

(社)日本ガスタービン学会 名誉会員の紹介

(社)日本ガスタービン学会ではガスタービン及び関連技術に関し功績顕著な方又は本学会に対し特に功勞のあった方のうちから理事会の推薦により総会において承認された方が名誉会員になることになっています。去る昭和56年4月24日第6期通常総会において次の方々が本学会の名誉会員になられましたのでご紹介致します。



栗 野 誠 一 君
あ の せい いち

(明治43年12月10日生)

昭和9年3月 東京帝国大学工学部機械工学科卒業
昭和9年4月 東京帝国大学航空研究所嘱託
昭和14年4月 東京帝国大学助教授
昭和21年3月 東京帝国大学航空研究所所員
昭和20年12月 日本大学工学部教授
昭和22年1月 日本大学理工学部教授
昭和33年1月 工学博士
昭和37年3月 南極地域観測計画専門委員会委員
昭和38年11月 国立極地研究所運営協議員(現在に至る)
昭和44年11月 日本大学名誉教授(現在に至る)
昭和55年12月

本会関係略歴

- (1) 昭和47年6月入会
 - (2) 評議員(GTCJ 第1, 2, 4期
GTSJ 第1, 2, 3, 4, 5期)
監事(GTCJ 第3期)
- 現住所 東京都目黒区平町1-14-7



棚 沢 泰 君
た な ざ わ やすし

(明治39年10月23日生)

昭和4年3月 東京帝国大学工学部機械工学科卒業
昭和4年4月 東北帝国大学講師
昭和7年1月 東北帝国大学助教授
昭和11年11月 工学博士(東北帝国大学)
昭和16年7月 東北帝国大学教授
昭和21年1月 東北大学教授
昭和40年4月 東北大学工学部長
昭和45年4月 豊田中央研究所名誉所長
昭和46年4月 中部工業大学教授(現在に至る)
昭和48年5月 豊田中央研究所代表取締役
昭和52年6月 同上顧問(現在に至る)

本会関係略歴

- (1) 昭和47年5月入会
 - (2) 評議員(GTCJ 第2, 3, 4期)
GTSJ 第1期
- 現住所 名古屋市緑区鳴海町字篠の風



第6期会長就任挨拶

会長 井口 泉

第6期の総会において本期の会長に選出され、誠に光栄に存じております。

さて、ガスタービンを巡る諸環境は近年著るしく好転しつつあるように思われます。すなわちエネルギーの有効利用を目指す工業技術院のムーンライト計画に高効率ガスタービンが取り上げられ、目下高効率ガスタービン研究組合を中心に官、学、民の力を結集してその研究、開発を進められていることは周知の通りであります。またイギリス航空エンジンメーカーRolls-Royce社とわが国航空エンジンメーカー3社が、民間旅客機用エンジンRJ500を共同で設計、製造することになり、関係の各位は大変張り切っておられるように聞いております。またユーザ側のガスタービンに対する認識もエネルギー問題を軸として深まってきたように思われます。これらに連動してメーカー側の諸業務も活発となってくるのでありましょう。

以上は一、二の例に過ぎませんが、往年といっても本会の前身であるガスタービン会議発足の頃に比べてみると、予想もできなかったよう好況と思われます。研究の場においても業界にあってはガスタービン技術者に対する周囲の理解度は低く、また一、二の例外を除いて新技術といえば欧米との技術提携によるものが大部分でありました。これが今日の状態に進展した要因は世界の経済、政治の動きにあるのでしょうか、また今日までよく不況に耐えガスタービンの火を守り抜いた、本会で代表されるわがガスタービン技術者各位の熱意に負うところも多大であり、この固い信念に対して改めて深い敬意を表わす次第です。

しかしながら上記の国家的プロジェクトといい、また名門Rolls-Royceとの共同事業に

おいても前途には困難な問題が山積しているものと思われます。けれども、わがガスタービンエンジニア特に新進気鋭の若い技術者によって、これらの問題は立派に克服されるものと信ずるものがあります。

このよう考えてきますと、現在わが国のガスタービン技術者は重大な時期に直面していることとなります。ここでガスタービン技術者とは単にターボ機械や燃焼器などガスタービン本体のみに限らず、材料、計器、部品まで、またメーカーからユーザまで総合し、研究開発から製造、運転、教育など広く包含するものであります。これらのガスタービン技術者で構成されている本学会も今日重大な責務を負っていると言わざるを得ません。このときに当り本会の運営の任に当る当期会長はじめ理事一同その任務の重大さを痛感いたしておる次第であります。

顧みますと本会の前身日本ガスタービン会議が創立されから来年で早や10年となります。この間個人、賛助、学生会員皆様のご理解とご支援の下に各期会長はじめ理事各位の他に類をみられないような献身的ご尽力によりまして、本会は小規模ながら勝れた学会に発展し、通常業務はほぼ軌道に乗って参りました。しかし何事によらず10年も経過しますと諸事マンネリズムに陥る傾向が往々みられるので、この点十分反省しなければなりません。また来る1983年秋には展示会を含む国際会議を開催することが決まっております、今期にはその組織委員会、実行委員会の発足など重要な基礎固めがあります。学理と実際の調和、会員へのサービスとフィードバックという本会創立の精神を旨とし、有能練達の理事各位と相計り皆様の学会とし絶えざる前進を計る積りでありますのでなにとぞごべんたつの程お願いいたします。



ガス産業におけるガスタービンの応用

日揮株式会社 横田 伸 夫

1. 緒 論

世界で産出される天然ガスを大別すると、(a)油井ガス (Associated Gas), (b)ガス井ガス (Gas Well Gas) に区別される¹⁾。油井ガスは原油産出時の副産物であり、随伴ガスと称し、その産出量は全天然ガス産出量の10%に相当する。この油井ガスは油田の枯化と共に産出量が増大するとされている。

ガス井ガスには、コンデンセートを伴う遊離ガスと、共水性ガスとがある。天然ガスの産出量は、その埋蔵量及び発掘の経済性から言って遊離ガスを産出する遊離鉱床が主体となっている。共水性ガスの場合、埋蔵量が小さく経済的でないといわれている。

石油エネルギーがエネルギー若しくは化学原料として使用されて以来、その取り扱い易さのために長い間液体成分 (原油) のみが利用され、ガス成分は一部の地域を除いて殆んど利用されていなかった。近年、天然ガスの大量輸送技術の進歩につれて、その利用が拡大しつつある時に原油価格の上昇と言う外的要因も加わり、その利用が飛躍的に増大している。その結果、天然ガスそれ自身の産出量の増加に併せて、天然ガソリン及びLPG等、液体留分の増加を伴って世界の石油エネルギーの生産量の増大に大きく貢献している。

天然ガス取り扱いプロセスの代表例としては次のものが考えられる。

- 1) 天然ガス精製
- 2) 天然ガスパイプライン

3) 天然ガソリン

4) LPG

5) LNG

6) 石油化学

最近では上記プロセスに加えて油田及びガス田の枯化防止、又は若がえりの為に Water Injection 及び Gas Re-injection が各地で採用され、生産量の増大と、資源の保存に少なからぬ影響を与えている。

天然ガス取り扱いプロセスにあっては、経済的に Scale Merit 効果が大きく、プラント規模の極大化傾向が強く、一種の巨大産業と言うことができる。加えて取り扱い流体が気体であるがため、大容量の機械設備と動力源を必要とする。

黎明期に於ける大容量動力源として、当時としては一番信頼性の高い蒸気タービンを使用せざるを得なかった。しかし、プロセスの性質上、蒸気を使用しなくてはならないと言う必然性がなく、更にプラントの立地条件として水の使用が制限される場合が多く、一般石油ガス化学を除いて動力源に蒸気タービンを使用する理論的根拠が大変小さいと言うことができる。

他方、一般産業用ガスタービンにあっては、各要素の研究開発と、多くの使用実績にもとづく経験により、信頼性及び熱効率ともに著しく向上し、現在では蒸気タービンに比べて同等、若しくはそれ以上に発達している。

上記の理由によって近年、天然ガス取り扱いプラントに於けるガスタービンの使用実績が着実に伸びており、近い将来、蒸気タービンにとって代ってガスタービンが原動機としての主流を占める

(昭和56年3月25日原稿受付)

ものと推定される。

天然ガスプラントにあって、たとえガス産出地に建設されるプラントでも、熱効率の良否は製品の原単価とその生産量に影響し、プラントの経済性を評価する一つの因子として使用される。この傾向は産出地より消費地に行くにつれてその度合が強く、総合熱利用率の向上の観点から、コンバインドサイクルの応用が検討され始めており、部分的にしる、既に一部のプラントでは実用化に入っている。

ここに、ガス産業におけるガスタービンの利用として、天然ガス精製プラント及び LNG プラントについて、その概要とガスタービンの応用例について記述する。

2. 天然ガス精製プラント

Wellより湧出する天然ガスは、原油と同じくそのままでは製品価値が低く、組成と発熱量を一定に精製調整する必要がある。

天然ガスは、埋蔵される地殻構造によって組成が異なるが、その精製プロセスは次の5項目に区別される。

- 1) コンデンセートの分離
- 2) 水分除去

3) エタン分離

4) ブタン分離

5) プロパン分離

6) 脱硫

} LPGの製造

精製プラントの建設場所は、パイプラインの経済的利用価値を高めるため、一般には井戸元に設けられる。ここで精製された天然ガスは、パイプラインにより受入基地に圧送され、天然ガスとして輸出するか、若しくは後述のLNGプラントに送られて液化天然ガスとして輸出される。

精製プロセスは、その処理量が大いので、分離、吸着及び冷却など温度、圧力を利用した物理的な処理が利用される。

図-1に生産量 $200 \times 10^8 \text{ Nm}^3/\text{年}$ の天然ガス精製プラントのプロセスの概要を示す。このプラントにおいては天然ガスの湧出圧力が $100 \sim 120 \text{ kg}$ と高く、精製過程に必要な充分な圧力をもっている。

原料ガスは前処理段階の Separation Systemによって固形及び液留分が機械的に分離除去される。次にガス中に存在する飽和蒸気(水分)を Glycoleにより吸着除去し、後流の低温処理過程で発生が予想される氷結閉塞の危険性をまえもって除去す

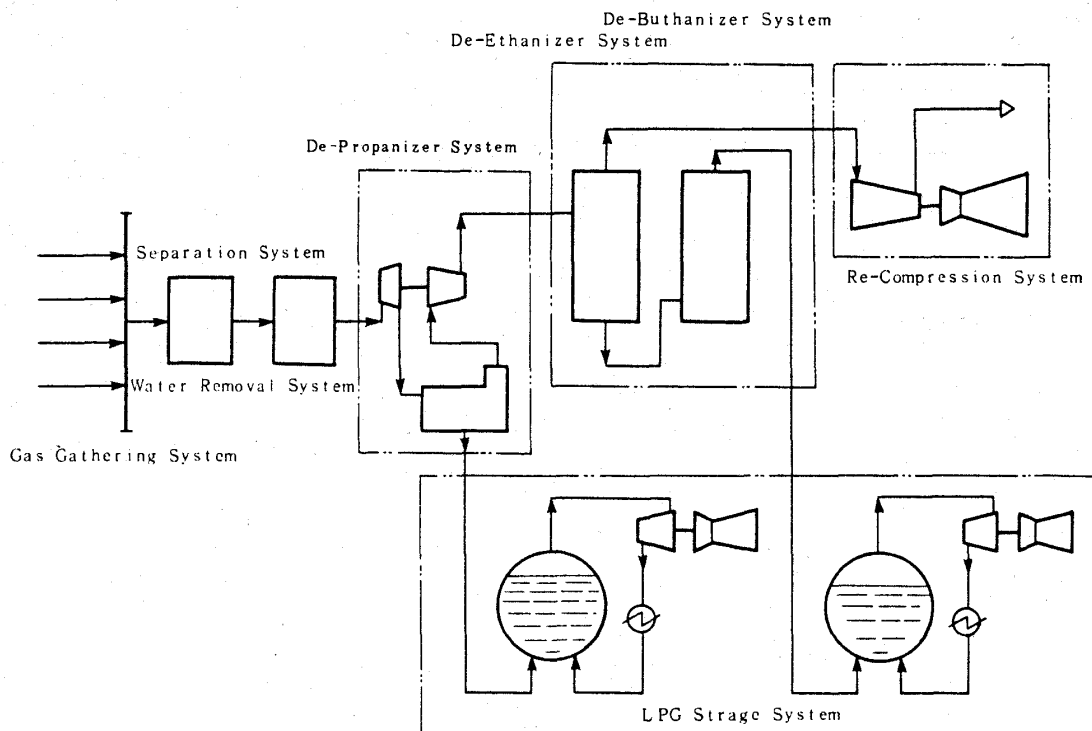


図1. 天然ガス精製プラントのプロセス概要

る。De-propanizing System では、C₃成分の分離を目的として冷却凝縮分離が行われる。原料ガス圧力が充分高い場合には、膨張タービンを利用してガス自身の自由膨張による温度低下によってC₃成分を凝縮させる事ができる。他方原料ガスの圧力が低い場合には、図-2に示すような冷凍サイクルが利用される。次にガスは De-ethanizer 及び De-methanizer System を経て精製された後、所定の圧力にまで昇圧されて受入基地にパイプラインによって圧送される。この昇圧の程度は、原料ガスの元圧、精製プロセスの圧力損失及びパイプラインの長さにより異なるが、本プラントで使用された昇圧圧縮機及びその駆動ガスタービンの仕様を表-1及び2に示す。

精製過程で分離された C₃及び C₄成分は、LPG として貯蔵設備に蓄えられる。貯蔵タンク内の温度は一部LPGを気化させ、その気化熱によって温度上昇を防いでいる。こうして発生する Boil Off Gas は圧縮、冷却により再液化させ、貯蔵タンクに戻される。一例として、このプラントにて使用している Boil Off Gas Compressor と

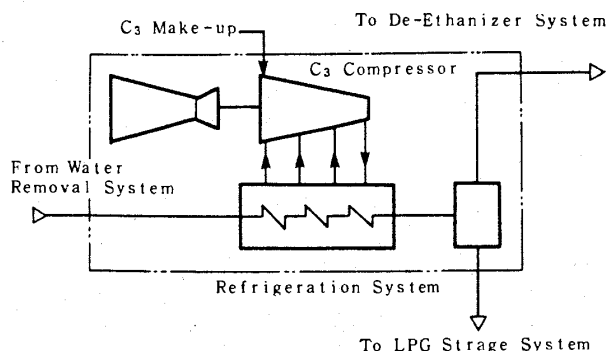


図2. 冷凍サイクル使用の De-propanizing System

表1. RE-COMPRESSOR (昇圧圧縮機) SPECIFICATIONS

| | |
|--|----------------------|
| Type of Compressor | Centrifugal |
| Gas Handled | Mixed Gas |
| Molecular Weight | 20.63 |
| Inlet Gas Temperature(°C) | 40 |
| Inlet Gas Pressure (kg/cm ² .A) | 25.2 |
| Discharge Gas Pressure (kg/cm ² .A) | 76.7 |
| Weight Flow (kg/Hr) | 23.5×10 ³ |
| Compressor Speed (rpm) | 8,700 |
| Required Shaft Horsepower (kw) | 14,500 |

表2. Gas TURBINE SPECIFICATIONS

| | |
|---------------------------|------------------------|
| Type | Heavy Duty Split Shaft |
| Model | M-5332B (GE type) |
| Fuel | Natural Gas |
| Ambient Temperature(°C) | 40 (45 max) |
| Altitude (m) | 736 |
| Max Output at Site (kw) | 19,270 |
| Power Turbine Speed (rpm) | 4,600 |
| Air Filter System | Three Steps |
| Oil Cooler | Air Cooler |
| Startor | Gas Startor |

駆動ガスタービンの仕様を表-3及び4に示す。

一般に天然ガス精製プラントは都市部より離れた場所に建設され、サイクル変動及び停電事故の頻繁な発生等により外部電源の信頼性が大変低い。プラントの安定操業のため、独立した自家発電設備の設置は不可欠であり、起動性が良く、保守点検の少ないガスタービンはこの目的に好適である。表-5にこのプラントで用いられているガスタービン発電設備の仕様を示す。

このプラントで使用されているガスタービンは、

表3. BOIL OFF GAS COMPRESSOR SPECIFICATIONS

| | |
|--|-------------|
| Type of Compressor | Centrifugal |
| Gas Handled | Propane |
| Molecular Weight | 46.66 |
| Inlet Gas Temperature(°C) | 21 |
| Inlet Gas Pressure (kg/cm ² .A) | 6.03 |
| Discharge Gas Pressure (kg/cm ² .A) | 20.93 |
| Gas Volume Flow (m ³ /min) | 83.6 |
| Compressor Speed (rpm) | 7,900 |
| Required Shaft Horsepower (kw) | 1,480 |

表4. GASTUREBINE SPECIFICATIONS

| | |
|---------------------------|------------------------|
| Type | Heavy Duty Split Shaft |
| Model | TB-4000 (Ruston Type) |
| Fuel | Natural Gas |
| Ambient Temperature(°C) | 40 (45 max) |
| Altitude (m) | 736 |
| Max Ont put at Site (kw) | 2,297 |
| Power Turbine Speed (rpm) | 8,700 |
| Air Filter | Three Steps |
| Oil Cooler | Air Cooler |
| Startor | Gas Startor |

表 5. 6,000kw GASTURBINE GENERATOR SET.

| | |
|--------------------------|-------------------------|
| Type | Heavy Duty Single Shaft |
| Modle | MW-101L |
| Fuel | Natural Gas |
| Ambient Temperature(°C) | 40 (45 max) |
| Altitude (m) | 736 |
| Max Output at Site (kw) | 6,220 |
| Air Filter System | Three Steps |
| Oil Cooler | Air Cooler |
| Startor | Gas Startor |
| Gasturbine Speed (rpm) | 6,047 |
| Generator Capacity (KVA) | 7,775 |
| Generator Speed (rpm) | 3,000 |
| Generator Type | Open Type Air Cooled |

通常運転では精製された天然ガスを燃料として使用するが、しかし緊急時には原料ガスをそのまま使用する事も考慮して、燃料濾過器及び Demister 設備は特別な設計となっている。ガスタービンの起動装置はガススターターであり、タービン排熱は回収していない。立地条件が僻地かつ砂漠地帯であり、冷却水の使用は極端に制限されていて、すべての冷却装置は空冷式でかつ夏場の最高気温45℃でも安定した運転ができるように考慮されている。

季節的に4月及び10月には、かなり激しい Sand Storm が吹き荒れ、ひどい時には一週間も続く事さえある。ガスタービンの Air Filter System には特別の考慮を払い、空気取り入れは地上より8m以上として粒子の大きい塵芥の流入を防ぎ、かつ Filter System は Inertia Separator を含めて3段階のフィルターが採用されている。

試運転当初システムのな問題が発生したが、それ以降プラントとして好調に運転を続け、近いうちにガスタービンの第一回目の定期点検が予定されている。

3. 液化天然ガス (LNG)

我が国では当初クリーンエネルギーとしてもてはやされた LNG も、今日では石油に代わる重要な代替エネルギーとして、世界各地で生産プラントが多く建設されている。

天然ガスの場合、供給地域と消費地とが陸続きの場合には、かなりの長い距離までガスパイプラインにて接続されることができる。しかし日本のように海にて隔離されていて、たとえ近隣に天然ガス供給源があってもガス状態での輸入が不可能であり、液化天然ガスとして輸入せざるを得ない。

現在世界で稼動している主要 LNG プラントの規模と輸入国との関係を表-6²⁾、更に建設中若しくは計画中のプラントを表-7²⁾に示す。この表から判るように、稼動中のプラントでは実に35.7%、計画中のものでも30.7%の LNG が日本に輸入される事になり、世界に於ける LNG の全生産量の1/3が我が国で消費されることになる。

LNG の製造プロセスは、大型冷凍サイクルであり、大容量の冷凍圧縮機が使用される。

プロセスは次の2つに大別することができる。

- 1) カスケード法
- 2) プロパン及び MCR 法

これらプロセスの概念フロー線図を図-3及び図-4に示す。

LNG プラントにあっては、製造設備のみならず輸送冷凍船及び受入基地など関連設備が有機的に

表 6. BASS LOAD LNG IMPORT PROJECTS (Currently Operational)

| Export | Trade (site) | Import | Plant Capacity X 10 ⁶ m ³ /day | Contract Initial Delivery |
|-----------|------------------|-----------|--|---------------------------|
| Algeria | (Arzew) | - U. K | 2.83 | 1964 |
| Algeria | (Arzew) | - France | 1.42 | 1964 |
| Alaska | (Kenai) | - Japan | 5.26 | 1969 |
| Libia | (Marsa el Brega) | - Italy | 6.65 | 1969 |
| Libia | (Marsa el Brega) | - Spain | 3.11 | 1969 |
| Brunei | (Iumut) | - Japan | 20.85 | 1972 |
| Algeria | (Skikda) | - France | 9.91 | 1972 |
| Algeria | (Skikda) | - U. S. A | 3.25 | 1971 |
| Algeria | (Arzew) | - Spain | 1.42~4.25 | 1974~79 |
| Abu Dhabi | (Das Island) | - Japan | 12.74 | 1977 |
| Indonesia | (North Sumatra) | - Japan | 29.72 | 1977 |
| Algeria | (Arzew) | - U. S. A | 28.3 | 1978 |
| Indonesia | (North Sumatra) | - U. S. A | 15.56 | 1979 |
| Algeria | (Skikda) | - Spain | 12.34 | 1979 |
| Algeria | (Arzew) | - Belgium | 9.62 | 1981 |
| Algeria | (Arzew) | - U. S. A | 11.89 | 1980 |
| Algeria | (—) | - France | 14.58 | 1980 |

表7. BASE LOAD LNG IMPORT PROJECTS
(In Planning and Under Consideration Stages)

| Export | Trade (site) | Import | Plant Capacity $\times 10^6 \text{ m}^3/\text{day}$ | Contract Initial Delivery |
|------------------------|-----------------|-------------------|--|------------------------------|
| Algeria | | - U.S.A | 28.3 | 1981 |
| Algeria | | - U.S.A | 10.19 | - |
| Alaska (Kenai) | | - U.S.A | 5.66~11.32 | 1979~'80 |
| Sarawaku (Bintula) | | - Japan | 28.3 | 1980 |
| Algeria | | - Germany | 23.1 | 1979 |
| Chile (Cabo Negro) | | - | 6.23 | 1978 |
| Nigeria (Bonny Island) | | - U.S.A or Europe | 45.28 | 1980~'85 |
| Algeria | | - Canada, U.S.A | 27.17 | 1982 |
| Arctic Island | | - Canada | 7.08 | 1983 |
| Australia | | - Japan, U.S.A | 28.3 | 1983 |
| U.S.S.R (Nakhotoka) | | - U.S.A | 28.30 | 1980~'85 |
| U.S.S.R (Murmansk) | | - U.S.A or France | 56.60 | 1980~'85 |
| U.S.S.R (Nakhotoka) | | - Japan | 28.30 | 1980~'85 |
| Qatar | | - Japan | 21.23 | - |
| China | | - Japan | 14.15 | - |
| Persian Gulf | | - Holand | 28.30 | 1985 |
| Columbia | | - U.S.A | 4.25 | 1980~'85 |
| Trinidad Tobago | | - U.S.A | 14.15~28.3 | 1983 |
| Algeria | | - Germany | 5.66 | - |

に大きくなりつつあり、小規模プラントは経済的に成り立たないと言われている。

一方、冷凍圧縮機には遠心式が使用されているが、容量的に限界に近づきつつあり、今後一連のプラント容量を増大するためには軸流圧縮機等の新しい形式の機械の採用が期待される。一例として、 $250 \times 10^6 \text{ SCFD}$ ($7.08 \times 10^6 \text{ Nm}^3/\text{D}$) の容量をもつプラントについて、使用される圧縮機の容量を表-8³)に示す。

一方プラント容量を左右する因子として、圧縮機の他に一番重要な駆動機の種別と大きさについて

むすびついた巨大産業であり、これら関連設備の総合コストがLNGの原単価に大きく影響し、スケールメリット効果を期待してプラントの規模が次第

で考えてみる。

蒸気タービンにあっては、現在の技術水準から容量的な制限はないと言ってもさしつかえない。

GASCASE SYSTEM

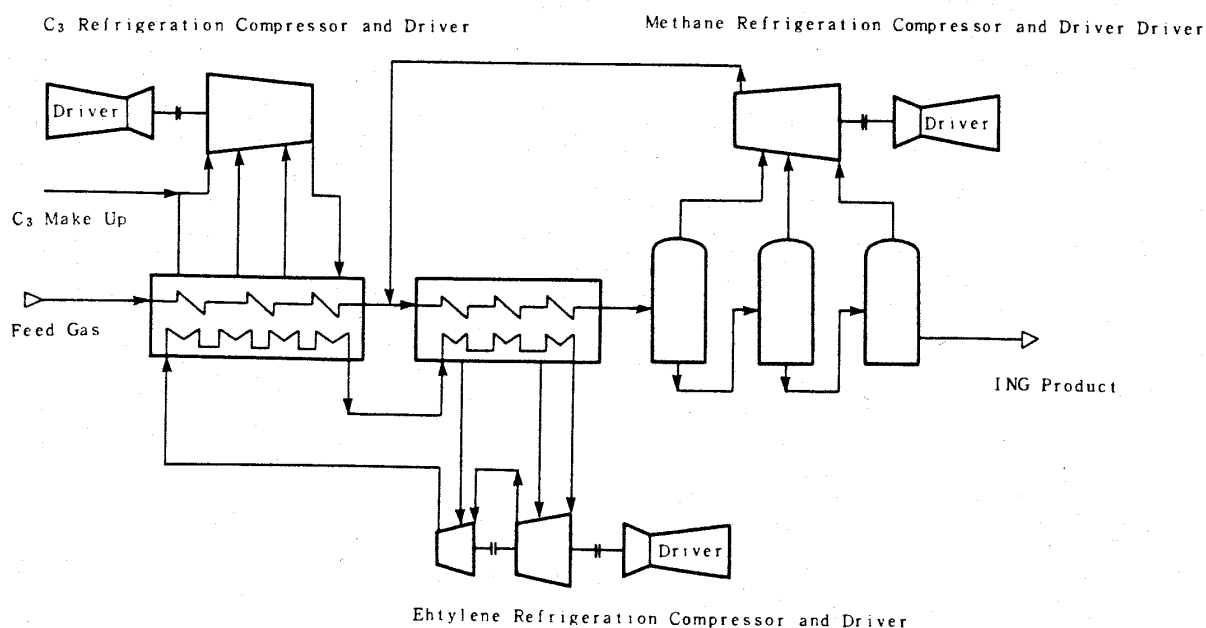


図 3.

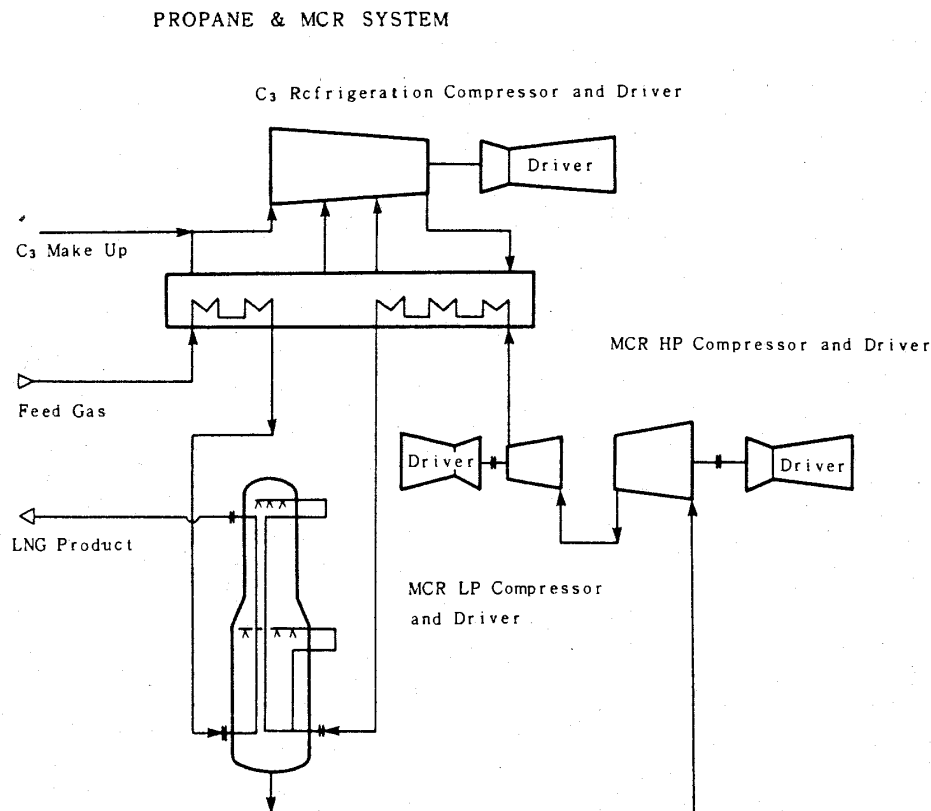


図 4.

しかしプラントの性質上、蒸気を使用すると言う必然性が少く、加えて産業基盤の弱い地域での建設という特殊条件を考え合せると、蒸気タービンを使用するプラントは、ガスタービンを使用したプラントに比べて経済的に不利であるとの報告がなされている。一例として、 250×10^6 SCFD (7.08×10^6 Nm³/D) のプラント容量について、圧縮機コストを基準とした両者の経済比較を表-9³⁾に示す。これより判るごとく、ガスタービン駆動の場合の方が蒸気タービン方式に比べて80%の建設費ですむことを示している。

しかしガスタービンは完成された一種のシステ

表 8. LNG Plant and Compressor Capacity
(C₃ and MCR Process)

| | |
|--|---------|
| Plant Capacity (MMSCFD) | 250 |
| Refrigeration Compressor Capacity (HP) | 34,000 |
| No. of Compressors/train | 3 |
| Total Compressor Capacity (HP) | 102,000 |
| Driver Rating (HP) | 36,000 |
| Specific Required Compressor Power (HP/MMSCFD) | 408 |

ムであり、モデルによってその容量が定っていて設計点を自由に選択することができなく、ガスタービンに適合したプラントの容量を決定しなければならない欠点がある。表-10³⁾に代表的ガスタービンモデルの仕様と、それを使った場合のLNGプラントの一系列当りの容量との関係を示す。

ガスタービンを駆動機として使用する場合、使用するモデルによってその容量に制約があることに加えて大気条件によって性能が変化するという特性に留意すべきである。しかし圧縮機の構造的限界とあいまって、現在使用されている一般的ガス

タービンモデルは現実のLNGプラント容量に適しており、更に前述の経済的理由も加わってLNGプラントに於けるガスタービンの応用の可能性は極めて高く、その傾向が最近のプラントに現れている。

ちなみに現在稼動中のプラントでは、KENAI (ALASKA) 及び ARUN (INDONESIA) の2つがガスタービンを駆動機として採用しているに

表 9. FACILITY COSTS

| Main Drivers | Steam Turbine | Gas Turbine |
|----------------------------|---------------|-------------|
| Steam Generation | 1.98 | 0.97 |
| Compressors | 1.0 | 1.0 |
| Steam Turbine | 1.1 | 0.09 |
| Gas Turbine | | 1.20 |
| Utilities | 1.94 | 1.62 |
| Total direct costs | 6.02 | 4.88 |
| Indirect costs | 2.11 | 1.71 |
| Total erected costs | 8.13 | 6.59 |
| Differential erected costs | +1.54 | |

表10.

| G/T Model | FT4C-3F | MS 5532 B | RB211-24 B | IM2500 |
|---------------------------------|---------|-----------|------------|--------|
| ISO Rating (HP) | 42,000 | 35,000 | 30,500 | 27,500 |
| Site Rating (HP) | 37,600 | 29,900 | 27,000 | 22,464 |
| No. of Compressor | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Heat Rate at Site (BTU/HP,H) | 8,100 | 9,420 | 7,580 | 7,550 |
| Plant Capacity (MMSCFD) | 250 | 205 | 190 | 165 |

過ぎないが、計画中のプラントにあっては表-11に示すごとくガスタービン駆動方式が主流となっている。

4. 熱効率向上とコンバインドサイクル

ガス産業にあっては、回転機械の消費動力が大きいので、原動機の熱効率の違いによる運転費への影響は大変大きいと言えることができる。一例として、LNGプラント500 MMSCFD(14.16×10^6 Nm³/D)について原動機の熱効率の違いによる年間の燃料費と、建設費との経済比較を表-12に示す。

ガスタービンの熱効率(25~30%)が1%上昇する事により年間燃料費の節約は約1・2億円に

表11. LNG PROJECT (Under Development)

| Plant Location | Plant Capacity (MMSCFD) | Compressor Driver |
|--------------------|----------------------------|-------------------|
| Alaska | 400 | GT |
| Sarawak | 900 | ST |
| Artic Island | 250 | GT |
| Algeria LNG-3 | 1,500 | ST |
| Bonny Island | 1,200 | GT / ST |
| Trinidad | 650 | GT |
| Australia NW Shell | 1,000 | GT or ST |

表12. FUEL CONSUMPTION AND COST
(Based on \$1.00 / MMBTU)

| Thermal Efficiency | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Annual Heat Consumption ($\times 10^{12}$ KJ/year) | 23.97 | 19.17 | 15.98 | 13.69 | 11.98 |
| Annual Fuel Cost ($\times 10^6$ \$) | 24 | 19 | 16 | 14 | 12 |
| Ratio to Errection Cost (%) | 22 | 17.3 | 14.4 | 12.3 | 10.8 |

相当し、製品の原単価への影響は無視できない。

このような事情から、ガス産業に於いても総合熱利用率の向上のため、蒸気—ガスコンバインドサイクルの応用が検討されている。既に発電プラントにあっては200基を超える実績のあるサイクルではあるが、ガス産業での応用はみなかった。しかし

原油価格の上昇につれて、消費地において実用化された革新技术が、天然ガス供給ルートに遡って移動しつつあることは時代を象徴する現象と言える。図-5⁴⁾に Unfired Waste Heat Recovery Boiler を使用したコンバインドサイクルの一例を示す。ガスタービン単独での熱効率35.6%が、コンバインドサイクルによって43.9%に迄上昇する。なお一般にコンバインドサイクルによって到達する総合熱効率は、使用されるガスタービンの熱効率に関係なく、ほぼ一定の値を示すと言われている。

一般産業用ガスタービンに Unfired Waste Heat Boiler をつけて発生する蒸気を復水タービンを使って得られる動力は、おおよそ下式にて表示することができる。

$$L_{S \cdot T} = 0.42 L_{G \cdot T}$$

但し $L_{S \cdot T}$: 蒸気による発生動力

$L_{G \cdot T}$: ガスタービンの発生動力

即ちガスタービン出力の約42%相当の排熱が、Waste Heat Boiler を使用することにより動力として回収することができる。

上述のごとく、コンバインドサイクルによる出力及び熱効率の増加等そのメリットは大きく、ガス産業とりわけLNG、及びエチレンプラントのごとく複数の大形原動機を必要とするプラントにおいては、コンバインドサイクルの応用の可能性が一番高い分野であり、かつ経済的効果も大きく、近い将来その応用と実用化が期待される。

5. あとがき

世界における石油の需要が供給を上まわっている限り、原油の価格は

確実に上昇しつづけるであろう。一方ガス産業にあっては大形プロジェクトの実施と合わせて今迄採算ベースに乗らないとの理由により、その開発と回収が放置されていた各種のプロセスが実現し、それに伴う設備投資が実施され始めている。

理論的に蒸気タービンに比べて、ガスタービン技術発展の前途は大変明るく、効率、比出力及び経済性からも将来大いに期待できる原動機とすることができる。ガス産業では、その容量、立地条件及びプロセス的要求からガスタービンが一番適している原動機であり、この分野での応用と実績が期待される。

ESTIMATED HEAT BALANCE DIAGRAM

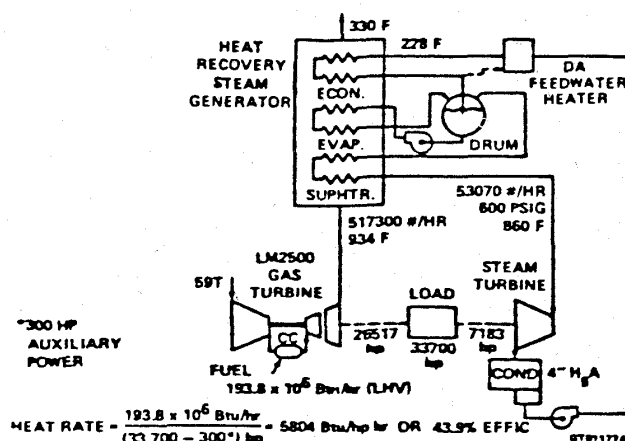


図 5.

参考文献

- 1) 檜和田亮造 化学経済 1980. Vol. 27 p. 51
- 2) J. G. Seay, P. J. Anderson, E. J. Daniels
INSTITUTE OF TECHNOLOGY 5/78
- 3) R. N. Dinapoli. OIL & GAS JOURNAL
AUG. 1980
- 4) R. P. Lang GER- 3098 p. 5

§ 行事予定 §

- | | |
|------------------------|---|
| 56年9月下旬 | 特別講演会 Professor F. BREGELMANS (VON KARMAN INSTITUTE FOR FLUID DYNAMICS) |
| 56年10月頃 | 見学会・技術懇談会(関西地区) |
| 11月頃 | 見学会・技術懇談会 |
| 57年1月 | 第10回ガスタービンセミナー |
| 21日22日 | |
| 詳細につきましては、後日お知らせいたします。 | |

確実に上昇しつづけるであろう。一方ガス産業にあっては大形プロジェクトの実施と合わせて今迄採算ベースに乗らないとの理由により、その開発と回収が放置されていた各種のプロセスが実現し、それに伴う設備投資が実施され始めている。

理論的に蒸気タービンに比べて、ガスタービン技術発展の前途は大変明るく、効率、比出力及び経済性からも将来大いに期待できる原動機とすることができる。ガス産業では、その容量、立地条件及びプロセス的要求からガスタービンが一番適している原動機であり、この分野での応用と実績が期待される。

ESTIMATED HEAT BALANCE DIAGRAM

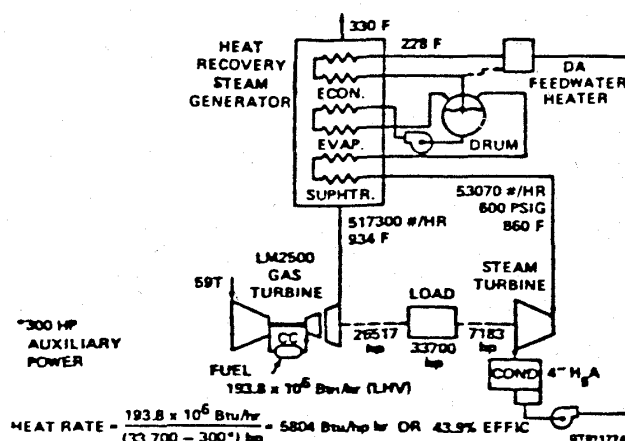


図 5.

参考文献

- 1) 檜和田亮造 化学経済 1980. Vol. 27 p. 51
- 2) J. G. Seay, P. J. Anderson, E. J. Daniels
INSTITUTE OF TECHNOLOGY 5/78
- 3) R. N. Dinapoli. OIL & GAS JOURNAL
AUG. 1980
- 4) R. P. Lang GER- 3098 p. 5

§ 行事予定 §

- | | |
|------------------------|---|
| 56年9月下旬 | 特別講演会 Professor F. BREGELMANS (VON KARMAN INSTITUTE FOR FLUID DYNAMICS) |
| 56年10月頃 | 見学会・技術懇談会(関西地区) |
| 11月頃 | 見学会・技術懇談会 |
| 57年1月 | 第10回ガスタービンセミナー |
| 21日22日 | |
| 詳細につきましては、後日お知らせいたします。 | |

航空燃料をとりまく諸問題

航空宇宙技術研究所 松 木 正 勝
航空宇宙技術研究所 鳥 崎 忠 雄
航空宇宙技術研究所 高 原 北 雄

1. はじめに

表 1. わが国定期航空輸送の発展

| 年 度 | 輸 送 人 員 | | | 輸 送 人 ・ キ ロ | | |
|-------|---------|---------|-------|-------------|---------|---------|
| | 計 | 国内定期 | 国際定期 | 計 | 国内定期 | 国際定期 |
| | 千人 | 千人 | 千人 | 百万人・キロ | 百万人・キロ | 百万人・キロ |
| 昭和30年 | (357) | (336) | (21) | (334) | (212) | (122) |
| 32 | (609) | (563) | (46) | (575) | (336) | (239) |
| 34 | (832) | (749) | (83) | (876) | (448) | (428) |
| 36 | (1,909) | (1,862) | (147) | (1,862) | (1,078) | (784) |
| 38 | (3,964) | (3,707) | (257) | (3,353) | (2,092) | (1,261) |
| 40 | 5,605 | 5,146 | 459 | 5,053 | 2,939 | 2,114 |
| 42 | 7,331 | 6,498 | 833 | 7,584 | 3,911 | 3,673 |
| 44 | 13,183 | 11,800 | 1,383 | 13,041 | 6,991 | 6,050 |
| 46 | 18,442 | 16,382 | 2,060 | 18,375 | 10,298 | 8,077 |
| 48 | 26,096 | 23,516 | 2,580 | 28,400 | 16,033 | 12,367 |
| 50 | 28,052 | 25,445 | 2,607 | 33,021 | 19,138 | 13,883 |
| 52 | 36,673 | 32,885 | 3,788 | 41,326 | 23,631 | 17,695 |

- (出所) 1. 「運輸経済統計要覧」昭和50年版、「運輸経済年次報告」(参考資料)昭和52年版、「運輸白書」(各論)昭和53年版による。
2. ()内は「運輸統計要覧」昭和45年版による。ただし、昭和45年版と50年版の間には数値の差がある。
3. 昭和31年は「航空統計年報」昭和39年版による。

人類が初めて空を飛ぶという夢を実現して以来、約 $\frac{3}{4}$ 世紀という短期間で航空輸送は我国においても表1のように旅客や物資を輸送する主要交通機関として社会生活に欠くことのできないものになってきている。

船舶、鉄道、車輛、航空機などの各種交通機関はそれぞれの好適速力範囲で実用化されており、重量当りの必要仕事は浮力、反力、揚力の支持方法の順に増大していることが図1から分る。航空機は揚力支持によるものであるため、燃料価格高騰の影響を一番受け易く、航空輸送会社では一層の燃料消費の合理化を進め、航空機製造会社では技術開発による省エネルギー努力が現在も精力的に進められている。

ここではまず始めに航空燃料となる一次エネ

ルギー資源の変遷と実情について述べ、次いで航空燃料をとりまく状況と各種航空燃料の現状と将来について述べることにする。

2. エネルギー利用の変遷

図2, 3に示すように産業革命とワットの蒸気機関の出現以来、石炭の利用が活発になり、陸上、海上交通や工業部門に多用され19世紀後半には英国で石炭の年間使用量が1億トンを越えるまでになっていた。20世紀に入ると産業規模の拡大や自動車の普及が起り、1950年代に航空用ガスタービンの実用化が進み、更に、中東に豊富な油田が発見されてエネルギーの主流は石炭から、取扱いの容易な石油にとってかわった。それ以後、約20年間で、原油コストは殆んど変化せず、石油の使用量は格段に伸びたが1973年の中東

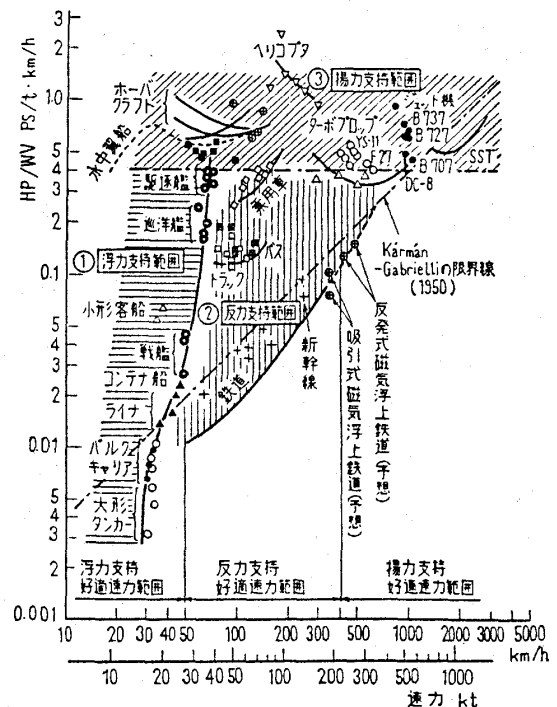


図 1. 各種交通機関の好適速力範囲²⁾

(昭和56年4月27日原稿受付)

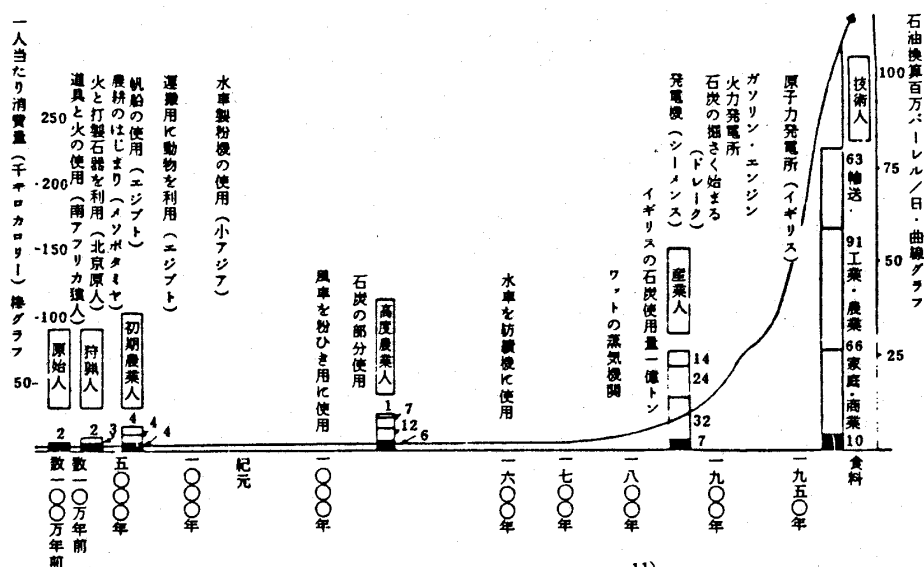


図2. 人類とエネルギー関わり¹¹⁾

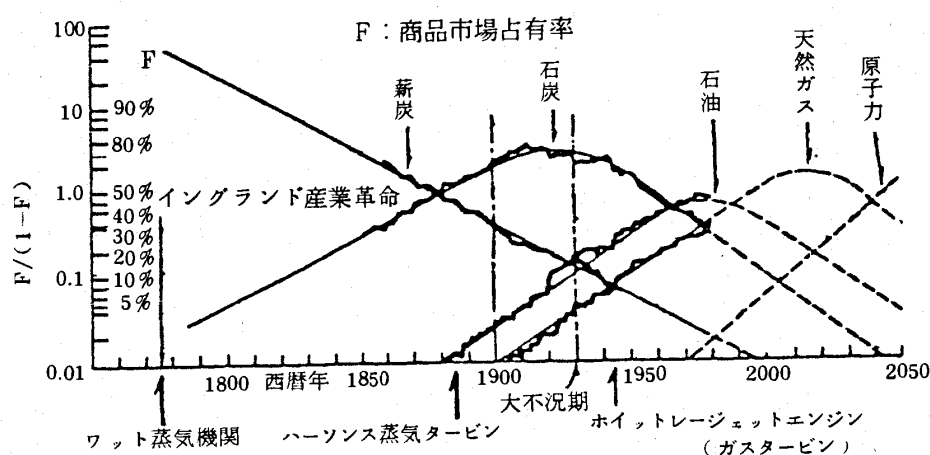


図 3. 各種エネルギーの占有率の経年変化³⁾

戦争に端を発した第一次石油ショックで石油価格は高騰し、第二次石油ショックでは石油の量の制限も行われ、エネルギーの高価格、省エネルギー時代が到来した。今後20～30年間のエネルギーを眺めると、省エネルギー技術と共に代替エネルギーの技術開発が進められ、石炭、原子力、天然ガスの利用が大きく進むと予測されている。一方、過去の市場占有率を分析して、天然ガスが石油に代って主要エネルギーとなると予測しているグループもある。しかし、過去に起らなかった地球規模のエネルギーの需給バランスの悪化から、現在石油の10倍という大量にある石炭エネルギー利用の道を進み始めており、この市場占有率の予測値からの変動が起ることも考えられる。すでに石油輸入量は米国を除いて減少しており、我国は特に省エネルギーに優れた実績を示している。近年、石油代

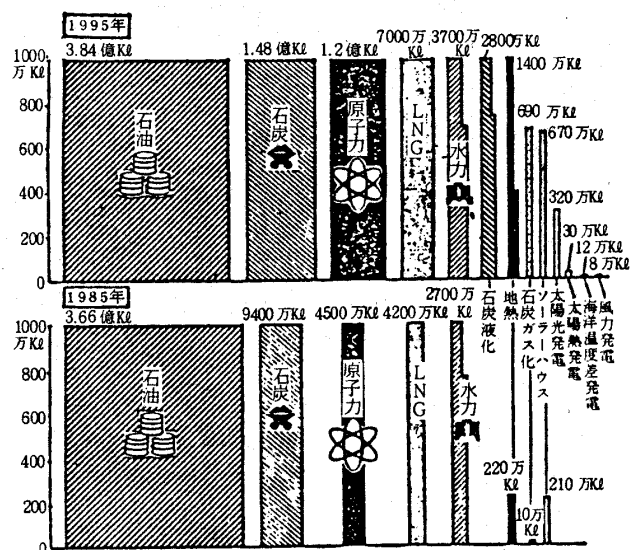
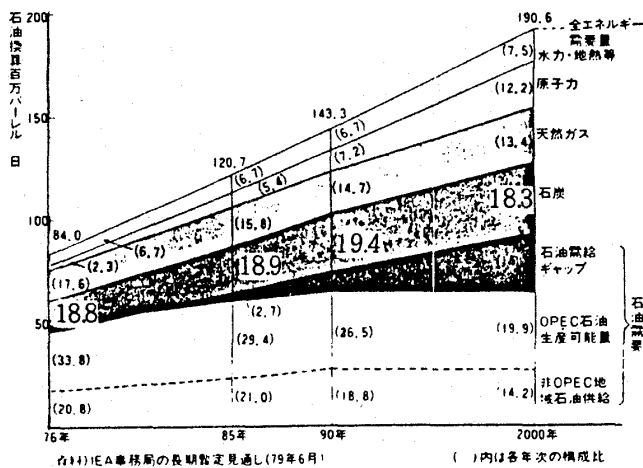


図4. 将来の我国の主要エネルギー供給予測
(通産省資料などより¹⁷⁾)

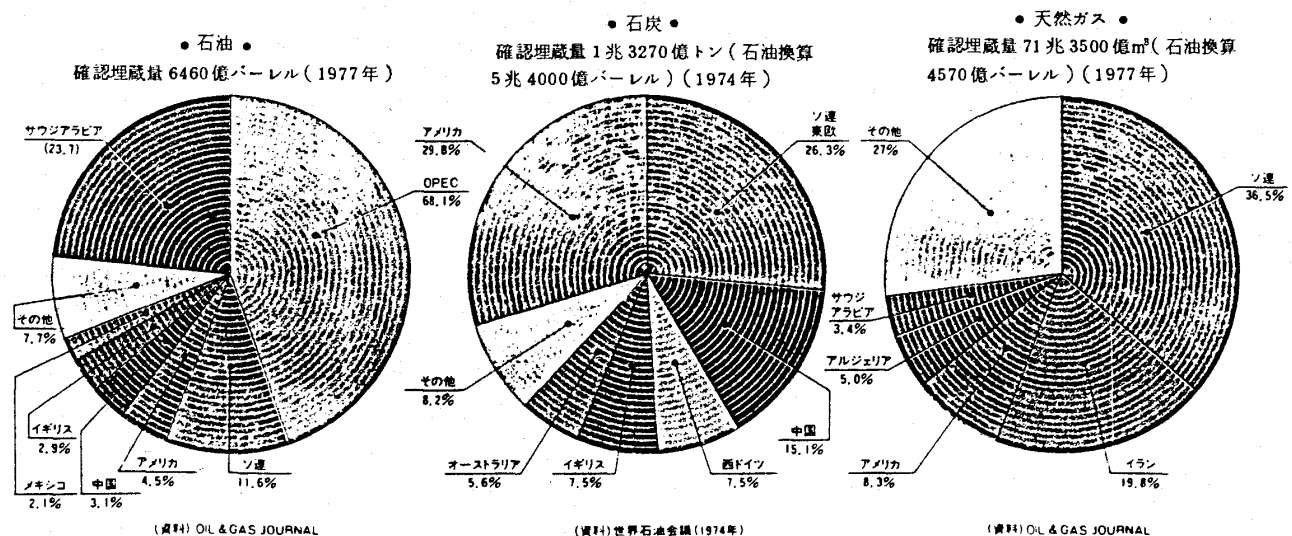
図5. エネルギー需給（自由世界）見通し¹¹⁾

3. 航空燃料をとりまくエネルギー事情

現在、人類が利用できる一次エネルギーは地球が誕生すると同時に持っていた原子エネルギー、地熱エネルギーのほかに、過去永年にわたって固定化された有限の石油、石炭、天然ガス、オイルシェール、タールサンド等と常時、地球に降りそそぐ太陽エネルギーと、その太陽エネルギーが短期的に他のエネルギーに変換されている風力エネルギー、水力エネルギー、波力エネルギー、海洋温度差エネルギー、バイオマスエネルギー等の非固定エネルギーに分けることができる。この非固定エネルギー量は比較的大きいが人類が使用するエネルギーとして考えるにはエネルギー密度の低いことに起因する使い勝手の悪さを克服する必要

があろう。今後、長期間にわたって人類が地球上で生活していくためには非固定エネルギーを安価に有効な仕事に変換する技術が必要であらうが、西暦2000年の初頭まではその過渡期として固定エネルギーの有効利用も考える必要があろう。

現在、石油の窮極的な埋蔵量は世界で約2兆バレル（約7km³）と推定されているが確認埋蔵量は0.64兆バレルと言われている。又、石炭の確認埋蔵量は1.33兆トン（石油換算5.4兆バレル）あり、天然ガスの確認埋蔵量は、71兆m³（石油換算0.46兆バレル）ある。このエネルギー資源の保有国は図6に示すように特定の国に偏在している。今まで生産地で利用されずに大量に捨てられていた天然ガスの利用が進んでいるが、この天然ガスの需要先への輸送にはガスパイプラインか、液化しての輸送方法を用いているが、いずれにしても高度な技術と設備投資資金が大きいので需給間での長期契約が行われている。我国はこの液化天然ガスの世界の全輸出量の大半を輸入する輸入大国である。過去その輸入原価はエネルギー単価で石油に比較して安価であったが、現在はほぼ同等になっている。この天然ガスは原油より安定供給されることや取扱いの容易さなどと共に品質が優れているので、石油より高価格になる傾向がみられる。一方、石炭はエネルギー単価で約1/4であるが、輸送コストと取扱いの不便さや二次エネルギーとしての液化、ガス化コストや公害対策費のため、取扱い易い燃料とするためには最

図6. 主要エネルギー資源の主な保有国¹¹⁾

終利用者にとっての末端価格は単価で約1/4であるが次第に高価化すると思われる。このようなことから利用経費の安い天然ガスの利用が一層進むことと思われる。木材、石炭、石油、天然ガスの三成分グラフを図7に示すように、良質燃料は脱酸素、脱炭素化へと進んでいることが分る。

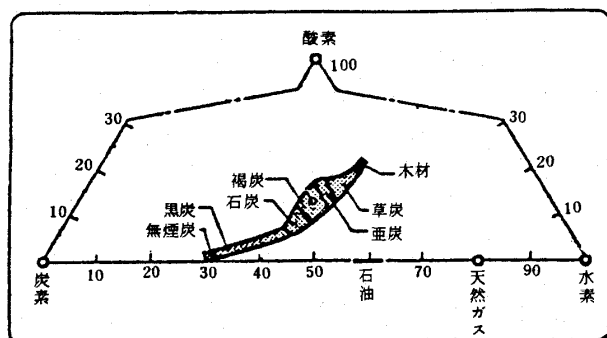


図7. 各種エネルギーの組成割合⁹⁾

4. 航空燃料

石油は主に中東、ソ連、アメリカ大陸、北海で原油の形で産出している。表2から分るように、これらの国で産出する原油は生産地によって、常温で固体のものから液体のものまで幅の広い性状を示すだけでなく、その組成にも多くのものが含まれている。これらの原油を分溜することによって図8のようにガソリン、ナフサ、ジェット燃料、灯油、軽油、A、B、C重油とに分離され、図9に示すように各製品需要先に供給されている。特に最近では中間溜分であるジェット燃料、灯油、軽油、A重油の需要の伸びが高く、供給割合のバランスがくずれ、ジェット燃料などが不足している。表3

表2. 生産地域による原油の性状比較¹¹⁾

| 地域 原油名 | 北海 | アラスカ | メキシコ | 中国 | サウジアラビア |
|----------------------------|--------|---------|-------|------|----------|
| 性状 | フォティーズ | ノーススロップ | イスマス | 大慶 | アラビアンライト |
| 比重 (API) | 36.7 | 26.3 | 33.5 | 33.1 | 33.3 |
| 硫黄分 (Wt %) | 0.3 | 1.0 | 1.5 | 0.1 | 1.8 |
| 流動点 (°C) | -2.5 | -15 | -17.5 | 32.5 | -35以下 |
| ガソリン、灯油 軽油留分 (VOL %) | 55 | 41 | 50 | 26 | 51 |

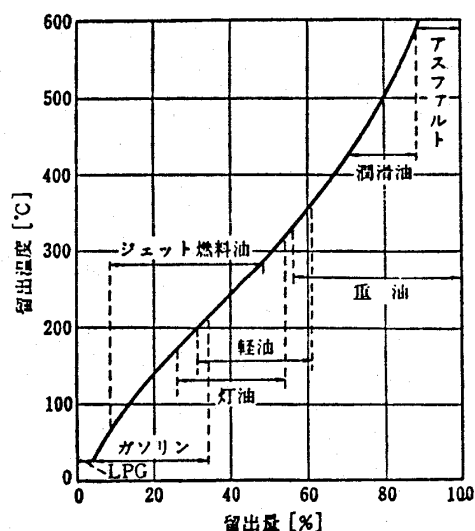


図8. 原油と石油製品の沸点範囲¹³⁾

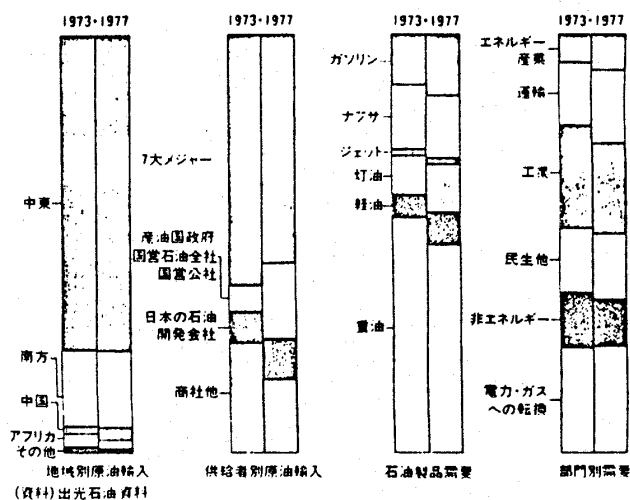


図9. 我国の石油需給状況¹¹⁾

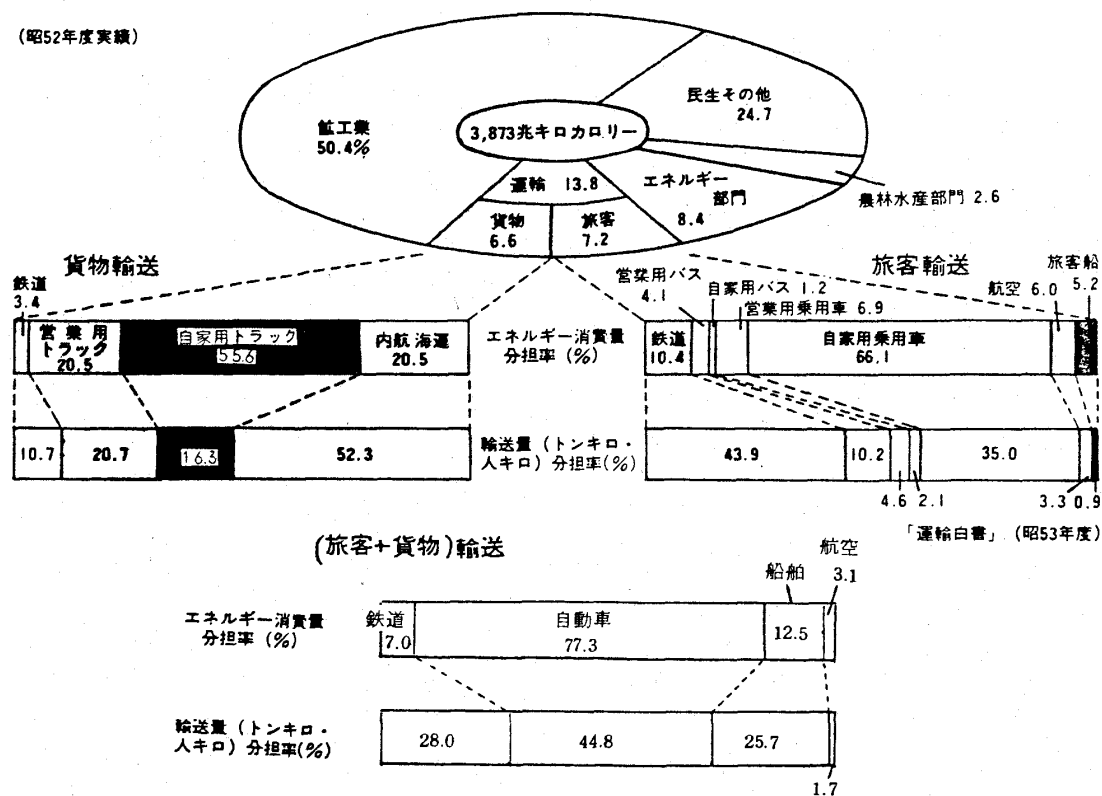
のように石油製品は日米欧の各国によって分溜割合は国内エネルギー利用状況によって大きく変化している。この中間溜分の需要割合の増加も石油危機に拍車をかけていた。図10に示すように日本において国内総エネルギーに対して13.8%が運輸に用いられており、その77.3%が自動車に、12.5%が船舶に、7.0%が鉄道に利用され、航空には3.1%が用いられている。ちなみに、昭和52年の我国の航空気ジェット燃料は石油製品消費量の0.8%が使用された。米国においては、航空輸送に5.8%を利用しており、ジェット燃料の規格をワイド化して分溜

表3. 主要国の石油製品消費量(1977年)¹⁰⁾

| 国名 油種 | 日本 | 米 | 英 | 西独 | 仏 | 伊 |
|----------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|
| L P G | 6.1 | 1.2 | 1.6 | 2.2 | 2.7 | 2.6 |
| 自動車ガソリン | 10.8 | 41.2 | 21.5 | 18.1 | 17.2 | 12.4 |
| ナフサ | 12.2 | 3.9 | 6.4 | 4.3 | 5.2 | 7.4 |
| 航空燃料 | 0.8 | 5.8 | 2.1 | - | 2.2 | 0.6 |
| 灯油 | 9.0 | 1.1 | 3.3 | 0.1 | 0.1 | 1.9 |
| 軽油 | 15.1 | 21.2 | 24.3 | 48.3 | 38.2 | 25.3 |
| 重油 | 41.8 | 19.2 | 34.4 | 18.1 | 29.0 | 45.3 |
| その他 | 4.2 | 6.4 | 6.4 | 8.9 | 6.4 | 4.5 |
| 合計 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 消費量 千トン | 213,323 | 770,725 | 80,710 | 122,988 | 98,775 | 85,475 |

一技術の開発により航空燃料として25%の向上が得られても現在の3倍の航空燃料の当然増が起る。しかし、このための石油資源の確保は困難と考えられるので、より高効率航空機にするための技術開発を進めると共に、分溜割合の増大および改質燃料の増加をはかる一方で、代替燃料として石油以外のエネルギー源からの航空燃料への転換が進まなければ、全体として航空輸送の増加を期待し得ないことになる。原油からの分溜割合を増すため、ジェット燃料のワイド化は他の石油需要を圧迫するので、

(昭52年度実績)

図10. 我国の国内輸送機関別輸送量とエネルギー消費量の構成¹⁰⁾

割合の増加をはかっている。又、図11から分るように米国の定期航空路では短距離飛行の方が燃料を多く消費し、B-737, DC-9, BAC-111, B-727などの中小型機の燃料使用量が多いので、このクラスの低燃費航空機の開発が急がれている。

世界の航空輸送は図12から分るように、西暦2000年までの20年間に年平均7.0%の増加があると仮定すると約4倍になる。この間、省エネルギー

次第に高価格化すると考えられ、航空運輸量の制限が起ってくるものと考えられる。又、他のエネルギー源からの液体水素、液体メタンの航空機への利用には多くの解決しなければならない技術的、経済的、社会的問題がある。

現在、航空燃料の高騰により、図13から分るようにジェット燃料の価格は1.0ドル/ガロン(1ドル220円として約60円/ℓ)程度になっている。米国の大

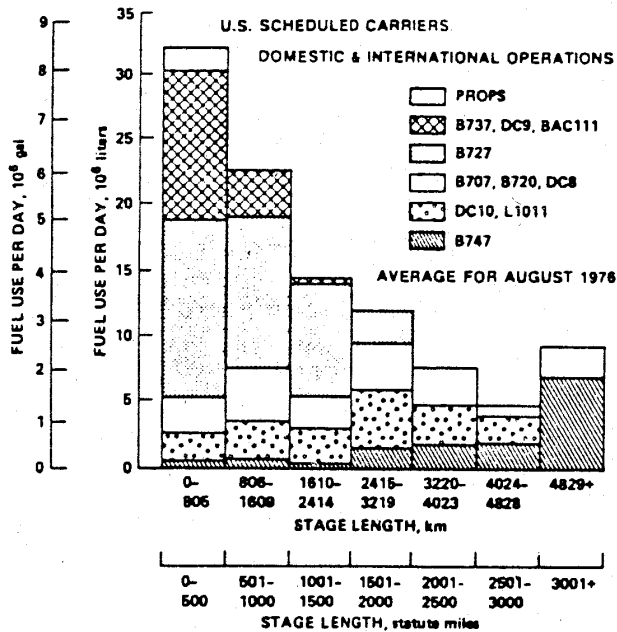
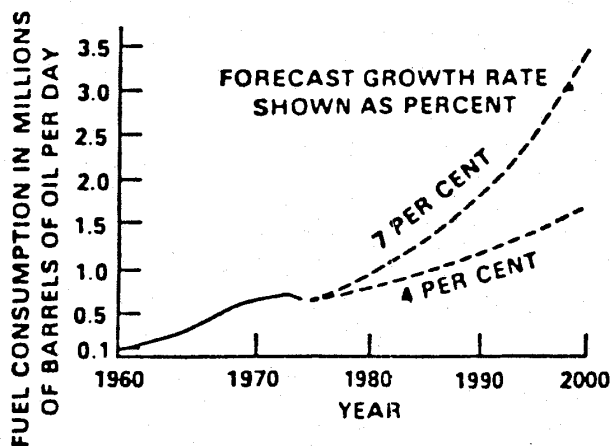
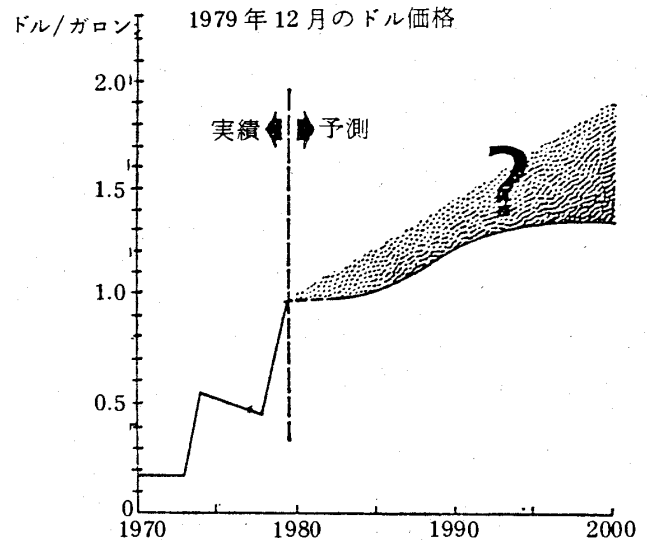


図11. 米国の定期航空機による燃料使用量

図12. 米国の航空輸送会社の燃料消費予想曲線
(NASA/ERDAの調査)

型広胴機の運航実績は表4の内訳から分るように燃料・滑油・税は5年前の第二次オイルショック前の1976年第一・四半期においても直接運航費の約40%にもなっていることが分る。又、日本航空の費用項目別推移表5から分るように燃料費だけが急増して昭和50年には総経費の約20%となっており、現在では燃料費が総経費の30%以上も占めるようになった。

航空燃料の高価格化が進めば進むほど燃料費軽減のため、各種の対策が必要となり、経済的にも

図13. ジェット燃料価格の実績と予測⁷⁾表4. アメリカにおける広胴機運航実績¹²⁾
(1976年第一・四半期)

| 機 名 | ボーイング 747 | ダグラス DC 10 | ロッキード L1011 |
|-------------|--------------|---------------|----------------|
| 就航航空会社数 | 9 | 7 | 3 |
| 平均座席数 | 361 | 241 | 247 |
| 1日稼働時間(時) | 9.8 | 8.7 | 7.0 |
| 平均区間距離(km) | 3,567 | 2,136 | 1,736 |
| 平均区間時間(時) | 4.4 | 2.8 | 2.3 |
| 直接運航費(ドル/時) | 2,936 | 1,758 | 2,062 |
| 直接運航費内訳(%) | | | |
| 乗 員 | 15.1 | 19.6 | 16.8 |
| 燃料・滑油・税 | 41.0 | 39.5 | 36.0 |
| 保 険 | 1.3 | 1.0 | 1.2 |
| 機 体 整 備 | 5.3 | 5.0 | 4.8 |
| エンジン 整備 | 11.6 | 10.8 | 10.7 |
| 装 備 品 整 備 | 1.3 | 0.9 | 1.7 |
| 償 却 | 24.4 | 23.2 | 28.8 |
| 合 計 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

見合ってくる。表6に現用航空機、新技術導入機、将来機についてのエネルギー節約量の予測を示すように、新しい技術開発が進む下地ができているようにみえる。航空燃料は国際規格商品であるため、一国だけの事情で特定の変更を決定することができにくい、世界的にみて、可能性のある新燃料技術の研究開発を進めていかないと立ち遅れ

表 5. 日航の費用項目別推移⁴⁾
¹²⁾

(単位 10億円)

| 年 度 | 昭和47 | 昭和48 | 昭和49 | 昭和50 |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 人 件 費 | 55.6 (25.3%) | 74.9 (28.3%) | 85.3 (25.5%) | 96.1 (26.1%) |
| 燃 料 費 | 21.1 (9.6%) | 30.1 (11.4%) | 65.2 (19.4%) | 71.5 (19.5%) |
| 減価償却費 | 39.7 (18.1%) | 42.7 (16.2%) | 47.9 (14.2%) | 50.2 (13.7%) |
| 支払利息 | 7.9 (3.6%) | 8.2 (3.1%) | 10.6 (3.2%) | 11.9 (3.2%) |
| そ の 他 | 95.2 (43.4%) | 108.2 (41.0%) | 126.0 (37.6%) | 137.8 (37.5%) |
| 費 用 計 | 219.5 (100.0%) | 264.0 (100.0%) | 335.0 (100.0%) | 367.5 (100.0%) |

表 6. 航空機のエネルギー節約量の予測

| | 項 目 | 節約量 (%) |
|----------------------------|------------------------------|------------|
| 現 用 航 空 機 | 運航の改善 | |
| | 巡航速度の減少 | 2 |
| | 最適飛行経路 | 5 |
| | 地上取扱いの改善 | 0.5 |
| | 余裕燃料の減少 | 0.5 |
| | 飛行訓練のシミュレーション化 | 0.5 |
| | 小 計 | 5 |
| | High-density seating | 7～35 |
| 新 技 術 導 入 機 | ロードファクタ(75%目標)の改善 | 30 |
| | スーパクリティカル翼 | 11～15 |
| | 複 合 材 料 | 11 |
| | 推進装置の改善 | 6～8 |
| | アクティブコントロール | 4 |
| | 小 計 | 22～30 |
| | Terminal compatible aircraft | 5～18 |
| 将 来 機 | Acoustic composite nacelle | 3 |
| | 超 大 型 機 | 30～40 |
| | 外板摩擦抵抗の減少 | 20 |
| | 水素燃料航空機 | 5～15 |

てしまうことになる。このため、米国では積極的に省エネルギー航空機の開発とジェット燃料のワイド化を進めつつある。一方において、合成ジェット燃料、液化メタン燃料、液化水素燃料の利用に関する技術研究開発が進められようとしているが、一般に航空用ジェット燃料に関して好ましい特

性は下記のものがある。

- (1) 重量当り発熱量が大きいこと。
- (2) 着火性及び燃焼安定性がよいこと。
- (3) 発煙性及び炭化物の堆積傾向が少いこと。
- (4) 排ガスが清浄なこと。
- (5) 貯蔵安定性がよいこと。
- (6) 腐蝕性が少いこと。
- (7) 高空低温化での流動性が確保されること。
- (8) 大量に安価に供給されること。

(イ) ジェット燃料

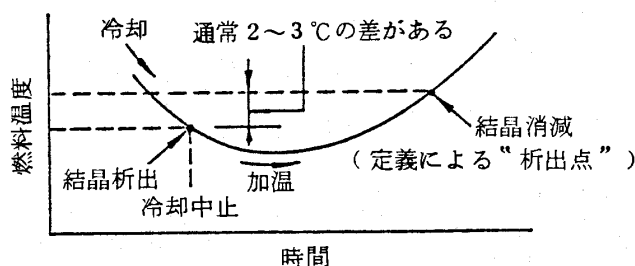
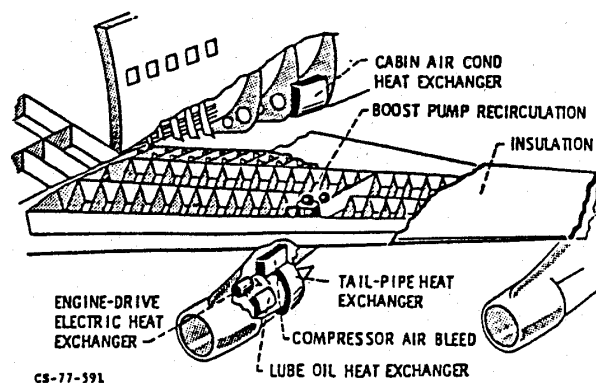
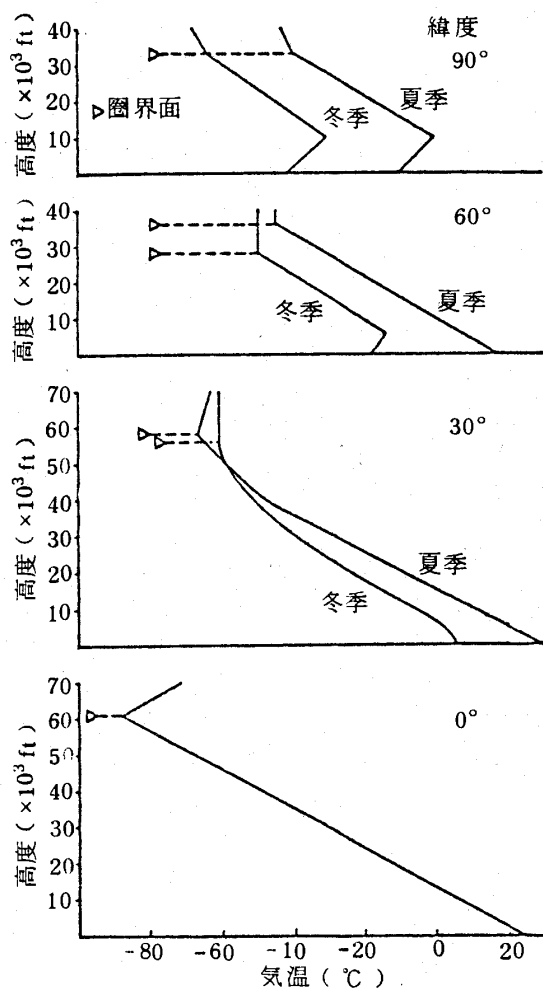
ジェット燃料には二種類があり一つは灯油とほとんど変らないケロシン系のものでジェットA型、ジェットA1型のものと、ナフサと灯油を混合したガソリン系のジェットB型がある。A型とB型の主な違いは比重の違いでA1型は0.79～0.85で40℃以上でないと引火しないがB型は比重が0.75～0.80と軽く低温ならびに高空での着火性がよい特徴を持っている。A1型はB型に比べ価格は高いが、引火温度が高いため安全性に優れ我国始め主要航空会社のほとんどがこのケロシン系のものを用いている。この燃料の中に酸化防止剤や静電気防止剤を添加して用いている。

航空機用ジェット燃料の伸びは他の石油製品の伸びの中でも大きく、原油からの分溜割合が過去2～3%であったので凍結温度は-60℃程度と極めて低かったが、現在では分溜割合が5%近くなり、凍結温度は-46℃程度になり、近い将来、-34℃～-29℃程度になると考えられていることが表7から分る。このジェット燃料の結晶析出温度と消滅温度を時間軸に対して示すと図14のようになる。このため、図15から分るように航空機が緯度の高い地方で冬期に高度を高くにとって飛行する時には凍結し易いので運航コースの選定を行って燃料タンク内で凍結が起らないような対策をとっている。しかし更に燃料の凍結温度が高くなると、図16に示すように燃料の温度制御を行うための加熱装置が必要になると考えられる。又、航空機の飛行時期、飛行コースなどにより、ジェット燃料の利用区分の制限を受けるようになるかも知れない。なお、最近のジェット燃料は芳香属の割合が多くなり、18%近くまで高められている。このため水素含有割合が低下し、排ガスのスモークナンバーの増加が起ると共に燃焼器ライナーの温度が上昇する傾向が

表7. ジェット燃料の特性変化予想¹⁵⁾

| | Current Jet A fuel | Future broad-specification fuel |
|--|--------------------|---------------------------------|
| Aromatics, vol % | 17 to 25 | 30 to 35 |
| Hydrogen, wt. % | 14 to 13.5 | 13.0 to 12.5 |
| Final boiling point, °C | 260 to 280 | 290 to 330 |
| Freezing point, °C | -46 to -40 | -34 to -29 |
| Thermal stability (JFTOT) breakpoint temperature, °C | ≥ 260 | ≥ 240 |

現われている。このような不利な点を克服して使用としても原油からのみでは不足するので、石炭、天然ガス、オイルシェール、タールサンド、バイオマス等からの分離及び重合による合成ジェット燃料の製造の研究も進められている。この合成ジェット燃料を航空に

図14. 結晶析出温度と消滅温度⁶⁾図16. 燃料タンク内の加熱¹⁶⁾図15. 各緯度における標準気温の鉛直分布⁶⁾

利用できる限り、根本的な輸送システムの変更は起らないと考えられる。

(ロ) 液体メタン、液体水素燃料

航空輸送に必要なだけのジェット燃料が得られなければ代替燃料としてメタン、水素の利用が考えられる。その他の燃料としてメタノール、エタノールも考えられるが、発熱量当りの重量はジェット燃料の2倍以上もあり、陸上用としては考えられるが、航空用燃料としては不適當である。液体メタン、液体水素は図17、表8から分るようにジェット燃料と比較して発熱量当りの重量が0.86倍、0.36倍と軽くなる利点を持つが発熱量当りの容積は、1.61倍、4.02倍と大きくなり、同一の発熱量を得るには燃料容積が大きくなる欠点がある。これらの燃料は大気圧、常温の状態では気体であるので低温液化し、体積当りの発熱量を大きくして航空機に収納する必要がある。このため低温を保持して液体を保つためタンクは容積当りの表面積を小さくし断熱化する必要がある。このため、燃料を翼内部に収納できず胴体の前後に配置することが検討されている。外部タンクの案も検討されたが、

空力抵抗の増大をもたらすので燃費上好ましくないとこの報告もある。この液体メタン、液体水素航空機は長距離、大型航空機に適用すると最大離陸重量の軽減等多くの利点もある。図18にマッハ数0.85、巡航距離10,000kmで乗客400人乗りの大型長距離機の水素燃料機とジェット燃料機を示すが、水素燃料機の方がジェット燃料機より全長で11%長く、幅が13%広くなるが翼面積が20%の減少となる。このため、燃料タンクの断熱材重量が増加してもジェット燃料を用いる航空機の重量とほぼ同じで燃料が軽量化した分だけ離陸重量が軽減し、燃費は11%も向上するとの報告がある。

この水素航空機は過去20年以上も前に米国で実験機を用いて飛行実験を進めていたが、エネルギー

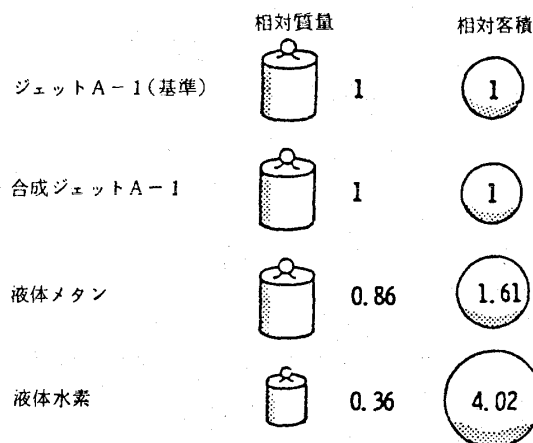


図17. 代替航空燃料と考えられる各種燃料の同一エネルギー当りの質量と容積比

表8. 各種燃料の性状

| | JP Fuel | Methane | Ethyl Alcohol | Methyl Alcohol | Ammonia | Hydrogen |
|---|--------------------|-----------------|----------------------------------|--------------------|-----------------|----------------|
| Nominal Composition | CH _{1.94} | CH ₄ | C ₂ H ₅ OH | CH ₃ OH | NH ₃ | H ₂ |
| Molecular Weight | c. 120 | 16 | 46 | 32 | 17 | 2 |
| Heat of Combustion (BTU/lb) | 18,400 | 21,120 | 12,800 | 8,600 | 8,000 | 51,590 |
| Liquid Density (lb/ft ³ at 50°F) | 74 | 26.5 * | 51 | 49.7 | 42.6 * | 4.43 * |
| Boiling Point (°F) at 1 Atmosphere | 400~550 | - 258 | 174 | 148 | - 28 | - 423 |
| Freezing point (°F) | - 58 | - 296 | - 175 | - 144 | - 108 | - 434 |
| Specific heat (BTU/lb °F) | 0.48 | 0.82 | 0.62 | 0.61 | 1.05 | 2.22 |
| Heat of Vaporization (BTU/lb) | 105~110 | 250 | 367 | 474 | 589 | 193 |

*

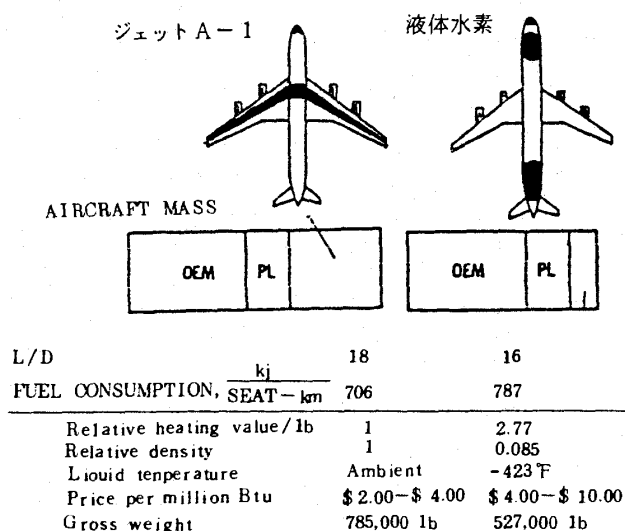


図18. ジェットA-1と液体水素燃料使用の旅客機の比較(飛行条件, 旅客400名, 航続距離10,000km, マッハ数0.85)

一危機以来、将来の航空燃料として本格的な検討が行われ、NASAとロッキード社が強力に研究開発を進めようとしている。この水素航空機を実用化するためには、機体側では燃料タンクの断熱の問題と材料の低温脆性の問題を解決する必要がある。ジェットエンジンでは液体燃料の熱収支の管理、燃料流量制御、燃料ポンプなどの改造を行えば現エンジンの水素燃料転換は可能となろう。しかし、液体水素エンジンとしてその特性に合せたサイクル、構造をもつ全く新しいエンジンも考えられる。これは相当大幅な性能向上がはかられたエンジンとなろう。公害の視点から見ると、液体水素燃料は全く炭素を含んでおらず、液体メタン燃料では炭素成分はジェット燃料に比して少なくCO_xの排出量が少い。又、広い空燃比で燃焼できるのでジェット燃料のように燃焼器内で高温部分を作り、必要

とするタービンの入口ガス温度にまで稀釈させることが不要なため NO_x の生成も少くなる可能性があり、対環境性に優れていると考えられている。水素燃料は宇宙工業において既に利用が進められているが、いずれも取扱い総量は航空機の将来の利用推定量に比して極めて少いので今後も製造と利用のための研究開発が必要である。液体メタン航空機についての研究はほとんど行われていないが、沸点が水素 -253°C に比して -162°C と高いので取扱いは比較的容易と考えられる。

水素は二次エネルギーであるため、一次エネルギーからの変換効率を考えなければならないが、メタンは天然ガスの約90%を占めており、大量に液化天然ガスの利用が進められている現在、液化メタンを用いるより直接液化天然ガスの利用の方が経済性が高いかも知れない。米国においては豊富な石炭埋蔵量と長大なパイプラインが既に実用

化されている関係から石炭やオイルシェール等を主要なエネルギー源として水素の生産を計画している。

一般に水素の取扱は非常に危険との社会通念があるが、現実には表9に示すようにジェット燃料より安全性は高いと報告されている。

液体メタン、液体水素航空機にとって一番問題があると考えられるのは製造と空港における液化と貯蔵と航空機への供給システムの問題であろう。この航空機は長距離、大型で燃費性能の向上が得られるため、国際線に利用されようが、非常時の着陸のための代替空港を含めた多数の場所に燃料供給システムが設置されなければ実用にならず、設備投資も膨大なものになるので実用化の際には国際的な事業計画として進めねばならない。空港への液体水素供給システムは図19に示すように空港までは水素ガスをパイプラインで供給し空港の

表9. ジェット燃料と水素の安定性比較⁴⁾

| 比較項目 | 比較 | | 安全上有利なほうは |
|--------------------|---|---|-----------|
| | 水素 | ケロシン | |
| 取扱い中にこぼれたりもれたりした場合 | 液体水素は空気よりも重い、すぐに気化してしまう。ガス状の水素はすぐに拡散してしまう。空気との混合ガスはその周辺に残らない。 | ケロシンおよびその蒸気は空気よりも重く、したがって低い場所に集まる。空気との混合ガスがその周辺に充満する。 | 水素 |
| 引火性 | 点火に必要なエネルギーレベルは低い、点火温度は比較的高い($1,085^\circ\text{F}$)。水素は低放射の炎で急激に燃焼するので、放射効果が小さい。煙は出ない。 | 点火温度が低い(500°F) 割には点火しにくい。同量のケロシンは水素と比べて長時間燃焼する。放射効果は水素より大きい。発煙量が多い。 | 水素 |
| 爆発性 | 低い | 低い | 優劣なし |
| 人体に対する危険性 | 飛び散った少量の液体水素は、すぐに気化して危険は残らない。多量の液体水素の場合は細胞組織を凍らせてしまい大火傷と同じようになる。蒸気は無色、無臭、無害。 | 液体ケロシンは皮膚にほとんど影響がない。蒸気は有害である。 | 水素 |
| 貯蔵時の状態からの温度上昇 | 外気圧で -423°F で沸騰する。下記の理由により温度が上昇すると蒸気圧も急激に増加する。A. 漏れによる温度上昇, B. タンクの破れによる温度上昇, C. 液体を再冷却することによる温度上昇。 | 液体の体積の増加はほとんどない。 | ケロシン |
| 燃料と他の物質の混合 | 温度が非常に低いので問題はない。 LH_2 は液化後まったく純粋で、他の物質との有機結合をささえるには温度が低すぎる。腐食性はないが、ある種の金属をもろくする。 | JP 燃料は有機、無機の混合を起こし、ある種の金属の腐食を起こす。 | 水素 |

中にある液化工場で製造し液体水素タンクの中で保存し、飛行直前に航空機に液体水素を供給し、熱吸収量を少なくする必要がある。しかし、米国のオヘア空港の航空機が全て水素燃料を利用すると現在のアメリカの合衆国で稼動している原子力プラントの6倍分が必要となり、その償却を考えても水素は非常に高価になるとGE社は考えており、オイルシェール又は石炭を原料とした合成ジェット燃料の方が水素燃料より経済性の面で良いと考えている。

このようにGE社では水素燃料航空機は非現実的と考えているが、今後新しいエネルギー変換技術が開発されると様子が変わってくると思われる。

(イ) その他の航空燃料

机上プラントとして原子力航空機、レーザ航空機があるが、墜落時の安全性や、エネルギー供給システムの信頼性などのため西暦2000年を過ぎてもしばらくは実用化しないと思われる。一方、米国のマックレディ博士により太陽電池航空機が最近飛行したことが大きく報道されたことは記憶に新しい。これは特殊用途に用いられようが、旅客、貨物輸送には適しないと思われる。

5. おわりに

過去1960年以来20年間、ソ連、中国を除く世界の航空旅客の伸び率は年平均11%強であった。西暦2000年までの今後20年間は燃料の制限と空港の制限から今までのような高い伸び率を達成することは非常に難しい。航空旅客及び貨物の需要を、今後の社会条件の中で有効に維持していくためには航空機製造会社では省エネルギー航空機の技術開発を、運輸会社としては航空機の省エネルギー運行の技術開発を進める必要がある。特に図11から分るように短距離機の燃料使用量が大きい、今後は今までの高亜音速航空機より燃料消費量の少ない航空機の研究開発を進めるなど最少のエネルギーをもって最大の航空輸送量の確保をすることが大切であろう。

今後の省エネルギー航空機はエネルギー資源を含めた燃料全般の需給バランスと価格の変化を考慮すると同時に、他の運輸システムの中の一環として存在価値を高めることが大切であろう。このためには他の交通機関に対して利用時間・快適性を含めた末端利用者価格での比較が重要となろう。

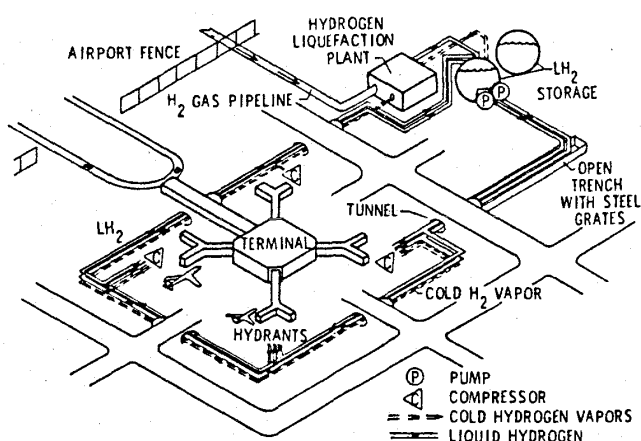


図19. 空港における水素ガスの液化、貯蔵と航空機への供給システム

6. 参考資料

- (1) 石油をめぐる国際情勢, 大島恵一, 日本機械学会誌 昭和55年1月号
- (2) 設計における適正規模の考え方, 赤木新介, 日本機械学会誌 昭和56年4月号
- (3) 曲り角にきた航空輸送 吉川康夫 日本機械学会誌 昭和56年5月号
- (4) 水素航空機について(財)日本航空宇宙工業会, 水素エンジン調査委員会
日本航空宇宙学会誌 昭和54年6月号
- (5) 新しい航空燃料(1), (2) 松尾芳郎 航空技術 No 249, 250
- (6) ジェット旅客機における燃料温度について 後藤俊彦他 航空技術 No 258
- (7) 民間航空機産業の将来 K. F. ホルトビィ 中口博(訳) 航空技術 No 313
- (8) 最近の石油事情と航空 向坂正男 航空政策研究会 No 138
- (9) 過ぎ去る石油の時代 馬場周二 日本経済新聞社 昭和54年10月16, 17日
- (10) 航空燃料確保への道 松永茂温 ていくおふ No 10
- (11) 未来への選択 — エネルギーを考える — 総合研究開発機構 1979年9月
- (12) 日本の航空の輸送 木村秀政他編 東洋経済新聞社
- (13) 図解 エネルギー用語辞典 日刊工業新聞社 昭和51年12月
- (14) Future Availability of Aviation Fuel ICAO 1979年
- (15) The Future Use of Energy IPC Science & Technology press. 1975

- (16) Impact of Broad-specification fuels on Future jet aircraft. Jack Grobman NASA cp. 2036
- (17) 代替エネルギーに熱い視線 朝日新聞 1980年 2月18日

燃料に関する単位換算

1 バレル \rightleftharpoons 0.159 kℓ

原油 1 kg : 11,000 kcal

石炭(国内) 1 kg : 6,600 kcal

LNG 1 kg : 13,300 kcal

電力 1 kWh : 860 kcal

㊦ 投稿論文募集 ㊦

本学会は会員各位からの会誌投稿を歓迎します。編集委員会は、本会誌をより良いものにし、会員各位のご期待に沿うよう努力致していますが、ご投稿により会員相互の交流をはかり、わが国におけるガスタービンに関する技術、研究開発の進歩に役立てたいと考えています。ご投稿は下記によりご執筆下さるようお願い致します。

記

1. 内容はガスタービンに関係のある工学・工業上の諸問題に関するもので他誌に未発表のものに限ります。
2. 葉書に論文題目、執筆者名、出稿予定日、連絡先を書いてお送り下さい。
折返し原稿用紙、執筆要領等お送り致します。
3. 投稿された原稿は本学会編集委員会において採否を決めさせていただきます。
4. 投稿規定については、奥付を参照下さい。

- (16) Impact of Broad-specification fuels on Future jet aircraft. Jack Grobman NASA cp. 2036
- (17) 代替エネルギーに熱い視線 朝日新聞 1980年 2月18日

燃料に関する単位換算

1 バレル \rightleftharpoons 0.159 kℓ

原油 1 kg : 11,000 kcal

石炭(国内) 1 kg : 6,600 kcal

LNG 1 kg : 13,300 kcal

電力 1 kWh : 860 kcal

㊦ 投稿論文募集 ㊦

本学会は会員各位からの会誌投稿を歓迎します。編集委員会は、本会誌をより良いものにし、会員各位のご期待に沿うよう努力致していますが、ご投稿により会員相互の交流をはかり、わが国におけるガスタービンに関する技術、研究開発の進歩に役立てたいと考えています。ご投稿は下記によりご執筆下さるようお願い致します。

記

1. 内容はガスタービンに関係のある工学・工業上の諸問題に関するもので他誌に未発表のものに限ります。
2. 葉書に論文題目、執筆者名、出稿予定日、連絡先を書いてお送り下さい。
折返し原稿用紙、執筆要領等お送り致します。
3. 投稿された原稿は本学会編集委員会において採否を決めさせていただきます。
4. 投稿規定については、奥付を参照下さい。

大容量ガスタービンによる 原油焚 10 万時間の運転実績について

株式会社 日立製作所 電力事業部ガスタービン部 主任技師 石 野 寿 生
株式会社 日立製作所 日立工場ガスタービン設計部 主任技師 西 嶋 庸 正

1. はじめに

サウジアラビアにおいて豊富な石油資源を背景に、急激な工業化が行われているが、その工業化の基礎となる電力供給に大型ガスタービンが盛んに導入されている。天然ガスあるいは軽質油が燃料として適しているガスタービンにも次第に原油が使用されるようになってきた。

日立製作所はすでに昭和 52 年首都リヤド市に 6 万 kw 級 F 7 型 5 台、2 万 kw 級 F 5 型 2 台の原油焚ガスタービンを納入し、今日迄 12 万時間の累積運転時間を経験している。

原油焚ガスタービンは世界でも数少なく、日立製作所としても大型ガスタービンではこのリヤド電力納のものがはじめてであるため、運転開始当初燃料系統の機器に 1 部不具合を生じたが、その初期不具合を克服したあとは順調に運転が行われている。運転開始後約 2 年間は軽油とのブレンド原油を使用したのが、水洗処理された原油が供給されるようになってからは今日迄約 2 年間原油で運転が行われている。

大型ガスタービン F 7 型での原油焚 10 万時間を経験したのを期に運転開始当初の不具合とその対策および高温ガス通路部の開放点検結果を紹介したい。

2. 発電所の概要

現在サウジアラビアの首都リヤド市は急速な工業化が推進されていて、電力需要の伸びが急激である。リヤド市はサウジアラビアのほぼ中央部に位置する内陸都市で、周囲を砂漠にとりかこまれているため、水は貴重なものとなっている。このため中近東では一般的に言えることであるが、冷却水のほとんどいらないガスタービンが盛んに採

用されてきている。

数年前よりガスタービン燃料に原油が使用されるようになってきたが、その一つに日立製作所から納入された 7 台のガスタービンがある。

昭和 51 年リヤド電力からリヤド第 4 発電所向原油焚ガスタービン F 5 型 2 台および F 7 型 5 台計 7 台を受注した。リヤド市の急激な電力需要に対応するため、これらガスタービンは契約後 1 年経ずしてまず F 5 型 2 台を運転開始し、順次計 7 台を 2 年未満で運転に入れるという短期間で建設がなされた。

発電所には図 1 に示すごとく、ガスタービンの他に大型油タンク 6 基、小型タンク 4 基、13.8/33 KV の変電設備が設置されている。

超短期間で建設された F 5 型ガスタービンは納期との関係で屋外設置となったが、これに続いて建設された大容量ガスタービン F 7 型 5 台は建屋内に置れた。リヤド市は冬には氷点下になることもあり、夏には 50℃ を越す酷暑となる寒暖の差が大きいうえ、しばしば砂漠からの砂嵐にまきこまれる等非常に厳しい気候条件下にある。そのため運転保守の便宜さを考慮して、比較的建設期間のあった F 7 型は建屋内に設置されたのである。ガスタービンの主仕様を表 1 に示す。

ガスタービン燃料としてアラビアンライトの一種のクライス原油が使用されているが、原油中にはタービンの高温腐蝕の原因となる Na、K および V が許容値以上に含まれているため、原油の前処理を行う必要がある。V に対しては Mg を燃料中に混入することにより対処しているが、Na、K に対しては油を水洗浄し除去するのが一般的である。

運転開始当初は軽油を混合することによりブレンド原油の Na、K 分が許容値の 1 ppm 以下となるように自動的に混合する装置を採用した。しかし

(昭和 56 年 5 月 25 日原稿受付)

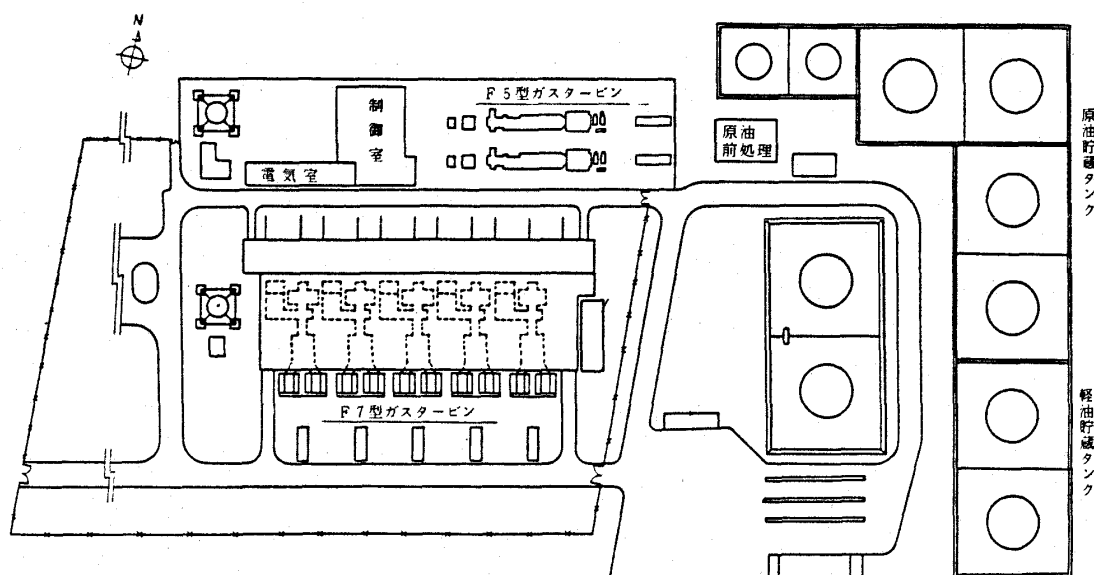


図1 発電所の配置図

表1 ガスタービンの主仕様

| 項 目 | | F 7 型 | F 5 型 |
|------------|----|----------------------|----------------|
| 形 式 | | 単純サイクル | 単純サイクル |
| 燃 料 | | 原油, ブレンド原油, 軽油, 天然ガス | 原油, ブレンド原油, 軽油 |
| 出 力 | | 41,430 kw | 15,150 kw |
| タービン燃焼ガス温度 | | 1004℃ | 899℃ |
| タービン排ガス温度 | | 537℃ | 497℃ |
| 空 気 流 量 | | 196 KG/s | 95 KG/s |
| 回 転 数 | | 3,600RPM | 5,100RPM |
| 圧縮機 | 型式 | 軸 流 | 軸 流 |
| | 段数 | 17 | 17 |
| タービン | 型式 | 軸 流 | 軸 流 |
| | 段数 | 3 | 2 |
| 燃焼器 | 型式 | 多缶式 | 多缶式 |
| | 缶数 | 10 | 10 |

注) 上記性能は大気状態が50℃, 713mmHgの場合の連続定格性能である。

リヤド市内の精油所から水洗浄されてNa, Kの含有量が許容値以内に抑えられた原油が供給されるようになり, それ以後は原油で運転されている。このような適切な高温腐蝕対策が行われたため,

後に述べるごとく良好な運転結果が得られている。

3. ガスタービン発電設備

この発電所にはF 5型, F 7型が使用されている。F 5型は技術的に確立されたもので, 日立製作所においてすでに250台の製作実績を有し, GEグループ全体としては2,000台を越すヘビーデューティ型ガスタービンのベストセラーの1つである。

大量生産され高信頼性を実証しているこのF 5型をもとに大容量機として10年前に開発, 実用化されたものが6万KW級ガスタービンF 7型である。GEグループ全体で約300台製作され, 日立製作所では国内電力会社に3台納入したのをはじめ計18台製作している。リヤド電力納F 7型は前記表1に示すごとくタービン燃焼ガス温度はベース定格時1,004℃で, F 5型に比べて約100℃上昇し, 高効率化している。

図2に示すごとく, F 7型は17段の軸流圧縮機, 3段の軸流タービンおよび10缶の燃焼器を主な構成要素としている。圧縮機およびタービンロータは小容量機と異なり, 3個の軸受で支持され, ロータの曲りによる振動の軽減を図っている。

図3および図4にタービンの空気冷却の方法を示す。空気圧縮機の吐出空気をタービン翼に導入することにより翼を冷却し, 燃焼ガス温度上昇に耐えられるようにして熱効率の向上を図っている。タービン第1段動翼には表面にAl-Pt コーティ

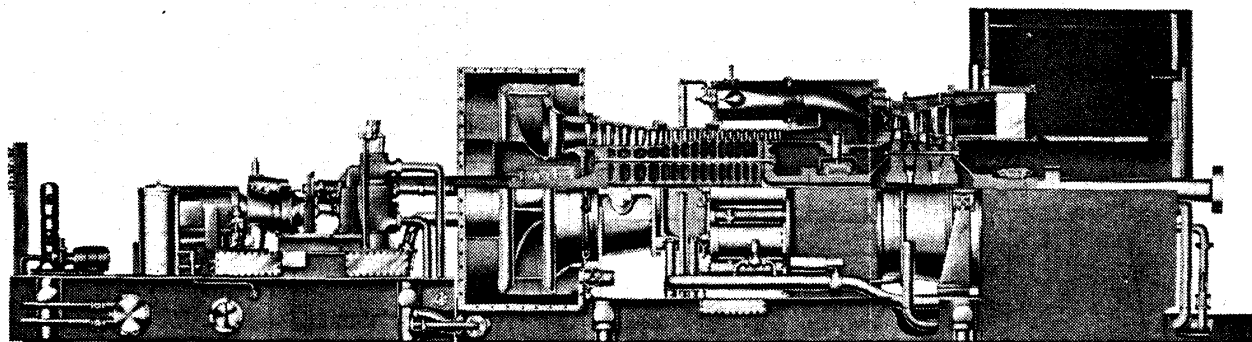


図2 F7型ガスタービンの断面図

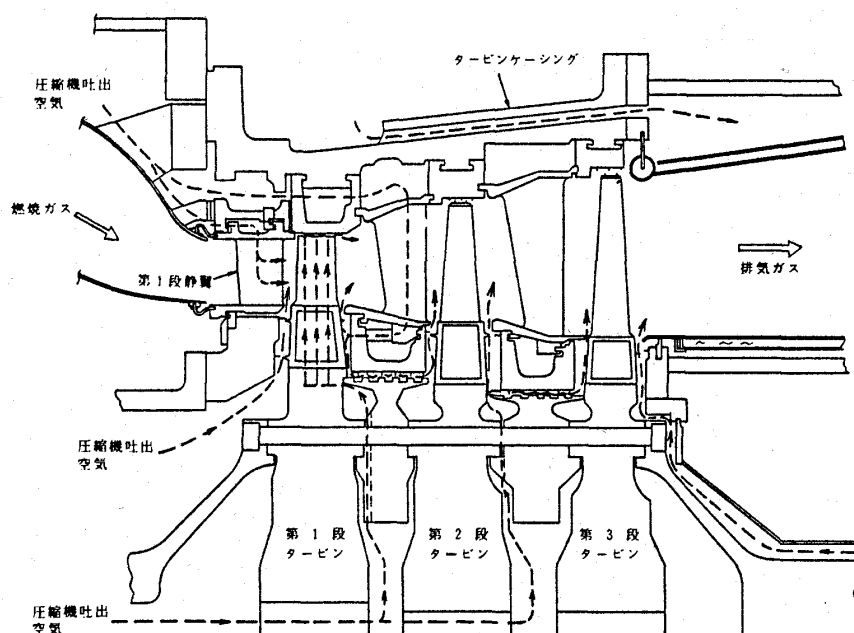


図3 タービン部冷却法

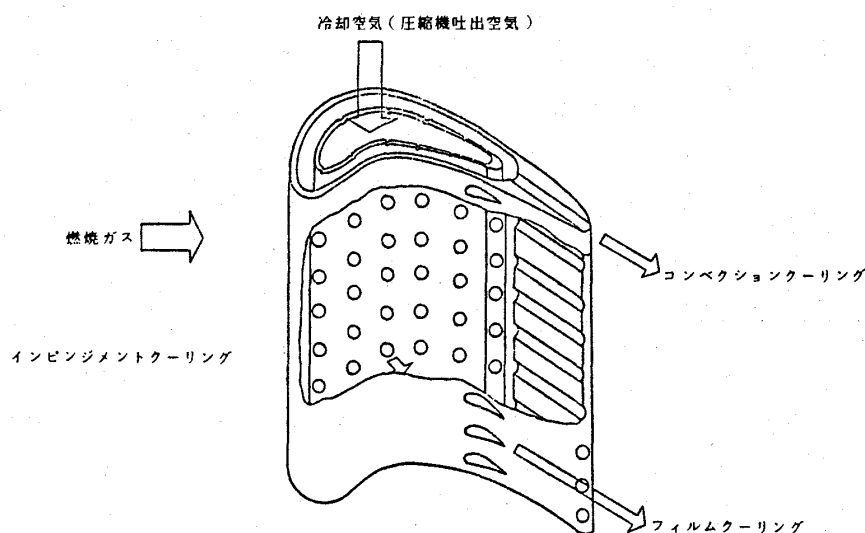


図4 タービン第1段静翼の冷却方式

ングを施した翼を採用して耐蝕性を約50%上昇させている。

過酷な温度に晒されている燃焼器内筒にも、従来のものと比較して冷却効果の高いスロットクーリング方式を採用し、内筒の温度を約100℃下げることにより、原油焚による輻射熱の増大に対処し耐久性の向上を図っている。

砂漠地帯に設置するガスタービンにおいて注意を払う必要のあるものに吸入空気のフィルタがある。砂塵から圧縮機・タービン翼を保護するため3段の吸入空気用フィルタを採用した。第1段は慣性式で比較的粒径の大きな砂塵をとり、第2段、第3段にはプレート式およびバッグ式のものを採用して、更に細かい塵を除去して翼の汚れおよびエロージョンを防止している。

原油焚ガスタービンでは前に述べた燃焼器およびタービンが問題になる

表2 原油の性状

| 項目 | 分析結果 | 問題点 | 対応 |
|---------------|----------------------|-------------------------|------------------------|
| 発熱量 (高位) | 平均 10,670 Kcal/kg | — | — |
| 比重 | 平均 0.86 | — | — |
| 粘度 (37.8℃) | 最大 7 cst | 常温では粘度 が高すぎる | 燃料の加温 |
| Na + K | 平均 1~3 ppm | 高温腐蝕 | 水洗処理又は軽 油によるブレンド |
| V | 平均 7~9 ppm | 高温腐蝕 | Mg の添加 |
| ワックス | 最大 3 % (重量) | フィルタ, 燃 料分配器の目 詰り | 燃料加温によ りワックスの 溶解 |

が、この他に燃料系統に注意を払う必要がある。表2に使用原油の性状分析の結果、問題点、対応をまとめた。

原油焚において最も問題となるのは高温燃焼ガス通路部の高温腐蝕である。これは原油中に混入しているNa, K, V, Sの相互作用により引き起こされるが、原油からS分を除去するのはむずかしいため、Na, K, Vを適切に処理することにより高温腐蝕を抑えざるを得ない。

このガスタービンに対するNa, Kの含有量の許容値は最大1ppmであるため、これを越える場合には原油の前処理を行う必要がある。水洗浄により除去するのが一般的であるが、発電所ではこの水洗処理用の水の入手が困難なため、運転開始当初は軽油を原油に混ぜて許容値以内に抑えるブレンド装置を採用したが、昭和54年になってからリヤド市の精油所から水洗浄された原油が供給されるようになり、以後はほとんどこの原油のみで運転されている。

Vに対しては燃料中に0.5ppm以上ある場合には溶油性のあるMg化合物をV量1に対してMgを3の割合で原油に混入することにより対処した。

燃料系統を図5に示す。単基容量3,800Kℓの貯蔵タンク6基のうち4基が原油用で、交互に原油の受入れ、混在物の沈澱、原油の送り出しに使用される。貯蔵タンクの下部にたまった泥水分が燃料に混入するのを避けるため、送油する際にはフローティングサクションが使用されている。

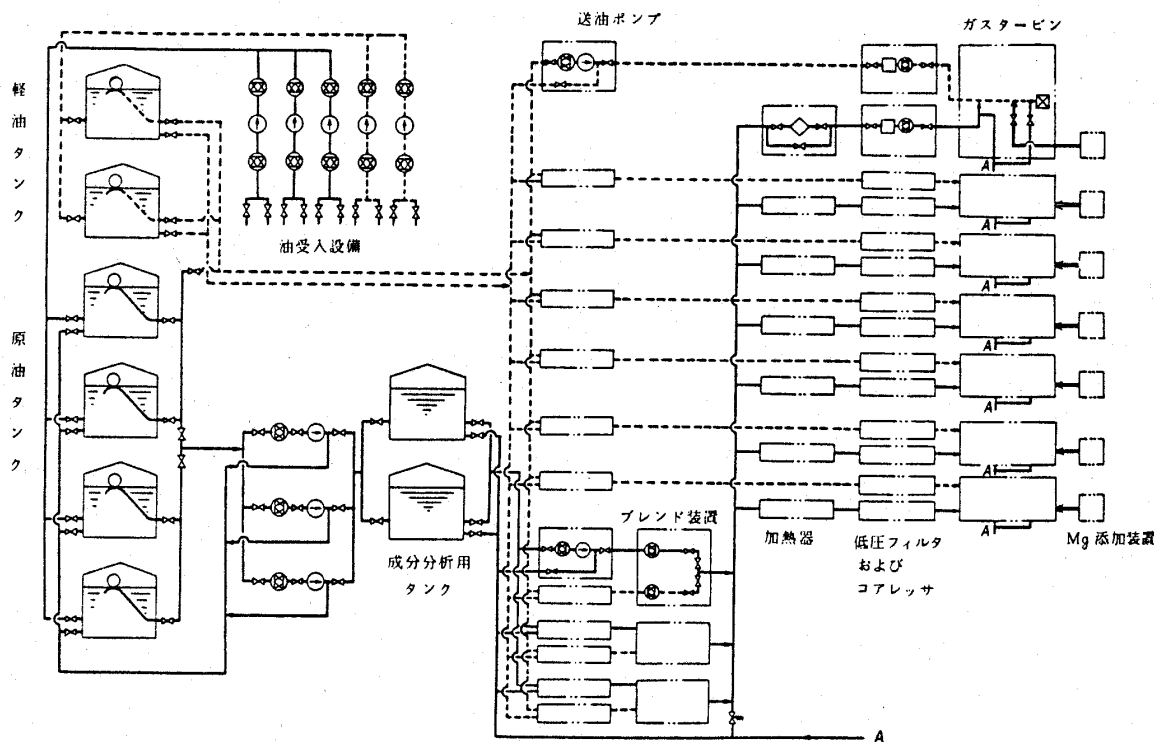


図5 燃料系統

表3 ガスタービンの運転実績

| | 型 式 | 累積運転時間 | 累積起動回数 |
|-------|-----|---------|--------|
| 1 号 機 | F 5 | 9,970 | 391 |
| 2 号 機 | F 5 | 9,360 | 343 |
| 3 号 機 | F 7 | 21,600 | 130 |
| 4 号 機 | F 7 | 21,300 | 124 |
| 5 号 機 | F 7 | 19,880 | 130 |
| 6 号 機 | F 7 | 20,900 | 122 |
| 7 号 機 | F 7 | 18,840 | 120 |
| 合 計 | — | 121,850 | 1,360 |

これまでの経験より原油はガスタービンに入る途中で42～46℃に加熱された。この加熱器の下流側には燃料系統の機器の保護用として、泥分の除去用に2連の低圧フィルタ、水分の除去のためにコアレッサが設置された。更にその後流には起動停止時に使用される軽油との切替弁、主塞止弁、燃料ポンプ、高圧燃料フィルタがあり、更に燃料分配器により10等分に分けられた燃料は各燃焼器に送られることになる。

4. 運転実績

昭和52年1号機の運転開始以来合計7台のガスタービンは原油焚で好調に運転を続けている。表3に今日迄の運転実績を示す。累積運転時間は

表4 F7型ガスタービンの最近1年間の運転実績

| | 運転時間 (時間) | 故障による停止時間 (時間) | 利用率 (%) | 信頼度 (%) |
|-----|--------------|-------------------|------------|------------|
| 3号機 | 6,449 | 12 | 73.6 | 99.8 |
| 4号機 | 6,309 | 6 | 72.0 | 99.9 |
| 5号機 | 6,784 | 12 | 77.4 | 99.8 |
| 6号機 | 6,406 | 16 | 73.1 | 99.7 |
| 7号機 | 6,559 | 14 | 74.9 | 99.8 |

注記 利用率、信頼度は下記定義に従う

$$\text{利用率} = \frac{\text{運転時間}}{\text{1年間の設置時間(8760)}} \times 100$$

$$\text{信頼度} = \left(1 - \frac{\text{故障による停止時間}}{\text{運転時間} + \text{故障による停止時間}}\right) \times 100$$

12万時間、累積起動回数は1,360回に達し、リヤド市の重要な電力供給の責を果している。

F5型2台は運転開始当初の昭和52年は連続運転を行ったが、大容量機F7型が全台運転に入った昭和53年から、夏はピーク負荷用、常時は予備機として運用されている。従ってこれまで1回の起動あたり平均運転時間は25時間であるが、最近は3～4時間となっている。

F7型はF5型に比して遅れて運転に入ったが、これまでに累積102,520

時間、1台当り20,500時間に達している。夏期は全機全負荷で運転されるが、他の時期は電力需要の状態によって異なるが、少なくとも1台を予備機としてスタンバイし、他の全機を等負荷運転を行っている。

以下にF7型ガスタービンの3年間の原油焚運転実績について述べてみたい。

4-1 信頼性 運転開始当初は原油焚に帰因する燃料系統機器の不調を経験したが、技術的な解析、改善により現在は順調に運転が行われている。表4に最近1年間の運転状況をまとめた。前に述べたごとく通常は少なくとも1台を予備機として運用しているため、利用率は約70%である

が、機器の不調による停止時間は12時間にすぎない。これは原油というガスタービンにとって技術的に難しい燃料を使用している点を考慮すると、非常に順調な運転がなされているといえることができる。

4-2 経年変化による性能劣化 ガスタービンを長時間運転すると圧縮機・タービンの動静翼の表面に付着物が増大し出力低下をまねくことがある。特に原油焚の場合には原油中の不純物および高温腐蝕防止用に混入したMgの化合物が翼表面に付着し性能劣化を一層増大する。したがって今回のガスタービンにはタービン翼を水洗浄する装置を設置し、ある程度性能劣化がみられると翼の水洗浄を行い性能回復を図

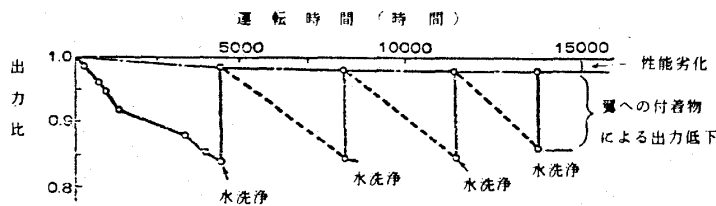


図6 長時間運転による出力低下

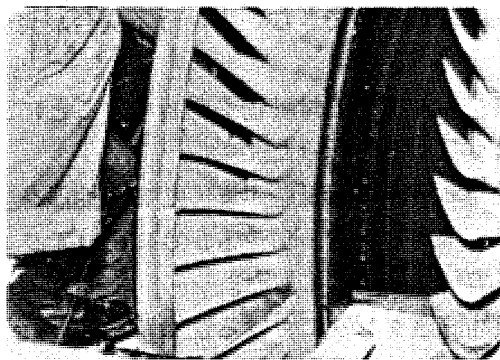
ることとした。

水洗浄の方法は燃焼器の燃料ノズルを水洗浄用ノズルと交換し、起動用モータで定格の25%速度にてタービンを回転しつつ注水し水洗浄するもので、1回の所要水量は約5Klである。実際に運転した結果の性能劣化および回復の状況を図6に示す。図からわかるように、汚れによる性能劣化は、1,000時間あたり約4%であるが、水洗浄により回復し、14,000時間に対して約2%である。これは圧縮機の汚れとタービンのエロージョンおよびコロージョンによるものと考えられる。

4-3 燃焼器および高温ガス通路部点検

燃焼器点検は運転時間4,000時間毎、高温ガス通路部点検は8,000時間毎に実施してきた。燃焼器点検は主に燃焼器ライナおよびトランジションピースを対象とし、高温ガス通路部点検は燃焼器点検に加えてタービンケーシングを開放し動静翼も点検する。現在迄燃焼器点検9回、高温ガス通路部点検12回を実施した。その結果交換が必要な損傷を受けたものは発見されていない。

燃焼器ライナには亀裂の発生はみられない。又冷却空気孔のまわりには付着物の堆積はみられなかったので、冷却空気の配分がよく行われている

写真1 8,000時間運転後のタービン動翼
第1段(右)と第2段(左)

のがわかる。ライナ内部には柔い黄色の堆積物があり、厚みが約1mmとなっていたが、水洗浄により充分除去できるものであった。なおトランジションピースとの継ぎの部分のスプリングシール部に少し摩耗がみられ、現地で補修を行った。

表5 タービン翼への堆積物の分析結果

| 成分 | 成分比率(重量%) |
|-----------------|-----------|
| Mg | 17.4 |
| SO ₄ | 52.7 |
| Na | 1.3 |
| K | 0.1 |
| V | 0.6 |
| Pb | 0.1 |
| 他の金属成分 | 3.4 |
| その他 | 24.4 |

注記：その他のものは堆積物を800℃に加熱した時揮発した成分

トランジションピースは熱応力により亀裂の発生し易い部品であるが、今迄の点検では発見されていない。燃焼器ライナと同じく内面に1~2mm程度の堆積がみられた。

タービン第1段静翼の14,000時間運転後の点検では翼表面に亀裂の発生は見られなかった。堆積物は翼の腹側に2~3mm、背側にもすこし薄めではあるがあった。しかしながら腹側および後縁にある冷却空気孔の目詰りはなかった。

タービン第1段動翼表面にも2~3mmの堆積物があったが、腐蝕の様子はみられない。翼頂部にある冷却空気の吹き出し孔の目詰りもなく、空気冷却が支障なく行われているものと考えられる。翼の前後縁部にも亀裂の発生もなく問題なかった。

タービン第2段静動翼についても第1段と同じような状況であるが、堆積物の厚みは減少している。写真1に水洗浄前のタービン動翼を示す。

堆積物を採取分析すると黄色の柔いケーキ状の水によく溶けるもので、その成分は表5に示す通りである。この分析結果より主成分はMgSO₄で、

原油中のSと添加したMgより生成したものであるが、翼表面に腐蝕の様子がみられないことより、高温腐蝕防止の効果が挙っていると考えられる。

4-4 運転開始初期の不具合とその対策

原油焚への対応として原油の水洗処理あるいはブレンド方式の採用によりNa, Kの含有量を許容値以内にしたこと, Mg化合物の添加, タービン第1段動翼にAl-Ptコーティング翼の採用を行い, これまでに述べてきたことであるが, タービン本体になんの支障もない。しかし運転開始当初は燃料系統の機器に不調がみられたが, それも現在は克服し満足のいく運転がなされている。不具合点および対策について次に紹介したい。

1) 燃料分配器 F7型ガスタービンには燃焼器が10缶あり, 各燃焼器へ均等に燃料を送るため燃料分配器を設置している。燃料分配器は図7に示すごとく歯車式で, 各燃焼器に燃料分配するため10組の歯車より構成されている。駆動用歯車は駆動軸に連結され等速度で回転するため, 等量の燃料を流すことができる。燃料を正確に分配するためには, 歯車の側面と頂部においてケーシングとの間隙をできるだけ小さくすることが望ましい。

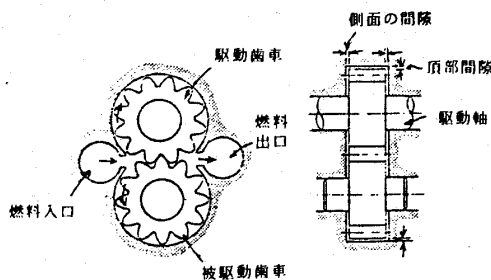


図7 燃料分配器

運転開始当初の燃料分配器は今までの実績にもとずき設計製作されていたが, 運転中に突然分配器の回転が止まり, 燃料が遮断されてガスタービン停止に到る事態が発生した。分解点検したところ歯車側面のケーシングの壁に多量の黒い堆積物がみられた。これは主に炭化し固化したワックスである。粘度の高い原油に対して歯車側面の間隙が小さすぎて, 摩擦熱が大きくなり炭化したワックス分がケーシング表面に堆積していった。その結果摩擦力が次第に増大し分配器の回転を止めて

しまうにいたったことが推定された。対策として間隙を上げたものを数種類製作し試験した結果, 図8に示すように従来のものに比較して3.3倍の間隙をもつものが燃料の分配の不均衡を考慮した上で最適なものとして判明した。以後4,000時間毎に分解点検を実施し信頼性の高いものとすることができた。

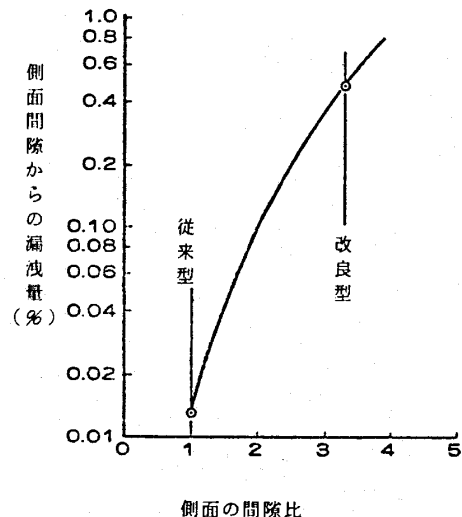


図8 燃料分配器の側面間隙からの漏洩量

2) 燃料フィルタ 運転開始当初問題になったものに燃料フィルタの予想外にはやい目詰であった。前に述べたごとく, 燃料ポンプ, 燃料分配器等を保護するために2連の低圧フィルタ, コアレッサおよび1連の高圧フィルタが設置された。しかし原油中のワックス分および砂塵等の固形物による目詰りが早く, フィルタエレメントの交換頻度が予想より大きく, かつ高圧フィルタが1連のため運転中の交換が不可能であることも重なり, 長時間連続運転ができないという不具合が発生した。

燃料フィルタへの付着物を分析することにより次のような対策を行った。

- ・燃料ヒータの容量を大きくして, 油温を当初の42~46℃から55~65℃にあげてワックス分を溶解するようにした。

- ・原油貯蔵タンクにおける沈殿時間を最低7日間とすることにより, 不純物が燃料へ混入することを少なくした。

- ・フィルタおよびコアレスのメッシュを2~

3倍大きくした。

・高圧フィルタを2連として、運転中でもフィルタを交換可能とした。

以上の対策を実施した結果、フィルタの交換周期は5～7倍になり、充分満足のいく運転が行われるようになった。

5. おわりに

リヤド電力納の原油焚大型ガスタービンが日立製作所として初めてであったため、これまで経験を生かして充分検討を加え設計製作した。しかし原油性状は一様でなかったことから、原油性状の分析を充分行えなかった結果となり、燃料系統の機器に不具合が発生し、ガスタービンの信頼性を低下させた。その後原因究明、機器の改良により現在は充分信頼性の高い運転を行うことができるようになった。これまでのことを要約すると次の通りである。

1) 原油焚累積運転時間は大型ガスタービンF7型で10万時間、F5型で2万時間、合計12万時間に達した。

2) 高温腐蝕対策が適切であったため、燃焼器およびタービン静動翼に腐蝕がみられない。

3) 最近1年間の運転状況をみると、機器不具合によりガスタービンを停止せざるをえなかったのは1台当たり平均12時間であり、原油焚ガスタービンでは非常に信頼性が高いものといえる。

4) 原油焚のためタービン翼の汚れが激しく、運転時間1,000時間あたり平均4%の出力低下がみられるが、水洗浄により充分出力回復を図ることができた。

5) 運転開始当初発生した燃料フィルタ、燃料分配器の不具合も解決し正常な運転が行われている。

§ 入会勧誘のおねがい

日本ガスタービン学会では賛助会員、正会員、学生会員の入会を呼びかけております。ガスタービン関係の方々に是非ご入会いただきますよう各方面でのご勧誘をおねがいたします。

| | | | | |
|------|----|---------|-----|-------|
| 賛助会員 | 1口 | 50,000円 | 入会金 | 1000円 |
| 正会員 | | 3,000円 | 入会金 | 500円 |
| 学生会員 | | 1,000円 | 入会金 | 500円 |

(年度は4月から翌年3月まで)

入会申込など詳細は下記事務所へ

〒160 新宿区新宿3-17-7 紀伊国屋ビル8F
(社)日本ガスタービン学会事務局 Tel 352-8926

3倍大きくした。

・高圧フィルタを2連として、運転中でもフィルタを交換可能とした。

以上の対策を実施した結果、フィルタの交換周期は5～7倍になり、充分満足のいく運転が行われるようになった。

5. おわりに

リヤド電力納の原油焚大型ガスタービンが日立製作所として初めてであったため、これまで経験を生かして充分検討を加え設計製作した。しかし原油性状は一様でなかったことから、原油性状の分析を充分行えなかった結果となり、燃料系統の機器に不具合が発生し、ガスタービンの信頼性を低下させた。その後原因究明、機器の改良により現在は充分信頼性の高い運転を行うことができるようになった。これまでのことを要約すると次の通りである。

1) 原油焚累積運転時間は大型ガスタービンF7型で10万時間、F5型で2万時間、合計12万時間に達した。

2) 高温腐蝕対策が適切であったため、燃焼器およびタービン静動翼に腐蝕がみられない。

3) 最近1年間の運転状況をみると、機器不具合によりガスタービンを停止せざるをえなかったのは1台当たり平均12時間であり、原油焚ガスタービンでは非常に信頼性が高いものといえる。

4) 原油焚のためタービン翼の汚れが激しく、運転時間1,000時間あたり平均4%の出力低下がみられるが、水洗浄により充分出力回復を図ることができた。

5) 運転開始当初発生した燃料フィルタ、燃料分配器の不具合も解決し正常な運転が行われている。

§ 入会勧誘のおねがい

日本ガスタービン学会では賛助会員、正会員、学生会員の入会を呼びかけております。ガスタービン関係の方々に是非ご入会いただきますよう各方面でのご勧誘をおねがいたします。

| | | | | |
|------|----|---------|-----|-------|
| 賛助会員 | 1口 | 50,000円 | 入会金 | 1000円 |
| 正会員 | | 3,000円 | 入会金 | 500円 |
| 学生会員 | | 1,000円 | 入会金 | 500円 |

(年度は4月から翌年3月まで)

入会申込など詳細は下記事務所へ

〒160 新宿区新宿3-17-7 紀伊国屋ビル8F
(社)日本ガスタービン学会事務局 Tel 352-8926

講義

空冷タービン翼の伝熱（その１）

航空宇宙技術研究所 能 瀬 弘 幸

1. まえがき

空冷タービンが航空エンジンに実用化されて約20年間を経たが、この間にタービン入口ガス温度の高温化は早いペースで進められ、エンジンの推力／重量比の向上や燃料消費率の低減、エンジンの大出力化などに顕著な成果を上げてきた。ガス温度の高温化が進むにつれて、空冷タービンの設計に付随した問題の困難さが増大してきているにもかかわらず、高温化ペースが維持されてきたが、その背景では、タービンの空冷技術を支える広い分野での技術的進歩が重要な役割を演じてきているのは疑ない。今後はガス温度の高温化よりもむしろ、耐久性、信頼性の向上、冷却による空力性能へのペナルティの低減、設計製作コストの低減といった、質的な改善がより重要視されるものと思われる。

この機会に、軸流空冷タービン翼を対象として、特に伝熱問題に焦点を当て、2回にわたり概説を試みたい。

2. 伝熱問題の周辺

2-1 空冷翼実用化の歩み ガスタービン翼の冷却に関しては古くから関心を得ており、既に、蒸気／ガスタービンのバイブルと云われたStodolaの著⁽¹⁾(1927年)に、高温（当時としては）ガス中で溶けて失なわれてゆく動翼エッジを、空気または蒸気のスプレーで外部冷却するアイディアを示唆している。

1940年代には、タービン翼に用いる耐熱材料に、質・量共に不足していたドイツが、材料節約を兼ねて翼を中空（ホロー）化し、内部に冷却空気を通した空冷タービン翼を、航空エンジンJumo-

004（図1-a）に適用したが、タービン入口ガ

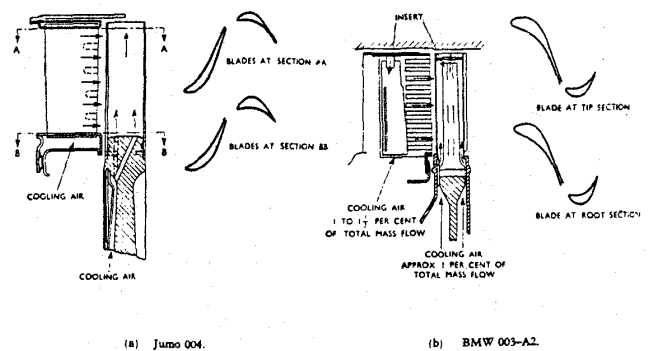


図1 1940年代の空冷タービン（ドイツ）

ス温度は約760℃と云われる。その後、中空部にインサートをそう入して冷却側の伝熱促進を図ったものがBMW-003に適用された（図1-b）。フランスでは、現在最新のエンジンに多用されている多孔フィルム冷却が航空エンジンのタービン

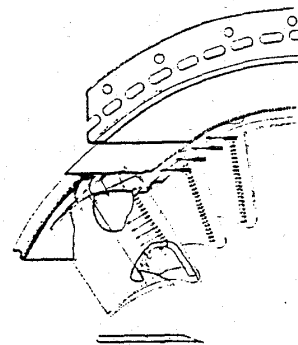


図2 1940年代のフィルム冷却タービン翼（フランス）

ノズル翼に用いられた（図2）。

このように、現在のタービン翼空冷技術につな

（昭和55年5月28日原稿受付）

がる冷却構造の原形とも云うべきものが、既に1940年代に試験的に用いられていた。その後も引き続き、翼の冷却構造ならびに伝熱の研究は多数行なわれたが、空冷タービンが本格的に航空エンジンに用いられるようになる迄に、なお10年以上を要した。その間の最大の障害は、十分な耐久性を持った冷却翼の製造・加工法が熟していなかったことによると思われる。これを解決したのが、精密鑄造を始めとする空冷翼の製造技術の進歩と、放電加工や電解加工など、耐熱材料に対する加工技術の進歩である。これらによって、冷却方式や構造撰択の自由度は、以前にくらべ著しく増加し、タービン入口ガス温度の高温化は着実に進められた。

主流のガス温度が高温化し、それに対応して冷却側の伝熱を促進すると、必然的に翼材料内部で大きな温度勾配を生じて熱応力が発生する。これがエンジンの起動・停止のたびに繰り返されて熱疲労(Thermal Fatigue)の原因となる。初期には問題とされなかった熱疲労が、冷却翼への熱負荷の増大と共に関心を呼び、現象の解明と応力解析技法の発達を促し、他方冷却に関しては、翼材料の温度分布の均一化にも従来以上に注意が注がれるようになって、引き続きタービン入口温度の上昇傾向は維持された。

その後の熱負荷増大に対しては、局部的、ないしは全面的なフィルム冷却の適用によって翼外面からの流入熱流束を軽減することが可能となり、材料の酸化、腐食対策としても、無機材質のコーティングが有効に用いられている。さらに、材料の面では、指向性凝固翼や単結晶翼⁽³⁾が実用期に入り、空力/伝熱/構造解析技法の進歩などと相俟って、現在の高いタービン入口ガス温度が可能となってきている。

タービン入口ガス温度は、図3のように年代と共に単調に上昇を続けているが、これは単に冷却方法の改善のみによるものではなく、冷却技術を支えるすべての周辺技術のバランス点の向上と対応している。

1950年代から研究が続けられ、現在も実用化に至っていない冷却方式として、浸出冷却(transpiration Cooling)があり、引き続き航空エンジン用や、ガス化石炭燃料を用いた高効率ガスタ

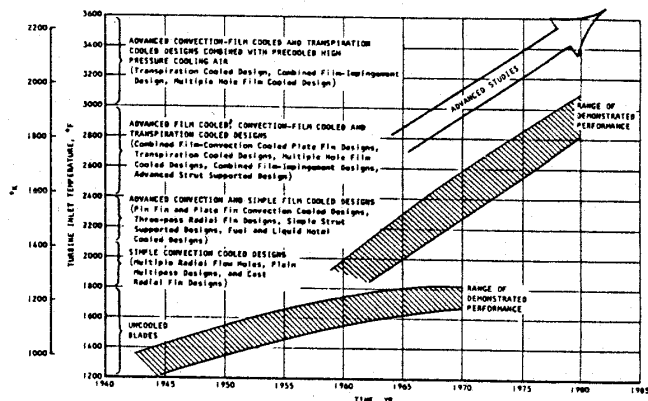


図3 タービン入口ガス温度の上昇傾向⁽²⁾

ービンシステム用に開発が進められており⁽⁴⁾(図4), 材料の耐久性の向上が待たれている。また

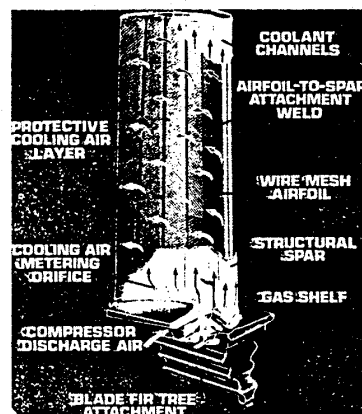


図4 開発中の浸出冷却タービン動翼⁽⁴⁾

材料の強度を保ちつつ、翼材内部に浸出冷却並みの冷却流路を設けたものとして、薄板材にフォトリソグラフィーによって冷却流路を加工して積層し、拡散接合して一体化したウエハ(wafer)翼も既にエンジン試験が行なわれている⁽⁵⁾。また、翼を二分割して鑄造し、冷却流路の加工を施した後真空溶着して一体化することにより、冷却流路設計の自由度を飛躍的に広げた翼の製造法も、実用化されつつある⁽⁶⁾。今後は、空力ならびに伝熱の両面から最適化を図った翼型の設計(PVD)と、上述の翼製造加工技術の活用、材料特性の改善、設計・解析の精度ならびに経済性の向上によって、空力性能と耐久性の一層の向上を図った、空冷タービン翼の質的改善に向けて努力がはられるものと考えられる。

なお1950年代以後の空冷タービン翼の変遷に

ついて、紙面の都合から詳細を割合したが、これに関しては例えば文献(7)～(13)等を参照していただきたい。

2-2 冷却翼設計手法 冷却翼の決定には、設計と解析の繰り返しが必要となる。設計の判断基準は、(1)タービン空力性能と、(2)翼の応力・寿命であるが、その評価に先立っては、多くの項目について初期設計解析を繰り返す必要がある。

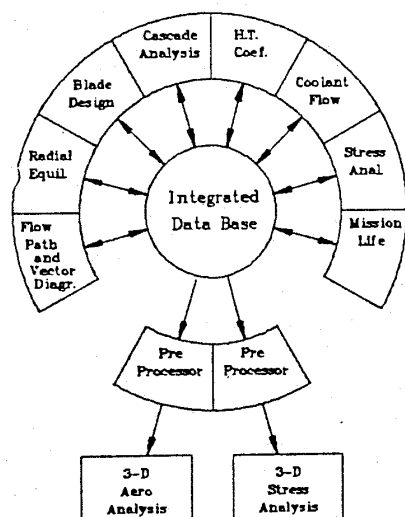


図5 タービン解析システム⁽¹⁴⁾

図5は、将来の会話型タービン解析システムの構成を示したものの⁽¹⁴⁾である。例えば、初期設計の段階で翼面の熱伝達率の解析を行うには、流路形状および速度三角形(Flow Path and Vector Diagr.)、翼設計(Blade Design)、翼列解析(Cascade Analysis)などとの情報交換を必要とし、その結果は応力解析(Stress Anal.)や寿命の解析(Mission Life)にデータベースを通じて入力される。すべての項目について初期設計・解析が終了した段階で、三次元空力性能解析(3D Aero. Analysis)と三次元応力解析(3D Stress Analysis)が行なわれる。しかし、これ等が可能となるためには、高速大容量の計算機と、高精度で経済的な数値計算アルゴリズムの開発はもとより、タービン内の流れや伝熱機構などに関しても、さらに多くの情報が必要とされる。このように、一般性のある解析システムとするには現状では多くの困難があるが、蓄積されたデータに基づいて改良設計を進める上では極めて強力な手段となり得る。

2-3 応力・寿命 空冷タービン翼の損傷のモードは数種に分類され、エンジンの運転形態によって、その重要度が異なる。航空エンジンなどのように、燃料として良質なものが用いられる反面、運転時間の割に起動停止回数が多く、かつ急加減速を要求される場合に重要度の高いものを列記すると、翼材の表面(冷却側も含む)から発生する損傷として、(1)材料の酸化(Oxidation)、(2)腐食(Corrosion)、(3)浸食(Erosion)があり、この他(4)クリープ(Creep)、(5)熱疲れ(Thermal Fatigue)および(6)クリープと熱疲れの複合がある。

酸化や腐食に対しては、翼面上のピーク温度を下げることで、耐酸化、耐食被膜(酸化アルミニウム、Ni Co Cr Al等)のコーティングが有効である。クリープは、翼材内部の局所温度に依存するので、これを下げる必要がある。一次近似としては、翼断面平均応力と平均温度との関連で議論し得る場合が多いが、平均温度から大きく離れたピーク値が存在する場合には、推定値に危険側に誤差を生ずる。熱疲れは、エンジンの起動、停止のサイクルのたびに翼材内部に熱応力を発生し、局所的な熱塑性変形が繰り返されることによる。従って過渡時を含めて翼材内部で熱応力が過大にならないように、材料温度を均一化することが必要である。またホロー翼などでは、ガス側および冷却側熱伝達率を考慮してシェルの厚み分布を変え、過度時の熱応力を大巾に下げる事が可能となる場合もある⁽¹⁵⁾。内部対流冷却では、タービン入口温度の上昇と共に冷却翼への熱負荷増大は避けられない。このため翼表面の境界層に低温空気層を形成して熱流束を減らすフィルム冷却が、熱応力軽減の上でも有効となる。但し、フィルム冷却孔(又はスリット)を設けることによる材料強度の低下や応力集中の可能性もある。クリープと熱疲れの複合作用は、それが単独に存在する場合にくらべて大きく、特にタービン動翼の寿命にはこれが主要な役割を果たす場合が多いと云われている。

以上のように、冷却タービン翼の応力・寿命との関連で特に重要なのは、翼材料の、(1)局所(通常は翼表面)最高温度、(2)翼断面(重量加重)平均温度、および(3)翼材内部における温度勾配であ

る。

応力解析の対象として考慮すべき応力は、動翼の遠心力、ガスの曲げ応力（一般に動翼では、遠心力の一部とキャンセルするように設計される）、熱変形による曲げモーメント、熱応力分布などである。熱応力分布の計算では、弾性延びと材料の局所的な逆性変形による応力緩和を考慮する。

3. 翼外面熱伝達

主流（高温ガス）から翼表面への対流熱伝達は、一般に翼表面に近い、薄い剪断流内部に限られる。従って、翼面上のガス側熱伝達率を数値計算で求めるには、Navier-Stokes (N-S) 方程式とエネルギー方程式に境界層近似を行って得られる、いわゆる境界層方程式が用いられることが多い。

タービン翼の翼面のほとんどは、乱流境界層に覆われており、主流の速度、密度、温度（又はエンタルピ）などの乱れ成分が熱伝達に寄与する部分を無視することは出来ない。また乱れ成分は、境界層の乱流遷移や再層流化現象などに、直接ないしは他の因子（例えば圧力勾配）との複合作用によって、深い係わりを持つことが知られているが、十分の機構解明がなされていない部分も多い。

初期設計段階における近似計算としては、タービン翼を、円柱（翼前縁）とそれにつながる平板（翼面）から成る、最も単純な形状に置き替えて考え、必要に応じて諸因子の影響を考慮する方法が採られる場合も多い。平板（翼面）部についての扱いはこの場合、等温平滑平板上の層流又は乱流で、物性値は一定とされる。考慮すべき補正（影響）因子としては、(1)壁面温度の変化、(2)圧力勾配（加速流／減速流）、(3)主流乱れ強さ、(4)表面荒さ、(5)表面に於ける物質伝達、(6)表面の曲率、(7)主流の非定常性、(8)三次元性（二次流れ、乱れの非等方性など）、(9)物性値の温度依存性などである。

3-1 境界層方程式 タービン翼のガス側の伝熱機構を支配する方程式は二次元圧縮性定常流に対して、連続の式と、Navier-Stokes（運動量）方程式およびエネルギー方程式に境界層近似を行って得られる以下の諸式で表わされる⁽¹⁶⁾。

連続の式：

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

運動量方程式（ x 方向成分）：

$$\rho u \frac{\partial u}{\partial x} + \rho v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{dp}{dx} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \frac{\partial u}{\partial y} \right) \quad (2)$$

エネルギー方程式：

$$\rho c_p \left(u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} \right) = \frac{u}{J} \frac{dp}{dx} + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\mu}{gJ} \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 \quad (3)$$

さらに、密度、温度、圧力の関係式として、

$$\text{状態方程式： } p = \rho RT \quad (4)$$

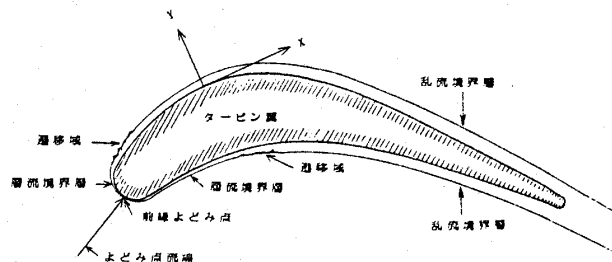


図6 直交座標系

こゝで直交座標系は、図6に示すように、翼面に沿った流れ方向 x と、翼面に直交する方向 y で、 u 、 v はそれぞれ、速度ベクトルの x 、 y 方向成分、 ρ ：密度、 p ：圧力。物性値 μ 、 c_p 、 k はそれぞれ粘性係数、定圧比熱、熱伝導率。また g ：重力の加速度、 J ：熱の仕事当量、 R ：気体定数である。

乱流境界層に対するアプローチとして、良く用いられるように、 u 、 v 、 ρ 、 p 、 T について、それぞれ時間平均項()と変動成分()'の和で表わすと、

$$\left. \begin{aligned} u &= \bar{u} + u' \\ v &= \bar{v} + v' \\ \rho &= \bar{\rho} + \rho' \\ p &= \bar{p} + p' \\ T &= \bar{T} + T' \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

(5)式を(1)～(4)式に代入し、微少項を無視すると、乱流境界層方程式として以下の諸式を得る⁽²³⁾。

$$\frac{\partial(\bar{\rho} \bar{u})}{\partial x} + \frac{\partial(\bar{\rho} \bar{v})}{\partial y} + \frac{\partial(\bar{\rho} \bar{v}')}{\partial y} = 0 \quad (6)$$

$$\bar{\rho} \bar{u} \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{\rho} \bar{v} \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \bar{\rho} \bar{v}' \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} = -g \frac{d\bar{p}}{dx} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} - \bar{\rho} \bar{u}' v' \right) \quad (7)$$

$$\bar{\rho} c_p \left(\bar{u} \frac{\partial \bar{T}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{T}}{\partial y} \right) + c_p \bar{\rho} \bar{v}' \frac{\partial \bar{T}}{\partial y} = \frac{\bar{u}}{J} \frac{d\bar{p}}{dx} + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial \bar{T}}{\partial y} \right)$$

$$+ \frac{1}{gJ} \frac{\partial}{\partial y} \left[\left(\mu - \frac{k}{c_p} \right) \left(u \frac{\partial \bar{u}}{\partial y} \right) \right] - \frac{\partial}{\partial y} [c_p \bar{\rho} (v' T')] \quad (8)$$

$$\bar{p} = \bar{\rho} R \bar{T} \quad (9)$$

但し T_t は全温 (total temperature) で,

$$T_t = T + \frac{u^2 + v^2}{2gJc_p} \quad (10)$$

こゝで、時間平均項について $(\bar{\quad})$ を省略して書くと、状態方程式は(4)式と同じ表現となり、連続の式は、

$$\frac{\partial}{\partial x} (\rho u) + \frac{\partial}{\partial y} (\rho v + \overline{\rho' v'}) = 0 \quad (11)$$

運動量方程式は、局所剪断応力 τ を用いて、

$$\rho u \frac{\partial u}{\partial x} + (\rho v + \overline{\rho' v'}) \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{dp}{dx} + g \frac{\partial}{\partial y} \tau \quad (12)$$

こゝに、

$$\tau = \frac{\rho}{g} \left(\nu_L \frac{\partial u}{\partial y} - \overline{u' v'} \right) \quad (13)$$

但し $\nu_L (\equiv \mu / \rho)$ は分子粘性に基づく粘性係数である。なお流体に働く外力は無視してある。速度の乱れ成分に基づく乱流剪断応力 $(-\overline{u' v'})$ が、境界層内の時間平均 x 方向速度の勾配に比例すると仮定すれば、乱流粘性係数 ν_T を用いて、

$$-\overline{u' v'} = \nu_T \frac{\partial u}{\partial y} \quad (14)$$

従って、

$$\tau = \frac{\rho}{g} (\nu_L + \nu_T) \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\rho}{g} \nu \frac{\partial u}{\partial y} \quad (15)$$

但し、 $\nu = \nu_L + \nu_T$ で、層流境界層の場合は、 $\nu_T \rightarrow 0$ で $\nu = \nu_L$ 。

エネルギー方程式(8式)についても同様の取扱いをして、内部発熱および圧力の x 方向勾配を無視し得る場合、

$$\rho u \frac{\partial H}{\partial x} + (\rho v + \overline{\rho' v'}) \frac{\partial H}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left(q + \frac{u\tau}{J} \right) \quad (16)$$

但し、 H : 全エンタルピ (T_t に対応)。時間平均項についての表現 $(\bar{\quad})$ は、他と同様省略して表わしてある。上式中 q は、単位面積当たりの熱流束で、

$$q = \rho \left(\alpha_L \frac{\partial h}{\partial y} - \overline{v' h'} \right) \quad (17)$$

$\alpha_L (\equiv k / \rho c_p)$ は、層流熱拡散係数、 h は静 (static) エンタルピ。

運動量方程式におけると同様に、乱流熱流束

$(-\overline{v' h'})$ が境界層内の時間平均静エンタルピ (又は静温度) の勾配に比例すると仮定すれば、乱流熱拡散係数 α_T を用いて

$$-\overline{v' h'} = \alpha_T \frac{\partial h}{\partial y} \quad (18)$$

従って、熱流束 q は、

$$q = \rho (\alpha_L + \alpha_T) \frac{\partial h}{\partial y} = \rho \alpha \frac{\partial h}{\partial y} \quad (19)$$

但し $\alpha = \alpha_L + \alpha_T$ で、層流境界層の場合は $\alpha_T \rightarrow 0$ で、 $\alpha = \alpha_L$ である。

以上の諸式に対する壁 (翼) 面上 ($y = 0$) および主流 ($y \rightarrow \infty$) における境界条件として、時間平均量 (但し $(\bar{\quad})$ を省略して表記) に対して、

$$\left. \begin{aligned} y=0 : \rho v &= (\rho v)_w, T = T_w \text{ 又は } \partial T / \partial y = 0 \\ y \rightarrow \infty : \rho u &= \rho_g u_g, T = T_g, \partial u / \partial y = 0, \partial T / \partial y = 0 \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

こゝで添字 w , g はそれぞれ壁面上、および境界層外縁 (主流) に於ける値を表わす。

以上の時間平均流に対する支配方程式を解くためには、乱流剪断応力 $-\overline{u' v'}$ と乱流熱流束 $-\overline{v' h'}$ を与える必要がある。このため、乱流エネルギー $k (\equiv \frac{1}{2gJ} (\bar{u}^2 + \bar{v}^2 + \bar{w}^2))$ の輸送方程式を同時に解く必要がある。 w' は、 $x-y$ 平面に直交する方向の変動成分である。

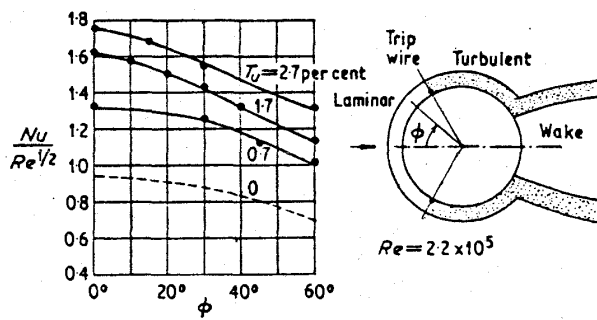
乱流エネルギーの輸送 (保存) 方程式:

$$\begin{aligned} & \rho u \frac{\partial k}{\partial x} + (\rho v + \overline{\rho' v'}) \frac{\partial k}{\partial y} \\ &= \rho \nu_T \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \frac{\partial}{\partial y} \left[\rho (\nu_L + \nu_T) \frac{\partial k}{\partial y} \right] - D_T \end{aligned} \quad (21)$$

こゝで D_T は乱流消散項である。上式は、変動速度場の支配方程式を $N-S$ 方程式から導びいて得られる。さらに乱流剪断応力を、その輸送方程式から求める必要があるが、式が閉じていないため、適当な乱流モデルを組み立てる必要がある。詳しくは、例えば文献(17)~(19)を、また数値解析プログラムについては文献(20)などを参照されたい。

3-2 近似解

(a) 前縁の熱伝達率 翼の前縁に向かう流れは、翼面に沿ってよどみ点から背側および腹側に向かって層流境界層を形成する。この時主流の乱れ成分は、熱伝達率に影響を与えることが実験的に知られている⁽²¹⁾(図7)。その影響係数を a とし、翼前縁直径 D に等しい直径を有する、直交流中の円柱のよどみ点熱伝達⁽²²⁾ならびに Schmitt らの

図7 円柱の熱伝達率⁽²¹⁾

円柱表面の熱伝達に関する実験式から、翼前縁部の層流境界層局所熱伝達率 $h_{g,l}$ に対する近似式として、次式がよく用いられる⁽²³⁾。

$$h_{g,l} = \alpha \left[1.14 \frac{k_g}{D} \left(\frac{\rho_g u_{g,\infty} D}{\mu} \right)^{1/2} Pr^{0.4} \left(1 - \left| \frac{\phi}{90} \right|^3 \right) \right] \quad (-80^\circ < \phi < 80^\circ) \quad (22)$$

但し $u_{g,\infty}$ は主流速度で、局所値ではない。 k_g , μ はそれぞれガスの物性値で熱伝導率および粘性係数、 Pr はプラントル数、 ϕ は、(図8)に示す

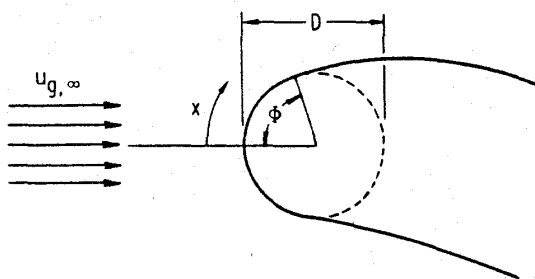


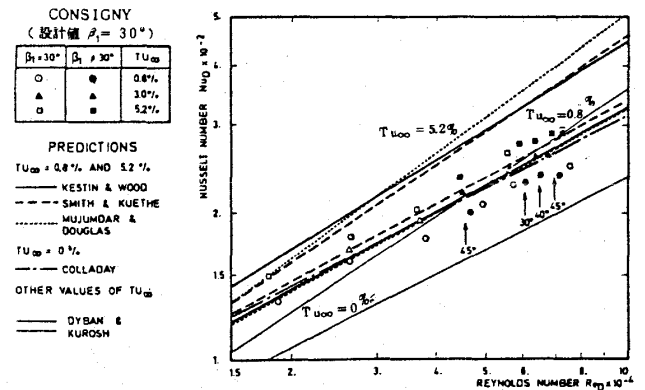
図8 翼前縁形状

ように、よどみ点から測った角度である。

なお、直径 D を代表長さとするレイノルズ数 Re_D ($\equiv \rho_g u_{g,\infty} D / \mu$) およびヌセルト数 Nu_D ($\equiv h_{g,l} D / k_g$) を用いると、

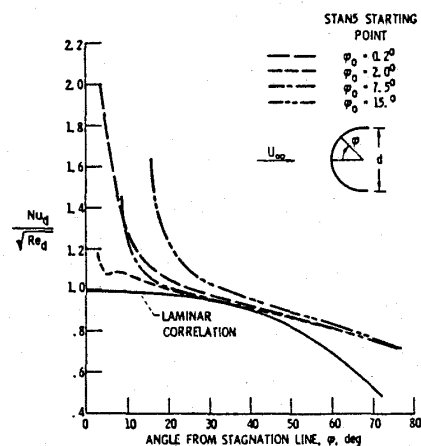
$$Nu_D = \alpha \left[1.14 Re_D^{0.5} Pr^{0.4} \left(1 - \left| \frac{\phi}{90} \right|^3 \right) \right] \quad (-80^\circ < \phi < 80^\circ) \quad (23)$$

前縁よどみ点の熱伝達率は、図9に示すように、いくつかの予測値の間で比較的良好一致を示す⁽²⁴⁾。なお Consigny らの実験では、有限巾の伝熱フィルムゲージを用いているため、平均化の効果によ

図9 翼前縁よどみ点熱伝達率⁽²⁴⁾

り他の予測値より約20%低く、また流入角(設計値 30°)の変化による影響も少ない。

有限要素法による数値解析例⁽²⁵⁾では、初期条件として速度プロファイルを与える計算開始点の選定によって、計算値に差が生ずる(図10)。

図10 翼前縁熱伝達率の数値解析⁽²⁵⁾

(b) 層流境界層領域の局所熱伝達率 一次近似として、等温平板の理論式が用いられる。即ち

$$Nu_x = 0.332 Re_x^{1/2} Pr^{1/3} \quad (24)$$

こゝに局所ヌセルト数 $Nu_x = h_{g,x} x / k_g$ 、レイノルズ数 $Re_x = \rho_g u_{g,x} x / \mu$ で、 x は層流境界層の発達開始点からの距離。スタントン数 St_x ($\equiv Nu_x / Re_x$) が比較的主流の圧力勾配の影響を受けないことから、上式を書き替えて、

$$St_x = 0.332 Re_x^{-1/2} Pr^{-2/3} \quad (25)$$

また圧力勾配の影響の補正係数 K を, Euler 数の関数として次式から求めると⁽²⁶⁾,

$$7.6K^2 - 2.31K - 0.1 = \frac{g_c x (-dp/dx)}{\rho_g u_{g,x}^2} \quad (26)$$

従って,

$$St_x = K \cdot 0.332 Re_x^{-1/2} Pr^{-2/3} \quad (27)$$

こゝに g_c は重力の加速度である。

(c) 乱流境界層領域の局所熱伝達率 層流境界層に対する式との対比から, 等温平板に対する平行流による局所熱伝達率の実験式は,

$$h_{g,x} = 0.0296 \frac{k_g}{x} Re_x^{0.8} Pr^{1/3} \quad (28)$$

ヌセルト数 Nu_x , スタントン数 St_x はそれぞれ,

$$\left. \begin{aligned} Nu_x &= 0.0296 Re_x^{0.8} Pr^{1/3} \\ St_x &= 0.0296 Re_x^{-0.2} Pr^{-2/3} \end{aligned} \right\} \quad (29)$$

(d) 翼外面熱伝達率分布 Turner による二次元翼列での翼外面熱伝達率分布の測定結果⁽²¹⁾(図

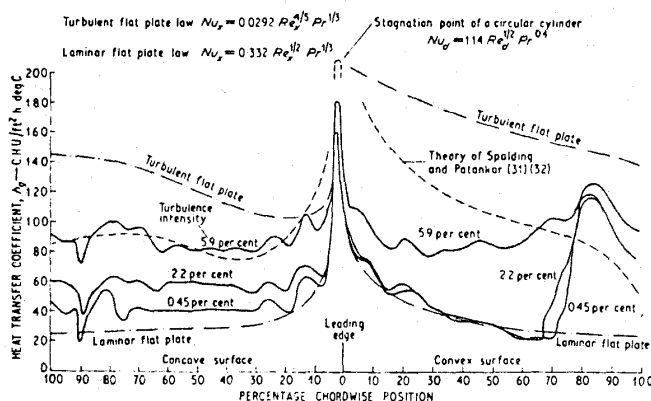


図 11 Turner のタービン翼外面熱伝達率分布測定計算結果⁽²¹⁾

11) によると, 前縁から後縁まで, ほゞ一様な加速領域である腹 (Concave) 側の熱伝達率は, 乱流平板 (式 29) と層流平板 (式 24) の熱伝達の中間の値を示し, 層流から乱流への明確な遷移を示していない。翼列入口主流の乱れ強さの増加と共に, 腹面全域にわたり熱伝達率は増加し, $Tu = 5.9\%$ では, Spalding らの計算法⁽²⁰⁾ による数値解析結果にはゞ一致する。Brown ら⁽²⁷⁾ によると, 腹側の熱伝達率が乱れ強さに影響を受けるのは, $Tu_{\infty} < 6\%$ の範囲に限られ, 層流領域でゲル

トラー渦と主流乱れとの干渉が最大の場合でも, 完全に遷移した乱流境界層の熱伝達率以下である。また, Forest⁽²⁸⁾ は, 境界層運動量厚さ θ を用いたゲルトラー数 G_{θ} と主流乱れ強さ Tu_{∞} から定まる次式が, 乱流遷移を不可能にし, 又は再層流化 (Laminarization) を起こす限界であると提案している。即ち

$$G_{\theta,t} = 81 \exp(-34.6 Tu_{\infty}) \quad (30)$$

こゝに $G_{\theta} = (u_{\infty} \theta / \nu)^2 \theta / r_c$ で, ν は動粘性係数, r_c は, 凹面曲率半径で, $G_{\theta,t}$ は遷移ゲルトラー数を表わす。

他方, 背側 (Convex Surface) では, 乱れ強さが小さい ($Tu_{\infty} \leq 2.2\%$) 場合には, その影響は, 翼前縁に近い領域でほとんど見られず, $Tu_{\infty} = 5.9\%$ では大きな影響がある。Consigny らの実験⁽²⁴⁾

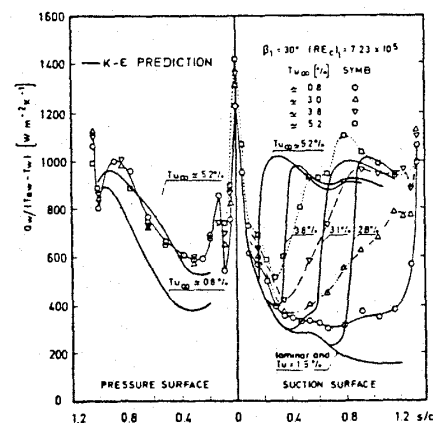


図 12 Consigny らのタービン翼外面熱伝達実験・計算結果⁽²⁴⁾

(図 12) でも同様の傾向を示している。乱流遷移点は, 乱れ強さに大きく影響を受ける。

背側での乱流遷移予測は, 乱流モデルとして, 二方程式 “K- ϵ ” モデルを用いた例 (図 12) では, 乱れ強さ Tu_{∞} の影響を定性的に示しているが, 良い一致は得られていない。

遷移開始点および遷移域の長さについては種々の予測法の提案 (例えば, 遷移運動量レイノルズ数 $Re_{\theta,t} = 200$ で遷移開始し, その 2 倍に達した点で遷移完了) があるが, 平板平行流では実験値と良い一致を示すものゝ, 乱れ強さ, 圧力勾配 (壁面曲率) に関する情報が Re_{θ} に含まれないため,

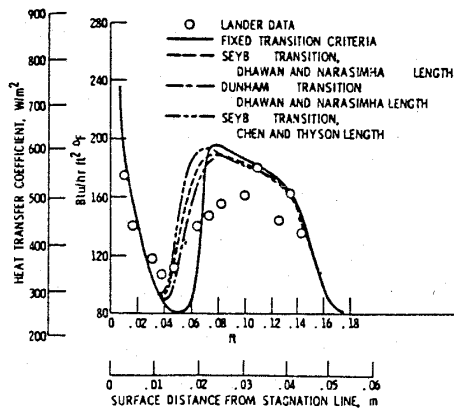


図13 遷移領域の熱伝達率
実験・計算の比較⁽²⁵⁾

曲面に沿う流れでは良い一致を見ていない⁽²⁵⁾(図13)。

(e) 翼外面平均熱伝達率 図14は、翼列出口

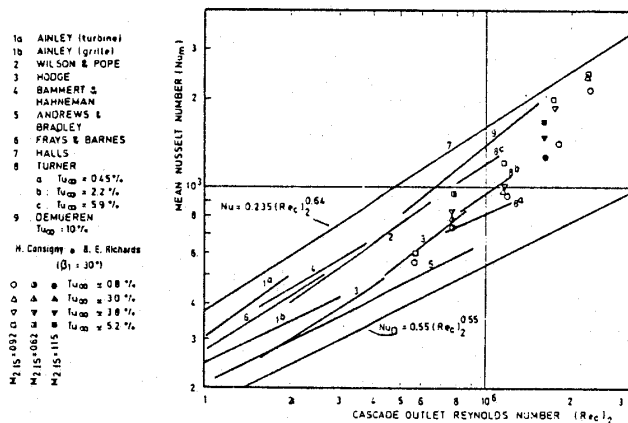


図14 翼外面平均熱伝達率⁽²⁴⁾

レイノルズ数に対する、翼外面平均ヌセルト数を示したものである⁽²⁴⁾。これまでの考察で示されたように、外面熱伝達率に影響を及ぼす因子には、圧力(速度)勾配又は壁面曲率、主流乱れ強さ等があり、特に乱流遷移に関して定量的な判断を適確に行なえる段階にはない。図14に含まれるデータは、上記の諸因子について系統的に整理されているものではないし、また翼の空力的負荷レベルも、現在の水準にくらべて低いものが多く含まれていることに注意する必要がある。また、データはいずれも二次元翼列による試験結果であるが、実機エンジンでは、翼全面を乱流境界層で覆われ

ているとして計算した方が、データとの一致が良いとも云われる。

あとがき

タービン翼のガス側熱伝達を中心に、空冷タービン翼設計に関連した諸問題の一部について概説を行った。伝熱機構に関しては十分解明されていない部分も多く、今後の研究が期待される。

次回は、フィルム冷却を中心として、冷却側熱伝達問題について概説する予定である。

文 献

- (1) Stodola, A. : Steam and Gas Turbines (Vol. 1) Peter Smith
- (2) Faulkner, F. F. : NASA CR-120882 (1971)
- (3) 塩入淳平 : 日本ガスタービン学会誌, 8巻29号 (1980)
- (4) Mogul, J. M., Wolf, J. C. and Bunker, W. W. : Mech. Eng. (April 1980)
- (5) George, D. G., Brown, B. T. and Cox, A. R. : AIAA Paper 79-1226 (1979)
- (6) Gardner, W. B., Gray, D. E. : ASME Paper No 80-GT-142 (1980)
- (7) 松木正勝 : ターボ機械, 8巻1号, 2号, 6号 (1980)
- (8) 高原北雄, 吉田豊明 : 日本ガスタービン学会誌, 8巻29号 (1980)
- (9) 吉田豊明 : 機械の研究, 31巻1号 (1979)
- (10) 鳥崎忠雄 : 日本ガスタービン学会セミナー (第5回) 資料集 (1978)
- (11) 関根正信 : 内燃機関, 9巻8号, 9号 (1970)
- (12) 三輪光砂 : 日本機械学会誌, 73巻617号 (1970)
- (13) Smith, A. G. and Pearson, R. D. : P. I. M. E. Vol. 163 (1950)
- (14) Mach, K. D. : ASME Paper No. 79-GT-176 (1976)
- (15) 吉田豊明, 松木正勝 : 航技研報告TR-364 (1974)
- (16) Schlichting, H. : Boundary Layer Theory, MacGraw-Hill (1960)
- (17) 日本機械学会第506回講習会 (1980)
- (18) AGARD-AG-164 (1972)
- (19) Jones, W. P. and Launder, B. E. : J. Heat and Mass Transfer, Vol. 15 (1972)
- (20) Patankar, S. V., Spalding, D. B. : Heat and Mass Transfer in Boundary Layers, Intertext (1967)
- (21) Turner, A. B. : Jour. Mech. Enging Sci.,

Vol. 13, No. 1(1971)

- ②② Schmidt, E. und Wenner, K: Forschung, 12, 65(1941)
 ②③ NASA SP-290(1973)
 ②④ Consigny, H, and Richards, B. E. : ASME Paper No. 81-GT-146(1981)
 ②⑤ Gaugler, R. E. : ASME Paper No. 81-GT-89(1981)

- ②⑥ Brown and Donoughe : NACA RM-E50F02(1950)
 ②⑦ Brown, A. and Martin, B. W. : ASME Paper No. 81-GT-107(1981)
 ②⑧ Forest, A. E. : AGARD CP 224(1977)

協賛シンポジウム

第 2 回 日本 熱 物 性 シ ン ポ ジ ウ ム

開催の御案内ならびに講演募集

日 時 昭和56年11月12日(木) 13日(金)
 会 場 札幌教育文化会館(札幌市中央区北一条西13丁目 TEL 011-271-5821)

セッションのテーマ (予定)

1. 測定法・機器 2. 固体 3. 液体 4. 気体 5. 断熱材 6. 食品 7. 衣料
 8. 生体 9. 雪水 10. ふく射 11. その他熱エネルギーに関係ある物性値

講演申込 講演題目、著者名(発表者に○印)、連絡先、400字以内の概要を書いて下記へ申込んで下さい。講演の採否はご一任下さい。

申 込 切 7月20日

講演論文集原稿切 9月19日(4ページ、申込者に用紙送付)

参加申込 ハガキに所属機関、連絡先、氏名、懇親会参加希望の有無を記して下記へ申込んで下さい。当日会場で、参加費引換に講演論文集をお渡しします。

〒060 札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学 工学部 機械工学第2学科
 関 信 弘

参加費 5,000円(学生3,000円)(講演論文集1冊の代金含む)なお懇親会費5,000円は当日会場にて申し受けます。

講演論文集申込 論文集のみを購入希望の方は、ハガキに部数と送先を書いて下記へ申込んで下さい。包装・郵送料共で1部5,000円です。

〒223 横浜市港北区日吉3-14-1 慶應義塾大学 理工学部 機械工学科
 長島研究室気付 日本熱物性研究会
 長島研究室気付 日本熱物性研究会

- Vol. 13, No. 1 (1971)
- ②② Schmidt, E. und Wenner, K.: Forschung, 12, 65 (1941)
- ②③ NASA SP-290 (1973)
- ②④ Consigny, H. and Richards, B. E.: ASME Paper No. 81-GT-146 (1981)
- ②⑤ Gaugler, R. E.: ASME Paper No. 81-GT-89 (1981)
- ②⑥ Brown and Donoughe: NACA RM-E50F02 (1950)
- ②⑦ Brown, A. and Martin, B. W.: ASME Paper No. 81-GT-107 (1981)
- ②⑧ Forest, A. E.: AGARD CP 224 (1977)

協賛シンポジウム

第 2 回 日本 熱 物 性 シ ン ポ ジ ウ ム

開催の御案内ならびに講演募集

日 時 昭和56年11月12日(木) 13日(金)

会 場 札幌教育文化会館(札幌市中央区北一条西13丁目 TEL 011-271-5821)

セッションのテーマ (予定)

1. 測定法・機器
2. 固体
3. 液体
4. 気体
5. 断熱材
6. 食品
7. 衣料
8. 生体
9. 雪水
10. ふく射
11. その他熱エネルギーに関係ある物性値

講演申込 講演題目、著者名(発表者に○印)、連絡先、400字以内の概要を書いて下記へ申込んで下さい。講演の採否はご一任下さい。

申 込 切 7月20日

講演論文集原稿切 9月19日(4ページ、申込者に用紙送付)

参加申込 ハガキに所属機関、連絡先、氏名、懇親会参加希望の有無を記して下記へ申込んで下さい。当日会場で、参加費引換に講演論文集をお渡しします。

〒060 札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学 工学部 機械工学第2学科
関 信 弘

参加費 5,000円(学生3,000円)(講演論文集1冊の代金含む)なお懇親会費5,000円は当日会場にて申し受けます。

講演論文集申込 論文集のみを購入希望の方は、ハガキに部数と送先を書いて下記へ申込んで下さい。包装・郵送料共で1部5,000円です。

〒223 横浜市港北区日吉3-14-1 慶應義塾大学 理工学部 機械工学科
長島研究室気付 日本熱物性研究会
長島研究室気付 日本熱物性研究会

●●●研究だより●●●

慶応大学における燃焼・伝熱研究

慶応大学理工学部 川 口 修
" 溝 本 雅 彦

慶応大学理工学部（昭和56年4月に新学科増設とともに工学部から改称）の機械工学科には熱工学関係の研究を行なっている研究室は5つあるが、特にここでは燃焼問題を扱っている研究室について概要を紹介する。

1. 燃焼および内燃機関研究室 （研究室の構成）

佐藤豪教授，川口修助教授，徳岡直静講師，飯田訓正助手，（博士課程学生2名，修士課程学生8名，学部学生18名）

本研究室は，従来ガスタービンサイクル論及び燃焼器の研究を主として行なってきたが，最近ではガスタービン・工業炉等の連続流燃焼装置と，デ

る燃焼に関する諸問題を研究の対象としている。研究テーマは液体燃料の微粒化に関する研究，連続流燃焼（定常燃焼）に関する研究，間欠燃焼に関する研究に大別され，それぞれに責任を持つ教員が研究，学生の指導にあたっている。研究テーマは図1に示すように個々に関連しており，また基礎的研究から応用的研究にわたって設定されている。

以下に継続的に研究が行なわれているテーマを簡単な内容を添えて紹介する。

i) 連続流燃焼器に関する研究 缶形の気体燃料噴射式のガスタービン燃焼器の小形石英製模型（燃焼筒径 125mm）を用いて，主として一次燃焼領域の燃焼状態を温度，ガス組成，イオン電流値により詳細に測定している。そして流量，空燃比などの作動条件の他に，一次空気の旋回の高さ，一次・二次空気流量比などの流れのパラメー

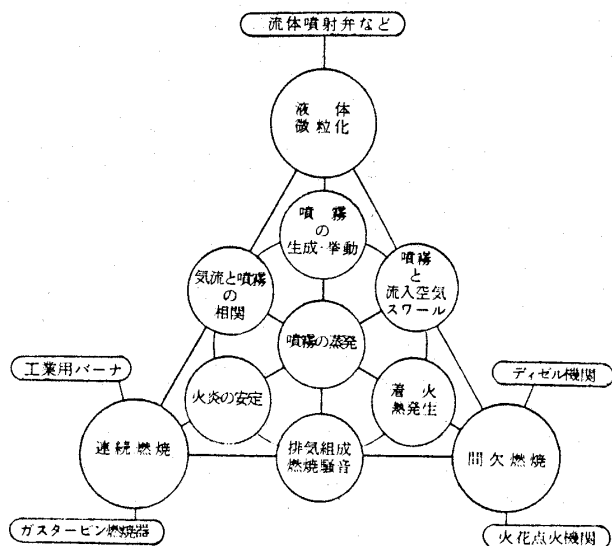


図1 研究テーマの構成

ディーゼル機関を中心とした往復式内燃機関におけ

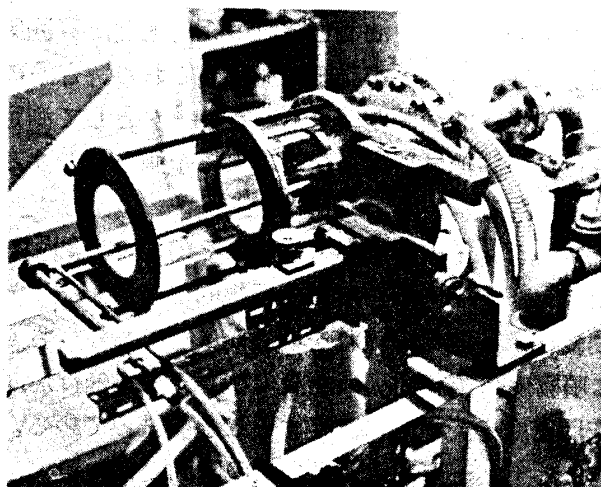


写真1 燃焼器実験装置

（昭和56年4月21日原稿受付）

タを広い範囲に変えて、燃焼の状態にどう影響を及ぼすかを検討している。最近滞留時間の測定も行ない、下流の生成ガス組成との対応について考察を加えている。写真1は燃焼器の実験装置の外観を示す。

ii) 筒内の旋回同軸流拡散火炎に関する研究
筒内を流れる旋回気流に同軸に気体燃料を噴射して拡散火炎を作り、その火炎長さ、火炎構造を種々の条件で測定している。また非燃焼時の濃度場を時間変動値も含めて熱線式瞬時濃度計で測定した結果から、簡易乱流拡散燃焼モデルによって予測した温度、濃度分布との比較を行なっている。

iii) 高温気流中の噴霧の蒸発に関する研究
高温の気体中に水の噴霧を流し、流れに沿った噴霧の粒度分布の変化から、噴霧の蒸発速度係数を求めるとともに、単分散噴霧を用いた実験でも蒸発速度係数を求めている。その結果、蒸発速度係数は粒径によって変化し、 $100\mu\text{m}$ 以下になると粒径の減少とともに小さくなることが判明しているが、その理由については明確でない。

iv) 高温壁面に衝突する液滴の挙動に関する研究
予蒸発、予混合型燃焼器の蒸発器の基礎研究として始められたもので、高温の平滑金属面に微小な液滴列を滴下させ、固体面における液滴の挙動、固体面から液滴への熱伝達について詳細な測定を行なっている。

v) 高温気流中の燃料滴の着火に関する研究
高温の酸化雰囲気気流中に、流れに沿って微小な油滴列を流してその着火状態を観察し、着火遅れと雰囲気酸素分圧、油滴と流れの相対速度、雰囲気温度などとの関係を詳細に測定しており、さらに油滴の径、油滴間距離をもパラメータとして測定を行ない、簡易着火モデルによる予測と比較する予定である。

vi) ディーゼル噴霧の構造とその燃焼に関する研究
ディーゼル噴霧の巨視的な構造、その時間変化、雰囲気の流れを明らかにしており、さらに噴霧内、噴霧周縁の油滴の粒度分布、飛行速度、空間密度を光学的に測定することを試みている。

またディーゼル噴霧の形状の時間変化、着火、火炎成長に関する実験データを用いて、熱発生モデルを作成し、熱発生率経過を予測して実測値と対応させている。

vii) 単気体噴流の構造に関する研究
ディーゼルエンジン、ガスエンジンの燃料噴射の基礎研究として一定量の加圧したHe、あるいは H_2 などを静止大気中に噴射し、その成長過程、内部構造を熱線式瞬時濃度計で時間を追ってとらえており、噴流の非定常的な構造について興味あるデータを得ている。

2. 燃焼工学・装置工学研究室

(研究室の構成)

猪飼茂教授、溝本雅彦助教授 (博士課程学生1名、修士課程学生5名、学部学生11名)

当研究室は、機械工学科の中に在って、化学工学的な研究を対象としている。装置工学と云う名称が用いられるもの、それを示すものである。広義の単位操作の一つと考えられる燃焼の分野の研究が、最近その数を次第に増し、研究対象も大きく広がりつつあるために、研究室の名称としては燃焼工学・装置工学研究室とするのが妥当と考えられる。以下に、現在進行中の研究を、テーマ別に紹介する。

i) 非ニュートン流体の流動と熱伝達に関する研究
非ニュートン流体の一つであるCMC水溶液を用いて、円管内流れ、あるいは平板境界層流れ、平行平板間の入口助走流れなどにおける流動や、熱伝達の機構を研究しており、CMC輸送用モノポンプや流速測定用LDVが重要な装置である。

ii) 高温燃焼ガスと固体壁との熱伝達に関する研究
 $\text{CH}_4/\text{O}_2/\text{N}_2$ 火炎による高温(1800~2200K)の燃焼ガス流が、固体壁に衝突する際の激み点近傍における熱伝達を実験的に調べ、高温の不活性ガスの場合と比較検討する。また、固体壁の材質や表面温度を変え、表面反応が熱伝達に及ぼす影響を調べる。ここでは、非接触型温度計の一つである、Na-D線反転温度計が用いられている。

iii) 噴流拡散火炎の安定性に関する研究
 H_2 を用いた噴流拡散火炎の層流から乱流への遷移現象に関し、高速シュリーレン写真観察に基づき、その遷移機構を調べるとともに、数値計算も行なっている。さらに、乱流噴流拡散火炎の安定性を実測し、その火炎基部における火炎構造を検討することにより、火炎安定機構の解明を試みている。

火炎構造の測定に際し、カウンタタイプの処理器を用いたLDVにより速度を、ガスクロマトグラフィにより組成の分析を行なっている。

iv) 乱流平板境界層内の拡散火炎に関する研究
流れに平行に置かれた多孔質平板より燃料を噴出し、乱流境界層内に形成される拡散火炎を研究している。まず、火炎先端の安定性を検討し、その支配因子を明らかにした。さらに火炎構造を研究している。時間平均速度、および変動速度は前述のLDVにより測定しているが、この際、トレーサの添加方法に関して新しい知見が得られた。さらに電氣的に時間応答性を向上させた熱電対を用いて、時間平均温度ならびに変動温度を測定している。これらの新しい測定結果に基づき、火炎構造を検討するとともに、数値計算を行なう際に用いるべき最適の乱流モデルを、実測値と比較することにより検討している。

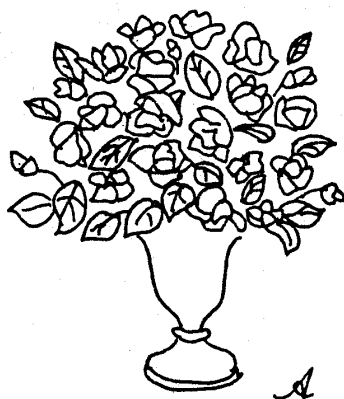
v) 高温壁面上に形成される乱流境界層の構造に関する研究
前項の研究では乱れと火炎が複雑に影響を及ぼし、現象が極めて複雑である。そこで、常温～300℃程度の高温壁面上に形成される乱流境界層の構造を研究することとした。この場合には温度補償を施した熱線風速計を使用することが出来、境界層の構造をより詳細に検討でき

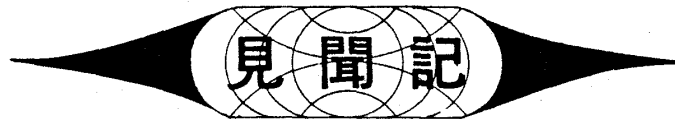
る。現在まで、壁面を300℃位まで加熱すると、壁面近傍において速度変動が増大することが明らかとなった。

vi) 固体推進剤表面の火炎伝播に関する研究
一様な N_2 流中に平行に置かれたダブルベース推進剤の上流端で着火する際の火炎伝播を実測し、さらに火炎伝播を支配すると考えられる強制対流熱伝達のモデル実験や、簡単なモデルによる理論解析により、火炎伝播機構を解明している。伝播火炎先端より後流において、二次着火（飛び火）が観察され、新しい知見として興味が持たれている。

vii) 旋回流を伴う拡散火炎に関する研究
実用上多くみかけられる旋回流を伴う拡散火炎に関し、その非常に単純化されたモデル燃焼器を用いて、旋回強さや、燃焼器寸法が燃焼状況に及ぼす影響を実験的に検討している。

以上燃焼とそれに関連する伝熱問題を扱う2つの研究室を紹介したが、不十分な研究費と良好とはいえない研究環境をカバーするために研究テーマの選定はかなりの制約を受けている。しかし、少しずつではあるが設備も整い、研究費も増えており、研究環境も改善されているように思われる。





バンガロールAir Breathing Engines シンポジウム に出席して

防衛庁技術研究本部 第3研究所 寛 陽
石川島播磨重工業株式会社 航空宇宙事業本部 横 井 信 哉

1. ま え が き

1981年2月印度のバンガロール市で開催された第5回国際エア・ブリージング・エンジン・シンポジウム (Fifth International Symposium on Air Breathing Engines: 5th ISABE) に出席する機会を得たので、このシンポジウムの模様および見聞したこと、感じたことを若干述べることにする。

この国際エア・ブリージング・エンジン・シンポジウムはほぼ2年に1回開催され、今回はその5回目でありその状況は表1のとおりである。

表1 シンポジウム開催場所

| 回 | 開催地 | 国名 |
|--------|---------|---------------------------------|
| 1 | マルセイユ | フランス |
| 2 | シェフィールド | 英 国 |
| 3 | ミュンヘン | 西 独 |
| 4 | フロリダ | 米 国 |
| 5 | バンガロール | 印 度 |
| 6 (予定) | パリ | フランス |
| 7 (予定) | 未定 | 中国 (People's Republic of China) |

今回のシンポジウムは、ISABEの委員会、International Council of Aeronautical Sciences (ICAS) 及びAIAAがスポンサーとなっており、そしてUNESCO, National Aeronau-

tical Laboratory (Bangaloreにある), Aeronautical Research and Development Board (ARDB), および印度政府が host country として support している。ここで発表される論文内容は以下にも一部の概要を述べるが、エンジン gearbox 事故調査の様な現場技術から有限要素法による超音速ノズル流れの計算のようなものまで Air Breathing Engine に関する科学的、技術的な諸問題がとりあげられている。

学会は1981年2月16日(月)から21日(土)までの6日間印度国営のアショカホテルを会場として開かれた(議長: 印度国立航空研究所のParanjpe 博士)。

参加者数は215名、参加国は18ヶ国で表2のように今回は場所柄中国が8件と発表件数は米国の13件に次いで多く、日本からは著者等2人のみであった。従来から日本代表の国際委員としてこの会のお世話をしておられるのは九州大学航空工学室の難波教授である。

表2 各国の参加論文の状況

| | 論文数 | | 論文数 |
|---------|-----|------------------|-----|
| 米 国 | 13 | フランス | 2 |
| 中 国 | 8 | イタリア | 2 |
| 印 度 | 7 | スウェーデン | 2 |
| 英 国 | 6 | オランダ, スイス, イスラエル | 各1 |
| 西 独 | 6 | ベルギー, 南ア | |
| オーストラリア | 5 | メリカ, カナダ | |
| エジプト | 4 | チェコ, 日本 | |

(昭和56年4月15日原稿受付)

会の開かれたバンガロール市は人口150万人の近代工業都市で南印度のカルナータカ州の州都であり、デカン高原の南部内陸に位置し、日本の軽井沢といった感じの樹木の多い町である。会の開かれた時期は乾期で連日晴天、日中30℃ 夜間15℃ 湿度28% 前後と厳冬の日本から来た我々にとっては快適な気候であった。

シンポジウムは Operation, Integration (垂直離着機 AV-8A の改良や将来エンジンのデジタル制御系等, 航空機と組合さった部門の論文), Advanced & Hybrid System (ラムジェットや排気部に付加する推力増強装置等に関する論文), Turbines & Cooling, Instrumentation, Combustor Design, Materials, Vibration & Flutter, Cascade Flow および Compressor の10部門で一箇所の講堂で行なわれ、週の中間に半日の NAL (印度国立航空研究所) の見学が行なわれた。

今回の paper 数は予定が78編であったが、そのうちに取消しのももあり最終的には63編であった、内訳は表2のようである。このうち日本からの発表は 横井、永野、寛 による論文「Reduction of Strut Induced Rotor Blade Vi-

bration with the Modified Stator Setting Angle」について横井が発表し、第5 Section の「Turbines & Cooling」の co-chairman を寛が行った。

論文発表は、スライド又はオーバヘッドプロジェクターで行われた(発表15分討論5分)、発表論文の中のいくつかの論文の概要を以下に述べる。

開会式のあとに NASA Lewis Research Center の Director である Dr. Warner Stewart の「The Future of Aeronautical Propulsion」という題の Keynote Speech があった。内容は NASA CP-2092 (Aeropropulsion 1979 NASA) の抜すいのような講演で図等も全く同じものが数枚見られた。

▽ 「Investigation into the Vibration of the Starter Gearbox of an Aircraft Turbine Engine」。by P.D. McFadden, Aeronautical Research Laboratory, オーストラリア。航空機の始動用小型ガスタービンの Gearbox の破損に関する振動解析の報告である。破損の原因調査のための計測を運用中の数多くの航空機に対して行ない、Computer Graphic によりその共振周波数を見出したという実例。図1のような Computer Graphic が多く示されてい

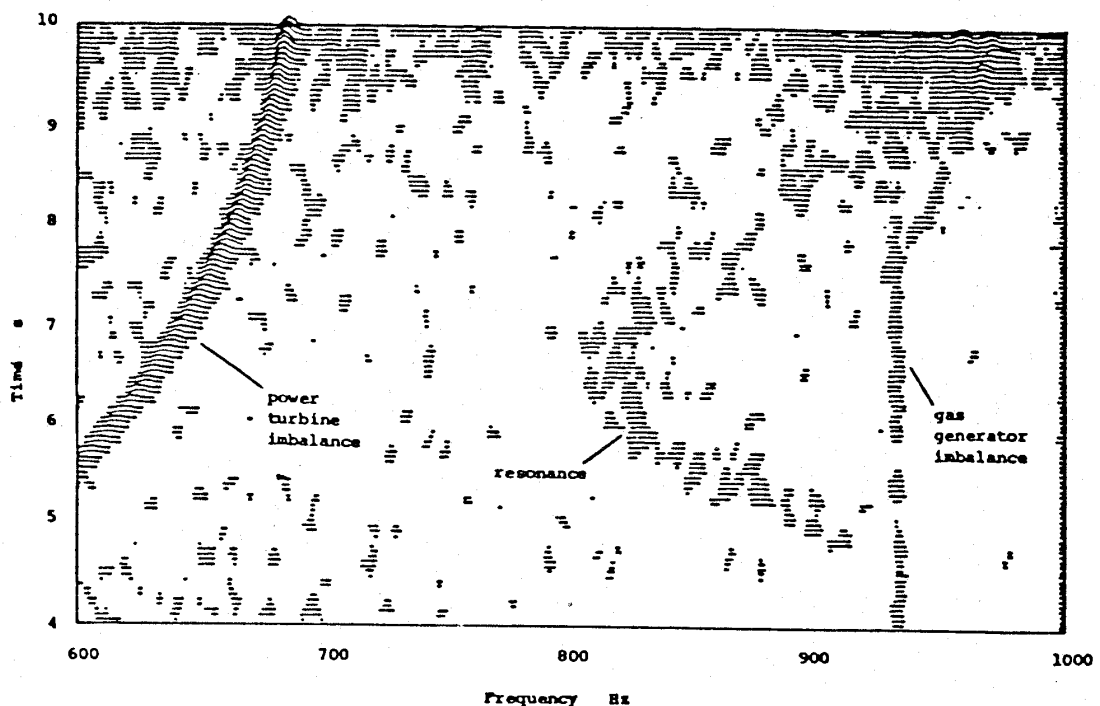


図1 欠陥のある Gear Box の共振を示したタイムスペクトラム マップ

る。

▽ “Technology Pay Off on the AV-8B”
by C. C. Cassmeyer, McDonnell Douglas
Corp., 米国。

AV-8A(英国製Harrier)の改良型である。
AV-8Bの改良点について述べている。その
改良箇所は

1. 排気ノズル：吹出しダクト型状を変える
ことにより図2のように噴出ジェットの影響
との干渉が良好となりスラストが200 lb
増大した。
2. 空気取入口：副空気取入口面積を $8.41 / 3.61 = 2.3$ 倍に拡げ、且つ空気取入口リップ
の内側形状を図2のように円形から楕円
形に変えることにより離陸時のスラストは
600 lb 増大し、全圧回復は0.9%向上し
た。

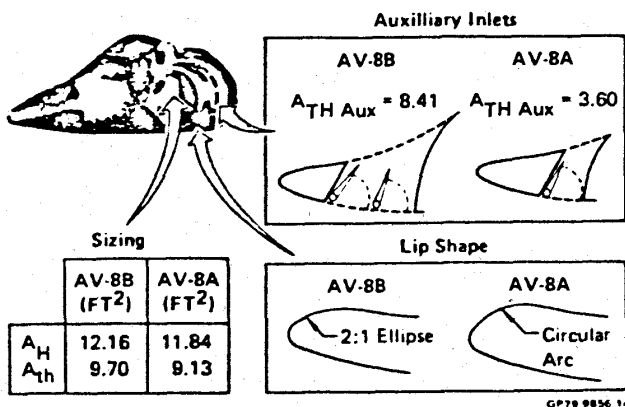


図2 空気取入口の改良

3. 翼型：Supercritical wing の使用に
より揚力と巡航時の効率が向上した。
この他 Composite 材料による重量軽減、排
気ノズルの方向と Wing Flap の改良による
STOL 性能向上、およびエンジン排気のリ
サーキュレーションを防ぐことによるスラ
スト増大等があげられている。

▽ “Comparison of Model and Flight
Testing with Respect to Hot Gas
Reingestion and Debris Ingestion dur-
ing Trust Reversal”。by W. Kurz,
Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH,
西独。着陸時のスラストリバーサルによるエ

ンジン排気的气体 Reingestion 状況を風洞試
験及び実際に滑走路上に色チョークを散布し
て排気部の再循環状態を撮影した映画により
示している。

▽ “Flow Field Studies of Dump
Combustors”。by R. S. Boray, Ramjet
Technology Branch, Wright-Patterson
AFB. 米国。新型ミサイルに使用されると云
われるロケット/ラムジェットの組み合さ
った系について、エンジン燃焼室内流れの様子
と燃料の分布状態(シュミレートとしてアル
ゴンガスを使用)を、燃焼していない冷い空
気を流して計測している。この種のエンジン
ではロケット推進室を燃焼完了後にラム燃焼
室として使用するため、フレイムホルダー
は使用出来ない。このため通路中のステップ
形状により良い保炎のためのスワールを作
ることが必要となる。この流れ中のスワールの
状況の変化をステップの大きさをパラメータ
として実験している。

▽ “Aerodynamic Calculation of Tur-
bine Stator Cascades with Curvilinear
Leaned Blades and Some Experimental
Results”。by Zhong-chi Wang, ハルピ
ン工業大学, 中国。スパンの長いタービンノ
ズルの場合タービン翼の回転方向への翼の傾
斜が半径方向流速分布に与える影響を計算し
ている。特に hub, tip の壁付近の翼に傾斜を
与えると、壁際のエネルギーの少ない流れを
中央流れに吹込む効果が生じ、半径方向に均
一な流れとなり効率が向上すると計算・実験
の両面から述べている。

今回は中国からの参加論文は8件あり、そ
のうち4件(この論文も含めて)がNACA から
中国に戻ったWu博士の理論に関連したもの
であった。

▽ “A Digital Technique For the A-
nalysis of the Response of Com-
pressor/Duct Systems In Unsteady
Flow” by R. E. Peacock, 英国Cranfield
Institute of Technology の教授で現在
The Naval Postgraduate School の vis-
iting Professor, 米国。圧縮機とダクトの

複合系についてその空気取入口の空気流れに、扇状の16個のスロットを持った回転板を用いて脈動を与え、圧縮機入口、出口における圧力変動との相互相関及び自己相関又パワースペクトルを電算機のデジタル解析を用いて表している。この解析によりディストーションに対する圧縮機系の対応の様子(旋回失速のセル数、波の反射、伝達の状況)が明らかになると述べている。この論文は計測およびデジタル解析の方法の説明が主であり Instrumentation の session で発表された。

- ▽ “Two Advanced Measuring Techniques For the Determination of Rotor Tip Clearance During Transient Operation” by Hartwig Knoell, Motoren- und Turbinen-Union GmbH, 西独。圧縮機の tip clearance の計算について、(1) Electromechanical Gauge (EMAG) 接触式の方法と(2) Coulomb Probe のキャパシタンス型方法の比較を8段軸流圧縮機の実験結果により述べている。この論文では回転 set 後約1時間たたないとクリアランスは一定にならないこと、また両者の計測方法では約0.05mm クリアランス値が異なっていたことを実験結果により示しているのが注意を引いた。

以上の他にも圧縮機関係では、米国 Cincinnati 大学の Tabakoff 教授は「軸流圧縮機がガスと粒子(165ミクロン平均径)の混合流れ中で作動する時の性能の変化」について話され、同じく米国 Stevens 工科大学の Sisto 教授から「回転翼に対する Gyroscopic Force の影響」についての発表があった。

米国の Penn. State 大学の Lakshminarayana 教授はこのバンガロールの出身であるそうで、その「ターボ機械の静翼および動翼に関する乱流境界層についての解析」の講演では多くの若い印度人研究者が会場にあふれ、郷土の大先輩の話を熱心に聞き入っているのが印象的であった。

3. あとがき

実際に印度の町の様子や、研究施設を見たり、そこで話を聞いたりした限りでは矢張り工業に関して我国にくらべて人材の点、設備の点で違いのあることが感じられた。

日本の工業繁栄の大きな理由として教育程度の高いことがよく上げられるが、印度に来て感じたことはそれ以外に、目的意識の有無と、企業に対する Loyalty の有無、が大きく影響しているように思われる。

印度は国営の工場が多いようでやや社会主義体制に似た所がある、安くて良いものを作ることは良いことであり、それが個人の利益にフィードバックして来るという意識が育ち難く、このことが末端までの目的意識の徹底をさまたげているようである。

また、長かった英国植民地時代の影響からか、西欧的な個人本位の色彩が強い。日本人だけの特殊事情でもあろうが、企業に対する Loyalty から、細かく責任の範囲を規定されなくても“以心伝心”ということで、仕事がスムーズに進んで行くというようなことは、仏教の発生の地ではあるが、まずないようである。このあたりの考え方の差に、バンガロール市周辺の工場に技術指導にきている多くの日本人技術者の皆さんの苦勞があると思われる。

しかしこれから益々海外技術協力の仕事は、増し重要になってくることであろうし、このことはむずかしい問題である。

だが、いずれにしろ、印度には四千年来のインダス文明の歴史があり、それを受けついで“おおらかな気質”の人々が一部のリーダーに引張られて近代工業化への道を切り開いているのが現在の印度の姿であると思う。

第26回ASMEガスタービン国際会議と展示会

1981年3月8日～12日

テキサス州, ヒューストン

富士電機 河田 修

恒例の事として技術プログラム、展示会ともに際立って特筆すべきことは無く諸事円滑にとり行われ、先づは成功裏に終わったと言えるであろう。

以下筆者自身の見聞と大会に参加された方々から得た情報を元にヒューストン大会の模様をお伝えしたい、旅人のお土産話としてお気軽に読み流して頂けたらと思う。

1. 技術プログラム

発表される論文数は年々数を増すばかりで今回はペーパー数220、口頭発表も含めて約260に及んだ。83のセッションのうち15はパネルセッション、更に12日には特別シンポジウムとして午前・午後を通して13人の講演者が出る「ANSI B-133 ガスタービン購入仕様書規格」についてのプレゼンテーションがあった。第1表はカテゴリ別、国籍別にこれらを整理したもので大まかな傾向を見る事が出来よう、但し国別の分類がどれ程意味があるのか疑問もある、例えばGT 201「パラボラ皿状コレクタを有する小形ガスタービン」と題するものは西独、スイス、エジプトの合作であって今後益々この種の国際または学際的研究活動が盛んになると予測されるからである。

とは言え今回はトップの米国170編、2位英国20編に次いで中華人民共和国が14編(トランズ・アクション掲載予定2編)を出しているのが注目される、その半数7編がカテゴリ⑩ターボ機械に属し内容的には以前NACA時代に活躍著しかった内部流体力学の偉大な理論家 Wu Chung-Hua の影響を覗く知ることが出来る。特にGT166, GT120は正統的かつ高度のものと思われる、然し全てが

質の高い論文と言う訳でもなく実験の中間報告的なものもあった。本文の末尾に Paper No. とカテゴリ番号を表示したので御関心のあるむきは、原文を参照願いたい。

我が国からの発表は9編(口頭1編)であった、同じく末尾のリストを参照頂きたい。

我が国の大型プロジェクト、ムーンライト計画の重点のひとつである「高効率ガスタービン」に関する竹矢と森の講演は発電用セッション41と17で行われ多数の聴衆を集めた。米国に於ても似たような再熱ガスタービン複合サイクルの提案があり1979年サンディエゴ大会で初めて紹介されたが、今回も提唱者 Rice (元 ASME, GT-DIV 会長) は「ドン・キホーテの風車との斗い」をモチーフとしテレコ伴奏付きの絵物語のスライドを混えて、HTTTと称する彼等のプランのその後の展開を語り、再熱と蒸気冷却の併用によりTIT2600°Fで、57.3%の効率に達し得ると訴えた。著名なE³エンジンを再熱式に改造するというこの案は残念ながら(或は幸にして)未だペーパープランに留まっている。

発電用大型ガスタービンの開発動向についてのセッション64に於てGEからMS9001-E, WHから501D(60Hz 100 MW級)の紹介があったが、UTC/EPRIの共同発表 GT127は従来余り知られていなかった西独KWUの大型機が著しく優れたベースロード運転実績を記録していることを挙げ、その要因は主として別置式(Off-board)セラミック・タイル内張燃焼筒を有する燃焼室にあると指摘、UTC/KWU共同開発中のUT200(60Hz 120 MW 単独効率34%複合効率49%)に近い将来ベースロード発電用高信頼性大型ガスタービンと

(昭和56年5月14日原稿受付)

して出現するであろうと述べ関係者の注目を集めた。

毎度の事であるが膨大なセッション全体を総括することは不可能である。然しパネルセッションのテーマを眺めるだけでも或る程度どの分野で如何なる問題に興味が集まっているのか判ると思われるので紹介しておく。

① 航 空

S-78「ユニークな推進用タービン機関サイクル」

② セラミクス

S-70「欧州の車輛用GT開発計画におけるセラミクス」

S-79「現用GTへのセラミクスと高温材料のインテグレーション」

③ 密閉サイクル

S-37「使用者向きの考察」

④ 石炭利用

S-27「提案中のIGCC(Integrated Gasification Combined Cycle)プラントの近況」

⑤ 燃焼と燃料

S-72「ガスタービンに対する沈析付着物の影響」

⑥ 制 御

S-29「パイプライン及びプロセス 応用 に対する

電子式制御」

⑦ 教 育

S-40「運転員の訓練……欧州の視点より」

⑧ 発 電

S-51「信頼性(Reliability)」

⑫ パイプライン

S-29:⑥との合同パネル

S-73「コンプレッサステーションの諸問題: 事故, 設計と改善手段」

⑬ プロセス

S-29:⑥との合同パネル

S-54「信頼性/保全/運用利用率」

⑭ 構造・力学

S-67「応力…寿命への影響と腐食の重要性」

⑮ 技術と資源

S-56「“新”エネルギー源の利用: シュール, 風力, 石炭, 太陽, 低落差水力」

⑰ 車 輦

S-45「何故, 車輛用ガスタービンなのか?」

註: 丸印番号は第1表のカテゴリ番号。

パネルの欠点は同席しない者には詳しい情報が伝わらないことである(或は利点か?), 然し年々パネルが盛んになる傾向が見られる, 私見であるがパネルの特色である情報の新鮮さは詳密さに欠ける難点を補って余りがあり陽気で堅苦しさの嫌

表 1. カテゴリ別, 国別にみた発表件数

| | CATEGORY | Σ | US | UK | PRC | WG | CAN | JPN | FR | SWZ | BGM | NL | SWD | OTHERS | PANEL |
|---|---|--|-----|----|-----|----|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|------------|-------|
| ① | AIRCRAFT | 26 | 22 | 1 | 2 | | 1 | | | | | | | | 1 |
| ② | CERAMICS | 7 | 7 | | | | | | | | | | | | 2 |
| ③ | CLOSED CYCLE | 26 | 10 | | | 7 | | | 2 | 5 | | | | IRAN・ITARY | 1 |
| ④ | COAL UTILIZATION | 14 | 13 | | | | | | | | | | | TURKY© | 1 |
| ⑤ | COMBUSTION + FUEL | 33 | 25 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | 2 | | 1 |
| ⑥ | CONTROLS | 4 | | 4 | | | | | | | | | | | 1 |
| ⑦ | EDUCATION | 5 | 4 | | | | | | | | | | | AUSTRALIA | 1 |
| ⑧ | ELECTRIC UTILITY | 14 | 11 | 1 | | | | 2 | | | | | | | 1 |
| ⑨ | HEAT TRANSFER | 13 | 10 | 1 | | | | 2 | | | | | | | |
| ⑩ | MANUFACT.+MATERIALS | 7 | 6 | | | 1 | | | | | | | | | |
| ⑪ | MARINE | 7 | 4 | 1 | 1 | | | 1 | | | | | | | |
| ⑫ | PIPELINE | 15 | 6 | 4 | | | 4 | | | | | 1 | | | 1 |
| ⑬ | PROCESS INDUSTRY | 6 | 3 | | | | | | | | | 2 | | KUWAIT | 2 |
| ⑭ | STRUCTUR.+DYNAMICS | 28 | 21 | 1 | 3 | 1 | 1 | | 1 | | | | | | 1 |
| ⑮ | TECHNO./RESOURCES | : PANEL --- SHALE, WIND, COAL, SOLAR, LOW-HEAD HYDRO | | | | | | | | | | | | | 1 |
| ⑯ | TURBOMACHINERY | 42 | 21 | 5 | 7 | 1 | 2 | | 2 | | 3 | | | GREECE | |
| ⑰ | VEHICULAR | 11 | 7 | | | | 1 | 3 | | | | | | | 1 |
| ⑱ | SPECIAL SYMPOSIUM: ANSI B-133 GAS TURBINE PROCURMENT STANDARD | | | | | | | | | | | | | | |
| | Σ | 258 | 170 | 20 | 14 | 11 | 10 | 9 | 5 | 5 | 3 | 3 | 2 | 6 | 15 |

いな米国人気質に合っているからだろうと思う。

国際会議の価値は、既知または未知の同好の士と親密を計り、ナマの情報交換と討論が出来ることにあるので厳密さや完結性にこだわる必要は無いのではないかと考える。真に重大な論争の場合は別に設けられて然るべきだと思う。

2. 展 示 会

読者の中には1971年10月東京の科学技術館で開催された我が国最初のカスタービン国際会議と製品展示会のことを記憶して居られる方も多いと思う、以後10年を経る間に筆者は幸い1973年のワシントンおよび1979年のサンディエゴを視察する機会を得たが今回の展示会はそれ等に較べて質素であったとの第一印象を持った。製造業の王者GMさえも赤字に追い込まれるという米国産業経済の現実が厳しく反影しているのかも知れぬ。

出展社数125と盛況ではあったが常連のSOLAR TURBINESが居らず、最大のGEの展示も嵩高い重量物は出品されていない。展示ホールは2箇所あって約360単位(10呎平方)のブーススペースが用意されたが埋まったのは300単位以下で東ホールのみで事足り、端の方には空間がチラホラ見えるという状況であった。

それでも奥行約110m幅約55m高さ約11mの大



写真1. 展示会場アルバート・トーマス・コンヴェンション・センター正面玄関前の大看板。
背景はヒューストンのビジネス街にそびえ立つウェスタン・ユニオン・ビル

ホールに展開した色彩豊かで個性的な各社の展示はさすがに壮観で、筆者の如き Gasturbunist にとっては心ときめく思いであった。(写真2)

規模と物量に於ては質素ではあるが展示の内容には細かい工夫の跡が見られるものが多かったように思う。日本のカスタービンメーカーとして唯一社 IHI が4単位のブースを好位置に構え、筆者などは厚かましくも溜り場に利用させて頂いたりして大変心強かった、誌上を借りて御礼申し上げる。1853年創業の伝統をアピールし2基の1M5000 を搭載して遥々大洋を渡ってバングラデシュに送り込まれたバルジ発電プラントを主テーマとした、木質を基調にした直線的なデザインのこのブースは好評であった。(写真3)

業界のリーディングカンパニーGEは、最大面積を占め、象牙色をベースに黒のアクセントを効

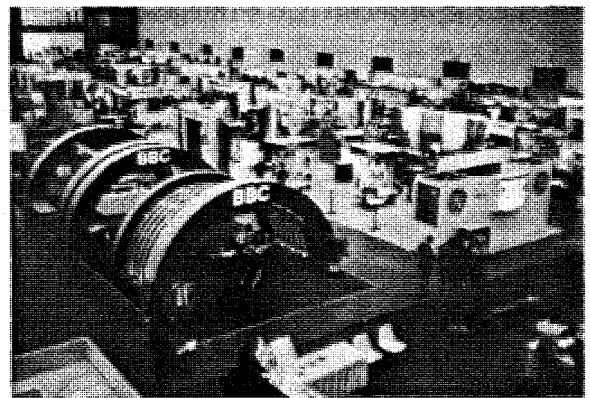


写真2. 展示会場フロアの景観、手前左は個性的で重厚なBBCのブース、中央の白っぽい広い部分がGEのブース、黒のアクセントが開放的な空間を引締めている。



写真3. 「日本代表」IHI のブース

かせた開放的な構造のブースに、簡素ながら多角的な展示物を配していた。以前はヘヴィ型と航空転用型とが別々に展示を競ったものであるが、今回はそのようなことが無くソフトムードであった。

GEの隣りに陣どったBBCの展示場は10単位1ブロックに濃いペルシャブルーのカーペットを敷き詰め、その上一杯に光沢のある黒の太いアーチを並べてガスタービンを象徴する構成になっており、その黒地に白で鮮やかに社章が浮上るデザインは異彩を放っていた。内部は彩色光ではの暗く照明されており落付いた雰囲気が漂い先輩の風格を具えた印象的なディスプレイであると感じた。

会場入口附近取っ掛け右手に位置した Westinghouse のブースは同社のカラーである青を基調とし赤地のパネルを配してコントラストを強調する展示法を採り、賑やかで挑戦的なムードで前2社



写真4. 西部スタイルのゲートに近いウェスティングハウスの展示場、左の木製の車輪は本物

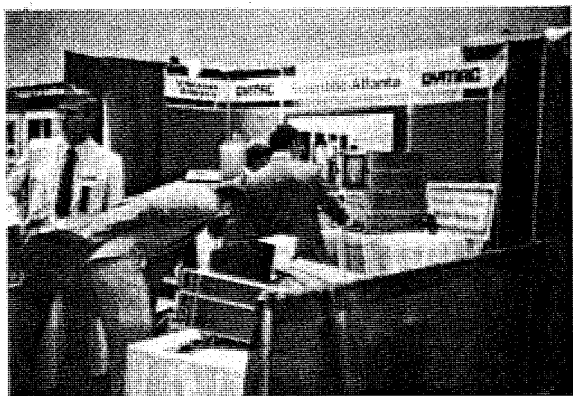


写真5. 過熱気味な振動解析モニタリングシステム業界のひと小間

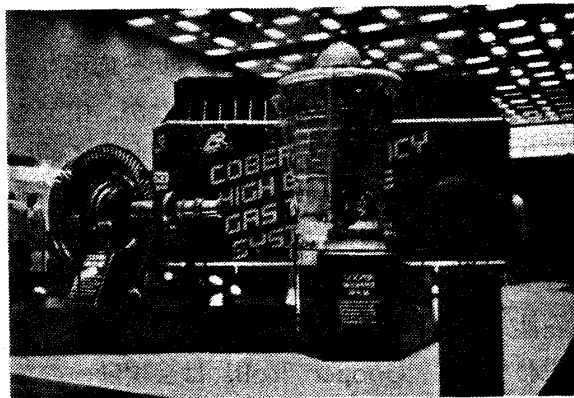


写真6. 実にアメリカらしいピカピカなターボロールスのディスプレイ



写真7. UTICA & HEINZのブース、女性腹話術師と2人のコンパニオン

とは対照的であった。(写真4) 同社が Engelhard 社と共同で開発中の触媒式燃焼器の実寸模型が陳列してあり興味をひいたが、説明者の口は堅くて公知の事しか聞けなかった。

数年前から損傷したタービンブレードや燃焼器内筒を新品同様に修繕する技術が現われて主として材料・部品メーカーが拡販に当たっていたが、広くユーザーの認知を得て来たものと見えて今回の展示会ではGEを初め大手が積極的にPRに乗り出しているのが目についた。

大手3社がそうであるように Curtis Wright 他のも石炭がらみの開発活動を誇示する模型やパネルは、各ガスタービンメーカーの企業イメージ作戦的であったサンディエゴ大会の時と較べて現実味を強めていると見た。但し説明員の話はパネルの文章と違って慎重であった、偶然会場で出合ったSRIの Fred Weil も「本当の難しさはこれから段々に判

ってくるだろう」と語っていた。

今回もエレクトロニクス、レーザー応用などなど多数の中小ビジネスが軒を並べたが、中でも振動解析法機械診断システムが多数現われて競い合っているのが目についた。彼等の業界は技術進歩も早いが盛衰も激しいのではないかと思われ、熱心なやりとりが見受けられ活気がある。(写真5)

石油・天然ガス業界の繁栄に直結している為かと思われるが、Cooper Rolls は会場随一の華麗な展示を見せた。実物のRB211 ガス発生機を焦点に据え、黒ずくめのバックに黄や緑など優美な中間色の文字やマークが浮出して輝く、全体に光沢のあるディスプレイは如何にもアメリカらしいものであった。(写真6)

材料・コンポーネント関係の展示は概して穏健なものであったが、精鍛・精鑄の Utica & Heinz の展示場には若い女性の腹話術師が居り小供の人形を巧みに使って愛嬌を振りまき人気を呼んでいた。(写真7)

毎日展示が終了時刻を迎えると“Onward and Upward with Gas Turbine”のレコードが高らかに場内放送され、この歌がデビューした1971年東京大会の Banquet が懐しく回想されるのであった。

3. そ の 他

ショートコース：初日8日(日)に7種類の講義が行われた、題名のみ掲げておく。

- a. ガスタービン入門。半日
- b. コンパクト熱交換器。全日
- c. ブレードの設計、開発と実機での経験。全日
- d. 軸流ターボ機械の流体力学。全日
- e. ターボ機械のエロージョンと性能劣化。全日
- f. 航空ガスタービンの初期設計と設計点外特性の解析。全日

いづれも一流の大学教授、企業の実力者を講師に迎えて、ガスタービン分野への新入者からB.S.技術者内至マネジャー級に至る聴講者を期待するというもので受講料は日本の何々 세미나並である。

諸行事：ショッピング、ガルヴェストン 島見物(1日バス旅行)、美術館とファッションショー、テキサス・バーベキュー・パーティ、工場見学。

ヒューストン点描：著名なNASA宇宙センター、アストロドーム、ガレリア・ショッピング・モールなど

がある、全米第1のブームタウン。1日に何千人も人口が増え続けて居ると言われ、剛毅で素朴な然も陽気でノンビリというテキサス気質も急速に変ってきたと嘆く土地っ子も多い。

食べ物は豊富で安く衛生状態は良好だが、湿気多く暑い夏が続く由。施設は新しく快適だが街はヤタラと広くて自動車無しでは暮せない(夜はもちろん昼間でも特定の地区以外は歩いているものは極端に少い)という。(写真8)

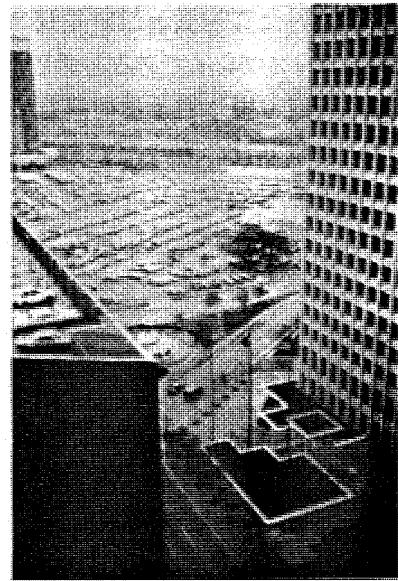


写真8. 市街中心部にあるヘイエット・リー・ジェンシー・ホテルの15階の窓から見た景観。広大で平坦な地勢と対照的な高層ビル、自動車なしではやって行けない間伸びした街作り(左端の屋上駐車場に注意)。ヒューストンらしい眺めである。

表 2. 中華人民共和国からの発表 (14 編)

| GT.No. | 著 者 | カテゴリー |
|--------|----------------------------|-------|
| 194 | : Li, Liu, Yang & Gu | ① |
| 209 | : Wei, Cong & Zhong | ① |
| 49 | : Xiong, Xuang & Wong | ⑤ |
| 143 | : Lu, Pan & Wu | ⑪ |
| 116 | : Weng, Ye & Lu | ⑭ |
| 118* | : Zhang & Huang | ⑭ |
| 215* | : Zhong, Zhou, Yang & Ren | ⑭ |
| 166* | : Chang | ⑯ |
| 120* | : Xu, Jiang, Yang, & Zhang | ⑯ |
| 36 | : Shen & Lin | ⑯ |
| 142 | : Wu | ⑯ |
| 159 | : Zhao, Sun & Li | ⑯ |
| 177 | : Chun, Wa & Wang | ⑯ |
| 128 | : Kuofang & Naiking | ⑯ |

註 *印はトランスアクション掲載予定。

×印は講演されず。

表 3. 日本からの発表 (9 編)

| GT.No. | 著 者 | カテゴリー |
|--------|----------------------------|-------|
| 28 | : 堀, 竹谷 (高研組) | ⑧ |
| 29 | : 森, 北島, 木村 (川重) | ⑧(⑤) |
| 37 | : 笠置, 平田, 隅田 (東大) | ⑨ |
| 38 | : 隅田, 平田, 笠置 (東大) | ⑨ |
| 50 | : 梶田, 北島, 木村 (川重) | ⑤ |
| 180 | : 森下 (トヨタ) | ⑰ |
| 196 | : 田辺, 青木 (石播) | ⑪ |
| 218 | : 竹内, 伊藤, 石田 (日産) | ⑰ |
| | : 西田, 落合, 小宮 (東芝) 佐藤 (トヨタ) | ⑰ |

事 務 局 だ よ り

紫陽花の花も色づきはじめ、今年も早くも6月に入りました。今、事務局では、6月5日の第9回定期講演会と、6月12日の三菱金属見学会の準備に追われています。(もっともこの学会誌が皆様のお手元に届く項には、すべて終わっていますので、少々ズレております。)

ここで裏方さんとしての苦心談を一つ。定期講演会やセミナーの場合、前刷集(資料集)を事前に印刷します。参加なさった方はご存じのように、事前登録というのがあって、開催日の何日か前まで(事前登録日までに)登録、送金して下さった方には前もって前刷集(資料集)をお送りすることになっています。その為、参加者がはつきりきまらない前に印刷屋さんにその部数を注文しなくてはなりません。事務局へいらした方はご存じと思いますが、6畳位のスペースに人間2人と机・本棚・キャビネットといった状態の所へこれまた本の在庫が増えたら私達は机の上にでも座らなければならない位なのです。ですからその部数を何部にするか、在庫は20冊位(この位あればあとで注文がきても充分間に合います)にするには、何部注文すればよいか、参加者が決まらないうちからその数を割り出さなくてはならないので大変です。余る場合は、(在庫が少し増える位なら)まだよいのですが、足りなくなったら一大事。ですから数を決める時は、過去の実績などを調べて注文することにしてあります。今回は数は充分足りていますので、いかに在庫を少なくするかつまり参加者をたくさん募るか思案中です。

数を決めるといえば、もう一つ定期講演会のあとの懇親会があります。この時期は、日本ガスタービン学会の発足の時と同じですので、その記念もかねて、例年講演会のあと立食形式で簡単なパーティを開きます。そのお料理の量が問題なのです。その年によって、参加者がまちまちで(数もさることながら、老若、年齢にも関係があるのです)ある時など30分もしないうちにテーブルの上のものがアッと思う間に消えてしまったのです。事務局としては大失敗でしたので、それからは少し多目に頼んでいるのですが、あまり余るのも困りますし、これまた悩みのタネです。

さてさて今年はどうなりますやら.....。[A]

表 2. 中華人民共和国からの発表 (14 編)

| GT.No | 著 者 | カテゴリー |
|-------|----------------------------|-------|
| 194 | : Li, Liu, Yang & Gu | ① |
| 209 | : Wei, Cong & Zhong | ① |
| 49 | : Xiong, Xuang & Wong | ⑤ |
| 143 | : Lu, Pan & Wu | ⑪ |
| 116 | : Weng, Ye & Lu | ⑭ |
| 118* | : Zhang & Huang | ⑭ |
| 215* | : Zhong, Zhou, Yang & Ren | ⑭ |
| 166* | : Chang | ⑯ |
| 120* | : Xu, Jiang, Yang, & Zhang | ⑯ |
| 36 | : Shen & Lin | ⑯ |
| 142 | : Wu | ⑯ |
| 159 | : Zhao, Sun & Li | ⑯ |
| 177 | : Chun, Wa & Wang | ⑯ |
| 128 | : Kuofang & Naiking | ⑯ |

註 *印はトランスアクション掲載予定。

×印は講演されず。

表 3. 日本からの発表 (9 編)

| GT.No | 著 者 | カテゴリー |
|-------|----------------------------|-------|
| 28 | : 堀, 竹谷 (高研組) | ⑧ |
| 29 | : 森, 北島, 木村 (川重) | ⑧(⑤) |
| 37 | : 笠置, 平田, 隅田 (東大) | ⑨ |
| 38 | : 隅田, 平田, 笠置 (東大) | ⑨ |
| 50 | : 梶田, 北島, 木村 (川重) | ⑤ |
| 180 | : 森下 (トヨタ) | ⑰ |
| 196 | : 田辺, 青木 (石播) | ⑪ |
| 218 | : 竹内, 伊藤, 石田 (日産) | ⑰ |
| | : 西田, 落合, 小宮 (東芝) 佐藤 (トヨタ) | ⑰ |

事 務 局 だ よ り

紫陽花の花も色づきはじめ、今年も早くも6月に入りました。今、事務局では、6月5日の第9回定期講演会と、6月12日の三菱金属見学会の準備に追われています。(もっともこの学会誌が皆様のお手元に届く項には、すべて終わっていますので、少々ズレております。)

ここで裏方さんとしての苦心談を一つ。定期講演会やセミナーの場合、前刷集(資料集)を事前に印刷します。参加なさった方はご存じのように、事前登録というのがあって、開催日の何日か前まで(事前登録日までに)登録、送金して下さった方には前もって前刷集(資料集)をお送りすることになっています。その為、参加者がはつきりきまらない前に印刷屋さんにその部数を注文しなくてはなりません。事務局へいらした方はご存じと思いますが、6畳位のスペースに人間2人と机・本棚・キャビネットといった状態の所へこれまた本の在庫が増えたら私達は机の上にでも座らなければならない位なのです。ですからその部数を何部にするか、在庫は20冊位(この位あればあとで注文がきても充分間に合うのです)にするには、何部注文すればよいか、参加者が決まらないうちからその数を割り出さなくてはならないので大変です。余る場合は、(在庫が少し増える位なら)まだよいのですが、足りなくなったら一大事。ですから数を決める時は、過去の実績などを調べて注文することにしていきます。今回は数は充分足りていますので、いかに在庫を少なくするかつまり参加者をたくさん募るか思案中です。

数を決めるといえば、もう一つ定期講演会のあとの懇親会があります。この時期は、日本ガスタービン学会の発足の時と同じですので、その記念もかねて、例年講演会のあと立食形式で簡単なパーティを開きます。そのお料理の量が問題なのです。その年によって、参加者がまちまちで(数もさることながら、老若、年齢にも関係があるのです)ある時など30分もしないうちにテーブルの上のものがアッと思う間に消えてしまったのです。事務局としては大失敗でしたので、それから少し多目に頼んでいるのですが、あまり余るのも困りますし、これまた悩みのタネです。

さてさて今年はどうなりますやら.....。[A]

スタンフォード大学留学記

1980-81 スタンフォード会議に出席して

東京理科大学工学部 本阿弥 真 治

6年前、米国Minneapolisで開催されたASME Fluid Engineering Meetingでの帰途、スタンフォード大学を訪問したことがある。それが縁となって、東京理科大学在外研究員として、1979年10月より1年間スタンフォード大学機械工学科J.P. Johnston教授のもとで研究する機会に恵まれた。

スタンフォード大学はサンフランシスコ空港より車で30分の距離に位置し、交通の便が良いことも手伝って、多くの方々が既に訪問されたことと思う。ここで改めて筆者の所属したThermoscience Divisionの内Heat Transfer & Turbulence Mechanics Group(以後HTTMと略す)における研究の概要を紹介し、更に1980年秋に当地で開催された1980-81スタンフォード会議⁽¹⁾の様相を織り混ぜながら当地での生活を振り返ってみたいと思う。

1. HTTMにおける研究

HTTMのスタッフは、工学部長のW.Kays, 学科主任のW.Roynolds, S.Kline, J. Johnston, R.Moffat, J.Ferziger, 名誉教授のA.London, 他NASAを引退したD.Chapman等多才な教授達により構成され、この他博士課程の学生は20名以上に及んでいる。

ここでの研究を進める上での特徴は、複数の教授と学生達によるグループ指導制を採っている点である。即ち、研究テーマが類似している学生と教授が5~6名集まり、毎週あるいは隔週毎に学生達の研究の進行状態をチェックする。筆者は三つの研究グループに所属し、それらのミーティングに参加し、各研究テーマの進め方、例えば実験装置の設計から測定方法、結果のまとめ方を直接知る機会を得た。

まず、JohnstonとMoffatの率いるCurved Flowグループでは、凸壁上の乱流境界層の構造、

熱伝達の解明に取り組んでいる⁽²⁾。次に、Kline, JohnstonそしてFerzigerによるSeparated Flowグループでは、ディフューザ内の流れの計測⁽³⁾、Transitory & Full Stall領域を包含するディフューザの性能予測計算の開発や離れ領域の境界層速度分布のパラメータ解析^{(4),(5)}、そして後方ステップ流れの流体計測^{(6),(7)}等の問題が扱われている。更に、Kline, JohnstonそしてMoffatによる流れの可視化グループでは、主に水の流路を用いて、凹壁上の境界層や後方ステップ流れを走行テレビで可視化する試みが行なわれている。

この他、3本あるいは4本の熱線による速度・温度の同時計測⁽⁸⁾、Large Eddy Simulation, 非定常境界層そしてエンジンの燃焼等のグループがある。

前記三グループのミーティングの雰囲気は、学生による研究報告というより、討論会に近いものであり、教授達は言うに及ばず、学生達も他の学生に対し自分の意見を活発に述べている。HTTMでは、ディフューザ・各種乱流境界層・ステップ後方流れ等基本的乱流問題を20年以上に亘って取り組んでおり、TR, MD, PD, HMTそしてIL等のレポートとしてデータの蓄積が行なわれている。従って、この種の問題に対する豊富な経験とそれに基づく洞察に支えられた意見・アドバイスが問題解決の重要な手がかりになることは想像に難くない。以上の他に、教授達によって収集されている豊富なそして最新の情報とそれに基づ因する大学外の研究動向が把握されているので、学生達にとってこれ程恵まれた環境はないと痛感した。

更に、ビジターによるセミナーが頻繁に開催され、セミナーの前後にビジターと教授・学生達の間非公式の討論も展開される。一般に、教授はお客様に対し丁重であり、特に会社等のスポンサーを遇する態度には驚かされた。筆者の滞在中もビ

(昭和56年4月20日原稿受付)

ジターが多く, Bradshaw, Morkovin, Sovran, Nagib等々, 枚挙にいと間がない程であった。

大学のそして更に細分化された研究室という封鎖的雰囲気閉籠りがちな私の置かれている状況と比較して, 大いに異なる点を深く感じた次第である。

2. 1980-81スタンフォード会議

この会議は, 1968スタンフォード会議の延長上に位置するものである。前回の会議では主に二次元乱流境界層データと計算コードの比較・検討が行なわれた⁽⁹⁾。その後, 乱流計算コードの多様化並びに進歩に伴ない, 計算結果をチェックする為の基本データの選択は, Computer (計算をする人) に委ねられているのが現状である。近年, 学会の発表時間が短くなり, 雑誌掲載頁数の制約から, Data Taker (測定者) は一部分の測定結果しか発表する機会がない。一方, 学会・雑誌の査読委員は, Computerによる計算コードのカードを逐一調べて, 計算方法の良し悪しを決定している訳ではない。従って, 多くの計算コードが発表されているにも拘わらず, この分野における研究者の間で, どの計算コードがどの様な流れの予測に有利かといった計算コードと流れの種類との適合性等に関する同意が得られないままである。

この様な状況から, 前回の会議より広範囲なそして複雑な乱流, 例えば, ショック/境界層相互作用, はく離流れと再付着流れ, 後流, ジェット, 三次元境界層, 円管やダクトの助走区間流れ等多くのFlowを対象とし, 以下に示す目標に向かって会議が計画・開催された。

(1) 乱流モデルの計算結果を比較する為の基本テストデータを選定し, その妥当性に対し同意に達すること。

(2) 選定されたデータを磁気テープにデータライブラリとして保管し, 誰でも入手可能な様にする。

(3) 基本テストデータと各計算法との比較。

組織委員会のメンバは以下の通りである。

S. Kline, Chairman

P. Bradshaw B. Cantwell

B. Launder E. Reshotko

M. Rubesin G. Sovran

・ 1981年の評価委員会メンバは,

E. Emmons, Chairman

D. Chapman P. Hill

D. Lilley M. Morkovin

W. Reynolds P. Roache

である。

上記(1)の基本テストデータを選定するため, 1979年7月に, 各Flowに対し, 1~2名のData Evaluatorが組織委員会より任命され, Data Evaluatorは79年10月までにPreliminaryレポートを作成し, 各Flowの選考基準を設け, それに沿って, 従来発表された論文の中から第一次のテストデータを選ぶ。その結果, 選ばれたデータの著者に対し, 実験データの提出を求め, 詳細に検討し, 80年7月までに基本テストデータの選考を終え, 最終レポートを組織委員会に提出する。そして, 1980年9月の会議参加者全員の前で, Data Evaluatorが, 基本テストデータの選考経過を報告し, 夜間の小人数のセッションでは, セッションの議長が, 昼間参加者から出た質問・意見を調整する。そこで会議期間終了までに, すべてのFlowについて参加者全員の同意が得られる仕組みになっている。尚, 各Flowには複数のReviewメンバが配され, 選考過程に彼らの意見が反映されるので, 選考結果にフィードバックが掛けられる。

(2)の項目に関し, 各Evaluatorが選んだ基本テストデータをライブラリに納める作業は, 航空宇宙工学科のB. Cantwellが責任者となって進められた。実際の作業は, 大学院生が担当し, 会議後も引続き行なわれ, 完成した磁気テープは, 米国COSMICあるいはドイツのDFVERに保管され, 一組100ドル以下で入手可能となっている。

この様にして, 1980年9月3日~6日の4日間, スタンフォード大学キャンパス内で上記(1)(2)に関するWork Shopが開催され, 出席者は約200名近くに達した。日本からは, 九大の妹尾先生, 琉球大の宮里・伊良部先生そして公害研の上田氏が出席された。会議の詳細については, データ・計算と2部に分けて発行される本を参照されたい。尚, 1981年9月14日~18日に前記(3)の項目について会議が開催される予定である。

筆者にとり, T. Simon (ミネソタ大学助教授) と共に, Flow 0230 "Boundary Layers with

Streamline Curvature”のData Evaluation⁽¹⁰⁾に加わり、この他、選考結果をチャートにする仕事を手伝い、会議の進行状態を直接知ることが出来たことは、大変有意義であった。

Klineは、殆んどすべての仕事に目を光らせ、休暇もなく、担当秘書達に次々と指示を与え、8月中旬にはUniv. of SouthamptonのLilleyも準備の為に到着し、舞台裏は大忙しの状態であった。兎角、参加者に配布する資料も600頁に達する膨大なものとなり、原稿のチェック、タイプそして印刷屋への往復と会議直前まで秘書達の“One more week!”と呟く姿が印象的であった。

勝手の解らぬまま一年間はあっという間に過ぎ去ってしまったが、Johnston教授始めHTTMの方々の暖かいHospitalityと、J.Gillisを含む学生諸君との洗いざらしのジーンズのような素朴な交流は、筆者の心に永く留まることであろう。

(文中敬称略)

参考文献

- (1) 正式名称 1980-81 AFOSR-HTTM-Stanford Conference on Complex Turbulent Flows: Comparison of Computation and Experiment.
- (2) Gillis, J.C., ほか3名, Stanford Univ., Thermoscience Division HMT-31, 1980
- (3) Ashiaee, J. & Johnston, J.P., Trans. ASME, Ser. I, 102(1980-9), 275.
- (4) Bardina, J. G. & Lyrio, A, private communication
- (5) Honami, S. & Johnston, J.P., Stanford Univ., Thermoscience Division IL-26, 1980.
- (6) Eaton, J.K. ほか2名, Proceedings of the Second Symposium on Turbulent Shear Flows, London, 1979.
- (7) Westphal, R.V., private communication
- (8) Frota, M.N. & Moffat, R.J., Stanford Univ. Thermoscience Division IL-22, 1980
- (9) Kline, S.J. ほか3名, Computation of Turbulent Boundary Layers-1968 AFOSR-IFP-Stanford Conference.
- (10) Simon, T.W. & Honami, S., Final Evaluation Report on Incompressible Flow Entry Test Cases having Boundary Layers with Streamline Wall Curvature, (1980-7).



新製品紹介

超小型ターボチャージャシリーズ

三菱重工機相模原製作所設計部 岡崎 洋一郎

1. まえがき

近年の自動車のターボ化（過給化）は省エネルギーなどの波にのってめざましく、とくに国内では昭和54年末から量産車への採用が開始されて以来、ターボ化の比率は刻々と高まりつつある。

従来ターボチャージャは船用、建設機械、産業用およびトラックなど中、大形ディーゼルエンジン向けとして発展してきたものであり、自動車に適用する場合、従来よりも小形エンジンが対象となり、しかも大部分がガソリンエンジンである点でターボチャージャ側の技術的対応が要求されてくる。このような状況に対し、三菱重工業（株）では長年製造してきた中、大形ディーゼルエンジン用ターボチャージャに加えて、昭和52年秋にTC05、06の2機種を開発し、2000CCクラス以上の自動車への対応を図り、現在では量産に移行している。そしてより小形の自動車用ターボという市場の要求に応じて、この度TC03、04の超小形2機種を開発し、発売した。

本稿ではシリーズ化が完成したこれら超小形ターボチャージャのラインアップについて、その開発のねらい、主要諸元、構造、性能などについて紹介する。

2. 開発のねらい

シリーズの開発に当っては小形エンジン向けであることに加えて、とくに自動車用ガソリンエンジンに使用できることに重点をおいた。自動車用の場合、ターボチャージャに要求されることを整理してみると次のようになるが、これらに対し個々に検討を重ね、設計がなされた。

(1) 軽量でコンパクトなこと。

- (2) 高性能、とくに作動範囲が広いこと。
- (3) 回転部慣性モーメントが小さいこと。
- (4) 900℃以上の高温ガスに耐えること。
- (5) 吸入負圧がかかっても油もれのないこと。
- (6) 低騒音であること。
- (7) ウェストゲートなど付属機器が必要。

上記各項目に応えた上で、従来以上の高信頼性を要求されることは言うまでもない。

ラインアップの各ターボの容量を決定したのは図1に示すように、エンジンの仕様に対してそのエ

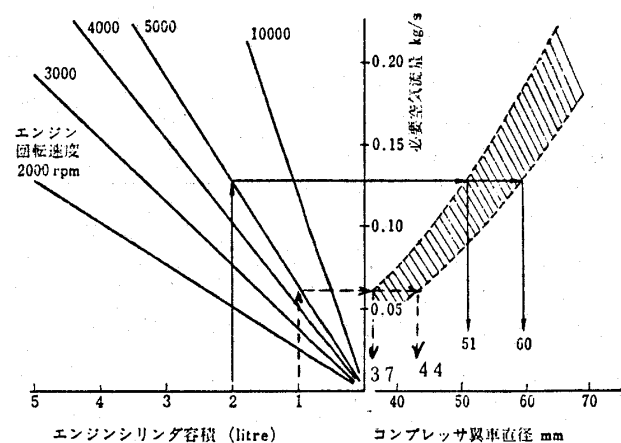


図1 エンジン仕様と適合ターボチャージャ

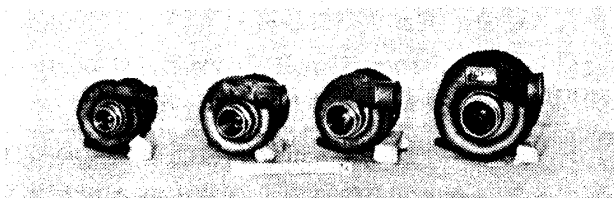
ンジンの要求空気量から空力的に必要な翼車の直径を求め、慣性モーメントなども考慮して決定した。例えばTC05の場合、2000CCクラスに適合させることとし、図1より51～60mmの翼車が必要である。同様に1000CCクラスをねらうTC03の場合の翼車は37～44mmとなる。このように1000、1500、2000、2600CCのエンジンにそれぞれ適合できるようTC03、04、05、06の翼車直径を決定

(昭和56年5月7日原稿受付)

した。

3. 主要諸元

図2に各機種の外観を、表1に主要諸元を示した。TC03の最高許容回転速度は21万rpm



TC03 TC04 TC05 TC06

図2 超小型ターボチャージャ シリーズ

表1 主要諸元

| 項 目 | TC03 | TC04 | TC05 | TC06 |
|---------------|--------|--------|--------|--------|
| 最高回転速度 rpm | 210000 | 190000 | 160000 | 130000 |
| 最高圧力比 | 2.6 | 2.7 | 2.9 | 3.0 |
| 許容ガス温度 ℃ | 900 | 900 | 900 | 900 |
| 重 量 Kg | 3.0 | 3.5 | 4.0 | 5.0 |
| 直 径 mm | 109 | 118 | 122 | 132 |
| 全 長 mm | 139 | 155 | 154 | 160 |

で、TC06は16万rpmである。最高許容ガス温度はいずれの機種も900℃であり、ガソリンエンジンの高温排気ガスにも耐え得ようになっている。エンジンとのマッチングをとるためのタービン仕様は各機種5種類の面積のタービンケーシングが用意されている。コンプレッサの仕様はその容量別に各機種3種類用意されている。

4. 構 造

4-1 構造上の特長 構造設計においては高い信頼性を確保することを第一とし、小形化、生産性に十分な配慮をした。

(1) 生産性の向上とサービスの容易化から共通フレーム方式とした。すなわち、コンプレッサとタービンの翼車、ケーシングを除いてその他の部品はTC03と04、05と06でそれぞれ共通とした。

(2) 図3に示すように1台分の部品点数を極力

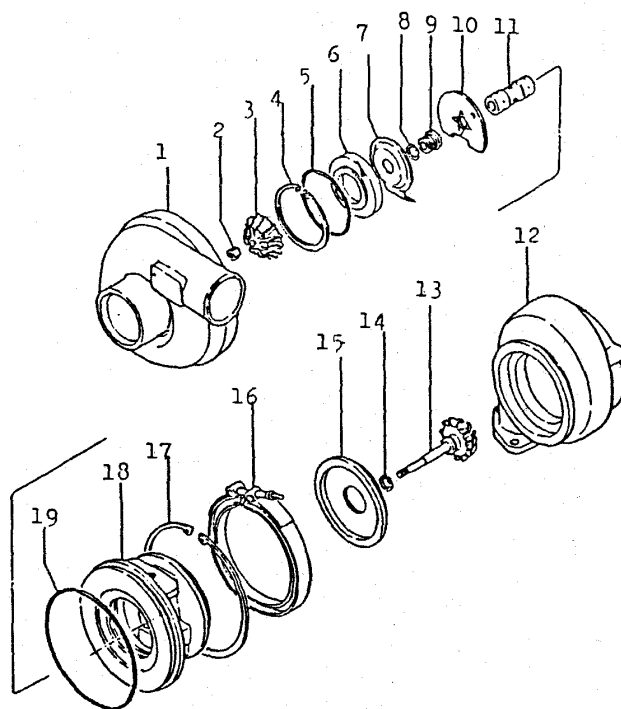


図3 1台分 部品

減らし、各機種とも19点の部品から構成され、極めて簡単な構造とした。

(3) ターボチャージャの直径を可能な限り小さく、全長を短かくし、コンパクトにまとめることに留意した。

4-2 構造の概要 各機種の構造は同一の構成となっている。例としてTC05の断面図を図4に示す。

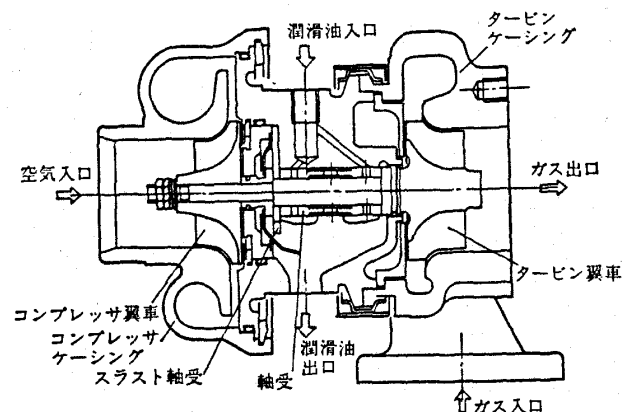
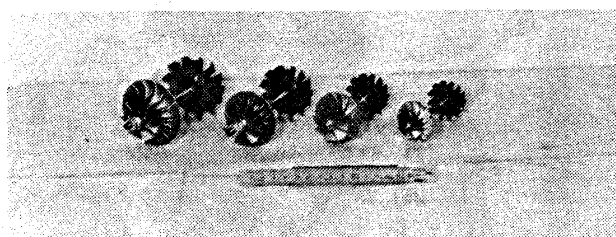


図4 TC05形ターボチャージャ断面図

タービンはノズルレス方式のラジアルタービンを採用し、タービン翼車は超耐熱合金の一体精密

铸造品である。シャフトとの結合は電子ビーム溶接によっている。タービンケーシングはノズルレス式のためスクロール部の面積 (A/R) で容量を選択できる。ケーシング材料は高温ガスに耐え得るよう、ダクタイル鋳鉄、ニレジスト鋳鉄が目的に応じて使い分けられる。

コンプレッサはアルミ合金の一体精密铸造品の翼車とケーシングおよび羽根なしディフューザ部で構成されている。各機種のタービン、コンプレッサ翼車を図5に示す。



TC06 TC05 TC04 TC03

図5 各機種 翼車

ジャーナル軸受は1ピースの完全浮動式軸受でブッシュ形軸受の両側にジャーナル部が内外径ともに形成され、かつその両端面はコンプレッサ側へ働くスラスト力を受ける機能も有している。タービン側へのスラスト力を受けるため別にスラスト軸受が設けられている。軸受部への給油は潤滑と冷却の目的で強制潤滑法を採用しており、エンジンからターボチャージャへの給油の所要油圧は $2 \sim 5 \text{ Kg/cm}^2$ である。

コンプレッサ側、タービン側に設けられている潤滑油シールは一般にピストンリング式のシールが採用されているが、キャブレタ付ガソリンエンジンに使用される場合のように吸入負圧が 600 mmHg にも達する用途では、コンプレッサ側にカーボンのメカニカルシールが用意されている。

ガソリンエンジンの場合必要なウエストゲート（排気バイパス装置）付も各機種とも用意されている。ウエストゲートはタービンケーシングに設けられた排気バイパス通路、バルブ、リンク機構および作動圧力を検出するアクチュエータから構成されている。図6にTC05のウエストゲート付の例を示す。

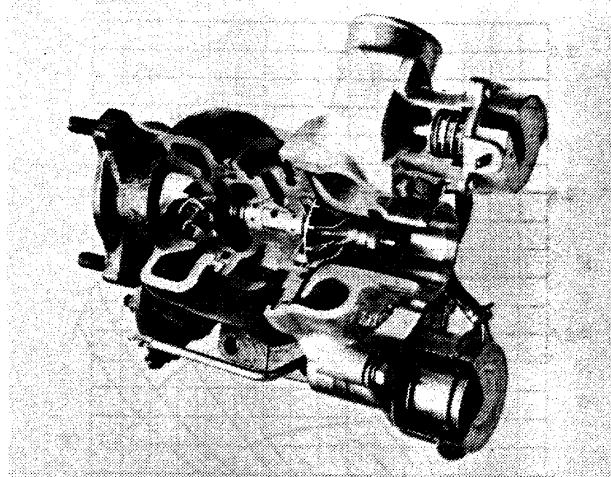


図6 TC05 ウェストゲート付ターボチャージャ

5. 性能

TC03～06の各機種の性能は超小形であるにもかかわらず、高効率、大流量化が達成されている。これは従来から脱皮した空力設計と、多くのテストのくり返しによって得られた結果である。

また、各機種のコンプレッサ、タービンはできるだけ相似設計の手法を取り入れ、設計の効率化とテストの効率化を図っている。

5-1 コンプレッサ性能 高回転で、作動範囲の広い小形エンジンに使用できるコンプレッサとするために、バックワード翼、ベーンレスディフューザを採用し、インデューサとディフューザ部のマッチングに留意した。またコンプレッサケーシングのスクロール部もできるだけ外径を小さくしたまま高性能を得られるよう注意を払った。

その結果、超小形であるにもかかわらずTC03で70%以上の優れた性能が得られている。図7にTC05のコンプレッサ性能例を示す。

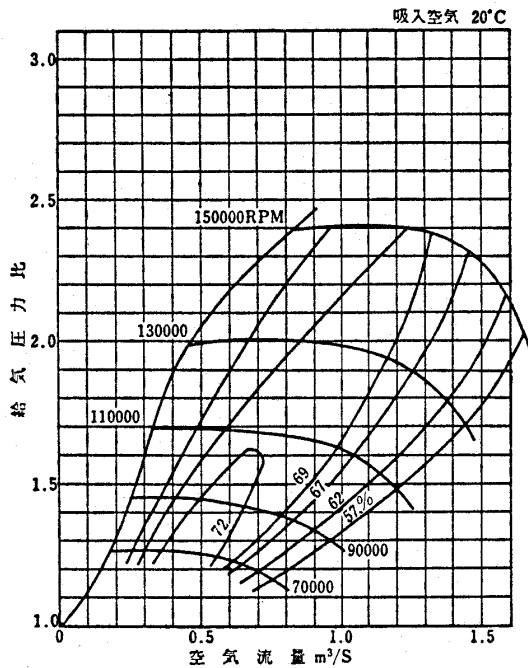


図7 コンプレッサ性能曲線例

5-2 タービン性能 タービンの設計の重点は高効率と大流量化においた。そのためにタービン翼車の翼形状、エキスデューサ部の設計に留意すると同時に、コンプレッサとのマッチングを適切に選択してタービンが高効率で作動できるよう翼車の直径を決定した。図8にTC05, 06のタービン効率をタービン絞り面積に対して示した。76%というタービン効率はこのクラスのタービンとしては驚異的な値である。

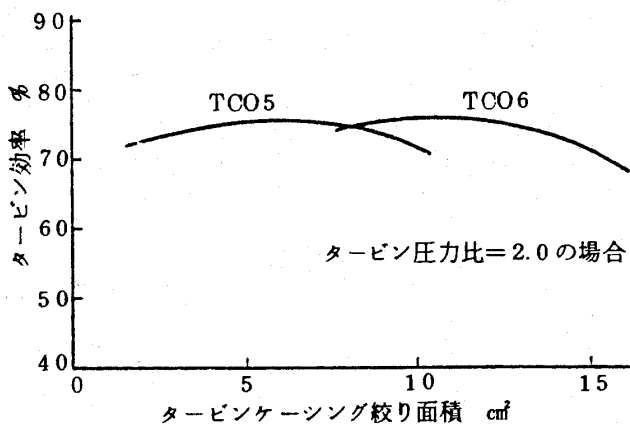


図8 TC05, TC06形ターボチャージャータービン性能

5-3 エンジンへの適用例 TC05, 0

6は発売して3年余、多くのエンジンに使用され実績を上げている。図9に自動車への適用例として2000CCガソリンエンジンの外観写真を示す。自動車だけでなく、農用トラクタ、小形建設機械、船用など小形ディーゼルエンジンへの搭載例も多い。この度発売したTC03, 04もまた同様に各方面でエンジンテストに供されている。

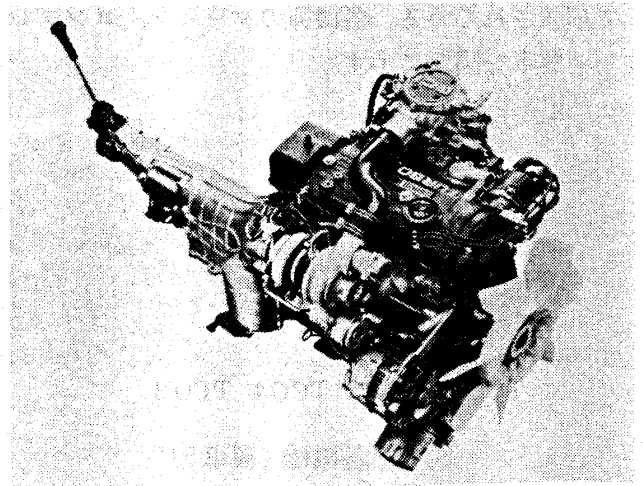


図9 TC05搭載2000CCガソリンエンジン

6. あとがき

近年の小形エンジンの過給化はまさに過熱状態にあるとも云えるが、このような市場の要求に対し、それに対応できる超小形ターボのラインアップが完成したことを報告した。今後これらのターボチャージャーが各方面で活躍できることを期待している。

1980年ガスタービン生産統計

統計作成委員会⁽¹⁾

1. 最近5年間のガスタービン生産推移

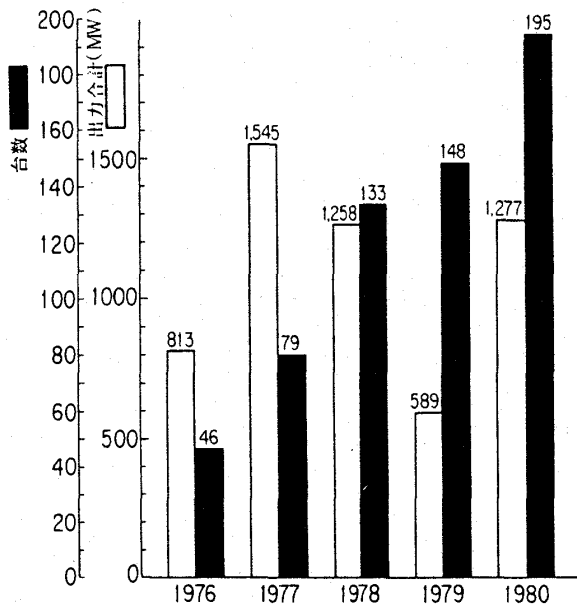


図1 陸船用ガスタービン

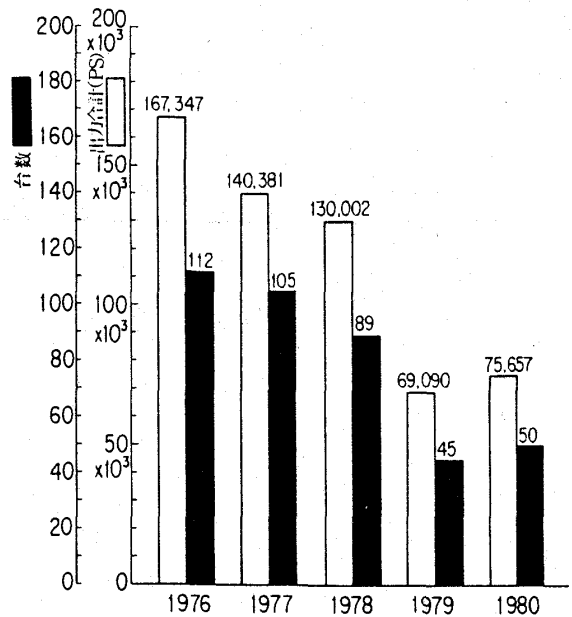


図3 ターボシャフト／ターボプロップエンジン

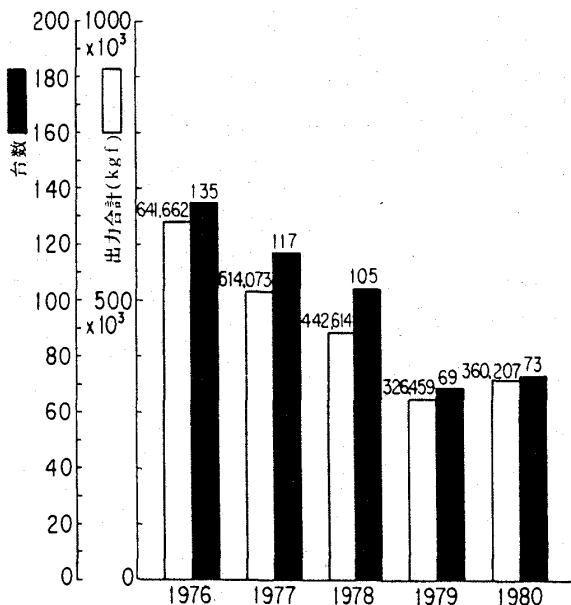


図2 ターボジェット／ターボファンエンジン

(備考)

- (1) 出力の基準状態は 15℃, 760mmHg とし, 常用出力で集計した。
- (2) メートル馬力(PS), 米馬力(HP), キロワット(kW)間の換算は下記によった。

$$1 \text{ PS} = 0.7355 \text{ kW}$$

$$1 \text{ HP} = 0.7457 \text{ kW}$$

$$1 \text{ HP} = 1.0138 \text{ PS}$$

- (1) 委員長 梶木康夫(日立製作), 委員 石沢和彦(IHI), 佐藤玉太郎(日本鋼管), 村尾麟一(青山学院大), 村山弘(日立製作), 森義孝(三菱重工), 吉識晴夫(東大生研)

(昭和56年3月18日原稿受付)

(五十音順)

2. 陸船用ガスタービン

表 1. 1980年用途別生産台数及び出力 (KW)

| 区 分 | | 1,000PS未満 | | 1,000PS以上 30,000PS未満 | | 30,000PS 未満 | | 全 出 力 | |
|-----------|-----|-----------|--------|-------------------------|---------|-------------|-----------|-------|-----------|
| 用 途 | コード | 台 数 | 出 力 | 台 数 | 出 力 | 台 数 | 出 力 | 台 数 | 出 力 |
| ベースロード発電用 | BL | 3 | 1,545 | 1 | 3,850 | 21 | 774,410 | 25 | 779,805 |
| 尖頭負荷発電用 | PL | 1 | 515 | 5 | 26,080 | 8 | 192,000 | 14 | 218,595 |
| 緊急発電用 | EM | 107 | 35,496 | 37 | 82,169 | 0 | 0 | 144 | 117,665 |
| 艦艇用 | MM | 0 | 0 | 5 | 70,601 | 0 | 0 | 5 | 70,601 |
| 実験用 | XP | 0 | 0 | 1 | 16,549 | 2 | 63,742 | 3 | 80,291 |
| その他のプロセス用 | PR | 0 | 0 | 1 | 8,500 | 0 | 0 | 1 | 8,500 |
| そ の 他 | MC | 3 | 1,545 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,545 |
| 合 計 | | 114 | 39,101 | 50 | 207,749 | 31 | 1,030,152 | 195 | 1,277,002 |

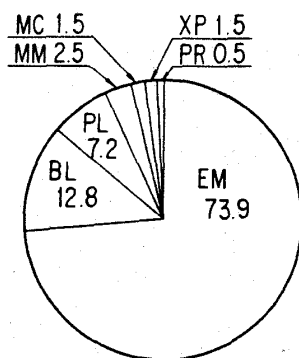


図 4 1980年用途別台数割合 (%)

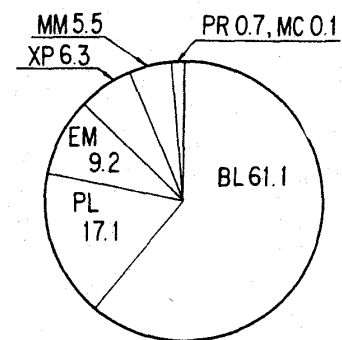


図 5 1980年用途別出力割合 (%)

表 2. 1980年燃料別生産台数及び出力 (KW)

| 区 分 | | | 1,000PS 以上 | | 1,000PS以上 30,000PS未満 | | 30,000PS以上 | | 全 出 力 | |
|-----------|----------|------|------------|--------|-------------------------|---------|------------|-----------|-------|-----------|
| 燃 料 別 | 種 類 | コード | 台 数 | 出 力 | 台 数 | 出 力 | 台 数 | 出 力 | 台 数 | 出 力 |
| ガス | 天然ガス | GNG | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 192,000 | 8 | 192,000 |
| | プロセスガス | GRF | 0 | 0 | 1 | 8,500 | 0 | 0 | 1 | 8,500 |
| | 炭鉱ガス | GMG | 0 | 0 | 1 | 3,850 | 0 | 0 | 1 | 3,850 |
| | 小 計 | | 0 | 0 | 2 | 12,350 | 8 | 192,000 | 10 | 204,350 |
| 液体 | ジェット燃料4号 | ATG4 | 3 | 1,545 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1,545 |
| | 灯 油 | T | 60 | 17,942 | 19 | 36,168 | 2 | 124,312 | 81 | 178,422 |
| | 軽 油 | K | 8 | 3,435 | 15 | 140,434 | 21 | 713,840 | 44 | 857,709 |
| | 重油1種 | HI | 43 | 16,179 | 14 | 18,797 | 0 | 0 | 57 | 34,976 |
| | 小 計 | | 114 | 39,100 | 48 | 195,399 | 23 | 838,152 | 185 | 1,072,652 |
| ガス / 液体燃料 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 固 体 燃 料 | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 合 計 | | | 114 | 39,100 | 50 | 207,749 | 31 | 1,030,152 | 195 | 1,277,002 |

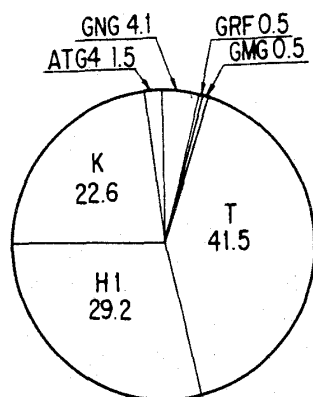


図6 1980年燃料別台数割合(%)

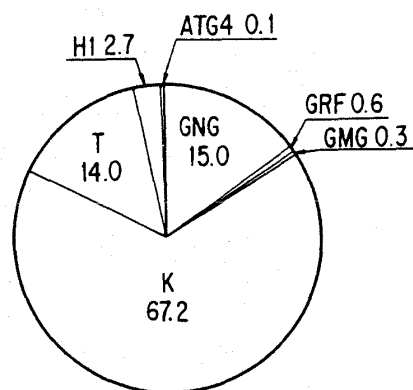


図7 1980年燃料別出力割合(%)

表3. 1980年地域別納入台数及び出力(KW)

| 区 分 地域別 | 1,000PS以上 | | 1,000PS以上 30,000PS未満 | | 30,000PS以上 | | 全 出 力 | |
|------------|-----------|--------|-------------------------|---------|------------|-----------|-------|-----------|
| | 台 数 | 出 力 | 台 数 | 出 力 | 台 数 | 出 力 | 台 数 | 出 力 |
| 国 内 | | | | | | | | |
| 北海道 | 8 | 3,052 | 5 | 8,197 | 0 | 0 | 13 | 11,249 |
| 東北 | 24 | 7,197 | 4 | 6,856 | 0 | 0 | 28 | 14,053 |
| 関東 | 20 | 6,674 | 14 | 43,412 | 2 | 124,312 | 36 | 174,398 |
| 中部 | 21 | 6,463 | 4 | 5,978 | 0 | 0 | 25 | 12,441 |
| 近畿 | 20 | 7,145 | 4 | 5,910 | 1 | 30,240 | 25 | 43,295 |
| 中国 | 2 | 706 | 4 | 12,575 | 0 | 0 | 6 | 13,281 |
| 四国 | 2 | 669 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 669 |
| 九州 | 12 | 4,619 | 2 | 4,075 | 0 | 0 | 14 | 8,694 |
| 移動式 | 0 | 0 | 3 | 8,880 | 0 | 0 | 3 | 8,880 |
| 船舶搭載 | 0 | 0 | 6 | 71,704 | 0 | 0 | 6 | 71,704 |
| (小計) | 109 | 36,525 | 46 | 167,587 | 3 | 154,552 | 158 | 358,664 |
| 国 外 | | | | | | | | |
| ヨーロッパ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 中南米 | 2 | 1,030 | 0 | 0 | 14 | 336,000 | 16 | 337,030 |
| 中近東 | 3 | 1,545 | 3 | 39,060 | 10 | 435,600 | 16 | 476,205 |
| アフリカ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| アジア | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 104,000 | 4 | 104,000 |
| オセアニア | 0 | 0 | 1 | 1,103 | 0 | 0 | 1 | 1,103 |
| (小計) | 5 | 2,575 | 4 | 40,163 | 28 | 875,600 | 37 | 918,338 |
| 合 計 | 114 | 39,100 | 50 | 207,750 | 31 | 1,030,152 | 195 | 1,277,002 |

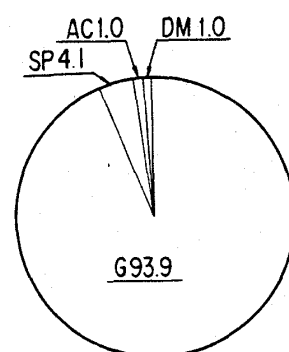


図8 1980年被駆動機械別台数割合(%)

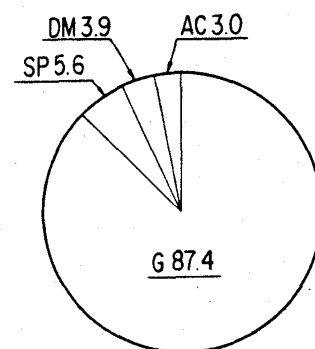


図9 1980年被駆動機械別出力割合(%)

表4. 1980年被駆動機械別生産台数及び出力(KW)

| 区 分 被駆動機械別 | コード | 1,000PS未満 | | 1,000PS以上 30,000PS未満 | | 30,000PS以上 | | 全 出 力 | |
|---------------|-----|-----------|--------|-------------------------|---------|------------|-----------|-------|-----------|
| | | 台 数 | 出 力 | 台 数 | 出 力 | 台 数 | 出 力 | 台 数 | 出 力 |
| 発 電 機 | G | 111 | 37,555 | 43 | 112,100 | 29 | 966,410 | 183 | 1,116,065 |
| 空気圧縮機 | AC | 0 | 0 | 1 | 8,500 | 1 | 30,240 | 2 | 38,740 |
| 送 風 機 | SP | 3 | 1,545 | 5 | 70,601 | 0 | 0 | 8 | 72,146 |
| 軸 駆 動 | DM | 0 | 0 | 1 | 16,549 | 1 | 33,502 | 2 | 50,051 |
| 動力計 | | | | | | | | | |
| 合 計 | | 114 | 39,100 | 50 | 207,750 | 31 | 1,030,152 | 195 | 1,277,002 |

表 5. 1980年出力区分別生産台数及び出力(KW)

| 出力区分(PS) | | 台数 | 出力 |
|-------------------------|---------------|-----|-----------|
| 1,000PS未満 | 0～199 | 0 | 0 |
| | 200～499 | 62 | 12,958 |
| | 500～999 | 52 | 26,142 |
| | 小計 | 114 | 39,100 |
| 1,000PS以上 30,000PS未満 | 1,000～5,999 | 41 | 72,998 |
| | 6,000～13,999 | 4 | 33,700 |
| | 14,000～21,999 | 0 | 0 |
| | 22,000～29,999 | 5 | 101,051 |
| | 小計 | 50 | 207,749 |
| 30,000PS 以上 | 30,000～59,999 | 26 | 647,742 |
| | 60,000～ | 5 | 382,410 |
| | 小計 | 31 | 1,030,152 |
| 合 計 | | 195 | 1,277,001 |

表 6. 1980年発電用ガスタービン用途別生産台数及び出力(KW)

| 区分 発電用途別 | | | 1,000PS未満 | | 1,000PS以上 30,000PS未満 | | 30,000PS以上 | | 全出力 | |
|-------------|--------|----|-----------|--------|-------------------------|---------|------------|---------|-----|-----------|
| 用途 | コード | | 台数 | 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 | 0 | 0 | 16 | 392,000 | 16 | 392,000 |
| | 尖頭負荷 | PL | 0 | 0 | 2 | 17,200 | 8 | 192,000 | 10 | 209,200 |
| | 緊急用 | EM | 3 | 647 | 2 | 2,948 | 0 | 0 | 5 | 3,595 |
| | 小計 | | 3 | 647 | 4 | 20,148 | 24 | 584,000 | 31 | 604,795 |
| 自家用 | ベースロード | BL | 3 | 1,545 | 1 | 3,850 | 5 | 382,410 | 9 | 387,805 |
| | 尖頭負荷 | PL | 1 | 515 | 3 | 8,880 | 0 | 0 | 4 | 9,395 |
| | 緊急用 | EM | 104 | 34,849 | 35 | 79,222 | 0 | 0 | 139 | 114,071 |
| | 小計 | | 108 | 36,909 | 39 | 91,952 | 5 | 382,410 | 152 | 511,271 |
| 合 計 | | | 111 | 37,556 | 43 | 112,100 | 29 | 966,410 | 183 | 1,116,066 |

3. 航空用ガスタービン

表 8 1980年ターボ・シャフト／ターボ・プロップエンジン生産台数及び出力*2)(P.S.)

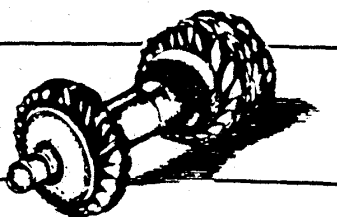
表 7 1980年ターボ・ジェット／ターボ・ファンエンジン生産台数及び推力*1)(Kgf)

| | | | |
|------|----|------|---------|
| 生産台数 | 73 | 推力合計 | 360,207 |
|------|----|------|---------|

| 区分 用途別 | | 1,000PS未満 | | 1,000PS以上 | | 合 計 | |
|-----------|--|-----------|----|-----------|--------|-----|--------|
| | | 台数 | 出力 | 台数 | 出力 | 台数 | 出力 |
| 固定翼機 | | 0 | 0 | 8 | 20,104 | 8 | 20,104 |
| ヘリコプター | | 0 | 0 | 40 | 52,797 | 40 | 52,797 |
| 補助機関駆動 | | 0 | 0 | 2 | 2,756 | 2 | 2,756 |
| 合 計 | | 0 | 0 | 50 | 75,657 | 50 | 75,657 |

*1): 海面上静止最大推力

*2): 海面上静止常用出力



(社) 日本ガスタービン学会 評議員会・総会報告

去る4月24日(金)本学会の評議員会および通常総会が東京、機械振興会館において開催された。

まず第5期第2回評議員会は10時30分より開かれ、評議員の互選により松木正勝氏が議長となり議事が進められた。第5期会長の円城寺一氏による開会挨拶に引き続き、最初に出席16名、委任状提出43名で評議員会が成立することが確認されたのち以下の議案につき審議が行われ、いずれも承認された。すなわち、第5期事業報告、第5期収支決算報告の諸案を総会にはかることが認められた。同上の決算案については水町長生監事より監査報告が述べられた。引続き11時10分より第6期第1回評議員会が開催され、第6期評議員である松木正勝氏を議長に選出、議事が進められた。まず出席15名、委任状提出者48名で同評議員会が成立することが確認されたのち以下の議案の審議が行われ、いずれも承認された。すなわち第6期役員候補、第6期評議員・役員候補者・監事選挙結果報告、第6期事業計画、第6期予算、名誉会員推薦などの諸案を総会にはかる件が各々承認された。

同日、13時より第6期通常総会が機械振興会館地下2階ホールで開催された。まず前半は第5期に関する諸件の審議が行われた。すなわち、第5期円城寺一会長の開会挨拶のあと、同氏を総会議長に選出し議事が進められた。同総会への出席者30名、委任状提出者343名(会員数1,156名の1/3以上)で総会成立が確認されたのち、以下の議案の審議が行われた。すなわち、第5期事業報告、第5期収支決算報告につき、有賀総務(主担当)理事および阿部総務(財務担当)理事(第5期)より説明があり承認された。収支決算については水町監事より適正であるむね監査報告が行

われた。

後半は第6期に関する諸件で審議が行われた。まず第6期役員選出の件では別掲どうり議決された。なお、第6期評議員・役員候補者・監事選挙結果もあわせ報告された。以上により第6期会長に井口 泉氏が選出され、就任の挨拶がのべられた。ここで円城寺議長に代り井口新会長が議長となり以下の議事が進められた。総会の成立につき再確認が行われ、第6期事業計画、第6期予算に関し田中総務(主担当)理事および一井総務(財務)理事より説明があり、別掲通り承認された。

次いで栗野誠一氏および棚沢泰氏を名誉会員とすることが承認され、当日出席された両氏に記念品の贈呈が行われた。

最後に、時間の都合のつかなかった今井兼一郎副会長の代理として田中総務(主担当)理事より閉会の挨拶が述べられ、第6期通常総会は無事終了した。(総務理事)

第5期(昭和55年度)事業報告

自昭和55年4月 1日

至昭和56年3月31日

1. 役員に関する事項

1.1 役員・評議員

1.2 監事・評議員の選出

第5期評議員・監事の選出は定款第15条、第16条、細則第19条、第21条、第22条、第23条、第24条、第25条により選出した。

2. 会務処理に関する各種会合

2.1 理事会

会長・副会長他18名(内総務担当5名、企画担当6名、編集担当7名)、開催8回

会議事項:第5期総会報告、第5期評議員会報告、第5期諸事業実施にともなう業務、第

5期事業報告案, 同決算案, 第6期総
会議案, 第6期評議員会議案, 同事業
計画面案, 同予算案など。

2.2 評議員会

評議員70名, 開催2回〔内訳: 第5期第1回
評議員会(出席20名, 委任状提出者32名)
(55.4.25), 第5期第2回評議員会(56.4.
24)〕

会議事項: 第5期役員案, 第5期事業計画面案, 同
予算案, 第5期事業報告案, 同決算案,
第6期役員案, 同事業計画面案, 同予算案
などの件を審議, 承認。

2.3 総 会

正会員全員, 開催1回〔内訳: 第5期通常総会
(出席33名, 委任状提出者268名(全員数
1,133名の1/3以上))〕(55.4.25)〕

会議事項: 第5期役員, 評議員選出, 第5期事業
計画面案, 同予算案, 第4期事業報告,
同決算などの件の審議, 承認。

2.4 部門別理事・委員会

1) 総 務

主担当事務 有 賀 一 郎 他10名
開催8回

2) 企 画

主担当事務 平 山 直 道 他11名
開催7回

3) 編 集

主担当事務 高 田 浩 之 他16名
開催7回

3. 調査研究事調

3.1 ガスタービン統計作成委員会

委員長 橋 本 康 夫 他6名 開催1回

会議事項: わが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

3.2 ガスタービン技術情報センター運営委員会

委員長 須之部 量 寛 他5名 開催1回
会議事項: 同センター設置に関する準備打合せ
および文献検索法その他資料蒐集。

3.3 組織検討委員会

委員長 松 木 正 勝 他6名 開催6回
会議事項: 1) 技術情報センター, 地方委員会,
調査研究委員会の在り方の検討。
2) 学会賞についての検討

3.4 地方委員会

委員長 妹 尾 泰 利 他8名 開催1回
会議事項: 関西地区における見学会, 技術懇談
会の企画実施, 地方行事に関する打
合せ。

3.5 調査研究委員会

委員長 須之部 量 寛 他8名 開催1回
会議事項: ガスタービン用動作流体の物性値に
ついて研究するため, メーカーの現状
および意向についての調査。

3.6 国際会議検討委員会

委員長 田 中 英 穂 他9名 開催5回
会議事項: 次期国際会議開催に関する事前調査。

3.7 定期講演会委員会

委員長 高 田 浩 之 他3名 開催5回
会議事項: 定期講演会の計画, 準備

4. 集 会 事 業

特別講演会2回, 定期講演会1回, 技術懇談会
3回, 見学会3回, ガスタービンセミナー1回,
シンポジウム1回。

| 回次 | 名 称 | 講 師 | 年 月 日 | 場 所 |
|----|-----------|------------------|--------------|---------|
| 1 | 第1回特別講演会 | 渡部一郎(関東学院大学) 他4名 | 55.4.25 | 機械振興会館 |
| 2 | 第1回技術懇談会 | 福西嘉夫(全日空) | 55.5.28 | 全日本空輸 |
| 3 | 第1回見学会 | | 55.5.28 | 同上 |
| 4 | 第8回定期講演会 | 発表者16名 | 55.6.6 | 機械振興会館 |
| 5 | 第2回技術懇談会 | 荒瀬 健(三菱重工) | 55.10.17 | 四国電力 |
| 6 | 第2回見学会 | | 55.10.17 | 同上 |
| 7 | 第1回シンポジウム | 坂田 勝(東工大)他2名 | 55.10.31 | 機械振興会館 |
| 8 | 第3回技術懇談会 | 広岡武機(東京瓦斯) | 55.11.20 | 東京瓦斯 |
| 9 | 第3回見学会 | | 55.11.20 | 同上 |
| 10 | 第2回特別講演会 | MR. ROY KAMO | 55.12.5 | 日立製作所 |
| 11 | 第9回セミナー | 佐藤 豪(慶大)他8名 | 56.12.22, 23 | 日比谷三井ビル |

5. 出版事業

5.1 会 誌

本期発行した会誌は、Vol.8, No. 29(1980-6), Vol. No. 30(1980-9), Vol.8, No. 31(1980-12), Vol.8, No. 32(1981-3)で本誌

ページ269, うち報告, 行事内容, 会告, 後記など26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)

| | 技術論文 | 講 議 | 論 説 | 資 料 | 随 筆 | 見 聞 記 | 研 究 所 報 | 新 製 品 紹 介 | 報 告 | ニ ュ ー ス | 行 事 案 内 告 | 後 記 |
|------------|-----------|------------|-------------|----------|------------|----------|------------|-----------|----------|------------|------------|----------|
| 8.29 6 | 10 (1) | | 38 (5) | 4 (1) | 1.5 (1) | 6 (1) | 5 (1) | 2 (1) | 8 (1) | | 1.5 (3) | 1 (2) |
| 8.30 9 | 14 (2) | 6.5 (1) | 28.5 (4) | | 2 (1) | | 2 (1) | | | 3.5 (1) | 4.5 (7) | 1 (2) |
| 8.31 12 | 15 (2) | 7.5 (1) | 25 (3) | | 2 (1) | 3 (1) | 2.5 (1) | 4 (1) | | | 4 (6) | 1 (2) |
| 8.32 3 | 6 (1) | 8 (1) | 33 (4) | | 2.5 (1) | 6 (2) | 2 (1) | 3 (1) | | | 4 (5) | 1 (2) |

5.2 Gas Turbine Newsletter

ASME Gas Turbine Division より発行されている同誌を同部門の了解のもとに4回にわたって複写配布した。

1980-4 PP.1-4

1980-8 PP.1-4

1980-10 PP.1-4

1981-1 PP.1-4

5.3 日本ガスタービン学会講演会論文集

第8回定期講演会の講演論文集(92ページ), を発行した。

5.4 ガスタービンセミナー資料集

第9回ガスタービンセミナーのセミナー資料集(86ページ), を発行した。

5.5 日本ガスタービン学会会員名簿

日本ガスタービン学会会員名簿(98ページ)を発行した。

6. 第3回国際ガスタービン会議開催準備

1983年国際ガスタービン会議東京大会準備委員会を発足した(56年3月24日)。これに伴い特別会計を開設した。

7. 会員数の異動状況

| 摘 要 | 正 会 員 | 学生会員 | 賛助会員 |
|---------|-------|------|------|
| 本期末会員数 | 1,156 | 12 | 68 |
| 前期末会員数 | 1,133 | 18 | 67 |
| 差 引 増 減 | 23 | △6 | 1 |

第5期(昭和55年度)収支決算

1. 収支計算書総括表

自 昭和55年4月1日
至 昭和56年3月31日

1.1 収入の部

| 勘 定 科 目 | 合 計 | 一 般 会 計 | 国際会議特別会計 |
|-------------|------------|------------|----------|
| 1 基本財産運用収入 | 315,745 円 | 315,745 円 | 0 円 |
| 2 会 費 収 入 | 7,263,700 | 7,263,700 | 0 |
| 3 入 会 金 収 入 | 37,000 | 37,000 | 0 |
| 4 事 業 収 入 | 5,141,160 | 5,141,160 | 0 |
| 5 引当金取崩収入 | 616,700 | 0 | 616,700 |
| 6 雑 収 入 | 510,338 | 510,338 | 0 |
| 前期繰越収支差額 | 1,934,822 | 1,934,822 | 0 |
| 合 計 | 15,821,465 | 15,204,765 | 616,700 |

1.2 支出の部

| 勘 定 科 目 | 合 計 | 一 般 会 計 | 国際会議特別会計 |
|-------------|-------------|-------------|-----------|
| 1 資 産 費 | 7,625,077 円 | 7,505,365 円 | 119,712 円 |
| 2 出 版 事 業 費 | 4,182,333 | 4,182,333 | 0 |
| 3 集 会 事 業 費 | 1,681,588 | 1,681,588 | 0 |
| 4 調査研究事業費 | 80,240 | 80,240 | 0 |
| 支 出 合 計 | 13,569,238 | 13,449,526 | 119,712 |
| 次期繰越収支差額 | 2,252,227 | 1,755,239 | 496,988 |

2. 貸借対象表総括表

(昭和56年3月31日現在)

2.1 資産の部

| 科 目 | 合 計 | 一 般 会 計 | 国際会議特別会計 |
|------------|-------------|-------------|-----------|
| 流動資産合計 | 2,703,995 円 | 2,207,007 円 | 496,988 円 |
| 有形固定資産合計 | 113,030 | 113,030 | 0 |
| その他の固定資産合計 | 9,589,266 | 9,589,266 | 0 |
| 固定資産合計 | 9,702,296 | 9,702,296 | 0 |
| 資産合計 | 12,406,291 | 11,909,303 | 496,988 |

2.2 負債の部

| 科 目 | 合 計 | 一 般 会 計 | 国際会議特別会計 |
|--------|-----------|-----------|----------|
| 流動負債合計 | 451,768 円 | 451,768 円 | 0 円 |
| 固定負債合計 | 1,300,000 | 1,300,000 | 0 |
| 負債合計 | 1,751,768 | 1,751,768 | 0 |

2.3 正味財産の部

| 科 目 | 合 計 | 一 般 会 計 | 国際会議特別会計 |
|-------------|-------------|-------------|----------|
| 基 金 | 6,014,266 円 | 6,014,266 円 | 0 円 |
| 剰 余 金 合 計 | 4,640,257 | 4,143,269 | 496,988 |
| 正 味 財 産 合 計 | 10,654,523 | 10,157,535 | 496,988 |
| 負債及び正味財産合計 | 12,406,291 | 11,909,303 | 496,988 |

3. 一般会計の部

3.1 収支計算の部

自 昭和55年4月 1日
至 昭和56年3月31日

1) 収入の部

| 大 科 目 | 中 科 目 | 小 科 目 | 予 算 額 | 決 算 額 | 差 異 | 備 考 |
|----------|----------|--------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|---------|
| 基本財産運用収入 | 基本財産利息収入 | 基本財産定期預金利息収入 | 360,000 ¹⁾ | 315,745 ¹⁾ | 44,255 ¹⁾ | 繰前科目収入 |
| | | | 360,000 | 315,745 | 44,255 | |
| 事業収入 | 事業収入 | 定期預金利息収入 | 360,000 | 5,141,160 | 1,541,160 | |
| | | | 255,000 | 2,743,660 | 193,660 | |
| | | 定期預金利息収入 | 650,000 | 659,220 | 9,220 | 1回開通 |
| | | 児童会社会費収入 | 150,000 | 146,000 | 4,000 | 3回開通 |
| | | シンポジウム収入 | 150,000 | 105,000 | 45,000 | 1回開通 |
| | | G/Tセミナー収入 | 1,600,000 | 1,833,440 | 233,440 | 1回開通 |
| 出版事業収入 | 出版事業収入 | | 1,050,000 | 2,397,500 | 1,347,500 | |
| | | 生計統計学収入 | 0 | 129,550 | 129,550 | |
| | | 会誌名簿収入 | 450,000 | 526,900 | 76,900 | |
| | | 法 政 収入 | 600,000 | 1,741,050 | 1,141,050 | |
| 入会費収入 | 正会員入会費収入 | | 50,000 | 37,000 | 13,000 | |
| | | | 40,000 | 33,000 | 7,000 | |
| | | 正会員入会費収入 | 40,000 | 33,000 | 7,000 | 66名分 |
| | | 学生会員入会費収入 | 5,000 | 0 | 5,000 | |
| | | 学生会員入会費収入 | 5,000 | 0 | 5,000 | |
| | | 賛助会員入会費収入 | 5,000 | 4,900 | 100 | |
| | | 賛助会員入会費収入 | 5,000 | 4,900 | 100 | 8名分 |
| 会費収入 | 正会員会費収入 | | 8,235,000 | 7,265,700 | 969,300 | |
| | | | 3,606,000 | 3,105,000 | 501,000 | |
| | | 正会員会費収入 | 3,606,000 | 3,105,000 | 501,000 | 1,035名分 |
| | | 学生会員会費収入 | 29,000 | 11,000 | 18,000 | |
| | | 学生会員会費収入 | 29,000 | 11,000 | 18,000 | 11名分 |
| | | 賛助会員会費収入 | 4,500,000 | 4,149,700 | 450,300 | |
| | | 賛助会員会費収入 | 4,500,000 | 4,149,700 | 450,300 | 83.13分 |
| 雑収入 | 受取利息 | | 430,000 | 510,338 | 80,338 | |
| | | | 180,000 | 451,130 | 271,130 | |
| | | 運用財産定期預金利息収入 | 140,000 | 418,875 | 278,875 | 繰前科目収入 |
| | | 運用財産普通預金利息収入 | 40,000 | 3,225 | 7,445 | 繰前科目収入 |
| | | 雑収入 | 250,000 | 59,208 | 190,792 | |
| | | 雑収入 | 250,000 | 59,208 | 190,792 | |
| 前期繰越収支差額 | | | 1,934,822 | 1,934,822 | 0 | |
| 前期繰越収支差額 | | | 1,934,822 | 1,934,822 | 0 | |
| 前期繰越収支差額 | | | 1,934,822 | 1,934,822 | 0 | |
| 収 入 合 計 | | | 14,609,822 | 15,204,765 | 594,943 | |

2) 支出の部

| 大 科 目 | 中 科 目 | 小 科 目 | 予 算 額 | 決 算 額 | 差 異 | 備 考 |
|------------|------------|-----------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-------|
| 経 費 | 給 料 手 当 | | 6,869,000 ¹⁾ | 7,505,365 ¹⁾ | 636,365 ¹⁾ | |
| | | | 3,850,000 | 4,159,547 | 309,547 | |
| | | 給 料 手 当 | 3,720,000 | 4,099,947 | 379,947 | |
| | | | 130,000 | 59,600 | 70,400 | |
| 退職給付引当金繰入額 | 退職給付引当金繰入額 | | 200,000 | 200,000 | 0 | |
| | | | 200,000 | 200,000 | 0 | |
| 福利厚生費 | 社会保険費 | | 120,000 | 145,457 | 25,457 | |
| | | | 120,000 | 145,457 | 25,457 | |
| 会 費 | 理 事 会 費 | | 864,000 | 1,018,362 | 154,362 | |
| | | | 400,000 | 338,099 | 61,901 | 8回開通 |
| | | 評 議 員 会 費 | 60,000 | 130,200 | 70,200 | 2回開通 |
| | | 監 事 会 費 | 100,000 | 206,598 | 106,598 | 1回開通 |
| | | 参 事 会 費 | 304,000 | 343,465 | 39,465 | 19回開通 |
| 通 信 費 | 通 信 料 | | 170,000 | 210,806 | 40,806 | |
| | | | 170,000 | 210,806 | 40,806 | 1回開通 |
| 旅 費・交通費 | 旅 費 | | 140,000 | 186,950 | 46,950 | |
| | | | 50,000 | 49,620 | 380 | |
| | | 交 通 費 | 90,000 | 137,330 | 47,330 | |
| 什 器 備 品 費 | 什 器 備 品 費 | | 15,000 | 2,250 | 12,750 | |
| | | | 10,000 | 0 | 10,000 | |
| | | 図 書 費 | 5,000 | 2,250 | 2,750 | |
| 消 耗 品 費 | 消 耗 品 費 | | 110,000 | 164,406 | 54,406 | |
| | | | 110,000 | 164,406 | 54,406 | |
| 印 刷 費 | 印 刷 費 | | 200,000 | 156,450 | 43,550 | |
| | | | 200,000 | 156,450 | 43,550 | |
| 通 信 運 賃 費 | 通 信 運 賃 費 | | 370,000 | 366,107 | 3,893 | |
| | | | 370,000 | 366,107 | 3,893 | |
| 賃 料 | 事務所賃料費 | | 600,000 | 630,000 | 30,000 | |
| | | | 600,000 | 630,000 | 30,000 | |
| 諸 謝 金 | 点 検 費 | | 20,000 | 34,970 | 14,970 | |
| | | | 20,000 | 34,970 | 14,970 | |
| 負 担 金 | 日本内閣府補助金 | | 110,000 | 110,000 | 0 | |
| | | | 100,000 | 100,000 | 0 | |
| | | 共 済 分 担 金 | 10,000 | 10,000 | 0 | |
| 雑 費 | | | 100,000 | 120,060 | 20,060 | |
| | | | 100,000 | 120,060 | 20,060 | |

| 大 科 目 | 中 科 目 | 小 科 目 | 予 算 額 | 決 算 額 | 差 異 | 備 考 |
|----------|---------|---------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|------|
| 出版事業費 | 会 費 | | 3,686,000 ¹⁾ | 4,182,333 ¹⁾ | 496,333 ¹⁾ | |
| | | | 90,000 | 57,500 | 32,500 | |
| | | 編集費 | 90,000 | 57,500 | 32,500 | |
| | | 通信費 | 286,000 | 441,133 | 155,133 | |
| | | 会 誌 交 送 費 | 236,000 | 268,373 | 32,373 | |
| | | 会 誌 名 簿 交 送 費 | 50,000 | 172,760 | 122,760 | |
| 印刷製本費 | 印刷製本費 | | 2,900,000 | 3,300,700 | 400,700 | |
| | | | 2,600,000 | 2,640,700 | 40,700 | 4回開通 |
| | | 会 誌 名 簿 交 送 費 | 300,000 | 660,000 | 360,000 | |
| | | 会 誌 交 送 費 | 410,000 | 383,000 | 27,000 | |
| | | 会 誌 交 送 費 | 410,000 | 383,000 | 27,000 | |
| 通信運賃費 | 通信運賃費 | | 2,325,000 | 1,681,588 | 643,412 | |
| | | | 80,000 | 211,700 | 131,700 | |
| | | 会 誌 交 送 費 | 80,000 | 211,700 | 131,700 | |
| 旅 費・交通費 | 旅 費・交通費 | | 113,000 | 18,000 | 95,000 | |
| | | | 13,000 | 10,000 | 3,000 | |
| | | G/Tセミナー旅費 | 100,000 | 8,000 | 92,000 | |
| 通信運賃費 | 通信運賃費 | | 551,000 | 182,974 | 368,026 | |
| | | 特別委員会通信費 | 85,000 | 19,960 | 65,040 | |
| | | 児童会社会費通信費 | 162,000 | 24,240 | 137,760 | |
| | | シンポジウム通信費 | 58,000 | 0 | 58,000 | |
| | | 定期委員会通信費 | 123,000 | 50,474 | 72,526 | |
| | | G/Tセミナー通信費 | 123,000 | 88,300 | 34,700 | |
| 印刷製本費 | 印刷製本費 | | 300,000 | 329,520 | 29,520 | |
| | | 定期委員会印刷製本費 | 150,000 | 170,800 | 20,800 | |
| | | G/Tセミナー印刷製本費 | 150,000 | 158,720 | 8,720 | |
| 賃 料 | 賃 料 | | 334,000 | 274,560 | 59,440 | |
| | | 特別委員会賃料 | 30,000 | 0 | 30,000 | |
| | | シンポジウム賃料 | 30,000 | 21,560 | 8,440 | |
| | | 定期委員会賃料 | 124,000 | 107,000 | 17,000 | |
| | | G/Tセミナー賃料 | 150,000 | 146,000 | 4,000 | |
| 諸 謝 金 | 諸 謝 金 | | 464,000 | 358,321 | 105,679 | |
| | | 特別委員会謝金 | 99,000 | 52,775 | 46,225 | |
| | | 技術審議会謝金 | 85,000 | 38,888 | 46,112 | |
| | | シンポジウム謝金 | 30,000 | 16,665 | 13,335 | |
| | | G/Tセミナー謝金 | 250,000 | 249,993 | 7 | |
| 賃 料 | 賃 料 | | 465,000 | 291,513 | 173,487 | |
| | | 特別委員会賃料 | 40,000 | 8,115 | 31,885 | |
| | | 児童会社会費賃料 | 30,000 | 31,825 | 1,825 | |
| | | シンポジウム賃料 | 40,000 | 14,710 | 25,290 | |
| | | 定期委員会賃料 | 185,000 | 140,276 | 44,724 | |
| | | G/Tセミナー賃料 | 170,000 | 96,587 | 73,413 | |
| 調査研究事業費 | 調査研究事業費 | | 240,000 | 80,240 | 159,760 | |
| | | | 155,000 | 77,240 | 77,760 | |
| | | 生計統計作成委員会費 | 25,000 | 11,200 | 13,800 | |
| | | 技術情報センター委員会費 | 20,000 | 7,000 | 13,000 | |
| | | 調査研究委員会費 | 80,000 | 6,040 | 73,960 | |
| | | 国際会議検討委員会費 | 30,000 | 53,000 | 23,000 | |
| 通信運賃費 | 通信運賃費 | | 25,000 | 3,000 | 22,000 | |
| | | 生計統計学通信費 | 20,000 | 3,000 | 17,000 | |
| | | 技術情報センター通信費 | 5,000 | 0 | 5,000 | |
| 賃 料 | 賃 料 | | 5,000 | 0 | 5,000 | |
| | | 技術情報センター賃料 | 5,000 | 0 | 5,000 | |
| 賃 料 | 賃 料 | | 55,000 | 0 | 55,000 | |
| | | 生計統計学賃料 | 10,000 | 0 | 10,000 | |
| | | 技術情報センター賃料 | 5,000 | 0 | 5,000 | |
| | | 調査研究関係賃料 | 40,000 | 0 | 40,000 | |
| 予 備 費 | 予 備 費 | | 100,000 | 0 | 100,000 | |
| | | | 100,000 | 0 | 100,000 | |
| | | | 100,000 | 0 | 100,000 | |
| 支 出 合 計 | | | 13,220,000 | 13,449,526 | 229,526 | |
| 次期繰越収支差額 | | | 1,389,822 | 1,755,239 | 365,417 | |

3.2 正味財産増減計算の部

1) 増加の部

| 大 科 目 | 中 科 目 | 決 算 額 | 備 考 |
|-----------|-------------|-----------|-----|
| 資 産 増 加 額 | | 0 円 | |
| | 基本財産受入額 | 0 | |
| | 備 品 増 加 額 | 0 | |
| | 準 備 金 増 加 額 | 0 | |
| 前期繰越増減差額 | | 3,004,730 | |
| | 前期繰越増減差額 | 3,004,730 | |
| 増 加 額 合 計 | | 3,004,730 | |

2) 減少の部

| 大 科 目 | 中 科 目 | 決 算 額 | 備 考 |
|-----------|-----------|-----------|-----|
| 資 産 減 少 額 | | 616,700 円 | |
| | 備 品 償 却 額 | 0 | |
| | 引当金取崩額 | 616,700 | |
| 基本金増加額 | | 0 | |
| | 基本金取入額 | 0 | |
| 減 少 額 合 計 | | 616,700 | |
| 次期繰越増減差額 | | 2,388,030 | |
| 剰 余 金 合 計 | | 4,143,269 | |

(注) 国際会議準備引当金取崩(特別会計へ繰り入れ)

3.3 貸 借 対 照 表

(昭和56年3月31日現在)

| (資産の部) | | |
|------------|----------|--|
| I 流動資産 | | |
| 1 現金預金 | 2207007円 | |
| 流動資産合計 | 2207007 | |
| II 固定資産 | | |
| 1 有形固定資産 | | |
| 1 什器備品 | 113030 | |
| 有形固定資産合計 | 113030 | |
| 2 その他の固定資産 | | |
| 1 電話加入権 | 75000 | |
| 2 退職給付増設金 | 1300000 | |
| 3 定期預金(庄1) | 2200000 | |
| 4 定期預金(庄2) | 6014266 | |
| その他の固定資産合計 | 9589266 | |
| 固定資産合計 | 9702296 | |
| 資 産 合 計 | 11909303 | |
| (負債の部) | | |
| I 流動負債 | | |
| 1 前受金 | 434000 | |
| 2 雇用関係料 | 17768 | |
| 流動負債合計 | 451768 | |
| II 固定負債 | | |
| 1 退職給付引当金 | 1300000 | |
| 固定負債合計 | 1300000 | |
| 負債合計 | 1751768 | |
| (正味財産の部) | | |
| I 基 金 | 6014266 | |
| II 剰 余 金 | | |
| 次期繰越収支差額 | 1755239 | |
| 次期繰越増減差額 | 2388030 | |
| 剰余金合計 | 4143269 | |
| 正味財産合計 | 10157535 | |
| 負債及び正味財産合計 | 11909303 | |

庄1 事務所移転引当金たる資産
庄2 基金たる資産

4.2 正味財産増減計算の部

1) 増加の部

| 勘 定 科 目 | | 決 算 額 | 備 考 |
|-----------|-----------|---------|-----|
| 大 科 目 | 中 科 目 | | |
| 資 産 増 加 額 | 備 品 増 加 額 | 0円 0 | |
| 前期繰越増減差額 | 前期繰越増減差額 | 0 0 | |
| 増 加 額 合 計 | | 0 | |

2) 減少の部

| 勘 定 科 目 | | 決 算 額 | 備 考 |
|-----------|-----------|---------|-----|
| 大 科 目 | 中 科 目 | | |
| 資 産 減 少 額 | 備 品 償 却 額 | 0円 0 | |
| 基本金増加額 | 基本金組入額 | 0 0 | |
| 減 少 額 合 計 | | 0 | |
| 次期繰越増減差額 | | 0 | |
| 剰 余 金 合 計 | | 496,988 | |

4. 国際会議特別会計の部

4.1 収支計算の部

自 昭和56年3月 2日
至 昭和56年3月31日

1) 収入の部

| 勘 定 科 目 | | | 予 算 額 | 決 算 額 | 差 異 | 備 考 |
|---------|---------|----------|----------|----------|-----|-----|
| 大 科 目 | 中 科 目 | 小 科 目 | | | | |
| 引当金取崩収入 | | | 616,700円 | 616,700円 | 0円 | |
| | 引当金取崩収入 | | 616,700 | 616,700 | 0 | |
| | | 次期繰越増減差額 | 616,700 | 616,700 | 0 | |
| 収 入 合 計 | | | 616,700 | 616,700 | 0 | |

2) 支出の部

| 勘 定 科 目 | | | 予 算 額 | 決 算 額 | 差 異 | 備 考 |
|----------|-----------|-------------|----------|----------|----------|-----|
| 大 科 目 | 中 科 目 | 小 科 目 | | | | |
| 経 理 費 | | | 230,000円 | 119,712円 | 110,288円 | |
| | 会 通 費 | | 78,000 | 119,712 | △41,712 | |
| | | 国際会議準備委員会費 | 78,000 | 119,712 | △41,712 | |
| | 通 信 運 賃 費 | | 15,000 | 0 | 15,000 | |
| | | 国際会議準備通信費 | 15,000 | 0 | 15,000 | |
| | 資 料 作 成 費 | | 30,000 | 0 | 30,000 | |
| | | 国際会議準備資料作成費 | 30,000 | 0 | 30,000 | |
| | 調 査 費 | | 100,000 | 0 | 100,000 | |
| | | 国際会議準備調査費 | 100,000 | 0 | 100,000 | |
| | 雑 費 | | 7,000 | 0 | 7,000 | |
| | | 国際会議準備雑費 | 7,000 | 0 | 7,000 | |
| 次期繰越収支差額 | | | 386,700 | 496,988 | △110,288 | |
| | 次期繰越収支差額 | | 386,700 | 496,988 | △110,288 | |
| | | 次期繰越収支差額 | 386,700 | 496,988 | △110,288 | |
| 支 出 合 計 | | | 616,700 | 616,700 | 0 | |

4.3 貸 借 対 照 表

(昭和56年3月31日現在)

| (資産の部) | | |
|------------|----------|--|
| I 流動資産 | | |
| 1 現金預金 | 496,988円 | |
| 流動資産合計 | 496,988 | |
| II 固定資産 | | |
| 1 有形固定資産 | 0 | |
| 有形固定資産合計 | 0 | |
| 2 その他の固定資産 | 0 | |
| その他の固定資産合計 | 0 | |
| 固定資産合計 | 0 | |
| 資 産 合 計 | 496,988 | |
| (負債の部) | | |
| I 流動負債 | 0 | |
| 流動負債合計 | 0 | |
| II 固定負債 | 0 | |
| 固定負債合計 | 0 | |
| 負債合計 | 0 | |
| (正味財産の部) | | |
| I 基 金 | 0 | |
| II 剰 余 金 | | |
| 次期繰越収支差額 | 496,988 | |
| 次期繰越増減差額 | 0 | |
| 剰余金合計 | 496,988 | |
| 正味財産合計 | 496,988 | |
| 負債及び正味財産合計 | 496,988 | |

5. 財産目録

(昭和56年3月31日現在)

| | | | |
|--------------------|----------------|-----------|------------|
| (資産の部) | | | |
| 1 銀行預金 | | | |
| 定期預金 | 三井銀行新宿支店(注1) | 6014266 円 | |
| | 第一勧業銀行新宿支店(注2) | 2200000 | |
| | 富士銀行新宿支店(注3) | 1300000 | |
| | 第一勧業銀行新宿支店(注4) | 1000000 | |
| 普通預金 | 富士銀行新宿支店 | 1167007 | |
| | 第一勧業銀行新宿支店(注5) | 496988 | |
| | | 40000 | 12218261 円 |
| 2 振替貯金 | 新宿第三郵便局 | | 75000 |
| 3 電話加入権 | 電話1基 | | 113030 |
| 4 什器備品 | 留守番電話他下記資料の通り | | 12406291 |
| | 計 | | |
| (負債の部) | | | |
| 1 前受会費 | | 434000 | |
| 2 雇用保険料 | | 17768 | |
| 3 退職給与引当金 | | 1300000 | |
| | 計 | 1751768 | |
| | 差引正味財産 | 10654523 | |
| (注1) 基金たる資金 | | | |
| (注2) 事務所移転費引当金たる資金 | | | |
| (注3) 退職給与引当金たる資金 | | | |
| (注4) 運用財産たる資産 | | | |
| (注5) 特別会計分 | | | |
| (費料) | | | |
| 什器備品 | | | |
| 留守番電話 | | 75000 円 | |
| 金庫 | | 8200 | |
| キャビネット | | 8000 | |
| 蛍光灯 | | 7990 | |
| カードケース | | 6600 | |
| レターケース | | 3840 | |
| 書類箱 | | 3400 | |
| 計 | | 113030 | |

6. 預り金

(昭和56年3月31日現在)

| 科 目 | 金 額 | 預り金の種類 |
|-------|--------|------------|
| 前受会費 | 434000 | 56年度会費 |
| 雇用保険料 | 17768 | 55年度雇用保険預り |
| 合 計 | 451768 | |

監査の結果、ここに報告された決算報告書は、適正に表示していることを認める。

監 事 中 村 隆 也

水 町 長 生

第6期(昭和56年度)役員および評議員

(敬称略、五十音順)

理 事

会 長 井 口 泉

副会長 今井兼一郎

総 務 田中英穂(主担当), 一井博夫(財務)
猪木恒夫, 木下啓次郎, 辻高弘企 画 鳥崎忠雄(主担当), 河田修, 妹尾泰
利, 谷村輝治, 三輪光砂, 矢野巍編 集 谷田好通(主担当), 青木千明, 表義
則, 久保田道雄, 小茂鳥和生, 佐藤晃,
高瀬謙次郎

監 事 入江正彦, 佐藤豪

評議員 秋葉雅史, 浅沼強, 荒木巍, 有賀一郎,
安藤常世, 伊藤英覚, 伊藤源嗣, 飯島
孝, 飯田庸太郎, 生井武文, 石谷清幹,
一色尚次, 今竹忠己, 宇多小路豊, 浦
田星, 円城寺一, 小笠原光信, 近江敏
明, 樗木康夫, 大塚新太郎, 大槻幸雄,
大橋秀雄, 大東俊一, 岡崎卓郎, 岡村
健二, 寛 陽, 甲藤好郎, 窪田雅男,
小泉磐夫, 小竹進, 神津正男, 佐藤玉
太郎, 沢田照夫, 塩入淳平, 須之部量
寛, 鈴木邦男, 高田浩之, 高原北雄,
竹矢一雄, 豊倉富太郎, 中川良一, 永
井康男, 永野治, 西尾健二, 葉山真治,
八田桂三, 浜中全美, 平田賢, 平山直
道, 藤江邦男, 古浜庄一, 堀昭史, 本
間友博, 松木正勝, 三輪国男, 水町長
生, 宮内諄二, 宮岡貞隆, 宮地敏雄,
宮部英也, 村井等, 村尾麟一, 村田暹,
森康夫, 山内正男, 山本巖, 吉開勝義,
吉識晴夫

第6期(昭和56年度)事業計画

自昭和56年4月 1日

至昭和57年3月31日

1. 概 要

昭和56年度は、前年度に引き続き、研究発表
会・学術講演会・技術懇談会・見学会・シンポジ
ウム・セミナーなどを開催すると共に同年度中
におけるわが国におけるガスタービンの生産統計作

成を行う。また学会誌の定期的刊行並びに上記諸事業に関連した資料を刊行する。

さらにガスタービンに関する資料を蒐集、保管し、会員の利用に供することを計画する。

調査研究委員会において、ガスタービンに関する特定課題につき調査・研究を行う。

1983年10月下旬開催予定の第3回国際ガスタービン会議の準備活動に着手する。

2. 調査・研究事業

- (1) 昭和56年度におけるわが国のガスタービン生産に関する資料を蒐集、集計し統計を作成する。

同事業には、ガスタービン統計作成委員会があたる。その結果は学会誌に掲載発表する。

- (2) 調査研究委員会において、ガスタービンに関する特定課題につき調査・研究を行う。すなわち、昭和54年度「ガスタービン作動流体の特性に関する研究」の課題を対象とした委員会が設置され、調査・研究が行われたが、さらに期間を延長し、調査結果の整理を行う。

3. 出版事業

- (1) 定期刊行物

学 会 誌：年4回刊行する。

News letter：米国機械学会ガスタービン部門発行のNews letter を配布する。

- (2) 不定期刊行物

講演会論文集：定期講演会における講演会論文集を刊行する。

セミナー資料集：ガスタービンセミナーにおける資料集を刊行する。

4. 附帯事業

(予定回数)(予定開催年月)

- (1) 定期講演会の開催 1回 56年6月
- (2) 特別講演会の開催 2回 56年4月, 9月
- (3) 技術懇談会の開催 3回 56年6月, 9月, 11月
- (4) 見学会の開催 3回 56年6月, 9月, 11月

- (5) ガスタービン 1回 57年1月

セミナー

- (6) ガスタービン 1回 56年9月

シンポジウム

5. 1983年国際ガスタービン東京大会開催準備

準備委員会の活動を継続し、昭和56年10月を目標に組織委員会、実行委員会を発足させる。

6. 委員会活動

以下の委員会を設け、各事業の実施にあたる。

- (1) 総務委員会(常置)
- (2) 編集委員会(常置)
- (3) 企画委員会(常置)
- (4) ガスタービン統計作成委員会(常置)
- (5) 定期講演会委員会(常置)
- (6) ガスタービン技術情報センター運営委員会(常置)
- (7) 地方委員会(常置)
- (8) 組織検討委員会(臨時)
- (9) 調査研究委員会(臨時)

第6期(昭和56年度)予算書

1. 予算書総括表

自 昭和56年4月1日
至 昭和57年3月31日

1.1 収入の部

| 勘定科目 | 合 計 | 一般会計 | 国際会議特別会計 |
|----------|------------|------------|-----------|
| 基金運用収入 | 420,000円 | 420,000円 | 0円 |
| 会費収入 | 8,217,000 | 8,217,000 | 0 |
| 入会金収入 | 40,000 | 40,000 | 0 |
| 事業収入 | 3,150,000 | 3,150,000 | 0 |
| 雑収入 | 390,000 | 390,000 | 0 |
| 引当金返戻収入 | 2,200,000 | 2,200,000 | 0 |
| 借入金収入 | 2,200,000 | 0 | 2,200,000 |
| 前期繰越収支差額 | 2,252,227 | 1,755,239 | 496,988 |
| 収入合計 | 18,869,227 | 16,172,239 | 2,696,988 |

1.2 支出の部

| 勘定科目 | 合 計 | 一般会計 | 国際会議特別会計 |
|----------|------------|------------|------------|
| 管理費 | 8,425,000円 | 6,985,000円 | 1,440,000円 |
| 出版事業費 | 3,426,000 | 3,426,000 | 0 |
| 集合事業費 | 2,192,000 | 2,192,000 | 0 |
| 調査研究事業費 | 205,000 | 205,000 | 0 |
| 国際会議開催費 | 150,000 | 0 | 150,000 |
| 貸付金 | 2,200,000 | 2,200,000 | 0 |
| 予備費 | 600,000 | 100,000 | 500,000 |
| 前期繰越収支差額 | 1,671,227 | 1,064,239 | 606,988 |
| 支出合計 | 18,869,227 | 16,172,239 | 2,696,988 |

2. 一般会計

2.1 収入の部

(自 昭和56年4月1日 至 昭和57年3月31日)

| 大科目 | 中科目 | 小科目 | 予算額 | 前年度 予算額 | 増減 | 備考 |
|----------|------------|-----|------------|------------|-----------|--------|
| 基本財産運用収入 | 基本財産利息収入 | | 420,000円 | 360,000円 | 60,000円 | |
| | 基金定期預金利息収入 | | 420,000 | 360,000 | 60,000 | 預金利息収入 |
| 事業収入 | 集会事業収入 | | 3,150,000 | 3,600,000 | △ 450,000 | |
| | 立寄費収入 | | 2,550,000 | 2,550,000 | 0 | |
| | 立寄費収入 | | 650,000 | 650,000 | 0 | 1回開催 |
| | 立寄費収入 | | 150,000 | 150,000 | 0 | 3回開催 |
| | 立寄費収入 | | 150,000 | 150,000 | 0 | 1回開催 |
| | G/Tマシナー収入 | | 1,600,000 | 1,600,000 | 0 | 1回開催 |
| 出版事業収入 | 会誌刊行収入 | | 600,000 | 1,050,000 | △ 450,000 | |
| | 会誌刊行収入 | | 0 | 450,000 | △ 450,000 | |
| | 広中収入 | | 600,000 | 600,000 | 0 | |
| 人金収入 | 正会員人金収入 | | 40,000 | 50,000 | △ 10,000 | 60名 |
| | 正会員人金収入 | | 30,000 | 40,000 | △ 10,000 | |
| | 正会員人金収入 | | 30,000 | 40,000 | △ 10,000 | |
| | 学生会員人金収入 | | 5,000 | 5,000 | 0 | 10名 |
| | 学生会員人金収入 | | 5,000 | 5,000 | 0 | |
| | 賛助人金収入 | | 5,000 | 5,000 | 0 | 5社 |
| | 賛助人金収入 | | 5,000 | 5,000 | 0 | |
| 会費収入 | 正会員会費収入 | | 8,217,000 | 8,235,000 | △ 18,000 | |
| | 正会員会費収入 | | 3,600,000 | 3,606,000 | △ 6,000 | 1,200名 |
| | 正会員会費収入 | | 3,600,000 | 3,606,000 | △ 6,000 | |
| | 学生会員会費収入 | | 17,000 | 29,000 | △ 12,000 | 17名 |
| | 学生会員会費収入 | | 17,000 | 29,000 | △ 12,000 | |
| | 賛助人会費収入 | | 4,600,000 | 4,600,000 | 0 | 42社 |
| | 賛助人会費収入 | | 4,600,000 | 4,600,000 | 0 | |
| 雑収入 | 受取利息 | | 390,000 | 430,000 | △ 40,000 | |
| | 受取利息 | | 290,000 | 180,000 | 110,000 | 株金利息収入 |
| | 受取利息 | | 250,000 | 140,000 | 110,000 | |
| | 受取利息 | | 40,000 | 40,000 | 0 | |
| | 雑収入 | | 100,000 | 250,000 | △ 150,000 | |
| | 雑収入 | | 100,000 | 250,000 | △ 150,000 | |
| 引当金取崩収入 | 引当金取崩収入 | | 2,200,000 | 0 | 2,200,000 | |
| | 引当金取崩収入 | | 2,200,000 | 0 | 2,200,000 | |
| | 引当金取崩収入 | | 2,200,000 | 0 | 2,200,000 | |
| 前期繰越収支差額 | 前期繰越収支差額 | | 1,755,239 | 1,934,822 | △ 179,583 | |
| | 前期繰越収支差額 | | 1,755,239 | 1,934,822 | △ 179,583 | |
| | 前期繰越収支差額 | | 1,755,239 | 1,934,822 | △ 179,583 | |
| 収入合計 | | | 16,172,239 | 14,609,822 | 1,562,417 | |

2.2 支出の部

| 大科目 | 中科目 | 小科目 | 予算額 | 前年度 予算額 | 増減 | 備考 |
|--------|------------|-----|------------|------------|-----------|------|
| 経理費 | 給料手当 | | 6,885,000円 | 6,885,000円 | 114,000円 | |
| | 給料 | | 3,740,000 | 3,850,000 | △ 110,000 | |
| | 給料 | | 3,600,000 | 3,720,000 | △ 120,000 | |
| | 給料 | | 140,000 | 130,000 | 10,000 | |
| | 退職給付引当金繰入額 | | 200,000 | 200,000 | 0 | |
| | 退職給付引当金繰入額 | | 200,000 | 200,000 | 0 | |
| 福利厚生費 | 社会保険料 | | 150,000 | 120,000 | 30,000 | |
| | 社会保険料 | | 150,000 | 120,000 | 30,000 | |
| 会議費 | 理事会費 | | 900,000 | 864,000 | 36,000 | |
| | 理事会費 | | 550,000 | 400,000 | △ 150,000 | 2回開催 |
| | 理事会費 | | 110,000 | 60,000 | 50,000 | 1回開催 |
| | 理事会費 | | 90,000 | 100,000 | △ 10,000 | |
| | 理事会費 | | 350,000 | 304,000 | 46,000 | |
| 旅費 | 経路交通費 | | 250,000 | 170,000 | 80,000 | 1回実施 |
| | 経路交通費 | | 250,000 | 170,000 | 80,000 | |
| 旅費・交通費 | 旅費 | | 180,000 | 140,000 | 40,000 | |
| | 旅費 | | 50,000 | 50,000 | 0 | |
| | 交通費 | | 130,000 | 90,000 | 40,000 | |
| 什器・備品費 | 什器・備品費 | | 10,000 | 15,000 | △ 5,000 | |
| | 什器・備品費 | | 5,000 | 10,000 | △ 5,000 | |
| | 図書費 | | 5,000 | 5,000 | 0 | |
| 消耗品費 | 消耗品費 | | 150,000 | 110,000 | 40,000 | |
| | 消耗品費 | | 150,000 | 110,000 | 40,000 | |
| 印刷費 | 印刷費 | | 180,000 | 200,000 | △ 20,000 | |
| | 印刷費 | | 180,000 | 200,000 | △ 20,000 | |
| 通信運搬費 | 通信運搬費 | | 450,000 | 370,000 | 80,000 | |
| | 通信運搬費 | | 450,000 | 370,000 | 80,000 | |
| 賃借料 | 事務所賃借料 | | 480,000 | 600,000 | △ 120,000 | |
| | 事務所賃借料 | | 480,000 | 600,000 | △ 120,000 | |
| 雑費 | 雑費 | | 35,000 | 20,000 | 15,000 | |
| | 雑費 | | 35,000 | 20,000 | 15,000 | |
| 負担金 | 日本内閣府連合会会費 | | 110,000 | 110,000 | 0 | |
| | 日本内閣府連合会会費 | | 100,000 | 100,000 | 0 | |
| | 共済分担金 | | 10,000 | 10,000 | 0 | |
| 雑費 | 雑費 | | 150,000 | 100,000 | 50,000 | |
| | 雑費 | | 150,000 | 100,000 | 50,000 | |

| 大科目 | 中科目 | 小科目 | 予算額 | 前年度 予算額 | 増減 | 備考 |
|----------|----------|-----|------------|------------|-----------|-------------|
| 出版事業費 | 会誌刊行費 | | 342,000円 | 368,000円 | △ 26,000円 | |
| | 会誌刊行費 | | 70,000 | 90,000 | △ 20,000 | |
| | 会誌刊行費 | | 70,000 | 90,000 | △ 20,000 | |
| | 会誌刊行費 | | 34,000 | 286,000 | 60,000 | |
| | 会誌刊行費 | | 34,000 | 236,000 | 110,000 | |
| | 会誌刊行費 | | 0 | 50,000 | △ 50,000 | |
| | 会誌刊行費 | | 2,600,000 | 2,900,000 | △ 300,000 | |
| | 会誌刊行費 | | 2,600,000 | 2,600,000 | 0 | 4回刊行 |
| | 会誌刊行費 | | 0 | 300,000 | △ 300,000 | |
| | 会誌刊行費 | | 410,000 | 410,000 | 0 | |
| | 会誌刊行費 | | 410,000 | 410,000 | 0 | |
| 集会事業費 | 会費収入 | | 2,192,000 | 2,325,000 | △ 133,000 | |
| | 会費収入 | | 180,000 | 80,000 | 100,000 | |
| | 会費収入 | | 180,000 | 80,000 | 100,000 | |
| | 会費収入 | | 21,000 | 18,000 | 3,000 | |
| | 会費収入 | | 21,000 | 18,000 | 3,000 | |
| | 会費収入 | | 48,000 | 113,000 | △ 65,000 | |
| | 会費収入 | | 18,000 | 13,000 | 5,000 | |
| | 会費収入 | | 30,000 | 100,000 | △ 70,000 | |
| | 会費収入 | | 432,000 | 551,000 | △ 119,000 | |
| | 会費収入 | | 54,000 | 88,000 | △ 34,000 | |
| | 会費収入 | | 162,000 | 162,000 | 0 | |
| | 会費収入 | | 54,000 | 58,000 | △ 4,000 | |
| | 会費収入 | | 72,000 | 123,000 | △ 51,000 | |
| | 会費収入 | | 90,000 | 120,000 | △ 30,000 | |
| 印刷製本費 | 印刷製本費 | | 380,000 | 300,000 | 80,000 | |
| | 印刷製本費 | | 200,000 | 150,000 | 50,000 | |
| | 印刷製本費 | | 180,000 | 150,000 | 30,000 | |
| 賃借料 | 事務所賃借料 | | 330,000 | 334,000 | △ 4,000 | |
| | 事務所賃借料 | | 30,000 | 30,000 | 0 | |
| | 事務所賃借料 | | 30,000 | 30,000 | 0 | |
| | 事務所賃借料 | | 120,000 | 124,000 | △ 4,000 | |
| | 事務所賃借料 | | 150,000 | 150,000 | 0 | |
| | 事務所賃借料 | | 406,000 | 464,000 | △ 58,000 | |
| | 事務所賃借料 | | 59,000 | 99,000 | △ 40,000 | |
| | 事務所賃借料 | | 67,000 | 85,000 | △ 18,000 | |
| | 事務所賃借料 | | 30,000 | 30,000 | 0 | |
| | 事務所賃借料 | | 250,000 | 250,000 | 0 | |
| 雑費 | 雑費 | | 395,000 | 465,000 | △ 70,000 | |
| | 雑費 | | 40,000 | 40,000 | 0 | |
| | 雑費 | | 35,000 | 30,000 | 5,000 | |
| | 雑費 | | 20,000 | 40,000 | △ 20,000 | |
| | 雑費 | | 200,000 | 185,000 | 15,000 | |
| | 雑費 | | 100,000 | 170,000 | △ 70,000 | |
| 調査研究費 | 調査研究費 | | 205,000 | 240,000 | △ 35,000 | |
| | 調査研究費 | | 125,000 | 155,000 | △ 30,000 | |
| | 調査研究費 | | 25,000 | 25,000 | 0 | |
| | 調査研究費 | | 20,000 | 20,000 | 0 | |
| | 調査研究費 | | 80,000 | 80,000 | 0 | |
| | 調査研究費 | | 0 | 30,000 | △ 30,000 | |
| 通信運搬費 | 通信運搬費 | | 20,000 | 25,000 | △ 5,000 | |
| | 通信運搬費 | | 15,000 | 20,000 | △ 5,000 | |
| | 通信運搬費 | | 5,000 | 5,000 | 0 | |
| 賃借料 | 事務所賃借料 | | 5,000 | 5,000 | 0 | |
| | 事務所賃借料 | | 5,000 | 5,000 | 0 | |
| 雑費 | 雑費 | | 55,000 | 55,000 | 0 | |
| | 雑費 | | 10,000 | 10,000 | 0 | |
| | 雑費 | | 5,000 | 5,000 | 0 | |
| | 雑費 | | 40,000 | 40,000 | 0 | |
| 貸付金 | 貸付金 | | 2,200,000 | 0 | 2,200,000 | 58年度末まで貸付け。 |
| | 貸付金 | | 2,200,000 | 0 | 2,200,000 | |
| | 貸付金 | | 2,200,000 | 0 | 2,200,000 | |
| 予備費 | 予備費 | | 100,000 | 100,000 | 0 | |
| | 予備費 | | 100,000 | 100,000 | 0 | |
| | 予備費 | | 100,000 | 100,000 | 0 | |
| 次期繰越収支差額 | 次期繰越収支差額 | | 1,064,239 | 1,389,822 | △ 325,583 | |
| | 次期繰越収支差額 | | 1,064,239 | 1,389,822 | △ 325,583 | |
| | 次期繰越収支差額 | | 1,064,239 | 1,389,822 | △ 325,583 | |
| 支出合計 | | | 16,172,239 | 14,609,822 | 1,562,417 | |

3. 国際会議特別会計

(自 昭和56年4月1日 至 昭和57年3月31日)

| 大科目 | 中科目 | 小科目 | 予算額 | 前年度 予算額 | 増減 | 備考 |
|----------|----------|-----|-----------|------------|------------|------------|
| 引当金取崩収入 | 引当金取崩収入 | | 0円 | 616,700円 | △ 616,700円 | |
| | 引当金取崩収入 | | 0 | 616,700 | △ 616,700 | |
| | 引当金取崩収入 | | 0 | 616,700 | △ 616,700 | |
| 借入金収入 | 借入金収入 | | 2,200,000 | 0 | 2,200,000 | 一般会計よりの借入金 |
| | 借入金収入 | | 2,200,000 | 0 | 2,200,000 | |
| | 借入金収入 | | 2,200,000 | 0 | 2,200,000 | |
| 前期繰越収支差額 | 前期繰越収支差額 | | 496,988 | 0 | 496,988 | |
| | 前期繰越収支差額 | | 496,988 | 0 | 496,988 | |
| | 前期繰越収支差額 | | 496,988 | 0 | 496,988 | |
| 収入合計 | | | 2,696,988 | 616,700 | 2,080,288 | |

12 支出の概

| 大科目 | 勘定科目 | 小科目 | 予算額 | 前年度予算額 | 増減 | 備考 |
|-----|----------|-----|------------|------------|----------|------------------|
| 管理費 | 給料手当 | | 1,440,000円 | 1,310,000円 | 130,000円 | 臨時雇賃金 |
| | 給料 | | 700,000 | 0 | 700,000 | |
| | 給料 | | 700,000 | 0 | 700,000 | |
| | 会議費 | | 316,400 | 78,000 | 238,400 | |
| | 準備委員会費 | | 238,400 | 78,000 | 158,400 | |
| | 総務委員会費 | | 80,000 | 0 | 80,000 | |
| | 通信運搬費 | | 33,600 | 15,000 | 18,600 | |
| | 準備委員会通信費 | | 11,600 | 15,000 | △ 1,400 | |
| | 総務委員会通信費 | | 20,000 | 0 | 20,000 | |
| | 印刷費 | | 50,000 | 30,000 | 20,000 | |
| 経費 | 印刷費 | | 50,000 | 30,000 | 20,000 | |
| | 賃借料 | | 240,000 | 0 | 240,000 | 一般会計事務所用賃借料の一部負担 |
| | 事務所賃借料 | | 240,000 | 0 | 240,000 | |
| | 雑費 | | 100,000 | 7,000 | 93,000 | |
| | 雑費 | | 100,000 | 7,000 | 93,000 | |

| 勘定科目 | | | | 予算額 | 前年度 予算額 | 増減 | 備考 |
|--------------|----------|-----|-----------------|-----------|------------|-----------|----|
| 大科目 | 中科目 | 小科目 | | | | | |
| 国庫金通 過金費 | アンケート費 | | | 150,000 | 100,000 | 50,000 | |
| | | | | 150,000 | 100,000 | 50,000 | |
| | | | アンケート資料費 製作費 | 100,000 | 50,000 | 50,000 | |
| | | | アンケート資料費 送料費 | 50,000 | 50,000 | 0 | |
| | | | | 500,000 | 0 | 500,000 | |
| 予備費 | 予備費 | | | 500,000 | 0 | 500,000 | |
| | | | | 500,000 | 0 | 500,000 | |
| | | | | 500,000 | 0 | 500,000 | |
| 次期繰越 収支差額 | 次期繰越収支差額 | | | 606,988 | 386,700 | 220,288 | |
| | | | | 606,988 | 386,700 | 220,288 | |
| | | | 次期繰越収支差額 | 606,988 | 386,700 | 220,288 | |
| 支出合計 | | | | 2,696,988 | 616,700 | 2,080,288 | |

〔 参 考 〕

基金及び各種引当金の状況

| 勘定科目 | 前年度末の金額 | 当年度の増減 | 当年度末の金額 |
|----------|------------|----------------|------------|
| 基金 | 6,014,266円 | 0円 | 6,014,266円 |
| 事務所経費引当金 | 2,200,000 | △ 2,200,000(注) | 0 |
| 退職給付引当金 | 1,300,000 | 200,000 | 1,500,000 |

(注) 繰り越しの上一般会計に繰り入れ(国庫金通算会計への貸付付与)。

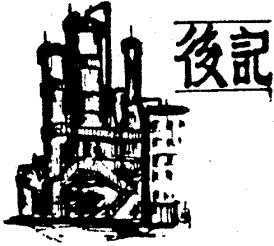
第6期(昭和56年度)監事・評議員・役員候補者選挙結果

先に行われた標記選挙結果は下記の通りである。

○監 事

(五十音順、敬称略)

| 番号 | 氏 名 | 勤 務 先 | 番号 | 氏 名 | 勤 務 先 | 番号 | 氏 名 | 勤 務 先 |
|------------|-------|---------------|----|-------|-----------------|-----------|-------|-----------------|
| 1 | 入江 正彦 | ジャパニーマイナイトメタル | 31 | 寛 陽 | 防衛庁技術研究本部 | 65 | 藤江 邦男 | 日立製作所 |
| 2 | 佐藤 豪 | 慶応義塾大学 | 32 | 甲藤 好郎 | 東京大学 | 66 | 古浜 庄一 | 武蔵工業大学 |
| ○評議員・役員候補者 | | | 33 | 河田 修 | 富士電機製造 | 67 | 堀 昭史 | 高効率ガスタービン技術研究組合 |
| 1 | 青木 千明 | 石川島播磨重工業 | 34 | 木下啓次郎 | 日産自動車 | 68 | 本間 友博 | 東京芝浦電気 |
| 2 | 秋葉 雅史 | 東京芝浦電気 | 35 | 久保田道雄 | 日立製作所 | 69 | 松木 正勝 | 航空宇宙技術研究所 |
| 3 | 浅沼 強 | 東海大学 | 36 | 窪田 雅男 | 機械振興協会 | 70 | 三輪 国男 | 大分工業大学 |
| 4 | 荒木 鶴 | 石川島播磨重工業 | 37 | 小泉 磐夫 | 東京電機大学 | 71 | 三輪 光砂 | 日立造船 |
| 5 | 有賀 一郎 | 慶応義塾大学 | 38 | 小竹 進 | 東京大学 | 72 | 水町 長生 | 千葉工業大学 |
| 6 | 安藤 常世 | 慶応義塾大学 | 39 | 小茂鳥和生 | 慶応義塾大学 | 73 | 宮内 淳二 | 三菱自動車工業 |
| 7 | 井口 泉 | 福井工業大学 | 40 | 神津 正男 | 防衛庁技術研究本部 | 74 | 宮岡 貞隆 | 電力中央研究所 |
| 8 | 伊藤 英寛 | 東北大学 | 41 | 佐藤 晃 | トヨタ自動車工業 | 75 | 宮地 敏雄 | 航空宇宙技術研究所 |
| 9 | 伊藤 源嗣 | 石川島播磨重工業 | 42 | 佐藤玉太郎 | 日本鋼管 | 76 | 宮部 英也 | 明治大学 |
| 10 | 飯島 孝 | 石川島播磨重工業 | 43 | 沢田 照夫 | 大阪府立大学 | 77 | 村井 等 | 青山学院大学 |
| 11 | 飯田庸太郎 | 三菱重工業 | 44 | 堀内 淳平 | 東京大学 | 78 | 村尾 麟一 | 青山学院大学 |
| 12 | 生井 武文 | 九州大学 | 45 | 須之部量寛 | 東京理科大学 | 79 | 村田 通 | 大阪大学 |
| 13 | 石谷 清幹 | 大阪大学 | 46 | 鈴木 邦男 | 機械技術研究所 | 80 | 森 康夫 | 東京工業大学 |
| 14 | 一井 博夫 | 東京芝浦電気 | 47 | 妹尾 泰利 | 九州大学 | 81 | 矢野 義 | 三菱重工業 |
| 15 | 一色 尚次 | 東京工業大学 | 48 | 田中 英樹 | 東京大学 | 82 | 山内 正男 | 宇宙開発事業団 |
| 16 | 今井兼一郎 | 石川島播磨重工業 | 49 | 高瀬謙次郎 | 小松製作所 | 83 | 山本 巖 | 川崎重工業 |
| 17 | 今竹 忠己 | 三菱重工業 | 50 | 高田 浩之 | 東京大学 | 84 | 吉開 勝義 | 高効率ガスタービン技術研究組合 |
| 18 | 宇多小路豊 | 三菱重工業 | 51 | 高原 北雄 | 航空宇宙技術研究所 | 85 | 吉識 晴夫 | 東京大学 |
| 19 | 浦田 星 | 日立製作所 | 52 | 竹矢 一雄 | 三菱重工業 | 次点 | | |
| 20 | 円城寺 一 | 東京芝浦電気 | 53 | 辻 高弘 | 高効率ガスタービン技術研究組合 | 1 | 松尾 芳郎 | 日本航空 |
| 21 | 小笠原光信 | 関西大学 | 54 | 豊倉富太郎 | 横浜国立大学 | 2 | 酒井 俊道 | 東京理科大学 |
| 22 | 近江 敏明 | 小松ハフメット | 55 | 鳥崎 忠雄 | 航空宇宙技術研究所 | 3 | 荒木 達雄 | 東京芝浦電気 |
| 23 | 橋本 康夫 | 日立製作所 | 56 | 中川 良一 | 日産自動車 | 投票総数 584票 | | |
| 24 | 大塚新太郎 | 名古屋大学 | 57 | 永井 康男 | 三菱重工業 | 評 議 員 監 事 | | |
| 25 | 大槻 幸雄 | 川崎重工業 | 58 | 永野 治 | 石川島播磨重工業 | 有効票 | 578 | 555 |
| 26 | 大橋 秀雄 | 東京大学 | 59 | 西尾 健二 | 航空宇宙技術研究所 | 無効票 | 4 | 14 |
| 27 | 大東 俊一 | 摂南大学 | 60 | 藤山 真治 | 東京大学 | 白 票 | 2 | 15 |
| 28 | 岡崎 卓郎 | 日本大学 | 61 | 八田 桂三 | 航空事故調査委員会 | | | |
| 29 | 岡村 健二 | 慶和海洋開発 | 62 | 浜中 全美 | 石川島播磨重工業 | | | |
| 30 | 表 義則 | 三井造船 | 63 | 平田 賢 | 東京大学 | | | |
| | | | 64 | 平山 直道 | 東京都立大学 | | | |



後記

編集理事 久保田 道 雄

本号は6月号の恒例の新会長の御挨拶、ガスタービン統計委員会の資料と共に、主として産業用ガスタービンにかかわりの深いエネルギー関連工業におけるガスタービンの解説を中心にまとめました。

1973年の第一次石油危機以来高騰しつづける石油の価格と石油依存率の低減目標達成のため石油系燃料よりの転換が各方面で行われ、ガスタービン業界にとっても次の如く大きな影響があります。

- 1) 天然ガスパイプライン、LNGプラント、LPGプラントの急速な建設とこれに伴うコンプレッサ駆動用ガスタービンの大巾需要増加
- 2) LNG、LPG のわが国への輸入増加に伴い、これを燃料として省エネルギーを目指した本格的な1000MWクラス大容量のコンバインドサイクルプラントが計画されつつある
- 3) 石炭のガス化、液化、又は石炭の流動床燃焼炉をもった石炭焚ガスタービンなどに対応する石炭利用ガスタービンの技術開発(ASMEの本年のガスタービン会議の報告にも多数出されている)

このように最近のエネルギー事情により先進国においては単純な軽灯油焚発電用ガスタービンの

需要は極めて少なくなったが、上記の如くより広い分野で今後ますますガスタービンの活躍が期待される場が多くなっている。

このような背景のもとに本号ではガス工業におけるガスタービンについて実際に多くのプラントを建設されている日揮㈱の横田氏に巾広い視野より解説していただきました。原油焚大容量ガスタービンの運転実績の紹介を日立製作所の石野、西嶋両氏にさせていただきました。原油焚は石油精製能力の限られている中近東で今後より広く用いられると共に時来の石油液化による重質油燃焼にも参考になるものと考えられます。

富士電機の河田氏にはガスタービン学会の総会で行われたASMEガスタービン会議およびIEAの省エネルギー国際会議の報告のパネル討議をまとめていただきました。

これらの最近の話題を解説していただき、編集担当として厚く御礼申し上げます。

尚日本における石炭ガス化発電についてもとりあげるべく計画を致しましたが、まだかなり流動的であるためもう少し具体化してからと今回は見送りました。

次号よりは56年度の新編集担当によって行われますが、会員の皆様より特に技術論文の投稿をお願い致します。

56年度入会者名簿

(昭和56年5月29日現在)

- 正会員** 杉山洋吉(防衛庁) 中山満茂(群馬大学) 福山博之(川崎重工業㈱) 木下史郎(神戸製鋼所㈱)
川島康通(富士電機エルメス㈱) 久山利之(川崎重工業㈱) 戸松 博(新日本製鉄㈱)
山田 朗(新日本製鉄㈱) 高橋邦男(新日本製鉄㈱) 小川博史(ヤンマーディーゼル㈱)
山本義朗(㈱ニュートリノ) 関 博之(東京電力㈱) 中村博美(東亜燃料工業㈱)
樋口英雄(三菱重工業㈱) 広瀬定康(通産省資源エネルギー庁) 鈴木洋一(三菱重工業㈱)
川崎要造(金属材料技術研究所) 小泉 裕(金属材料技術研究所) 原田広史(金属材料技術研究所)
和田泰治(新潟工事㈱) 和田弘房(旭エンジニアリング㈱) 赤塚賢次(大協石油㈱)
大塚信吾(㈱神戸製鋼所) 吉田謙一(日産自動車㈱) 三巻利夫(電力中央研究所)
田中俊男(防衛庁) 岩谷琢哉(石川島播磨重工業㈱) 長島利夫(東京大学) 横田伸夫(日揮)
田島清瀬(早大) 遠藤康彦(旭硝子㈱) 中西健一(三菱重工㈱)
- 学生会員** 川村 敦(大分工業大学) 槇原伸一(防衛大学) 山口真次(大分工業大学)
- 賛助会員** NTN東洋ベアリング㈱ 京都セラミック㈱ 石川島精密鑄造㈱ 大同特殊鋼㈱
航空機用ジェットエンジン技術研究組合 日本電装㈱ 久保田鉄工㈱

56年度 会費納入のお願い

今年度もまた会費納入の時期となりました。56年度正会員会費3000円、学生会員1000円です。

未納の方は下記の送金方法で事務局宛お送り下さい。

- 銀行振込 (必ず個人名を連絡のこと)
 - ・ 富士銀行：新宿支店 普通Na 503141
- 郵便振替
東京7-179578
- 現金書留

〒160 新宿区新宿3-17-7 紀伊国屋ビル8階
(社)日本ガスタービン学会 事務局

56年度入会者名簿

(昭和56年5月29日現在)

- 正会員** 杉山洋吉(防衛庁) 中山満茂(群馬大学) 福山博之(川崎重工業㈱) 木下史郎(神戸製鋼所㈱)
川島康通(富士電機エルメス㈱) 久山利之(川崎重工業㈱) 戸松 博(新日本製鉄㈱)
山田 朗(新日本製鉄㈱) 高橋邦男(新日本製鉄㈱) 小川博史(ヤンマーディーゼル㈱)
山本義朗(㈱ニュートリノ) 関 博之(東京電力㈱) 中村博美(東亜燃料工業㈱)
樋口英雄(三菱重工業㈱) 広瀬定康(通産省資源エネルギー庁) 鈴木洋一(三菱重工業㈱)
川崎要造(金属材料技術研究所) 小泉 裕(金属材料技術研究所) 原田広史(金属材料技術研究所)
和田泰治(新潟工事㈱) 和田弘房(旭エンジニアリング㈱) 赤塚賢次(大協石油㈱)
大塚信吾(㈱神戸製鋼所) 吉田謙一(日産自動車㈱) 三巻利夫(電力中央研究所)
田中俊男(防衛庁) 岩谷琢哉(石川島播磨重工業㈱) 長島利夫(東京大学) 横田伸夫(日揮)
田島清瀬(早大) 遠藤康彦(旭硝子㈱) 中西健一(三菱重工㈱)
- 学生会員** 川村 敦(大分工業大学) 槇原伸一(防衛大学) 山口真次(大分工業大学)
- 賛助会員** NTN東洋ベアリング㈱ 京都セラミック㈱ 石川島精密鑄造㈱ 大同特殊鋼㈱
航空機用ジェットエンジン技術研究組合 日本電装㈱ 久保田鉄工㈱

56年度 会費納入のお願い

今年度もまた会費納入の時期となりました。56年度正会員会費3000円、学生会員1000円です。

未納の方は下記の送金方法で事務局宛お送り下さい。

- 銀行振込 (必ず個人名を連絡のこと)
 - ・ 富士銀行：新宿支店 普通Na 503141

- 郵便振替

東京7-179578

- 現金書留

〒160 新宿区新宿3-17-7 紀伊国屋ビル8階

(社)日本ガスタービン学会 事務局

学 会 誌 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事を依頼するもので、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440字詰のものを使用する。
5. 学会誌は刷上り1頁約1900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
日本ガスタービン学会事務局
(Tel 03-352-8926)

自 由 投 稿 規 定

1. 投稿原稿の採否は編集委員会で決定する。
2. 原稿料は支払わない。
3. 投稿は随時とする。ただし学会誌への掲載は投稿後6～9ヶ月の予定。
4. 原稿執筆要領については事務局に問合せること。

技 術 論 文 投 稿 規 定

1. 投稿原稿は次の各項に該当すること。
 - 1) 投稿論文は著者の原著で、ガスタービン技術に関するものであること。
 - 2) 投稿論文は日本語に限る。
 - 3) 投稿論文は本学会以外の刊行物に未投稿で、かつ本学会主催の講演会（本学会との共催講演会を含む）以外で未発表のものに限る。
2. 投稿原稿の規定頁数は原則として8頁以内とする、但し1頁につき10,000円の著者負担で4頁以内の増頁をすることができる。
3. 投稿原稿は正1部、副2部を提出すること。
4. 投稿原稿は原稿執筆要領に従うこと。尚、投稿論文の採否は本学会に一任願います。

日 本 ガ ス タ ー ビ ン 学 会 誌

第 9 卷 第 3 3 号

昭和56年 6 月10日

編 集 者 谷 田 好 通

発 行 者 井 口 泉

(社)日本ガスタービン学会

〒160 東京都新宿区新宿3丁目17の7

紀伊国屋ビル(財)慶応工学会内

TEL (03) 352-8926

振替 東京179578

印刷所 日青工業株式会社

東京都港区西新橋2の5の10

TEL (03) 501-5151

非 売 品

the gas turbine division newsletter



April, 1981

Awards Presented for Outstanding Service T. E. Stott Receives Highest Honor

Recognition for outstanding service to the Gas Turbine Division and achievements in the gas turbine technology field was rendered at the Division's Executive Committee Dinner Meeting during the 1981 International Gas Turbine Conference and Exhibit in Houston. The following presentations were made:

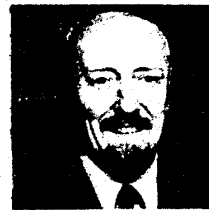
- The R. Tom Sawyer Award to Thomas E. Stott, Stal Laval, Inc. for service to the ASME Gas Turbine Division and outstanding achievements in the application of gas turbines to marine and industrial installations; presented by Charles E. Jones, President, ASME.
- ASME Fellow Award to Clifford E. Seglem, Westinghouse Electric Corporation; presented by Charles E. Jones, President, ASME.
- Gas Turbine Division Past Chairman Award to Edward S. Wright, Deere and Company; presented by Charles E. Jones, President, ASME.
- Awards to Past GTD Technical Committee Chairmen; presented by A. J. Wennerstrom, GTD Chairman:
John Lanning - Ceramics Committee
Anthony Pietsch - Closed Cycles Committee
Geoffrey R. Hanlon - Controls Committee

Walter F. O'Brien - Education Committee
Mikio Suo - Heat Transfer Committee
Richard P. Schmitt - Manufacturing Materials & Metallurgy Committee
T. B. Lauriat - Marine Committee
Trevor Albone - Pipeline & Applications Committee
Franklin O. Carta - Structures & Dynamics Committee
William G. Steltz - Turbomachinery Committee.



Tom Stott responds after receiving the ASME R. Tom Sawyer Award at the 1981 International Gas Turbine Conference and Exhibit. Shown in the background is R. Tom Sawyer.

Arthur J. Wennerstrom, Chairman, Comments on the 1981 International Gas Turbine Conference and Exhibit



Arthur J. Wennerstrom

The 26th International Gas Turbine Conference and Exhibit exceeded our most optimistic projections for success in this year of tightened travel budgets and reduced spending. Over 3,500 people registered before it was over; this is a new record for a domestic event. The strong technical program generated record paper sales and exhibitors had more positive comments to make on the Conference and Exhibit this year than at any time within my experience.

I would like to compliment and thank all exhibitors for the high standards of their exhibits, and to thank all authors, session organizers, and reviewers whose combined

...continued

SPECIAL REPORT

The 26th International Gas Turbine Conference and Exhibit March 8-12, 1981, Houston, Texas

- ★ The 1981 Conference and Exhibit broke the all-time attendance record for any Gas Turbine Conference and Exhibit ever held in the United States with **3595 persons registering**.
- ★ The 1981 Gas Turbine Exhibit broke the all-time exhibit space sales income record for the ASME Gas Turbine Division.
- ★ 127 companies and organizations exhibited at the 1981 Gas Turbine Exhibit.
- ★ 1850 registrants represented companies, organizations or agencies which have used or specified gas turbine engines. This means 51% of the total attendance represented gas turbine user organizations.
- ★ 454 registrants or 13% of the total were from countries other than the United States. Therefore, the ASME Gas Turbine Conference and Exhibit is truly an international event.
- ★ A total of 450 Presidents, Vice-Presidents, General Managers, Directors and Chief Engineers registered.

ASME GAS TURBINE DIVISION
THE INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER
6065 Barfield Road • Suite 218 • Atlanta, Georgia 30328 • 404/256-1744

Continued from Page 1

efforts under the orchestration of Dave Nealy, Program Chairman, and Alek Mikolajczak, Review Chairman, produced an outstanding technical program.

In the absence of the usual conference banquet this year, the awards were presented at the Executive Committee Dinner following the Early Bird Reception on Sunday. For the awards and for several days thereafter, the Gas Turbine Division was honored by the participation of Charles E. Jones, President of ASME, and James R. Jones, Vice President of the Power Department.

A highlight of the Executive Committee Dinner was a slide illustrated talk by Eugene Zeltmann of the General Electric Company, who spoke on the subject of legislative and regulatory affairs affecting the gas turbine industry. The Gas Turbine Division is presently giving consideration to forming a new technical committee to deal with this particular subject, and the talk formed excellent background for this new action by the Division.

We return to London in 1982 for the 27th International Gas Turbine Conference and Exhibit and I hope each and every one of you reading this NEWSLETTER is planning to be with us.



J. R. Jones, V.P. of the Power Department, (shown on right) presents the GTD Past Chairman Award to E. S. Wright at the 1981 International Gas Turbine Conference and Exhibit.

PERRY W. PRATT (1915-1981)

It is with deep regret we report the passing of Perry W. Pratt, retired Vice President and Chief Scientist for United Technologies, Inc., East Hartford, Connecticut.

As an engine designer for United Technologies, he made key contributions to the development of jet propulsion. He joined the company as a test engineer in 1937 and was project engineer for the R-2800 Double Wasp engine. He became head of the technical and research section of the gas turbine department when Pratt & Whitney Aircraft Group moved into the jet engine field after the war. He helped develop the company's jet engines and rose to Chief Engineer in 1952 and to Engineering Manager in 1957. In 1958, he was appointed to the new post of Vice President and Chief Scientist for the parent company. He retired in 1972.

CALL FOR PAPERS

27th International Gas Turbine Conference and Exhibit Wembley Conference Centre, London, England April 18-22, 1982

The 27th International Gas Turbine Conference and Exhibit will be held April 18-22, 1982, at the Wembley Conference Centre, London, England. This conference, jointly sponsored by the ASME Gas Turbine Division and the Institution of Mechanical Engineers in England, has become a prominent forum for the international exchange of technical and product information on gas turbines.

Papers are invited concerning all aspects of gas turbine technology including research and development, education, system concepts, application and operational experience. Papers of interest to gas turbine users are particularly encouraged.

Authors wishing to submit a paper should forward an abstract, by June 1, 1981, to the appropriate Gas Turbine Division technical committee chairman, if known, or to the Program Chairman: Dr. Walter F. O'Brien, Jr., Professor of Mechanical Engineering, Virginia Polytechnic Institute, Blacksburg, VA 24061; (703) 961-7191.

Completed manuscripts must be received by the session organizer or technical committee chairman no later than September 1, 1981. All papers submitted will be reviewed in accordance with established ASME Gas Turbine Division policy and procedures.

Some of the more specific Technical Committee interests and organizers are listed below:

Coal Utilization Committee: Papers are solicited encompassing all aspects of coal or coal-derived fuel use in gas turbine systems. Particular areas of interest include: coal-derived low-BTU gas and liquid fuels, combined cycle systems, high temperature turbines, direct coal-fired systems including fluidized bed and closed cycle systems, performance, economics and emissions. Contact or send abstracts to: John S. Clark, NASA Lewis Research Center, MS 500-202, 21000 Brookpark Road, Cleveland, Ohio 44135; Telephone: (216) 433-4000.

Closed Cycle Committee: This Committee's plans include six session topics: Turbomachinery and Components, Fossil and Cogeneration Systems, Nuclear Gas Turbines, Alternative Heat Sources and New Applications, Past Experience and Future Prospects, Heater and Heat Exchangers. Please contact: Simion C. Kuo, United Technologies Research Center, East Hartford, CT 06108; Telephone: (203) 727-7258.

Electric Utilities Committee: Contact or send abstracts to: Sylvester Lombardo, Power Systems Division, Curtiss-Wright Corporation, Wood-Ridge, NJ 07075, Telephone: (201) 777-2900.

Turbomachinery Committee: At least six sessions are planned. The following lists the session topic and the organizer to contact:

★ Unsteady Flow Effects in Turbomachinery; contact Professor E. M. Greitzer, Department of Aeronautics & Astronautics, Massachusetts Institute of Technology (31-267), Cambridge, MA 02139; Telephone: (617) 253-2128.

★ Turbomachine Blade Boundary Layers and Wakes; contact Dr. L. S. Langston, Department of Mechanical Engineering, The University of Connecticut, Storrs, CT 06268; Telephone: (203) 486-4884.

★ Advances in Computational Fluid Mechanics of Turbomachinery; Dr. W. D. McNally, Chief, Computational Fluid Mechanics Branch, M.S. 5-9, NASA Lewis Research Center, Cleveland, Ohio 44135; Telephone: (216) 433-4000.

★ Turbomachinery Performance Losses from Imperfections in Hardware; A. W. Stubner, United Technologies Corporation, Pratt & Whitney Aircraft Division, 400 Main Street - Engineering EB-2H, East Hartford, CT 06108; Telephone: (203) 565-7167.

★ Turbomachinery Performance Improvement Through Unconventional Design Features; Paul Hermann, Sunstrand Corporation, 4751 Harrison Avenue, Rockford, IL 61101; Telephone: (815) 226-6767.

★ Radial Flow Turbomachinery Aerodynamics; Colin Rodgers, Turbomachinery Division of Solar Turbines International, 4400 Ruffin Road, San Diego, CA 92123; Telephone: (714) 238-8632.

Paper offerings not directly applicable to the above topics should be submitted to: Professor T. H. Okiishi, Mechanical Engineering Department, Iowa State University, Ames, Iowa 50011; Telephone: (515) 294-2022.

European authors may obtain green sheet forms from: Dr. F. S. Bhinder, School of Engineering, The Hatfield Polytechnic Institute, P.O. Box 109, College Lane, Hatfield, Herts AL10 9AB, Great Britain.

Structures & Dynamics Committee: This committee is sponsoring eight sessions and authors interested in presenting papers should send abstracts to the following chairmen:

★ Flutter and Vibration; Mr. Frank O. Carta, United Technologies Research Center, Mail Stop 16, Silver Lane, East Hartford, CT 06108; Telephone: (203) 727-7355.

★ Dampers; Dr. Joseph Palladino, General Electric Co., Aircraft Engine Group, Mail Stop 240 G7, 1000 Western Avenue, Lynn, MA 01910; Telephone: (617) 594-4784.

★ Applications of Composites for Gas Turbines; Mr. James T. Dixon, Pratt & Whitney Aircraft, GPD R-47, P.O. Box 2691, West Palm Beach, FL 33402; Telephone: (305) 840-4357.

★ Structural & Dynamic Design Optimization; Dr. Christos C. Chamis, NASA Lewis Research Center, Mail Stop 49-6, 21000 Brookpark

Road, Cleveland, Ohio, 44135; Telephone: (216) 433-4000.

★ Rotor Dynamics I; Mr. David Hibner, Pratt & Whitney Aircraft, CPD ENG. EB 3S3, 400 Main Street, East Hartford, CT 06108; Telephone: (203) 565-2238.

★ Rotor Dynamics II; Mr. William Parker, Detroit Diesel Allison, P.O. Box 894, Indianapolis, IN 46206; Telephone: (317) 242-4315.

★ Study State Stress; Dr. Kemal Arin, General Electric Co., Gas Turbine Division, Building 53-332, Schenectady, N.Y. 12345; Telephone: (518) 385-9646.

★ Life/Durability Test Assessment; Mr. Ralph E. Grimm, USAF ASD, ENFP, Wright Patterson AFB, Ohio, 45433; Telephone: (513) 255-2900.

For further information on the sessions or inquiries on topics, please contact the GTD Structures & Dynamics Committee Chairman: Dr. H. A. Nied

General Electric Co.

Corporate Research and Development Building 5, Room 245

Schenectady, N.Y. 12345

(518) 385-5794

Heat Transfer Committee: Authors are invited to submit abstracts for papers dealing with recent experiments and/or analytical studies relating to gas turbine heat transfer. Appropriate topics for these sessions might include, but are not restricted to: Cooled Turbine Experiments, Experimental Methods, Heat Transfer and Metal Temperature Analysis, Internal Flow Analysis and/or Experiments, Film Cooling Experiments and Analysis, Boundary Layer Heat Transfer Analysis, Internal and External Heat Transfer Experiments and Analysis.

Inquiries, abstracts, and manuscripts should be forwarded to:

Dr. Alexander Brown, Dept. of Mechanical Engineering & Engineering Production, UWIST, King Edward VII Avenue, Cardiff, United Kingdom, CF1 3NU; Telephone: 0222-42522

David M. Kercher, Gas Turbine Products Division, Building 53-415, General Electric Co., Schenectady, N.Y. 12345; Telephone: (518) 385-1063.

GTD Combustion & Fuels Committee's Best Paper Award

According to George Opdyke, Chairman, 1980 Best Paper Subcommittee, the GTD Combustion & Fuels Committee has honored W. S. Blazowski, A. F. Sarofim and J. C. Keck with its 1980 BEST PAPER AWARD. The paper was presented at the 1980 International Gas Turbine Conference in New Orleans and was entitled, "The Interrelationship Between Soot and Fuel NOx Control in Gas Turbine Combustors".

ASME Local Section Sponsors GT Activities

About six or eight months ago, several people headed by Lew Broadbent asked the ASME Los Angeles Section to sponsor a local gas turbine committee. This they did, and on February 11, 1981, the committee held its fourth meeting of the 1980-81 year. Lou Fougere of Fern Engineering spoke on "The Development of a New High Efficiency Gas Turbine System".

Each of the four meetings has drawn well. The meeting on February 18 had slightly under a hundred persons, but each of the previous three have drawn between 100 and 125 people. The intent is to have two additional programs this year, one in April and one in May.

Los Angeles Local Section Gas Turbine Committee: Director, Lewis L. Broadbent, P.E. ARCO Oil and Gas Company, Pasadena, CA; Assistant Director, John Speller, Rolls Royce Inc., North Hollywood, CA; Phillip Ruggles, Ralph M. Parsons Co., Pasadena, CA; Treasurer, Sidney G. Liddle, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA; Program Chairman, William R. Revere, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA; Assistant Program Chairman, Parker M. Bartlett, The Garrett Corporation, Los Angeles, CA; Membership Chairman, Chuck M. Lugwigen, Ingersoll Rand, Los Angeles, CA; Assistant Membership Chairman, John A. Langford, Westland Engineering, Santa Ana, CA; Publicity Chairman, Ron Walecki, The Garrett Corporation, Los Angeles, CA; Assistant Publicity Chairman, Milt Bracy, Los Angeles Department of Water & Power, Los Angeles, CA.

The ASME Gas Turbine Division's Executive Committee is interested in receiving feedback on any other ASME Local Sections which have Gas Turbine Committees. If any are known, please contact the INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER in Atlanta.

GTD Electric Utilities Committee Seeks Increased Membership

Andrew J. Auld (Westinghouse) and Peter H. Gilson (Gibbs and Hill) will be the new Chairman and Vice-Chairman, respectively, of the Electric Utilities Committee. They expect to be increasing the membership of their Committee and are particularly seeking members from the utility or user sector of the industry. If you want to participate or suggest new members, please contact: Andrew J. Auld, Westinghouse Electric Corp. MS130, P.O. Box 251, Concordville, PA 19331; Phone (215) 358-4511 or Peter H. Gilson, Gibbs and Hill, Inc. 393 Seventh Ave., New York, NY 10001; Phone (212) 760-4124.

Thru The Years . . .

Tom Sawyer

Publisher Emeritus

(Editor's Note: Tom Sawyer continues his discussion on past Gas Turbine Division Chairmen.)



In 1957, the Gas Turbine Division Chairman was Tom J. Putz who was with Westinghouse in the Gas Turbine Department. In 1958, H. R. Hazard was Chairman. He has been with Battelle Memorial Institute in Columbus, Ohio

for many years; he is well versed on many subjects and a combustion specialist on gas turbines. In 1959, Bruce O. Buckland took over. He has been with General Electric at Schenectady, NY for many years and is still a consultant for them on gas turbines and related areas. The Chairman in 1960 was James H. Anderson, Jr. who has been a consultant and for many years has run his own company. This includes work on gas turbines and geothermal and sea thermal power systems.

Jack W. Sawyer was with the Navy for most of his career and was a big help to the Gas Turbine Division for many years as Executive Secretary and Exhibit Director. He has helped many with their jobs. In the last few years he has been Technical Editor of TURBO-MACHINERY PUBLICATIONS. He became Chairman at the WAM in December, 1960, but is listed for 1961-1962 because the next man in line was the first to be made Chairman on July 1. All of the Chairmen who followed served from July 1 to June 30 of the following year.

In 1962-1963 James O. Stephens became Chairman. He was with Westinghouse in Canada and now is retired. He was succeeded in 1963-1964 by Al A. Hafer, with General Electric in Schenectady, N.Y. In 1964-1965, it was Z. Stanley Stys who took over. He has been with Brown-Boveri mostly in the United States in Trenton, N.J. He is still very active with the gas and steam turbines as his company built the first big gas turbine.

In 1965-1966, Robert A. Harmon became Chairman. This was the first time the Conference was held outside the U. S. in Zurich, Switzerland. He is a consultant for MTI and many other companies primarily on gas turbines. He is also Editor of the GAS TURBINE DIVISION NEWSLETTER. In 1966-1967, the Chairman was A. Lou London, Professor at Stanford University for many years. His speciality is compact heat exchangers, particularly as applied to gas turbines. He is a recognized leader in his field.

This discussion will be continued in a later issue of the GTD NEWSLETTER.

1982 International Gas Turbine Conference and Exhibits

April 18-22, 1982
Wembley Conference Centre
London, England

1983 International Gas Turbine Conference and Exhibit

March 27-31, 1983
Civic Plaza
Phoenix, Arizona

New GTD Committee Appointments

The Gas Turbine Division's Executive Committee is pleased to announce appointment of the following new Technical Committee Chairmen who will serve from July 1, 1981 through June 30, 1983:

Aircraft Committee

Chairman Henry L. Morrow
Vice Chairman Frederick C. Glaser

Coal Utilization Committee

Chairperson Juliani Gatzoulis
Vice Chairman Winfred M. Crim

Combustion and Fuels Committee

Chairman George Opdyke
Vice Chairman Thomas A. Jackson

Electric Utilities Committee

Chairman Andrew J. Auld
Vice Chairman Peter H. Gilson

Process Industries Committee

Chairman Robert Hauck
Vice Chairman James E. Biles

Technology Resources Committee

Chairman Thomas A. Blatt
Vice Chairman Jesse O. Wiggins

Vehicular Committee

Chairman William I. Chapman
Vice Chairman Richard A. Johnson

I Mech E Announces Conference On Turbochargers

The Institution of Mechanical Engineers, London, will hold a conference at its headquarters on "TURBOCHARGING AND TURBOCHARGERS 1982", April 26-28, 1982.

Dr. E. Jenny, of Brown-Boveri & Company, Ltd. will deliver the conference's keynote address. To date, 29 papers have been commissioned. For additional information, contact R. S. Glynn, The Institution of Mechanical Engineers, 1 Birdcage Walk, Westminster, London, SW1H9JJ England.



the gas turbine division
newsletter

Volume 22, Number 2, April 1981

Published by the INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER, Gas Turbine Division, A.S.M.E., 6065 Barfield Road, Suite 218, Atlanta, Georgia 30328, U.S.A. (404/256-1744), Donald D. Hill, Director of Operations - Sue Collins, Administrative Assistant.

Chairman: Arthur J. Wennerstrom
Vice Chairman: Kenneth A. Teumer
Editor: Robert A. Harmon
Publisher Emeritus: R. Tom Sawyer

SERVICES AVAILABLE FROM THE INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER

- ★ The INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER produced a directory of technical papers from ASME Gas Turbine Division Conferences dating back to 1957. The directories are available without charge and individual papers may be purchased from the Center in Atlanta for \$5.00 each prepaid.
- ★ The INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER is now accepting requests for the 1981 ASME Gas Turbine Division Annual Technology Report. The Report is available from the Center in Atlanta and contains information on activities of companies and organizations involved in gas turbine technology or manufacturing. To receive your free copy, contact the INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER.
- ★ The 1980 ASME Gas Turbine Division Committee Roster was produced and distributed by the INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER and additional copies are available without charge. The Roster contains an alphabetical listing of committee members and their business addresses.

The INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER is sponsored by the ASME Gas Turbine Division and funded primarily with income received from Division activities such as the annual INTERNATIONAL GAS TURBINE EXHIBIT.

ASME GAS TURBINE DIVISION
THE INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER
6065 Barfield Road • Suite 218 • Atlanta, Georgia 30328 • 404/256-1744

FUTURE GAS TURBINE DIVISION CONFERENCES and EXHIBITS

1982 APRIL 18-22
Wembley Conference Centre
London, England

1983 MARCH 27-31
Civic Plaza
Phoenix, Arizona

EXECUTIVE COMMITTEE 1980-81

CHAIRMAN
ARTHUR J. WENNERSTROM
Aero Propulsion Lab (AFWAL/POT)
Wright Patterson AFB, Ohio 45433
615-255-7163/4738

VICE-CHAIRMAN
KENNETH A. TEUMER
Woodward Governor Company
1000 E. Drake Road
Fort Collins, Colorado 80525
303-482-5811

CHAIRMAN of CONFERENCES
NORMAN R. DIBELIUS
General Electric Co
1 River Road, Bldg. 55-322
Schenectady, N.Y. 12345
518-385-9674

REVIEW CHAIRMAN
A. A. MIKOLAJCZAK
United Technologies Corp.
1 Financial Plaza
Hartford, CT 06101
203-728-7834

FINANCE COMMITTEE & PAST CHAIRMAN
JOHN P. DAVIS
Transcontinental Gas Pipeline Corp.
P.O. Box 1388
Houston, Texas 77001
713-871-2348

DIRECTOR, OPERATIONS
DONALD D. HILL
International Gas Turbine Center
6065 Barfield Rd., #218
Atlanta, GA 30328
404-256-1744
ADMINISTRATIVE ASSISTANT
SUE COLLINS
404-256-1744

TREASURER
R. TOM SAWYER
P.O. Box 188
Ho-Ho-Kus, N.J. 07423
201-444-3718

OPERATIONS
ASSISTANT TREASURER
THOMAS E. STOTT
Baird-Lent, Inc.
625 Emerson Blvd.
Sewell, N.Y. 10623
614-662-4710

NEWSLETTER EDITOR
ROBERT A. HARMON
28 Schellen Drive
Latham, N.Y. 12110
518-785-6661

EXHIBIT MANAGER
ROBERT L. WHITENER
P.O. Box 17413
Dulles International Airport
Washington, D.C. 20041
703-471-6781
Telex: 899133

INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER
Gas Turbine Division
The American Society of Mechanical Engineers
6065 Barfield Road, Suite 218
Atlanta, Georgia 30328

ASME GAS TURBINE DIVISION

のご好意により複写の許可を得ました。