

最近のガスタービンの傾向と日立試作機について

佐々木 精治* 瀬賀 将久**

The Recent Tendencies in Gas Turbine Design and the Hitachi's 1,200 kW Trial Gas Turbine

By Seiji Sasaki
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.
Masahisa Sega
Kawasaki Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The assembly of a 1,200 kW gas turbine for power generation, under trial manufacture by Hitachi, Ltd., since 1952, was completed last spring, and the unit is now undergoing experimental tests.

Although the cycle arrangement of this trial machine follows the 1/HP/E scheme, starting is easily effected because the turbine is equipped with a by-path and auxiliary combustor. In an effort to increase the efficiency of gas turbines, there is a tendency to raise the pressure ratio in future machines. However, this experimental turbine has established the value of the by-path type as one of the most effective methods of solving the efficiency problem.

In spite of the fact that the machine is an inline split turbine, and therefore a 2-shaft turbine, it is extremely simple and compact in construction. Also, as a plate-fin type heat exchanger is employed, it has been possible to reduce the bulk to only one-third the size of a conventional shell and tube type heat exchanger of the same capacity.

In regard to raising the turbine inlet gas temperature, the cooling of the high temperature sections will continue to be a vital problem. In this respect, Hitachi has the experience of manufacturing a hollow air-cooled blade some 10 years ago with highly satisfactory results, and plans to continue research and experiments in this field.

In view of the fuel situation in this country, the prospects for gas turbines using natural gas or blast furnace gas as fuel are exceptionally promising. The Hitachi organization is therefore conducting serious research into the utilization of gaseous fuels of this type.

The close cycle gas turbine should not be considered in the same field as a gas turbine, because it falls in the category of the steam plant. It is believed that the closed cycle gas turbine will henceforth follow an entirely different path of progress from that of the open cycle gas turbine. In other words, the closed cycle gas turbine is a prime mover suitable for application to large capacity power generating plants, and is expected to become a strong competitor to steam plants in the future.

* 日立製作所日立工場 ** 日立製作所川崎工場

〔I〕 緒 言

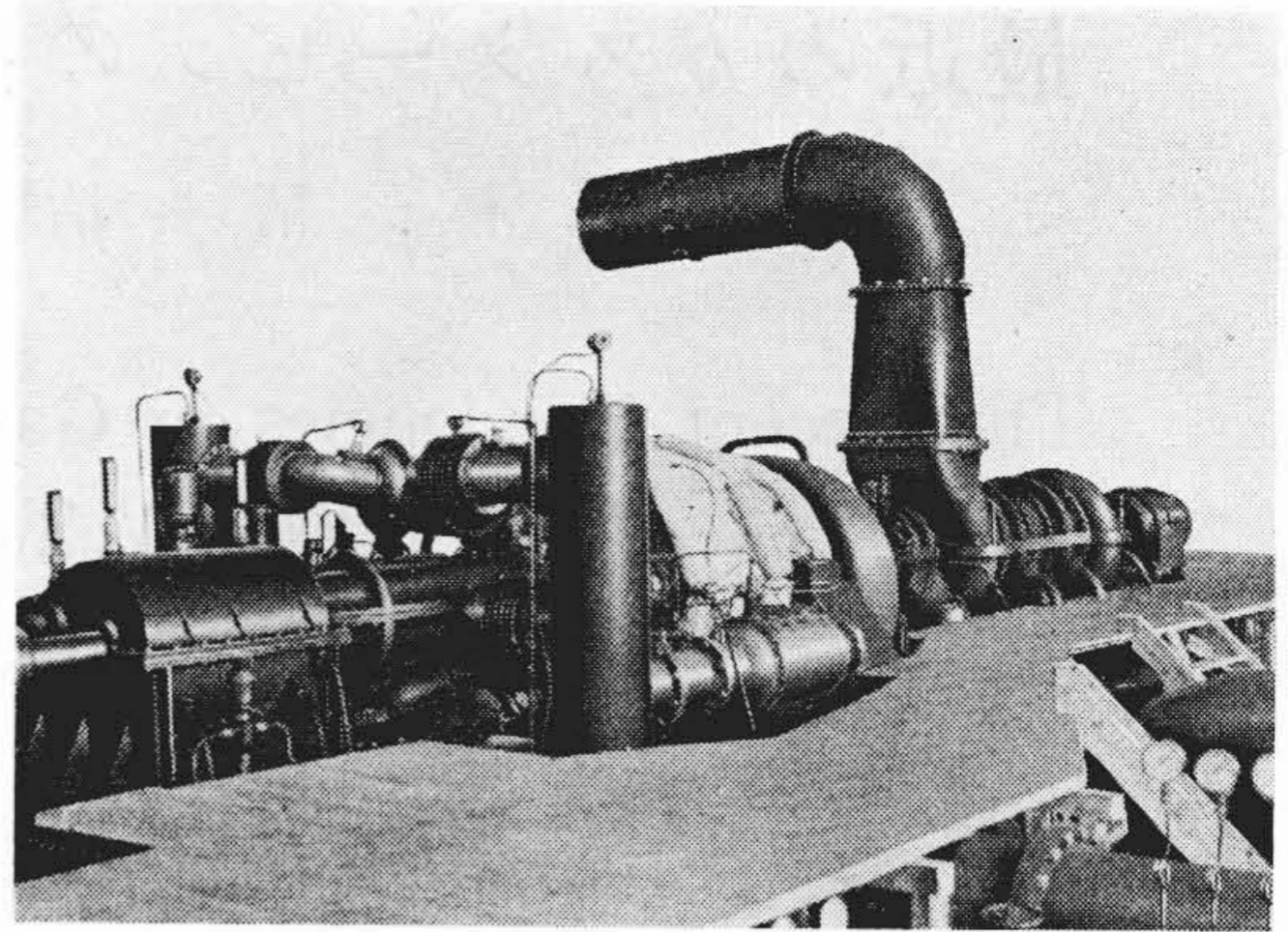
ガスタービンははなはだ若い原動機であり、航空機用を除いては未だ成人に達したとはいへなく、今後いつその研究や改良を期待される諸問題が多々あることはいうまでもないが、そのすぐれた特性、実用性および製作や使用の実績などについて、すでに多数の論文や報告が国の内外を問わず発表されており、近く一般動力用原動機として、重要な地位を占めるであろうことは衆目の一致するところである。また従来の原動機ではおよびえなかつたような新しい分野の開拓についても特に大きな期待が寄せられている。

日立製作所は過去15年にわたつてこの原動機の研究を続け、この間、各種軍用ガスタービンの試作や航空機用排気タービン過給機の量産を行うなど、我国ガスタービン技術の発達に努力して来たのであるが、さらに昭和27年これらの基礎的および実際的な各種研究と経験とに基づき、新しい構想を加えて1,200kW発電用ガスタービンの試作を行つた。この試作機は今春その組立を完了し、目下運転実験の段階にあるが、今回その概要を発表するとともに、この試作によりえられた経験や成果に基づき今後の日立ガスタービンの傾向について述べ、最後に密閉型ガスタービンについて簡単に触れることにする。

〔II〕 ガスタービンの型式

現在まで、ガスタービンには大別して2つの異つた型式が採用されて来た。すなわち1つは小型で構造簡単、かつ安価であるが、比較的熱効率が低いいわゆる『軽量型』と、他の1つは既存の各種原動機の熱効率に匹敵、もしくはこれを凌駕する高効率のもので、比較的大型でかつ複雑となる『高効率型』とである。もつとも高効率型といえども同一出力の蒸気原動機に比べて、建設費は安価であり、装置の容積は20~30%で済み、冷却水量は10%以下で十分であるし、またディーゼル機関よりはるかに大容量のものを、容易にかつ安価に作りうるなど多くの長を有しているため、これら2つの型式はともに、それぞれその用途に応じて選定研究され、この二、三年特に急速な発達を示して来ている。

しかしガスタービンは原理的には上記軽量型の持つ簡便さと、高効率型の有する高効率の大きな長とをあわせ持つ原動機である。これを具体例について説明するとたとえばガス入口温度1,000°C、タービンおよび圧縮機のポリトロープ効率95%とすれば、(これらの値は決して単なる理想ではなく、後述のごとく近い将来実現が予想される数字である)最も簡単な型式にて、圧力比25.0で40%の熱効率を発揮でき、しかもこのガスタービンの全



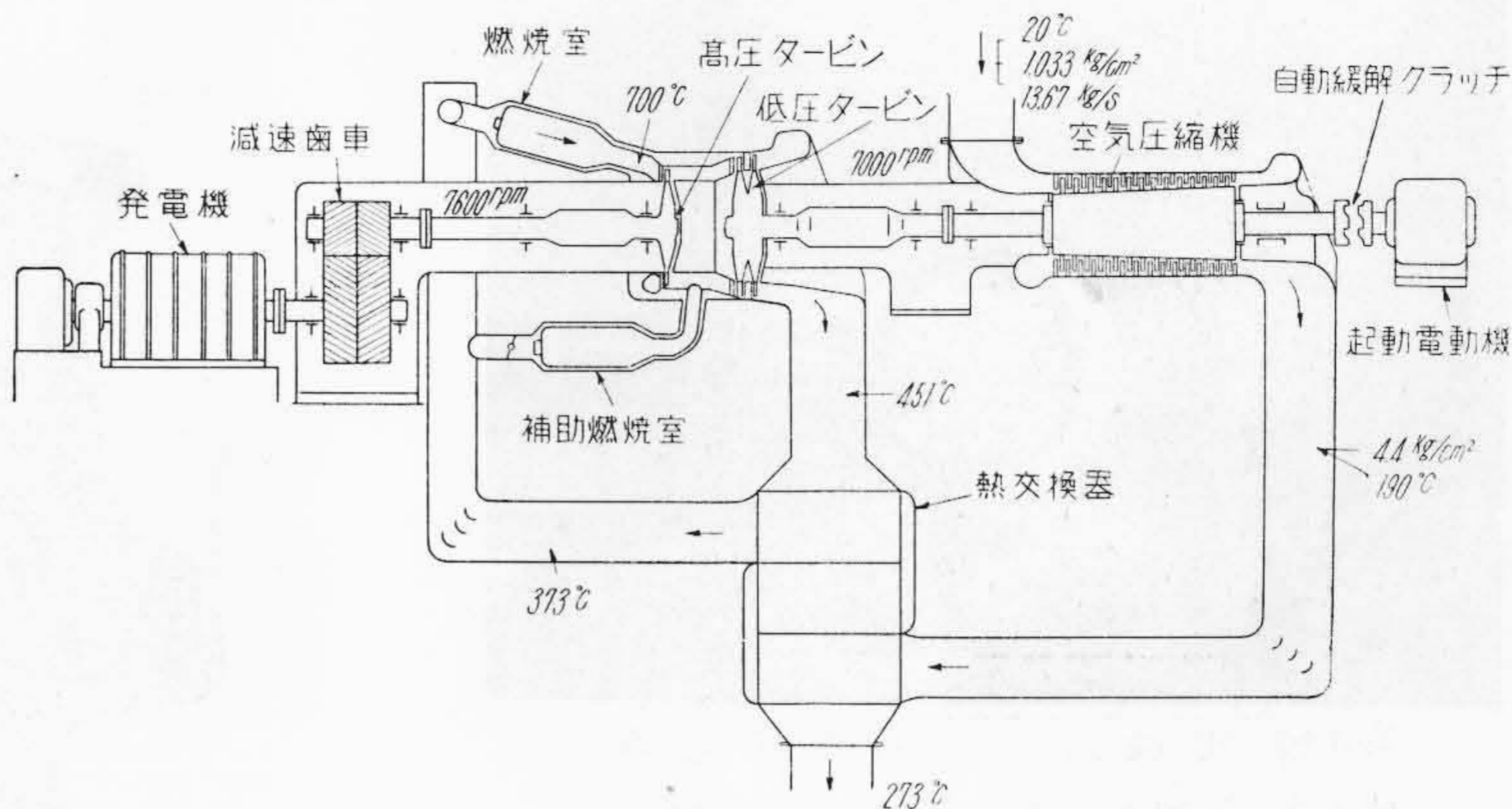
第1図 日立試作ガスタービン全景
Fig.1. General Appearance of Hitachi Trial Gas Turbine

重量はkW当り1kg以下にすることが可能であろう。もしこのようなガスタービンが実現できれば、その実用の速度はさらに早まることはいうまでもなく、ガスタービンが現用の種々の熱機関にとって代るといふガスタービン技術者の夢も現実となつて現われるだろう。今たゞちにこのようなガスタービンを作り上げることは、勿論困難であるが、最近のガスタービンの研究は、世界的にこの方向に進んでおり、日立製作所試作の1,200kW発電用ガスタービンも、この理想に一步近づくことを目標に進められたものである。

試作ガスタービンの全景を第1図にまたその作動要領を第2図に示す。すなわち一般用原動機にとって、熱効率は非常に大きな要素であるが、一方現在の段階では前述のような高温、高圧力比を実用できないので、熱効率の高いガスタービンをうるためには、熱交換器を設けざるをえない。よつて第2図にあきらかなごとく、熱交換器付としたのであるが、後章に詳述のごとく、熱交換器をはじめ、タービンの構造などに斬新な設計を多数採用し、全体を極力小型にまとめ上げしかも高効率を発揮するよう考慮した。また低負荷時の効率低下を少なくするため、二軸式にして圧縮機と負荷をべつべつのタービンで駆動せしめ、さらに高圧タービンにて負荷を駆動する型式とした。たゞしこの二軸高圧負荷型は、そのまゝでは始動や約50%以下の負荷にて運転の安定がえられないので、これの対策として補助燃焼室を設け、起動や低負荷時には圧縮空気の一部を高圧タービンを通さずに低圧タービンに導くようにした。これは最近上述の理想的ガスタービンを達成するための一つの手段として論議され出したバイパス型ガスタービンに先鞭をつけたものである。この試作機の起動性は各方面から多くの与味を寄せられていたが、現在までの試験結果より見て、起動性は良好である。すなわち起動に当つて補助燃焼室を使用

第2図
1,200 kW 試作ガスタービンの作動要領図

Fig. 2.
Schematic Diagram of
1,200 kW Trial Gas
Turbine



するので、巻線型誘導電動機により駆動して 1,000rpm (電動機入力約 25 kW) にて点火する。その後ガス温度を約 600°C に保つごとく燃料を調整することにより急速に加速し、3,000rpm にて自動的に電動機のクラッチが緩解される。この所要時間は電動機運転開始後約 2 分である。

〔III〕 軸 流 圧 縮 機

(1) 最近のガスタービンに関する空気力学

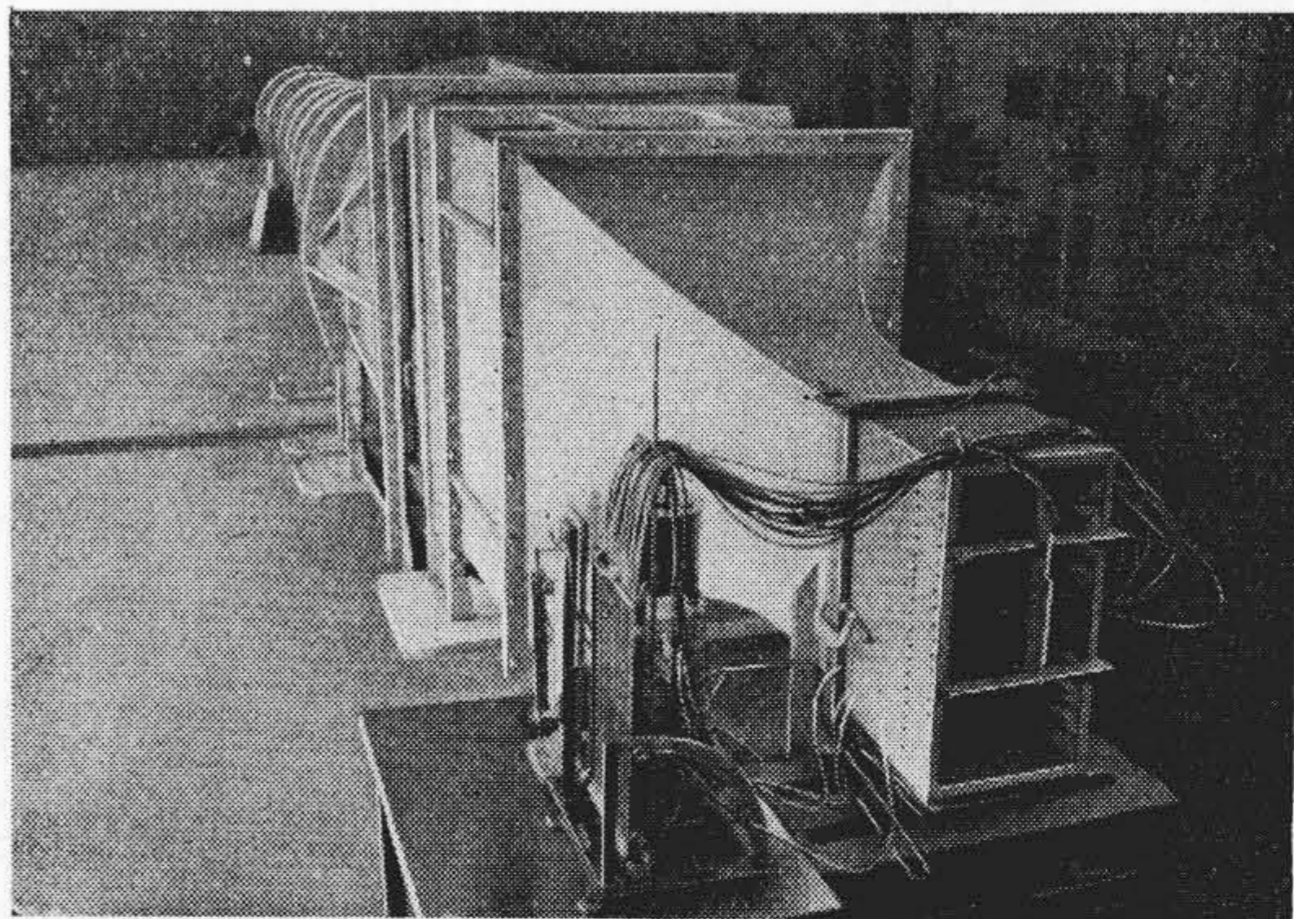
最近の実用されている軸流圧縮機およびタービンのポリトロップ効率^{90%}前後であるが、これは主としてこの 10 年の間の空気力学の発達によるものである。元来、軸流圧縮機は単独翼の理論から、タービンは流体の通路のモーメントの理論から設計されていたが、これらの理論では、それぞれ翼と翼との干渉および定量的取扱の点で行詰り、これに代るものとして、翼列中の流れの状態をポテンシャル流として数学的に解くか、または翼列風洞によつて実験的に求める方法が行われている。これらの方法は流れを二次元流として翼列の性能を求めるために行われているのであるが、回転機械中の流れの状態はもつと複雑であり、二次元流は第一次の近似として成立するだけあつて、実際は三次元の流れを作っている。そして事実、最近の研究の対象はこの三次元の流れを正確に把握することに向けられているし、また今後の効率の向上はこれを克服する以外には望めないであろう。

つぎに実際の機械中の流れの問題について、簡単に触れて見る。ある例では設計点における全損失 10.8% 中、翼断面による損失が 4.2% で、残りの 6.6% の中 2.2% が二重筒壁の表面摩擦による損失で、最後の 4.4% が secondary flow による損失になつている。

流体は外壁および内壁によつてかこまれた二重筒壁の間を通るため当然これらの壁の摩擦の影響を受け、翼の

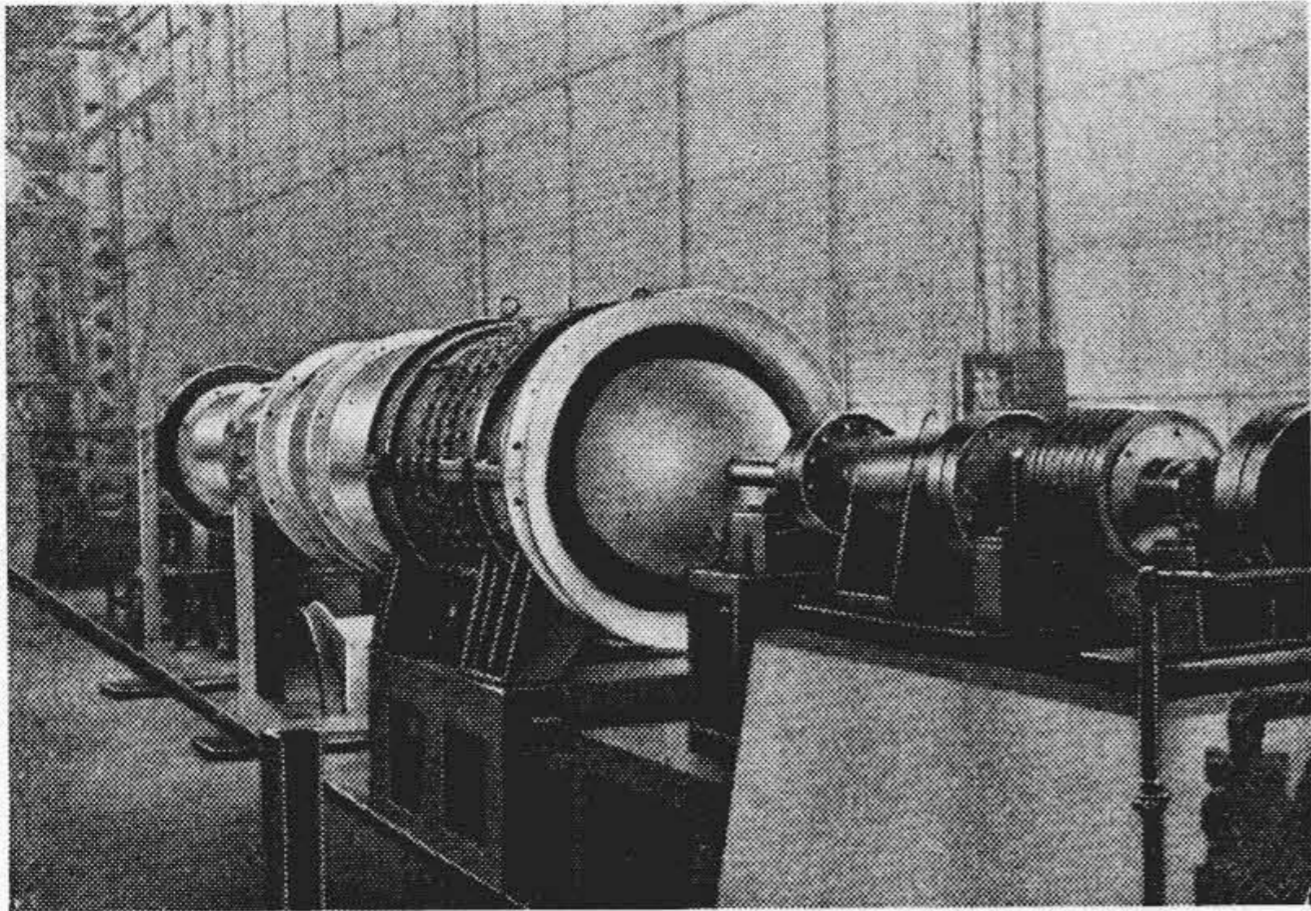
高さの方向(半径方向)に沿つた軸流速の分布は、どのような設計を行うとしても、一定にはならないで、後段に進むにつれて、層流から乱流の速度分布になる。翼の上面と下面では圧力および流れの状態は異なるのでこれによる secondary flow を生じ、また流体の旋回による遠心力が加わるから流れが、同心円筒面内を流れるという仮定は役立たなくなる。さらに翼端の隙間の漏洩により実際の流れは非常に複雑になる。最近の軸流圧縮機の研究の重点は、これら三次元的流れの現象を正確に掴むことに向けられつゝあり、このため翼列風洞による実験とともに、実験用空気圧縮機による実際の回転翼車内の流れの三次元的測定が行われている。これらに対するある程度の近似的な考慮を払つただけで、ポリトロップ効率 92% をえている例もあり、今後のこの方面の研究の進展によつて、前記ポリトロップ効率 95% は近い将来十分達成可能と考えられる。

第3図および第4図(次頁参照)は、日立製作所におけるこの分野の研究設備の一例で、前者は翼列風洞、後者は3段の実験用軸流圧縮機である。



第3図 翼 列 風 洞

Fig. 3. Cascade Wind-tunnel



第4図 実験用三段軸流圧縮機
Fig.4. 3 Stage Axial-Flow Compressor
for Experimental Testing

(2) 試作軸流圧縮機

試作ガスタービンの軸流圧縮機を第5図に示す。ロータは 50% 反動翼 14 段を持つ一体鍛造品であり、7,000 rpm にて吸込空気量 13.67 kg/s, 圧力比 4.25 の設計をなされている。この動翼は翼型の精度の点から、12Cr 不銹鋼の棒から機械加工によつて成形したが、特に翼面の加工は倣い削りを採用した。このガスタービンは、後述するごとく、圧縮空気の一部を使用して高温部分の冷却を行うので、このための冷却空気抽気口を圧縮機途中段に設けてある。

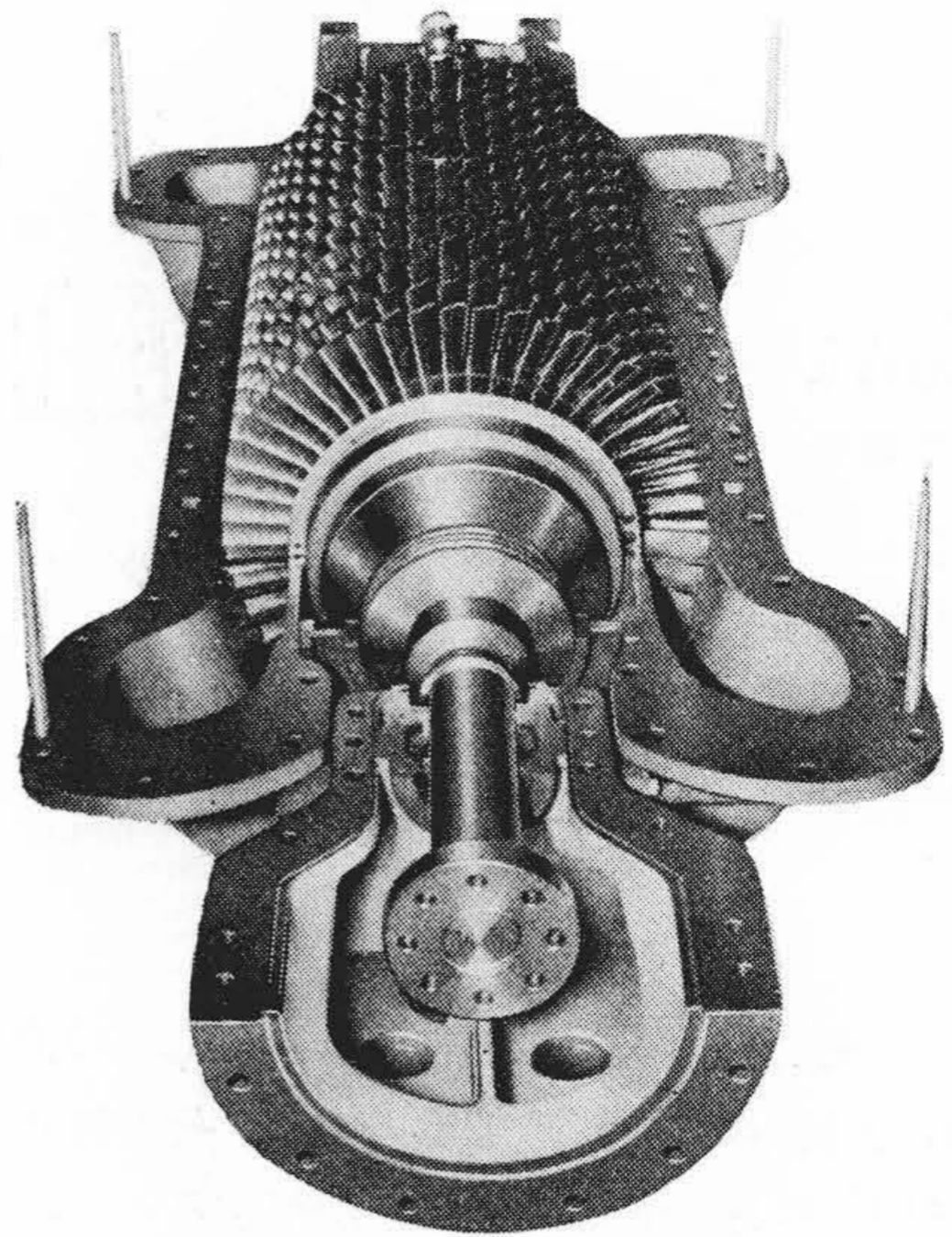
すなわち第1段静翼後より軸受用冷却空気を、第9段静翼後よりタービン噴口および翼車の冷却空気をそれぞれ抽気するようになっている。

最近までのガスタービンの発達を顧みるまでもなく、空気圧縮機の性能の良否は、ガスタービンの性能におよぼす影響がはなはだ大きく、その生命を左右する重要な問題である。また軸流圧縮機は遠心式に比べて、運転状態の変化に比較的敏感な圧縮機なので、実際のガスタービンプラントとしての、総合されたものについて、できるだけ広い運転範囲にわたつて良い性能を発揮することが必要である。よつて、試作機の実際の運転状態について、圧縮機内の三次元的流れの測定を実施しているが、上記の基礎的研究とあわせて、今後の進歩が期待されている。

[IV] タービン

(1) 配 置

ガスタービンはタービンの出力の一部をもつて圧縮機を駆動し、残りを有効出力として外部へ取出す原動機であるが、もし1箇のタービンにて、この圧縮機と負荷を同時に駆動するときは、負荷の負荷率—速度特性によつて圧縮機が速度が制約を受けるので、軽負荷効率が損わ



第5図 軸流圧縮機
Fig.5. Axial-Flow Compressor

れる。特に直接駆動式の車輛用などの場合は運転の継続が困難となる。よつて最近のガスタービンは2軸型にするものが多くなつた。

またガスタービンは通過空気量が多い上に比較的低压高温なので、各機器を導管で結ぶ構造にすると、その配管が大径となる。このためタービンや圧縮機などは小型であるにもかかわらず大きな場所をとるようになる。よつてできるだけ配管を省く構造にすることが全体を小型にするための一つの要点である。

このため日立製作所の試作ガスタービンは、高压タービン、低压タービンともに片持軸式のロータとし、これを直列に配置して同一車室内に納め、いわゆる分割タービンの型式を採用した。この結果第1図に見られるごとく高低圧連絡管は廃せられて、外観的には1軸タービンのように単純になつた。またこの方式を採用することにより高压タービンの流出速度を有効に低压タービンにて利用するので、タービンの断熱効率が向上する利点を有する。

(2) 冷 却

最近是我国にても、タービンの高温部分に Ni-Cr 系や Ni-Cr-Co 系の材料を使用できるようになり、約2年前日立製作所がガスタービンの試作に着手した当時に比べ、格段の高性能ガスタービンを製作しうるようになった。この耐熱材料は今後めざましい進歩を示すだろうが、それにつれて資源的な制約も逐次大きくなつて来ることが予想されるし、また可能な限り高温を使用することが、直接その性能向上を意味するガスタービンにとつて、高温部分に対してできるだけ有効な冷却を施すこ

との重要性は、むしろ加重される傾向にある。また金属材料は、耐熱強度の外に耐蝕性が重要な要素であるが、燃料としてバナジウムが多い重油を使用するときは、燃焼ガス中に V_2O_5 が発生し、約 650°C 以上の温度で現存するあらゆる金属を腐蝕せしめるといわれ、これに対する完全な解決策は未だ現われていない。燃料油中にある種の添加剤を入れて、これを無害にすることが研究されているが、このような方法が完成するか、あるいは焼結材料などが実用されるようになるまでは、このバナジウムアタックを防止する適確な方法は高温ガスに触れる金属表面を 650°C 以下に保つことである。すなわちガスタービンにとって、高温部分の冷却は、性能の向上、悪質燃料を使用することによる実用性の向上などの面からぜひ必要なことであり、最近は各国ともこの研究に非常な努力を払っている。

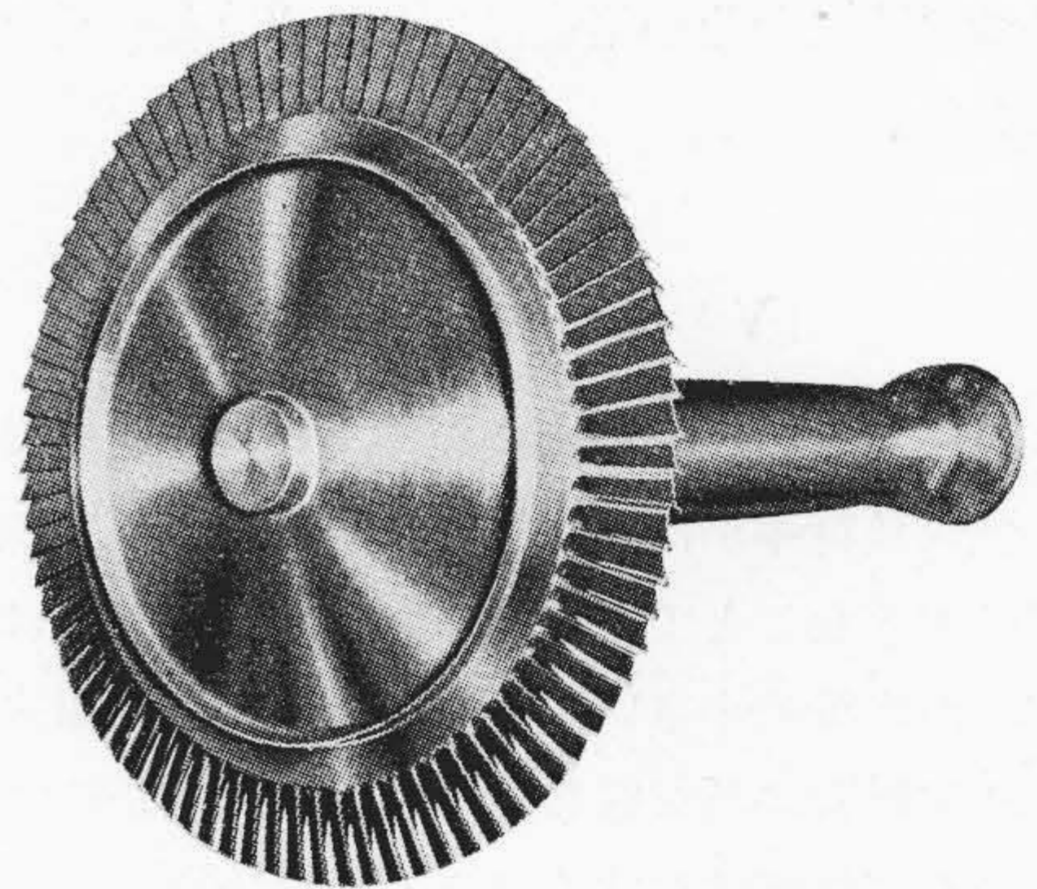
日立製作所は戦時中ジェットエンジンを試作するに当って、当時のなほはだ窮屈な資材条件の下で使用可能な代用耐熱鋼をタービン動翼に使用し、しかも極力ガス温度を高めるために、翼の冷却の研究を行い、当時としては劃期的な中空動翼を製作使用し、好結果をえた経験を有するのであるが、今回の試作機においても、圧縮空気の一部を使用して噴口翼やタービンロータを有効に冷却するように考慮した。この効果と後述するタービン段落に対する適切な考慮により、高圧第1段噴口には $25\text{Cr}-20\text{Ni}$ 、同動翼には Timken 16-25-6 とガスタービン用耐熱材料としては比較的低級な材料を使用したにもかかわらず、タービン入口ガス温度 700°C を採用することができた。この結果より、最近の Ni-Cr-Co 系の耐熱材料を使用することによりガス温度 800°C を採用することは十分可能であるし、また今後の冷却翼に関する研究の成果を加えることにより、ガス温度 $1,000^\circ\text{C}$ にて現用の蒸気タービンに匹敵する寿命を有するガスタービンを製作する日も比較的近いことが予想される。

ガスタービンは上述のごとき材料の耐熱性を補強するための冷却の外に、軸受などに対する高温部分よりの熱伝導やラビリンスパッキン部よりのガスの漏洩などを防止するための冷却または空気密封などが必要である。今回の試作機において、これらも含む全冷却空気を供給するための動力は全圧縮機駆動々力の約2%である。

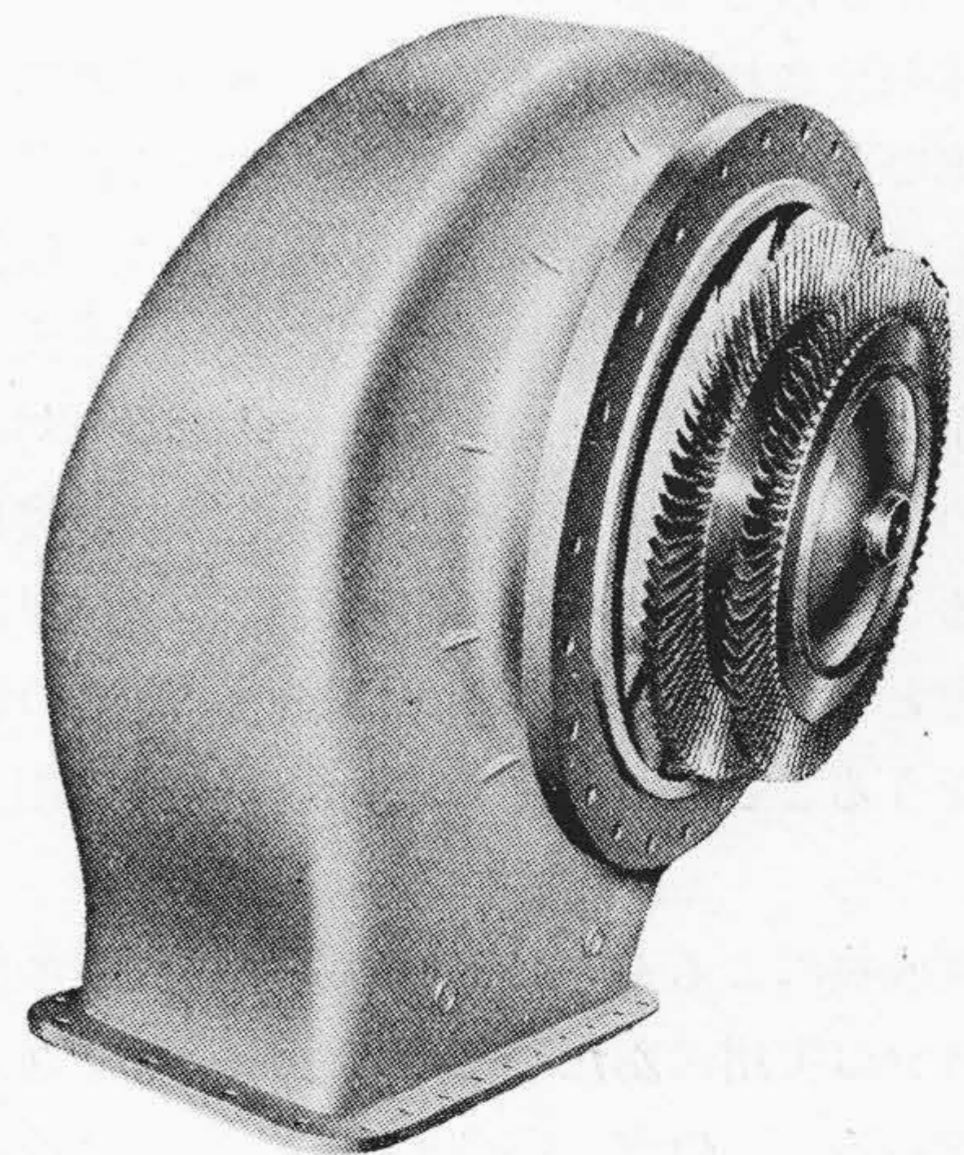
(3) タービンロータ

タービンの段落数を増す程その断熱効率には向上するが、同時に1段当りの温度降下が少なくなるので、特に初段の動翼に作用するガス温度が高くなる。たとえば今回の試作機のタービンは、全段落3段でその中第1段は衝動段、第2段以後は反動段としているので、入口ガス温度 700°C の定格運転の場合、第1段動翼に作用する

ガスの温度は 615°C となるが、もしこれを5段の反動タービンとすれば、その温度は 670°C となる。蒸気タービンの設計は最後段の動翼により制約されるが、ガスタービンにおいては高温が重要な問題なので、初段の動翼によつて制約を受ける。よつて動翼作動ガス温度を同一に抑えたとすれば、前者は後者よりタービン入口ガス温度を約 50°C 上げることができ、これは燃料消費率で約6%、空気流量当り出力で約18%の向上を意味する。一方後者の場合のタービン断熱効率の向上は最大2%程度と考えられるが、これによる性能の向上は燃料消費率、流量当り出力ともに約6%なので、出力増加の分だけ前者が有利である。またタービンの段数を増せば、当然その重量が高くなるので、最近のガスタービンでは段数を多くすることをあまり採用されない。2軸型で4段以内、3軸型では5段程度が一般的傾向である。日立製作所の試作機も第6図および第7図に示すごとく、高圧タービンが1段、低圧タービンが2段である。



第6図 高圧タービンロータ
Fig. 6. High Pressure Turbine Rotor



第7図 低圧タービンロータ
Fig. 7. Low Pressure Turbine Rotor

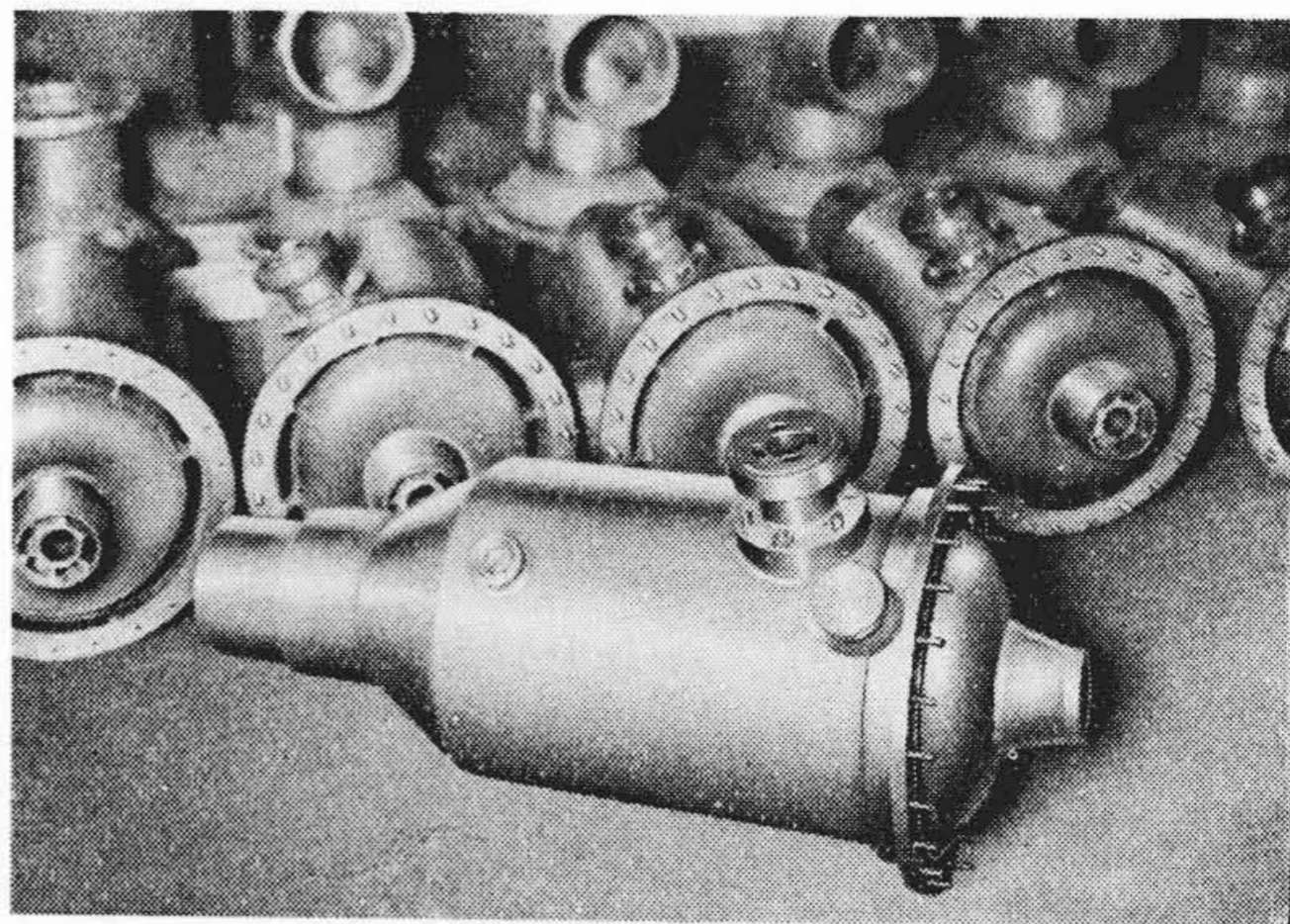
タービンロータの翼と車盤の結合法には、嵌込型、溶接型、削出型などがあり、これらはそれぞれ一長一短を有している。このうち溶接型は動翼より車盤への熱伝導が良好なので比較的容易に動翼を冷却することができるし、また遠心応力に対しても一体削出型に準ずる強度を有するなどの利点があるが、その反面溶接やその後の熱処理による狂ひが生じやすく、またその施工法の適切を欠くと溶接境界部などに亀裂を発生するおそれがある。日立製作所はタービンロータの溶接について特別の技術を有しており、過去において約 1,500 台の全溶接式ロータ(航空機用ターボ過給機やジェットエンジン用)を製作した経験を持っているので、試作機のロータもこの方法により製作した。

溶接型タービンロータは強度的にははなはだ有利であるが、なんらかの理由により動翼の交換を行う場合には、ロータ全体を取換える必要があるため、この点甚だ不便である。よつて日立製作所は溶接型と併行して、Xmas Tree 型の嵌込方式について試作研究中であり、今後これら 2 つの方式をその用途に応じて適宜使い分けて行く予定である。

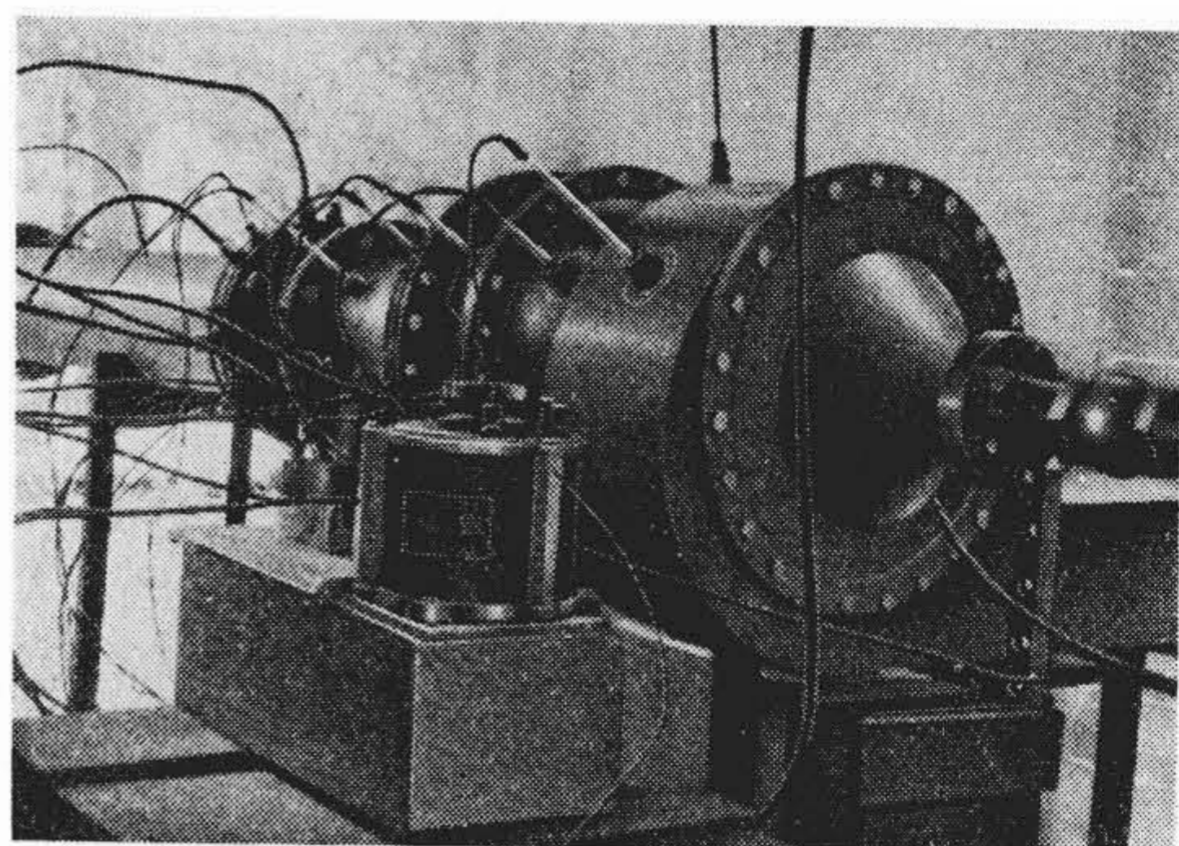
〔V〕 燃 焼

ガスタービンの燃焼の大きな特異点は高圧燃焼であること、燃焼負荷率が高ことおよび空気過剰率が極度に大きなことである。またガスタービンはその作動圧力比が比較的小さいので各機器間の圧力損失が性能におよぼす影響は蒸気原動機などよりはるかに大きい。たとえば本試作機における 1% の圧力損失は出力で 1.7% 燃料消費率で 1.3% に相当する。よつてこの燃焼室には燃焼効率が低いことと同時に、器内の圧力損失が少ないことが要求される。ガスタービンの燃焼の問題は最近逐次体系化されつつあるが、この部門はガスタービンの各要素のうちで最も体系化が遅れている部門であり、現在のところ、最良の燃焼室をうることは、技術者の経験と勘と実験の数量にまつところがはなはだ大きい。日立製作所においてもこの基礎実験や試作機を対象とした実物大の燃焼室について多数の実験を行い、最良の燃焼室をうることとこの体系化に努めた。この結果試作機用の燃焼室として、圧力損失 2% で最高 98% の燃焼効率のものをうることにできた。第 8 図は試作機用の燃焼室を示す。

燃焼生成物によるタービン翼の腐蝕や灰の堆積は、ガスタービンの実用にあたって考慮しなければならぬ大きな問題である。この点、残留重油については前述のごとく未だ完全に問題が解決したとはいえず、また石炭や泥炭などは今後にはなはだ有望な燃料であるが現在のところ



第 8 図 燃 焼 室 Fig. 8. Combustor



第 9 図 実験用天然ガス燃焼室
Fig. 9. Natural Gas Combustor for
Experimental Testing

ろ未だ研究段階にある。しかし天然ガスや高炉ガスなどのガス体燃料は、燃焼生成物について全然問題がなく、ガスタービン用燃料として最適であるし、また我国の実情より考えても、動力用ガスタービンはさしあたりこの方面から実用化が進むものと予想される。よつて日立製作所においてはガス体燃料によるガスタービンの研究を進めている。

すなわち工場にて都市ガスによる比較的小規模な基礎実験を実施した後、北海道炭礦汽船株式会社の御援助により、天然ガス湧出地点において実物大燃焼室を使用した現地実験を行った。第 9 図にこの現地実験の状況を示す。これらガス燃焼研究の成果の発表は別の機会に譲ることとするが、かかるガス体燃料はガスタービン用として好適な燃料であることを実験を通じて体験することができ、またガスタービン用として十分高効率で適当な形のガス用燃焼室をうることにできた。

〔VI〕 熱 交 換 器

現段階においては、高効率のガスタービンと熱交換機器は不可分の関係にあることは前述の通りである。高性能で小型な熱交換器を作ることは、ガスタービンを発達

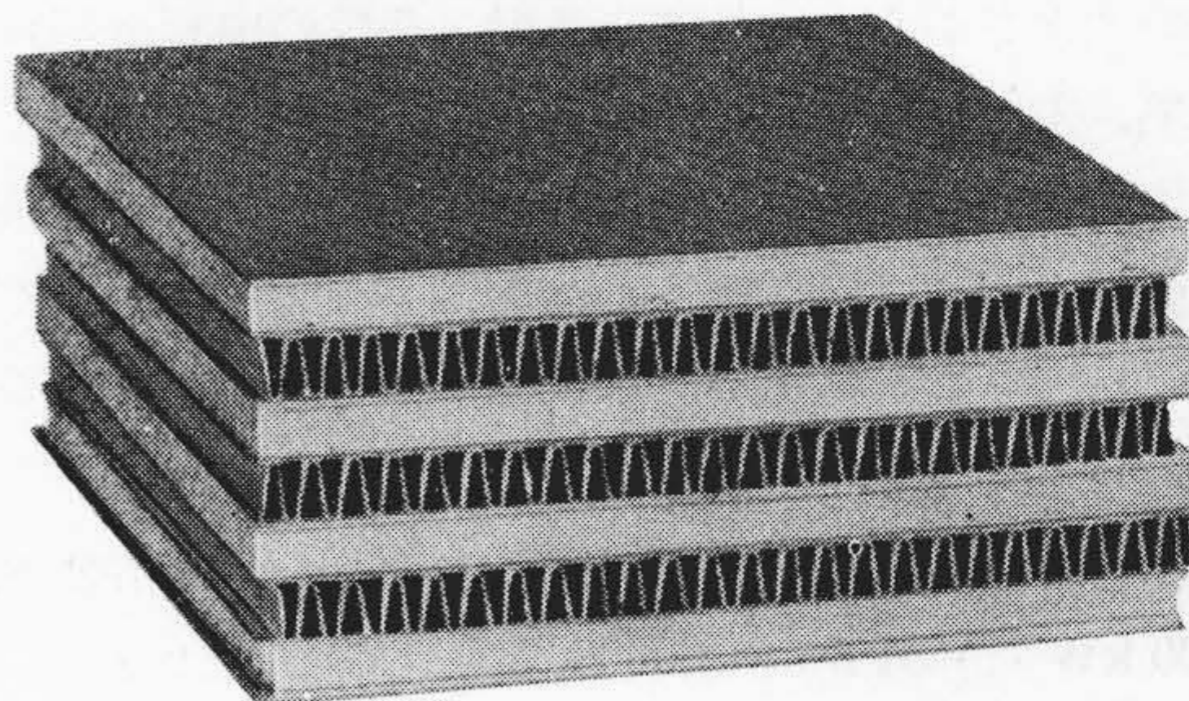
させるについて重要なことである。従来慣用された円管と胴体よりなる熱交換器も、小径の管を使用すれば小型にすることは可能であるが、圧力損失が大きい欠点があり、また小径管を使用する程製作も困難になる。

よつて日立製作所においてはガスタービン用として新しい型式の熱交換器であるプレートフィン型熱交換器を試作した。この熱交換器の原理は第10図の模型写真に示すごとく、ガスの通路と空気の通路が交互に、かつ直交するように配置し、さらにおのおのの通路には適当な間隔で多数のフィンを設け、両流体がそれぞれの通路を流動する間に、両流体間の壁面およびフィンを通じて熱交換を行うものである。この型式の熱交換器は容易に単位容積当り伝熱面積を大きくとることができ、また器内の圧力損失も少ない特長を有している。第11図は試作機用として製作した熱交換器の外観であるが、従来の熱交換器に比べて容積は約1/3に納めることができた。このプレートフィン型熱交換器は極く新しい型式であり、製作方法などの面でなお多くの研究や改良が必要であるが、はなはだ将来性のある型式である。

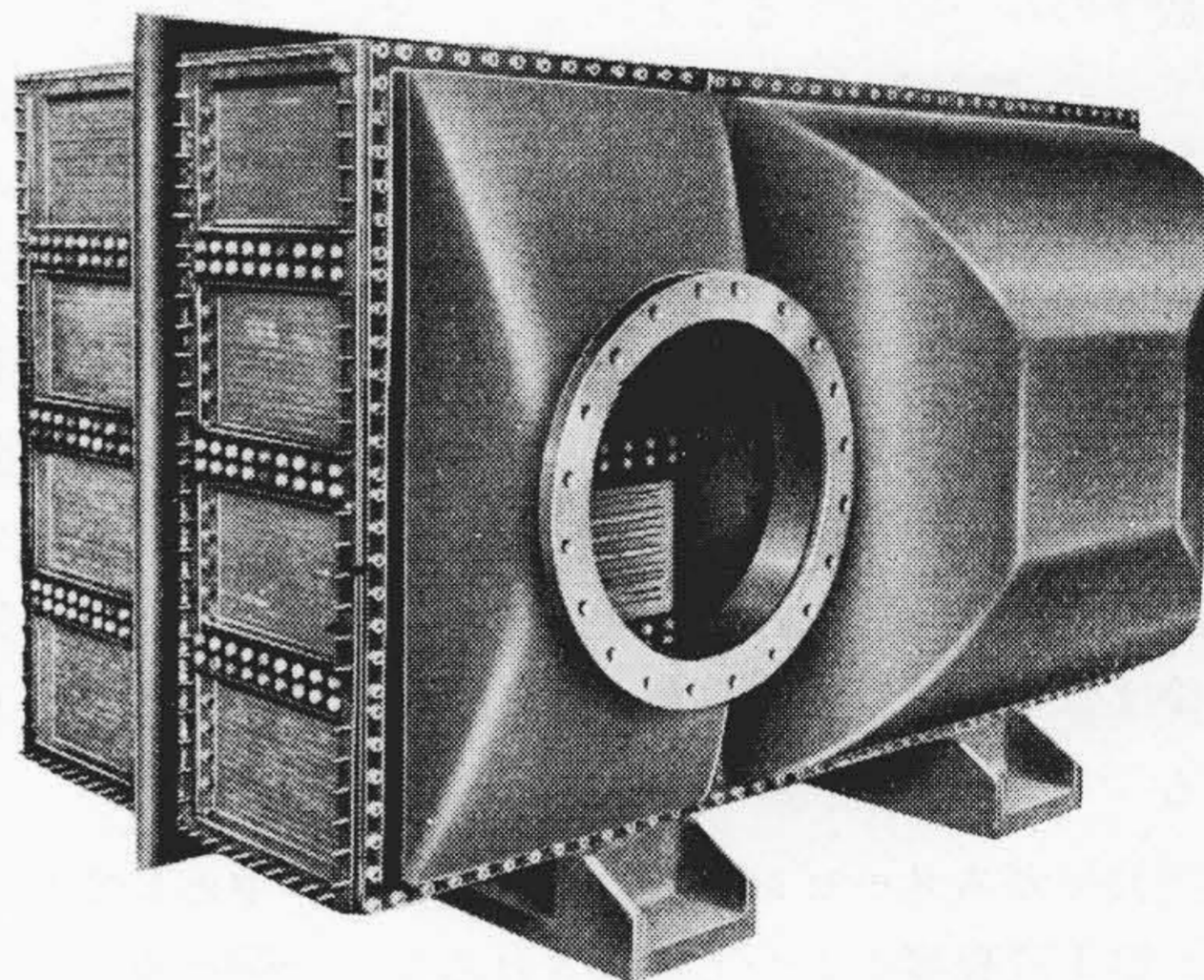
〔VII〕 密閉型ガスタービン

密閉型ガスタービンは、簡単にいえば蒸気原動所における蒸気の代りに空気を使用したもので、その作動原理を第12図に示すごとく、蒸気原動所と多くの類似点を持った原動機である。その装置を開放型ガスタービンと比較すると、圧縮機、タービンの外に、開放型の燃焼室に相当する膨大かつ複雑な空気加熱器があり、また排気を冷却して圧縮機に導くための後冷却器と熱交換器、さらに漏洩空気を補給し、出力調整にも使用する空気補給設備をぜひ必要とする比較的複雑な原動機である。

この原動機の最大の特長は、作動空気が外部と密閉された装置内を循環するので、作動圧力と大気圧とはなんら関係がなく、よつて圧縮機入口の圧力(基準圧力)を変えることにより、タービン入口温度や圧力比を全然変えずに、負荷変化を行いうることである。すなわち圧縮機

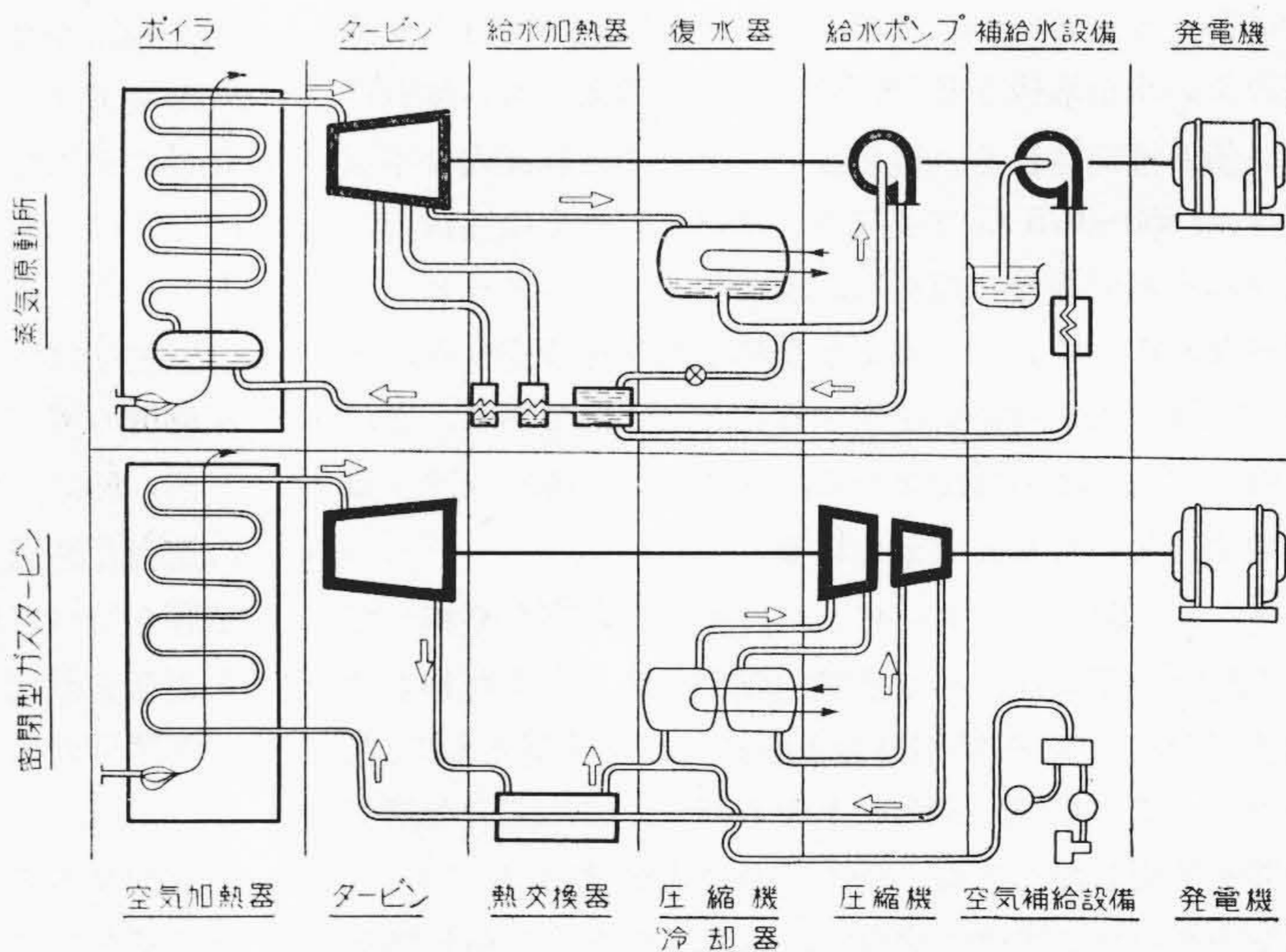


第10図 プレートフィン型熱交換器の模型
Fig.10. Model of Plate-Fin-Type Heat Exchanger



第11図 完成したプレートフィン型熱交換器
Fig.11. Plate-Fin-Type Heat Exchanger Assembly

第12図
蒸気原動所と密閉型ガスタービンの比較図
Fig.12.
Comparison between of Steam Power Plant and Closed Cycle Gas Turbine



やタービンの各段における速度線図を全然変えないで負荷変化ができるので、部分負荷効率がはなはだすぐれている。一方開放型ガスタービンは軽負荷時の効率低下が大きいといわれるがこれは比較的、簡単な型式の場合に対していえることであつて、密閉型に対応する複雑さと装置の大きさが許されれば、多軸、多段の中間冷却および再熱、大きな排熱回収率をうるための熱交換器などを採用することにより、軽負荷特性がきわめて優秀な原動機も製作することができる。このように必要に応じて原動機の特性を適宜選定できることは開放型ガスタービンの一つの特長ともいわれている。

現在まで製作された密閉型ガスタービンの定格効率は 12,500 kW で 34.5%，2,000 kW で 28% といわれ、これは開放型ガスタービンのこれまでの実績より若干上回る値である。しかしこれは両型式の目指す方向、あるいは性格が異なるために生じた数字であつて、一概にこの数字のみで判定することは適當でない。すなわち前述のごとく、開放型ガスタービンは必要に応じて、軽量簡便であるが効率が低いもの、その反対のもの、またはその中間のものなどほとんどあらゆる特性の原動機を作りるのであつて、たとえば密閉型ガスタービンや蒸気原動所とほぼ同一思想の下に作られたガスタービンはガス温度 600°C にて 34% の熱効率を發揮し、さらに目下ガス温度を 650°C に上げるための改造を実施中なので、完成後はさらに高効率が期待される発電用ガスタービンもある。

開放型ガスタービンの入口ガス温度は、主としてタービン第 1 段動翼によつて制限されるが、密閉型ガスタービンにおいては、空気加熱器の加熱管により制約を受けることがあきらかである。作動空気を高圧にし、燃焼室も予圧することにより、管壁温度を(空気温度+50°C)程度に抑えうるといわれるが、これは本質的に空気より条件のよい水を取扱う蒸気罐の実績より考えても、極限に近い値と推定される。現在までの実例によれば入口空気温度は 650~675°C であるが、加熱管にはその性質上ならびにその使用量の点から、現在開放型ガスタービンの動翼などに使用しているような稀少元素を多く含み、また加工性の悪い材料を使用することは困難であり、また勿論冷却などは不可能なので、今後空気温度を上げうる余地は少ないものと考えられる。

現在の密閉型ガスタービンが比較的高効率を發揮している最大の原因は、その排熱回収率にある。すなわち作動空気が高圧(圧縮機出口およびタービン排気ともに)なので、空気の熱伝達率が向上するので、特に膨大な熱交換器を使用しなくとも、現にこの型式が実用している 90% 程度の熱交換率は達成できるのである。しかし熱交

換器の大きさは熱交換率を x とした場合 $x/(1-x)$ にほぼ比例するので、密閉型においても、特に高性能な型式が現われない限り、今後排熱回収率の上昇にはあまり大きな期待を持つことはできないだろう。よつて密閉型ガスタービンに残された効率向上の途は、タービンや圧縮機などの効率を改善することと、圧力比を上げて再熱と中間冷却の段数を増し、理想サイクルに近づくことであるが、これらは蒸気原動所が最近とつている再熱プラントの方法と同様であり、この点からも密閉型ガスタービンと蒸気原動所の類似性がうかがいえる。この 2 つの方法のうち、前者は開放型でも同じことであり、後者は現在でもすでに装置の複雑さが指摘されているこの原動機が、ますます複雑になることであり、開放型が今後ますます簡単で高効率に進む傾向にあることを考え合わせると、これら 2 つの型式のガスタービンは今後逐次全く異なつた適用分野へと進むものと思われる。

最近密閉型が比較的小出力のものに対して、効率を多少犠牲にして装置の小型単純化を図つたものを製作している。しかし密閉型はいかに単純化を図つても、空気加熱器、熱交換器および後冷却器を省くことはできないので、本質的に限度があり、排熱利用の原動所などの特殊な場合のほかにはあまり大きな発展をのぞむことはできないだろう。

密閉型は外燃式なので、いかなる悪質燃料も問題なく使用できるよう考えられがちである。しかし実際には開放型にて問題の燃料は、密閉型にても同様、ときにはそれ以上に問題なようである。たとえば燃焼の項で述べた残留重油の燃焼により発生する V_2O_5 による腐蝕であるが、加熱管の温度を作動空気温度以下に保つごとき冷却を施すことが不可能であり、また焼結材料などの使用も勿論困難なので、密閉型においてはもつぱら腐蝕防止の添加剤を完成することに努力が払われている。多分これが完成するまではガス温度を約 600°C 程度に下げる以外に適当な方法はないだろう。石炭などの固体燃料については、両型式とも試作機による研究の段階に進んでおり、近く両型式とも実用の域に入るものと思う。

開放型は大気を多量に吸込むので、空中の塵埃により圧縮機の翼が汚損し、効率低下を生じることが懸念されるが、特に塵埃の多いところにおいても、空気の取入口に適当な濾過器を設け、また定期的に圧縮機入口より水噴霧を行つて洗滌することにより、なんら問題なく良好な運転を継続していることが報じられている。

密閉型ガスタービンは現在まで比較的製作の実例が少なく、したがつて実際運転の実績もあまり上つていない。開放型ガスタービンも勿論若い原動機であるが、それ以上に密閉型は未完成な原動機の感が深い。しかしこの原

動機は熱力学的にはすぐれたサイクルであり、基準圧力を上げることにより、特に大容量のものでも比較的小型に作り上げることができる特長を持っている。よつて開放型ガスタービンとの比較において、最大の欠点である『複雑さ』があまり問題とならないような数万キロワット以上の発電用の分野に将来性が期待され、この点蒸気原動所との競争が予想される。

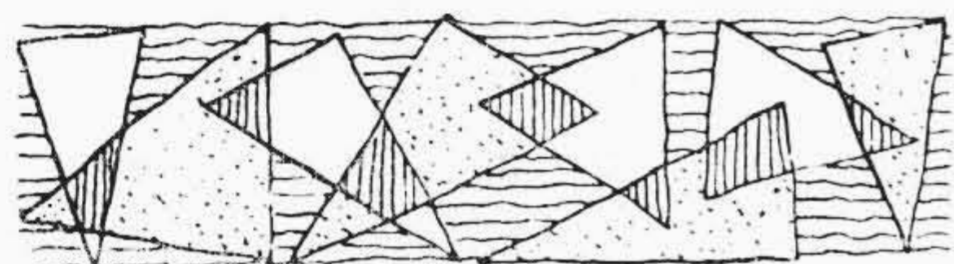
〔VIII〕 結 言

最近のガスタービンの研究の重点はガスタービン本来の姿である『簡便でかつ高効率』の方向に進んでおり、この結果、従来の熱機関には全く見られなかつた特色を持つ新しい原動機として大成されることが約束されるようになった。この点において、開放型と密閉型は全く異なる範疇に属するものであり、密閉型はむしろ蒸気原動

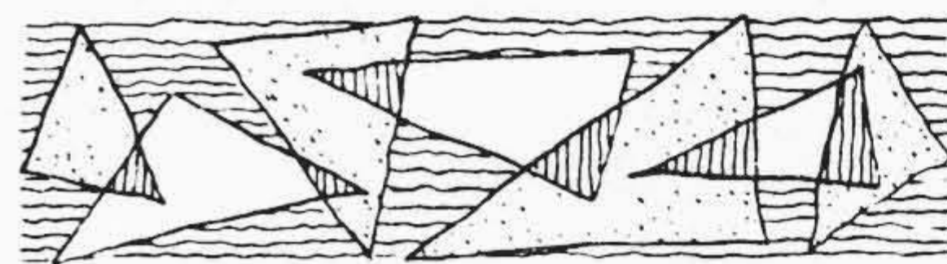
所と多くの類似性を持つものである。

日立製作所試作の1,200 kW 発電用ガスタービンは多数の斬新な設計を施し、簡便と高効率を実現する意図の下に進められたものであるが、日立製作所の有する総合的な技術の成果としてこれを完成することができ、今後の実用ガスタービン製作について、多数の貴重な資料と、有益な経験をうることができた。日立製作所はさらにこれらの成果を基として、その性能と実用性の向上にいつそうの研究を続けている次第である。

しかしこれまでの歴史を振り返るまでもなく、このような新しい原動機が大成するためには、使用者各位と製作者との密接な協力が必要であつた。我国においても、愈々試作の段階が終り、実用の時期に入ろうとしているこの原動機について、各位の理解と深い愛情を念願してやまない次第である。



特 許 の 紹 介



特 許 第 202969 号

阿 部 哲 義

パワーショベルの底蓋開閉機構

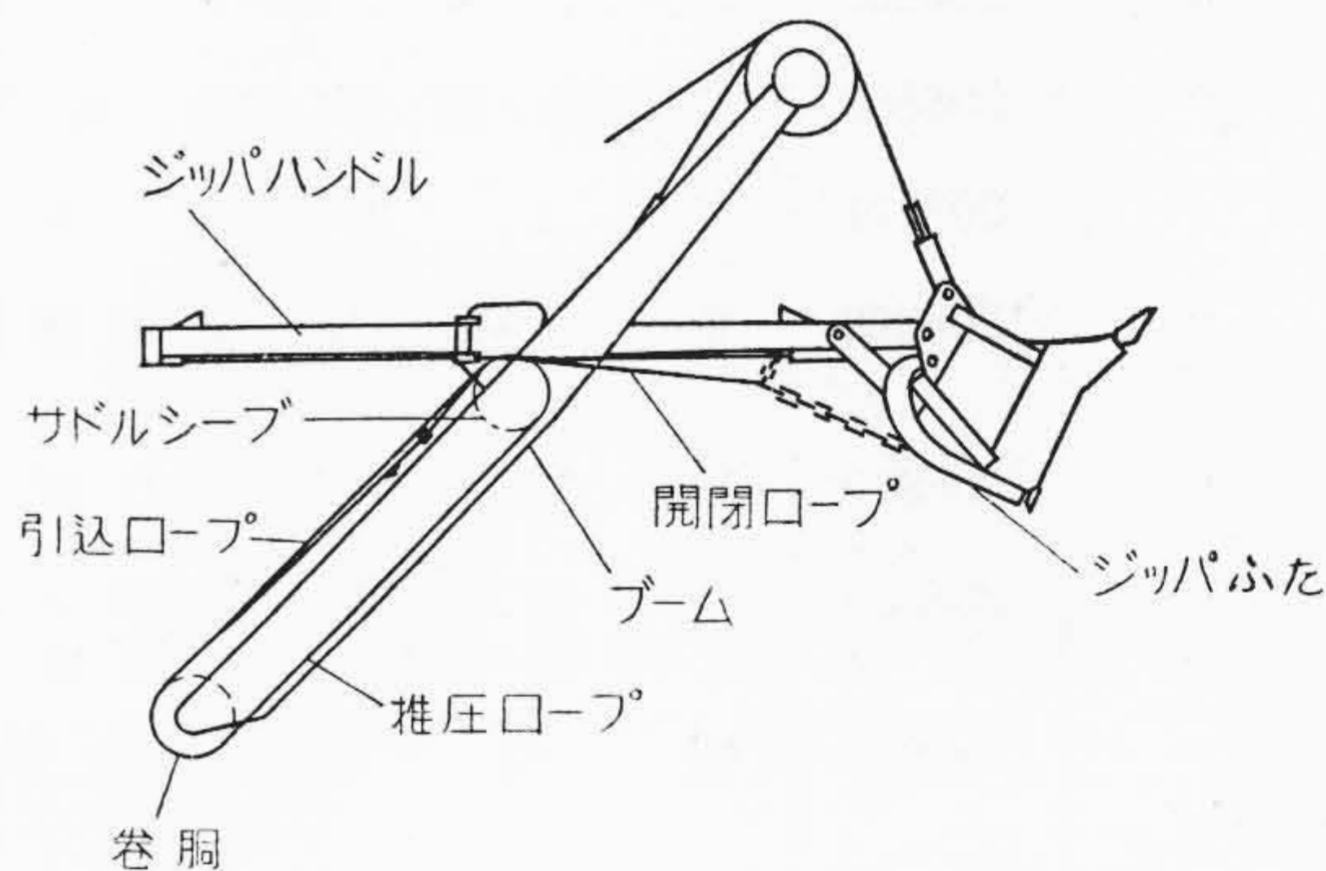
ブームの基幹部に装着した巻胴に引込ロープおよび推圧ロープを互いに反対に巻きつける。両ロープはブーム上に設けたサドルシーブを経て、それぞれジッパハンドルの前端部および後端部に緊定する。巻胴を第1図において反時計方向に回転すればジッパハンドルが引込み、時計方向に回転すればジッパハンドルが突出する。

開閉ロープはサドルシーブと同径でそれとは別箇に回転し得るシーブ1およびシーブ2,3を経て巻胴に巻きつける。巻胴に対する巻きつけ方は引込ロープと同じにする。シーブ2は中間支点を中心として揺動し得るようにした操作レバの一端に設け、シーブ3は定置する。操作レバーは操作シリンダに圧気を送入することにより揺動させる。操作レバーを第2図において時計方向に揺動すればジッパ蓋が開き、反時計方向に揺動すればジッパ蓋がその自重により閉じる。

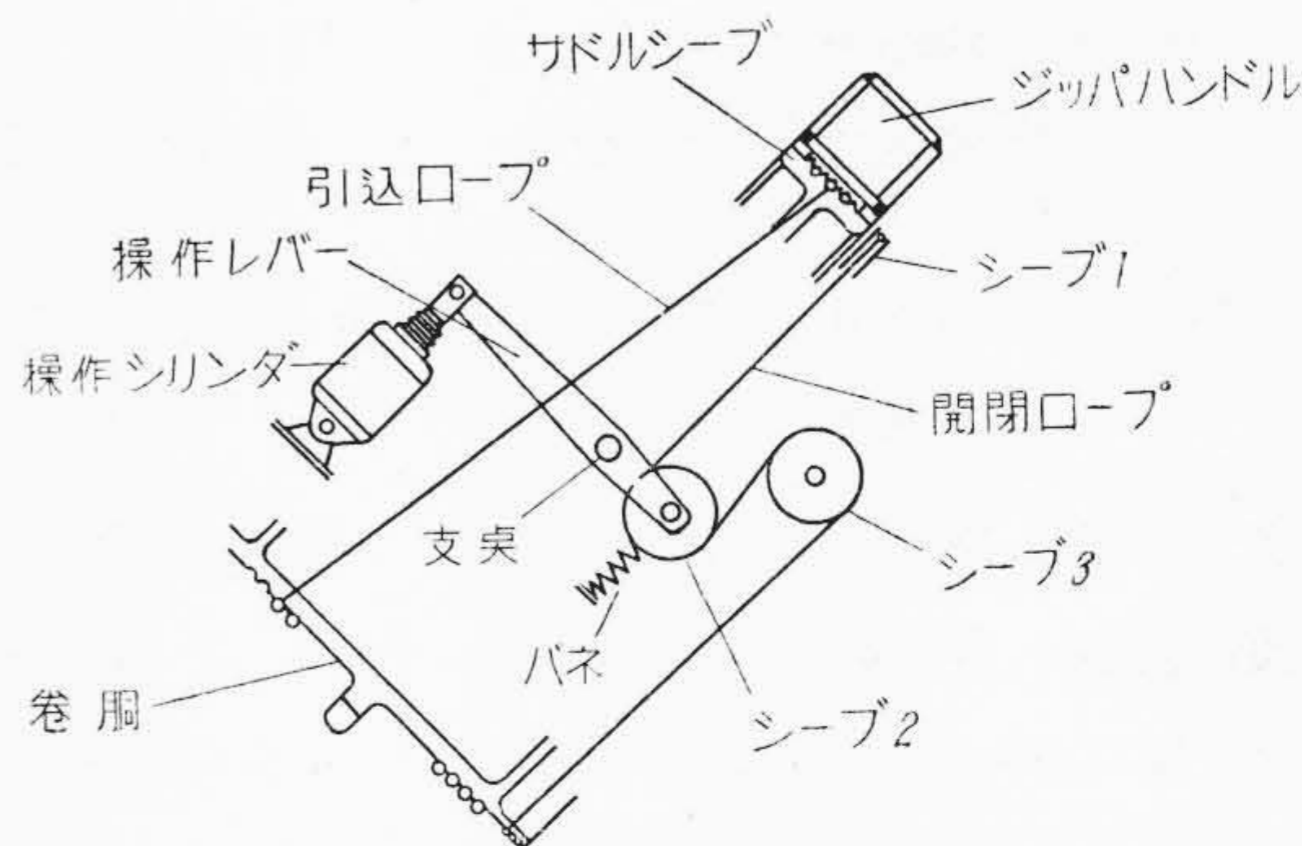
ジッパハンドルを自重により高速度に引込ませる場合も、開閉ロープは引込ロープと同一の巻胴に同じように巻きとられる故決して緩むことはない。

この機構は構造簡単保守容易にして、ジッパハンドルを自重により引込ませる場合も開閉ロープは絶対に緩まないから、開閉するための時間待ちがなく従つて運転能率を向上することができる。この機構はすでに1.2 m³のパワーショベルに使用して好成績をあげている。

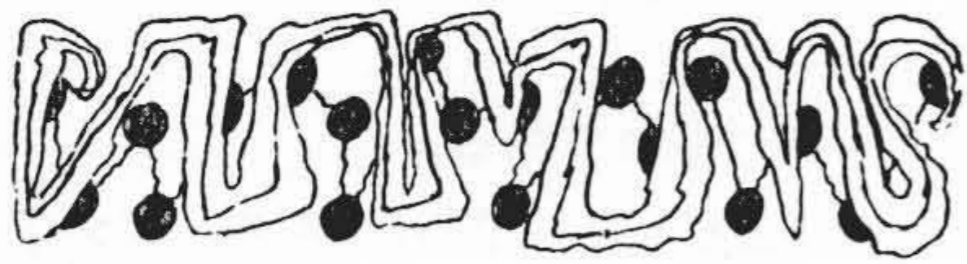
(富田)



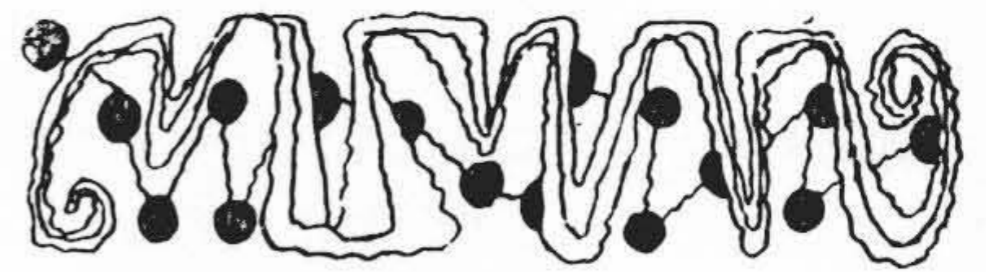
第 1 図



第 2 図



特許と新案



最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その1)

区別	登録番号	名称	工場別	氏名	登録年月日
特許	208810	中空管内面の静电塗装装置	日立工場	橋本清隆 中村純之助 越前谷定義	29. 10. 22
"	208847	縦軸水車発電機主軸変位標示装置	日立工場	滑川清 田中貞之助	"
"	208864	自動補正付回転増幅装置	日立工場	今尾隆	"
"	208865	自動補償付増幅回転装置	日立工場	前川敏明	"
"	208866	増幅回転機自動補正装置	日立工場	木村博雄 浅水秀	"
"	208875	水銀整流器自動調整装置	日立工場	泉吉郎 岡孝幸	"
"	208876	縦型動力計	日立工場	甲賀正三 安藤竹治	"
"	208862	炭坑用内燃機関起動装置	笠戸工場	湯本清比古	"
"	208867	螺旋押入式粉体輸送機	川崎工場	大貫重信 井上実	"
"	208868	ポット紡機	川崎工場	大谷巖	"
"	208863	断続器自動進角装置	多賀工場	大和田正義	"
"	208871	超ミクロトーム	多賀工場	片桐信二郎	"
"	208878	電子顕微鏡などの電撃防止装置	多賀工場	只野文哉 木村博一	"
"	208879	耐久磁石を用いた電子レンズ	多賀工場	木村博一	"
"	208880	電解蓄電器陽極用アルミ箔の 静電容量調節方法	亀戸工場	野崎松一郎 池義一	"
"	208817	電気絶縁塗料	日立 電線工場	間瀬喜好 鶴田四郎 高小野林清三郎	"
"	208869	圧入ガス密封装置	日立 電線工場	高大橋長一郎 和和夫	"
"	208870	六本爪付治具	桑名工場	渡辺弘	"
"	208877	空気による漏洩検査装置	桑名工場	松屋吉郎 兼古滝士	"
"	208861	電動巻取り装置	中央研究所	斎藤清吉	"
"	208873	表面検査装置	中央研究所	西谷邦雄	"
特許	208874	表面検査装置	中央研究所	西谷邦雄	29. 10. 22
実用新案	419039	クラブバケット制御装置	日立工場	平川克己 佐川伊知夫 中野二重正 吉野	29. 10. 22

(第68頁へ続く)