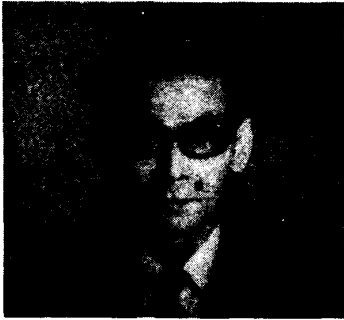


# 新 会 長 挨 拶

会長 岡 村 健 二



昨年日本ガスタービン会議が発足以来、会員の方々の御熱心な支持のもとに大きく発展をいたして参りましたことを心から嬉しく存じます。初代の渡部一郎前会長のあとをうけて、不肖私が今期の会長に選出されましたことは、誠に光栄に存じますが、またその責任を深く感じて居ります。たゞ会員皆様のために全力をあげて、努力いたす所存でございます。幸い水町長生副会長、井口泉幹事長のほか、多数の優れた方々を幹事に迎えることができ心強く感じて居りますが、今後の会員の皆様からの一層の御協力を御願いたします。

初年度をふり返って見ますと、すでに会員数は個人で700名を大きく超え、また維持会員数も60社を超えましたが、これはいづれも発足時の予想を上廻るものであり、慶びにたえません。しかしこれは渡部前会長の本会発足前からの足掛け5年にわたる御努力と、皆様の深い御理解と御協力によって得られたものと考えます。今后本会を更に大きく発展させてゆくためには、まだまだ多くの問題を残して居ると考えますので、広く会員の皆様の御意見を伺って、遂次本会の規模と活動を広げてゆくよう努力したいと思ひます。

ガスタービンはその歴史は古いのですが、その社会的寄与は比較的近年のことに属します。あえていわば、真の発展は今後に託されている若い分野ともいえましよう。こうした時代にはそれに関心をもって居られる方々が、できるだけ多く会合し、意見をたゞかわし、互いに研讃をしてゆかねば急速な進歩は得られないと思ひます。米国のASMEのガスタービン部門の会員が5,000名にも達し、活発に活動していることもよく理解できるように思ひます。幸い本会発足とともに広く官、学、民間の各方面の熱心な御支持を得、また本会の運営に寄与される幹事各位の全く奉仕的な努力をいたゞき、今日あることを思ひ、今後の長期的視野から本会の基礎固めに努力をしてゆきたいと思ひます。

時代の変遷とともに、社会環境は近代工業にいくつかの要求を示していますが、ガスタービンのもつ利点をのばし、欠点を補う努力が今後も引続き重要課題となることは間違いないと存じます。また長期的にはエネルギー源問題も考えて方向づけをしてゆく必要があるでしょう。このような問題を広い分野の人々と論じ、隔意のない意見交換がなされることは極めて有意義なことと思ひます。本会の一層の発展のために、会員の皆様の御鞭撻と御協力をお願い申し上げます。

# 前 会 長 挨拶

渡 部 一 郎

昭和47年6月15日から本年4月24日まで会長の席をけがして参りましたが、不肖私がなんとか事なきを得ましたことは、当時の岡村健二副会長、井口泉幹事長をはじめ御練達の幹事の方々の御協力と会員各位の御指導、御援助によるところでありまして、改めまして御礼申し上げます。と同時に、次期会長に岡村健二君、副会長に水町長生君、幹事長に井口泉君が選出されましたことで、日本ガスタービン会議は益々発展することを確信するものであります。

昨年6月15日の発会式の席上で申上げたことですが、日本ガスタービン会議は1971年国際ガスタービン会議のあとを受けまして発足したものであり、この意味でこの日本ガスタービン会議を永続的な組織にしなければ、御好意、御協力をいただきましたわが国ガスタービン工業界の各位に申訳ないというのが、私の偽わらざる気持でありました。その後1年間の経過を見て参りましたが、個人会員数が当初予想の300名をはるかに上廻って700名を越え、会議の活動も或程度所期の目標を達しましたにも拘らず、財政面でも収支相償う結果となりましたことは、全く会員各位の御協力による処と考えております。したがいまして現時点におきましては日本ガスタービン会議の前途はある程度確立されたと考えられますことは御同慶の至りであります。

たゞ日本ガスタービン会議はまだ誕生したばかりであり、今後処理すべき問題は山積みされております。例えば、1977年春にはCIMAC会議が東京で開催されることが確定しており、この機会に第2回のガスタービン国際会議を開催することが目下日米間で非公式に打診されております。このガスタービン国際会議の実行に当りましては、日本ガスタービン会議は母体となる訳ですから、これをその時まで法人化しておく必要があります。

私本日会長を退任いたしますが、会員各位が益々深い御関心を日本ガスタービン会議にお寄せになり、種々御援助下さることをお願い致しますと共に、私自身も一会員として種々の面で努力したいと考えておりますことを申し上げまして退任の御挨拶といたします。



## ガスタービンの動きとともに

航空宇宙技術研究所 山内正男

私がガスタービンの研究をするようになったきっかけは第2次大戦における敗戦である。それまで私は空気力学を専攻し、高速空気力学の研究に専念して、どうやって音速の壁を突破するかに腐心していた。ところが敗戦と共に航空に関しては研究を含めて一切が禁止され、私が勤めていた中央航空研究所は廃止されて、土地建物と共に一部の職員は鉄道技術研究所に引き取られた。私もその中の一人となったが、研究所は米軍に接收され、総ての研究設備は封印されてしまう始末で、半年位の間は全くのお手上げ状態であった。この間、流体力学の知識を活用して、今後どのような方向に向って研究を進めようかに四苦八苦していたが、たまたま研究所の残党の一人であった須之部量寛君（現在日立製作所機械研究所長）から、ガスタービンの研究に一口乗らないかという誘いを受けた。これ迄エンジンのことは殆んど知らなかったが、話を聞いてみるとガスタービンには軸流圧縮機をはじめとして流体力学屋が頭を突込むべき部分が極めて多い事を知り、今迄の迷いは一気に解消して、ガスタービンの研究に仲間入りすることを決心した。そして1号ガスタービンを完成する片棒をかついだが、これについては本誌の前号に中田金市氏が書かれた通りである。

1号ガスタービンに取り組んだ頃、私は多段軸流圧縮機なるものを殆んど知らなかった。これ迄に持っていた知識といえば航空機の空力試験に用いる風洞の送風機だけであった。それでも原理的には両者の差は無いので、比較的容易に多段軸流圧縮機に取り組むことが出来た。然し悩みの種は部分負荷特性の推定法であった。今でこそ電子計算機という便利なものがあって、部分負荷特性の計算にそれ程苦勞する必要はないが、当時は計算尺か手廻しの計算機しか無い時代であって、多段軸流圧縮機の部分負荷特性を一段づつ丹念に計算する煩わしさを考えると、とても耐えきれそうになく、せいぜい平均高さの点の性能で代表させるとか、類似な設計をされた既存の圧縮機のデータをもとにした推定をするくらいのものであった。この頃イギリスの機械学会誌（PIME）でガスタービン特集号が発行され、その内容は我々には非常に参考になり、得る所が多かった。然し、部分負荷特性の推定については我々と同様にうまい方法は見出されていない

ようであった。

当時、石川島芝浦タービン会社の工場の片隅を借り受けて1号ガスタービンの運転実験をする一方では、軸流圧縮機や燃焼器などの試験設備も順次整備して、中田金市部長の下で20名位が一団となって実験を続けたが、当時の居室は工場の入口近くにあった廃屋に近い倉庫の二階を借用していたに過ぎず、ボロ机と椅子、それに油にまみれた作業服を身につけた我々は正に浮浪者の集りのような様相を呈していたに違いない。それでも我々の目は輝いていたことだろうと思う。このようなごみごみした喧噪の中で物を考え研究を進めることは、今では到底考えられないことであろう。その頃は我々の生活自体からして食うや食わずの最低生活を余儀なくされていた時代であって、研究生活も亦同様の境遇に置かれていたわけである。それにしてはよく頑張ったものだと思う。それにつけても研究は環境に支配されるよりも研究意欲に支えられる事の方が遙かに大きいものだとつくづく思う。

1号ガスタービンの運転が進行している頃、わが国はガスタービームで、名だたる重工業会社は我も我もとガスタービンの試作研究を競ったが、実用にまで漕ぎつけたものは殆んど無かった。1号ガスタービンに手をつけたのは鉄道技術研究所であったけれども、国鉄は電化とディーゼル化の方向に進んで、ガスタービンは殆んど問題にされなかった。まだ船舶分野の方がガスタービンに対する積極性を示していたように思われる。その一例として、運輸省の補助金を受けて三菱造船が試作した500PSのガスタービンが航海訓練所の練習船北斗丸に搭載されて実船試験まで行なわれた。私もこのガスタービン研究試作の応援団の一員だった為に、長崎沖で行なわれた実船試験に乗り組んだが、成績は合格点だったように思う。その後も航海訓練に使用されてガスタービンの実用性は証明されたが、それ以降の発展が無かったのは残念に思われる。

昭和27年に講和条約が発効して、わが国でも航空が再開出来るようになり、航空研究機関を設立して10年間の空白を埋め、早く世界の水準に追付こうと努力することになったが、これに先立って昭和28年から29年にかけて欧米に航空研究機関の調査団が派遣され、私もその一員に加えられた。世界は将にジェット機時代を迎えようとしている時であり、ガスタービンの最も成功したものとしてジェットエンジンの研究開発が盛んであった。スウェーデンのSTALにおけるジェットエンジン研究開発の意欲の強さ、特にこれを指導しているニコリン氏の熱意に触れる事が出来たのは大いなる収穫であった。英国はジェットエンジン発祥の国だけあってNGTEの研究設備、ロールスロイス社の諸設備など大いに参考になるものが多かった。また、圧縮機翼型の特性について多くの論文を出しているDr. Howellに会った感銘と、彼の話を聞いている間に受けた淡い期待外れの気持が去来したことを覚えている。アメリカを見て廻る頃には大型設備も見慣れたものとなって、さして驚く程ではなくなっていた。さて日本に帰ると早速、新設する

航空研究機関の内容を検討立案するグループに加えられて検討を進めた。ジェットエンジン関係としてはまず先に大容量の空気源設備を整備し、これを翼列、燃焼器、タービンなどの試験に共用するのが最も合理的であること、また、空気源からの加圧空気を利用したガスタービンによって供試圧縮機を駆動する方式などが定められた。これらの計画は総て航空技術研究所（現在航空宇宙技術研究所）に実現されたわけである。

これより少し前頃から、多段軸流圧縮機の旋回失速の問題が外国の論文に見受けられるようになった。1号ガスタービンの実験をしていた頃は、圧縮機の設計もかなりゆとりのあるものだったせいであろうが、旋回失速などという現象には全く気付かずに過ぎてしまっていた。わが国でもガスタービンの設計技術が進歩して、圧縮機の1段当りの仕事量を大きくしていくと共に、旋回失速の問題に現実にもぶつかって、ガスタービンの軸流圧縮機翼が破壊するという事故が起った。これ迄文献からの知識としては頭の中にあり、軸流圧縮機を設計するには前方段の翼について旋回失速に対する考慮が特に必要なことを設計者に注意してはいたが、具体的経験の無い弱さのせいもあって、設計者は圧縮機の第1段および第2段の翼に注意を払っただけだった。所が第3段の翼に旋回失速による事故が発生して、それより後段の翼にも大損害を与えてしまったのである。これは苦いと同時に貴重な経験であった。このガスタービンはその後旋回失速を十分考慮して設計し直され、その圧縮機の内部流動を徹底的に調べ上げるのに前に述べたガスタービン駆動方式の圧縮機試験設備が十分に役立ったのは幸であった。

小型軽量化はジェットエンジンの宿命である。性能は若干犠牲にしても、どこ迄推力重量比を高め得るかをつきつめる事は、ジェットエンジンの技術水準向上に対して大いに意味のあることである。また、この道を拓いておけば、性能を上げるために重くなったとしても軽量化の技術は依然として役立つわけである。このようなわけで、我々が推力重量比の大きいジェットエンジンの研究試作に取り掛ったのは昭和38年である。研究所では原動機関係の試験設備は早いものは昭和33年頃から動き始め、設備の整備から研究推進へと次第に移行して、昭和37年頃にはジェットエンジンの各要素についてある程度の研究成果が蓄積されてきた。軸流圧縮機については、1段当りの圧力比を1.4位まであげることが出来るようになり、従って圧縮機の段数を大幅に減らしうる見通しがついてきた。燃焼器についても、従来のものより大幅に長さを短縮出来る成果を得ていたし、強度の面から翼車を合理的に設計して軽量化する方法についても実験的の確証を得ていた。このような研究の進展状況にあったから、推力重量比の大きいジェットエンジンの研究試作を行なうべき機は熟していたものといえよう。幸にして東京大学の八田、岡崎両先生を初めとして東大航空学科原動機部門の諸先生や東大宇宙航空研究所の先生方の絶大な御協力を得ることができ、また石川島播磨重工業株式会社の御尽力によって、昭和39年には試作1号機J

R100が完成し、推力重量比10という値も計画通りに実現することができた。これが基本となってJR220まで研究試作が進み、推力重量比も15となった。この点においては一応世界水準に達したものといえよう。エンジンの性能を上げるにはガス温度を上げる事が有効なことはいうまでもないが、この点でも世界水準を追いかける努力を続け、JR100では850℃といったひかえ目の値を選んだが、実験室的には1,250℃に達する見通しを得るようになった。これらの成果が、現在進行中の通産省工業技術院の大型プロジェクトの一つであるファンエンジンの開発研究に全面的に取り入れられ、研究が開発に結び付いていった事は誠に喜ばしいことである。

ジェット機の騒音公害はかなり以前から社会問題となり、騒音低減への努力は世界的に進められてはいるものの、そう簡単には解決されない難問となっている。今後エンジンの問題は騒音を減らすことと排気公害をなくすことに集中されるわけであって、騒音発生が少ないファンや圧縮機の設計法と消音技術とを大いに向上させなければならないわけである。一方、排気の清浄化の問題は $\text{NO}_x$ の退治に問題があろう。それはガス温度を高める努力と $\text{NO}_x$ をへらすことは互に相容れ難いからである。

ジェットエンジンは航空用エンジンとして今の所他に変わるべきものが考えられないので、今後共時代の要請に応じて発展していくであろう。航空用以外のガスタービンについて最近の発展状況はあまりよく知らないけれども、その実用化は依然遅々たるもののように思われる。ガスタービンのメリットは古くからずいぶん叫ばれているのに、なぜ実用化が遅れているのだろうか。額面通りのメリットが確認されない為だろうか。既存のエンジンが幅をきかして、これに取って代るだけの魅力が無いからであろうか。自動車による大気汚染問題に関連して自動車用ガスタービンが注目されだしているし、国鉄においてもガスタービンに目を向けているが、今後の発展に注目し度いと思う。

混沌の中で誰かゝ何かを見出すと、砂糖に群がる蟻のように我も我もと同じ物に食い付き、さて食い付いてはみたものゝ、本当に物にするのに暇がかゝると途中で息が切れて、いつの間にか忘れ去ってしまう。外国で同じ物が動き出すと急に思い出して又々かぢり付くが常に後手に廻る。これが日本の姿であり、ガスタービンもその例外ではないような気がしてならない。ガスタービンのように前途のある分野でこそこのような性格から脱皮し度いものである。



## 石油を中心とするエネルギー政策について

通産省鉱山石炭局鉱政課長\* 竹 村 豊

### 1. “エネルギー危機”のクローズアップ

＜アメリカは、内外ともに転期にある。古い問題は、新しいイニシアチブに対し道を譲り、代って新たな問題が発生し、それが再びわれわれの創造力に挑戦し、積極的な行動を求めている。これが最も鮮明に現われているのが、エネルギーの分野においてである。＞

ニクソン大統領は、以上のような書出しで始まるエネルギー教書を、本年4月、予想より2か月おくれて議会に提出した。この教書は、前評判が極めて高く、しかも随分気を持たせて発表されただけに、その中味が注目されたが、そこに指摘されている問題点と対策は従来から略々予測されていたところであり、格別目新しいものはなかったと言える。

教書に盛られている基本的な考え方は、次の4点に要約される。

- ① エネルギー価格の高騰は或程度是認した上で、エネルギーの国内自給度を出来る限り高めてゆく。
- ② 国内エネルギー資源の開発のためには、環境規制の緩和もやむを得ない。
- ③ 新しいエネルギーである石炭の液化・ガス化、核エネルギー、太陽エネルギー、地熱エネルギー等の研究開発に力を入れる。
- ④ 行政機構としては、先般3人の大統領補佐官よりなるエネルギー特別委員会を設置したが更に根本的改組が必要であり、このためエネルギー・天然資源省の新設を再提案する。（同法案は71年に議会に提出されたが、未成立に終わっている。なお、現在、連邦政府内でエネルギーに直接、間接関係のある部局としては約60あると言われている。）

このような教書の考え方の背景を分析してみると、

- ① 石油の輸入依存度が急上昇し自給率が近い将来50%を割ることや、R/P（可採年数）が逐年低下して10年スレスレになってきていること等から、“セキュリティ”に対する危機意識が極めて強い。

---

\* 原稿受付（昭和48年6月15日）現在

先ず輸入依存度について、全米石油審議会の見通しによると、70年の26%が80年ないし85年になると種々の見方があるにせよ50%を超える、つまり自給率が50%を割る公算が大きいこと、次に原油のR/Pレシオについてみると、69年の9年分が70年にはアラスカ・ノーススロープの追加で一時的には好転したものの71年には再び悪化していることから、ソ連や中国はエネルギーの殆んどを自給しているのに、アメリカにおいてはそれが不可能になったばかりでなく、しかもこれらの比率が急速に悪化しているのは、国の安全保障からみて極めて危険である。

- ② また石油輸入はこれまで西半球（カナダ、南米）に依存してきたが、これからの輸入増は東半球に頼らざるを得ない。東半球といえば中東とアフリカでアラブ諸国が殆んどであり（例外はイラン。イランはノン・アラブ）、アラブ・イスラエル紛争や長距離輸送等を考えると、供給の安定度という点では西半球より遙かに劣る。これは矢張りセキュリティの面からみて、問題である。
- ③ 輸入エネルギーの急増に伴う多量のドル流出が国際収支の悪化に拍車をかけるのではないかとの不安感。現在輸入エネルギーに対する支払いは年間約40億ドルであるが、85年にはこれが300億ドルに達するのではないかとの推計もあり、このような多量のドル流出が現在の“ドル危機”に対する致命的な追い討ちになるのではないか、との危機感がある。
- ④ OPECを中心とする産油国の抬頭に伴い、これまで世界中にアップストリーム（石油の探鉱・開発部門）からダウンストリーム（石油の精製・販売部門）まで強力な一貫操業を張りめぐらし、石油の価格とフローを意のままに動かしてきたメジャー（国際石油会社）の支配力が大きく後退することとなったが、所謂セブン・メジャーズのうち5つまでは米国企業である。アメリカ国民の中にはこのような“メジャーの危機”を、即“エネルギー危機”と感じとっている向きが少なくないこと。などが挙げられる。

しかし、“エネルギー危機”などというものは、或日突然おこるものでは決してない。一体アメリカがこのような“エネルギー危機”に陥った理由は何だろうか？原因としては、次の2つが考えられる。

#### ① 需要予測の誤り

アップストリームからダウンストリームまでの石油の一貫投資は常に10年先を見通して行なわれるが、10年前の米国内における原子力開発の見通しは極めて楽観的で、これにより石油の投資がかなり手控えられたこと。加うるに、エネルギーに対する需要が当初見通しを大きく上廻ったこと。

## ② 天然ガスに対する価格規制等

天然ガスの価格は低い水準に抑えられ、また石油の価格も60年代は一貫して低下してきた。加うるに、国内の探鉱活動に対する税利上のインセンティブも十分ではなく、これらが原因となって国内の天然ガス、石油に対する企業の探鉱活動、投資意欲が減退し、60年頃から生産が頭打ちになってきたこと。(教書も、連邦政府の誤った天然ガス価格規制が燃料の深刻な不足をもたらしたと卒直に認めている。)

[以上のようなことから、アメリカの“エネルギー危機”は、これまで低い水準に抑えられてきたエネルギーの国内価格を引き上げようとするグループが仕組んだ芝居ではないか、との見方も一部にある。私は必ずしもそうとは思わないが、そのような噂が出るということに、注目しておく必要がある。]

翻ってわが国の認識はどうか?

OPECの相次ぐ値上げ攻勢に直面し、最近に至って漸くエネルギー問題の重要性、深刻さを否応なしに認識させられた恰好である。しかし認識してからの行動は素早い方で、昨年末ADMA(アブダビ海洋鉱区株式会社:メジャーのイギリス石油とフランス石油が株主)の株式取得をナショナルプロジェクトとして踏み切ったことや、今年に入っての相次ぐ海外石油開発統轄会社の設立、アブダビ直売原油の確保(ジャパンラインによる)、中曽根通産大臣の中東訪問、産油国と手を組んでの製油所建設の動き等々、これまで公にされた現象だけからみても、そのテンポの早さはまことに目まぐるしい。今後のスケジュールとしては、後述するように、内外の情勢変化を踏まえ、石油政策の早急な見直しが日程にのぼってきている。

## 2. 資源エネルギー庁の新設

以上のようなエネルギーをめぐる情勢変化と行政需要に対応し、より総合性、一貫性をもった資源、エネルギー政策の展開を図るため、通産省は国会に機構改革案を提出している。同案は既存の鉱山石炭局(石油、天然ガス、非鉄金属、石炭を所管)と公益事業局(電力、ガス、原子力発電を所管)の2局を統合し資源エネルギー庁を新設しようというもので、1官房・3部(石油部、石炭部、公益事業部)・20課で発足することが予定されている(本稿が活字になる頃にはスタートしていることと思う)。なお、冒頭で触れたようにアメリカも天然資源省の新設を考えており、今回のわが方の資源エネルギー庁の新設には多大の関心をもっているようだ。

## 3. わが国の石油事情

ここでわが国の石油事情について簡単に述べておきたい。昭和46年度のエネルギー(一次)総需要量3.2億キロリットル(石油換算)のうち石油の占める比率は2.4億キロリットル(73%)と石炭(18%)、水力(7%)にくらべ圧倒的で、この石油の比率は今後数年間は動くま

いとみられている。昭和55年度(1980年)には4.5～5.0億キロリットル程度になるのではないか。

次に原油の輸入依存度は99.6%, 同自給率は0.4%(国産原油は年間約90万キロリットル)で、地域別依存度は中東86%, インドネシア12%, またメジャー依存度は61%(何れも46年度実績)である。

なお、参考までに世界全体(ソ連を含む)の石油需給についてみると、1970年(昭和45年)の約26億キロリットルから10年後の1980年(昭和55年)には約50億キロリットルへと倍増することが予想されており、同年のわが国の需要は世界全体の約1割程度とみておけばよいようだ。

#### 4. 最近の国際石油情勢

産油国の抬頭、石油需給のタイト化傾向等を背景に、最近の国際石油情勢は大きな転換期を迎えている。

##### <OPECの動向>

テヘラン協定(71年2月)、ジュネーブ協定(72年1月)等により、OPEC(産油11カ国)は大巾な原油価格の値上げを実現した。特にテヘラン協定は、それまで原油価格はメジャーが決めていたのに対し、価格決定権が産油国に移行したという点で、新時代の到来を告げる画期的な協定と言える。またリヤド協定(72年12月)の成立に伴い、産油国は、既存利権への事業参加(パーティシパーション:メジャーの現地操業会社の株式取得)を実現させるに至り、近い将来においてメジャーと並ぶ石油供給者としての地位を占めることが確実視されるようになった。さらに今回の通貨調整に伴い、OPECはジュネーブ協定では完全な補償がなされないとして同協定を修正し(73年6月)、12%にのぼる大巾な原油価格の引上げをメジャーに吞ませた。

なお、事業参加に関しイランは独自の行動をとった。すなわち、NIOC(イラン国営石油会社)とコンソーシアム(国際石油財団:英国石油、シェル、エッソ等のメジャーがメンバー)との協定を改正し、NIOCがコンソーシアムの全施設を接収し直接操業をする、その見返りに一定量の生産原油をコンソーシアムのメンバーに安定的に供給(販売)するという形態になった。

##### <産油国との直接取引>

リヤド協定の成立に伴い産油国は事業参加に見合う生産原油を取得するようになったが、この原油は当分の間産油国自身で直接販売する分とメジャーに売戻される分とにわけられる(後者は逐年減少)。前者のメジャーを通さない産油国の直売原油は逐年増加することとなっており、わが国としては将来の石油の安定供給を確保する見地から、この直売原油の取得につき今後積極的

に取組む必要がある。

ただこの場合、強力な販売組織と能力を依然として持っているメジャーに十分な配慮を払うこと、直接取引の急速な拡大という市場構造の転換の中で消費国間において無用な摩擦と混乱を避けるための国際協調にも十分配慮すること、国内的には直接取引の相手方である産油国政府或いは政府機関に対し無秩序な競争を展開し国民経済や国際経済に悪影響を及ぼさないよう交渉態勢の整備を図ること、等が肝要である。

#### 〈産油国の現地製油所建設要請〉

本年5月の中曽根大臣中東訪問の際、産油国が示した姿勢のひとつに現地製油所の建設がある。“当国の原油販売の基本方針は、当国と合併で国内に造る製油所に供給することは当然であるが、そのような精製プラントを協力して造ってくれる国に原油を優先的に供給する方針である”とか、“日本は公害問題があり国内での製油所の立地が出来なくなっているのだから、当国に製油所を造ればよい。そして製品関税を撤廃し製品輸入をやすくすることが日本の利益にもなるのではないか”といった考え方が各国で示された。

この現地製油所の建設（現地精製方式）は、わが国が戦後一貫してとってきた消費地精製方式（原油を輸入して国内で精製しガソリン等の製品をつくる方式）とは考え方が逆であるだけに、今後石油政策の見直しの中でどう位置づけるかが大きな問題となってくる。

#### 〈産油国のダウンストリームへの参加要請〉

この問題は、昨年9月サウジアラビアのヤマニ石油大臣がニューヨークで行なった演説—アメリカ国内の製油所、給油所等に対し投資の意向を表明—により産油国の上流、下流両部門のインテグレーションとして耳目を集めたが、そのとき“産油国が消費国に製油所等の投資をすれば、それが人質（hostage）になって石油の供給停止といった心配がなくなるから、消費国としても結構なことではないか”というのが同大臣の殺し文句であった。わが国に対しても、今後この“人質論”の呼びかけが行なわれるようになるのではないか。

## 5. 石油政策の方向

### 〈基本的考え方〉

政策の基本的考え方としては、次の3点に要約される。

#### ① 合理的価格による安定供給、そのための原油の自主開発の促進と入手地域の分散化

エネルギーについてはこれまで“豊富低廉”がひとつの合言葉となっていたが、今後は必ずしもそれを許さない国際情勢となってきた。勿論エネルギーの価格は安ければ安いにこしたことはないが、今後は合理的価格による安定供給に政策の第一義的な目標を置くべきものと考えらる。

- ② 産油国，メジャー，消費国，社会主義国等相互間に巾広い協調関係をつくり上げることによる国際連帯性の確保

国内に石油資源を持たないわが国としては、石油の供給者である産油国とメジャーに対し、それぞれ等距離の姿勢をとるべきである。このような考え方から、中曾根大臣は5月の中東訪問の際先方の質問に対し、日本は産油国と対決するような形での“消費国同盟”といった組織には参加しない旨答えたものと思われる。

- ③ 環境要請への対応

公害問題の深刻化に伴い環境基準の見直しが行なわれているが、石油政策としても、このような環境要請に対応し従来の低硫黄化対策等をさらに強化して推進すべきものとする。

#### <具体的施策>

以上のような基本的考え方に立って、以下のような施策が現に講じられているし、またこれから講じられることとなろう。

- ① 安定供給対策

#### A. 原油の自主開発の促進と入手地域の分散化

原油の入手方式には大別して単純輸入（他国が開発した原油を一般の商業ベースで買付け輸入する）、融資輸入（相手国政府又は石油公社等に借款又は融資等を行なうことにより、その見返りとして安定的に原油の供給を受ける）、投資輸入（現地資本との合併又はメジャーの現地操業会社の株式取得等により、長期にわたって安定的に投資分に見合う開発原油の供給を受ける）の3方式があるが、今後は融資輸入と投資輸入、その中でも特に投資輸入—開発輸入方式に力を入れる必要がある。また原油をサプライヤー別にみると、メジャー原油、産油国直売原油（OPEC原油）、自主開発原油（日の丸原油）、社会主義国原油等に分けられるが、何れにせよ原油の安定供給とバーゲニングパワーを確保する見地から、昭和60年度（1985年）には原油総需要量の30%を自主開発原油で賄うというのが政策のひとつの大きな柱になっている。因にこの比率は47年度8%（実績）、48年度12%（見込）で、今後原油の総需要量が逐年増加することを考えると、60年度30%というのは容易ならざる目標であり、この達成には官民あげて相当な努力が必要とされる。

また、これまでの中東地域に対する圧倒的な輸入依存を改め原油の入手地域の分散化を図るため、今後は社会主義国等の原油開発やわが国周辺大陸棚の開発にも積極的に取り組む必要がある。

#### B. 消費地精製方式と現地（或いは中間地）精製方式

上述したようにわが国は戦後一貫して消費地精製方式をとってきたが、これは日本のみならず世界的な趨勢でもあった。何となればこの方式は、①附加価値の増大と関連産業の振興に役立つ

㊦需要の変化に対し得率（原油から出る各製品の割合）の変更等により機動的な対応が容易である ㊧現地精製にくらべ政情等の不安定要因が少ない ㊨製油所自身の備蓄機能を活用できる等少なからぬメリットがあったからである。これまでの石油政策や現行の石油業法（昭和37年制定）も、このような考え方の上に組み立てられている。

しかるに最近、このような消費地精製方式に修正を迫るいくつかの要因が出はじめている。先ず環境問題との関連で製油所の国内立地が限界に近づきつつあること、次に産油国からの現地製油所建設要請が強くなってきていること等がそれであり、「製油所の海外立地—製品輸入」という現地（或いは中間地）精製方式についてもこの際検討すべきではないかとの意見が高まりつつある。このような意見を踏まえて今後どのような方式をとるのか、早急な検討が要請される。ただ安定供給という面からみると国内精製の有利性は依然として高いし（製油所自体が備蓄タンクになっている）、またアメリカにおけるエネルギー危機の原因のひとつに国内製油所の不足が挙げられていることも併せ考えておく必要がある。

### C. 石油備蓄の増強

わが国における石油備蓄の水準は、46年度末で45日分と欧米諸国に比して低水準にあり（西欧諸国は平均約70日分で、さらに90日への増強を計画している）、局地紛争或は石油の供給停止ないし削減といった緊急事態を考えると、その立場は極めて不安定と言わざるを得ない。

このため47年度より石油備蓄水準を高めることとし、備蓄用原油購入資金に対する利子補給等の措置により、49年度までの3カ年間に毎年5日分ずつ増強し、49年度末には60日分の備蓄水準を達成することとしている。なお原油タンク建設のための用地取得難から、48年度より海洋備蓄システムの開発に乗り出すこととしている。

#### ② 石油開発公団の機能強化

石油開発公団は昭和42年10月に設立され、海外石油資源の探鉱、開発に対する投融資等の面で実績を挙げつつあるが、上述のような要請にさらに応えるため、従来から行なってきた㊦わが国企業による単独開発 ㊧わが国企業と外国石油企業との共同開発等に対する応援に加え、今後は㊨外国石油企業が一部開発した鉱区について資本参加ないし鉱区買取を行なうわが国企業に投融資する ㊩公団が相手国石油公社等に直接探鉱開発資金を融資しその見返りに開発原油を確保する、或いはそのような資金を投融資するわが国企業に公団から投融資する ㊪場合によっては公団自らが利権取得（産油国の直売原油の一括取得等も含め）を行なう、といった開発方式の多様化を図る必要があり、要すれば公団法の改正を検討すべきであろう。

### ③ 環境対策

#### A. 低硫黄化対策

47年7月の四日市判決以降低硫黄化への要請が一段と高まったため、低硫黄原油（S分1%以下の原油）輸入の増大、重油脱硫設備の設置等を促進しており、この結果供給される重油のS分は着実に低下している。

しかしながら低硫黄化への要請はなお熾烈であり、48年度は従来の対策の強化に加えナフサの燃料化でこれに対処することとしているが、低硫黄原油やナフサの入手可能量には限度があり、また重油脱硫についても限界があること等のため、今後は排煙脱硫設備の設置、重質油分解、ガス化脱硫等が急がれなくてはならない。

#### B. ガソリン無鉛化対策

数年前の牛込柳町事件を契機としてガソリンに添加されている四アルキル鉛の人体影響問題が大きく取り上げられ、その後審議会 で検討した結果、審議会としては自動車エンジンの改良、排気ガス浄化装置の開発、新動力源車の開発等を進める一方、ガソリンについても49年4月以降完全無鉛化すべしとの提言を行なった。

この提言を受けて通産省はガソリン中の加鉛量削減を指示し、同時に無鉛化が自動車エンジンに及ぼす影響についても、現在研究を進めている。

#### C. LNGの導入

クリーンエネルギーであるLNGの導入を今後積極的に進める必要がある。

### ④ その他

石油の大量かつ安定的な輸送及び貯油を可能とする石油パイプライン、CTS（中継基地）の設置等石油流通の合理化や、海外石油情報収集態勢の強化等にも、政策の重点を置くべきであろう。

## 6. エネルギー政策

以上の石油政策と併行して、エネルギー政策としては石油政策との関連で次のような施策が講ぜられるべきは当然である。

#### <省資源・省エネルギー>

主要国の部門別エネルギー消費構成をみると、わが国は他国にくらべ工業部門の消費が圧倒的に高く（日本60%、米31%、西独42%）、民生部門の消費が小さい（日本21%、米35%、西独36%）ことがわかる。

次に世界全体に占める人口構成比と石油消費構成比についてみると、人口比のわりに石油消費が極めて大きいのはアメリカと日本である（米は人口比6%、石油消費比31%、同日本3%、

9%, 同西独2%, 6%, 同ソ連7%, 11%)。

またわが国の資源輸入(石油, 鉱石等の輸入)の世界資源貿易に占める比率も, 年々大きくなってきている(1965年9%, 69年12%, なお80年には30%になるという一部の推計もある)。

以上のようなデータのほかに, 公害問題や資源, エネルギーの供給力の問題等もあって, 現在省資源・省エネルギーの呼かけ, 或いはそのようなタイプの産業構造への転換が喧しく論議されている。最近は新聞や雑誌の紙面に, 電力会社や石油会社の電力或いは石油の消費節約への協力呼びかけが目立つようになってきた。

#### 〈新エネルギーの開発〉

アメリカのエネルギー教書が指摘しているように, 今後わが国においても石油に代る新しいエネルギーの開発が急がなくてはならない。しかしながら期待されている原子力は当初見込まれたほどには伸びておらず, 総エネルギー供給に占める比率は46年度0.6%(実績)に留まっており, 今後の見通しでも52年度4%程度である。環境問題等による制約要因はあるにせよ, 関係者の今後の努力が要請される。

原子力のほかには地熱エネルギーや太陽エネルギー等が日程にのぼってこよう。これらのエネルギーは, 世界的にみても現状では未だしの感があるが, 今後は水力, 火力, 原子力につづく“第4のエネルギー”として早急な開発が期待される。とくに地熱発電は, 地熱を直接使ってタービンを廻し発電機を動かすので, 蒸気を発生させるための燃料を使用せず大気汚染をもたらさないのと, また自然環境の破壊も少ないので, 無公害エネルギーと言える。しかもわが国における開発可能な地熱エネルギーは発電ベースで約4,000万キロワットあり, これに随伴する熱水の利用を考慮すれば, そのエネルギー量は年間約1.7億キロリットルの原油に相当すると言われている。また, 地熱発電はコストも安く地域開発にも貢献するところが大きいので, 今後は地熱資源の開発に大いに力を入れるべきではなかろうか。通産省としても, 48年度から3カ年計画で全国30地域にわたり本格的な基礎調査に乗り出すこととしている。

## 7. 終りに

所謂“エネルギー危機”について少し意見を述べたいと思ったが, 紙数の都合上割愛することとした。ただ結論として言えることは, わが国が“エネルギー危機”を自ら騒ぎ立てることは決してプラスにはならないということである。“沈黙は金, 饒舌は鉛”という格言を思い出す今日この頃である。(48. 6. 8.)

[注: 文中意見にわたる部分は勿論筆者個人のものである。念のため]

# エネルギー変換装置としてのガスタービン

## (その一 出力上限の考察)

東京工業大学 一色尚次

### 1. ま え が き

ガスタービンは熱エネルギーを力学エネルギーに変換するエネルギー変換装置の一種である。この種類の変換装置はいわゆる熱機関として在来の内燃機関、蒸気タービンシステムをはじめロケット、MHD等多数のものがある。また熱エネルギー源としても、化石燃料、原子燃料等たくさんあるわけで、このようなエネルギー変換装置体系の中でガスタービンはいかなる位置を占めているかを考察することはガスタービンの将来像を形成する上で極めて重要であると思われる。

そもそもエネルギー変換器としてガスタービンを評価する方向としては、従来の解析的性能面からの評価と、最近重要視されている公害面、安全面、社会面などを含めた計算にのらない総合システム面からの評価の二つに大別されると思われる。

性能面からの評価は従来より機械技術者や研究者が多く行なっているものであって、それらはたとえば、(1) 熱効率、部分効率 (2) ガス量あたりの比出力 (3) 単位断面や単位重量あたりの比出力 (4) 熱流束限界 (5) 単機あたりの出力限界 (6) 応答性、時定数というようなものである。これらのうちガスタービンの(1)と(6)についてはそれぞれ評価があるていど定まっているのでここでは論じないこととし、また(4)についても特別な冷却翼や超高温熱交換器など以外では問題が少ないのでここでは省くことにして、(2)(3)(5)に関係が深いと思われるガスタービンのエネルギー流束と単機あたりの出力限界を取り上げて本報(その一)に述べてみたい。

なおシステムの考察については(その二)にて後述したい。

### 2. エネルギー流束について

まずガスタービン、蒸気タービン、MHD、ロケットというようなエネルギー変換器は、それを一つの流路として考えるときは、工学的な比較の上から、単位断面積を通過する流体の運動エネルギー流量が問題となる。

この面の考察は既に報告<sup>(1)</sup>したことがあるがそれを再述するとつぎのようになる。

いま同一圧力比で同一単位断面積の流路を通過しうる流体のエネルギー流束をEと書きそれを計算してみる。

いま  $P_0$ ,  $\gamma_0$ ,  $T_0$  を流路前の流体の圧力, 比重, 温度とし  $k$  を比熱比 ( $k = C_p/C_v$ ) と

し、 $p$ を圧力比、 $g$ を重力加速度とすると、 $E$ は完全ガスにたいし、

$$E = p^{1/k} \left\{ \frac{k}{k-1} \left( 1 - p^{\frac{k-1}{k}} \right) \right\}^{3/2} P_0 \sqrt{\frac{2g R_0 T_0}{M}} \dots\dots\dots (1)$$

となる。ここで  $R_0$  は万有ガス常数、 $M$  は対象ガスの分子量である。

流体として空気、燃焼ガス、 $H_2$ 、 $He$ 、 $CO_2$ 、 $Hg$ 、 $NaK$ 、水、蒸気、等を選んだときの  $E$  の値を  $KW/m^2$  の単位で図1に示す。

図および式(1)より、 $E$ はまず  $P_0$  に比例し、 $\sqrt{T_0}$  にも比例し、かつ分子量  $M$  の小さい  $H_2$  や  $He$  では大きくなるのがわかる。

このことをガスタービンに適用すると、高圧の  $H_2$  もしくは  $He$  で作動させる場合に最もエネルギー処理量が大いという推論ができることとなる。その時の  $E$  の値は高圧の蒸気における値と同程度であり、また空気や燃焼ガスでの  $E$  の値の約10倍である。

しかしこの推論はガスタービンを一つの静止ノズルとして見たときの値であって、実際は回転体であるためにこの評価がそのままあてはまるとはいえない。また  $E$  が大きいことは、同時にラビリンス等を通してのリーク量が大いことや、隔板を通じての透過(たとえば水素透過)が存在することを意味するので一概によいとはいえない。

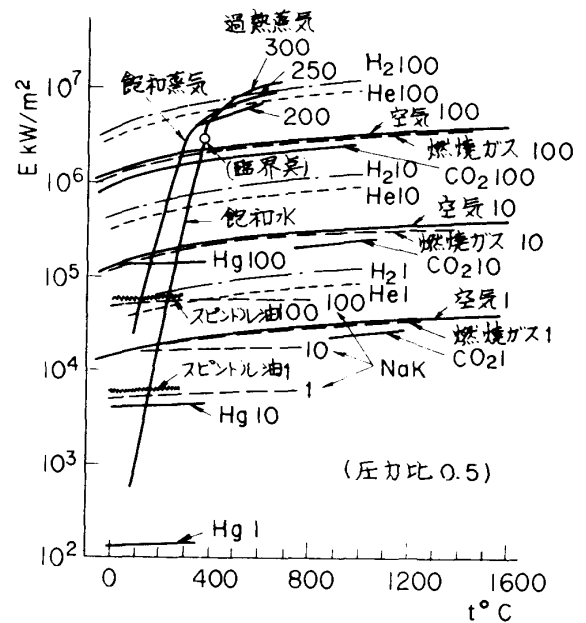


図1 代表的諸流体の圧力比0.5におけるエネルギー流速  $E$  の値

### 3. ガスタービンの出力限界

3.1 タービン部分の出力限界  $W_T$  の計算 つぎに回転部分を持つガスタービンのタービン側の発生出力限界を調べてみる。いまその限界はブレードと車板の強度がそれぞれの限度に達することによって主としてきまってくるものとし、単段衝動タービンについて調べてみる。その計算の仮定としてつぎを用いる。

(a) 車板の強度限界としては、考え方を簡単化してその平均応力  $\bar{\sigma}_1$  が車板材料のその温度、使用時間、環境、等に対応する許容応力  $\sigma_1$  より小さいものとし、つぎの計算式による。

$$\bar{\sigma}_1 = \xi_1 \frac{r_1^2 r_s \omega^2}{g} \leq \sigma_1 \dots\dots\dots (2)$$

ここで  $\xi_1$  は  $1/3 \sim 1/5$  程度の平均応力定数で車板の断面形状や周辺のブレードとの接続応力の大小, 等によって定まる。 $r_1$  は車板外半径,  $\gamma_s$  は車板材料の比重量,  $\omega$  は角速度である。精密には  $\bar{\sigma}_1$  は後の  $\bar{\sigma}_2$  と複雑に相関するがその影響はここでは  $\xi_1$  に含めるものとする。

(b) ブレードの強度限界としては, 遠心力によるブレード根元平均応力  $\bar{\sigma}_2$  が, その附近の材料温度 (冷却も考慮), クリープ等できまる許容応力  $\sigma_2$  より小さいものとする。 $\xi_2$  をブレードの形状できまる平均応力係数とし,  $l$  をブレード長さ  $r_B$  をブレード材比重量,  $r_2$  をブレードのピッチ円半径とすると計算式はつきとなる。

$$\bar{\sigma}_2 = \xi_2 \frac{l \gamma_B r_2 \omega^2}{g} \leq \sigma_2 \dots\dots\dots (3)$$

(c) ガス流量  $G$  は,  $\theta$  をノズル出口角,  $C$  をガス速度,  $\gamma_g$  をガス比重量として次式による。

$$G = 2 \pi r_2 l \sin \theta C \gamma_g \dots\dots\dots (4)$$

(d) ガス速度  $C$  はブレードの周速度  $U$  の 2 倍とし

$$C = 2 U \dots\dots\dots (5)$$

とする。

(e) ガスは完全ガスとし, タービン前の圧力, 温度, 比重量を  $P_0, T_0, \gamma_0$  とし  $\psi$  をタービン前から対象とする段までの圧力比や流路損失などできまる密度比 ( $\psi = \gamma_g / \gamma_0$ ) とすると  $\gamma_g$  は

$$\gamma_g = \psi \gamma_0 = \psi \frac{P_0 M}{T_0 R_0} \dots\dots\dots (6)$$

となる。

以上の関係からタービンの単段出力  $W_{T1}$  を計算すると, (1)~(4)と  $r_2 = r_1 + l/2$  なる関係から  $l$  と  $r_1, r_2$  を消去し, かつ  $r_1$  にくらべて  $l/2$  が小さいとして近似し, 次式が導かれる。

$$W_{T1} = G \frac{C^2}{2g} = \frac{8 \pi \sin \theta \cdot \psi P_0 M}{T_0 R_0 g} \left( \frac{g \sigma_2}{r_B \xi_2} \right) \left( \frac{g \sigma_2}{r_s \xi_2} \right)^{3/2} \left( 1 + \frac{\xi_1 \sigma_2}{2 \xi_2 \sigma_1} \right) \frac{1}{\omega^2} \dots\dots\dots (7)$$

本式より  $W_{T1}$  はガス圧力  $P_0$  に比例することは(1)式の  $E$  と同じであるが,  $T_0$  と  $M$  の影響は全く逆となり,  $T_0$  が大きく,  $M$  が小さいほど小さくなる。また,  $W_{T1}$  は強度  $\sigma_1$  と  $\sigma_2$  によって大きく影響されることがわかる。

$\sigma_1, \sigma_2$  は使用温度の関数であって, 現在一般化しつつある冷却翼では  $\sigma_2$  が冷却されただけ増大するか, もしくはガス温度の増大にかかわらず  $\sigma_2$  をある値に維持する効果があり, いずれ

も出力限界を上げるか保つ効果がある。

3.2 多段タービンの出力  $W_{T_2}$  つぎに多段タービンを考える。タービン段数を  $N$  とする。いま  $\phi$  をタービン前のガスのもつ全保有エンタルピに対するタービンでの有効エンタルピ降下の比とすると、 $\phi$  は圧力比、再熱条件、タービン効率等できまる定数となり、 $N$  は次式で表される。

$$N = \phi \frac{k}{2(k-1)} \frac{R_0 T_0 g}{M r_2^2 \omega^2} \dots\dots\dots (8)$$

(7)(8)式から多段タービンの全出力  $W_{T_2}$  は近似的に  $W_{T_1}$  の  $N$  倍であると考えて、

$$\begin{aligned} W_{T_2} &= N W_{T_1} \\ &= 4\pi \sin \theta \psi \phi \frac{k}{(k-1)} P_0 \left( \frac{g \sigma_2}{\xi_2 \gamma_B} \right) \left( \frac{g \sigma_1}{\xi_2 \gamma_s} \right)^{1/2} \frac{1}{\omega^2} \dots\dots\dots (9) \end{aligned}$$

で表現できる。

(9)式より、 $W_{T_2}$  については、ガスの分子量や温度は無関係になることが示されるが、それらは(8)式により段数  $N$  と密接な関係があることがわかる。

3.3 ガスタービン全体の出力

ガスタービンシステム全体の出力  $W_0$  は、タービン側の出力  $W_{T_2}$  からコンプレッサーに必要な動力を差し引いたものと考えられるので、タービン出力に対するコンプレッサー所要動力の比を  $\beta$  とすると、 $W_0$  は

$$W_0 = W_{T_2} (1 - \beta) \dots\dots\dots (10)$$

で表される。なお  $\beta$  は、タービンとコンプレッサーの断熱効率を  $\eta_T, \eta_c$ 、コンプレッサ入口温度を  $T_c$  とするとき近似的に次式で計算できる。

$$\beta = T_c / T_0 \eta_c \eta_T \dots\dots\dots (11)$$

以上に基き各種の諸因子の  $W_0$  への影響を定性的に図2に示す。

3.4 計算例 (その1)

(9)(10)式による  $W_0$  の計算例のその1として、3000 rpm の発電機直結ガスタービンを考え、 $\theta = 30^\circ$ 、 $k = 1.4$ 、 $P_0 = 30 \text{ kg/cm}^2$ 、 $\xi_1 = 1/4$ 、 $\xi_2 = 1/3$ 、 $\sigma_1 = 20 \text{ kg/mm}^2$ 、 $\sigma_2 = 3.5 \text{ kg/mm}^2$ 、 $\gamma_B = \gamma_s = 7,860 \text{ kg/m}^3$ 、 $\psi = 0.11$  (再熱考慮)、 $\phi = 0.63$ 、 $\beta = 0.36$  とすると、

$$W_0 = 120 \text{ MW} = 163,000 \text{ PS} \dots\dots\dots (12)$$

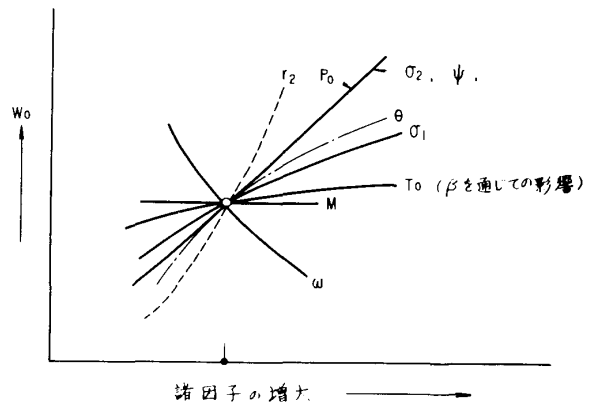


図2 諸因子の  $W_0$  への影響図示

を得るこの値は最近の発電用大型機に近い。

(その2) その2として, 20,000 rpm,  $P_0 = 7 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\psi = 0.244$ ,  $\phi = 0.414$ ,  $\beta = 0.40$ , 他はその1と全く同じとした例を選ぶと

$$W_0 = 1,065 \text{ KW} = 1,450 \text{ PS} \dots\dots\dots (13)$$

を得る。この値は最近の重車輛用のものに近い。

(その3) その3として, 30,000 rpm,  $P_0 = 2.5 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\psi = 0.485$ ,  $\phi = 0.218$ ,  $\beta = 0$  のパワータービンを選び, 他の数値は上と同じとすると,

$$W_0 = 238 \text{ KW} = 324 \text{ PS} \dots\dots\dots (14)$$

を得る。この値は軽車輛用パワータービンの値に近い。

いずれも  $\sigma_1$  や  $\sigma_2$ ,  $\xi_1$ ,  $\xi_2$  のとり方ですぐ上下するので上の値は決して決定的なものではなく, 一つの目安として考えて頂きたい。

#### 4. 考 察

以上の  $E$ ,  $W_{T1}$ ,  $W_{T2}$ ,  $W_0$ , 等に関する計算式からつぎのことが考察できよう。

(a) ガスタービンを一つの流路として見るときと, 回転体として見る時では処理エネルギー量についてのガスの種類, 温度等の影響が異なる。 $H_2$ ,  $He$  等の軽分子ガスは前者では有利であるが後者では出力を増さないだけでなく, 段数を増し, リークを増すので不利である。

(b) いずれの見方でもガスタービンの入口圧力および圧力レベルが高いことはエネルギー量を増す。これより, 高圧ガスシステムにおける利用は有利である。

(c) 回転体としての出力限界には車板やブレードの材料強度が決定的な要素となってくる。このため冷却による強度増大, 新材料の開発が重要となる。また長いブレードに対する振動問題の解決も重要であろう。

(d) ガス温度の増大は, タービンだけの出力  $W_{T2}$  には直接効いてこないが, 間接的には段数の増加を伴うとともに,  $\sigma_1$  や  $\sigma_2$  の低下をもたらす。一方ガスタービン全体の出力  $W_0$  については(11)式の  $\beta$  の低下により  $W_0$  限界を増加する。

上の効果を総合すると, ブレードの強度  $\sigma_2$  が急激に低下し始める温度の寸前において出力限界が最大となる。その関係は図3に示す通りである。なお冷却翼タービンではガス温度の増

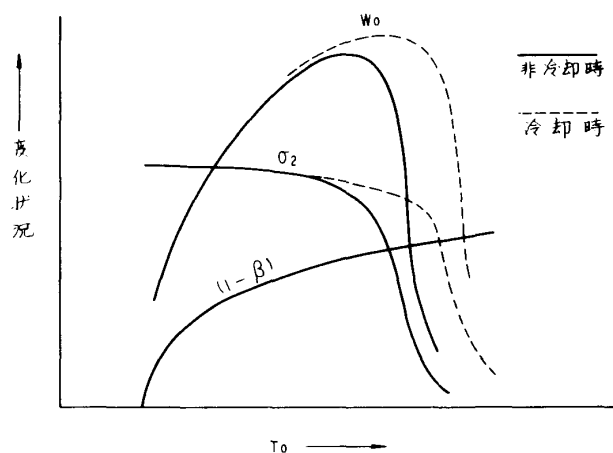


図3 ガス温度の増大による  $(1-\beta)$ ,  $\sigma_2$ ,  $W_0$  の変化状況(点線はブレード冷却時)

大にもかかわらず  $\sigma_2$  が低下するのが点線のように遅れるのでそれだけ限界を増す。

(e) 蒸気タービンシステムと比較すると、500℃ないし600℃の範囲では、蒸気タービンの方がサイクル効率の高い点（たとえば $\beta$ が小さいことに相当）と圧力比の高い点、（ $\phi$ が大きい）等において出力限界が高い。また700℃以上になると $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 等の低下のためガスタービンの出力限界が下り、いずれにおいても単機出力限界は蒸気タービンに分がある。

(f) 大出力用としてガスタービンシステムの出力レベルを上昇するには、まず圧力比が高いことが重要であり、かつ圧力レベルの高い予圧されたシステムであればなおさらよい、また再燃焼、冷却翼、冷却車板、材料の改善、ブレード形状、車板形状等の改善による強度の増大、等、個々の部分の改善の積み重ねによって式(9)(10)の各項全部を改善し限界を上昇させる努力が必要である。

(g) 回転数とタービン半径との間には(2)式等を通じての逆比例関係があるので、(9)式等の限界式より、逆に要求された出力が小さいときは、他は同じ条件として、回転数をぎりぎりまで上げ半径を小さくすることができる。このため小出力にたいしてはガスタービンが小型軽量である利点が生ずる。

(h) 上記の関係から、ある出力以下において、ガスタービンは回転数制限の少ない機器、たとえばポンプ、送風機、などの駆動に適していることとなる。

## 5. ま と め

エネルギー変換装置としてのガスタービンの考察という大きな題目にもかかわらず、本文においては、その出力限界を簡単な仮定で考察するという段階に止まった。しかもその計算式は従来からよくわかっている事実を示すものようである。

しかしガスの種類、圧力、温度、各部の強度、冷却効果などの出力限界への影響が定性的ばかりでなく、近似的ではあるが定量化された点に意義があり、かつ他の形式、たとえば蒸気タービンやMHD方式などとの比較が数量的に可能となった点に意義があると思う。

なお以上の考察を基として具体的な資源や用途を考えた第二段階の評価と考察をその二として後報したい。

## 文 献

- (1) 一色, 日本機械学会誌, 69-574, (1966-11), 44.

## 車輛用ガスタービン論

三菱自動車工業 佐藤 宏  
東京自動車製作所

最近自動車の排気公害が騒がれるようになり、ガスタービンの自動車への応用が、再びクローズアップされてきている。この機会に、果してガスタービンが車輛用エンジンとして実現するか否か、その条件について考えてみよう。

ガスタービン開発の歴史は非常に長いにもかかわらず、航空機以外への実用化は、一部特殊用途を除き、はかばかしくないのは事実である。

温古知新ということがある。17年以前E. S. Taylorが、ガスタービンの実用化に対して予想を行っているのであるが、現時点において、その当不当を検討してみることも興味あることであろう。

Taylorは、当時M. I. T.のガスタービン研究所の所長でジェットエンジンの権威者であり、1955年10月日本航空工業会の招聘に応じて来日し、流体力学を中心にガスタービン技術一般について各地で講演を行った人である。当時日本のガスタービン業界はこれにより何等かの影響を受けたことは事実である。

当時われわれは陸上用ガスタービンの開発に夢中になっていた頃で、そして、陸上用ガスタービンの実用化は思ったより困難であると思い始めていた頃で、Taylorに改めて駄目押的に水をぶっかけられたことを思い出す。

今その時の記録を読んでも非常に興味があり、一面の真理があるように思う。彼はその時点において、すべての応用分野に対してガスタービンを論じ、結論として、

“ガスタービンは、航空機以外には、使いものにならない。”

と云い切っている。

その後の17年間の技術の進歩は、彼の予想をくつがえすことが出来たであろうか。

### 1. Taylor 発言(1)

“ガスタービンが始めて現実のものとなったときには、多くの熱烈な支持者があった。これ等の支持者は、蒸気タービンが往復蒸気機関に対してとったような関係(蒸気タービンが往復蒸気機関を完全に駆逐してしまったことを指す)を、ガスタービンが、往復内燃機関に対しても持つて行くだろうと思っていた。類推は必ずしも最良の考え方を与えるものではなく、ガスタービンの場合には、熱力学第二法則から考えると、ガスタービン対往復内燃機関との関係は、蒸気タービン対蒸気往復機関の関係と全く異ったものである。”

Taylorはこのように発言し、ガスタービンは蒸気タービンと異り、簡単に往復機関にとって代わるものではないことをほのめかしている。この予想は当然のこととはいえ当てていたといわざるを得ない。ガスタービンは現在、往復内燃機関にとって代わるどころか補助的に一部で使用されているにすぎない。等圧燃焼サイクル(ブレイトン・サイクル)と、等積等圧燃焼サイクル(オットおよびサバテ・サイクル)との差は、燃費率の上から歴然と現われている。かつて、等積燃焼サイクルをガスタービンに応用し“フリーピストン・ガスタービン”および“等積燃焼ガスタービン”等が試作されたことがあったが、実用になったものは皆無といってよいであろう。ガスタービンは、あくまで等圧燃焼サイクル機関として考えるべきものであって、往復内燃機関とは本質的に異なるものであることを前提として、ガソリンおよびディーゼル機関と対決すべきものである。蒸気タービンの場合と異り、単に回転機械が往復機械に対して持っている優位性以外に、サイクルの優位性も実証されない限り、如何なる分野においても実用化されることはあるまい。

ブレイトン・サイクルが、オットおよびサバテ・サイクルに劣るのは、燃費率である。これが向上に対して Taylor は次のようにいっている。

## 2. Taylor 発言(2)

“以上述べたことは、結局効率をよくする簡単な方法はすべて試みられてしまっており、将来 CBT (compressor, burner および turbine からなるもの。または simple cycle) エンジンの効率の改良は、一つ一つとしてはあまり目立たないかも知れない数多くの改良を積み重ねて行くことによって、遅いながらも進めて行くより期待出来ないということである。勿論何か輝かしい発明がなされて、このような事態を一変してしまうことは可能である。がしかし、そのような輝かしい発明は、ガスタービンを改良すると同時に、これを過去のものとしてしまいがちなものである。”

この発言は最も恐ろしい予想である。ガスタービンの実用化には“輝かしい発明”が必要であり、その発明は同時にガスタービンを過去のものとしてしまうというのであるから、ガスタービンにとっては浮かばれない。

Taylor は、燃費率のみがガスタービンの実現を左右する要因であるという立場から、この発言を行ったものと思うが、従来の考え方からは、この発言は正しい。新機種が市場に出るために必要な条件は、娯楽のみを目的とするものを除き、その経済性が従来のものに匹敵する必要がある。直接経済性に関係のない利点、例えば“静かである”“振動がない”“トルク特性がよい”など、一般にガスタービンに対していわれている特徴は、いくらこれらを強調しても、市場に出る条件とはならない。

しかし、Taylor 発言のあった1950年代と、現在の1970年代とでは、環境に変化が起ったことに注目しなければならない。すなわち公害対策と人間尊重の風潮である。Taylorも環境の変化は予想することができなかつたようである。従来は経済性のみが主役であったが、1970年代は、公害対策と人間尊重が、或る場合には、経済性に優先することさえある時代である。公害問題はいまさらここで説明する必要はないが、人間尊重の風潮は、次のような事実で表われてきている。輸送機関の原動機に対し“静かである”“振動がない”“トルク特性がよいので操作が楽だ”などという特徴が、人件費に影響しているという事実である。すなわち例を挙げると、米国においては、蒸気タービン船が多いのであるが、ディーゼル船に対しては、“Noisy and Dirty”ということ、船員が乗りたがらない。仕方がないので船主は“ディーゼル手当”というものを出しているとのことである。また日本のタクシー業界にもよい例がある。小型タクシーを受持っている運転手には、乗り心地が悪く、疲れるという理由から手当を出している会社があるとのことである。さらに現在日本におけるトラック輸送業界において新車の購入に当たって、オペレータとしての運転手の意見が尊重されるのは、経済性のみを追求する経営者のみの判断は通用しなくなつてきている時代の流れを示すものであろう。

以上述べたように、1950年代と1970年代とでは、価値判断の基準が異つてきており、“経済性+ $(\alpha)$ ”というものが新機種実現の条件になつてきている。しかし $(\alpha)$ のみ強調しても成立しないことは当然で、例えば電池トラックを考えた場合、そのエネルギー容量は40~50 W/kg程度であるから、300PS級のトラックにおいてはバッテリーのみで約5000kgとなつてしまう。原価は別としても荷物を積む容量が少なくなり、無公害性、乗心地は満点であっても経済的に成立しないことは確かである。1970年代の原動機もある限界内における経済性は必要である。

経済性と $(\alpha)$ とを分けて先づ経済性について考えてみよう。

ガスタービンの経済性に直接関係する燃費の向上に対して Taylor の発言は次のようなものである。

### 3. Taylor 発言(3)

“もしCBTX(CBTの燃費率向上のため熱交換器をつけたもの)エンジンを自動車用につくつたら、その大きさは現在用いられている往復内燃機関と大した違いはないものになるであろう。なぜならば熱交換器が大きいからである。その上熱効率は往復内燃機関程良くないのであるから、自動車用機関としてはいつまでも往復内燃機関が使用されるであろうと私は信じている。誰かが素晴らしい発明でもしない限り。”

現在開発中の“デトロイト型”(GM, FordおよびChrysler型)ガスタービンにつ

効率の現状を検討して見よう。

Taylorは“素晴らしい発明”がない限り、ガスタービンの効率は往復内燃機関に匹敵するものは出現しないといっている。この17年間に“素晴らしい発明”または“輝やかな発明”があったであろうか。“飛躍的にタービン入口温度が上昇した。”“Cercor 又は Cer-Vit のようなセラミック熱交換器の発明があった。”“単段輻流圧縮機の効率および圧力比がいちぢるしく向上した。”これらは“素晴らしいそして輝かしい発明”であろうか。私はそうは思わない。これらはガスタービンの効率向上に役立ったことは確かであるが Taylor のいう“一つ一つとしてはあまり目立たないかもしれない数多くの改良の積み重ね”だと思う。現在の“デトロイト型”の燃費率は300~400PSのもので200g/PS·h, 150PS程度のもので250g/PS·h程度で頭打ちの傾向にある。さらに往復内燃機関に対抗するために“Variable geometry”または“Power transfer”などを採用して部分負荷の燃費を向上せしめようとしているが、計算上はいざ知らず、現実のものとしては、往復内燃機関に匹敵するとは云えない。熱交換器にしても“regenerator”および“recuperator”が考えられているが、Taylorが指摘したように、regeneratorにおいてはsealingの問題が解決されておらず、recuperatorにおいても大きさと温度効率との兼ね合いに問題がある。云い換えてみると、現在の自動車用ガスタービンは、Taylor時代の技術の延長上にあるもので、飛躍したものではないということが出来る。

自動車にガスタービンを採用するには何か“きめ手”が欲しい。経済性のみを論じている限りガスタービンの実用化はあり得ないといってよいであろう。

次に(α)について考えてみよう。(α)の中で最も重要なものは“無公害性”である。上述のようにガスタービン自体の中には飛躍は起らなかったのであるが、環境の中に飛躍といってよい変化が起ってきた。この環境の変化にもしガスタービンが最も適応しているものであったとしたらどうであろうか。Taylorの予想は裏切られるであろう。

ブレイトン・サイクルとオットおよびサバテ・サイクルとの差を効率のみで論じたことに間違があり、燃焼形態の差、すなわち連続等圧燃焼と断続不等圧燃焼との差、および空燃比の差も両者の優劣を論ずる要素の一つとなってきた。

断続不等圧燃焼解析はHeterogeneousなディーゼル機関は勿論Homogeneousを仮定し得るガソリン機関に対しても非常に困難であり、多くの実験から定性的帰納を行い対策するより手がなく、どちらかという後処理方式で進みつつあるようである。これと後処理装置に問題があり、燃焼機構のみで解決するのが最善の方法である。

これに対してガスタービンの燃焼は連続等圧燃焼であり、その解析は往復内燃機の燃焼に比較

して容易であろう。現在米国において行われている EPA 資金による各社の研究により、マスクー法案を上回る性能の燃焼器が開発されれば（現在発表されているデータはマスクー法の限度の二倍程度である）、経済性は往復内燃機関に劣るとはいえ、ある程度のところまできており、その他の特徴も合せて経済性+（ $\alpha$ ）という規準で勝負すればガスタービンの実現は可能かもしれない。これが化石燃料を使用する最後のエンジンとしてガスタービンが世に出るか否かの“きめ手”であろう。そして最後のチャンスであろう。

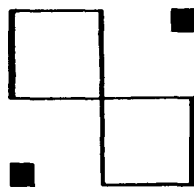
以上車輛用ガスタービンが実用化されるための条件について述べたのであるが、車輛用ガスタービンには、それ固有の問題点、たとえば“小型であること”“発停および負荷変動がはげしい”“熱交換器を持っている”“エンジンプレーキ機構”“低原価であること”など、まだまだ解決すべき問題点がある。Taylor は燃費率の改良に“素晴らしい、そして輝かしい発明”が必要であるといったが、自動車用ガスタービン一般に対して次のようにもいっている。

#### 4. Taylor 発言(4)

“現在米国において非常に研究されているが、魔術でも使わぬ限り、莫大な研究費にもかかわらず満足な結果は得られぬであろう。私としては冒険はしたくない。”

1970年代は“原理の発見のない時代”といわれているように、魔法ともいえる原理を発見する事は出来ないであろう。ガスタービンの燃費率を往復内燃機と等しい迄向上させることは原理的なものであるから魔法が必要かもしれないが、低公害燃焼器の開発および現在当面している車輛用ガスタービンの問題点の解決には魔法は必要ないようにも思う。Taylor のいう“一つ一つとしてはあまり目立たないかもしれない努力”が車輛用ガスタービンを実現させる手段である。

( $\alpha$ )なる要素が、今後車輛用ガスタービンに如何なる形で作用していくか注目していきたいと思う。



## 過給機の諸問題と無冷却形の開発

三菱重工(株)長崎造船所	泉	修	平
全 上	久	富	郎
全 上	倉	完	充
三菱重工(株)長崎研究所	辻	村	玄 隆

### 1. ま え が き

最近の過給ディーゼル機関は出力率の上昇に伴って、年々掃気圧力が高くなってきている。

図1は三菱重工長崎で開発されたUE型船用2サイクルディーゼル機関の出力率と掃気圧力の推移を示したもので、近い将来圧縮比3.0~3.5

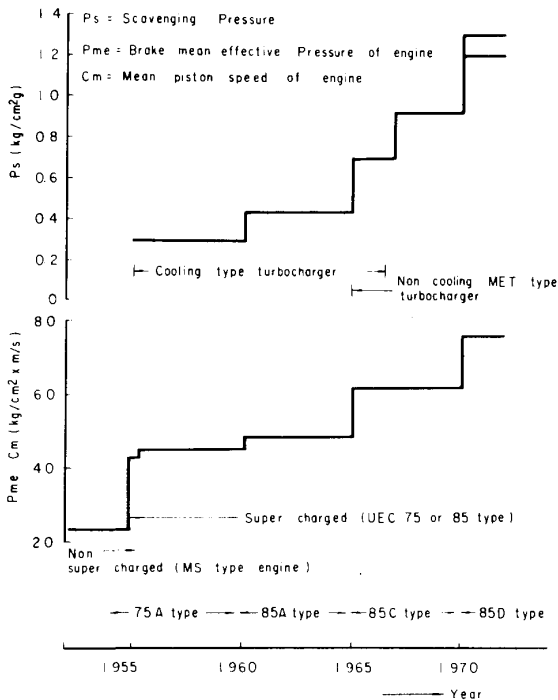


図1 機関出力率と掃気圧力の推移

の圧縮機が要求されるものと思われる。一部の4サイクル機関においては、2段過給方式で、掃気圧力が $3.4 \text{ Kg/cm}^2\text{g}$ の機関が実用化に成功しているが、<sup>(1)</sup> 一般に過給用圧縮機としては、遠心単段形式が使用され、ガスタービン用遠心圧縮機と同じ水準のものとなりつゝある。表1は遠心圧縮機をもつ数社のガスタービンと、三菱重工長崎で開発されたMET形無冷却過給機の圧縮比と周速を比較したものである。以下に、過給機における技術上の諸問題と、MET形過給機の概要を紹介し、御参考に供したい。

### 2. 過給機固有の諸問題

過給機は主機関の排気で駆動されるので、機関の運転条件に自動的に追従し、特別の制御装置を必要とせず、又ガス温度も相当低い等、簡

単な面もあるが、過給機固有の問題点も多い。

**2.1 機関と過給機のマッチング** タービンの圧力流量特性は主機関の性能に著るしい影響を与えるもので、主機関全体の系のエネルギー平衡を考慮して、慎重に決定される。このため電算機を用いて、各構成要素(圧縮機→空気冷却器→シリンダ→排気弁→排気管→排気タービン)の単独特性を組合せて、サイクル計算を行い、最適条件を求めることも行われている。<sup>(2)</sup> 図2はタービンの流量特性が主機性能に与える影響を計算により調べたものの一例である。

表1 遠心圧縮機をもつガスタービン

形式名	製造会社	圧力比	周速 $m/S$
MET形過給機(試作機)	三菱重工	3.8~4.0	475
DART 10	Rolls Royce	1 3.3 2 3.6	1 約 430(推定) 2 約 370(推定)
ASTAZOU 11	Turbomeca	3.8 (全 6.0)	約 465(推定)
TPE 331-25	AiResearch	3.3	約 430(推定)
KG 2	Kongsberg	3.5	約 410(推定)

一方、過給機は表2に示すように数形式の標準化された大きさのもので、数百馬力から数万馬力までの形式や性能の異なった数多くの機関に、効率よく適合させることが必要であって、同一大きさの過給機で巾広い空気流量を処理せねばならない。表2の容量表では、一形式で処理する最大最小の

風量比は約1.7になっている。このため、圧縮機側ではディフューザや扇車出口巾を変え、タービン側ではノズルおよび動翼の高さとノズルの流出角を簡単に換え得る構造となっている。図3は同一扇車径で、空気流量を変えた場合の特性試験結果の一例を示したものである。

2.2 圧縮機のサージング 過給機の圧縮機出口と主機関の間には大きな容積を有する掃気溜りが設けられて、ピストンの吸入作用により発生する圧縮機吐出管内の脈動現象を減衰させるようになっているが、ある程度の圧力変動が残り、過給機固有のサージング現象が発生しやすい。この点について、特別な試験装置によって行われた研究結果が発表されているが、

(3) 図4は掃気溜り容積を変えた場合の変動ループの計算結果の一例で、サージングを起していない  $V_T = 2.5 \sim 1.5$  の場合のサイクル

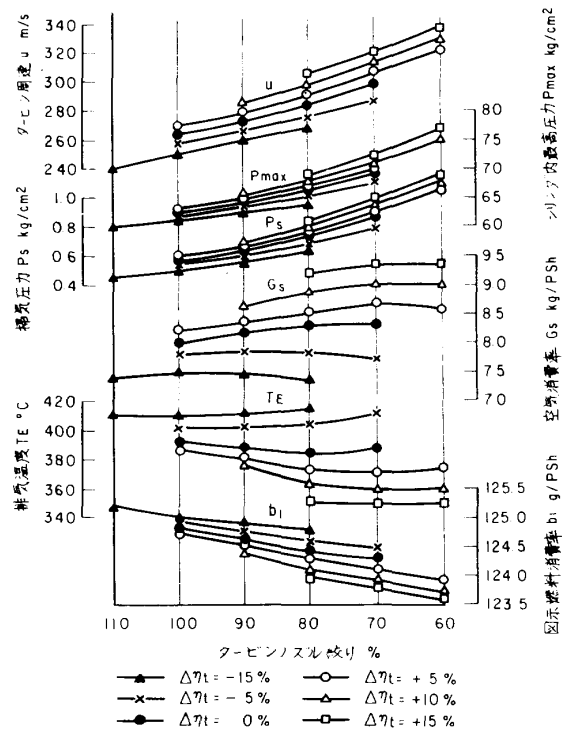


図2 排気タービンノズル面績効率変化計算

数は機関側の強制変動周期と同じであり、サージングを起している  $V_T = 1.0$  の場合は強制変動周期の1/2になっている。このことは実験結果とも一致し、理論的な現象の取扱いが可能とな

表2 MET改良形過給機の系列と容量

形式	最高連続許容 回転数 (rpm)	適用可能空気量範 囲圧力比 2.5 の時 ( $m^3/s$ 吸入状態)	過給機重量 (Kg)
MET 350	20,000	2.70 ~ 4.50	880
MET 450	15,800	4.40 ~ 7.20	1,500
MET 560	12,700	6.90 ~ 13.5	2,300
MET 710	10,000	11.0 ~ 22.0	4,200
MET 900	8,000	17.8 ~ 29.0	7,500

った。

2.3 動圧過給機関  
における特異点 過給  
方式としては、機関の排  
気を一度大きな排気溜り  
に入れて、シリンダーか  
らの排出圧力の脈動を減  
衰させ、ほぼ一定の圧力  
で排気タービンを駆動さ

せるようにした静圧過給方式と、排気溜りを設  
けずに、小さな断面積の排気管で直接排気をター  
ビンに導き、排気管に発生する脈動圧のエネル  
ギを積極的に排気タービンで吸収するように

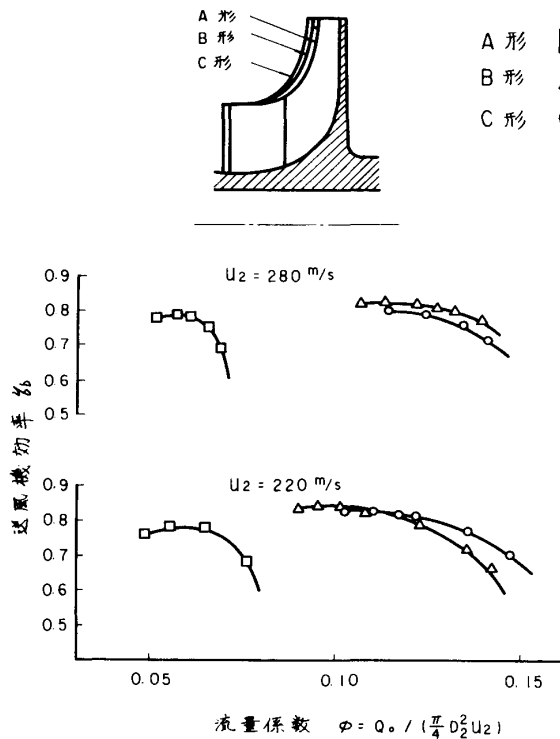


図3 遠心送風機翼車形状比較  
試験結果例

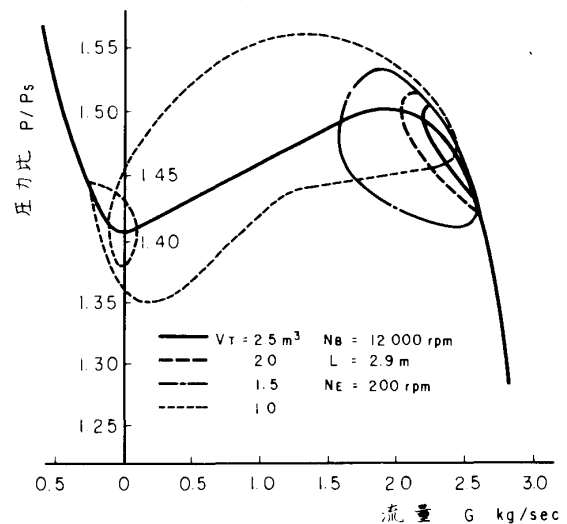


図4 圧縮機サージング特性の一例

した動圧過給方式の二つがある。後者においては排気ガスの流れは脈動流であって、次のような問題がある。

(a) 部分送込タービン 主機関と排気タービンを結ぶ連結部において、多数のシリンダーから出る排気を一つの排気タービンに結ぶと、干渉を起し、機関の掃排気作用が円滑に出来難くなる。この干渉を避けるため、1台の主機関に数台の過給機をつけたり、蒸気タービン高圧部で用いら

れている部分送入のように、1台のタービンのノズルをいくつかのセグメントに区切って、各々のセグメントに特定シリンダーのみの排気を導いたりしている。図5に示す7シリンダ機関においては、ノズルを二つのセグメントに分けているが、この場合、タービン入口の圧力は、図のB-C、D-Eの間等で大気圧以下に下り、タービンが送風機作用をする期間があることが分る。この時、翼が送風機作用をするための損失の外に、セグメントの継目において、流体が拡散するための損失などが発生する。この継目損失について、筆者らは詳細な試験を行い、次の式で定義される継目損失係数を求めて、設計に応用している。(4)

$$\zeta = [ \frac{1}{2} (Le_{F\epsilon 1} + Le_{F\epsilon 2}) - Le ] / \frac{1}{2} | Le_{F\epsilon 1} - Le_{F\epsilon 2} |$$

ここに  $Le_{F\epsilon 1}$ ,  $Le_{F\epsilon 2}$  はそれぞれのセグメントに作用する条件（圧力、温度、回転数）と同じ条件で、セグメントが

ない全周送入タービンの場合に発生する軸出力で、 $Le$  はそれぞれのセグメントの作動条件が  $\epsilon 1$  および  $\epsilon 2$  である部分送入タービンで得られる軸出力である。この式で定義される  $\zeta$  は各セグメントの作動条件を種々に変えても、ほぼ一定となり、 $\zeta \approx 0.05$  であった。

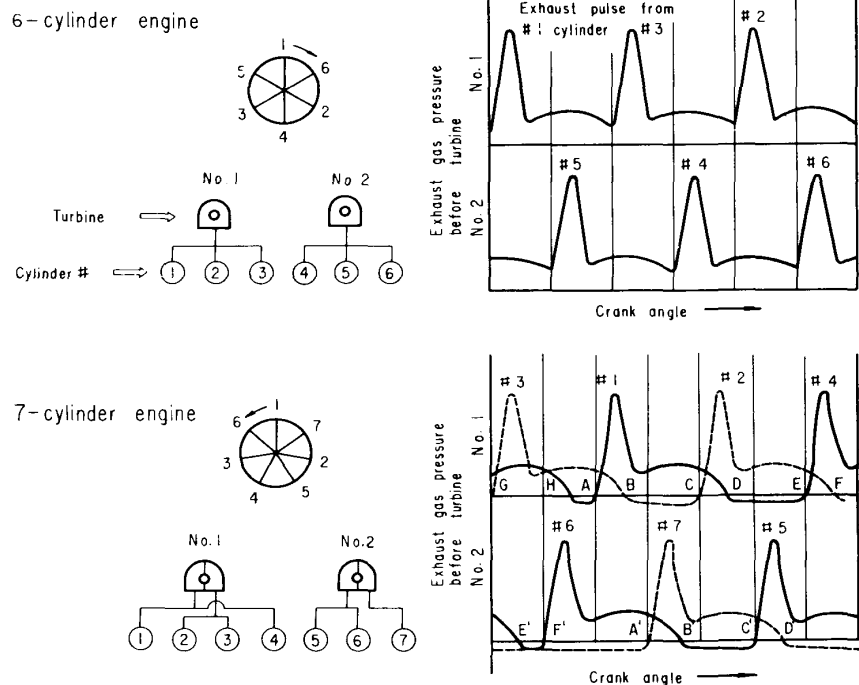


図5 排気タービン配列法と排気変動圧力の模式図

(b) タービンの非定常特性 図5に示すよう

にタービン前後の圧力比は時々刻々変化しているが、この場合のタービン出力は各瞬間において定常流特性が成立すると仮定して出力を積分して求めている。しかし脈動の周期が早くなると、非定常の影響が現われて、この仮定では誤差が出て来ることが懸念される。又主機関から排気タービンまでは可成りの長さの連結管があり、この中で圧力波が発生する。この解析には特性曲線法が用いられているが、(5) この解法において、排気タービンは一方の管端の境界条件を与えるものと考え、排気タービンそれ自身のもつ流路の等価長さを連結管の実際の長さに加えている。この排気タービンの非定常特性と等価長さについては、既に発表されたものがあるので、詳細は

省略するが、

(1) 船用大形機関に発生する脈動流程度の **Reduced frequency** においては排気タービンの非定常性は考えなくてよい。

(2) 等価長さとしては、タービン直径の約5倍をとればよい。

ことが示されている。<sup>(6)</sup> 尚同じような研究がその後英国でも行われている。<sup>(7)</sup>

(c) 超音速流れ 普通、ガスタービンにおいては、段数も多く 又ガス温度も高いので、超音速流れが問題になることは少ない。過給機においては、ガス圧変動の最高点の膨張比は4.0に達することがあり、且つ単段であるので、翼列を出る流れは超音速になることが多く、又変動周期1サイクルの間で、高亜音速になる期間はかなり長い。翼形が悪いと、高亜音速域においても衝撃波により剥離が発生し、タービン効率を低下させるので、超音速翼列風洞による研究が行われている。図6はその試験結果の一例で、この翼列の場合は、形状がよいので、衝撃波による剥離は発生していない。



(a) 干渉稿写真



(b) シュリーレン写真

図6 高速翼列風洞試験結果の一例

(d) 推力軸受 タービン前後の膨張比が変動するため、過給機の推力軸受には大きな周期的変動面圧が作用する。変動面圧下の滑り軸受は一般に可成り大きな面圧を許容し得るが、過給機の場合には高周速(時には $100\text{ m/s}$ を超える)であることが加わって、設計を難かしくしている。ある機関メーカーは、静圧過給機関の有利な点として、この問題を挙げている程である。<sup>(8)</sup> この点についても高周速で変動推力をかけられる特殊な軸受試験装置を製作して、理論および実験の面から研究が行われている。<sup>(9)</sup>

2.4 硫酸腐食 過給機は主機関の冷却水を簡単に利用出来るので、タービン車室を水冷却した構造のものが多いが、船用大形ディーゼル機関においては、運航採算の改善を図るため、1950年代からC重油が使われ始め、これに伴って1960年代に入って、排気ガス中の硫酸分によるタービン車室内面の腐食が激しくなり、漏水事故が多発するようになった。<sup>(10)</sup> MET形無冷却過給機はこの抜本的対策として開発されたもので、水冷却を完全に廃止した大形過給機では世界唯一のものである。無冷却にすると、車室の温度が硫酸の露点以上に保たれ、腐食が発生しない。尚水冷式過給機においては、車室肉厚の増大、長時間使用後のタービン車室の換装等の対策が取られている。

### 3. MET形無冷却過給機

この過給機は上述のように硫酸腐食の抜本的対策として、三菱重工長崎において、独力で開発されたもので、数多い船用機器の中で数少い自主技術製品であり、既にその詳細について発表したものも多いが、<sup>(11) (12) (13) (14) (15)</sup> 水冷却を廃止した構造であるので、水冷式に比較して、よりガスタービンに近いものとなっている。以下その概要を紹介する。

3.1 開発経過 1962年に開発を企図してから、約1.5年後に試作機を完成し、実船における長期間の耐久力試験を含む入念な諸試験の後、1965年末実用第1号機を世に送り出した。引続いて数百馬力から数万馬力までの広汎な機関に適用出来るよう5形式の系列を1966年末に完成した。生産量は逐年増加し、1972年末において総生産台数は約1,100台、とう載機関の出力合計は約350万馬力に達している。此の間1969年から71年にかけてオリジナルのものより、より圧縮比が高く、性能ならびに保守取扱い面において改善された改良形を開発している。この改良形の系列と容量は表2に示したものである。

3.2 構造 水冷却を廃止するためには、車室に発生する熱応力、熱変形、さらには潤滑油が高温にさらされ劣化するなどの諸問題を解決しなければならないが、種々の構造案について検討した結果、圧縮機車室とタービン車室の中間に2個の平軸受を持ち、圧縮機車室とタービン車室を中間車室で連結する構造のものを採用した。この基本的な構造については、オリジナル形も改良形も変りはない。改良形の縦断面図を図7に、又外観写真を図8に示す。

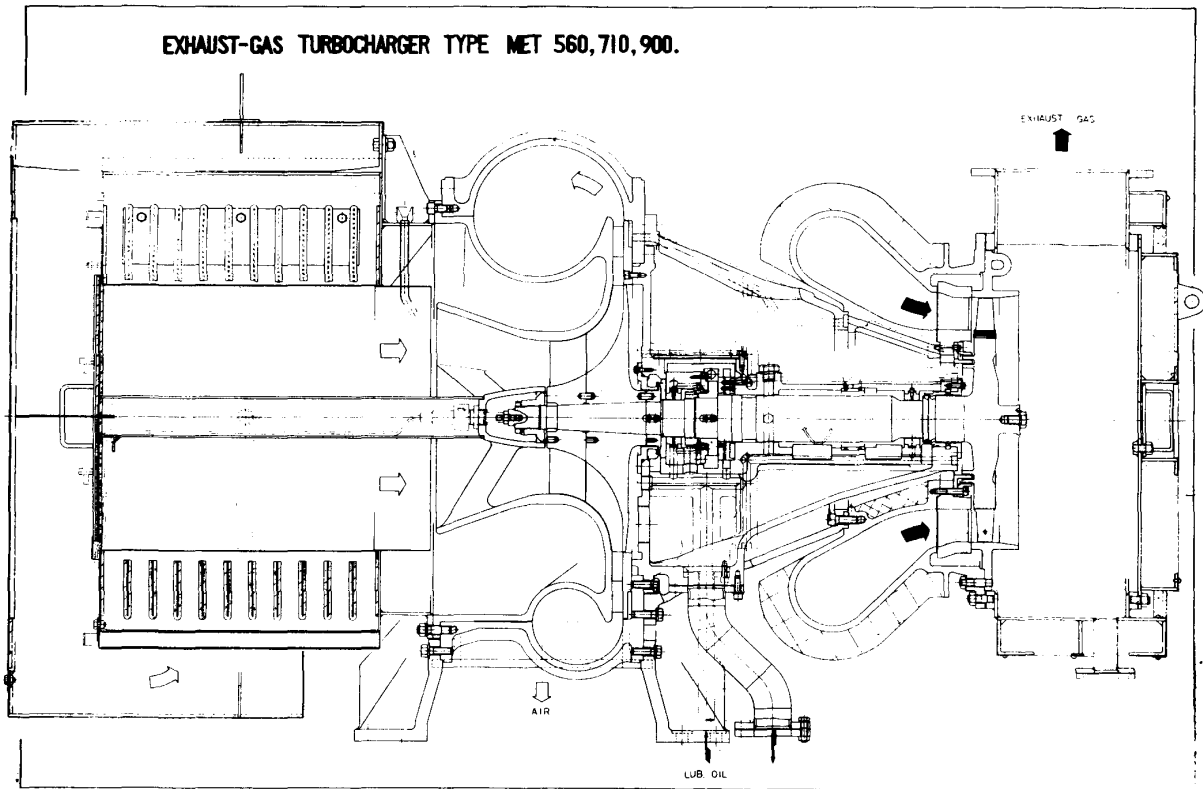


図7 EXHAUST-GAS TURBOCHARGER TYPE MET 560, 710, 900

図7の左側は遠心1段の圧縮機部分，右側は軸流1段のタービン部分で，この中間に軸受箱を有し，その内部に設けた2個の平軸受で回転体を支えている。軸受箱は圧縮機車室のみに固定され，タービン車室との機械的結合はない。一方タービン車室は中間車室を介して圧縮機車室に結合されている。中間車室は軸方向に相当の長さを持っているので，ガス側から空気側への伝熱が少なく，圧縮機効率を阻害しないと同時に，高温部の熱膨張や熱応力に十分耐えることが出来る。軸受箱はタービン車室と金属接触をしないで，試作機で実測された軸受箱内面の温度はすべて100℃以下であり，潤滑油の劣化を防いでいる。軸受および軸受箱は水平2分割形で，中間車室に設けられた開孔部を通じて，すえ付け状態のままローターを抜くことなく，開放

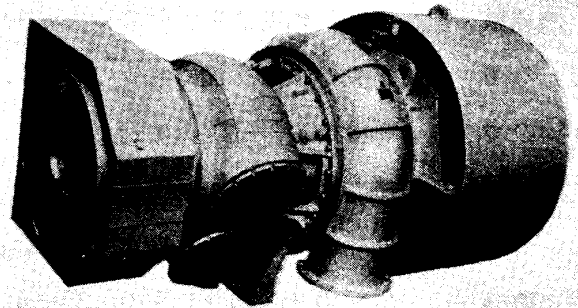


図8 MET 900形過給機外観

点検が可能である。この部分の構造については日本を含め8ヶ国の特許を取得している。<sup>(16)</sup> 尚軸受部を除くすべての構成部分は輪切り構造を採用して、剛性の保持と製作費の低減を図っている。

3.3 性能 過給機の総合効率  $\eta_{all}$  は流入する排気ガスの理論入力と圧縮機出口の理論空気出力の比で定義され、

$$\eta_{all} = \eta_t \times \eta_m \times \eta_c$$

とも表わすことが出来る。ここに

$\eta_t$  : タービン効率

$\eta_m$  : 機械効率

$\eta_c$  : 圧縮機効率

静圧過給機関にとりつけた場合、効率のよいもので、 $\eta_{all} \cong 0.62$ ,  $\eta_t \cong 0.82$ ,  $\eta_m \cong 0.95$ ,  $\eta_c \cong 0.80$  位である。

タービン効率の約82%は、ガス流入速度が通常のタービンより大きく、かつ入口部の形状が主機関により制約されること、又単段であることを考えれば、通常のガスタービンと同じレベルのものと言える。図9はタービン入口ケーシングを変えた場合の効率を調べたもので、入口ケーシングの影響が大きいことを示している。尚水冷式過給機では、冷却のため効率が2~3%下るようであり、この点でも無冷却式は有利である。

機械損失としては、軸受損失と漏洩損失が主なもので、軸受損失の中では推力軸受の分が大きいので、推力軸受の設計は慎重に行っている。

図10は圧縮機特性の1例で、圧縮比2.5において、断熱温度効率は最高82%である。この過給機3台で、出力36000PSの大形ディーゼル機関を賄うことが出来る。

図11, 12はMET形過給機を装備した代表的な機関の性能を示したものである。

主機関の出力率は今後も年々高くなっていくものと考えられるが、これに伴って圧縮比の向上と効率の改善は益々重要な課題となっており、圧縮比3.0以上で高性能の過給機の開発が、機関の高出力化の成否を左右するものとして、

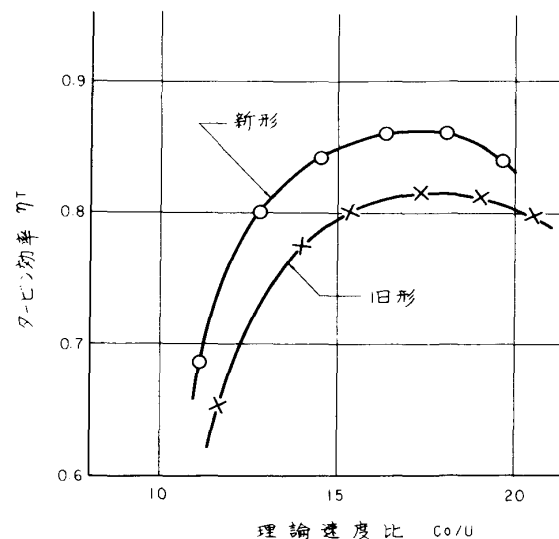


図9 小形空気タービンによるガス入口ケーシング比較試験結果

強く要望されている。

図13は試験用高圧力比圧縮機の特長試験結果で、圧縮比3.6で効率82%を得ており、将来の超高過給機関の要求を満し得るものと考えている。

**3.4 強度、振動** 現在実用されている圧縮比3.0以下の過給機においては、圧縮機扇車の回転強度は問題にならないが、共振現象については十分な検討が必要であり、実測ならびに計算の面から、前翼および扇車の安全性を十分チェックしている。

一方タービンは軸流一段であるため、動翼尖端の周速度は約400 m/sに達するものもあり、十分な検討を行っている。図14はMET改良型の開発に先立って、タービン車板のみの回転破壊試験を行った後の車板の破壊状態を示したものである。想定される破壊のモードと、計算によって推定した破壊回転数を表3に示すが、実際の破壊回転数は46,380 rpmであって、TYPE1のモードで破壊したものと考えられる。供試体の大きさに対する定格回転数は21,000 rpmであって、動翼の遠心力ならびに熱応力を加えても十分安全であるが、これらの試験結果から、改良形実用機では、更に車板形状の改善を行い、大気溶解の素材で十分な安全率をもつ設計としている。

次に軸受損失を小さくすることは、総合効率を上げる上から重要であ

次に軸受損失を小さくすることは、総合効率を上げる上から重要であ

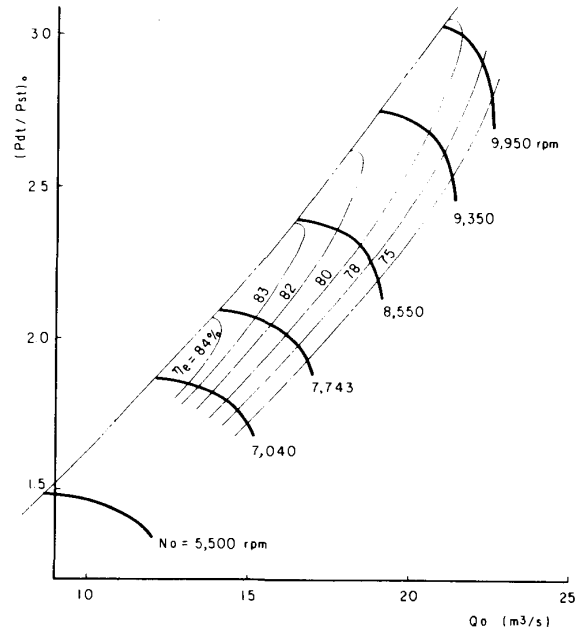


図10 MET 710形過給機圧縮機特性の一例

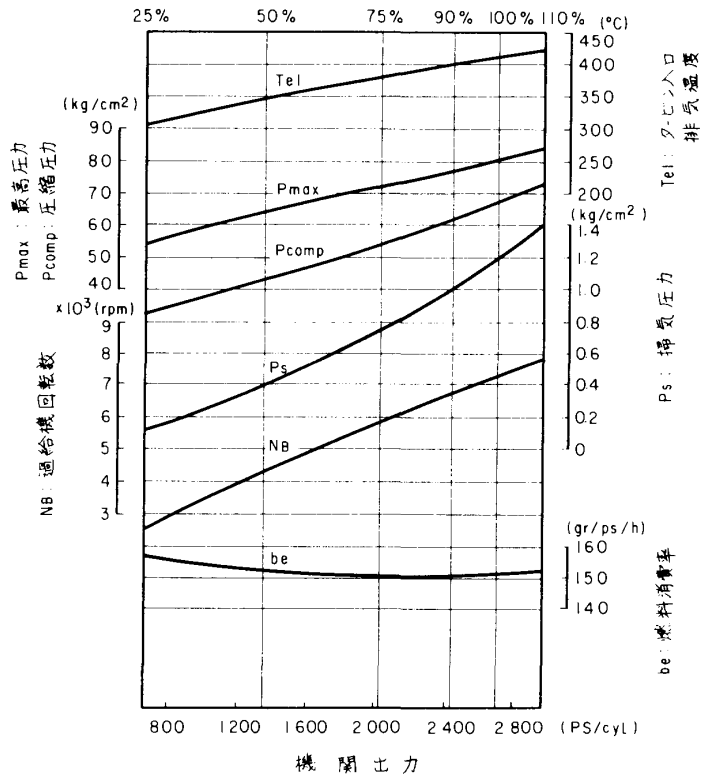
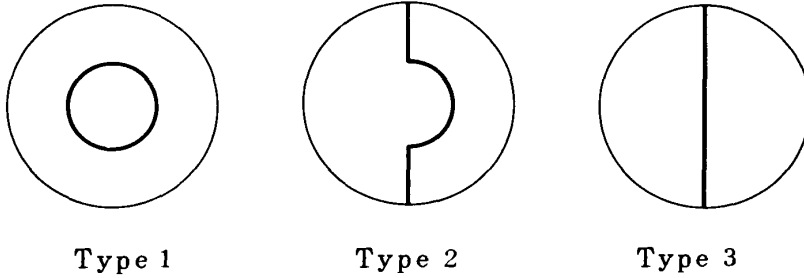


図11 三菱8UE C85/180 D形機関(21600PS×115rpm)性能曲線(過給機MET 900形×2台)

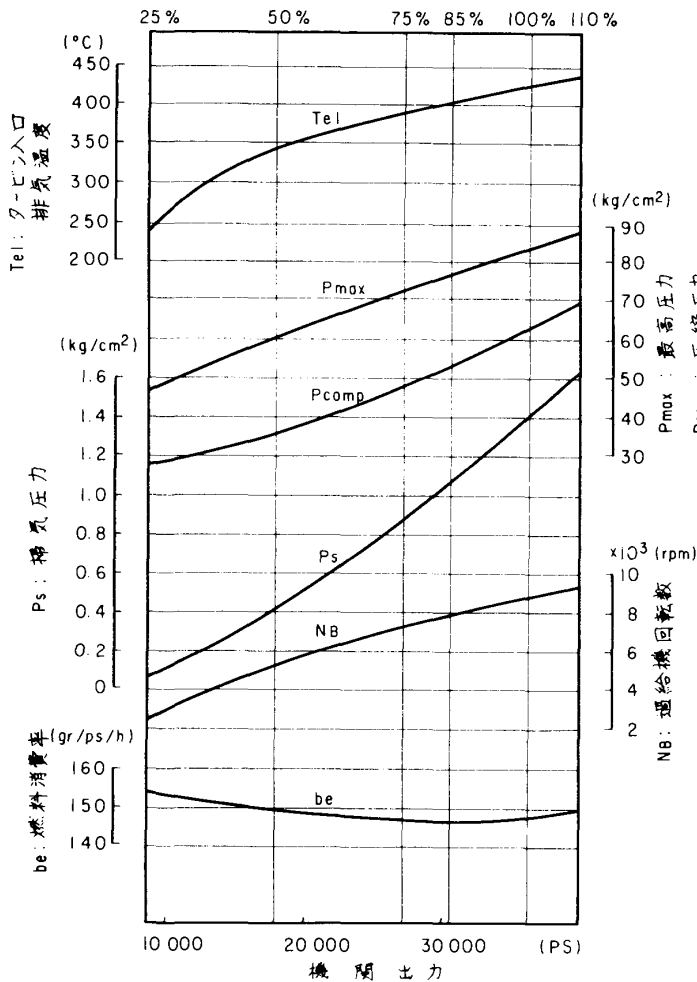
表3 タービン車板の推定破壊回転数 (rpm)

Type	1	2	3
全面降伏	39,600	42,800	49,800
破壊	42,100	45,300	58,300



て、このため軸受直径は極力小さく押えられる。従って回転軸は撓み軸となり、軸系振動防止のため対策が必要である。

MET形実用機では2ロブ形の軸受を用いているが、今後更に高圧縮比のものとなって行けば、テイルテングパッド形も採用されるものと思われる。



### 3.5 保守, 取扱い面 労働

力不足、或いは作業環境改善の面から、保守、取扱い面の改善は今後益々要求されてくる。改良形の開発に当っては、それまでの実績の反省から、船内で行われる空気吸入部フィルターの清掃作業や、ローターの開放作業を容易にするための改良や、騒音対策についても改善が行われた。

### 4. あとがき

主機関の高出力化に伴って、より高い圧縮比においてより効率がよく又より信頼性のある過給機が益々要求されてきており、今後もガスタービンで得られた新しい技術を参考にして、過給機の改善に努力して行きたい。

図12 三菱9 RND 105形機関(36000 PS×108rpm) 性能曲線 (過給機MET 710形×3台)

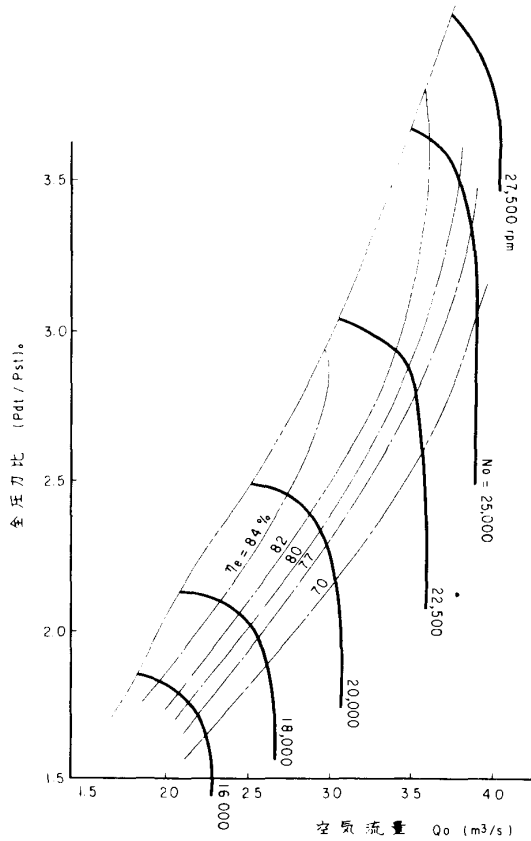


図 13 試験用過給機圧縮機特性の一例

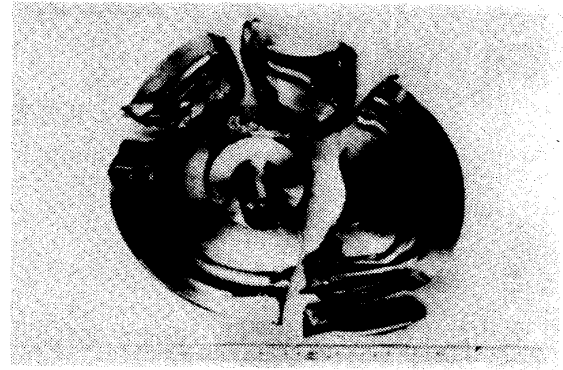


図 14 タービン車板回転破壊時の破面

文 献

- (1) 浅見, 内燃機関, Vol. 12, No.137, P. 50~56 (1973. 5)
- (2) 申山, 他, 日本機械学会文集, 36 卷, 230号, P. 1539~1548 (40. 10)
- (3) 矢野, 長田, 日本機械学会論文集, 36 卷, 288号, P. 1374~1384 (45. 8)
- (4) 久留, 辻村, 三菱重工技報, Vol. 8, No. 1, P. 60~66 (1971-1)
- (5) Jenney E. The Brown Boveri Review, Nov. 1950 P. 447~461
- (6) Yano T. Mitsubishi Technical Bulletin, MTBO101 3R (Jan. 1964)
- (7) Craig H.R.M. et al Proc. Inst. Mech. Engrs 1968-69, Vol. 183
- (8) Zinner K. The Motor Ship, Vol. 49, No. 577 P. 239~240 (Aug. 1968)
- (9) 朝鍋, 日本機械学会第 375 回講習会教材 P. 13~24 (1973-3)
- (10) 太田, 松尾, 三菱重工技報, 3 卷, 2 号, P. 143~148 (1966. 3)
- (11) 泉, 他, 日本機械学会誌, 70 卷, 581号, P. 933~936 (42. 6)
- (12) 泉, 内燃機関, 9 卷, 6 号, P. 43~50 (1970. 6)
- (13) 泉, 他, 日本船用機関学会誌, 7 卷, 6 号, P. 407~421 (47. 6)
- (14) Diesel And Gas Turbine Progress, P. 58 (May, June, 1970)
- (15) The Motor Ship, Vol. 53, No. 629, P. 405~407 (Dec. 1972)
- (16) 特許庁, 特許公報, 特許出願公告, 昭 41-6763

# 研究速報・寄書

## 空冷式ガスタービン翼の開発

石川島播磨重工業(株) 原動機事業部 大塚 敬介  
技術研究所 大塚 健一郎  
平田 嘉因

### 1. 緒言

石川島播磨重工業(株)では、重油を燃料とし、燃料消費率のよい産業型ガスタービンを開発するため、タービン入口温度870℃、出力5MWの試験用ガスタービンを製作し、1973年2月迄に自家発電装置として、重油、軽油および灯油を燃料とし、延4000時間以上の耐久試験を行ってきた。<sup>(1)</sup>

このガスタービンは粗悪燃料の使用を目的としており、高温部材の防食対策として、または必要強度を確保のため各部に有効な冷却構造をとり入れ、可能な限り高価な耐熱合金鋼の使用を避けてコストの低減を計り、かつ十分な耐久性を有するよう計画している。

ガスタービンで高温腐食が起り易く、応力的にも最も苛酷な状態に曝されるのはタービン翼である。

従来種々の実績をもとに、この種のガスタービンで翼表面金属温度は750℃以下に保つことが高温腐食防止のために必要であり、機種の特徴を生かしつつ、いかにして効果的に翼冷却を行うか設計上重要である。

当初このガスタービンでは1、2段静翼に溝付きストラットに薄板で構成した翼形を張り付けた Return Flow 型強制対流空気冷却翼を用いていたが、将来タービン入口温度を更に高温化することを考慮して、精密鑄造による空気冷却動・静翼の開発を試験用ガスタービン耐久運転試験と並行して行ってきた。<sup>(1)</sup>

冷却動・静翼の開発に際しては、モデル並びに実翼を用いて構成要素の伝熱特性、冷却空気流れ特性および温度分布など各種の試験を行ってきたが、静翼については、熱疲労試験および熱衝撃試験を行ない、実機に使用してもその耐食性および強度的に問題がないと結論が得られ、試験用ガスタービンに装備し実機試験の段階に入った。

## 2. 供試翼 (1段動翼および1段静翼)

動翼は材質 Inco-713C, 一方静翼はX-40の一体精密鑄造翼であり, その翼表面には耐食性向上のためクロマイジング処理を施している。

動・静翼の翼弦方向に沿った断面図を図1に示す。

動翼は Pin Fin 型を, また静翼は翼弦方向に前縁側半分を Return Flow, 後縁側半分を Pin Fin 型強制対流空気冷却方式を用いている。動・静翼とも後縁吹出し孔を設けて冷却空気を主流ガスに吹出して後縁部の冷却を行っている。後縁吹出し冷却空気の速度分布は動・静翼ともほとんど一様であった。

翼前縁部の冷却は, 翼先端に吹出し孔を設け, 前縁部を冷却する空気を流れ易くして冷却効果をあげている。冷却空気量の約5%が翼先端吹出し孔から主流ガス中へ吹出している。

翼内 Flow Pattern は, モデル翼で予めその分布および流量配分を調べると共に, Pin Fin 要素についてはその伝熱特性を別に求め, 翼内流路の大きさ, Pin Fin の配置並びに後縁吹出し孔配備等の計画を行った。

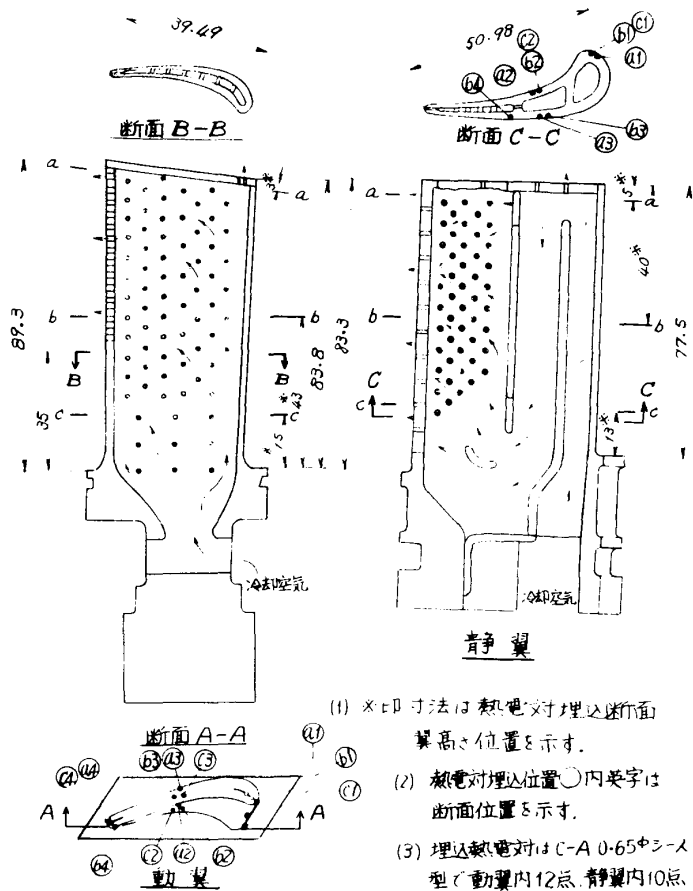


図1 翼断面図および熱電対埋込位置

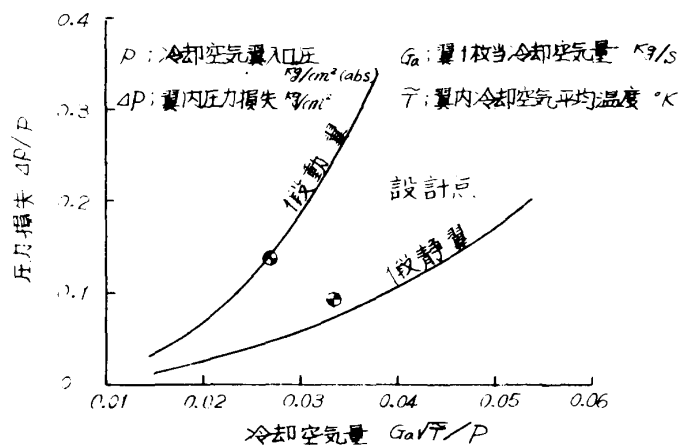


図2 冷却空気流量特性

動・静翼の冷却空気流量特性は図2に示すとおりである。

### 3. 温度分布試験

試作翼の温度分布は高温ガス風洞を用いて、供試翼3枚で構成する翼列の中央の翼を対象として調べた。

翼表面温度分布は図1に示した各点に熱電対を埋込み測定し、冷却空気量、主流ガス温度並びに翼列入口主流ガスレイノルズ数に対する影響を調べた。

主流ガス流量  $G_g$ ，冷却空気流量  $G_a$ ，翼内平均金属温度（動翼12点，静翼10点） $\bar{T}_w$ ，主流ガス温度  $T_g$  および翼入口冷却空気温度  $T_{ai}$  として，図3に冷却効率  $\eta = (T_g - \bar{T}_w) / (T_g - T_{ai})$  に対する冷却空気量の影響を，また図4に， $G_a/G_g$  を一定に保ち，代表長さに翼弦寸法をとって表わした翼列入口主流ガスレイノルズ数  $Re_g$  と  $\eta$  の関係を示した。 $Re_g$  の増加について多少  $\eta$  が増す傾向が見られるが，この範囲内では  $Re_g$  の影響は無視しうる。また，主流ガス温度の影響についても，試験の結果， $\eta$  に対し影響は認められず，結局  $\eta$  は  $G_a/G_g$  より一義的に定められる。

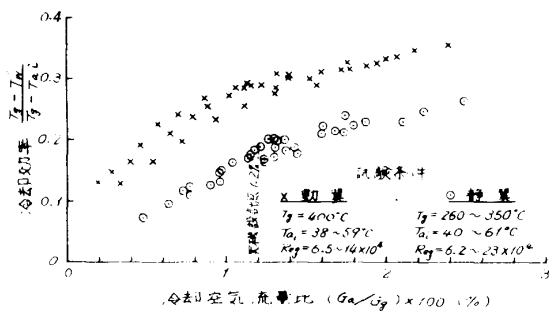


図3 冷却空気量の影響

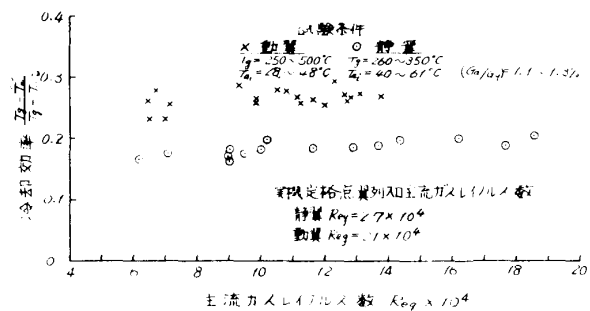


図4 主流ガスレイノルズ数の影響

実機定格点における設計冷却空気量  $G_a/G_g = 1.2\%$  のときの翼表面冷却効率分布を図5に示す。ここに示す翼内温度分布計算値は翼断面をメッシュに分割し，各メッシュについて熱平衡方程式を解いて求めたものである。この計算に用いた翼表面局所熱伝達率は，カタニスの方法<sup>(2)</sup>により計算した主流ガス翼表面速度をもとに，よどみ点では楔面の場合を円柱面に近似する方法，層流境界層域ではスクワイヤの理論による方法<sup>(3)</sup>，乱流境界層域ではウイルソンの理論による方法<sup>(4)</sup>から求めた。また，冷却空気側翼内局所熱伝達率は，Pin Finのない所では円管内乱流の式

$$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.4}$$

から，また，Pin Fin部では予じめ実験から求めている式

$$Nu = f(Re, V_p/V_t)^{(1)}$$

を用いて計算した。ここでNu；ヌセルト数，Re；レイノルズ数，Pr；プラントル数， $V_p$ ；ピン体積， $V_t$ ；通路全体積である。

図5にみられるとおり，冷却効率 $\eta$ は前縁部および後縁部で低い。翼高さ方向の温度差は静翼では小さいが，動翼では大きく，特に翼先端部の冷却が良くないため改良を要する。動・静翼とも腹側の実験 $\eta$ 値が計算 $\eta$ 値に比べて低く，また，動翼の実験値と計算値の不一致が大きいが，これは主として内部冷却空気 Flow Pattern の計算上のモデル化になお検討を要すと思われる。図6には b-b 断面について，実機定格作動状態での計算から求めた翼断面温度分布パターンと，□内には，図5に示した実験値と計算値の偏差を考慮して修正を行った翼表面上の推定温度を示してある。

以上の結果から，本冷却翼開発の第1段階として，これら冷却翼が実機に使用された場合に，翼断面上の各部で金属温度を750℃以下に保ちうる事が推定された。つぎに，実機使用に際して，1段静翼について，熱疲労試験と熱衝撃試験を行った。

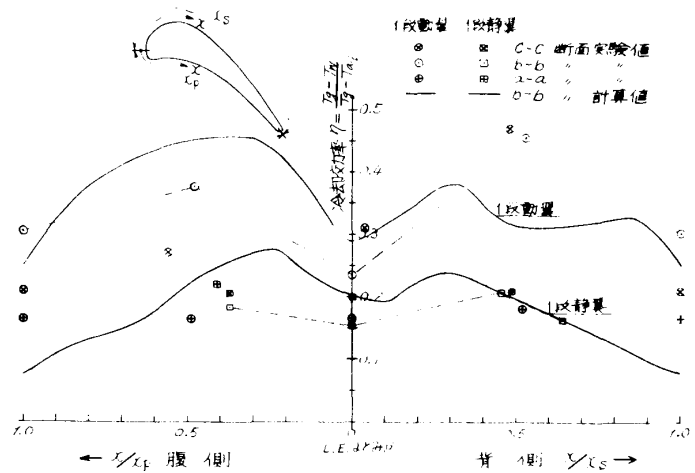


図5 翼表面冷却効率分布 ( $G_a/G_g = 1.2\%$ )

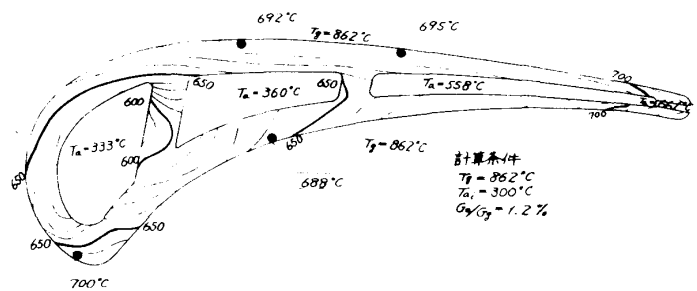


図6-a 1段静翼 b-b 断面翼内温度分布実機定格点状態推定

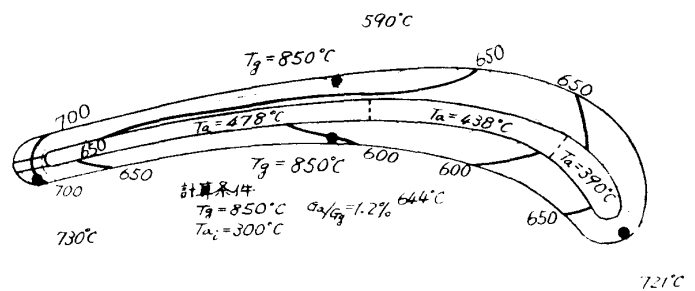


図6-b 1段動翼 b-b 断面翼内温度分布実機定格点状態推定

#### 4. 熱疲労試験

翼内に生じる熱応力はエンジン着火直後に生じる。このとき、瞬間的に翼弦方向に320℃の温度差が生じ、このため、前・後縁部にそれぞれ約25Kg/mm<sup>2</sup>の圧縮応力が生じる。

熱疲労試験は、加熱時は供試1段静翼を一様に870℃迄加熱し、その後冷却時に水滴を含んだ空気を前縁部側冷却通路にのみ流して冷却し、翼弦方向に最大750℃の温度差を与えることにより試験した。この試験による熱応力は実際の使用状態よりもはるかに苛酷なものであって、供試翼に対して、試験繰返し数100回の結果は翼部に異常は見られなかった。

熱疲労試験において、塑性歪 $\Delta E_p$ と破壊繰返し数 $N$ との間にコーフィンの実験式<sup>(5)</sup>を適用すると、  

$$\Delta E_{p1} N_1^{1/2} = \Delta E_{p2} N_2^{1/2}$$
 (添字1は熱疲労試験の場合、2は実機状態の場合)となり、実機状態では少なくとも着火回数1440回以下では破壊しないことが推定される。

#### 5. 熱衝撃試験

熱衝撃試験は、供試1段静翼を炉内で一様に加熱した後、水中に投げ込み急冷する試験を行った。加熱温度を600℃として30回の繰返し熱衝撃を与えた結果、翼部に異常は見られなかった。加熱温度を650℃として試験を継続し、通算41～45回目の衝撃繰返し数で、翼部と植込部の境に翼高さ方向に走るヘア・クラックが生じた。さらに繰返し数を増し、加熱温度を700℃、800℃、950℃と段階的に上げて試験した結果、翼根部のヘア・クラックはかなり進行し、その方向は縦横に無数に走る様子が観察された。

この結果から、熱疲労および熱衝撃等の熱応力による翼の破壊は、翼部よりも、肉厚の急変する植込部と翼部との境の翼根部に注意しなければならないことがわかった。

2段静翼については、図2に示した冷却空気流量特性を2段静翼用に変えるため後縁吹出し孔面積を減少した以外は1段静翼と同じであり、1段静翼の性能がそのまま適用され、実機使用条件は1段静翼より楽である。

#### 6. むすび

以上、今回開発を行ってきた産業型ガスタービン用精密鋳造冷却翼の概要を述べたが、静翼については、基礎試験で十分実用化の見通しがつき、1、2段静翼とも実機に装備し、実機試験を開始している。

#### 文 献

- |  |  |
|--|--|
| (1) C. Aoki, K. Yamazaki JSME 38, Oct., 1971 | (4) D.G. Wilson, J.A. Pope PIME Vol. 168, 1954 |
| (2) T. Katsanis NASA TND-4525, 1968          | (5) 平修二, 大南正英, 機械の研究, 13巻, 10号, P1325, 1961    |
| (3) H. B. Squire R & M No. 1986, 1942        |  |

# 航空用ガスタービン燃焼器の一研究法

航空宇宙技術研究所 鈴木 邦 男

## 1. 燃焼器の要求事項

基本的なものとして、燃焼効率が高く、圧力損失の低いことが要求されるが、現今のエンジンの高圧・高温化の傾向によって、燃焼性能に関する問題はむしろ軽減され、これにかわって、排出される大気汚染成分の少ないこと、耐久性の向上という要求がクローズアップされてきた。

## 2. 燃焼器の研究方法

2.1 燃焼器の性能について 実際の燃焼器内部の様子はきわめて複雑で、解析がむずかしく、どのような方法で研究するかが大きな問題である。この一つの指針を得るため、燃焼器の

表1 ガスタービン燃焼器の構造的因子

因 子	摘 要
(一次燃焼領域) 燃 料 噴 射 法 ライナ 端 形 状  ライナ空気孔配置	噴霧形, 蒸発形, 気流微粒化形 無空気孔ドーム形, スワラ形, 菊目状バッフル形, etc. ライナ幅またはライナ直径との関連 燃料噴射弁やスワラとの相対位置
(二次燃焼領域) ライナ空気孔配置	ライナ幅またはライナ直径との関連 一次燃焼領域のライナ空気孔配置との関連
(希釈混合領域) ライナ空気孔配置	ライナ幅またはライナ直径との関連 二次燃焼領域のライナ空気孔配置との関連 空気孔形状および空気孔案内筒高さ
(そ の 他) ライナ壁冷却方式	ルーバ スリット=スリット間隔, スリット高さ, 位置 冷却孔面積

各種因子を考えてみる。燃焼器の構造的な因子と考えられるものを表1に示す。表1では、大きさに関するものを省いてある。この構造的因子、すなわち燃焼器の要素についてのさらに詳細な構造的因子および性能的因子を表2に示す。表2の因子が影響を及ぼす事項を表3に示す。詳細な検討には、さらに多くの因子をあげる必要がある。これらの結果として、燃焼領域内のガス組成分布、温度分布がきまり、

火炎色や火炎長さ、燃焼負荷率または燃料滞留時間の限界値、排気組成、出口温度分布というような燃焼器性能がきまる。実用的には、着火性能、火炎吹消限界、振動燃焼限界という作動範囲の限界となるような性能が追加される。

表2 ガスタービン燃焼器構成要素の  
構造的因子および性能的因子

構 造 要 素	詳細な構造的因子, 性能的因子
噴霧形噴射弁	噴霧角 燃料の分散=ホローコーン, ソリッドコーン 噴霧粒径, 粒径分布 噴霧貫通距離
蒸発形噴射弁	燃料流量と蒸発管表面積の比 蒸発管形状, 本数, 出口孔の方向および位置 蒸発管内の流速, 空燃比 蒸発管壁温およびその分布
気流微粒化形	主流の状態=流速, 圧力, 温度 主流に入る前の液膜の厚さ, または液滴直径 空燃比
スワラ	軸流形, 輻流形, 混流形 有効外径とライナ幅またはライナ直径との比 有効外径ととなり合うスワラとの間隔の比, 各スワラの干渉 有効内径/有効外径比 旋回角, またはスワール数
ライナ空気孔	流量係数 噴流貫通距離
冷却スリット	スリットを流れる空気の流速, このポテンシャルコアの長さ

表3 燃焼器構成要素の性能が影響を及ぼす事項

	各構成要素の性能が影響を及ぼす事項
一次燃焼領域内について	燃料の分散 燃料の気化割合 燃料のライナ壁面への衝突の様子 燃料~空気または燃焼ガスの混合特性 平均空燃比 フローパターン
二次燃焼領域内について	一次燃焼領域出口の様子 平均空燃比 フローパターン, 混合パターン
希釈混合領域内について	二次燃焼領域出口の様子 フローパターン, 混合パターン

2.2 航技研で採用  
している研究方法

基本的には, 前項にあ  
げた各種因子の中から,  
要求や目的とする性能に  
対して影響のあると思わ  
れるものを選択し, 検討  
を行なうことになる。こ  
の場合, どのような模型  
を用いるかということに  
なるが, 航技研では, 航  
空用ガスタービン燃焼器  
の全般的な研究を目的に,  
次のような模型による実  
験を進めている。

- a) 燃焼器としてまと  
まった模型による実  
験
  - i) アニュラ形模型  
の実験
  - ii) 部分模型(箱型,  
セクタ型)の実験  
など
- b) 燃焼器構成要素の  
研究
  - i) 燃料噴射弁の研  
究
  - ii) スワラの研究
  - iii) ライナ冷却法の  
研究, など
- c) 単純化した模型に

よる実験

- i) 高温燃焼ダクトによる基礎実験
- ii) 一次燃焼領域のみの模型の実験, など

この b) や c) の結果を a) - ii) に適用して実用形の場合の効果を調べ, a) - i) で最終的な確認をする。現在まで, JR シリーズのエンジン燃焼器の研究にこのような方法を用い, 有効であった。

次に研究状況の一つの例として排気制御関係を紹介する。

### 3. 排気制御の研究

研究に着手するに先立って文献調査を行ない<sup>1)</sup>, 航空用ガスタービンで問題になると予想されるものは, アイドリング付近の炭化水素, アルデヒド, 一酸化炭素, 排気臭, および離昇付近の煙, 窒素酸化物の排出であると見当をつけた。このうち, 煙については, 一次燃焼領域に適当に空気を流入させることから防止可能で, この資料は, ほぼ揃っていると判断された。

3.1 アイドリング付近の排出について アイドリング付近は, 空燃比の大きな状態で作動しているため, ライナ内部の高温領域が狭く, 一方, 噴霧形の場合, 燃料流量の減少から燃料液滴が粗大化しやすく, 未燃焼のまま高温領域を通過した燃料がそのまま, またはいくぶん分解した状態で排出されてしまう。このとき, 当然, 燃焼効率が低下しがちであるので, まず, 燃焼効率特性から排出の様子を推定することができよう。図1は, 5種類の噴霧形燃焼器模型の燃焼効率特性を比較したものである。燃焼器Aは, この作動条件で, 燃料噴霧角が小さく, ライナ幅がB,C,Dより1.7倍ほど

大きく, ライナ壁冷却にルーバを用いている。燃焼器Bは, 燃料噴霧角が大きく, ライナ壁冷却にスリットを用いたものである。燃焼器Cは, Bに近い構造であるが, 一次燃焼領域のライナ空気孔位置および冷却スリット

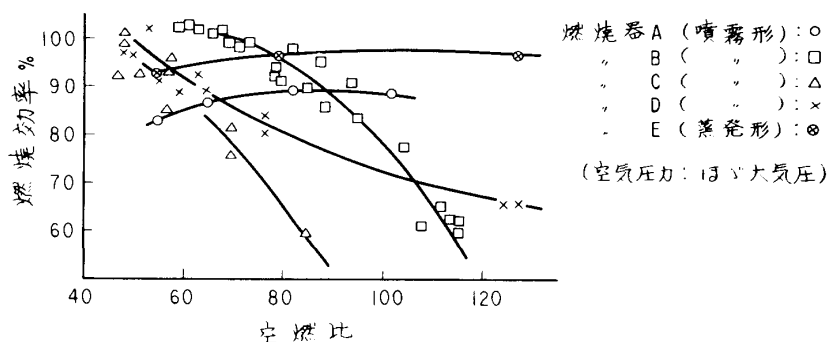


図1 各種燃料器の燃焼効率特性例

位置のことなるものである。燃焼器Dは, Cの形に燃料噴霧角の小さなものを組合せたものである。ただし, D燃焼器使用の噴射弁は流量特性がCと大幅にことなるため, C~Dの差は, 噴霧角の影響と同時に粒径の影響が含まれている。燃焼器A,B,C,Dとも, ほとんど同一のスワラを

用いている。これから、一次燃焼領域の因子の影響の大きいことが明らかである。燃焼器 E は、ウォーキングスティック形の燃料蒸発管をつけたものである。一般に、蒸発形燃焼器は、このような特性をもつものが多く、<sup>2)</sup> アイドリング時の排出性能は、良好と推定される。次に、未燃焼成分の排出量を少なく押えて云々する場合であるが、このとき未燃焼成分による燃焼効率の低下は大きく現われないので、排気測定を行なう必要がある。例を図 2 に示す。図から明らかのように、燃焼効率値に差のない範囲でも、燃料噴霧粒径によって、排出濃度は大幅に変化する。

3.2 離昇付近の排出について 排気中の煙濃度減少については、燃料-空気の混合パターンの改善から可能で、具体的には、噴霧形の場合、スワラや案内筒付の空気孔によって一次燃焼領域に空気を供給する。または蒸発形燃料噴射弁を用いることが行なわれている。

前述の JR シリーズの燃焼器は、燃料噴射弁まわりに混合特性の良好な大形のスワラを用いていることが特長で、スワラから多量の空気を導入しているが、この流入空気による空燃比の大きな範囲の性能低下などの悪影響は現われていない。<sup>3), 4), 5), 6)</sup> したがってこの資料を利用して排煙防止が可能と考えられる。

窒素酸化物の排出については、まだ不明な点が多い。ガスタービン燃焼器内における窒素酸化物の生成機構を調べる一手段として、NO/NO<sub>x</sub> 比の測定を行なった。JR100H エンジンの排気を化学発光式窒素酸化物濃度測定器で測定した結果を図 3 に示す。NO<sub>x</sub> ≡ NO + NO<sub>2</sub> とすると、NO<sub>2</sub> の相当に多いことがわかる。これは、内燃機関やボイラの場合、NO<sub>x</sub> のうち 95% 程度 NO という結果と大幅にことなっている。NO/NO<sub>x</sub> 比に対し、一つには反応領域の空燃比（または当量比）の影響があるものと予想され、高温燃焼ダクトで当量比をかえて測定した。この結果を図 4 に示す。図 3、図 4 および JR100H 燃焼器の大形スワラ使用という構造的因子を考え合せると、何らかの関連がつきそうである。なお、JR100H の NO<sub>x</sub> の排出指数は、最大 1.8 g/kg fuel 程度であった。

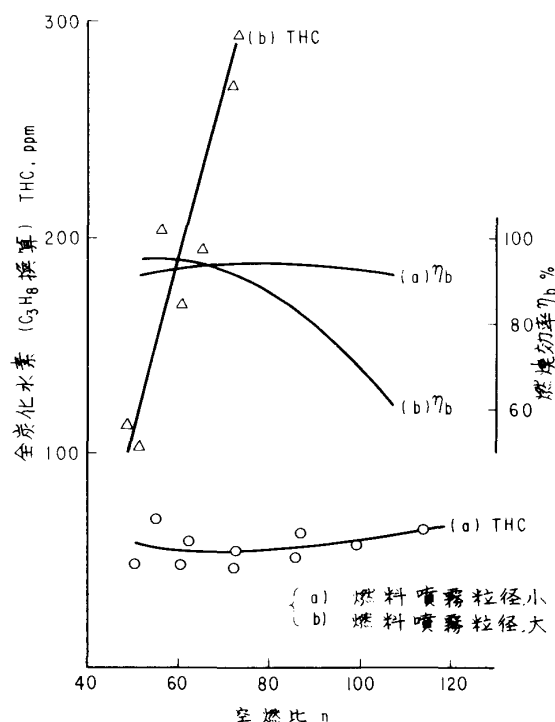


図 2 燃料噴霧粒径の全炭化水素排出に及ぼす影響

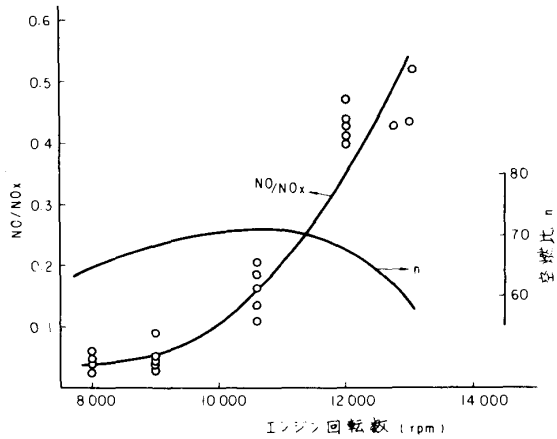


図3 JR 100 HのNOx測定結果

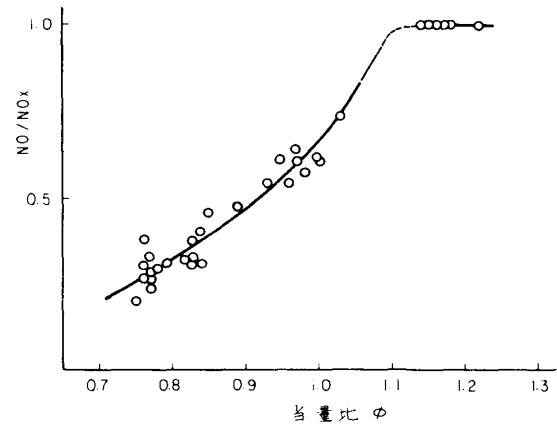


図4 高温燃焼ダクトによるNO/NOxとφの測定結果(予混合プロパン-空気火炎)

#### 4. おわりに

航空用ガスタービン燃焼器の一つの面の問題点を列挙したような形になってしまったが、実際、燃焼器の研究を担当している者にとっては、問題点が多過ぎる感じである。にもかかわらず、各種の燃焼器が実用的に製作され、所要の性能を得ている。これは、長期間にわたる数多くの燃焼実験のたまものであるが、燃焼実験なしに設計できる資料を得るという目標に対しては、やはり現在の不明な点の解明、基礎資料の充実が必要である。

#### 文 献

- |                          |                           |
|--------------------------|---------------------------|
| 1) 航技研資料 TM-230 (1972-7) | 4) 航技研報告 TR-118 (1966-10) |
| 2) 航技研報告 TR-208 (1970-9) | 5) 航技研報告 TR-126 (1967-2)  |
| 3) 航技研資料 TM-68 (1965-11) | 6) 航技研報告 TR-143 (1967-10) |



## ガスタービン生産統計（その2）

統計作成特別委員会 佐藤 玉太郎  
委員 員 長

前号でお約束いたしましたように、本号では（その2）として昭和47年12月末迄に国内で製造されたガスタービンを記録の得られる限り全て集成して見ました。

メーカー各社および研究所の御協力をいただいたお蔭で実験用の一部を除いてほぼ網羅することができたと信じております。

データ蒐集および集計の方針は前号に記述してある通りですが、特に年度別分類については下記の点に御注意下さい。

1) ここで言う年度とは暦年であり、いわゆる会計年度ではありません。しかしメーカーによっては会計年度で記録分類されておるものも有るため、暦年度別に変更するときには幾分あいまいになってしまったものが有りますが御了承下さい。

2) 分類に際しては顧客への納入時を基準にしましたが、それが記録されていないものは止むを得ず運開時を採用しました。

また地域別分類については：

「北米」はパナマ以北の北米大陸を意味します。

また「アジア及び極東」はパキスタン以東、「中近東」はアフガニスタン以西・エジプト以東とします。

なお48年度からはデータ記入要領に幾分改良手直しを加える予定で現在起案中です。何卒今后とも正確な統計作成のためできるだけの御協力をお願い申し上げます。

（追記）

このたびオリジナルデータを有料で頒布する運びになりました。頒布価格、申込要領などの詳細については、75ページのお知らせを御覧下さい。

1. 陸船用ガスタービン

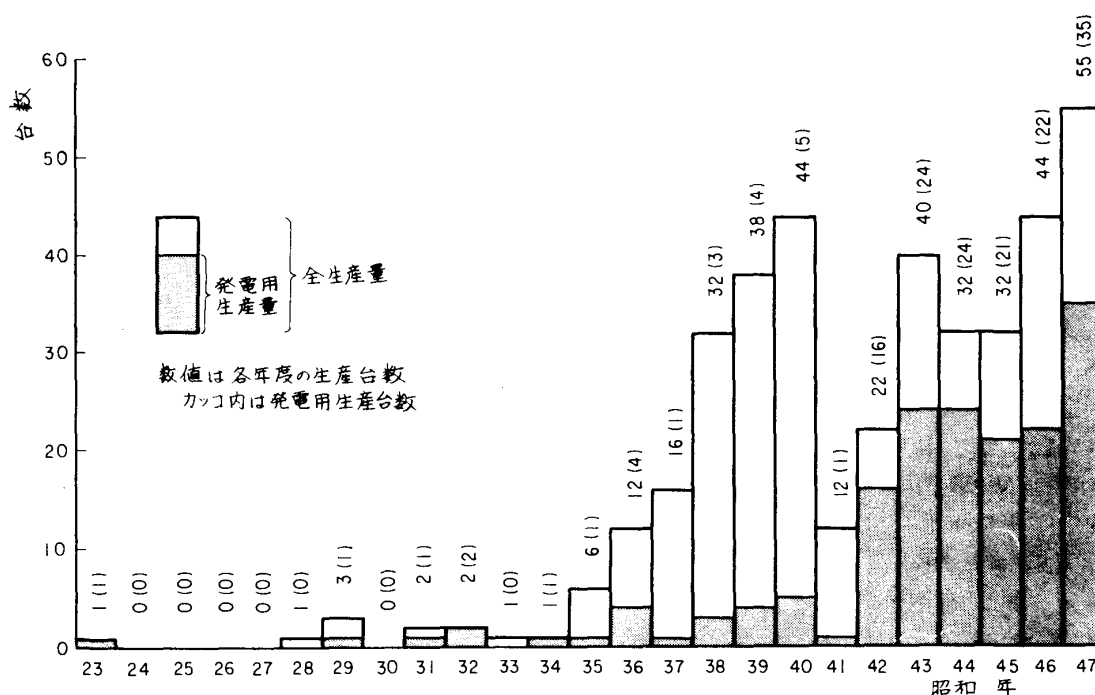


図1 年度別生産台数

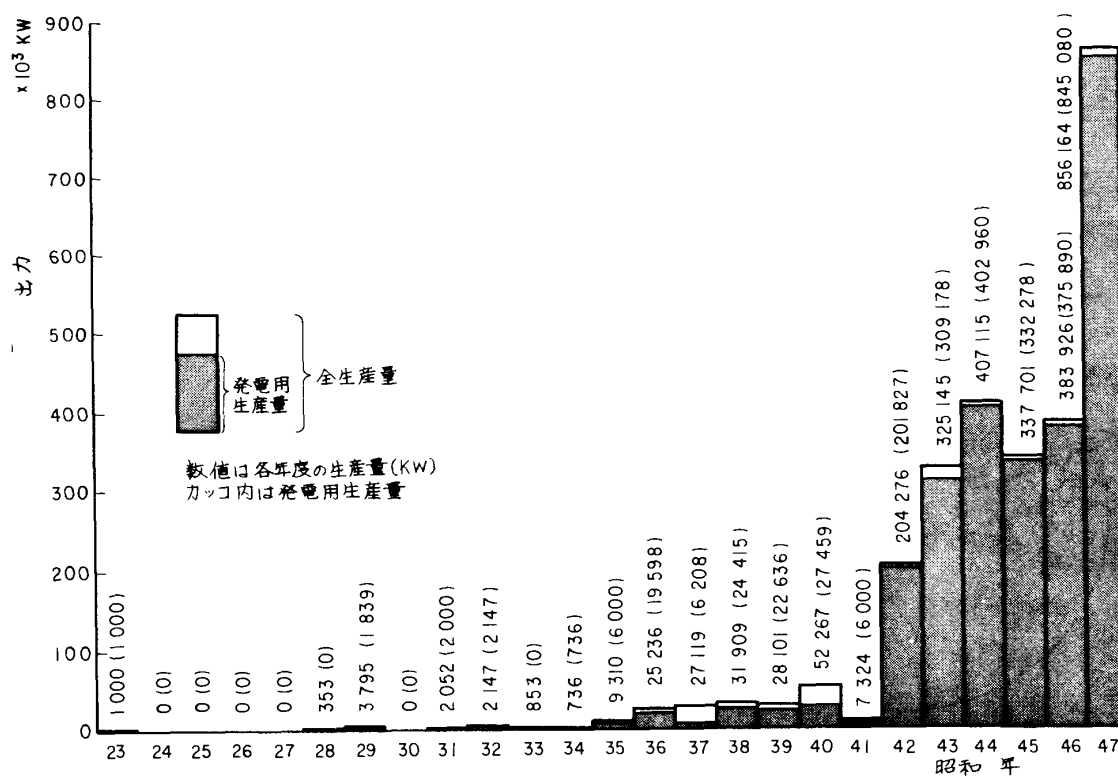


図2 年度別発生出力 (KW)

表1 用途別累積生産台数及び出力 (KW) 昭和47年12月末現在

用 途	コード	999 PS以下		1,000 PS以上		全 出 力	
		台 数	出 力	台 数	出 力	台 数	出 力
ベースロード発電用	BL	1	475	61	929,123	62	929,598
尖頭負荷発電用	PL	0	0	87	1,565,555	87	1,565,555
緊急発電用	EM	0	0	8	77,365	8	77,365
商船用	M	2	684	7	7,881	9	8,565
艦艇用	MM	16	1,059	10	18,638	26	19,697
浚渫船用	DR	0	0	8	27,214	8	27,214
空気クッション艇用	HC	0	0	19	14,883	19	14,883
起動用	JS	125	22,984	0	0	125	22,984
鉄道車輛用	RT	0	0	3	2,412	3	2,412
自動車用	AU	4	1,496	0	0	4	1,496
その他車輛用	MV	0	0	0	0	0	0
石油化学プロセス用	OR	0	0	2	11,727	2	11,727
その他プロセス用	PR	0	0	0	0	0	0
高炉用	F	0	0	3	19,317	3	19,317
パイプライン用	P	0	0	0	0	0	0
消防用	FR	1	44	0	0	1	44
換気用	V	0	0	0	0	0	0
空調用	ACD	0	0	0	0	0	0
冷凍用	RC	0	0	0	0	0	0
教育用	ED	39	1,817	0	0	39	1,817
その他		3	728	2	4,045	5	4,773
合 計		191	29,287	210	2,678,160	401	2,707,447

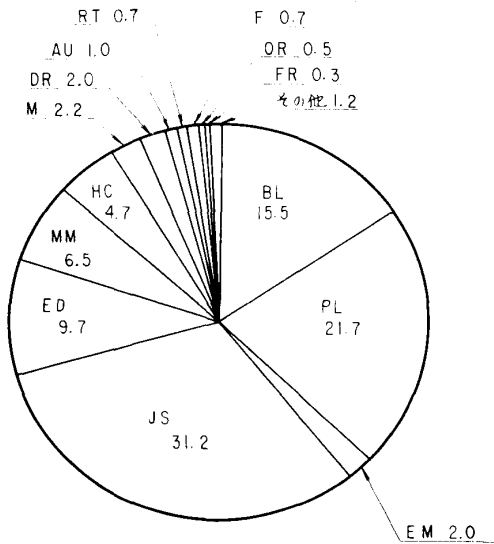


図3 用途別累積台数割合 (%) (昭和47年12月末現在)

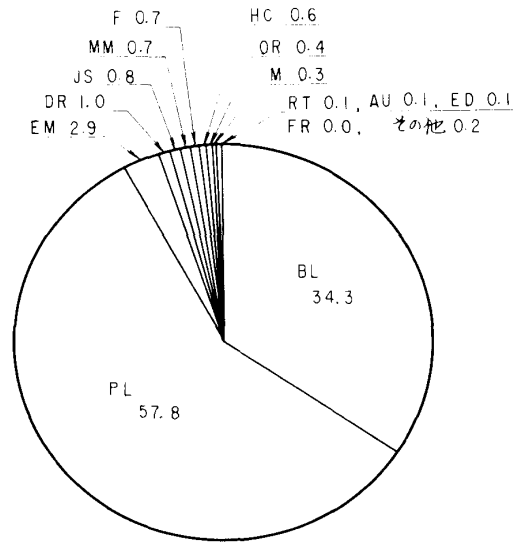


図4 用途別累積出力割合 (%) (昭和47年12月末現在)

表2 燃料別累積生産台数及び出力(KW) 昭和47年12月末現在

燃 料		コード	999 PS以下		1,000 PS以上		全 出 力	
			台数	出力	台数	出力	台数	出力
ガス燃料	液化天然ガス	LNG	0	0	1	7,600	1	7,600
	液化石油ガス	LPG	0	0	0	0	0	0
	天然ガス	GNG	0	0	15	222,377	15	222,377
	石油分解精製ガス	GRF	0	0	1	6,000	1	6,000
	石油プラントオフガス	GOG	0	0	0	0	0	0
	高炉ガス	GBF	0	0	4	29,317	4	29,317
	コークス炉ガス	GCO	0	0	1	34,000	1	34,000
	水性ガス	GCW	0	0	0	0	0	0
	炭 鉱 ガス	GMG	0	0	4	21,800	4	21,800
	発生炉ガス	GPG	0	0	0	0	0	0
	(プロパンガス)	GPR	0	0	0	0	0	0
	(ブタンガス)	GBU	0	0	0	0	0	0
	小 計			0	0	26	321,094	26
混 焼	天然ガス/軽油	GNG/K	0	0	38	677,500	38	677,500
	炭 鉱 ガス/重油1種	GMG/H1	0	0	1	6,000	1	6,000
	炭 鉱 ガス/灯油	GMG/T	0	0	1	9,000	1	9,000
	石油プラント オフガス/重油1種	GOG/H1	0	0	1	12,000	1	12,000
小 計			0	0	41	704,500	41	704,500
液体燃料	航空ガソリン1~4号	AG1~4	0	0	0	0	0	0
	自動車ガソリン1~2号	MG1~2	0	0	0	0	0	0
	ジェット燃料1号	ATG1	0	0	0	0	0	0
	" 特4号	ATG4S	0	0	0	0	0	0
	" 4号	ATG4	126	23,499	0	0	126	23,499
	" 5号	ATG5	0	0	0	0	0	0
	ナフサ	LN	0	0	0	0	0	0
	灯油	T.	6	1,663	5	100,000	11	101,663
	軽油	K	54	2,525	53	934,665	107	937,190
	重質軽油	HK	0	0	10	162,100	10	162,100
	重油1種	H1	0	0	10	43,615	10	43,615
	" 2種	H2	2	684	2	3,207	4	3,891
	" 3種	H3	0	0	20	74,385	20	74,385
	バンカーC	HBC	0	0	3	45,500	3	45,500
	原油	CR	0	0	5	79,000	5	79,000
	灯油ないし軽油	Tor K	0	0	5	152,458	5	152,458
	ジェット燃料ないし灯油 1号	ATG1orT	1	475	0	0	1	475
ジェット燃料ないし軽油 4号	ATG4orK	2	441	29	27,636	31	28,077	
ナフサ, 灯油ないし原油	LNorTorCR	0	0	1	30,000	1	30,000	
小 計			191	29,287	143	1,652,566	334	1,681,853
固形燃料			0	0	0	0	0	0
合 計			191	29,287	210	2,678,160	401	2,707,447

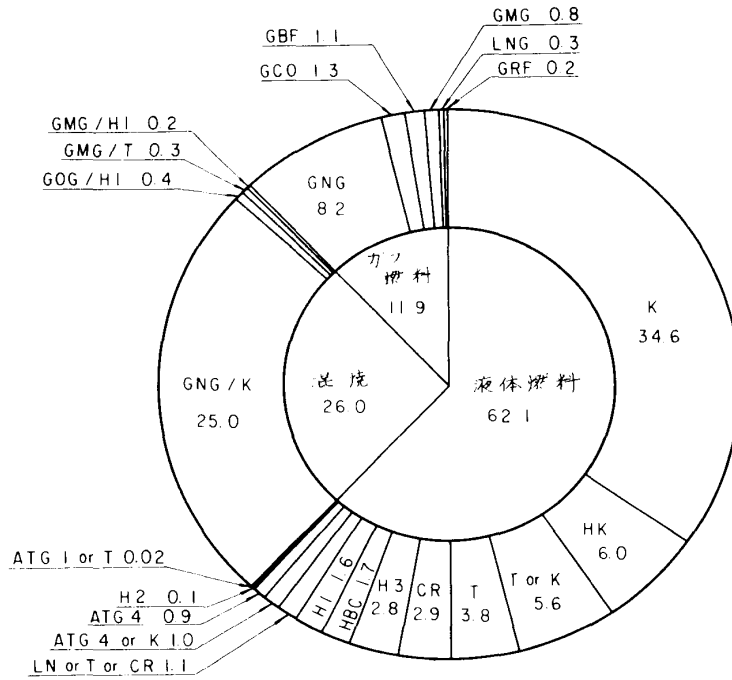


図5 燃料別累積出力割合(%) (昭和47年12月末現在)

表3 地域別累積納入台数及び出力(KW) 昭和47年12月末現在

地域	999 PS 以下		1,000 PS 以上		全出力		
	台数	出力	台数	出力	台数	出力	
国内向け	北海道	1	44	12	148,600	13	148,644
	東北	6	265	0	0	6	265
	関東	21	2,580	26	283,183	47	285,763
	中部	6	265	9	144,300	15	144,565
	近畿	7	377	9	176,472	16	176,849
	中国	2	88	1	1,625	3	1,713
	四国	0	0	2	50,500	2	50,500
	九州	2	88	9	69,165	11	69,253
	移動型	143	24,849	41	61,999	184	86,848
小計	188	28,556	109	935,844	297	964,400	
輸出向け	北米	0	0	39	647,761	39	647,761
	欧州	0	0	0	0	0	0
	南米及び西印度	0	0	13	269,000	13	269,000
	中近東	0	0	18	339,377	18	339,377
	アフリカ	0	0	5	79,000	5	79,000
	アジア及び極東	1	44	25	403,500	26	403,544
	大洋州	0	0	0	0	0	0
	移動型	0	0	0	0	0	0
小計	1	44	100	1,738,638	101	1,738,682	
不明	2	687	1	3,678	3	4,365	
合計	191	29,287	210	2,678,160	401	2,707,447	

表4 被駆動機械別累積生産台数及び出力(KW) 昭和47年12月末現在

被駆動機械	コード	999 PS 以下		1,000 PS 以上		全出力	
		台数	出力	台数	出力	台数	出力
発電機	G	6	1,277	161	2,585,973	167	2,587,250
空気圧縮機・送風機	AC	0	0	22	34,200	22	34,200
その他のガス圧縮機	GC	0	0	2	11,727	2	11,727
水ポンプ	W	14	618	0	0	14	618
油ポンプ	O	0	0	0	0	0	0
その他のポンプ	MP	0	0	6	17,652	6	17,652
推進機(回転翼)	PRR	1	331	14	22,363	15	22,694
イナートガス噴出	FOG	1	44	0	0	1	44
ジェット	JET	0	0	0	0	0	0
抽気利用	AB	125	22,984	0	0	125	22,984
軸駆動(*)	SP	40	3,081	4	4,619	44	7,700
その他		4	953	1	1,625	5	2,578
合計		191	29,288	210	2,678,159	401	2,707,447

(\*) 車輛等のように直接駆動するものが単一の機械でない場合

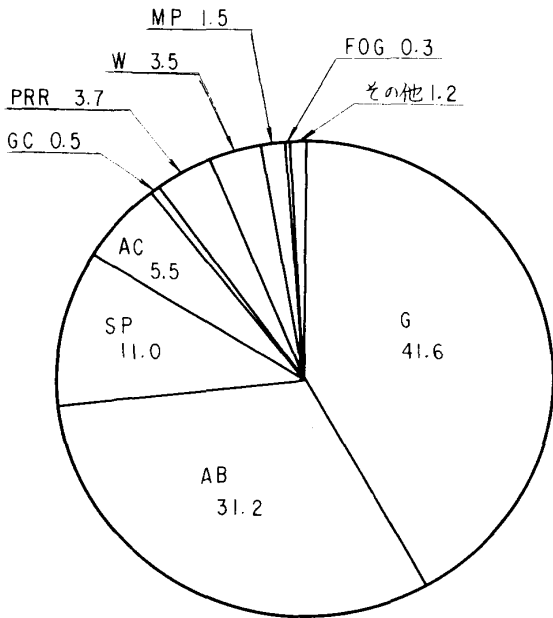


図6 被駆動機械別累積台数割合(%)  
(昭和47年12月末現在)

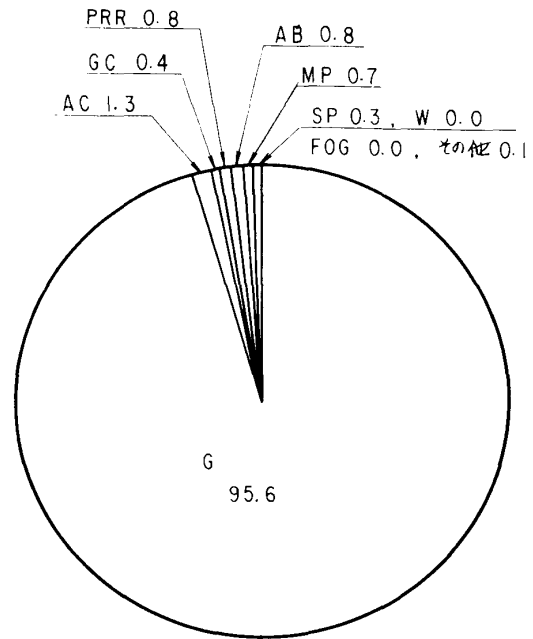


図7 被駆動機械別累積出力割合(%)  
(昭和47年12月末現在)

表5 出力区分別累積生産台数  
及び出力 (KW)  
昭和47年12月末現在

出力区分 (PS)		台数	出力
999 PS 以下	0 ~ 99	54	2,398
	100 ~ 199	0	0
	200 ~ 299	128	23,450
	300 ~ 499	4	1,125
	500 ~ 699	4	1,799
	700 ~ 999	1	515
小 計		191	29,287
1,000 PS 以上	1,000 ~ 1,799	32	26,790
	1,800 ~ 5,999	29	69,596
	6,000 ~ 9,999	14	85,014
	10,000 ~ 13,999	5	44,100
	14,000 ~ 17,999	15	193,050
	18,000 ~ 21,999	62	965,360
	22,000 ~ 25,999	19	313,400
	26,000 ~ 29,999	5	100,000
	30,000 ~ 59,999	26	701,850
60,000 ~	3	179,000	
小 計		210	2,678,160
合 計		401	2,707,447

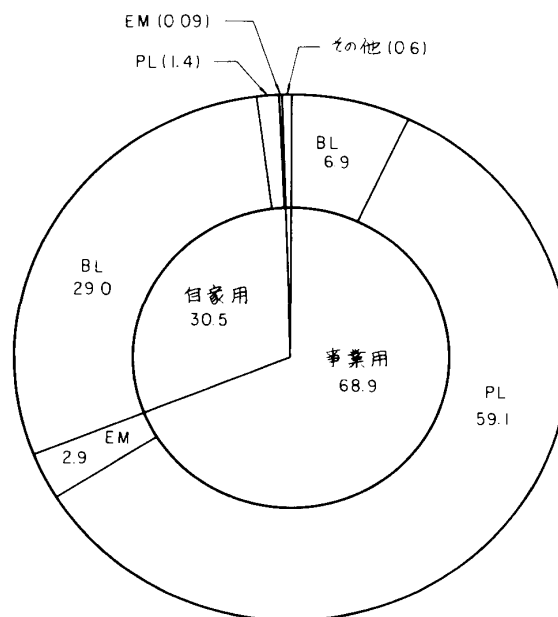


図8 発電用の用途別  
累積出力割合(%)  
(昭和47年12月末現在)

表6 発電用ガスタービンの用途別累積生産台数及び  
出力 (KW) 昭和47年12月末現在

発電用途	コード	999 PS 以下		1,000 PS 以上		全 出力		
		台数	出力	台数	出力	台数	出力	
事業用	ベースロード	BL	0	0	10	178,300	10	178,300
	尖頭負荷	PL	0	0	80	1,528,703	80	1,528,703
	緊急用	EM	0	0	6	75,100	6	75,100
	小 計		0	0	96	1,782,103	96	1,782,103
自家用	ベースロード	BL	1	475	51	750,823	52	751,298
	尖頭負荷	PL	0	0	7	36,852	7	36,852
	緊急用	EM	0	0	2	2,265	2	2,265
	小 計		1	475	60	789,940	61	790,415
その他(*)		5	802	5	13,930	10	14,732	
合 計		6	1,277	161	2,585,973	167	2,587,250	

(\*) 実験用あるいは商船、艦艇、浚渫船等で発電機を駆動するもの。

2. 航空用ガスタービン

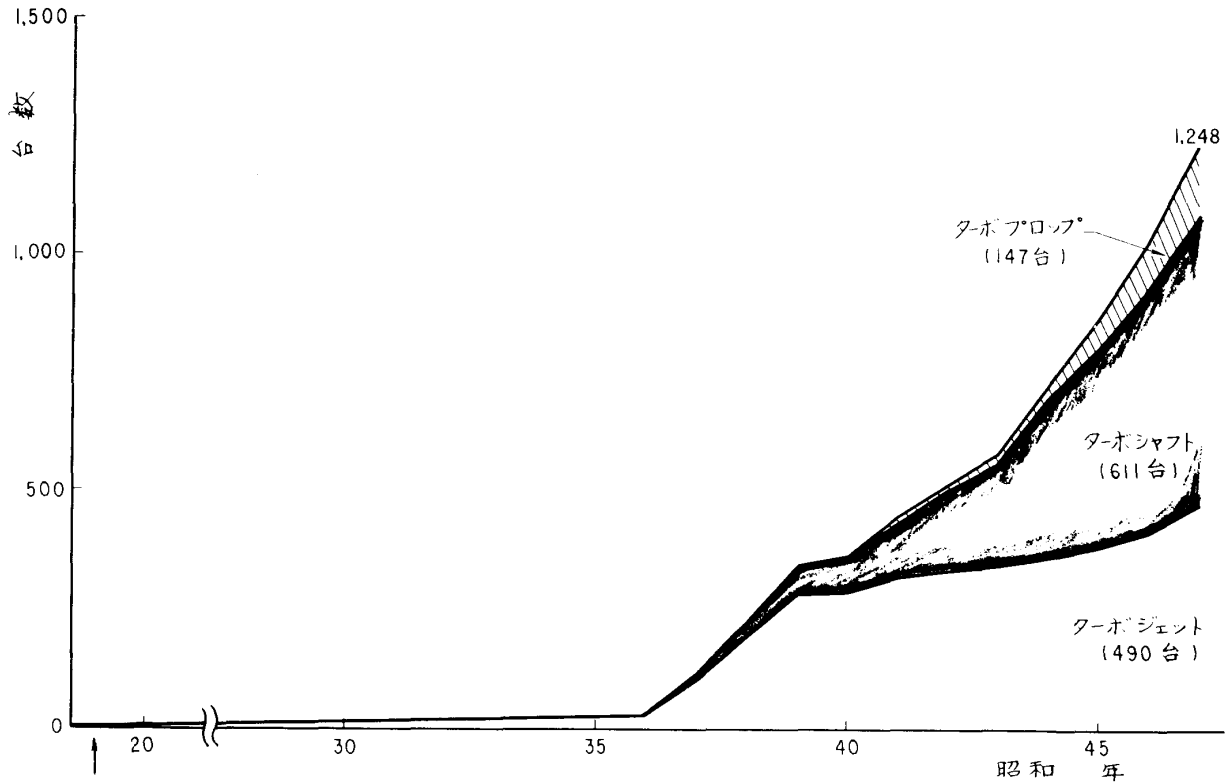


図9 年度別累積生産台数

(注)

- 1) この統計には、第2次大戦中のジェットエンジンも含まれているが、製造台数は、永野治著「ガスタービンの研究」鳳文書林1953年刊に基き、ネ20、ネ12は、それぞれ12台が製造されたものとし、他の機種については、データ不詳のため各1台が製造されたものとして統計を作成した。
- 2) 各年毎の製造台数が明確でないエンジンについては合計台数を製造年数で割り、整数になるよう分配した。

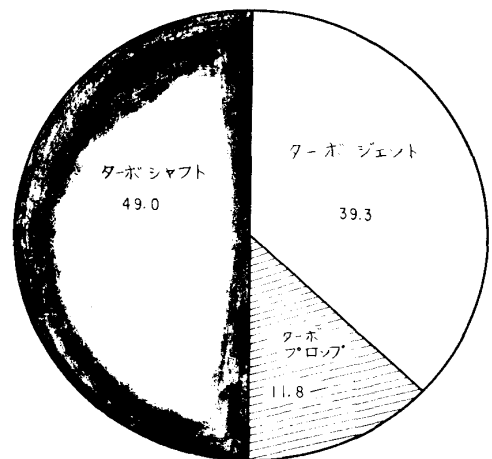


図10 累積生産台数割合(%)  
(昭和47年12月末現在)

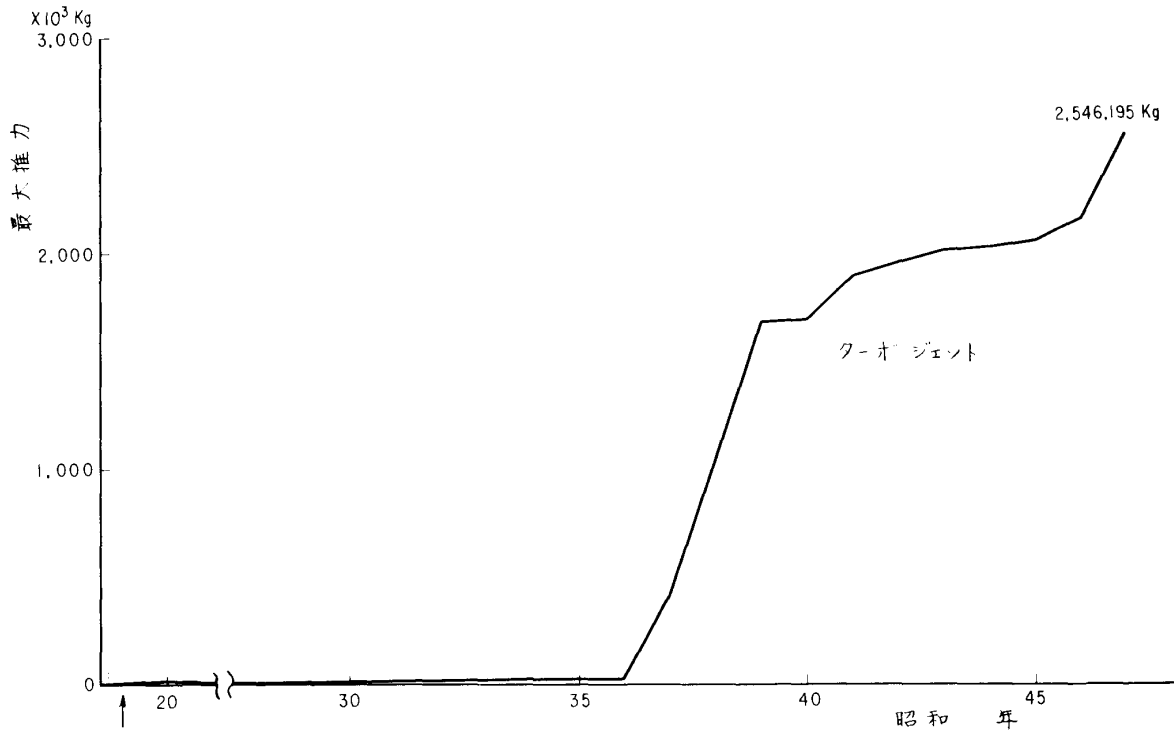


図11 年度別累積発生推力(ターボジェット)

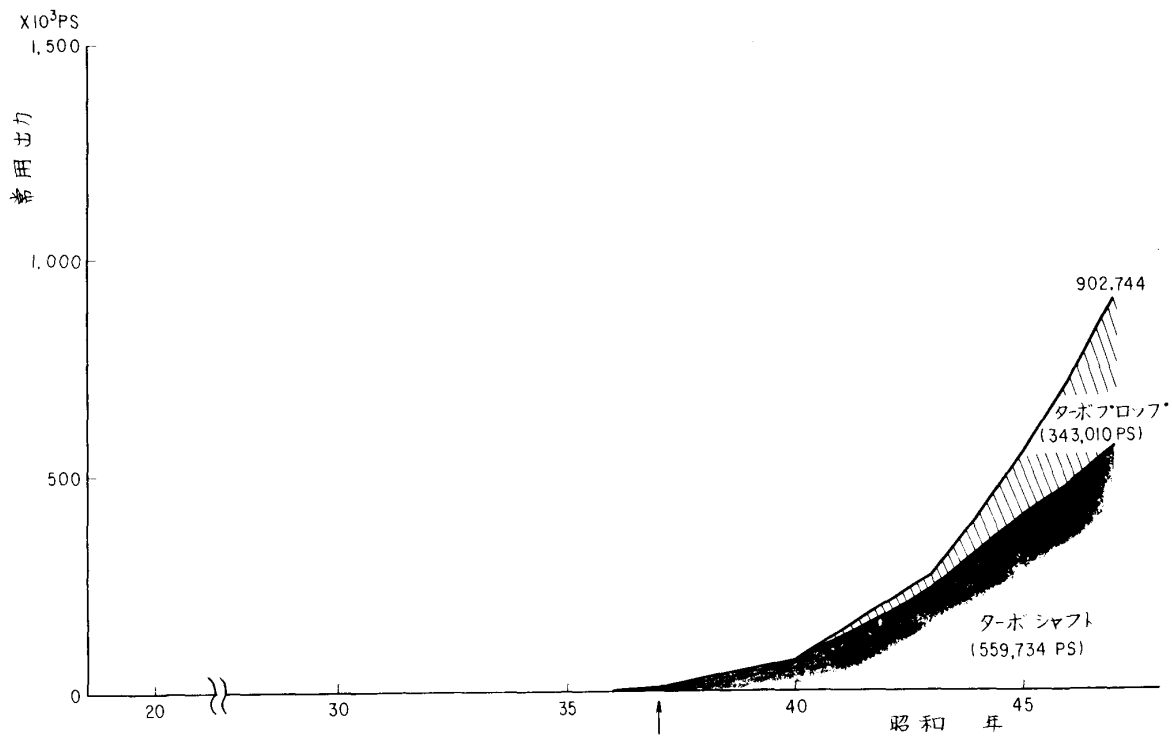
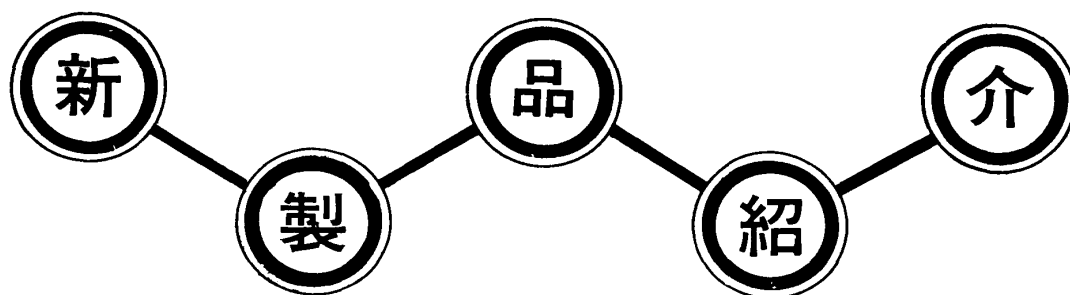


図12 年度別累積発生出力(ターボシャフト/プロップ)



## FJR710/10 (第1次試作エンジン) 1号機の初運転成功について

工業技術院\* 宝金昭造  
航空宇宙技術研究所 松木正勝

通商産業省工業技術院において昭和46年度より大型工業技術開発制度(大型プロジェクト制度)に基づく航空機用ジェットエンジンの研究開発として試作研究を進めていたFJR710/10ターボファンエンジン1号機はその製作組立を終え運転研究のためこのたび当所に引き渡された。これを受けて当所は石川島播磨重工業瑞穂工場の運転場で運転研究を開始し、5月15日、16日、17日の3日間にわたり起動試験、着火試験を経て自立運転(設計回転数に対し高圧系約75%、低圧系約30%)にいたるまで、いずれも初トライで完全に成功し、各種データの収集にも成功して、ファンエンジンの総合運転研究に踏み出した。

この試作ファンエンジンは第1期の1次試作エンジンとして昭和46年7月に石川島播磨重工業(株)、川崎重工業(株)、三菱重工業(株)の3社に工技院から依託され、当所で行なっているファン、圧縮機、燃焼器、タービンなど各要素の研究開発成果を全面的に取り入れて設計製作されたものである。この第1期エンジンの目標性能は表1の通りで、頻繁な離着陸に耐え、飛行時の経済性が高く、かつ騒音および排気による大気汚染の少ないことを目標としている。

今回この第1次試作エンジン1号機の運転研究を開始したが、引き続き2号機、3号機の引き渡しを受け

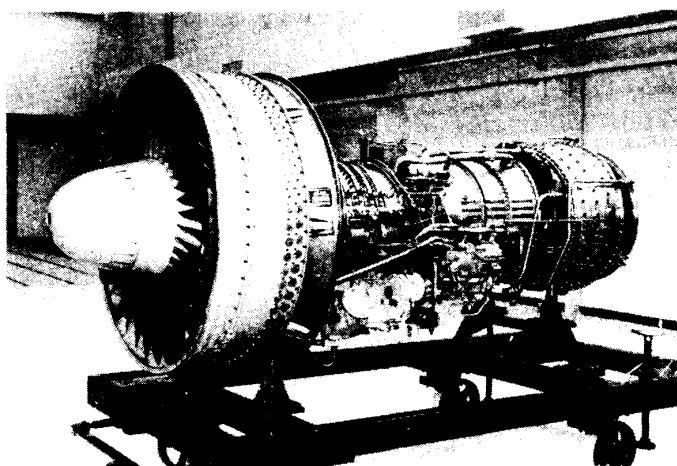


図1 FJR710/10ターボファンエンジン

\* 原稿受付(昭和48年6月15日)現在

て運転研究を進めると共に静止部の剛性および振動試験，回転部の回転振動確認試験などを行な  
 しつつ目標性能の達成に向けて研究を進める計画である。

表1 性能目標諸元

項 目	性 能	
地 上 静 止	推 力	5,000Kg
	燃料消費率	0.34Kg/Kg/h
高度 6,100メートル 飛行 マッハ数 0.7	推 力	1,700Kg
	燃料消費率	0.61Kg/Kg/h
ファン圧力比	1.5	
最高全圧力比	2.0	
最高タービン入口温度	1,150℃	
バイパス比	6.5	
騒音レベル	95 EPNdB (80ホン に相当)以下	
排気煙濃度	AIA 25 以下	

1. 騒音レベルについては，本プロジェクトによって開発されるエンジン3基を搭載した航空機を想定し，米国連邦航空庁 (FAA) が定める FAR 36 (1969. 12.1) の騒音規制による測定法に準拠した離陸時の測定地点において，この航空機の騒音について測定したものとして推定した値である。
2. 排気煙濃度については，米国航空工業会 (AIA) の測定法によることを前提とする。

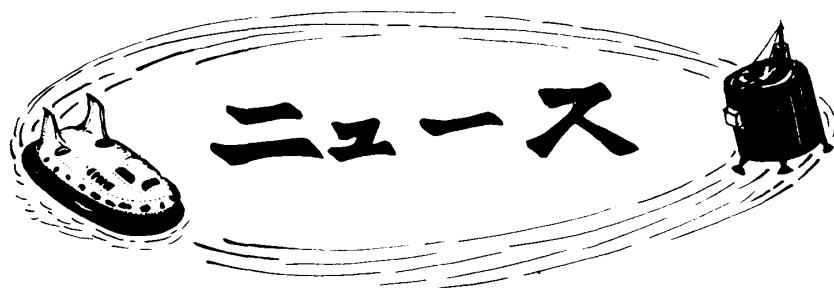
### ASME ガスタービン部門

“Annual Report 1973” 頒布のお知らせ

本会議では，ASMEガスタービン部門のご好意により表記Annual Reportを会員の皆様に実費提供致しておりますが，まだ多少の残部がございますので，ご入用の方は至急下記要領にてお申込み下さい。

記

- 申込方法 : はがきにASME Annual Report 1973 申込と記入し，氏名，所属，送付先，部数をご明記下さい。
- 頒布料金 : 送料共 600円 (44頁)。  
現金書留もしくは振替 (東京 179578) でご送金下さい。
- 申込先 : 〒160 東京都新宿区新宿3丁目17番7号  
紀伊国屋ビル5階 (財) 慶応工学会内  
日本ガスタービン会議事務局



## 1973年国際ガスタービン会議ワシントン大会報告

第18回国際ガスタービン会議および製品展示会は4月8日より12日まで折から桜まつりでにぎわう米国、ワシントン市の Sheraton Park ホテルで開催された。今回はこの会議に先立ち、矢張り A S M E のディーゼルとガスエンジン部門の会議と第10回 C I M A C ( Congrès International des Machines   Combustion ) が同所において開催されており、いわばこの期間に開かれた一連の会議は内燃機関関係者にとっては非常に大きな催しであった。したがってこのガスタービン会議への参加者も2550名以上にのぼった(展示会参加者を含む)。

### 論 文 関 係

慶応義塾大学工学部 有賀 一 郎

論文関係は32セッションが開かれ、発表論文は95編(内、口頭のみによる発表4編)であった。また上記セッション中には四つのパネルセッションが含まれ、そのテーマは各々「発電用における信頼性と保守性」、「車輛用ガスタービンのベアリング」、「産業用ガスタービンの応用、運転、保守実績など」、「産業用ガスタービンの振動問題」などであった。各セッションはガスタービンに関する広い分野にわたっているが、最も論文数の多かったのは矢張り Turbomachinery のセッション(セッション数6)で以下 Marine (5), Aircraft (3), Vehicular (3), Electric Utilities (3) などのセッションが比較的多数であった。このうち私は主に Turbomachinery 関係に出席したのでこれを中心に講演内容で気付いた点をのべてみる。

まずこの部門では27件の論文が発表された。これらのうちからいくつか紹介すると、まず J. Moore 氏が回転流路内の放射流れに対するウェークと渦についての発表が興味深かった。同氏は現在 G. E. に所属しているが以前 M I T にいた時期に回転流路内乱流におよぼすコリオリ

力の影響に関する研究があり、それと一連のものと考えられる。今回は実験により回転と二次流れの影響を調べ、ウェークと渦の発生状況を観察した。一方乱流境界層に対する Strip Momentum Integral 法に回転項と三次元項を加え、ポテンシャル流れとウェークに簡単な仮定をおいたフローモデルを用いて流路内流れの計算ができることを示した。これについては実験上の諸点について種々活発な討論が行なわれた。また超音速翼列関係ではフランスの ONERA の Fabri 博士による動翼翼列と後置静翼との干渉効果についてのものと西ドイツ、アーヘン工大の Simon 氏が計算と実験により喰い違い静翼とロータからなる超音速圧縮機の有用性を示したものなどが発表された。とくに後者の場合、セッション終了後、希望者に翼列内での衝撃波発生状況を鮮明なカラー映画にとったものを見せ、関心をひいた。スイス、ETH の Traupel 教授も参加し、タービン段落などにおける円錐状流れ面をもつ翼列からの流出角についての一考察を発表した。そのほか翼列の偏向角、最適迎え角などを求める際に Kutta の条件に適切な近似を用い、Katsanis の準三次元的取扱いを適用したものなども発表された。測定に関するものではロータにテレメータを取付け、回転中の翼面圧力を測定しかなり成功したことが紹介された。日本からは三井造船の丸山氏が遠心ブロワの滑り係数に粘性効果を導入したものを発表し、さらに同社の山根氏も可変静翼をもつ高炉用軸流圧縮機の試験結果に関し講演した。一方、日産自動車の山崎氏が同社で開発中の自動車用ガスタービンについて紹介した。また現在 GE に所属している黒坂氏が流入軸流速度が亜音速の場合の非定常超音速翼列につき、それが緩やかに振動する際の安定性問題を理論的に解析した。

Turbomachinery セッション以外では Vehicular 部門で低エミッション燃焼器に関し Ford, GM, Solar の各社から研究成果の発表が行なわれ、時節柄、皆の関心も深く会場一杯に聴衆があふれていた。Ford, Solar の両者は理論、実験、設計上の問題点につき資料をもとに具体的見解をひれきしたのに反し、GM は一般論に終始したため、他のパネリストあたりから批判的発言もあった。同部門のパネルディスカッションにおいても矢張りエミッションについての意見交換があった。たとえば Ford のパネリストから排気においても数段きれいになり NOx など 76 年の規制値を下まわるものができる、すでに現時点で或る程度の見通しがたっているとの発言が目された。このほか耐熱性を向上させるためにタービンの各コンポーネントに Silicon Nitride 材を用いた場合の諸問題、セラミック静翼に対する熱応力の解析などが発表された。

さて今回の論文発表者を国別にみると、米国以外では英国 5 編、カナダ 4 編、日本、スイス各 3 編、西ドイツ、オーストラリア各 2 編で以下フランス、ベルギー、スウェーデン、オランダなどであった。これは全体の約四分の一で、矢張り米国よりの発表者が多数を占めていた。Turbomachinery セッション会場には上記 Fabri 博士をはじめ昨年来日した Dean, Jr. 教授や

Lakshminarayana 助教授, 西ドイツの Bammert 教授のほか, Balje 氏や Jansen 氏らの顔もみえ盛会であった。

毎日, 朝は 8 時 30 分より開会されるがいずれのセッションも相当数の人が出席しており, 我国での講演会などで 9 時以降に開かれても最初はどうしても出足が遅くなりがちなのにくらべると, ずい分熱心であると感じさせられた。また毎回感じることであるが各講演に対しての討論は二, 三の例外はあるが一般に大変活発であり, 単に疑問をただすということに止まらず, 各自の経験をコメントとして紹介する場面が普通であった。したがってむしろこの討論を通じ啓発されることが多く, 各講演にとり重要な役割をはたしているように思われた。このような観点から我々としても言葉のハンデキャップをこえて先方になんとか自分の見解を伝えるだけの経験をつむ必要があることを痛感した。

4 月 11 日夜, 恒例の Banquet が開かれ 200 名の出席者があった。当夜は先年設けられた T. Sawyer 賞が J. Sawyer 氏に授与され, 同氏の永年のガスタービン界への貢献がたたえられた。なお席上, 日本ガスタービン会議からの代表として渡部第 1 期会長, 佐藤幹事と小生など改めて参会者に紹介されたが A S M E ガスタービン部門が我国ガスタービン界に寄せる関心の深さのあらわれとみられる。

来春はスイス, チューリッヒでこのガスタービン会議が開かれるが, ガスタービン分野の技術開発がすゝみ, 公害などで社会的需要が増えると共に提出論文も年々増加していく印象をうけた。

なお本稿を書くに際し, 小松製作所の高瀬謙次郎, 外山浩介両氏からご助言をいただいたことを付言する。

## 産業用ガスタービン関係

三井造船 丸山史朗

会議に先立ち, 4 月 1 日から 4 日まで C I M A C 主催の Gas Turbine Tour に参加し, P & WA (Hartford), GE (Schenectady), Westinghouse (Lester) 社をそれぞれ訪問する機会を得た。

Lakshminarayana 助教授, 西ドイツの Bammert 教授のほか, Balje 氏や Jansen 氏らの顔もみえ盛会であった。

毎日, 朝は 8 時 30 分より開会されるがいずれのセッションも相当数の人が出席しており, 我国での講演会などで 9 時以降に開かれても最初はどうしても出足が遅くなりがちなのにくらべると, ずい分熱心であると感じさせられた。また毎回感じることであるが各講演に対しての討論は二, 三の例外はあるが一般に大変活発であり, 単に疑問をただすということに止まらず, 各自の経験をコメントとして紹介する場面が普通であった。したがってむしろこの討論を通じ啓発されることが多く, 各講演にとり重要な役割をはたしているように思われた。このような観点から我々としても言葉のハンデキャップをこえて先方になんとか自分の見解を伝えるだけの経験をつむ必要があることを痛感した。

4 月 11 日夜, 恒例の Banquet が開かれ 200 名の出席者があった。当夜は先年設けられた T. Sawyer 賞が J. Sawyer 氏に授与され, 同氏の永年のガスタービン界への貢献がたたえられた。なお席上, 日本ガスタービン会議からの代表として渡部第 1 期会長, 佐藤幹事と小生など改めて参会者に紹介されたが A S M E ガスタービン部門が我国ガスタービン界に寄せる関心の深さのあらわれとみられる。

来春はスイス, チューリッヒでこのガスタービン会議が開かれるが, ガスタービン分野の技術開発がすゝみ, 公害などで社会的需要が増えると共に提出論文も年々増加していく印象をうけた。

なお本稿を書くに際し, 小松製作所の高瀬謙次郎, 外山浩介両氏からご助言をいただいたことを付言する。

## 産業用ガスタービン関係

三井造船 丸山 史朗

会議に先立ち, 4 月 1 日から 4 日まで C I M A C 主催の Gas Turbine Tour に参加し, P & WA (Hartford), GE (Schenectady), Westinghouse (Lester) 社をそれぞれ訪問する機会を得た。

P & W A社では Andrew Willgoos タービン研究所と Middle Town 工場を見学した。Andrew Willgoos タービン研究所にはジェットエンジンの運転場があり地上試験は勿論、高々度における運転試験が出来るようになっている。また J T 9 Dターボファンエンジン専用の試験装置もあり、その規模、実験設備及び運転技術は世界的に超一流のものであろう。Middle Town 工場は P & W A社の最新鋭の設備を有する工場であり、J T 9 Dエンジンの製作及び組立作業を見学した。工場内は非常にきれいで、整備されており大型の数値制御機械や治具工具類が数多くあり、大型薄物の機械加工及び溶接技術は実に素晴らしいものであった。

G Eや Westinghouse 社では Heavy Duty 用ガスタービンの組立、機械加工作業を見学した。P & W A社の Middle Town工場に比べ、航空エンジンと地上用大型のガスタービンの違いもあって、工場全体も雑然としており工作機械もやゝ古いものがみられたが、加工技術は十分自信があるようで、G E社で説明してくれた技師は「ガスタービン製作で最も要求されることは加工精度の良いことと動釣合の良いことである。」と言っていた。

Gas Turbine Tour では上記工場以外に Niagara Mohawk Power Corp. Rotterdam Gas Turbine Installation に G E社のガスタービンを8台並べたピークロード用の発電設備を見学した。同設備の運転時間は1日に2時間程度で設置以来丸2年経過しているとのことである。起動はディーゼルエンジンで行っており、丁度我々が行った時起動運転のデモンストレーションをして見せてくれた。自立するまでの時間は約5分位で、定格負荷までの時間は起動後15分程度である。騒音は機側ではかなりあるように感じられたが設備の周囲には建物も皆無で問題にならないようである。

ガスタービン会議では論文総数約100編のうち、プロセス用、パイプライン用及び発電用のガスタービンに関するものは18編あり、主として運転経験、信頼性、保守取扱いに関するものであった。他に“Reliability and Maintainability of Gas Turbines in Electric Utility Service” “Industrial Utility Gas Turbine Power Generation”，及び“Industrial Gas Turbine Vibration Analysis”と題するパネルディスカッションもあった。

一方ガスタービンプロダクトショーは、大小のガスタービンメーカーやその関連企業など約100社がそれぞれ工夫を凝らした方法で展示、解説をしていた。産業用ガスタービンに関するものは G E, Westinghouse, TP & MS, Turbodyne, Cooper-Bessemer, Curtiss-Wright, B S T 社等々、主として米国のメーカーがそれぞれ発電用及び圧縮機、ポンプ駆動用ガスタービンの写真及び実物モデルを展示していた。Westinghouse 社の ECONO-PAC, Curtiss-Wright 社が MOD-POD (MODularized Power On Demand)システムと名付けている如く、いずれも産業用ガスタービンは製作工場で完全な組立、試運転を行ったまま分解するこ

となく据付現場へ輸送するいわゆるパッケージタイプのものがほとんどである。

他方 ASME 主催で Baltimore Gas and Electric 社及び Potomac Electric Power 社における P & WA, Westinghouse, GE 社製の発電プラントの見学会が4月11日, 12日の両日にわたってあったが筆者は他に予定があつて見学する機会を得なかつた。

## 船用ガスタービン関係

日立造船(株) 三輪光砂

船用ガスタービンについては、会議の方では半日単位で5つのセッションがあつてかなり活発であつたが、展示の方は比較的さびしかった。

大物は GE, Marine and Industrial Projects Dept. からの出品による LM2500 (写真1) で、部品は別として展示された最大出力のガスタービンでもあつた。LM2500についてはすでによく知られているが、新しいカタログによる船用定格は連続出力 23,000 PS, 燃料消費率 174g/PS, h (15°C), 吸排気損失なし), 重量 4,670Kg である。ガスタービンは長方形の箱(マリン・パック)に収められており、その内部上方にはヒータが備えられていた。なるほど運転中は冷却が問題でも、寒冷時の起動には必要なのかなと感心した。



写真1 LM2500 マリン・パック

LM2500にくらべ、古くから船用での実績をもつ FT4 のメーカー, Turbo Power and Marine Systems (TPMS) 社は、コンテナ船 Euroliner の模型を展示しただけでひっそりしていた。同船をはじめとする4隻のコンテナ船は、搭載した FT4 のオーバホール間隔が所期の

となく据付現場へ輸送するいわゆるパッケージタイプのものがほとんどである。

他方 ASME 主催で Baltimore Gas and Electric 社及び Potomac Electric Power 社における P & WA, Westinghouse, GE 社製の発電プラントの見学会が4月11日, 12日の両日にわたってあったが筆者は他に予定があつて見学する機会を得なかつた。

## 船用ガスタービン関係

日立造船(株) 三輪光砂

船用ガスタービンについては、会議の方では半日単位で5つのセッションがあつてかなり活発であつたが、展示の方は比較的さびしかった。

大物は GE, Marine and Industrial Projects Dept. からの出品による LM2500 (写真1) で、部品は別として展示された最大出力のガスタービンでもあつた。LM2500についてはすでによく知られているが、新しいカタログによる船用定格は連続出力 23,000 PS, 燃料消費率 174g/PS, h (15°C), 吸排気損失なし), 重量 4,670Kg である。ガスタービンは長方形の箱(マリン・パック)に収められており、その内部上方にはヒータが備えられていた。なるほど運転中は冷却が問題でも、寒冷時の起動には必要なのかなと感心した。



写真1 LM2500 マリン・パック

LM2500にくらべ、古くから船用での実績をもつ FT4 のメーカー, Turbo Power and Marine Systems (TPMS) 社は、コンテナ船 Euroliner の模型を展示しただけでひっそりしていた。同船をはじめとする4隻のコンテナ船は、搭載した FT4 のオーバホール間隔が所期の

通りに伸びないため、運航採算上問題があるといわれるが、早くトラブルの原因が解明され順調な運航が確立されることが望まれる。

FT 4 の新しい適用例として、会議で、US Coast Guard が建造中の砕氷船 Polar Star についての発表 (73-GT-73) があったが、その制御装置を担当した Barber-Coleman 社はコントロールパネルのモックアップを展示していた。同船は FT 4 A (最大 25,000 PS) 3 台、ディーゼル (3,500 PS) 6 台をもつ CODOG の 3 軸船で、ディーゼルは交流発電機を廻し、整流器を通して各プロペラ軸と直結の直流モータを廻す。ガスタービンは減速歯車を介してプロペラ軸に連なり、プロペラは可変ピッチである。いくらかかるかまず気になる推進装置であるが、それだけにアメリカの極洋に対する意気込みがうかがわれる。

商船用ガスタービンで最近受注が増加している GE, Gas Turbine Products Div. は、今回は燃料の処理をテーマに展示していた。GE 社のヘビーデューティ・ガスタービンは、低質重油が使えることを重要なセールスポイントとしており、そのため同社は MARAD との共同プロジェクトにより燃料処理装置の自動化を研究中 (73-GT-25) であるが、会場では Baird Atomic 社製の燃料分析器 (写真 2)

を展示、操作してみせていた。指先ほどのカプセルに供試燃料を入れ、左端の電極間にセットしてスイッチを押すと青白い焰が見え、1 分足らずで V, Na, K, Ca などの含有量がデジタル表示される。原理は分光分析であるが、このように簡単、迅速に分析できれば船上での操作も苦にならないであろう。説明や分析器の操作は若い女の子にやらせて人を集めていた。



写真 2 Baird Atomic 燃料分析器

その他、船用ガスタービンの関係では American Air Filter 社がデミスターを展示していた。小さなダクト内に水滴を吹込んで実演してみせていたが、構造はイナーシャ・セパレータの間にパッドをはさんだものである。また GM, Harrison Radiator Div. は GE ヘビーデューティ・ガスタービンと組合せた熱交換器の船内装備模型を展示していた。同社の熱交換器はガス側に波板をはさんだプレート型であるが、エネルギー危機の叫ばれる折柄、GE 社のほか最近では Solar 社などからも受注して活況を

みせているようである。

## 航空用ガスタービン関係

石川島播磨重工業(株) 宮沢清人 広木 強

製品展示は盛況であったが航空機用ガスタービン関係はすくなく、AiResearch, Teledyne CAE, Williams Research の3社のみであり、航空エンジンの主要メーカーであるGE, P&W, Rolls Royce は、陸用ガスタービンの展示は行っていたが航空用ガスタービンとしては展示していなかった。AiResearchは小型ターボファンエンジンの最新型であるTFE731のカットモデル(写真)、ターボプロップ用エンジンTPE331のカットモデル、目下開発中のATF3の紹介を主として、他に

同社の得意製品である一連の航空用APU用エンジンが展示されていた。TFE731は地上静止推力3500lb, バイパス比2.7の小型ターボファンエンジンで、executive plane用として開発されたエンジンである。

1段ファン, 4段軸流+1段遠心圧縮機, アニュラー燃焼器, 1段無冷却高圧タービン, 3段低圧タービンよりなる。4段高圧圧縮機は、動翼

最大厚み位置を前縁から60%位に置いたワイドコードブレードを用いた遷音速圧縮機で、同社の小型エンジン用要素技術の一端を示している。又ファンチップの防音材使用, ファンローター, ステーター間距離を大きくとる, 等エンジン騒音低減も考慮されたエンジンである。

Teledyne CAEは無人数機用ターボジェットを主力製品とするエンジンメーカーであるが、同社のブースではフランスのTurbomeca社との共同開発になるJ69シリーズエンジン, その最新の改良型である推力2700lbのJ100-CA-100ターボジェットエンジン, 目下Navyとのコ

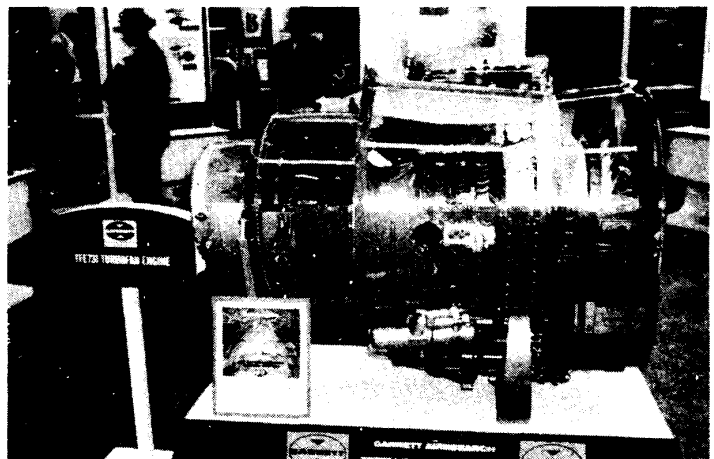


写真1 TFE 731のカットモデル

みせているようである。

## 航空用ガスタービン関係

石川島播磨重工業(株) 宮沢清人 広木 強

製品展示は盛況であったが航空機用ガスタービン関係はすくなく、AiResearch, Teledyne CAE, Williams Research の3社のみであり、航空エンジンの主要メーカーであるGE, P&W, Rolls Royce は、陸用ガスタービンの展示は行っていたが航空用ガスタービンとしては展示していなかった。AiResearchは小型ターボファンエンジンの最新型であるTFE731のカットモデル(写真)、ターボプロップ用エンジンTPE331のカットモデル、目下開発中のATF3の紹介を主として、他に

同社の得意製品である一連の航空用APU用エンジンが展示されていた。

TFE731は地上静止推力3500lb, バイパス比2.7の小型ターボファンエンジンで、executive plane用として開発されたエンジンである。

1段ファン, 4段軸流+1段遠心圧縮機, アニュラー燃焼器, 1段無冷却高圧タービン, 3段低圧タービン

よりなる。4段高圧圧縮機は、動翼

最大厚み位置を前縁から60%位に置いたワイドコードブレードを用いた遷音速圧縮機で、同社の小型エンジン用要素技術の一端を示している。又ファンチップの防音材使用, ファンローター, ステーター間距離を大きくとる, 等エンジン騒音低減も考慮されたエンジンである。

Teledyne CAEは無人数機用ターボジェットを主力製品とするエンジンメーカーであるが、同社のブースではフランスのTurbomeca社との共同開発になるJ69シリーズエンジン, その最新の改良型である推力2700lbのJ100-CA-100ターボジェットエンジン, 目下Navyとのコ

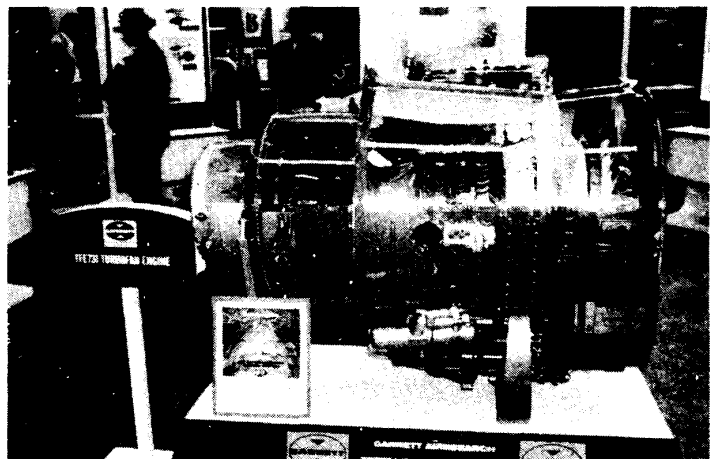


写真1 TFE 731のカットモデル

ントラクトで開発中の anti-ship missile 用推力 660 lb の J 402-CA-400 ターボジェットエンジン、推力/重量比 20:1 以上と称する Model 365 リフトエンジン等が紹介されていた。又同社では Turbomeca-SNECMA で開発中の Larzac 04 エンジンの米国内製造ライセンスを取得しており、これを CAE Model 490-4 と称して主に executive plane 用エンジンとして米国内の売り込みを計っているとのことであった。同社はその主力製品の関係上小型タービンエンジンをいかに安くつくるかという点に努力を払っているようであった。

Williams Research は WASP (Williams Aerial Systems Platform) と称する lift device を映画と模型で紹介し、他に同社の主力製品である一連の Drone 機用超小型タービンエンジンを実物、写真により展示紹介していた。

aero-engine 関係の展示としては以上であるが他に aero-engine に関係するものとしては、数多くの部品メーカー、研究用計測器メーカー及び産業用に転用された aero-gasturbine の展示があった。

## 車両用ガスタービン関係

(株)小松製作所 高瀬 謙次郎

車両用ガスタービンに関しては、例年に比して低調であった。各社の展示品には新しいモデルがなく、又説明員も活発でなかった。

Ford, GMとも実物エンジンのカットモデルを出品するとともに、Trailer-Truck およびバスへエンジンを組みこんでいた。Ford は戸外でエンジンをアイドリング運転していたが、例年展示したものより騒音(主に機械的と思われる)がやゝ大きいように感じた。この車は現在フィールドテスト中の一群のトラックの一部で、今年末に市場に出るのではないかと噂されている。Ford のエンジンは Continental Trailway バスの試運転にも使われているとのことだった。

GMのエンジンは 47 人乗りの Greyhound バスの試運転に使用されているが、再設計されたエンジンが来年春に再び試運転に搭載されるだろうとのことだった。

Ai Research社は昨年と同様一軸ガスタービンのモックアップを展示していたが、この開発

ントラクトで開発中の anti-ship missile 用推力 660 lb の J 402-CA-400 ターボジェットエンジン、推力/重量比 20:1 以上と称する Model 365 リフトエンジン等が紹介されていた。又同社では Turbomeca-SNECMA で開発中の Larzac 04 エンジンの米国内製造ライセンスを取得しており、これを CAE Model 490-4 と称して主に executive plane 用エンジンとして米国内の売り込みを計っているとのことであった。同社はその主力製品の関係上小型タービンエンジンをいかに安くつくるかという点に努力を払っているようであった。

Williams Research は WASP (Williams Aerial Systems Platform) と称する lift device を映画と模型で紹介し、他に同社の主力製品である一連の Drone 機用超小型タービンエンジンを実物、写真により展示紹介していた。

aero-engine 関係の展示としては以上であるが他に aero-engine に関係するものとしては、数多くの部品メーカー、研究用計測器メーカー及び産業用に転用された aero-gasturbine の展示があった。

## 車両用ガスタービン関係

(株)小松製作所 高瀬 謙次郎

車両用ガスタービンに関しては、例年に比して低調であった。各社の展示品には新しいモデルがなく、又説明員も活発でなかった。

Ford, GMとも実物エンジンのカットモデルを出品するとともに、Trailer-Truck およびバスへエンジンを組みこんでいた。Ford は戸外でエンジンをアイドリング運転していたが、例年展示したものより騒音(主に機械的と思われる)がやゝ大きいように感じた。この車は現在フィールドテスト中の一群のトラックの一部で、今年末に市場に出るのではないかと噂されている。Ford のエンジンは Continental Trailway バスの試運転にも使われているとのことだった。

GMのエンジンは 47 人乗りの Greyhound バスの試運転に使用されているが、再設計されたエンジンが来年春に再び試運転に搭載されるだろうとのことだった。

Ai Research社は昨年と同様一軸ガスタービンのモックアップを展示していたが、この開発

段階がどの程度か判らない。

戸外で運転されていた Rohr 社の新しい 80 KW 電源車は排気音が大きかったが車内での会話は可能であった。ガスタービンは発電機の上に位置し、床面積が非常に小さく、戸内への運搬が容易である。

乗用車用 Power Plant としてのガスタービンは排気エミッションが予想より大きく、1976 年規制をパスするエンジンとして実用化のチャンスを逸した感じで、その市場導入時期を1980 年代とみる人が多い。しかし講演において Solar, Ford が同一の根本思想で NO<sub>x</sub> を 76 年規制の数分の一に制御出来る技術を発表した。いずれも実験室での基礎段階ではあるが、Fully-vapourized, premix で一次、二次燃焼域への空気(又は premix)を運転条件に適した lean な空燃比になる様に可変弁で制御している。

Ford の外部蒸発式燃焼器 (EVC) の断面概略図を図 1 に、実験結果を従来の燃焼器の結果と比較して図 2 に示す。両社が実験データを発表したのに対し、GM は一般論にとどまり聴衆を失望させた。

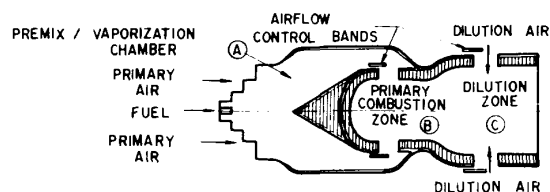


図 1 Ford 社 EVC 燃焼器

コーニング社が Ford の 3600 シリーズエンジンで 4000 時間連続運転に成功したセラミック製熱交換器のコアを出品した。ノートン, AME, 3M 社が将来の車両用エンジンの低コスト, 低燃料消費のかぎを握る高温セラミック部品を出品した。試作材の静止部品への応用は現在でも可能とのことである。

その他、車両用に使用出来るコンポーネントとして、たわみ軸接手, abrasive seal, 断熱材等が展示されていた。

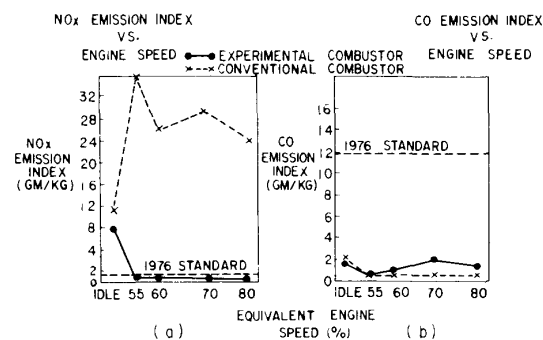


図 2 実験結果に基いたエミッション予測

## CIMAC 1973年大会について

CIMAC副会長 岡村 健二

今年4月5日から5日間、米国ワシントンD.C.に於て、CIMAC大会が開かれた。

CIMACとは Conseil International des Machines à Combustion の頭文字で国際燃焼機関会議ということになるが、ガスタービンとピストンエンジン双方を含めた会議で、2年に1回開催され、現在15国の理事国での、持ち廻りで開かれている。ピストンエンジンの内、自動車専用エンジンは FISITA との関係で含まない慣習となっている。CIMAC大会は第1回の1951年パリ大会以来、今年が第10回となったが、従来はすべて欧州内で開かれて居り、今回始めて米国で開かれた次第である。CIMACの業務としては各種の Working Group 活動とこの大会があるが、この大会は世界主要国の内燃機関の権威者が一堂に会する最大の機会となっている。従来欧州で開催する時は婦人も含めると700~1000名以上となっていたが、今回は米国での開催であったためか約650名の参加者であった。場所は Sheraton Park ホテルで、運営事務局は ASME が担当し、CIMAC大会の前3日間に ASME ディーゼル会議と展示会、ガスタービン見学会を催し、CIMAC大会後に引続いて ASME ガスタービン会議と展示会およびディーゼル見学会が行なわれ、通算すると2週間にわたる一連の行事がもたれたことになる。

現在 CIMAC の会長は独乙の J. S. Meurer 氏であり、小生は副会長に在任中である。今回のワシントン大会の組織委員会会長は J. O. Stephens 氏が当り、国内 CIMAC 委員長は H. G. Braendel 氏であった。開会式では毎回その開催国の権威者が講演をするのがならわしとなっているが、今回は G. M. 社副社長 J. E. Knott 氏が、『エネルギーに対する世界的需要の増大と燃焼機関工業とそのユーザに対する関係』と題し将来問題に対する解析を試みた。

今回は51の論文と1つのパネルが討議され、3部屋に分れて同時に行れた。CIMACの公用語はフランス語と英語であり、いづれでもよい事になっているので、常にこの2ヶ国語は同時通訳が行われる。今回は独乙が通訳の費用を支弁することにより独乙語もしゃべってよいこととなったが、専門用語が多いためか、いづれの同時通訳も欧州での経験に比してうまくゆかない処が多かったように思れた。論文は約1年半位前から募集され、まづ概要を提出して、審査委員会でパスしたものだけが全論文を書いて提出することになる。更に全論文を審査して合格したものは印刷され、出席者に事前配布される。1論文につき約1時間を当てるが、著書は要点のみを短時間(約10~15分間)で発表し、討論に大部分の時間が当てられるのが特徴である。論文の審査は相当厳重で今回もピストンエンジン部門では、提出数の丁度半数が合格して発表を許され

た。従って内容は充分立派なものであることと、その内容が内燃機関の技術ないし工業界に貢献度の高いものであることが採用条件となる。今回日本から4編提出したが、幸いどれも優秀なものであったので、全部合格し発表の機会を与えられた。三井造船、石川島播磨各1、三菱重工業2の計4編である。発表あるいは討論の内容について留意を必要とする点は、質問された事項に対しては細大洩らさず真面目に応答をしベストを尽くすことであると思う。この点あとから多くの批判をうけるものもある。幸い日本からの発表者はいずれも成功したと思う。

この大会は単に論文の発表と討論を目的とするのみではなく、各国の人々と知りあい、技術を通じての交際の場をうることに大きな意義があると思う。今后わが国からもより積極的に参加してゆくことが、国や会社のためのみならず、各個人にとって貴重なものとなると考えられる。次回は1975年にスペインのバロセロナで開かれる予定であり、1977年には日本、1979年にはオーストリーで開催する予定となっている。CIMAC 大会は内燃機関の技術オリンピックのようなものと言われているものであり、規模も大きいので、日本で開催するとなると色々な問題も考えられるが、今回の米国の例は大変参考になる処が多かったと思う。

## 第2期評議員会と特別講演会

総務幹事 有賀 一郎

去る4月24日(火)10時30分より12時まで東京、霞が関のダイヤモンド社ホールにおいて評議員会が開かれた。おりしも国鉄ストの可能性も伝えられたが約30名の評議員が出席した。前半の第1期評議員会では同期の事業報告、決算報告が井口幹事長、阿部幹事より行なわれた。とくに財務の面では初年度であるため、支出科目につき当初の予想



写真 1

た。従って内容は充分立派なものであることと、その内容が内燃機関の技術ないし工業界に貢献度の高いものであることが採用条件となる。今回日本から4編提出したが、幸いどれも優秀なものであったので、全部合格し発表の機会を与えられた。三井造船、石川島播磨各1、三菱重工業2の計4編である。発表あるいは討論の内容について留意を必要とする点は、質問された事項に対しては細大洩らさず真面目に応答をしベストを尽くすことであると思う。この点あとから多くの批判をうけるものもある。幸い日本からの発表者はいずれも成功したと思う。

この大会は単に論文の発表と討論を目的とするのみではなく、各国の人々と知りあい、技術を通じての交際の場をうることに大きな意義があると思う。今后わが国からもより積極的に参加してゆくことが、国や会社のためのみならず、各個人にとって貴重なものとなると考えられる。次回は1975年にスペインのバロセロナで開かれる予定であり、1977年には日本、1979年にはオーストリーで開催する予定となっている。CIMAC 大会は内燃機関の技術オリンピックのようなものと言われているものであり、規模も大きいので、日本で開催するとなると色々な問題も考えられるが、今回の米国の例は大変参考になる処が多かったと思う。

## 第2期評議員会と特別講演会

総務幹事 有賀 一郎

去る4月24日(火)10時30分より12時まで東京、霞が関のダイヤモンド社ホールにおいて評議員会が開かれた。おりしも国鉄ストの可能性も伝えられたが約30名の評議員が出席した。前半の第1期評議員会では同期の事業報告、決算報告が井口幹事長、阿部幹事より行なわれた。とくに財務の面では初年度であるため、支出科目につき当初の予想



写真 1

とかなり異なったにかゝらず、収支の均衡に大きな狂いが生じなかったことは幸いであった。また個人会員数も632名(3月31日現在)と予想を上まわり、本会が多くの人々の関心を集めていることがうかがわれた。引きつづき第2期評議員会が開催され、評議員会成立確認ののち、第2期役員選出が行なわれた。その結果、第2期会長に岡村健二氏(写真1)、同副会長に水町長生氏が選出された。また幹事は幹事長井口泉氏以下22名(別掲)が選出された。各新会長、副会長よりの新任の挨拶に引きつづき、幹事長より第2期の事業計画が説明され、承認された。それによると本年度は特別講演会、技術懇談会、見学会などのほか、あらたに定期講演会、講習会などが予定されている。また本会を法人化するための組織検討や国際会議開際準備のための特別委員会が設けられることになった。なお国際

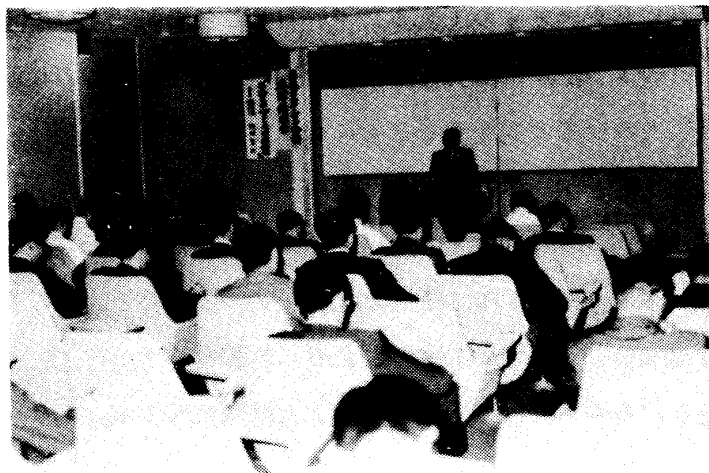


写真 2

会議に対するASME G. T. D. 側との折渉経緯については佐藤幹事より補足説明があった。このあと予算案が審議され、承認された。同案では維持、個人各会員の増加による収入増が見込まれるのに対し、新たな企画、委員会増設のほか物価上昇による経常費の増加などで支出増が予想され、昨年度の予算額を上まわることが明らかにされた。上記が評議員会における主な経過であり、水町副会長の閉会の挨拶で幕をとじた。

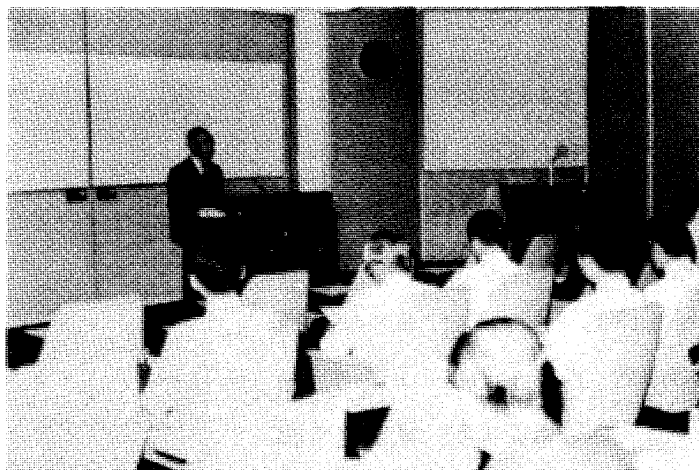


写真 3

このあと13時30分より同所において特別講演会が開催され、約70名の会員が聴講した。まず通産省の竹村豊氏(写真2)が石油を中心とした資源問題につき講演した。すなわ

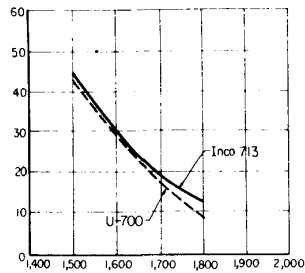
ち世界的観点からエネルギー資源の動向を説明し、これを背景に国内対策に関する問題点を指摘

した。近い将来エネルギー問題の深刻化が予想される折から関心深い内容であった。ついで東大名譽教授の山崎毅六氏(写真3)より「ガスタービン燃料」と題した講演が行なわれた。この中で用途別に各種燃料の説明があり、さらにガスタービン燃料としての特性についての要点がのべられた。なお大気汚染問題にも言及され、その改善策など各種資料を示しながら明解な解説が行なわれた。

以上盛会裡に2時間余にわたる講演会は終了した。

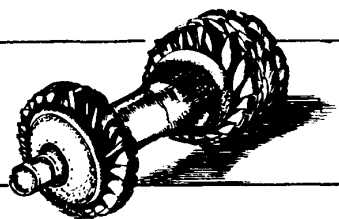
正誤表 (Vol. 1, No. 2)

ページ	行	誤	正
4	上 1	給土人	給仕人
23	カコミ記事 上 2	有料販布	有料頒布
26	下 4	出卒る	出来る
27	第3図キャプション	Gus Turbine	Gas Turbine
"	第3図		上下逆
30	上 4	Probloms	Problems
"	下 2	Enuiromental	Environmental
34	図 2		
		i) 図中, M-4R-M-200 → MAR-M-200 ii) 左, 図に示す部分の実線部が, Inc 713, O-700になっていたが下記の如く訂正 実線 Inc 713 → Inco 713 点線 U-TOO	
34	表 3 中	G. E.	G. E.
"	"	U. A. C. L.	U. A. C. L.
"	"	Ai Research	Ai Research
"	"	Willams Research	Williaws Research
"	"	Inoc 738	Inco 738
"	"	ANS 5391	AMS 5391
"	"	B50T	B50T1239
36	写真1キャプション	タービルブレード	タービンプレード
37	写真3キャプション	G. E.	G. E.
41	写真8キャプション	G. E.	G. E.
51	下 4	Y. Tanide	Y. Tanida
"	下 1	D.S. Whitenead	D.S. Whitehead
52	上6(本文)	末だ	未だ
62	上 6	一つでざる	一つである
65	下 12	参参加	参加



# 報 告

日本ガスタービン会議



## 評 議 委 員 会 報 告

昭和48年4月24日(火)10時30分より12時迄、東京、霞が関のダイヤモンド社ダイヤモンドホールにおいて日本ガスタービン会議評議員会が開催された。

まず、前半第1期(第2回)評議員会が出席者24名、委任状提出者74名により開かれた。同会において第1期(昭和47年度)事業報告、同決算報告(別掲)が説明され、いづれも承認された。引きつづき第2期(第1回)評議員会が出席者30名、委任状提出者27名により開かれ、第2期役員が選出された。さらに第2期(昭和48年度)事業計画および同予算案(別掲)につきそれぞれ審議、承認された。

### 1. 第2期役員(敬称略、五十音順)

会長 岡村 健二  
副会長 水町 長生  
幹事長 井口 泉  
幹事

総務	有賀 基 久保田道雄 山本 巖	阿部安雄 佐藤玉太郎	有賀一郎 本間友博
企画	浦田 星 浜島 操 山本盛忠	大沢 浩 平山直道	丹羽高尚 松木正勝
編集	田中英穂 小茂鳥和生 根矢 清	一色尚次 土屋玄夫 水町長生	今井兼一郎 鶴見喜男
評議員	青木千明 有賀 基 生井武文 石田啓介 井上宗一 浦田 星 小笠原光信 大東俊一 加藤正敏 川田正秋 小茂鳥和生	阿部安雄 栗野誠一 井口 泉 伊藤英覚 今井兼一郎 岡崎卓郎 大沢 浩 梶山泰男 川合洋一 窪田雅男 近藤政市	有賀一郎 飯島 孝 一色尚次 糸川英夫 入江正彦 岡村健二 大塚新太郎 甲藤好郎 河田 修 久保田道雄 齊藤 武

評議員	佐藤 豪 塩入淳平 関尾敏郎 伊達 憐 *土屋玄夫 豊田章一郎 中川良一 八田桂三 平山直道 松木正勝 村井 等 山本 巖	佐藤玉太郎 上甲昌平 妹尾泰利 田中英穂 鶴見喜男 鳥崎忠雄 *丹羽高尚 浜島 操 古浜庄一 水町長生 村田 暹 山本盛忠	佐藤 宏 須之部量寛 竹矢一雄 棚沢 泰 豊倉富太郎 長尾不二夫 根矢 清 平田 賢 *本間友博 三輪光砂 山内正男 渡部一郎
-----	--	--	--

\*印は、会則に基づき会長指名の評議員

### 2. 第1期(昭和47年度)事業報告

#### 2.1 会務処理に関する各種会合

##### 2.1.1 幹事会

幹事長他18名(内、庶務・会計担当5名、企画担当6名、編集担当7名)、開催6回。

会議事項：第1期決算、同事業報告、第2期評議員会議案、会則・細則一部改正案、第2期事業計画、同予算案など。

##### 2.1.2 評議員会

会長、副会長他評議員137名、開催2回〔内訳：第1回評議員会(出席56名、委任状提出30名)(47.6.15)、臨時評議員会(出席23名、委任状提出65名)(48.2.10)〕

会議事項：会則・細則の承認、第1期事業計画、同予算承認、会則・細則改正承認など。

##### 2.1.3 部門別幹事会

###### i) 庶務・会計幹事会

主担当幹事片山博道他4名 開催10回

###### ii) 企画幹事会

主担当幹事入江正彦他5名 開催6回

###### iii) 編集幹事会

主担当幹事水町長生他6名 開催7回

#### 2.2 調査研究事業

##### 2.2.1 組織・運営検討特別委員会

委員長 井口泉他10名 開催4回

会議事項：役員構成，評議員選出，会務監査制度，名誉会員，前会長，渉外事項などにつき会則・細則改正。

2.2.2 ガスタービン統計作成特別委員会  
委員長 佐藤玉太郎他4名 開催5回  
会議事項：我国のガスタービン生産に関する統計用データの蒐集および集計

2.2.3 定期講演会委員会  
委員会 水町長生他5名 開催2回  
会議事項：講演会の性格，内容，運営方法。

2.3 集会事業  
講演会3回，技術懇談会1回，見学会1回，他協会との共催シンポジウム1回。

回次	名称	講師	年月日	場所	摘要
1	第1回特別講演会	棚沢 泰(豊田中央研究所) 石田啓介(日本国有鉄道)	47. 6. 15	健保会館(東京)	
2	第1回技術懇談会	J. Fabri (仏, O. N. E. R. A.)	47. 9. 8	日本鋼管高輪クラブ	
3	第2回特別講演会	F. J. Wallace (英, Bath Univ.) R. C. Dean, Jr (米, Creare, Inc.) B. Lakshminarayana (米, Penn. State Univ.)	47. 9. 11	健保会館(東京)	
4	第1回見学会		47. 11. 6	東京瓦斯根岸工場	
5	自動車用ガスタービンに関するシンポジウム	水町長生(東大生研), 木下啓次郎(日産自動車), 中村健也(トヨタ自動車), 井上和夫(本田技研), 鶴見喜男(小松製作所), 岡村健二(三菱重工)	47. 12. 5	食糧会館(東京)	自動車技術会と共催
6	第3回特別講演会	成毛竹夫, 梅野満(日本海事協会), 井口泉(防衛大学校), 青木千明(石川島播磨重工)	48. 2. 10	ダイヤモンド社ホール(東京)	

2.4 出版事業

2.4.1 会報

本期発行した会報は Vol.1 No.1 (1972-9), Vol.1 No.2(1973-2) で本文

総ページ136ページ，目次，行事案内，会則，規程など13ページである。内容は下表のとおりである。(数字はページ数，括弧内は編数)

項目 巻号 発行月	メッセ- ジ 挨拶	論 説 解 説	ニ ュ ー ス	随 筆	資 料	見聞記	研 究 速 報	報 告	行 事 案 内	会 則 規 程
1.1 (9)	15.0 (13)	33.0 (5)	14.0 (6)					4.0	3.0	4.0
1.2 (2)	1.0 (1)	32.5 (4)	1.5	6.0 (2)	6.0 (1)	4.5 (2)	6.5 (2)	3.5	3.0	1.0

2.4.2 GAS TURBINE NEWSLETTER  
ASME Gas Turbine Division

より発行している本誌を同部門の了解のもとに3回にわたり複写配布した。

VOL. XIII, No.2 (1972-4), PP1-24  
VOL. XIII, No.4 (1972-10), PP1-12  
VOL. XIV, No.1 (1973-1), PP5-60

2.4.3 会員名簿

会員名簿(41ページ)を発行し，本年4月上旬会員に配布した。なお同名簿には個人会員については昨年8月末現在，維持会員は8月16日現在のものが記載されている。

2.5 会員数

第1期末(3月31日)会員数は下記のとおりである。

個人会員 632名 維持会員 60社

3. 第1期(昭和47年度)決算報告書

3.1 収支計算書 自昭和47年6月15日  
至昭和48年3月31日

(単位:円)

収入の部			支出の部		
科目		金額	科目		金額
会費	維持会費	1,875,000	47年度運営費	庶務・会計部門費	1,217,065
	個人会費	636,000		編集部門費	876,823
	小計	2,511,000		企画部門費	482,896
雑収入	資料, 会報等販売費	123,900	伴本 会 支 設 立 に	特別委員会費	45,580
	普通預金利子	13,727		小計	2,622,364
	小計	137,627		発会式パーティ費	245,511
引	継金	3,292,586		本会設立準備事務費	367,522
	1971年国際ガスタービン 会議東京大会よりの引継ぎ			小計	613,033
	定期預金利子	96,799		支出合計	3,235,397
合	計	5,950,892		基金	2,689,232
				次期繰越金	262,633
合	計	5,950,892	合	計	5,950,892

3.2 貸借対照表 昭和48年3月31日現在

(単位:円)

借方		貸方	
科目	金額	科目	金額
定期預金	2,200,000	未払金	553,432
普通預金	1,068,927	基金	2,689,232
		次期繰越金	262,633
合	計	合	計
	3,268,927		3,268,927

4. 第2期(昭和48年度)事業計画

4.1 講演会などの開催

講演会, 技術懇談会などの開催予定はつぎのとおりである。

- (i) 評議員会および特別講演会 48年 4月
- (ii) 第1回定期講演会 " 6月
- (iii) 技術懇談会 " 9月
- (iv) 特別講演会 " 11月
- (v) 技術懇談会 49年 2月

4.2 見学会

見学会予定はつぎのとおりである。

(i) 東京電力(株)横須賀火力発電所

(ii) 航空宇宙技術研究所

4.3 刊行物

- (i) 会報, 昭和48年9月(Vol. 1, No.3), 昭和49年3月(Vol. 1, No.4)に各々発行予定
- (ii) Newsletter, Annual Report: ASME Gas Turbine Division 発行の Newsletter (年4回), Annual Report の配布

4.4 委員会活動

下記の委員会を設け, 調査, 研究, 準備などを行なう。

- (i) ガスタービン統計作成委員会
- (ii) 本会法人化委員会

- (iii) 国際ガスタービン会議開催(1977年目標)準備委員会

5. 第2期(昭和48年度)予算

(単位:円)

収入の部		支出の部			
科目	金額	科目	金額		
会費	維持会費	2,250,000	48年度運営費	総務部門費	1,640,000
	個人会費	630,000		編集部門費	760,000
	小計	2,880,000		企画部門費	380,000
雑収入	120,000	特別委員会費		220,000	
前期繰越金	26,263	小計		3,000,000	
基金	2,689,232	次期繰越金	26,263		
		基金	2,689,232		
合計	5,715,495	合計	5,715,495		

国産ガスタービン生産統計のオリジナルデータ  
有料頒布のお知らせ

本号所載の生産統計のオリジナルデータを一部3千円で有料頒布いたします。  
本データは昭和47年末迄に作られた陸船用及び航空用の全ガスタービンを収録し、  
完全な仕様の外納入先、製造年月日等のデータをも網羅した貴重なものであります。  
頒布は9月からですのでご入用の方は下記の要領でお申込み下さい。

記

- 申込方法 : 葉書にガスタービン生産統計オリジナルデータ申込と記入し、氏名、所属、送付先、部数を明記して下さい。
- 頒布料金 : 3000円/部(送料共)  
現金書留もしくは振替(東京179578)で送金して下さい。
- 申込先 : 〒160 東京都新宿区新宿3丁目17-7  
紀伊国屋ビル (財)慶応工学会内  
日本ガスタービン会議統計作成委員会

- (i) ガスタービン統計作成委員会
- (ii) 本会法人化委員会

- (iii) 国際ガスタービン会議開催(1977年目標)準備委員会

5. 第2期(昭和48年度)予算

(単位:円)

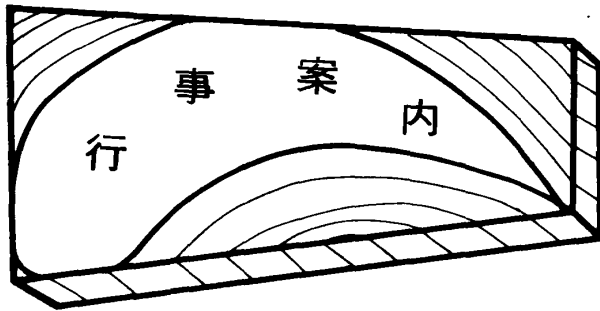
収入の部		支出の部			
科目	金額	科目	金額		
会費	維持会費	2,250,000	48年度運営費	総務部門費	1,640,000
	個人会費	630,000		編集部門費	760,000
	小計	2,880,000		企画部門費	380,000
雑収入	120,000	特別委員会費		220,000	
前期繰越金	26,263	小計		3,000,000	
基金	2,689,232	次期繰越金	26,263		
		基金	2,689,232		
合計	5,715,495	合計	5,715,495		

国産ガスタービン生産統計のオリジナルデータ  
有料頒布のお知らせ

本号所載の生産統計のオリジナルデータを一部3千円で有料頒布いたします。  
本データは昭和47年末迄に作られた陸船用及び航空用の全ガスタービンを収録し、  
完全な仕様の外納入先、製造年月日等のデータをも網羅した貴重なものであります。  
頒布は9月からですのでご入用の方は下記の要領でお申込み下さい。

記

- 申込方法 : 葉書にガスタービン生産統計オリジナルデータ申込と記入し、氏名、所属、送付先、部数を明記して下さい。
- 頒布料金 : 3000円/部(送料共)  
現金書留もしくは振替(東京179578)で送金して下さい。
- 申込先 : 〒160 東京都新宿区新宿3丁目17-7  
紀伊国屋ビル (財)慶応工学会内  
日本ガスタービン会議統計作成委員会



### ガスタービンに関する特別講演会

**主 催：** 日本ガスタービン会議  
**日 時：** 昭和48年11月16日(金)  
午後1時より  
**場 所：** ダイヤモンド館  
千代田区霞ヶ関1-4-2  
TEL 504-6274  
**講 師：** Mr. J. K. Patterson (予定)  
(米国ゼネラルエレクトリック社)  
Mr. S. M. Kaplan (予定)  
(米国ゼネラルエレクトリック社)  
**題 目：** 後 報  
**参加資格：** 日本ガスタービン会議会員  
**参加要領：** 別途お知らせ致します。

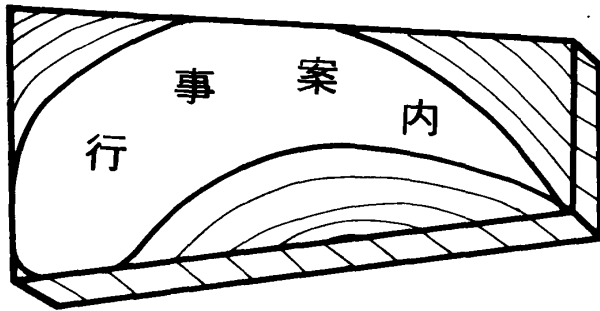
### ガスタービンに関する講習会

**主 催：** 日本ガスタービン会議  
**日 時：** 昭和49年1月25日(金)  
会員各位の御期待に添えるよう特別委員会を設け企  
画中。

### 第2回定期講演会講演募集

昭和49年6月(予定)に日本ガスタービン会  
議主催第2回定期講演会を開催致しますので、  
講演論文を募集致します。

- **開催時期：** 昭和49年6月上旬(予定)
- **場 所：** 東 京
- **論文内容：** (1)テーマはガスタービン  
(排気タービンを含む)およびその応用に関す  
る諸問題を取扱ったもの (2)上記の諸問題につい  
ての学術論文、技術論文およびガスタービンの開発に  
際して発生した技術上の諸問題を取扱った論文等  
(3)最近の研究で未発表のものおよび部分的に既に発  
表されたものを総括的に発表するもの
- **申 込 者：** 日本ガスタービン会議会員
- **申 込 方 法：** (1)論文発表申込者は、はがき  
大の用紙に「第2回定期講演会講演申込」と題記し、  
(a)講演予定題目、(b)発表者名(連名のときは講演者  
に\*印をつける)および勤務先 (c)通信先 (d)100  
~200字程度の概要を記入し、本会事務局宛申込ん  
で下さい。(2)申込期限 昭和49年1月10日
- **講演論文集：** (1)講演者は全部原稿を提出  
して戴きます。今回の講演会に提出された全論文を  
1冊に編集した講演論文集を発行致します (2)講演  
申込者には本会より講演論文集用原稿用紙をお送り  
致しますので、執筆の上期限迄に本会事務局へ郵送  
して下さい (3)原稿提出期限(事務局到着) 昭和  
49年4月10日
- **講演時間：** 1題につき30分(討論時間  
を含む)
- **採 否：** 講演発表の採否は本会にご一  
任願います。



## ガスタービンに関する特別講演会

**主 催：** 日本ガスタービン会議  
**日 時：** 昭和48年11月16日(金)  
午後1時より  
**場 所：** ダイヤモンド館  
千代田区霞ヶ関1-4-2  
TEL 504-6274  
**講 師：** Mr. J. K. Patterson (予定)  
(米国ゼネラルエレクトリック社)  
Mr. S. M. Kaplan (予定)  
(米国ゼネラルエレクトリック社)  
**題 目：** 後 報  
**参加資格：** 日本ガスタービン会議会員  
**参加要領：** 別途お知らせ致します。

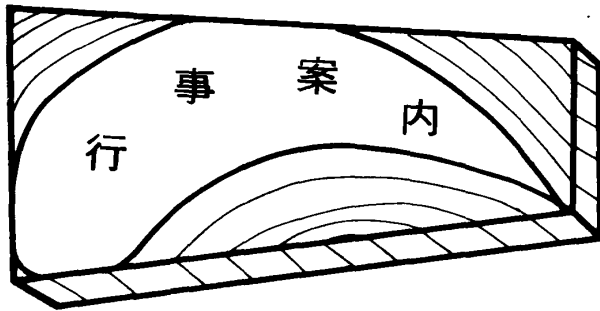
## ガスタービンに関する講習会

**主 催：** 日本ガスタービン会議  
**日 時：** 昭和49年1月25日(金)  
会員各位の御期待に添えるよう特別委員会を設け企  
画中。

## 第2回定期講演会講演募集

昭和49年6月(予定)に日本ガスタービン会議主催第2回定期講演会を開催致しますので、講演論文を募集致します。

- **開催時期：** 昭和49年6月上旬(予定)
- **場 所：** 東京
- **論文内容：** (1)テーマはガスタービン(排気タービンを含む)およびその応用に関する諸問題を取扱ったもの (2)上記の諸問題についての学術論文、技術論文およびガスタービンの開発に際して発生した技術上の諸問題を取扱った論文等 (3)最近の研究で未発表のものおよび部分的に既に発表されたものを総括的に発表するもの
- **申 込 者：** 日本ガスタービン会議会員
- **申 込 方 法：** (1)論文発表申込者は、はがき大の用紙に「第2回定期講演会講演申込」と題記し、(a)講演予定題目、(b)発表者名(連名のときは講演者に\*印をつける)および勤務先 (c)通信先 (d)100~200字程度の概要を記入し、本会事務局宛申込して下さい。(2)申込期限 昭和49年1月10日
- **講演論文集：** (1)講演者は全部原稿を提出して戴きます。今回の講演会に提出された全論文を1冊に編集した講演論文集を発行致します (2)講演申込者には本会より講演論文集用原稿用紙をお送り致しますので、執筆の上期限迄に本会事務局へ郵送して下さい (3)原稿提出期限(事務局到着) 昭和49年4月10日
- **講演時間：** 1題につき30分(討論時間を含む)
- **採 否：** 講演発表の採否は本会にご一任願います。



## ガスタービンに関する特別講演会

**主 催：** 日本ガスタービン会議  
**日 時：** 昭和48年11月16日(金)  
午後1時より  
**場 所：** ダイヤモンド館  
千代田区霞ヶ関1-4-2  
TEL 504-6274  
**講 師：** Mr. J. K. Patterson (予定)  
(米国ゼネラルエレクトリック社)  
Mr. S. M. Kaplan (予定)  
(米国ゼネラルエレクトリック社)  
**題 目：** 後 報  
**参加資格：** 日本ガスタービン会議会員  
**参加要領：** 別途お知らせ致します。

## ガスタービンに関する講習会

**主 催：** 日本ガスタービン会議  
**日 時：** 昭和49年1月25日(金)  
会員各位の御期待に添えるよう特別委員会を設け企  
画中。

## 第2回定期講演会講演募集

昭和49年6月(予定)に日本ガスタービン会議主催第2回定期講演会を開催致しますので、講演論文を募集致します。

- **開催時期：** 昭和49年6月上旬(予定)
- **場 所：** 東京
- **論文内容：** (1)テーマはガスタービン(排気タービンを含む)およびその応用に関する諸問題を取扱ったもの (2)上記の諸問題についての学術論文、技術論文およびガスタービンの開発に際して発生した技術上の諸問題を取扱った論文等 (3)最近の研究で未発表のものおよび部分的に既に発表されたものを総括的に発表するもの
- **申 込 者：** 日本ガスタービン会議会員
- **申 込 方 法：** (1)論文発表申込者は、はがき大の用紙に「第2回定期講演会講演申込」と題記し、(a)講演予定題目、(b)発表者名(連名のときは講演者に\*印をつける)および勤務先 (c)通信先 (d)100~200字程度の概要を記入し、本会事務局宛申込んで下さい。(2)申込期限 昭和49年1月10日
- **講演論文集：** (1)講演者は全部原稿を提出して戴きます。今回の講演会に提出された全論文を1冊に編集した講演論文集を発行致します (2)講演申込者には本会より講演論文集用原稿用紙をお送り致しますので、執筆の上期限迄に本会事務局へ郵送して下さい (3)原稿提出期限(事務局到着) 昭和49年4月10日
- **講演時間：** 1題につき30分(討論時間を含む)
- **採 否：** 講演発表の採否は本会にご一任願います。

## 会 報 編 集 規 定

1. 原稿は依頼原稿と会員の自由投稿による原稿の2種類とする。依頼原稿とは、会よりあるテーマについて特定の方に執筆を依頼するもので、自由投稿による原稿とは会員から自由に投稿された原稿である。
2. 原稿の内容は、ガスタービンに関連のある論説、解説、論文、速報（研究速報、技術速報）、寄書、随筆、ニュース、新製品の紹介および書評などとする。
3. 原稿は都合により修正を依頼する場合がある。
4. 原稿用紙は横書き400字詰のものを使用する。
5. 会報は刷上り1頁約1200字であって、1編について、それぞれ次の通り頁数を制限する。  
論説4～5頁、解説および論文6～8頁、速報および寄書3～4頁、随筆2～3頁、ニュース1頁以内、新製品紹介1頁以内、書評1頁以内
6. 原稿は用済後執筆者に返却する。
7. 依頼原稿には規定の原稿料を支払う。
8. 原稿は下記の事務局宛送付する。  
〒160 東京都新宿区新宿3-17-7、  
紀伊国屋ビル、財団法人慶応工学会内  
日本ガスタービン会議事務局  
(Tel 03-352-8926)

## 自 由 投 稿 規 定

1. 投稿原稿の採否は編集幹事会で決定する。
2. 原稿料は支払わない。
3. 原稿の〆切は随時とする。  
ただし、3月10日迄に投稿の分は9月
4. 原稿執筆要領については事務局に問合せること。  
発行の会報に、9月10日迄に投稿の分は翌年3月発行の会報に掲載される予定。

日 本 ガ ス タ ー ビ ン 会 議 会 報

第 1 卷 第 3 号

昭 和 4 8 年 9 月

編 集 者 田 中 英 穂

発 行 者 岡 村 健 二

日 本 ガ ス タ ー ビ ン 会 議

〒 1 6 0 東 京 都 新 宿 区 新 宿 3 丁 目 1 7 の 7

紀 伊 国 屋 ビ ル ( 財 ) 慶 応 工 学 会 内

T E L ( 0 3 ) 3 5 2 - 8 9 2 6

振 替 東 京 1 7 9 5 7 8

印 刷 所 日 青 工 業 株 式 有 限 公 司

東 京 都 港 区 西 新 橋 2 の 5 の 1 0

T E L ( 0 3 ) 5 0 1 - 5 1 5 1

非 売 品

## 会 報 編 集 規 定

1. 原稿は依頼原稿と会員の自由投稿による原稿の2種類とする。依頼原稿とは、会よりあるテーマについて特定の方に執筆を依頼するもので、自由投稿による原稿とは会員から自由に投稿された原稿である。
2. 原稿の内容は、ガスタービンに関連のある論説、解説、論文、速報（研究速報、技術速報）、寄書、随筆、ニュース、新製品の紹介および書評などとする。
3. 原稿は都合により修正を依頼する場合がある。
4. 原稿用紙は横書き400字詰のものを使用する。
5. 会報は刷上り1頁約1200字であって、1編について、それぞれ次の通り頁数を制限する。  
論説4～5頁、解説および論文6～8頁、速報および寄書3～4頁、随筆2～3頁、ニュース1頁以内、新製品紹介1頁以内、書評1頁以内
6. 原稿は用済後執筆者に返却する。
7. 依頼原稿には規定の原稿料を支払う。
8. 原稿は下記の事務局宛送付する。  
〒160 東京都新宿区新宿3-17-7、  
紀伊国屋ビル、財団法人慶応工学会内  
日本ガスタービン会議事務局  
(Tel 03-352-8926)

## 自 由 投 稿 規 定

1. 投稿原稿の採否は編集幹事会で決定する。
2. 原稿料は支払わない。
3. 原稿の〆切は随時とする。  
ただし、3月10日迄に投稿の分は9月
4. 原稿執筆要領については事務局に問合せること。  
発行の会報に、9月10日迄に投稿の分は翌年3月発行の会報に掲載される予定。

日 本 ガ ス タ ー ビ ン 会 議 会 報

第 1 卷 第 3 号

昭 和 4 8 年 9 月

編 集 者 田 中 英 穂

発 行 者 岡 村 健 二

日 本 ガ ス タ ー ビ ン 会 議

〒 1 6 0 東 京 都 新 宿 区 新 宿 3 丁 目 1 7 の 7

紀 伊 国 屋 ビ ル ( 財 ) 慶 応 工 学 会 内

T E L ( 0 3 ) 3 5 2 - 8 9 2 6

振 替 東 京 1 7 9 5 7 8

印 刷 所 日 青 工 業 株 式 会 社

東 京 都 港 区 西 新 橋 2 の 5 の 1 0

T E L ( 0 3 ) 5 0 1 - 5 1 5 1

非 売 品

## 会 報 編 集 規 定

1. 原稿は依頼原稿と会員の自由投稿による原稿の2種類とする。依頼原稿とは、会よりあるテーマについて特定の方に執筆を依頼するもので、自由投稿による原稿とは会員から自由に投稿された原稿である。
2. 原稿の内容は、ガスタービンに関連のある論説、解説、論文、速報（研究速報、技術速報）、寄書、随筆、ニュース、新製品の紹介および書評などとする。
3. 原稿は都合により修正を依頼する場合がある。
4. 原稿用紙は横書き400字詰のものを使用する。
5. 会報は刷上り1頁約1200字であって、1編について、それぞれ次の通り頁数を制限する。  
論説4～5頁、解説および論文6～8頁、速報および寄書3～4頁、随筆2～3頁、ニュース1頁以内、新製品紹介1頁以内、書評1頁以内
6. 原稿は用済後執筆者に返却する。
7. 依頼原稿には規定の原稿料を支払う。
8. 原稿は下記の事務局宛送付する。  
〒160 東京都新宿区新宿3-17-7、  
紀伊国屋ビル、財団法人慶応工学会内  
日本ガスタービン会議事務局  
(Tel 03-352-8926)

## 自 由 投 稿 規 定

1. 投稿原稿の採否は編集幹事会で決定する。
2. 原稿料は支払わない。
3. 原稿の〆切は随時とする。  
ただし、3月10日迄に投稿の分は9月
4. 原稿執筆要領については事務局に問合せること。  
発行の会報に、9月10日迄に投稿の分は翌年3月発行の会報に掲載される予定。

日 本 ガ ス タ ー ビ ン 会 議 会 報

第 1 卷 第 3 号

昭 和 4 8 年 9 月

編 集 者 田 中 英 穂

発 行 者 岡 村 健 二

日 本 ガ ス タ ー ビ ン 会 議

〒 1 6 0 東 京 都 新 宿 区 新 宿 3 丁 目 1 7 の 7

紀 伊 国 屋 ビ ル ( 財 ) 慶 応 工 学 会 内

T E L ( 0 3 ) 3 5 2 - 8 9 2 6

振 替 東 京 1 7 9 5 7 8

印 刷 所 日 青 工 業 株 式 会 社

東 京 都 港 区 西 新 橋 2 の 5 の 1 0

T E L ( 0 3 ) 5 0 1 - 5 1 5 1

非 売 品

