



技術者の生涯教育

石川島播磨重工(株) 今井 兼一郎

1. はじめに

1-1 プロフェッショナルとは 技術者(エンジニア)は、プロフェッショナルの1つと考えたい。プロフェッショナルとは何であろうか。職業野球選手などに使うときは、良く解っているつもりであるが、我々は学校でエンジニアリングを学び、それを生涯の職業と考えてきているが、一体何であろうか。プロフェッショナルについて、かなり受け入れられているのは、その本質として

- 知的技術の所有者、しかも
- 特殊な訓練、あるいは教育を受けた者であり且つ
- 社会のためのサービスを目的とする者でありしかも
- その担当する職業は、素人には遂行不可能なもの

で例えば医者、弁護士、聖職者、技術者等であるとされている⁽¹⁾

1-2 能力の変化 — プロフェッショナルとしての技術者の年代的な能力評価 この知的技術が、年の経過つまり二つの意味で

一つは 時代の経過

二つは 学校卒業後の経過年数

と共にどのように変わってきているかである。

感覚的なものであるが、学校で習得した技術的な知識の有用性の退化を、米国の例であるが1930年代の卒業生は、或る程度の努力をすることで大体定年迄トップレベルを維持し得たが、1980年代になると5年はもたないという風である。日本でもこの傾向は余り異ならないようである。

このことは、近年の技術進歩の早さにもかゝらず今も50年前も、学校で専門教育を受ける期間は、いずれも4年間でしかないの、その教育では、アメリカ的に職業教育を受けた者でも、不十分であるということであろう。

これは、いさゝか古いデータであるが、図1と図2を見ていただきたい。10年前の米国での調査

であるが、エンジニアと限っていないか一般に、統計的に、評価としての能力は35~40才でその人の最高になっていて、特別の人を除き、それ以後は低下気味になるというのである。

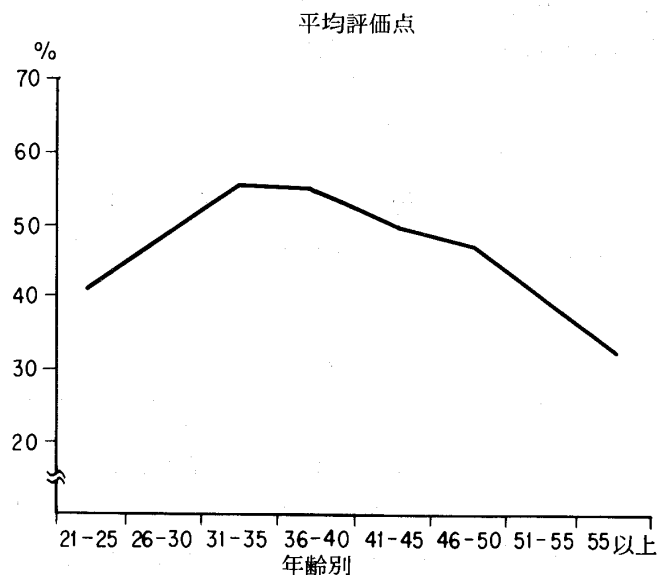


図 1

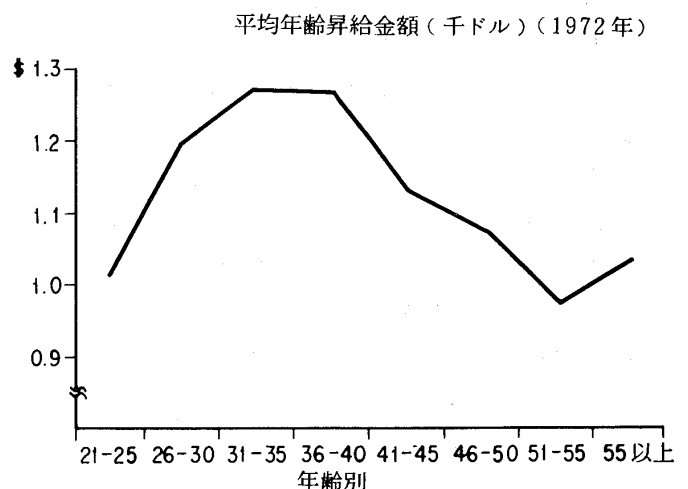


図 2

2. 日本の技術者の環境

また、最近おこっている、日本の技術者のまわりの大きな社会変化に、高令化、高学歴化がある。

2-1 日本の急激な高令化、高学歴化社会

その様子は、日本人の男女の平均寿命が表1に示すように23年間に24~25年も延びている。ヨーロッパでは、この平均寿命の延長に約200年を要している。日本では、更に延びると予想されている。この事は、定年を55~58才から60才に延長するなどしているが急激な調節を要する問題となっている。高学歴の変化は、表2の様にその年の就職者を100%として急激に大卒が増加している。25年位の間に、約4倍にもなっている。

表 1

1948年	男55.6才	女59.4才
1971年	男73.8才	女79.1才

表 2

	中卒	高卒	大卒
1960	5.4%	38.1%	7.9%(10万人)
1975	9.4%	56.2%	34.3%
1990(予定)	3.9%	55.9%	40.2%(51万人)

2-2 その問題点

この高学歴化、高令化は、日本の企業社会の中で

- 役職任命標準年令者の増加
- 能力のピークを過ぎた者の増加
- 若い人達に昇進おくれを印象づけ将来像を暗いものにしている

等の影響を与え出している。大学を出れば12~15年で課長、あとは部長……と出世階段を昇って行ける時代は終り、自啓自発やON THE JOB TRAINING でマネージメントの達人となり得る時代とは変って、大卒者のかなりが専門職の階段を上がり、踊場で一生を費やすことになりそうである。

2-3 昇進方法の追加

こゝで企業例にも、昇進を含めて多くの変化がおこってきている。まず1960年代からライン昇進とは別に、エンジニアに専門家としての昇進の

途を設けるなどしているが、決して満足を得ているとは思われない。

2-4 エンジニア教育 — 学校教育日米の差異

それはそれとして、エンジニアリングはエンジニアを一生さゝえるものと考え得るかどうか。

こゝで一つ、日本の学校教育を受けた技術者に考えてほしいことがある。日本の大部分の学校の工学部では、技術者たるに必要なエンジニアリング、サイエンスの基礎を十分に教えるが、プロフェッショナルなトレーニングや知識を与えることは二義的にしか考えておらず一般に企業側もプロフェッショナルに必要な教育は企業側ですとっている。アメリカではプロフェッショナルなトレーニングや知識も工科大学が十分ではないかもしれないが或る程度は与えるといっている。従って、我が国では学卒者に工学を身に着けさせるが、プロフェッショナルなものは学校以後に期待しているということであろう。このことは解っているようであるが、技術者自身が自覚しているかどうかである。

3. 技術者の生涯教育

今迄になく技術革新・進歩の極めて早いこの時代に、また、高令化、高学歴化の急激に進んでいる中で、我々日本のエンジニアは、生涯教育を今後どうしなくてはならぬかに、直面しているように思う。エンジニア自身は勿論、学校・官・企業が、これにどう対処しなくてはならぬかである。

3-1 米国訪問調査

来年9月、2週間程、米国の企業(IBM, GE, TRW), 学校(MIT, STANFORD), 官(NATIONAL SCIENCE FOUNDATION), 学会(THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS)訪問して、上記の問題を調査した。

まず、日本のエンジニア教育の現状を「プロフェッショナルとしての教育は企業に期待されていて、企業側はOFF THE JOB TRAININGでのSCHEDULEされた教育と、主としてMAN TO MANで行われるON THE JOB TRAININGによっている」と説明し

1) 米国のエンジニアが受ける学校教育・企業側教育について説明を受けたいこと。

2) エンジニアの生涯教育としての、学校・企

業・官・学会等の役割分担

3) エンジニアの INCENTIVE, MOTIVATIONとしての評価のあり方
を中心として調査してみた。その結果の主なものを述べると

3-2 大学教育

日 本	米 国
1) ENGINEERING SCIENCEなどENGINEERINGの基礎について理解を深めることを主としている。	この点は同じに考えるも
2) PROFESSIONAL KNOWLEDGE 及び TRAINING を与えることは二義的で会社がすること、考えている。	これについてはかなり違う。MITではSOME PROFESSIONAL KNOWLEDGE & TRAINING を与えることを努めているという。しかし世間ではMITの卒業生は “They are highly trained and skilled professionals deeply involved, psychological and intellectually in science and technology.” ⁽³⁾ と評価されている。

3-3 企業内教育

a) 担当事業部に限定されたニーズのため、事業部主催のコースを新入社員のために行う。

b) 全社共通ニーズ（主として管理関係）の専門的コースを行う。

c) 管理者に対し、エンジニアリングの UP-TO-DATE（主としてエンジニアリングの世の中のレベルを知らせるため）の短期コースを米国（IBM, GE）、日本の大手各社が行っているが TRWでは同地域（CLEVELANDのCASE WESTERN RESERVE UNIVERSITY）に b), c) はかなり頼っている様子である。

その他、日本の企業では、短大程度の専門学校で高校出の人に工業専門教育をしている等力を入れ

ている企業もある。

米国では、企業教育投資が回収し得る自信のある、幾つかの企業は企業内教育に力を入れているが、中小企業では行っていない模様である。各人が自分個人の責任で自己教育を行って、良い地位に着くことを努めている。

これに比べ、日本では、大企業・中小企業とも従業員の愛社精神、企業に対する帰属意識に基づいて教育を行い、投資として回収し得ると考えているようである。

3-4 企業外教育

米国では、大学等の主催するサマースクール、サマーコースに参加する者多く、これも本人の希望によるもので、これに要する費用は会社持ちのことが多い。近隣の大学、殊に夜学に行く際には会社が費用を出しているものが多いし、資格をとつてくると給与も上るという。

学会主催の1～5日位の短期コースに各個人が積極的に参加を望み、それに対して企業も援助をしているという。

また、各人がプロフェッショナルとして必要なものに参加した場合、その費用は免税になるという。

日本との大きな差は、米国では個人の職業的な生涯教育に、官・企業側の理解が大きいようである。

3-5 SOCIETYとは

SOCIETYは、米国の場合、プロフェッショナルソサエティないしはテクニカルソサエティで日本の学会のもつ工学のためのアカデミックソサエティ（学会）とはかなり異なり、エンジニアというプロフェッショナルに対して貢献することをその主要活動としている。

3-6 産学協同

米国では、社内教育・社外教育ともに、企業と学校（INSTITUTE, COLLEGE, UNIVERSITY）との連携は、OFFICIAL（公的に、公然と）に極めて緊密である。大学の先生は、原則的にSABBATICAL LEAVEとして、何年かに一度かなりまとまった休暇を利用する等INDUSTRIESとの交流を深めているという。

極く最近、米国の大製造会社が、かなりの人数の若手課長級のSTUDY MISSIONを日本に送ってきて、日本の

- MANUFACTURING TECHNIQUE
- MANUFACTURING MANAGEMENT
- QUALITY CONTROL MANAGEMENT
- HUMAN RELATION 等

のあり方をSTUDYした。この際、米国のLEADING UNIVERSITIESの先生達が同行してきたと聞いて彼等の産学協同の強さを見せられた思いである。

また、米国の大学では、かなり頻繁に卒業生の追跡調査を行って、常にカリキュラムの変更を行っているという。

3-7 評価および昇進

日本の実状は、今迄は、かなりの企業では入社後、その能力発揮には余り関係なく、大体12~15年で課長クラスとなり、ライン昇進するものはマネージメント的要素が増しR&D的エンジニアリング要素は少なくなつて、順に階段を上つて行つた様である。日本のトップに位置する製造会社30社の社長のバックグラウンドは、エンジニアリング12名、サイエンス4名と半数を超している。R&D的エンジニアリング要素を主要業務とするいわゆる専門職をすゝむ者は、昇進が遅いのが一般的傾向であろう。

米国の場合は、かなりの企業が、評価については担当オープンで、個人とその上司(会社側)が年に少なくとも1回、1~3時間かけ、決められた書式によって本人の業績、希望が述べられ、話合つて、双方で署名した自己申告が、昇進・昇給のデータとなつているという。希望すれば本人にこのコピーが与えられるという。評価の基準もかなりオープンになつている由である。

しかし乍ら、米国でも専門職(TECHNICAL LADDER)を進む者は、昇進が遅いのが現状であるという。一般に昇進という形で満足度を求めるなら、昇給とか監督が拡がるのが昇進と考えられている社会では、このような考え方も止むをえないかとも思う。

4. ま と め

a) 米国では、知識集約産業時代に対して、企業は最新知識をPRODUCT AND/OR SERVICEとしてCUSTOMERに提供する立場で

- 研究開発
- 教育

◦ 情報利用

を極めて重視している。官・学・学会等の協力も強力に進められている。これにかけている経営資源は、極めて大きいものがある。

b) 生涯教育は個人のINCENTIVEが原動力で評価のあり方で個人をMOTIVATEしている。

c) 米国企業は、階層に応じた、個人を中心とした、専門能力の蓄積・連携を図っている。

これに対し、日本では

a) 一般的には、知識集約産業時代を、米国の企業程、全体として意識・資源の集中が行われているかどうか疑問であり、官・学・学会等の協力も今後に待つべき点が多い。

b) TEAMとして人を育てる空気が強い。

c) 集団としての評価に力点が置かれているかのようなのである。集団のDYNAMICSで学習し、蓄積を計る傾向がある。

以上に、極めて不十分で未熟なことを述べたがこれが、「整理された情報・想像力・その他生産に必要な文化的才能・より多くの情報をつくるための頭脳の工具(TOOL)などの所有が、決定的に必要な時代となりつゝある」⁽⁵⁾この大変動の時代に当って、今後の時代を背負う若い技術者がCAREER PLANNINGをするのに、何かお役に立ち得たなら幸である。

参考文献

- (1) 山口、アメリカのプロフェッショナル(昭54) 日経新書
- (2) 米国における研究管理能力の向上に関する実態調査報告書(昭58)TTI社
- (3) BAILING, LIVING WITH TECHNOLOGY ISSUES ATWIDE CAREER(1980) MIT PRESS
- (4) DALTON, G, W, & THOMPSON, P, H., ACCELERATING OBSOLESCENCE OF OLDER ENGINEERS(SEP/OCT 1971), HARVARD BUSINESS REVIEW
- (5) 第三の波より鮮明に、トフラー着“大変動”を読む。岸本重陳(昭58.10.24)朝日新聞

国際ガスタービン会議を終って

千葉工業大学 水 町 長 生

去る10月1983年国際ガスタービン東京大会および1983年東京国際ガスタービン機器展が東京池袋サンシャイン・シティにおいて開催され、非常な成功裡に終了したことは誠に喜ばしいことである。

これは組織委員各位の本会議に対する深いご理解とご協力によるものであり、また2年以上にわたる実行委員会（田中英穂委員長）の周到な準備と献身的なご尽力によるものであり、厚くお礼申し上げます。

この大会の成功を思うにつけ、わが国のガスタービンの歴史をふりかえる時、うたた感慨に耐えないものがある。わが国のガスタービンは去る大戦中に航空用ジェット・エンジンおよび高速艇用エンジンとして開発が行われ、かなりの成果を上げることができたが、終戦と共にガスタービンについての研究および製造は一切禁止された。昭和26年の講和条約成立と共に、この禁止は解除され、ガスタービンについての研究および製造が可能になったが、この数年間に欧米におけるガスタービンの研究は急速な進歩をとげた。間もなく米国からMITのE.S. Taylor 教授が来日され、約1週間にわたってガスタービンの講義をされた。私はそれを聞く機会にめぐまれたが、外国におけるガスタービンの進歩に驚くと共に、これに大きな魅力を感じたことをはっきりと覚えている。

ガスタービンに関する外国の情報がわかるにつれて、わが国の主要重工業関連の会社でガスタービン開発の気運が醸成された。各企業ではそれぞれ外国の先進企業と技術提携を行い、先進技術の導入が行われた。これを土台として、わが国のガスタービンは着実な進歩を遂げ、今日のような優秀なガスタービンが製作されるようになった。またこれらに関する学術も非常に進歩した。このような背景の下に、この度ガスタービン会議がわが国において開催され、わが国のガスタービン技術

および学術について、各国からかなり高い評価を得ることができたことを考える時、誠に感慨深いものがある。ガスタービン開発の先達となられた土光敏夫名誉委員長、種子島時休先生等多くの先人の努力に敬意を表しますと共に、ガスタービンの技術および学術の発展に貢献された方々に感謝致し度い。

以上のような経緯を経て、わが国のガスタービンが進歩したが、ASME, GTD の Tom Sawyer 氏がこれに目をつけ、昭和44年(1966年)6月、オーストラリアで行われたASMEのガスタービン国際会議の帰途、日本に立寄り、日本機械学会に対して、日本において日本機械学会とASMEが協力してガスタービンの国際会議を開催したい旨の申し入れがあった。丁度当時小生が日本機械学会の国際協力委員会の委員長をしていたので、数名の委員の方と一緒に、Tom Sawyer 氏にお会いして、先方の意向を聞いた。同時に日本鋼管の佐藤玉太郎氏を通して接触があり、これらを色々勘案して、国際協力委員会で、この件が検討された。幸い委員各位のご理解を得て、1971年日本機械学会とASMEの共催の下に東京で国際ガスタービン会議を開催することに決定した。ただし学会の事情で、日本機械学会はTechnical session を中心とした国際会議のみを共催し、ガスタービン製品展は別の組織で同時に開催されることになった。国際会議の具体的な計画およびその実施に関しては、渡部一郎先生他関係各位の精力的な活躍に負う所が大きい。この会議は1971年（昭和46年）10月東京の科学技術館で国際会議と製品展示会が同時に成功裡に開催された。何分わが国における最初のガスタービン会議で、論文が何編位提出されるか、また何名の参加者があるか等皆目見当がつかないまま、かなりのリスクを伴いつつ計画が進められた。結果的には、国際会議には64編の論文が発表され、参加登録者は459名に上り、展示会には3,094名の参加者があり、

（昭和58年12月5日原稿受付）

成功であった。然し論文を集めるについては、国内は別として、国外から集めるのに苦慮した。止むを得ずASMEからは、その年の3月、米国のHoustonで開催されたASME国際会議で発表されたものでも差支えないことにした。このようにして64編の発表があったが、後で述べる今回のガスタービン会議の提出論文数に較べ、この国際会議の急速な成長ぶりは誠に眼を見張るものがある。展示会には国内および国外の34企業からガスタービンの実物等が多数展示され、また国内からは開発途中のガスタービンバス等も展示され、大きな反響を呼んだ。

この第1回国際ガスタービン会議の成功を契機として、日本におけるガスタービンについてのコミュニケーションの場がほしいとの声が、澎湃としておこり、1972年(昭和47年)6月日本ガスタービン学会の前身である日本ガスタービン会議が設立されたことは、皆様ご存じの通りである。

第2回目の国際ガスタービン会議は、1977年(昭和52年)5月東京プリンスホテルで開催された。この会議は日本ガスタービン学会、日本機械学会およびASMEの共催で開催された。この時はCIMAC東京大会が同時に開催されることになり、相互の調整に非常な努力が払われた。この時は種々の事情を考慮し、製品展示会は開催されなかった。この会議には66編の新規の論文が発表され、参加登録者は456名に達し、大きな成果を上げた。この会議では自動車用ガスタービンについてのパネル討論会が行われ、大きな関心を集め、約250名の参加者があった。

今回の第3回国際ガスタービン会議は、前回の77年大会の後、直ちに次回を開きたいとの要望が強く、1978年4月頃からASMEと接触を始め、計画が進められてきた。前2回の大会を行った経験をもとに、種々検討が行われた。第3回大会では、製品展示会を開催すること、および広くヨーロッパにも参加を呼びかけるという方針で計画が進められた。日本ガスタービン学会内に設けられた準備委員会で具体的検討および実施案の作成が行われ、昭和58年10月東京において、第3回国際ガスタービン会議およびガスタービン機器展を開催する案が作成された。昭和56年10月第1回組織委員会が開催され、実行委員会

が設置され、また同時に実行計画案が承認された。愈々田中英穂実行委員長を中心に、実行委員会で、具体的な計画および準備が進められて行った。ガスタービン国際会議は、日本ガスタービン学会が幹事学会となり、日本機械学会、ASME、IME、およびVDIの共催で行われることになった。ガスタービン機器展は国際会議とは別組織として運営することになり、組織委員会の岡村健二副委員長を中心に計画が進められた。

国際会議では、論文の発表、特別講演およびパネル討論を行うと共に、工場見学旅行、歓迎会、晩餐会、レディース・ミーティング等について計画が進められた。

計画当初は、論文の発表を約60編とし、2室で4日間で発表することとし、国際会議の総予算を6,300万円として計画を進めた。しかし論文の募集を開始すると約180編に及び多数の論文の応募があることがわかり、急遽、発表論文数を増やすと共に、セッションルームを3室に増やさざるを得なくなった。予算との関係もあり、止むを得ず論文の発表数を約130編に絞ることになり、多数の応募者にご迷惑をかけることになったのは、大変残念に思っている。予算もこのため、約7,000万円に増加し、企業に更に一層の寄附金をお願いすると共に、参加登録者を増やすことに、実行委員会では非常な努力を払われた。参加登録者は当初450名として予算が立ててあったが、お蔭様で実際には541名(他に同伴者37名)の参加登録者があり、一方企業からの寄附金も増加し、財政的にも略満足される状態で会議を終えることができたが、これは一重に組織委員および実行委員各位のご尽力によるもので、改めてお礼を申し上げたい。

論文提出者は日本、アメリカ、イギリス、西ドイツ、フランス、中国、韓国、中近東等各国に及び、海外からの参加登録者は世界各国25ヶ国95名に及び、また海外から20名の夫人の参加があり、名実共に国際会議にふさわしい大会にすることができた。

ガスタービン機器展は東京池袋サンシャイン・シティの文化会館内の製品輸入促進協会の展示場で開催された。この会場はセッションルームから地下道を通り徒歩で数分の所にあり、広さも手

頃の大きさで、大変便利であった。出展企業は、日、米、英、西独、仏、スイス、およびオランダの7ヶ国で、56グループ、61社に及び、131ブースを使い、各種の最新のガスタービンおよび関連機器が展示され、5,760名の参加者があった。世界のガスタービンの最新の技術を直接知る上で非常に有効であり、またガスタービンのユーザーにとつても役に立つ所が大きかったと思う。

今回のガスタービンの国際会議および展示会がこのような成功をおさめたのは、組織委員および実行委員の格別の尽力に負う所が大きいことは勿論であるが、その背景として、わが国の最近の各種の技術革新に対する各国からの注目があったと思う。特にガスタービンでは、1つはわが国の combined cycle gas turbine の開発に対する注目、2つは自動車用ターボ過給機の開発に対する注目により、この2つが大きな目玉商品となり

各国の関心を集めたのではないだろうか。これらに関する発表論文、パネル討論会および展示製品は海外からの参加者にも十分効果を上げることができたものと思う。combined cycle gas turbine についてのパネル討論会では300名に近い参加者が熱心に討論にきき、いっていたことなど大きな成功であった。また袖ヶ浦火力発電所、東新瀉火力発電所の combined cycle gas turbine の見学会にはそれぞれ43名、44名の参加者があったが、わが国のガスタービン工業の最先端技術の一部を紹介できたものと思う。

次回の国際会議の時期を何時にするかが、直ぐ問題になると考えられる。今迄は6年周期で開催されたが、学術、技術の進歩の速いことを考えると、6年周期は長過ぎるように思われる。日本ガスタービン学会で、できるだけ早くこれらの点を検討されるようお願い致したい。

1983 年国際ガスタービン会議東京大会 Proceedings 購入申込受付のお知らせ

去る10月23日から29日まで開催されました標記国際会議において発表されました論文とその討論および会議記録、参加者リストなどをまとめたProceedings を現在、編集中であります。来春に発行の予定ですが、只今、下記によりその購入申込を受付けております。ご希望の方はお申出下さい。

記

発行年月 : 昭和59年4月予定

予約料金 : 2万円(送料別)

申込先 : 本学会事務局宛

〒160 東京都新宿区西新宿7-5-13 第3工新ビル

TEL. (03) 365-0095

なお、現在、会誌のPre-Printsの残部(料金一部500円送料別)も希望者におわけ致しておりますので、必要な方は上記に1月末までにお申込み下さい。それ以降については処分することもありますので予め承知おき下さい。

頃の大きさで、大変便利であった。出展企業は、日、米、英、西独、仏、スイス、およびオランダの7ヶ国で、56グループ、61社に及び、131ブースを使い、各種の最新のガスタービンおよび関連機器が展示され、5,760名の参加者があった。世界のガスタービンの最新の技術を直接知る上で非常に有効であり、またガスタービンのユーザーにとつても役に立つ所が大きかったと思う。

今回のガスタービンの国際会議および展示会がこのような成功をおさめたのは、組織委員および実行委員の格別の尽力に負う所が大きいことは勿論であるが、その背景として、わが国の最近の各種の技術革新に対する各国からの注目があったと思う。特にガスタービンでは、1つはわが国の combined cycle gas turbine の開発に対する注目、2つは自動車用ターボ過給機の開発に対する注目により、この2つが大きな目玉商品となり

各国の関心を集めたのではないだろうか。これらに関する発表論文、パネル討論会および展示製品は海外からの参加者にも十分効果を上げることができたものと思う。combined cycle gas turbine についてのパネル討論会では300名に近い参加者が熱心に討論にきき、いっていたことなど大きな成功であった。また袖ヶ浦火力発電所、東新瀉火力発電所の combined cycle gas turbine の見学会にはそれぞれ43名、44名の参加者があったが、わが国のガスタービン工業の最先端技術の一部を紹介できたものと思う。

次回の国際会議の時期を何時にするかが、直ぐ問題になると考えられる。今迄は6年周期で開催されたが、学術、技術の進歩の速いことを考えると、6年周期は長過ぎるように思われる。日本ガスタービン学会で、できるだけ早くこれらの点を検討されるようお願い致したい。

1983 年国際ガスタービン会議東京大会 Proceedings 購入申込受付のお知らせ

去る10月23日から29日まで開催されました標記国際会議において発表されました論文とその討論および会議記録、参加者リストなどをまとめたProceedings を現在、編集中であります。来春に発行の予定ですが、只今、下記によりその購入申込を受付けております。ご希望の方はお申出下さい。

記

発行年月 : 昭和59年4月予定

予約料金 : 2万円(送料別)

申込先 : 本学会事務局宛

〒160 東京都新宿区西新宿7-5-13 第3工新ビル

TEL. (03) 365-0095

なお、現在、会誌のPre-Printsの残部(料金一部500円送料別)も希望者におわけ致しておりますので、必要な方は上記に1月末までにお申込み下さい。それ以降については処分することもありますので予め承知おき下さい。

1983 年国際ガスタービン会議東京大会報告

1983 年国際ガスタービン会議東京大会

実行委員長 田 中 英 穂

総務委員 有 賀 一 郎

1. はじめに

東京の北西部、池袋にあるサンシャインシティにおいて、わが国 3 回目の国際ガスタービン会議が去る 10 月下旬に開催され、大変盛会裡に終了することができた。今回は協力学会として従来のものの外に新たにヨーロッパの有力関係学会が加わったこと、10 数年ぶりの展示会開催、さらに、わが国の低成長期の経済状態など、準備段階において、いくつかの問題点はあったが、まず、予期以上の成果が得られたものと思われる。ここで、この会議の準備、実施状態につき経過を追って振り返ってみたい。

2. 会議の準備経過

1983 年国際ガスタービン会議東京大会(1983 Tokyo International Gas Turbine Congress)は、昭和 52 年、同じ東京で開催された第 2 回目の会議の折にすでに話題にあがったが、具体的にはその翌年ロンドンでの米国機械学会(ASME)のガスタービン会議期間中に ASME ガスタービン部門のキーメンバーと意見交換をはじめた。その結果、ASME 側としても日本ガスタービン学会が主催し、わが国で開催することに原則的に了解し、その時期も昭和 56 年から昭和 58 年頃が適当という話であった。その翌年春、さらに意見調整を続け、カミンス社 Roy Kamo 氏が同国際会議の ASME 側の窓口としての任にあたることを表明された。一方、本学会においてもその年、国際会議検討委員会が設置され、第 3 回国際会議についての基本的事項を調査検討し始めた。まず、過去 2 回の会議の経験にもとづき、どのような形態で行うべきか、開催の時期を何時にすべきかなど種々検討が重ねられた。昭和 55 年に入り、ASME との打合せで開催時期を昭和 58 年 10 月とする方針が固まり、さらに共催形態についても卒直な意見交換が行われた。過去の会議と

同様、ASME に対して“Co-Sponsor”として協力要請を行ったが、同学会の policy として、非常に困難なことが表明され、“participate”案が出された。この点に関しては、その後、長期にわたり調整が重ねられ、最終的には、後で述べる妥協的な結着をみた。共催については、この外に従来通り日本機械学会(JSME)に申入れ、同学会の了解が得られたが、さらにヨーロッパからも多くの参加を期待し、英国機械学会(IMechE)、西独工業会(VDI)にも協力してもらうための交渉を開始した。また、会場については東京都内で各所を物色したが、会議と展示会の両方を併行して開催するための施設としてなかなか適当なものが見当らなかった。特に、ガスタービンなどの重量物を展示できる床面荷重の大きい会場を探すのに苦労した。結局、池袋にあるサンシャインシティ内、文化会館の輸入促進協会(ミプロ)の展示会場の借用を最適と考え、関係者との接衝を重ね、同協会のご理解とご協力を得て同所に開催会場が決まった。一方、会議会場もサンシャインシティ内の諸施設を比較検討の結果、プリンスホテルを候補として諸経費の算定を行った。これらは昭和 56 年 3 月に先の検討委員会を発展的に改組し、国際会議準備委員会が発足した後も検討が続けられた。同時に国際会議業務を円滑に運ぶため、事務局業務については過去の会議でもそうであったように専門の業者に依頼する方針で各業者に個々に接触し、その対応内容を比べた。結局、業者の特長をいかし、会議と展示とを分離して担当する二つの業者を選定した。

さて、主催学会は本学会であるが、平常の学会運営を支障なく行うためには、国際会議の諸準備及びその実施は学会外に別組織を設け、学会に代りこれに当たる必要があった。したがって、まず、準備委員会で組織委員会設置の準備を進めた。同

時に会議遂行に必要な運営経費としての募金計画を同時に具体化した。この際、学会の特別賛助会費および組織委員会への寄付の二本立方式をとった。このような経過を経て同年11月末に1983年国際ガスタービン会議東京大会組織委員会（組織委員206名）が発足し、同時にその下に具体的に事業を実施する機関として実行委員会が設置された。なお、組織委員長として水町長生教授（千葉工業大学）、実行委員長として田中英穂教授（東京大学）が各々選任された。同時に名誉組織委員長に経団連名誉会長の土光敏夫氏が推された。実行委員会は、総務、論文、財務、行事、展示の五部門からなり、35名の実行委員から構成された。さて、このようにして昭和58年秋の開催を目指し、いよいよ本格的な準備期間に入った。57年春には第1回サーキュラを発行し、関係者に初めて公に会議開催の案内を行った。この際、論文の予備申込みを受付けたが、9月末の〆切り時点ですでに140～170件（同年10月調べ）に達する可能性ができた。これは当初予想数の二倍を上まわるもので、急遽、対応策を講ぜざるを得なくなった。したがって、当初4日間各2室の発表方法を3室にする方向で軌道修正することとなった。また、それに対応する予算計画変更も大きな問題となった。このため経費の節減をはかるなど内部的努力を払う一方、多くの企業などから絶大な支援を仰げ得たのは誠に幸いであった。なお、サーキュラ発送時の発送名簿の整備は、過去の名簿をもとに進めたが、多くの作業量を要し、この処理は将来の一つの課題として新しい方法を考える必要がある。

上述の他学会との共催形態については、この年の4月にロンドンで開かれたASME国際ガスタービン会議開催時に再度、意見調整を行い、結局、ASMEが対象とする共催カテゴリにない“Co-llaborating Society”とすることでおさまった。同時にIMechE、VDIともこの点で合意に達した。以上のような経過により最終的には、Sponsorとしては日本ガスタービン学会が当り、Collaborating Societiesとしては米国機械学会、英国機械学会、日本機械学会、西独工学会が当るという表現を用いることとした。

第2回サーキュラは、昭和58年4月に完成し

た。その内容は登録料、会場、行事、展示などその時点で具体化したものについての情報を記載した。丁度その頃開催されていたASMEガスタービン会議などでも配布するなど会議の周知に努力した。

さて、論文募集については、日本側（GTSJ、JSME各経由）の他にASME、VDIにも受付ルートを設け、取扱うこととした。日本側のものについては同年11月末までに提出された概要による審査を経て可となったものについて本論文の提出が認められた。本論文提出〆切が昭和58年3月末までで、その最終審査が5月下旬までであった。したがって、それによりプログラム編成を行い、第3回サーキュラに盛込み、6月末に完成し、7月上旬に発行する方向で準備を進めた。ASME側との連絡などでプログラム編成に苦労したが、ほぼ7月中には関係方面にそのサーキュラを発送し終えた。特別講演については、同年春頃より候補の選定を行い、上記、田中英穂教授、NASAのHartman氏に、それぞれガスタービン技術の展望などを中心に話していただくこととなった。また、パネル討論については、Combined Cycle Co-generationなどを中心題目とし、話題提供者としてはわが国および欧米から適当な人選を進めることになった。最終的に、日本側は高効率ガスタービン技術研究組合、電力会社から、欧米も電力関係会社のスタッフをパネリストとして決定した。

一方、会期中に行われたWelcoming Reception, Banquet, Ladies Meetings, One-day Plant Tours などについてもあらゆる角度から順次、検討が進められた。すなわち、Welcoming Reception については、会期初日の夕方、開催することで会場予想参加者、予算などの検討、司会者、次第などを決めていった。当初、開会式的性格を盛込むかなどの議論もあったが、結局、若干の挨拶、日本酒樽鏡開きなどとどめ、あとは気楽な懇親の会とすることになった。Banquet についても約一年間にわたり、その方法、内容、さらに参加者予想からその費用および予算などにつき検討を重ねた。最終的には、本年夏以降、次第と人選、招待者などを決定した。Plant Tours については、昨年夏頃より見学候補として東京電力㈱、袖ヶ浦

火力発電所に設置予定のムーンライト計画で開発中のレヒートガスタービンが挙がり、東京電力、高効率ガスタービン研究技術組合、さらに通産省などと接衝が続けられた。また、本年になり、東北電力㈱より同社東新潟火力発電所に設置されている3号コンバインドサイクル発電プラント見学についての提案があった。以上、二つの見学先について、それぞれ1日コースとして現地調査、打合せを行い、スケジュール、費用などの検討を経て決定した。Post Congress Technical Tourは会議後の行事であり、日本交通公社の責任下で企画されたが、その計画については実行委員会がバックアップした。これについても上記 Plant Tours と同時に計画・準備を進め、三菱重工業㈱（高砂工場）、川崎重工業㈱（明石工場）の協力により、現地打合せなどを経て、二社の工場見学を含めた旅行計画が出来上った。

Ladies Program は、57年7月にこの準備のため8名の委員よりなる Ladies Program（LP）委員会が発足し、数回の打合せ会により、基本計画が立てられた。本年4月には、さらに多くの方々の協力による拡大LP委員会でプログラムの詳細が検討され、それぞれ分担を決めて準備することになった。結局、仕舞実演、折紙、生け花などを組合せたものと茶会、琴演奏、庭園見物などを中心とした二つの Meetings を実施することとした。

会議を間近かにひかえた本年度には、会議期間中の運営の具体策が立てられ、総務を中心に実行委員会の関係部門、事務局、ホテル、サンシャインシティの管理部などと詳細がつめられていった。すなわち、会場設営、看板、会場案内、人員配置計画など実際に現場をみながら具体化した。また、会議の円滑な運営をはかるため、新たに運営委員を委嘱し、実行委員と協力し実施にあたっていたこととした。論文では、セッションアドバイザを委嘱し、通訳教育、諸会場のチェック、担当セッションの管理運営などにたづさわっていた。

会議直前の実行委員会で最終確認をし、さらにアルバイトに対する事前教育などを行って、会議にのぞむ態勢が整った。

3. 会議の経過

以上のような準備期間を経て、去る10月23日に登録を開始した（図2）。この日は18時30分よりサンシャイン60ビルディングの59階の会場（桜の間）で Welcoming Reception が賑やかに開かれた。河田修実行委員の司会、一色尚次実行委員の開会の辞、田中実行委員長の歓迎の挨拶、日本機械学会の浦田星氏、ASMEのKenneth Teumer氏、VDIのHeinz Gallus教授などのスピーチにつづいて、水町組織委員長の音頭で日本酒樽の鏡開きが行われ（図3）、一層和やかな雰囲気盛上げた。窓外に見下す見事な夜景を愉しみながら、海外からの参加者を多数交え、旧交を暖めながら大いに話がはずんだ。出席者は200名をはるかに上まわり、歓迎のパーティーとして上々であった。

翌24日から27日まで、サンシャインシティプリンスホテル内の三会場（元山、覧山、虹）において3セッションが同時に進行した（図4）。論文発表数は最終的に127件（内1件は口頭発

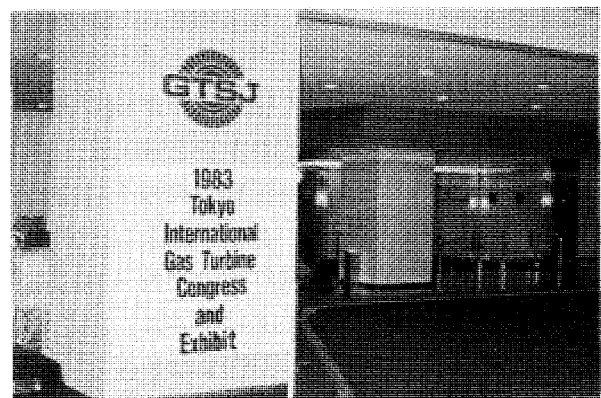


図1 会議会場正面入口



図2 登録風景



図3 Welcoming Reception 鏡割り



図4 セッション会場

表)で主な内訳は以下の通りである。

Heat Transfer (18), Combustion (16),
Emission (3), Cycle Performance (4),
Aerodynamics (18),
Computational Aerodynamics (7),
Unsteady Aerodynamics (10),
Turbocharger (9),
Vehicular Gas Turbine (5),
Control and Monitoring (4),
Material and Manufacturing (7),
Combined Cycle (8),
Aeroengine (3, 内1 oral),
Gas Turbine Development (8),
Vibration and Dynamics (7)

論文発表前, 毎朝 Authors Briefing が開かれ, 座長と講演者との間で発表に関する諸注意について確認が交された。発表に際しては日英同時通訳設備が用意されていたので, 討論などもとくに支障なく進められた。各会場は平均 70 % 程度

の出席者があり, 発表者, 討論者は勿論, 聴講者も極めて熱心に臨んでおり, 所期通り情報交換の実を上げたものと考えている。また, 特別講演は, 田中英穂教授により「A Survey on Gas Turbine Technology and Research Work in Japan」, Melvin J. Hartman 博士により「The Trend of Future Gas Turbine Technology」などについて各々行われ, 豊富な資料をもとに広範な展望が紹介され, 多くの出席者に有意義であった。

パネル討論は, 松本正勝教授の総合司会で進められたが, 「Combined Cycle Power Generation Systems with Use of High Performance Gas Turbines」の題目で, 日本側 3 名, 海外 4 名のパネリストが各々話題提供を行った(図5)。その内容はわが国の電力業界におけるコンバインドサイクルについての問題点, ムーンライト計画下の AGT J パイロットプラントの現状と将来, 米国におけるコンバインド

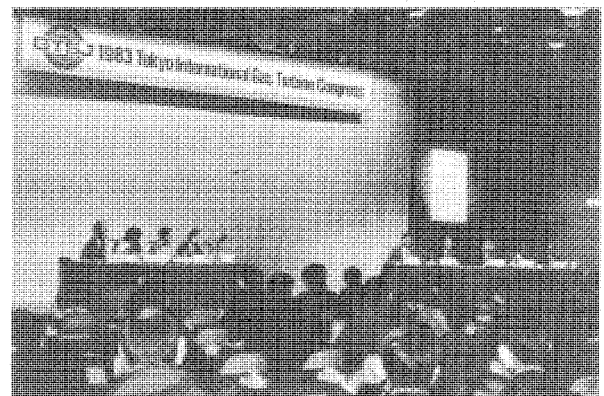


図5 パネル討論



図6 Banquet 風景

サイクルに対しての姿勢と過去の実績と今後の見通し、ヨーロッパにおける地域暖房の利用などについて述べられた。そのあと、それらを中心に活発な討論が交わされた。なお、発表講演および特別講演の Pre-Print は、一室に Booth を設け、購入できるよう用意した。

会議の主要行事の一つである Banquet は 25 日、19 時 30 分よりホテル内天覧の間で開かれた(図 6)。当夜は 192 名の出席者があり、佐藤玉太郎実行委員の司会で進められた。まず、水町組織委員長から本会議の開催にいたった経緯とその意義、また、多くの協力で盛会に進められていることについての謝意が述べられた。次いで、名誉組織委員長である土光敏夫氏からの歓迎のメッセージが今井兼一郎副組織委員長により代読され、ガスタービンの 21 世紀で一層の飛躍への期待が述べられた。さらに、協力学会を代表し ASME の Teumer 氏から会議の成功を祝う祝辞があった。そのあと、渡部一郎組織委員会顧問の発声による乾杯で宴が進められた。この夜のハイライトの一つは ASME ガスタービン部門から渡部教授へ長年、ガスタービン界において日米の橋渡しをされてこられたことを称えてのプレーク(賞牌)授与と、一方、当学会須之部量寛会長より Thomas Sawyer 氏へも同様の趣旨による感謝状と記念品の贈呈があったことである。また、日本機械学会、矢野巍会長より同会記念メダルが海外の三学会代表に贈られた。引続いて Thomas Sawyer 氏よりガスタービンの発達史と今後の発展を期待した記念スピーチが行われた。以上の主な次第とは別に会食の合間に二期会、秋山恵美子さんの独唱とアンサンブル・フロイデによる演奏がおり込まれ、世界各国の音楽が会場に流れ、出席者を楽しませた。宴を閉じるに際しては、本学会須之部会長の閉会の挨拶が行われ、予定の時間をこえて終了した。

この会議に出席した夫人方のために前述の通り二つのプログラムが企画された。まず、24 日午前から昼食をはさんで午後まで格調ある仕舞の実演、LP 委員の手で生け花のデモンストレーション、折紙のおり方指導などバラエティに富んだ内容のものが開かれて参加者間で話がはずんだ(図 7)。また、27 日には場所をホテルニューオータ

ニに移し、茶会、琴演奏、日本庭園見物など日本伝統の良さを十分楽しんでいただいた。これらには海外からのご夫人が 15 名前後参加され、いずれも雰囲気にとけこんでくつろいだ時間を過ごしていただけた様子で十分親善の実があがったものと思われ、会議に花をそえた企画であった。

会議の掉尾を飾る行事として、二つの工場見学、One-day Plant Tours が行われた(図 8)。一つは東京電力㈱、袖ヶ浦火力発電所を訪問し、わが国のムーンライト計画の一つとして高効率ガスタービン研究技術組合で開発中であった 100 MW のレヒートガスタービン AGT J 100-A を見学したことである。この高効率ガスタービンは今回の会議の目玉でもあり、世界的にも注目を集めているもので 43 名(内海外 20 名)の参加者が極めて熱心に見学した。この外にわが国最大規模の LNG 焚用蒸気タービン発電プラントも同時に見学した。もう一方は、29 日に東北電力㈱、



図 7 Ladies Meeting



図 8 One-day Plant Tour
(袖ヶ浦発電所)

東新潟火力発電所を訪問し、東新潟3号、コンバインドサイクルガスタービンを見学した。ここには、わが国初のコンバインドサイクル発電プラントがあり、6台のLNG焚用ガスタービンを蒸気タービンと組合せ、総計1,090 MW の出力をもつ最大規模の設備であるが、海外からの19名を含む44名の参加者にとってはいずれも行きとどいた案内で満足いただけたものと思われる。

これに加え、前節に述べた通り、会議後、Post Congress Technical Tours が別途企画されていたが、川崎重工業㈱、明石工場および三菱重工業㈱、高砂工場の見学と京都、奈良見物を実施し、成功裏に終了した。

会議に関しては、この外に期間中、セッション会場前のフロアでカタログ展示を行ったが、出展に応じた会社は42社におよび会議参加者に好評であった。また、毎日、午後のセッションの途中でコーヒブレイクの時間を用意したが、出席者が一息入れる意味で効果的であった。なお、期間中、万一の災害、事故などに備え、対応策を講じていたが、幸い無事故で無事終了することができた。

一方、本会議と併行し、1983年国際ガスタービン機器展がサンシャインシティ文化会館内、ミプロ展示場で24日から27日まで開催された。これについては本誌上、別に報告されるので、ここで詳細は割愛するが、出展は7ヶ国より61社がそれぞれ工夫をこらした飾りつけを行い、見事な展示会であった。また、展示会初日の夕方、会場で“Get Together”レセプションが開かれたが、ミプロ、在外公館代表の挨拶および一色尚次実行委員による乾杯音頭が行われ、楽団演奏などを交え賑やかに談笑できる場が用意され、その開会を彩どった。

最後に、本会議への最終登録者数について紹介すると、総計541名で国内438名、海外103名の内訳であった。また、夫人登録者は37名で、内国内17名、海外20名であった。なお、参加国数が25ヶ国におよんだことは特筆すべきであろう。

4. おわりに

1983年国際ガスタービン会議東京大会は、以上のように無事終了し、予期以上の成果をおさめ

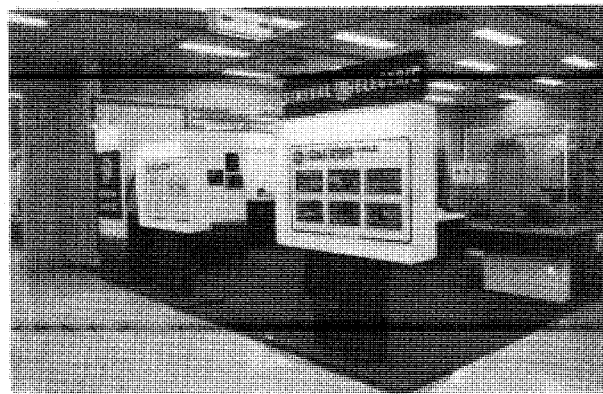
た。しかし、組織委員会としては今後 Proceedings の発行という残された大きな仕事があり、さらに、会議、展示会などに要した経費の収支決算を明らかにし、事後処理を早急に行わなければならない。予定としては来年3月末までにこれらを終える目標で現在作業を進めている。

今回の会議はわが国における3回目のもので、どうやらこの会議の開催も定着しつつある感がする。したがって、次回以降の会議に今回の経験をいかにかすかも重要なことである。これらについては、当面した諸問題を整理し、できるだけ早い機会に改めて検討することを考えている。ここでは若干、気付いたことを断片的にのべ、あとがきとしたい。

まず、製品展示をともなった今回のような規模の国際会議をわが国で開くことは大いに意義があるし、海外でも期待している。しかし、経費、作業量を考えると、現段階ではその間隔を5～6年とみるのが妥当であろう。一方、今日のような急速な技術革新が続く時代には頻繁な情報交換が望まれるのも事実である。したがって規模の小さな、小回りのきく小会議、シンポジウムなどを上記会議の合間に企画するのも一案であり、今後、検討されるものと思われる。次に、前回会議より導入した同時通訳については、長短両面をもっと考えられるので、例えば、討論などに限定して使用するという方法も検討する要があろう。また、海外学会との協力は、今回、英独二学会が加わったことに大いに意義を認めるが、さらに、多くの国の関係学会に働きかけ、その協力範囲を拡げることが大切である。ただ、各国学会の活動と利害上の干渉が予想されると、かえって予期せぬ逆効果をもたらす恐れもあり、当然のことながら慎重に事を運ぶことを心すべきであろう。その外、東京以外の地域で開催することや適当な会場を選定することなど、多くの問題点があるが、上述のように今後、さらにより充実した国際会議開催に努力しなければならない。最後に本会議の成功は本学会会員の絶対な協力によってはじめてなし得た訳で、厚くお礼を申し上げる次第である。

東京芝浦電気 秋 葉 雅 史

1983年東京国際ガスタービン機器展は、昭和58年10月24日(月)から同月27日(木)まで、池袋サンシャインシティ文化会館のミプロ展示場において、大変盛況のもとで開催されました。今回の機器展は、1971年に開催して以来、12年ぶりの開催であり、現在、省エネルギー及びエネルギー多様化対策が世界的に論議され、これに対応してガスタービン並びにターボ過給機への関心が従来になく高まっているときでもあり、国内外を問わず、開催時期としては実に絶好の機会であった。



ゼネラル・エレクトリック社(米)



機器展入口

本機器展は、ガスタービン、ターボ過給機、それらの附属品、部品、材料、計測機器、又、それらの利用技術等の最新の技術交流を目的とし、関係製品を通じて、内外に対し、ガスタービンの進歩を認識し、その普及に貢献したものと思われる。

機器展の概要

本機器展は、同一の時機・地域で開催された「1983年国際ガスタービン会議東京大会」に併行して開催されたものである。会議では、ガスタービン、その関連分野における最新の研究成果の発表が行なわれたが、その内容を実証する機器が数多く展示された。



ウェスティング・ハウス社(米)



ブラウン・ヴォベリー社(スイス)

今回の展示規模については、展示場面積2,500㎡を所用し、出展社数は61社（グループ出展5グループを含む）に達した。海外からの出展は、アメリカ、イギリス、西ドイツ、フランス、スイス、オランダの6ヶ国であった。また、入場者数については、会議参加者数を含め、延べ5,800名にも及んだ。今回の出展物の傾向をまとめてみると、次のようであった。

- (1) 省エネの視点から、最新の技術を使用した高効率化、高出力化、小型化
- (2) 用途面として、コンバインド・サイクル用複合発電プラント
- (3) ガスタービン、過給機用部品へのセラミック利用技術の進歩と拡大
- (4) 自動車用ガスタービンに関しては、ガスタービン本体及び塔載車輛出展による実用化の証明
- (5) 精鑄、精鍛素材、計測器、エアーフィル

ター、製造技術等にも、最新の成果が数多く出展。

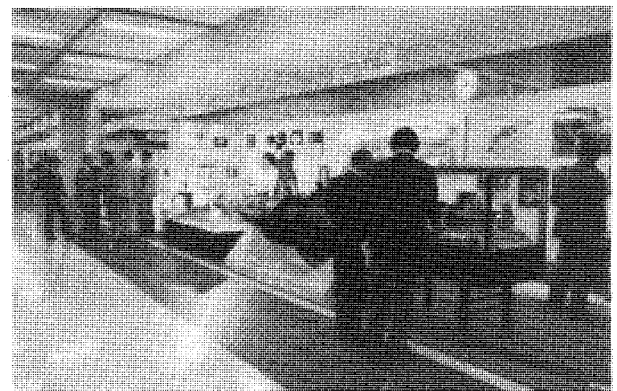
また国家プロジェクトとしての再燃ガスタービンの開発研究部品の展示はわが国の技術レベルの高さを実証したと思われる。



エルバーB. V. 社（オランダ）



クラフトベルク・ユニオン社（西独）



高効率ガスタービン研究組合



ヒスパーノ・スイザ社（仏）



ジョン・ブラウン社（英）

本機器展開催に際してのはじめての試みとして、開催初日の開場後、展示会場にて“Get Together Party”を催し、会議参加者と出展者の親睦を深め、会期中多くの見学者が訪れるよう計画をたてた。特に、池袋サンシャインシティの会場使用について、会議が開催される池袋プリンスホテルと、展示場である池袋文化会館を結ぶ導線をはやいうちに理解していただくことも目的であった。またパーティーには、出展参加国の各大使館の関係者をご招待し、参加国を代表してイギリス大使館の商務参事官にごあいさつをいただいた。パーティーは、期待どおり大変なごやかなうちに終了することができ、参加者並びに出展者にとっても大変好評であった。



Get Together Party



ガスタービン学会

準備経過

「1983年国際ガスタービン会議東京大会」の開催決定にあわせて、同機器展の開催が決まった。早速準備に入り、担当の展示委員を選定しお願いをした。様々な角度から、いくつかの候補を検討し、最終的にはすでに述べたミプロ展示場に決定した。この決定については、最も大きな要因として次の4つがあげられる。

- (1) 出展社として、外国会社および外国との提携会社の出展が多数に渡ること。
- (2) 国際会議と併設されて開催できること。
- (3) 出展物には、当然、大型で重量のあるものが予想されるため、床面加重が大きいこと。
- (4) 同様に、出展物の搬入、搬出が、スムーズに行えること。

以上の点を考慮し選定した次第であるが、これが見事に効を奏し、全く問題なく理想通りの開催ができたと思っている。

次に、準備をスタートするにあたり、かなりの事務処理が予想されるため、機器展の事務局を設置し、その処理にあたり、さらには、機器展全般にわたる企画、立案等を担当させていくことにした。この種の専門業者はいくつか考えられたが日本コンベンションサービス㈱にその事務局を委託し、設置した。

いよいよ機器展のアウトラインが決まり出展の要項の検討に入り、開催18ヶ月前に「第1回出展要項」を作成し、関連企業、団体に配布し、出展の可能性のアンケートをとった。その結果は、最終的には、「出展」もしくは「出展可能性あり」の回答をよせた会社は、約60社にのぼった。

そして、開催約1年前に「第2回出展ご案内」を作成し、再度配布し正式申込の受付を開始した。国外からの出展を促進するため、アメリカ大使館、イギリス大使館を訪問し、機器展の開催趣旨の説明を行った。出展申込書の提出期限は昭和58年1月31日としてあったが、締切日が近づいても申込が少なく心配であった。しかし英国大使館を通じて、英国より11社の一括申込みがあり、それを契機に徐々に出展社が決定し、最終的には、前述のとおり、予想以上の数の61社（ブース数131ブース）が決定した。当初125ブースの予定で展示会場のブースレイアウトを考えてい

たため、申込が増えていくにつれて、そのレイアウトの変更を消防法に抵触しない範囲でできるだけ多くしなければならないといううれしい誤算であった。

また、これだけの出展を搬入、搬出、保税手続、基礎小間製作等についてトラブルのないよう主催者側として充分な対応ができるよう指定業者を定めた。さらに今回は、各出展者の指定する業者の出入を自由にし、上記の主催者側指定業者との連系をうまくするようにして万全の体制を考えた。

このようにして開催された本機器展は、冒頭でも述べたとおり、出展社数、見学者数においても盛況であり、運営上もトラブルもなくスムーズに

行なえることができました。また、心配された、保税物の搬入、管理、搬出も何の問題もなく、これも使用した展示場ミプロ(MIPRO: Manufactured Imports Promotion Organization (財) 製品輸入促進協会)によるところが大きかった。最後に、今回の機器展は会期に日曜日を含まないウィークデーのみの開催であったが、広くガスタービンの普及、関心を呼ぶためにも、今後日曜日を含む会期について検討を要するのではないだろうか。また、その意味からも、今回より以上の、広範囲にわたる開催のPR活動を多面的に媒体を利用すべきであったことを反省する。

以 上

出 展 社 一 覧 表

国 名	会 社 名	ブース数	国 名	会 社 名	ブース数
U. S. A. (23 社)	Diesel & Gasturbine Publications	1	U. K. (14 社)	Rolls - Royce Ltd.	18
	Turbomachinely International	1		SSS Gears Ltd.	
	Gas Turbine World	1		Rotadata Ltd.	
	Westinghouse Electic Corp.	3		Brush Electrical Machines Ltd.	
	愛知産業株式会社	1		Hawker Siddeley Dynamics Engineering	
	三菱自動車工業株式会社	1		Doncasters	
	日本ウッドワードガバナー株式会社	2		The British Electrical & Allied	
	Corning Glassworks /	2		Manufactured Association Ltd.	
	N-COR, Ltd.			Deritend Vacuum Castings Ltd.	
	丸和電機株式会社	1		Ti Reynolds Ltd.	
	日本ドナルドソン株式会社	4		Torquemeters Ltd.	
	株式会社理経	2		John Brown Engineering Ltd.	
	三菱重工業株式会社	7		日立造船株式会社	2
	株式会社新潟鉄工所	4	日本鋼管株式会社	2	
	住友重機械工業株式会社	2	川崎重工業株式会社	4	
	小松ハウメット株式会社 / Howmet	2	日 本	住友金属工業株式会社	1
	Turbine Components Corporation			三菱金属株式会社	1
	進和貿易株式会社	2		高効率ガスタービン技術研究組合	4
	東京芝浦電気株式会社	3		松賀機器株式会社	2
	石川島播磨重工業株式会社	6		日本碍子株式会社	2
	三菱製鋼株式会社	1		オリンパス光学工業株式会社	2
	株式会社日立製作所	6		The Japan Society of	1
	富永物産株式会社	4		Mechanical Engineers (JSME)	
General Electric Co.	5	日産自動車株式会社		3	
アステック株式会社	1	トヨタ自動車株式会社		4	
F. R. G.	Elb-Schliff Edmund Lang /	1	ヤンマーディーゼル株式会社	2	
	リッカーマン・ジャパン株式会社		三井造船株式会社	3	
	Kraftwerk Union AG /	6	社団法人日本ガスタービン学会	1	
	富士電機製造株式会社		(GTSJ)		
France	Hispano-Suiza / Offshore	2	株式会社神戸製鋼所	4	
	Procurement K. K.		株式会社司潤研	1	
Switzerland	BBC Brown, Boveri &	2			
	Company Ltd.				
Netherland	Elbar B.V.	1	合 計		
			7 ヶ 国 56 グループ 61 社 注 (Licensee 等を含む) 131 ブース		

東京大会の感想

大阪府大	沢田照夫	東海大	佐野妙子
航技研	菱田光弘	石川島播磨重工	宇治茂一
日立製作所	久芳俊一	川崎重工	内田晴記
東芝	福田雅文	三菱重工	武石賢一郎

若い人の出席しやすいバンケットを

大阪府立大 沢田 照 夫

1983年国際ガスタービン会議東京大会が内外の研究者数百人を集め、盛会裡に行なわれたことは会員の一人として大きな喜びであり、数年来この大会の準備のため苦労を重ねられた実行委員の方々に対しては心から感謝の意を表したい。

大会の印象を述べよとの編集者の意向に添い、感じたことの一端を記すことにする。

12年前の第1回大会に比べ、国内参加者の英語表現力は隔段に進歩し、同時通訳の役割が前大会に比べ、大巾に低下したことはよろこばしい。ただ、講演時間が15分に制限されたためと思われるが、はや口での日本語の講演が少なかった。このような場合には、英語訳が追いつかず、そのため翻訳がかならずしも正確ではなかったように感じられた。国外からの講演者は経験の豊かさもあつてか、比較的要点を持ち時間内に話し、討論に重点をおくよう配慮していたように見受けられた。このような大会では、講述は簡明にして、活発な討論をひき出すことが、大会を盛り上げるためにも、必要ではないだろうか。

次に感じたのは、経済の低成長時の大会としては会場が少し立派すぎたことである。会場に到着して驚かされたのは、多数のウェ이터の出迎えである。国外からの参加者の便利さを考えるとホテル内での会場は止むを得ないと思われるものの、戦中派にとっては会場費が気になるとともに、実行委員が寄付集めのために費された時間にも

思いがおよんだ。大会を参加費だけでまかなうことはむづかしいかも知れないが、参加費を主体として運営できれば、準備のための労力は半減され、大会開催の回数を増すことも可能になるのではなかろうか。技術進歩の著しい現状では、6年毎の開催は少々間隔が長すぎるように思われる。

経費のことではもう一つ、バンケットの参加費がある。少々高すぎたので参加は見合わせてしまった。バンケットを大会の中でどのように位置づけるかであるが、これを参加者の個人的な接触の場、友情発生の機会と考えるならば、研究発表がほぼ終了した大会の後半に開催される方が適当と考える。これまで親しくなかった人と友人になるためにはきっかけが必要であり、発表された研究に対する質問、意見の交換などがそのきっかけとなり得ることは明白である。誰でも自分の研究に関心をもってもらうことは最も望んでいることであり、また研究に対する話し合いこそ大会の目的であると言える。勿論会場での意見交換も不可能ではないが、目的の人とうまくめぐり会えるのはそれ程容易ではない。

以上の様に考えると、会場の都合もあるだろうが、出来るだけ多くの人、特に若い人達が出席でき、杯を交しながら碩学とも気楽にガスタービンの将来、研究的、技術的問題について、意見の交流が行なわれるバンケットを希望したい。

外人にみならいたい発表の仕方

東海大学 佐野 妙子

久し振りに国内で開かれた国際会議に参加し、海外で開かれる会議と異なる整然とした雰囲気とに接し、これまで準備に御尽力下さった方々の労に感謝致します。与えられた題目が“東京大会の感想”と云うことですので、私の出席した会場、日数はごく限られてはおりますが、感想を二三述べてみたいと思います。まず第一に感じたことは、日本からの発表者に比較して海外からの発表者の発表の仕方が際立って上手なこと、“なあなあ”民族と“なにがなんでも自分を主張しなければ生きて行けない”民族との日頃の訓練の違いから仕方がないのかも知れませんが、大いに見習わなければならないと反省させられたことでした。第二は、“日本で開かれる会議に日本語で発表出来ないとは”と云う発想から始ったことなのかどうかは知りませんが、同時通訳という発表方法は機能が十分に働かないときにはむしろマイナス効果に

しかならないということでした。どんなに下手でも、英語で発表した方がむしろ理解されたのではないかと思われるひどいものもありました。発表は英語で行ない、質疑応答のみ円滑に進められるよう通訳の助けを借りるとか、ただ、Chairmanを除いては全員日本人という時にはどうしたらよいのでしょうか。今日、多くの発表者が海外の国際会議で御活躍しておられる現状を考慮して、今後御検討頂きたい点です。

組織委員会の方々の御尽力を省みず勝手なことを云わせて頂くならば、午後の発表者まで早朝集まらねばならなかったのはどうにも辛いことでした。最後に、組織委員会からの通知の内容も前日まで確かめもせず、円滑な運営のためになんらの協力もしなかった者として、こゝに改めて謝罪すると共に、Ladies program の会議(?)に出席出来なかったことがなんとも心残りです。

同時通訳に一工夫を

航技研 養田 光弘

'83 IGTC についての感想を書きませんか、編集委員よりお誘いがありました。大会について出来れば建設的な注文をというお話です。そんな心積りもなく参加し、一寸急なお話でもあり、かなり迷って書いてみました。

役員の方々の御努力の結果を、5日間にわたって、きわめて気楽な立場で享受させていただきました。今回は、ターボチャージャを含めて空力関係の発表が約半を占め、筆者にとって収穫の多い大会でした。主にB室でのセッションに出席しましたが、外国からの参加者も多く、国際学会の雰囲気を味わうことができたと思います。非ヨーロッパの国々からの参加者もあり、これは大変よかったと思います。日本の経済的地位の向上を反映してか、外国からの参加者の立場が、前回までとくらべて何かしら違って感じられました。これ

は一人よがりかもしれません。

運営について気付いた点を強いてあげれば次のようなものがあります。1) 外国からの論文提出者が来日できず、Presentationのなかったものがやや多かったように思います。発表のないものは、セッション開始前に、できれば前日にでも知らせていただけないでしょうか。2) 論文の訂正を別紙で用意されていたものが二、三ありました。筆者はうかつにも気がつかず、後日他の参加者から訂正の印刷物をいただきました。これはPaper Boothのみでなく、セッションルームなどで配布していただけないでしょうか。3) 同時通訳は大変ありがたいのですが、場合によってはやや気になることがありました。片耳でなく、両耳のイヤホンの使用はできないでしょうか。あるいは、同時通訳のやり方をかえて、Phrase 毎に発表者

と通訳者が交互に話すのもよいように思いますが如何でしょうか。

大会終了後、筆者らの研究所にも大会出席者の訪問がありました。

国際交流、相互理解をはかる上で、このような国際学会が果たす役割は非常に大きいようです。このような機会が定期的に持てるよう期待しています。

欲しかった大型の案内掲示

石川島播磨重工業 宇 治 茂 一

1. 講 演

先ず我国において開催された国際会議として、内外から合計126もの論文が集まったことに対して敬意を表したい。我国におけるガスタービンに関する研究の水準が非常に高くなっているだけでなく、本会議担当委員の方々の並々ならぬ努力の結果と思う。会場設備も外国におけるセッションに比して引けをとるものでなく、立派なものであった。会場が講演会専門の場所でないため、案内掲示が十分行き届かないことは止むを得ないであろうが、横断幕や大型の案内掲示等、特に海外からの参加者に対するいま一步の配慮がほしかったと思う。

講演内容については、各社共従来機種の実績により実証された技術を基本とし、新規技術を巧みに取り入れながら新機種の開発を進めており、地道な努力と共に新技術への果敢な取組みが窺われた。大容量機においては、殆どがコンバインド・サイクルへの適用が想定されており、又中小容量機においては装置工業への適用を考慮した融通性を念頭に置いた開発が行われている。一方航空転

用型ガスタービンも、従来の非常用から脱却して一般産業用として連続運転用途にその応用分野を広げつつあることも窺い知ることができた。

特に、発表論文中には我国のムーンライト計画における高効率ガスタービンに関連するものが可成りあり、その技術には欧米の技術を既に凌ぐものもあり、海外からの参加者がこれらに強い関心を寄せていたことなど、我国のガスタービン技術が世界的な水準に達していることを印象づけるものであった。

2. ガスタービン機器展

内外合せて58社の出展があり、海外からの出展の中にも実機の展示があったのは、各社の熱の入れ方を如実に示すものと云えよう。

国内出展者の、海外からの見学者に対する説明もなかなか立派であり、我国技術者の自己技術に対する確固たる自信が、こうした態度に表われたものとして、今後日本が国際的に大いに貢献することを象徴するかの様で頼もしく思われた

知識欲を刺激された機器展

日立製作所 久 芳 俊 一

東京国際ガスタービン機器展に、ガスタービンメーカーの一員として参加した感想を以下に述べる。

まず第1は、本機器展が如実にメーカーの思惑、特徴、現在おかれた状況を反映しているということである。非常に力を入れているメーカー、それ程でもないメーカー、一般受けを狙ったブース、玄人

受けするブース等色々であった。これからガスタービン事業を拡大しようとしているメーカーは当然力が入るだろう。

多数参加した英国のブースからは、国を挙げて不況を乗り越えようとする姿勢が感じられた。自社の最も得意とするポイントがPRの中心となる

のは当然であるが、ガスタービンメーカーと材料メーカーでは、対象となる顧客が異なるため、自づと展示方法も異なるであろう。観客にはユーザはもちろん学生もいれば競合メーカーもいるわけであるから、一般の人の注意を引くような配慮も必要であるし、技術的にPR価値が大きなものでも差し引かえている点もあるだろう。この様なことを考えながら見て廻ると非常に楽しい機器展であった。目で、肌でガスタービンメーカー（特に競合メーカー）の存在を感じることができて非常に有意義であった。

第2は、異質のガスタービンに接することができて知識欲が大いに刺激されたことである。日頃大型タービンばかり接している自分にとっては、小型ガスタービンは大変新鮮であり、基本的な知識が大切なことを再認識させられた。回転蓄熱式熱交換器など思いもよらぬことであった。

お祭りの要素が多分に有る機器展ではあるが、かけだしのエンジニアである私には大変貴重な経験であった。

気楽に情報交換できた機器展

川崎重工業㈱ 内 田 晴 記

入社して5年目の時に、私は自社開発ガスタービンエンジンの販売促進活動の一環として、米国で開催されたASME主催の国際ガスタービン展に参加する機会を得た。その時の印象は初めての経験だったこともあり、欧米ガスタービン及び関連機器メーカーの展示物の多様さに目を見張ったことを記憶している。

此の度、再び機会を得て1983年国際ガスタービン機器展に参加して感じたことは規模的にはASME展には及ばないものの、国内各社の現況を知るうえでは非常に有益であった。

当社は昭和51年の末に自社開発ガスタービンを駆動源とした発電設備の販売を開始したが、当時小中容量の発電設備市場において海外メーカーとの技術提携によるガスタービン発電設備はすでに商品化されていたが、自社開発エンジンによる発電設備は当社だけであった。

今回の機械展を見て最も興味深かったことは日本のガスタービンメーカーからのエンジン、実機

の出展が多かったことと、その中に自社技術によって開発されたガスタービンが今回初めて新たに展示されていたことであった。

これは特に非常用発電設備の駆動源としてガスタービンの持つ特長が市場に評価され、今後益々、ガスタービン発電設備の需要が高まるとの各社の認識を反映したものと思われる。

また、今回の機器展では省資源、省エネルギーという時代的な要請に対応すべく、ガスタービンの高効率化を図るためのセラミック材の利用が具体化しつつある現状や、大型ガスタービンによる複合サイクルプラントですでに実用に供されているものや、実用化に向けて開発段階にあるものの紹介が多かったのも興味深かった点である。

この機器展は直接営業活動に結びつく展示会とは異なるためであろうか、普段親しく懇談する機会の少ない他社の方々と機器展の場で気楽に情報を交わすことができたのも有意義であったと思う。

一般人にもっと見てもらいたい機器展

東 芝 福 田 雅 文

「東京大会の印象は？」と突然聞かれたらば、やはり「華やか」と答えるだろう。特に私の場合

はガスタービンに携わってから日が浅く、このような大会についての知識は学会誌の見聞記から得

るのみであったから、本大会で初めてその実感を得ることができた。ここまで有意義で盛大な大会を企画し、運営された方々の手腕を賞讃したい。また同時に開催された機器展も各社実機や実部品を積極的に展示しており、本大会の迫力を一層高めていた。

私自身機器展で2日間程自社製品の説明員をしていたのだが、この時感じたことがあるので以下に述べる。まず参観者が意外に多く、またそのほとんどがガスタービンのエキスパート(ユーザー、メーカー、大学に限らず)だったということである。それ故これらの方々に説明をし、話をしていると逆に勉強させてもらうことがしばしばあり、また世間の動向がだいたい読みとれる。しかしながら、このことはガスタービンがジェットエンジンなどを通じて結構日常生活に係っている割には一般人の関心が薄いということを示している。

確かにガスタービンという機械の性格上、東京モーターショーのように入場料を取って一般客を何万人も集めるわけにはいかないであろう。しかしガスタービン技術に興味を持つ一般の機械エンジニアや工学部の機械専攻の学生がもっとたくさん見に来てもいいのではないかと思う。我々にとってもガスタービン関係者以外から得られる違った観点からの意見や情報も参考になると思われる。

またガスタービンに興味を抱き研究してみようという気になる人もいるかもしれない。ということでやはり関係者以外にもなるべく多数の方々に興味を持ってもらい、見物に来てもらうのは重要なことであると思う。このためにはやはりPRが必要であり、この点に関しては学会の今後の活動に期待したい。(また機器展は土・日曜日も開催すべき。)そして学会員各位も日頃からガスタービンの宣伝を行なうべく心掛けるべきであろう。

分野別の懇親会がほしい

三菱重工業㈱ 高砂研究所 武 石 賢一郎

前回、1977年の会議にも参加しましたが、あれから6年、今回は前回の約2倍の論文数で、論文の内容を見ましても、増々ガスタービン関連の研究が盛んになって来ているという感じを受けました。

私は、主に伝熱、開発の分野のセッションに出ましたが、伝熱では液晶による曲面乱流熱伝達の可視化と数値解析に興味を持ちました。また、フィルム冷却の実験では、非常に細かい計測を丁寧に行なっておられるのには感心しました。三次元フィルム冷却のごときパラメータの多い伝熱現象は、このような形で一步一步明らかにされていくものか、とも思います。開発の分野では、今、脚光を浴びているコンバインドプラントの話が、中心で、討論も非常に熱のこもったものでした。

会議に参加して最も意義のある事は、一堂にガスタービンの専門家が集まるため、最新の情報が交換出来る事だと思います。パーティの会場で、コーヒブレイクの時等、多くの機会を得ました。

とは言っても、専門分野がかなり分れていますので、各分野別の懇親会等が並設されておれば、申し分なかったと思います。討論の時間が限られているので、論文には表現されていない苦労話、計測のknow how等、自由に話し合える場合は、非常に有効と考えられます。

今回は、ガスタービン関連の機器展が、並設されましたが、小物の部品から、実機エンジンまで随分興味を持って見る事が出来ました。私は、机上検討をしている事が多く、具体的な物のイメージが貧弱なので、今回のように実翼が手に取れたり、タービン模型で三次元的な構造(非常に精密な模型がありました)が良く理解出来るので、非常にためになりました。

何年後かに、再び会議が開催される時には、ガスタービンの研究は、どのように発展しているであろうか。森林浴ではなくて、国際ガスタービン浴を浴びて、私も今後新たな目標を選定して、努力してゆきたいと思いました。

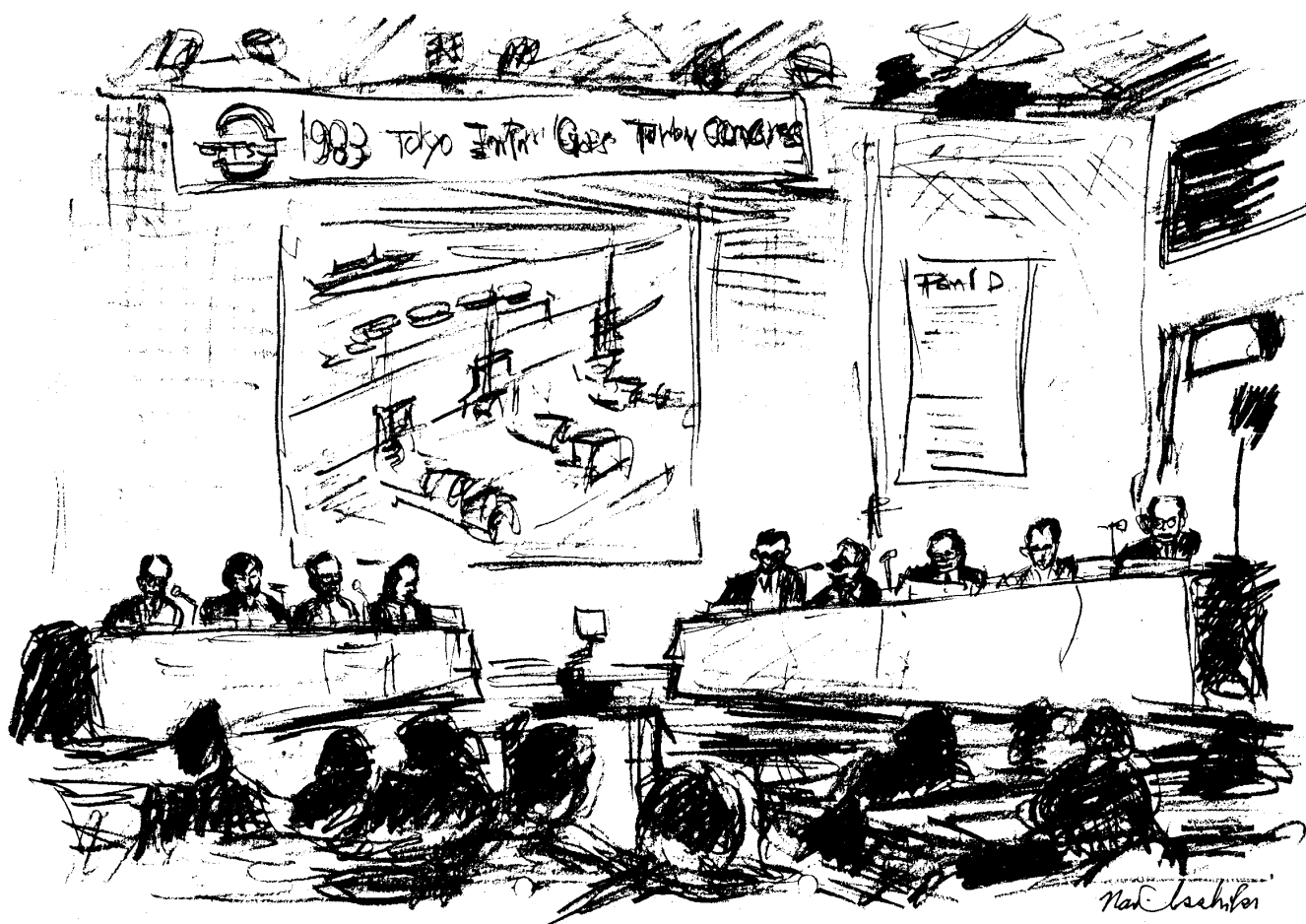
「国際会議・パネル討論会に出席して」

三井造船㈱ 高 木 圭 二

去る10月24日より1983 国際ガスタービン会議東京大会がJSME, GTSJ, ASME, VDI, IMechE 共催にて開催された。世界25ヶ国からの論文発表に対し活発な質議が行われたが特に今回の会議の中心は我が国の国家プロジェクトとして開発を進めている複合サイクル用ガスタービンAGTJ-100Aにあったと考えられる。この会議のハイライトの一つは最終日に行われた「Combined Cycle Power Generation Systems with Use of High Per-

mance Gas Turbines」と題するパネルディスカッションであった。

複合サイクルガスタービンを開発している世界の代表的複合サイクルガスタービンメーカー並びに国内の代表的複合サイクルプラント使用企業及び我が国の高効率ガスタービン技術研究組合からの代表パネリストが出席し、会議の参加者とが一堂に会して、これまでの使用例、複合サイクルプラントの効率改善、複合ガスタービンの採用理由、今後の進むべき方向などについて討議された。



一色先生 (画)

(昭和58年11月28日原稿受付)



1. パネリストおよびキーノートスピーチ

写真に示す7名のパネリストと座長、副座長が中心となり、まずキーノートスピーチが行なわれた。各パネリストのバックグラウンドとキーノートスピーチのテーマを以下に示す。(敬称略)

座 長：松木正勝 日本工業大学教授

副 座 長：R. Kamo Cummins Engine Co.

パネリスト(写真右から)：

山川 明 東北電力㈱

東北電力㈱に於ける複合サイクルガスタービンの採用について、

荒川光男 東京電力㈱

東京電力㈱に於ける複合サイクルガスタービンの採用と今後の動向、

竹矢一雄 高効率ガスタービン技術研究組合

高効率複合サイクルガスタービン AGT J-100 A の特徴

K.W. Johnson Westinghouse Electric Co. (米国)

W/H 社に於ける複合サイクルガスタービンと今後の展望

D.M. Todd General Electric Co. (米国)

G/E 社に於ける複合サイクルガスタービンと今後の展望

B. Becker Kraftwerk Union (西独)

KWU に於ける複合サイクルガスタービン

W. Endres BBC Brown Boveri & Co. (スイス)

BBC に於ける複合サイクルガスタービン

2. 我が国電力会社に於ける複合サイクルの採用について

使用者の立場から大型複合サイクルの採用と型式選定について述べられた。その既要は以下の通り。電力会社における複合サイクルの建設は省エネルギーの立場並びに燃料の多様化分散化の立場から進められている。現在の蒸気サイクル火力プラントの熱効率 η は40% (HHV基準)以上まで向上しているが頭打ちの状態であり複合サイクルを用いる事により従来の火力プラントより絶対値で3%の効率改善が見込まれる。東京電力㈱及び東北電力㈱の複合サイクルの採用理由の共通点は(1)定格点で高効率である(2)部分負荷での効率が良い(3)所内電力が少ない(4)LNG使用のため低 NO_x である(5)温排水が従来の火力プラントの1/3と少ない(6)あらゆる点で環境対策が有利である。

これらは複合サイクル発電プラントの持つ特徴と使用燃料の持つ特徴によるものである。

東新潟発電所の場合、複合サイクルの型式は多軸型排熱回収サイクルでガスタービン1基排熱ボイラ1基を1組としこれを3組配置し共用の蒸気タービン1基とを組合せて1系列とするプラント構成である。合計2系列設置し総計出力1090MWのプラントとなる。新型機種採用に当って信頼性の確保、新技術導入の観点より種々の事前チェックを行い実運転のトラブルの減少を計っている。即ちガスタービン本体に関しては工場で実負荷運転を行い100%のテストを実施し、温度で160点圧力で170点と従来に比して多数の特殊試験を行い現地試験に先立って信頼性の確認を行った。低 NO_x 燃焼器(予混合火焰温度均一燃焼方式)を採用実圧燃焼試験によりDryでのThermal NO_x の発生を低く押えている。ガスター

ビンの設置台数6台蒸気タービン2台の計8台の軸を制御するためこれらのタービンの群管理をどう行うか事前に Simulator で動特性のチェックを行い制御性を確認している。

東京電力㈱富津火力発電所に於ては東北電力㈱に設置の複合サイクルとは異なりガスタービン、蒸気タービン、排熱ボイラ共に GE 社製の実績機のため信頼性に対する配慮は本体に関して特にっていない。逆に近年ガスタービン複合プラントの性能向上に伴い欧米を中心に実用化が進み電力供給設備として要求される高い信頼性が得られており、これが採用の理由の1つである。採用した複合プラントの型式は排熱回収一軸型で143MW×7基計1000MW（気温32℃）2系列の計画となっている。熱効率は42.7%（HHV基準、発電機端）であり冬場の気温8℃で単機165MWの出力となる。夏の季節以外に定検を行い軸単位で定格運転を行い年間を通じて1000MWを確保する計画である。

複合サイクル発電プラント一軸型排熱回収方式の採用の理由は特に東京電力㈱の電力需給の条件に適合しているためである。即ち電力負荷の昼夜の差が大きいパターンになってきたこと、ベース負荷一定出力運用を行う原子力発電の割合が高まってきたことにより運用効率の高いシステムの採用に重点が置かれたためである。この型式の特徴点は(1)部分負荷時運転中の軸（単位機）を単位として定格状態で運転することにより多軸型（東北電力㈱東新潟発電所の複合サイクルプラントの型式）に比べ部分負荷での効率低下が少なく、運用し易い事(2)多軸型に比べ蒸気タービンが小形となるために起動時間も少なく起動損失も少ない(3)定期点検も一軸ずつ単独で行なえるため点検作業が年間を通じ平均化される(4)各軸の系統が独立しているためトラブルによる影響が最小化限定化出来る。全体として信頼性が高まる等々である。

我が国の電力事業に於ける複合サイクルガスタービンとしては580万kWが既設の Combined で Replace され400万kWが Combined で新設計画されている。2000年までには更に800万kWのガス燃料プラントが予定されており建設されるとすれば複合プラントとなる。電力需要の落ち込みから計画が下方修正されており、石炭利用に

よる火力プラントの新設計画も建設が Slow down し時期がずれ込んでいる。2000年以降までにはこれらの石炭利用の形は石炭ガス化複合発電に変わる可能性がある。今後の複合サイクルの計画としては小規模の分散型 Cogeneration Plant, メタノール etc の新燃料の複合プラントが考えられる。主要開発課題としては石炭ガス化複合発電の関連技術の開発、LNG etc の clean 燃料による複合サイクルプラントの効率向上、LNG火力の複合化のための技術が重要である。

3. 複合サイクルガスタービンプラントの効率向上策（AGTJ-100A型複合サイクルガスタービンの特徴）

我が国の省エネルギー開発プロジェクトとして何故この様な Reheat Cycle 複合プラントが取り上げられたか、省エネ策の基本思想が照会された。

我が国の省エネルギーを考える場合多量の燃料を消費している電力プラントの効率向上が一番効果があるため事業用火力プラントの省エネルギー策として高効率複合サイクルガスタービンの開発が取り上げられた。

目標は第一段階として50%以上（LHV基準発電端）、第二段階55%以上である。従来の複合サイクルプラントでも高温側にガスタービンサイクルを低温側に蒸気サイクルを配置するカスケード採用を採用しているがさらに熱効率を上げる事は簡単でない。プラントの熱損失を考えて見ると蒸気サイクルでは復水器からの冷却損失が、ガスタービンサイクルでは煙突よりの排ガス損失が主たる損失である。複合サイクルにする場合煙突での損失を減じさらに蒸気サイクルの出力割合を減らして冷却水損失を減ずる事により総合プラントとしての効率を高める事が出来る。

新しく高効率ガスタービンを開発するについて複合サイクルとしての熱損失を減ずるために煙突よりの排ガスエネルギー損失の減少に力点が置かれた。トータルの排ガスエネルギーを減ずる場合排ガス温度を下げる事は従来行なわれており、既に約100℃まで下げており電力を回収する温度としては限界に来ている。従ってトータルの排ガスエネルギー量を減ずる方策は流量の減少に帰着する。これは空気流量当りの出力を増大させる事既ちガスタービンでの流量当りの出力（比出力）の増大

を計る事を意味する。この目的のために再熱サイクルを採用する意義がある。再熱サイクルを採用しガスタービン排ガス温度を高く取る事によりボトムリングサイクルとしての蒸気サイクルの比出力を上昇させ蒸気側の排熱エネルギーの損失を軽減させる事が出来スエクセルギの回収効率を高める事が出来る事が強調された。

もう一つのAGTJ-100Aガスタービンの特徴は部分負荷特性の良い事にある。従来型の複合サイクルガスタービンに於ては多軸型一軸型いずれも排熱回収ガスタービンの部分負荷運用としてガスタービン軸の選択的な発停により高効率点の山を追いかけて運転運用を行い高効率を維持するが、AGTJ-100Aの場合は低圧圧縮機の全段可変機構によりサイクル空気流量を変化させタービン入口温度をほぼ定格温度に維持し排ガス温度を定格温度と同一に保つ事によりサイクル効率を高く維持することにある。質量流量の変動巾は最大と最小で約40%である。本プラントは単機での部分負荷効率の改善がなされているため小規模の地方分散型複合サイクル発電や出力規模の小さい開発途上国向けの事業用発電プラントにも適用出来る。

このAGTJ-100Aは現在無負荷運転が完了しメカニカルには何らの異常がなく自動起動試験による起動プロセスの各設定量の調整も全て完了している。内部点検結果について記録写真に従い説明があり、自信の程が被露された。来春の東京電力袖ヶ浦発電所での全負荷運転、耐久力試験に向け準備が順調に進んでいる事が報告された。

4. 米国での複合サイクルプラントの例及び今後の動向

W/H社では、1958年より又G/E社は1940年よりガスタービン複合プラントを製作している。製作の頭初は、蒸気サイクルの給水予熱に、ガスタービンの排熱を利用していた。1960年代に入り排熱回収蒸気発生器(HRSG)を設けた複合プラントが製作され、当時の熱効率は、34%程度のものであった。1970年代前半までは、蒸気サイクルも単圧であったが、1970年代後半に入って複圧式のものが作られた。複合プラントの燃料利用の類型では、助熱なしのHRSGのものが80%、追い焚き式のものが20%製作されてい

る。

W/H社の標準型複合プラントPACE 251型では、タービン入口1130℃、排ガス温度560℃、HRSGの出口温度175℃、蒸気条件78K780℃のもので、GTとSTの出力の割合は1:1となっている。出力規模で、30~1000MWのものがある。

G/E社では、1978年大型の単シャフト複合サイクルが、オクラホマ/エンタルコ電力向けに開発された。タービン入口温度1085℃、熱効率45%である。この型式のものが、東京電力又中部電力向けに原型となっている。複合サイクルの信頼性、稼働率は、通常の火力プラントに比べてすぐれており、通常火力200MWクラスの信頼性、稼働率は、それぞれ85%~95%、70%~85%に対し複合サイクルでは93~99%、85~86%である。しかし、最初の排熱回収型の複合プラントMS5000、25MW、オルワリン電力での16年間のサービスファクターは75%であった。

複合サイクルプラントは、熱効率改善の他に種々の特徴を持っている。即ち、複合サイクルはガスタービン、蒸気タービン、排熱回収蒸気発生器、追い焚き装置等から成立つため、これらの要素の組合せにより極めて融通性の高いシステムである。又建設が段階的に出来るために、最初にガスタービンを設置し、あとから蒸気サイクルを追加するタイプ。又蒸気サイクルが最初に建設されており、既存の火力プラントにあとからガスタービンを設置、組込む事により既設プラントのRepoweringが出来る。Repoweringの例では、メディソンハット市で32MW蒸気サイクルを500MW複合プラントに、又メキシコCFEでは最初シンブルサイクルモードで2年間運転した後複合プラント化している。

複合サイクルの将来としては、第一にEPRIを中心に、High Reliability Combined Cycle Projectを進めており、又ガスタービン単独での効率改善が進められている。その1つは、動静翼の製作技術の開発で、Lamilloy積層構造の作成技術により冷却効率の高いHot Gas部品(動静翼、燃焼器)の開発がある。これらは、ガス温度上昇に対し耐久力を保持すると同時に、悪

質燃料、石炭ガス化燃料、残渣燃料に適する部品となる。又低Nox対策として、触媒燃焼技術が適用されNox発生は、10 ppm以下となることが予想される。

複合サイクルプラントは、石炭ガス化発電プラントに適用組込まれる。現在、カルホルニアにてGE/Cool Water プロジェクトでは100 MWに見合うガス化プロセスが建設され、1984年に稼動開始の予定である。テキサコ法による噴流床式ガス化プロセスで酸素吹き込み方式にて開発されている。イリノイ川Powerton プロジェクトでは1983年6月建設開始、1985年完成で高圧(12K)ガス化プラントとの複合サイクルの建設を始めている。

Cogeneration Plant (Power and Heat Generation) には Big Three Industries による 300 MW (75 MW のガスタービン 4 台) の天然ガス焚きプラントで電力は Houston L & P Co. へ売却し 634 T/H の蒸気は近隣の工場へ売却される。又 Getty Project は、300 MW の電力を Southern California Electric Co. が発電し Cogeneration で、蒸気 7650 T/H を発生し、石油二次回収のため使用する。この様に近年米国の新しい立法により過剰電力や蒸気の売却が可能になった事は更に複合プラントの建設に拍車がかかると思われる。

総合すると、複合サイクルは、低成長経済下で環境規制の厳しいエネルギー多様化の時代に、有望な熱併給発電プラントと結論付けられる。将来の複合サイクルは、Multi Cycle Project として Tri Generation System (Coal Gas, Steam Heat and Power Generation) が低コスト、高効率で経済的なプラントとして貢献すると判断される。

5. 西欧での複合サイクルの例

ヨーロッパにおける複合サイクルについて、KWU と BBC の 2 社の建設例が、照会された。これらを総合すると、ヨーロッパの複合サイクルの動向は次の様である。

KWU では、1964 年よりオーストラリアに 64 MW 効率 41 % の複合サイクルが製作され、当時の記録品であった、現在まで 12 万 Hr 以上運転されている。

BBC の最初の複合サイクルは 1956 年で、Stand by プラントで、200 Hr の運転である。1961 年にはオーストリア電力に石炭焚きボイラプラントと NG 焚きガスタービンとの複合プラントが作られ、蒸気は製鉄所へ送気された。又火力発電プラントに重油を、ガスタービンに天然ガスを利用した複合プラントがいくつか建設されている。

ヨーロッパでの複合サイクルは、GT が石炭焚きボイラの燃焼用空気源としての使用例が多い。又石炭火力との Combined が、その後多く作られ現在も稼動している。

近年になって、排熱回収型の複合プラントが建設されているが、排熱回収ボイラに Fired 型、Unfired 型の 2 種があり、Fired 型はガスタービンの排気温度が低い場合に適し、部分負荷効率が高く Nox の発生が少ない。Unfired 型は排気温度が高い場合に採用され、低い建設費の発電所となる。相対的に蒸気サイクルの出力規模が小さいので熱損失が小さく、冷却水に制限がある時に適する。

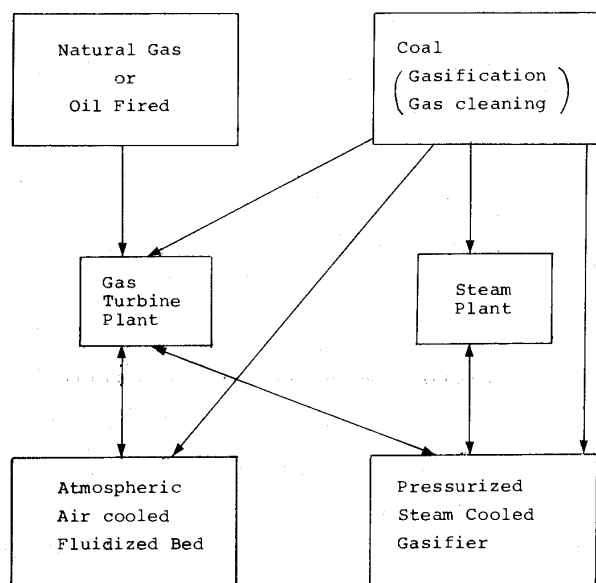
ヨーロッパでのもう一つの利用形態として、古くから利用されているものに、District heating がある。これは完全な Cogeneration Plant で、ガスタービンとの複合プラントでの熱利用率は高い、暖房と電力の需要のパターンに差がありこの需要をうめるために蒸気の貯蔵が必要となる。District Heating 用に HRS G を追加して、既存のプラントを改修している。

1981 年には 100 MW の Cogeneration District Heating が建設されている。プラント効率をあげるためには、単圧の蒸気回収から高低圧の二段階圧力の蒸気で、熱回収の効率を上げている。

複合プラントのヨーロッパにおける稼動率は、90 % 約 64000 Hr 運転であり、複合プラントの信頼性は高い。ガスタービンの TBO の平均は 47000 Hr の結果が出ている。排気再燃型複合プラントの場合ガスタービンが停止した時確実にブースタファンが作動する事が大切。

複合サイクルは、種々の燃料を使用する事が出来、燃料の多様化に適したシステムである。Re-powering の場合も、完全燃焼重油プラントと、

G Tの軽油焚きプラントの複合化を行なっている。今後の複合プラントの可能性として、天然ガスと石炭燃料の組合せが考えられるが、その組合せは下図に示す如く多様な形となろう。



燃料の多様化と複合プラントの組合せ

ヨーロッパに於ける複合サイクルの将来動向は、石炭のガス化複合プラントである。Lünen 石炭ガス化発電プラントの運転実績があり10000 Hr 運転され、現在は停止している。この運転により有用なDATAが得られ、今後の技術に生かされると思う。今後の石炭ガス化発電プラントの解決課題はタービン入口温度を高く取る事とGasのClean upである。高压ガス化、常圧ガス化のいずれのプラントも用いられようが、いずれも流動床となろう。

6. まとめ

複合サイクルガスタービンは1950年代から米国、西欧で製作されて来たが、その型式は米国では火力プラントの給水予熱に、西欧ではボイラの燃焼用空気源として使用が始まった。その後ガスタービンの入口温度向上により、排熱回収サイクルとしての複合発電プラントの形で発展して来た。

発電プラントとしての効率改善策として、単圧蒸気回収から復圧蒸気回収へと効率改善が計られた。更に総合プラントとしての発電効率の改善がガスタービンの単独での効率改善と平行し

て開発され、我が国のムーンライトAGTJ-100Aの如く複合プラントに適したトータルの効率の改善として開発されており、又運用によるプラントの高効率化が1軸型、多軸型の形で利用され初めている。

一方別の流れとして、Cogenerationの型で、西欧ではDistrict Heatingとしてガスタービンの排熱が利用され、米国では産業用の熱源として利用が計られており、今後は米国の立法化により更に普及するであろう。

燃料の多様化の点で複合プラントは適しており、従来から西欧でその実績は多い。米国でも今後石炭のガス化と他の燃料との混用が計られ、ガスタービンにはClean燃料が適用される。複合プラントは建設の順序を段階的に行う事が出来使用者の便宜が計れるし、既設プラントの再活性化としてRepowering (Power up と高効率化)にも適したプラントといえる。複合サイクルプラントの将来は燃料事情から石炭ガス化複合発電や石炭ガス化プラントに組込まれ、Tri Generationのプラントの出現も近いといえる。

複合サイクルの将来はエネルギープラントの中心として極めて重要な役割りを負っていく事が確認され、貴重な討論であったと感じた次第である。



HISTORY OF USING COAL FOR FUEL FOR THE GAS TURBINE

BY

R. TOM SAWYER

INTRODUCTION

First I will give a brief history of the open cycle gas turbine using coal for fuel. Then the main part of this paper will give the history of the very efficient closed cycle gas turbine using coal.

OPEN CYCLE GAS TURBINE

The first device which would be recognized as a gas turbine was built in Egypt by Hero of Alexandria in 130 B.C. If coal had been available to him, he could certainly have used it to heat the air which drove his turbine wheel. The first record of the award of a patent on a gas turbine was made to John Barber in England in 1791. A few years later, 1808, another gas turbine patent was awarded in England to John Dumbell, who proposed to burn coal on a horizontal grate and to send the combustion products upward through a large cylinder, to cause the slow revolution of a large air turbine.

In 1945, the Locomotive Development Committee was formed as a part of Bituminous Coal Research, Inc. Its objective was to produce a coal-burning locomotive which could compete with the Diesel, which was then beginning to emerge as king of the rails. John I. Yellott, then Director of the Institute of Gas Technology in Chicago, became the Director of Research of LDC, and he proposed the use of the open cycle gas turbine, with direct combustion of pulverized coal, as the means of accomplishing the objective of the Committee.

The first small-scale tests were conducted in September, 1945, at the John Hopkins University in Baltimore, and these resulted in the operation of a war surplus turbosupercharger with pulverized coal as its fuel. The program then progressed through atmospheric pressure, full-scale tests of combustion, coal delivery and flyash removal systems at the Northrop Aircraft facility, then located at the Kaiser Steel Works in Fontana, Calif. Full-scale operation began at the Dunkirk Works of the American Locomotive Co., where a Houdry process gas turbine, built by Allis Chalmers, was installed, with one of its two combustors burning oil and the other burning

coal. It proved to be possible to run the unit on coal alone, and so the Committee authorized the purchase of a 4500 H.P. gas turbine, built to locomotive dimensions, from Allis Chalmers.

This unit was installed at Dunkirk in 1950, and testing proceeded for approximately six years. It was found that most of the problems involved in the direct combustion of pulverized coal at pressures of 5 to 6 atmospheres could be solved, but the most critical problem of all was the removal of the flyash from the combustion products to an extent sufficient to guarantee the long life of the turbine blades. This was not accomplished, and in 1957 the project was discontinued, and the remaining equipment was moved to the Bureau of Mines Laboratory at Morgantown, West Virginia.

I was with the American Locomotive Co. until 1956 and fully agreed with John Yellott. It is of interest to know the only organization that greatly improved the burning of powdered coal in an open cycle gas turbine at that time was the Australian Dept. of Supply's Aeronautical Research Lab. in Melbourne Australia. The capacity of their turbine was about 600 H.P., and a large cyclone separator was used to remove the products of combustion from the hot air stream.

They rebuilt the turbine adding one more row of blades to slow up the coal particles so they would not badly erode the blades, and yet obtained the same rating of 600 H.P. It was successful when burning brown coal which Australia has a lot of. I saw this testing and redesigned in 1969 and it was completed about 1970, and was handled by Tom Keeble, Supt. of the Mechanical Engineering Div. When other types of coal were used the results were not quite as successful but not bad like the project at Dunkirk, N. Y.

Turbine AGT-5 Fueled by Powdered Coal
By A. H. BELL

General Motors has demonstrated an AGT-5 experimental gas turbine fueled by powdered coal. Installed in a production vehicle, the G.M. Engineering Staff has shown for the first time that powdered coal can power a passenger car.

The combustion of powdered coal offers the maximum utilization of the energy in coal. Both very mechanically cleaned and solvent-refined powdered coal retain more than 80% of the energy initially present in the mined coal. This compares with about 55% for liquid fuels derived from coal. This, and the abundance of coal in the U.S.A., led G.M. engineers to investigate the possibility of a powdered coal turbine as an alternate internal combustion engine of the future.

G.M.'s latest experimental gas turbine is comparable in output to a small V-8, yet weighs considerably less. The AGT-5 is equipped with an on-board computer to control combustion, and its fuel economy is nearly equal to a small gasoline V-8. G.M. research and development of the gas turbine began more than 30 years ago. The combustion system of the AGT-5 consists of a turbine burner, a fuel injection nozzle and ignition system. A liquid fuel pilot, ignited by an electrical spark, ignites the powder as it enters the burner.

The finely-powdered coal is stored in a fuel tank in the engine compartment above the right front wheel. A metering fuel pump, aided by an engine-driven air compressor, transports the powder in a steady stream from the tank to the gas turbine. Mechanical vibrators in the fuel tank assure the smooth controlled flow of powdered coal to the gas turbine. In con-

clusion it is nice to report that the driver and passengers experience no noticeable difference in the AGT-5 fueled by powdered coal versus liquid fuel.

CLOSED CYCLE GAS TURBINE

To make the gas turbine completely more successful and efficient burning any type of coal we should use the closed cycle gas turbine because it is basically a combined cycle type of turbine. The hot gas coming out of the turbine produces steam and hot water as this hot gas must be cooled down to go back into the compressor.

In Europe the closed cycle gas turbine is often referred to as the "AK SYSTEM". A refers to Prof. Ackeret and K refers to Dr. Keller, the 2 inventors of the closed cycle gas turbine and both are in Zurich, Switzerland and now retired. The first unit was built by Escher Wyss in 1939 and operated at their factory driving a 2000 KW generator. Dr. Keller was with Escher Wyss Engineering Works in Zurich as Director of Research & Development which included the closed cycle AK gas turbine.

Much of this early information has been obtained from that I started in 1960, Gas Turbine International magazine. In the July-Aug. 1960 issue it gives a list of the companies building gas turbines and this includes the AK units in Table 1, all licensed by Escher Wyss.

TABLE 1

Manufacturer	Total	
	Built	Horsepower
EW Escher Wyss, Zurich	2	35,100
FD Fuji Denki, Tokyo, Japan	2	20,490
GHH Gutehoffnungshutte, Sterkrade, Germany	4	41,890
JB John Brown, Clydebank, Scotland	2	5,630
MS Mitsui Shipbuilding Co., Japan	1	10,000
Total	11	113,110

Table 2 Main Data on Industrial Solid-Fuel-Fired Closed-Cycle Gas-Turbine Plants

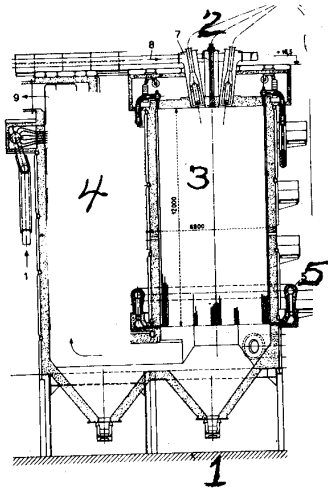
	Ravensburg, W. Germany	Coburg, W. Germany	Oberhausen, W. Germany	Moscow, Russia	Altnabreac, Scotland	Roths, Scotland
Built by	EW/GHH	GHH	GHH/EW	EW	JB	JB
Purpose	E+H	E+H	E+H	E+H	E	E
Output, kw	2300	6600	13,750	10,000	2000	2000
Fuel, coal	Bitum.	Bitum.	Bitum.	Brown	Peat	Slurry
Lower heating value, Btu per lb	13,500	12,400	13,100	4500	5200	5900
Turbine-inlet temperature, deg F	1220	1255	1290	1255	1220	1220
Turbine-inlet pressure, psig	370	355	435	400	405	405
Heat production, normal, Btu per hr	7 x 10 ⁶	26 x 10 ⁶	65 x 10 ⁶
Heat production, maximum, Btu per hr	12 x 10 ⁶	55 x 10 ⁶	85 x 10 ⁶	32 x 10 ⁶
Air heater tube dimensions, in.	1.3 x .1	1.3 x .13	1.3 x .11	1.6 x .16	1 1/4 x 0.1	1 1/4 x 0.1
Number of combustion chamber tubes	136	320	2 x 240	320	160	160
Combustion-chamber diameter, ft	9.7	15.2	2 x 14.1	17.7	9.9	9.9

E=Electricity, H=Heat, EW=Escher Wyss, JB=John Brown, GHH=Gutehoffnungshutte.

Gas Turbine, July-August, 1961 25

Table 2 was published a year later. It is of interest to see what heat is produced. The 2 turbines in Scotland do not show any heat, yet when they cooled the exhaust of the turbine they may not have used that heat which could drive a steam turbine at least a third of the size of the gas turbine. The other 4 plants have a very good efficiency, the Oberhausen is the best. Years ago I inspected the Oberhausen plant. It was built by a steel plant across the street from a large row of employees apartment buildings and they were heated and airconditioned by this plant the full year. I asked the man at the switch board what the efficiency was. He read several meters, then used his sliderule and then said "80%". This means the electric power % was normal, the large excess over this was due to the advantage of a large number of heat exchangers which did just what the steel co. wanted.

FIGURE 1



A wheelbarrow is located under #1 to take the ashes every 12 hours. #2 is where the powdered coal is blown in. #3 is shaped like a boiler with tubes full of air all around the inside. This is where the coal burns and with air in the tubes there is nothing to chill the flame so all the coal burns up and the ashes is just that which will not burn. Then the hot air from #3 moves into #4 which is the section loaded full with heat exchangers. #5 is the outlet of the hot air going to the turbine. The hot air from #4 goes up the stack and I watched the top of the smoke stack for at least 20 minutes and did not see any smoke or any particles of ash come out the top of the smoke stack. It is important that those with me agreed as to what I did not see out of the smoke stack. Dr. Curt Keller was there as he took me to Oberhausen. Mr. Deuster was head of the power stations at Oberhausen and also there was Mr. Holzapfel of GHV who is active in this field.

The Nov.-Dec. 1960 issue of Gas Turbine International has an interesting article on a small 400 KW nuclear gas cooled reactor package with a closed cycle gas turbine for the U.S. Army. Even though this closed cycle small plant was built to operate a portable reactor it could just as well be a portable power unit burning coal. This unit was tested in 1961 & 1962 at the National Testing Station in Idaho and the test proved very satisfactory.

In 1963 I inspected the first and only closed cycle gas turbine (CCGT) in the U.S.A. that was not a real small one but rated 1500 H. P. and used helium as the working gas. This was a cryogenic refrigeration plant designed and built by James K. La Fleur, then President of The La Fleur Cryogenics Corp. at that time located at Gardena, California. This plant did not burn coal but was the only CCGT industrial plant in the U.S.A.

It takes atleast 50 years to get a new project in the U.S.A. to really move fast. For example in 1955 I saw an experimental nuclear fusion energy plant and it is now predicted to be in commercial service after the year 2000. The building of nuclear atomic fission plants are now moving well in various countries but not in the U.S.A. Any way let the U.S.A. take its time to do a better job as several other countries are now experimenting with a better job, one is using a helium cooled reactor with the CCGT which is more efficient and more simplified than steam power.

Mr. Carey Kinney of the Dept. of Energy had a little pamphlet published that told about the CCGT. One table shows it has 10 advantages, including burning coal while the open cycle gas turbine and the steam turbine and the diesel each have only 4 advantages listed. This includes the following advantages of the CCGT in Co-Generation:

- High Part-Load Efficiency.
- Efficient Fuel Utilization.
- Reduced Environmental Impact.
- Modular, small-scale Design.
- High Efficiency over a Wide Range of Power-to-Heat Ratio.
- Turbine & Compressor Isolated from Combustion Products & Environmental Contamination.

These above advantages are fine yet the experience in the U.S.A. has been limited to small-scale experimental units.

The Railway Age, July 13, 1981 stated "The first engine to be used with the coal-fired combustor will probably be a steam engine, then at some later date, a closed-cycle gas turbine". It also showed a table of 14 Engines by Life-Cycle Costs and the closed cycle gas turbine burning coal was the cheapest.

It is wonderful to have the RAILWAY AGE make such a true statement, and I have been taking it for over 50 years.

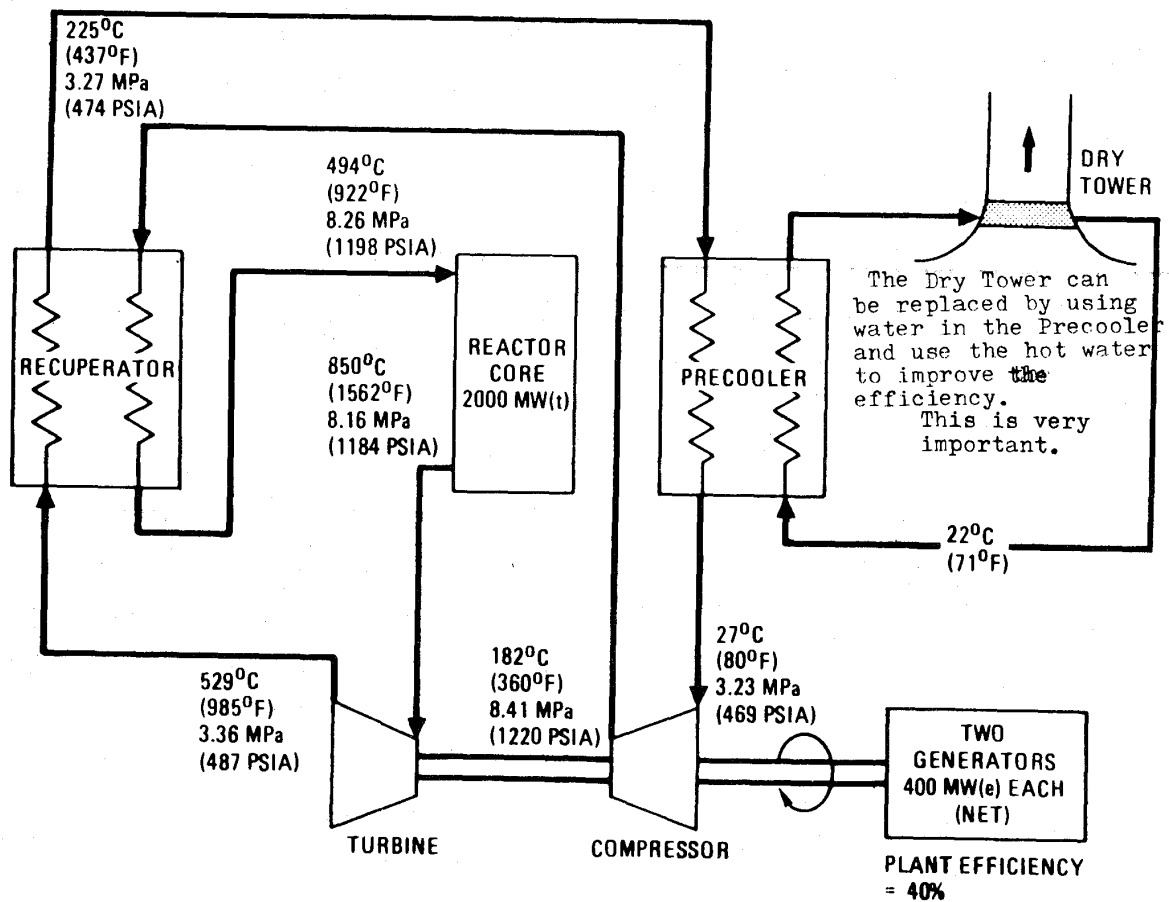


FIGURE 2 Flow Path Diagram Showing Salient Parameters for Nuclear CCGT Plant (HTGR-GT)

低カロリーガス焼きガスタービン（その2）

三井造船㈱ 高木圭二

まえがき

前号にて低カロリーガスの発生プロセス並びに低カロリーガスの組成と発熱量、低カロリーガスが持つ燃料供給上の特徴と特質、低カロリーガスを使用する場合の燃料供給システムとガスタービンプラント全体のシステムについて概説した。本講では具体的にガスタービン本体を設計する場合の圧縮機とタービンのマッチング並びに燃焼技術及び燃焼器について考察し、燃料供給及び圧縮システムと燃料中に含まれるダストや腐食成分の除去の方法、ガスタービンプラントの信頼性について性能低下と寿命を中心に考察する。

6. 低カロリーガス焼きガスタービン本体

通常の高カロリーガス焼きガスタービンを、低カロリーガス焼きガスタービンとして利用する場合のガスタービン本体及び燃料供給システムに与える影響について設計上の注意事項を箇条書きに列挙してみると表6に示す通りである。

表6 低カロリーガス燃料焼きガスタービンの設計上の考慮事項

A. 圧力比の上昇

1. 圧縮機、サージ限界
2. 圧縮機、吐出ケーシングの応力
(圧力差増大による)

B. タービン通過流量の増大

1. 圧縮機とタービンのマッチングのずれ
2. タービン性能(効率)
3. タービン冷却空気増大
4. 推力軸受
5. タービン段負荷の増大
6. タービンディスク応力
7. タービンの構造の設計変更
8. 排気ケーシングサイレンサーの変更

C. 燃料系及び燃焼器

1. 燃焼器の再設計
2. 燃料配管の変更(分配管とヘッダー, etc)
3. 燃焼器、圧力損失の減少

D. 制御

1. 燃料流量コントロール弁の設計変更
2. 発熱量の変更、変動
3. 制御の安定性
4. ガス化プラントとガスタービンの干渉

E. 負荷の増大(負荷制限の要素)

1. 減速歯車
2. カップリング
3. 負荷設備
4. タービン軸
5. 2段タービンノズル温度
(2軸タービンの場合)

ここに示す事項は、流量のマッチングを圧縮機吐出側で軸気を行なわずにタービン入口の圧力を上昇し、タービン入口温度を下げてタービンの“のみ込み量”を増やす方策を取る場合のタービン本体及び燃焼量、燃料系に及ぼす影響を示している。

圧縮機吐出空気を抽気しガス化プロセス等に抽気空気を送風する場合には、マッチング上の運転点のずれは僅かで殆んどガスタービン本体に影響を与えない。

一軸ガスタービンの場合の圧縮機・タービンの作動曲線によるマッチング点(運転点)は、図16に示す。

低カロリーガス燃料は体積流量、質量流量共に燃料の種類によって異なるが、高カロリー燃料に比して大きく、その量は低位発熱量に比例し4倍～20倍と大きく、ガスタービンシステム全体、タービンと圧縮機のマッチングに大きく影響する。

低カロリーガス燃料の場合、圧縮機吐出空気量(G_2)とタービン流入量(G_3)との質量流量の差

(昭和58年11月25日原稿受付)

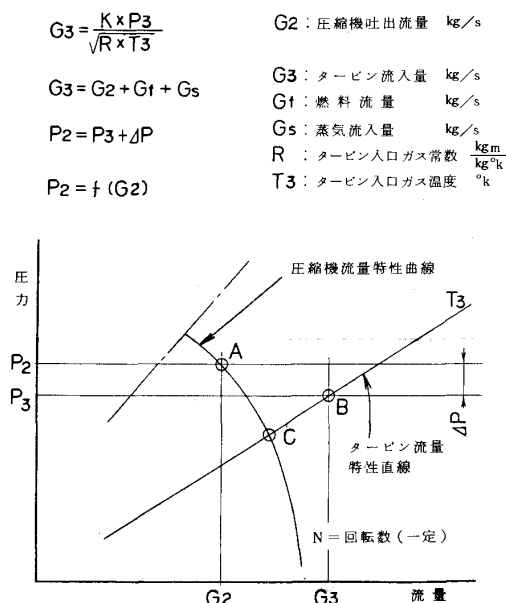


図16 圧縮機タービン作動曲線

は大きく図16に示す如く、圧縮機運転点Aとタービン運転点Bは圧力流量共に大きくずれてくる。高カロリー燃料ガスの場合には燃料流量は空気流量の2%以下であり、圧縮機吐出、タービン入口での流量はほぼ一致しており点Cで作動する。

低カロリー燃料の燃料量は、空気流量の8~25%にもなる。低カロリー燃料は流量が大きいため供給される圧力によって燃料圧縮に要する動力が大きく変り、ガスタービン駆動軸系に大きな変化をもたらす事になる。

低カロリーガス焼きガスタービンが高圧石炭ガス化プラントと併設される石炭ガス化発電プラントの場合には、ガス化剤としての空気をガスタービンの圧縮機出口より抽気し、ガス化プラントへ送り残りの空気は燃焼器に流入する。ガス化プラントで発生する低カロリーガスは、燃料源の石炭(或いは石油)にガス化剤としての空気(ガスタービンより抽気された)や水蒸気を注入し部分酸化反応により燃料ガスを発生するが、発生燃料ガス量と抽気空気量との比は1.2~1.7倍となる。ガスタービンへ吸込まれる空気量に対し燃料の増量によるタービンへの全流量の増量比は、1.05~1.12と小さく既設ガスタービンが流用出来る範囲内である。

しかし、低カロリーガス燃料として実用されているガスタービン燃料の中で低カロリー、極低カ

ロリーガスに属する高炉ガス(B, F, G)等の場合には、タービンと圧縮機の流量のマッチングが大きくずれ、多量の燃料が燃焼器經由タービンに流入する。

このB, G, F燃料の場合には圧縮機吐出よりガス化剤としての空気の抽気が行われなため流量の差が大きく、標準ガスタービンの構成要素であるタービン、圧縮機のいずれか一方を設計変更し流量に適合したタービン、又は圧縮機を再設計する事が必要となる。

高圧ガス化プラントとBFG焼きプラントの流量のバランスの違いを図17に示す。

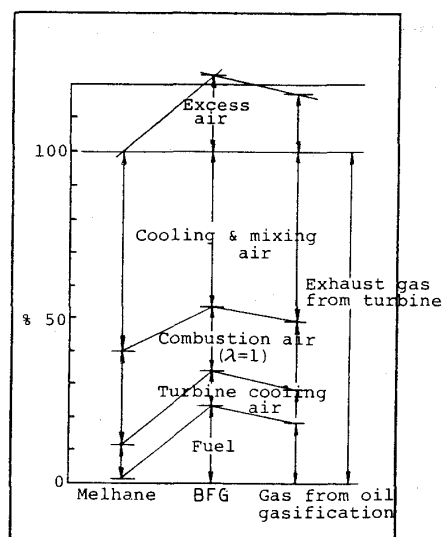


図17 BFG焼きガスタービンの流量割合

これらの新たな低カロリーガス焼きガスタービンを計画する場合、標準ガスタービンに対し圧縮機を修正するか、タービンを修正するかの二通りの方法がある。各種の低カロリーガスの利用を考える場合には低カロリーガスの発熱量を何段階かに区分して、それぞれの発熱量の区分毎にシリーズ化された寸法のガスタービンを使用する様に計画する事が必要となってくる。

この方法とは別に、高カロリーガス燃料用に設計された標準ガスタービンをそのまま利用して低カロリーガスを使用するためにはタービンの寸法(通路面積)を大きくする目的で別のエキスパンダータービンを併設するシステムを採用する事が有効でこの問題を解決する事が出来るが、システムの複雑さが増し新たな解決課題が増える。

このシステムは、前号5章の図15¹⁵⁾に示すブロックダイアグラムの如く的方式となる。

7. 低カロリーガス燃焼技術

低カロリーガス焚きガスタービンに取って最も重要な技術解決課題は、低カロリーガスを高燃焼効率で燃やせる事である。

低カロリーガス燃焼の技術は今回の主題ではないので別の機会にゆずるとして、主要点のみを列記するに止める。

- (1) 低カロリーのため同一の燃焼器温度上昇を得るために燃空比が大きく、燃焼用に大きな容積が必要。
- (2) 量論比での燃焼により、成生物のトータルの流量は燃料発熱量の違いによって大きくは変わらない。
- (3) 断熱火焰温度は、低カロリーガスの場合低い。表7

(4) 燃焼反応速度は遅くなり、発熱量と燃料組成によって変わる。燃焼はより困難となり、燃焼室の壁温は下る。より長い帯留時間が必要となる。

(5) 低カロリーガスは、ガスタービン起動時に補助燃料が必要であり、極低カロリーガスに対しては場合により助燃が必要となるので、Dual Fuel バーナにしておく必要がある。

(6) 低カロリーガス中に含まれる成分によって燃焼の難易がある、代表的炭化水素燃料の燃焼火焰の中で見出される反応物質(種)の中で一酸化炭素ガス(CO)が一番反応速度が遅い。

従って、全体の反応を進める方策、又は帯留時間を長くする方策が必要である。

(7) COの反応速度は水素又は水分の存在によって影響される。H₂/COの比が大きい方が、

表7 BFG焚きとメタン焚き燃焼状態比較

KINDS OF FUEL	METHANE	BLAST FURNACE GAS	GAS PRODUCED BY OIL GASIFICATION
CALORIFIC VALUE KJ/kg (Kcal/kg)	50,000 (11960)	3,278 (783)	4,198 (1002)
GAS CONSTANT J/kg °K	518.2	293.7	338.7
GAS TEMPERATURE AHEAD OF COMBUSTION CHAMBER °C	250	250	250
AIR TEMPERATURE AHEAD OF COMBUSTION CHAMBER °C	325	325	325
EXHAUST-GAS TEMP BEHIND COMBUSTION CHAMBER °C	1,000	1,000	1,000
STOICHIOMETRIC AIR WEIGHT/GAS ($\lambda=1$) kg/kg	17.34	0.82	1.09
PER 100kg/sec EXHAUST GAS: QUANTITY OF FUEL GAS kg/sec	1.60	24.46	19.04
QUANTITY OF AIR at $\lambda=1$, kg/sec	27.76	20.19	20.79
TOTAL QUANTITY IN COMBUSTION SPACE at $\lambda=1$ kg/sec	29.36	44.65	39.83
ADIABATIC COMBUSTION TEMPERATURE at $\lambda=1$ °C	about 2,160	about 1,670	about 1,830
GAS VOLUME IN COMBUSTION SPACE %	100	98	114

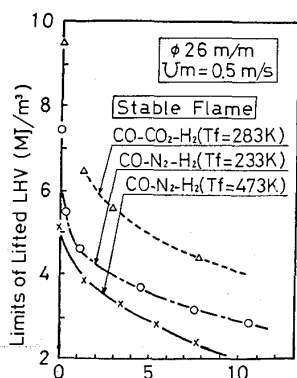


図18 H_2 Content (Vol. %) Effect of H_2 Content in fuel on Bunsen flame lift-up limits

H_2/CO の比が小さいものに比較してより迅速に燃焼する。図18¹⁶⁾

- (8) 反応種の滞留時間を増大させるには、反応領域の寸法を大きくするか又は循環領域の流速を速くし通常の燃料より循環流の強さを大きくし長時間過流として帯流させる必要がある。

このためにはバーナの混合効果を高める設計と燃焼室とのマッチングに配慮が必要。

- (9) 低カロリーガス燃料で発生する窒素酸化物の量は、表8¹⁷⁾に示す。Na 2 Oilの場合を1.0として石炭ガス化による低カロリーガスの場合は0.05となる。

表8 RELATIVE THERMAL NOx EMISSIONS

FUEL	NOx (ppmv wet) / NOx (ppmv wet, Na 2 oil)
Methane	0.6
Propane	0.7 8
Methanol	0.2 5 to 0.3 7
Ethanol	0.7 0
Hydrogen	1.2 4
Coke Oven Gas	0.7 9
Coal Derived Low Btu	0.0 5
Na 2 Oil	1.0

- (10) 未燃のCOの発生は特に低カロリー燃料の場合出やすい。図19¹⁸⁾、図20

- (11) 火焰の安定と燃焼効率を確保するために極低カロリーガスの場合、補助燃料の使用が認められなら使用した方がよい。

Back up 燃料は低カロリーの燃料供給に変動がある場合に運転を継続するために必要となり、燃料バーナの構造上 Dual Fuel を考慮する必要がある。写真1 参照

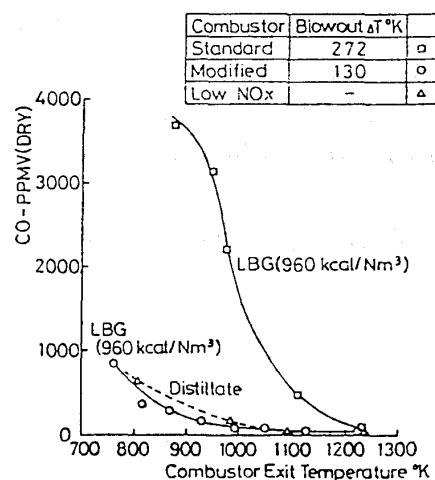


図19 石炭ガス化ガス使用時のCOエミッション

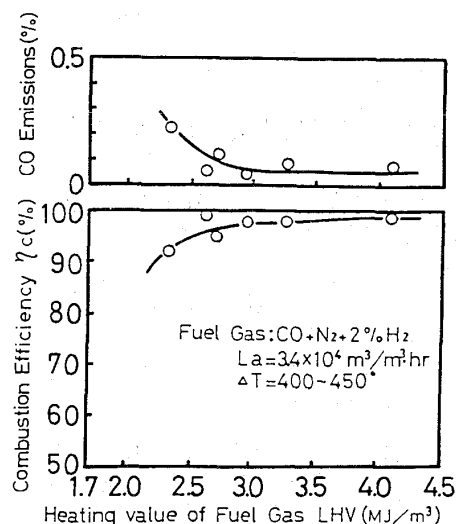


図20 Effect of heating value on combustion efficiency in the combustor for burning $2.5 MJ/m^3$ calorie gas

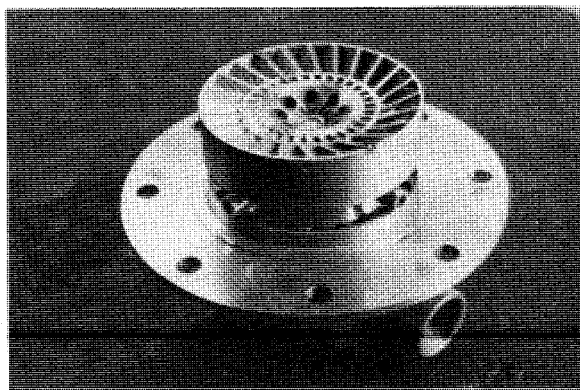


写真1 Low Calorific Gas Burner

低カロリーガス焼き燃焼器に要求される設計上の注意事項について考察すると、(1)個々の燃料ノズルへの燃料分配の不均一が起こらないこと。燃料ノズルの数が多い場合負荷変動による燃料の急激な減少に対し燃料分配の不均一が起る可能性が大きい。従って多缶式燃焼器の場合局部的に燃料の不均一が生じ吹き消えが発生する恐れがある。これらの恐れを取り除くため単缶式燃焼器が最適と考えられる。(2)低カロリーガス燃料に対しては十分な火焰監視が必要であり、1つの内筒に対し二重三重の火焰監視を行い十分な安全対策が必要となる。火焰の存在場所と火焰監視の計器の数を考えると単缶型燃焼器が優れていると判断される。(3)着火を確実にを行うためには単缶式内筒の中に点火装置を数多く設置する事がより確実である。多缶式燃焼器の場合にはトランジションピース（火焰伝播管）が必要となり火焰伝播管の不調を考慮すると単缶型燃焼器に複数の点火装置を設置する事が最も好ましい。

8. 燃料供給及び燃料圧縮システム

低カロリーガス燃料の場合燃料の量が大きく通常は供給圧力が低いので大きな圧縮動力が必要となり、その大きさも発電端出力に相当する事もあるので、燃料圧縮システムの計画は重要である。

燃料ガスが高圧ガス化プラントの様に高圧で供給され燃料圧縮機が必要ない場合もあるが、高炉ガス（BFG）やゴミ堆積発酵ガス等の様に低圧の場合は燃料圧縮機が不可欠である。

通常ガス圧縮機はプラント効率を高めるためガスタービンに直結されるが、ガスタービンの被駆動機が発電用の場合には一定回転に維持されてい

るため燃料流量の制御は軸流圧縮機では可変静翼で、ターボ圧縮機では入口ベーンコントロール方式で、又スクリー圧縮機ではスライドバルブ方式でコントロールされる。

ガスタービンがブロワー等の機械駆動の目的で使用する時には、被駆動機と同様回転数が制御され燃料流量は軸流、ターボ、スクリー等のベーンコントロールやバルブコントロールが併用される。又、圧縮機まわりの配管を利用してバイパスコントロールを併用する事も必要となる。負荷の変動に対応して燃料ガス流量が変化するため部分負荷時にはバイパス運転も行なわれるが、圧縮動力を低減する方策としてエキスパンダータービンを施し、バイパスする余剰ガスの動力回収を計る事が好ましい。

又、定格時の動力を減ずる対策として中間冷却器を設置したり、油注入式スクリー圧縮の様に等温圧縮システムを採用し動力軽減する。

圧縮機の性能劣化を防ぐ目的で圧縮機吸込ガスの温度調整や湿度調整を行い、長期連続運転を行っている。

これらのシステムについては、前号5章に詳述している通りである。部分負荷時の燃料ガス流量調整のシステムとして、軸流圧縮機の場合の例を図21¹⁹⁾に示す。

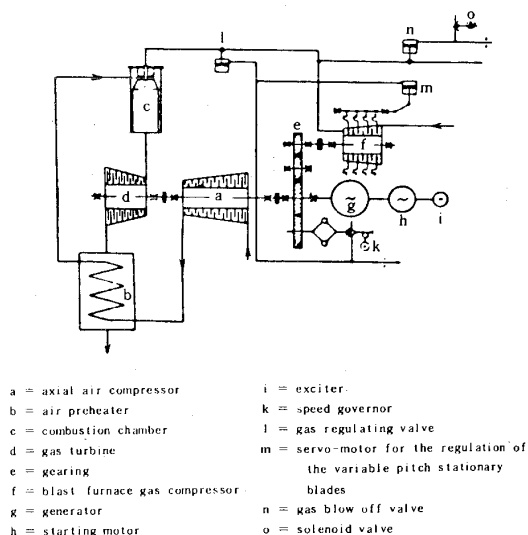


図21 BFG 焼きガスタービン制御システム図

燃料ガスそれ自身のカロリー変動が起る場合、又、ガスタービン燃料として専焼させ得ない場合

表9 BFGのカロリー変動の1列

BFG

カロリー：(低位, 乾き)

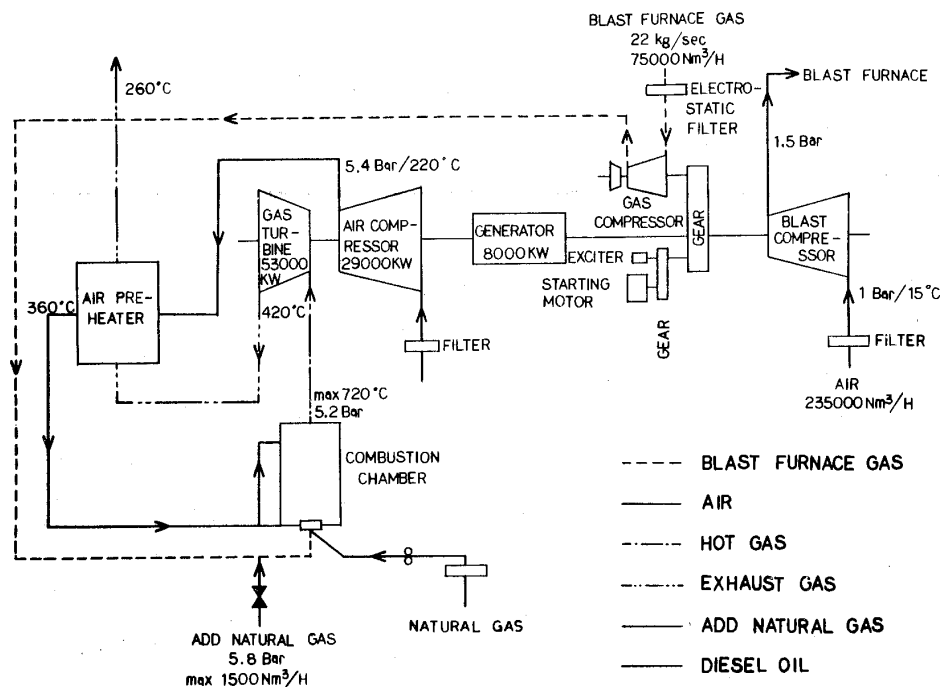
変動範囲 600~800 Kcal/Nm³平均 670 Kcal/Nm³変化率 30 Kcal/Nm³/min (参考値)高炉操業条件により一時的に1030 Kcal/Nm³以上(参考値)に上昇することあり。

図22 PRINCIPAL LAYOUTと燃料供給システム

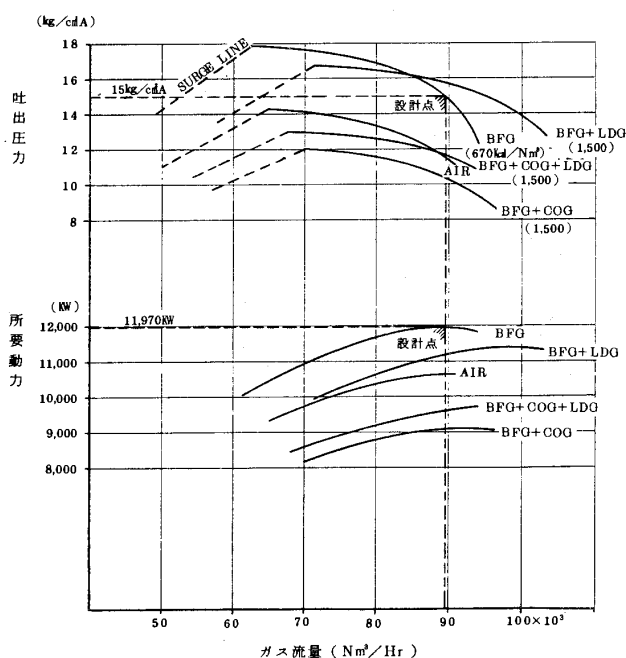


図23 物性が変わった場合の遠心圧縮機性能 (一定回転数の場合)

燃料圧縮機は同一の種類だけでなく異質のガスを扱う場合があり、一方が常用であり他方がBack up 用の燃料の場合、燃料圧縮システムとしてはこの二種の燃料を同一圧縮機で圧縮出来る事が好ましく、圧縮機の種類の設定と制御に関しシステムの工夫が必要となってくる。

製鉄所等で発生する副生ガスの場合、高炉ガス(BFG)、転炉ガス(LDG)、コークス炉ガス(COG)などのガスがある。発生量は時間が変わると変化する、これら中カロリー、低カロリー、極低カロリーガスを如何に調整し使用するか燃料システム計画上大切となりガスタービンを安定して長時間運転するために重要となる。

BFGで設計された遠心圧縮機にカロリー調整を行い1500 Kcal/Nm³とした混合ガス及び空気を同一の圧縮機で圧縮する場合の圧縮機性能を示したものが図23である。

遠心圧縮機やスクルー圧縮機の場合設計と異なるガスを同一圧縮機で

圧縮するためには、回転数を変えて圧縮機の作動範囲をガスタービンの所要運転点に合せるなどの方法を取る事が有効である。

軸流圧縮機の場合には可変静翼を採用する事により、ある程度要求を満足させる事が出来る。

9. ダスト除去及び腐食成分除去

低カロリーガスの多くは、多量のダストや腐食成分を含んでいる。

高炉ガスの場合には粉塵成分の中にSiO₂, Fe₂O₃, ZnO, PbO等の硬度の高い粉塵が多量に含まれており(表10参照)、石炭ガス化ガスの中にはHzSが、ゴミ堆積メタン発酵ガスの中には炭化水素の塩化物などが含まれている。

これらダスト及び腐食成分を除去する事により、長期間の安定的運転と性能確保をする事が出来る。高炉ガスの場合にはダスト濃度を1~2¹⁹⁾ mg /

表10 BFG中に含まれる粉塵成分

粉じん量：5～10 mg/N m³

粉じん成分：

SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Ca ₂	MgO	Al ₂ O ₃	T.S	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O
5.12	11.82	0.61	15.30	3.91	17.39	0.42	0.05	0.15
ZnO	PbO	V ₂ O ₅	P ₂ O ₅	MnO	NiO	Co ₂ O ₂	Cr ₂ O ₃	CuO
37.59	0.23	Tr	0.16	0.09	0.15	0.58	0.02	0.02
Cl ⁻	CN ⁻	C ₆ H ₅ OH						
0.27	0.7 mg/g	0.04 mg/g						

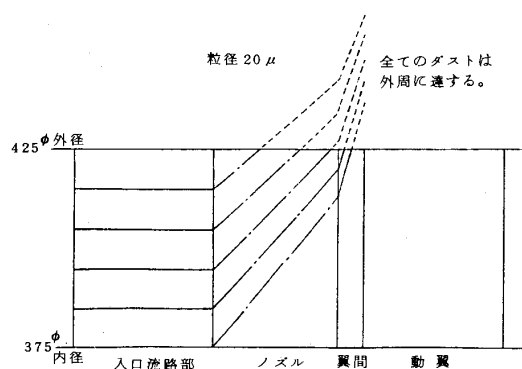


図24 主流ガス中のダスト粒子の動き

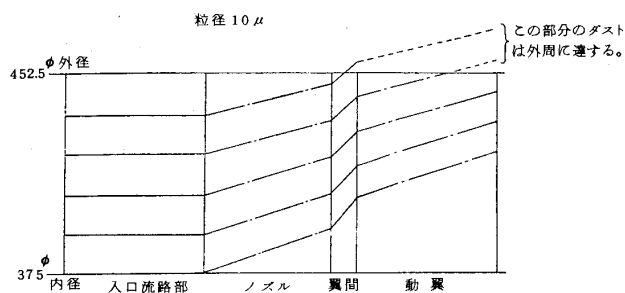


図25 主流ガス中のダストの動き

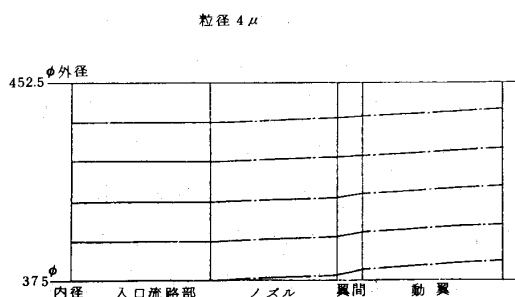


図26 主流ガス中のダスト粒子の動き

N m³程度に減少させ粉塵粒子径も5～10²⁰ μ以下に低下させる事が有効と言われている。

翼列内の粒径と粒子の挙動、翼の摩耗の関係は図24～27に示す。

ダスト粒子のタービン翼列内での軌跡を計算させると単段翼列を考えた場合、20 μ以上の粒子は翼列外に、10 μ以上の粒子は2/5が翼列外にとび出す。

4 μ以下の粒子は全て翼列内に残る。

従って、粉粒による翼の摩耗は図27に示す様に削り取られタービン通路面積が拡大し、翼列での速度三角形がくずれてタービン効率が悪化する。

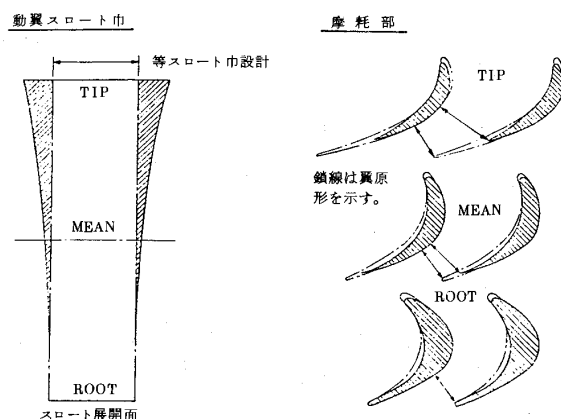


図27 翼の摩耗

ダストによる翼の摩耗量に関して4ヶ所の欧州の製鉄所でのダスト濃度による摩耗のデータが、表11¹⁾に示されている。

ダスト濃度に比例して摩耗量は、増大する事が分る。

ダスト除去のためには集塵装置が必要で、ダストの特質によって選定が変わる。

各種集塵装置の特徴は、表12、図28にまとめでありタービンや圧縮機に対する許容量に応じて、各種の装置を選択して除塵対策を取る必要がある。

ゴミ堆積発酵ガスなどに含まれる炭化水素の塩化物は燃焼反応によりHClを発生、タービン高温通路部や排熱回収部に腐食問題を発生させる。

これらの塩化物を燃料ガス中より除去する事が

表11 Corrosion of three materials A, B, and C in
4 steelworks with different amounts of dust

Steelworks	Blast – furnace gas		A	B	C
	Test temp. deg C	Dust content, mgr / N m ³	Loss by corrosion in mm/yr		
I	750 (1380 deg F)	• • •	• • •	0.3 1	0.4 6
III	750 (1380 deg F)	• • •	• • •	0.0 6 6	0.0 8 3
IV	750 (1380 deg F)	• • •	• • •	0.0 4 6	• • • •
II	750 (1380 deg F)	3	0.0 3	0.0 5 5	0.1 4 6
II	750 (1380 deg F)	10 – 15	0.0 8 8	0.1 3 8	0.3 0 8

表12 各種集じん装置の特徴

	集じん装置	代表的な名称	捕集可能粒径 (μm)	圧 損 (mmH ₂ O)	高温高压系 への適用	集じん性能
既存 集じん 装置	重力集じん装置	ダストボックス	10 μm 粒子で約 30 % 15 μm 約 60 %	5~10	可	前置集じん装 置用で高性能 化望めない。
	慣性力集じん装置	ル ー パ	20~50	30~100	可	
	遠心力集じん装置	サイクロン	5~15	100~200	可	
	洗浄集じん装置	スプレータ スクラバー	0.1~10	50~1000	不可	高性能大容量 精密集じん装 置として用い られる。
	濾過集じん装置	グラニューベット バクフィルタ	0.1~10 0.1~1	10~100	可	
	電気集じん装置	湿式EP	0.1~10	20	不可	
		低温EP			不可	
		高温EP			可	
研 究 中	音波集じん装置	(後置集じん 装置と併用)	1 μm 前後	—	可	高性能大容量 化望めない。
	磁気集じん装置	(磁性体ダスト向き)				—
	静電濾過集じん装置		0.05~	~100	可	高性能大容量 への適用可

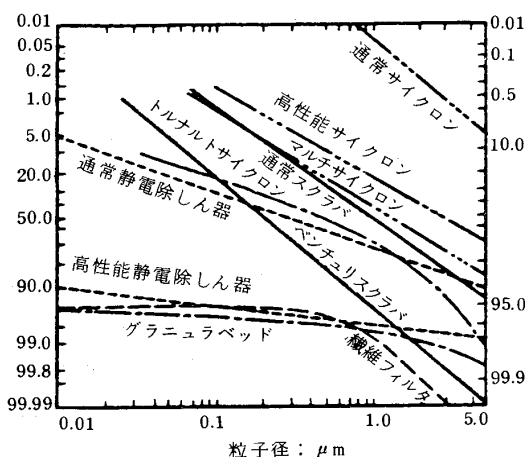


図28 各種集じん装置の集じん性能の比較

大切となる。

除去の方法は種々考えられ、1) 物理的溶解法 (Selexol プロセス)、2) 活性炭吸着法、3) 膜分離法、4) 分子ふるい分離法等がある。

物理的溶解法としてのソルベント法では 20 ppm 以下まで除去する事が出来る。

このプロセスは有機溶剤を用いて選択吸収を行い、あと溶剤は再生する方式でこのプロセスを図 29 に示す。このプロセスでの吸収性能は表 13 に示す様に、流入量に対して出口量が相対的に表示されており、流入量に応じて排出量が推測される。

ゴミ堆積発酵ガスの場合の塩化物の量を一例として、表 14 に示す。

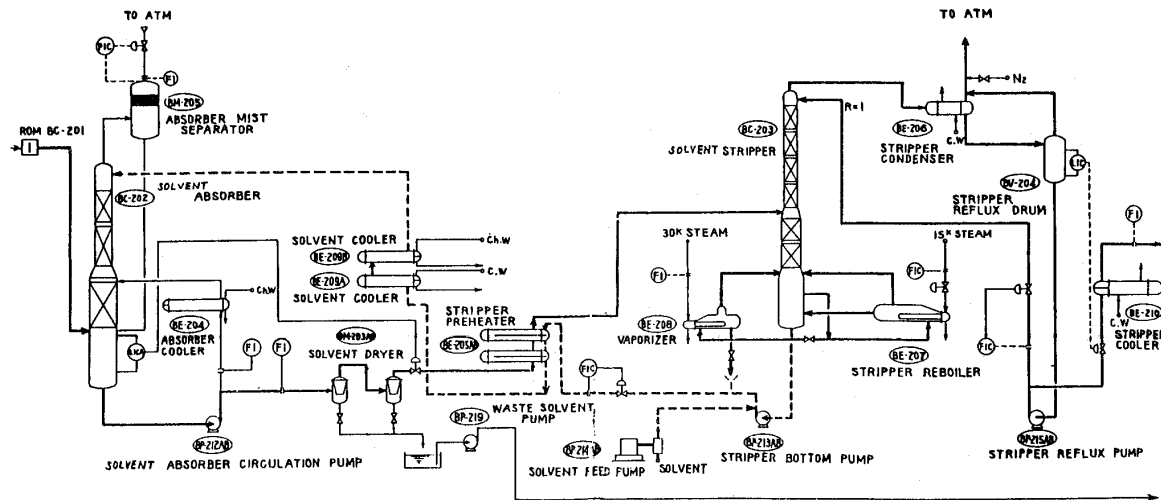


図 29 選択吸収法 (SELEXOL 法) による塩素除去プロセス

表 13 選択吸収プロセスにより
炭水化物の塩化物の除去

入 口 組 成		出口組成
エチレン	1.0MOL%	未吸収
N ₂	90.1	未吸収
O ₂	3.2	未吸収
Ethyl Chloride	0.1	4 ppm
Dichloro Ethylene	0.2	0 ppm
Ethylene Dichloride	4.1	19 ppm
Trichloro Ethane	0.1	10 ppm
Tar CO ₂	0.9	未吸収
その他	0.3	

表 14 Land fill gas coproductive
elements
(Puente Hills - 1981)

Methylene chloride	102 ppm
Dichloro ethane	27
Dichloro ethylene	32
Dichloro methane	80
Trichloro ethylene	35
Tetrachloro ethylene	23

10. 低カロリーガス焼きガスタービンプラ ントの信頼性

BFGを燃料とした低カロリーガス焼きガスタービンの一番機が、1951年に運転開始されてから32年の長きに及ぶが信頼性に関するデータは数少ない。

貴重な運転データが文献^{1) 19)}に紹介されており、そのデータから運転時間(総計約16万Hr)プラント利用率(81.4%)、システム信頼性(98.3%)を読み取る事が出来る。表15参照。

運転の信頼性を損なう原因の殆んどが燃料中に含まれるダストにある。

プラント稼働の初期に於て燃料ガス圧縮設備に問題があったが、集塵設備や温度調整の改良によ

り改善された。

連続運転が始まると吸込まれたダストによる、燃料圧縮機やタービンの性能劣化が起きプラント効率や出力が低下する。

この性能劣化の様子は、図30に示す通り2000Hrの運転で6~15%の出力低下となり、ダスト量にほぼ比例して性能低下が大きくなる。

これらの性能劣化や翼の寿命はタービン翼のダストによる摩耗割合によって大きく異なる。

摩耗割合を0.1(mm/year)0.2, 0.3と変化した場合の翼の寿命と翼のリーディングエッジの欠損の具合を、表16¹⁾及び図31¹⁾に示す。

翼のリーディングエッジの肉厚を厚くする事により、摩耗の影響、翼の寿命、並びに信頼性を高める事が出来る。これらのデータは低カロリーガス燃料焼きガスタービンの翼の設計の指針となる。

表15 OPERATION TIME, DOWN TIMES AND OVERHAULS

YEAR	HOUR OF SERVICE PER YEAR TOTAL	HOUR OF OPERATION TOTAL	DOWN TIME			AVAILABILITY	
			TURBINE	RELATED	OTHER REASONS	HRS	%
			FORCED OUTAGE HRS	OVER-HAULS HRS			
1959	5872	3356	46	1272	698	4554	77.6
1960	8784	8098	195 ¹⁾	120	371	8469	96.4
1961	8760	6134	792	764	1070	7204	82.2
1962	8760	7499	23	746	492	7991	91.2
1963	8760	6782	281	—	1697	8479	96.8
1964	8784	7815	3	679	287	8102	92.2
1965	8760	7689	24	694	353	8042	91.8
1966	8760	7415	4	826	515	7930	90.5
1967	8760	6196	21	977	1566	7762	88.6
1968	8784	7604	110	610	460	8064	91.8
1969	8760	7489	4	936	331	7820	89.3
1970	8760	7563	12	728	457	8020	91.6
1971	8760	7717	4	734	305	8022	91.6
1972	8784	7877	6	700	201	8078	92.0
1973	8760	8223	2	385	150	8373	95.6
1974	8760	7488	10	952	310	7798	89.0
1975	8760	6510	25	893	1332	7842	89.5
1976	8784	6270	631 ²⁾	699	1164	7434	84.6
1977	8760	5069	307 ³⁾	755	2629	7698	87.9
TOTAL	163,672	133,294	2500	13,470	14,388	147,682	90.2

1) RE-BLADING OF THE BLAST COMPRESSOR.

2) REPAIR OF GEAR ON AIR COMPRESSOR.

3) REPAIR ON GENERATOR.

表16 RELATIONSHIP BETWEEN REBLADING OF THE FIRST ROW OF A GAS-TURBINE BURNING BLAST-FURNACE GAS, AND CORROSION RATE

1. LOSS BY CORROSION IN mm/year (IN REFERENCE TO ONE SIDE OF THE AREA)	0.3	0.2	0.1
2. LOSS BY CORROSION REFERRED TO BOTH SIDES OF THE TRAILING EDGE mm/year	0.6	0.4	0.2
3. LIFE OF THE FIRST ROW OF BLADING WHEN TRAILING EDGE HAS AN INITIAL THICKNESS OF 0.3 mm	$\frac{1}{3}$ yr	$\frac{1}{2}$ yr	1 yr
4. LIFE OF THE FIRST ROW OF BLADING WHEN TRAILING EDGE HAS AN INITIAL THICKNESS OF 1.2 mm	$\sim 1\frac{1}{4}$ yr	$\sim 2\frac{3}{4}$ yr	$\sim 5\frac{1}{2}$ yr

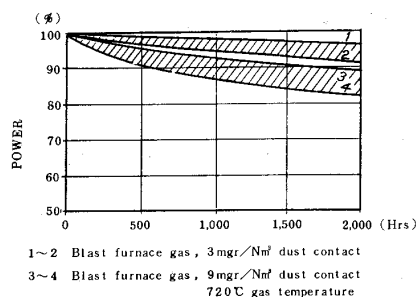


図 30 Power loss due to deposits in gas turbine units

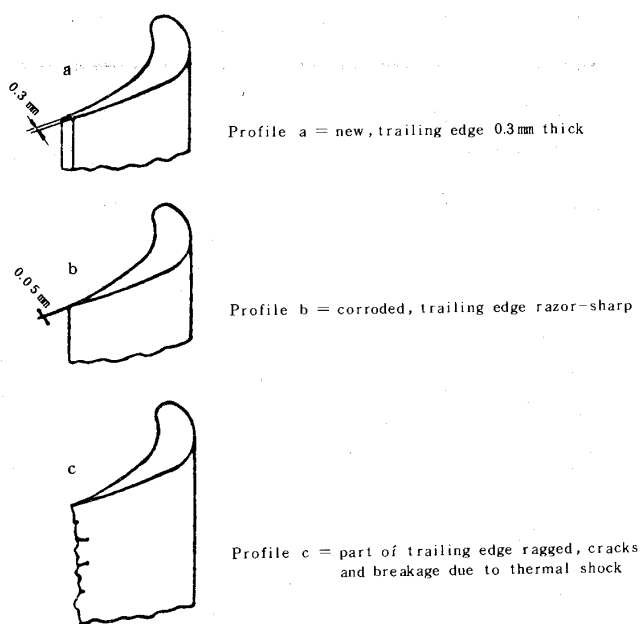


図 31 Sketch showing blade profile when new and when corroded

11. おわりに

低カロリーガス焼きガスタービンは、既にBFG焼きとして30数プラントが現存し運転されてきた。

今後、石炭ガス化発電プラントを中心として多くのプラントが建設実施されていくものと考えられるが、今迄以上に用途が拡大し多種類の低カロリーガス焼きガスタービンプラントが実現していく為には、個々の要素開発の上に既に得られている種々の要素技術の実証を行い全体としてバランスの取れたプラントにまとめていくソフト技術の開発が強く望まれる。

本解説が、これらソフトの技術開発、ハードの技術開発の1つの道しるべとなれば幸いである。

参考文献

- (15) 高木圭二 低カロリーガス燃焼ガスタービン(その一) GTSJ11-42 1983 P. 11
- (16) 江波 ほか2名 第9回ガスタービン定期講演会論文集(81'-6) P. 85
- (17) Johnson. R. H. GER-2486E Emission Performance of Industrial Gas Turbine P. 10 1978
- (18) Farrell R. A. GER-3092 Alternate Gaseous Fuels P. 6 1987
- (19) Lerchegger. V Experience with Gas turbines Fired with Blast-furnace Gas of Low Calorific Value at the Steel works Plant CIMAC 1979 GT5 P. 5
- (20) Konig F. K. Operational Experience With a 15 MW Gas Turbine Generator in an Iron and Steel Works KSME 60-GTP-16 P. 7

1. まえがき

産業用ガスタービンは、ガス燃料はもとより、軽灯油から、原油、重油に至る広範囲の燃料に対応しうる点を、特長の一つとしているが、某社の納入運転実績を燃料種別に分類してみると、図1の如き結果となり、重質油燃料使用の割合が意外に小さい事が分る。

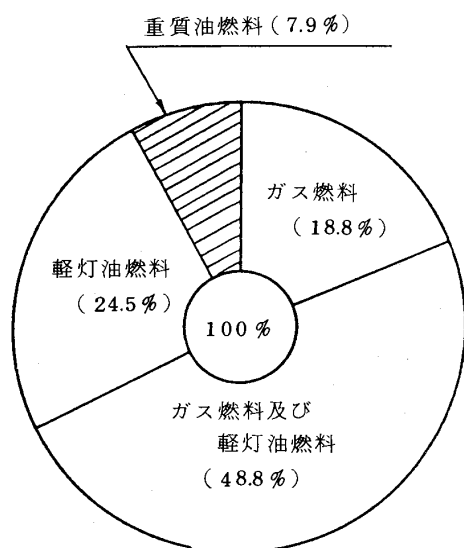


図1. 燃料種別ガスタービン納入実績

その理由としては、重質油使用の利点が主として低燃料費であり、長期連続運転（ベース負荷運転）によりその効果が発揮できるのに対し、従来のガスタービン設備が、小容量かつ相対的に低い熱効率のために、主としてピーク負荷用として計画され、結果として、設備費の安いガス及び軽灯油燃料が使用されて来たためと考えられる。

更には、重質油燃焼に伴うタービン翼の高温腐食対策、排気ガス中のばいじん対策、必然的に要求される燃料油処理等、解決すべき技術的問題も多々あり、これらがガスタービンへの重質油燃料の採用を遅らせて来た別の要因ともなっているであろう。

しかしながら、最近のガスタービン自身の大容量化及び複合サイクル等の新技術を含む熱効率の向上により、経済性の面からみても、ベース負荷運用が可能となり、重質油燃焼に関する主たる技術的問題も、ほぼ解決している現状から見て、重質油燃焼ガスタービンの比率は、今後急速に増大していくものと考えられる。

本稿では、以下に軽灯油燃料との比較の形で重質油燃料に伴う技術的諸問題の現状を説明し、

表1. ガスタービン用燃料性状と技術的問題点

項 目	単 位	軽 油	重 質 油		重質油使用上の問題点	現状 対策例
			原 油	重 油		
粘 度	cst ④ 37.8°C	2.0 ~ 4.0	5.0 ~ 20.0	100 ~ 1800	低油温時に粘度高となり、燃料噴霧特性劣下	加熱
残留炭素	重量 %	0.002 ~ 0.015	0.5 ~ 5.0	2 ~ 10	燃焼不完全により煙発生	燃料油空気噴霧
ろ う 分	重量 %	-	広 範 囲	広 範 囲	低油温時にろう分析出し、フィルタ、燃料ノズル等の閉そく	加熱
硫 黄 分	重量 %	0.1 ~ 1.2	0.2 ~ 3	0.5 ~ 5	Na, K, V 等と結合して高温腐食の原因となる。	Na, K, V 対策にて間接的に対策
水 泥 分	重量 %	-	0.1 ~ 2	0.1 ~ 2	ポンプ、燃料分配器等可動部品の腐食損傷の原因となる	フィルタ、コアレスサ又は遠心分離品設置
金 属 元 素	Na+K	重量ppm	0 ~ 0.5	1 ~ 50	高温腐食の原因となる。	脱塩、タービン翼の腐食対策
	V	重量ppm	0 ~ 0.1	0.1 ~ 50		Mg, Si 添加、タービン翼の腐食対策
	Pb	重量ppm	0 ~ 0.5	0 ~ 1		Mg, Si 添加、タービン翼の腐食対策

（昭和58年10月24日原稿受付）

最後に原油燃焼ガスタービンの運転実績と一例を紹介する事としたい。

2. 重質油燃料の性状と技術的問題点

表1はガスタービン用燃料という観点から見て重要な燃料油の性状項目を抜き出し、軽油、原油及び重油の代表的物性値を示し、更に重質油使用上の問題と対策の現状を付記したものである。

重質油の高粘度、高残留炭素への対応策については、他の燃焼設備と比べて特に大きな差異は無いが、ガスタービン特有の問題としては、燃料油中に含まれるNa, K, V, Pb等の金属元素によるタービン翼の高温腐食があり、これをいかに対策するかは技術開発努力の大半が費されて来たと言っても過言では無い。

以下にガスタービン本体及び燃料油移送システムについて、問題点と対策の現状を説明する。

3. ガスタービン本体の重質油対策

3.1 燃焼器 重質油燃焼により発生する高放射熱への対応が最も重要な課題である。対策としては、放射熱そのものを低減する方法と、燃焼器表面の冷却効果を向上させる方法とがあるが、現状はその両者が併用されている場合が多い。

前者の具体的方策として、次の各項が挙げられる。

1) 燃料噴霧用空気量を増大し、油滴の微粒化を図る。

2) 燃焼域への空気の流入量を増して、燃料と空気の混合性を向上させる。(但し、過度の空気の流入は燃焼性を損ない、未燃炭素の発生を誘発する恐れがある。)

3) 燃料流量を減じ、発生放射熱量を低減する。(最も容易な対策であるが、必然的に出力、熱効率の低下をもたらす。)

後者については、種々の冷却効果の改善された燃焼器が開発されており、図2にその一例を示す。

従来型は、燃焼器表面に細い切り込みを設け、図のように変形させて空気流入路を作り、流入空気の表面流れにより燃焼器の冷却を図る方法であるが、形状的に、均一な冷却効果が得難い点及び切り込みの終端部に熱応力が発生し、割れの起点になり易いという点に問題があり、スロット穴冷却方式が開発された。冷却空気は燃焼器表面に開けられた多数の穴より燃焼器内部に流入し、内部

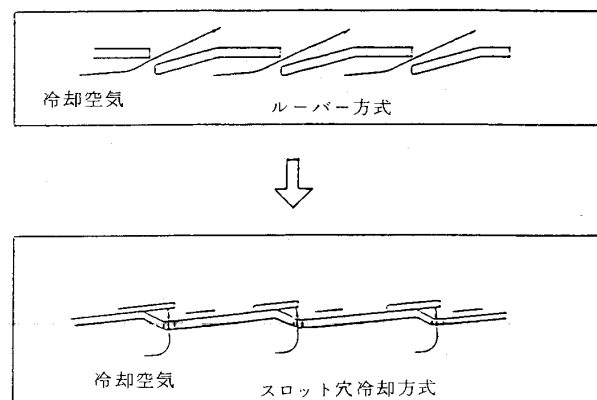


図2 燃焼器冷却方式の改善

に設けられたじゃま板により流れの方向を変えられて、燃焼器表面を冷却したのち燃焼器内部に入るが、この方式では流入空気量の配分及び表面冷却流れの方向が、精密に決定できるので、従来のルーバ型に比べ、燃焼器表面最高温度を約200℃程度低減できると言われている。

3.2 タービン翼 燃料油中にNa, K等のアルカリ金属元素が存在すると、燃焼過程にてSと結合して、高温下で液状の硫化物を生じ、これがタービン翼表面に付着して表面の酸化膜を破壊し、過速度的に内部を腐食させるいわゆる高温腐食現象が生じるが、これはタービン翼のみならず、ガスタービン設備全体の信頼性の点で重大な技術的問題である。(V, Pbも同じく高温腐食の原因となる。)

高温腐食速度は、図3⁽¹⁾に示すように、燃料油

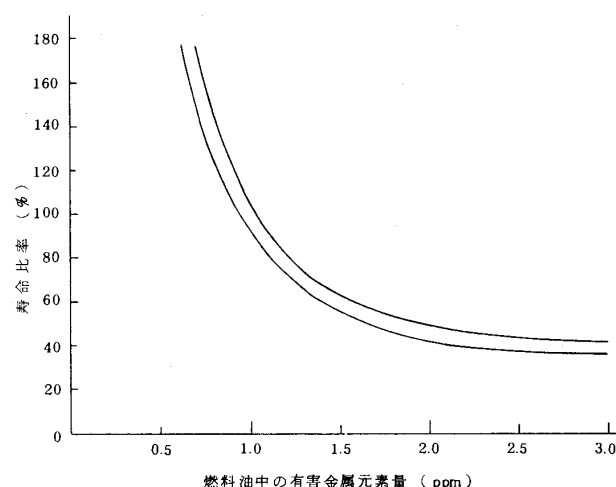


図3. 第1段動翼寿命に及ぼす有害金属元素量の影響

中の有害金属元素量により大きく影響されるという点で特長的であり、後述する燃料油前処理が、現状では最も有効、確実な対策であるが、タービン翼の耐食性向上を目指した翼表面コーティング技術の開発も進んでおり、将来は、燃料油前処理を必要としないガスタービンが実用化される可能性も十分にあると思われる。

図4は、コーティング技術の開発経緯の一例を

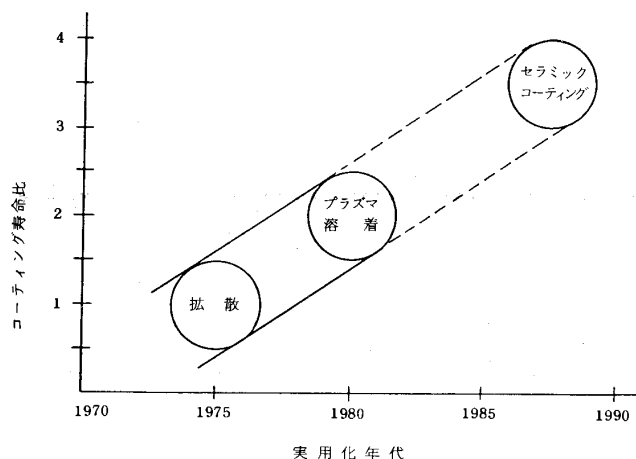


図4 タービン翼コーティング技術の推移

実用化時期と寿命との関係で示したものであるが、現在は拡散方式から更に密着度の高いプラズマ溶着方式へ移行している段階であり、近い将来セラ

ミックコーティングが実用化され、最終的には、翼そのもののセラミック化へ進むものと考えられる。

4. 重質油燃料移送システム

図5に、典型的なガスタービン用重質油燃料移送システムの一例を示す。

本システムの技術的特長は、燃料油中の有害金属元素の前処理にあるが、燃料油の加熱、含有固形物、水泥分の除去、S、Cl等による系統機器の腐食対策等についても十分注意を払う必要がある。

4.1 重質油タンク 従来は、受入れタンク、熱料処理結果確認のための確認タンク及び貯蔵タンクを設置する例が多かったが、最近では燃料前処理技術の向上に伴ない確認タンク更には貯蔵タンクまでも省く例も現われるようになって来ている。タンク構造については、固形物、水泥分の存在を考慮してフローティングサクション方式を採用する必要があり、更に揮発性の高い原油の場合には、フローティングルーフ方式とする事が望ましい。

4.2 燃料油処理装置 タービン翼の高温腐食を極力抑えるためには、燃料油中のNa、K、V、Pbを前処理する必要があるが、それぞれの金属元素に対する処理方式の現状をまとめると、表2のようになる。

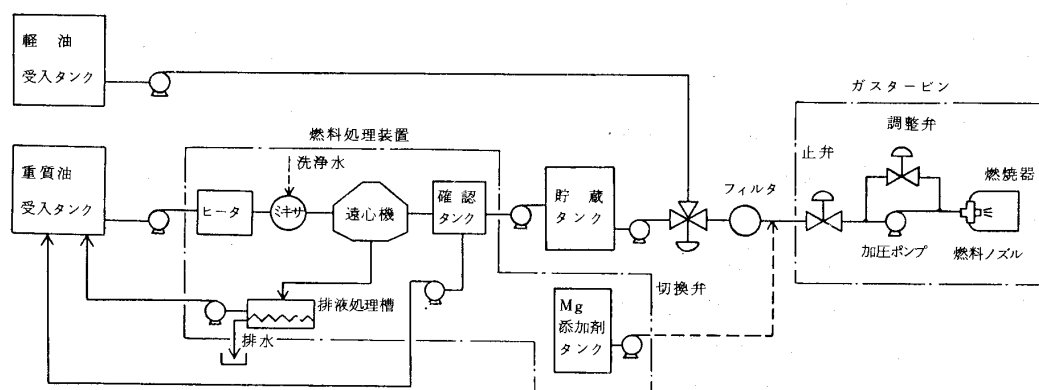


図5 ガスタービン用重質油燃料移送システム

Vについては、親油性であるので、分離除去は困難であるが、Mgを添加する事により、有害なV酸化物の融点を上昇させ、燃焼ガス中にて固体

(灰)化させる事により、腐食能力を著しく低下させる事ができる。最近の研究では、更にSiを添加することにより、灰の翼への付着力が弱まると

表2 有害金属元素処理方式

金属元素	油分との結合力	処 理 方 式	
V	強い (新油性)	Mg 添加	油溶性の $MgSO_4$ 液 $Mg : V \approx 3 : 1$ の割合で添加。 Si を添加すると更に効果が上がると言われている。
Pb	強い (新油性)	(Mg 添加)	現状、経済的に除去する方法なし。 Mg 添加により、ある程度腐食抑制が出来ると言われている。
Na	弱い (親水性)	除去 (脱塩)	燃料油に、水を添加かくはんして、油中の Na, K を水に溶かしたのち、油水分離を行なう。
K	弱い (親水性)		

言われており、Mg-Si系の添加剤も開発されている。

Pbについては、現在のところ、経済的な除去方法が見出されておらず、燃料油中の含有量を規制するより無いが、Mg, Si 添加が、ある程度有効であるという説もある。

Na, Kについては、その親水性を利用して除去する事が可能であり、油水分離の方法として、遠心力を用いる遠心分離方式と電磁力による静電方式とが実用化されている。

両者の比較を、遠心分離方式側より見た形でまとめたものが、表3である。

表3 遠心分離方式の特長

長 所	短 所
1. 起動停止が容易(5~20分で起動) 2. 装置の寸法、重量が相対的に小さいので設置面積が少なくて済む。 3. 遠心分離器の数を増やすことにより装置拡張が容易。 4. 消費動力が相対的に少ない。 5. 燃料油中の水分・固形物の除去性能が非常に高い。 6. 船舶への設置も可能	1. 可動部分も有するので運転信頼性は静電式に対してやや劣る。 2. 大容量の処理を行なう場合に、多数の分離機の設置が必要。 3. 従って、価格的には容量効果があまり出て来ない。 4. スラッジ除去のための分解清掃が必要。(但し、最近では自動排出型が使われるようになって来ている。)

結論的には、現状では大容量の処理には静電式が小容量には遠心分離方式が適合しているように思えるが、大容量遠心分離機が実用化されて来ている点及び急速な起動停止、燃料流量の大巾な変動といったガスタービン特有の条件に、より柔軟に対応し得る点を考慮すると、将来は遠心分離方式が主流を占めるのではないかと考えられる。

4.3 加熱装置 燃料油の噴霧特性及びNa, K分離効率向上のため、現在のガスタービン用燃料としては、粘度を10~20 cst以下に保つ事が望ましい。そのためには、原油では約50~100℃、重油では約80~150℃程度に燃料を加熱する必要がある。加熱源として蒸気、温水又は電気を用いた加熱装置が用いられている。電気加熱装置を用いる場合には、加熱部表面温度が上昇し炭化物が生成しないよう電力密度を適正に決定する事が特に重要である。

4.4 固形物、水分の分離 ガスタービン燃料油系統には、昇圧ポンプ、燃料分配器、流量制御装置等の精密機器が設置されているが、これらは燃料油に含まれる固形物、水分及びS, Cl等の有害元素の水との結合により、動作不良、腐食等の損傷を生ずる可能性を有しており、これら有害物質を多量に含む重質油燃料においては、固形物、水分の除去は特に重要となる。

固形物に対しては、各種フィルタ、ストレーナ、水分に対してはコアレッサーが一般に用いられるが、油中に含まれるロウ分の析出温度以下の状態で使用すると、短時間にロウ分による目づまりを生じ問題となる事がある。

前述の遠心分離機は、固形物、水分の分離能力も、非常にすぐれており、下流に設置されるフィルタ、コアレッサー類の負担を著しく軽減する事ができる。これも遠心分離方式の利点の一つである。

4.5 起動、停止用燃料 流動点の高い重質油燃料の場合には、停止中に系統中に滞留する燃料油の固化防止及び起動時の着火性向上のために、起動及び停止時に軽灯油を使用するのが一般的である。

揮発性の高い原油の場合にも、停止中にタービン部に揮発性ガスが残存し爆発を起こす危険を防ぐために、同様の対策を行なう事がある。

5. 保守点検

ガスタービンの定期点検は、燃焼器を対称とした燃焼器点検、燃焼器、タービン部を対称とするタービン点検、更に圧縮機、補機類をも含む全体点検に大別されるが、これら点検の間隔を、燃料種別に概略比較したものの一例が表4である。

表4 ガスタービン定期点検間隔（相対比）

点検の種類	ガス燃料	軽 灯 油	重 質 油
燃焼器点検	2.5	2	1
タービン点検	5	4	2
全 体 点 検	10～15	8～12	4～6
タービン洗浄	不要	8～12	0.2～1

重質油燃料はその性格上、点検間隔及び部品寿命が相対的に短くなる事は避け難く、他燃料に比べて保守費が増大する傾向にあるので、計画当初からこの点を考慮して経済評価しておく必要がある。

重質油燃料使用時の燃焼器点検間隔は、燃料油性状により大きく変化するが、一般には2,500～5,000時間程度であり、連続運転には大きな支障は無く、実際には、むしろタービン洗浄間隔が問題となる事が多い。

前述の如く、燃焼油のV対策として、Mgを添加した場合、燃焼過程で生成したMgを主成分とする灰が、タービン部分に付着し、タービンの出力、熱効率を低下させる原因となる。

この対策として、タービン部分に水又は蒸気を噴きつけ洗浄する方法が、いわゆるタービン洗浄であるが、V濃度の高い燃料を使用する場合には必然的にMg添加量が増大し灰の生成量も多くなるので、洗浄間隔が頻繁となり連続運転に支障を来す場合があるので、注意を要する。

図6⁽²⁾は、重質油燃料を使用した場合の水洗浄間隔の一例を示したものであるが、水洗浄による出力回復効果が著しい点にも注目頂きたい。

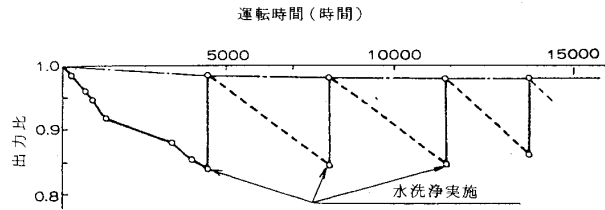


図6 タービン翼水洗効果

6. 環境対策

重質油燃焼に伴う主たる問題点は、排気ガス中に含まれるSO_x、NO_x、ばいじんへの対応であろう。

SO_xについては、燃料油中のS分含有量により発生量が一義的に決まり、対策が必要な場合には、脱硫装置を設置する事となるが、NO_xについては、その発生量が燃焼器内での局所的な燃焼状態により大きく左右されるので予測が困難であり、今後の研究に待つ部分が多い。

NO_x低減対策としては燃焼器への水又は蒸気噴射法及び脱硝装置が実用化とされている。

ばいじんについては、必要な場合には除じん装置を設置する事になるが、現在までのところ実施例は余り多くなく、ガスタービンに適合した装置の開発が今後の課題となろう。

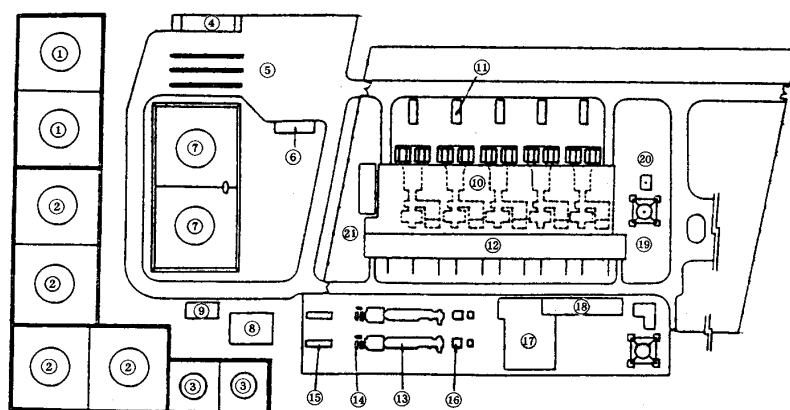
7. 原油燃焼ガスタービンの運転実績

以上、重質油燃焼ガスタービンに関する技術の現状を説明して来たが、これらの技術が、適用された例として、最近、中近東地域に設置され、運転を続けている原油燃焼ガスタービン発電設備について、設備概要と運転実績の一部を紹介する事としたい。

7.1 設備概要 本発電設備は、アラビアンライト系原油を主燃料とし、定格出力41Mwのベース負荷用ガスタービン発電機5台並びに定格出力15Mwのピーク負荷用設備2台よりなる大型ガスタービン発電設備であり、燃料油貯蔵及び移送設備、スイッチギア並びに発電所制御設備等も含んでいる。

図7⁽³⁾は発電設備の概略配置を示している。

中近東特有の過酷な周囲条件を考慮して、ベース負荷機は屋内設置となっているが、ピーク負荷機については、緊急な電力需要に応ずるため、建



NO	名 称
①	軽油貯蔵タンク
②	原油貯蔵タンク
③	原油確認タンク
④	燃料油積み降ろし室
⑤	燃料油積み降ろし場所
⑥	既設ポンプ室
⑦	既設貯蔵タンク
⑧	ブレンド室
⑨	原油移送ポンプ室
⑩	41 MWガスタービン
⑪	別置式クーラ
⑫	スイッチギヤ室
⑬	15 MWガスタービン
⑭	燃料油フィルタ設備
⑮	別置式クーラ
⑯	主トランス
⑰	制御機器建屋
⑱	スイッチギヤ室
⑲	水タンク
⑳	水ポンプ
㉑	保守工具室

図7 原油燃焼ガスタービン発電設備

表5 原油性状と対策

問 題 点			対 策	
項 目		原油性状		
原油 (アラビアンライト系)	粘 度		7 cst ② 37.8℃	加熱用電気ヒータ設置
	残 留 炭 素		3.9 重量%	圧縮機出口空気を圧力比1.7に加圧した噴霧空気にて燃料噴霧
	ろ う 分		3.0 重量%	加熱用電気ヒーター設置
	硫 黄 分		1.9 重量%	-
	水 泥 分		0～1 体積%	コアレスサ及びフィルタ設置
	金 属 元 素	Na + K	0.5～3 ppm	Na+K≤1 ppm となるよう軽油とのブレンドを実施
		V	7～9 ppm	油溶性 Mg 化合物を Mg : V = 3 : 1 の割合で添加
		Pb	検知されず	-
燃 焼 器			スロ ッ ト 冷 却 形 燃 焼 器 の 採用	
タービン			Pt-Cr-Al 拡散コーティングを第1段動翼に実施	
起動、停止用燃料			軽油にて起動停止	
タービン洗浄			燃料ノズル部より洗浄水を噴射する水洗浄装置を設置	

屋の不要な屋外式パッケージ型となっている。

7.2 原油対策 使用されるアラビアンライト系原油の性状と対応策をまとめたものが表5である。

対策内容は、そのほとんどが説明済であるので、

ここでは本発電設備の新技术である燃料ブレンド比制御装置を紹介するにとどめる。

使用される原油中のNa、K 分については、分析データを集積、解析した結果、ほぼ0.5~3ppmの範囲に存在しており、規定値1 ppm以下の場合がかなり多い事から、燃料処理装置を設置する代りに、原油中のNa+K濃度が1 ppmを越えた場合には、軽油とブレンドする方式を採用する事とした。

図8⁽³⁾に、ブレンドシステムの制御概要を示す。

測定されたNa + K 濃度により必要なブレンド比が決定され、この設定信号により、燃料流量のいかにかわらずブレンド比一定(すなわち、Na + K 濃度一定)の制御が行われる。本制御システムでは、圧力一定制御をも実施しているので、燃料流量の変動などの外乱が入っても、系統圧力が一定に保たれるという特長を有している。

7.3 運転実績 表6は、運転開始後5年目までの各ガスタービンの運転状況をまとめたものである。

ピーク負荷機は、当初は切迫した電力需要に応ずるため、連続運転されたがベース負荷機が順次運転に入るに従いが、本来のピーク用として使われるようになって来ている。

ベース負荷用機は、通常4台運転、1台予備の運転管理を行っているが、夏季の需要期は5台運転、冬季の不需要期は3台運転、1台予備、1台定期点検という運用になっている。

以下に運転実績の特長を二、三説明する。

7.3.1 運転信頼性

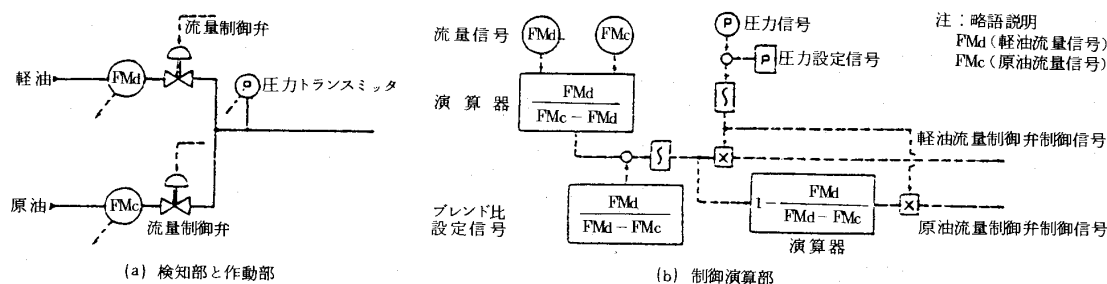


図8 燃料ブレンド比制御システム

ユニット番号	定格出力	第1年	第2年	第3年	第4年	第5年	運転時間(h)	起動回数
#1	15 MW	●	○	○	○	○	9,976	392
#2	15 MW	●	○	○	○	○	9,361	137
#3	41 MW	●	○	○	○	△	23,910	152
#4	41 MW	●	○	○	○	△	22,741	143
#5	41 MW	●	○	○	○	△	20,813	155
#6	41 MW	●	○	○	○	△	21,284	130
#7	41 MW	●	○	○	○	△	18,843	120

注：●運転時期，○燃焼器点検時期，□タービン点検時期，△全体点検時期

運転当初は、燃料分配器のギアモータ固着等のトラブルが生じたが、対策後は技術的に困難な原油燃焼にもかかわらず高い運転信頼性を有しており、最近の年間運転信頼度は平均99%以上と、ガス、軽灯油燃料に劣らぬ実績を示している。

7.3.2 原油中のNa+K成分とブレンド比制御

原油中のNa+K成分の実績値は、通常0.5～2 ppm、最高約10 ppmと広範囲に変化しているが、前述のブレンド比制御システムは、これらの条件によく追従しており、良好な運転実績を残している。

7.3.3 定期点検

実績は約4,000時間で燃焼器点検、約8,000時間でタービン点検、約16,000時間で全体点検となっており、現在までの点検結果は、予想以上に良好である。

1) 燃焼器

最も重要な冷却穴部にクラックの発生無く、スロット穴冷却方式の優秀性を立証した。シール部に一部、摩耗あり、現地でシール交換を実施した。

2) タービン静翼

2～10 mmの厚さの付着物がたい積していたが、水洗浄にて、ほぼ完全に除去できた。約2,000時間の運転後、一部の翼端にクラックの形跡あり、

補修溶接を実施した。

3) タービン動翼

約20,000時間の運転では、高温腐食の兆候は見られなかった。

7.3.4 タービン水洗浄

各定期点検時(約4,000時間毎)に実施した。

水洗浄による出力回復の割合は90%以上に達しており非常に良好である。

8. あとがき

重質油燃料ガスタービンは、安価な重質油燃料を、高い効率にて有効なエネルギーに変換しうる将来性のある原動機である。

重質油燃焼に伴う技術的諸問題と対策の現状について概要を説明したが、本稿がわずかなりとも、読者の原油燃焼ガスタービンへの認識を深める手助けとなれば幸いである。

参考文献

- (1) 西嶋, PETROTECH, Vol. 2 No. 12 (昭54-12), 1097
- (2) Nishijima, T, GIMAC, GT 7 (1981), GT 7-16
- (3) 西嶋, 日立評論, Vol. 63 No. 8 (昭56-8), 49～54

慶大理工 中村 直
慶大院 佐藤 秀之
慶大院 篠原 邦彰
慶大理工 川口 修
慶大理工 佐藤 豪

1. 緒 論

スワローを持つガスタービン型連続流燃焼器においては、最上流部に一次燃焼領域と呼ばれる領域を作る。この領域では設計点においてスワローからの一次空気と噴射弁よりの燃料によって、ほぼ理論空燃比となるように設定される。燃料とスワローからの一次空気は、混合の後、燃焼し、スワローによって作られる循環流領域で、その火炎が安定に保持される。燃焼反応は、この領域では完結せず、燃焼筒壁に設けられた空気孔より導入される空気、完全燃焼を期す。燃焼器の諸性能は、この一次燃焼領域における燃焼の状態に大きく左右されるので、この領域に関する研究は重要である。

一次燃焼領域の燃焼状態に影響を及ぼすパラメータ要因は数多くある。空気孔より導入される空気も、その一つである。特に上流側に設けられた空気孔よりの空気は二次燃焼領域の燃焼に寄与するのみでなく、一次燃焼領域の燃焼状態にも影響を及ぼす。

従来、高負荷燃焼器の空気量配分に関しては、一次・二次・三次空気量を独立に変化させ、燃焼ガスの温度や組成、燃焼効率などへの効果を系統的に調べた研究⁽¹⁾、空気量配分の排出ガス特性への影響を調べた研究⁽²⁾⁽³⁾などがある。しかしながらこれらの研究は、燃焼器の全体性能を検討したものであり、一次燃焼領域への空気孔からの空気の効果のみに注目しているわけではない。また、一次燃焼領域のみに注目して、そこに実質的に流入

する空気量の配分による燃焼場への影響についての研究は、いまだ報告されていない。

著者らは、すでに、空気量・旋回強さ・一次空燃比の種々の条件において、空気孔より導入された空気が、一次燃焼領域の燃焼状態に与える影響について報告した⁽⁴⁾。本報では、スワローからの空気と空気孔からの空気の和が一定の条件で、その比率を変化させて一次燃焼領域の燃焼状態を調べ、空気量の配分についてその効果を検討した結果を報告する。

2. 実験装置および実験条件

供試燃焼器は前報⁽⁴⁾と同一で、図1に示すように石英製燃焼筒を持つ直流缶型である。

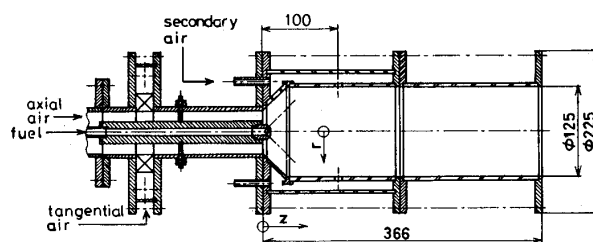


図1. 実験装置主要部

一次空気と空気孔よりの空気（便宜的に二次空気と呼ぶ）は、独立に供給され、調節、測定される。一次空気には、上流の旋回流発生装置で任意の旋回を与え、環状口より燃焼筒内へ流入させた。

燃焼筒に設けられた空気孔は、一次燃焼領域への二次空気の効果のみに注目するため、最上流側の一列のみであり、噴射弁下流 $z/D=0.8$ に円周を8等分して8個の円形の空気孔 ($\phi 13$) とした。この空気孔の数、大きさ、位置に関しては、一次燃焼

(昭和57年11月25日原稿受付)

表 1. 実験パラメータとその組み合わせ

総空気量 M_a kg/s	燃焼筒内 代表流速 U m/s	総空燃比 M_a/M_f	一次空気量 M_{a1} kg/s	二次空気量 M_{a2} kg/s	空気孔から の噴出速度 U_{a2} m/s	一次・二次 空気量配分 M_{a2}/M_{a1}	一次空燃比 M_{a1}/M_f	旋回数 S
64×10^{-3}	4.7	23.6	64×10^{-3}	0	0	0	23.6	1.0
			49 "	15×10^{-3}	14	0.3	18.1	
			43 "	21 "	23	0.5	15.7	
			38 "	26 "	32	0.7	13.9	
43×10^{-3}	3.2	15.7	43×10^{-3}	0	0	0	15.7	
			33 "	9.8×10^{-3}	9.2	0.3	12.1	
			29 "	14 "	15	0.5	10.5	
			24 "	19 "	25	0.8	8.73	

領域における燃焼に二次空気が有効に流入できる値とし、既報⁵⁾を参考にして決定した。

燃料には、工業用純プロパン(97% C_3H_8)が用いられ、多孔式噴射弁(孔数24, 孔径1mm, 噴射角90°)より噴射した。

実験パラメータとその組み合わせを表1に示す。総空気量 M_a kg/s, 総空燃比 M_a/M_f を固定し、それぞれの条件で一次空気に対する二次空気量の割合(以後、本論文ではこのことを空気量配分と呼ぶ) M_{a2}/M_{a1} を4種類ずつ変えて、実験を行った。なお、燃焼筒内代表流速とは、入口条件での空気流量を燃焼筒断面積で除した値である。

3. 実験方法およびデータの処理

3.1 実験方法 燃焼時における燃焼筒内への二次空気の流入状況を明らかにするために前報⁴⁾と同様にArトレーサ方法を用いた。二次空気中に総容積流量の3%のAr(添加Ar濃度 C_0)を混入した場合と、Arを添加しない場合との、それぞれの燃焼筒内の燃焼ガスを、水冷プローブ(内径1mm)を用いて採取し、ガスクロマトグラフにより分析した。このガス分析のデータより、Ar添加によって局所的に増加したAr濃度(局所増加Ar濃度 C_l)を算出した。二次空気の全成分が全く同じように燃焼筒内に拡散すると、局所の二次空気の相対量を $C_l/C_0(\%)$ で示した。

燃焼ガスは、内径1mmのステンレス製水冷プローブにより採取し、ガスクロマトグラフおよび化学発光式 NO_x 分析計で分析した。

燃焼ガス温度は、触媒作用を避けるためにシリカ被覆した素線径0.3mmのR熱電対(Pt-Pt13%Rh)により測定したが、ふく射補正等を行っていない。

燃焼ガス速度は、水冷ピトー管による全圧、静圧分布の測定結果より算出した。

3.2 データの処理 局所当量比 ϕ_l は、局所の理論空燃比と、局所の燃焼ガス組成より計算される実空燃比との比である。なお、計算法については、前報⁴⁾を参照されたい。

一次燃焼領域下流 $z/D=2.0$ における燃焼効率 η_b は、前述した測定法により求めた同断面における速度、温度およびガス組成の半径方向分布の結果から、この断面を通過する燃焼ガスのエンタルピ流束を算出し、単位時間当りの供給燃料発熱量との比として求めた。この考え方で η_b を求めた場合測定断面より上流側において、燃焼筒外へ主にふく射により放出される熱量については、無視することになる。

断面 $z/D=2.0$ を通過する NO_x の質量流量は、前述した測定法により求めた同断面における速度、温度および NO_x 濃度分布の結果より算出した。なお、図においては、供給燃料流量で除して、無次元表示している。

これらの計算値に対する信頼性は、主として速度、温度およびガス組成分布の測定の精度により決まり、その誤差は5%以内と思われる。しかしながら、各パラメータによるそれぞれの値の変化の傾向を比較することは、十分に可能であり、その信頼性も高いと思われる。

4. 実験結果

4.1 二次空気の流入状況 空気量配分 M_{a2}/M_{a1} をパラメータとした時の二次空気の流入状況を図2に示す。(a),(b)は、それぞれ総空気量 $M_a=64 \times 10^{-3}$ kg/s, 総空燃比 $M_a/M_f=23.6$ と $M_a=43 \times 10^{-3}$

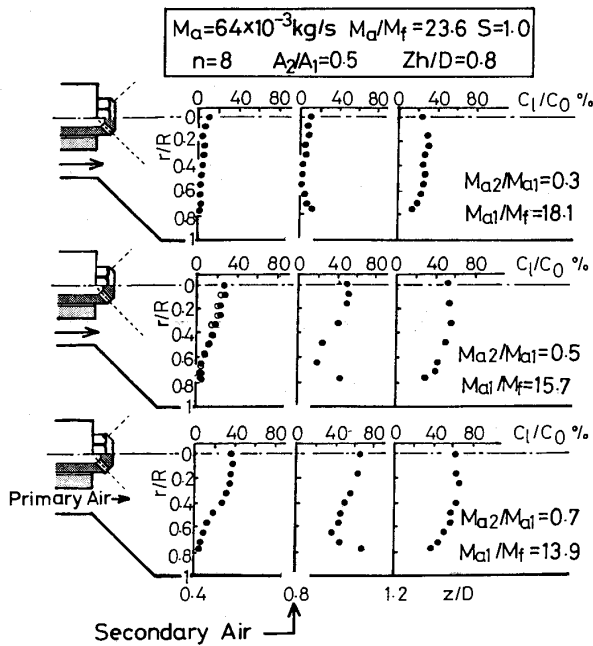
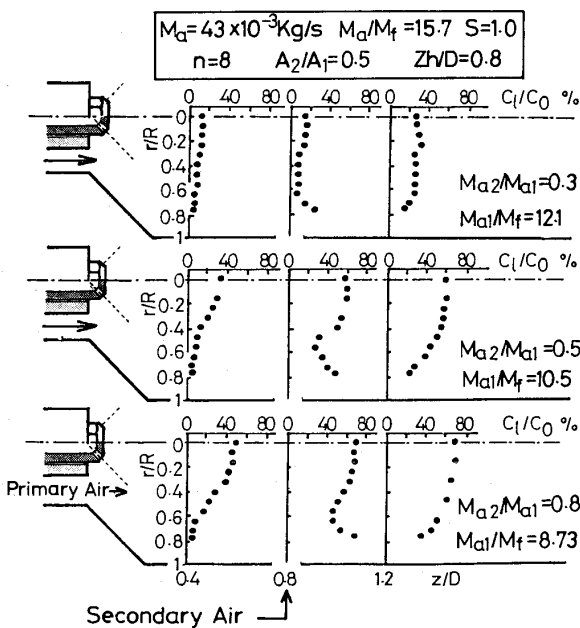
(a) $M_a = 64 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$, $M_a/M_f = 23.6$ (b) $M_a = 43 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$, $M_a/M_f = 15.7$

図2. Arトレーサにより測定した二次空気流入状況

kg/s, $M_a/M_f = 15.7$ の場合である。測定は、一つの空気孔の中心を通り燃焼筒軸線を含む断面（●印）のほぼ上流側で循環流領域のほぼ中央断面である $z/D = 0.4$ 、二次空気孔位置に等しい $z/D = 0.8$ 、二次空気孔より下流側の $z/D = 1.2$ において行った。

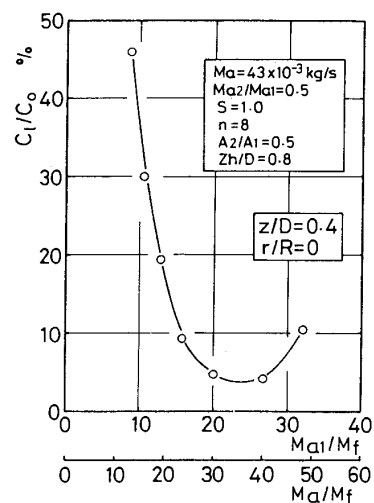
一次空気に対する二次空気の流入割合が小さい（ $M_{a2}/M_{a1} = 0.3$ ）と、総空気量（総空燃比）の異なる

(a),(b)とも流入する二次空気が燃焼ガスの流れをほとんど貫通せず一次燃焼領域下流へ流れ、下流において燃焼ガス中に拡散し、上流の $z/D = 0.4$ 付近への二次空気の流入は、ほとんど見られない。二次空気量を増す（ $M_{a2}/M_{a1} \geq 0.5$ ）につれ二次空気が燃焼ガスの流れを貫通する割合が増すので、二次空気の一部は循環流に乗り中心軸付近を上流へ、また残りは燃焼筒中心軸付近を一次燃焼領域下流へ流れていくことがわかる。

図2(a)の中央の図（ $M_{a2}/M_{a1} = 0.5$ ）の $z/D = 0.4$ には、隣り合う二次空気孔の中央の点を通り燃焼筒軸線を含む断面における二次空気流入状況を○印によって示す。この位置では、空気孔を含む断面における測定値（●印）とほぼ同じ C_i/C_0 値となり、循環流領域中央部では円周方向一様に二次空気が混合していることがわかる。

他の条件を一定にして総空気量 M_a kg/sのみを変化させた場合には、 M_a の増加に伴い一次燃焼領域における循環流領域の周囲を流れる主流に対する二次空気の貫通度は増し、循環流領域内への二次空気の流入量も、 M_a の増加に伴ってほぼ直線的に増加する⁽⁶⁾。

他の条件を一定にして総空燃比 M_a/M_f のみを変化させた場合にも、二次空気の一次燃焼領域への流入状況は変わる。図3には、循環流領域中央（ $z/D = 0.4$, $r/R = 0$ ）における二次空気に添加したArによる相対的なAr増加量 C_i/C_0 によって、循環流領域内への二次空気の流入量を示す。

図3. 循環流領域中央部での総空燃比 M_a/M_f と二次空気流入の相対量 C_i/C_0 との関係

この総空燃比の違いによる循環流領域内への二次空気の流入量の変化は、一次空気のみの際の一次燃焼領域における燃焼反応の進行度と関係していると考えられる。一次燃焼領域における燃焼反応が活発に行われ、領域全体が高温場となる一次空燃比の条件では、一次燃焼領域における循環流領域の周囲を流れる主流の燃焼ガス速度が速く、空気孔より流入する二次空気の燃焼ガスへの貫通度が小さくなり、循環流領域内への二次空気の流入量は少なくなると思われる。逆に、一次燃焼領域における温度が、一次空燃比の設定条件を変えることにより低下すると、一次燃焼領域における主流の燃焼ガス速度は遅くなり、空気孔より流入する二次空気の燃焼ガスへの貫通度が大きくなり、循環流領域内への二次空気の流入量は多くなると思われる。

以上のように、空気孔より燃焼筒内へ流入する二次空気の一次燃焼領域への流入状況は、総空気量の変化（総空燃比一定）により変わるが、総空燃比の変化により大きく変わる。そこで次節からは、総空燃比の異なる2条件について、特に注目して、空気量配分の影響を検討する。

4.2 空気量配分の燃焼場への影響

4.2.1 高い空燃比 ($M_a/M_f=23.6$) の場合

循環流領域のほぼ中央部断面に相当する $z/D=0.4$ における温度および代表的なガスの組成の半径方向分布を、空気量配分 M_{a2}/M_{a1} をパラメータとして図4に示す。 M_{a2}/M_{a1} が増加するにつれ、燃料成分 C_3H_8 、反応中間成分 CH_4 および O_2 濃度が増す。また、二次空気を導入しない ($M_{a2}/M_{a1}=0$) 時に比べて、二次空気を導入すると、 CO_2 濃度および温度は低くなる。

このような一次燃焼領域の燃焼状態の空気量配分による変化を明らかにするためには、局所的な燃料と空気との混合の割合を知る必要がある。図5には、上述の燃焼ガス組成の結果より算出した $z/D=0.4$ における局所当量比 ϕ_l の分布を示す。

二次空気を導入しない条件 ($M_{a2}/M_{a1}=0$) における循環流領域内の局所当量比は量論比に近く、また図4でわかるように他の条件に比べて温度は高い。

総空燃比を一定にしているため、二次空気量が多い場合は、図中の表に示すように、一次空燃比 M_{a1}/M_f は低くなる。この時、仮に二次空気の導入

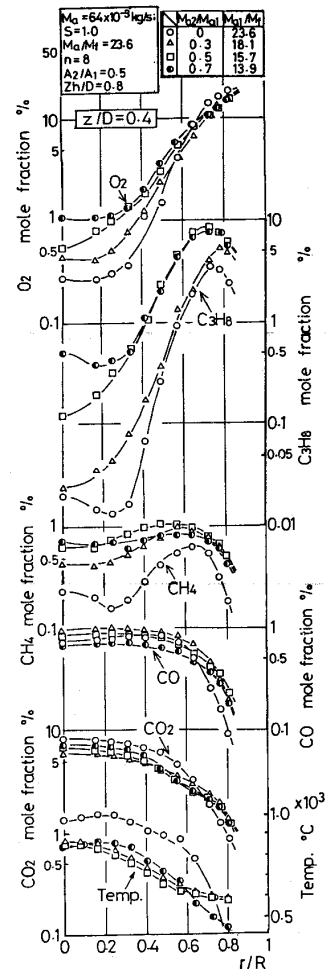


図4. $z/D=0.4$ における温度および代表的なガス組成の分布の空気量配分 M_{a2}/M_{a1} による影響（総空燃比が高い場合）

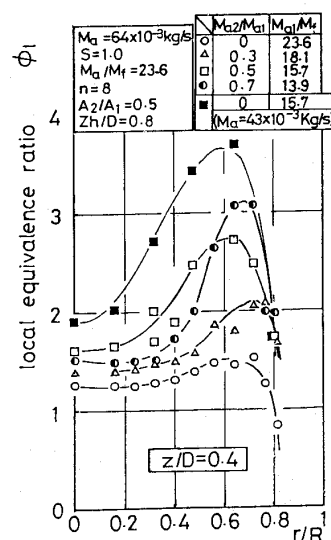


図5. $z/D=0.4$ における局所当量比 ϕ_l 分布の空気量配分 M_{a2}/M_{a1} による影響（総空燃比が高い場合）

がなければ、循環流領域内における局所当量比はさらに高い値となり、酸素量が不足し燃料過濃な状態になるので、燃焼反応は抑制される。例えば図5中の $M_{a2}/M_{a1}=0.5$, $M_{a1}/M_f=15.7$ (図5中の□印)に注目した場合、 M_a を変えて $M_{a1}=43 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$, $M_{a2}=0$, $M_{a1}/M_f=15.7$ の条件(M_{a1} と M_f を□印と同条件とし二次空気を導入しない条件, 図5中の■印)とすると、半径方向全体に局所当量比は増大し、循環流領域内においては、燃焼反応に必要な酸素量が不足していることを示す。そのため、燃焼反応は停滞し、ガス温度も低下する(図示していない)。しかし実際には、前節で述べたように M_{a2}/M_{a1} が大きくなると、循環流領域内への二次空気の流入量が増すので、 $z/D=0.4$ における局所当量比分布は、燃料過濃の状態が緩和された分布となる(□印)。この二次空気導入による酸素の供給により、一次時燃焼領域における燃焼反応は、■印の条件に比べて促進される。

しかしながら、設定総空燃比が高い($M_a/M_f=23.6$)の場合、二次空気を導入しない条件($M_{a2}/M_{a1}=0$)の時、他の M_{a2}/M_{a1} の条件に比べて、循環流領域内の局所当量比が量論比に近く、温度も高い。

このように空気量配分 M_{a2}/M_{a1} が増加すると、循環流領域への一次空気の供給量が低下し、またその低下量にみあうだけの酸素の供給が二次空気によってなされないで、燃料過濃の状態となる。そのために、図4に示すように $z/D=0.4$ においては、最終生成物 CO_2 濃度は減少し、燃焼ガス温度はより低温になる。

次に、一次燃焼領域下流 $z/D=2.0$ における上述の条件と同条件での CO , CO_2 濃度および温度の分布を図6に示す。 $r/R=0 \sim 0.7$ の範囲では、一次空気に対する二次空気の流量割合(M_{a2}/M_{a1})が増すにつれ、 CO , CO_2 濃度、温度は、ほぼ減少の傾向を示している。なお、 $M_{a2}/M_{a1}=0.5, 0.7$ の条件では、図示していないが、 $z/D=2.0$ においてかなりの未燃炭化水素成分が測定された。

このように、一次燃焼領域下流においても、空気量配分 M_{a2}/M_{a1} が増加するにつれて、燃焼反応は低下する。この理由として、上述した M_{a2}/M_{a1} の増加による循環流領域内における燃焼反応の低下と、 M_{a2}/M_{a1} の増加により空気孔から流入した後そのまま下流へ流れる二次空気量が増すことによ

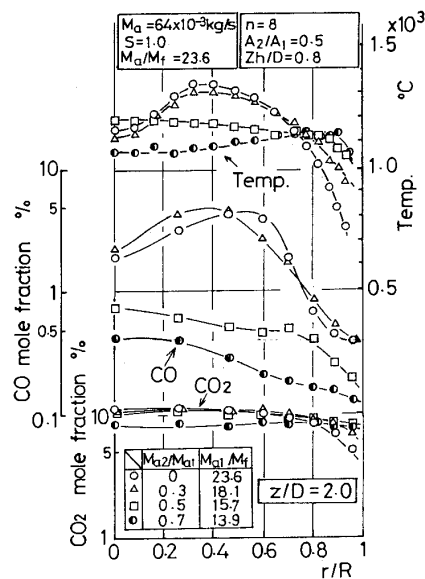


図6. $z/D=2.0$ における CO , CO_2 濃度および温度の分布の空気量配分 M_{a2}/M_{a1} による影響 (総空燃比が高い場合)

る下流における高温燃焼ガスの冷却効果の増加とが、主な原因として考えられる。

また、温度分布を比較すると、 M_{a2}/M_{a1} の増加に従い、くら形分布から半径方向一様の分布へと変わり、特に筒壁付近で温度上昇を示している。

4.2.2 理論空燃比の場合 $z/D=0.4$ における温度および代表的なガスの組成の半径方向分布を、空気量配分 M_{a2}/M_{a1} をパラメータとして図7に示す。 $r/R=0 \sim 0.4$ の範囲において、 $M_{a2}/M_{a1}=0.8$ の条件では、 $M_{a2}/M_{a1}=0$ の条件に比べて、 CO_2 濃度が高く、高温となる。また、 $M_{a2}/M_{a1}=0.5, 0.8$ の条件では、循環流領域内への二次空気の流入量が多くなるにもかかわらず、 O_2 濃度は低い値を示している。

図8には、上述の燃焼ガス組成の結果より算出した、 $z/D=0.4$ における局所当量比 ϕ_l の分布を示す。循環流領域内の局所当量比は、設定空燃比が理論空燃比であるが、量論比に比べて大きい値を示し、燃料噴流の影響で $r/R=0.6 \sim 0.7$ にピークを持ち、中央が低い分布を示す。

二次空気量が多いとき、一次空燃比 M_{a1}/M_f は低い値であるので、仮に二次空気の導入がなければ、この領域での局所当量比は大きくなるが、 M_{a2}/M_{a1} が大きくなると、循環流領域内への二次空気の流入量が増加する(図2(b))ので、その結果、局

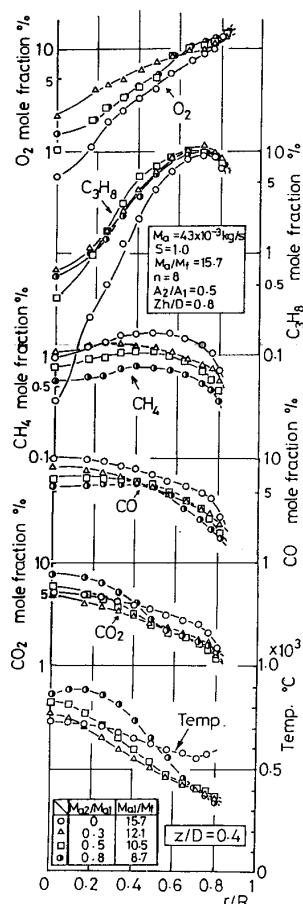


図7. $z/D=0.4$ における温度および代表的なガスの組成の分布の空気量配分 M_{a2}/M_{a1} による影響(総空燃比が理論空燃比の場合)

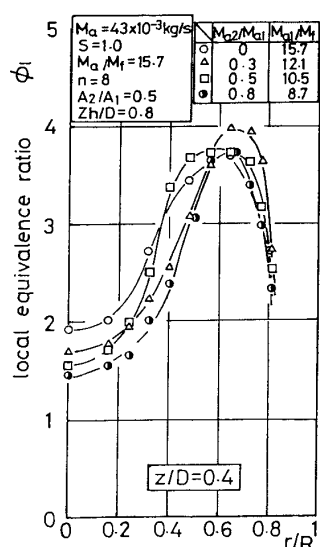


図8. $z/D=0.4$ における局所当量比 ϕ_l 分布の空気量配分 M_{a2}/M_{a1} による影響(総空燃比が理論空燃比の場合)

所当量比は下がる。

前項で述べた総空燃比が高い場合の局所当量比分布(図5)と、本項での総空燃比が理論空燃比の場合のそれ(図8)とを比較すると、空気量配分 M_{a2}/M_{a1} の $z/D=0.4$ における局所当量比分布への影響は、大きく異なる。二次空気量の増加で、前者は二次空気を導入しない条件に比べて局所当量比が半径方向全体で大きな値となるが、後者は大まかな分布形状はかわらず、中心軸付近で燃料過濃状態が緩和される。

これは他の条件を一定にして総空燃比のみを変化させたときの、二次空気の循環流領域内への流入量の変化(図3)より考えると、空気量配分が同じであっても、本実験範囲($M_{a1}/M_f \leq 23.6$)において、一次空燃比が低くなるに従い、二次空気の循環流領域内への流入量が著しく増加することが原因していると思われる。

ただし、総空燃比の異なる両者の比較において総空気量も異なっている。しかし、二次空気的一次燃焼領域への貫通度の小さい総空燃比が高い条件では総空気量が多く設定されており、二次空気的一次燃焼領域への貫通度を大きくする方向である。逆に二次空気的一次燃焼領域への貫通度の大きい総空燃比が低い条件では総空気量が少なく設定されており、二次空気的一次燃焼領域への貫通度を小さくする方向である。それゆえ、総空気量を一定として、総空燃比の異なる両者を比較しても、上述と同様な傾向が出るものと思われる。

このように、総空燃比が理論空燃比の条件の場合には、 $z/D=0.4$ における中心軸付近で、空気量配分 M_{a2}/M_{a1} の増加に伴って、二次空気の流入によって過濃状態が緩和される。この空気量配分 M_{a2}/M_{a1} の増加に伴う酸素量の増加は、高温ではあるが酸素が不足しているために燃焼反応が十分に行われていない循環流領域内における燃焼反応をより促進させるので、その結果として図7に示すように、 CO_2 濃度は増加し、より高温となる。

次に総空燃比が理論空燃比の場合の $z/D=2.0$ における CO 、 CO_2 濃度および温度の分布を図9に示す。一次空気に対する二次空気の流量割合(M_{a2}/M_{a1})を増すと、 CO 濃度の減少、 CO_2 濃度の増加の傾向を示し、温度も半径方向一様に高温となる。しかし、さらに M_{a2}/M_{a1} を増し、 $M_{a2}/M_{a1}=0.8$ とすると、逆に中心軸付近で CO_2 濃度、温度は低下し、また

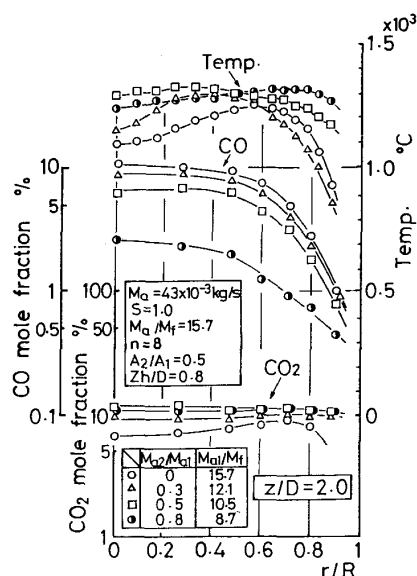


図9. $z/D=2.0$ におけるCO, CO₂濃度および温度の分布の空気量配分 M_{a2}/M_{a1} による影響(総空燃比が理論空燃比の場合)

図示はしていないが、未炭化水素成分の濃度が増加する。

このように、総空燃比が理論空燃比の条件の場合には、空気量配分 M_{a2}/M_{a1} の増加とともに、上述のように、循環流領域内における燃焼反応がより促進されるので、一次燃焼領域下流 $z/D=2.0$ におけるCO₂濃度は増加し、より高温となる。しかしながら、空気量配分が非常に大きい条件の場合には、空気孔より流入する二次空気のうちで、循環流領域の流れに乗らず、下流へ流れる流量も多い(図2(b))。そのため、下流で高温燃焼ガスを希釈し、燃焼反応を阻害するので、下流において未炭化水素成分の濃度が増加し、CO₂濃度が減少する。

4.3 一次燃焼領域下流における燃焼効率, NO_xの生成量への影響

前節までに述べたように、総空燃比 M_a/M_f の違いによって、空気量配分 M_{a2}/M_{a1} の一次燃焼領域の燃焼状態へ与える影響は大きく異なる。この効果を判断するために、 $z/D=2.0$ における燃焼効率を求めた。その計算結果を表2に示す。

総空燃比が高い($M_a/M_f=23.6$)場合、二次空気を導入しない時($M_{a2}/M_{a1}=0$)が燃焼効率が高く、一次空気の一部を二次空気として一次燃焼領域へ導入しても、燃焼効率は高くはならない。

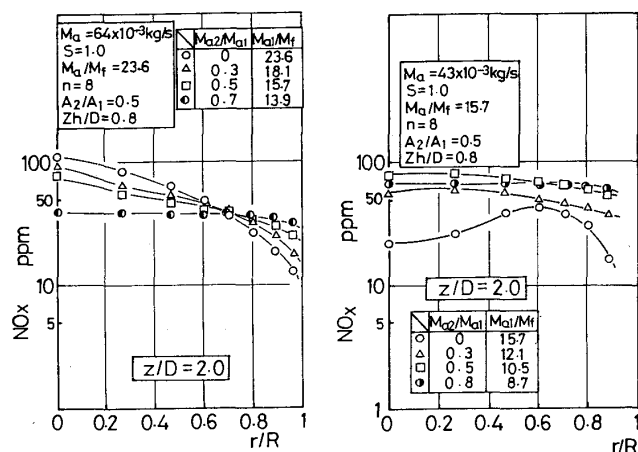
表2. 空気量配分 M_{a2}/M_{a1} による燃焼効率 η_b の変化

M_a kg/s	64×10^{-3}				43×10^{-3}			
M_a/M_f	23.6				15.7			
M_{a2}/M_{a1}	0	0.3	0.5	0.7	0	0.3	0.5	0.8
η_b %	99	95	97	92	76	84	88	86
$S=1, n=8, A_2/A_1=0.5, Z_h/D=0.8, z/D=2.0$								

総空燃比が理論空燃比($M_a/M_f=15.7$)の場合、一次空気の一部を二次空気として導入すると、燃焼効率は、著しく高まる。しかし、その二次空気の流入量にも、最適値があり、 $M_{a2}/M_{a1} > 0.5$ としても、燃焼効率は高くならない。

また燃焼の目視観察、燃焼振動などより判断すると、空気量の配分が大きすぎる($M_{a2}/M_{a1} \geq 0.7$)と、火炎は不安定となり、振動音も大きくなった。

図10には、 $z/D=2.0$ におけるNO_x濃度分布を、空気量配分 M_{a2}/M_{a1} をパラメータとして示す。総空燃比、総空気量の異なる(a),(b)において、 M_{a2}/M_{a1} が



(a) $M_a = 64 \times 10^{-3}$ kg/s

$M_a/M_f = 23.6$

(b) $M_a = 43 \times 10^{-3}$ kg/s

$M_a/M_f = 15.7$

図10. $z/D=2.0$ におけるNO_x濃度分布の空気量配分 M_{a2}/M_{a1} による影響

小さいときの分布は前者(a)が山形、後者(b)がくら形の分布を呈するが、 M_{a2}/M_{a1} の増加に従いNO_x濃度分布は、(a),(b)とも半径方向一様な分布となる。このような傾向は、いずれの場合も温度分布の M_{a2}/M_{a1} に対する傾向と同じである。

図11には、 $z/D=2.0$ における単位時間供給燃料流量当りのNO_xの生成量の計算結果を、総空気量、

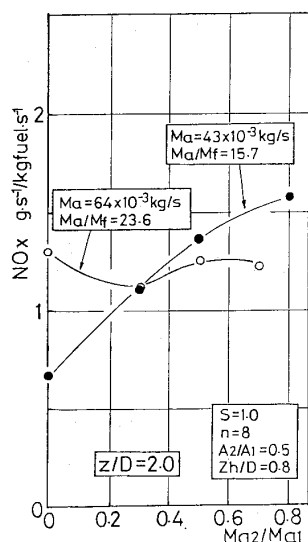


図11. 総空燃比 M_a/M_f を変数とした時の空気量配分 M_{a2}/M_{a1} と燃料の単位量当りの NO_x 量との関係

総空燃比の異なる二者を比較して示す。

総空燃比が高い場合には、空気量配分 M_{a2}/M_{a1} を変化させても NO_x 量はほとんど変わらない。一方、総空燃比が理論空燃比の場合には、二次空気の流入により、前節で述べたように一次燃焼領域における燃焼反応が促進され、温度が上昇するために、下流における NO_x 量は二次空気の流入量の増加とともに増加する。

5. 結論

石英製燃焼器を用いて、一次燃焼領域における空気量配分の影響に注目した実験研究を行った。燃焼筒内への二次空気流入の状況と燃焼ガスの組成、温度とを関連させて検討し、また下流における燃焼効率を算出することにより、空気量配分の一次燃焼への効果を明らかにし、以下の結論を得た。

1. 総空燃比が理論空燃比の1.5倍の条件の場合には、二次空気を導入しない条件における循環流領域内の局所当量比は量論比に近い値であり、この条件で十分に燃焼反応は可能である。一次空気の一部を二次空気におきかえると、一次空燃比の低下により循環流領域内の局所当量比は著しく増加し、燃料過濃な状態となる。二次空気の増加により循環流領域内への二次空気量は増すが、一次空気の減少による酸素不足分にみあうだけの流入量ではない。また、流入後、そのまま下流へ流れ

る二次空気による冷却効果も大きい。そのため、一次燃焼領域における燃焼効率は、二次空気の導入により低下し、二次空気による燃焼反応の促進効果はみられない。

2. 総空燃比が理論空燃比の条件の場合には、二次空気を導入しない条件における循環流領域内の局所当量比は、量論比に比べて非常に高い値であり、高温ではあるが、酸素が不足している状態である。この条件で、一次空気の一部を二次空気におきかえて、燃焼器内へ導入した場合、一次空気の減少により、循環流領域内への一次空気の供給量は減少するが、この減少量以上に空気孔から流入する二次空気の循環流領域内への供給量が増す。その結果として、高温ではあるが酸素が不足している燃焼ガスに、より多くの酸素を供給することになり、燃焼反応の促進効果は大きい。

3. 一次燃焼領域における燃焼に、空気孔より流入する二次空気を、効果的に寄与させるためには、火炎の安定を損わずに循環流領域内へ流入させることが重要である。一次空気に対する二次空気の流量割合が小さいと、空気孔より流入する二次空気の燃焼ガスへの貫通度が小さく、二次空気が循環流領域内へ流入しないため、一次燃焼領域における二次空気流入の効果は小さい。一次空気に対する二次空気の流量割合が大きすぎると、火炎の安定性が損われ、また一次燃焼領域下流における冷却効果も考えられ、一次燃焼領域における二次空気流入の燃焼反応促進効果は小さい。

そのために、空気量配分には総空燃比に対して最適値があると思われる。総空燃比が理論空燃比の条件の場合には、火炎の安定性や下流における燃焼効率などから考えて、空気量配分 $M_{a2}/M_{a1} = 0.5$ の時に最適値となる。

最後に、研究を行うにあたり御協力をいただいた当時学部の中田誠一郎君、河合弘是君に対し、心よりの感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 堀, 機論, 33-256(昭42-12), 1993, 第2報: 35-275(昭44-7), 1531, 第3報: 37-295(昭46-3), 566.
- (2) 石橋・ほか3名, 第12回燃焼シンポジウム前刷集(昭49), 139.
- (3) Kawaguchi, O., Sato, G. T., et al., 14th Inter-

- national Congress on Combustion Engines, GT5-1, 1981.
- (4) 中村・伊藤・川口・佐藤, 日本G. T. 学会誌技術論文, GTSJ 10-37, 1982, 89.
- (5) 中村・川口・佐藤, 機論, 49-439 B編(昭和58-3), 705.
- (6) Nakamura, S., Kawaguchi, O. and Sato, G. T., 1983 Tokyo International Gas Turbine Congress, 30, 1983, 228.

お 知 ら せ

技術情報センター委員会

日本ガスタービン学会技術情報センターに現在保管されている資料には、日本ガスタービン学会で発行した会誌、講演論文集、講習会資料の外、下記のようなものがありますので御利用下さい。

- 1) ASME-GT Paper : 1959 ~ 1964, 1966 ~ 1973, 1976
(但し、年度によっては欠損している部分もある)
- 2) Gas Turbine International : 1960 ~ 1976
- 3) Turbo Machinery International : 1977 ~ (1980/7 ~ 1981/4 欠)
- 4) РЕФЕРАТИВНЫЙ ЖУРНАЛ : 1980 ~
- 5) ターボ機械 : 1979/1 ~
- 6) 航空技術 : 1979/1 ~
- 7) Gas Turbine World Hand Book : 1976 ~
- 8) Gas Turbine World Performance Specs : 1980 ~
- 9) 神津正男 航空ガスタービン資料集 : 1936 ~ 1970 (会誌 Vol. 4, No. 15, 1976/12 にその内容が紹介されている)
- 10) Sawyer's Gas Turbine Catalog : 1963 ~ 1976
- 11) 大学の紀要, 研究所の報告等
- 12) 航空宇宙技術研究所図書館ニュース : 1983 ~ (NASA, ASME-GT, AIAA, SAE 所蔵文献リスト)
- 13) 各種カタログ

なお、会員御所持の資料で下記に該当するようなものがございましたら、既存資料のみならず、将来にわたって、その別刷等を学会に寄贈して下さいますようお願い申し上げます。

- 1) 研究所および会社の技報等でガスタービンに関連あるもの。
- 2) 会員が本会以外で発表したガスタービン関連の文献。

- national Congress on Combustion Engines, GT5-1, 1981.
- (4) 中村・伊藤・川口・佐藤, 日本G. T. 学会誌技術論文, GTSJ 10-37, 1982, 89.
- (5) 中村・川口・佐藤, 機論, 49-439 B編(昭和58-3), 705.
- (6) Nakamura, S., Kawaguchi, O. and Sato, G. T., 1983 Tokyo International Gas Turbine Congress, 30, 1983, 228.

お 知 ら せ

技術情報センター委員会

日本ガスタービン学会技術情報センターに現在保管されている資料には、日本ガスタービン学会で発行した会誌、講演論文集、講習会資料の外、下記のようなものがありますので御利用下さい。

- 1) ASME-GT Paper : 1959 ~ 1964, 1966 ~ 1973, 1976
(但し、年度によっては欠損している部分もある)
- 2) Gas Turbine International : 1960 ~ 1976
- 3) Turbo Machinery International : 1977 ~ (1980/7 ~ 1981/4 欠)
- 4) РЕФЕРАТИВНЫЙ ЖУРНАЛ : 1980 ~
- 5) ターボ機械 : 1979/1 ~
- 6) 航空技術 : 1979/1 ~
- 7) Gas Turbine World Hand Book : 1976 ~
- 8) Gas Turbine World Performance Specs : 1980 ~
- 9) 神津正男 航空ガスタービン資料集 : 1936 ~ 1970 (会誌 Vol. 4, No. 15, 1976/12 にその内容が紹介されている)
- 10) Sawyer's Gas Turbine Catalog : 1963 ~ 1976
- 11) 大学の紀要, 研究所の報告等
- 12) 航空宇宙技術研究所図書館ニュース : 1983 ~ (NASA, ASME-GT, AIAA, SAE 所蔵文献リスト)
- 13) 各種カタログ

なお、会員御所持の資料で下記に該当するようなものがございましたら、既存資料のみならず、将来にわたって、その別刷等を学会に寄贈して下さいますようお願い申し上げます。

- 1) 研究所および会社の技報等でガスタービンに関連あるもの。
- 2) 会員が本会以外で発表したガスタービン関連の文献。

円柱型風向風速計の特性に対する流れの状態と寸法の影響及び補正方法の研究

名古屋大学工学部 大塚 新太郎
" 二日市 宅
" 加藤 勇夫

1. まえがき

円柱型風向風速計（以下、風向風速計と呼ぶ）は軸流回転機械をはじめとする流体機械内部の流れや、その他種々な流れの風向と風速の測定に用いられている。風向風速計を使用する場合にはその特性は流れに対する傾斜角 α 、先端より圧力孔までの長さ l 、孔径 d 、外径 D 、 Re 数、 $Mach$ 数及び気流乱れなどによって左右されるため、あらかじめ校正しておかなければならない。

著者等の特性表示は yaw angle θ に対して、方向、総圧、静圧及び動圧の各係数をとっており、比較的容易に実地に使用することができる^{(1)~(3)}。方向係数に対する諸因子の影響は問題なさそうである。但し、総圧係数は D 及び Re の変化には鈍感であるものの α と l の影響をうける^{(1),(4)~(6)}。一方、精度よく静圧を測定することがこの風向風速計の最大の難題であり、これは円柱表面上で静圧を与える点付近（淀点で $\Theta=0^\circ$ とすると $30^\circ \leq |\Theta| \leq 45^\circ$ ）の圧力勾配 $dC_p/d\Theta$ が極めて大きい、前記影響因子の関与が強く現われるためと考えられる。これらに対する従来の研究成果では、影響諸因子の個々が総圧、静圧或いは円柱表面圧力分布に与える影響を明らかにしているが、影響の相互関係が複雑なため種々なケースについて正しい静圧を求めるには、結局そのたびに校正せねばならないなどの問題点を有している。

本研究は流れの状態や寸法の、各係数に及ぼす影響を総合的に調べることによって、これらの問題点に対する簡潔な解決法を見出すために行ったものである。しかし、実験データの解析をすすめてみると、この個々の影響をそれぞれ取り入れて特性の補正を行うことは容易ではないことがわか

ってきたので、これを一気に解決する手段をいろいろ考えているうち、円柱表面圧力と背圧の間にはかなりはっきりした相関があることに気が付き、この背圧を補正に用いたところ、かなり良い結果を得ることができた。但し、本報告では円柱先端より圧力孔までの長さ l が十分大で、また気流に対する傾斜角 $\alpha=0^\circ$ の場合についてのみ取り扱っている。

2. 記号

C_P : 圧力係数, $(P-P_S)/\frac{1}{2}\rho V^2$

C_{PR} : 背圧係数, $(P_R-P_S)/K$

D : 円柱外径

d : 圧力孔径

K : 各種係数の分母{(5)式}

L_X : 乱れのスケール

l : 円柱先端より圧力孔までの長さ

P : 円柱表面圧力

P_A, P_B, P_C : 円柱表面上の3圧力による圧力(図2)

P_R : 円柱背圧, (A孔より 180° 位置の圧力)

P_S : 一様流静圧

P_T : 一様流総圧

$Re: VD/\nu$

V : 一様流速度

$(\overline{v_x^2})^{1/2}$: 乱れの主流方向の速度変動成分の自乗平均平方根

Y_θ : 方向係数

Y_S : 静圧係数

Y_{S0} : $\theta=0^\circ$ における静圧係数

Y_T : 総圧係数

Y_V : 動圧係数

α : 円柱の流れに対する傾斜角

Θ : 円柱表面上角度

Θ' : $d=0$ に補正した円柱表面上角度

θ : Yaw angle (図2)

(昭和58年7月26日原稿受付)

⑨_h: 3 圧力孔の互になす角度 (図 2)

④_h' : ④'を用いた3圧力孔の互になす角度

 ν : 動粘性係数

3. 実験装置及び方法

実験には縦420, 横300, 長さ400mmの長方形断面の亚克力製測定風路をもつ軸流式吹出風洞を用いた。風洞気流の風速は微風より約22m/sまで無段階に変化させることができる。また, 風洞気流の乱れの強さ $(\overline{v_x^2})^{1/2}/V$ は平均風速が10~20m/sの間で約0.55~0.25%程度である。

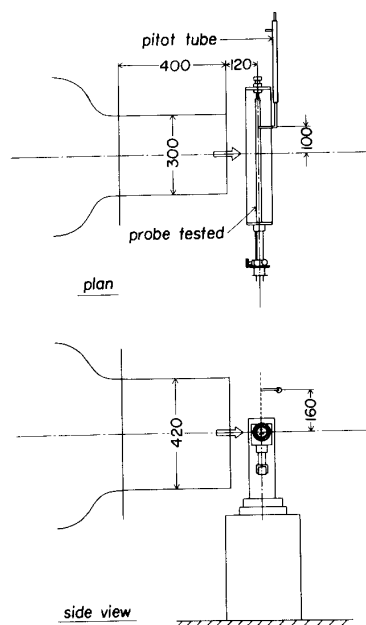


図 1. 測定部概略

供試風向風速計は図1に示すように、圧力孔は吹出口断面中央に位置し、両端は風路外において支持されている。圧力孔から風路端まではDの最大のもので5Dあり、円柱の先端が気流中にあるための誤差は十分避けられると思う〔文献(1)参照〕。風向風速計の寸法は基本形として $d/D=0.1$ 、 $\theta_h=40^\circ$ 、外径3, 4, 6, 10, 15, 20及び30mmの7種類とした。その他に特性及び表面圧力分布に対する寸法効果を調べる目的で、外径30mmの円柱に8個の異径圧力孔を設けたものと、前記基本形のうち、 $D=10$ 及び20mmについて同じ目的のために3孔のうち2圧力孔径を修正変更して実験を行ったケースもある(表1, II欄)。図2に供試風向風速計の1例と表1に寸法諸元を示す。また、円柱の圧力検出部の表

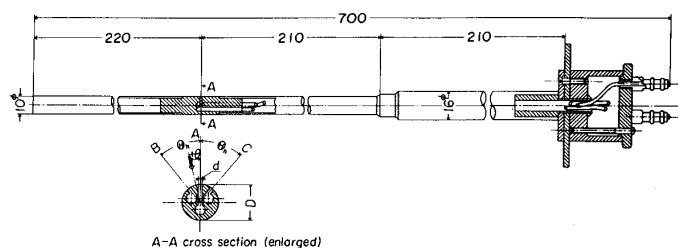


図 2. 供試円柱型風向風速計
(3孔, $D=10\text{mm}$ の例)

表 1. 供試風向風速計の寸法諸元

I			II		III		
D (mm)	d (mm)	d/D	d (mm)	d/D	D (mm)	d (mm)	d/D
3	0.3	0.1			30	0.3	0.010
4	0.4	0.1				0.4	0.013
6	0.6	0.1				0.6	0.020
10	1.0	0.1	0.3	0.030		1.0	0.033
			0.6	0.060		1.5	0.050
15	1.5	0.1				2.0	0.066
20	2.0	0.1	0.3	0.015		3.0	0.100
			0.6	0.030		5.0	0.167
30	3.0	0.1					

面は旋盤加工により仕上げ，更に微粉末研磨剤で十分滑らかにした後，圧力孔を設けてある。

気流に対する風向風速計の姿勢は直角とし、一様流の速度は10, 15, 及び20 m/sの3種類で行った。 R_e は $1.9 \times 10^3 \sim 3.7 \times 10^4$ の範囲であり、これは我々が風向風速計を通常使用する範囲をカバーする。表面圧力及びピトー管による圧力は多管マノメータ(精度0.1 mm H₂O)を用いて測定した。

4. 実験結果及び考察

4.1 風向風速計の特性 著者等による従来からの定義^{(1)~(3)}と同様に風向風速計の特性を次のような形で表わす。

$$\text{方向系数 } Y_\theta = (P_B - P_C) / K \quad (1)$$

$$\text{総圧係数} \quad Y_T = (P_T - P_A) / K \quad (2)$$

$$\text{静压系数} \quad Y_S = \frac{1}{2} \{ (P_S - P_B) + (P_S - P_C) \} / K_{(3)}$$

$$\text{動圧係数 } Y_V = \frac{1}{2} \rho V^2 / K \quad (4)$$

但し,
$$K = \frac{1}{2} \{ (P_A - P_B) + (P_A - P_C) \} \quad (5)$$

また, $1 + \bar{Y}_T = Y_S + Y_V$ (6)

という関係があるので、以下 Y_v に関しては特にふれないことにする。

$d/D=0.1$ に製作した7種類の基本形について、外径をパラメータとして一様流の風速 V を10, 15及び20 m/sと変化させた時の θ に対する諸係数を図3(a)~(c)に示す。この結果から Y_θ と Y_T は $-15^\circ \leq \theta \leq 15^\circ$ の範囲にわたりほぼ1本の曲線にのり、従って風速と外径に無関係と考えて差支えない。一方、

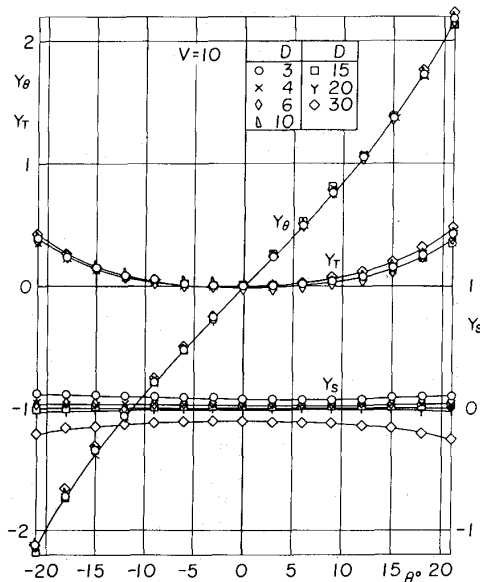


図3(a) $Y_\theta, Y_T, Y_S \sim \theta$ ($d/D=0.1, \theta_h=40^\circ, V=10$)

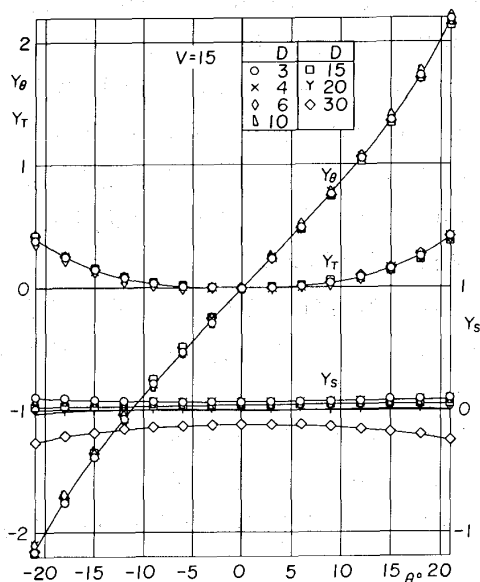


図3(b) $Y_\theta, Y_T, Y_S \sim \theta$ ($d/D=0.1, \theta_h=40^\circ, V=15$)

Y_S については風速による影響は小さいが、 D と共に Y_S は減少の傾向を示し、その変化は無視できない。

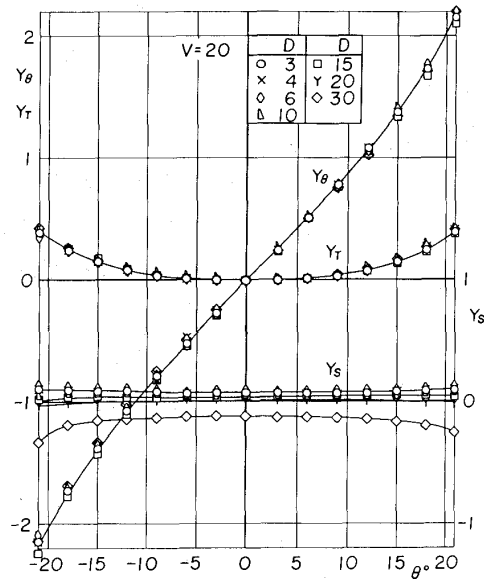


図3(c) $Y_\theta, Y_T, Y_S \sim \theta$ ($d/D=0.1, \theta_h=40^\circ, V=20$)

4.2 静圧係数とレイノルズ数 静圧係数に問題があることがはっきりしたので、これについて追求することにする。図4に Y_{S0} と R_e の関係を D をパラメータにして示す(図中の実線)。ここで

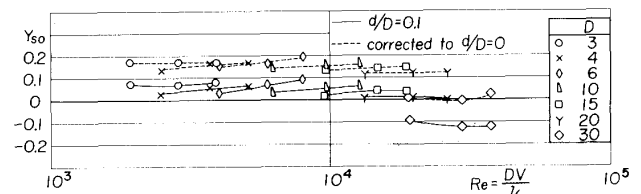


図4. 静圧係数の R_e による影響 ($\theta_h=40^\circ$)

Y_{S0} は $\theta=0^\circ$ における Y_S の値で、実験結果{図3(a)~(c)}の全般的傾向として Y_S は θ に対して、ほぼ一定であることにより、 Y_{S0} をもって代表させた。この結果から Y_{S0} の特性として単なる R_e によっては纏められないことがわかる。

4.3 円柱表面圧力分布 前項において $R_e = 1.9 \times 10^3 \sim 3.7 \times 10^4$ の範囲で Y_{S0} は R_e のみに依存せず、 D などによって変化することが明らかになった。 Y_S などの4係数は円柱表面上互に θ_h の間隔に設けられた3圧力孔による圧力を用いて(1)~(5)式から算出されるので、 Y_S の D による影響は当然円柱表面圧力分布の相違に起因している筈である。ほぼ同一の R_e ($R_e = 1.84 \times 10^4 \sim 1.96 \times 10^4$)における

Dによる円柱表面圧力分布を図5(実線)に示す。

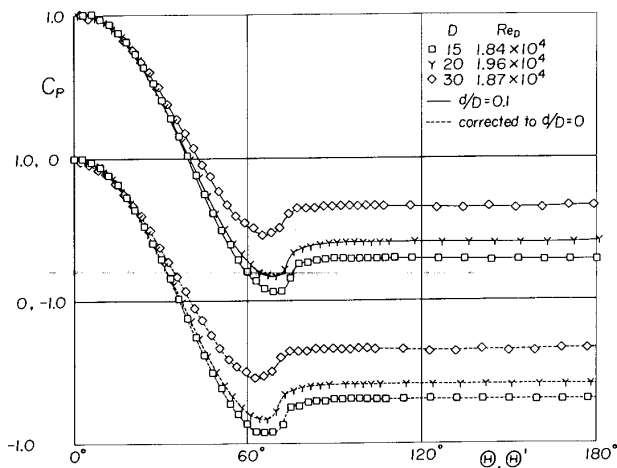


図5. 円柱外径による表面圧力分布の変化

通常に採用されている圧力孔間隔角度 Θ_h は $30 \sim 45^\circ$ の程度であり、この付近 ($\Theta \div 30 \sim 45^\circ$) で D による C_p の差が認められ、またこの分布で特徴的なこととして背圧部に更に著しい影響がある。

この問題を考えていくにあたり、 d と D の関係を処理しておく必要がある。 d/D が異なる場合にも正しい円柱面上の圧力が求められるようにしておかなければ話を先に進めることができない。

壁面圧力孔寸法の測定圧力に及ぼす影響については従来多くの研究^{(4),(5),(7)-(9)}があり、更に解説^{(10),(11)}もある。孔径は無限に小さい場合に正しい圧力が計られる筈であるが、これは実現不可能であるので普通はなるべく小さくということで処理されている。ここでは Thom⁽⁷⁾による補正方法を用いた。

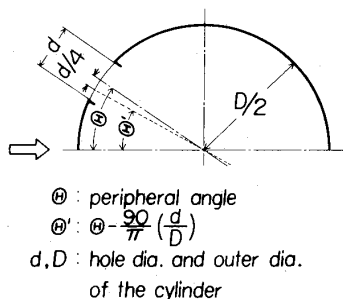


図6. 圧力孔寸法に対する補正の定義{Thom⁽⁷⁾}

この方法は図6に示すように円柱表面の角度位置 Θ にある孔の示す圧力は、 $d/4$ だけ前方に寄った角度位置 Θ' の圧力と考えるべきであるとして、次の

補正式を与えている。

$$\Theta' = \Theta - \frac{90}{\pi} \left(\frac{d}{D} \right) \quad (^\circ) \quad (7)$$

d の寸法が表面圧力分布に及ぼす影響を調べるために、 $D=30$ の円柱に8種類の圧力孔を設けて行った結果を図7(a)に示し、(7)式で補正した結果を同図(b)に示す。(b)によると $\Theta' = 60^\circ$ 付近で大孔径

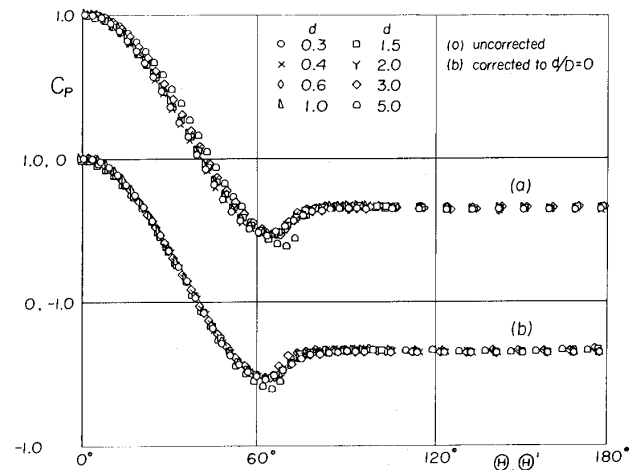


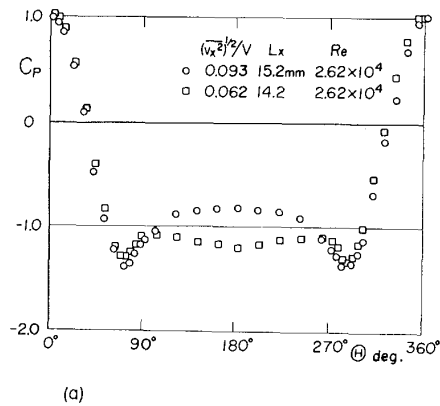
図7. 圧力孔寸法に対する表面圧力分布の補正

$d=5$ ($d/D=0.167$) の場合に補正が十分なされていないと思われる部分もあるが、他はかなり適切に補正されたものとみてよい。

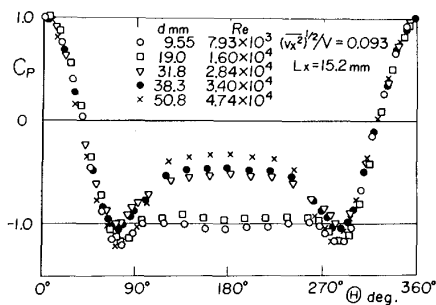
4.4 静圧係数と背圧 前項において述べたように円柱表面圧力分布は R_e のみにより整理することができず外径 D による影響がある。また、背圧についても D の影響がある。ここで更に流れの状態と円柱表面圧力分布との間の関係を調べてみることにする。

表面の滑らかな円柱が乱れの小さい流れに置かれた時、 $R_e \div 3.5 \times 10^5$ 付近で抗力係数 C_D が急減することはよく知られている。Roshko⁽¹²⁾ は円柱の R_e に対する C_D の変化が、背圧係数 C_{PR} の R_e に対する変化と密接な関係があると指摘している。すなわち、 $R_e \div 1.0 \times 10^5$ 付近より $4.0 \sim 5.0 \times 10^5$ にかけて C_D は約1.3から0.3程度にまで、また C_{PR} は約-1.1から-0.2程度にまで変化している。これらは臨界領域における場合であり、本報告における R_e との違いがあつて、直ちに対応させることができないが、 C_D と C_{PR} の R_e に対する変化の類似性をうかがわせる。一方、有江、木谷等⁽¹⁴⁾ は $R_e = 7.9 \times 10^3 \sim 5.4 \times$

10⁴において円柱の流体力学的特性に及ぼす主流乱れの影響として、乱れの強さ及びスケールを系統的に変えて、円柱の背圧、抗力及びせん断層の挙動を調べている〔図8(a),(b)〕。〔乱れの強さは



(a)



(b)

図8. 円柱表面圧力分布に及ぼす乱れの強さ、乱れのスケール効果〔有江、木谷等⁽¹⁴⁾〕

$(\overline{v_x^2})^{1/2}/V$ であらわされ、また乱れのスケールは v_x の自己相関関数から求める積分特性距離 L_x である〕。図8(a)で乱れの強さが大きい程背圧が上昇している。そして円柱前方部にも乱れの強さによる影響がうかがえる。

本研究においては乱れの影響の詳細を調べることはしていないが、一様流の風速を変化させると風洞気流の乱れの強さ $(\overline{v_x^2})^{1/2}/V$ は0.0055~0.0025の間で変っているので、図9に種々の外径 D で風速を変化（乱れの強さを変化）させた場合の圧力分布を参考に示す。ここで見られる背圧の変化は、乱れの強さ、 D 、 Re 数などによっていろいろであるが、乱れの強さが大きい程（即ち、風速が小さい程）背圧が上昇しているという傾向は見られるも

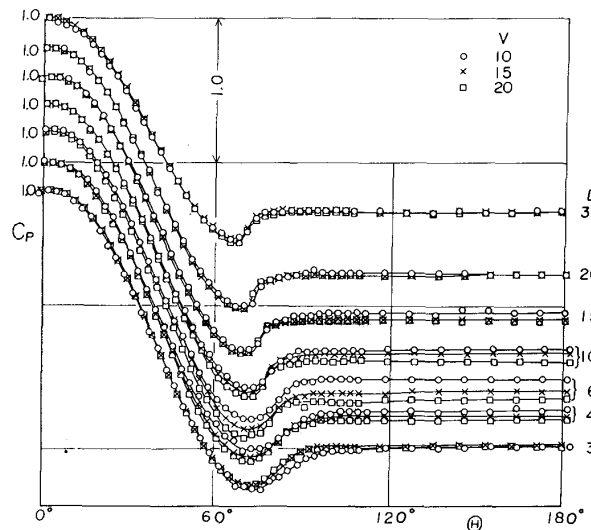


図9. 一様流速による円柱表面圧力分布 ($d/D=0.1$)

の、どの影響によるかをはっきり区別することは困難である。

そこでここでは、実用的であることという立場で、問題点を個々に取り出して補正するのは複雑化して得策でないという判断から、次のような方針で進めることにした。

静圧係数 Y_{so} は複数の影響因子をもつことが既述の実験結果（図4, 5）や文献⁽¹⁴⁾で明らかで、これらを合わせて取り扱うために円柱表面圧力分布、（即ち、 Y_{so} ）と背圧との関連性を用いてみる。文献⁽¹⁴⁾では主流乱れにより背圧に顕著な変化が生じているが、円柱前方部分の圧力にも対応した影響があり、その圧力より算出される Y_{so} と背圧との間に一定の関数関係が存在するものと予想される。

4.5 背圧を用いた補正 d/D , D , 主流乱れ及びその他の影響因子を一括して含めて、これらによる影響を除外できれば好都合である。そこで4.3の方法で $d=0$ の場合に補正した後、 Y_{so} , C_{PR} の関係を調べてみる。この場合、背圧係数としてA孔の後方180°の点の圧力 P_R を用いて、次式のように背圧係数を定義する（Yaw angle をとったときには背圧と P_R は厳密には差があるが、実用上は同一と見なすことができる。）。

$$C_{PR} = (P_R - P_S) / K \quad (8)$$

Y_{so} と C_{PR} の関係を θ_h をパラメータとして図10に

示す。この図には我々の実験のほかは Thom⁽⁷⁾,

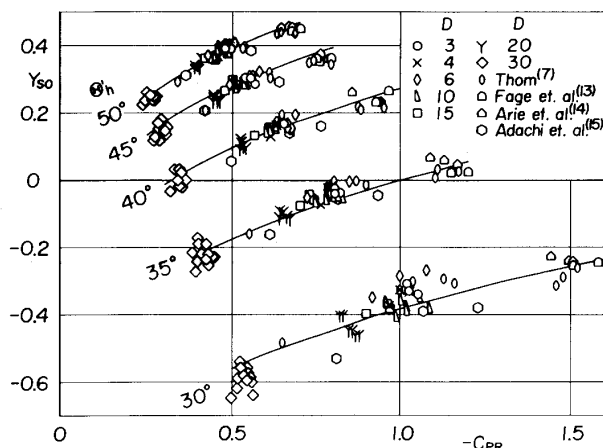


図10. 種々な円柱の静圧係数と背圧係数の関係

Fage・Falkner⁽¹³⁾, 有江・木谷等⁽¹⁴⁾, 及び安達・加藤⁽¹⁵⁾による円柱表面圧力分布を用いて算出した結果も同時に示してある(ここに引用したデータは, 風洞壁の円柱まわりの流れに及ぼす影響を考慮して風路断面積に対する円柱前面面積の比が0.1以下である場合のものを選定)。図10において $\theta'_h=30^\circ$ の場合は点のばらつきが多いのでこのケースを除外すると, 他はほぼ1本の曲線にのると考えることができる。従って円柱型風向風速計に Y_{so} と, C_{PR} の関係を用いることによって, R_e 及び気流乱れなどの影響を一度に取り除いた性能を求めることができる。即ち, 風向風速計の3孔圧力 P_A , P_B 及び P_C と背圧 P_R を測定すれば Y_{so} が得られ, P_S は(3)式より求まる。但し, ここで3孔の圧力については Thomによる方法で d/D 無限小の場合に補正した値を用いる(即ち, 孔の位置を補正することになる。1つの風向風速計について一度補正しておけばよい)。実用上よく用いられる $35^\circ \leq |\theta'_h| \leq 50^\circ$ の範囲内では次の実験式を用いることができる。(図10中の実線はこの式から計算した値を示す)

$$Y_{so} = a + 0.53\sqrt{-(C_{PR} + 0.15)} \quad (9)$$

但し, $a = 0.1\sqrt{1460 - \theta'_h - 55.7\theta'_h - 3.7}$

ここにおいて θ'_h は製作された風向風速計によって決まる角度であり, 結局 a は風向風速計固有の値である(θ'_h は Thomによる方法で補正した値を用いる)。従って Y_{so} は実質的には(9)式において C_{PR} だけの関数として表わされることになる。(8)式か

ら明らかなように C_{PR} はこれから求めるべき P_S を含むので, 逐次近似によって求めなければならない。この方法で計算すると図10のばらつきから調べて, $35^\circ \leq |\theta'_h| \leq 50^\circ$ の範囲では $|\Delta P_S / \frac{\rho}{2} V^2| < 0.05$ 程度になる(ΔP_S は P_S の誤差)。本論文で述べたような補正を行わないときには, 場合によっては $|\Delta P_S / \frac{\rho}{2} V^2|$ の値は0.25程度になることもあり, 補正によって誤差は数分の一になると考えられる。

5. 結 論

$R_e = 1.9 \times 10^3 \sim 3.7 \times 10^4$ の範囲で幾何学的に相似に製作した7種類の3孔式円柱型風向風速計の特性を求め, 他の補助的な円柱及び他の文献のデータも参考にして流れの状態と寸法の影響を調べそれに対する補正方法を考えて次の結果を得た。

- (1) よく知られている通り, 幾何学的に相似な風向風速計の方向係数 Y_θ 及び総圧係数 Y_T は, 3圧力孔の互になす角 θ_h が一般に用いられる 40° 付近であれば, $R_e(D, V)$, 乱れなどの影響は殆んどなく, θ の広い範囲で1本の曲線で代表できることを再確認した。
- (2) 静圧係数 Y_{so} は D 及び主流乱れなどによりかなり変化するが, Y_{so} と C_{PR} との相互関係に着目して $35^\circ \leq |\theta'_h| \leq 50^\circ$ の範囲で実験式を導き, これによって, 単純な, 補正を行わぬ場合の数分の一の誤差で求めることができる。

謝 辞

本研究遂行にあたり種々ご教示いただいた鳥取大学吉野章男教授に厚く謝意を表す。また, 実験については学生大石幸秀君(現日産自動車), 円柱ほか精密工作については名古屋大学小塚良昭技官の協力を得た。共に深く感謝申し上げる。

参考文献

- (1) Otsuka, S. & Hiki, T.: The character of three-hole cylindrical probe at inclined position, Rep. Transportation Tech. Res. Inst., No. 28 (1958-3), 1.
- (2) 大塚, 橋本, 二日市ほか1名: 高亜音速における円柱型風向風速計の特性(その1, 傾斜角 0° の場合), 航空宇宙学会誌, 19-210 (1971-7), 315.
- (3) 橋本, 大塚, 二日市: 高亜音速における円柱型風向風速計の特性(その2, 傾斜角のある場合), 航空宇宙学会誌, 21-233 (1973-6), 358.

- (4) 沼知：水流の速さ，方向及び静圧を測定し得る円筒形ピトー管(第1,2報)，機械学会誌，34-171, 175(昭6,7)，980, 1580.
- (5) 井伊谷：円筒型ピトー管に関する一寄与，名大工研究報告，Ⅲ-1(1950)，5.
- (6) 石原，平山：流速の簡単な測定法，生産研究，2-9(昭26)，372.
- (7) Thom, A.: An investigation of fluid flow in two dimensions, ARC R&M, 1194(1928-11), 1.
- (8) Shaw, R.: The influence of hole dimensions on static pressure measurements, Jour. Fluid Mech., 7-4(1960-4)，550.
- (9) 宮津：圧力測定に用いる壁孔の示圧に及ぼす影響，機械学会誌，39-233(昭11-9)，509.
- (10) 村上：流体機械計測上の問題点，ターボ機械，4-4(1976-5)，241.
- (11) 石川：ピトー管方式による空気流測定，内燃機関，15-175~177(1976)，25, 61, 22.
- (12) Roshka, A.: Experiments on the flow past a circular cylinder at very high Re Number, Jour. Fluid Mech., 10-3(1961-5)，345.
- (13) Fage, A. & Falkner, G. C.: Further experiments on the flow around a circular cylinder, ARC R&M, 1369(1931-2)，1.
- (14) 有江，木谷，鈴木ほか2名：円柱の流体力学的特性に及ぼす主流乱れの影響，機械学会論文集(B)，46-408(昭55-8)，1427.
- (15) 安達，加藤：せん断流中におかれた円柱近傍の流れ，航空宇宙学会誌，23-256(1975-5)，45.

会費改訂のお知らせ

会員の皆様のご協力により，現在本学会の運営も滞りなく行われており厚くお礼を申し上げます。さて，ご承知のようにわが国の経済状態を反映し，学会の財政状況にも諸物価の値上りなどの影響が出はじめております。これに対しましては，学会運営の諸経費につき極力節約に努めておりますが，来年度以降の収支状況を慎重に検討いたしました結果，昭和59年度より賛助会員・正会員・学生会員の会費を下記の通り値上げのやむなきに到りました。正式には59年度はじめの通常総会に議題としてご審議いただくこととなりますが，本件に関しましては既に文部省にもご相談申し上げており，前もってご案内する次第です。

尚，既に59年度分を前納なさっている方につきましては，差額をお納め下さいますようお願い申し上げます。

記

	現 行	改 訂(59年4月より)
賛助会員	1口/年 50,000円	1口/年 60,000円
正 会 員	年 3,000円	年 4,000円
学生会員	年 1,000円	年 2,000円

※ いずれも入会金につきましては従来通りです。

- (4) 沼知：水流の速さ，方向及び静圧を測定し得る円筒形ピトー管(第1,2報)，機械学会誌，34-171, 175(昭6,7)，980, 1580.
- (5) 井伊谷：円筒型ピトー管に関する一寄与，名大工研究報告，Ⅲ-1(1950)，5.
- (6) 石原，平山：流速の簡単な測定法，生産研究，2-9(昭26)，372.
- (7) Thom, A.: An investigation of fluid flow in two dimensions, ARC R & M, 1194(1928-11), 1.
- (8) Shaw, R.: The influence of hole dimensions on static pressure measurements, Jour. Fluid Mech., 7-4(1960-4)，550.
- (9) 宮津：圧力測定に用いる壁孔の示圧に及ぼす影響，機械学会誌，39-233(昭11-9)，509.
- (10) 村上：流体機械計測上の問題点，ターボ機械，4-4(1976-5)，241.
- (11) 石川：ピトー管方式による空気流測定，内燃機関，15-175~177(1976)，25, 61, 22.
- (12) Roshka, A.: Experiments on the flow past a circular cylinder at very high Re Number, Jour. Fluid Mech., 10-3(1961-5)，345.
- (13) Fage, A. & Falkner, G. C.: Further experiments on the flow around a circular cylinder, ARC R & M, 1369(1931-2)，1.
- (14) 有江，木谷，鈴木ほか2名：円柱の流体力学的特性に及ぼす主流乱れの影響，機械学会論文集(B)，46-408(昭55-8)，1427.
- (15) 安達，加藤：せん断流中におかれた円柱近傍の流れ，航空宇宙学会誌，23-256(1975-5)，45.

会費改訂のお知らせ

会員の皆様のご協力により，現在本学会の運営も滞りなく行われており厚くお礼を申し上げます。さて，ご承知のようにわが国の経済状態を反映し，学会の財政状況にも諸物価の値上りなどの影響が出はじめております。これに対しましては，学会運営の諸経費につき極力節約に努めておりますが，来年度以降の収支状況を慎重に検討いたしました結果，昭和59年度より賛助会員・正会員・学生会員の会費を下記の通り値上げのやむなきに到りました。正式には59年度はじめの通常総会に議題としてご審議いただくこととなりますが，本件に関しましては既に文部省にもご相談申し上げており，前もってご案内する次第です。

尚，既に59年度分を前納なさっている方につきましては，差額をお納め下さいますようお願い申し上げます。

記

	現 行	改 訂(59年4月より)
賛助会員	1口/年 50,000円	1口/年 60,000円
正 会 員	年 3,000円	年 4,000円
学生会員	年 1,000円	年 2,000円

※ いずれも入会金につきましては従来通りです。



東京大学生産技術研究所の概要およびガスタービンに関連する研究施設や研究項目については、日本ガスタービン会議会報第2巻第8号(1975.3)で既に述べられている。ここでは、その後の経過等を簡単に記し、現在行なっている主な研究内容を紹介することにする。

生産技術研究所の熱原動機学部門は水町長生教授がガスタービン関係を、ピストンエンジン関係を平尾収教授が担当されていた。両教授とも既に停年で御退官になり、現在は東京大学名誉教授となられている。現在の熱原動機学部門では吉識晴夫助教授の研究室で、遠藤助手、高間技官および大学院学生等によって、熱原動機の性能向上、燃料多様化への対応等を通じて、エネルギーの有効利用に寄与する目的で、次のような研究が行われている。

(1) ラジアルタービンの非定常流特性の研究

車両用高速ディーゼル機関の過給機駆動用原動機として用いられるラジアル排気タービンは、エンジンからの脈動排気により駆動されることが多い。この脈動流により駆動されるタービン特性は定常流での特性とは異なる。このため、ラジアル排気タービンの流量特性、トルク特性およびエンジンとのマッチング等を明らかにするために、実験的研究を行っている。実験は200KW電動機で駆動されるターボ圧縮機の吐出空気を空気源とし、ロータリバルブを用いてエンジンからの排気をシュミレートする脈動空気流を発生させ、それにより図1に示すラジアル排気タービンを駆動して行っている。また実験と併行して一次元非定常流れの仮定の下に、特性曲線を用いた数値解析を行っている。これらの結果を比較検討することにより、ターボ過給機関の性能予測に寄与しようとしている。

(2) 翼，翼列の非定常流特性の研究

車両用排気タービンのように翼列に脈動流が流

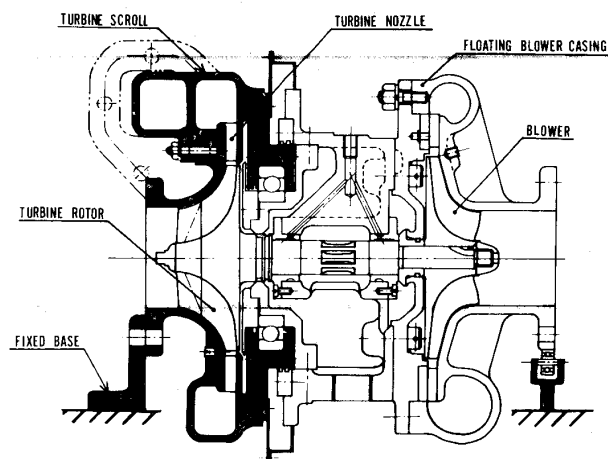


図1 実験用ラジアル排気タービン

入する場合、翼まわりの流れは迎え角の変動と流速の変動の両方が考えられる。迎え角の変動の方が翼性能に及ぼす影響が大きいと考えられるので、これに関しては従来から多くの研究が行われており、それらの研究の有効性もかなり明確になっている。一方、流速の変動に対しては十分な研究は行われておらず、翼性能に及ぼす影響は余り明確とはなっていない。現在は、東京大学生産技術研究所の千葉実験所内に設置した45KW電動機で駆動される変速風洞(図2)の吹出口(1m×0.3m)に取付けた単独翼まわりの圧力分布について、線

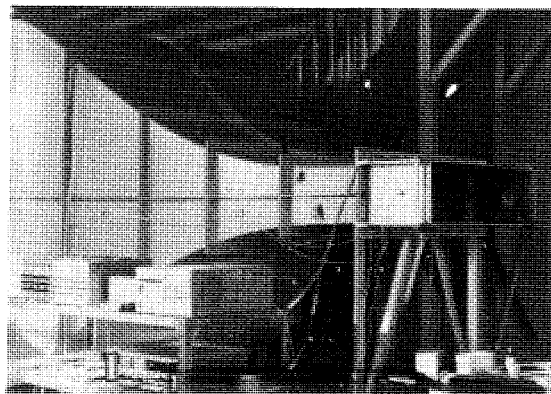


図2 変速風洞測定部(千葉実験所)

(昭和58年10月27日原稿受付)

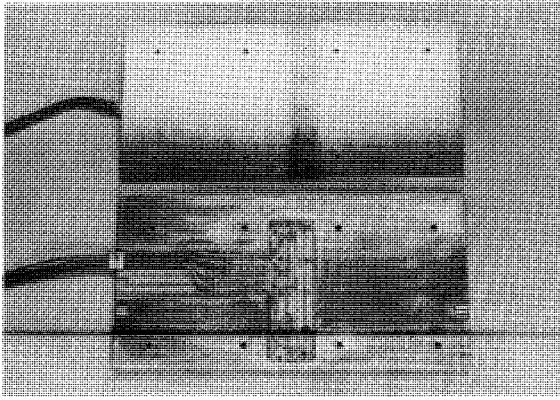


図3 圧力測定翼

型理論が成立する範囲で理論と実験の両面から研究を進めている。なお、微小変動圧力の測定は、翼弦に沿って二つ割りとした翼内面に貼付した拡散型半導体圧力変換器（図3，豊田中研製）により行っている。

(3) 円錐ディフューザの研究

タービン出口では一般に旋回速度成分を持つ流れとなり、タービン出口にディフューザを設ける必要も多い。このような旋回速度成分を持つ流れが円錐ディフューザに流入すると、遠心力の働きによりディフューザ壁面からの流れのはく離が抑制され、比較的拡がり角の大きな円錐ディフューザを利用することが可能となる。しかし、余り大きな旋回速度成分が存在すると、ディフューザ中心部に静止域あるいは逆流域が生じ、ディフューザの圧力回復性能の低下を招く。以上のことを定量的に明らかにするため、入口案内翼により発生させた旋回流れを、中心部に心棒を持つ円錐ディフューザに流入させ、その時のディフューザ内部の流動状況と圧力回復性能を実験的に求める研究を行っている。（図4）さらに、得られた実験データを基にして、拡がり角の大きい高性能円錐ディ

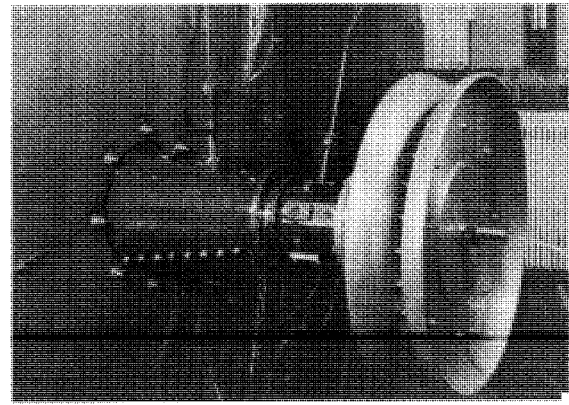


図4 旋回流円錐ディフューザ

フューザの使用条件を明確にするために研究を進めている。

(4) スターリング機関の研究

この研究はガスタービンとは直接関係はないが、燃料多様化への対応、エネルギーの有効利用の観点から研究を行っている。すなわち、スターリング機関は外燃機関であるため燃料多様化に対応出来、しかも理想的には高い熱効率を期待出来ることから、最近注目を浴びている。しかし、この機関の特性は余り明らかではなく、また機関設計に必要な基礎データも少ない。そこで、機関設計の指針を与えるための機関性能予測法の開発を進めており、機関各部の容積割合、膨張ピストンと圧縮ピストンのピストン位相差、高温部と低温部の温度比等が機関性能に与える影響を明らかにしつつある。また、この機関の加熱器や冷却器等の熱交換器部に特有な往復流動時の流動特性や伝熱特性を明らかにするため、二つのピストンを用い、円管内に往復流を発生させ、その時の管内流動状況及び管内熱伝達特性を実験的に求めている。さらに、これらの状態を理論的に解明するための研究も行っている。



第1回エンジン用セラミックス部品国際シンポジウム

小松製作所 小 峰 厚 友

エンジン用セラミックスのような先端材料分野の第1回国際シンポジウムが日本で開かれたことは特記すべきことと思われる。これは、市販されているセラミックスの中で日本製が最も材料特性がすぐれ、かつ米国での自動車用ガスタービン開発プログラムあるいは断熱ディーゼルエンジン開発プログラムに日本製セラミックス部品が重要な位置を占めていることが原因と考えられる。

シンポジウムは高効率ガスタービンあるいは断熱ディーゼルエンジンの実現に対するセラミックスへの期待の高まりと時期的にタイムリーであったことから、主催者（ファインセラミックス協会）の予想を大巾に上まわる500人弱の参加者があった。国別の参加者数を表1に示す。表1の各国別

表1 国別参加者数

国 名	参 加 者 数
日本	314 (企業 255) (大学 24) (公官庁 22) (学協会 13)
アメリカ	57
西ドイツ	36
フランス	21
イギリス	18
韓国	10
スウェーデン	9
オーストラリア	4
その他	16

の参加者数は主催国である日本を除くと各国のセラミックスの研究、応用の水準を如実に示していると思われる。

(昭和58年11月4日原稿受付)

シンポジウムでの講演内容は、後日 Proceeding として出版される予定があるので、詳細はそれを参照していただき、ここでは、筆者の印象を記したい。

シンポジウムは、表2に示す6つのテクニカル

表2 セッション別論文数

セッション名	論文数	製法に関する論文	材料特性に関する論文
Application to Engine	15(うち招待講演6)	—	—
Silicon Nitride	14(うち招待講演1)	4	10
Carbide - Nitrides	1	1	—
Carbides	9	3	6
Zirconia	6	2	4
Processing etc.	5	5	—
小 計	50	15	20
Poster	50		
計	100		

セッションと4つのポスターセッションに分けて発表があった。

「エンジンへの応用」セッションでは、招待講演として日本の高効率ガスタービンの開発計画と現状、西独の自動車用ガスタービンプログラム、米国のDOE主導の自動車用ガスタービン、DOE・カミンズによる断熱ターボコンパウンドディーゼルエンジンの現状およびNASAのセラミックス研究の紹介があった。これらは現在推進されている主なセラミックスを用いたエンジンの国家プロジェクトである。内容は、主に従来公表されたものであり、目新しい報告はなかった。一般講演では、ディーゼルエンジンへのジルコニア系セラ

ミックスおよび各種セラミックコーティングの応用例、シリコンナイトライドなどのガスタービンエンジンへの応用例の紹介があった。また、熱交換器の例を用い、エンジン用部品から他の機器への転用例が示された。エンジン用部品としてセラミックスが広く活用されるには、材料強度面での信頼性の保証、適切なセラミックス-金属接合法、セラミックス特有の設計法、特にディーゼルエンジンでは、摩擦・摺動特性などが技術的課題であると各講演者から共通して報告された。また、米国および西ドイツでは、自動車用セラミックエンジンの開発が国の重要プロジェクトとして各メーカーが協力して推進されているのに対し、日本では各メーカー毎に独自に研究していることが印象的であった。

「シリコンナイトライド」セッションは招待講演1つを含み計14件と材料別セッションの中で最も講演数が多かった。ガスタービンエンジン用部品に広く用いられており、かつ製法も多様であることを反映したものと思われる。高温でのクリープや機械強度、熱サイクルによる強度の変化あるいは衝撃負荷による破壊など材料強度に関する報告やガラス層の組成、アモルファスシリコンナイトライドの結晶化のような製法に関する報告など多様な内容であった。酸化物層によるセラミックス・金属接合に関する報告は特に注目された。

「カーバイド・ナイトライド」および「カーバイド」セッションでは、シリコンカーバイドが高温強度がすぐれていることから、この観点での報告が多かった。CVDシリコンカーバイドや繊維

強化シリコンカーバイドに関する報告は、セラミックスの高強度、高靱性化への一つの方策として注目された。

「ジルコニア」セッションは、部分安定化ジルコニアがセラミックスとして高靱性であること、鉄と熱膨張率が近いこと、熱伝導率が低いことからディーゼルエンジン用部品に積極的に利用されており、この観点からの報告が多かった。ジルコニアとムライトを複合化し、両者の長所を持つ材料開発の試みや酸素濃度センサーとしてのジルコニア系セラミックス等の特性に関する報告もなされた。

「プロセシング」セッションでは、ガスプラズマあるいはマイクロ波による焼結の高速化とそれに伴う問題点に関する報告、Sol-Gelプロセスによる多種のセラミックス製造に関する報告、金属・セラミックスの固相接合に関する報告などがあった。特にシリコンカーバイド・Nimonic 80の固相接合では、界面拡散層の生成により高はく離強度が得られたとして注目された。

ポスターセッションも多く注目すべき報告があったが、ここでは割愛する。

今回がエンジン用セラミック部品に関する第一回の国際シンポジウムであるため、すでに公表された成果を報告するのに多くの時間がさかれていた。1986年4月にGerman Ceramic Societyの主催で西ドイツのGarmish-Partenkirchenで開かれる第2回シンポジウム、1988年8月(あるいは9月)に米国で開かれる第3回シンポジウムがより充実した内容となることを期待したい。

協 賛 講 習 会

ターボ機械におけるコンピュータ応用

日 時 : 59年2月16日, 17日 9:30~16:40

場 所 : 家の光ビル

申込×切 : 59年2月8日(水)

詳細につきましては、ターボ機械協会(文京区本駒込6-3-26
Tel 03-944-6501にお問い合わせ下さい。

ミックスおよび各種セラミックコーティングの応用例、シリコンナイトライドなどのガスタービンエンジンへの応用例の紹介があった。また、熱交換器の例を用い、エンジン用部品から他の機器への転用例が示された。エンジン用部品としてセラミックスが広く活用されるには、材料強度面での信頼性の保証、適切なセラミックス-金属接合法、セラミックス特有の設計法、特にディーゼルエンジンでは、摩擦・摺動特性などが技術的課題であると各講演者から共通して報告された。また、米国および西ドイツでは、自動車用セラミックエンジンの開発が国の重要プロジェクトとして各メーカーが協力して推進されているのに対し、日本では各メーカー毎に独自に研究していることが印象的であった。

「シリコンナイトライド」セッションは招待講演1つを含み計14件と材料別セッションの中で最も講演数が多かった。ガスタービンエンジン用部品に広く用いられており、かつ製法も多様であることを反映したものと思われる。高温でのクリープや機械強度、熱サイクルによる強度の変化あるいは衝撃負荷による破壊など材料強度に関する報告やガラス層の組成、アモルファスシリコンナイトライドの結晶化のような製法に関する報告など多様な内容であった。酸化物層によるセラミックス・金属接合に関する報告は特に注目された。

「カーバイド・ナイトライド」および「カーバイド」セッションでは、シリコンカーバイドが高温強度がすぐれていることから、この観点での報告が多かった。CVDシリコンカーバイドや繊維

強化シリコンカーバイドに関する報告は、セラミックスの高強度、高靱性化への一つの方策として注目された。

「ジルコニア」セッションは、部分安定化ジルコニアがセラミックスとして高靱性であること、鉄と熱膨張率が近いこと、熱伝導率が低いことからディーゼルエンジン用部品に積極的に利用されており、この観点からの報告が多かった。ジルコニアとムライトを複合化し、両者の長所を持つ材料開発の試みや酸素濃度センサーとしてのジルコニア系セラミックス等の特性に関する報告もなされた。

「プロセシング」セッションでは、ガスプラズマあるいはマイクロ波による焼結の高速化とそれに伴う問題点に関する報告、Sol-Gelプロセスによる多種のセラミックス製造に関する報告、金属・セラミックスの固相接合に関する報告などがあった。特にシリコンカーバイド・Nimonic 80の固相接合では、界面拡散層の生成により高はく離強度が得られたとして注目された。

ポスターセッションも多く注目すべき報告があったが、ここでは割愛する。

今回がエンジン用セラミック部品に関する第一回の国際シンポジウムであるため、すでに公表された成果を報告するのに多くの時間がさかれていた。1986年4月にGerman Ceramic Societyの主催で西ドイツのGarmish-Partenkirchenで開かれる第2回シンポジウム、1988年8月(あるいは9月)に米国で開かれる第3回シンポジウムがより充実した内容となることを期待したい。

協 賛 講 習 会

ターボ機械におけるコンピュータ応用

日 時 : 59年2月16日, 17日 9:30~16:40

場 所 : 家の光ビル

申込×切 : 59年2月8日(水)

詳細につきましては、ターボ機械協会(文京区本駒込6-3-26
Tel 03-944-6501にお問い合わせ下さい。

GTSJ ガスタービンセミナー（第12回）のお知らせ

“ガスタービンの最近の動向と新技術”を総合テーマに第12回GTSJガスタービンセミナーを下記の通り開催致しますので奮ってご参加下さい。締切期限も迫りましたので再度ご案内いたします。

∞ 記 ∞

1. 日 時 : 昭和59年1月18日(水), 19日(木) 9:55~16:30 (受付開始 9:00)
2. 会 場 : 機械振興会館地下2階ホール
(港区芝公園3-5-8 Tel. 03-434-8211)
3. 主 催 : 日本ガスタービン学会
4. 協 賛 : 火力原子力発電技術協会, 自動車技術会, ターボ機械協会, 日本瓦斯協会,
日本機械学会, 日本航空宇宙学会, 日本航空技術協会, 日本内燃機関連合会,
日本船用機関学会, 燃料協会
5. セミナーの内容(詳細は10月末送付資料参照)

開会の挨拶 日本工業大学 松木 正勝氏

A. 最近の動向

- (1) 複合サイクル発電用ガスタービン (株)日立製作所 星野 和貞氏
- (2) 自動車用ガスタービン 日産自動車(株) 山崎 慎一氏
- (3) 航空用ガスタービン 石川島播磨重工業(株) 石川 達氏

B. 新 技 術

- (4) 数値計算空気力学とガスタービン 航空宇宙技術研究所 田村 敦宏氏
- (5) ラジアルタービン 三菱重工業(株) 松尾 栄人氏
- (6) 高温燃焼器 川崎重工業(株) 谷村 篤秀氏
- (7) 高温タービン 三井造船(株) 手島 清美氏
- (8) ジェットエンジンの電子制御 航空宇宙技術研究所 遠藤 征紀氏

6. 参加要領

(1) 聴講会費(資料含む)

○主催及び協賛団体正会員

2日間 20,000円, 1日のみ 13,000円

○学生員 期限内・当日共 5,000円

○会員外 期限内・当日共 2日間 36,000円, 1日のみ 24,000円

資料のみ 5,000円(残部ある場合)

※但し, 当日会場でもGTSJ入会受付けます。

- (2) 申し込み方法: 所属・氏名・加入会名を明記の上, 聴講会費を郵便振替・現金書留にて下記事務局までお送り下さい。

事務局 : 〒160 新宿区西新宿7-5-13 第3工新ビル402

(社)日本ガスタービン学会 Tel. 03-365-0095

郵便振替番号 東京 7-179578

(社)日本ガスタービン学会
第12回ガスタービン定期講演会講演募集

研究発表申込締切 昭和59年2月17日(金)

共催 日本ガスタービン学会(幹事学会) 日本機械学会

- **開催日** 昭和59年6月1日(金)
- **会場** 機械振興会館(東京・芝公園内)
- **論文内容**
 - (1) テーマはガスタービン(過給機を含む)及びその応用に関連する理論及び技術であつかったもの全て、ガスタービン本体のみならず補機・付属品、ガスタービンを含むシステム及びユーザー使用実績等も歓迎します。
 - (2) 最近の研究で未発表のもの。一部既発表のものを含む場合は未発表部分が主体となるものに限ります。
- **募集要旨**
 - (1) 講演者は、日本ガスタービン学会会員または日本機械学会会員とし、それぞれ所属学会に申し込んで下さい。
1名1題目を原則とします。
 - (2) 申し込み者は、はがき大の用紙に「第12回ガスタービン定期講演会講演申し込み」と題記し、下記の事項を記入し、日本ガスタービン学会(〒160東京都新宿区西新宿7-5-13 第三工新ビル402)または日本機械学会(〒151東京都渋谷区代々木2-4-6 三信北星ビル内)宛申し込んで下さい。
 - a) 講演題目 b) 発表者(連名の場合は講演者に○印を付して下さい)及び勤務先 c) 所属学会及び会員資格 d) 通信先 e) 100~200字程度の概要
 - (3) 講演申し込み書と講演論文集原稿に記載の講演題目、講演者及び連名者氏名は一致のこと。いずれも提出後の変更等は受け付けません。
 - (4) ガスタービン学会会員の研究発表は、他学協会に投稿する場合〔(5)参照〕を除き、ガスタービン学会誌に投稿できます。
 - (5) 機械学会へ申し込んだ場合、講演発表は普通講演あつかいとし、発表後機械学会論文集またはBulletin of the JSMEに投稿できます。
- **講演申し込み締切日** 昭和59年2月17日(金) 必着
- **講演論文原稿**
 - (1) 講演申し込み者には講演論文集用原稿用紙をお送りします。論文は1292字づつめ用紙4ページ以上6ページ以内とします。
 - (2) 原稿提出期限 昭和59年4月18日(水)
 - (3) 講演時間は一題目につき討論時間を含め約30分の予定です。
 - (4) 講演発表の採否は両学会に御一任願います。



後記

編集幹事 宮 地 敏 雄

1983年国際ガスタービン会議東京大会は盛会のうちにめでたく終了しました。組織、実行、展示の各委員会の方々、ならびに裏方の仕事をしてくださった皆様、ほんとうにご苦労さまでした。大会のあとで委員の方が寝込むようなことが無ければ良いと、事務局の三浦さんが心配したほどのいそがしさだったとのことで、あまりお手伝いできなかった私共としては、只々感謝と賞讃の意を表するばかりです。

今月号には東京大会の公式報告だけでなく、参加者の方々から寄せられた感想、意見などもいくつか掲載しました。東京大会に参加されなかった方々も、これらの記事をご覧になって大会の雰囲気を感じ取っていただければ幸いです。

なお、お寄せいただいたご意見のすべてを掲載することはできませんでしたが、掲載できなかったものも含めて、今後の国際会議等の参考にさせていただけると考えております。

今月号は東京大会特集号のようになりましたが、9月号から始まった今期学会誌の目玉

商品のひとつである各種燃料ガスタービンの解説シリーズの力作は、ぜひお見落しのないよう、お願いいたします。

さて、編集幹事も2年目の半ばとなり、多少は仕事に慣れ、上記のような自画？自賛をしておりますが、読者の方々には果してどのように評価されておりますやら、内心非常に気にしております。

学会誌に対するご意見、質問など何でもお気軽に学会事務局までお寄せください。

また、消息・短信欄は随時掲載することが出来ますから、個人的に入手されたニュース等短い原稿をお送りくださることも歓迎します。

Q & A コーナーは58年3月号に開設したものの、その後Qが無いため開店休業になっております。開設第1回のような大型質問・大型回答を毎月掲載することはむづかしいと思いますが、ガスタービンに関連のあることでしたら、学術的、技術的な問題に限らず、どのようなことでも質問をお寄せくだされば、誌上でなんとか回答するよう努力いたします。

事 務 局 だ よ り

ついこの間、秋風がたちはじめたと思っていた位なのにもう木枯しの季節となりました。街に響きわたるジングルベルの音が、行く年の残り少ない日々をひしひしと感じさせます。

準備期間に2年余を費やした今年最大のイベント「1983年国際ガスタービン会議東京大会」も盛会のうちに幕を閉じました。今年83年は、幹事学会である私共事務局の者にとっても国際会議一色といった感じで、国際会議に明け、国際会議に暮れるといった一年でした。すべての面において前回の77年の時より大変だったと思いますが、「国際会議を成功させよう」という一つの目標に向かってこれだけ皆さんが心を一つにしてまとまったことは今までになかったのではないのでしょうか。その甲斐あって、セッション関係では541名、機器展では延べ5,760名の方が参加して下さいました。

我がガスタービン学会もブースを設け、野立傘に絨毛氈を敷いた床几と少々和風ムードで凝ってみました。お茶とお菓子のサービスにはたくさんの方が集まって下さったので、事務局としては新入会員が増えることを期待していたのですが、いらした方はほとんどが会員の方で、少々アテがはずれました。

また学会誌等のバックナンバーよりも、大会のテーマカラーにマーク入りのトレーナーが日本人のみならず外国人にも大変な人気だったのはうれしい誤算(?)でした。ちなみにトレーナーをご希望の方は、今でも注文を承っておりますのでどんどん事務局へお申し込み下さい。

58年度もあと三ヶ月余。国際会議が終わってホッとしたのもつかの間、2月の川崎重工工業見学会、1月18、19日のセミナーとまだいろいろ行事が予定されております。最近、バ切り日が過ぎてからあわててお申し込みという方も少なくありませんので、是非ピンクのページをご熟読の上、期日をおまちがえなく、早目にお申し込み下さい。

[A]



後記

編集幹事 宮 地 敏 雄

1983年国際ガスタービン会議東京大会は盛会のうちにめでたく終了しました。組織、実行、展示の各委員会の方々、ならびに裏方の仕事をしてくださった皆様、ほんとうにご苦労さまでした。大会のあとで委員の方が寝込むようなことが無ければ良いと、事務局の三浦さんが心配したほどのいそがしさだったとのことで、あまりお手伝いできなかった私共としては、只々感謝と賞讃の意を表するばかりです。

今月号には東京大会の公式報告だけでなく、参加者の方々から寄せられた感想、意見などもいくつか掲載しました。東京大会に参加されなかった方々も、これらの記事をご覧になって大会の雰囲気を感じ取っていただければ幸いです。

なお、お寄せいただいたご意見のすべてを掲載することはできませんでしたが、掲載できなかったものも含めて、今後の国際会議等の参考にさせていただけると考えております。

今月号は東京大会特集号のようになりましたが、9月号から始まった今期学会誌の目玉

商品のひとつである各種燃料ガスタービンの解説シリーズの力作は、ぜひお見落しのないように、お願いいたします。

さて、編集幹事も2年目の半ばとなり、多少は仕事に慣れ、上記のような自画？自賛をしておりますが、読者の方々には果してどのように評価されておりますやら、内心非常に気にしております。

学会誌に対するご意見、質問など何でもお気軽に学会事務局までお寄せください。

また、消息・短信欄は随時掲載することが出来ますから、個人的に入手されたニュース等短い原稿をお送りくださることも歓迎します。

Q & A コーナーは58年3月号に開設したものの、その後Qが無いため開店休業になっております。開設第1回のような大型質問・大型回答を毎月掲載することはむづかしいと思いますが、ガスタービンに関連のあることでしたら、学術的、技術的な問題に限らず、どのようなことでも質問をお寄せくだされば、誌上でなんとか回答するよう努力いたします。

事 務 局 だ よ り

ついこの間、秋風がたちはじめたと思っていた位なのにもう木枯しの季節となりました。街に響きわたるジングルベルの音が、行く年の残り少ない日々をひしひしと感じさせます。

準備期間に2年余を費やした今年最大のイベント「1983年国際ガスタービン会議東京大会」も盛会のうちに幕を閉じました。今年83年は、幹事学会である私共事務局の者にとっても国際会議一色といった感じで、国際会議に明け、国際会議に暮れるといった一年でした。すべての面において前回の77年の時より大変だったと思いますが、「国際会議を成功させよう」という一つの目標に向かってこれだけ皆さんが心を一つにしてまとまったことは今までになかったのではないのでしょうか。その甲斐あって、セッション関係では541名、機器展では延べ5,760名の方が参加して下さいました。

我がガスタービン学会もブースを設け、野立傘に絨毛氈を敷いた床几と少々和風ムードで凝ってみました。お茶とお菓子のサービスにはたくさんの方が集まって下さったので、事務局としては新入会員が増えることを期待していたのですが、いらした方はほとんどが会員の方で、少々アテがはずれました。

また学会誌等のバックナンバーよりも、大会のテーマカラーにマーク入りのトレーナーが日本人のみならず外国人にも大変な人気だったのはうれしい誤算(?)でした。ちなみにトレーナーをご希望の方は、今でも注文を承っておりますのでどんどん事務局へお申し込み下さい。

58年度もあと三ヶ月余。国際会議が終わってホッとしたのもつかの間、2月の川崎重工工業見学会、1月18、19日のセミナーとまだいろいろ行事が予定されております。最近、バ切り日が過ぎてからあわててお申し込みという方も少なくありませんので、是非ピンクのページをご熟読の上、期日をおまちがえなく、早目にお申し込み下さい。

[A]

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筆を依頼するもので、自由投稿による原稿とは会員から自由に投稿された原稿である。
2. 原稿の内容は、ガスタービンに関連のある論説、解説、論文、速報（研究速報、技術速報）、寄書、随筆、ニュース、新製品の紹介および書評などとする。
3. 原稿は都合により修正を依頼する場合がある。
4. 原稿用紙は横書き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 東京都新宿区西新宿7-5-13、
第3工新ビル
(Tel. 03-365-0095)

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11巻 第43号

昭和58年12月10日

編 集 者 森 下 輝 夫

発 行 者 須之部 量 寛

(社) 日本ガスタービン学会

〒160 東京都新宿区西新宿7-5-13

第3工新ビル

TEL (03) 365-0095

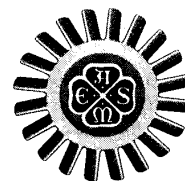
振替 東京7-179578

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

the gas turbine division newsletter



November, 1983

THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS

Technical Program For 1984 Gas Turbine Conference In Amsterdam

The technical program for the 29th ASME International Gas Turbine Conference and Exhibit to be held in Amsterdam, June 3-7, 1984, is deep in the planning process and it is expected to continue our tradition of record-breaking overseas meetings. At the time of this writing, 17 Technical Committees of ASME Gas Turbine Division are expected to participate. *It is anticipated the program will consist of approximately 340 papers and seven panels distributed over 84 or more technical sessions.*

An examination of the preliminary program (to be available soon) will reveal the technical strength of the 1984 Gas Turbine Conference. Papers will be presented on subjects ranging from fundamental fluid flow, through compressors and turbines, to operations with coal fired systems; and from small aircraft engine technology, to gas turbine ship propulsion. Many of the Technical Committees

have scheduled groups of two or more sequentially related sessions for in-depth studies of the various technical disciplines. For example, the Combustion and Fuels Technical Committee will feature two well-known speakers on separate days leading to both panel and paper sessions. The Turbomachinery Technical Committee will have multiple sessions on axial flow aerodynamics, radial flow fluid dynamics, and seven consecutive sessions on numerical and analytical solution techniques. As in the past, many of the sessions will be directed toward the needs of the gas turbine user.

An experiment in the use of poster sessions, begun last year in Phoenix, will be continued this year. Several papers will be chosen to be displayed in (or near) the exhibition hall, with each author available for one-on-one discussions with the audience. These papers will be identified in the final program.

The Conference will again live up to its international name. In addition to our meeting site in Amsterdam, the authors of the technical papers submitted to date come from twenty countries. Although most of the authors are from the U.S. and U.K., a significant number come from all over Europe, the Middle East,

Canada, Japan, and the People's Republic of China. The Gas Turbine Division looks forward to this meeting, and invites your active participation in Amsterdam next June.

A.A. Mikolajczak, Chairman, Discusses The Coming Year



As the new Chairman of the ASME Gas Turbine Division, I look forward to an exciting and rewarding year. The Division is in excellent shape technically and financially, and we

will continue to build on our past success.

The emphasis of the Division will be to continue the international focus of the worldwide gas turbine community through conferences, exhibits, and our International Gas Turbine Center in Atlanta.

The International Gas Turbine Conference and Exhibit held in the spring is the major conference of the Division. We also participate in the ASME Joint Power Generation

...continued on page 2

PROGRESS REPORT

1984 ASME International Gas Turbine Conference and Exhibit Amsterdam, June 3-7, 1984

- It is now anticipated there will be approximately 340 refereed technical papers published and available for distribution at the Conference. That quantity will be an all-time record for ASME Gas Turbine Division.
- 150 companies and other organizations have already signed up for the Exhibit.
- More exhibit space has already been reserved than ever before in the history of ASME Gas Turbine Division. In fact, the previous record which was set in 1983 in Phoenix has already been exceeded by nearly 25%.
- Keynote addresses will be presented by Peter R. Odell, Director, Center for International Energy Studies, Erasmus University, Rotterdam, The Netherlands, and by Arie A.T. van Rhijn, Deputy Director General for Industrial Affairs and International Market of the European Commission.
- The Court of Mayor and Aldermen of Amsterdam with the support of the Ministry of Economic Affairs will host a reception in Amsterdam's world famous Rijksmuseum.

Now is the time to begin planning to attend and participate in the 1984 ASME Gas Turbine Conference and Exhibit in Amsterdam. It is certainly an affordable Conference. Let us prove it... see the inside of this Newsletter for travel information and costs.

**29th ASME International Gas Turbine
Conference and Exhibit
Amsterdam, The Netherlands
June 3-7, 1984**

GAS TURBINE DIVISION
The American Society of Mechanical Engineers



International Gas Turbine Center
4250 Perimeter Park South, #108
Atlanta, Georgia 30341 USA
Telephone: (404) 451-1905

continued from page 1...

Conference held in the autumn. Every second year, the International Gas Turbine Conference and Exhibit is held outside of the United States; the 1984 Conference will be in Amsterdam. We will continue to expand our international activities. In October 1983, we participated in the Tokyo International Gas Turbine Congress and in September, 1985, we are considering staging a conference in the People's Republic of China.

Gas Turbine Division's conferences continue to break all records in terms of attendance, papers presented and exhibits. The International Gas Turbine Conference and Exhibit now attracts over 300 papers. The papers are of high quality and all pass through a peer review process. Our members, however, have indicated that they would like to see a further improvement in the quality of these papers. The Executive Committee has initiated additional action to achieve this long term goal.

Successful conferences provide an opportunity for the authors and participants to exchange views and ideas. To encourage discussion, we experimented with a poster session during the 1983 Phoenix Conference. A selected number of papers, presented earlier during the regular sessions, were selected for the poster session to give authors and attendees an opportunity to discuss their work in more depth. This innovation was a success. We plan to expand the use of poster sessions during the 1984 Gas Turbine Conference in Amsterdam.

The International Gas Turbine Conference and Exhibit brings together between 4,000 and 5,000 persons. It offers an excellent technical program and equally excellent gas turbine exhibit. The number of companies exhibiting at the Conference continues to increase and we now have 150 exhibitors from many parts of the world signed up for the 1984 Amsterdam Gas Turbine Conference and Exhibit. The excellence of the exhibit reflects hard work and dedication of the exhibitors, our International Gas Turbine Center staff in Atlanta and many valuable suggestions received from Gas Turbine Division's Exhibitors Advisory Committee. We will continue to stress "quality" for both the technical program and the exhibit.

ASME is a society in transition. We are very proud of our past and yet recognize that we need to change in the future to enhance the services we provide to the ever changing engineering community. The Executive Committee of the Gas Turbine Division is committed to support ASME management in their continuing search for excellence.

Call For Papers

1984 Joint Power Generation Conference, Toronto, Canada

The ASME Gas Turbine Division will participate in the 1984 JPGC, September 30-October 4, by offering technical sessions in the following areas:

- The Coal Utilization Committee is organizing a technical session on "coal-

fired gas turbines." Additionally, a panel session will be sponsored jointly with the Combustion and Fuels Committee.

- The Combustion and Fuels Committee is sponsoring sessions on alternative fuels for gas turbine combustor application, gas turbine combustor design and field experience, and spray atomization and diagnostics in gas turbine combustors. The first of these is a joint session with the ASME Fuels Division.

Papers are invited on the use of alternative fuels including coal-derived fuels, process gases, and heavy oils in gas turbines and on operating experience, emissions control, combustor heat transfer, aerodynamics, fuel sprays, and diagnostics.

An ASME green sheet (M&P 1903) with a 100 to 200 word abstract should be submitted by January 15, 1984 to: L. Berkley Davis, Jr., Bldg. 53-322, General Electric Gas Turbine Division, Schenectady, NY 12345

- The Turbomachinery Committee will sponsor technical sessions concerned with the aerodynamic development of turbomachinery components.

Emphasis will be placed on the aero/thermodynamics of turbomachinery flow path and blade path design and development. Papers are sought describing design concepts, procedures, and analytical and experimental techniques and their results as related to steam, gas, and air handling power plant turbomachinery. Particular emphasis is encouraged as regards low pressure steam turbines, moisture effects, scale model testing, and prototype evaluation. Also sought are papers describing design advances in stationary parts such as inlet and exhaust configurations.

Paper offerings, green sheets (M&P 1903), and accompanying abstracts should be directed to: W.G. Steltz, Power Dynamics, Inc., 600 Reed Road, Broomall, PA 19008 by January 15, 1984. The review version of the manuscript will be due March 1, 1984.

- The Electric Utilities Committee of Gas Turbine Division is interested in receiving papers on the following subjects: operation and maintenance, combined cycle plans and operational experience, coal gasification, cogeneration and forecast and legislative considerations.

Please submit green sheets (M&P 1903) by January 15, 1984 to: Stewart J. Lehman, United Technologies Research Center, Silver Lane, East Hartford, Conn. 06108, (203) 727-7035.

Technical papers concerning the above topics are invited, and papers involving other aspects of gas turbine technology, such as small gas turbines for auxiliary power or ship-board power, are also encouraged. For further information, please contact the persons

listed above or the program chairman: Simion C. Kuo, CEMCOM Research Associates, Inc., 9901K George Palmer Highway, Lanham, Maryland 20706, (301) 731-4210.

Introducing Walter F. O'Brien — Incoming Member Of GTD Executive Committee

Dr. Walter F. O'Brien, Professor of Mechanical Engineering at Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, has been elected incoming member of ASME Gas Turbine Division's Executive Committee.



Dr. O'Brien has been with VPI&SU since 1970, where he and his students have been involved with gas turbine related research and education. Much of his work has been concerned with high-response measurement techniques for unsteady flow phenomena, with emphasis on compressor applications. His recent interests include the dynamic measurement of blade tip clearance and vibratory motions, as well as the modeling of unsteady compressor flows. During his association with the University, he has supervised the graduate programs of more than 40 M.S. and Ph.D. students, many of whom are now working in the gas turbine industry and in education. He has published numerous papers and reports, and teaches courses in gas turbines, turbomachinery, and propulsion at the undergraduate and graduate levels.

Prior to joining VPI&SU, Dr. O'Brien was Manager, New Products, for the Poly-Scientific Division of Litton Industries. From 1961 to 1964, he was with Aerospace Research Corporation in Roanoke, VA, where he conducted propulsion-related research, development and environmental testing programs. He received the B.S. and Ph.D. degrees from VPI&SU, and the M.S. degree from Purdue University, all in mechanical engineering. He has continued his industrial associations through consulting work with several companies and various government agencies.

Dr. O'Brien has been active in ASME Gas Turbine Division activities. He was Chairman of the Controls Committee (1972-74), the Education Committee (1978-80), and in 1982, he was Program Chairman for the International Gas Turbine Conference in London. He has served as an instructor in the Division's continuing education programs, is a member of the Information Center and Turbomachinery Committees, and has organized several technical sessions at Gas Turbine Division Conferences. In 1982, he was a member of the ASME Symposium on Gas Turbine Technology in the People's Republic of China, where he gave lectures on unsteady measurements in compressors. He is a member of ASME and AIAA.

Special Courses At von Karman Institute

The following special courses pertinent to gas turbine technology have recently been announced by the von Karman Institute, Belgium:

1. Unsteady Flows in Turbomachines (February 20-24, 1984)

"Unsteady flow due to blade-to-blade varying flow field is essential for energy exchange in a turbomachine. Other kinds of unsteady flow, such as surge and rotating stall, are undesirable and endanger the mechanical integrity of the turbomachine. The aim of this lecture series is to concentrate on the fluid dynamics aspects of the unsteady flow with particular emphasis on the rotating stall phenomenon. Both theoretical and experimental aspects will be covered.

2. Secondary Flows and Endwall Boundary Layers in Axial Turbomachines (May 7-11, 1984)

Important research programs, both experimental and theoretical in nature, have been conceived in recent years to obtain an improved understanding of the physics and mathematical description of secondary flows and endwall boundary layers. These programs are of utmost interest for the industrial designer who attempts to reduce the impact of secondary flows on the overall performance of turbomachines. The lecture series aims to provide a comprehensive review of the state-of-the-art of the subject matter.

3. Flow in Centrifugal Compressors (May 28-30, 1984)

The aim is to give a description of the real flow in centrifugal compressors and diffusers as revealed by optical measurements and three-dimensional viscous flow calculations. This description will be completed by a discussion of a one-dimensional design and off-design calculation method and some more specific problems such as instabilities and Reynolds number effects.

For further information, write to: The Director, von Karman Institute for Fluid Dynamics, 72 Chaussee de Waterloo, 1640 Rhode-Saint-Genese, Belgium.

W.G. Steltz, Program Chairman, Reports On 1983 JPGC

Gas Turbine Division's participation in the 1983 Joint Power Generation Conference resulted in eight sessions: four panel and four paper sessions. The relevance of the panel sessions dealing with the combustion processes and the utilization of coal in gas turbine engines was evident by the well attended sessions. Discussion was pertinent, and lively interaction between the panelists and audience

was much in evidence. From the paper sessions, which contributed sixteen technical papers, three papers have been approved for publication in the Transactions. Most paper sessions were reasonably well attended and, again, discussion between authors and audience was appropriate and pertinent. One chairman described his session as "modestly attended with enthusiastic participation."

This Conference, being smaller in scope than the annual International Gas Turbine Conference and Exhibit, generally provides a more focused atmosphere where greater participation by interested parties is possible.

Vehicular Committee Expands Scope

The Vehicular Committee has announced that the Gas Turbine Division's Executive Committee has approved an expansion in its mission statement to incorporate auxiliary power units. This important segment of the gas turbine industry has not been previously represented by a Technical Committee. Representatives of the APU field are encouraged to become members of the Vehicular Committee and to help in the selection of a new name for the Committee. Interested persons should contact Chairman Richard A. Johnson, Allison Gas Turbines, GMC Plant #8-T15, P.O. Box 894, Indianapolis, Indiana 46206, (317) 242-5349.

New Gas Turbine Book

GAS TURBINE COMBUSTION by Arthur H. Lefebvre, Purdue University, is a self-instructional guide and reference about gas turbine engineering. Focus is on the fundamentals of gas turbine combustion, emphasizing design and performance.

Intended primarily as a text for advanced undergraduate and graduate courses on turbine technology and aircraft propulsion, the volume is easily adaptable for specialized and continuing education courses. The material is presented for usage by practicing engineers in aerodynamics, combustion, propulsion and gas turbines. Much of the material is published here for the first time.

Assuming only a modest prior knowledge of physics and chemistry, the text provides all of the information needed for the design and performance analysis of gas turbine combustion. The main performance requirements and basic design features, types and arrangements of combustors are discussed. The design and performance of conical, two-dimensional and annular diffusers, the relationship between combustor size and pressure loss, pattern factor and hole discharge coefficients are covered.

GAS TURBINE COMBUSTION by Arthur H. Lefebvre is published by Hemisphere Publishing Corporation, 1983.



Instructors and Students — ASME Turbomachinery Institute's 1983 Fluid Dynamics of Turbomachinery Program sponsored by ASME Gas Turbine Division's International Gas Turbine Center — July 18-27, 1983, Ames Iowa. Front row (l to r) - D.C. Hwang, R.A. Novak, N.L. Sanger, H. Starken, L.H. Smith, Jr., W.F. Waterman, S. Meng, H. Kodama, and D.E. Hobbs. 2nd row - T.H. Okiishi, M.S. Mihelc, P. Hermann, S.L. Puterbaugh, H.E. Rohlik, A.J. Wennerstrom, R.P. Dring, and H.D. Haynes. 3rd row - B. Cherney, J.L. Hansen, G.K. Serovy, W.W. Copenhaver, B.D. Reynolds, D.D. Dalessandro, R.J. Klapproth, C.L. Ball, and D.M. Beekman. 4th row - W.T. Bechtel, T.E. Scott, L.O. Smith, J.A. Parsons, R.R. Jones, R.K. Scott, R.F. Bergholz, E.T. Curran, and P. Bradbury.

Services Available From THE INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER

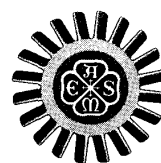
- WHO'S WHO in the Committees of Gas Turbine Division is a directory of all administrative and technical committee members. It is published by the INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER and contains an alphabetical listing with the committee member's name and address. The 1983-84 edition is now available for orders without charge.
 - The INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER publishes 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 INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER for \$5.00 each prepaid.
 - The ASME Gas Turbine Division's annual International Gas Turbine Technology Report is published by the INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER. The Report is sent to ASME Gas Turbine Division's Technical Committee members, exhibitors and contributors to the Report. Others may request a free copy from the INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER. Complimentary copies of the 1982 and 1983 editions of the Technology Report are still available.
 - The INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER'S correspondence course on Basic Gas Turbine Engine Technology is currently being developed. The course should be available to the public in 1984.
 - The INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER sponsors the ASME Turbomachinery Institute's Fluid Dynamics of Turbomachinery program. The latest program was held in Ames, Iowa in July, 1983 and the next course is planned for 1985.
 - The INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER publishes and distributes without charge over 14,000 copies of the quarterly ASME Gas Turbine Division Newsletter. Persons interested in receiving a complimentary subscription should contact the INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER.
 - The INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER is the source for information on exhibiting and participating in the International Gas Turbine Conference and Exhibit to be held in Amsterdam, June 3-7, 1984, and in Houston, March 17-21, 1985.
- 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.



GAS TURBINE DIVISION The American Society of Mechanical Engineers



International Gas Turbine Center
4250 Perimeter Park South, #108
Atlanta, Georgia 30341 USA
Telephone: (404) 451-1905



ASME Journal of Engineering for Power

Approximately 85% of all papers published in the ASME Journal of Engineering for Power are from ASME Gas Turbine Division. Therefore, persons active in Gas Turbine Division may be interested in the following information on subscriptions to the Journal:

ASME members—\$36/year (four volumes)

Non-members—\$90/year

Single copies—\$24 for ASME members and non-members

To order, contact: ASME Order Department, United Engineering Center, 345 E. 47th St., New York, N.Y. 10017 — (212) 705-7703.

FUTURE ASME GAS TURBINE DIVISION CONFERENCES and EXHIBITS

1984 JUNE 3-7
International Exhibition and
Congress Centre RAI
Amsterdam, The Netherlands

1985 MARCH 17-21
Albert Thomas Convention
Center
Houston, Texas

GAS TURBINE DIVISION The American Society of Mechanical Engineers EXECUTIVE COMMITTEE 1983-1984

CHAIRMAN
A. A. MIKOLAJCZAK
Rohr Industries, Inc.
P.O. Box 878
Chula Vista, CA 92012
619-691-2478

VICE-CHAIRMAN
GEORGE K. SEROVY
Mechanical Engineering Bldg.
Iowa State University
Ames, IA 50011
515-294-2023/1423

CHAIRMAN OF
CONFERENCES
H. CLARE LATOCK
Pratt & Whitney Canada
P.O. Box 10
Longueuil, Quebec J4 K 4X9
Canada
514-647-7574

REVIEW CHAIRMAN
GEORGE OPDYKE, JR.
AVCO Lycoming Div.
550 South Main St.
Stratford, CT 06497
203-385-3212
Telex: 964242

FINANCE COMMITTEE &
PAST CHAIRMAN
NORMAN R. DIBELIUS
General Electric Co.
1 River Road, Bldg. 53-322
Schenectady, N.Y. 12345
518-385-9674

OPERATIONS

DIRECTOR, OPERATIONS
DONALD D. HILL
International Gas Turbine Center
4250 Perimeter Park South, #108
Atlanta, GA 30341
404-451-1905

MANAGER, EXHIBIT AND
INFORMATION SERVICES
DAVID H. LINDSAY
International Gas Turbine Center
4250 Perimeter Park South, #108
Atlanta, GA 30341
404-451-1905

TREASURER
R. TOM SAWYER
P.O. Box 188
Ho-Ho-Kus, N.J. 07423
201-444-3719

ASSISTANT TREASURER
THOMAS E. STOTT
Stal-Laval, Inc.
525 Executive Blvd.
Elmsford, N.Y. 10523
914-592-4710

NEWSLETTER EDITOR
ROBERT A. HARMON
25 Schalen Drive
Latham, N.Y. 12110
518-785-8651

ADMINISTRATIVE ASSISTANT
SUE COLLINS
404-451-1905

STAFF ASSISTANT
CLAIRE HOWARD
404-451-1905

the gas turbine division newsletter

Volume 24, Number 4, November, 1983

Published by the INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER, Gas Turbine Division, A.S.M.E., 4250 Perimeter Park South, #108, Atlanta, Georgia 30341, USA, (404/451-1905). Donald D. Hill, Director of Operations; David H. Lindsay, Manager, Exhibit and Information Services; Sue Collins, Administrative Assistant; Claire Howard, Staff Assistant.

Chairman: A. A. Mikolajczak
Rohr Industries, Inc.
Chula Vista, California

Vice Chairman: George K. Serovy
Iowa State University
Ames, IA

Editor: Robert A. Harmon
Consulting Engineer
Latham, New York

Publisher Emeritus: R. Tom Sawyer
Ho-Ho-Kus, New Jersey

Publisher: Donald D. Hill
International Gas Turbine
Center
Atlanta, Georgia

INTERNATIONAL GAS TURBINE CENTER
Gas Turbine Division
The American Society of Mechanical Engineers
4250 Perimeter Park South, #108
Atlanta, Georgia 30341 USA

ADDRESS CORRECTION REQUESTED

NON-PROFIT ORGANIZATION
U.S. POSTAGE
PAID
ATLANTA, GEORGIA
PERMIT NO. 2685

ASME GAS TURBINE DIVISION

のご好意により複写の許可を得ました。