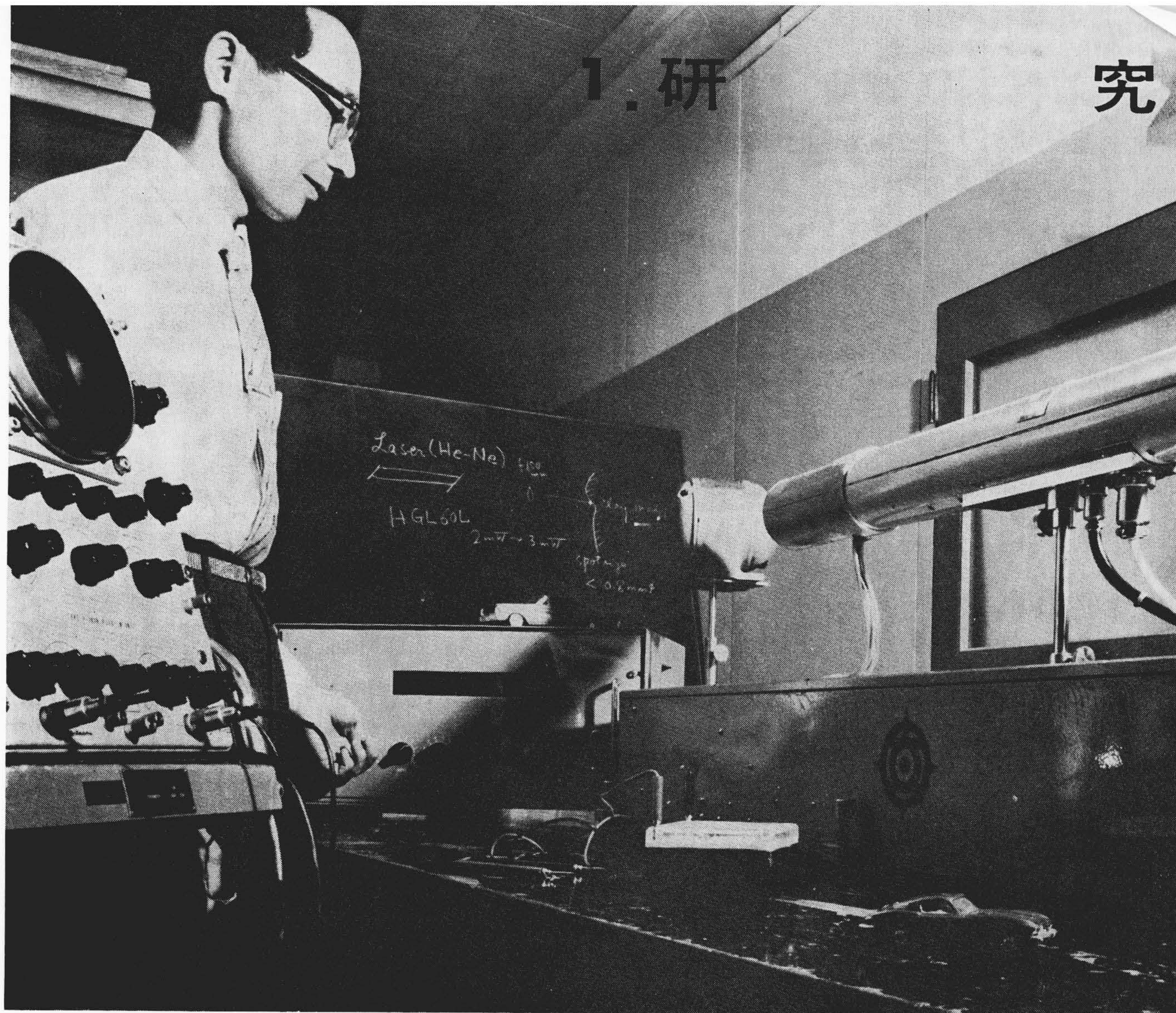


1. 研 究



研究開発はすぐれた製品を作り出す原動力である。最近のように社会生活が複雑化するとともに、世界的な情報の交換や宇宙に目を向ける時代にあっては、今日の技術が必ずしも明日の製品に適用できるとは限らない。したがって研究開発の使命はますます重大となっている。ことに日立製作所の取扱う工業製品の分野ではこの感が深く、製品のライフサイクルは次第に短くなりつつある。われわれは、新しい技術によって時代の要求する機能と品質をもった新しい製品を市場に送り出すことが社会に対する任務であり、これがひいては企業繁栄の源泉と考えている。

日立製作所は創業当初から「国産技術の開発」を旗印として、研究開発を重視し、わが国産業の発展に貢献してきているが、時勢の推移に伴って研究開発の地位はいよいよ高くなっている。取扱製品が多岐にわたっている関係上、総合研究所の価値を高く評価し、昭和9年日立研究所を、昭和17年中央研究所を設立したが、昭和41年にはさらに機械研究所を加えて3本の柱として研究開発の基盤としており、そのほか各工場においてもそれぞれ製品に即した開発を行なっている。これら研究開発に従事する従業員は総数数千人に及んでいる。

近代工業においては研究開発ならびに生産技術はますます複雑化しかつ高度化しているので、それら全体を一企業でカバーできるものではない。個々の分野あるいはその一部において大学や国家的研究機関の利用、場合に応じて内外他社からの技術導入も必要である。特に技術導入に関しては一概にこれを排除することなく、技術供与と技術導入との共存によって相互繁栄をはかるべきである。問題は供与と導入のバランスであり、技術導入一辺倒では永続的繁栄

に結びつかないわけである。このような考え方から、研究所の基本方針として

- (1) お手本のある研究はとりあげまい。
- (2) プロジェクト中心で協力しよう。
- (3) タイミングよく成果をあげよう。

の3項目をあげている。この方針は今後も続けて行くつもりである。

さきにも述べたように日立製作所の研究開発はきわめて多岐にわたっているので、限られた紙面でその全貌を明らかにすることはできない。以下いくつかの研究成果について簡単に紹介するが、これはまったく氷山の一角である。後に述べられている製品に関する記事も過去における研究開発の積み重ねであり、いかに信頼度高く、いかに安価に作るかという表面に現われない研究開発も含まれていることを理解願いたい。

過去の製品は人間にたとえれば手足的要素が多かったが、これらに頭脳的要素、神経的要素を加えて有機的に結ぶことが近年のすう勢である。重電機器、重機械、化学装置などにエレクトロニクス技術が密接に関連し、個々の機器の開発、改善とともに、システムとしての開発、改善が重要になってきている。全般的にいて日立製作所の研究開発もこの線に沿っているといつてよい。また家電製品はもとより公害対策機器を含めて生活に直接関係する分野の研究開発の占める比率も増加しつつある。

研究所、工場間はもちろん、系列会社を含めて緊密な協力のもとで日立製作所の技術が形成されており、また今後も一層発展して行くものと確信している。

■ 火力タービン発電機自動起動装置の開発

火力タービン発電機の起動は、火力プラント操作の中でもきわめて複雑で危険なものであるため、従来熟練した運転員が特に慎重に操作していた。しかし昨今のように急速な起動によって電力系統の合理的運用に火力も積極的に参加するようになると、この運転操作は一段とめんどろになる。したがってこれを自動化して手数を省き、事故を防ぎ、さらには能率のよい運転をするための装置が必要になってくる。本装置は、このような事情のもとに開発を迫られたもので、ターニングギヤの状態にあるタービン発電機の起動を、始動ボタンを押すことにより開始し、途中いくつかの操作を実行しながら定格回転速度にまでもっていき、次いで電力系統への同期投入、初負荷をとるまでを自動的に行なうものである。装置は、図1の外観写真にも示すように、タービン発電機の加速をつかさどる広範囲スピードコントローラ、電力系統へ同期投入するための自動同期化装置、初負荷操作をする初負荷制御装置などのサブ制御装置に、シーケンスコントローラが動作の指示を与え、その動作結果を監視する形で構成されている。この装置の開発の段階では、加速過程におけるタービン発電機動特性の解明、自動化に適した全周噴射起動法の確立、タービン発電機の同期化方式の確立など制御対象機器の特性究明に関する研究、ならびにその起動過程にあるさまざまな運転操作を自動化する高性能、高信頼性のサブ制御装置の開発研究が行なわれ、さらにまた、本装置を実際のタービン発電機に装備した実験や、アナログ計算機を使つての特性の異なるタービン発電機への適用性の解析など実用化については十分な検討がなされた。図2は、本装置を使つて実際のタービン発電機を全周噴射によって自動起動した場合のオシログラムである。これにより本装置が所期の目的どおりにタービン発電機の起動過程を完遂していることがわかる。

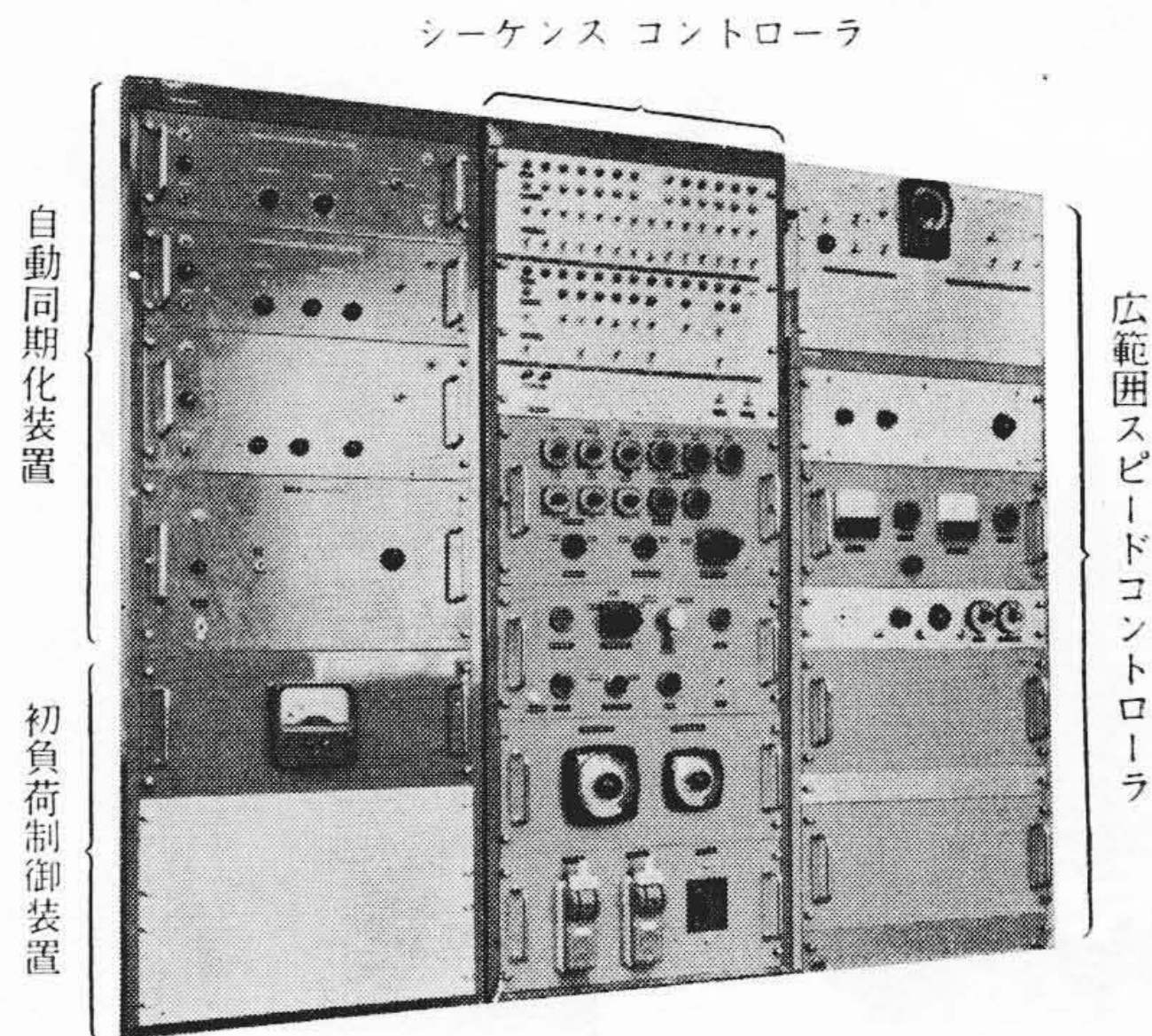


図1 試作装置

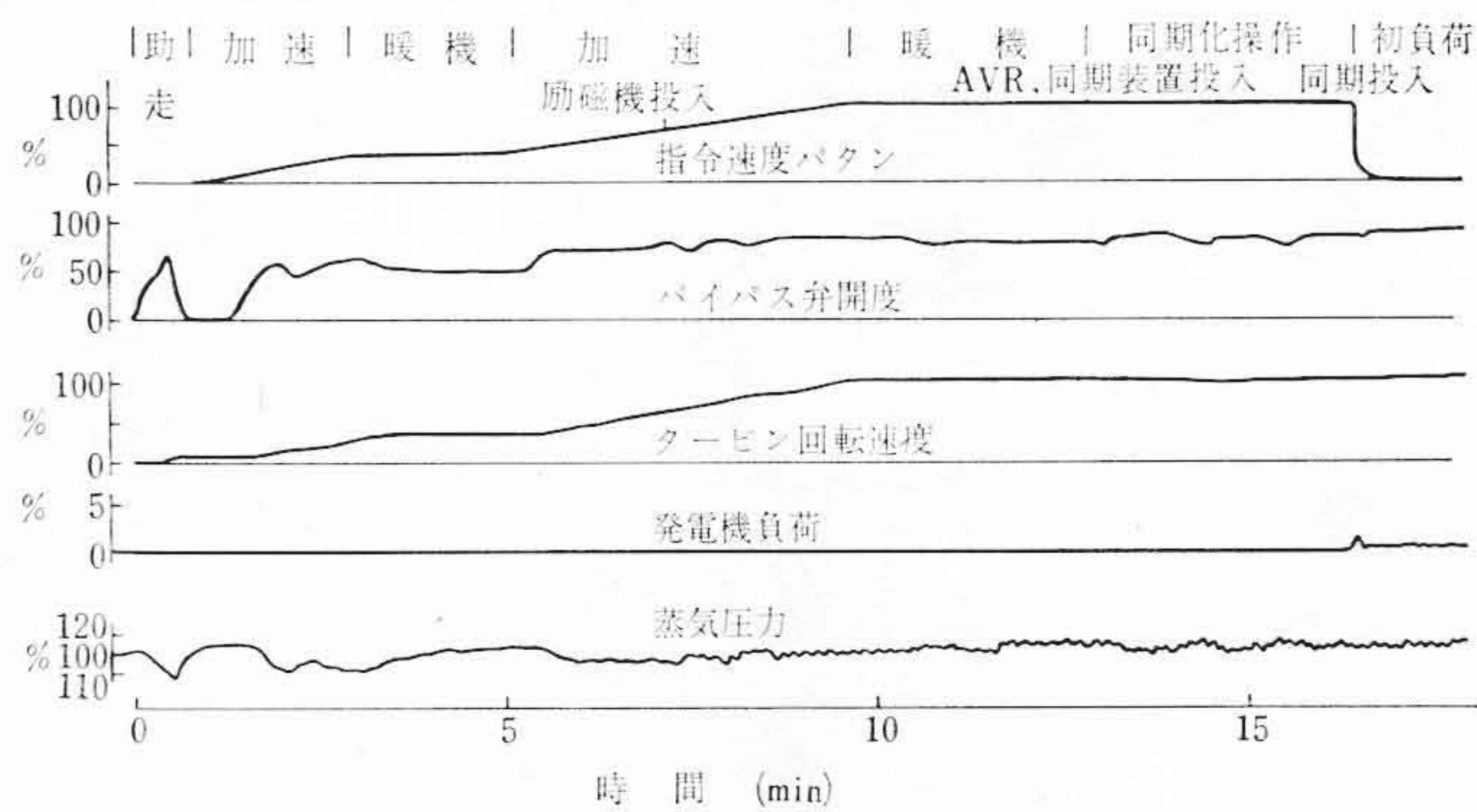


図2 タービン発電機自動起動オシログラム

■ MHD 発電の研究

近年における電力需要の増大に伴い高熱効率火力発電プラントの開発が叫ばれているが、従来のタービン・プラントによる発電方式の熱効率は主として材料の制限から将来頭打ちの傾向が予測されている。これに対して、MHD 直接発電はエネルギー密度の高い大流量の高温ガスを回転部分などを使用することなく取り扱うため、大容量でしかも効率の高いエネルギー変換方式として最も有望である。

MHD 直接発電はサイクル、作動流体、各機器の構成、排熱の回収法などに関して種々の方式が考えられる。日立製作所においては、従来の火力発電プラントとの組合せを考慮して、燃焼ガスを用いた開放サイクル MHD 発電実験を重点的に進めてきた。実験装置は、実験目的によって種々の仕様のものが設計、製作され、現在9号が建設中である。

ここでは、41年度中に十数回の発電実験を行なった4号の概略について説明を行なうことにする。この日立4号は総合発電実験用として建設された最初の実験装置で、酸素富化空気および軽油を用いて燃焼器内で3,000°Kガスを発生し、これを膨張させて18,000ガウスの磁場内にある発電ダクトに亜音速で流入させ、12対の電極によって2kWの電気出力を約2分間連続発生することを目標としたものである。

実験回数を重ねるごとに、出力および耐久時間を増大させ、第6回発電実験では出力6.11kWを約5分間発生することができ、最初の目標を大きく上回る好結果をうることができた。その後、発電ダクト壁、電極の耐熱構造の改良を重ね、約3,000°Kガスによる連続

74分間運転(最大出力2.3kW)に成功した。これにより、MHD 発電において、今まで最も問題とされていた長時間運転に対して明るい見通しをうることができた。

図1に発電実験中の日立4号実験装置を示す。さらに、本装置を使用して種物質の流路内への付着状況、および回収に関する実験に着手した。また、将来の実用期においては燃料として重油の使用が当然生じてくるので、重油燃焼に関連した諸問題を解明するため日立7号による重油の高負荷燃焼実験を開始した。さらに、日立9号は超音速発電実験を目標に建設を進めているものである。

現在、昭和41年度通産省大型工業技術研究開発委託研究のMHD 長時間運転機を受託し、100時間連続運転を目標としたMHD 発電実験機の設計および製作を進めている。

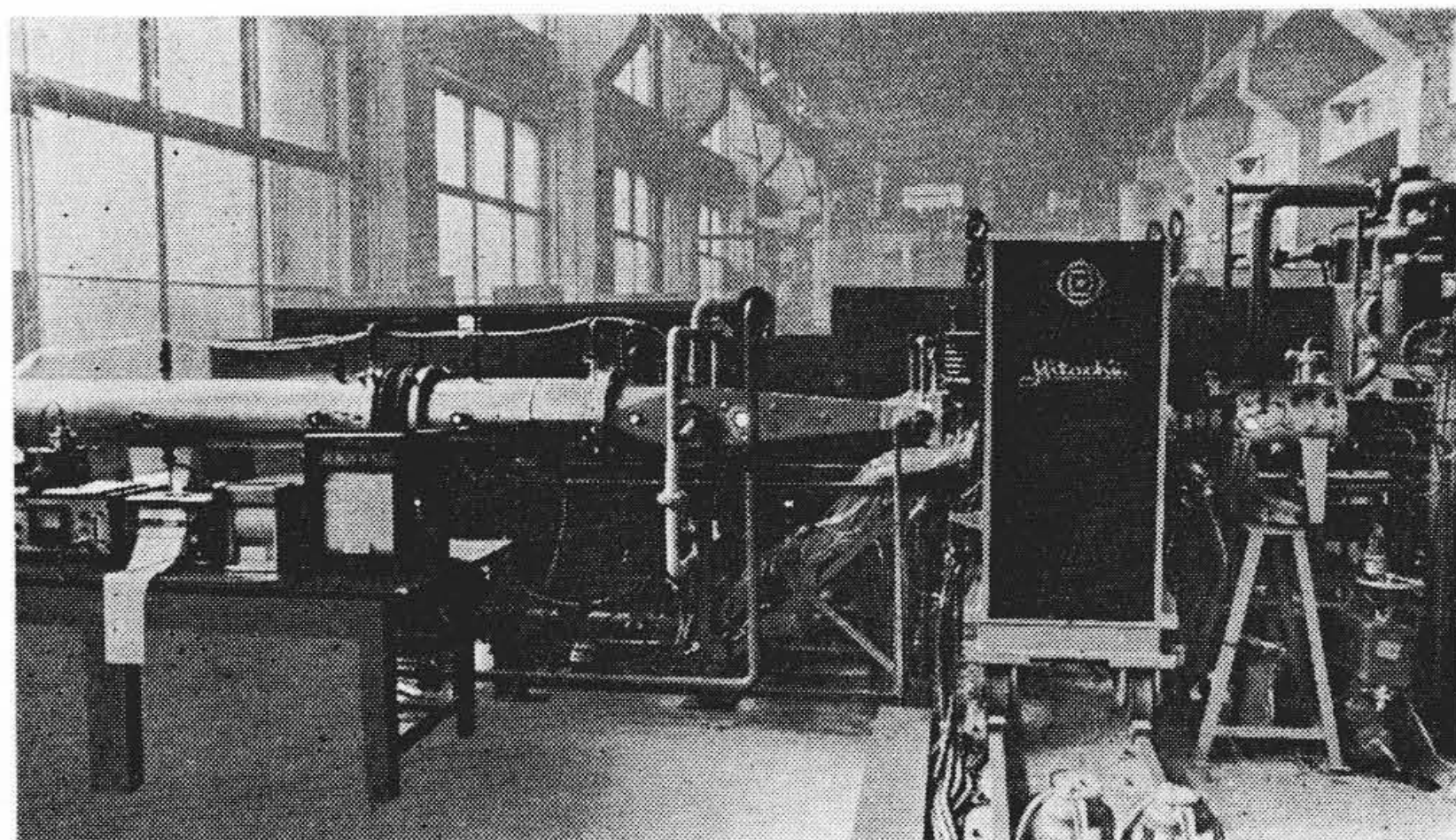


図1 発電実験中の日立4号 MHD 発電実験装置

■ 原子状酸素によるコロナ劣化

固体絶縁材料のコロナ劣化の主要形態として、表面から比較的一様に起こる気化消耗があげられる。これは放電によって生じた原子状酸素による酸化反応であり、このことはすでに数年前実験的に確かめられている。今回オゾン生成の実験結果から計算によって原子状酸素の濃度および寿命を求め、これよりコロナ劣化の特性を解析することができた。このことはまた実用絶縁のコロナ劣化対策を考えるうえでも重要である。

実験はガラス製同心円筒形オゾナイザを用いて行なわれる。試料にはポリエチレンを選び放電部のガラス壁にはりつけた。ガス流速の小さい場合、すなわちオゾンが飽和濃度に達しているときの原子状酸素による酸化反応速度の計算値を図1に示す。ここで α は原子状酸素が試料に衝突したときの反応確率である。炭酸ガス発生速度より求めた実測値は図中に示すように計算値とよく傾向が一致している。一般にコロナ劣化による材料の気化消耗速度は有機物間には大差がなく、無機物では極端に小さいが、このことは図1において $\alpha=1\sim0.003$ の範囲では酸化反応速度に大差がなく、 $\alpha<0.003$ では α にほぼ比例して反応速度が低下していることに対応している。また窒素と酸素との混合ガス中では図示したように酸素濃度の小さいほうが原子状酸素による酸化速度が大きくなるが、これは酸素は電子負性であるが酸素濃度が小さいと電子付着が少なくなり、有効電子密度が大きくなって解離能率が

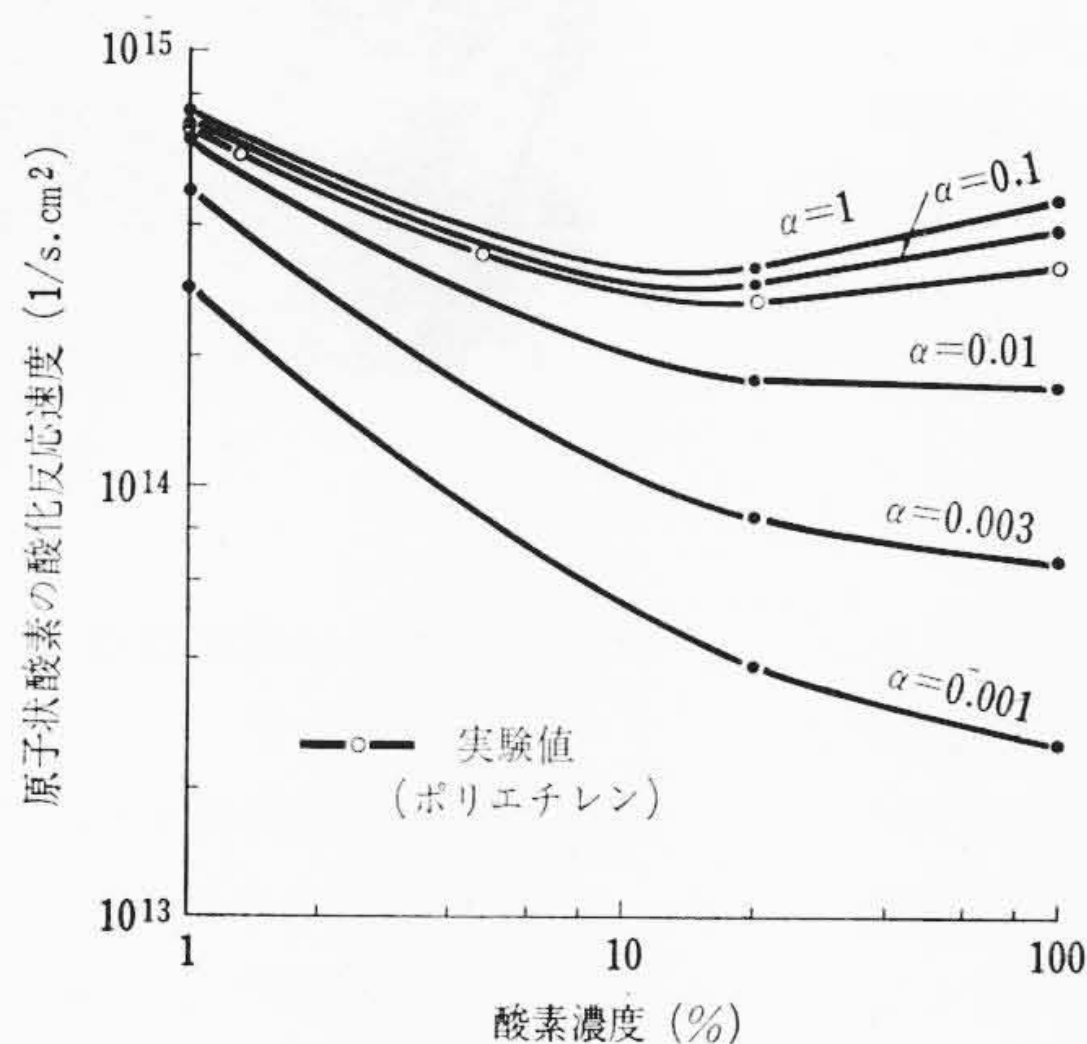


図1 窒素・酸素混合ガス中のコロナ放電による原子状酸素の酸化反応速度
(注) 放電電荷量 $=5.3\times10^{-6}$ C/s·cm²
ギャップ長=1 mm
温度=300°K

増大し、原子状酸素濃度が増大するためと考えられる。なお酸素濃度がこれより小さくなると酸化による酸素消費の影響が大きくなり、原子状酸素濃度もしだいに減少する。

ガスを空気の組成とし、図1と同一条件で流速を変えた場合の原子状酸素濃度の計算結果は図2に示すとおりである。ここでXは流速によってオゾン濃度が変化しそれに伴って原子状酸素濃度が変化することに、Yは発生したCO₂、H₂Oなどによって電子付着が起こり解離能率が変化することに、Zは流入する酸素が全部消費されるので原子状酸素濃度が流入酸素量に比例することに対応している。このような特性は通常のコロナ劣化実験の経験、たとえば絶縁構造物中に空気の流通を制限すればコロナ劣化は著しく抑制されることとよく一致するものである。このように原子状酸素濃度の計算から、複雑なコロナ劣化の現象を統一的に理解することができるようになった。

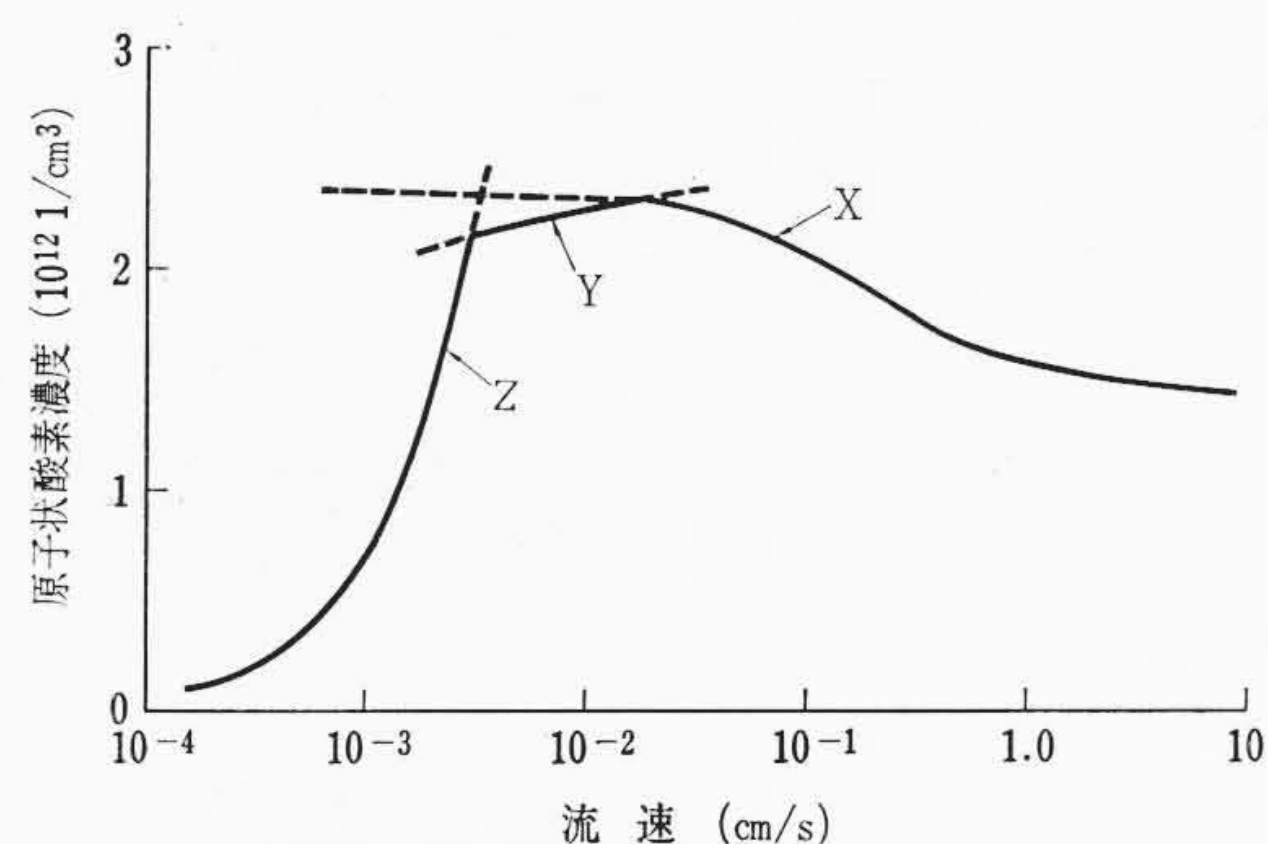


図2 流通空气中コロナ劣化実験における原子状酸素濃度

■ 高温用絶縁油の開発

65°C 柱上変圧器に使用する絶縁材料は、従来より10°C 高い温度で十分使用に耐えることが必要である。65°C 柱上変圧器用の絶縁油に要求される性能をあげると、従来の55°C 柱上変圧器油に比べて引火点が高く、蒸発量が少なく、銅腐食性が少ないこと、耐熱絶縁紙、エナメル線など油以外の材料の熱安定性に悪影響を及ぼさないこと、さらに最も重要なことは油自身の酸化安定性がすぐれていることである。以上の諸点で十分な性能を備えた絶縁油の開発を目的として、国内製油業者の協力のもとに広範な研究を行なった。

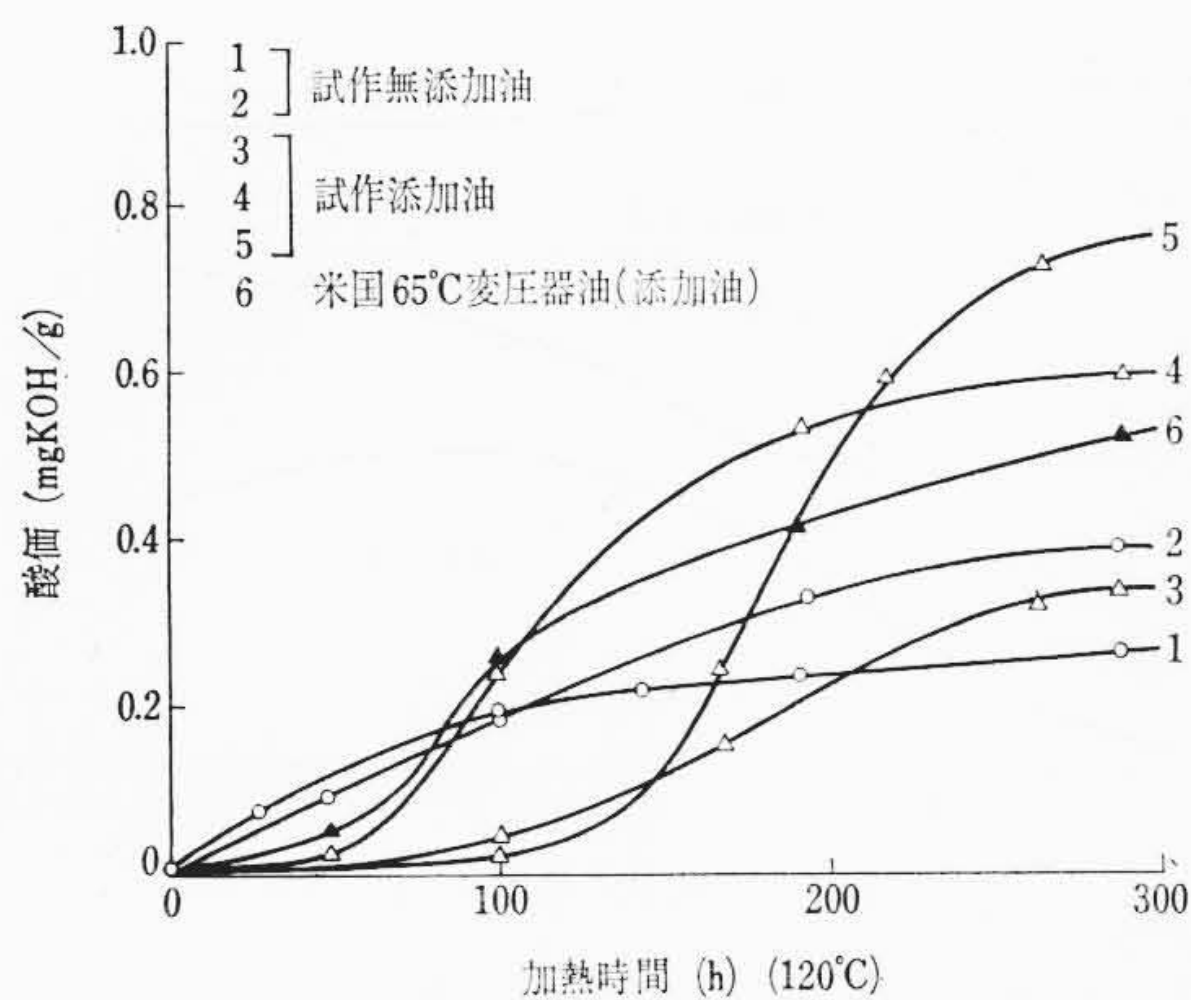


図1 試作65°C変圧器油の酸化安定性(日立法)

通常の無添加油以外に酸化防止剤添加油も対象にしたので、酸化安定性の評価には特に注意を払った。日立法、IEC法、California Research Laboratory法の各安定度試験を実施して、酸価、スラッジ、色相の時間的変化を調べ、これらの値がそれぞれある規準値に達するまでの時間の長短で油の良否を評価する方法を採用した。図1は酸価の時間的変化を示す一例である。以上の実験から、きわめて酸化安定性のすぐれた絶縁油を選ぶことができた。また、油の組成と酸化安定性との関係をは握し得た。どの試験法によってもほぼ同様な結果が得られており、酸化安定性の評価には日立法の条件で試験をすれば十分であることもわかった。

表1 国産油とアメリカ油の性能比較

		国産65°C変圧器油		アメリカ65°C変圧器油 (酸化防止剤添加油)
		無添加油	酸化防止剤添加油	
引火点	PM (°C)	150	150	146
蒸発量	(wt %)	0.12	0.12	0.14
ASTM	銅腐食性	2	2	3
共存材料の熱安定性		油の種類による差はない		
日立試験法 酸化安定	スラッジ析出開始時間(h)	25	160	50
	酸価0.20mg KOH/g 到達時間(h)	105	190	90
	300時間加熱後の酸価(mgKOH/g)	0.26	0.34	0.53
	300時間加熱後のスラッジ量(wt%)	0.19	0.19	0.32

絶縁油とともに、耐熱絶縁紙、エナメル線その他の構成材料を加熱する共存劣火実験の結果、油の種類を変えても他材料の熱安定性はほとんど影響を受けないことを確認した。

本研究により開発した国産65℃変圧器油の性能をアメリカの65℃変圧器油の性能と比較して表1に示す。65℃変圧器油として重要

な性質である引火点、蒸発量、銅腐食性の点で国産油のほうがアメリカ油よりもすぐれている。また酸化防止剤添加油の酸化安定性は、同じく酸化防止剤を含むアメリカ油よりもはるかにすぐれている。そのほかの一般的性状においてもアメリカ油ならびに従来の55℃変圧器油と同等以上の性能を持つことが確かめられている。

■ 海水淡水化装置

フラッシュエバポレータの開発

水は最も豊富な資源であるにもかかわらず、世界が水不足に悩んでいるのは、水の分布が不均等であるうえに、供給源を雨や雪に頼っているからである。水の需要は、文化の向上、産業の発達につれて、今後ますます増える一方で、この大問題を解決する決め手は、世界的にも豊富な海水を淡水に転換して利用することにある。

また、よりさし迫った問題として、公害の問題などから火力や原子力発電所の立地点が制限され、埋立地や海辺に設置される場合が多くなってきており、人口増加のはげしい臨海都市でも水不足を訴えているところから、最近注目されているのが海水の淡水化装置である。本方式には、大きく分けて数種類あるが、その中でフラッシュエバポレータは、大量に安価な水を造る有利な方法である。

日立製作所では昭和36年、フラッシュエバポレータの実験装置を設けその開発研究に着手した。ついで、41年4月、新たに30 T/Dのテストプラントを設置し運転を開始した(図1参照)。本設備はフラッシュエバポレータ設計、製作上の技術的問題の解明および運転制御上の実際の資料の獲得を意図して設置したものである。おもな仕様は次のとおりである。

仕 様		
(i) 造 水 容 量		30 T/D
(ii) フラッシュエバポレータ		
形 式	再循環式5段	初期2段
ブライン循環流量	12,400 kg/h	
伝 熱 面 積	22.5 m ²	
造 水 倍 率	2.3	

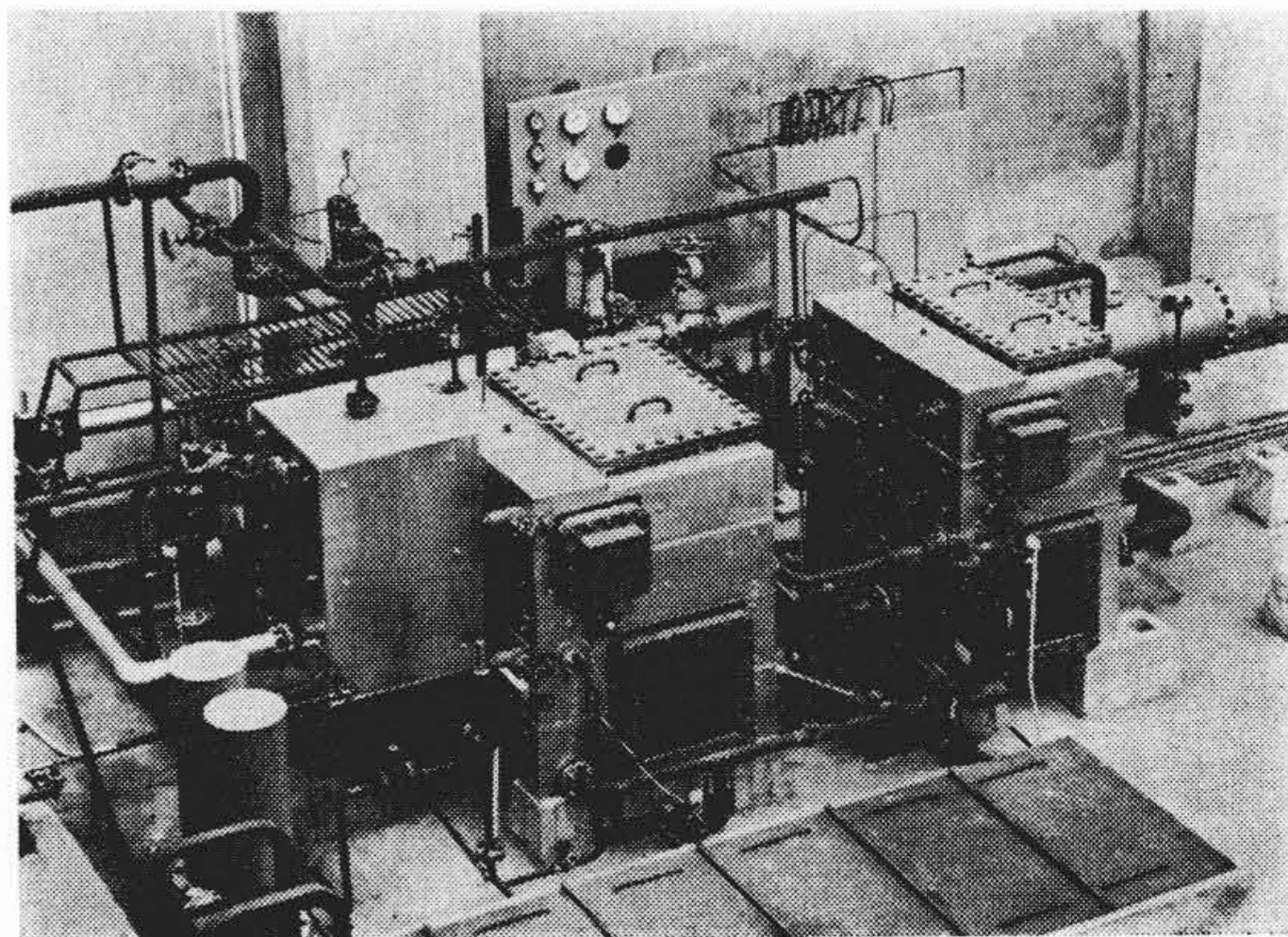


図1 海水淡水化装置

(iii) その他の構成機器

ブラインヒータ、脱気器、エゼクタ、薬注装置など。

初期2段の実験設備を用いた研究は、41年末まで続ける予定である。41年8月までの研究によって、プラント計画上の知識をはじめ、プラントの起動および安定運転法に関する知識、フラッシュ効率と関連したエバポレータ内部構造の設計データを得た。なお水質検査の結果、飲料水基準を十分満足する良質の水であると判定された。

42年以降設備を5段にして連続運転し、同様の研究を進めていく。

以上、フラッシュエバポレータ自体の開発研究について述べたが、造水コストの低減をはかる目的で、発電造水の二重目的プラントに関して、その結合方式、負荷変動に対応する運転制御方式などについても重要な研究成果をあげている。

■ 高速機関車用駆動装置の性能

電気車用駆動装置の種類はきわめて多く、しかも古くから研究されてきた問題であるが、最近高速化の要求が一段と高まるにつれてどのような構造が高速車両用駆動装置として適当かにつき性能の定量的な把握が必要となってきた。

性能を具体的に比較するための特性値として軌道から受ける衝撃の緩衝度合、軌道側に与える動的軸重、また起動および走行時の粘着限界における空転振動の安定性をとりあげ、各種駆動方式別に解析による特性比較を行なった。

比較の対象としては主電動機を車軸に装架する部分に上下および回転方向に緩衝効果を持たせた半釣掛式、主電動機と駆動装置を完全にばね上に取り付けた台車装架式の2種類につき構成要素を広範囲に変えて検討を行なった。

駆動系の構成要素は主電動機、歯車、輪軸の質量と緩衝ゴムなどのばねおよび制振効果をなす部分から成り、これらの組合せが性能を左右するが、いま半釣掛式に対して緩衝ゴム剛性を回転方向のねじり振動数18c/sの場合を1としてゴム剛性を変えたときの軌道衝

撃効果を図1に示す。ゴム剛性の変化に対しては軌道に与える動荷重に最適値があるほかはゴムの柔らかいほうが衝撃緩和により傾向を示すが、一方、力行時に粘着限界で空転を発生したときの状況は、ゴム剛性1のとき図2に示すような自励振動を誘発し、動的軸重も

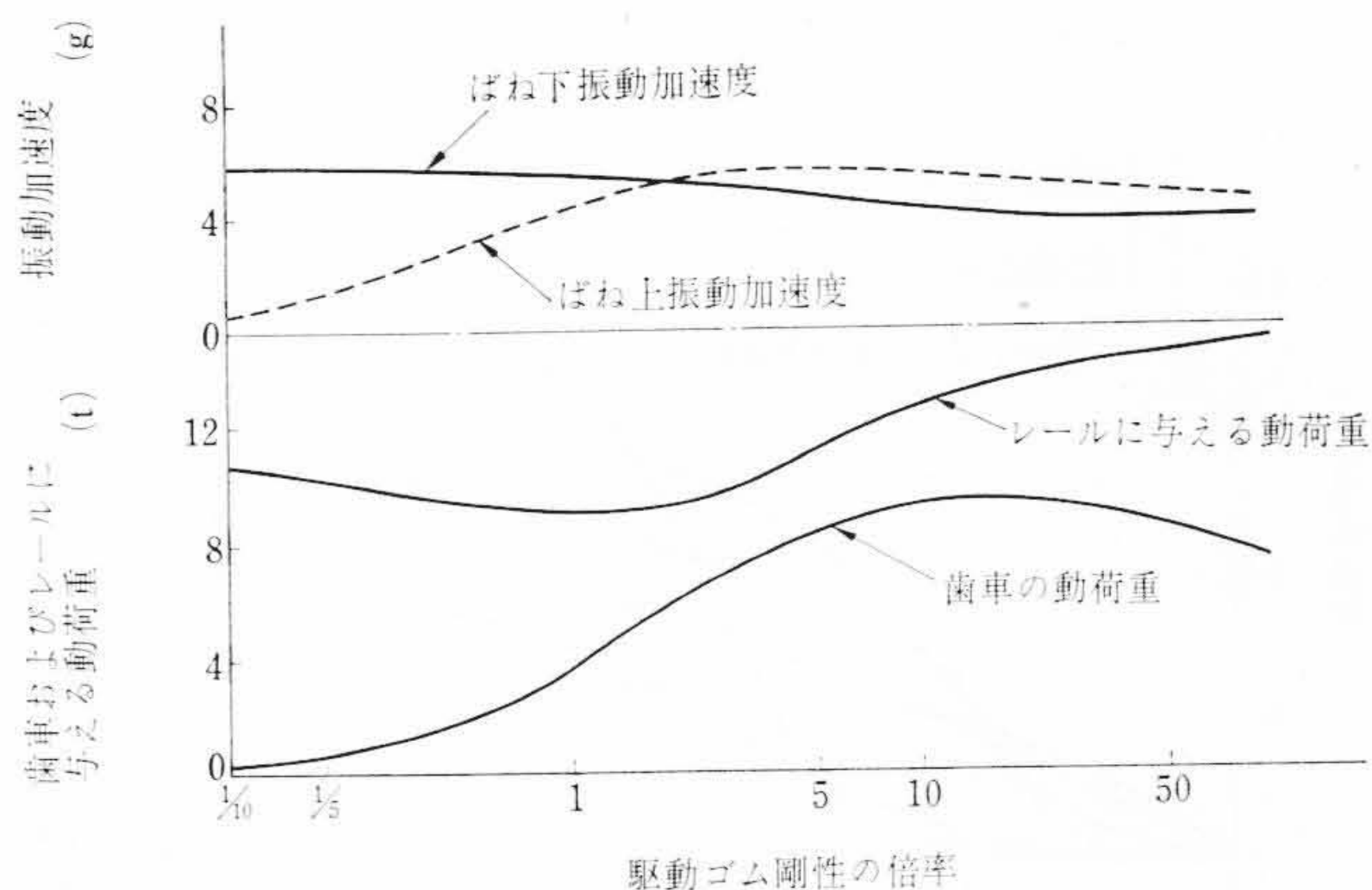


図1 緩衝ゴム剛性と軌道衝撃の関係

大きな変動を生ずる。これをおさえるためには駆動系の回転剛性および制振力を増す必要があり、軌道に与える効果低減の方向と逆向することになる。

半釣掛式は主電動機に与える空間が比較的大きく構成上有利な方式であるが、緩衝装置の構造が上下と回転の剛性を別々に自由に選定し得ないため、軌道への緩衝効果と空転振動の安定性の両立をめざすことが比較的むずかしい。

台車装架式において日立製作

所の提案する方式は図3に示すように、駆動系における上下と回転の剛性を別個におのおの適切な範囲に選びうる構造であるため、上記性能を満足するのに適当である。すなわち上下方向の緩衝効果の面では図1のゴム剛性1/10以下の範囲に相当し、また空転振動の面では図2に示すように空転振動および動的軸重変動の両面ともに安定した領域が容易に得られることがわかる。

高速機関車用駆動装置においては特に高速域において粘着限界引張力を発揮することが必要で、そのためには台車装架式に見られるような動的軸重変動や空転振動を極力小さくおさえる特性を持つ構造が望ましい。

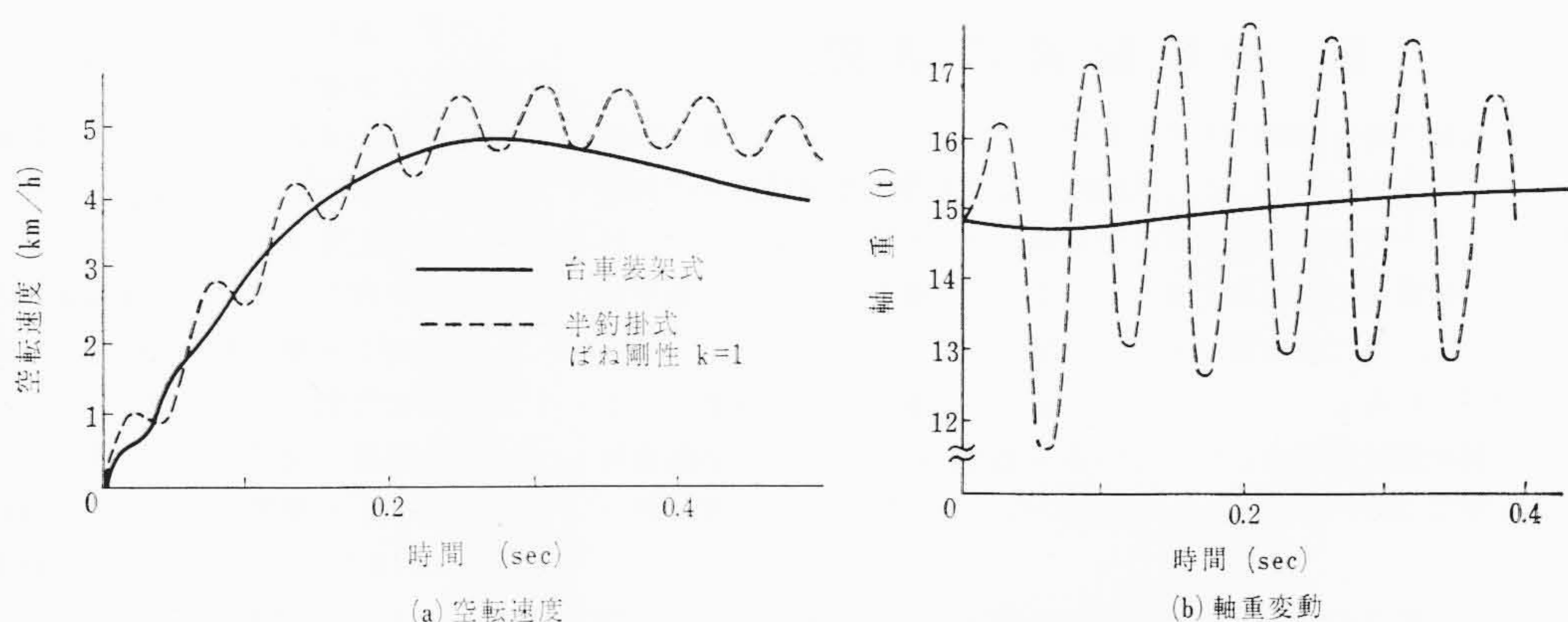


図2 空転時における駆動系の状況(交流回路)

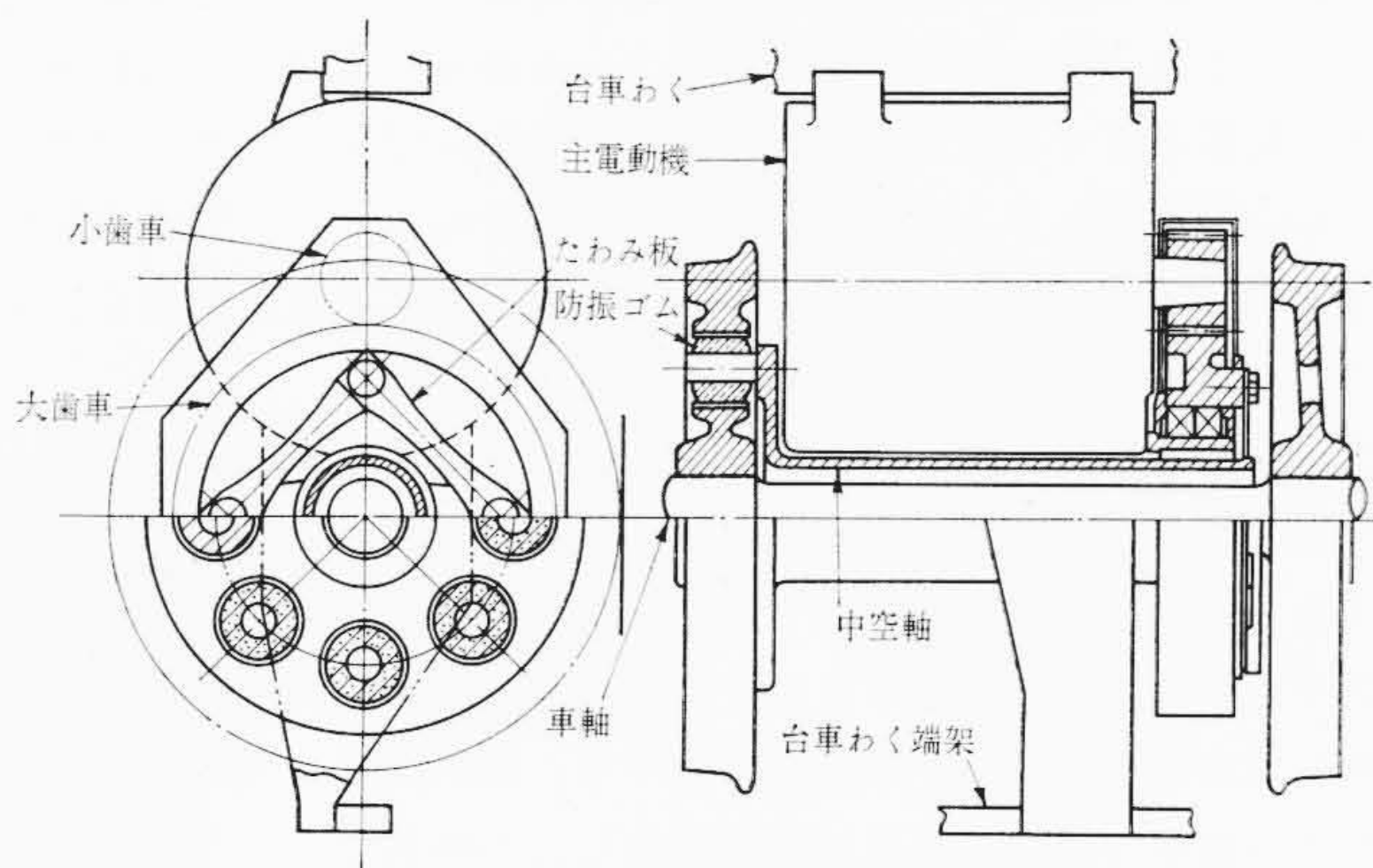


図3 台車装架式駆動装置

■ 電気機関車用高周波焼入れ歯車の疲労強度の研究

電気機関車の軽量化、高出力化が進むにしたがって、これに使用される減速歯車はますます疲労強度の増大が要求されてきた。わが国では電気機関車用大歯車にはほとんど高周波焼入れ歯車が使用されている。しかもこの歯車は強度的にも高い信頼度が要求される。

歯車の高周波焼入れは図1に示すように10kcのAEG式全周一発焼入装置を使用して行なっているが、高周波焼入れの性質上焼入れ部材の形状、寸法によって焼入れ条件のとり方がむずかしい。したがって現用電気機関車用大形歯車が容易に試験できる大形疲労試験機(図2)を設計製作し、材料、熱処理方法および工作方法が疲労強度に及ぼす影響を調べた。また疲労試験の結果から歯車の許容応力を決定し、実車における歯車に生ずる応力の測定結果およびdutyを考慮し、材料の疲労強度の諸性質から電気機関車用高周波焼入れ歯車の設計のあり方を検討した。その結果得られた成果を要約すれば次のとおりである。

- (1) 現在われわれが有する設備および技術では、全周一発高周波焼入れを行なう電気機関車用大歯車の材料は真空鑄造中炭素鋼が、疲労強度および熱処理作業性から見て適当である。
- (2) 焼入れ時歯先と歯底の温度差を少なくするための加熱の回数は疲労強度にあまり影響しないが、焼割れ防止の意味から2回が適当である。

(3) 本研究で決定された製作条件で製作された歯車の許容応力が明らかになった。

(4) 中間歯車のように一回転ごとに両振り曲げ荷重を受ける場合の許容応力と正転歯車および正逆転の少ない歯車の許容応力の比が明らかとなった。

以上の結果、従来推定の下に行なっていた歯車の設計が理論的根拠と実験データに基づいて行ないうる見とおしを得た。またこの結果は電気機関車用中炭素鋼全周一発高周波焼入れの曲げ強度設計基準、材料および熱処理基準としてまとめられている。

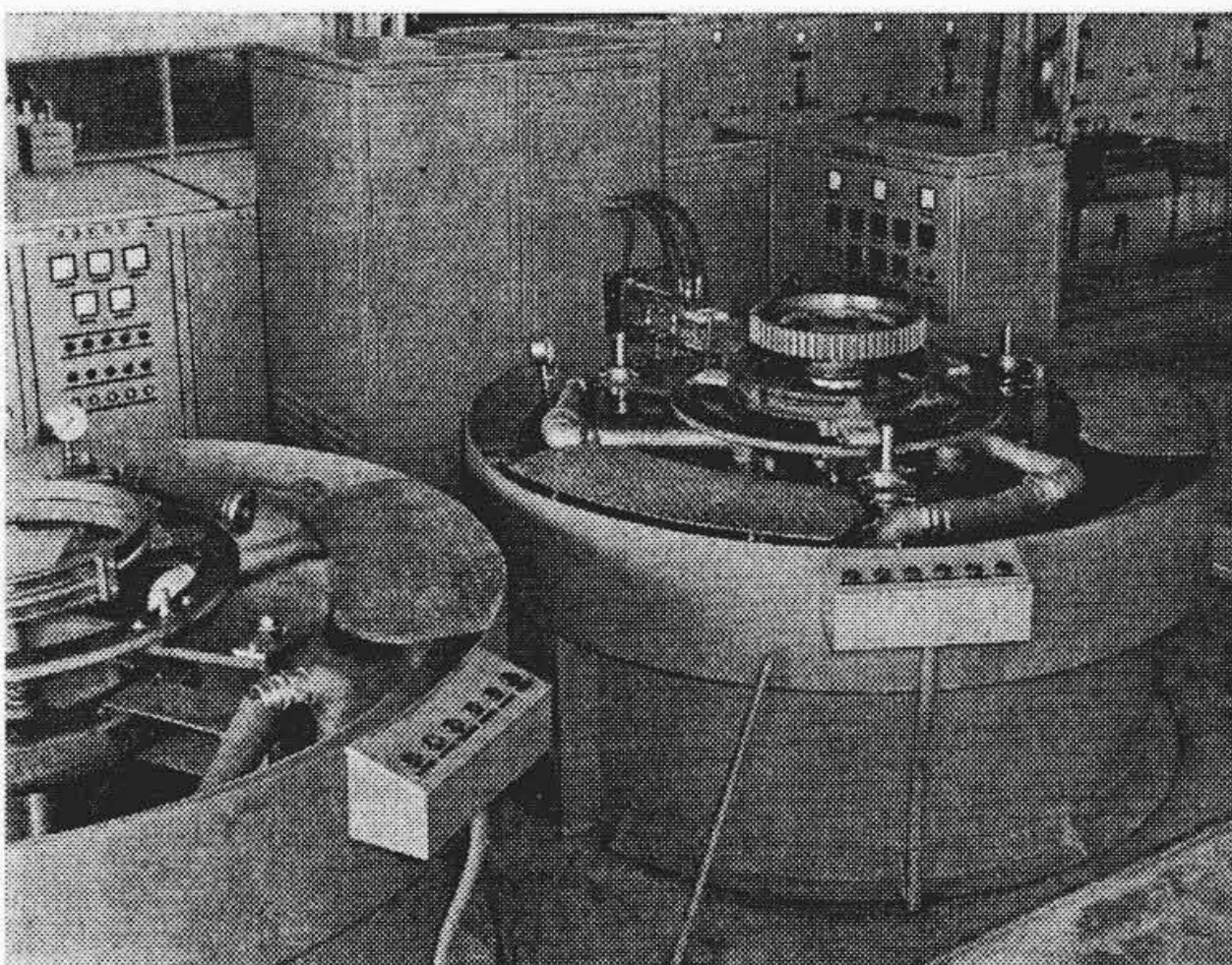


図1 歯車の高周波焼入れ装置

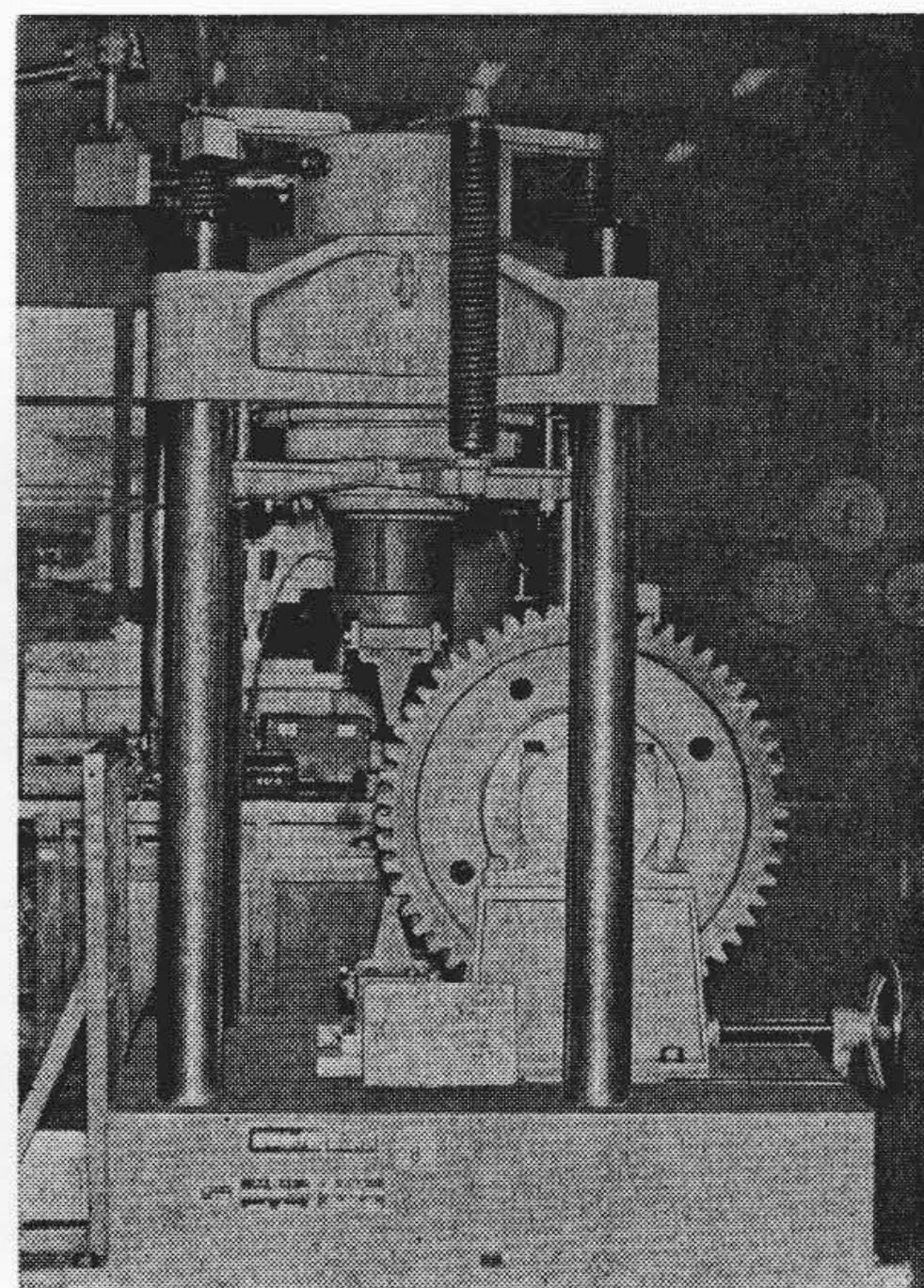


図2 歯車曲げ疲労試験機

■ 歯車騒音の研究

歯車騒音の発生機構に関する基礎研究を行なうため、無響室に図1に示す試験機を設置した。試験機は動力循環式で試験歯車は無響室に、他の一対の負荷用歯車は遮音壁を介した隣室に据え付けられている。無響室内の被測定歯車部にはすべり軸受を使用して軸受騒音を防止し、また歯車箱は潤滑油の飛散を防止するためのポリエチレンカバーのみとし、ケーシングの遮音の影響ならびに振動による音の放射を避ける構造となっている。暗騒音は11ホン、試験機付近の音場は200~5,000c/sの周波数について±1dBで逆二乗法則を満足する。

はじめに歯車の形状、運転条件など騒音におよぼす各種要因について実験的に検討したのち、動荷重と騒音の関係について検討した。その結果、歯車騒音の発生原因として作用線方向に生ずる変動荷重に起因する成分が大きく、かみ合っている歯車が構成する振動系と密接な関係を有することがわかった。騒音は一定荷重の下では周速とともに増加するが、かみあい周波数が固有振動数と一致する回転数で共振して大きくなるほか、約 $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ の回転数で分数次共振を生ずる。これは歯のこわさが時間とともに変化する非線形に基づくもので、誤差の大きい歯車ほど分数次共振は顕著にあらわれる。騒音スペクトルはかみあい周波数とその高周波成分が主であるが、基本波成分が必ずしも最大音圧を示さないで、さきに述べた歯車系の固有振動数に近い成分が卓越する。歯形誤差の大きい歯車ではある速度で分離を生じ、不規則なかみあいによって分数次調波成分をもつ異常音を生ずることがある。以上の研究結果から図2に示すような低騒音とするための歯数の選択法が得られる。

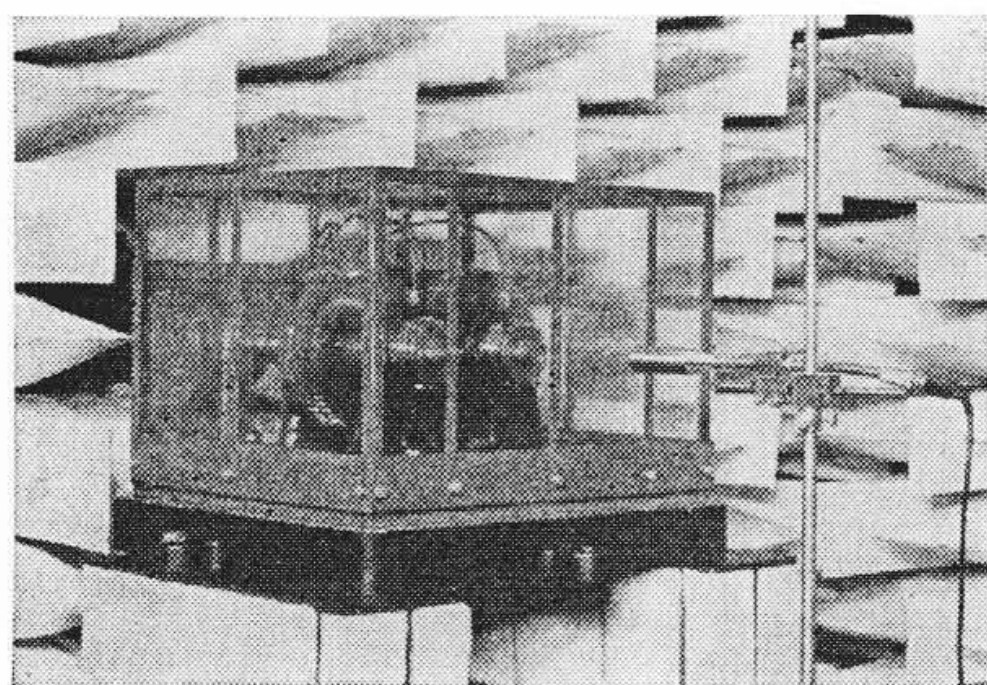


図1 音響測定用歯車試験機

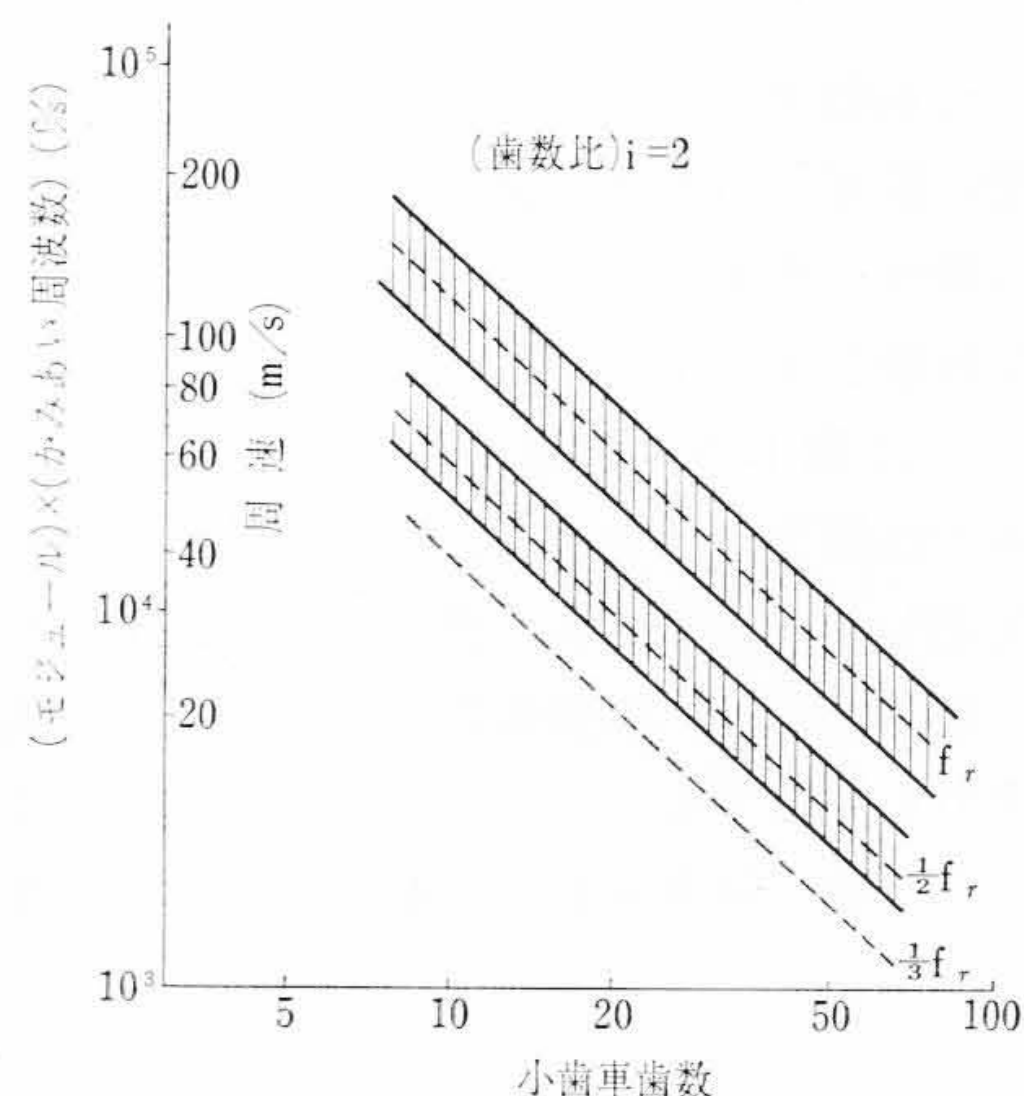


図2 低騒音歯車とするための小歯車歯数の選択法 (ハッチングの範囲を避ける)

■ ポンプ系のウォーターハンマの解析

最近、長い管路を有するポンプ場が多く建設されている。このようなポンプ系においては、停電の際に生ずる管路内の圧力変化すなわちウォーターハンマの検討および対策は特に重要な問題である。そこで、ウォーターハンマ軽減装置(たとえば、サージタンク)を有し、並列あるいは直列の運転方式を採用するようないわゆる複雑なポンプ設備を対象にして、ウォーターハンマを解析した。

まず、摩擦損失を含む管路のウォーターハンマ方程式、ポンプの完全特性式、ポンプ・電動機回転部分の運動方程式、そのほか境界条件(貯水池、サージタンク、ポンプ入力・出口部など)の式を立て、これらの式を連立させて解いた。管路のウォーターハンマ方式の数値計算には、特性曲線法を用いた。計算にはHITAC 5020を用い、応用範囲の広い計算機用プログラムを作成した。プログラム作成に際しては、プログラムの組換えあるいは改良の場合に便利のように、管路系を下記の要素に分け、各要素に関する計算をそれぞれサブプログラムにした：管路、貯水池、サージタンク(普通形およびワンウェイ形に共用)、ポンプなど。

あるポンプ系を計画する場合には、まず、このプログラムを用いてウォーターハンマを計算し、その結果を検討してウォーターハンマ対策を立てる。ついで、対策を施したポンプ系についてウォーターハンマを計算し、対策が十分であることを確かめればよい。

計算例としては、図1中に示されているポンプ設備(実揚程86m、管路全長16.8km)における、停電時のワンウェイ・サージタンク連結部のヘッド(下部貯水池水面からの高さ+圧力ヘッド)変化を計算した。図1はその結果を示したものである。図2には、ポンプ回転数およびポンプ吐出弁直後のヘッドの変化を示してある。計算結果と実験結果とは、実用上さしつかえない程度に一致している。

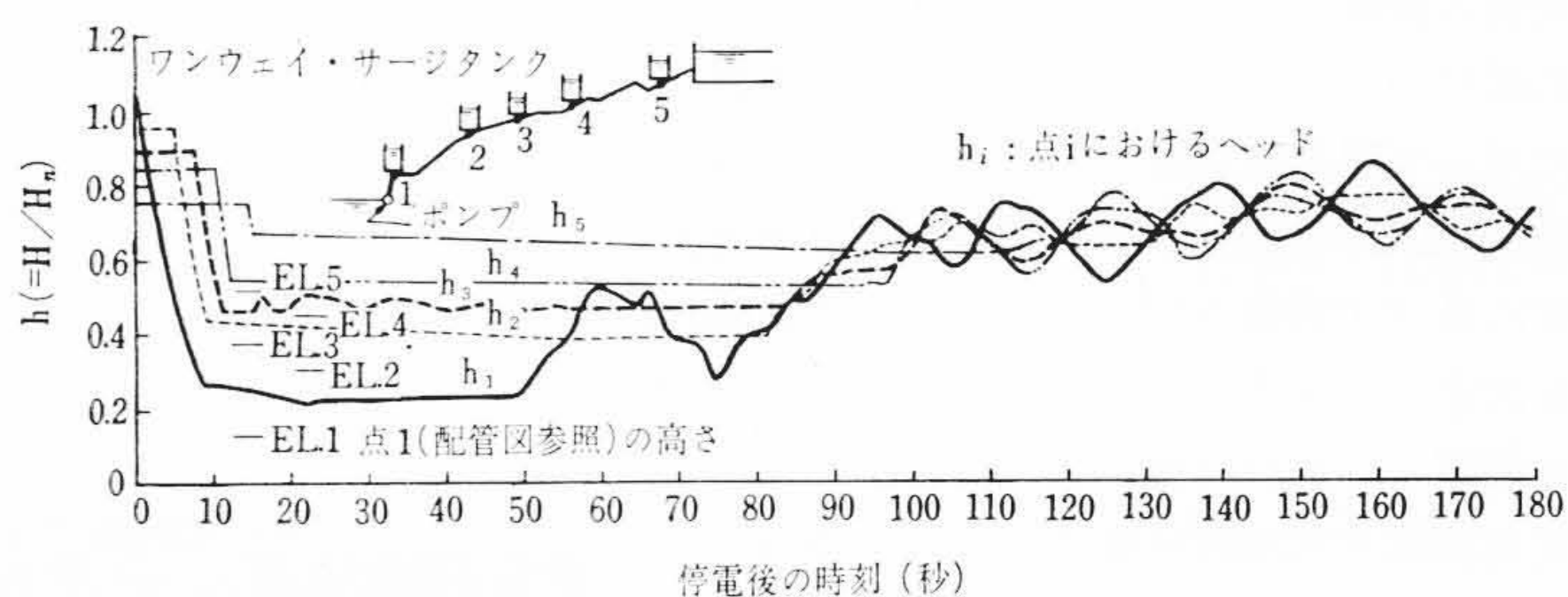


図1 停電時の管路の圧力変化

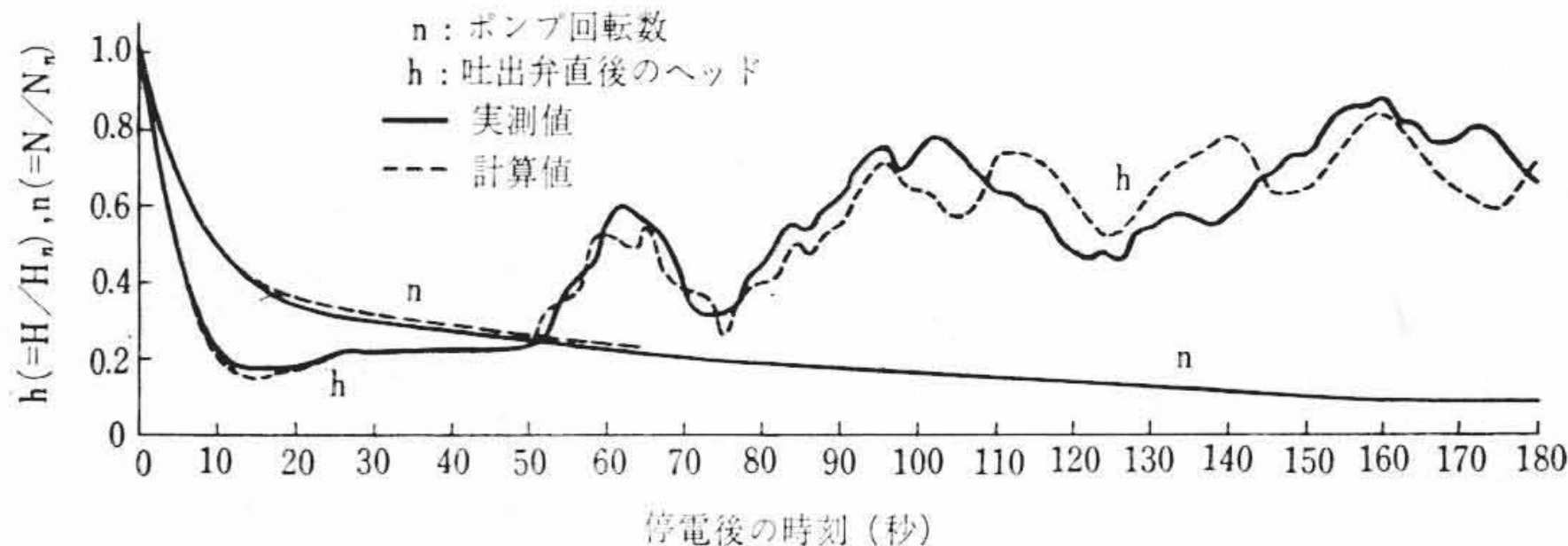


図2 停電時のポンプ回転数および吐出弁直後の圧力変化

■ カラーテレビ用赤色蛍光体

従来カラーテレビ用ブラウン管には、赤色蛍光体として硫化物系が使用されていたが、1964年 Sylvania 社は希土類元素を用いた新しい蛍光体、ユーロピウム付活イットリウムバナデートを発表した。この蛍光体は、明るさと色調の鮮明さの点で従来の蛍光体よりもすぐれた性能をそなえている。

近年レーザ材料として希土類蛍光体が広範囲にわたり研究されるようになり、今回の赤色蛍光体の出現もこれに端を発している。ここで採りあげた三価のユーロピウム (Eu^{3+}) の赤色の発光は、 Eu^{3+} の $4f$ 不完全殻内での ${}^5\text{D}_0 \rightarrow {}^7\text{F}_2$ 遷移に基づく $610\text{m}\mu \sim 625\text{m}\mu$ 付近の鋭い線スペクトルであるが、孤立したイオンのスペクトルの選択則ではこれは禁止遷移である。しかし Eu^{3+} がイットリウムバナデート (YVO_4) 内の Y の位置のような反転対称性を持たない結晶場の中にあると、この禁止がとけて最強線となることが上記レーザ材料の研究途上で明らかになったわけである。

日立製作所においてはいち早くこの赤色蛍光体の国産化をめざして研究を行ない、わが国において最も早く希土類蛍光体を使用したカラーブラウン管の生産に成功した。つぎにこの蛍光体の合成上の要点を列記する。

- (1) 蛍光体の発光上妨害となる不純物を放射化分析などの最新分析手段を駆使して明確にし、これら微量不純物を除去するような合成方法を開発した。
- (2) ユーロピウムは二価と三価との二つの安定な原子価状態をとるが、赤色の蛍光を効率よく発するには、 YVO_4 結晶の Y の位置を三価の Eu^{3+} の形で置換することが必要条件であり、このための合成条件を確立した。
- (3) YVO_4 の stoichiometry からのずれは、蛍光体

の着色の原因となりこれが発光効率を低下せしめるので合成過程においてこの組成のずれを自己補正する方法を見出した。

(4) ブラウン管の画質は蛍光体の塗布性と直接関連するが、これを向上するために、蛍光体の粒度分布と粒子性の規正を行なった。従来の硫化物赤色蛍光体が図1に示すように刺激電流の増加に伴い色調がオレンジ色へ移行する欠点を持っているのに対し、以上のようにして得られた $\text{YVO}_4:\text{Eu}$ 蛍光体は、このような刺激条件の変化による色調の変化はない。また図2において硫化物蛍光体に見られるように刺激電流の増加に伴う輝度の飽和現象がなく、ハイライト時での色バランスのズレは全く起こらない。

以上のように、希土類元素を用いた赤色蛍光体は、発光輝度以外の点でも長所を持っているが、今後は緑色、青色成分についても希土類蛍光体の実用化が期待される。

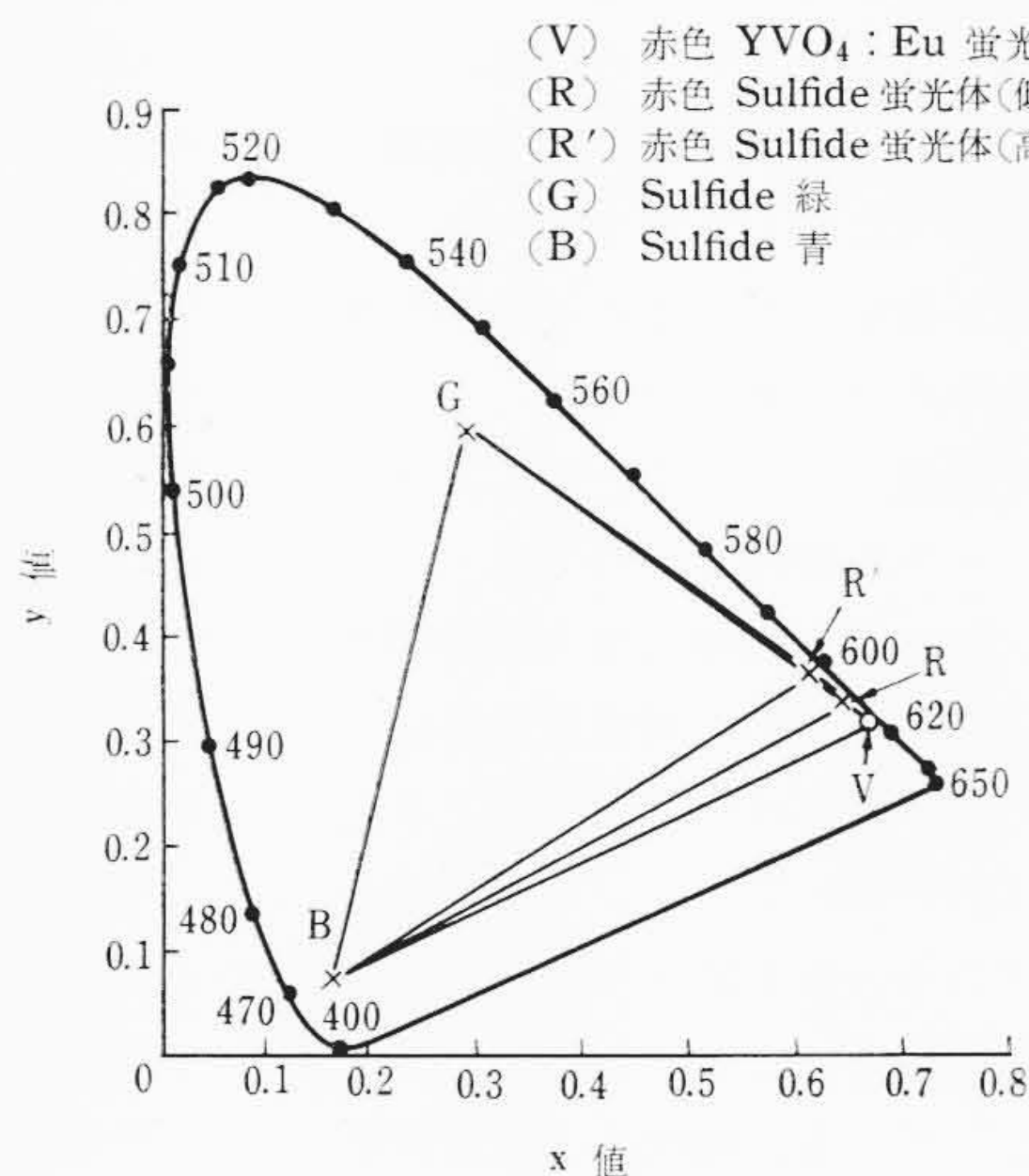


図1 C. I. E. Color 座標

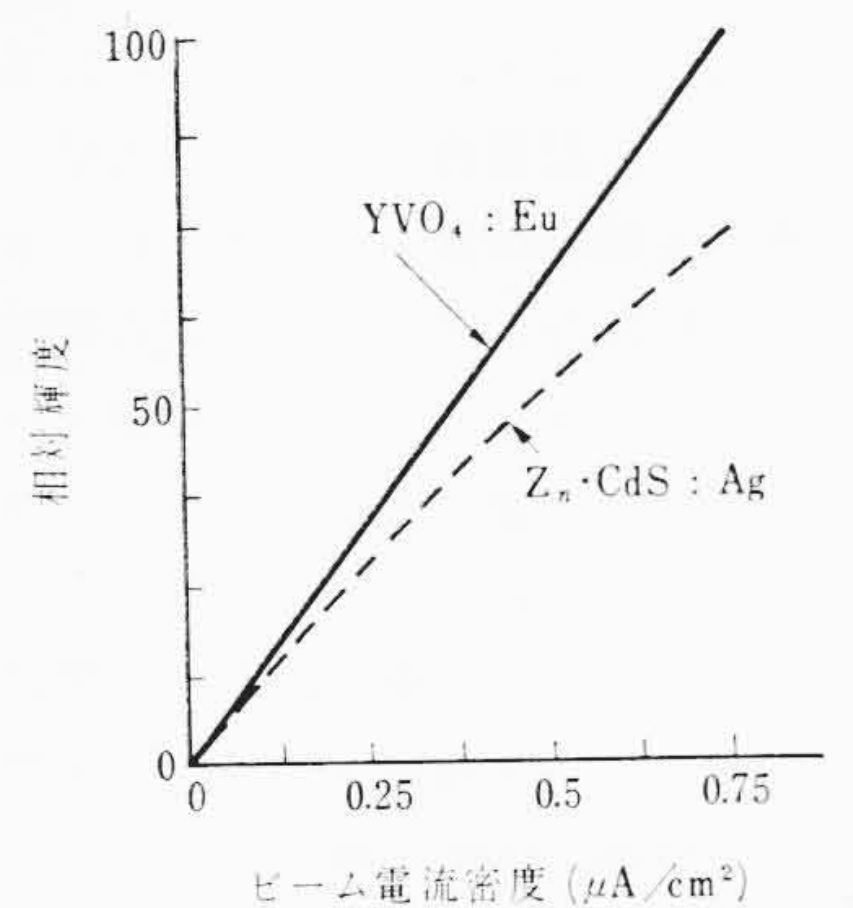


図2 $\text{YVO}_4:\text{Eu}$ 赤色蛍光体と Sulfide 赤色蛍光体の電流特性の比較

■ マイクロ波変調ガスレーザ光による TV 画像の伝送

レーザ通信の実用化を対象とした基幹技術として、信号源としてのレーザ発振器自体以外に、変調、復調検波、伝送路の三つが指摘される。この中の第一の課題について従来より基礎的な研究を進めて、おもな成果の一つとして、変調素子結晶の冷却による低電力光変調についてはさきに報告した (日立評論 Vol. 48, No. 1, 9 頁)。

この研究はその後さらに進展し、周波数 6.8 Gc/s、電力 0.5 W のマイクロ波で He-Ne ガスレーザ光の外部変調を行ない、きわめて安定に 5~10% の変調度を得ることに成功した。さらにこの結果を

利用して ITV による TV 画像の室内伝送実験を試み S/N 14 dB 程度の伝送品質が得られた。これを通信方式としてみれば、7 Gc/s 帯を副搬送波とし 500 T c/s 帯のレーザ光を主搬送波とした FM-AM 形式の階段変調方式である。

図1にブロックダイアグラムを示す。送信系は主搬送波発振器としてのレーザ、マイクロ波光変調器、副搬送波発振器として反射形クライストロン 7 V 204、それに ITV カメラおよびビデオ増幅器から構成されている。クライストロンのリペラ電極に ITV カメラのビデオ信号を送って周波数変調を行ない、その出力をさらに変調信号として、マイクロ波光変調器によって、主搬送波であるレーザ光を振幅変調して送信する。受信系はマイクロ波光復調器としての光

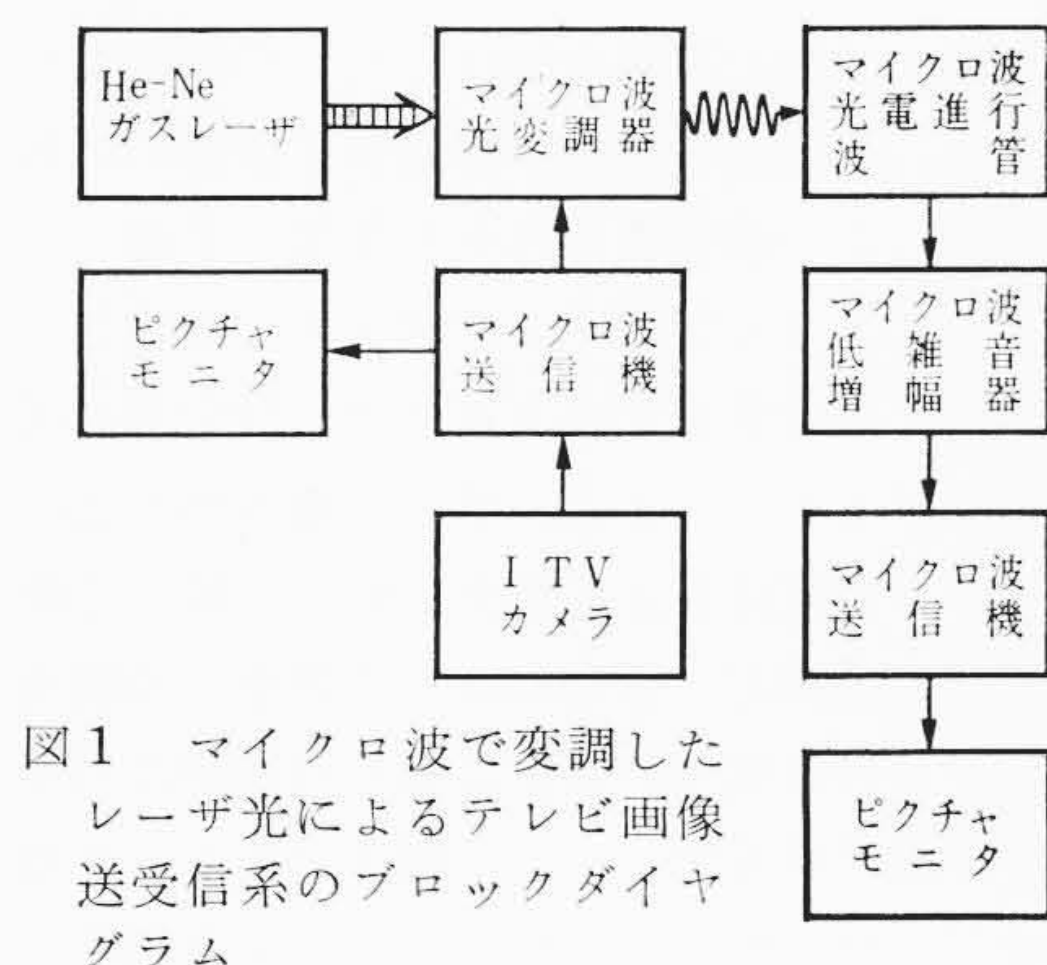


図1 マイクロ波で変調したレーザ光によるテレビ画像送受信系のブロックダイアグラム

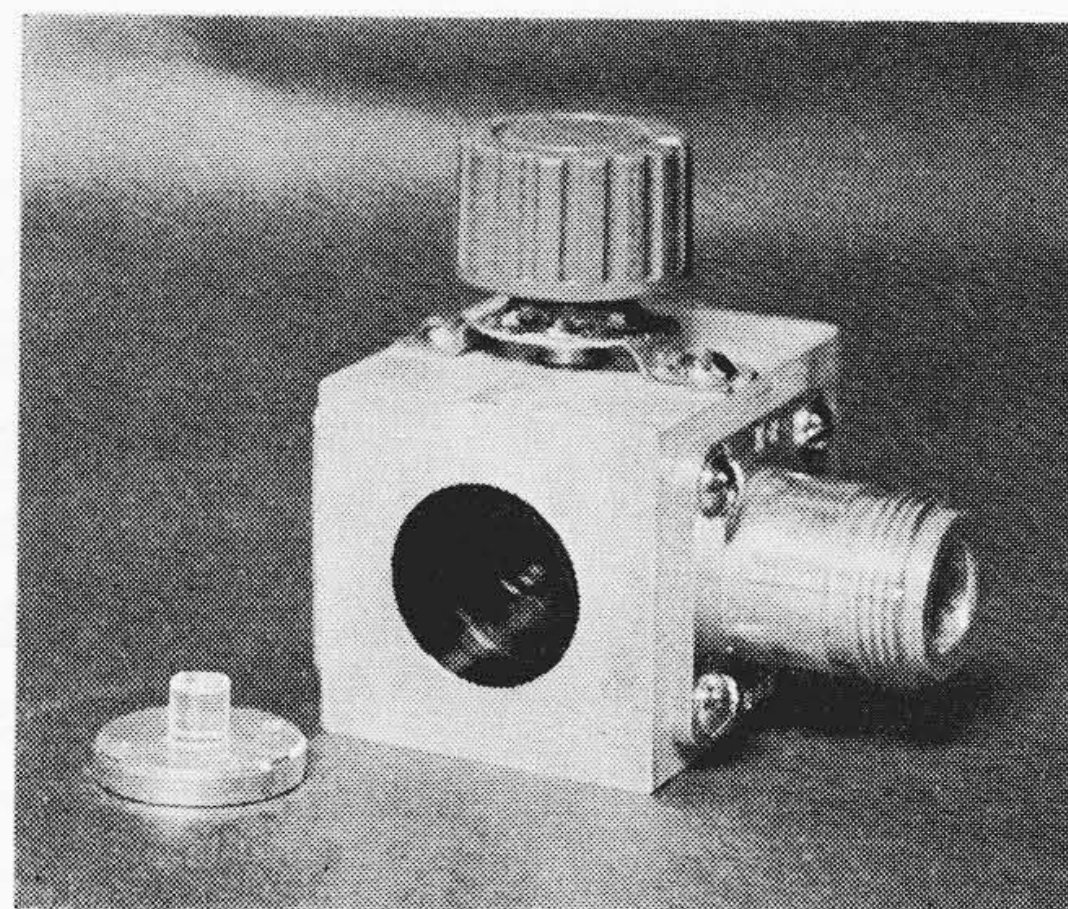


図2 マイクロ波光変調器

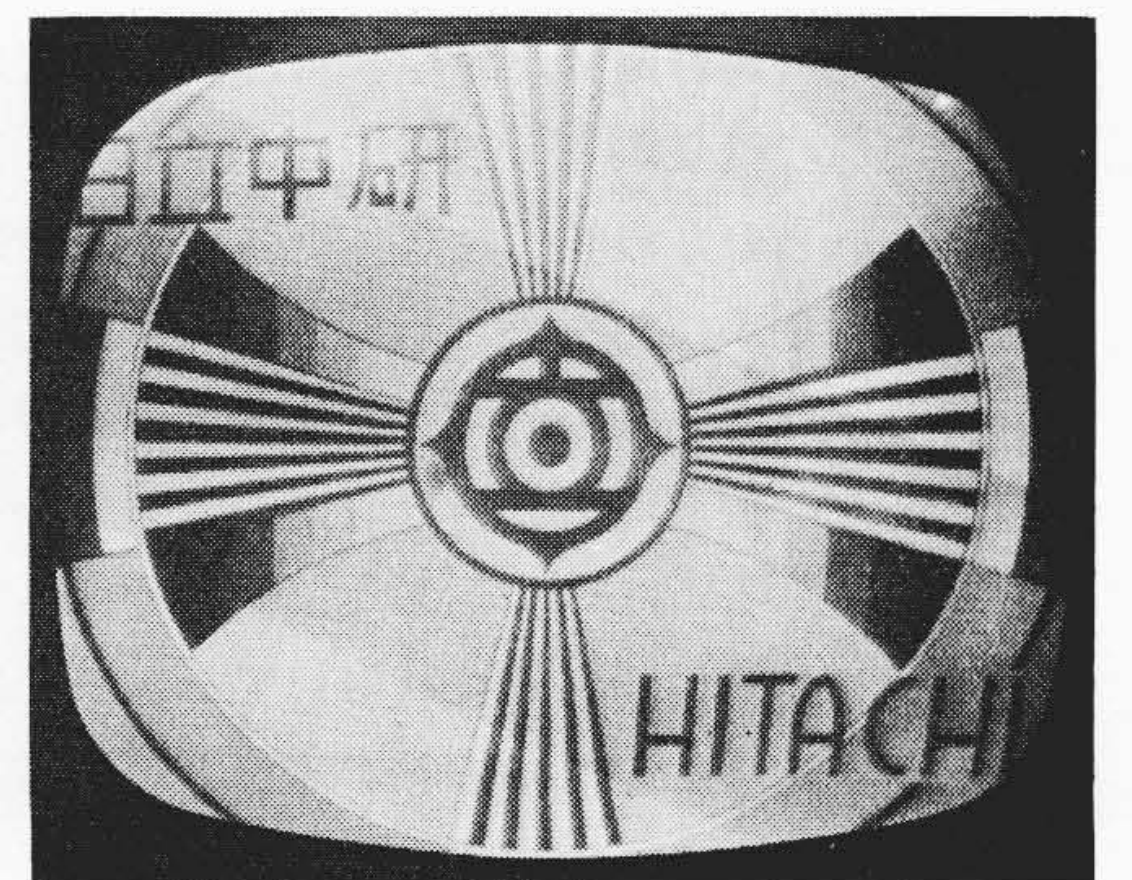


図3 受信画像の一例

電進行波管 SYD 4303 A (Sylvania 社製)からの出力を、バラクタダイオードを使用したパラメトリック増幅器を通して、マイクロ波受信機に導き復調する。

図2は試作したマイクロ波光変調器の外観で、リエントラント形空洞共振器構造を採用し、そのノーズ部先端に光変調素子としてADP単結晶を装荷してある。共振器としてのtotal Qは約180である。図3は受信画像の一例で、レーザ出力30 mW、変調マイク

ロ波入力電力0.46W、変調度5%の場合である。使用したマイクロ波受信系の全実効スレスホールドレベルは約-80 dBm、受信映像信号のS/N比は14 dBである。

このような実験の成功は、これまで発表された例がなく、レーザ光の変調技術という分野に一つの進歩を与えたものであるが、その実用化はあくまで関連技術の研究開発と歩調を合わせて進められるべきであり、まだ解決すべき基礎的課題が多い。

■ 音声合成の研究

計算機の性能の向上と計算システムの開発によって、今日では情報処理のあらゆる面で計算機なしには問題を考えることができなくなっている。そしてMACやMulticsシステムの開発によって、いつどこからでも好きなときに計算機のたすけをかりて問題を処理することができるようになるのも夢ではなくなるであろう。このように計算機システムと人間の関係が密接になってくると、計算機と人間を一体として考えたときの能率的な情報の授受ということが問題になってくる。人間の情報授受機能としては手と眼による視覚ルートと口と耳による聴覚ルートがその代表的なものであり、したがって視覚パターンと聴覚パターンによる計算機入出力の重要性がクローズ・アップされてきた。一方人間どうしの情報伝達手段としても最もよく使われるのは言語であり、それは視覚と聴覚とに対応して文字と音声という形で実際には用いられている。

計算機に任意の場所からアクセスするもっとも簡単な方法は現用の電話回線を利用することであり、その場合には音声による入出力ということが必然的な要求として起こってくる。機械による音声認識を前提とした音声入力の可能性は現在なお実用化には遠い状態であるに反して、機械による音声合成を前提とした音声出力は一部すでに実用化されている。しかしこれらの実用機はいずれもあらかじめ録音してある音声素材をつなぎ合わせて音声を作る方法(編集方式)であって、自然な音声として作り出せる範囲(語彙)に制限があり一般的なものとはいえない。

日立製作所中央研究所においては電気試験所のご指導を得て、計算機制御のできる音声合成装置を試作した。この合成装置の本体は高速アナコン回路を利用した声道模擬形合成器であり、制御部を経て計算機の出力によって任意に制御され複雑な音声およびそのつながりとしての文章を発声することができる。たとえば音声として発

声させたい内容を文字で書いた紙テープを計算機に読み込ませると、計算機はその合成プログラムにしたがって必要な制御情報(時刻々の口の形と音源である声帯波振動の特性など)を出力し、それによって合成器が制御され音声合成される。この方法によれば合成プログラム(いわゆる合成のための法則を具体化したもの)さえ完備すれば、どのような内容でも十分自然な音声として合成でき、一般的な音声合成装置として大きな潜在能力をもっている。

現在研究は進行中であり、合成プログラムについても細部についてはなお合成実験、改良をくりかえす必要があり、合成器としても現在のものは機能確認のための第一次試作であって本格的なものではない。またこのような声道模型による音声合成の研究実験はただ単に実用的な音声合成装置を作る目的のみでなくて、その先の機械による音声認識の研究の基礎となるものであり、その面についても研究を進めている。

今後の計画としてはHITAC 5020によるオンライン制御を目的とした制御装置を整備するとともに、合成器本体も第一次試作の結果を生かして本格的なものを試作する予定である。

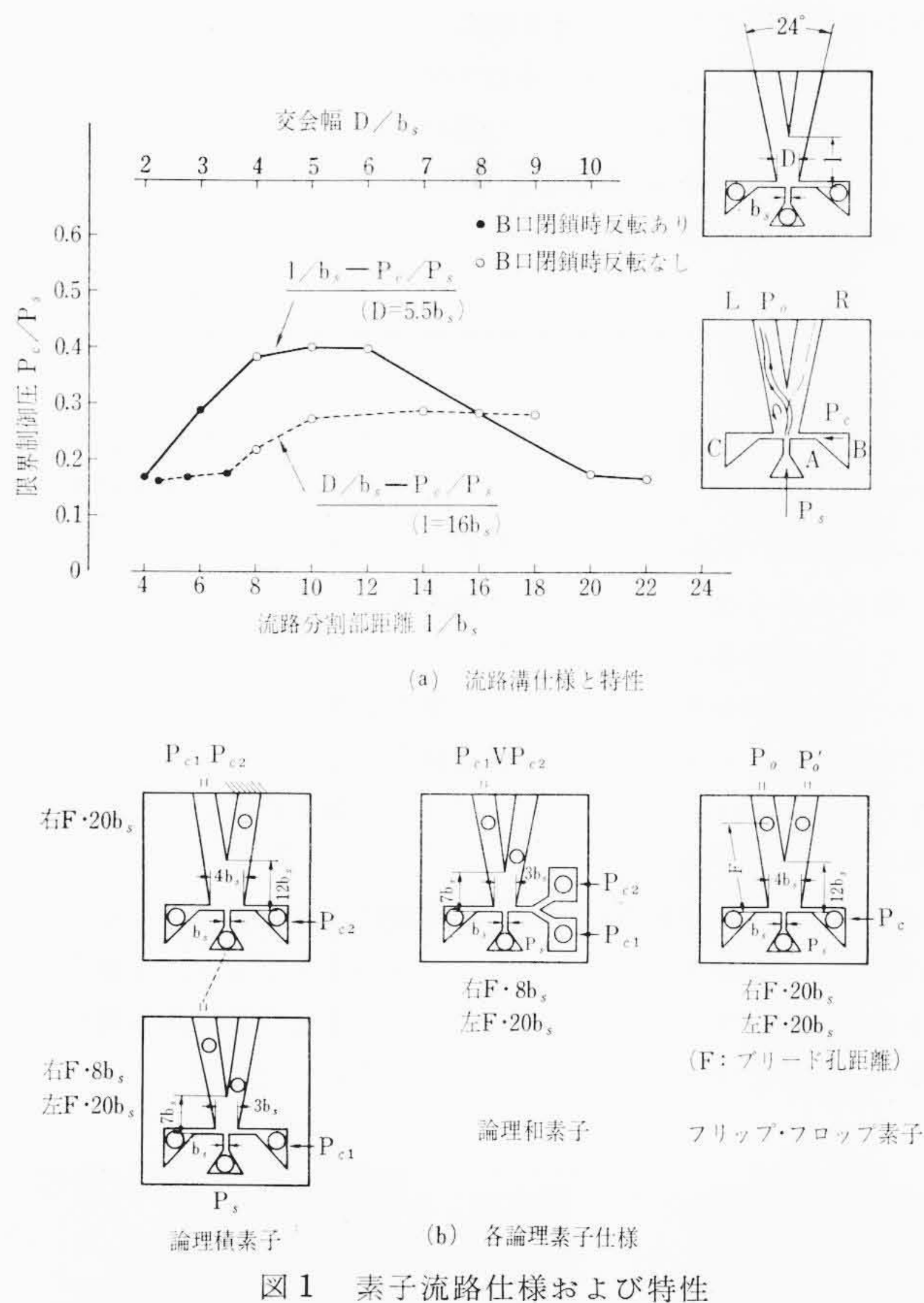
計算機の音声出力という実用的な面でも最近の動向としてはただ単なる録音音声のつなぎ合せという技術から一歩進んで、ボコーダのような分解-合成技術の積極的な利用という方向に進んでおり、おそらく編集方式と法則による合成方式の結合形として実用化されていくものと考えられる。その場合編集技術の要点は能率的な作表と索表の技術であり、合成器とその制御がやはり基本をなすものと考えられるのでその方向にそって研究を進めていく。

将来の計算機システムとして音声出力はおそらく必要不可欠のものとなるであろうが、そのほかにも多くの潜在需要があるものと思われる。このような装置の成功と展示によってそれらは顕在化して新しいマーケットが開かれていくであろう。

■ 流体制御素子とその応用装置

機械的可動部分をまったくもたず、流体とその流路壁相互の作用だけで各種の論理演算が可能な流体制御素子は、きわめて高い耐環境性その他の特長から今後各方面への応用が期待される。日立製作所でもこれらのうち空気を媒体とした乱流付着形素子の基礎研究を行ない、さらにこれを小形ボール盤の自動加工装置に応用することによりその作動性を確かめた。まず乱流付着形の素子は図1(a)右に見られるように板上に刻まれた流路溝入口Aから作動流を導き、これに対し口BあるいはCから別な制御流を導入することにより作動流の方向を、乱流付着現象を利用してLあるいはRに非連続的に切り換えるようにしたものである。流路溝の仕様上この作動特性に最も深い関係にあるのは同図に示した流路分割部距離 l と交差幅 D である。これらの大きさと、作動流方向を切り換えるための最小限度の

制御圧との関係を実験的に調べ、その結果を図1(a)に示してある。同図の関係をもとにし、さらに実験を重ね、同図(b)に示すような論理和および論理積素子、フリップフロップ素子の実用的仕様を定め、モールド方式により合成樹脂製の素子を製作した。つぎにこれら素子により複合回路を作り、小形ボール盤の自動加工装置に応用して実際の作動性を確かめた。この装置はそれぞれ2個、7個、5個の論理和素子、論理積素子、フリップフロップ素子から構成される無可動形演算回路と検出部、操作部およびプログラム設定部に区分されている。本装置を始動することにより、ボール盤割出台上に固定された加工物をプログラム設定位置まで割出回転し、続いて停止、固定と穴あけ用ドリルの前進後退、さらに次の位置までの割出回転などのシーケンス動作と最終位置での停止工程を自動的に行なわせるもので、その外観と作動状態を示したのが図2である。この装置において各素子は機能別に整理配置されているので保守調整が



きわめて容易である。また本装置は組立後2.5ヶ月間連続運転させたが誤動作は一度も見られず、その高い信頼性を实际的に確認することができた。

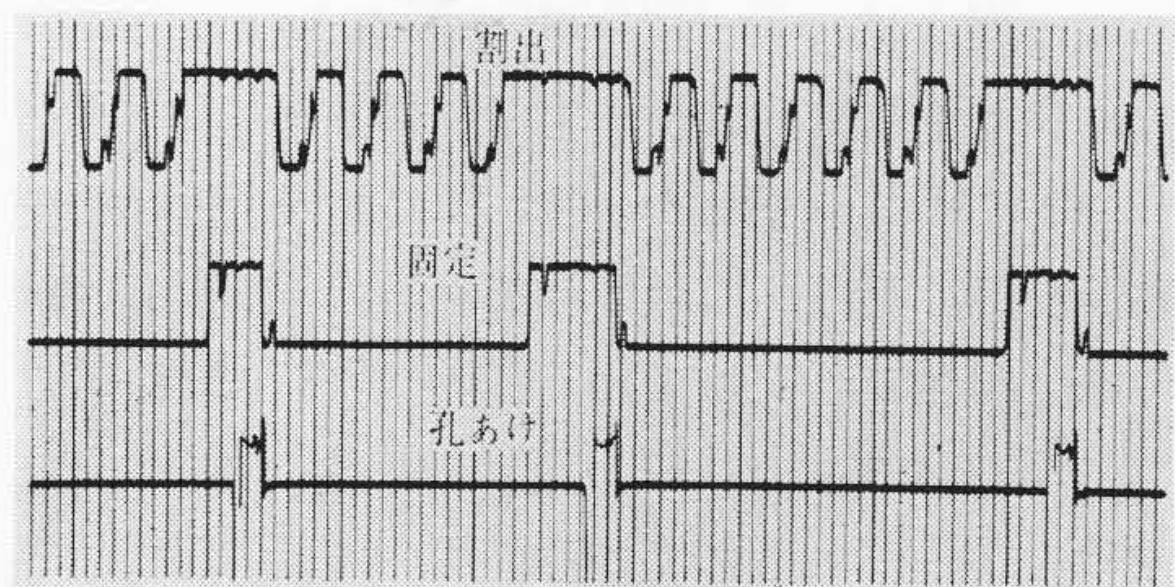
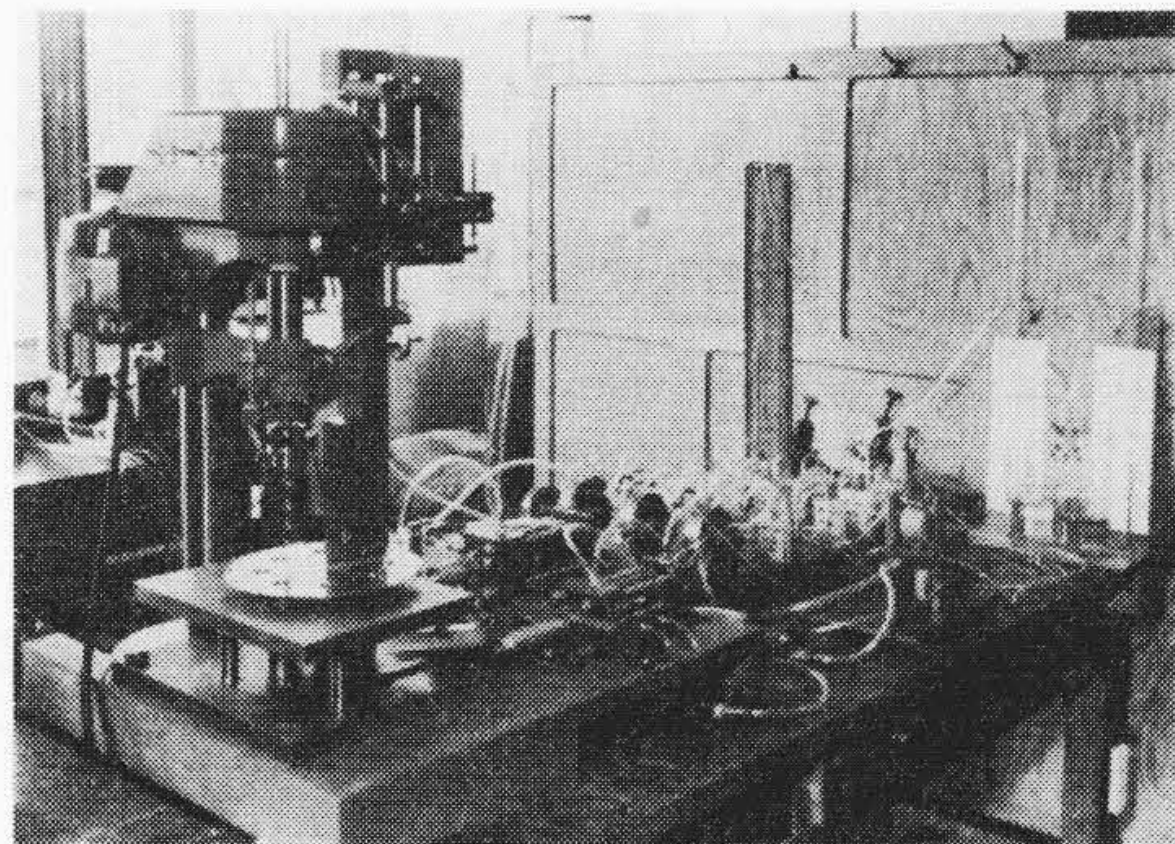


図2 小形ボール盤自動加工装置とその作動

ロケットの軌道計算

ロケットの打上げに先立って、その飛翔性能をあらかじめ十分検討しておくことは、ロケットの設計上からも、またロケットの打上げおよび観測業務の遂行上からも非常に重要なことである。日立製作所ではさきに東京大学宇宙航空研究所にハイブリッド計算システムによるロケット飛翔特性計算装置を納入したので、これを使用してロケットの軌道計算を実施した。

(1) ロケットの運動方程式

ロケットは発射後ある軌道を描いて飛翔するが、同時に外力を受けて重心回りに回転、縦ゆれ、横ゆれなどを行なう。これら重心回りの運動はロケットの軌道に影響を及ぼすので、計算にあたっては重心および重心回りの運動方程式を同時に解かなければならない。

・重心の運動方程式

$$\ddot{A} = \left[\frac{F_L}{m} - 2\dot{r}\dot{A}\cos\phi + 2r\dot{\phi}\dot{A}\sin\phi \right] / r\cos\phi$$

$$\ddot{\phi} = \left[\frac{F_P}{m} - r\dot{A}^2\sin\phi\cos\phi - 2\dot{r}\dot{\phi} \right] / r$$

$$\ddot{r} = \frac{F_R}{m} + r\dot{\phi}^2 + r\dot{A}^2\cos^2\phi$$

・重心回りの運動方程式

$$A\dot{\omega}_\xi - (B-C)\omega_\eta\omega_\zeta = N_\xi$$

$$B\dot{\omega}_\eta - (C-A)\omega_\xi\omega_\zeta = N_\eta$$

$$C\dot{\omega}_\zeta - (A-B)\omega_\xi\omega_\eta = N_\zeta$$

ここで、 A, ϕ : 衛星の経度、緯度、 r : 地球中心より衛星までの距離、 F : 外力、 N : 重心回りのモーメント、 A, B, C : 機体軸回りの慣性モーメント、添字 L, P, R ; ξ, η, ζ : 座標系の各軸成分を示す。

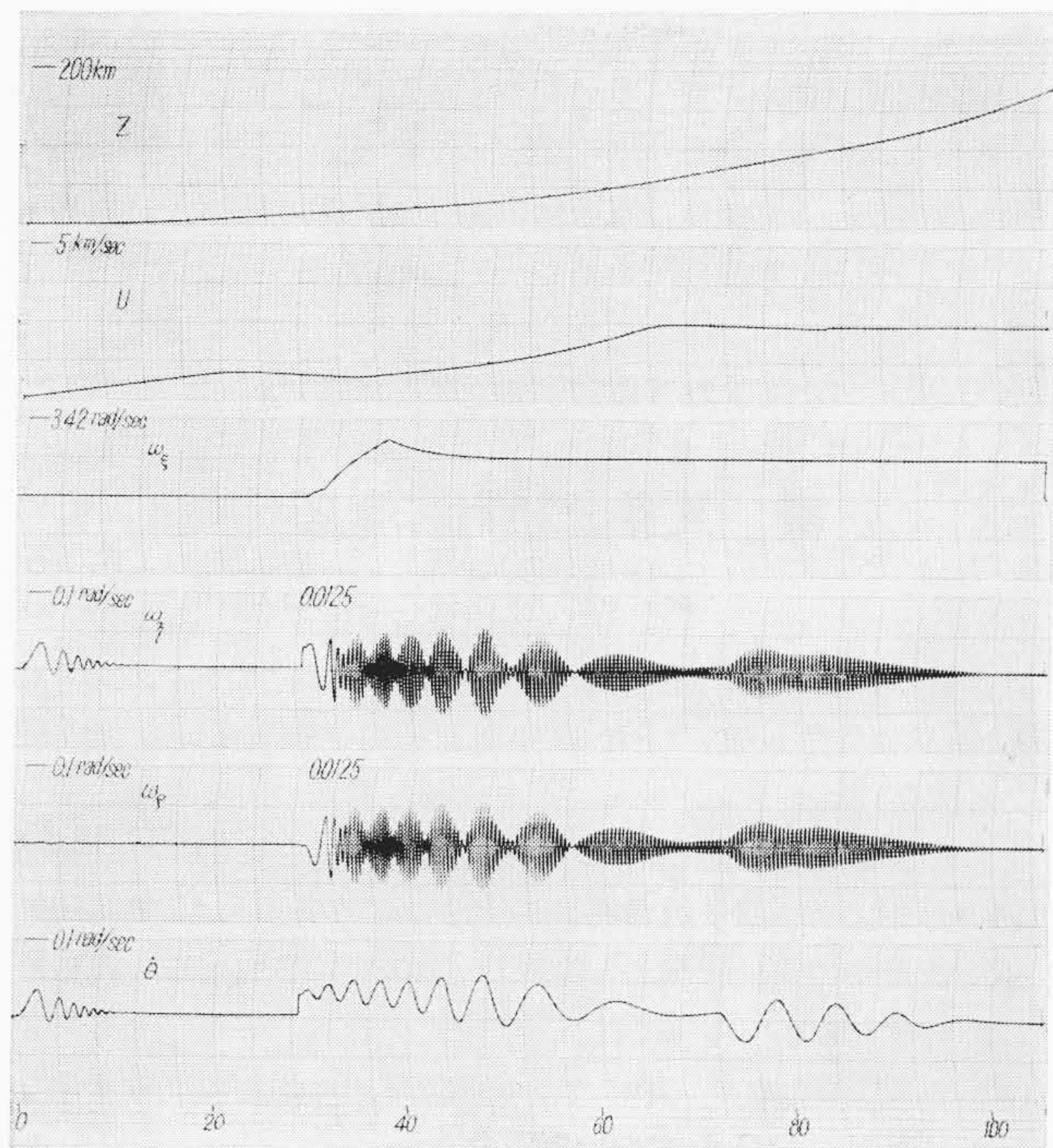


図1 ロケット軌道計算結果の一例

(2) ハイブリッド計算システムによる軌道計算

ハイブリッド計算システムはアナログ計算機の高速度性、デジタル計算機のデータ処理性、高分解能性を利用した計算システムで、両計算機に適切な計算分担を行なわせることにより効率よい計算が実施できる。このシステムはアナログ計算機 ALS 2000 とデジタル計算機 HIPAC 103 より構成されている。上記運動方程式は

- ・重心回りの角速度変化は比較的速く毎秒数回転に及ぶ。

- ・重心の運動方程式はロケットの位置を表わすので変化が遅く、前項の角速度 $1/1,000$ 以下であるが、高分解能が要求される。
- ・質量、慣性モーメント、推力などはロケットのステージ、または燃焼の状態により値が変わるので、それらの判断が必要である。などの問題を含んでいるので、両計算機の特長を生かし、重心回り

の運動を主としてアナログ計算機に、重心の運動および論理判断を主としてデジタル計算機に分担させた。この結果 HIPAC 103 相当のデジタル計算機で計算した場合に比べて、精度および分解能をそこなうことなく演算時間を $1/20$ 以下に短縮することができた。計算結果の一例を図1に示す。

■ 電子顕微鏡による交差した結晶格子像の観察

1963年に、HU-11A形電子顕微鏡を用いて、金の結晶格子像(格子間隔: $2.35 \text{ \AA}$)を観察して以来、日立の電子顕微鏡は分解能の点において、常に世界最高の記録をマークしてきた。

今回は、これに引き続き、さらに分解能の向上したHU-11B形電子顕微鏡を用いて、多方向に相互に交差する格子像を同時に観察することに成功した。図1および図2は、このような交差格子像の撮影例を示す。図1は、粘土の一種である pyrophyllite 結晶の電子回折像および電子顕微鏡像を示す。この写真には、粘土を構成する $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ の分子が、 $4.5 \text{ \AA}$ の間隔で hexagonal に集合している様子が、明らかに示されている。図2は、金結晶の電子顕微鏡写真で、相互に直交している(200)面と(020)面に加えて、この上にさらに、(220)面が45度の角度で重なっている様子が示されている。図中に金結晶の格子模型を示したが、この模型と写真とを対比させることにより、格子じまの各交点は、結晶を構成する1個1個の金の原子の位置に対応していることがよくわかる。このように“atomic dimension”において、分子や原子が結晶を構成する様子を明らかに示した写真は、世界でも最初のものである。また、あらたに撮影された金の(220)面の格子間隔は $1.44 \text{ \AA}$ であり、この値は、電子顕微鏡の分解能記録をさらに前進させたものである。

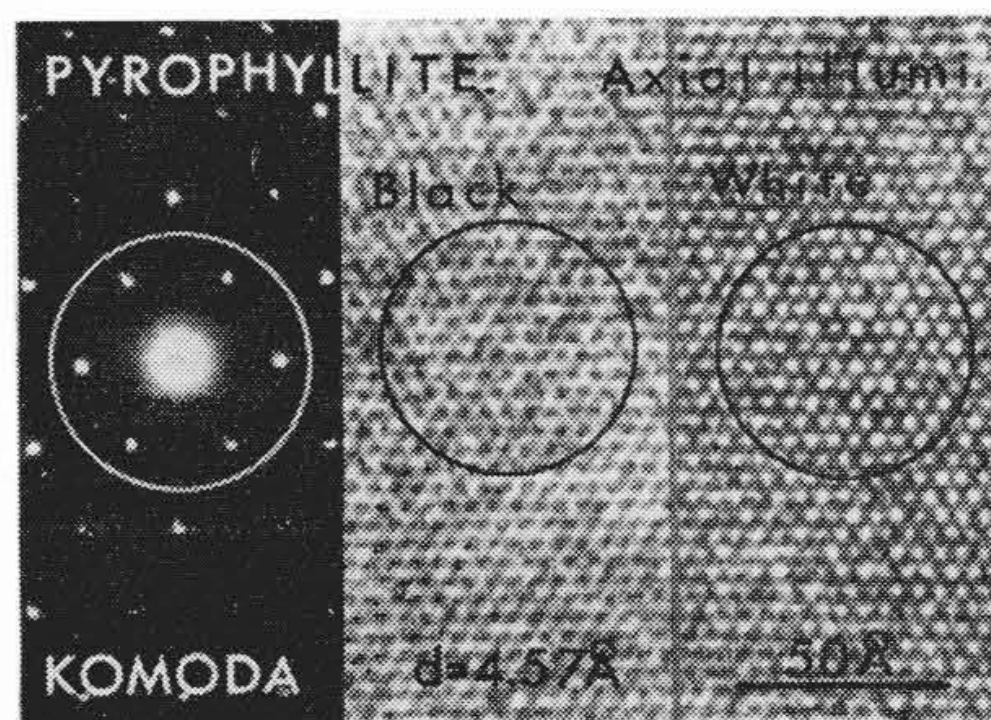


図1 Pyrophyllite 結晶の格子像

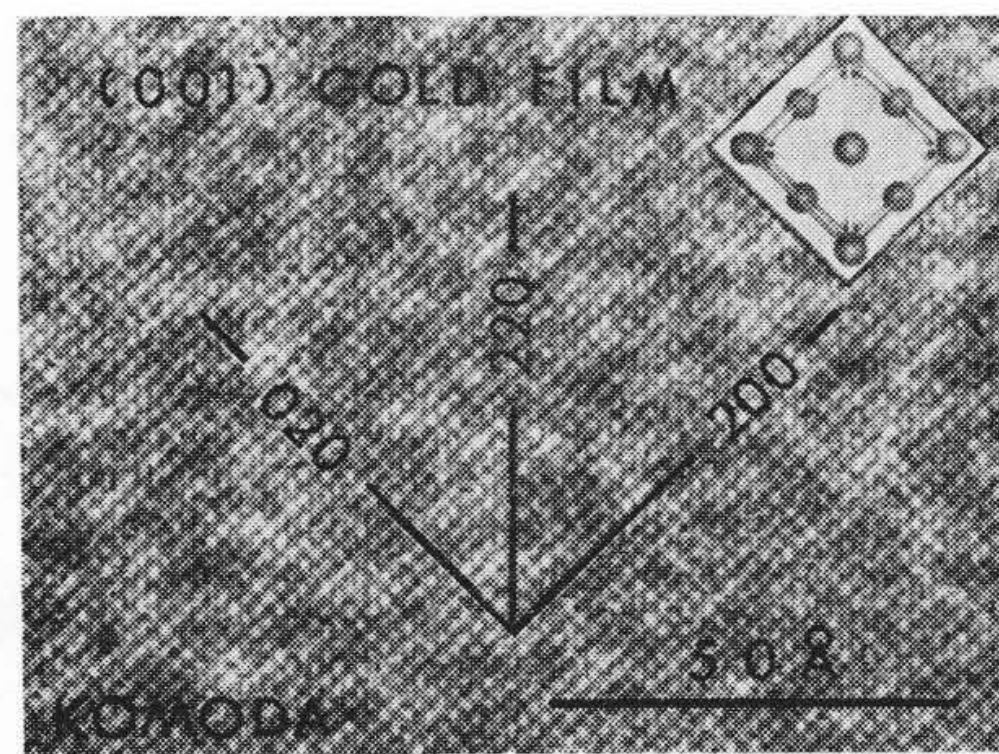


図2 金結晶の格子像

■ 質量分析計による核燃料の燃焼度測定

日立製の大形ウラン同位体比測定用質量分析計(イオン軌道半径 350 mm , 偏向角 90° , 昭和32年度原子力平和利用研究費委託費による開発)に、シングル・フィラメント方式の表面電離形イオン源を装着させて、二酸化ウランの燃焼度を測定した。この二酸化ウランはオランダの原子炉 HFR で、1963年8月から10ヶ月間燃焼させ、燃焼中の発熱状況から推算して $10,000 \text{ MWD/T}$ 程度まで燃焼したものである。

はじめ、二酸化ウラン中のウラン同位体比の燃焼による変化を測定して、 U^{235} の燃焼度 $4,370 \text{ MWD/T}$ を得た。図1に燃焼後の二酸化ウランの質量スペクトルを示す。図1によって中性子捕獲で U^{236} に核変換した分を差し引いて、燃焼前に存在した U^{235} の 63.0% が核分裂で減少していることがわかる。次に核分裂生成物を稀釈法によって定量して、二酸化ウランが燃焼するときに生成する Pu^{239} の燃焼度への寄与を算出した。図1の $M/e=271$ のピークには Pu^{239} が含まれている。燃焼度測定に好都合な核分裂生成物として Zr がある。既知量の天然存在比の Zr を添加し、核分裂によってのみ生成する Zr^{93} を定量し、 U^{235} の燃焼度 $4,370 \text{ MWD/T}$ をもとにして

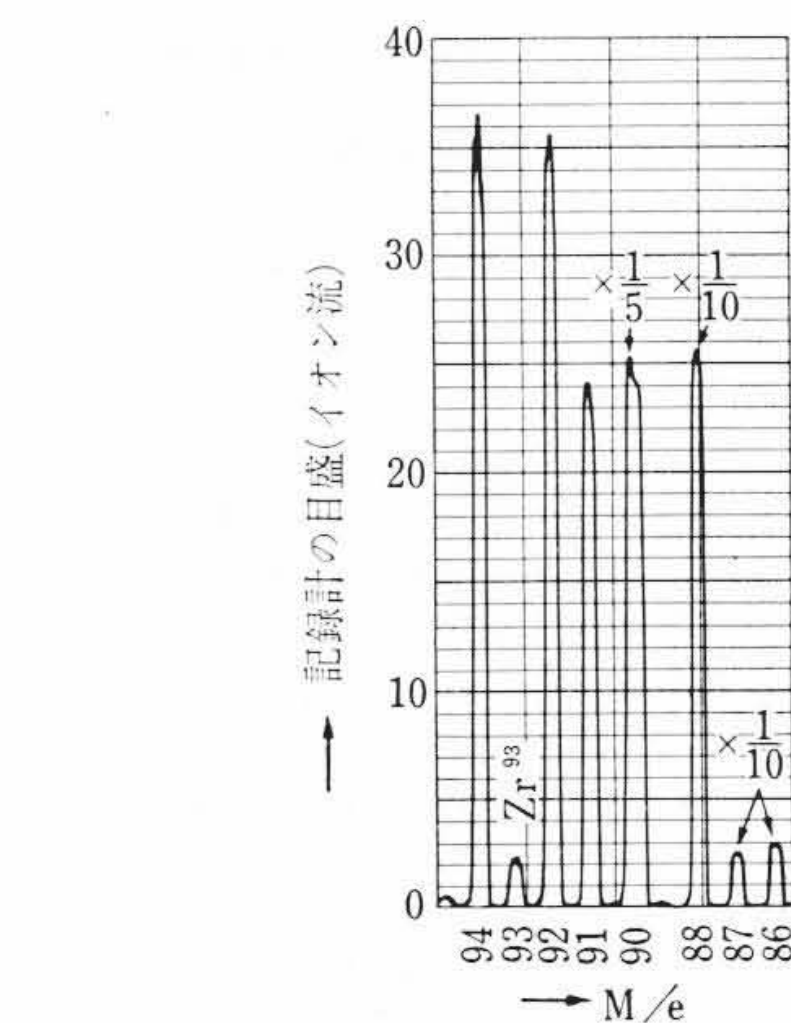
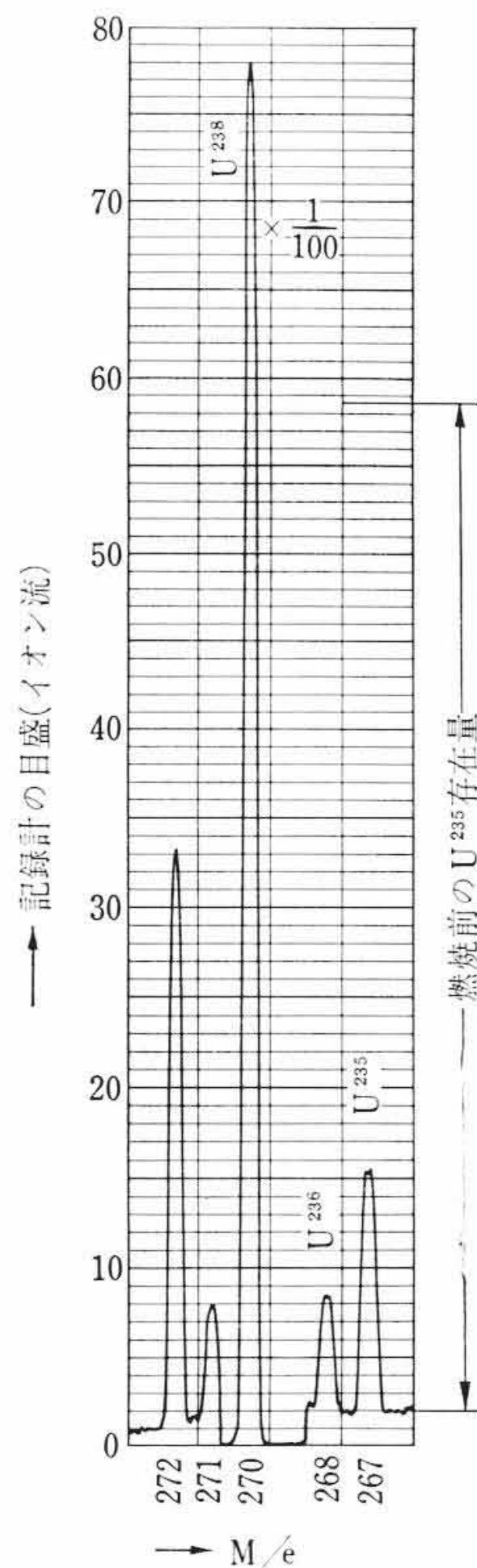


図2 天然 Zr を標準として加えた核分裂生成 Zr の質量スペクトル

図1 原子炉で燃焼させた二酸化ウランの質量スペクトル

Pu^{239} の燃焼度 3,350 MWD/T が求められた。図 2 に天然存在比の Zr を標準として加えた核分裂生成 Zr の質量スペクトルを示す。このようにして、二酸化ウランの燃焼度 7,700 MWD/T が得られた。

燃焼度は核燃料の評価研究上きわめて重要な量であり、原子炉特

性を支配する要因の一つでもあるので、二酸化ウラン中のウラン同位体比の測定ならびに核分裂生成物の定量分析の技術は有用である。そして、質量分析計を用いて燃焼度計算方式の検討に役だつデータが提供されつつある。

■ 焼結二酸化ウランの高温熱伝導率測定

二酸化ウランは中性子照射に対して安定であり、また融点が高いことなど核燃料として好ましい利点を多く有している。現在焼結体の形で動力炉用燃料として広く実用されている。しかし、熱伝導率が低いこと燃料棒の中心部溶融などの問題があり、燃料棒の設計に際しては焼結二酸化ウランの高温域までの熱伝導率を正確には握しておくことがきわめて重要である。二酸化ウランの熱伝導率については、これまでに多く報告されているが、製法、密度、不純物などが影響するため、日立製作所日立研究所において開発、製造した焼結二酸化ウラン燃料について測定を行なった。

測定実験においては、原子炉内で使用中の燃料棒内部の熱的条件に近似した状態で熱伝導率を測定する目的で、冷却水中に浸した燃料棒の中心軸にタングステン製棒状ヒータをそう入して通電加熱を行ない、そのときの燃料内温度分布を光高温計あるいは熱電対で測定し Radial heat flow 法により熱伝導率を算出した。さらに測定結果から、温度の関数としての熱伝導率を数式化した。温度範囲 370~2,400°C における密度 95% T. D. の焼結二酸化ウランの熱伝導率測定結果を従来の文献値と比較して図 1 に示した。日立製焼結二酸化ウラン燃料の熱伝導率の測定結果はこれまでの文献値、特に Lyons 氏などが照射中の燃料について測定した値と近似している。

この測定実験は照射中での測定を除き、炉外としてはもっとも高

温域まで測定した点、ならびに照射中の燃料棒に近似した熱的条件下で測定を行なったため、加熱中に燃料に生ずる構造変化、あるいはクラックの発生などと熱伝導率との関係を検討しうるのが特長である。この実験技術は、燃料棒の熱的挙動模擬試験への応用が可能であり、高温熱伝導率の測定によって現在製造中の燃料の評価に役立つとともに、動力炉の高出力密度化、あるいは新形燃料の開発など今後の原子力発電の効率向上に関する研究に際して有効に利用されるものと期待される。

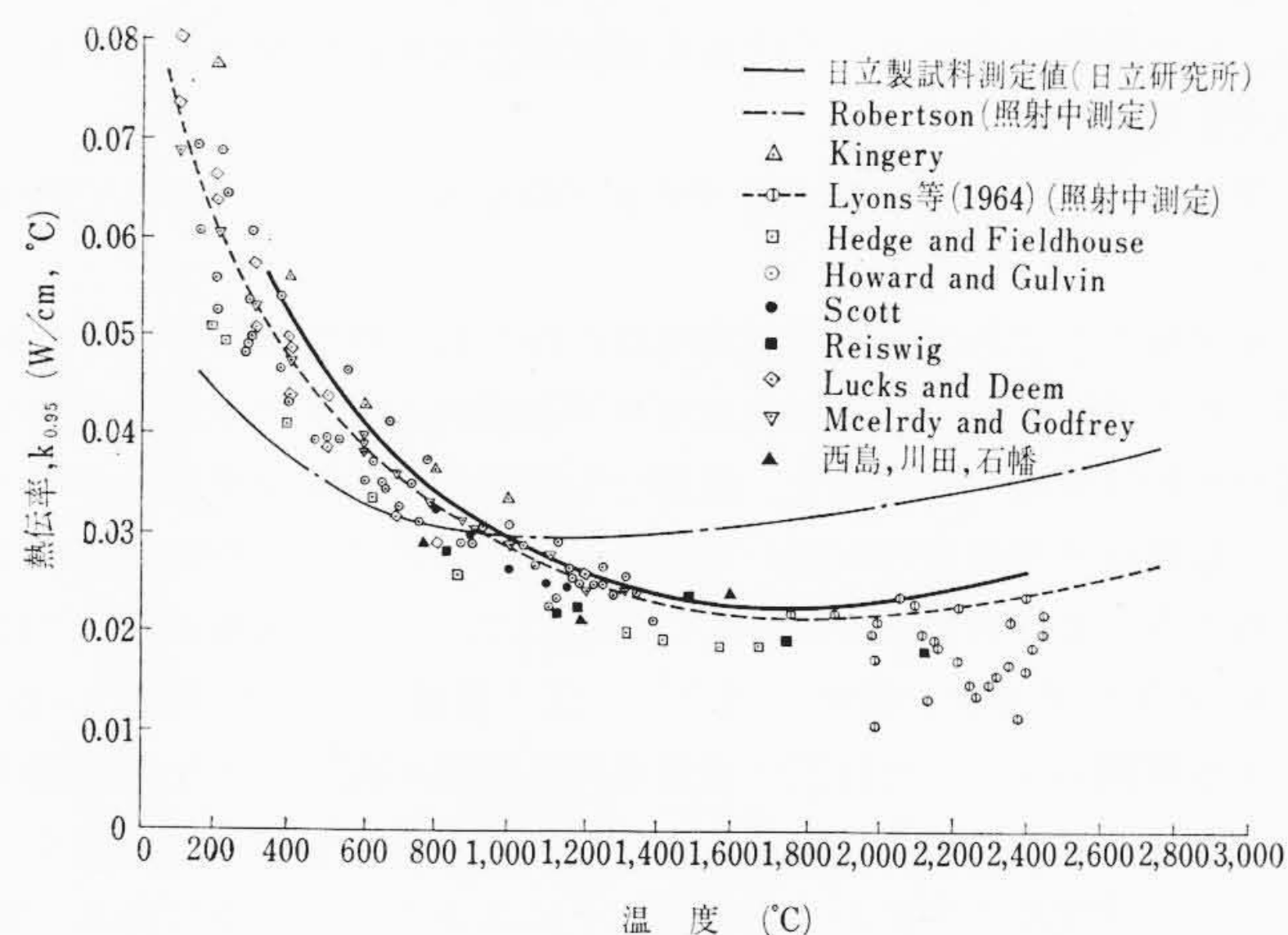


図 1 焼結二酸化ウランの熱伝導率

■ 熱中性子スペクトル理論と軽水格子系に対する応用

沸騰水形原子炉をはじめとする通常の熱中性子原子炉においては、核分裂の 80 パーセント近くが 0 から 1 eV 程度の熱エネルギー領域で起こるために、熱中性子スペクトルの詳細を知ることが原子炉の核設計におけるもっとも重要な課題の一つとなっている。しかし、この課題は、熱エネルギー領域における固有な二つの現象のために、同時にもっとも取扱いの困難なものとされてきた。その一つは減速材の化学結合のエネルギーが、熱中性子の持つエネルギーと同程度であるので、減速材と中性子との衝突によるエネルギー授受に化学結合の仕方が強く影響するという事実であり、他の一つは熱中性子に対する平均自由行程が短いために格子内の非均質性が強調され、スペクトルの空間依存性が無視できなくなるという事実である。

化学結合の効果については、これまでこれをまったく無視して減速材を自由ガスとして取り扱うか、あるいは軽水、重水などの場合には、分子内振動のフォノンと中性子との相互作用だけを考慮して、分子間の相互作用の効果を無視するという方法でスペクトル計算を行なうのが普通であったが、微分散乱断面積の測定値と比べて 1 けた程度、スペクトルの測定値と比べても 2 倍程度の違いを生ずることが指摘されていた。これは軽水のような液体であっても中性子散乱の立場から見た場合にはかなり結晶に類似の性質を示すため、

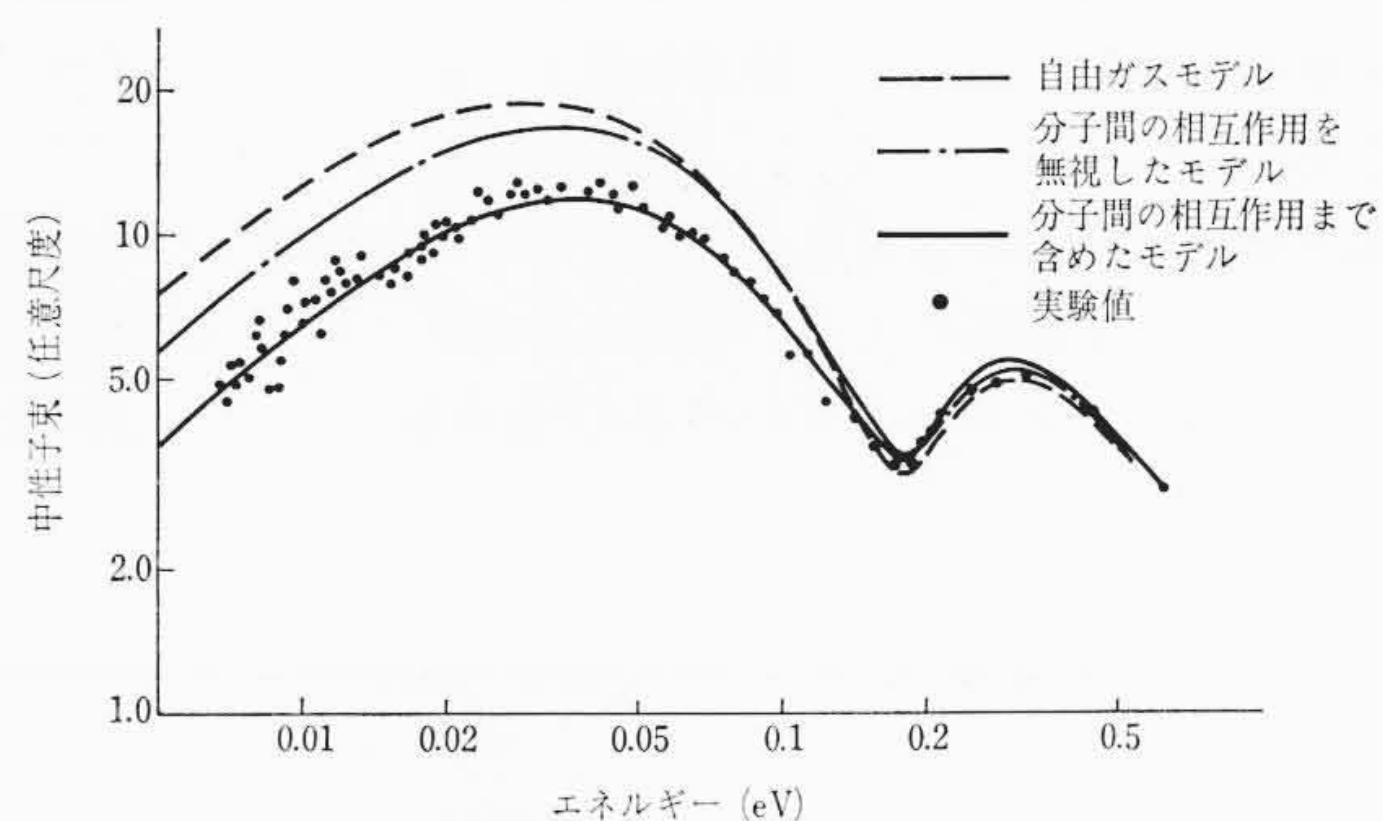


図 1 熱中性子スペクトルの計算値と実験値との比較 (Cd 塩を含む 20°C の軽水—Cd/H 個数比 4.76×10^{-3})

これにさらに液体固有の拡散現象の効果をも含めた取扱いが必要とされることを示している。われわれはこのような理論モデルの立場に立って軽水の散乱核を新たに計算し、これから軽水中の熱中性子スペクトルを求めて実験値との比較検討を行なった。その結果図 1 に示すように沸騰水形原子炉のボイド領域に対応するような非常にかたいスペクトルを持つ体系に対しても、実験値と完全な一致を示すことが確かめられ、熱中性子スペクトルに及ぼす化学結合の効果については一応問題が解決したといえる時点にまで到達した。

このようにして得られた散乱核を用いて非均質系格子内のスペクトルを計算するには、通常衝突確率法が用いられるが、この方法のいちばんの短所はすべてのエネルギー点に対して衝突確率をくり返し計算する必要性から、必然的に計算機による計算時間が長くなる点にあり、原子炉設計用コードとして広く用いることをさまたげていた。これに対しても、たかだか数個のエネルギー点での衝突確率を用いてほかの点での衝突確率を近似的に計算するという方法を用いて、エネルギースペクトルや熱中性子利用率に対する精度を広く検討

し、熱中性子利用率にして 0.2 パーセント以下の範囲でその精度が保証されることを示した。しかもこの方法によって、計算時間はほぼ $\frac{1}{2}$ 程度にまで短縮され、精度を落とすことなく計算時間は短く、という設計用コードとして持つべき性格を満足するに至り、すでに日立製作所でも広く利用されている。

今後はさらに複雑な形状を持った系へと研究の対象が移っていくであろうが、その際にも、ここで述べた二つの成果はそのままの形で生かすことが可能である。

■ エレクトロスラグ再溶解法と溶解時の現象

エレクトロスラグ再溶解法とは図 1 の原理図に示すように、電気伝導性溶融スラグを抵抗発熱体として、スラグ層の温度を、 $1,800^{\circ}\text{C}$ 以上の高温にあげ、これに被溶解材を消耗電極として浸漬し、かつ通電、大気中またはふん囲気中で水冷鋳型内に造塊するものである。

電極材は溶滴となって溶融スラグ内を落下し、この過程で精錬される。

本溶解法によれば、美しい鋼塊肌が得られ、熱間加工前のキズ取が不要で高い歩留を示し、また地キズの原因となりやすい巨大非金属介在物は皆無に近くなり、微細なものも大幅に減少する。インゴット組織は密で各種の欠陥がなくなる。これらすぐれた特長を示すために今日斯界の注目を集めているもので、日立金属株式会社では昭和 38 年以来本法の技術を確認し、広く優秀な鋼を提供している。

本溶解鋼のすぐれた性質は溶解条件と関係が深い。すなわち鋼塊肌を美しくするには、溶融スラグが鋳型壁まで十分高温にあり、かつ、溶解電流の変動が 5 % 程度以下にあることが必要である。前者については電極径、鋳型電極径比などにより若干異なるが、電極電流密度 $20\text{A}/\text{cm}^2$ 以上が必要であろう。

非金属介在物の分離については 2 段階が考えられる。電極下端で溶鋼滴の生成する過程での分解と鋳型内溶鋼プールにおける浮上があるが、前者が大部分を占めていることが、電極下端に生成した滴の清浄度測定からわかった。結果を表 1 に示す。これはイオン流の影響と思われる。

微細非金属介在物の含有量は溶解スラグ中の酸化物の解離度と関係し、もっとも影響の大きいものは酸化鉄である。表 2 は溶解インゴットの清浄度とスラグ中の FeO 含有量の関係を示したものである。

インゴット組織の密なことは凝固形態に由来するものである。また本溶解法では溶解スラグとして $\text{CaF}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}$ 系のものをおもに使用する。そのため脱硫反応も行なわせることができる。表 2 のようなスラグ配合成分で脱硫率は 30 % 前後である。

表 1 電極溶滴鋼塊の清浄度の変化 (% d_{A+B+C})

No.	電 極	溶 鋼 滴	鋼 塊
1	0.05	0.02	0.02
2	0.05	0.02	0.02
3	0.07	0.02	0.01

表 2 溶解スラグの繰返し使用による成分変化と溶解鋼塊の清浄度 (d_{A+B+C})

溶解スラグ使用回数	ス ラ グ 成 分 (%)						溶解鋼塊清浄度 (%)
	CaF_2	CaO	Al_2O_3	MnO	SiO_2	(FeO) t	
1	54.0	5.7	30.6	8.8	Tr	0.73	0.02
2	54.1	5.4	29.4	8.4	1.6	0.72	0.02
3	55.6	5.2	28.0	8.4	1.1	1.3	0.04
4	55.1	5.1	28.5	8.0	1.3	1.5	0.07

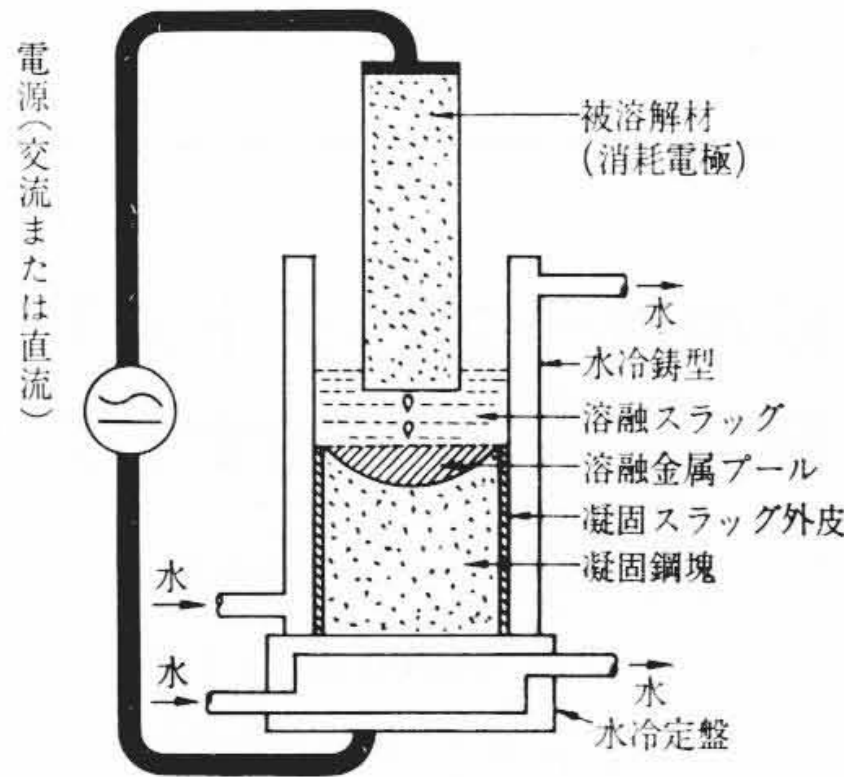


図 1 エレクトロスラグ再溶解法原理図

■ 帯状電極によるステンレス鋼の自動肉盛溶接

原子炉圧力容器をはじめ、耐食性を要求される各種の化学装置には、内面にステンレス鋼の肉盛溶接を要求されることが多い。その際、用いられる肉盛溶接法の具備すべき条件としては

- (1) 作業性がすぐれ、均質で耐食性のよい溶着部が得られること
- (2) 冶金的に良質な溶着部を得るために、母材の希釈による影響(溶込み率で表示される)が小さいこと
- (3) 溶着部および母材と溶着部との境界部に、欠陥を生ずるおそれが少ないこと

(4) 広い面積を肉盛するので、作業能率がすぐれていることなどが要求される。

そこで従来は、上記の諸条件を比較的よく満たすものとして、溶込み率の小さい (20~25 %) シリーズ・アーク溶接法が用いられてきた。しかし、この方法は作業性、溶着部の品質および信頼性の点で、未解決の技術的な問題を残している。

最近ソ連で帯状電極を用いた潜弧肉盛法が開発され、シリーズ・アークの場合よりも溶込み率および作業性の点ですぐれた性能を持つことから、諸外国では原子炉その他に実用されはじめている。

そこで筆者らは、帯状電極肉盛装置を試作し、フラックスをはじめ各種溶接条件について、ステンレス肉盛に対する実用性を検討した。その結果、帯状電極を用いた肉盛法はシリーズ・アーク溶接法

に比べて良好な作業性を有し、溶込み率もより小さく(10~20%)かつ安定しており、さらに高能率(シリーズ・アークの2~3倍)であるなど卓越した性能を持つことを確認した。

図1には、带状電極を用いた肉盛例として、幅30mmないし90mmの電極を用いて1パス肉盛ビードを置いた試験片および、75mm幅電極を用い2層盛した試験片の横断面を示す。用いた電極幅にはほぼ等しい幅広いビード(シリーズ・アークでは35mm程度)、平坦な肉盛表面、一様な溶込み形状など、あらゆる点でシリーズ・アーク溶接法をしのぐ結果が得られている。

带状電極を用いると、おおむね15%という低い溶込み率が安定して得られることから、肉盛母材とステンレス溶着部との境界の冶金学的性質も、従来の肉盛法と比較し格段に改良された。たとえば、肉盛後にかなり長時間の応力除去熱処理を行なっても、側曲げ試験に合格することなどが明らかになった。また、溶着部の均質性も良好であり、さらにシュトラウス法による粒界腐食試験にも良好な結果を示し、十分実用に供し得る確信を得た。

現在、原子炉圧力容器内面のステンレス肉盛に適用するため、具体的な計画ならびに諸準備を進めている。

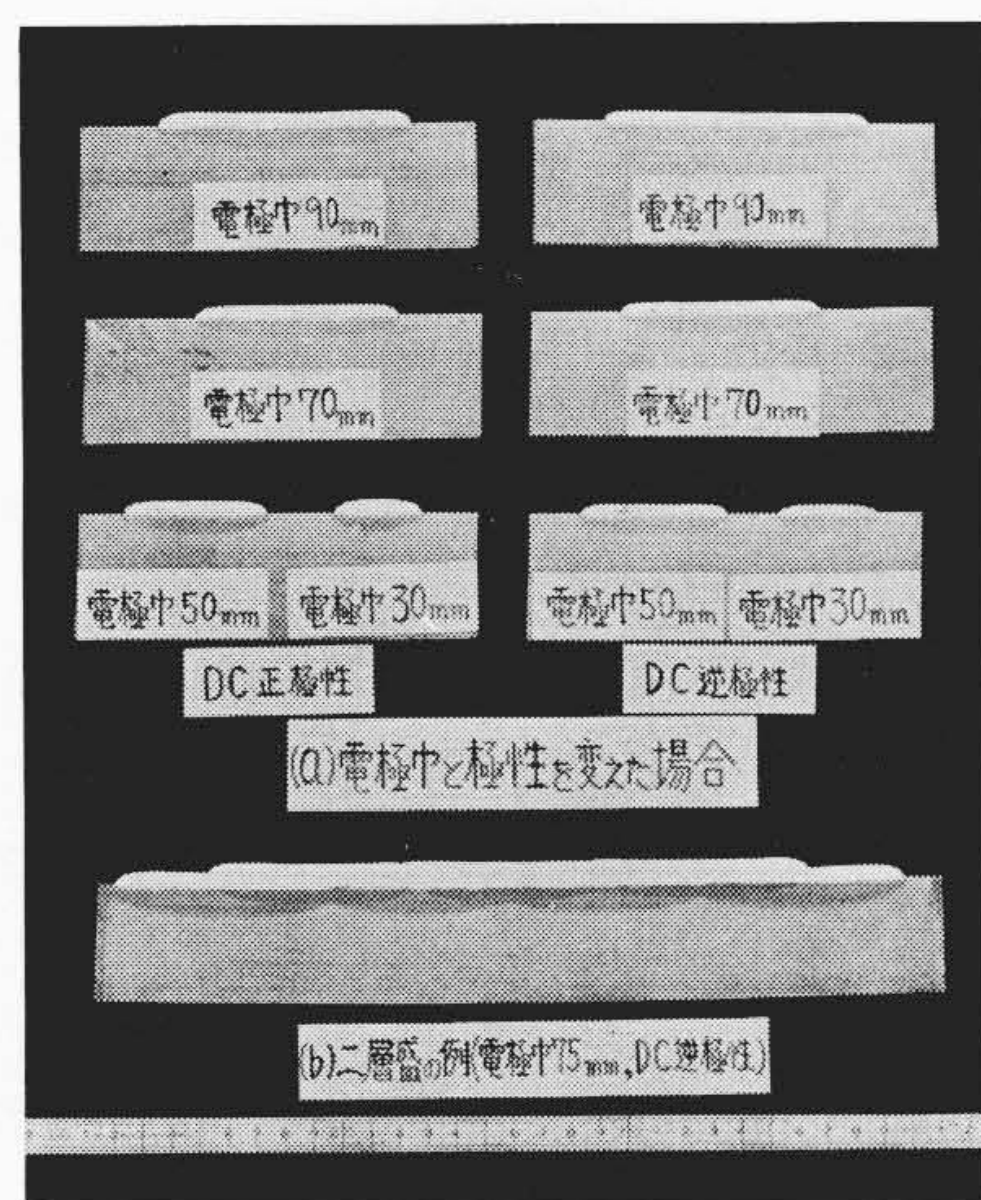


図1 带状電極を用いたステンレス鋼肉盛試験片の断面

■ 純銅鋳物の高温特性

純銅鋳物は非常にすぐれた熱伝導性をもっているため、その内部を冷却してやれば吸熱効果が大きいため銅自体の温度上昇は小さく、高温ふん囲気で使用してもそれに耐えることができる。そこで高炉やキューボラの羽口、LD転炉のランスノズル、連続鋳造のモールドなどいずれも製鉄所、製鋼所で広く使われ、製鉄プロセスの心臓部ともいわれるべき重大な役割を演じている。しかしその使用条件は設備の近代化に伴いますます過酷なものとなり、またこれらの鋳物の交換に要する時間ロスも問題となり、より長寿命のものを開発することが熱望されてきた。

そこでわれわれは、その使用条件を詳細に検討した結果、この種の鋳物には十分な健全性のほかに高温強度、ことにクリープ破断強度が必要であろうと推論した。

そこで溶解法と鋳造組織の差異をまずとりあげ、前者として大気中溶解と真空溶解、後者として微細粒状品、粗大粒状品、柱状品について種々の高温強度を検討した。この結果、高温かたさ、高温引張り強さ(図1)ではそれらの差異による影響は明確に示されなかったが、もっとも重要と考えられたクリープ破断強度で図2に示すように明らかな差があらわれた。その結果大気溶解の磷酸銅で結晶粒を微細化したものをもっともすぐれることが判明した。また、実際の使用に際しても製品寿命とクリープ破断時間との関連性が認められた。このように高温用銅鋳物の性能向上に一つの指針が得られたので、これを根拠に今後は純銅にこだわらずに高強度の材料の開発を考えている。

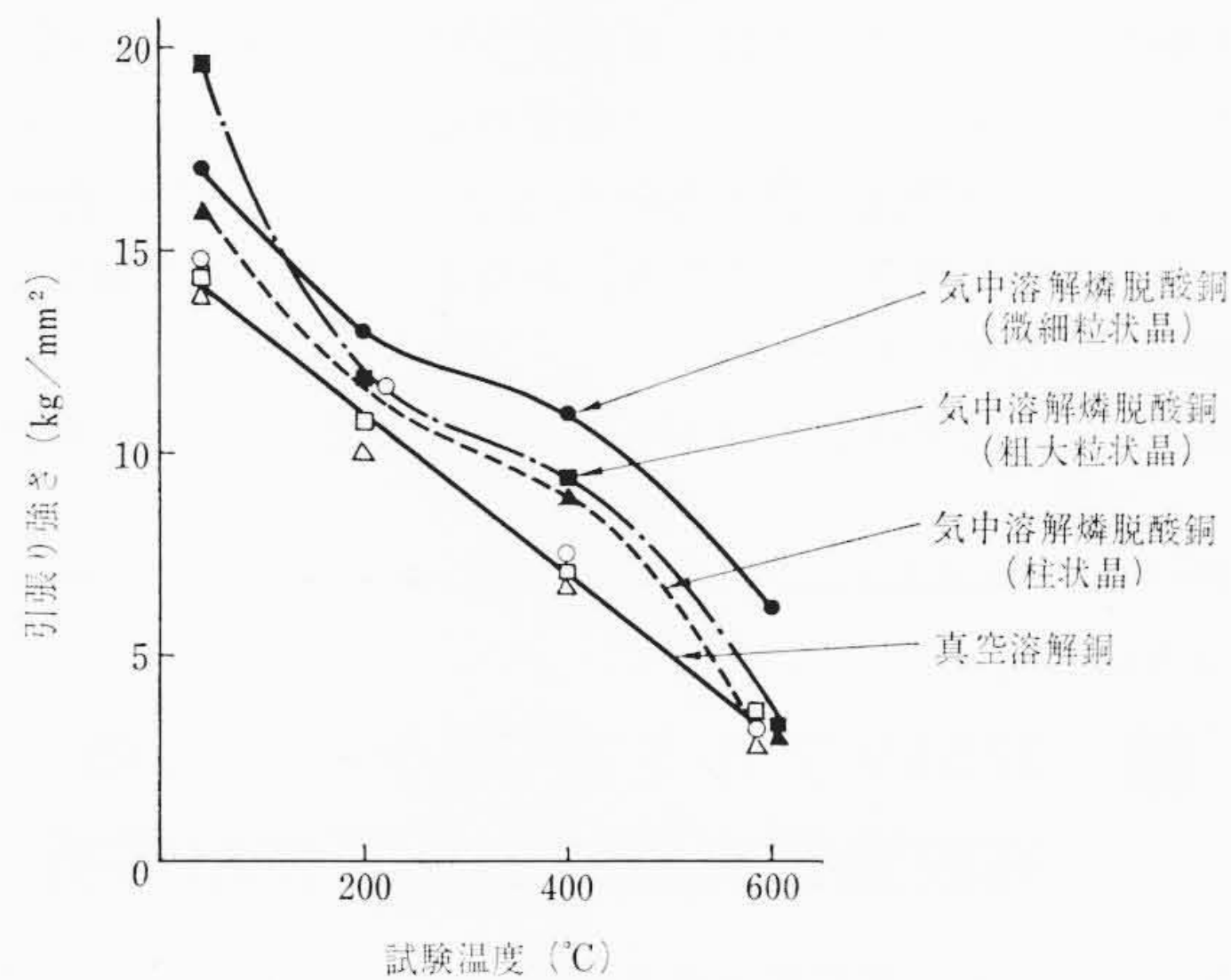


図1 高温引張り試験結果

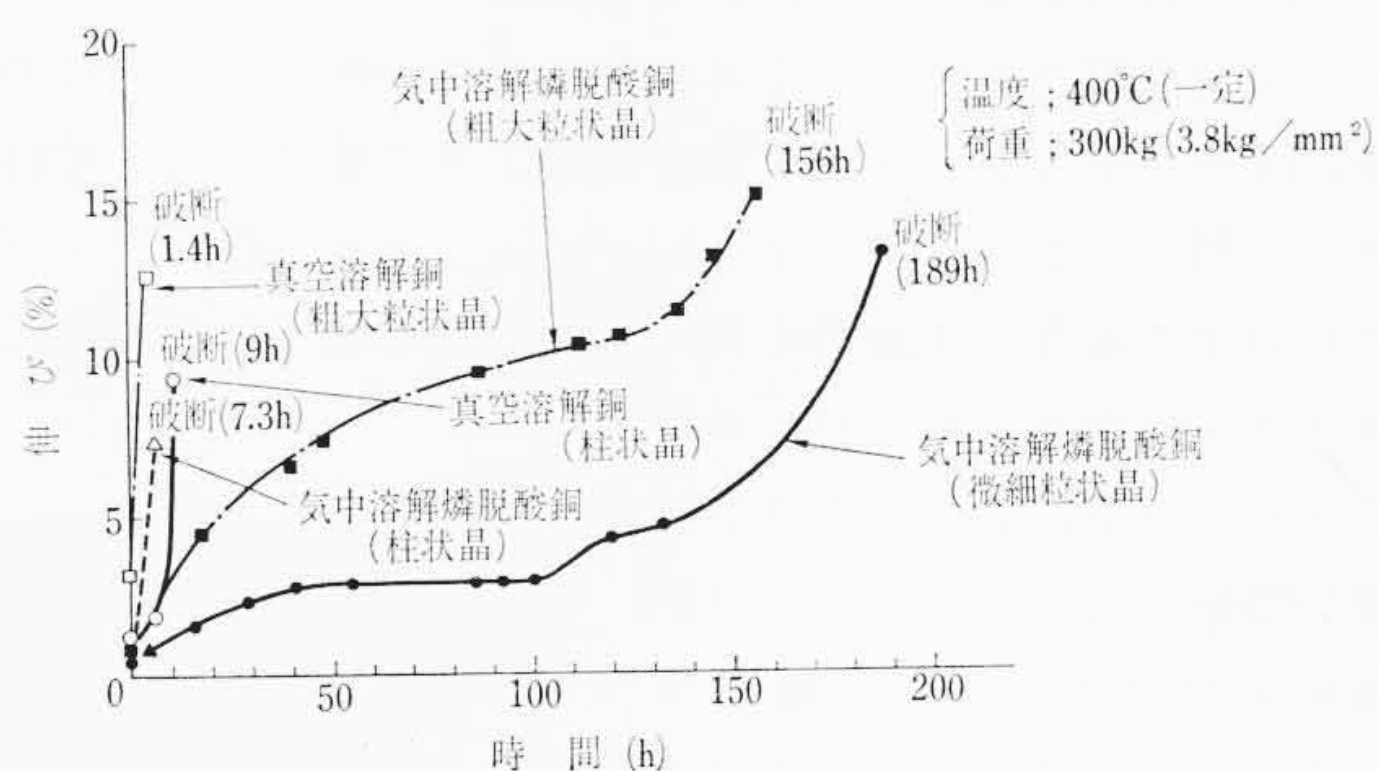


図2 高温クリープ破断試験結果

■ 高炭素低合金鋼の疲れ強さ

鋼材の引張強さや疲れ強さはかたさとともに増加する傾向があるため、そのかたさをできるだけ高くして、鋼材を有効に利用する傾向がみられる。しかし、かたさが非常に高い範囲では炭素含有量や炭化物の形状その他の組織的因子に著しく影響を受けるため、これらの強さはあるかたさで最大値をもち、それ以上ではかえって低下する傾向がみられる。また、材料のかたさを高くすると衝撃値が低下するから、疲れによるき裂の伝ば抵抗が低下し、そのためき裂材

の疲れ強さは減少することが考えられる。

これらの点は、かたさが非常に高い材料を使用する場合に問題となる。したがって、Cr-Ni-Mo 高炭素低合金鋼(C;0.75%, Mn;0.54%, Ni;0.64%, Cr;1.13%, Mo;0.37%, V;0.11%)を用い、焼入れ後の焼もどし温度によって、かたさを Hv 350~650に変えて、静的強さ、衝撃値、応力集中のない平滑材の回転曲げおよびねじり疲れ強さ、鋭い切欠き(応力集中係数 $\alpha=6.0, 7.0$)や、き裂のある場合の疲れ強さの関係について調べた。

切欠き試験片($\alpha=6.0, 7.0$)は切欠き底径10mm、切欠き底半径

$\rho=0.05\text{ mm}$, 0.06 mm の 60°V 環状みぞをもつ。一方き裂試験片はこの切欠き試験片に一定応力 (23 kg/mm^2) をある回数繰返し加え、切欠き底に深さ $0.9\sim 1.7\text{ mm}$ 程度のき裂を円周方向に一樣に生じさせ、その後切欠き部を研削し、平滑な試験部にき裂だけを残したものである。

実験結果は図1に示すように、引張り強さおよび降伏点はかたさとともに Hv550 まではほぼ直線的に増加するが、Hv650 ではこの直線からはずれて、増加率は小さくなり、最大値をもつ傾向を示している。衝撃値はかたさが高くなるに従って急激に低下している。また、回転曲げおよびねじり疲れ限度はともに Hv550 までかたさとともに増加するが、Hv550 で最大となり、それ以上のかたさでは低下している。回転曲げ試験片の破面をみると、最もかたさの高い Hv650 のみに、破壊の起点に Fish eye がみられた。電子顕微鏡によって観察すると、Fish eye の内部は疲れ破面、外部は脆性破面を呈しており、疲れによって発生したき裂がある大きさになると疲れ破壊から脆性破壊に移行したと思われる。切欠き材 ($\alpha=6.0, 7.0$) の疲れ限度は図からわかるように、Hv650 までかたさとともに増加しているが、かたさが Hv550 以上になるときの伝ば抵抗が著しく低下するため、疲れ限度以上での時間強さは急激に低下する。また、き裂材については、き裂が圧縮をうけるときき裂面が閉じて接触するため、き裂部もモーメントを受けもつと求めて求めた応力で整理すると、疲れ限度は図からわかるように、 $15\sim 13\text{ kg/mm}^2$ となり、ほかの疲れ強さとは異なり、かたさが増加するに従って低下する傾向を示している。

切欠き材の切欠き係数 β は Hv450 $\sim$ 550 で最大となり、それ以上

のかたさでは低下するが、き裂材では、 β はかたさとともに高くなり、Hv550 で約6となり、切欠きに比べて、相当高くなる。

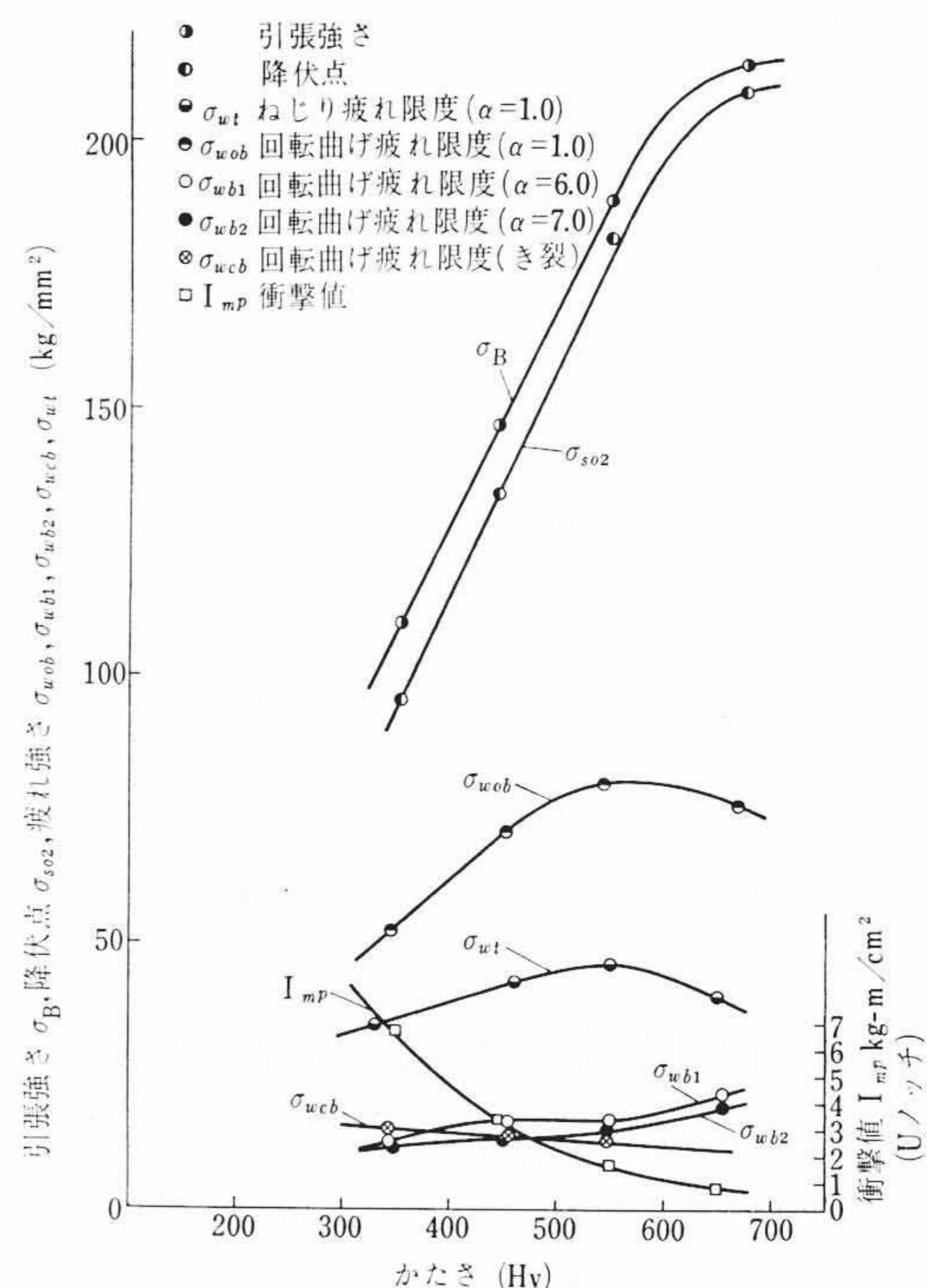


図1 材料のかたさと機械的性質および疲れ強さの関係

275kV アルミ被 OF ケーブルの 布設通電実験による熱伸縮解析

超高圧ケーブルの東京都内導入計画に伴い、東京電力株式会社より依頼を受けて、275 kV アルミ被 OF ケーブルの実規模スパン長による管路布設およびトラフ内砂埋布設通電実験を行なった。

ケーブルは負荷サイクルによる継続的な熱伸縮を繰り返すので、長い間にはケーブルシースおよび接続鉛工部の疲労破壊、管路口防水装置の故障などを引き起こす心配がある。また、OF ケーブルを洞道に布設する場合、事故発生時の防災対策としてトラフ内に砂埋布設することが考えられるが、やはり熱伸縮によりケーブルおよびトラフに与える影響が問題となる。そのため今回、この種超高圧大サイズアルミ被 OF ケーブル布設通電時の熱伸縮特性につき解析を行なった。その実験状況を図1に示す。

まず管路布設については、エタニットパイプ 140 m にケーブルを布設した場合の一端固定、他端オフセットの実験を行ない、ケーブルの熱伸縮量、接続箱移動量、オフセット部のシースひずみおよび反抗力を測定した。図2にその結果の一例を示す。従来ケーブル伸縮量は、反抗力一定の条件で計算されていたが、実際と合わず、伸縮量にしたがって変化することを考慮し計算すると、実際と良く一致することを見いだした。また、接続箱

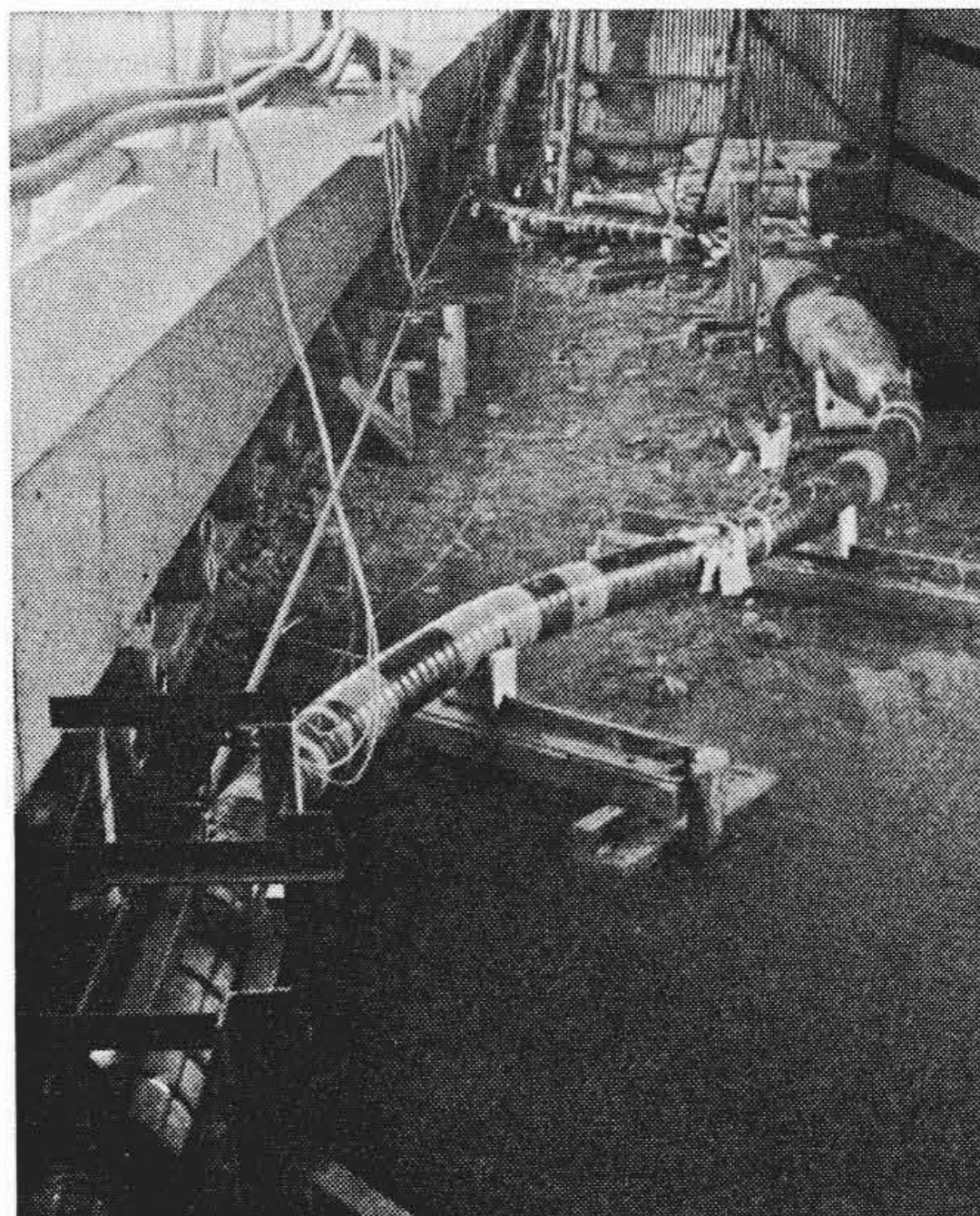


図1 275 kV OF ケーブルの通電実験

固定の場合のシースひずみは既存の計算式よりかなり大きな値になる。

つぎに、トラフ内砂埋通電実験については、ケーブル上部に砂を 30 および 45 cm かぶせて全長 180 m のコンクリートトラフ内に布設し、 45°C の導体温度上昇で行なった。その結果、アルミ被ケーブルの熱伸縮量はコルゲートの影響により鉛被ケーブルに比べて小さいこと、および砂埋の深さによって大きく変化しないことが明らかになった。また、鉛被ケーブルの場合起こったケーブルのスネークおよびトラフの移動現象が、アルミ被ケーブルで認められなかったことは注目に値する。

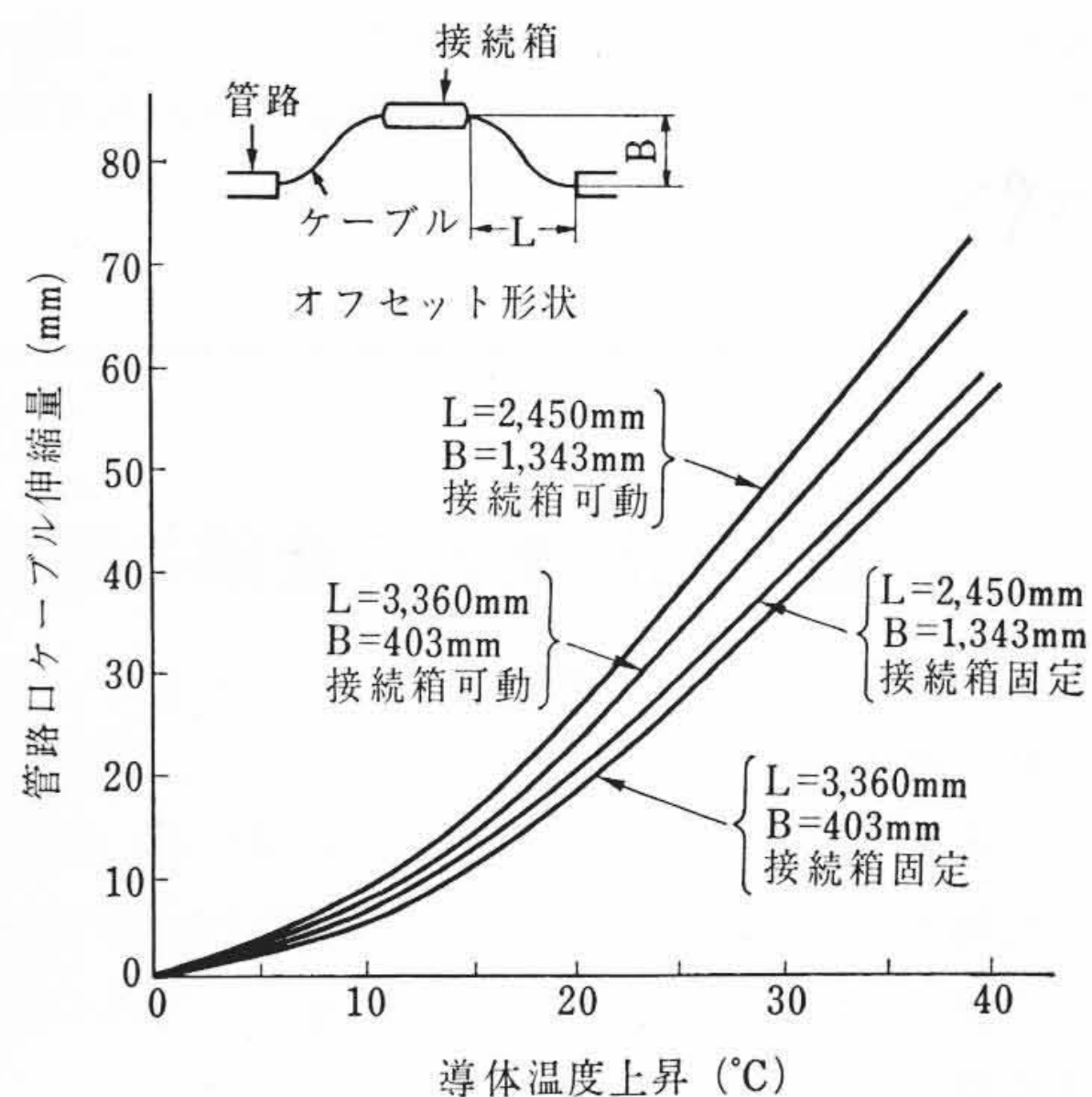


図2 導体温度上昇とケーブル伸縮量