

29. 研 究

RESEARCH

昭和35年は日立製作所中央研究所において完成された小平記念研究室をはじめ、研究施設、人員ともに一段と拡充され、技術革新を推進する態勢が強化された。

研究成果のおもなるものをあげると、原子力関係では、原子燃料再処理プロセスなどの安定制御に欠くことのできないウラン濃度の連続サンプラーおよびこのサンプリング信号を連続信号に変換するサーボ零次ホールドが開発された。セラミック原子燃料のペレットおよび被覆管の製造技術が確立され、燃料被覆管などの欠陥や厚みを検査する渦電流検査装置、あらゆる分野にわたって非破壊的に微量分析ができる微小部X線分析装置（大容積高効率の BF_3 比例計数管および安定長寿命のハロゲンGM計数管）が開発された。

電力関係では交流計盤、過渡安定度解析装置が完成され、電力系統の過渡安定度をきわめて短時間で自動計算できるようになった。圧延機の制御はますます高度化し、無接点制御、厚み制御およびプログラム運転などの自動運転装置が開発されたトランジスタ式無接点制御は、車両における蛍光灯用電動発電機にも適用された。近來特に重視されてきた高電圧に対するコロナ放電による絶縁劣化に関しては、固体絶縁材料の劣化機構が解明され油浸紙のスイッチングコロナ試験による研究も進展した。ますます増大する火力機器について超臨界圧ボイラのテストプラントが完成し、動特性制御方式など、一連の研究や各種高温材料の研究が強力に進められ、回転翼の振動、実用化の迫まったサイクロンファーンネスの実物大の実験研究が行われた。

電気集じん装置は性能向上の研究とともに大気汚染監視装置、高圧高温ガス清浄用装置を試作し、新応用分野を開いた。電子関係では電子計算機の進歩が著しく、パリで好評を博したパラメトロン、デジタルHIPAC 101につづいて、全トランジスタ制御用デジタルHIPAC 502が開発され、アナログ計算機は自動プログラミングにより大幅に機能を増大した。トランジスタは画期的な超高周波用Molton Diffused形をはじめ、新形pnpnスイッチ素子、超精度温度補償形ツェナーダイオードが開発され電子管は新品種が増加した。

工業計器は共通部品を標準パターンとしたソリッドステート化に進み、新に高精度の酸素純度計やパルスモータ形流量積算計が完成した。材料関係では、高性能のフェライト、窒化硼素の新製法を開発し、焼結機械部品や電気接点などの粉末冶金の研究が進展した。そのほかEPU-2A形分光光度計を利用する発光分析法が開発され、分光光度計の応用分野を拡大した。

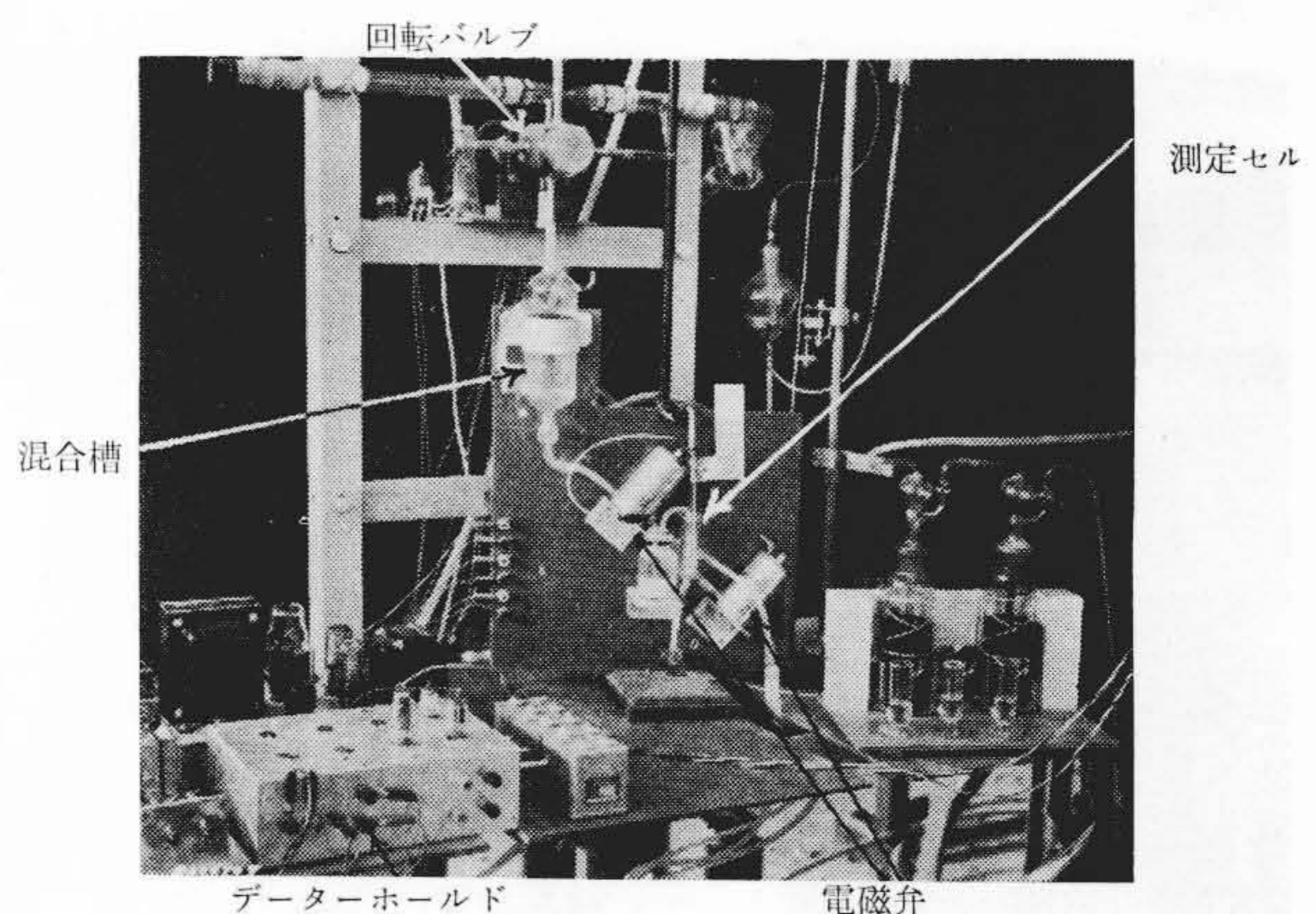
29.1 原 子 力

29.1.1 連続サンプリング装置とサーボ形零次ホールド

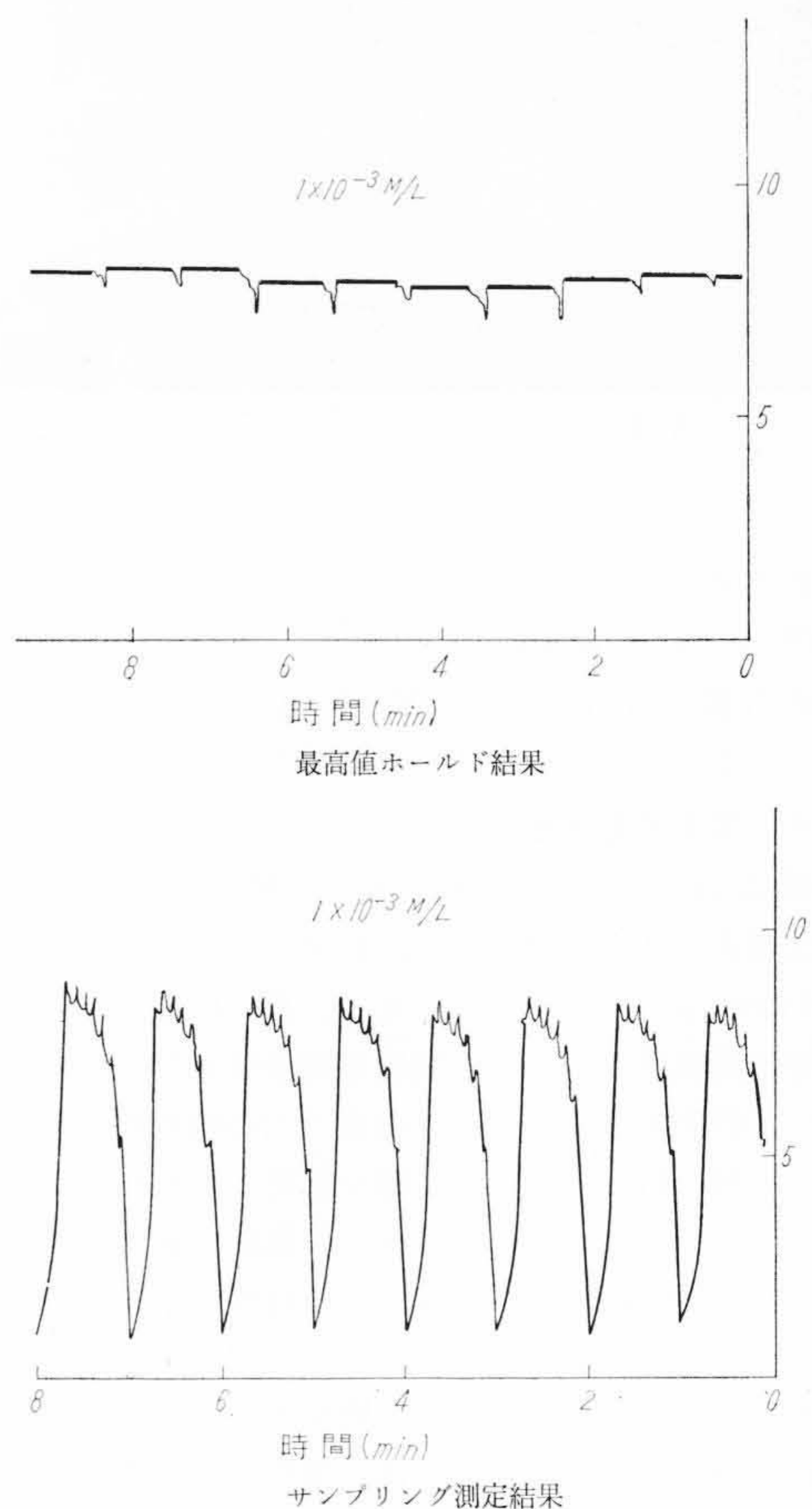
(1) ウラン濃度のサンプリング測定

原子燃料再処理プラントにおいては、製品または廃液中のウラン濃度を連続的に監視する必要がある。このような再処理プラントにおけるウラン分析法として、ポーラログラフ法がすぐれていることはすでに報告されている。今回、回転バルブ方式のサンプリング装置を試作し、検出部にポーラログラフを用いてウラン濃度のサンプリング測定を行った。試作した装置の概観を第1図に示すが、回転バルブ、混合槽、電磁弁、測定セルおよび測定回路などよりなっている。

測定結果は、サンプリング周期60秒、信号持続時間38秒、測



第1図 連続サンプリング装置の概観



第2図 ウラン濃度測定結果

定時間遅れ67秒で、ウラン濃度 $5 \times 10^{-4} \sim 10^{-2} \text{M/L}$ の範囲で十分使用しうることを確認した。

(2) サーボ形零次ホールド

上述のようなサンプリング濃度信号によって流量などを制御する場合、このような間欠信号を連続した信号に変換しなければならない。このような動作を行うのがデータホールドで、これには種々の方式が考えられるが、プラントなどに用いるにはサーボ形零次ホールド方式がすぐれていることを確認した。これは入力サンプリング信号に同期して開閉するゲート回路によりサーボ増幅器の動作をオン・オフさせて測定値をホールドする方法で、試

作装置は全体をトランジスタ化し、小形なものとした。

(3) ウラン濃度サンプリング信号のデータホールド

上記データホールドは、入力信号が三角波、矩形波などの場合は非常に精度のよいホールドを行うことができるが、ポーラにグラフを用いる場合のように、水銀滴下による小振動が重畳する場合、小振動の周期とサンプリング周期が完全に同期しにくいので、ゲート回路の閉じる点が小振動の上を移動し、ホールド値にばらつきを生ずるおそれがある。

これをなくするには、ゲート回路の閉じる点が、小振動の一定振幅のところにあればよい。このため、入力信号を2極管を通してコンデンサに充電させ、常に小振動の最高値をホールドさせ、これを上記サーボ形零次ホールドに伴用する方式を採用した。かかる方式を用いて測定した結果を第2図に示す。下はウラン濃度 $1 \times 10^{-3} \text{M/L}$ の場合のサンプリング測定結果で、上はこれをデータホールドした結果である。この図から上記データホールド方式は精度のよいホールド値を与えていることがわかる。

29.1.2 渦電流非破壊検査装置

電子炉燃料要素の被覆管や原子炉冷却管などの欠陥検査、厚み検査に有望視されている渦電流非破壊検査装置の開発研究を行い、ブリッジ平衡形非破壊検査装置を試作した。第3図は本装置および試料駆動装置の外観を示す。渦電流非破壊検査装置本体は発振器部、ブリッジ回路部、検出増幅部などからなり、発振周波数に種々の材料の検査を考え $1 \sim 100 \text{ kc}$ まで可変である。ブリッジ回路部の検出コイルは試料の寸法、および要求感度などに応じ表面コイル、内面コイルおよび貫通コイルの取り換えができる。本装置の特長は従来の差電圧検出回路以外に空隙変化を補償する位相選別回路を付加して試料と検出コイルとの間の空隙の影響を除き欠陥感度を上げた点である。また、図中の試料駆動装置は検出コイルが管状試料上を円滑に走査するよう設計したもので、試料の回転速度および送りピッチが自由に变化でき管状試料の検査にはなほ有効である。

29.1.3 沸騰水形原子炉を対象とする沸騰伝熱

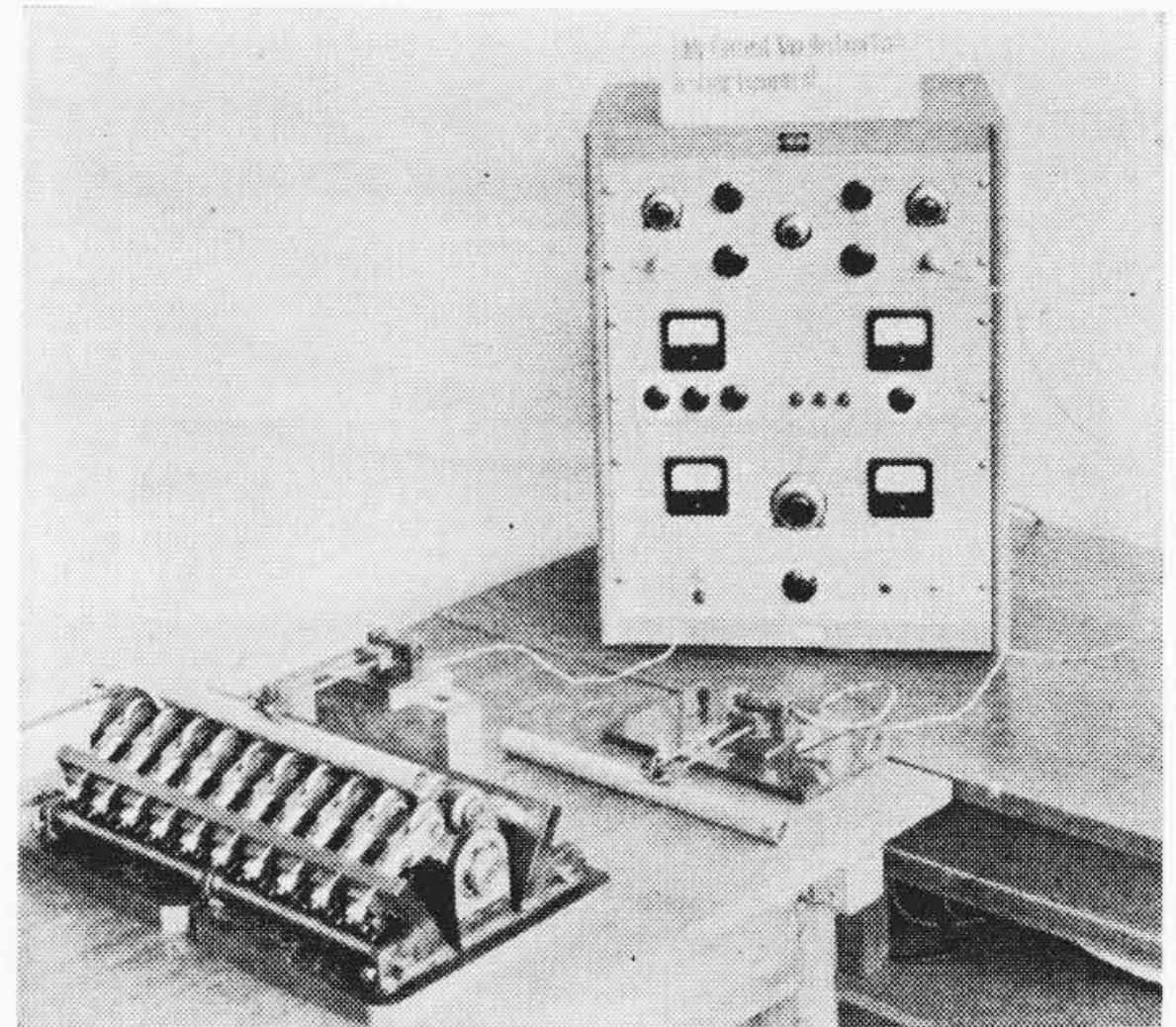
現状において発電用原子炉として最も経済的なものは低濃縮ウラン燃料、軽水減速冷却形であるということはほぼ明らかであろう。中でも沸騰水形原子炉が最有望と考えられる。これに対し関係者間で実用化のための問題点の検討を続けているが、その重要な一つに炉心内の沸騰伝熱現象の研究がある。

34年度は沸騰伝熱研究用高温高圧回路を建設し、炉心内のボイド、バーンアウト限界熱流束、二相流々動現象などの研究を進めてきたが、35年度にはさらに試験部の増設、加熱電源設備(補助加熱電源を含む)を 500 kVA と強化し、また各種計測器の自動記録化をねらった測定器の整備を行った。とくにボイド測定のじん速化を図るために γ 線透過法を利用したボイド測定器を多重方式としたことと、試作に成功したバーンアウト検出器の採用とが大きな特長となっている。そのほか蒸気純度向上のための飛沫分離器の性能実験用高圧回路の建設も完了し、34年度に引続きさらに高圧下における沸騰伝熱研究を着々と進めている。

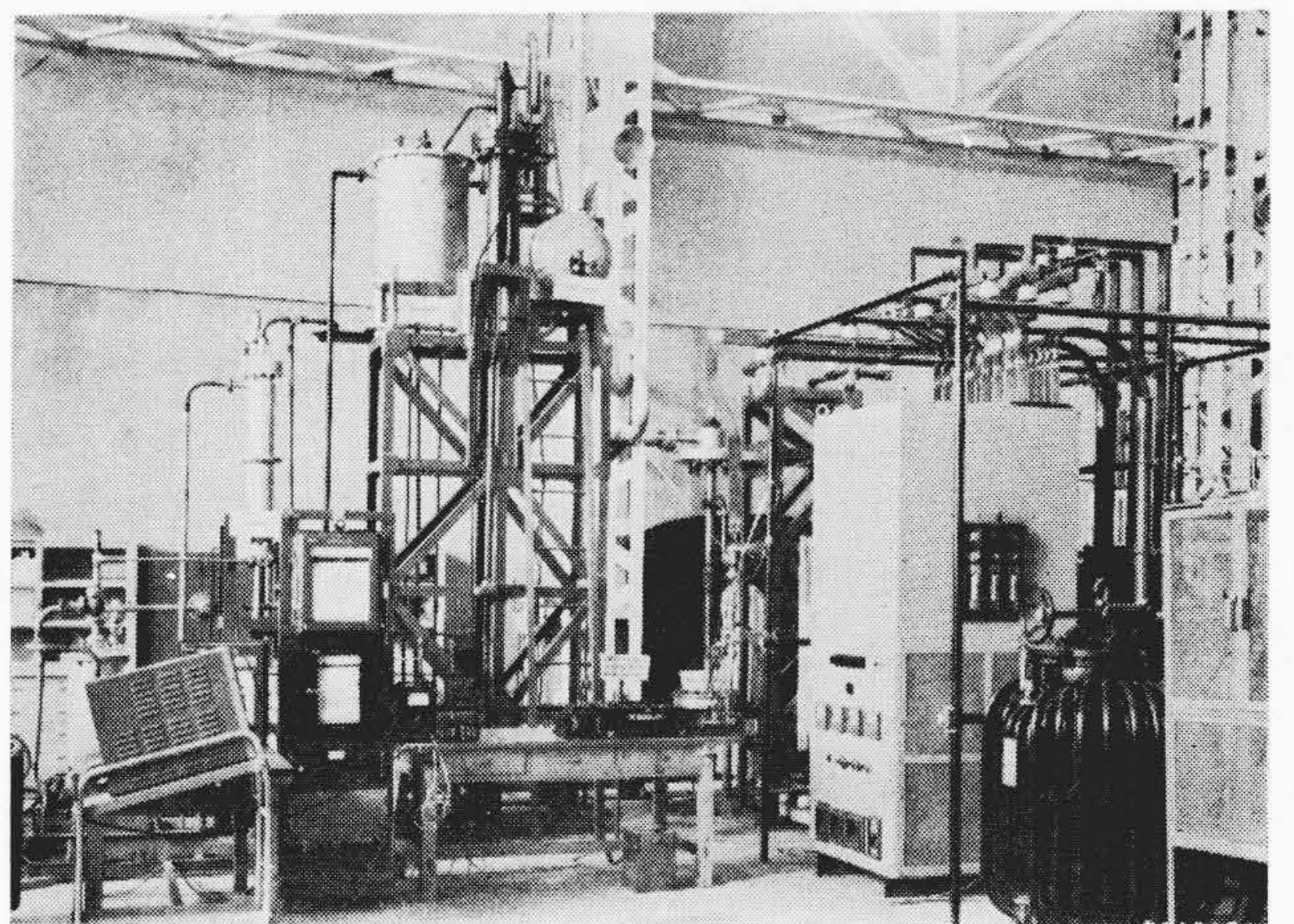
29.1.4 セラミック原子燃料の研究

セラミック燃料要素製造の基礎研究としては、いろいろの二酸化ウラン粉末の物理的、化学的諸性状を解明し、成形、焼結などの基礎的条件に検討を加えた結果、任意の原料粉末を用いて均質で寸法精度が良く、高密度の二酸化ウラン燃料体ペレットを製造することが可能になった。一方アルミニウム被覆管、ステンレス鋼被覆管などの熔接技術を確立し、燃料要素の熱的特性向上のためのヘリウム封入方法や燃料要素の非破壊検査方法などについて各種の試験を行った。

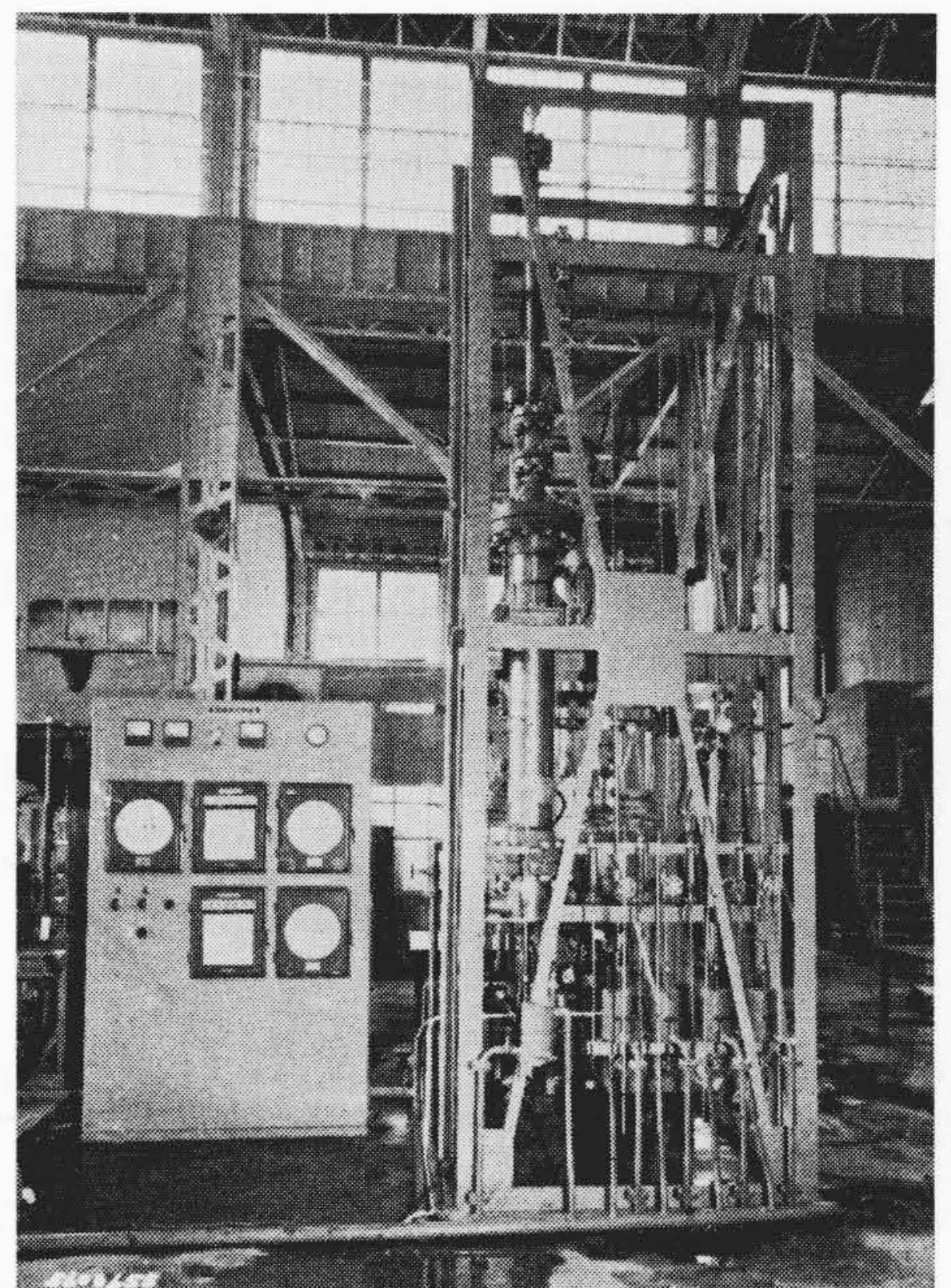
さらに、燃料要素の量産条件を確立するために各種の安全施設を



第3図 渦電流非破壊検査装置および試料駆動装置



第4図 沸騰伝熱研究用高温高圧回路

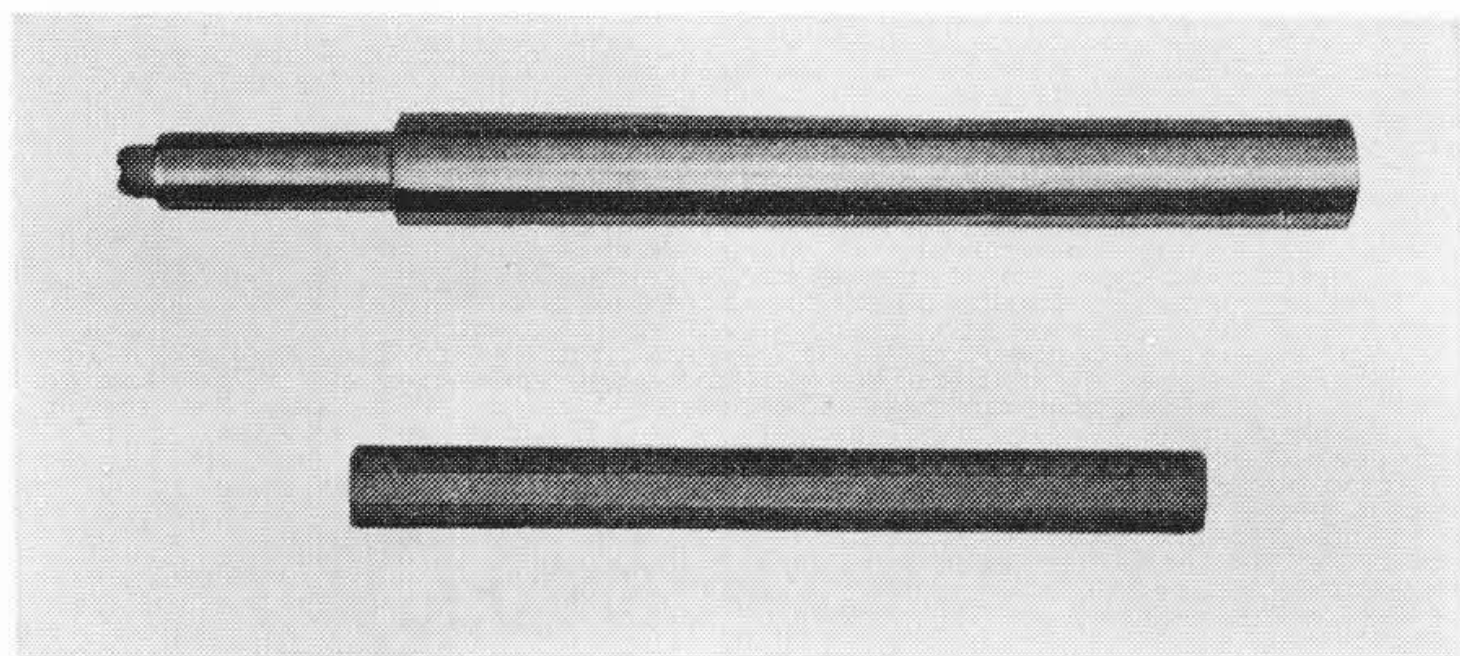


第5図 高圧下における飛沫同伴実験装置

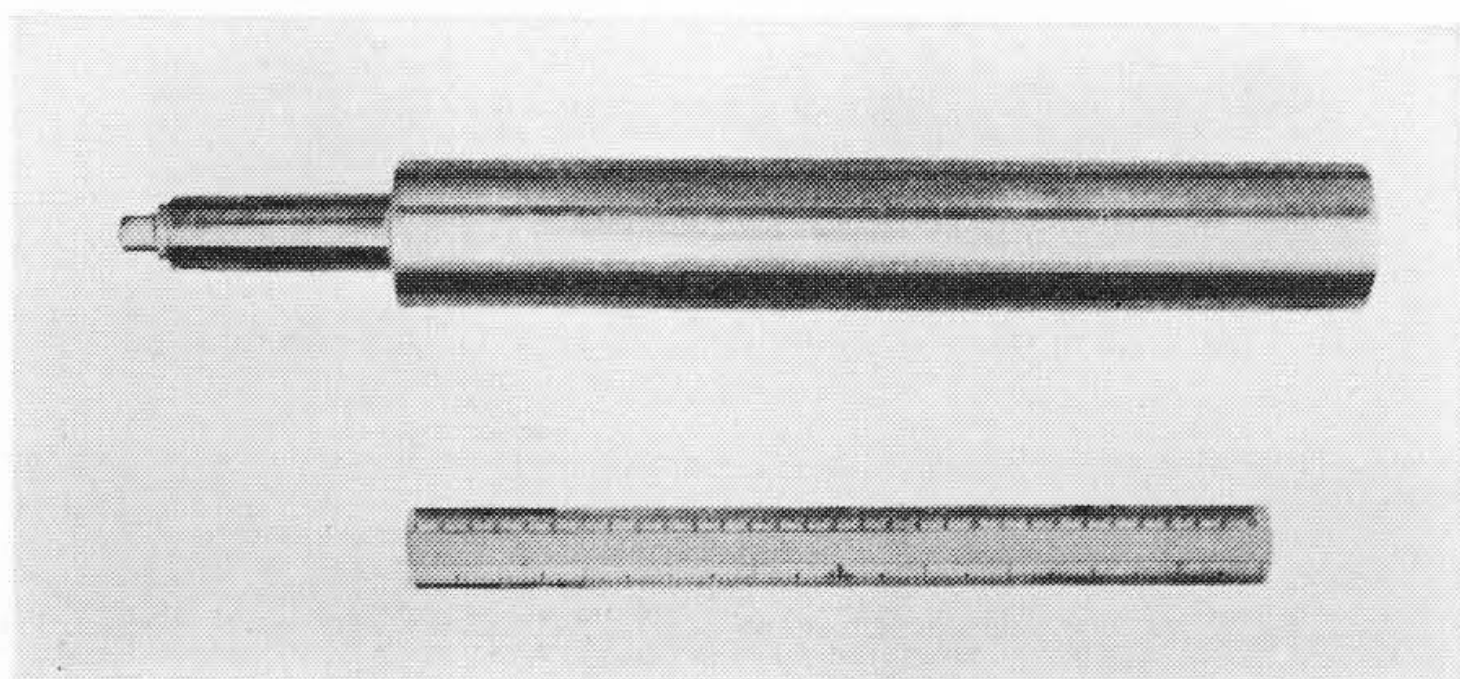
完備した試作研究室を完成した。HTR用燃料もここで製造する。ここには原料粉末処理設備、か粒機、自動成形機、連結式焼結炉、研削機、熔接機、各種探傷装置、材料試験機など内外一流の製造設備や、種々の基礎研究装置をもうらしている。

29.1.5 BF_3 比例計数管 EB-415, EB-520

BF_3 比例計数管はすでに EB-125, EB-215, EB-320 の3品種が



第6図 EB-415 比例計数管



第7図 EB-520 比例計数管

製作されているが、35年度はさらに大形の EB-415, EB-520 の 2 種類の品種を開発し、中性子計測の整備態勢を完備させた(第6,7図)。

新たに開発された EB-415 は管径 $1\frac{1}{2}$ " ϕ , 有効容積 320 cc, また EB-520 は管径 2" ϕ , 有効容積 600 cc である。封入ガスはともに濃縮 $B^{10}F_3$ で封入圧は 20, 30, 40, 50, 60 cmHg である。特性はプラトー幅 300V, プラトー率 1~3%/100V で、すでに製品化されている品種のものと同じである。

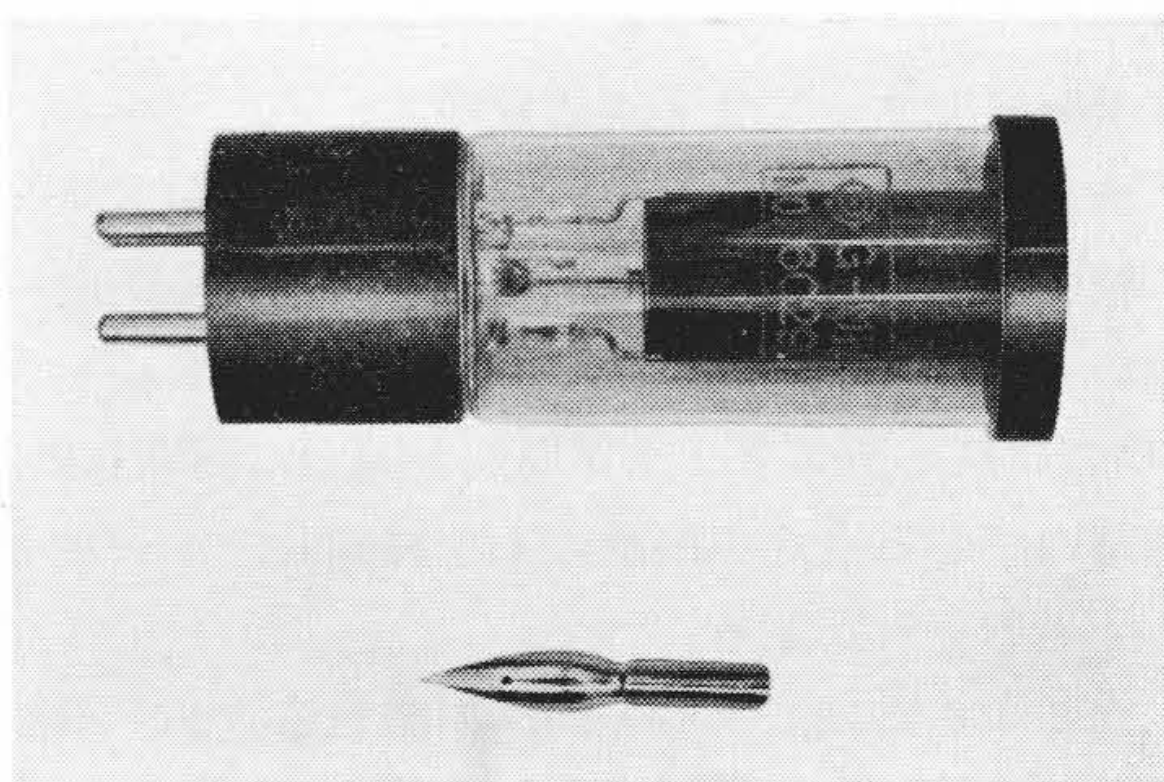
大形計数管の第一の特長は容積が非常に大きくなっているから中性子計数効率が著しく高くなっていることである。たとえば EB-520 に 60cmHg の BF_3 を封入した計数管の計数効率は 48 カウント/s・中性子束で EB-125 の同封入圧のものにくらべ数倍高くなっている。したがって本計数管を原子炉、加速器の中性子モニタとして使用すれば従来の品種をりょうがする性能を示すであろう。

第二の特長は管径が大きく、管端より中性子が照射されるような場合にも使用できる構造となっているから、ビームの中性子束の測定が可能になった。したがって、たとえば中性子モノクロメータの検出器としてかっこうのものと考えられる。

29.1.6 ハロゲン GM 計数管

GM 計数管はもっとも簡単かつ検出効率の高い放射線検出器で広く使用されている。GM 計数管に具備すべき大切な点は安定に動作し、かつ長い寿命が保証されていることである。

ハロゲン GM 計数管はこの要望に沿って開発された新しい GM 計数管で、従来の有機ガス封入計数管と異なり、ネオン、アルゴンなどの希ガスと、ハロゲンの混合気体を封入ガスとして使っている。ハロゲンガスは放電で発生する紫外線を吸収し、みずからは解離して、後続放電を絶つ働きをするものである。この quenching の作用は有機ガスに比べ、はるかに強いので、混入量は少量で済み、したがってかなり低い電圧で動作させる



第8図 日立ハロゲンGM計数管

ことが可能である。さらによい点は寿命が非常に長いことである。これは quenching ガスの消耗によって決定されるのであるが、ハロゲンは quenching にあたり解離が行われるが、その後ただちに再結合して分子気体にもどるので原理的には寿命は無量大である。

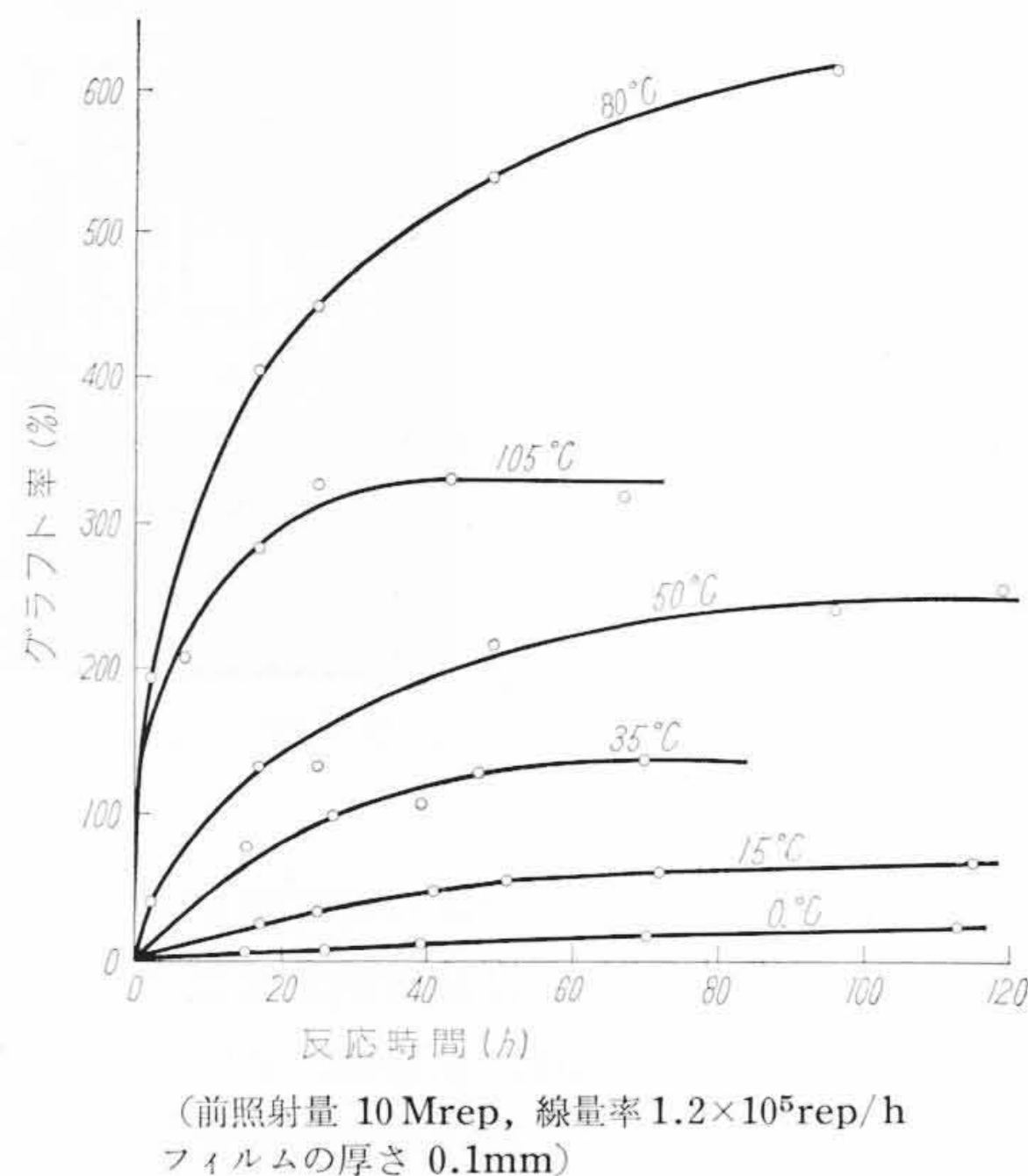
このようにハロゲン GM 計数管は原理的には好ましい面のみ具備しているのであるが、実際には特性劣化の程度は有機ガス封入管に比べ著しい場合が少なからずある。各国のメーカーはこれの対策に苦慮している現状である。

しかしながら日立製作所ではハロゲン GM 計数管が将来 GM の計数管の本命になるものと考え、これの開発研究を重ね、特性劣化の解明と特殊の材料処理方法の開発により安定した性能のハロゲン計数管を試作しうる段階に列達した。

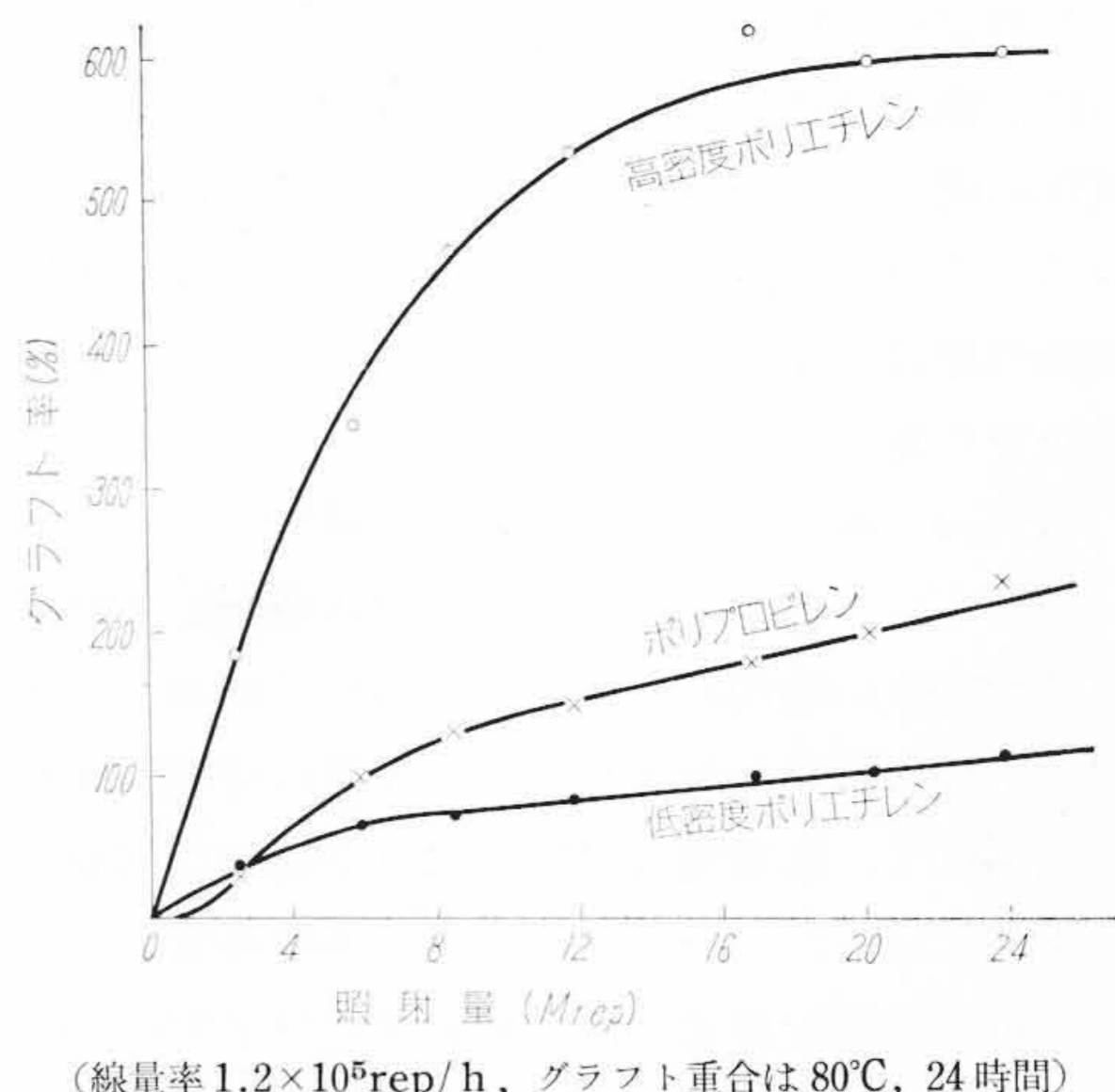
第8図が開発された日立ハロゲン GM 計数管で、 β 線検出用でサーベメータの検出部に使用されるものである。なおハロゲン計数管の性能を向上させるため、研究は続行されている。

29.1.7 前照射法によるポリエチレンのグラフト重合

ポリエチレンにこれと性質の異なる高分子をグラフト重合により接枝すればポリエチレンをいろいろ変性できる。グラフト重合の方法は種々あるが、真空中でポリマーに放射線を照射した場合、生成したラジカルが安定に存在しうらば、これに重合性モノマーを接触させれば容易にグラフト重合物が得られる。結晶領域ではラジカルはかなり安定であるから、この方法は結晶性ポリマーに特に適している。低密度ポリエチレン、高密度ポリエチレン、およびポリプロピレンについてアクリロニトリルのグラフト重合をこの方法により行った結果の一部を第9図に示す。グラフト温度があまり高くなってもグラフト量は減少する。この関係は低密度ポリエチレン、ポリプロピレンでも同じであるが、その温度は高密度ポリエチレン、



第9図 高密度ポリエチレン Marlex-6000 の前照射グラフト重合におけるグラフト温度の影響



第10図 照射量とグラフト量の関係

ポリプロピレン、低密度ポリエチレンの順に低くなる。第10図は照射量とグラフト量の関係を示すものであるが、低密度ポリエチレンおよびポリプロピレンでは短寿命と長寿命のラジカルがあり、ある程度照射量が大きくなると短寿命ラジカルは飽和し、長寿命ラジカルが照射量に比例して徐々に増加するものと思われる。高密度ポリエチレンでは反応温度80°Cでは主として短寿命の活性度の大きいラジカルのみが反応に与り、長寿命で比較的安定なラジカルはさらに高温で反応することがほかの実験からも確かめられている。この図から高密度ポリエチレンの短寿命ラジカルの平均寿命は71時間と推定された。

29.1.8 グラフト重合によるポリエチレンの表面変性

ポリエチレンはその構造式から類推されるように染色性、吸湿性をほとんどもっていない。したがってこれに染色性、吸湿性を付与できれば、繊維、フィルムなどの製品への応用範囲を著しく拡大することができる。当研究室においては放射線によりポリエチレン、ポリプロピレンにグリンジルメタクリレートをグラフト重合することにより自由に、しかも鮮明に染色できることを見出した。たとえばジェタノールアミンをグラフトポリマーと反応させることにより、酸性、分散、直接各染料により染色でき、吸湿性も著しく改善することができた。

29.2 電 力

29.2.1 超臨界圧ボイラの研究

超臨界圧ボイラは臨界圧力 225.65 kg/cm² 以下の蒸気圧力のボイラにみられるような汽水分離のための蒸発部のない強制貫流ボイラで伝熱、流動、給水処理、材料、制御などあらゆる面で問題を蔵している。

(1) 試作超臨界圧ボイラ試験研究設備の紹介

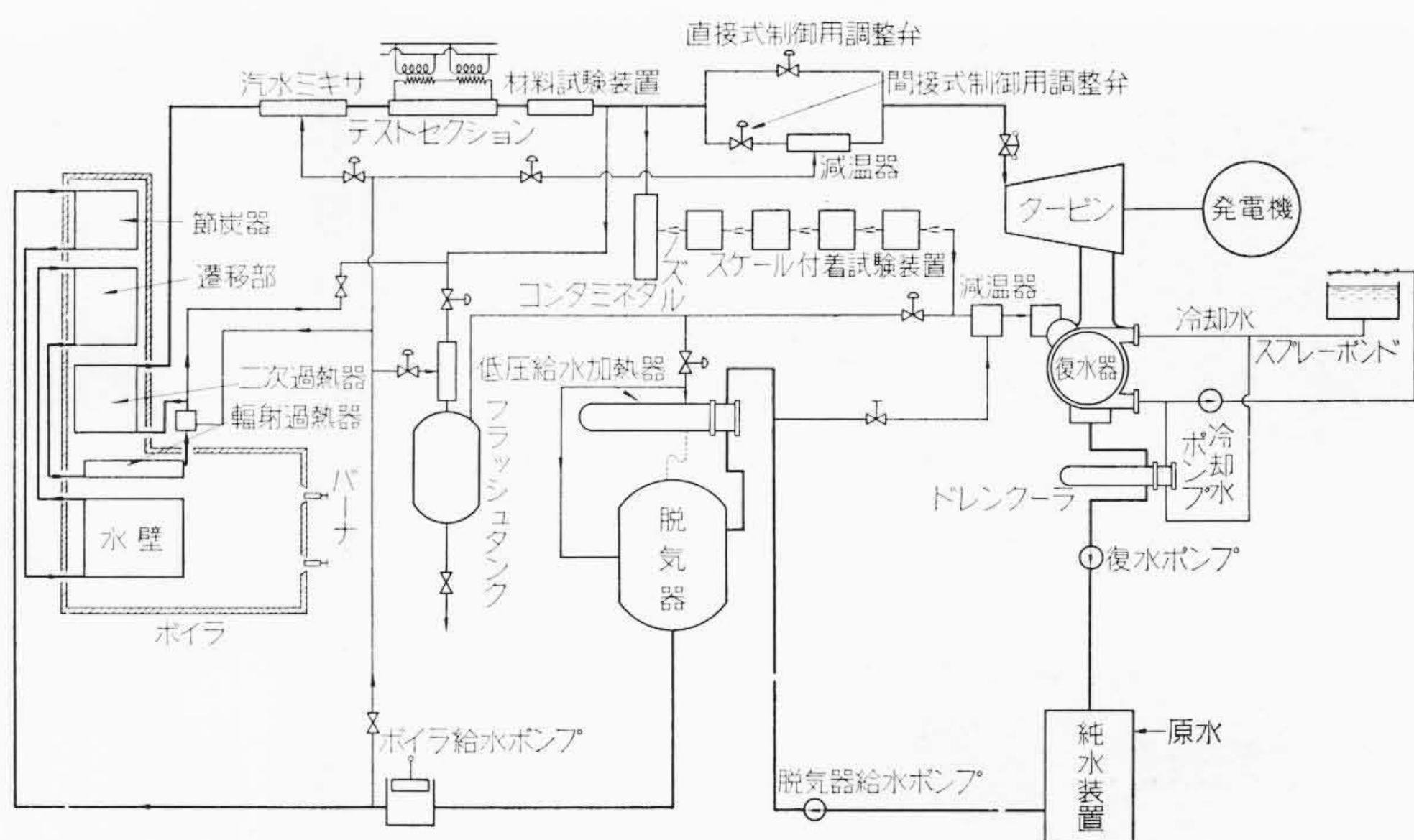
日立製作所では超臨界圧ボイラを開発するために日立研究所に超臨界圧テストプラントを建設し、あらゆる角度から研究を行っている。第11図に超臨界圧テストプラントの系統図を示す。ボイラ給水ポンプを出た給水は2系列対称に配置された節炭器、水壁、遷移部、輻射過熱器、二次過熱器の順で流れる間に過熱されテストセクション、材料試験装置を通り、研究の目的によってそれぞれ減圧弁-制御用調整弁-タービン、スケール付着装置-減温器、減圧弁-フラッシュタンク-減温器の3系統を経て復水器で復水される。第12図に熱伝達率および流動抵抗測定用のテストセクション、第13図に制御用パネルを示す。

(2) 同試験研究設備による超臨界圧ボイラに関する研究の概要

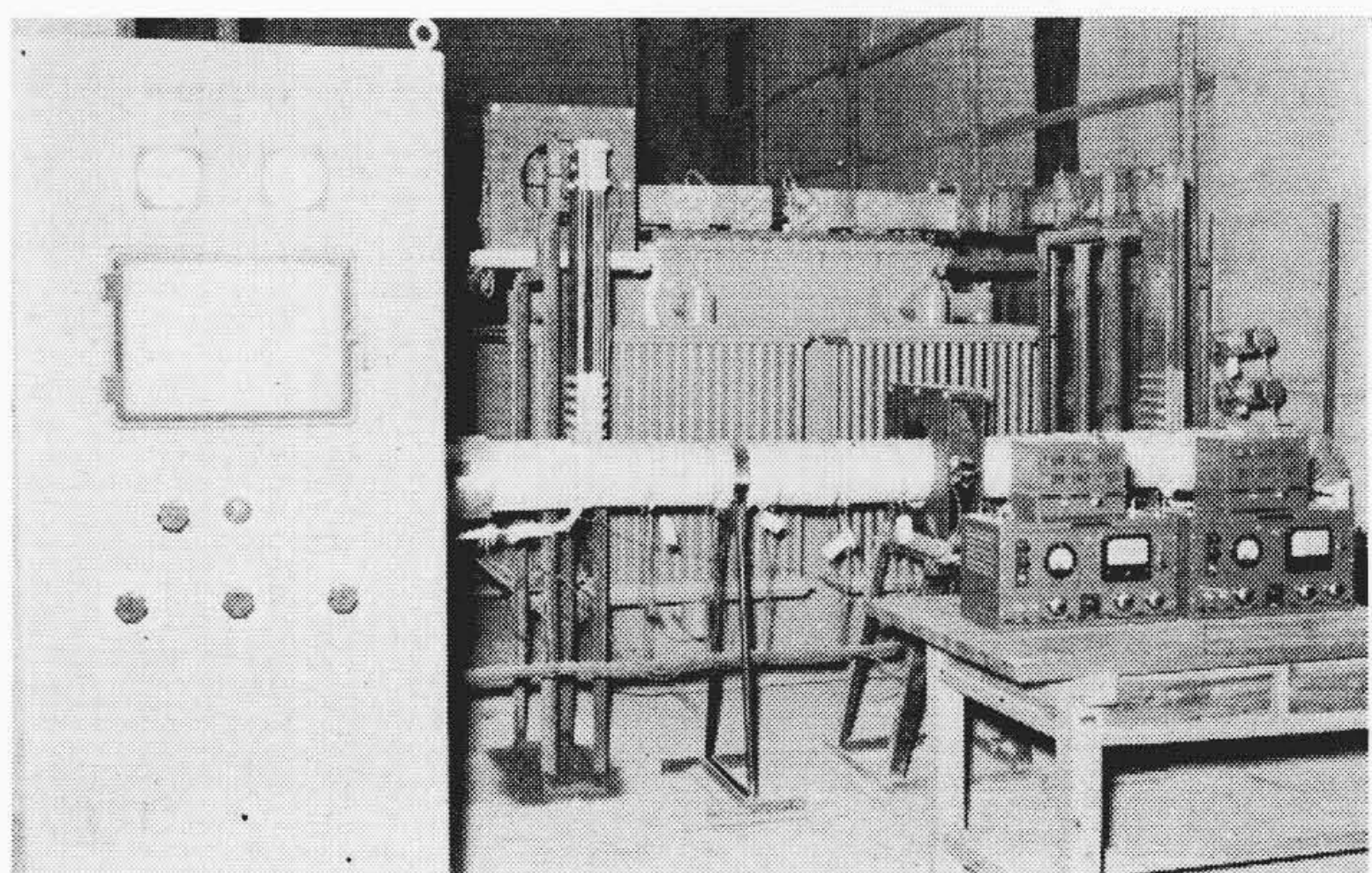
超臨界圧水の流動と伝熱の研究は燃焼室内の伝熱面配置、部分負荷、管内塩は着物などの問題に関連して管内流速選定に必要であり、テストセクション、ボイラ本体によって広範囲の研究が行われている。超臨界圧ボイラは応答が早く、それに相応した制御方式開発の研究としてボイラの動特性を理論的に解析を進めるとともにテストボイラによって検出端の位置、検出量、制御量、操作量の選定を行い、制御方式の確立を期している。そのほか給水処理の制限値、塩の溶解度、蒸気膨脹過程の付着物、超臨界圧力下の腐食、分析および監視計器の開発、耐熱材料の開発など超臨界圧ボイラ開発上そう遇するあらゆる問題の基礎研究および応用研究を超臨界圧プラントで行っている。

29.2.2 サイクロンファーンネスの研究

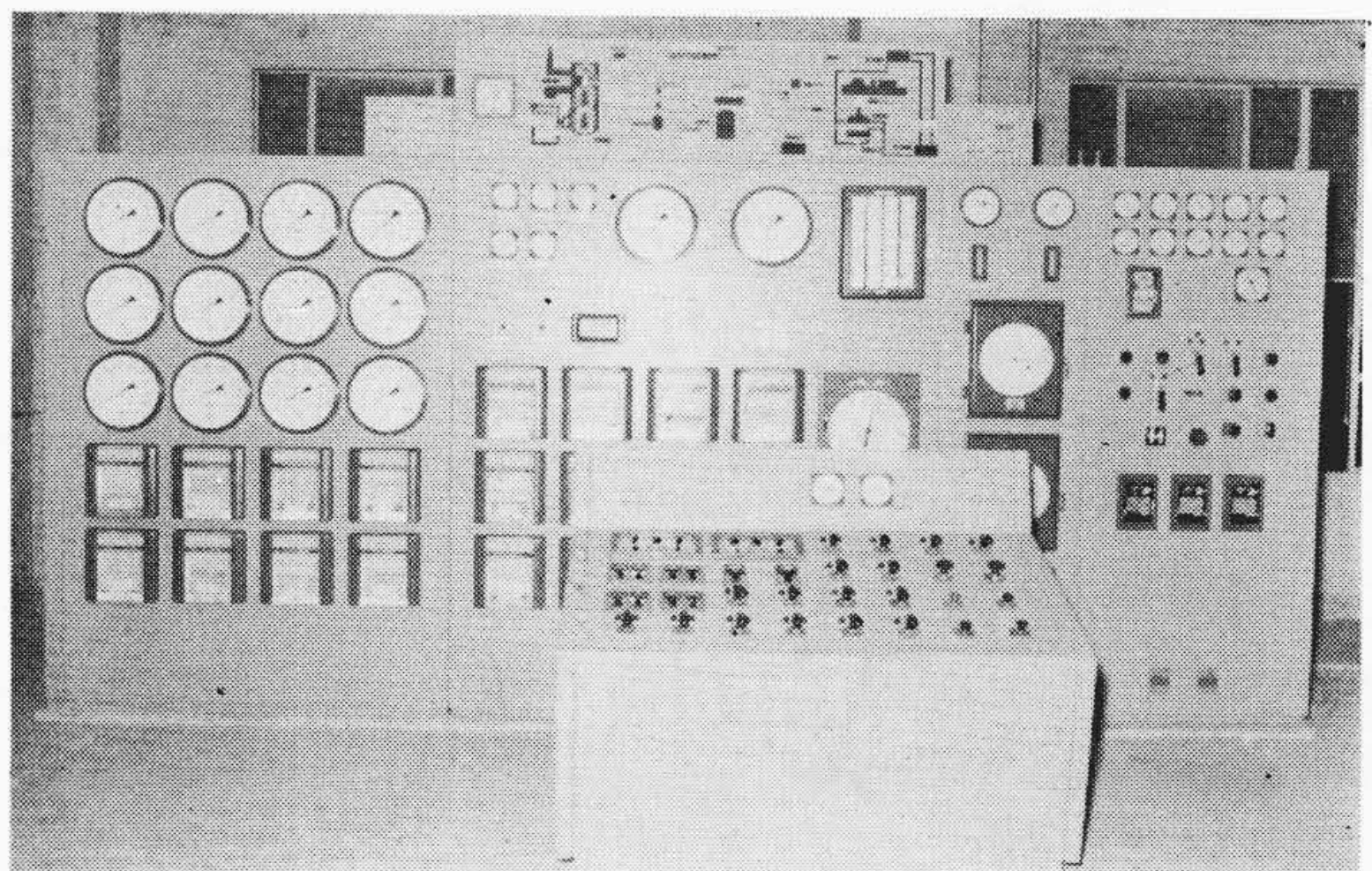
サイクロンファーンネスはスラグタップを高度に発展させた灰熔融燃焼方式の一つとして燃焼効率がよく、灰処理が容易でボイラを小形



第11図 超臨界圧テストプラント系統図



第12図 テストセクション



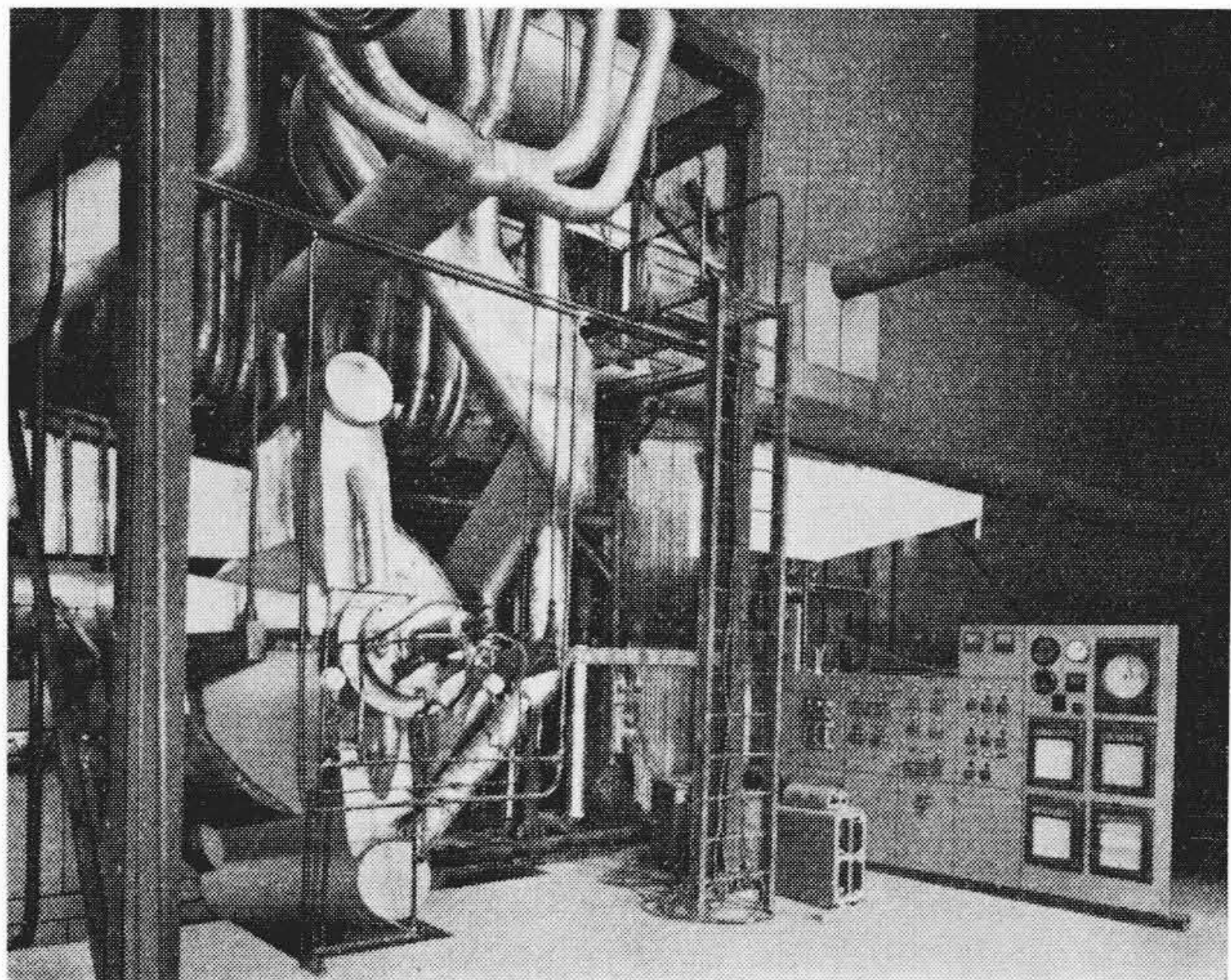
第13図 制御用パネル

軽量化させるなどの利点を備えており、画期的な石炭燃焼法として欧米各国で急速に発達しつつあるとともに、わが国でも最近実用化の段階にあり、日立製作所製作中のものをあわせ2基が近く運転に入らうとしている。この情勢から実際に即した研究が緊要となり、第14図に示す口径5呎（約1,500 mmφ）の大形サイクロンファーンネスを試作し燃焼実験を実施している。

(1) 5呎（口径）大形サイクロンファーンネスの概要

燃焼実験はこれまで口径16吋（約400 mmφ）の小形サイクロン炉にて進めてきたが、実用の大形サイクロンでは小形に比べかなり燃焼状態がよくなるといわれていることから実用機に相当する口径5呎の大形サイクロンファーンネス（第14図）を試作、昭和35年春完成した。

本サイクロンは広範囲の燃料炭を処理できるよう、とくにドイツ式を採用、一、二次空気とともに燃焼室円筒部から切線方向に



第 14 図 燃焼実験用大形 5 呎サイクロンファーンネスの外観

送入する構造で、給炭は間接貯炭方式で燃焼負荷を任意に調節できると同時に二次空気温度を燃焼負荷に関係なく 400°C 以上任意の温度に調節できる独立空気予熱器を備えている。任意の条件で連続実験を行い、その燃焼および灰流動状況の観察もできるので、実際上の燃焼負荷特性を知り、燃料炭の適性を判定することができる。すでに北海道、常磐の数種銘柄炭につき燃焼実験を実施し有用な資料が得られた。

(2) 本サイクロンプラントによる燃焼負荷特性

これまでに実施した低位発熱量 $5,000 \sim 5,500 \text{ kcal/kg}$ の上記数種炭のつき燃焼負荷 50% 程度まで広範囲に燃焼試験を実施した結果、灰の熔融点が $1,450^{\circ}\text{C}$ と高く、かつスラグの流動性の悪い難熔性のものでもほぼ満足すべき結果が得られた。現在さらに性能の向上を期し改良を重ねつつ研究を進めている。

29.2.3 交流計算盤過渡安定度解析装置

昭和 33 年、交流計算盤を設置して以来、電力系統の諸問題の研究に大いに活用されてきているが、その問題中、過渡安定度の計算の占める割合はかなり大きい。

交流計算盤で過渡安定度を計算する場合には、一般に段々法による計算方法が用いられているが、この方法は多大の時間と労力を要する。

このたび、交流計算盤に付加して用い、短時間に電力系統の過渡安定度を自動的に計算することができる、過渡安定度解析装置を完成した。本装置は発電機単位としても用いることができる。

使用周波数は 250 サイクル、基準値は、電圧 100V、電流 100mA、電力 10W、インピーダンス $1,000\Omega$ 、演算時間は 5 分が実時間 1 秒に相当する。単位慣性定数は、基準電力を同期機定格容量より大きくとる場合を考慮して、 $0.4 \sim 12 \text{ s}$ の範囲を連続して整定できる。

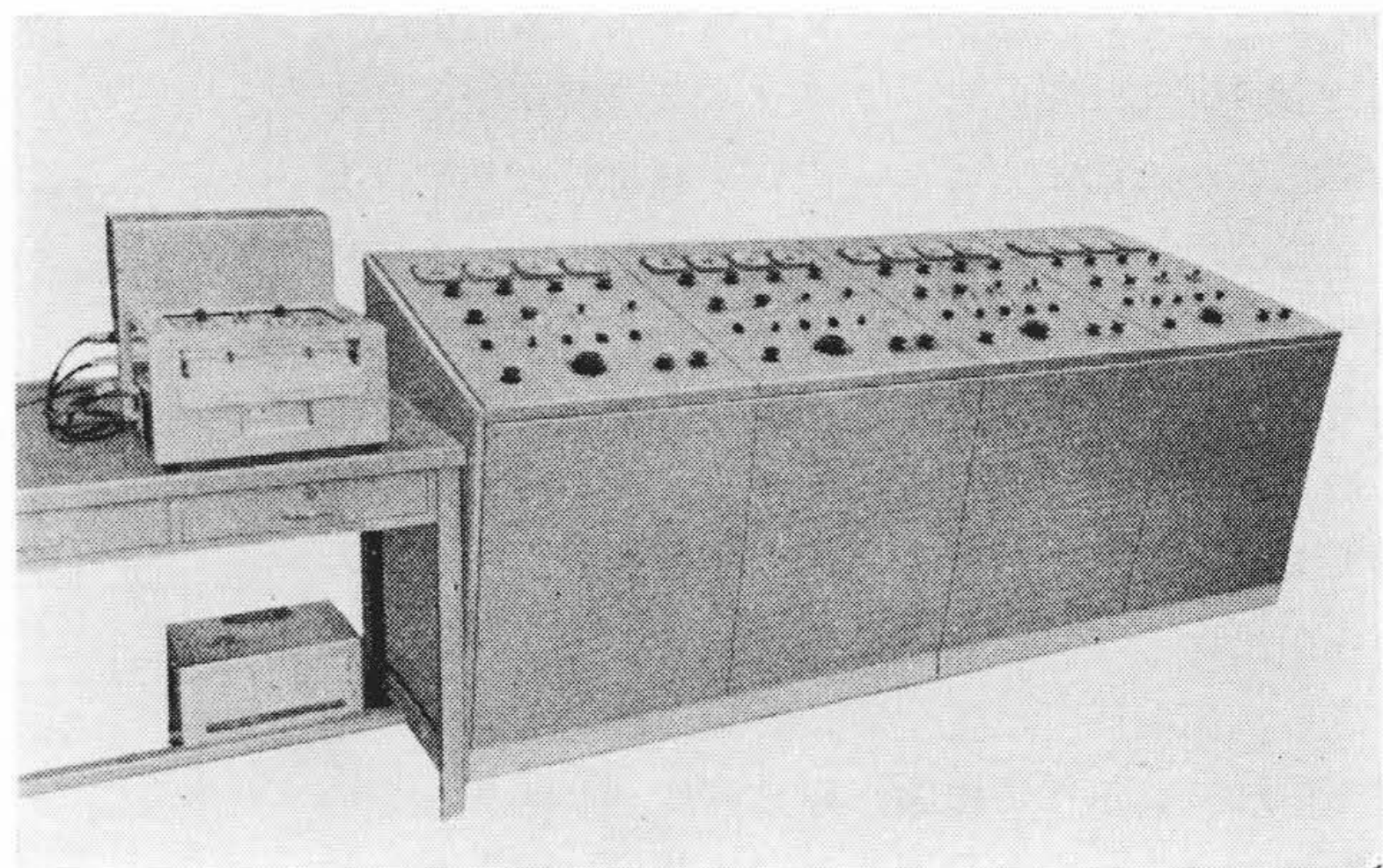
装置は、電力-電圧変換器、積分器 2 段、移相器サーボ機構、時間遅れ補償回路などより成る。

電力-電圧変換器には、自動平衡形計器を用いている。積分器は、前置増幅器、磁気増幅器、マイクロモータ、ポテンシオメータより成る、電気、機械式積分器で満足な性能が得られた。さらに、電力-電圧変換器、移相器サーボ機構に固有な時間遅れを補償するためにループ中に時間遅れ補償回路をそう入して、計算精度の向上を計っている。

この過渡安定度解析装置は、さらに、発電機出力自動整定装置としての機能を備えているので、通常の発電機単位として用いる場合には、希望の出力を自動整定することができる。

29.2.4 圧延機の自動制御

近年鉄鋼生産合理化の線にそって新鋭圧延設備のめざましい発展



第 15 図 過渡安定度解析装置

がみられるが、これを制御機器についてみるときにも従来の装置に対するいくたの改良進歩が具現されており、さらに無接点制御方式や各種の自動運転制御方式などの開発が従来の殻を破った新しい動向として注目される。日立製作所においてもかねてこの方面の研究に大いに力を注ぎ、無接点方式による熱間粗圧延機用急速加減制御装置とカードプログラム自動運転装置、ならびに可逆冷間鋼帯圧延機用自動厚み制御装置などに関して次のような成果をあげている。

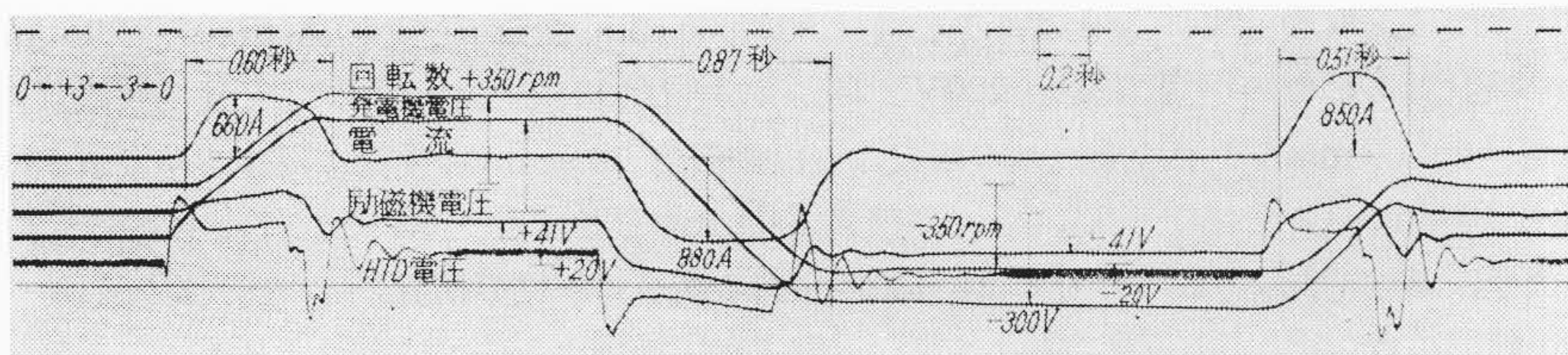
第 16 図はヒタログ、磁気増幅器などの無接点式制御器具を駆使して HTD そのほかの回転機よりなる従来の急速励磁装置の大幅な性能改良を遂行しえた結果を示すオシログラムの一例である。この制御装置は急速加減速理論より導かれた理想的直線加減速を実現するため、新しい加速度制御方式を取り入れたもので、基準速度間逆転制御はもちろん、中間ノッチ間のあらゆる加減速も原理的に直線加速条件を満足する制御系で、従来のコンタクタ式では非常に困難なことをきわめて簡単な装置で実現している。また電動機界磁弱めまで含めた最高速度間の急速加減速制御については、上記の急速励磁系と界磁弱め制御系の関連において必要な動作条件がすべて 1 連の磁気論理要素ヒタログによって満足されているから、常に最短加速条件を満足するような制御動作が行なわれる。これらの制御装置はすべて動作回数に対する寿命を考える必要のない無接点装置であるから、動作ひんばんな圧延設備制御装置に対して最適の新制御方式である。

第 17 図は逆転式粗圧延機用自動運転装置試作機の一部を示すものである。本装置はパンチカード指令によって主圧延電動機、フィードローラ電動機、圧下電動機などの 1 スケジュール間の運転操作を自動的に進めるもので、数百のトランジスタ論理要素（トランジログ）やヒタログ、磁気増幅器などを主要構成分子としている。特にトランジログは従来トランジスタ回路の最も弱点とされていた温度影響に対して慎重な回路検討により、ほとんどトランジスタ自体の限界温度まで特性の変らない回路構成が採られている。また高精度高速応性の要求される自動圧下制御系は全デジタル方式をとり、最適位置決め制御のためデジタル演算装置を利用している。

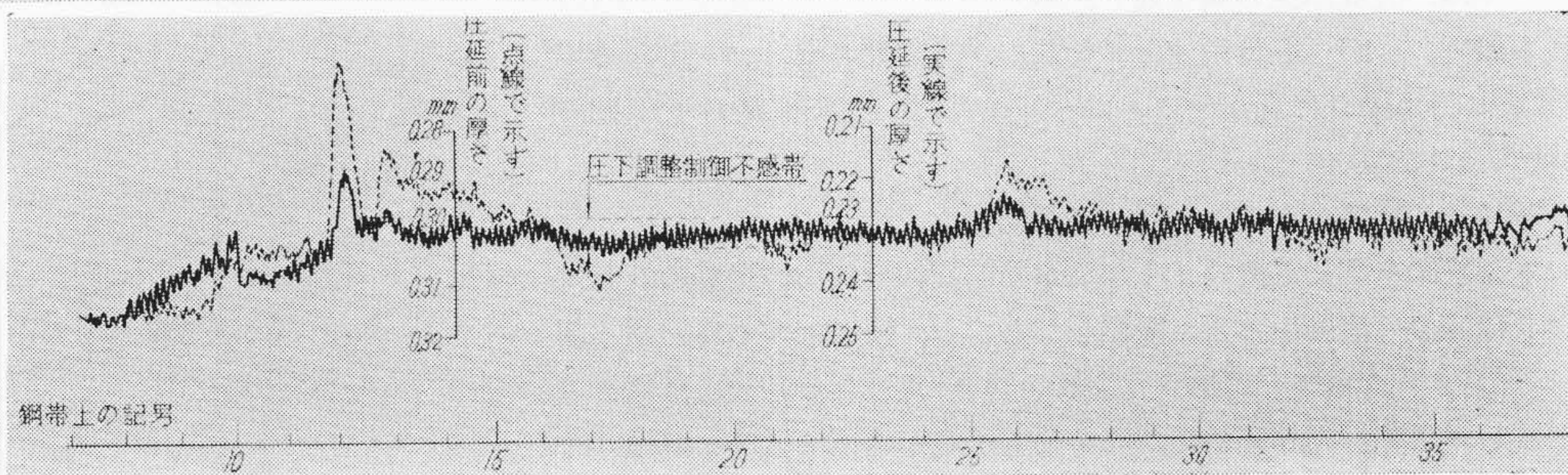
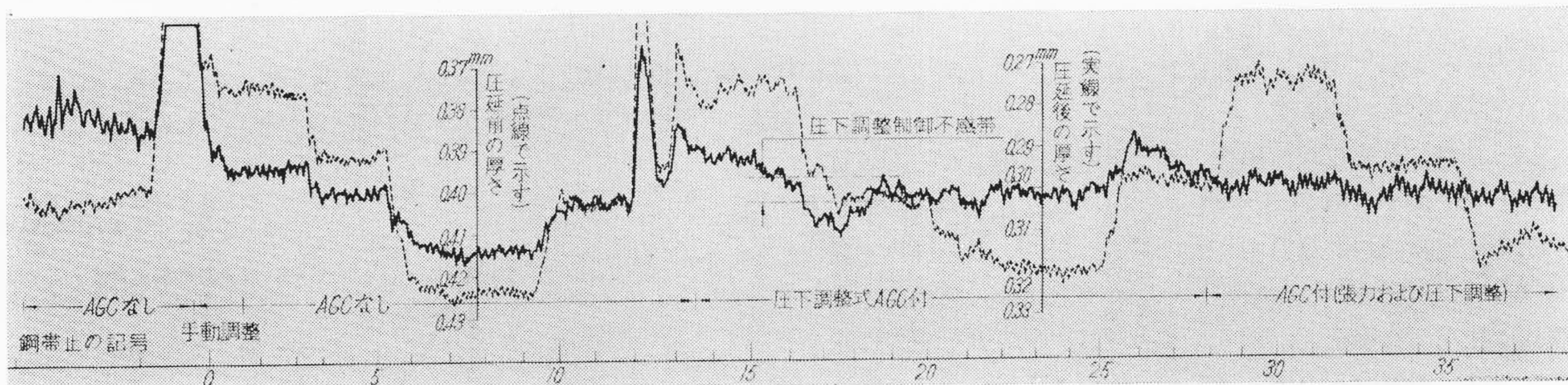
第 18 図は可逆冷間鋼帯圧延機の自動厚み制御装置によって得られた実験結果の一例を示すもので、点線のように故意に大きな厚み変化をつけた素材を本装置を用いた圧延によってほとんど厚み偏差のない良好な板に仕上げられたことが示されている。本自動厚み制御装置は出口側に備えられた β 線厚み計と、入口板厚変動に敏感に反応する圧延圧力変化とを検出部とし、圧下調整、張力調整を複合した自動厚み制御系よりなっている。

29.2.5 車両電動発電機用トランジスタ制御装置

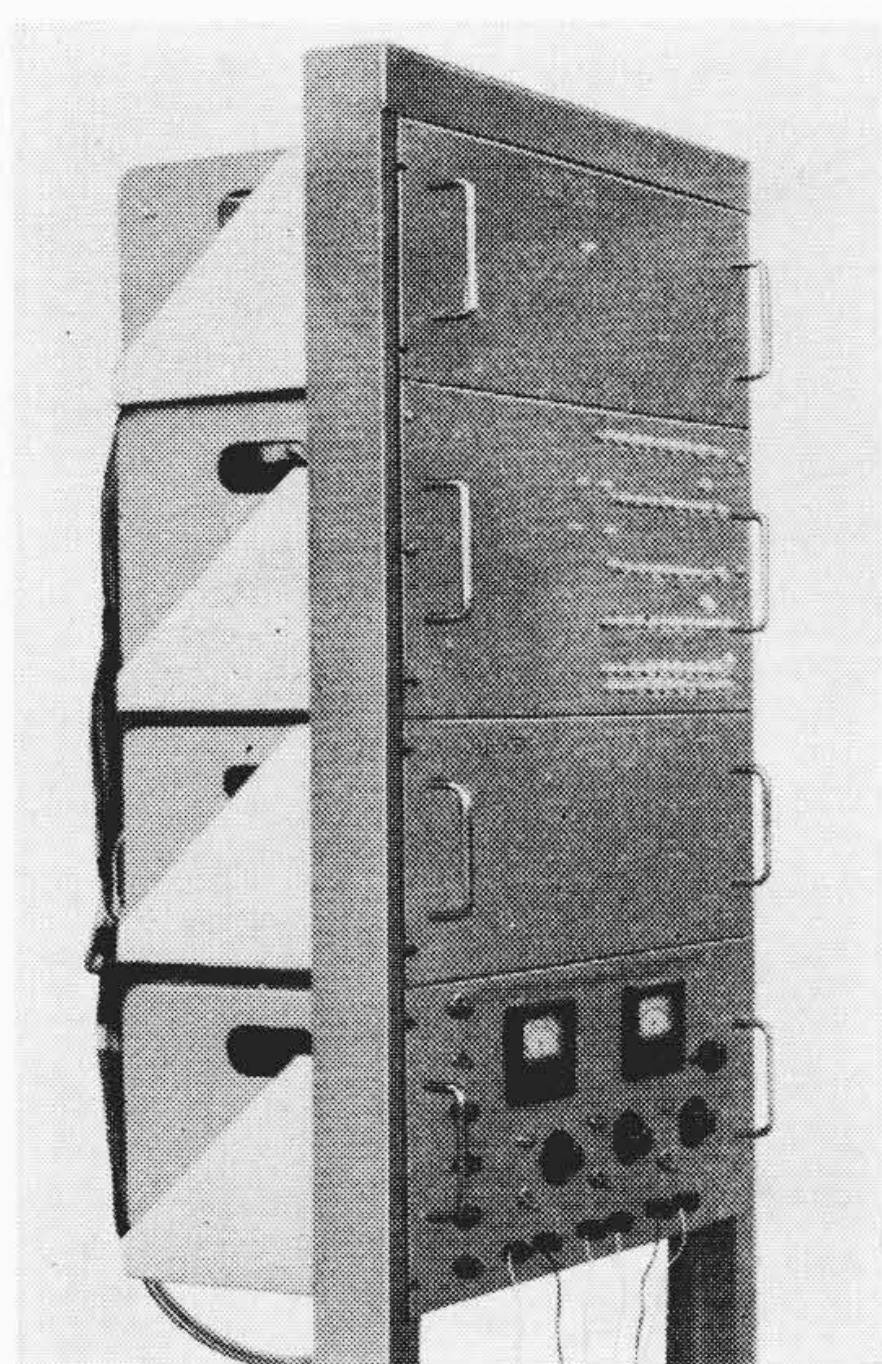
架線電圧は大幅に変動するので、蛍光灯の明るさを一定に保つためには発電機の周波数および電圧を一定にする必要がある。本装置はトランジスタを用いた日立製作所独特の車両電動発電機の制御装



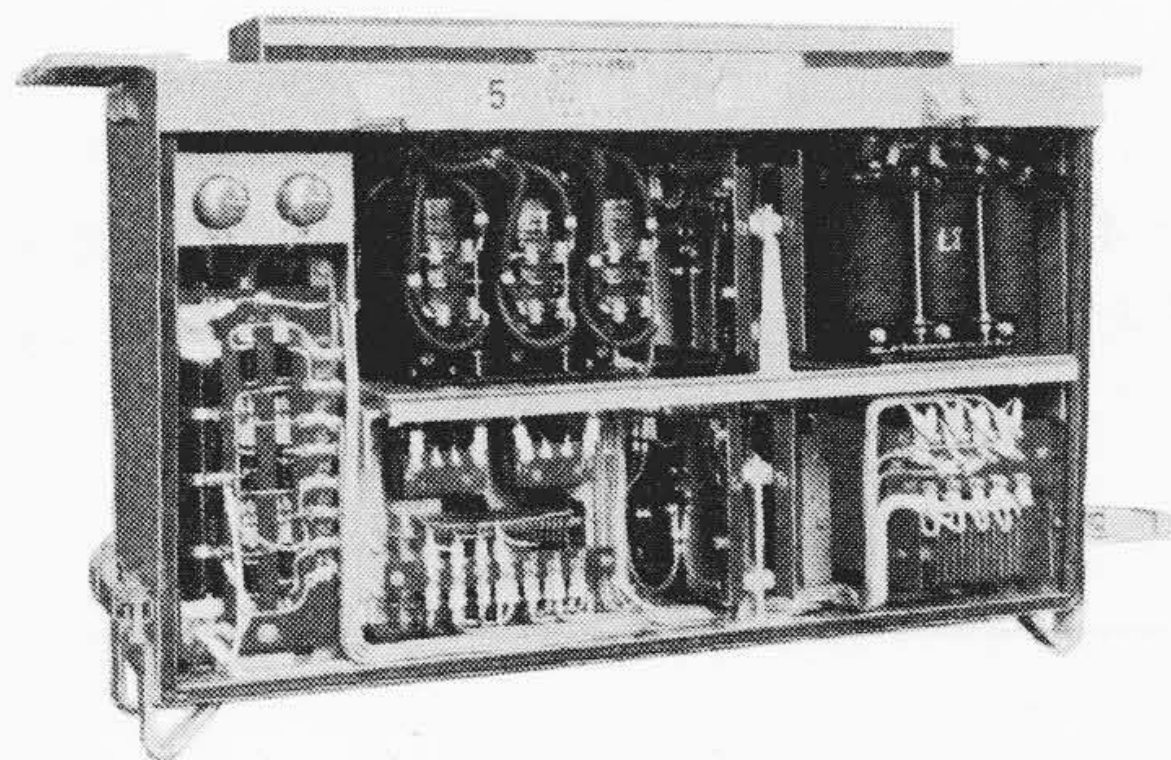
第16図 無接点式急速励磁装置による基準速度間逆転制御のオシログラム



第18図 自動厚み制御実験結果



第17図 プログラム自動運転装置外観



第19図 車両電動発電機トランジスタ制御装置

置である。

架線電圧の大幅な変動(900~1,650V)に対し発電機の周波数変動は±1%以下である。本装置は回路の時定数は小さく、即応性に富み、架線電圧の急変、一時中断などに際しても乱調のおそれのないこと、小形軽量で調整容易なこと、故障皆無で保守の容易なことなど多くのすぐれた特長を有している。

本装置は近畿日本鉄道に納入、昭和34年12月以降同社名古屋線で稼動中であるが、成績きわめて良好で、その快適な照明により好評を博している。第19図は本装置の外観写真である。

29.2.6 マイクロ波による整流表面の測定

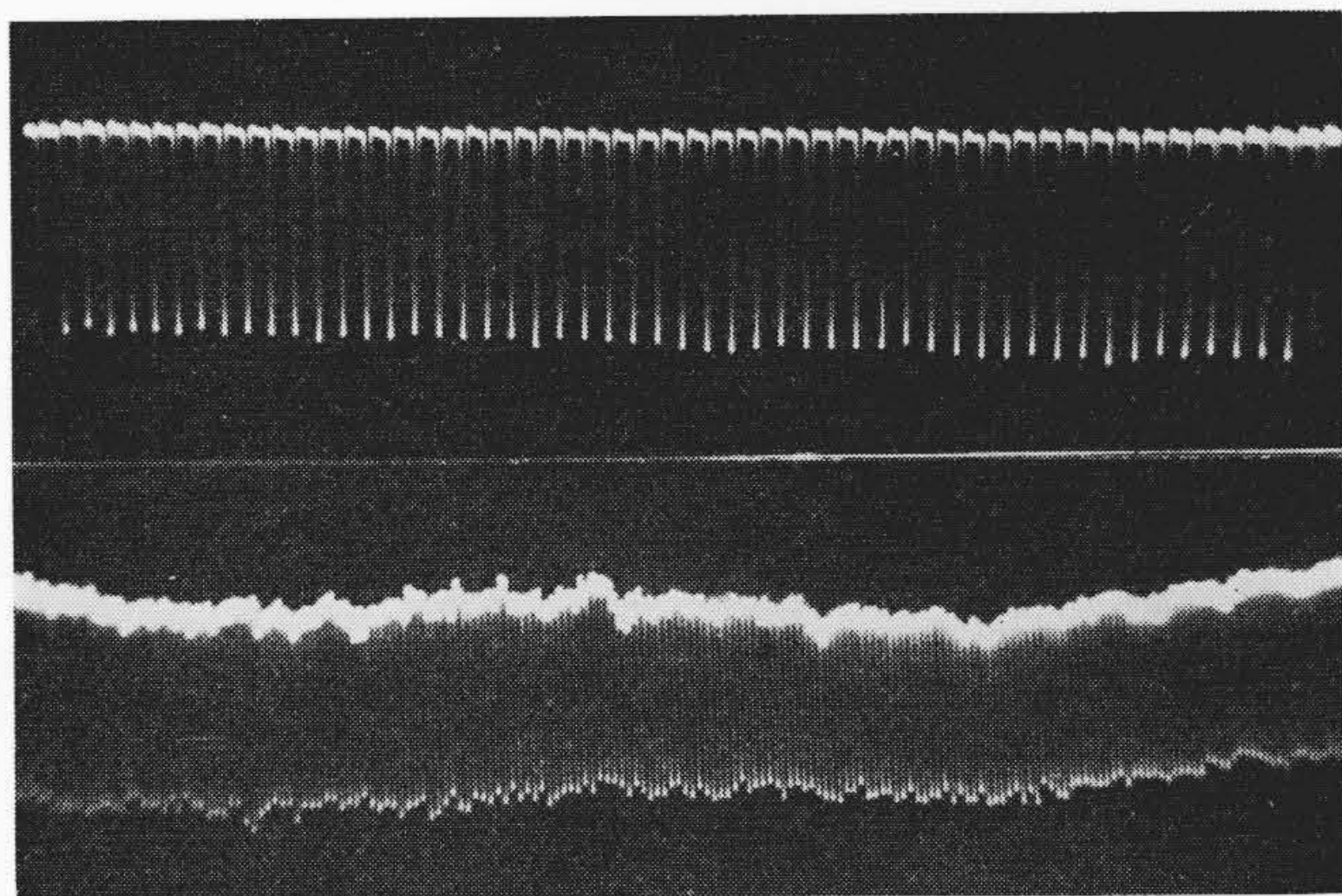
直流機の整流子の工作精度、特に表面の凹凸の程度は整流と密接な関係にあることは容易に想像されるが、どの程度の凹凸なら問題がないかわからなかった。

24,000 Mc のマイクロ波を回転中の整流子表面に輻射して固定した反射面からの反射波と回転体表面からの反射波を合成し、その合成波の振幅を検出することにより回転体表面の偏心ならびに凹凸を0.01mm まで正確に測定できるようになった。

本方法を用いて多数の大形直流機の整流子表面を測定するとともにハイパーと整流の関係について研究を行った結果、整流子表面の凹凸がきわめて整流に影響することがわかった。現在本方法を大形直流機の試験に全面的に採用しているが、工作精度の向上ならびに整流改善に著しい効果をあげている。第20図に測定結果の一例を示す。

29.2.7 回転翼の振動

回転時の翼の固有振動数 f は遠心力の作用により静止時の振動数



(上) 整流子表面良好 (下) 整流子表面不良

第20図 測定例

f_0 より高くなり、一般に遠心力係数を B 、回転角速度を ω とすれば

$$f^2 = f_0^2 + B(\omega/2\pi)^2 \dots\dots\dots (1)$$

なる形で表わされる。 B は翼が取り付けられてあるボスの半径と翼長の比、振動形および翼の形状により異なった値をとる。 B の値は均一断面および特定な変断面の場合は計算上既知であるが、大形タービン翼のような変断面では一般に不明である。本研究は大形タービ

ン翼に対する設計資料をうるため、翼形を幅一定のくさび状とみなし、かかる翼の B について計算と実験から検討した。供試翼として幅 12 mm、長さ 100 mm、根元厚 1.2 mm 一定、先端が 0~1.2 mm のくさび形状鋼板翼各種を用い、ボス半径は 50 mm と 100 mm の 2 種とした。この翼を 1,000、2,000、3,000 rpm の 3 通りに保って電磁石により共振振動せしめ、 f を測定し (1) 式から実験的に B を定めた。一方 B の計算は材料力学的たわみの計算から周知の公式により求め、かくして実験値と計算値を比較することができ、結局次の結論をえた。

(1) 取付角が 0 なる場合、 B は翼厚比が小になると計算値、実験値ともに増す (第 21 図参照)。(2) 翼厚比の減少に対し B の増す割合は実験値が計算値より大である。(3) B の計算で翼たわみを $X=ax^2+bx^3+cx^4$ と仮定し、これを静止翼の実測から求めて計算式に採用した場合と、レイレイの計算法から B を正規に求めた場合とでは、各翼厚比の翼を通じ、誤差は 3% 以下で一致する (第 1 表参照)。(4) 取付角 $\theta \neq 0$ なる均一断面翼の B は $\theta = 0$ なる場合より、 $\sin^2\theta$ だけ低下するという理論式 ($B = 1.558(R/l) + 1.173 - \sin^2\theta$) は実験的に正しい。

29.2.8 電気式ダイヤルゲージの試作

本装置は水車発電機のような低速回転機軸の低周波振動の計測ならびに波形の観測用として開発したもので、検出部、本体、指示部 (ペン書きオシロまたはブラウン管オシロ) よりなる。検出部はダイヤルゲージの可動部分の後端に差動変圧器のダストコアを取付けたもので、差動変圧器の一次コイルには 4,000 c/s の搬送波電圧が加えてある。振動体または低速回転軸などが偏心して回転する場合、ゲージの可動部分をこれらに接触させておくと差動変圧器のダストコアもいっしょに振動し、差動変圧器の二次側より振動周波数により変調された 4,000 c/s 変調波が取り出される。この変調波を増幅器を通して拡大し、さらに整流検波して低周波振動のみを取出しペン書きオシロまたはブラウン管に指示させる。

第 1 表 (a) B の 計 算 値
(たわみを理論計算し、これに基づいて計算した値)

翼 No.	先端厚 h_1	B の 式	備 考 (B の 値)			
			翼 No.	$B(R/l=1.0)$ $(R=100)$	翼 No.	$B(R/l=0.5)$ $(R=50)$
1. 6.	1.2	$1.585(\frac{R}{l})+1.173$	1	2.731	6	1.952
2. 7.	0.9	$1.596(\frac{R}{l})+1.198$	2	2.794	7	1.996
3. 8.	0.6	$1.652(\frac{R}{l})+1.232$	3	2.884	8	2.058
4. 9.	0.3	$1.749(\frac{R}{l})+1.280$	4	3.029	9	2.155
5. 10.	0	$2.000(\frac{R}{l})+1.333$	5	3.333	10	2.333

第 1 表 (b) B の 計 算 値 (静止時の振動振幅を実測し、これに基づいて計算した値)

翼*			B の 式	翼			B の 式	平 均 B の 式	備 考 (Bの値)			
No.	先端厚 h ₁	ボス半径 R		No.	先端厚 h ₁	ガス半径 R			R/l=1.0	R/l=0.5		
										No.	B	No.
1	1.2	100	$1.547\left(\frac{R}{l}\right)+1.154$	6	1.2	50	$1.551\left(\frac{R}{l}\right)+1.163$	$1.549\left(\frac{R}{l}\right)+1.159$	1	2.708	6	1.934
2	0.9	100	$1.156\left(\frac{R}{l}\right)+1.158$	7	0.9	50	$1.599\left(\frac{R}{l}\right)+1.193$	$1.582\left(\frac{R}{l}\right)+1.176$	2	2.758	7	1.967
3	0.6	100	$1.610\left(\frac{R}{l}\right)+1.173$	8	0.6	50	$1.678\left(\frac{R}{l}\right)+1.220$	$1.644\left(\frac{R}{l}\right)+1.220$	3	2.864	8	2.042
4	0.3	100	$1.692\left(\frac{R}{l}\right)+1.228$	9	0.3	50	$1.796\left(\frac{R}{l}\right)+1.285$	$1.744\left(\frac{R}{l}\right)+1.285$	4	3.029	9	2.157
5	0.0	100	$2.026\left(\frac{R}{l}\right)+1.399$	10	0.0	50	$1.969\left(\frac{R}{l}\right)+1.403$	$1.998\left(\frac{R}{l}\right)+1.403$	5	3.401	10	2.402

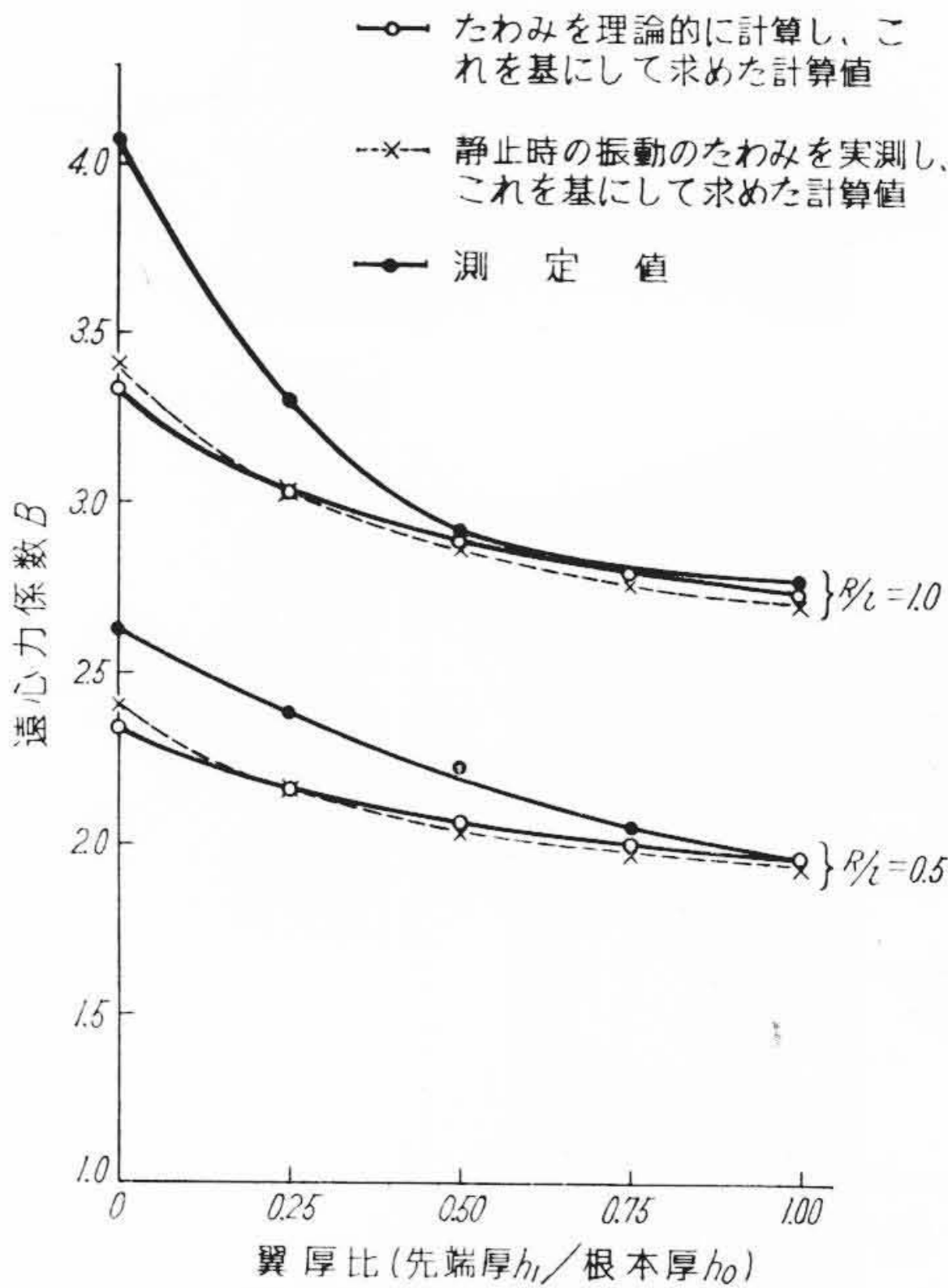
注： 1. 翼長はすべて $l=100$ mm、翼根元厚はすべて 1.2 mm
2. 平均 B は $B=B_1(\frac{R}{l})+B_2$ として B_1, B_2 は同一寸法の翼 (h_1 の等しい No.1 と No.6……No.5 と No.10) について別々に平均したものである。

測定可能振動数は 50~600 rpm、測定可能全振幅は 0.01~1.0 mm、電源変動 100 V $\pm$ 10% に対する指示誤差は $\pm 1\%$ で検出部取付台 (不動点) の緩慢なる振動振幅 ± 0.5 mm の変動に対する指示誤差は $\pm 1.5\%$ である。第 22 図は試作した装置で、第 23 図は測定例を示す。

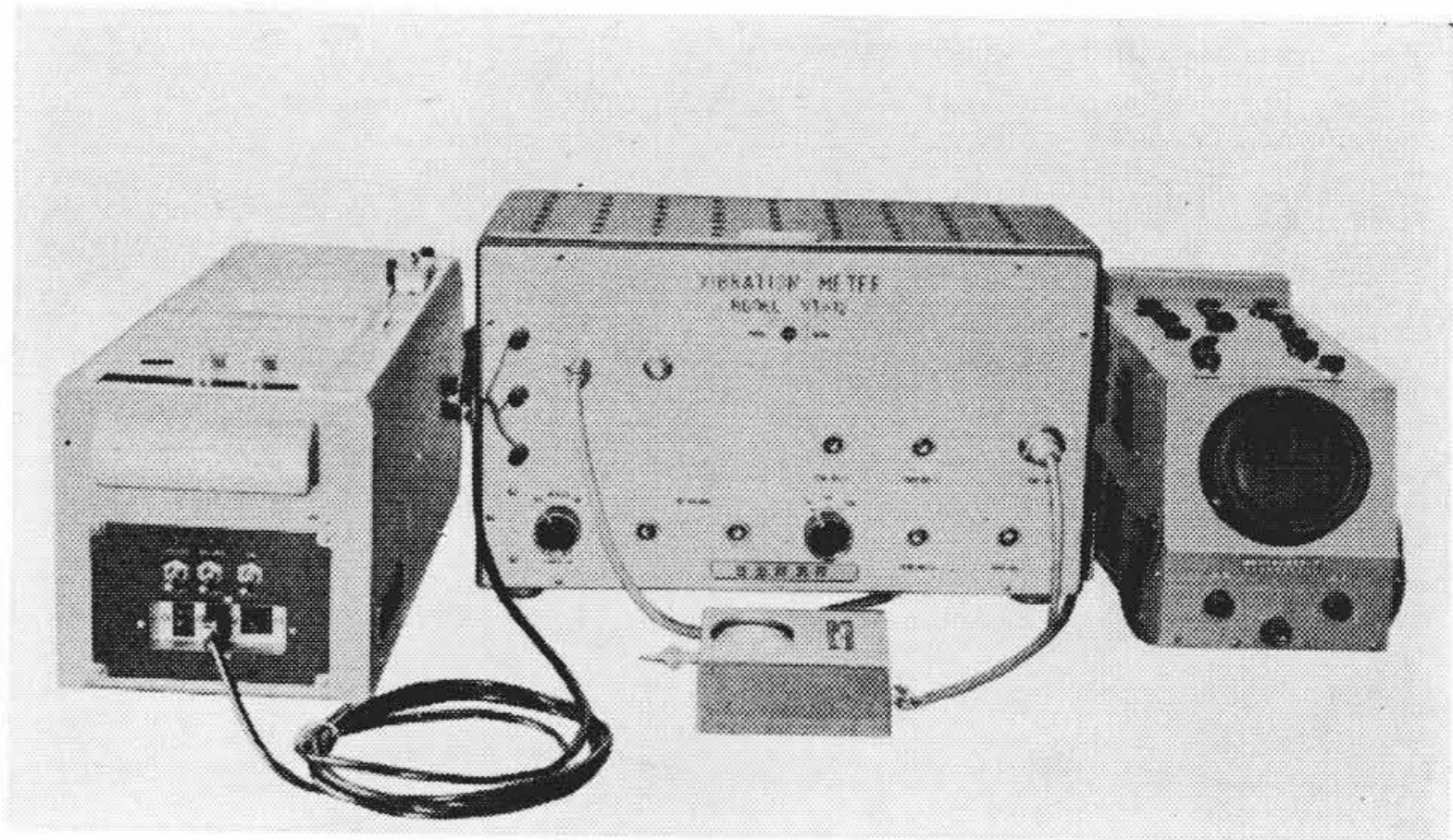
29.2.9 固体絶縁材料の耐コロナ性の研究

発電機コイルなど乾式高压絶縁においてはコロナ放電による絶縁の劣化は熱劣化とともに重要な問題である。近年機器の高電圧化に伴い特にコロナ劣化が重要視されるに至った。

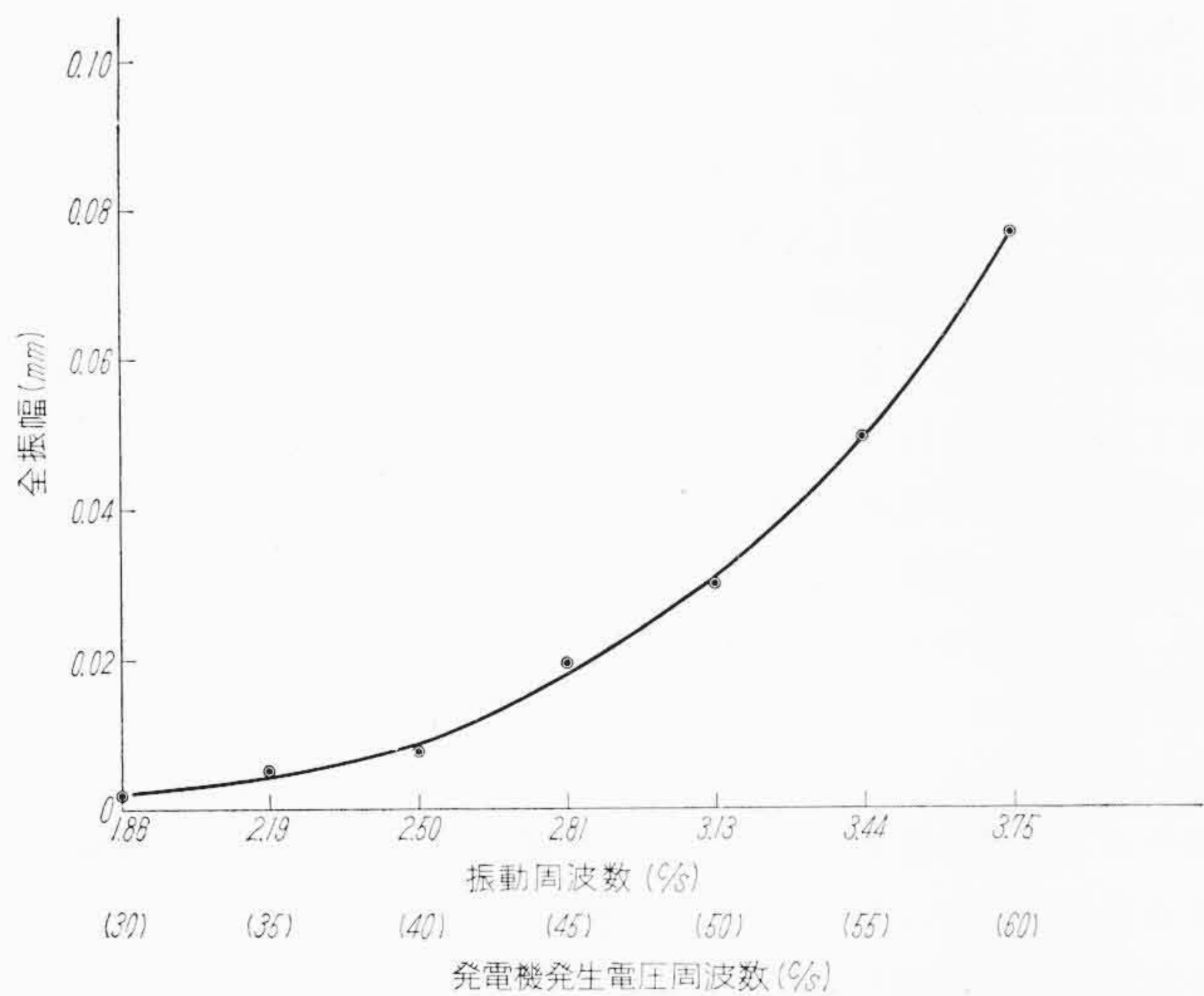
コロナ劣化の試験法はすでに種々のものが発長されているが、わ



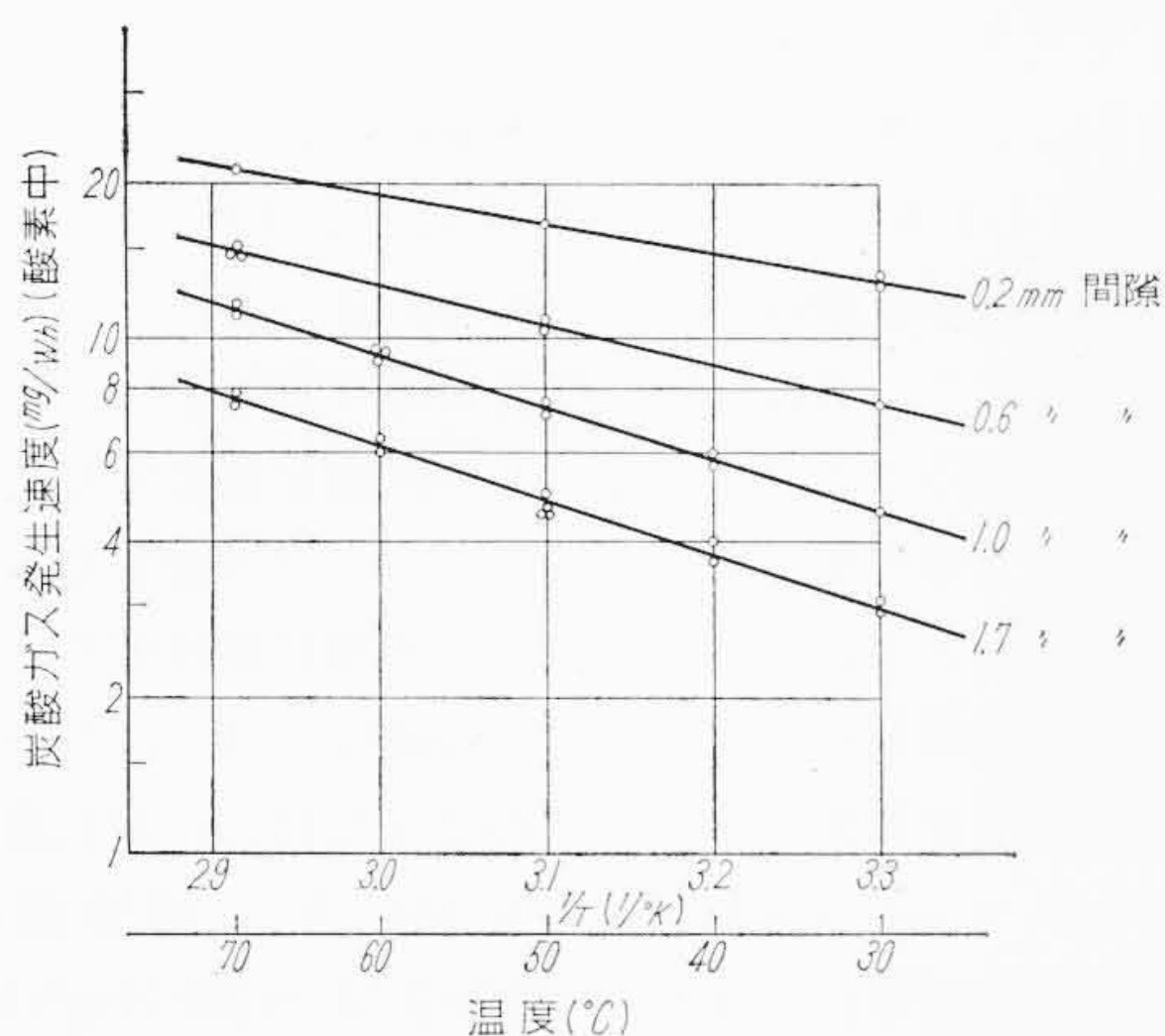
第 21 図 翼厚比と遠心力係数の関係



第 22 図 電気式ダイヤルゲージの外観



第23図 御母衣発電所用水車発電機の振動測定例

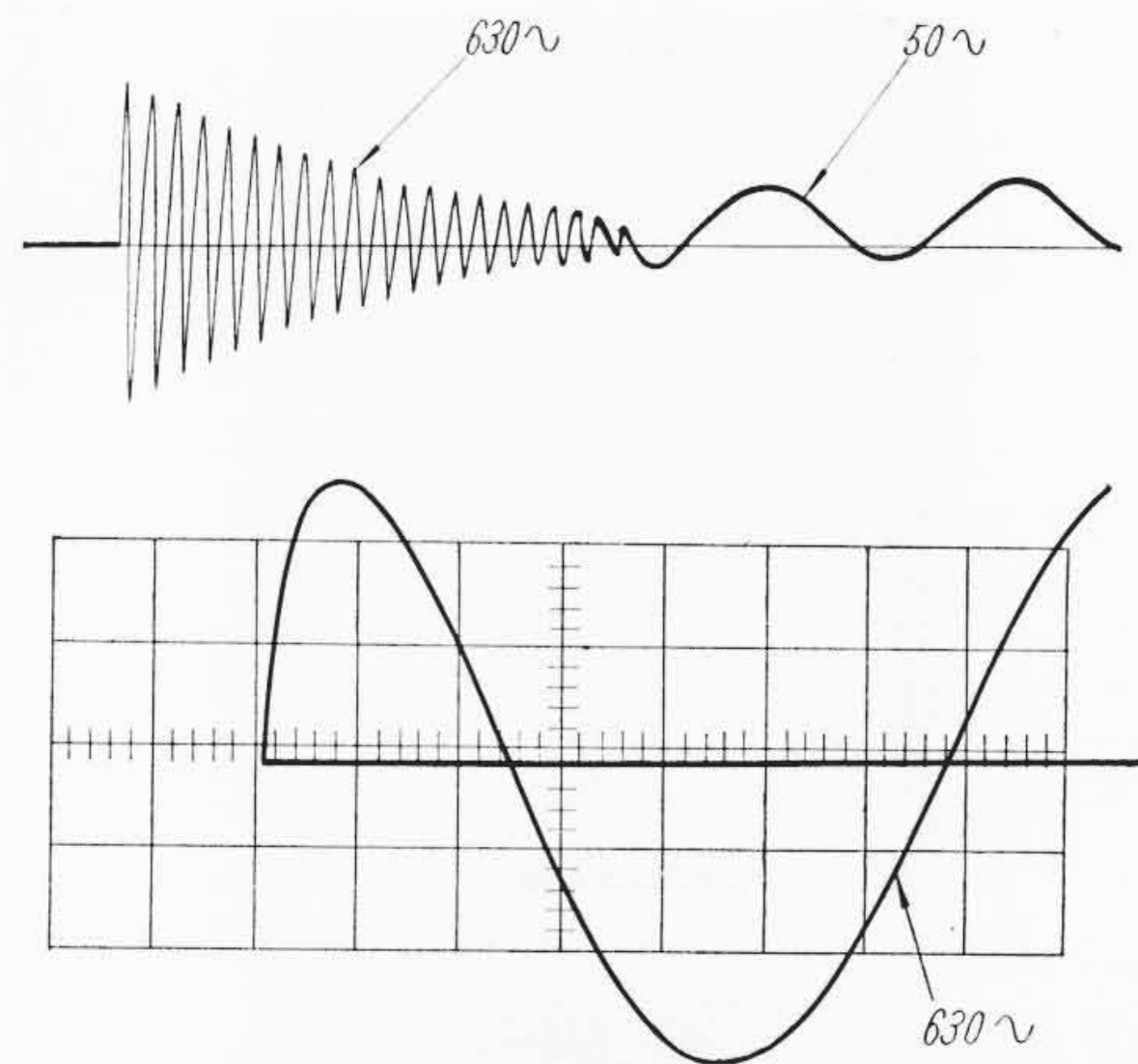


(発生ガスは炭酸ガスと水であり、炭酸ガス量は消耗量に比例する)
第24図 マイラの酸素中放電による炭酸ガス発生速度温度特性

われわれはIECの方法を改良した非破壊試験によりコロナ劣化進展状況について検討し、また種々の電極構成により破壊までの寿命特性を検討してコロナ劣化機構を解明し、同時に耐コロナ性のすぐれた絶縁方式をうる基本的な方法を明らかにすることができた。

絶縁物が平等電界下でコロナ放電をうけると最初は表面から均一な消耗が起り、ついで表面があればはじめ消耗は不均一かつ局部消耗に移行し、侵食孔中にエネルギー密度の集中、電界集中が起り絶縁破壊に至るものである。ここで時間的には寿命の大部分は均一消耗の過程で占められ、またこの過程は酸素の存在下では一種の酸化である。均一消耗に対する温度、間隙長の効果の一例は第24図に示すとおりである。これに対し局部消耗では酸化よりもイオン、電子の衝撃作用が重要な役割を果すこととなる。したがって耐コロナ性を向上させるためには均一消耗の速度を小さくすると同時に、均一消耗から不均一消耗への移行を遅くすることが必要である。消耗形成の移行については、たとえばある程度の湿気が存在すれば表面抵抗の低下が起り、くぼみへの衝突エネルギーの集中が起りにくく、均一消耗過程が長くなり結局寿命が長くなるなどのことが経験されている。

実用的に耐コロナ性を向上させるには耐熱性、機械的特性のすぐれた無溶剤ワニスを用い、ボイドの発生をできるだけ少なくすると同時に、ボイドを外部から孤立させてコロナ劣化速度を遅くし、またマイカなどの無機質と樹脂をできるだけうすく交互に重なるような状態として侵食孔がのびるのを阻止すれば耐コロナ性のすぐれた絶縁が得られる。このようにして得られた絶縁では30年の寿命を期待することは容易である。



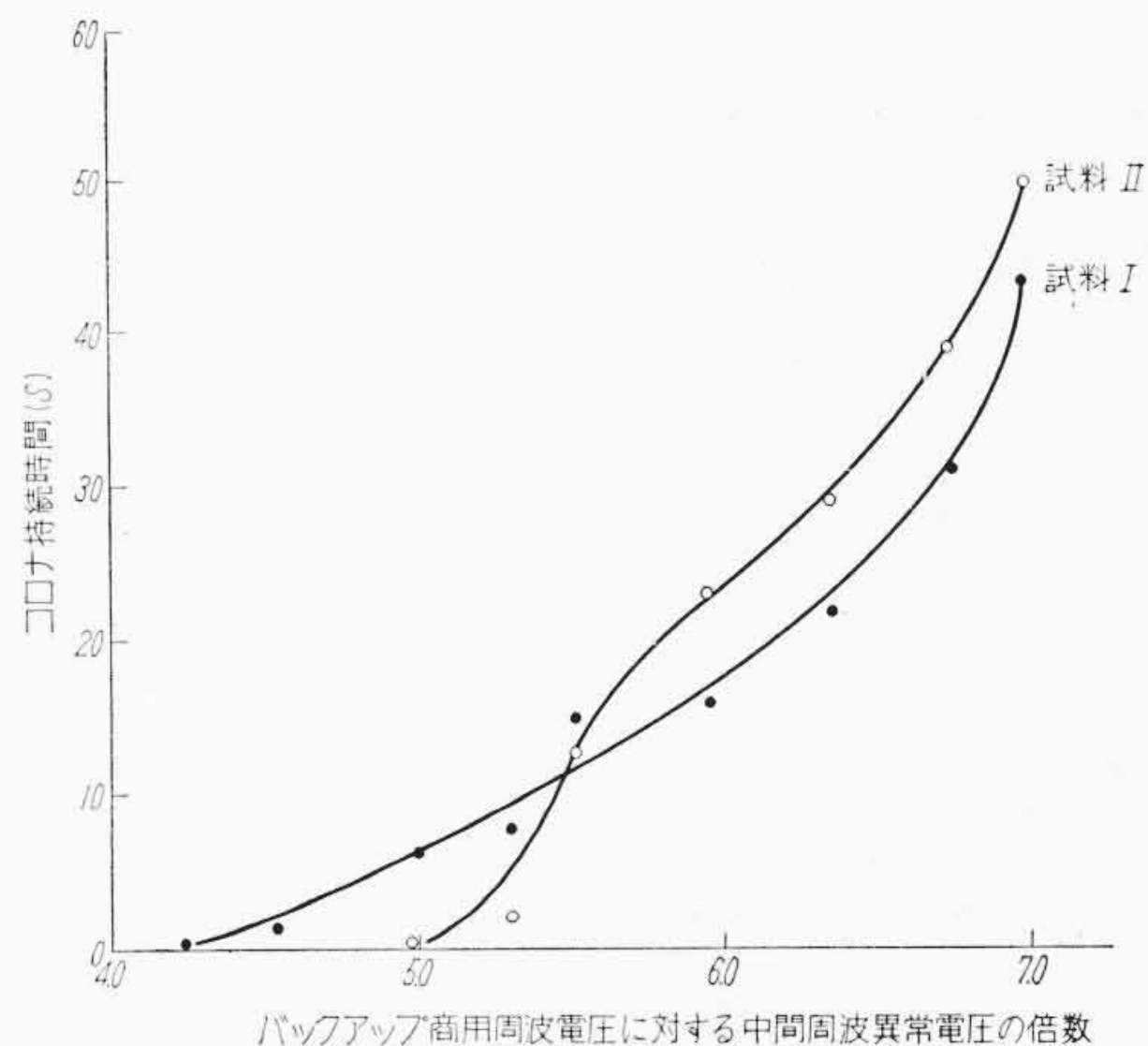
第25図 開閉サージコロナ試験において試料に印加した電圧波形 (上図), (下図は初期の電圧波形を拡大して示したもの)

29.2.10 油浸紙絶縁の開閉サージコロナの研究

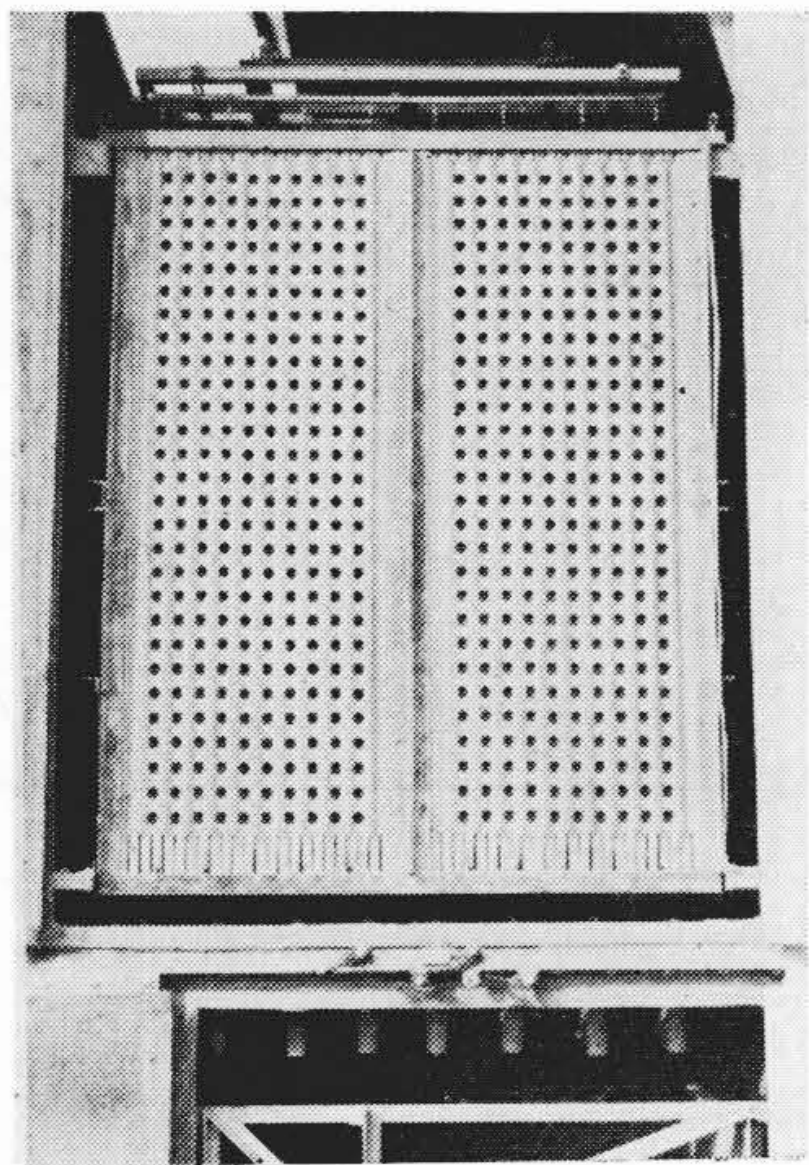
電気機器の高電圧化、小形化に伴い、絶縁物の使用電界強度が高められる傾向にあるが、このとき寿命の点で関心をもたなければならない重要な問題の一つはコロナ放電である。絶縁材料が気体中でコロナ放電を受ける場合の消耗については種々検討が進められ劣化機構の一端が明らかになりつつあるが、ここでは油浸紙絶縁のコロナ問題に対して行った研究の概要を述べる。

コンデンサ、変圧器、ケーブルなどの油浸紙絶縁においては運転電圧の数倍まではコロナを発生しない。したがってコロナ劣化を受ける機会は開閉サージあるいは電撃などによって機器に侵入する中間周波の異常電圧がコロナを発生するような波高値に達した場合である。油浸紙絶縁においては乾式絶縁の場合と異なり、いったんコロナを発生すると油中に気泡を生じ、この中で放電が持続されるため、印加電圧を相当低下してもコロナ放電が続く特長をもっている。これらの事実に基づき、コロナ問題に対して油浸紙絶縁の寿命を考える場合には、中間周波の異常電圧を印加したあと、引続いて商用周波の運転電圧を印加してコロナ発生の有無、コロナ持続時間などを測定して検討するのが、もっとも実情に即したものとなることを知った。

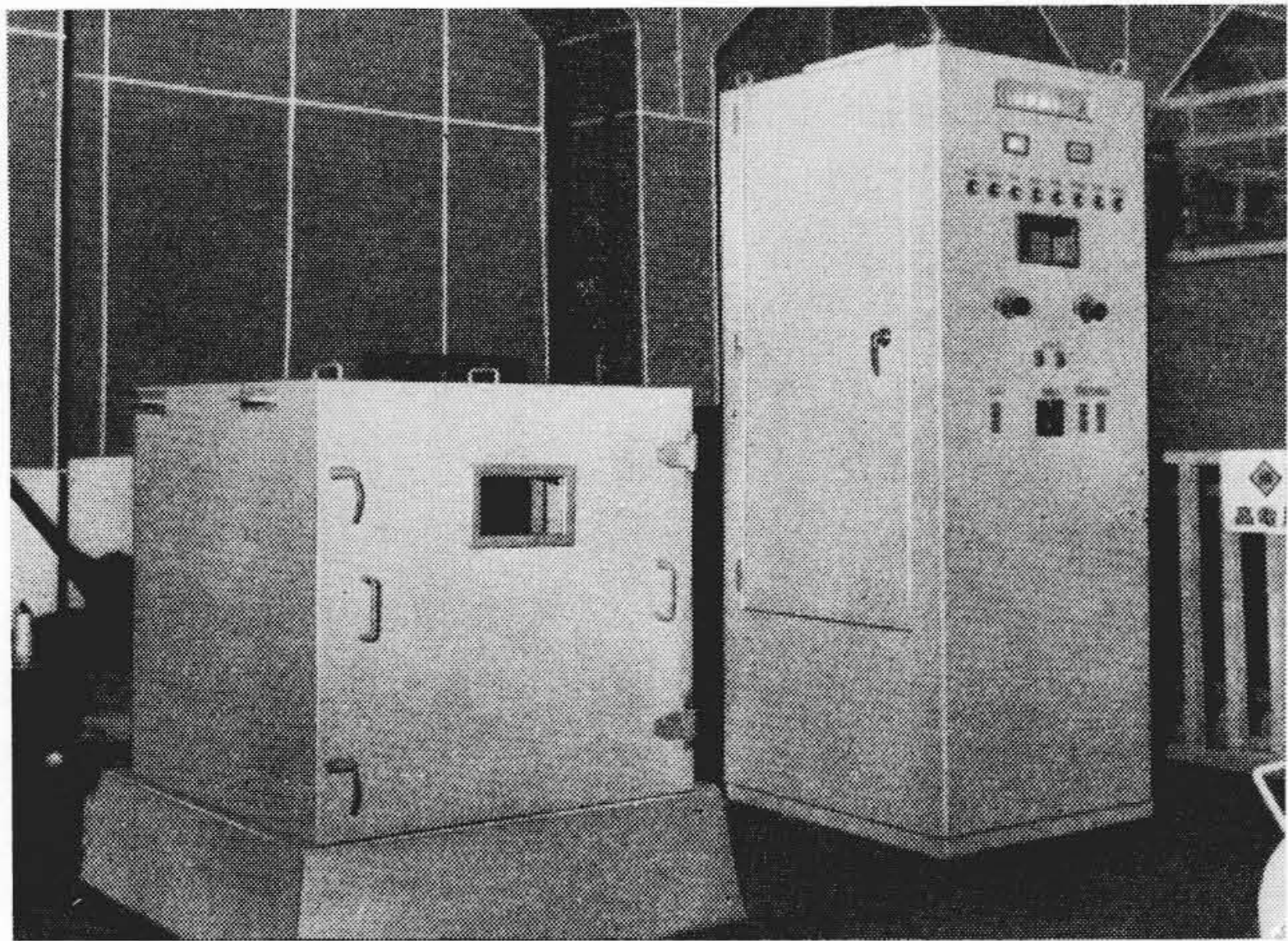
この新しく開発した開閉サージコロナ試験法による電圧波形の一例は第25図のようなものであり、これによって測定した一例を第26図に示した。絶縁構成の異なる2種類のコンデンサ形のモデル試料について、商用周波電圧を一定にして中間周波電圧を逐次高くしたときの、商用周波電圧に対する倍数とコロナ持続時間の関係を示したものである。試料Ⅱは絶縁厚さをⅠよりも約3割薄くしてある



第26図 コンデンサ形油浸紙試料の異常電圧-コロナ持続時間特性



第27図 波形多孔ポケット式集じん極



第28図 電磁つち打装置操作盤

がコロナ特性を改善した構造のもので、異常電圧によりコロナを発生し始める電圧が高くなっていることがわかる。またコロナ持続時間は絶縁油のガス吸収能力と密接な関係をもっていることも明らかになった。かかる試験法によって、絶縁材料の選定、絶縁処理の適否の判定、絶縁構成ならびに導体構造の検討などに役立てている。

29.2.11 高性能電気集じん装置の研究

電気集じん器は現象的に非常に不安定なコロナ放電と煙霧体を対象とし、またこれが多種多様である。したがって、高性能で安定な電気集じん器をうるには、これらの電気集じん現象と集じん極、放電極、つち打装置、直流高圧電源の保護、制御などとの関係を総合的にはあくして実験的研究を進めねばならない。得られた成果の概要は次のようである。

(1) 波形多孔ポケット式集じん極

第27図のように波形の流体力学的なダスト再飛散防止効果に加えて、電極の多数の円孔を通して電界が二重電極内にも浸透しているために、再飛散ダストをこの円孔から二重電極内に静電力で確実に封じ込める静電的再飛散防止効果をもたせたことを特長としている。従来の集じん極の集じん特性と比較すれば、同一運転条件で等集じん率をうるのにその集じん容積を約20～30%も縮小しうる。

(2) 電磁つち打装置

集じんダストを再飛散させずに集じん極からはく離してホップに収容することは重要な集じん操作の一つである。このためにダストの含じん量とその性質およびガス状態などに応じて適度の衝撃振動とひん度を選択して電極群に与えられる電磁つち打装置が研究、製品化された。第28図はこの操作盤の外観を示したもの

である。

(3) HAC 制御方式

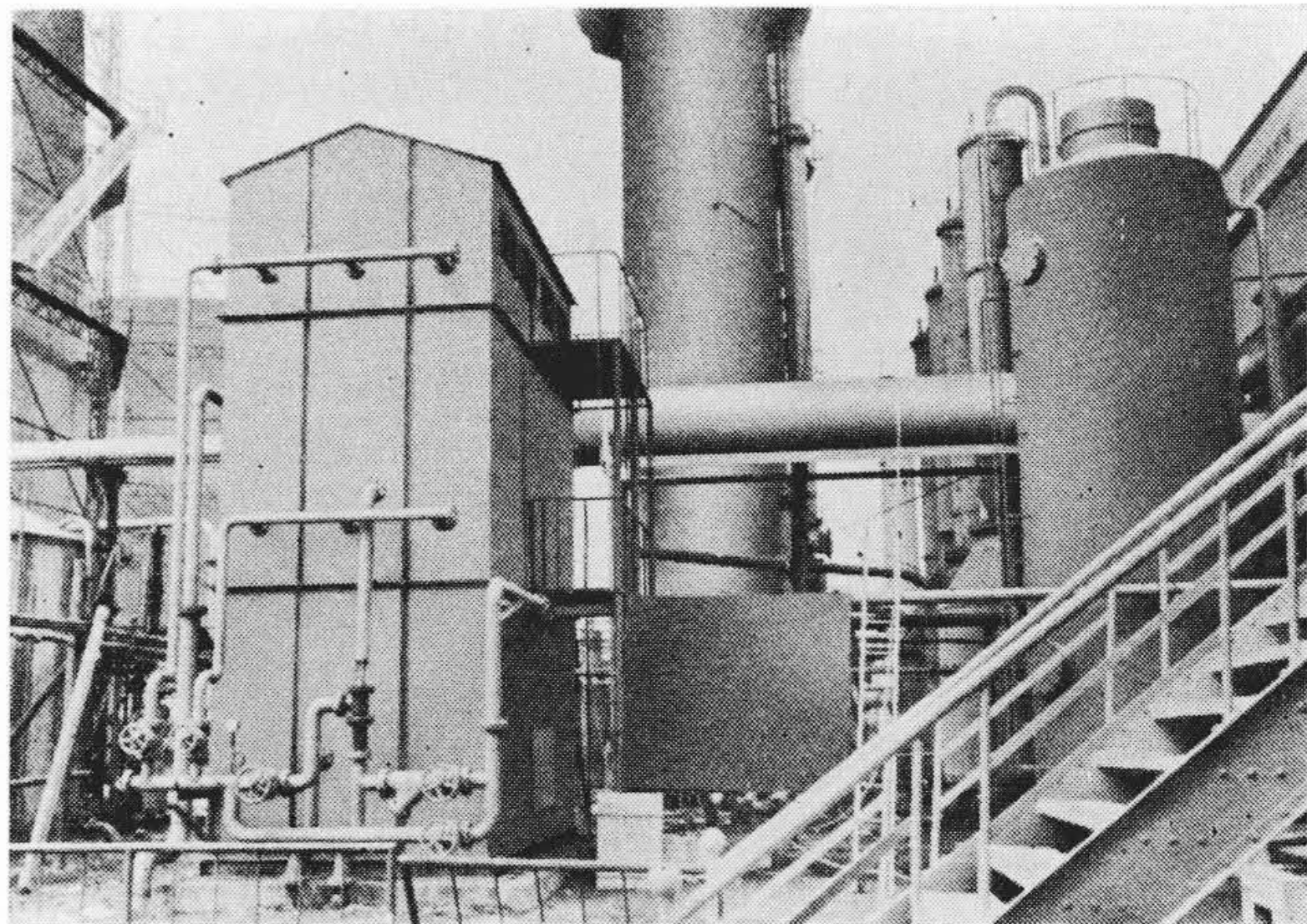
電気集じんでは火花せん絡を忌避する理由はなく、とくにガス、煙霧条件の変動が激しい場合には、高い実効電圧とコロナ電流密度で高能率運転を維持できる必要条件ですらある。この場合、火花せん絡を阻止するために、単に高圧整流器の入力電力を急激に低下させることは集じん率を低下させるだけで意味がない。一方、火花せん絡から電弧短絡への移行を阻止すること、あるいは電弧短絡の短時間消弧は必要であるので、火花せん絡、電弧短絡への移行、消弧の各条件を電気集じん器の等価負荷回路で求め、Hitach Arc Chopper 自動制御方式を研究開発した。またコロナ電流密度と電界分布および火花せん絡ひん度との関係を実験的に求め、煙やガス状態の変動に応じて、常に最高集じん率を安定に維持できる最適火花せん絡ひん度で自動制御する新方式についても研究され、具体的構想がまとめられた。

29.2.12 空気清浄装置の研究

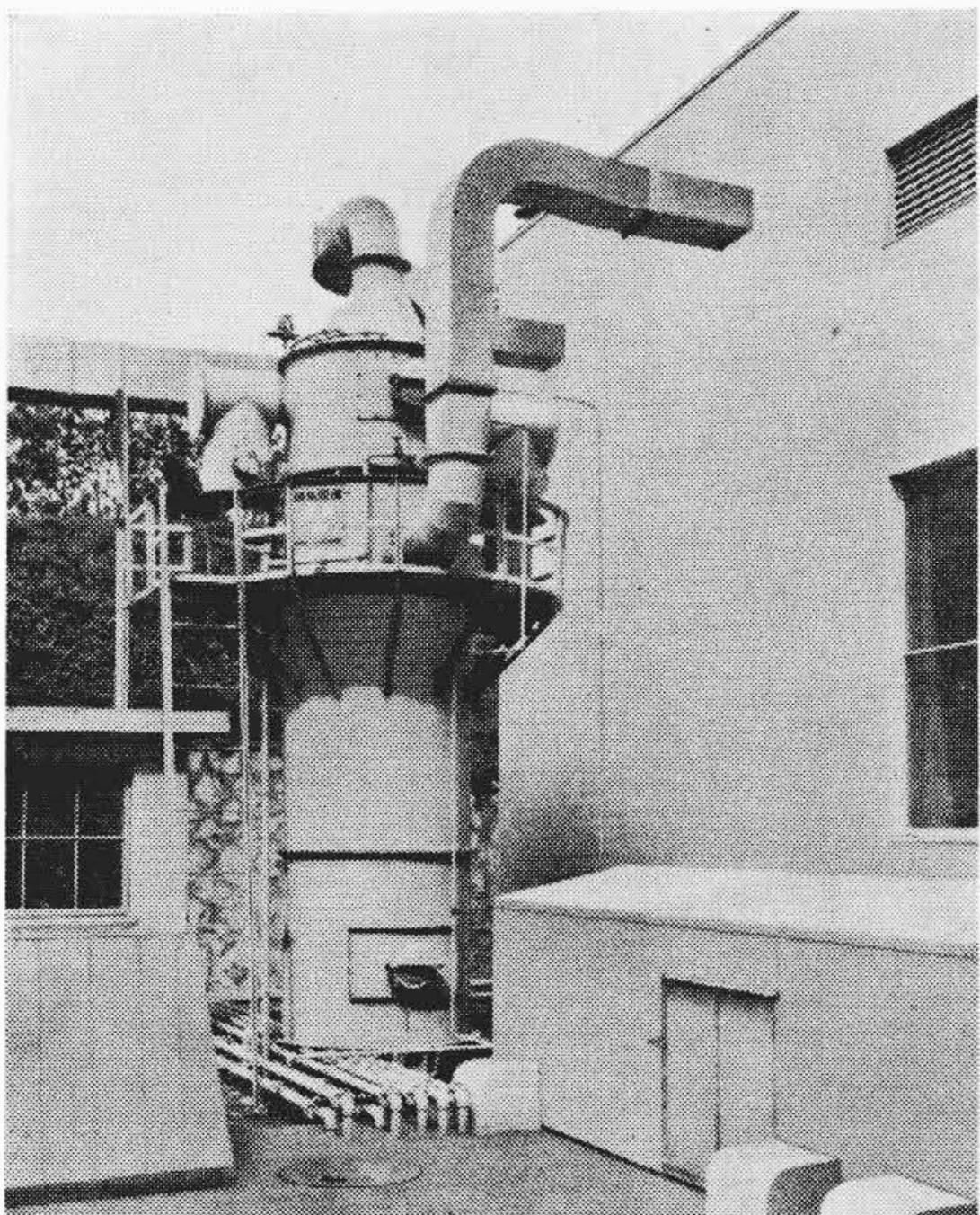
(1) TOプラントはその機器の性質上、工業地帯や大都市周辺に設置されることが多く、その原料空気に浮遊じんあいでも著しく汚染されている。したがって、この原料空気をそのまま使用するとTO諸機器、特に空気圧縮機は浮遊じんあいによって汚損し、長期の安定運転が困難となり、また保守点検に非常な手間を要し、時には運転停止の事故に至ることさえある。この問題を解決するために代表的な工業地帯の大気汚染の実態を調査し、その浮遊じんあいの性質を明らかにするとともに、さきに原子力平和利用研究の一環として行われた放射性煙霧質の処理装置の試作研究で得られた各種集じん装置の集じん特性を比較検討し、このような目的に最も適合した湿式グラスウールマット空気清浄装置を完成した。第29図は実際のTOプラントに設置された本装置(処理風量20,000 Nm³/h)の外観を示したものである。

本装置はじんあい粒子の慣性運動と拡散運動とを巧妙に利用しているので、約20 μ 以下の粗粒子はもちろんのこと、1 μ 以下の微粒子に対しても高集じん率が得られ、大気中の浮遊じんあいを集じん率99%以上で清浄化できる。また湿式であるので集じんされたじんあいは連続自動的に懸濁液として器外に排出され、長期間の連続運転が可能である。汙材、スプレイ、水滴分離層などと汙過速度、圧力損失および集じん機構との関係についてさらに基礎研究が進められているので、今後各方面において、それぞれの使用目的に適合した本装置が提供できる態勢にある。

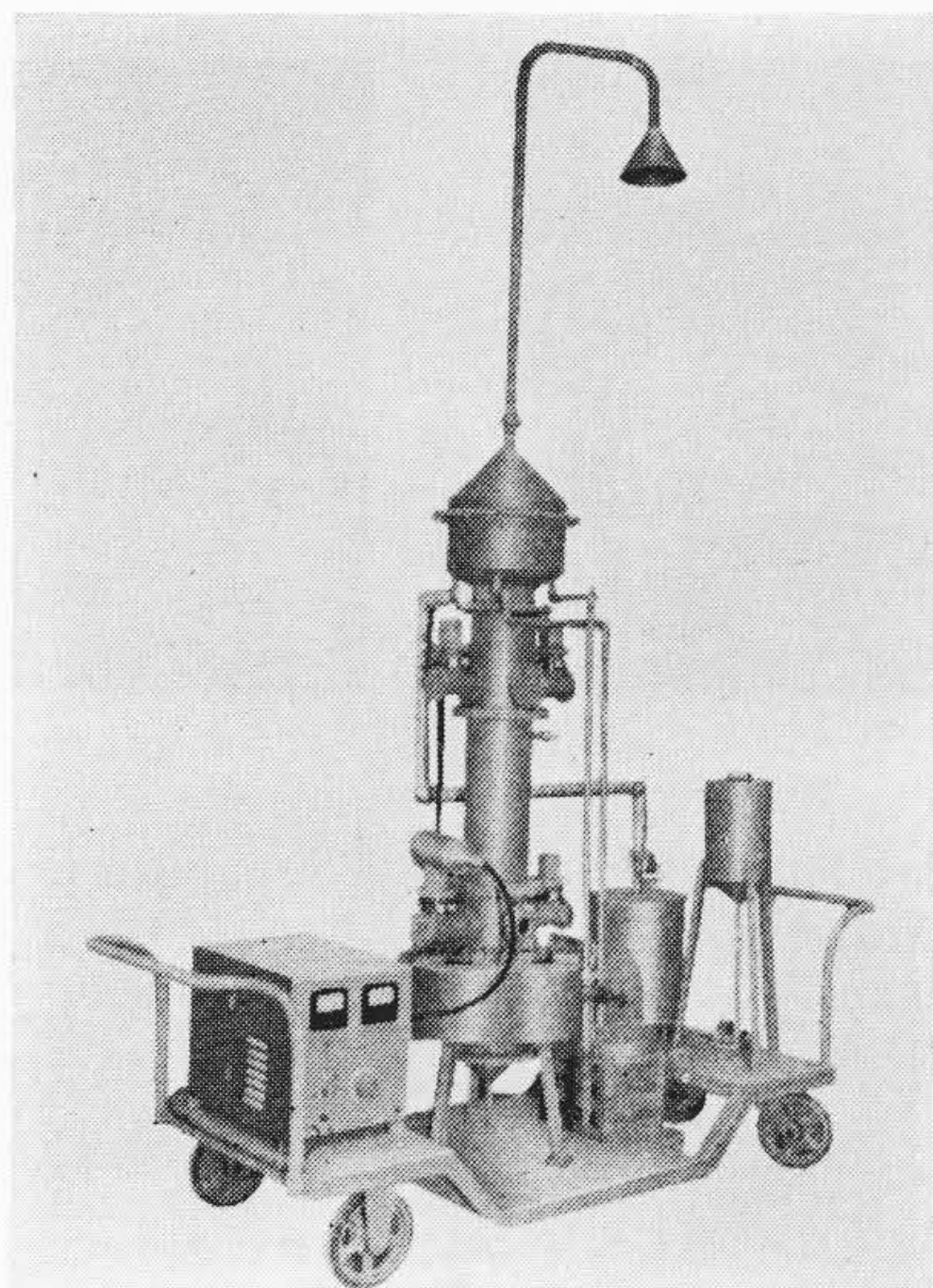
(2) ラジオ・アイソトープ実験室、紡績工場、大形電気機器製作工場などでは、保健衛生や品質管理の面から高度の空気清浄が必



第29図 TOプラントの原料空気清浄用に設置された湿式グラスウールマット空気清浄装置



第30図 日立研究所アイソトープ実験室に設備された高性能湿式電気空気清浄装置



第31図 可搬形大気汚染度監視装置

要とされており、このために、 1μ 以下の微粒じんあいに対しても99%以上の集じん率が得られる高性能湿式電気空気清浄装置が研究開発され、各方面で使用されている。もちろん性能の安定性、操作保守の簡易化、経済性などに十分な考慮が払われている。第30図は日立製作所日立研究所アイソトープ実験室に設備された本装置の一例を示したものである。

29.2.13 大気汚染の監視研究

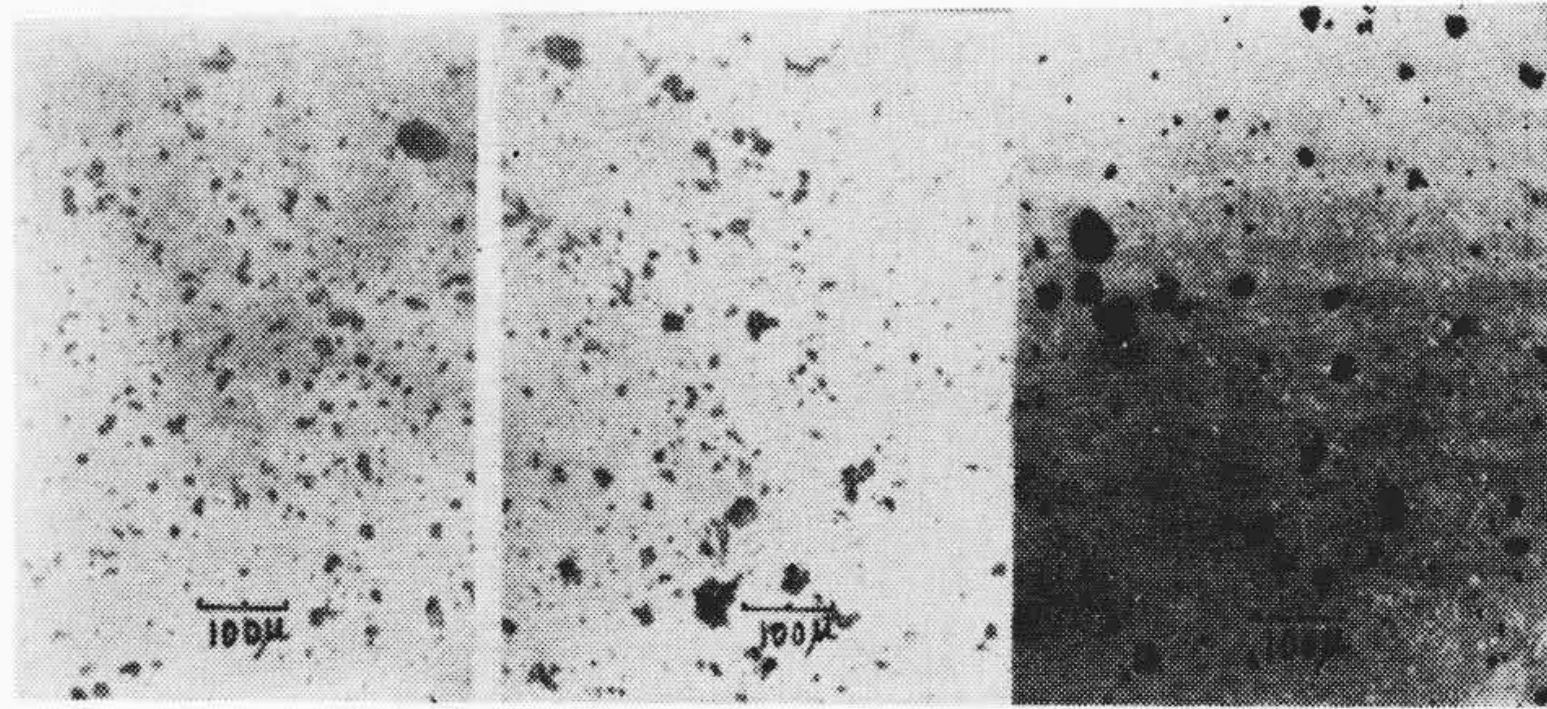
大気中に浮遊するじんあいのうち約 20μ 以下の微粒子(特に約 5μ 以下)はブラウン運動で大気中にいつまでも安定に浮遊するために大気を汚染する主要原因になる。これは保健衛生、諸工業における機器の保守、品質管理の面で種々の障害を発生する。これらの問題を解決するには、まず汚染の実態(浮遊じんあいの粒度分布、化学組成、汚染度)をはあくして、はじめて合理的な汚染防止対策や空気清浄装置の研究資料をうることができる。

第31図はこのような目的で研究試作された可搬形大気汚染監視装置で、短時間に大量の大気を採取し(約 $100\text{ Nm}^3/\text{h}$)、その浮遊じんあいを完全に集じんして、大量のじんあい試料を提供できるものである。

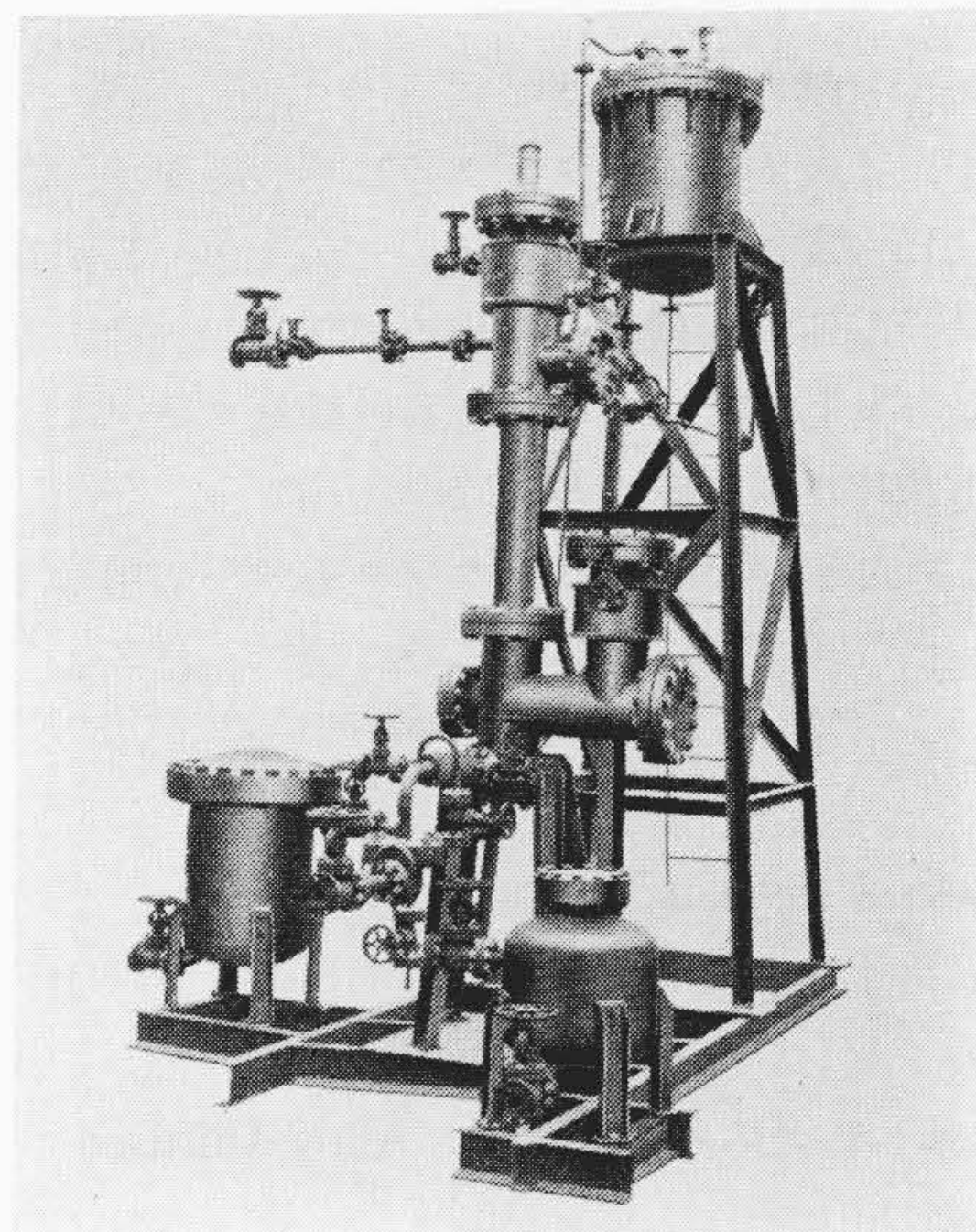
第32図は日立市、川崎市および八幡市の工業地帯において、本装置で採取された浮遊じんあいの光学顕微鏡写真である。また第2表はその化学組成を分光分析した結果である。これらの実測結果が

第2表 大気中の浮遊じんあいの分光分析結果

	Si	Mg	Fe	Al	Cu	Na	Ti	Ni	Ca	Zn	Sn	Ag	Pb
日立	++ ++ ++	++	+ ++	+ ++	+	++	++	+	+ ++	—	—	—	+
川崎	++ ++	+ ++	+ ++	++ ++	++	++	++	+	+ ++	—	—	—	—
八幡	++ ++	+	++ ++	+	+ ++	—	—	—	—	+ ++	++	++	—



第32図 大気中浮遊じんあいの光学顕微鏡写真



第33図 高圧、高温ガス清浄用湿式電気集じん装置(工業化試作装置)

ら清浄空気の汚染度は $0.01\text{ mg}/\text{m}^3$ of air、高汚染空気では $1\sim 50\text{ mg}/\text{m}^3$ of air 程度であることが明らかにされた。

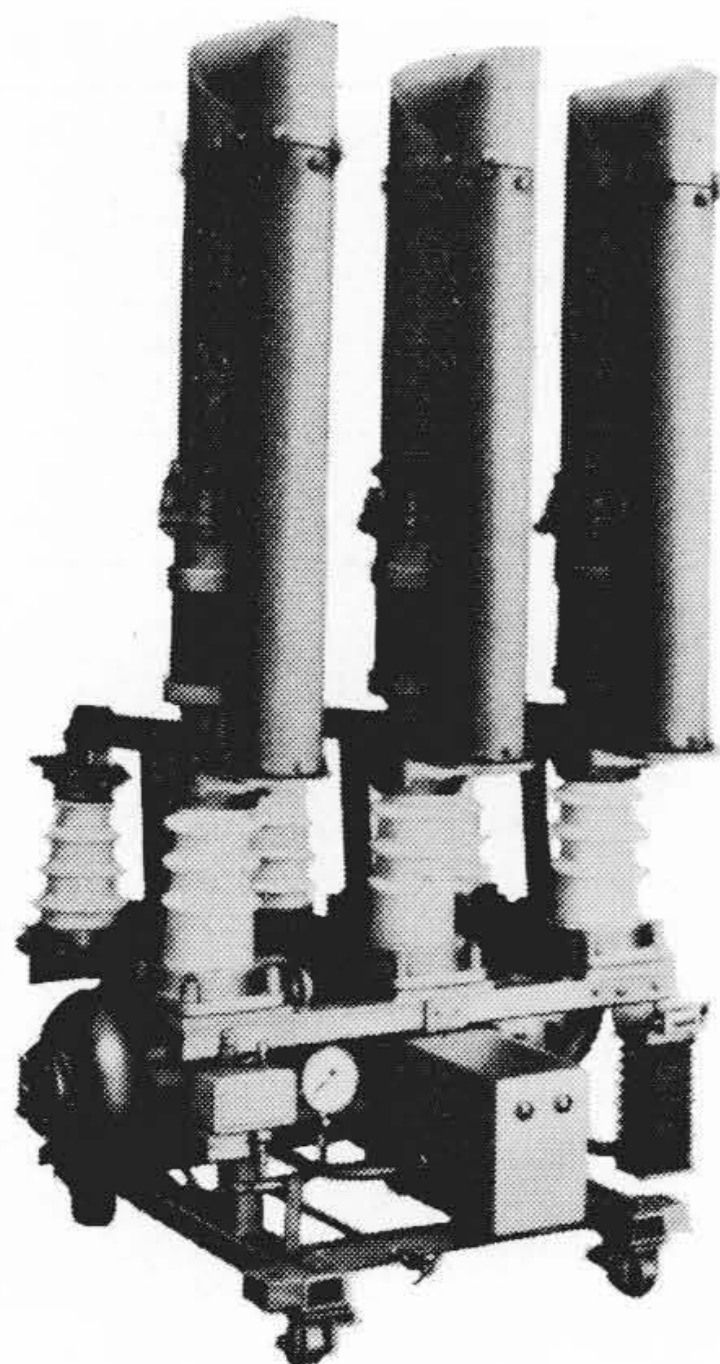
また、社団法人セメント協会の依頼により、セメント工場の浮遊じんあいの珪肺病障害に対する影響を調査するために、本装置が使用されている。これでは特に約 5μ 以下の微粒じんあいに含まれる遊離珪酸の分析測定に、本装置の特長が大いに発揮されて好結果を得ている。

29.2.14 高圧、高温ガスの電気清浄に関する研究

最近のガス化学工業は高圧高温化の方向に進んでいるが、この場合においても触媒の汚損防止のために高圧高温ガス中に存在する煙霧体の除去が重要な問題となっている。そこで電気集じん機でこれを解決するために高圧高温ガス(最高 $35\text{ kg}/\text{cm}^2$ 、 300°C)中のコロナ放電現象と電気集じん現象について基礎実験を行い、コロナ放電の安定化、高圧絶縁などにおける技術的問題点を解決し、工業化の見通しをうる事ができた。さらにこれらの研究結果に基づき第33図に示すような高圧高温ガス清浄用湿式電気集じん装置を試作し、別府化学株式会社のアンモニア合成用Texaco Processの原油ガス化装置において現場実験を行った。カーボンブラックを主体とする煙霧体を含んで汚染された高圧高温ガスを集じん率99%以上に清浄化でき、かつ安定な連続運転も可能であることなどを確認し、工業装置として十分に使用できることが立証された。電気集じんの有望な新応用分野を開拓することができた。

29.2.15 空気遮断器の 騒音防止の研究

空気遮断器の遮断操作時の騒音は著しく大きい、従来からこの騒音を防止すると遮断性能が低下すると考えられていた。そこで騒音の発生原因と特質を検討し、種々の防音方式を比較研究した結果、二つの方式を考案した。すなわち、屋内形および電車用 ABB に対しては排気タンク方式を、屋外形 ABB に対しては消音器方式を使用するのが最もよかった。排気タンク方式は遮断部のノズル背後に冷却器を内蔵させた消音タンクを配置し、アークガスは冷却され容積を縮小して蓄積されるよう



第 34 図 防音せる屋内形
空気遮断器

にしたもので、比較的小さいタンクで遮断性能をまったく変化させずに騒音を約15~20ホン低下させることができた。消音器方式ではノズル背後に冷却器を内蔵せる特殊な消音器を配置し、騒音を約15~18ホン低下せしめた。この消音器は排気タンクより形状が小さく、高速度再閉路にも支障を与えない。

第 34 図は屋内形 ABB に排気タンク方式を適用してみた一例を示す。

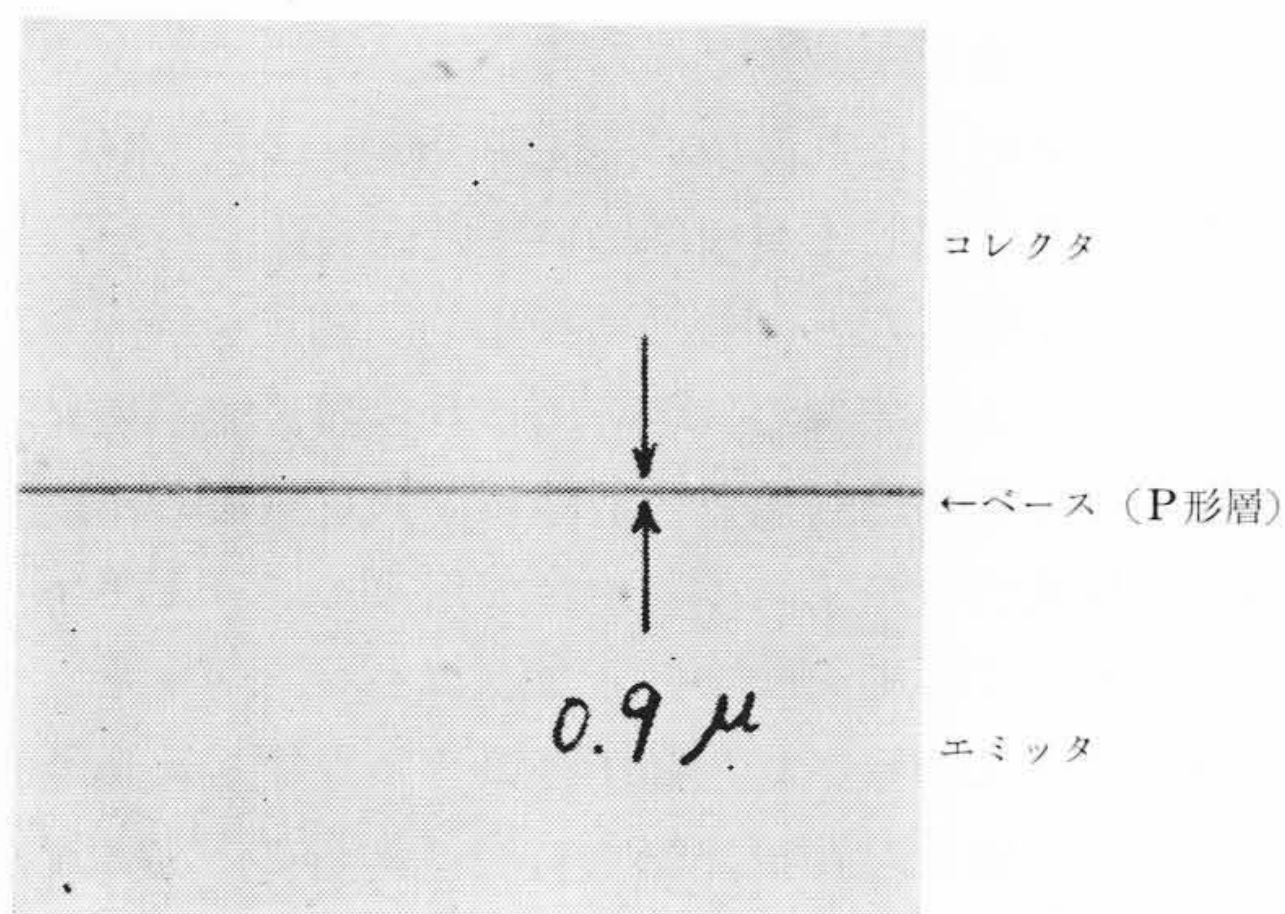
29.3 電子工業

29.3.1 Molten Diffused トランジスタ

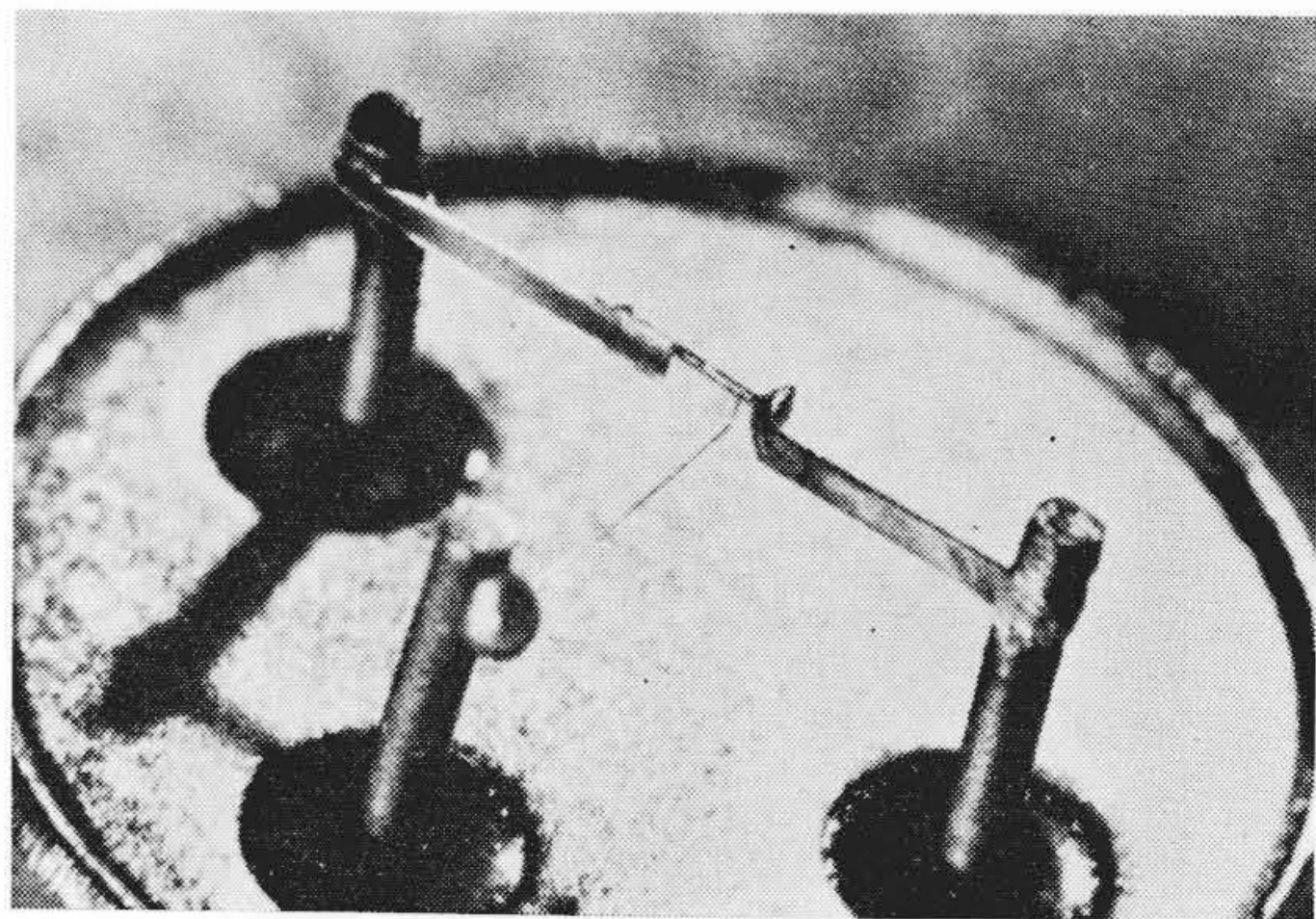
最近テレビ用または通信用として VHF および UHF 領域で動作する超高周波トランジスタの開発が急がれていた。これに対しては現在 Mesa 形トランジスタ、Micro Alloy Diffused トランジスタおよび Alloy Diffused トランジスタなど発表されている。

これらについてはそれぞれ一長一短があるので日立製作所では独自の融液拡散形 (Molten Diffused) トランジスタを開発した。Molten Diffused 法とはたとえばシリコンの場合、一度成長させてつくった n 形シリコン単結晶 (コレクタ部) を p 形および n 形不純物の共存する熔融シリコンに浸し、融液中から直接 n 形単結晶中に p 形不純物を拡散させて薄い p 形層をつくってのち、急速に n 形シリコン (エミッタ部) を生成させて npn 接合をつくる。この方法でつくると第 35 図に示すとおり 1μ 以下のきわめて薄くかつ均一な p 形層をもった単結晶が得られる。

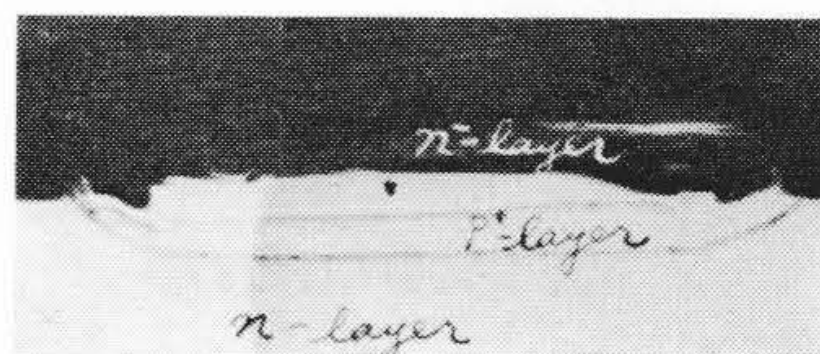
この方法でつくった npn 単結晶を細いバーに切り出し、薄い p 形層 (ベース領域) にアルミニウムの細線を熔着してトランジスタ



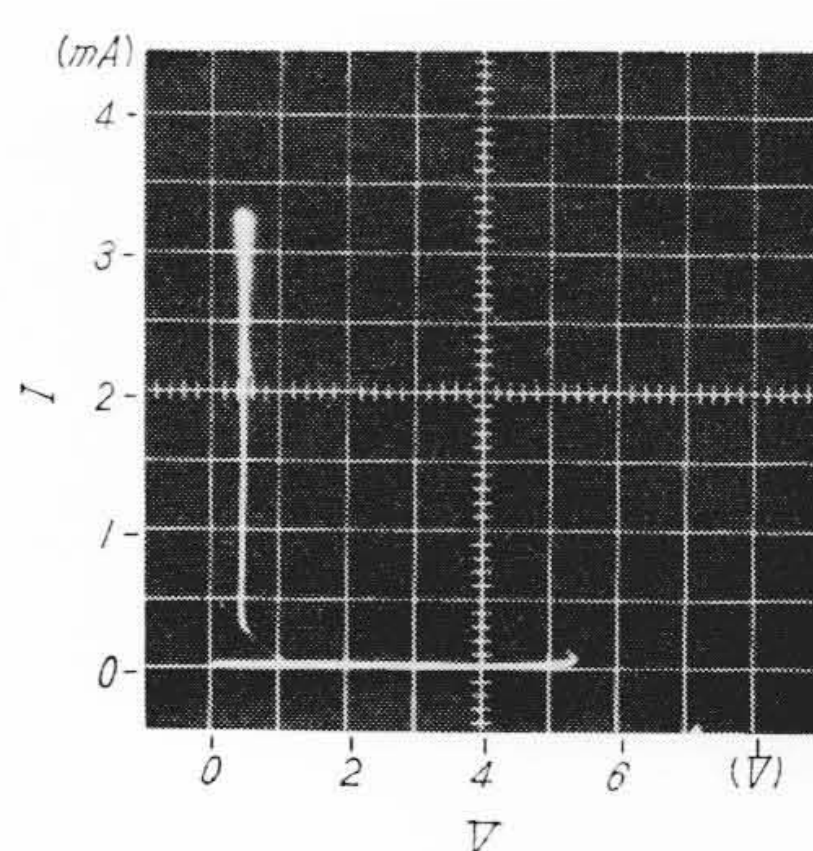
第 35 図 Molten Diffused シリコン単結晶のベース部



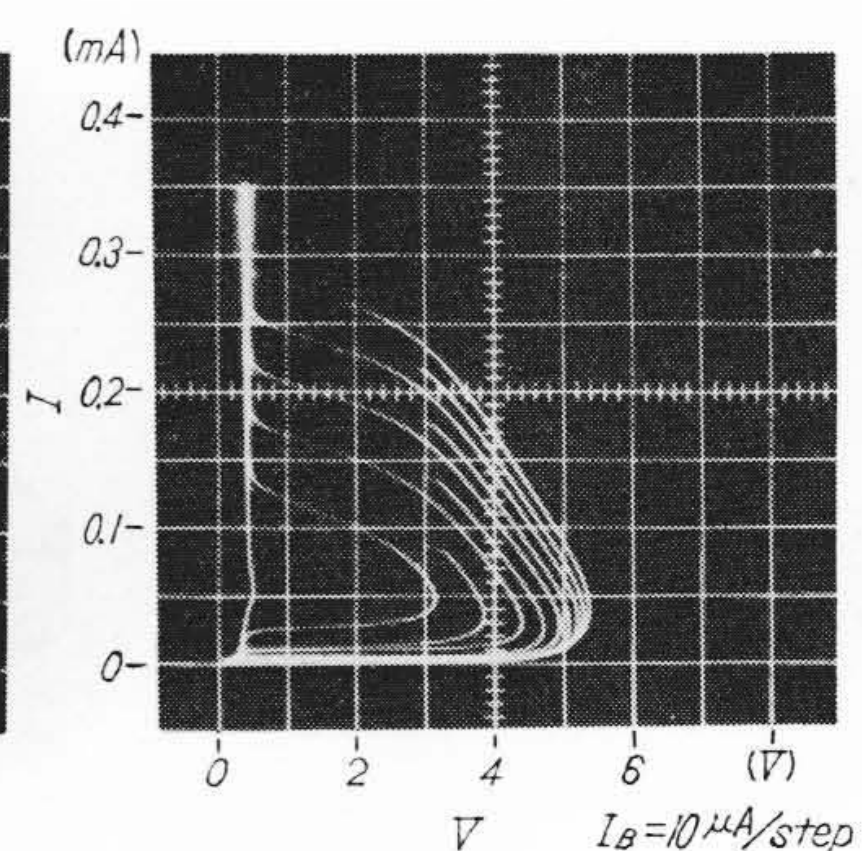
第 36 図 Molten Diffused トランジスタの内部構造



第 37 図 2 層合金法による
nnp 接合の断面



第 38 図 Ge pnnp 素子の
二端子 V-I 特性



第 39 図 Ge pnnp 素子の
三端子 V-I 特性

をつくる。本方法の特長は従来の方法に比しトランジスタの歩どまりが向上すること、特性の均一性が非常によいことおよび超高周波トランジスタの生産に適していることなどである。

この方法で現在シリコンでは遮断周波数 600 Mc/s、ゲルマニウムでは 900 Mc/s 程度のものができている。

第 36 図に Molten Diffused トランジスタの内部構造を示す。

29.3.2 新形 pnnp スイッチング素子

2 層合金法と称する新しい方法により、新しい形の双安定性 pnnp スイッチングトランジスタ TA-25 を開発した。本素子の大きな特長は材料として Ge を使用して合金法によりつくりうるため、製造法が容易であり、サステーン電圧が低いこと、特性の安定度が高いことなどである。本素子はトンネルダイオードとは異なり開放安定形の負性抵抗スイッチング素子であり、電子交換機の通話路接点、各種制御回路用素子として使用されはじめているが、今後さらに計算機の記憶素子その他の応用分野はかなり広いものと思われる。

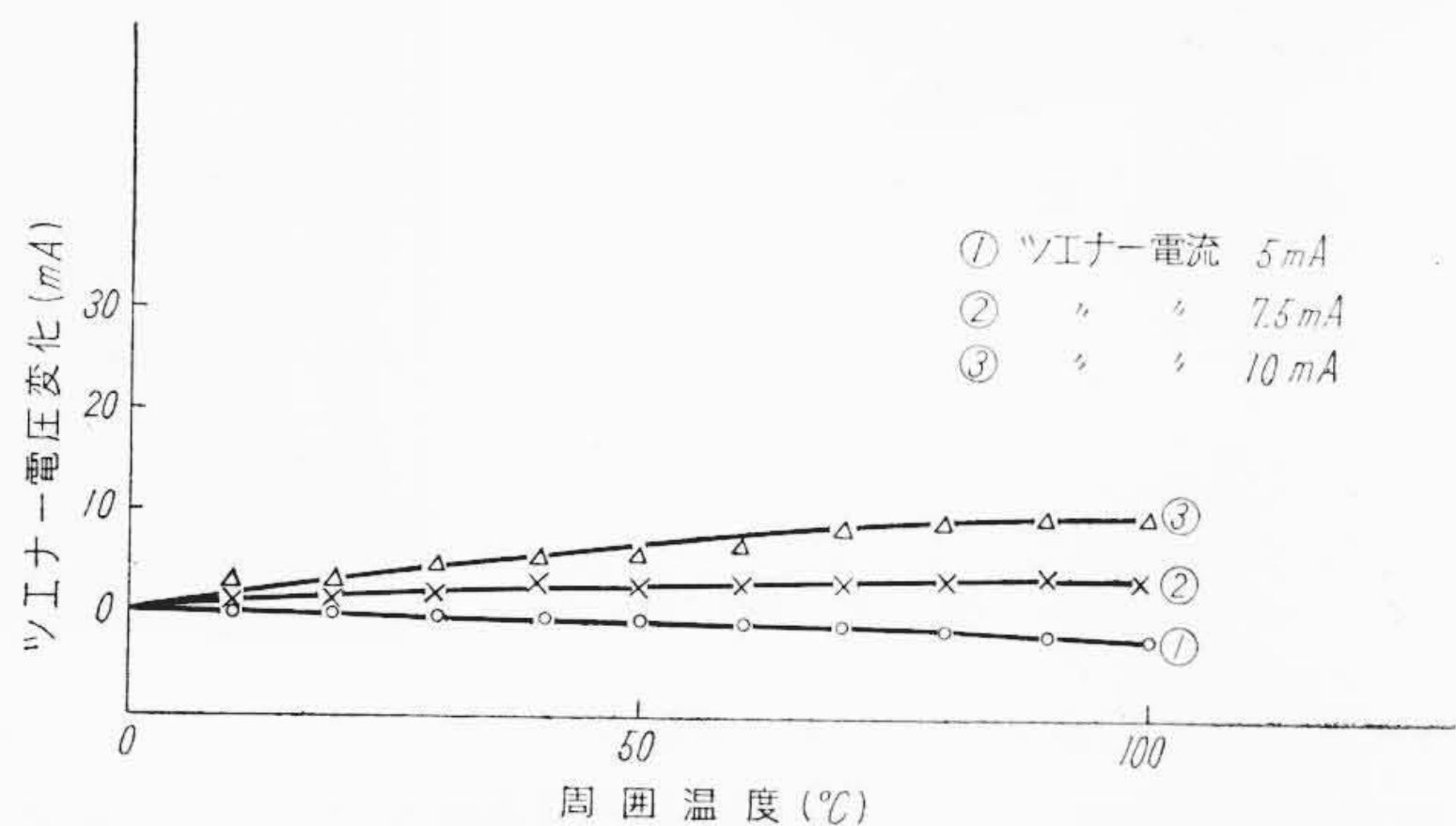
第 37 図は 2 層合金法により得られた np⁺n⁻ 接合の断面写真、第 38 図および第 39 図は TA-25 を二端子および三端子素子として動作させたときの電圧-電流特性の一例を示すものである。

29.3.3 超精密温度補償形ツェナーダイオード

シリコンツェナーダイオードはツェナー電流、ツェナー電圧の任意のものが製作可能であること、小形軽量で衝撃や振動に強いこと、高温に耐えることなどの利点があるので電圧標準、各種定電圧回路用素子、リミッタ回路素子などとして用いられ用途はきわめて広い。ツェナー電圧 6 V 付近の試料は動作抵抗および温度係数をかなり小さくするが、実際には温度係数の電流および温度依存性があるので $2\text{ mV}/^\circ\text{C}$ 以下の温度係数を期待することはできない。わ



第40図 超精密温度補償形ツェナーダイオードの外観 (TRR-9)

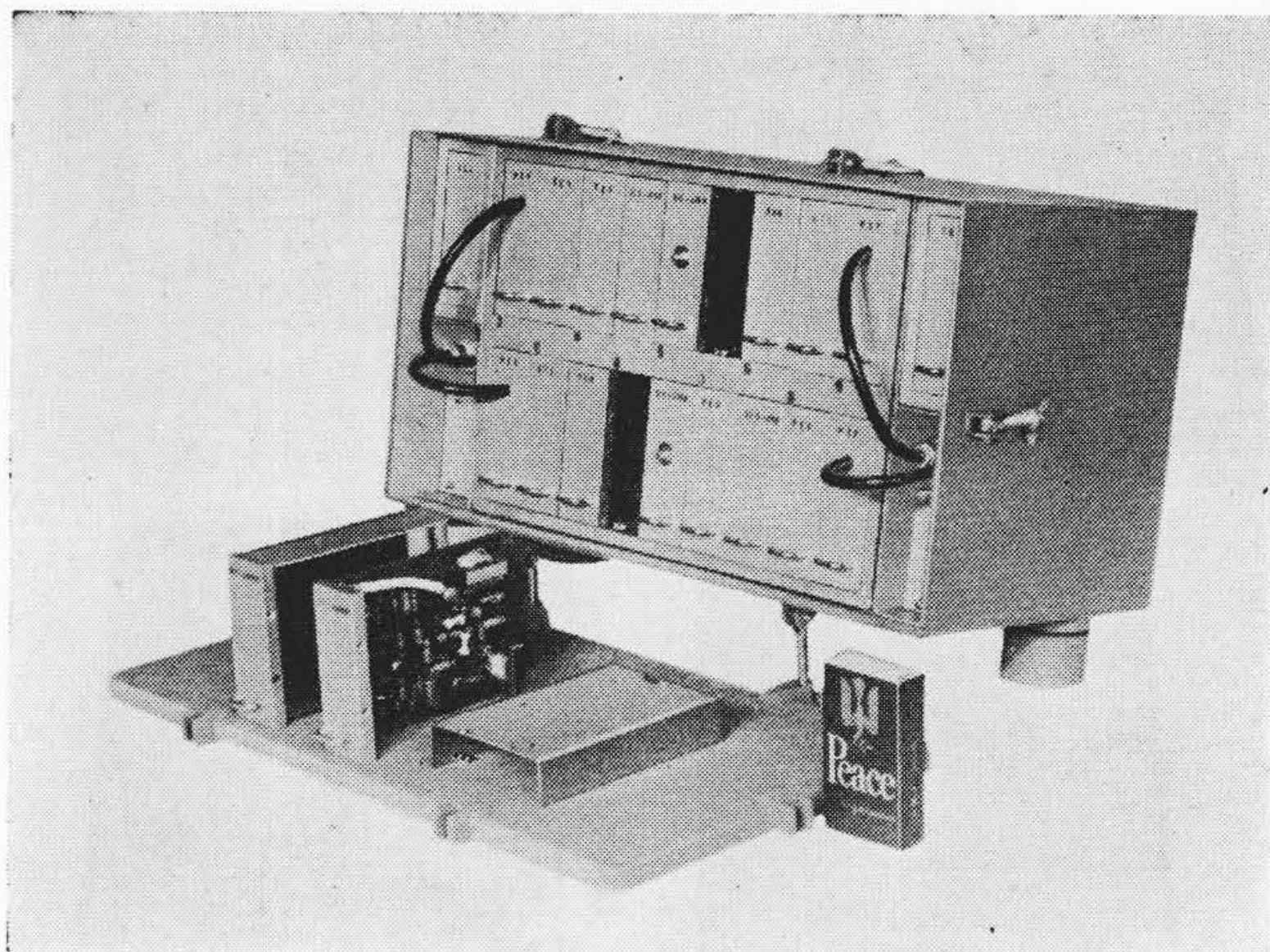


第41図 超精密温度補償形ツェナーダイオードの温度特性

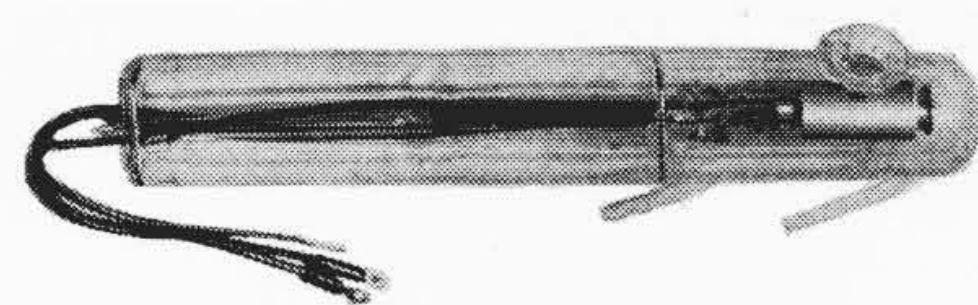
われわれはこれらの難点を解決し、精密級電圧標準用として温度係数のきわめて小さい第40図のような超精密温度補償形ツェナーダイオード TRR-9を開発した。すなわちその温度係数は $0.12 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ 以下、ツェナー電圧 8.1 V で第41図に示すとおり温度係数の電流依存性および温度依存性はほとんどなくきわめて安定な電圧標準素子である。

29.3.4 架空細心同軸ケーブル中継器

従来の同軸ケーブル中継方式は、同軸ケーブルを地下に埋設する方式であったため敷設費が非常に高いという問題がある。日立製作所では日立電線株式会社との協同で、国際的に仕様の定められた標準同軸ケーブルより細い心線を使用したいわゆる細心同軸ケーブルを架空にした経済的な中継方式の開発研究を行っている。その一環として、今回、集中局-中心局間の回線を対象にし、中心導体 0.9 mm のひょうたん形架空細心同軸ケーブルを用い、通話路数 300、中継間隔 4.5 km 、伝送距離 100 km の中継方式の検討を行った。日立製作所中央研究所では、日立製作所戸塚工場の協力を得て同方式に用いる中継器の研究を行ってきた。この中継器はいままでの標準同軸ケーブル中継方式が真空管を用いていたのに対し、全トランジスタ化を行ったもので、容積や消費電力は従来の数十分の一に減少している。第42図に研究用に試作した中継器の外観図を示す。また普通の同軸ケーブル方式で中継器も比較的湿度の安定した地下に設置するのに反し、この中継器は架空設置を原則としているため大幅な気温の変化にさらされる可能性がある。そこでこの中継器は $-20 \sim +40^\circ\text{C}$ の温度にわたって、ひずみ率の悪化、A. G. C. のレベル変動などを最少におさえ高品質の伝送を行うよう設計されている。またケーブルが架空であり、線路特性の変動も大きいので、一中継おきに線路の特性変動にあわせた大幅な A. G. C. を行っている。さらに各中継器あたりの基本雑音、ひずみ雑音のレベル余裕を十分にとっている。以上述べたように本中継器は、回線全体の経済性から、架空設置、架空ケーブルという従来にない過酷な条件にもかかわらず、装置の複雑さなく安定に動作し、所要の伝送規格を満足せしめることを目標に研究したものである。このような同軸中継の架空方式によるトランジスタ化はわが国において始めてであり、各国にもその例をみないものである。現在、戸塚本工場、電子工場間に全長 13.5 km の実験回線が敷設され、全回線の種々な実験が行われ、最終的な方式の確立が進められている。



第42図 架空細心同軸ケーブル中継器



第43図 水素放電管 HH-4 形

29.3.5 水素放電管 HH-4 形

水素放電管は他の紫外光源に比して $2,300 \text{ \AA}$ 付近を最大とし遠紫外より近紫外に至る強い連続スペクトルエネルギー分布を有している。このために早くより分光光度計、蛍光物質研究、光学研究の紫外連続スペクトル光源として広く用いられ現在に至っている。最近学術の進歩に伴い強力な紫外連続スペクトル光源に対する要望が高まってきた。

水素放電管連続スペクトルは分子スペクトルに起因するため、ただ単に電流密度の増大するのみにては上記の目的を達し得ないことを考慮し、HH-4形水素放電管はこれを水冷方式として従来の HH-3 形に対し、2～3 倍の紫外線強度を有するように設計したものである。

放電電圧	50V	放電開始電圧	300V
放電電流	1.5A	繊維電圧	10V
波長範囲	1,800～3,500 Å	繊維電流	0.9A

29.3.6 非線形的応答の理論

電気系、力学系などの線形的応答については重ね合わせの原理に基づいた理論的取扱いがすでに完成されていて自動制御系、粘弾性現象などの解析に役立っているが、非線形応答についてはこのような統一的な理論を欠き、その取扱いに多くの困難がある。われわれは安全かつ定常な系の入力 $x(t)$ と出力 $y(t)$ の関係が一般に

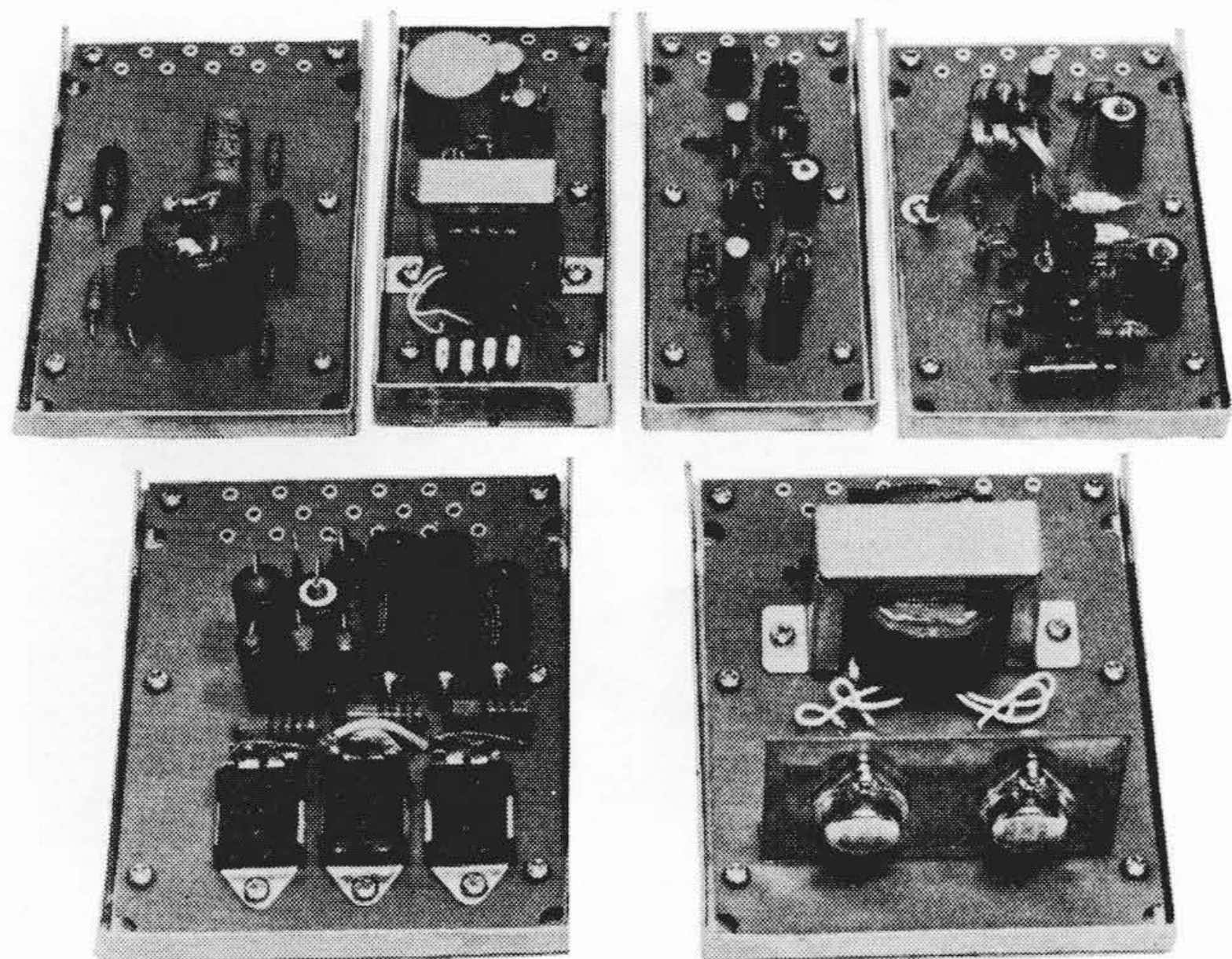
$$y(t) = \int_0^\infty x(t-\tau) J_1(\tau) d\tau + \int_0^\infty \int_0^\infty x(t-\tau_1) x(t-\tau_2) J_2(\tau_1, \tau_2) d\tau_1 d\tau_2 + \dots$$

の形の展開式で表わされることを導き、これが重ね合わせの原理の拡張に相当することを明らかにした。またこれからフーリエ表現、アドミッタンス関数とインピーダンス関数の反転公式、Kramers-Kronig の関係式の拡張など、いくつかの重要な基礎的関係式を導き更に具体的応用としては、上記の関係式を利用してプラスチックの非線形クリープの長期予測、非線形要素を含む自動制御系の過渡応答の推定などを行うことができる。

29.3.7 工業計器

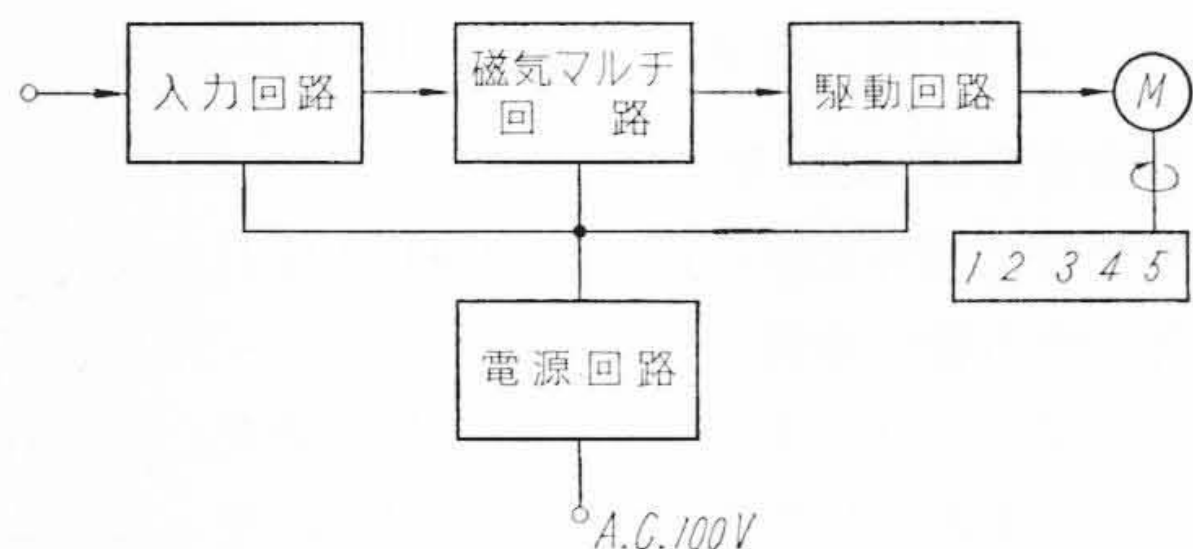
(1) 工業計器のソリッドステート化

工業計器、わけても電子式調節装置は長寿命、耐振性、小形などの要求がはなはだつよいので、トランジスタ化を主体としたソリッド



(上) 左よりレンジカード, トランジスタチョッパ, 交流増幅器, 交流増幅器
(下) 左より電源部, 同期整流器

第 44 図 ソリッドステート化された工業計器



第 45 図 電子式流量積算計ブロック線図

ステート化が脚光をあびている。これに対し、研究、生産、保守の簡易、能率化を考えたパターン化による機器の構成を基本として各種パターンの開発研究を行った。パターンのおもなものとして標準電圧電流源、トランジスタチョッパ回路、電力増幅部、同期整流部などがすぐれたトランジスタ、ダイオードの開発と伴って開発されたほか、磁気変調器パターン、交流増幅器パターンなどもおのおの特長あるものが開発された。これらはすべてプリント配線がほどこされている。これらの組み合わせとしては、温度伝送器、圧力、流量伝送器、PID 調節器、電動操作器などから構成され、パターン化による構成の簡易化とともにすぐれた性能が確かめられ、実装の段階に達した。

第 44 図に代表的なパターン例を示す。

(2) 電子式流量積算計

日立製作所の電子式工業計器には 4~20 mA (0~16mA) DC の電流信号が採用されている。本積算計はこの電流信号を入力として流量の積算を行うようにした新しい流量積算計である。

第 45 図に構成の概略をブロック線図にして示す。4~20 mA の電流信号は入力回路で 0~10V の電圧に変換され、これが磁気マルチ回路によって入力電流に比例した周波数をもつ矩形波に変換される。この矩形波によって小形パルスモータを駆動し、積算値をカウンタに表示せしめる。

本積算計は可飽和鉄心の $-\phi_m$ から $+\phi_m$ までの磁束変化をマスにして流量積算を行うことを原理としているので、トランジスタの全面的な使用と相まって高い信頼性と安定した特性を有する。本計器の積算精度は $\pm 1\%$ 、電源電圧 100 ± 20 V、周波数 50 ± 3 c/s (60 ± 3 c/s) の変化による影響値はほとんど零、0~50°C の周囲温度の変化による影響値は 1%以内である。

(3) 酸素純度計

空気分離装置よりえられる酸素の純度は通常 99.5%前後であるが、従来このような高純度の酸素を連続測定する分析計はそれの測



第 46 図 電子式流量積算計

第 47 図 酸素純度計

定が比較的困難であるため、あまり開発されていない。しかし、最近酸素の需要増加にともない高純度用の酸素純度計の出現が要望されている。そこで空気分離装置よりの 99%以上の高純度の酸素中の不純ガスはほとんどアルゴンであり、しかも、アルゴンの熱伝導率は酸素を 1 とすれば約 0.67 であることに着目し、水電解槽より発生する酸素を精製してえられた 100% の酸素を比較ガスとし、これと被検ガスの熱伝導率とを熱線電橋を用いて比較測定するようにした熱伝導形の酸素純度計の試作研究を行い、ほぼ良好な結果をえた。一番問題になるのは湿度の影響であるが、これは特別なくふうをして比較ガスと被検ガスとを完全に湿度 100% のガスとなし解決した。第 47 図は試作した酸素純度計の外観図で、これの測定範囲は 99~100 Vol % O_2 で、精度は ± 0.025 Vol % O_2 である。

29.3.8 微小部 X 線分析装置の試作と応用研究

約 2 年前より研究を始めた微小部 X 線分析装置 (XMA) は前 2 回の試作研究の結果を総合し、35 年 2 月多賀工場において製品試作第 1 号機 (XMA-3 形) が完成した。日立製作所中央研究所においては本装置の総合試験を行うと同時に、新しい応用分野を開拓するため種々の応用研究を行った。

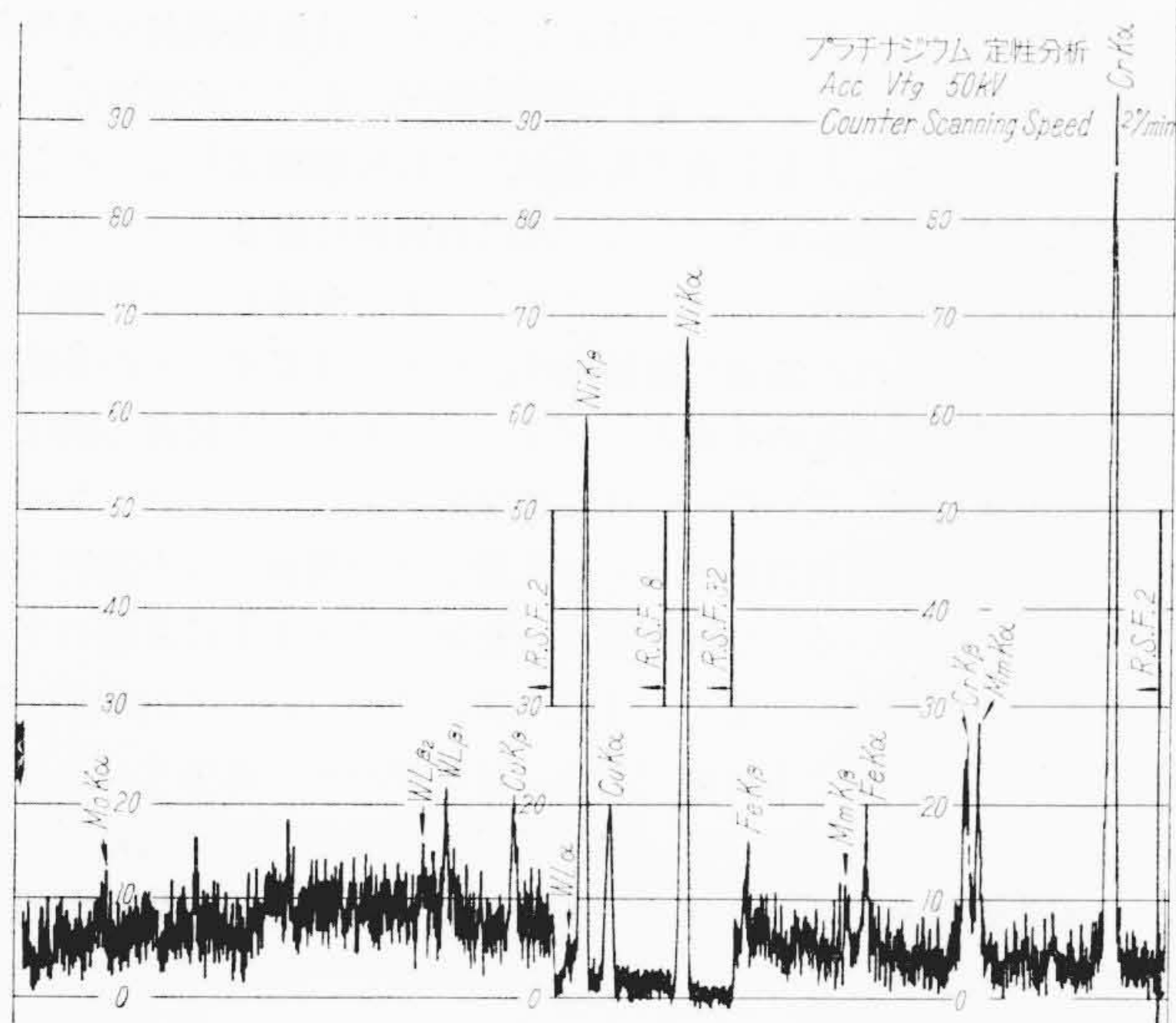
XMA の使用法は大別して 2 種ある。その一つは定性分析であって、電子スポットを試料上の分析しようとする場所 (光学顕微鏡を用いてあらかじめ観察しておく) に固定し、X 線分光器を所定の波長領域内で走査せしめることによって試料内に含まれた各成分の特性 X 線を検出する。概略的にいって、0.1% の含有量までは検出可能である。

第 48 図はその例で耐酸耐熱鋼のため化学分析の困難な試料の表面、 $2 \mu\phi$ くらいの部分を定性分析した結果である。Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, W および Mo の 7 成分が検出されている。これらのピークの高さから量的な比較も可能である。

使用法の 2 は、試料表面における成分の分布状態を調べるもので、この使用法が XMA では最も重要といえる。X 線分光器を目的成分の特性 X 線のみを検出するように設定し、試料を電子スポットに対しゆるやかに移動する。記録紙の送りと試料の送りを同期させ、試料の各点における特性 X 線の強度を記録する。

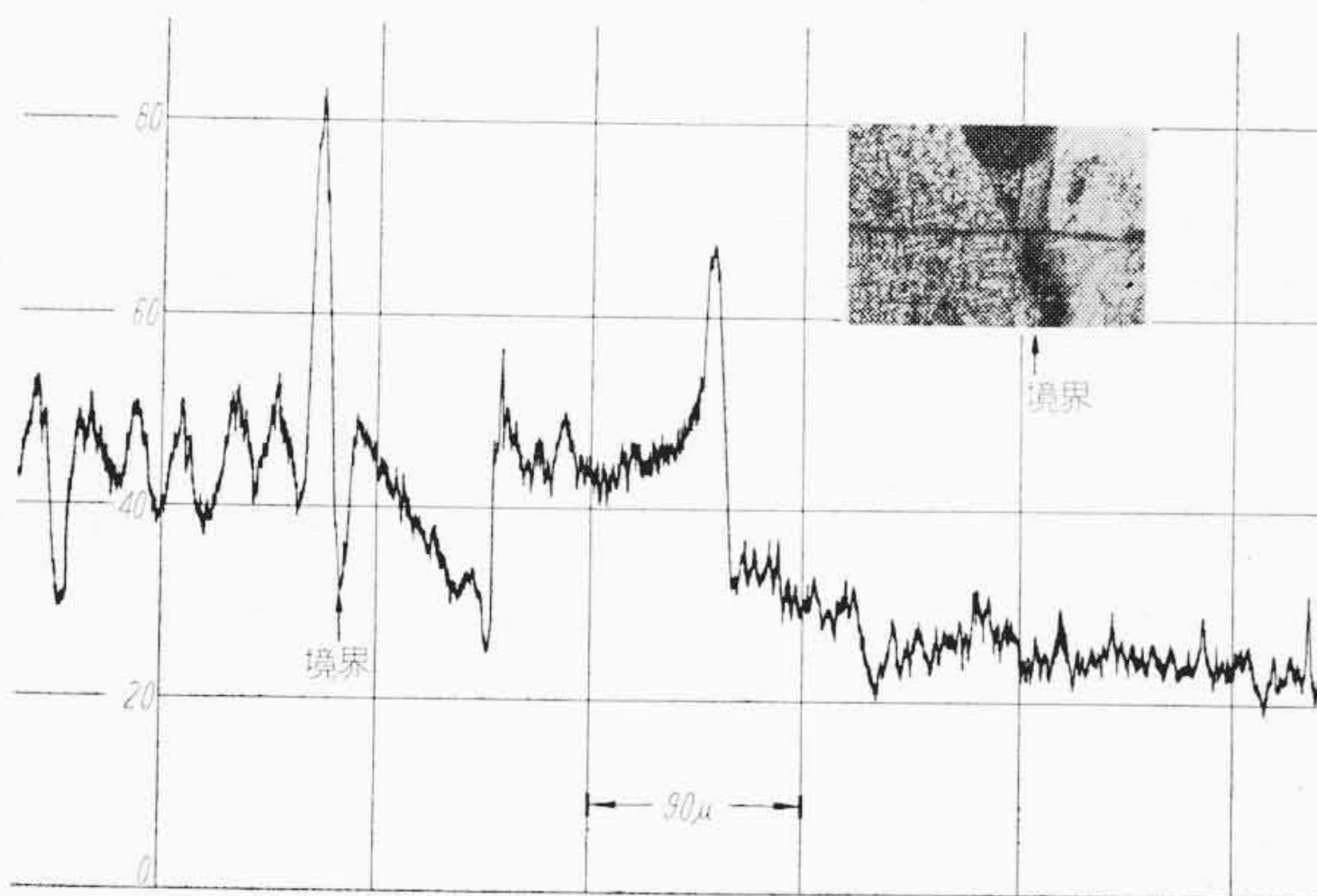
第 49 図は特殊処理後のステンレス鋼の溶接部を横切って Ca の変化を調べた例である。光学顕微鏡写真上の黒い線は電子線の走査したあとで、この線上の各点から出た CaK_{α} (3.36 Å) が記録紙上に与えられている。大きな grain の領域には Ca はあまりないが、小さい grain の部分では boundary に多量の Ca が認められる。

第 50 図は原子炉燃料の canning に用いられる Al 合金中の Al の偏析を調べた例である。横軸は試料上の距離を、縦軸は AlK_{α} (8.33 Å)



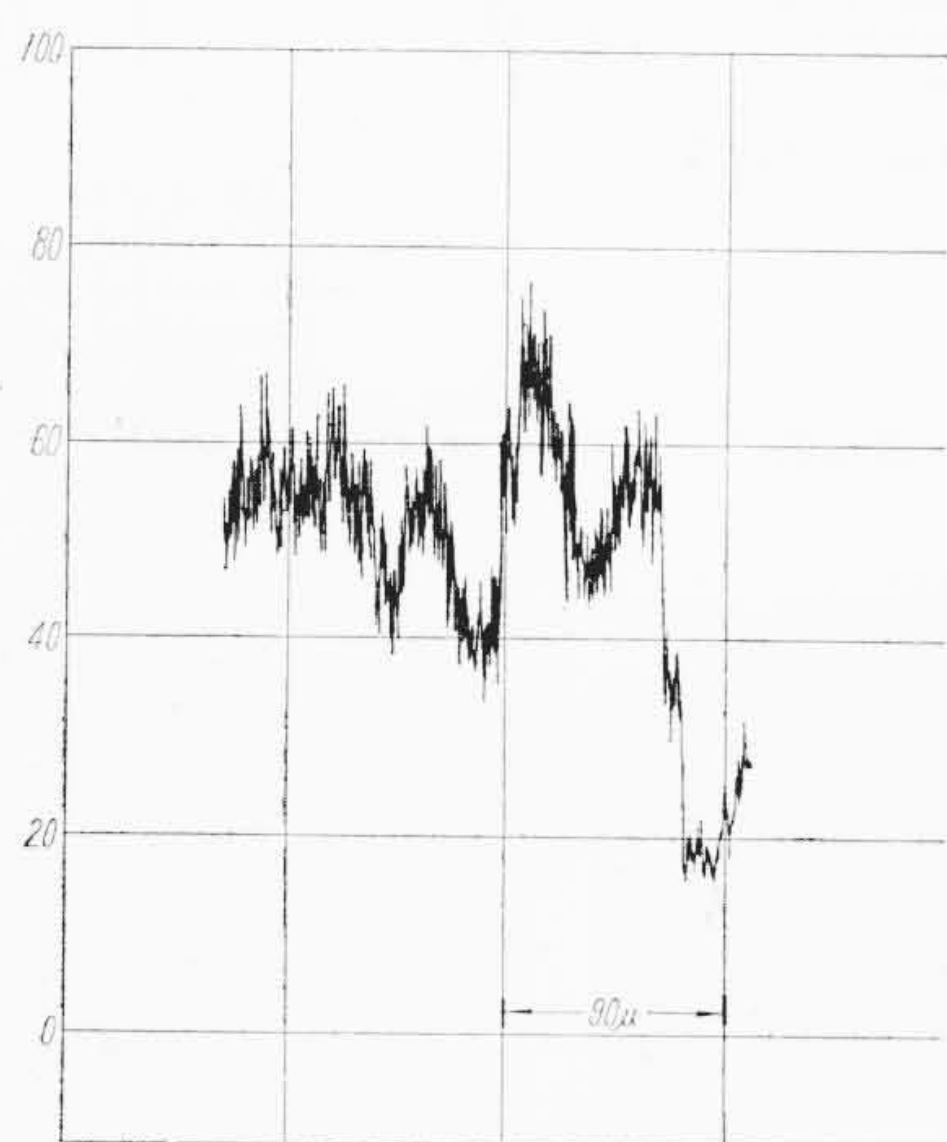
Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, W, Mo が検出された横軸が波長, 縦軸がX線強度を与える

第48図 耐酸耐熱銅の定性分析



横軸が試料上の距離, 縦軸が試料上の各点におけるX線(CaKα)の強度を示す

第49図 ステンレス溶接部におけるCaの含有量の変化, 矢印で示した境界の位置でCaが大きく変化している



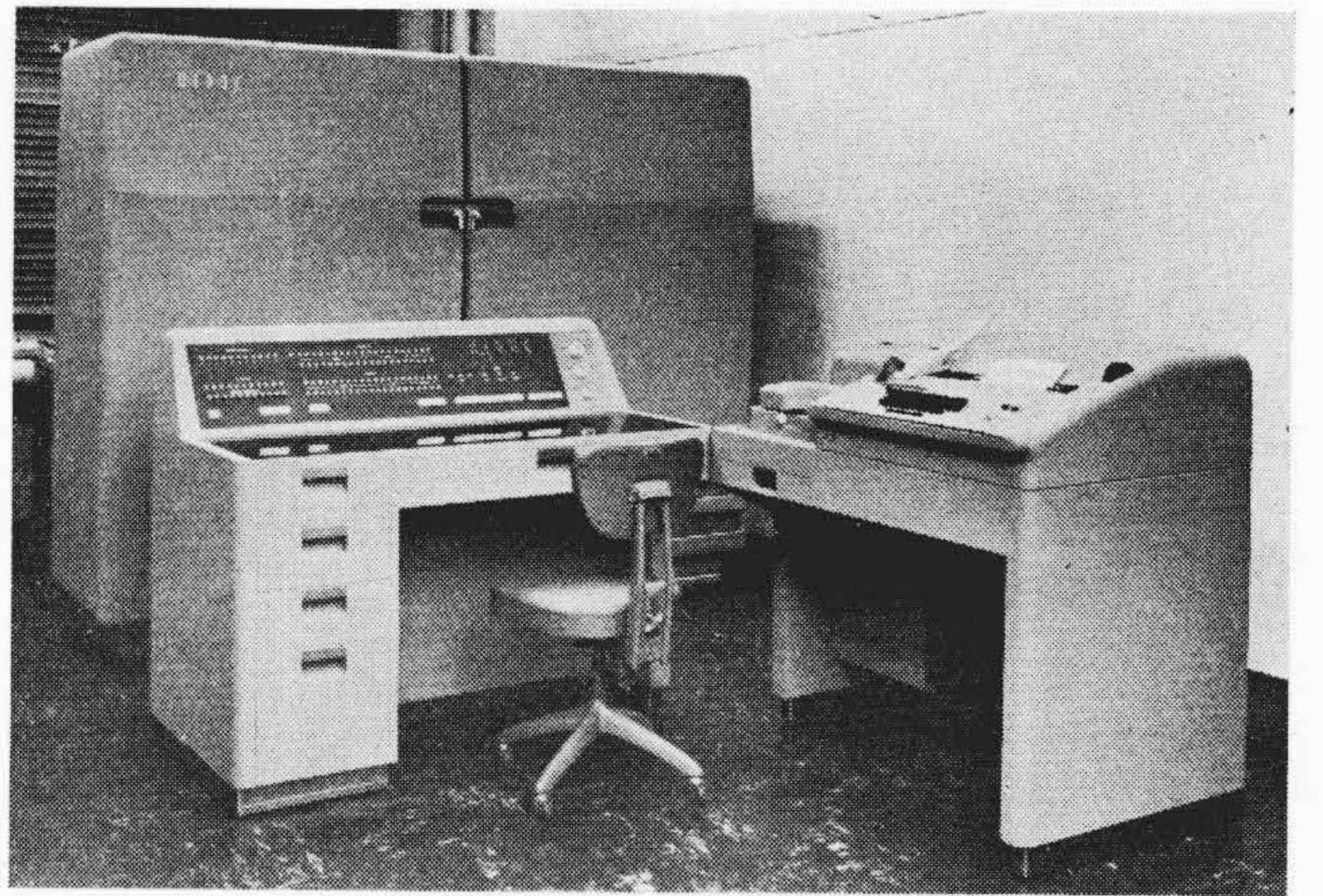
横軸が試料上の距離, 縦軸が試料上の各点におけるX線(AlKα)の強度

第50図 Al合金におけるAlの偏析

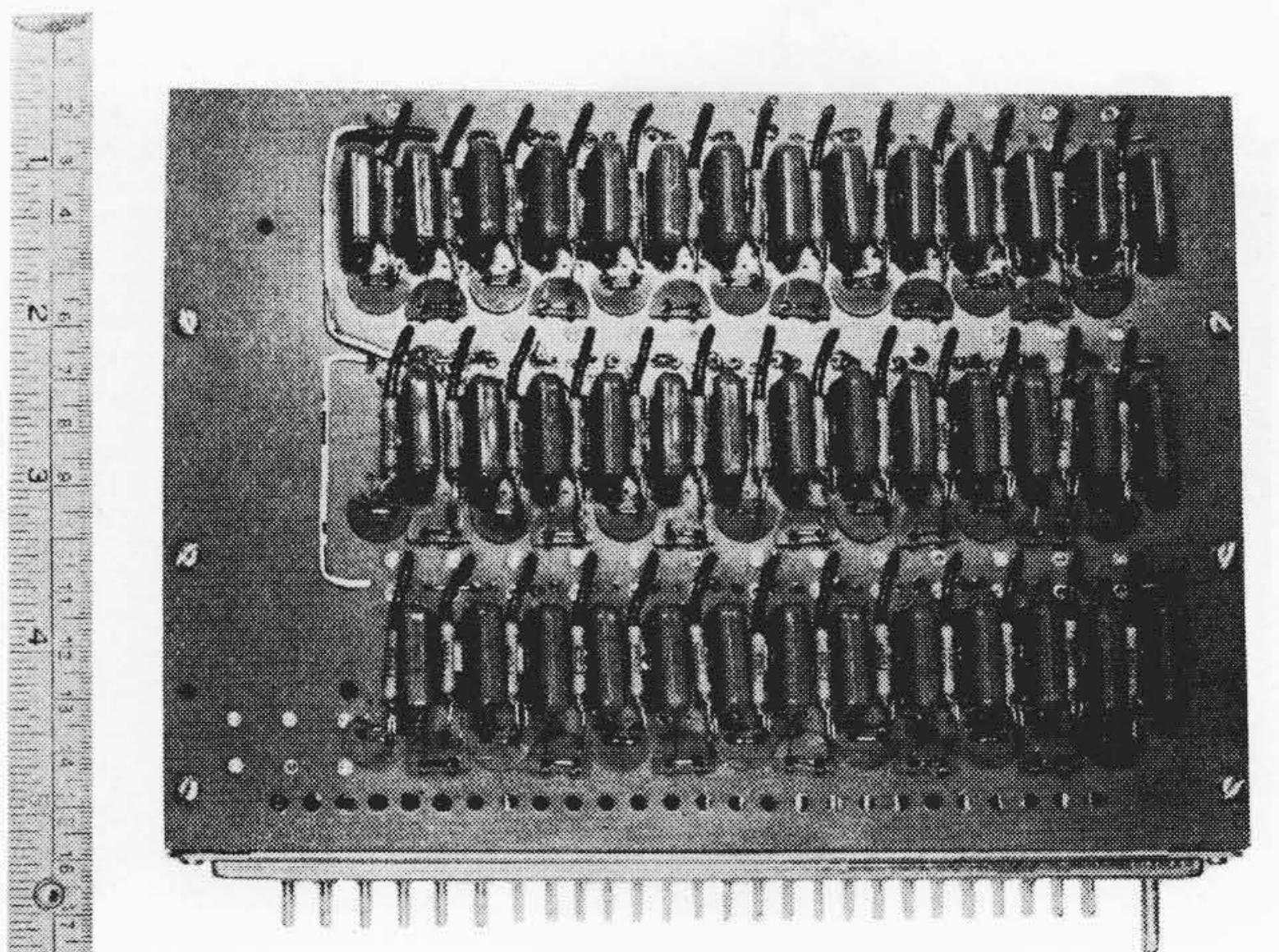
の強度を示す。この試料では10ないし20μくらいの範囲でかなりの偏析が認められる。

29.3.9 パラメトロンディジタル計算機HIPAC-101の試作

さきに、論理素子としてパラメトロンを用いたディジタル計算機の前器(prototype)ともいふべきHIPAC 1を試作し、昭和32年末一応の完成をみた。その後、これを用いて送電線の弛張度計算など、



第51図 HIPAC 101

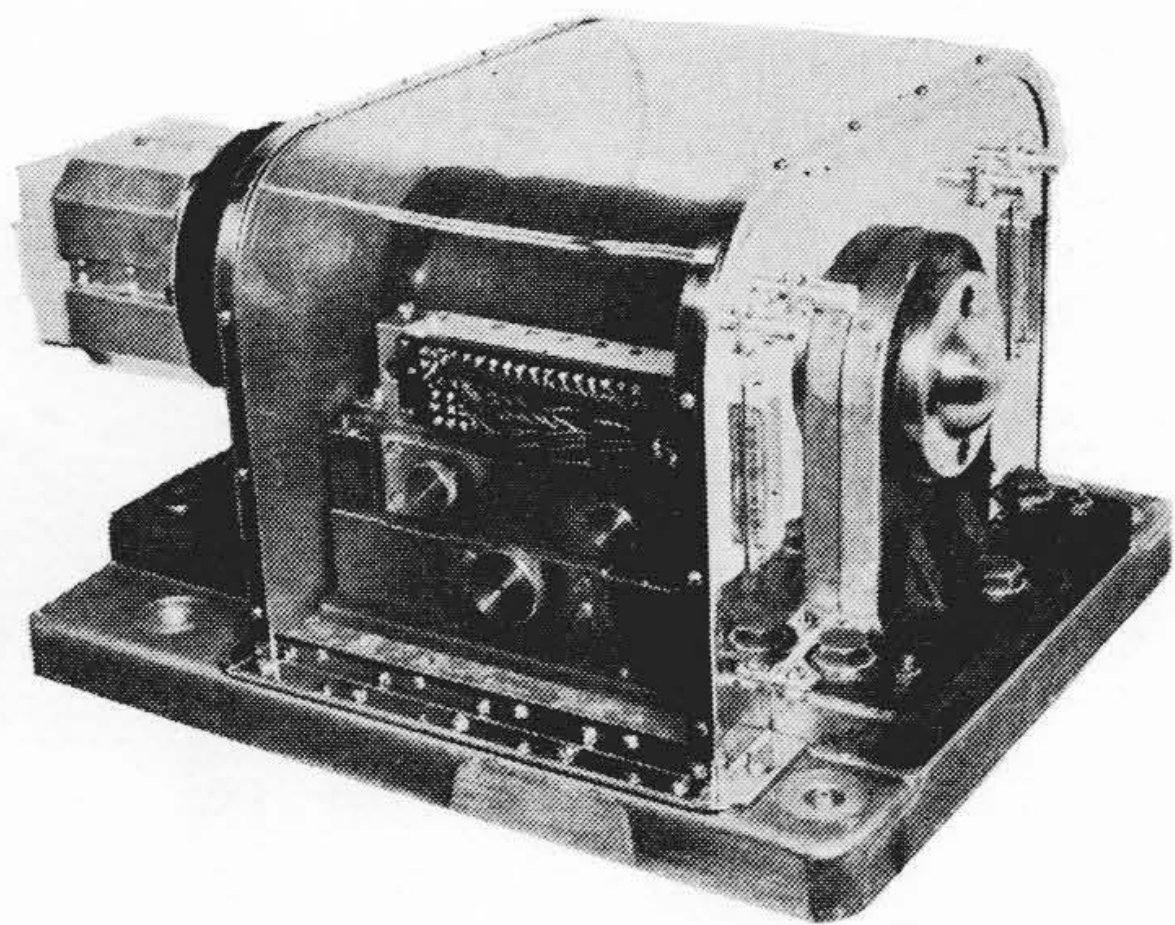


第52図 パラメトロンを組みこんだカード

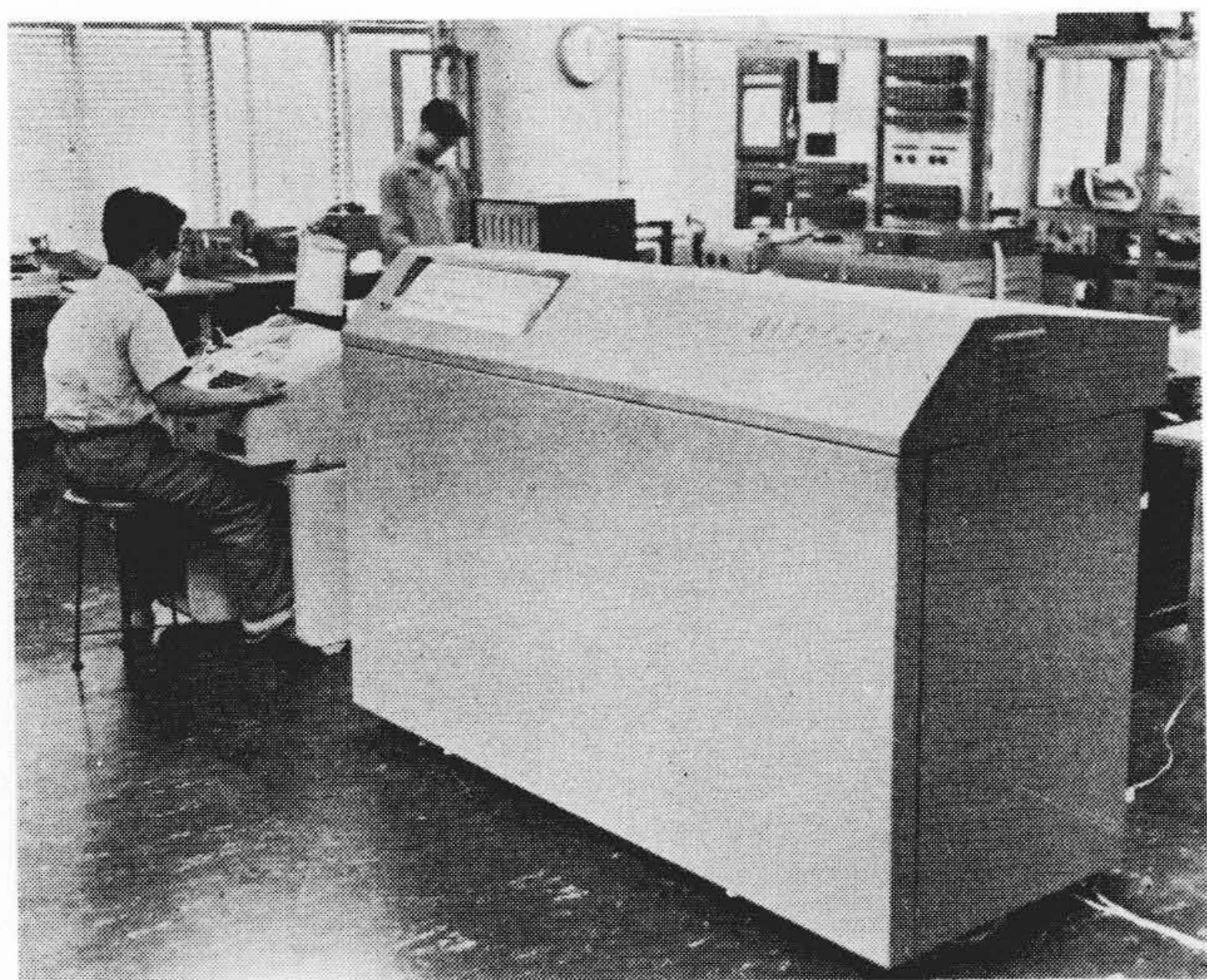
いくつかの計算需要に応じてきたのであるが、これが試作に当ってはその大半が素人によって設計され、しかも非常に短時日の間に完成する必要があったため、意にみたぬ箇所がいくつか見出された。その最も大きな点は、磁気ドラム記憶装置の制御回路に、真空管を用いたことにある。

これらの経験を生かし、さらに商品として市場に出すことを目標として2号機HIPAC 101の試作を昭和33年計画し、翌34年完成をみた。1号機のドラム制御回路はすべてトランジスタに置換えることにより信頼度において数段の前進が認められた。本機は完全直後パリーにおいて開かれたAUTO-MATH 59(万国の計算機展示会昭和34年6月開催)に日本電気のNEACと並んで日本の代表として出品され、非常な好評を博した。パラメトロンが非常に安定な素子であることは試作以前から予想されていたところであるが、完成以来パラメトロン部の故障は皆無に近く、その信頼性の高いことにはいまさらのように驚いている次第である。パリ展示会終了後ただちに中央研究所計算機室に設置、爾来、種々の計算需要に応じている。現在需要が急激に膨張し、昼間だけの稼動では到底追いつかず、夜間も休みなしに稼動している状態である。第51図はその全貌である。左後にある筐体が演算装置、演算制御装置および記憶装置を含む本体であり、左前の机が操作卓、右側の机が入出力装置をおさめた卓である。第52図はパラメトロンを組み込んだカードであり、一枚のカードに39個のパラメトロンがついている。第53図は記憶装置として用いた磁気ドラムである。

なお、本機の仕様は大略次のとおりである。



第53図 磁気ドラム



第54図 HITAC-502計算制御装置

- | | |
|------------|------------------------------|
| (1) 方式 | ストアード・プログラム方式 |
| (2) 数値 | 1語40ビット(全語), 20ビット(半語) |
| (3) 命令 | 1½アドレス方式, 半語よりなる |
| (4) 記憶装置 | 磁気ドラム (9,000 rpm) 容量 1,024 語 |
| (5) 平均演算速度 | (待ち時間を含む) 加減 6.2 m s |
| | 乗 9.5 m s |
| | 除 40.4 m s |
| (6) 入力装置 | 光電式テープ読取器 |
| (7) 出力装置 | フレキシソ・ライタ |

29.3.10 制御用デジタル計算機 HITAC-502 の完成

最近自動制御の分野でも計算機制御に関心が高まっている。計算機制御とは生産プラントなどに電子計算機をもち込み、最高効率、最大生産量、処理時間の短縮、もしくはロスを最少にするような経済運転を図ることである。

(1) 性特、構造

本制御用計算機はこのような目的の計算制御装置の中心をなすものである。制御用計算機 HITAC 502 は通常の事務用、科学用計算機と異なり、実時間の情報を出し入れし、オンラインで使用するため特殊な仕様を満たしている。第54図は本計算制御装置全体である。右側の装置が制御用計算機 (HITAC-502) であり、左側が実際のプラントと計算機との間を橋渡しする入出力装置である。計算機は全固体素子で信頼性の向上をはかり、1語は24ビットで数値のけた数は少ないが、記憶容量は多く (7,936 語) また別に磁気コア記憶装置 (192 語) をもち計算速度を早めており、倍精度計算も可能である。本計算機は入出力装置を通じてアナログ量を出し入れできることはもちろんであるが、このほか制御信号

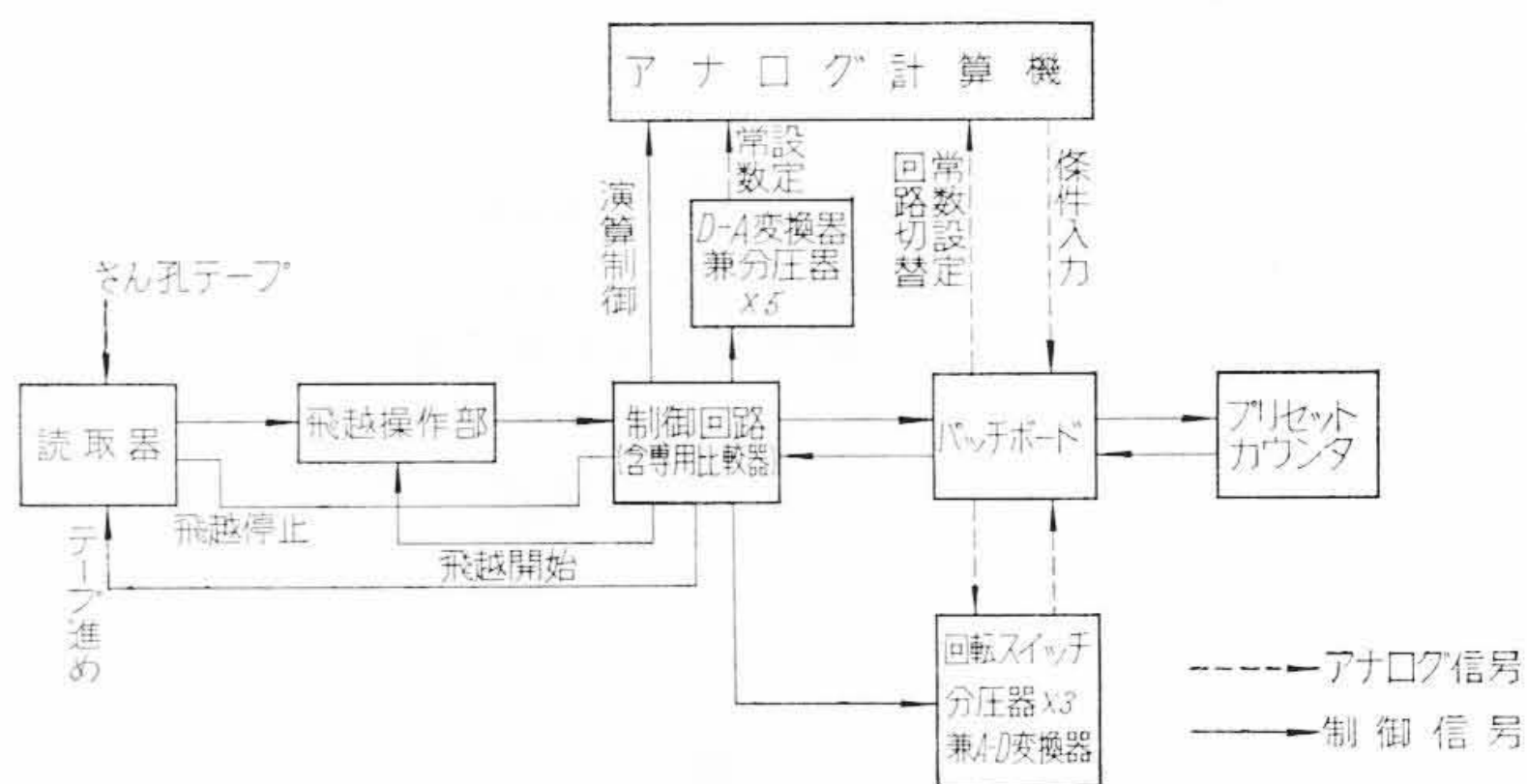
を出すことができることを特長としている。計算機制御では外部の各種装置を指令したり、また外部の状況に応じて計算機のプログラムを変えることも必要であるが、これら制御信号はこのような目的に対し非常に有用である。入出力装置は数多くのプラントの測定値を順次切換えてアナログデジタル変換して計算機に入れ、また計算された最適な運転条件、たとえば温度などの各種の設定値を指令するものである。プラントと本入出力装置の間は全電子式工業計器を用い統一された電気信号でつなぐものであり、また数多くの入出力の切換えも計算機よりの制御信号で選択できる機構になっている。切換え順序を変更するときも計算機のプログラムを変えるのみでよく、また外界の状況に応じて自動的に切換えを変更することも可能である。計算機制御も適用すべきプラントに応じて、入出力の数、種類、切換え速度などは千差万別であり、本装置はその場合入出力装置のみ変え、計算機自体は共通に使用できるよう設計されている。

(2) 用途

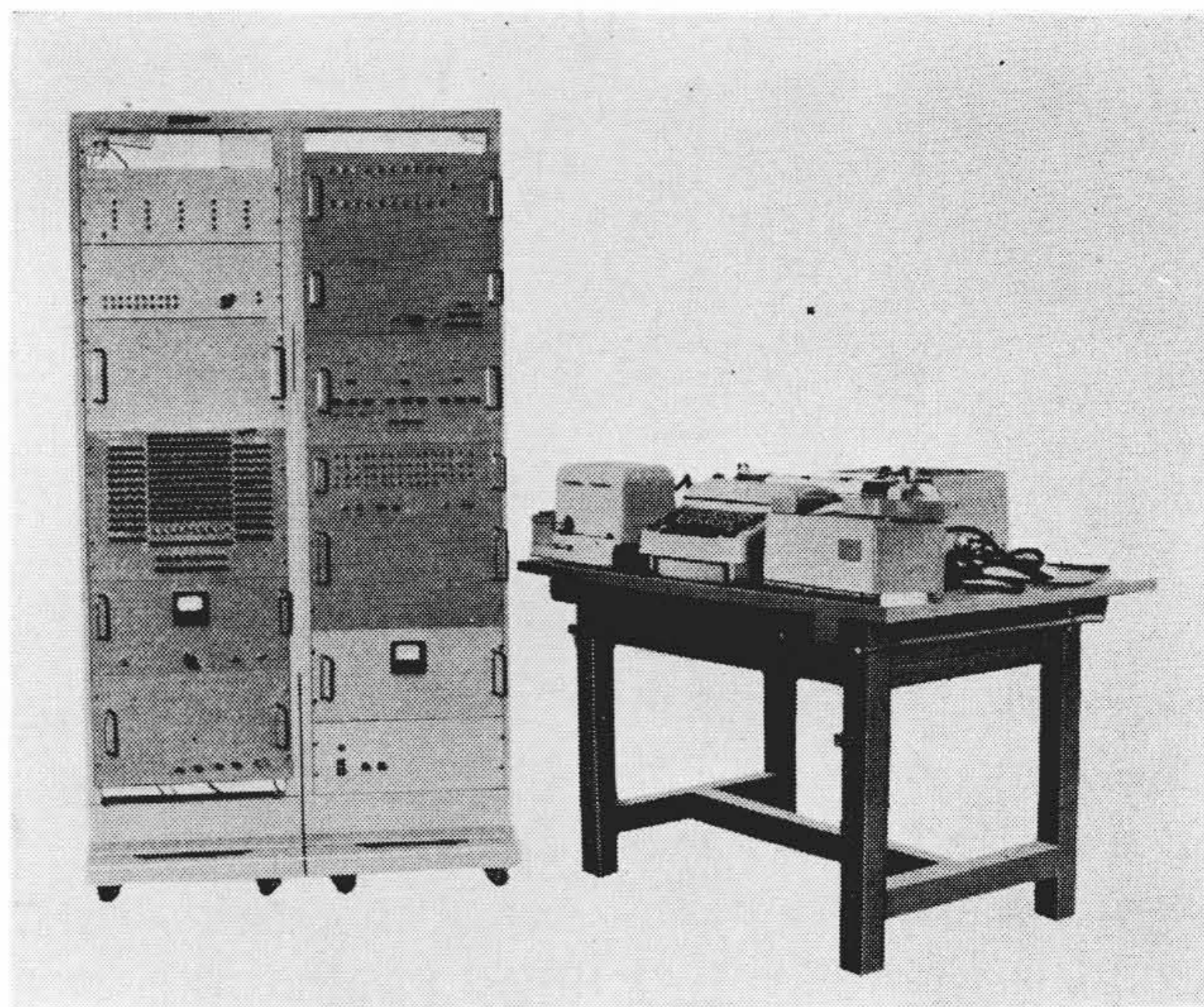
本計算制御装置は化学合成工業、石油精製工業、金属工業、電力事業、ガス供給事業、そのほか今後広く適用されるものと考えられる。このような計算機制御ではこれら装置の開発とともに、どのように適用してゆくかが他の面の一つの大きな問題であり、現在日立製作所中央研究所においても化学プラントの解析、研究などを行っている。

29.3.11 アナログ計算機の自動プログラミングについて

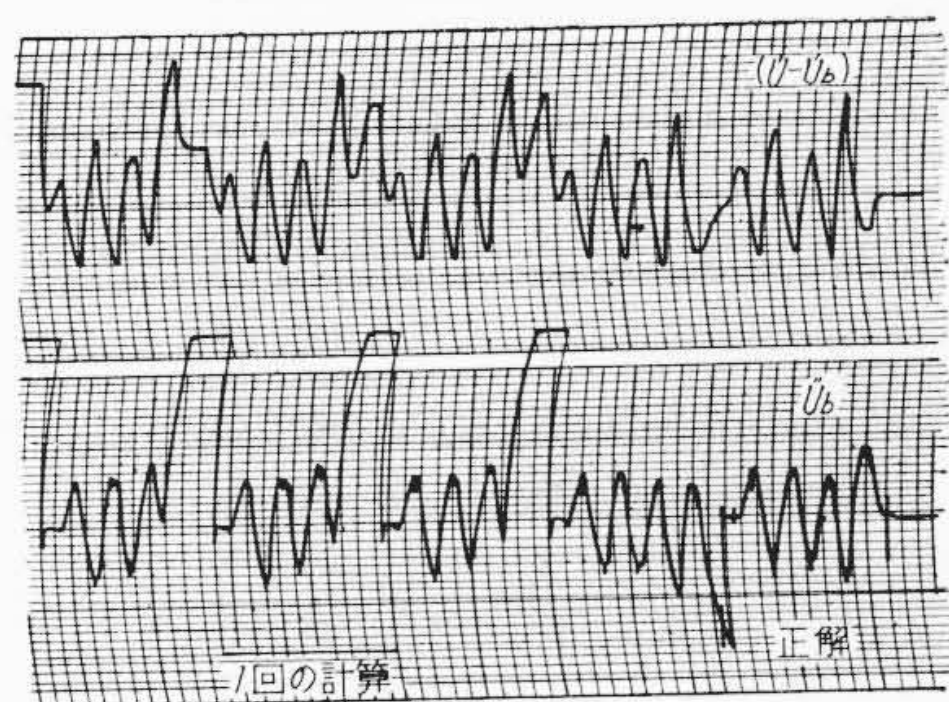
アナログ計算機の操作を自動化しようという試みが、自動プログラミングであって、その方式には開回路と閉回路の二つの方式がある。前者は定数の自動設定、保守に関する自動点検などは解には無関係に実施されるプログラムである。これに対し後者の方式は演算



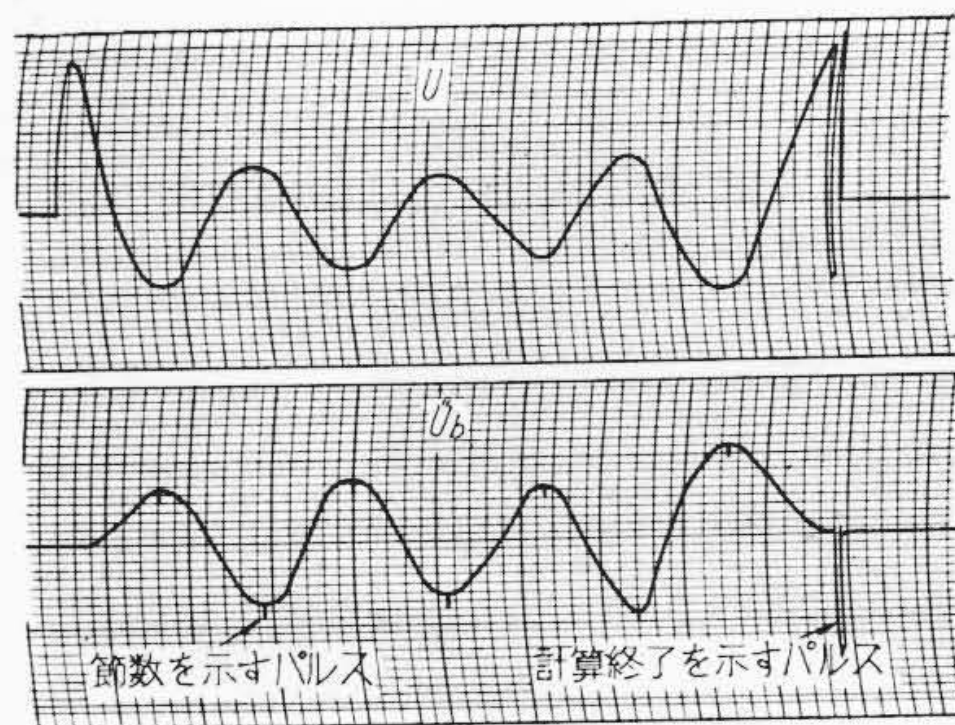
第55図 さん孔テープ式自動プログラム装置ブロック図



第56図 さん孔テープ式自動プログラム装置



(a) 固有値自動解析装置により条件を変更して正解を得るに至る過程を示す
境界条件が満足されたか否かを知るために ($U-U_b$) および U_b のチャードを示す。 U , U_b は振動振幅および曲げ振動振幅である



(b) 8節の振動解 (正解)

第57図 はりの固有振動の解析例 (8節)

結果に基づき次に行うべきプログラムの内容を試行しようというものであって、従来のアナログ計算機に自動判断による反復計算の機能を付加するものとして注目されるものである。このような装置を用いることにより、従来面倒とされた固有値問題、境界値問題が容易に扱えられるようになった。

昭和35年度においては主として閉回路自動プログラミングの開発につとめ、その方式の確立ならびに汎用装置の試作を行った。第55図および第56図は試作装置のブロック線図ならびにその外観写真である。さん孔テープにさん孔された演算制御、演算回路の変更、設定常数の変更などの条件ならびに数値に関する命令が順次読取器を通じて読取られ、制御回路(リレー回路)がこれを翻訳し、それに対応した操作をするようになっている。飛び越し操作部は演算結果に応じてあらかじめテープにさん孔した命令を適宜ジャンプ変更するために設けられたものである。これらの条件にはパッチボードに導かれた電圧や、記憶積分器などの記憶回路の出力電圧が使用される。

この装置を使用して (1) 境界値問題 (たとえば歯車の動荷重計算)、(2) 固有値問題 (たとえばはりの固有振動計算)、(3) 極値問題 (最適制御の計算) などの解析に適用し、その威力を発揮した。

第57図のはりの固有振動解を求めた場合の演算結果である。

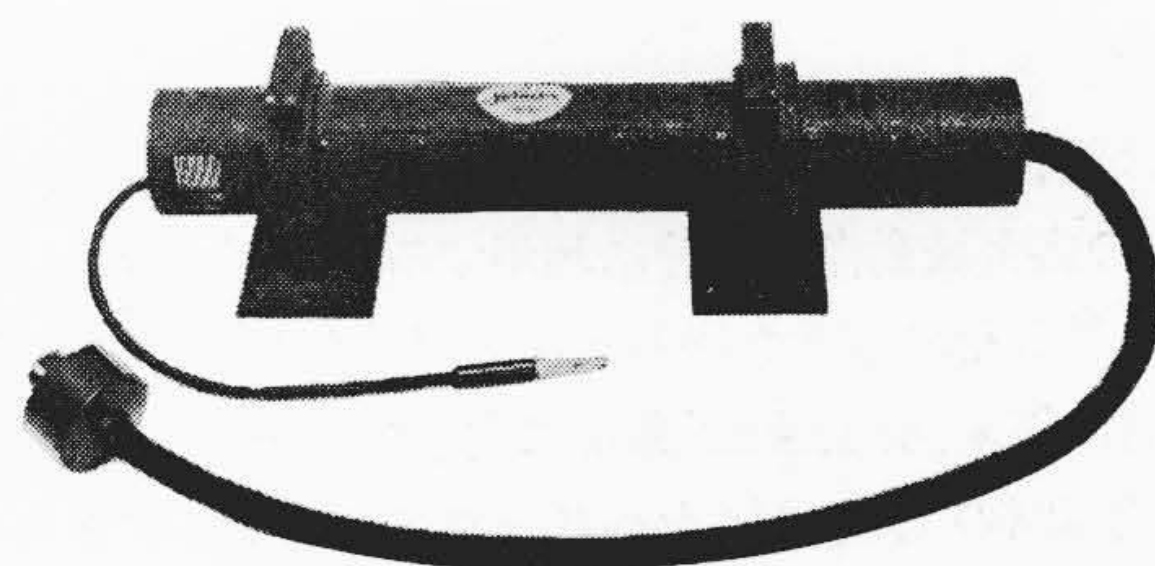
以上のようにこの装置の完成によりアナログ計算機は大幅に機能を増大したのであるが、一方その計算手順からも明らかなように、次の演算命令が前回の解から決定され、ここにアナログ計算機を含んで閉回路が構成され一種のハンティングの現象や収れん速度の問題を伴う。これらの程度はその試行法に左右され、これに関する理論的な検討も必要である。そこで代数方程式の求根における Newton の方法、Horner の方法に順拠した方式を提案し、これらについて詳細な検討を行った。

29.3.12 進行波管の新品種

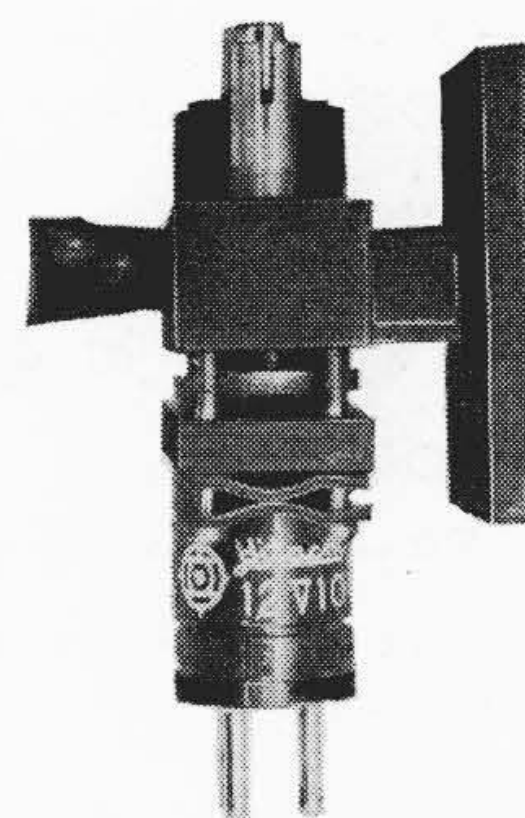
7W33 および 8W34 は全長 310 mm、重量 2.35 kg の小形軽量な入出力導波管結合形の電力増幅用進行波管である。その磁気回路はバリウム、フェライト系磁石による同期 18 mm、軸上の磁界の強さ約 600 ガウス (実効値) の交番磁界を使用している。その電気的特性のおもなものは次のとおりである。

	7W33	8W34
使用周波数	6,400~7,200 Mc	7,200~7,800 Mc
動作電圧	2,600 V	2,600 V
陰極電流	25 mA	25 mA
出力 (飽和値)	約 6 W	約 6 W
利得 (小信号時)	約 30 dB	約 30 dB

これらの進行波管は固定および移動用の通信および TV の中継用



第58図 7W33 の外観



第59図 クライストロン 12V10

送信管として、従来のものより小形軽量であり、取扱い容易長寿命である特長をもっている。

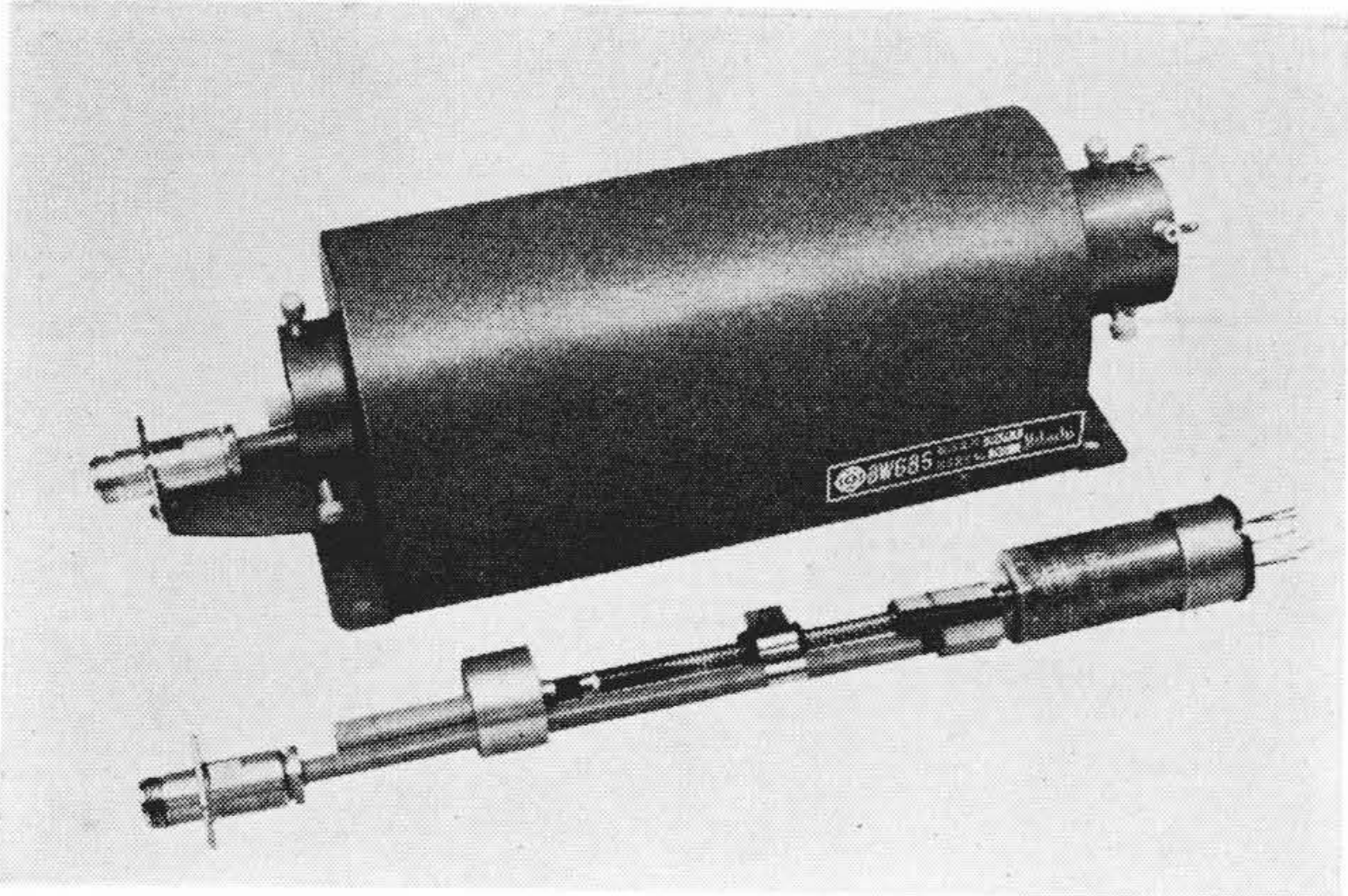
29.3.13 クライストロンの新品種

最近電波庁より、10,000 Mc 以上のマイクロ波周波数帯域が開放され、電電公社マイクロ回線、IV 中継機、民間のマイクロ通信に広く利用されることになった。日立製作所中央研究所では前に 10V13 (X-13 相当管) を他社に先んじて開発したが、阪神電鉄株式会社のマイクロ回線の一括受注に際し、10V13 では周波数帯を全部カバーできぬため、さらに周波数の高いクライストロンが要求され、鋭意研究試作の結果 12V10 なる新品種の開発に成功した。

12V10 は周波数範囲 10,500~12,500 Mc 間の 2,000 Mc をカバーし、出力は 10,500 Mc で 150 mW 以上、12,500 Mc で 200 mW 以上整合負荷時に得られ、周波数は微細調整できるようになっている。また周波数安定度も高く、マイクロ波送信管として最適の構造、性能を有するばかりでなく、広帯域にわたり、かなりの出力が得られるので、測定用の発振源としてもすぐれた性能を発揮するクライストロンである。

29.3.14 後進波管の新品種

5,700~6,700 Mc にて約 100 mW の出力をもち、均一磁界形永久磁石による電子ビーム集束を行った実用的な後進波管 BW 685 が開発され 35 年 3 月電気通信研究所へ 2 本、その後安立電気へも納入し



第 60 図 5,700~6,700 Mc 用後進波管 BW 685

好評を得ている。

出力部は結合螺線方式を採用し、終端は同軸のNコネクタとなっていて、その広帯域動作を十分に利用することができる。第 60 図はこの後進波管とその管球を磁石から取出したところである。

後進波管は電子同調範囲が非常に大きいのが特長で、この球では上記周波数範囲の 1,000 Mc をヘリックス電圧 700V から 1,500V までの変化で容易に掃引することが可能である。また負荷による周波数変化も少なくマイクロ波測定器用として優れている。

一般に後進波管の開発が遅れているのは、周波数に対し出力の変動があるためであるが、この球ではヘリックスの両端を無反射にすることで相当改善されている。

29.4 材料 その他

29.4.1 火力用金属材料の研究

火力発電用ボイラおよびタービンは近時ますます大容量高温高压化し、これに伴い金属材料はいっそう過酷な条件で使用されるようになった。したがって火力用金属材料については長時間クリープおよびクリープ破断特性の究明がきわめて重要であり、かねてから力を入れて研究してきたが、昭和34年はさらに設備を増強し、各種高温高压用材およびその熔接部、熔着鋼について試験研究を行い火力機器の設計製作に万全を期している。さらに600°C以上650°Cの蒸気条件において使用されるボイラ過熱管材およびその熔接について研究を行っており、その成果の一部は今回新設した蒸気条件 650°C、350kg/cm² の試験ボイラ（別項）に応用された。クリープおよびクリープ破断試験設備の状況は第 3 表のとおりで、第 61 図は試験機群の一部を示す。

29.4.2 給水加熱器用材料腐食の研究

最近わが国二、三の新鋭火力発電所において高圧給水加熱器材料 7:3 キュプロニッケルがリン状の腐食生成物を伴うひどい腐食をうけ、この問題が重視されるようになった。この 7:3 キュプロニッケルはアメリカでの実績に基づいて直輸入的にわが国でも使用するようになったものであり、耐食性という面からはほとんど研究がなされていなかった。そこで今後の火力発電所高圧給水加熱器材料の選択基準を与えるため、各種銅ニッケル合金の高温水による腐食をオートクレープならびに実際のプラントにおいて実験し、起動停止の激しいプラントにおいては停止時に空気中の酸素が侵入するので 7:3 キュプラニッケルよりもむしろ 9:1 キュプロニッケルのほうが耐食性がよく、3:7 Cu-Ni 合金（モネル相当品）はもっともよいという結果を得て当面の難問題を解決した。

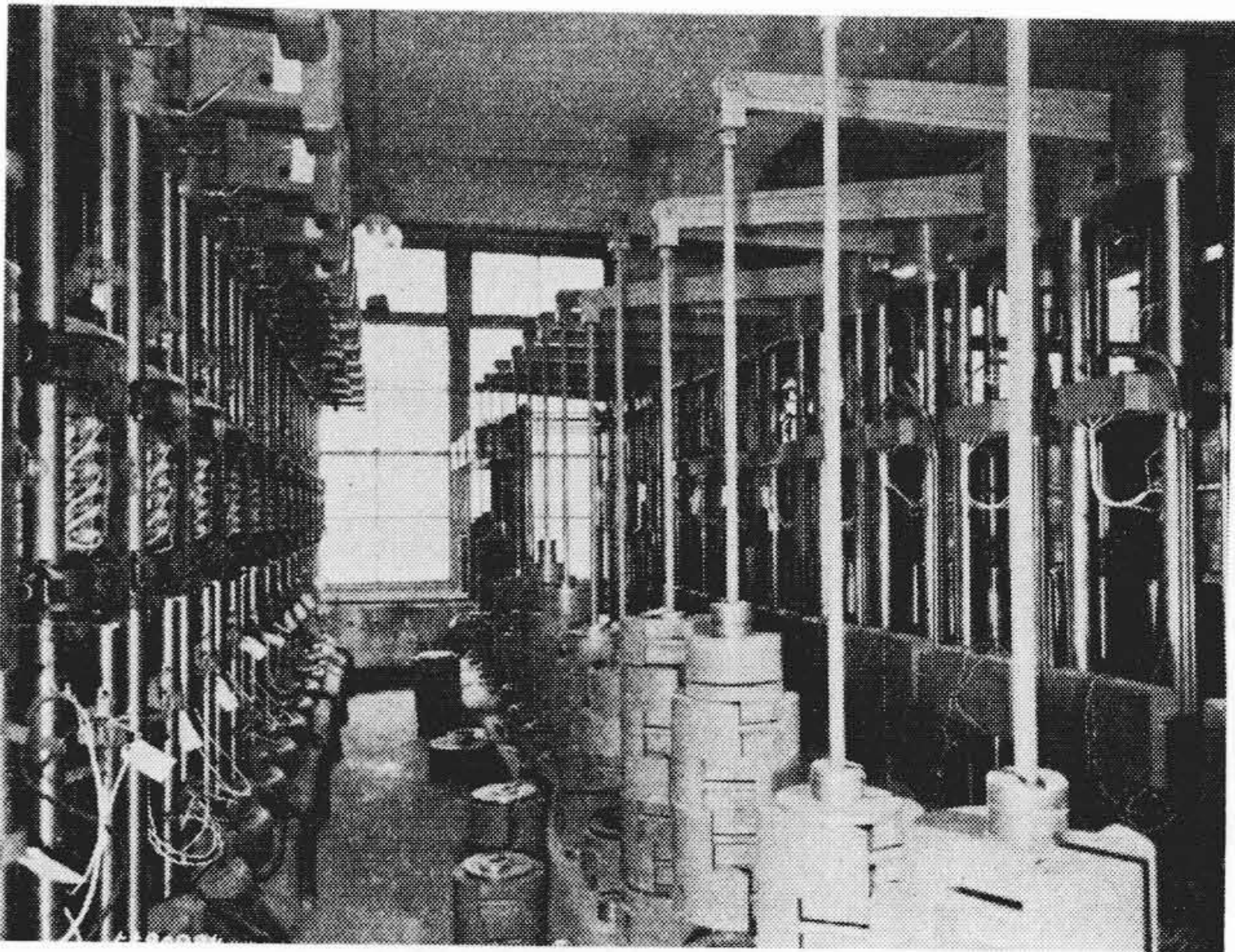
29.4.3 焼結機械部品の研究

粉末冶金を応用して多量生産の機械部品を作る技術は、鋼材を切

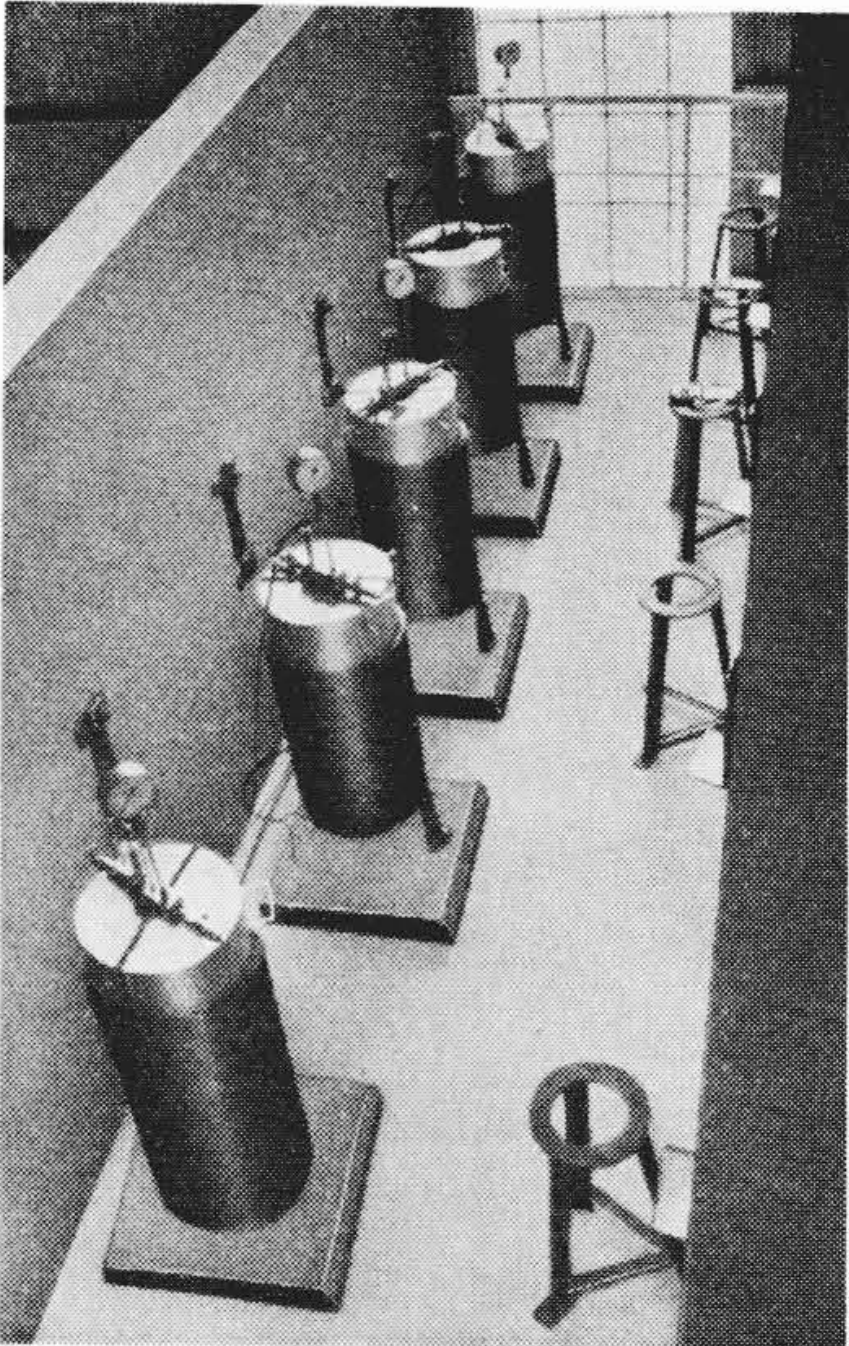
第 3 表 現有クリープ、クリープ破断試験機ならびに付属装置

名 称	容 量
ADAMEL TAC 形クリープ試験機	2.1 t
NPL 形クリープ試験機	3 t
*C-3 形クリープ破断試験機	3 t
S-5 形クリープ破断試験機	5 t
クリープ破断試験機	2 t
6本つり式クリープ破断試験機	1.5 t
応力緩和試験機	4.0 t
電子管自動平衡式伸記録装置	11打点
クリープ試験用非常電源設備	100kVA

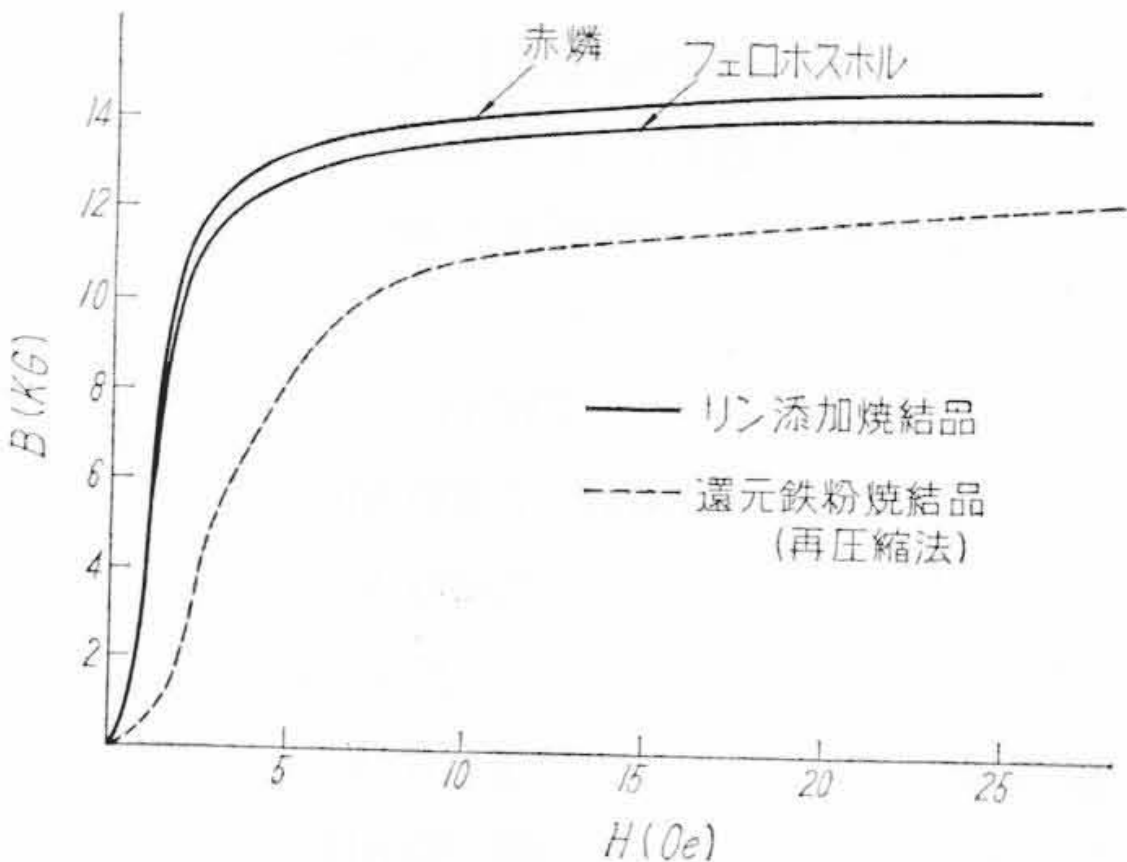
* クリープおよびクリープ破断両用機



第 61 図 C-3 形クリープ破断試験機群の一部



第 62 図 オートクレープ実験設備



第 63 図 含磷焼結鋼の直流磁化特性の一例

削仕上げするよりもコストの低下に役立つ方法として普及してきた。しかしその欠点は空孔があるため多少物理的特性や強度が低くなることである。そこで原料鉄粉にリンを添加して焼結によるち密化を促す方法が究明され、1回の加圧焼結で引張強さ $36\sim 38\text{ kg/mm}^2$ をうることは容易となった。これは焼結の過程でリン化鉄が形成され、次に液相が存在する間鉄粉の凝集が進行するからである。またこのリン添加法は軟質磁性体の焼結に応用され、第63図に示すようなすぐれた磁化特性をもつ焼結鋼が得られる。

29.4.4 各種鋼材の熱疲労強度の研究

火力用機器その他高温で使用される機械部品には熱ひずみの繰返しによる熱疲労破壊が生ずることがあるので、設計に当ってはこれに対する使用材料の強度を知っておく必要がある。この目的で数種の鋼材について熱疲労強度を調査した。第64図は試験装置を示す。試験片は両端が固定され、通電加熱により繰返し熱ひずみが与えられる。第65図は試験片に生じた各サイクルごとの塑性ひずみの量 $\Delta\epsilon_p$ とき裂発生までのサイクル数 N との関係であって、両者はほぼ直線的な関係にあり、この関係は数式的には $N\Delta\epsilon_p = k$ で表わされる。ただし a , k は材料や温度その他の試験条件で定まる常数である。

本実験に用いた材料の中では、大きな塑性ひずみの繰返しに耐えるという点では18-8ステンレスがすぐれていること、また、同じ試験条件で生ずる塑性ひずみが少ない点では降伏点の高い1Cr Mo $\frac{1}{4}$ V 鋼に利点があることがわかった。使用材料の選定に当ってはこれらの利点と使用条件とをにらみ合わせた上で決定する必要がある。

29.4.5 EPU-2A 形分光光度計による発光分析

吸光分析を主眼として製作された日立 EPU-2A 形分光光度計を、発光分光分析に利用する方法を開発した。本装置は第66図に示すように、光源部に発光スタンドを設置して分析試料を低インダクタンスの高圧火花で励起するとともに、電極には紫外線を照射して火花の安定化を図った。またスペクトル強度の測定には日立 S-2形記録装置を併用して測定精度を向上した。この装置により、金属材料などの発光スペクトルから特定波長の線強度比を求めることによって、含有成分の定量を行うことができる。

(1) 銅合金中の亜鉛の定量

針状の電極を高圧火花で励起し、Zn 2061.91/Cu 2054.97 の線強度比を測定することにより、銅合金中の亜鉛をじん速に簡易定量できる。定量範囲は3~12%で、定量値の変動係数は約5%である。このように本法では、分光写真器では使用困難な2,300 Å以下の短波長も利用できる。

(2) アルミニウム合金中のベリリウムの定量

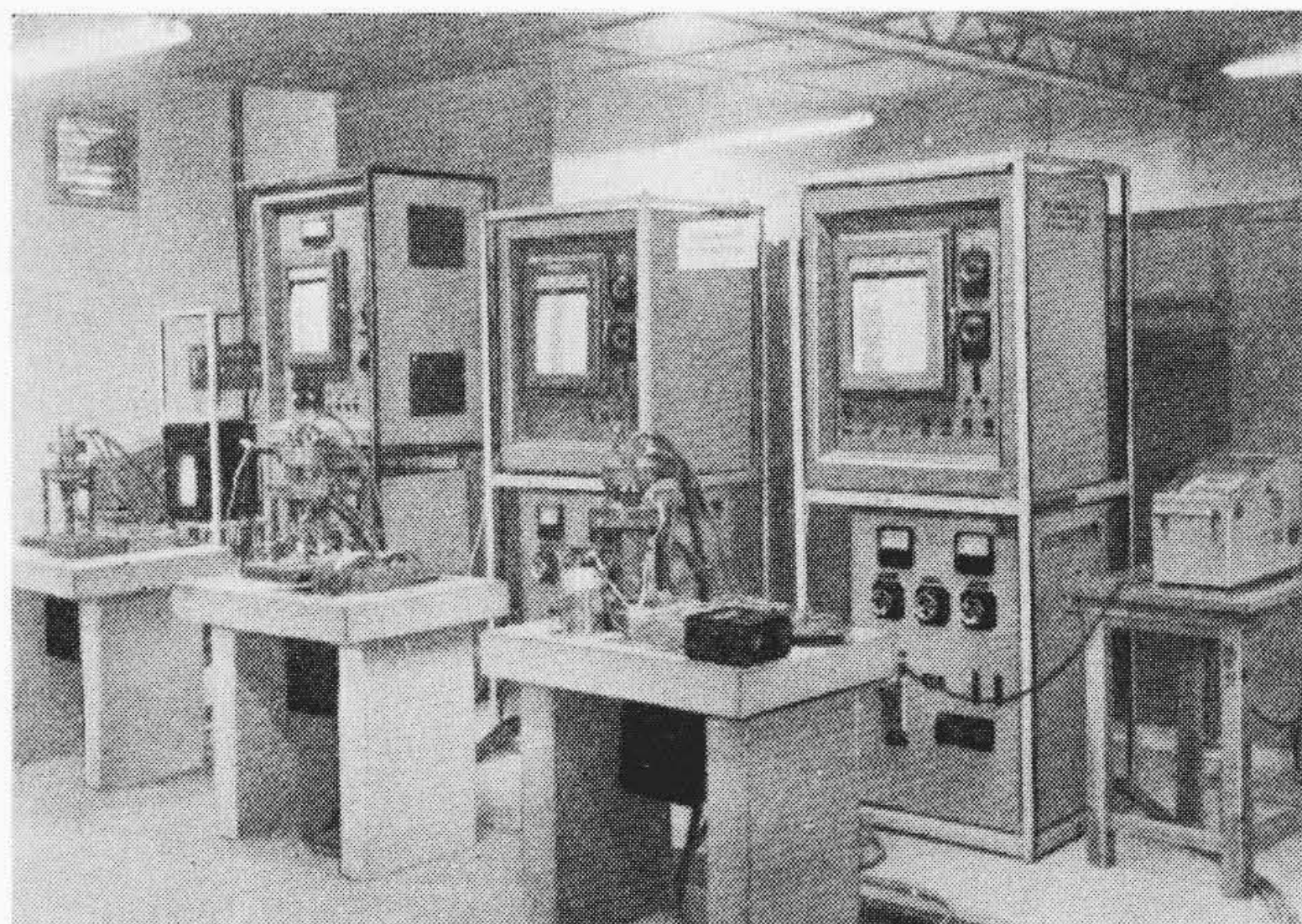
化学分析法によるアルミニウム合金中のベリリウムの定量は、両者の化学的性質がよく似ているため困難である。しかし本法では銅合金の定量と同じような分析条件で、Be 2,650.47/Al 2,631.55 および Be 3,130.41/Al 3,092.71 の2組の分析線対を使用し、ベリリウム量0.01~2.0%の定量が可能である。

(3) 低合金鋼の分析

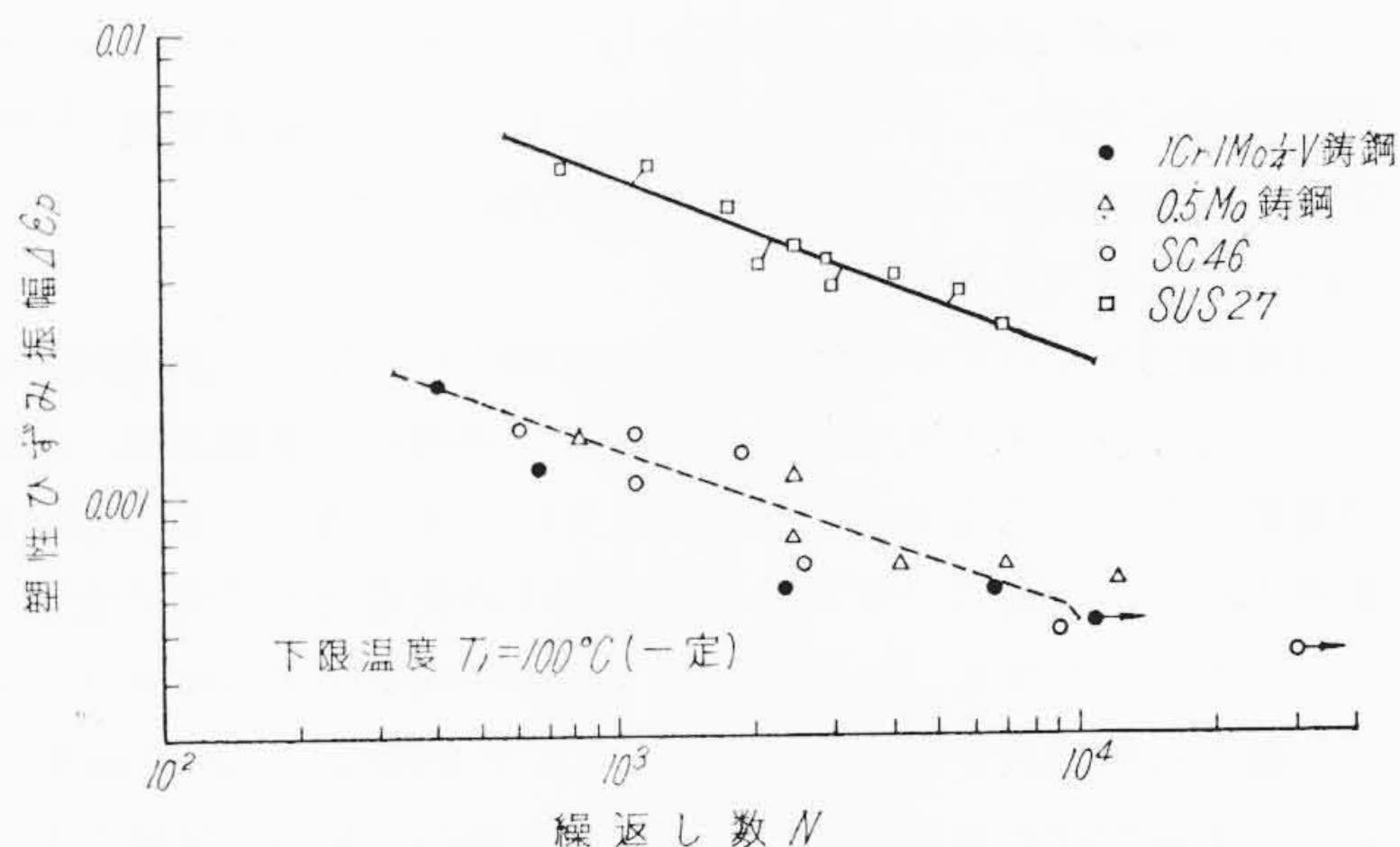
鉄鋼は非常に多数の線スペクトルを発するので、これを完全に分離測定することは困難であるが、適当な分析線対を選択することによりその目的を達することができる。すなわちニッケルの定量には Ni 2,278.77/Fe 2,279.92, クロムには Cr 3,132.06/Fe 3,154.21, マンガンには Mn 2,939.30/Fe 2,936.90, 銅には Cu 3,273.96/Fe 3,286.76 の分析線対を使用し、0.1~4.0%の範囲の含有成分を定量することができる。

29.4.6 MCL (印刷回路用銅はくはり積層板) 基材

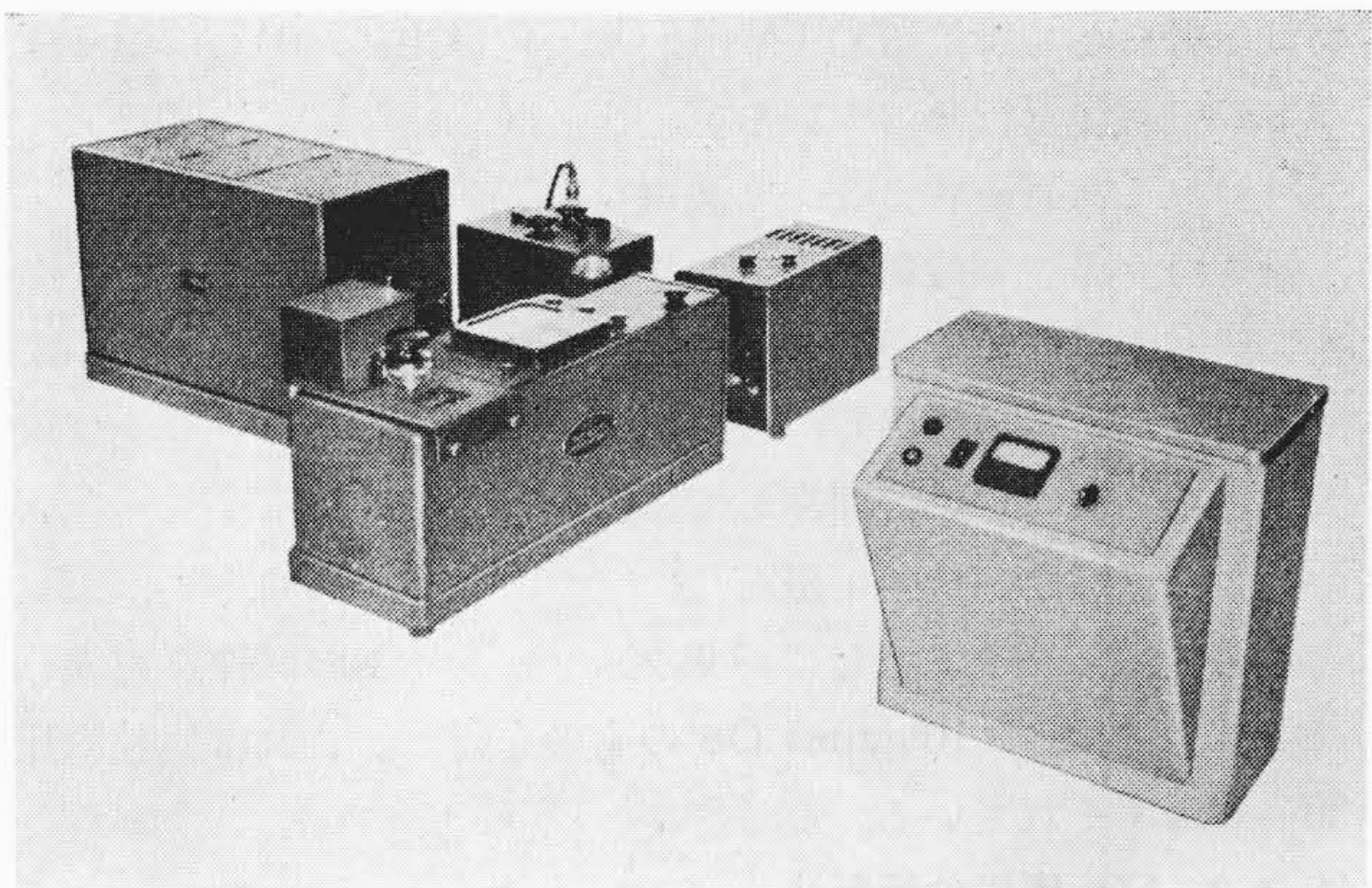
電子機器などに使用される MCL は、従来はもっぱら接着剤付輸入銅はくを用いて生産が行われてきた。この接着剤および銅はく



第64図 熱疲労試験装置



第65図 塑性ひずみ振幅と破断繰返し数



第66図 EPU-2A 形分光光度計と発光付属装置

を国産化することは、需要の増大に伴う単価の低減をはかるため最も重要な課題であって、日立製作所においてはこれらの国産化について鋭意研究を行ない、優秀な接着剤を完成した。

この接着剤を用いた MCL は接着剤付輸入銅箔によるものと比べ、性能上なんら遜色がなく、むしろ耐アルカリ性においてはるかにすぐれた性能を有している。

この接着剤を用い、フェノール紙 MCL はもとより、エポキシガラス MCL およびメラミンガラス MCL など各種 MCL の生産を行ない、好評を博している。

29.4.7 フェライトの試作

最近エレクトロニクスの発達に伴い、ますますフェライトが注目嘱望されるようになってきた。従来のスピネル形のほかに種々の結晶構造のものが見出され応用が考えられている。すなわち、それらは金属材料に比べ化学的に安定なこと、また固有抵抗が著しく高く

$10^8\Omega\text{-cm}$ にも及ぶ性質をもち、磁心として高周波における渦電流損失の小さいために数 kc から 10,000 Mc をこえる周波数範囲できわめて広範囲に常用されてきつつある。

また磁石として約 2,000 Oe にも達する高抗磁力を特長とし、金属磁石ではなし得なかった興味ある応用面が開かれている。このような時にさらに高性能特性を有するフェライトの試作を行ない、次のようなものを完成あるいは研究を行なった。

(1) BC 帯, VHF 帯用

(i) BC 帯用としては、フェライトアンテナは従来のループアンテナと異なり弱電界に対しても十分な感度が得られ、また 10~20 dB も利得が大となる。これに用いるフェライト素子として高透磁率、低損失の銅亜鉛系フェライトの試作を完成した。これは初導磁率 600, $Q > 200$, 感度約 45 dB/10 mV (600 kc) というすぐれた特性をもち、トランジスタ用アンテナ材として量産化している。

(ii) VHF 帯用として水平出力トランス用フェライトコアに磁束密度が大きく、かつ損失の小さいものとして磁束密度 5,000 G 以上、抗磁力 0.1 Oe 以下のものの試作に成功した。

(2) 計算機用フェライト

計算機用フェライトの透磁率の非直線性を応用した論理回路素子としてのパラメトロンは、高周波にて透磁率を変動させ、運転消費電力をごく小さくするために損失のできる限り小さいものが要求される。一般のパラメトロン磁石は消費電力が非常に大きい、小さいとしても 12~13 mW で磁心の磁気ひずみが大きく使用上種々の問題点を含んでいたが、ここに消費電力 3~4 mW で磁気ひずみのほとんどないパラメトロン磁心の試作を完成した。

また記憶素子としてのメモリーコアにおいても矩形ヒステリシス特性をもち、結晶異方性がほかの異方性よりもすぐれ、ち密で均質な材料として抗磁力 1.5~18 Oe, 角形比 74~94% に至る種々のものの試作を行なっている。

(3) マイクロ波およびミリ波用

新しいマイクロ波領域での非相反性回路素子として、損失の小さい飽和磁気の大きいものを得ている。またミリ波帯においても使用できるものを見出し、なお新しい材料としてイットリウム鉄ガーネット系について開発している。

(4) 強磁性フェライト磁石

強磁性フェライトとしてバリウムフェライトの試作を完成し、 $(BH)_{\max}$ 約 $1.4 \times 10^6 \text{ gauss Oe}$ のものを得た。これは他社に比し 30~40% すぐれている。

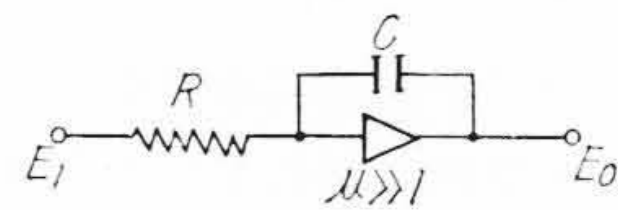
29.4.8 窒化硼素の新製法

窒化硼素は 2 年ほど前に工業界に現われ、そのすぐれた諸特性のために急激に脚光を浴びている新工業材料である。

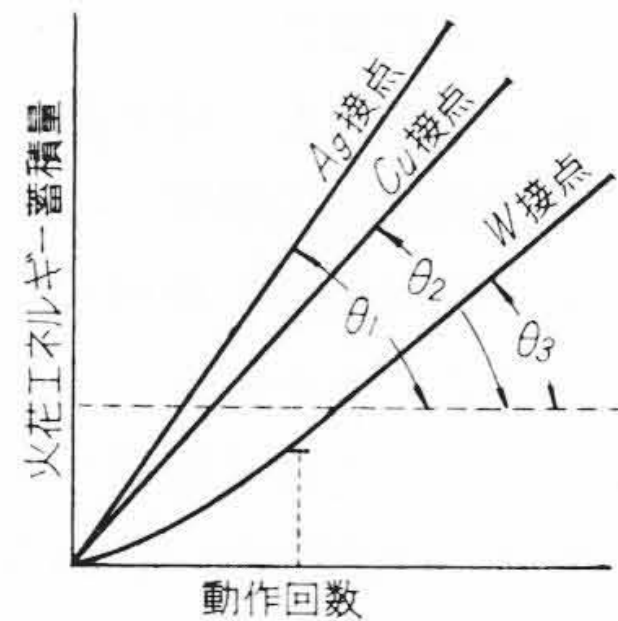
真比重 2.26, 見掛比重 1.6 の白色微粉末およびその焼結成形品で、硬度は約 2 で加工が容易であり、結晶構造は六方晶形、摩擦係数は 0.17 で二硫化モリブデン、黒鉛につぎ、それらより高温の 500°C 以上でも使用しうる固体潤滑剤である。比抵抗は $10^{13}\Omega\text{cm}$ で高温まで使用できる高絶縁材料である。融点が 2,730°C で不活性気体中ではこの温度まで耐え、真空中では 2,000°C までの耐熱材、空気中では 1,000°C まで使用できる耐酸化性をもつ。硼素を 43.6% 含有するため原子炉用しゃへい物となる。また電場や放射線で紫外線を出すため蛍光物質材料としても注目されている。

用途としてはロケットのノズルおよび燃焼室内張り、イグニトロンの点火器、高周波炉の断熱材、電子管の絶縁材料、蛍光物質材料、金属溶解するつば、高温用軸受およびガスカート、製糖用離形剤、高温潤滑剤、耐火煉瓦および耐熱管に使用されている。

窒化硼素の従来の製法は三塩化硼素とアンモニアの高温での気相

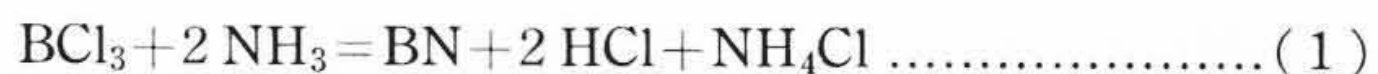


第 67 図 測定原理



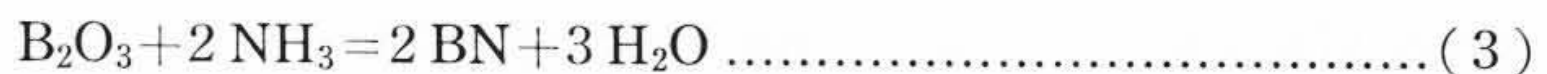
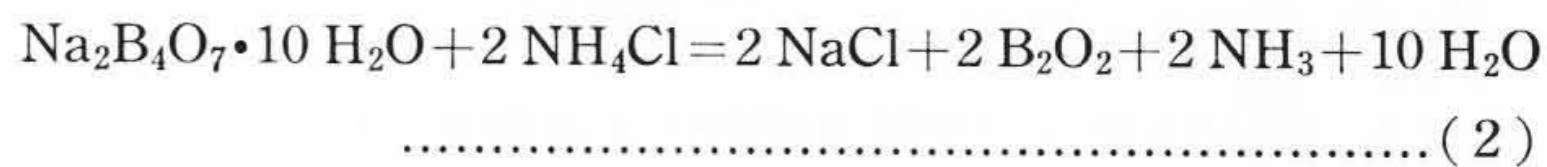
第 68 図 火花エネルギーと材料との関係

反応により



で行われ三塩化硼素が高価なため価格が 1 kg 当り 75,000 円でアメリカで工場が三つできているが、生産が追いつかず輸出ができない現状である。

日立製作所中央研究所で開発した新製法は硼砂と塩化アンモンをアンモニア気流中で 1,000°C 以上で加熱するもので



の反応で行われ、収率が 90% 以上で純度も外国品よりすぐれており製造価格はけた違いに安いと考えられる。

この新製法の反応機構は (2) 式により塩化アンモンの昇華で多孔性の酸化硼素の堆積物ができ、(3) 式によりアンモニアがこの堆積物中に拡散して行き、酸化硼素と反応して窒化硼素が生成されるもので、反応は一次反応よりなる。反応の活性化エネルギーは 34 kcal であり、アンモニアの拡散速度は一時間当り 2.4 cm である。本製法による窒化硼素粉末は結晶も成長しており特性もすぐれていると思われる。

現在日本特許が公告決定になっており、米国特許を出願中である。

29.4.9 電気接点の研究

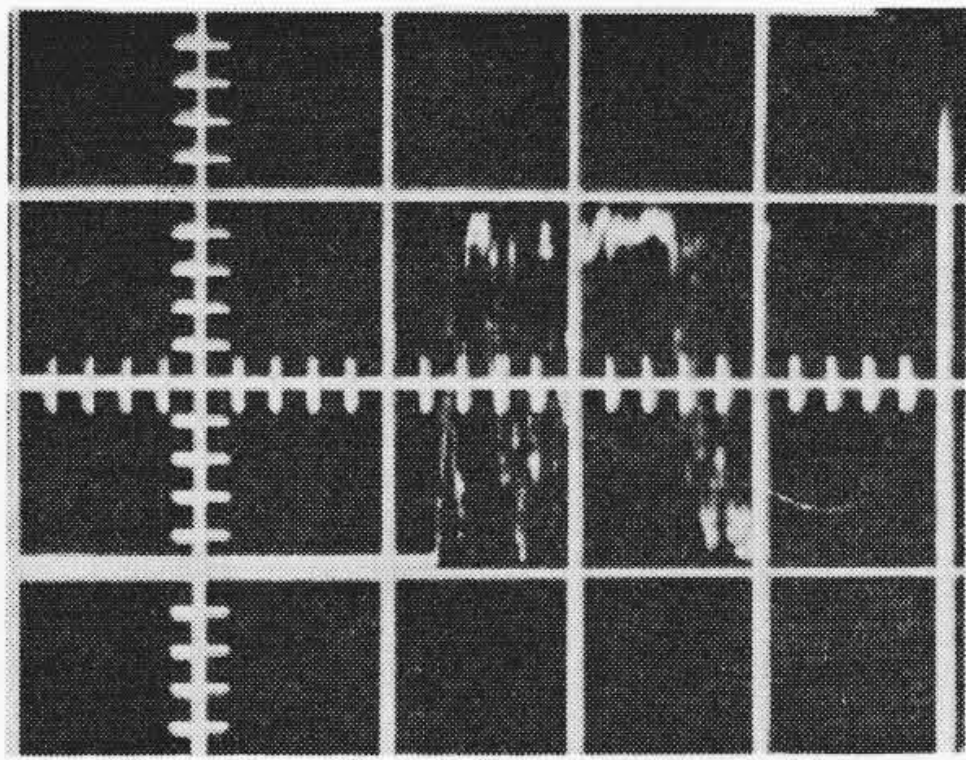
接点の放電現象については、1940 年に A. M. Curtis が高周波の過渡現象を陰極線オシロスコープによって観察し、1953 年に Bell の M. M. Atalla がこれらをおる程度理論的に究明している。

日立製作所中央研究所においては昭和 27 年以来、接点の放電エネルギーと接点の消耗量との関係を研究している。接点間に生ずるアークを二次電子倍增光電管で捕捉し、この光電圧を積分してアークエネルギーを算出する方法を採用し、第 67 図のとおり、増幅度 $\mu \gg 1$ とすると、光電入力 E_1 と光電エネルギー E_0 との関係は

$$E_0 \doteq - \frac{1}{CR} \int_0^t E_1 dt$$

で示されるから、入力 E_1 から E_0 を出し、各動作回数に対する E_0 の和を求めてこれを総合エネルギーとした。第 68 図に Ag, Cu および W 接点の測定結果を示す。第 69 図は光電圧波形の一例である。動作回数に伴うアークエネルギーの蓄積量は Ag 接点が多、Cu 接点がこれにつぎ、W 接点が一番少ない。また蓄積される経過は Ag, Cu 接点はともに直線的に増加するが、W 接点のそれは初期においてやや曲線状をなす。

接点の消耗量は顕微鏡を併用した光切断法で測定した。第 4 表に接点の消耗量とエネルギーとの関係を示す。このほか W 接点のアー



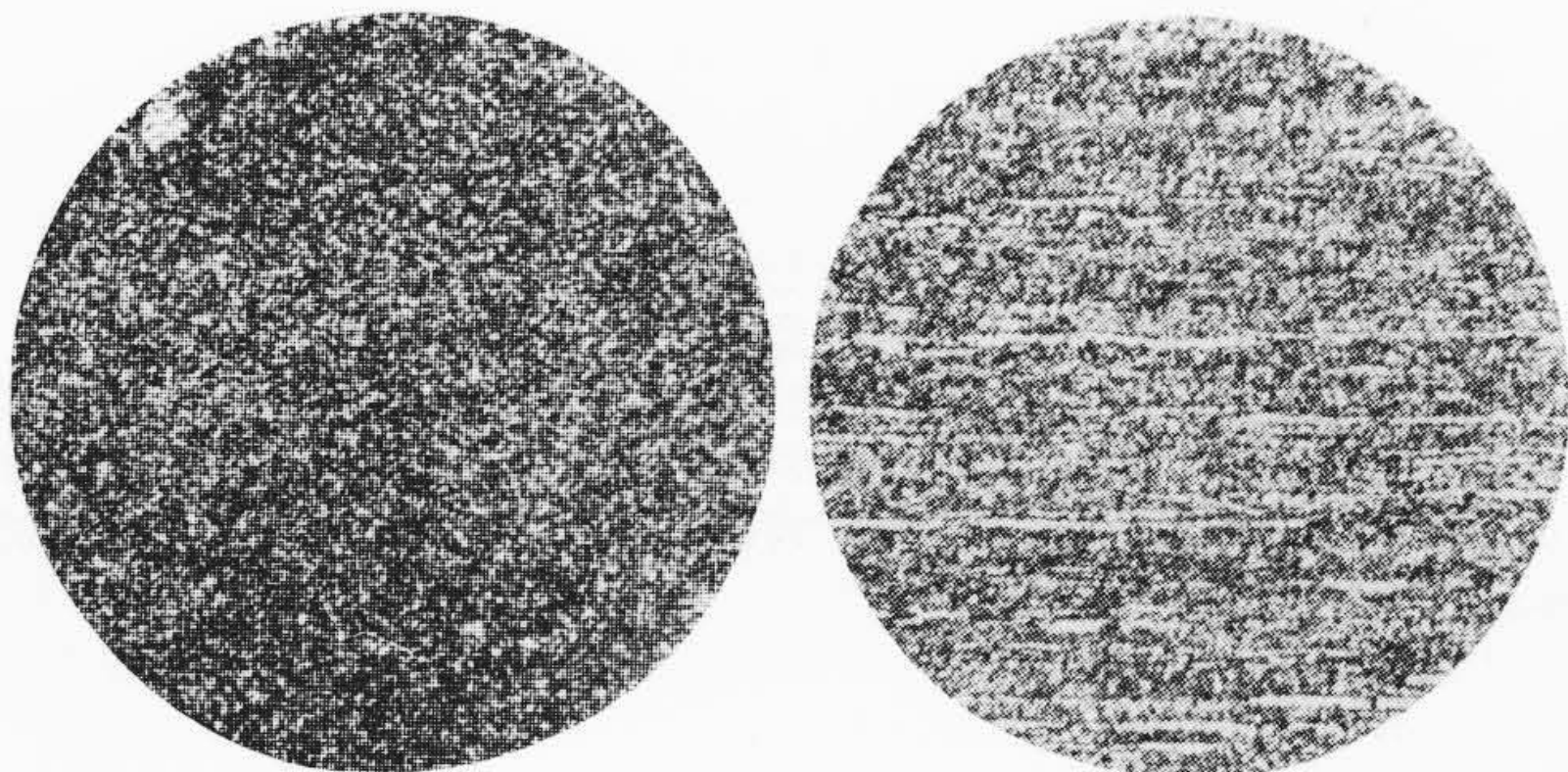
縦軸：光電圧，横軸：掃引
第69図 光電圧波形

第4表 接点の消耗量とアークエネルギー
(6V-0.7A L: 10 Henry) 10^4 動作後

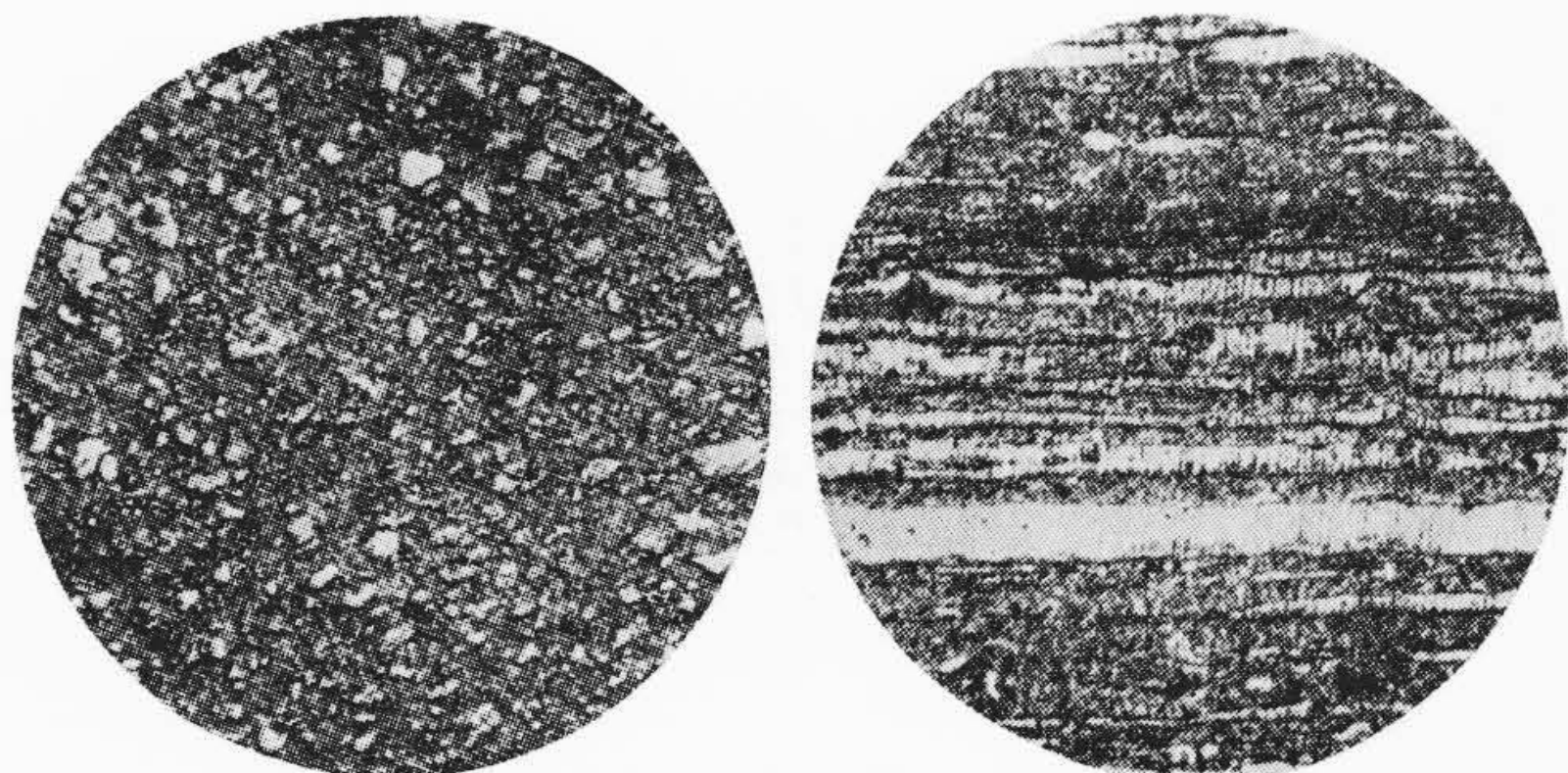
試料	⊕ 側				⊖ 側				火花エネルギー (マイクロジュール)
	形状	体積 cm^3	重量 gr		形状	体積 cm^3	重量 gr		
W		3.1×10^{-6}	5.98×10^{-5}			3.2×10^{-6}	6.08×10^{-5}		7.7
Ag		20×10^{-6}	20×10^{-5}			5.5×10^{-6}	5.78×10^{-5}		14.95
Cu		22×10^{-6}	19.7×10^{-5}			5.7×10^{-6}	5.1×10^{-5}		13.35

ク限界電流や、アーク継続時間を測定し、接点の運動状態の解析も行った。

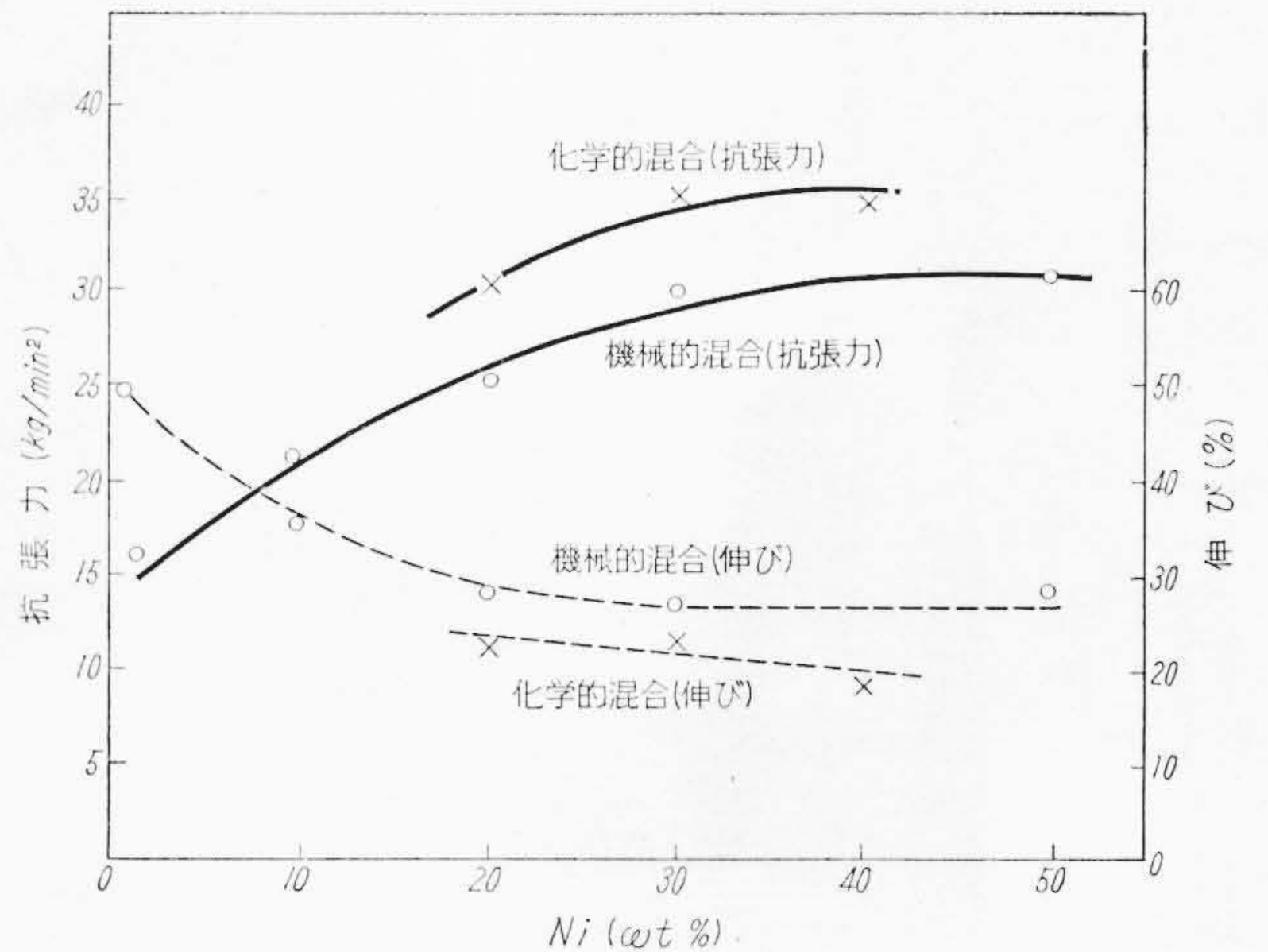
粉末冶金法によって得られる接点材料は、その粉末金属を無機酸塩および有機酸塩として混合する方法を研究し、優秀な成績を取めた。無機酸塩による方法は硝酸塩を用い、これをアルカリイオンにして水酸化物となし、水素還元して混合粉末を作る。有機酸塩による方法は、酒石酸、クエン酸、コハク酸および修酸の塩を用い、混合し、これを加熱分解して混合粉末をうる。かくして得られた混合



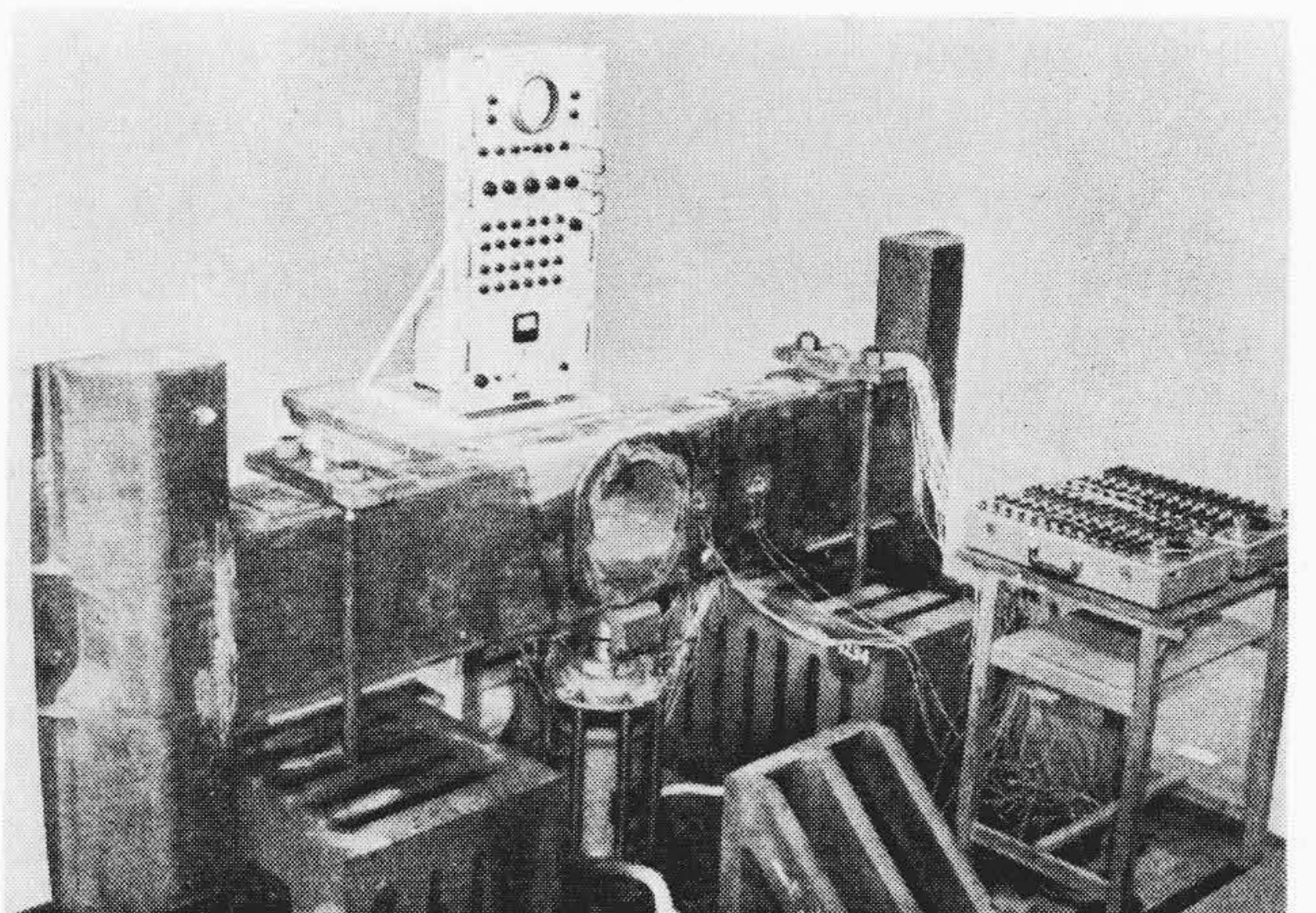
第70図 化学的製法による Ag-Ni 合金の断面組織 ($\times 300$)



第71図 機械的製法による Ag-Ni 合金の断面組織 ($\times 300$)



第72図 Ag-Ni 系合金 (800°C 焼鈍) の機械的性質



第73図 下揺れ枕疲労試験状況

粉末による材料は電解金属粉末を混合したものに比べて接点性能が優秀である。第70, 71図は一例として Ag-Ni 合金の断面組織を比較示し、第72図は強度試験の結果を示す。

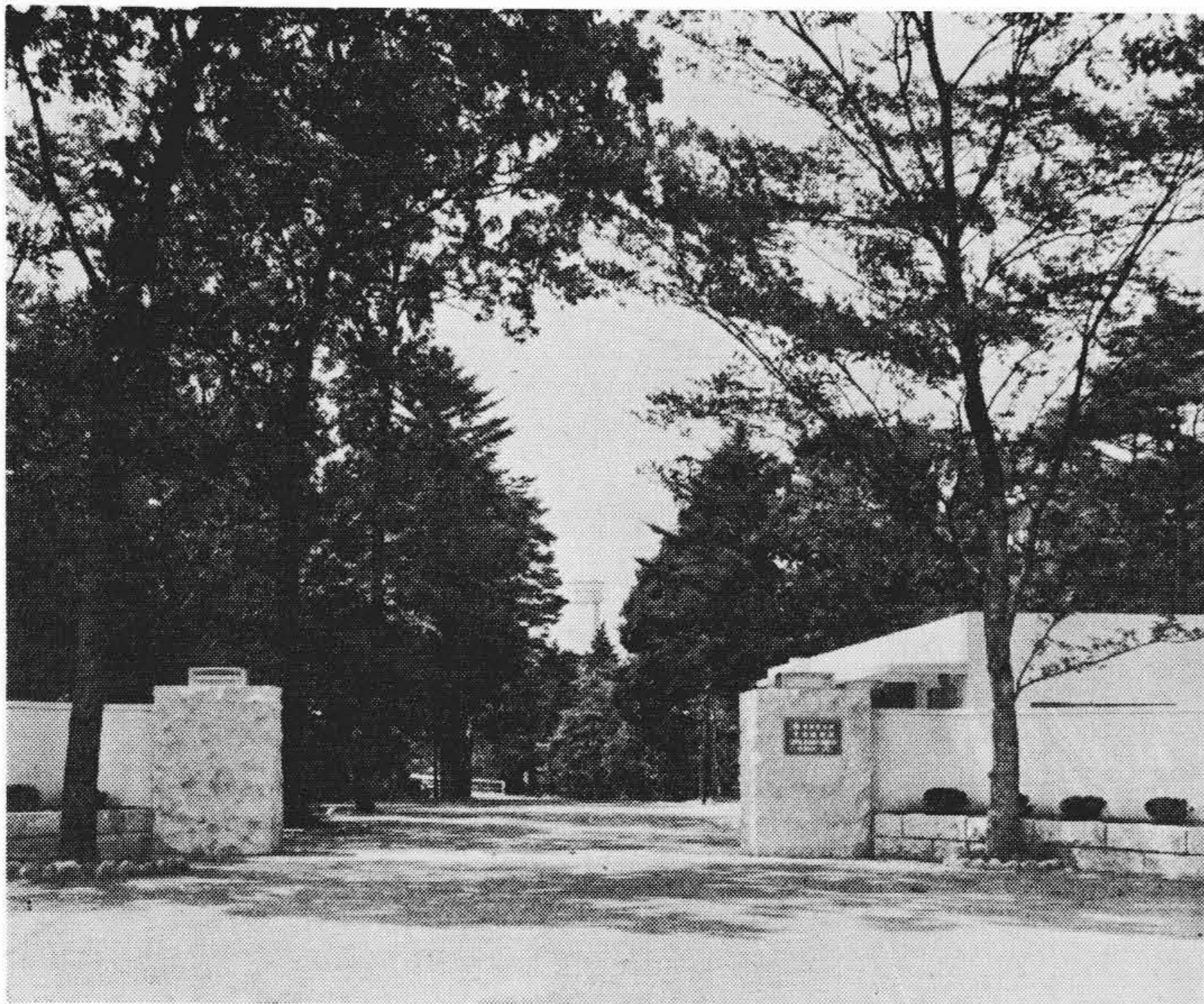
29.4.10 熔接ボギー枠の疲労強度試験

E D71形電気機関車の下揺れまくらはりの実物に、前後方向の実動荷重を加える疲労試験が、50 t アムスラパルセータによって駆動される油ジャッキにより行われた。第73図はその試験状況を示す。この試験結果から、心皿部の熔接構造の疲労強度改善についての貴重な設計資料が得られた。またこの実物の熔接部より採取された小形の継手試験片についても疲労試験が行われ、実物と小形試験片との疲労強度の関係が明らかにされた。かかる大形熔接構造物では 2×10^6 回の荷重繰返しで表面よりき裂が認められない場合でも、内部の熔接部には疲労き裂が発生していることが、切断検査によって明らかとなったので注意を要する。

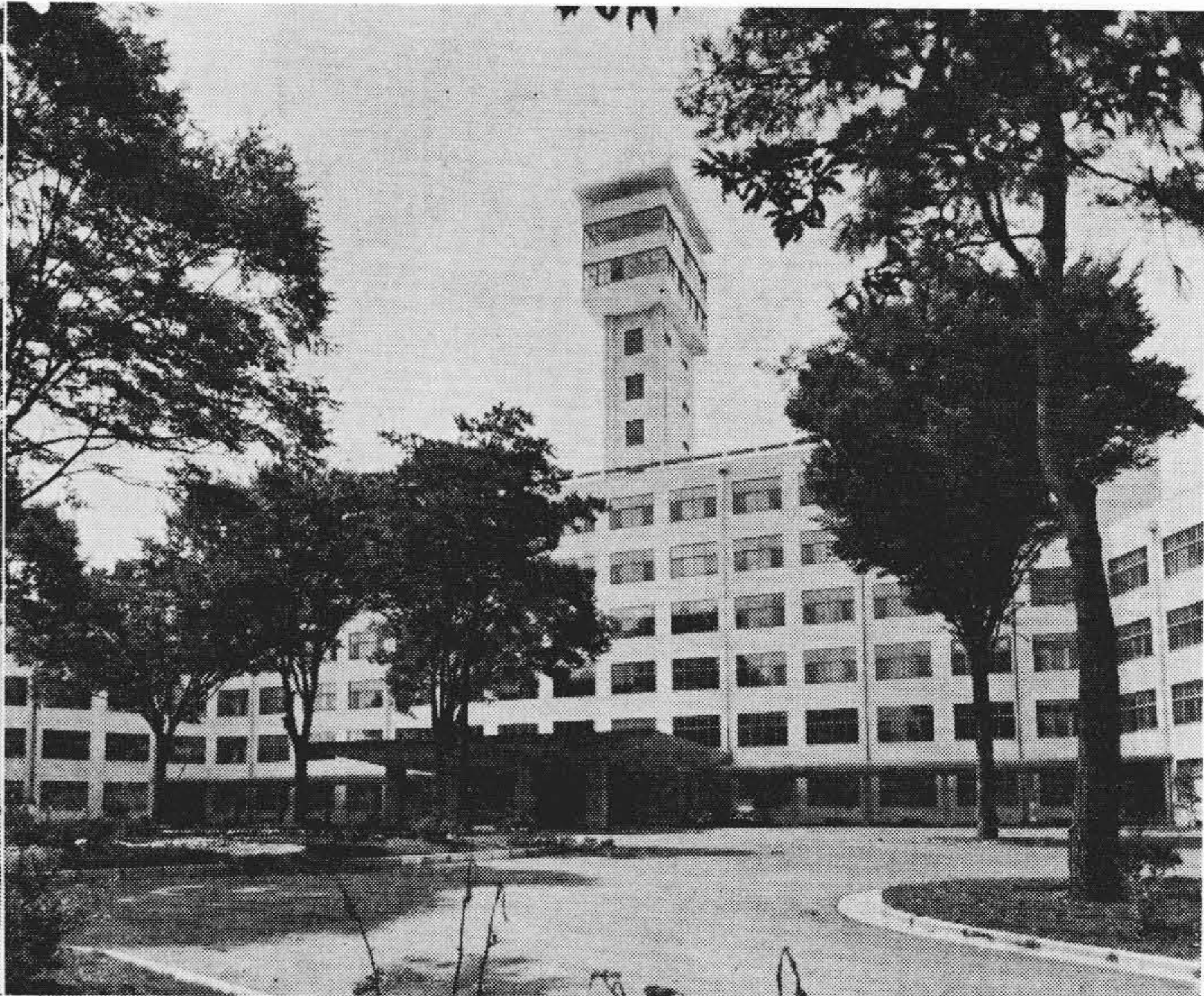
29.4.11 日立製作所中央研究所小平記念館の完成

日立製作所中央研究所では小平記念研究館第二次増築工事を東京大学内田、松下両博士の設計指導のもとに進めていたが、35年8月15日しゅん工し19日落成式を挙行了した。

鉄骨鉄筋コンクリート造り、Y字をさかさに二つ重ねた形をしており、中央棟は地下1階、地上6階、両袖部は地上4階の白堊の建物



第 74 図 小 平 記 念 館 正 門



第 75 図 小 平 記 念 館 内 景

で、中央には高さ50mの塔屋がそびえ武蔵野の地に一偉観を放っている。今回完成したのは約 12,000m² 既設分を合わせて約 22,500m² になる。全館空気調節設備をそなえ、消火設備や実験用水素、酸素、窒素、石炭ガス、圧縮空気などの配管が各部屋に完備している。エ

レベータは客貨用 2 台と中央に 240 m/min の高速客用 1 台が備えられている。中央棟 1、2 階は所長室、応接室を始め管理部門の事務室に当てられ残りは研究室になっている。なおこのほかに東側に正門が完成し、この門と記念研究館の間の谷に橋がかけられた。

…………編集後記…………

黄金の'60として期待された昭和 35 年の日本経済は、アメリカのドル防衛措置の影響に一抹の不安があったが、旺盛な設備投資の需要と海外輸出にささえられて順調な成長率を示し、ここに新年を迎えるにいたった。昭和 36 年は 9% という高度の経済成長が期待されるだけに、産業界の発展もまた前途洋々たるものがあり、まことによろこばしいことである。

◎

昭和 35 年に創業 50 周年を迎えた日立製作所は、売上高の面において創業以来の記録を樹立したばかりでなく、アメリカのトップマネジメントを対象とする経済雑誌フォーチュン誌が選んだアメリカ以外の 100 社中に、24 位にランクされたことは耳新しいニュースである。一方アメリカ開発局クリヤ・クリーク発電所用 93,000 HP フランス水車 2 台の注文をうけ、水車製作についても世界の技術水準に達したことを裏付けたことも特筆すべきことで、この二つの事実のみを見ても日立製作所が名実とともに「世界の日立」に躍進

謹 賀 新 年

昭和 36 年 1 月 1 日

日 立 評 論 社

したことを示し、この面からも記念すべき年であった。

◎

日立製作所の数々の業績と技術の進歩は、とりもなおさず日本の工業技術の足跡と水準を示すものといっても過言ではない。本号は恒例により日立製作所の前年度の技術の成果を集大成して「昭和 35 年度における日立技術の成果号」として読者諸兄に贈ることとした。収録された数々の記録は生きた日本重工業史の一コマとして貴重な資料である。ご精読をお願いする。

日立評論 第43巻 第1号

昭和 36 年 1 月 20 日印刷 昭和 36 年 1 月 25 日発行
(毎月 1 回 25 日発行)

<禁 無 断 転 載>

定価 1 部 100 円 (送料 16 円)

© 1961 by Hitachi Hyoronsha. Printed in Japan

乱丁落丁本は発行所においてお取りかえいたします。

編集兼発行人
印刷人
印刷所
発行所

取次店

長 谷 川 俊 雄
浅 野 浩
株式会社日立印刷所
日立評論社
東京都千代田区丸ノ内 1 丁目 4 番地
電話 東京 (271) 0111, 0211, 0311
振替口座 東京 71824 番
株式会社オーム社書店
東京都千代田区神田錦町 3 丁目 1 番地
振替口座 東京 20018 番
電話 東京 (291) 0912

広告取扱店 広 和 堂 東京都中央区銀座西八ノ三 小鍛冶ビル五階一号 電話東京 (571) 6836, 8763