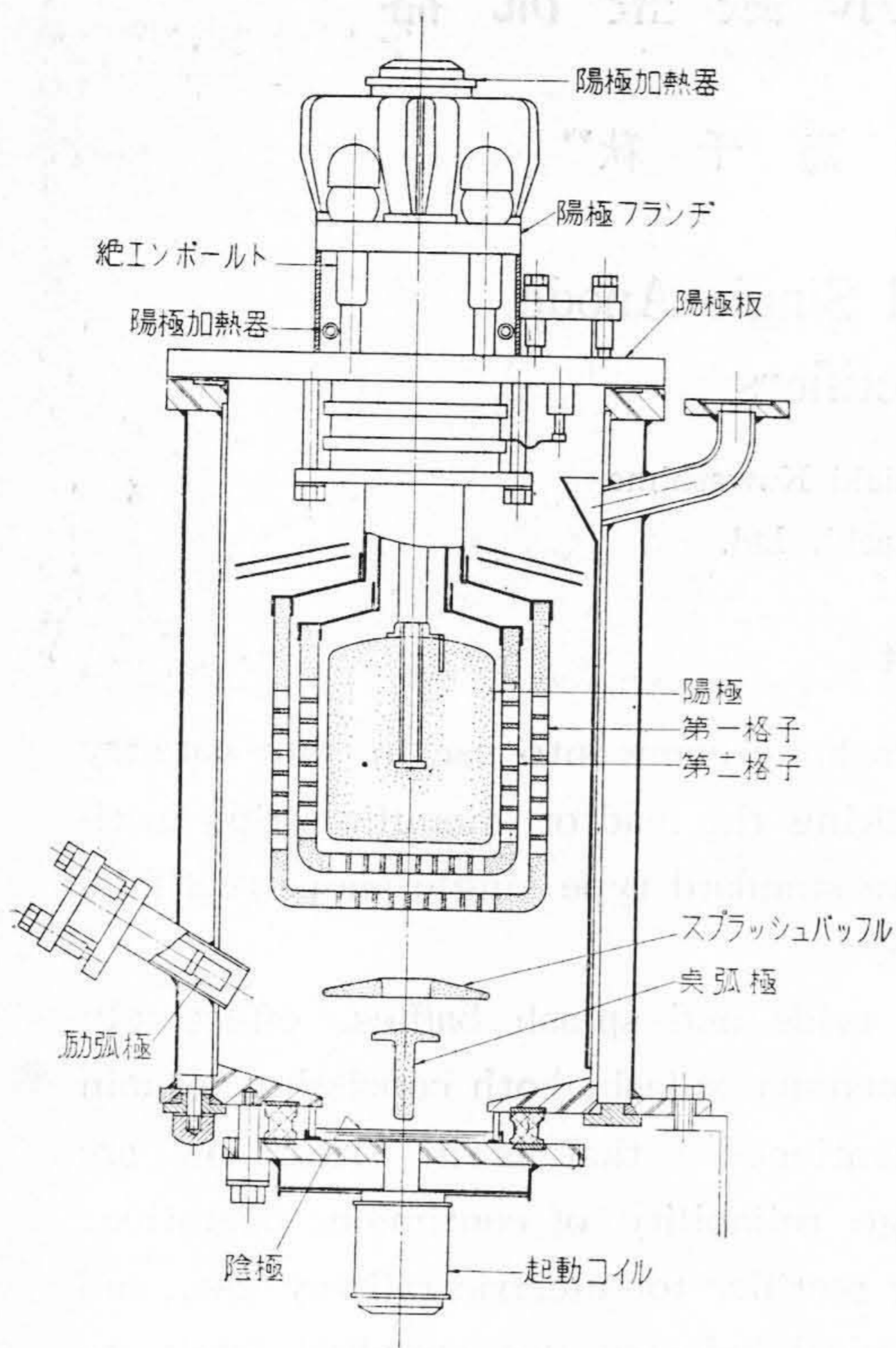
電気鉄道用は比較的電流容量が小さいので設計製作上から風冷式とすることが容易であり、取扱いの簡便な単極風冷式が好まれるのであるが、冷却水が容易に得られる場合は、風冷式に比較して据付面積の少ないと云う特長によつて、水冷式の存在する意義がある。化学工業用では比較的低電圧大電流で、しかも能率が良好であることを第一の条件とするが故に、水冷式単極整流器は他の型式に優先して使用される。日立製作所では電鉄用として 2,000kW 1,500V 重負荷公称、化学工業用として 2,000 kW 500V 4,000 A 連続等の水冷単極器を納入し、又現在受註製作中のものがある。工場においては不断の研究を続けて、逆弧耐量の増大、電弧降下の減少、補助損失

の減少、冷却水系の改良等を行つているが、今回 6 タンク 5,000A 相当の整流器の研究を完了したのを機会に水冷単極整流器の最近の改良と性能の進歩、容量の限界等について説明し、この機種選定の一資料を提供せんとするものである。

[II] 構造の改良

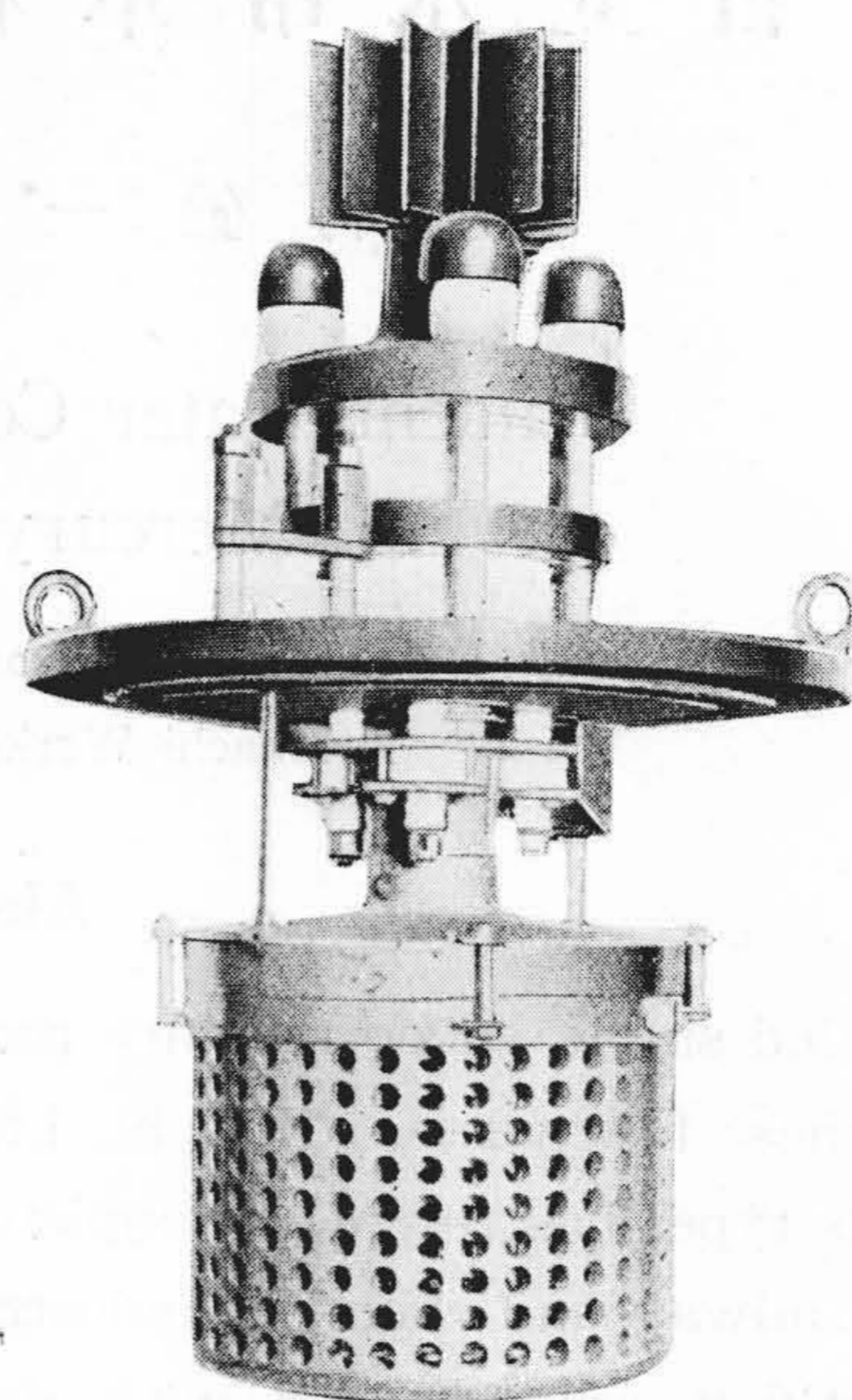
構造上最も重要な部分は陽極部である。陽極部構造は多極整流器を最初に製作した当時から実に多くの変化があつた。単極整流器の陽極部も本質的には多極と変りはないのであるが、一般に単極型では、陽極電流が多極型よりも大きい、電弧筒が格子部分までしかない、陰極室と陽極室が近接している等のために陰極から飛散し或いは強い水銀蒸気流に乗つて運ばれる微細な水銀粒子が、陽極附近に盛んに運動する。この水銀粒子の制御の良否が単極器の逆弧耐量、越弧限界を強く支配する。これらの水銀粒子は電弧筒内部にて水銀蒸気になり又は水銀粒子そのままに常に存在するが、負荷の変化、冷却水温、周囲温度の変化等があつてもこれらが陽極導電部に凝結

* ** 日立製作所日立工場



第 1 図 単極整流器断面図
Fig. 1. Sectional Diagram of Excitron Type Mercury Rectifier

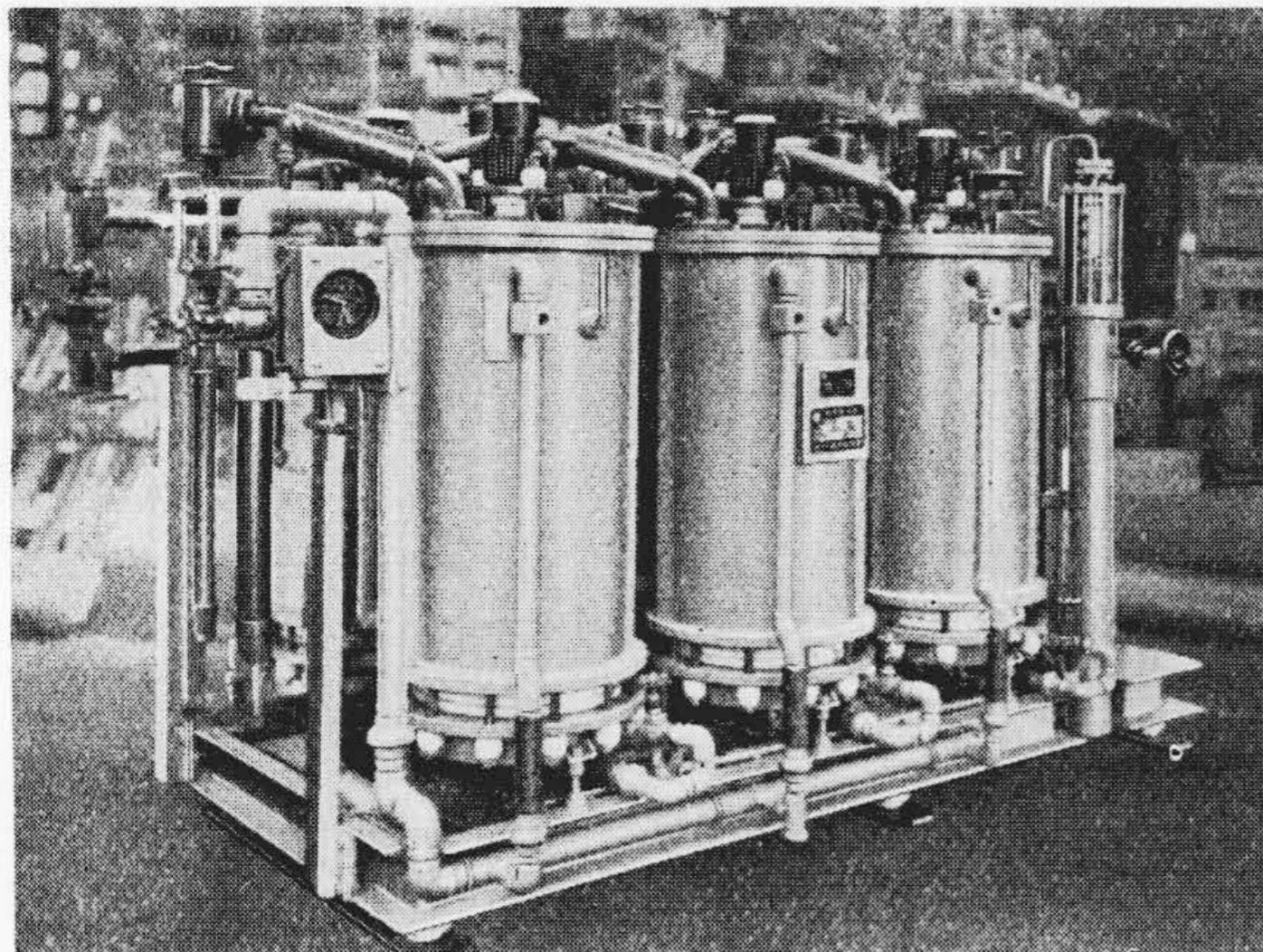
附着したり、又落下衝突したりしないように構造が改良された。第 1 図は籠形格子を有する整流器の構造断面図である。第 2 図はその陽極部分構造の一例である。黒鉛陽極を囲む格子はこの図では二重の籠であるが、これは主として化学工業用に用いられ、電気鉄道用では格子は板状であり電弧筒を有している。これらの格子は整流器の電圧、格子率及び電流に応じて両方を制御格子として使用する場合と片方を単なるバフルとして使用する場合とある。格子の構造は孔径及び厚さを実験を基礎とした最適のものに放良したので、黒用の電弧降下を減少し、逆弧耐量を増大せしめることができた。更に陽極構造は機械的強度を重大視して頑丈なものとした。輸送中における機械的衝撃にたえて安全なことは云うまでもなく、金属と磁器との熱膨脹の差による応力に対し十分の安全率を有するものである。陽極碍子表面に導電性物質が飛来して沈着することを防止するために特別の考慮が払われ、碍子絶縁距離も増加された。スプラッシュバフルの形状、位置は電弧降下と、蒸気流及び浮遊水銀粒子制御に著しい影響を有しているが、この構造も多くの研究⁽¹⁾を経て最適の形となつた。陰極構造も最初の頃より著し



第 2 図 陽極部分構造の一例
Fig. 2. An Example of Anode Construction

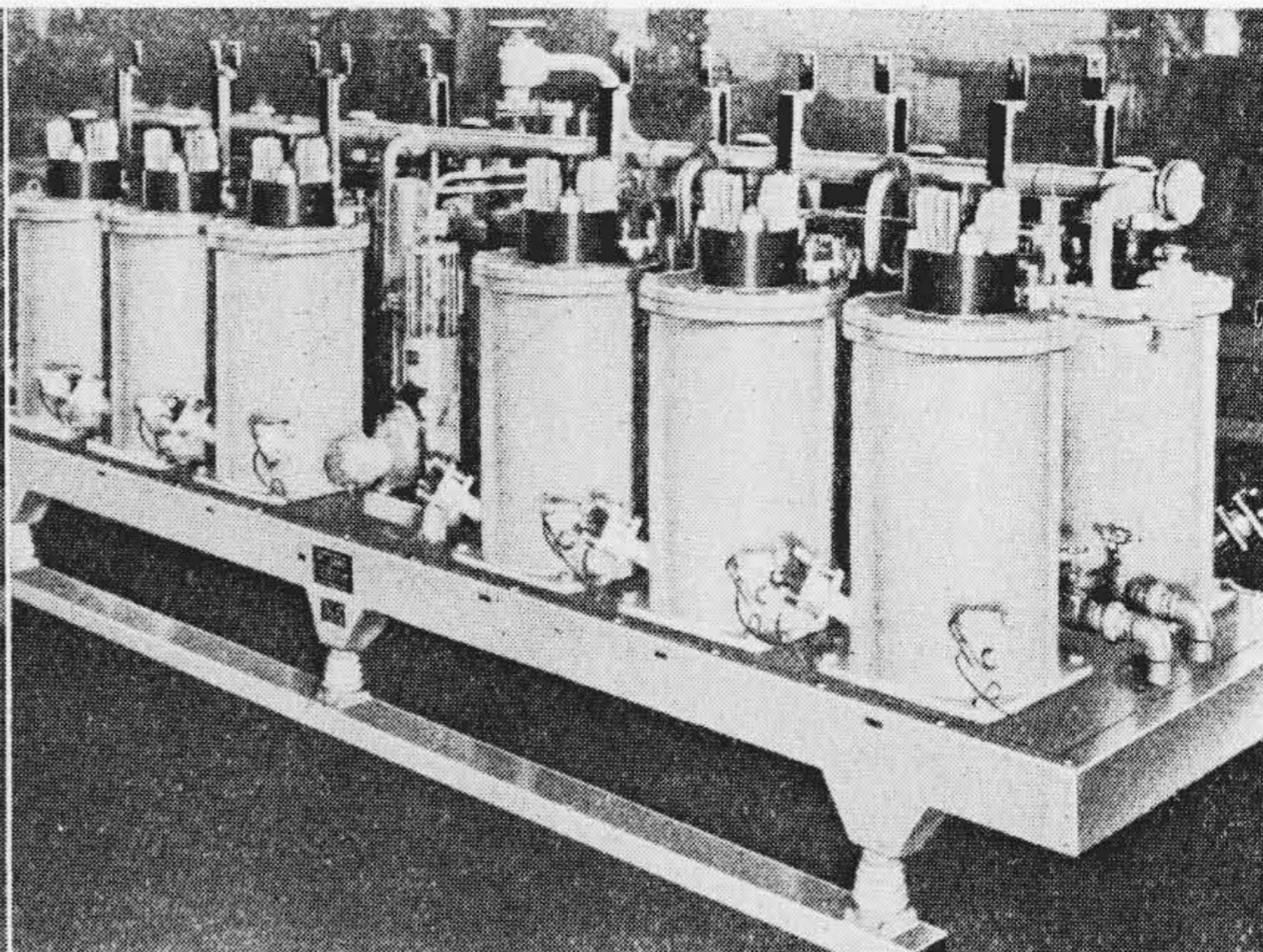
く進歩したうへ 200% 以上の電流を長時間流しても碍子が破損したり、器槽と陰極の短絡が生ずることがないものとなつた。器槽内部に別の冷却管を入れて冷却面積を増す構造は水銀凝結面を流動する蒸気流中に行うこととなり、場合によつては却つて逆電流を増加させる傾向があるので廃止された。点弧は最初点弧子による方式を使用した事もあるが、長時間運転後の点弧必要電圧の増大、点弧子表面の絶縁の低下その他による点弧失敗の心配を完全に防止することは不可能とみて、噴上式点弧による方式に変更された。この方式においても噴上装置中の可動鉄心の引かかり等の事故を皆無ならしめるため種々の型の比較研究を行つた。現在の型式のものは 60,000 回連続の寿命試験で何等異常がない。已納品の実績も 100% の信頼度を示している。

励弧極は直流式であるが、励弧の安定に独自の研究⁽²⁾⁽³⁾を行い励弧電力の減少に成功している。12 極 4,000 A 整流器にて一タンク当りの励弧電力は 400W 内外であるが尙余裕があり将来更に小電力とすることができる。陽極板、陽極フランジ等の温度上昇は最初ゴムパッキングの安全温度たる 80°C 附近で制限されたが、耐熱ゴムパッキングの採用によつて連続 120°C を最高とする設計をなしうるに至り、実用上温度の制限はなくなつた。耐熱ゴムは合成ゴム製品であつて、最高試験温度は 140°C で行つてある。このため陽極加熱器の役割は著しく軽減されたが、標準の整流器はすべて陽極加熱が附属して保守の万全を期してある。陽極加熱器はシーズ線型で、電熱線の酸化が防止され機械的に丈夫で取扱いに便利なものである。第 3 図は電鉄用整流器でやや最初のものに属するものである。現在は同容量の新型品が製作されつつある。但しこの已納品の成績は一部改良によつて一年間無事故の好成績を示している⁽⁴⁾⁽⁵⁾。第 4 図は現在運転



第 3 図 1,500V 2,000kW 重負荷公称定格単極整流器外観

Fig. 3. Excitron Type Mercury Rectifier, 1,500V 2,000kW Heavy-load Nominal Rating



第 4 図 500~750V 4,000A 連続定格単極整流器外観図

Fig. 4. Excitron Type Mercury Rectifier, 500~750V 4,000A Continuous Rating

中の 4,000 A 化学工業用器の外観を示す。

冷却水流通部の構造は水冷式整流器の寿命を左右するものであるから慎重な考慮が払われる。銅管を器槽外壁に巻つけ半田付けする構造は水質のよい場合はよいが、内部に水垢が附着した場合には掃除に困難な欠点を有し

ている。日立整流器では器槽の材料は十分の厚さを有するボイラー鋼板を用い、通水部分は掃除可能とし、冷却水が悪質な場合は循環冷却方式として循環水に重クロム酸加里溶液を添加して防蝕する方法を推奨する。

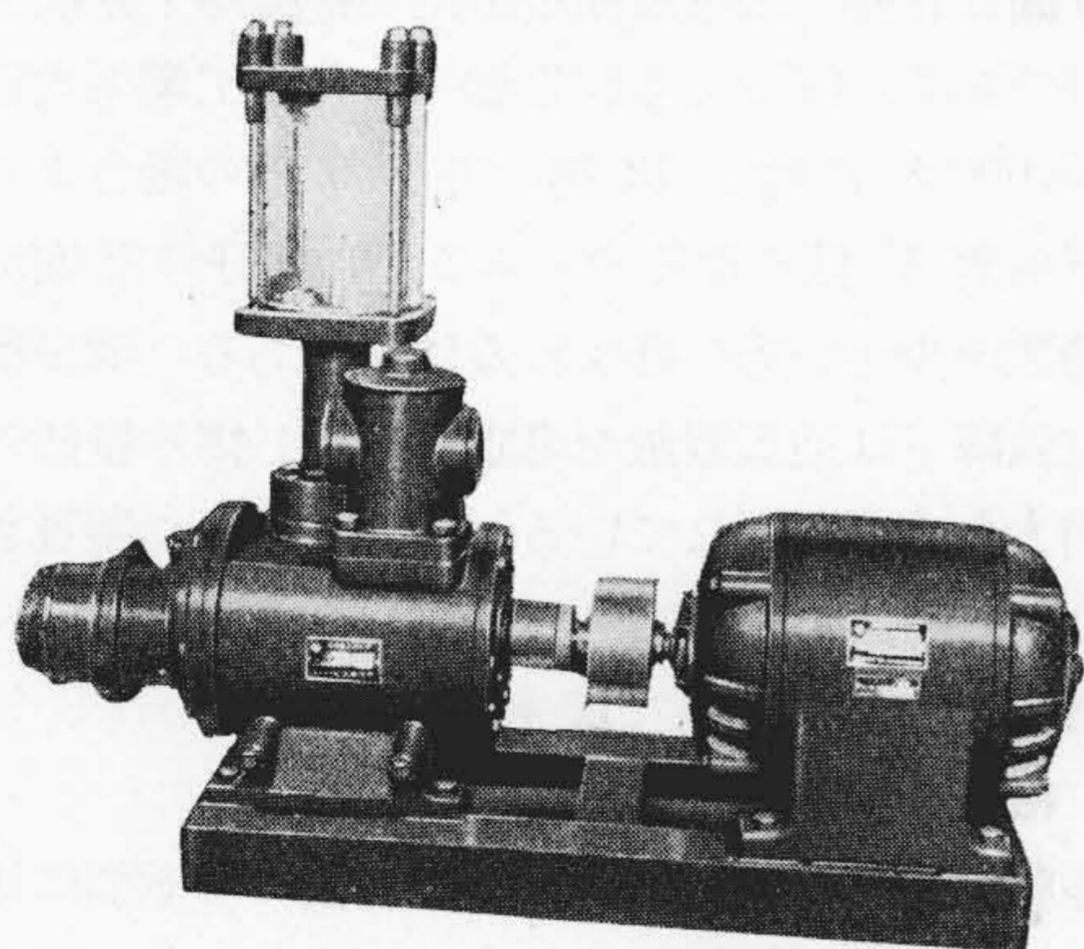
整流器附属品についての改良は詳説を省くが、第 5 図は油トラップ付リザーバーを具えた回転真空ポンプ、第 6 図は小形の回転型マクレオード真空計で何れも斬新な考案になるものである⁶⁾。

〔Ⅲ〕 試 験 と 性 能

水銀整流器の性質上問題になるものの中では、電弧降下、格子制御能、逆弧耐量が最も重要である。これらの特性は数多くの研究と実験によつて確められ、理論づけられているが、整流器のように複雑な電弧現象を取扱うものでは、設計製作せられた各々の標準型に対して一々綿密詳細な試験を行つてその性能を明かにしておく必要がある。日立製作所では容量別の標準構造に対して実際使用の責務に応じた苛酷な試験を行い、各器の特性を明かにして運転の完全を期している。これら一連の試験結果によつて第二章にのべたように著しい改良が施され現在では従来の多極整流器よりも優れた性能、信頼度を有するものが製造されるに至つた。本章ではその試験結果の一部をのべて性能の考慮と改良の跡を説明する。

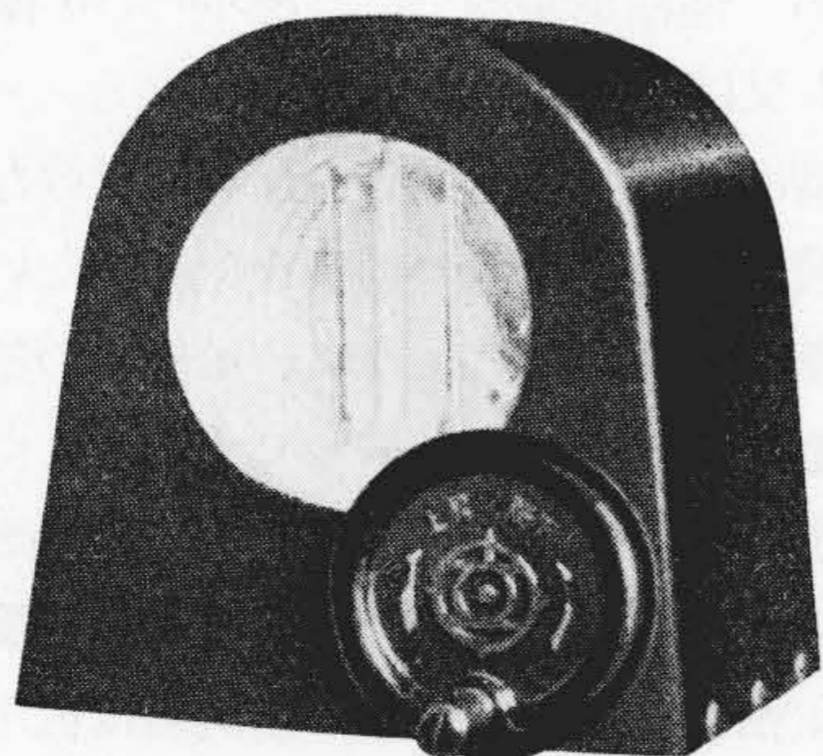
1. 電 弧 降 下

電弧降下が小さい事は単極整流器の本質的な利点である。電弧降下を左右するのは、陽極、格子、バフルの寸法及び配置、冷却水温度等であつて、これらの要素について考えれば、電弧降下の低下と逆弧耐量、格子制御能の向上とは相反する場合が多い。冷却水温度を例にとれば、電弧降下は冷却水温度 10°C の上昇に対し、約 0.5



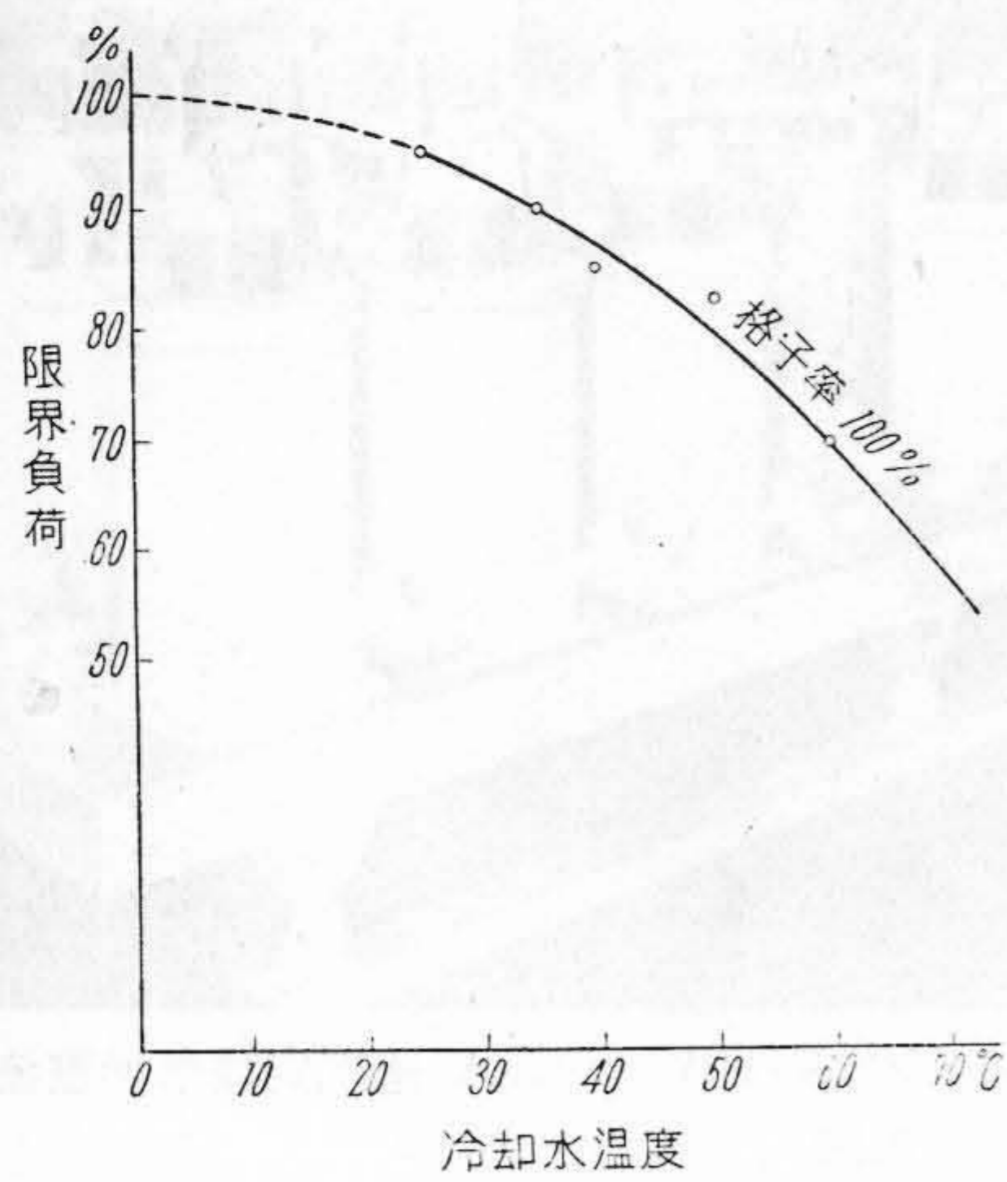
第 5 図 回転真空ポンプ外観図

Fig. 5. Rotary Vacuum Pump

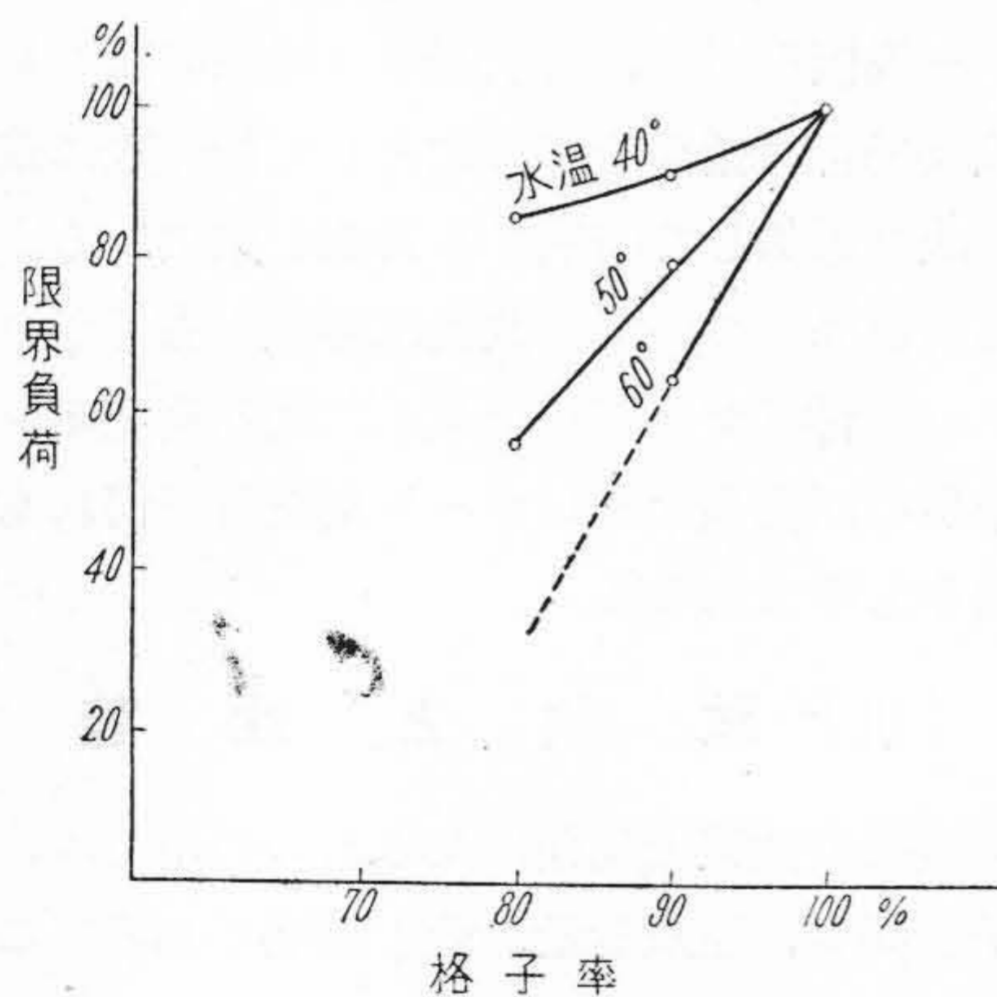


第 6 図 回転型マクレオード真空計外観図

Fig. 6. Macleod Vacuum Gauge



第 7 図 冷却水温度—限界負荷曲線
 Fig. 7. Relation between 30 min Limit-load and Cooling Water Temperature

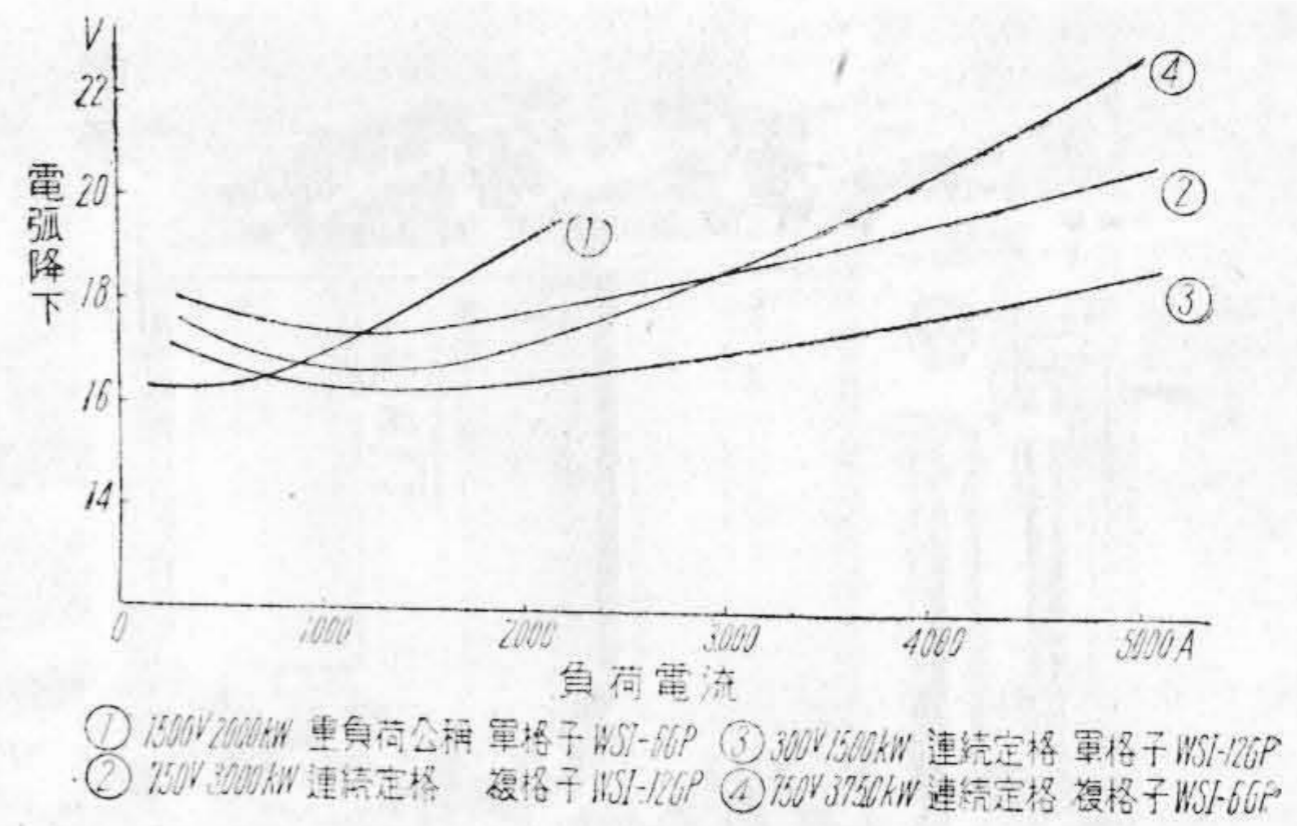


第 8 図 格子率—限界負荷曲線
 Fig. 8. Relation between 30min Limit-load and Voltage-controlled Rate

～2V 低下するが、整流器逆弧耐量は例えば第 7 図の例では水温 30°C 付近において限界負荷は約 10% 低下する。格子率が小さくなるにつれ、限界負荷低下の割合は大きくなる。この数値は整流器の設計によつて異なるものであるが、比較的格子制御能を弱くした場合の例である。冷却水温度を上昇せしめれば格子制御能も低下し格子が正常な電圧阻止作用を失つて越弧を生ずる限界電流値も低下する⁷⁾。

電弧降下と冷却水温との関係は一般に V 形を示す。その最低値は負荷電流と冷却水温とに関係し、負荷電流が増大するにつれて冷却水温の低い方に移行する関係が見出された。

格子の通電部の孔径、深さ、電流密度又二重格子においては両格子相互間の孔の位置、離隔距離、両格子にお



第 9 図 電弧降下曲線
 Fig. 9. Arc Drop Curves

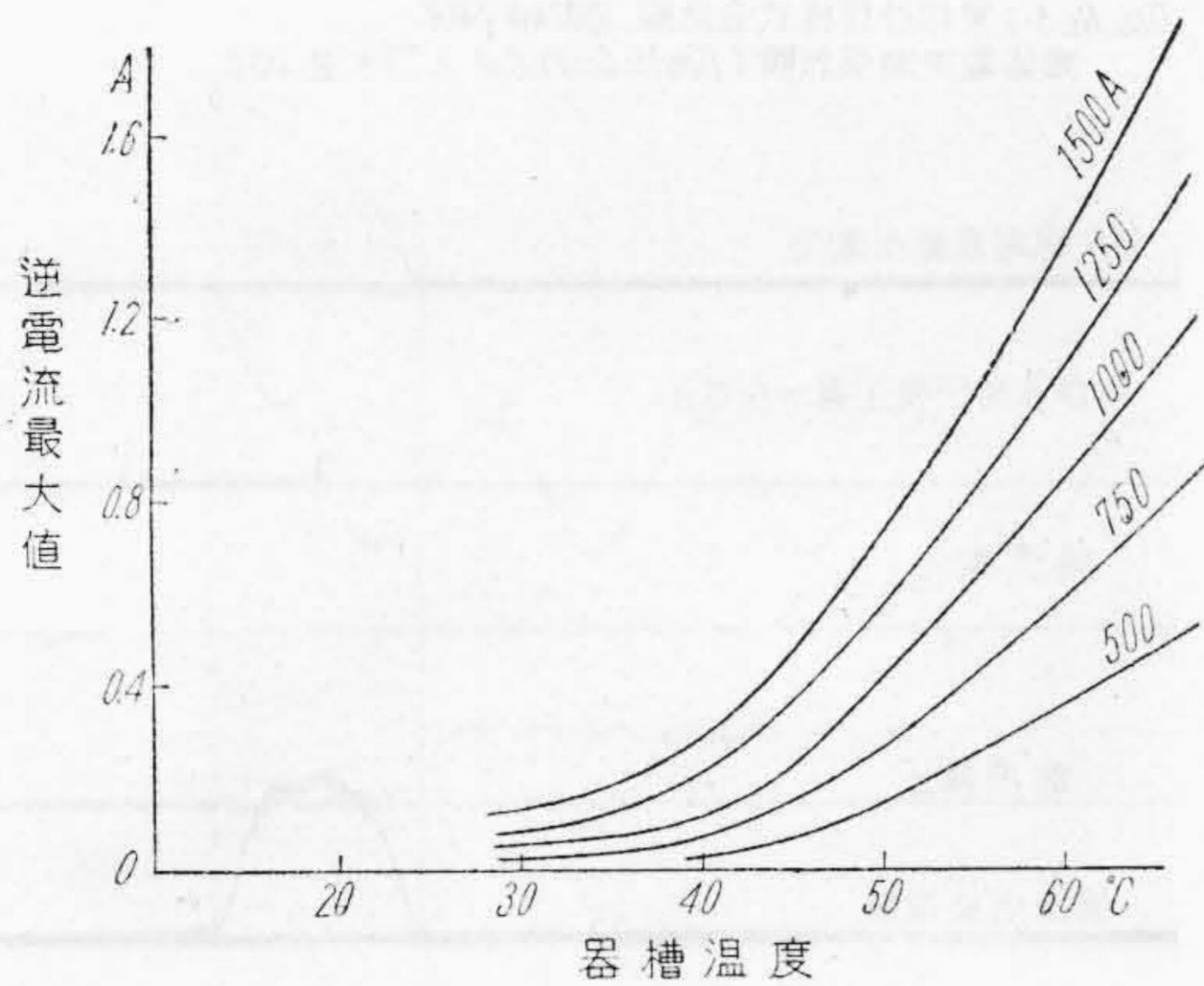
ける電圧の大きさ等によつてこの部分の電弧降下は大きな影響をうける。同一整流器でも格子に与える電圧の相異によつて 3V 程度の電弧降下の差が生じた。スプラッシュバフルと器槽壁及び格子間の距離、形状、電流密度も電弧降下に相当の影響を有している。これらの実用器における研究結果は直ちに改良型整流器構造に応用されて満足な結果を得た。電弧降下の大小は繰返し述べるように整流器の逆弧耐量、格子制御能等と併せ考えて決定すべきものである。

第 9 図は各種の水冷単極整流器の電弧降下曲線を示したものである。図で見られる如く、化学工業用大電流器では 5,000 A に対し 12 槽の方が 6 槽の場合よりも電弧降下が数 V 低くなるのであるが、保守の方面から最近では槽数の少ない方が好まれる傾向がある。改良型整流器の電弧降下は逆弧耐量を考慮し低下し得る最低の値よりも稍大きめに選ばれているが、逆弧により制限される容量に対しては十分余裕を有し乍ら多極型よりも 5～8 V 程度減少せしめられて能率は良好である。

2. 格子制御能

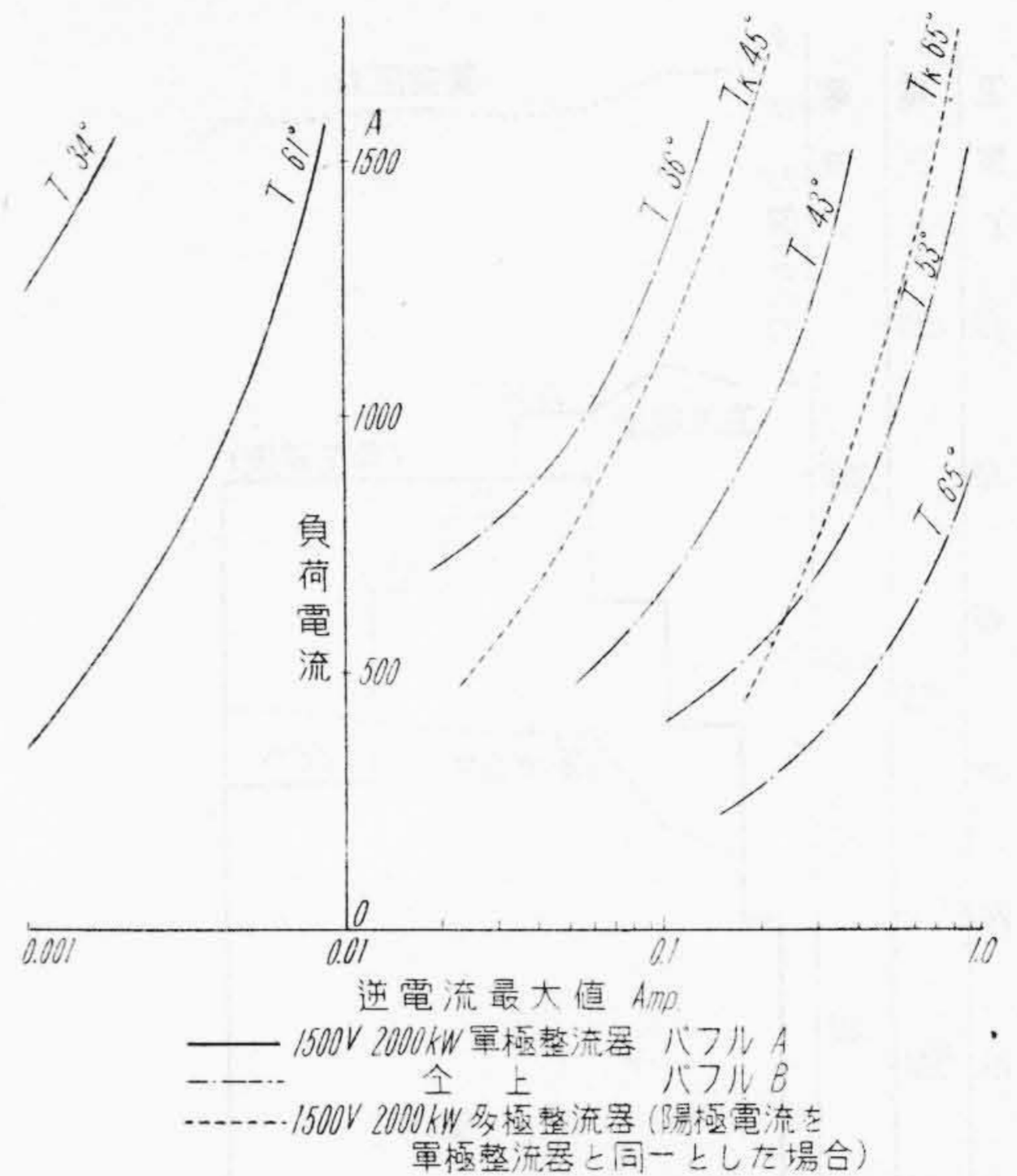
単極整流器はその構造上、真空容積は多極型に比して著しく小さく、一陽極当りの電流は逆に大きい場合が多い。例えば 1,500V 2,000kW 重負荷公称器は多極型にては 12 陽極であるが、単極型では 6 陽極であり、600V, 5,000A, 連結定格器では多極型の 18 陽極に対し単極型は 12 又は 6 陽極である。

又単極型は他相の陽極電流の影響は受けないが、陰極水銀蒸気流及び水銀飛沫の影響を免れ得ない。これらの構造上の差異からわかるように、単極器の格子附近の水銀蒸気密度は多極に比して著しく大きく、ために残留イオンは増加し、消イオン時間は長引く結果となつて、格子制御能に大なる影響を及ぼす。冷却水温度を上昇せしめると蒸気密度は増加し格子の制御能は低下する。第 10 図は 2,000kW 1,500V 器において器槽温度と負荷電流とを変えて格子の逆電流最大値を測定したもので格子附



第 10 図 逆電流—器槽温度曲線
Fig. 10. Characteristic Curves Showing Relation between Max. Value of Inverse Current and Cylinder Temperature

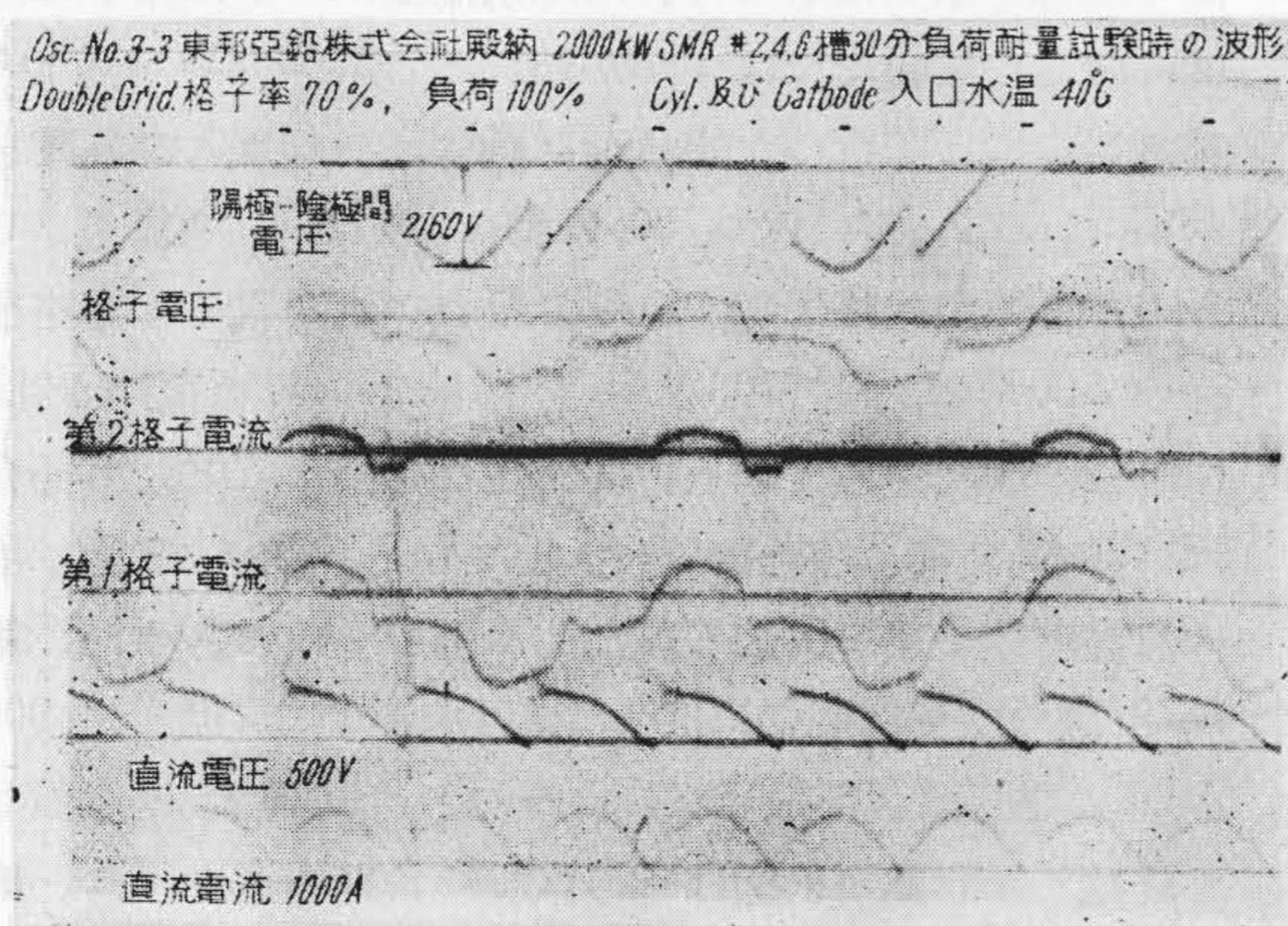
近の残留イオンよりなる逆電流は器槽温度 40°C 以上で急増し始め 60°C では 30°C の場合の十数倍に達する。これは多極と同様な格子及びバフルの設計の場合であるが、バフルの設計を強化すればこの逆電流を百分の一に減少することができる。第 11 図はその関係を示すが、同図に併記した同容量の多極整流器よりも著しく小さくなっていることは注目し得る。但しこの場合でも電弧降下の増加は僅かである。以上は陽極に近い格子に負電圧を与え、遠い格子を無電圧として行つた場合、即ち単格子の場合であるが、同構造の格子でも双方の格子に負電圧を与えた場合即ち二重格子の場合には第一格子の逆電流が多量に存在するにもかかわらず、第二格子の逆電流は著減し、第一格子を強化したと同様の効果が得られる。一例によれば、冷却水温 40°C において、第二格子逆電流は 20% 減少し、消イオン時間は電気角で 15° 短縮された。その間の事情を 2,000kW 4,000A 整流器に



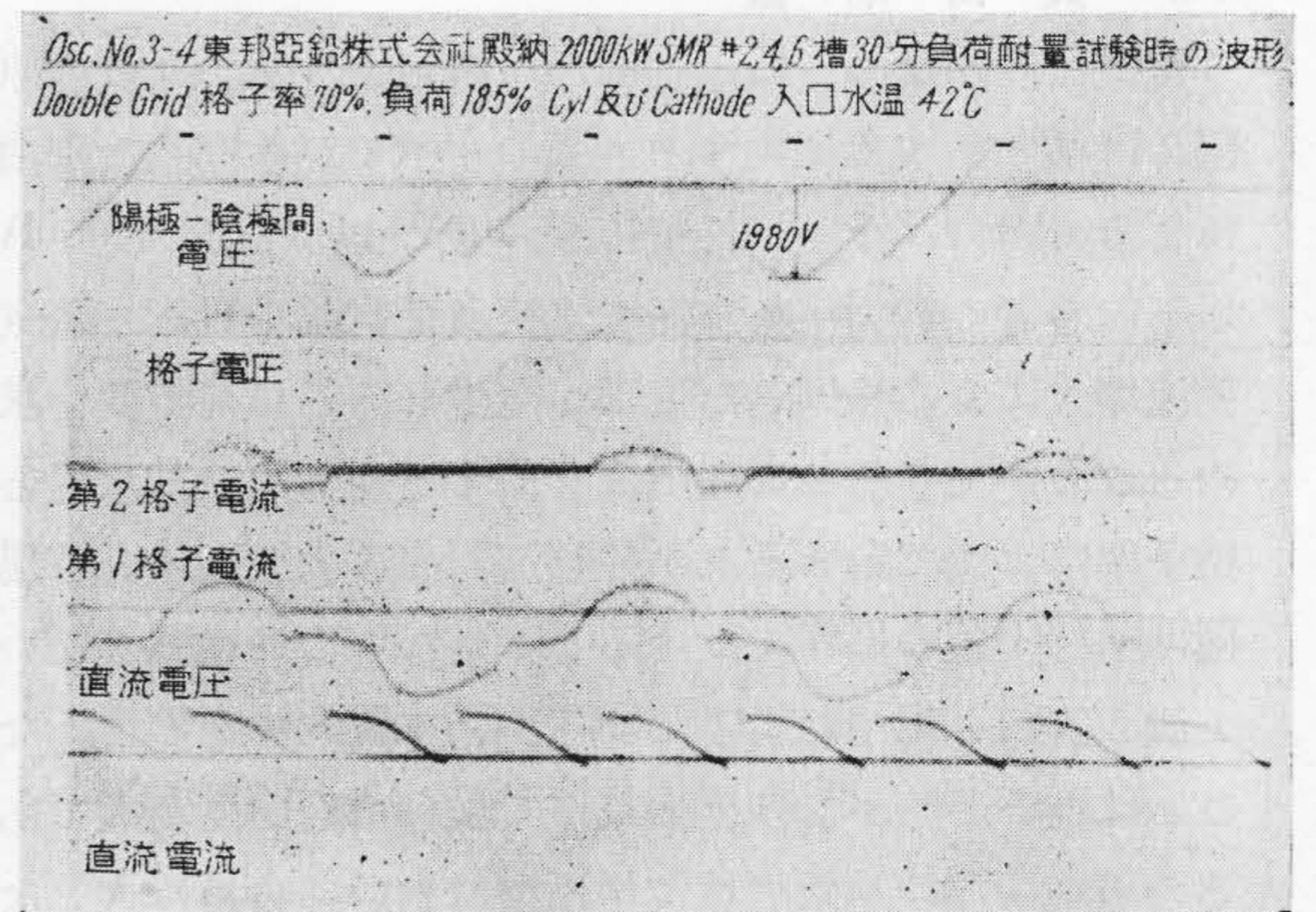
第 11 図 逆電流—負荷電流曲線 (T_K は多極器の制御温度、 T は単極器の器槽温度)
Fig. 11. Characteristic Curves Showing Relation between Max. Value of Inverse Current and Load Current

ついて示すのが第 12 図のオシログラムである。二重格子にて格子率 70% 負荷 100% の場合であるが、第一格子電流は陽極電流休止後も引続き流れ次の周期まで連つてに反し第二格子電流は速に消滅し陽極附近に外部の影響が及ばないことを示している。同様の条件で負荷のみを 185% に増加した場合が第 13 図である。このような過大負荷に対しても第二格子の消イオン時間は極めて僅しか増していないことが看取される。

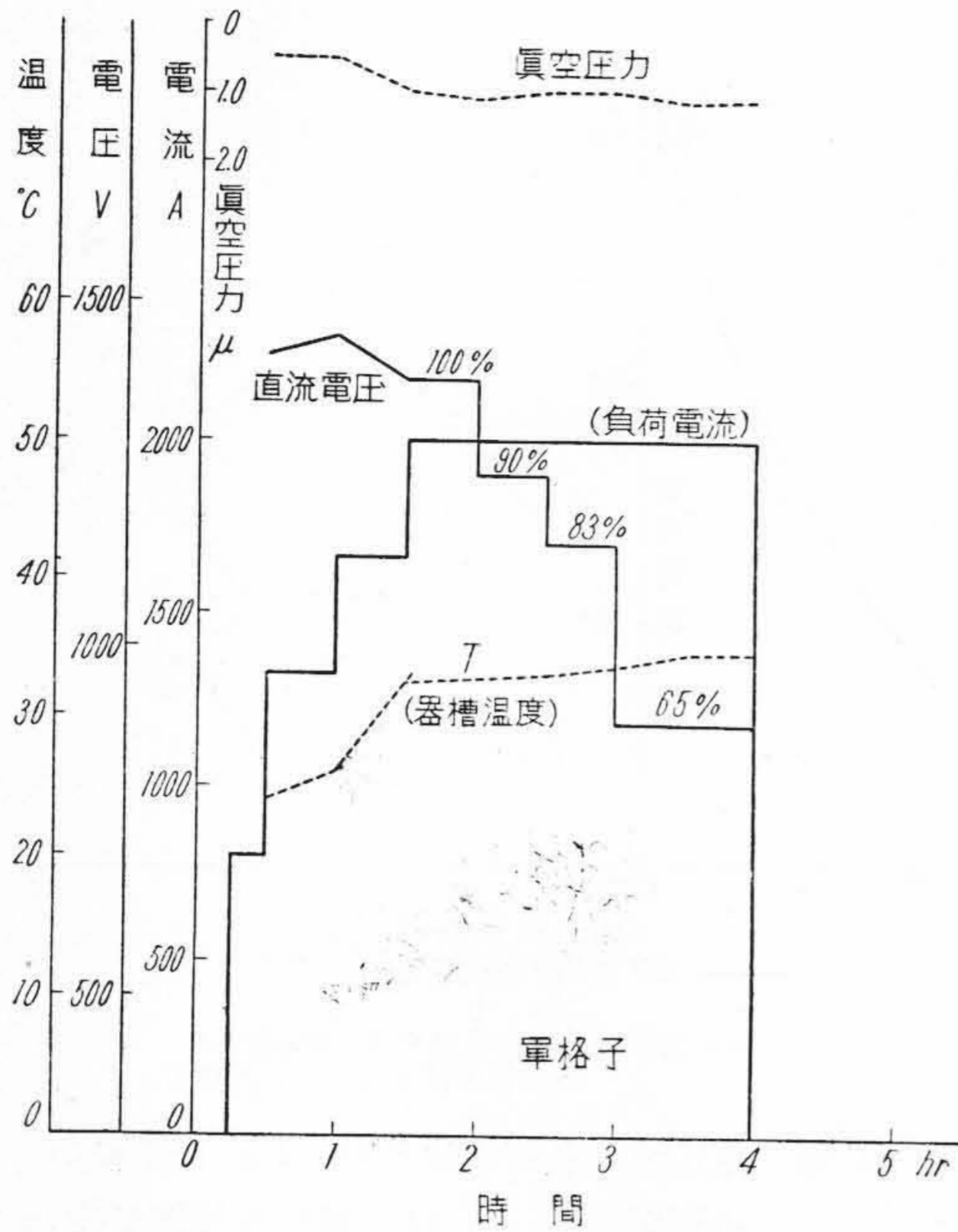
このような制御格子の性能の実際運転に対する影響は実負荷運転によつて確められねばならない。第 14 図は



第 12 図 格子電流波形オシログラム
Fig. 12. Oscillogram Showing Wave-form of Grid Current



第 13 図 格子電流波形オシログラム
Fig. 13. Oscillogram Showing Wave-form of Grid Current



第 14 図 1,500V 2,000kW 単極整流器電圧制御試験
 Fig. 14. Voltage Control Test on 1,500V 2,000 kW Excitron Type Mercury Rectifier

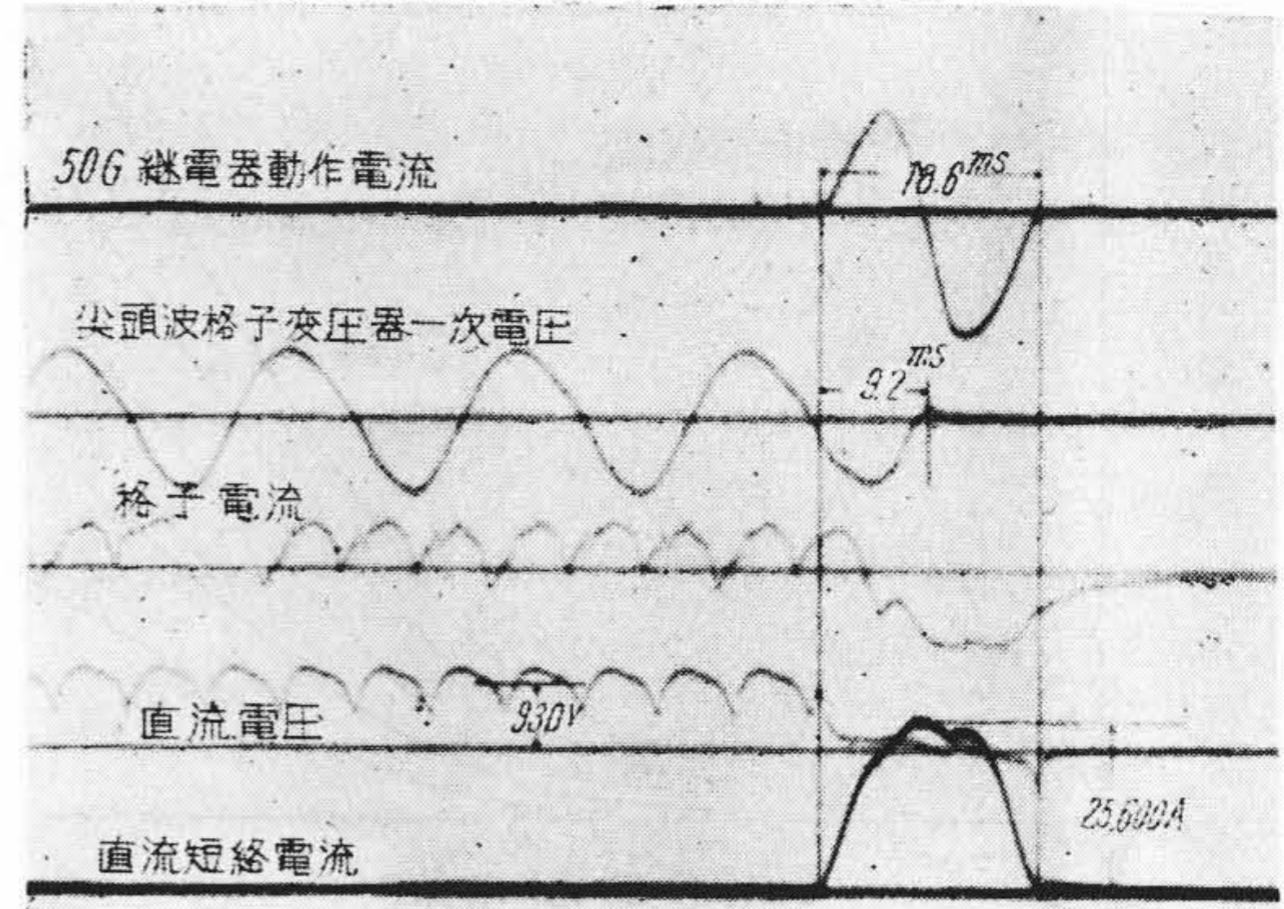
その一例で 1,500 V, 2,000 kW 単極整流器を単格子にした場合、どの程度の信頼性があるかを実験したものである。この場合には 150% 負荷を一定に保ち格子率を 65% まで低下せしめても逆弧や越弧は発生しなかつた。又格子の制御機能は短絡電流の消弧作用で確めるのが適当であるが、何れの整流器も満足すべき結果を示した。

第 15 図は 4,000A 整流器の短絡電流遮断のオシログラムである。25,600A の電流が 19 ms で完全に遮断されている。

3. 負 荷 耐 量

整流器の容量は一般に逆弧から決定される。逆弧の原因には種々あつて発生する逆弧のすべてが規則的な理由によるものではないが、電圧 3,000V 以下電流 6,000A 以下の普通の電力用整流器では実負荷試験を行えば蒸気密度増大による規則的な逆弧が発生しその負荷限度を求めることができる。この限度を劃する逆弧は冷却水温と格子率によつて定まる。単極整流器発達初期は、各陽極は他相陽極の影響を受けることがないので逆弧しないと云う宣伝もあつたようであるが、本質的にそのようなことはない。しかし多極と異つて設計の自由度が大であるので実用器の逆弧耐量は単極型において容易に大となしうる利益がある。次にイグナイトロンとエキサイトロン型の負荷耐量の差は実際的にないことが明かとなつている。実際励弧電流が格子附近に常時流れていてもその

Osc. No. 5-2 東邦亞鉛株式会社殿 2000kW SMR
 短絡電流消弧試験 (Double Grid) Cyl 入口水温 40°C

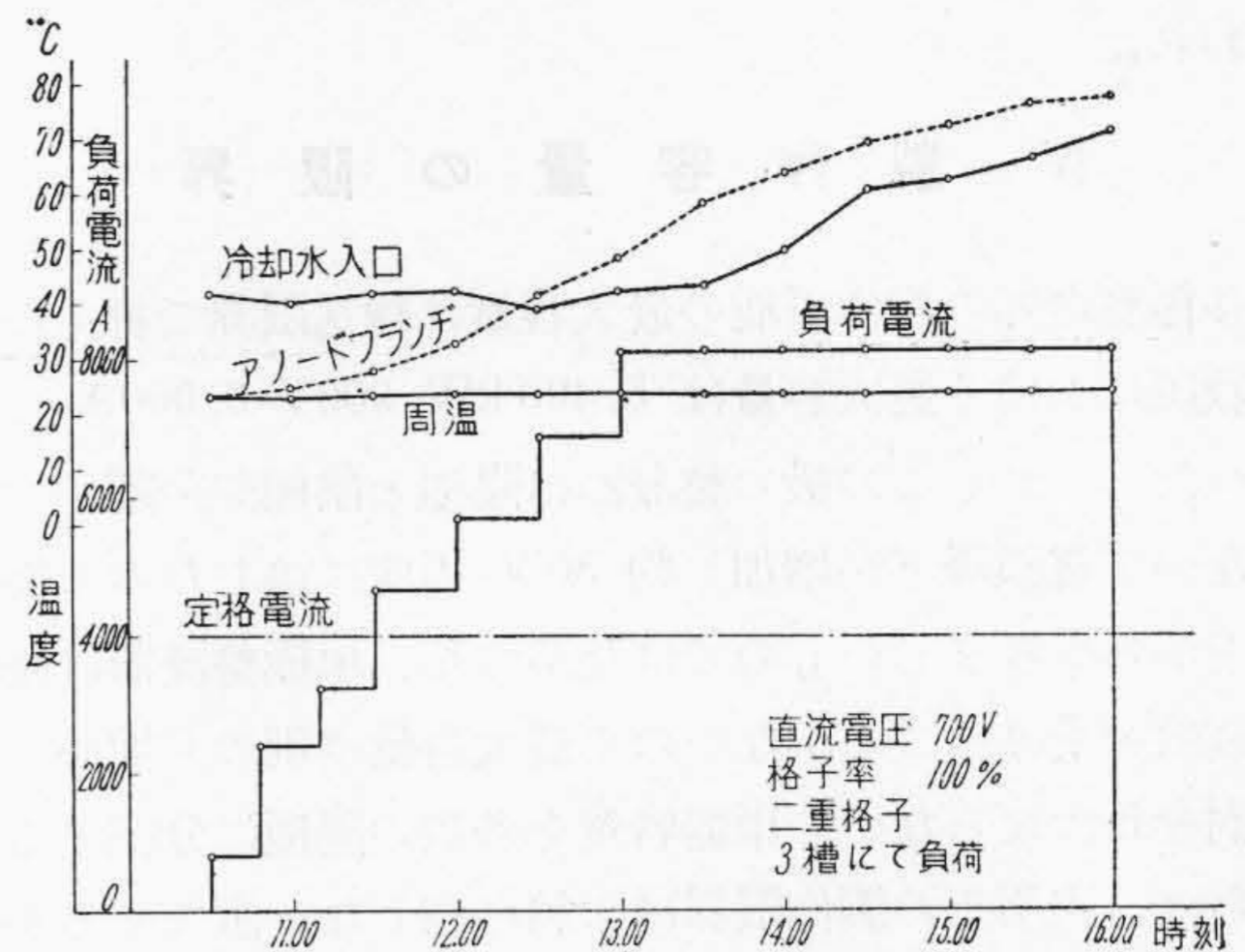
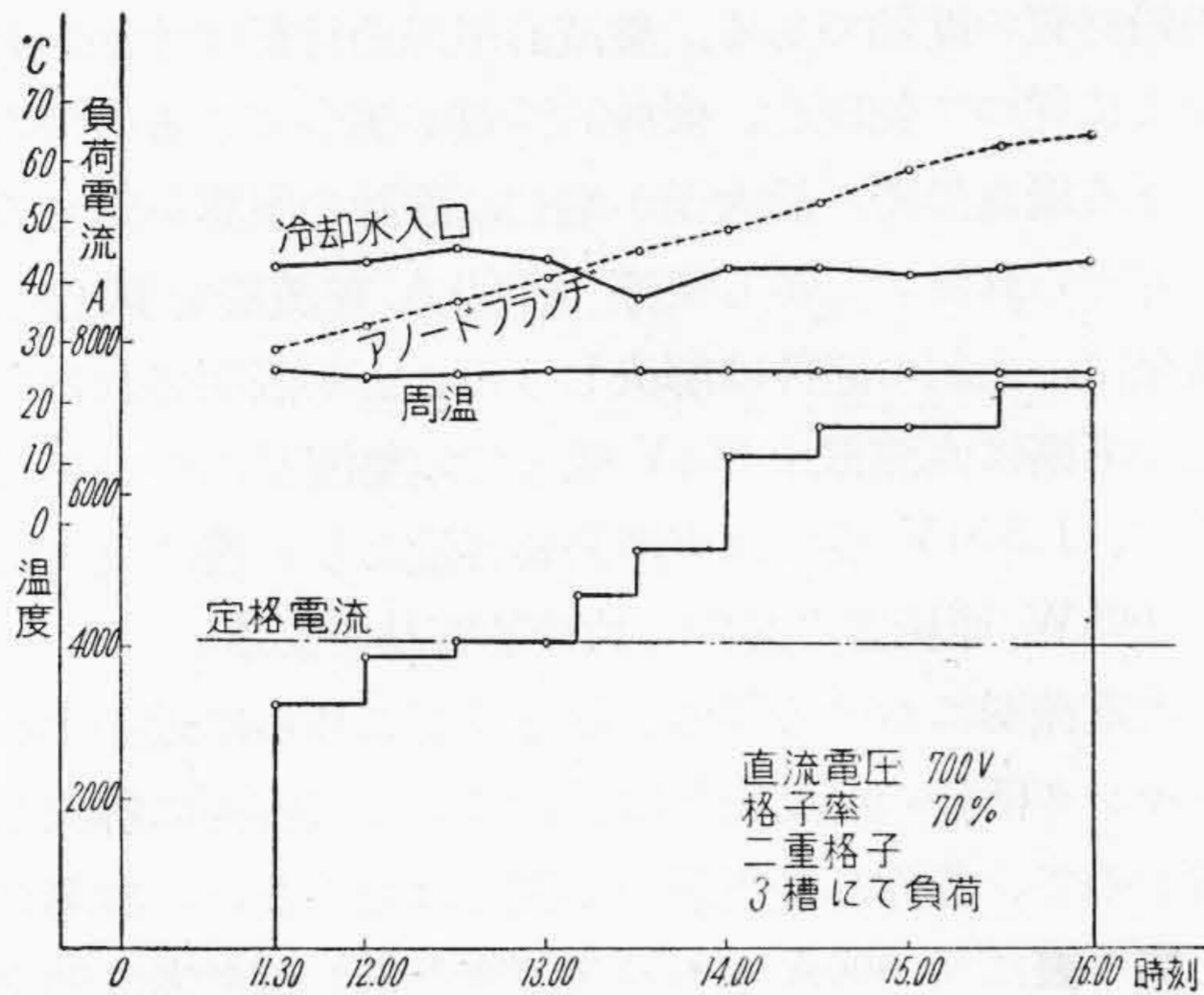


第 15 図 短絡遮断試験 オツシログラム
 Fig. 15. Oscillogram of Short Circuit Test

電離が逆電流に及ぼす影響は問題外である。この事実は同容量の両型の整流器が同一変電所内で並列運転した実績からもちつきり云える事である。この並列運転において日立整流器は最高の信頼度を保つていて逆弧耐量のみならずすべての性能で十分満足すべきことが実証された。さて格子率 100% の場合の 30 分負荷耐量試験の結果を冷却水温度に対して表示すると前出第 7 図の如くなる。冷却水温度の影響は著しく大で一般的な実験式で表わすと、限界負荷電流値を K 、冷却水温度を T とすれば

$$K = A - BT^n \quad (T \text{ は } 10 \sim 70^\circ\text{C 以内})$$

の如くなる。 A, B, n は定数である。但しこの常数の値は格子の設計によつて著しく変るものである。この図は 1,000kW 600V 整流器の結果であるが、前記試作の 5,000 A 相当整流器では n が極めて小さく温度による耐量の低下が少いことが確められた。次に格子率を大とすれば、飛躍逆電圧が大となり、耐逆弧限界負荷が減少することは多極の性質と何等変りはない、前出第 8 図はこの間の関係を示したもので、冷却水温度がいかに格子の機能に著しい影響を及ぼすかがわかる。2,000kW 4,000A 整流器について行つた実負荷試験は、冷却水入口温度を 40°C にほぼ一定に保ち 30 分毎に 200 A を増加するやり方であるが、格子率 100% の場合は直流電圧を定格仕様の 500 V に対し 700 V としても 200% 負荷 3 時間に十分の余裕を以て耐え、同電圧で格子率 70% の場合は 160% 負荷 2 時間に合格している。第 7, 8 図に用いた整流器と第 16 図の整流器は別のものであるが、第 7~8 図の関係は同様に成立つと考えられる。但し 4,000 A 器の場合は負荷限界試験は行つてなく何れも逆弧なく終始した。第 16 図はその試験の負荷経過を示す。第 17 図は 6 タンクで 5,000 A 相当の試作器の負荷限界試験の有様である。高圧負荷試験は他の整流器と組合せて行つた。その後の試験において格子率 80% においても

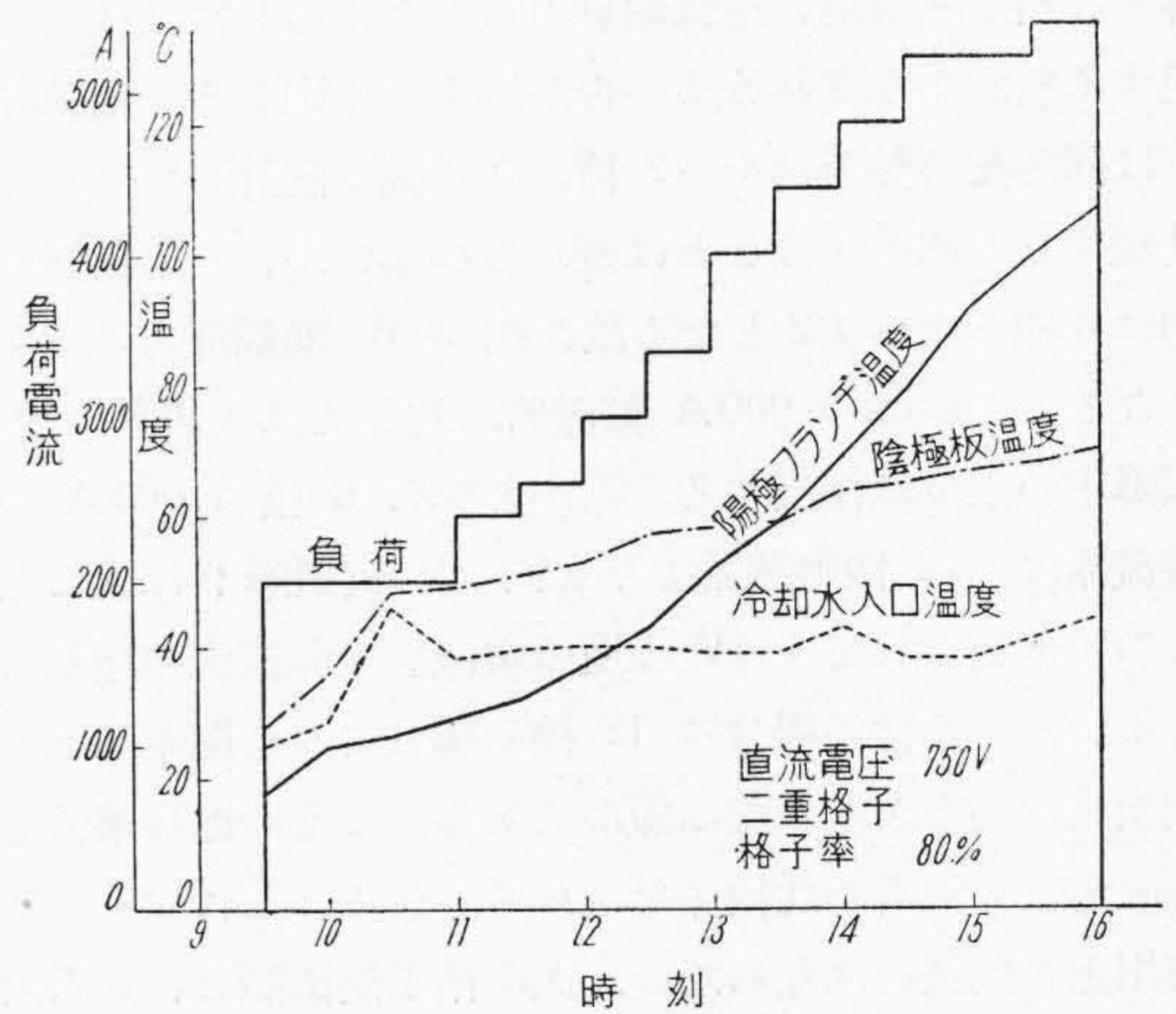
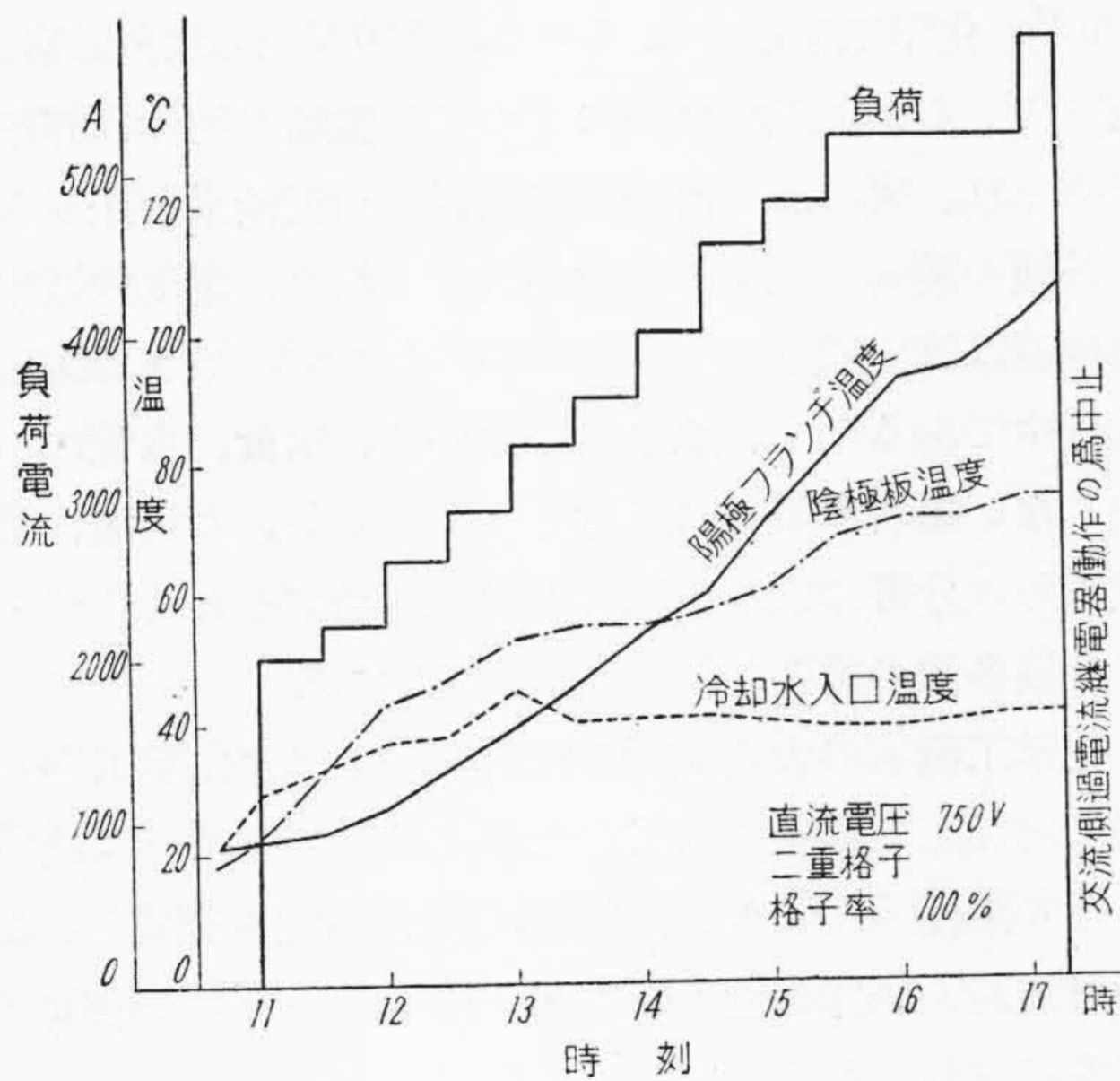


(A)

(B)

第 16 図 700V 4,000A 連絡定格、単極整流器 30 分間負荷耐量試験

Fig. 16. 30 min Load-limit Test on 700V 4,000A Excitron Type Mercury Rectifier

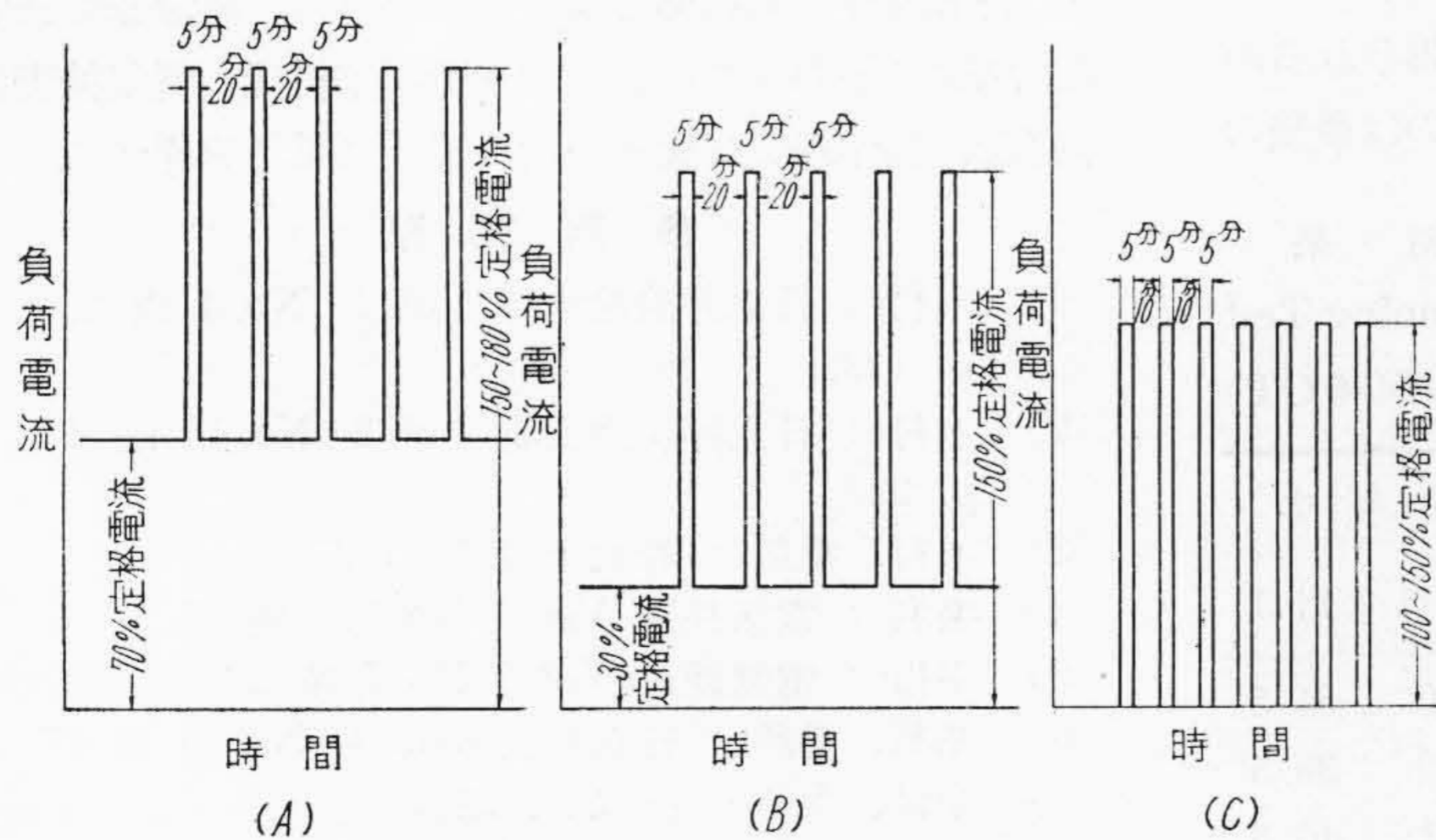


(A)

(B)

第 17 図 750V 5,000A 連続定格単極整流器 30 分間負荷耐量試験

Fig. 17. 30min Load-limit Test on 750V 5,000A Excitron Type Mercury Rectifier



第 18 図 工場に於ける急峻変動負荷試験法

Fig. 18. Procedures for Peak-load Tests

5,700 A 相当まで逆弧を発生しなかつた。これ以上は試験電源設備で制限され負荷を増加し得ないので逆弧限界は求められなかつた。

以上は何れも連続定格の整流器に対する負荷限界試験であるが電鉄用整流器に対しては尖頭負荷耐量を求める方法としていわゆる 5 分間負荷耐量試験及び 1 分間負荷耐量試験が行われる。しかしそのほかに製作工場における実負荷試験として第 18 図に示す 3 種類の負荷形態の内実際用途に最も近い形のものを選んで負荷し、整流器の信頼度を確める。従来の試験では明かにされなかつた断続負荷に

対する整流器の特性が分明となり構造の改良が効果的に行われた。

[IV] 製作容量の限界

多極整流器の製作可能の最大容量は輸送限界で押えられ我国における最大容量は 5,400 kW 900V 6,000A であった。しかしこの級の整流器は陽極と陰極間距離が大となつて電弧降下が増加し約 30 V 程度に達したので能率上からも好ましいものではなかつた。単極整流器は輸送制限を受けることがないので最大容量は別の見地から検討せねばならない。単器容量を多数の陽極に分割するならば、実用上の製作限界は全然存在しない訳であるが多数槽は取扱不便と製作費の増大、据付面積の増加を避けられないからここに問題とすべきは 6 槽、6 陽極で製作しうる技術的、経済的限界である。

技術的の限界は第 III 章に記した 3 項目、即ち電弧降下、格子制御能、逆弧耐量の点で与えられた仕様を満足する設計がなされうるか否かによつて定まる。電弧降下は同容量の整流器を 12 槽、12 陽極で設計した場合と比較すれば増加することは避けられないが、一方励弧電力は 6 槽の方が 1/2 となる故、約 3kW 励弧電力の減少となる。これは 5,000 A 整流器に対しては 0.6 V の電弧降下の減少に相当する。しかし乍ら 6 槽 5,000 A の整流器は、12 槽整流器よりも約 2V 電弧降下は大となるので差引きして 1.4V 程度の整流器電弧損失の増加となる。即ち 6 槽の場合は 12 槽の場合よりも能率はそれ相当だけ劣るがその差は僅かであるからその他の事情も併せ考えて両者の比較がなされるべきで、これのみでは実用上の制限とはならない。次に格子制御能と、逆弧耐量とは整流器設計の根本問題にふれるものである。一槽当りの電流容量が大きいことは槽内蒸気密度、主電弧電流の分布が異常を来しはしないか、電流容量の小さい整流器と同様の消イオン効果を有する構造が可能であるか黒鉛陽極、格子等に十分信頼のおけるものが得られるか等の問題が考えられた。この内最も重視したのは最後の

第 1 表 温度上昇試験結果

Table 1. Temperature of Parts in Heat-running Test
750V 5,000A 単極整流器 (WSI-6 GT)

負荷電流 (A)	陽極ファンデ	陽極板	陰極板	周温	冷却水	
					入口	出口
4,400	82.5	55	45	16.5	30	34.5
5,000	90	79	53	16.5	30	38.5
6,000	105	80	61	16.5	31	40.5

黒鉛材質の問題である。整流器用黒鉛材料は寸法が大となるに従つて物理的、機械的性質が劣つてくるので入手しうる優良黒鉛の最大径が端的に設計の限界を定めるとも考えられた。しかし実際 5,000 A 整流器を試作した結果は、上記の諸件は解決しうる事が証明された。以上の考察は直流電圧 800V 級までの整流器についてであるが、1,500 V 級では実際需要容量よりも遙に上まわる 6,000kW 連続器の製作も比較的容易である。

大電流器における陽極、陰極及びこれらに近接するパッキング部分の温度上昇は設計によつて容易に解決しうるもので、製作容量制限の要素とはならない。参考のため第 1 表に 5,000A 器の各部温度を示し御参考に供する

[V] 結 言

水冷単極水銀整流器は現在電鉄用では 2,000 kW, 1,500 V, 化学工業用では 4,000 A 500 V が良好な運転を続けているが、工場試験によつて単極器の特性は詳細に究明され、実用器と同様な試験器の研究結果を採り入れて各種の需要に応ずる構造が決定された。電気鉄道用の単極器は完全風冷にて 3,000kW 1,500 V 級まで製作が進行中であるので、水冷器の需要は、水量、水質に不自由しない場所に限られて行くであろうが、大電流、又は低電圧の分野は水冷単極器の最も適當するところであつて今後多数の需要を待望するものである。

化学工業用の大電流器の完成は来るべき化学工業の発展にそなえて要望されていたが、日立製作所では逸早く 6 槽 6 陽極 5,000A 級整流器の試作研究を完成し、この種整流器の製作容量の限界が 6 槽においても多極型と同程度に達しうることを明にした。

本文の記述は関係する事項が多岐に亘つたため、日立水冷単極器の説明の詳細を尽していないこと、部分的な事項の考察に深入りできなかつたこと等不満足な点が多い。読者諸賢の御諒解を得たい。終りに、整流器の研究及び試験に協力された、日立研究所木村氏、電気検査課今野氏、製作課山口氏その他の諸氏に厚く感謝する。

参 照 文 献

- 1) 木村：日立評論論文集 Vol.1 No.4 昭 23. p. 133.
- 2) 木村：日立評論論文集 Vol.2 No.10 昭 24. p. 229
- 3) 木村、桑島：聯大予 4-5 昭 25
- 4) 毛利：電気鉄道 Vol.4 No.11. 昭 25
- 5) 平出：電気鉄道 Vol.5 No.7 昭 26
- 6) 毛利、桑島：日立評論 Vol.34 No. 5 昭 27
- 7) 今野、桑島：聯大予、昭 27