

顧問 日本ガスタービン学会名誉会員 種子島 時 休 君

昭和 62 年 8 月 7 日逝去されました。8 月 10 日東京都中野区のご自宅において葬儀が執り行なわれ、当学会より松木副会長が参列しご霊前に弔辞を捧げました。

同君は昭和 13 年からジェットエンジンの研究を始められ、橘花をはじめ我国ジェットエンジン開発の草分けとしてガスタービン技術発展のため貢献されました。本学会においても評議員として多大の尽力をされ昭和 54 年 4 月第 4 期通常総会において本学会として初の名誉会員になりました。

ここにつつしんでご冥福をお祈りいたします。



故 種子島 時 休 君 略歴

明治 35 年 7 月 20 日生

大正 11 年 6 月 海軍機関学校卒業

昭和 8 年 3 月 東京帝国大学航空学科卒業

昭和 10 年～ 12 年 フランス出張

昭和 13 年 6 月 海軍航空技術廠においてジェットエンジンの研究

昭和 22 年～ 30 年 日産自動車株式会社

昭和 34 年 防衛大学校教授

昭和 45 年 東海大学動力機械工学科教授

本会に関する記事

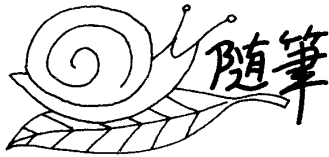
昭和 47 年 入 会

昭和 47 年度 日本ガスタービン会議評議員

昭和 54 年 日本ガスタービン学会名誉会員

ご 遺 族

種子島 千 代 殿（東京都中野区沼袋 4 - 23 - 3）



## ガスタービン機関車の思い出

中 田 金 市

昭和六十二年四月のガスタービン学会の総会で私は名誉会員に推薦されて嬉しかったが、ガスタービン機関車を作ろうと言いだし、ガスタービンの研究に着手した近藤俊雄君こそこの榮譽を受けるのに相応しい人と思うのである。そこで拙文を草してその理由を述べたいと思う。

航空機は軍という立場からだけでなく民間用としていろいろの用途に用いられねばならないという認識の下に、新に逓信省所管の中央航空研究所が作られたのは昭和十四年のことであった。そして元海軍航空技術廠長だった花島孝一氏が所長に就任された。海軍から所長が選ばれるという事についてはいろいろ議論があった事と思うが、花島さんの航空機についての深い知識と卓抜な識見が認められたのだと私は思う。三鷹に30万坪の莫大な敷地を求め、その敷地一杯に風洞、水槽、エンジンの運転設備、低温実験室などあらゆる研究施設がととのえられた計画図を見せられた事がある。この為航空に志す若者達が集まって来たのは当然の事だった。しかし建設資材は次第に窮屈になり、未完成のまま終戦を迎えねばならなかった。この為、研究、飛行、航空機の製造など、航空関係事業は一切禁止され、中央航空研究所は昭和二十年十二月一日限り廃庁となり、鉄道技術研究所に移管されたのである。海軍省も勿論残務整理部門を除いて廃庁となり、私も九月には解雇されてささやかながら食糧増産の仕事に精を出していた。そんなある日、突然鉄道技術研究所長の使の方が来られ、鉄道技術研究所に招かれたのである。私は折角、百姓になりかかっているのだからとお断りした。

又来られたが之も断った。ところが三度目には、中央航空研究所の人達を引受けたが、指導する人が足りないのです、お願いするわけだが、こちらかに聞きに行かせるから、指導してやってほし

いと言われるのである。諸葛孔明三顧の礼にならうはどうぬぼれては居ないが、之には本当に参ってしまい、お引受けした次第であった。

こんな事で昭和二十一年五月に鉄道技術研究所の嘱託となり、九月には鉄道技術研究所第二理学部長ということになってしまった。中央航空研究所から鉄道技術研究所に移って来た人は百名を越していたようであるが、機械関係の人は第一理学部に、物理・化学関係の人は第二理学部に、材料関係の人は第三理学部に編入されていた。そして驚ろいた事に、第一理学部長は近藤俊雄、第三理学部長は川村宏矣といずれも海軍航空技術廠發動機部々員として花島さんの御指導を受けた人々であった。之なら仲よくやって行けそうだったと思ったが、今迄の鉄道技研の八名の部長さん方も仲々気さくな人達で、部長会議なども正式の会議の後、八時、九時までも楽しい雑談に過す事が多く我々は直ぐその雰囲気になれ込み、後の話になるが、少々高い買い物をして許して貰えた。

私が第二理学部長をお引受けする時中原寿一郎所長は「日本は今航空関係の研究は禁止されているが、将来必ず再開される時が来る。理学部の人達はその時に供えて技術の保持に努めてほしい。決してダダクサに使ってはならない」といわれた。お言葉はこの通りではなかったかも知れないが、主旨はこの通りであり、強い感銘を受けた。所長には國士の風格があがった。

第二理学部の人達の専門は数学、物理学、化学、農学といろいろで、之等の人達がやがて航空技術に貢献するであろうとの花島さんのお考えを尊重し、今迄の研究を継続して貰う事にした。立派な研究者になればきっと自分の仕事をどうすれば運輸技術に役立たせることが出来るか工夫するだろうと信じたからである。

それから何ヶ月位たったか、或る日近藤君が、「第一理学部ではガスタービン機関車を作部を部の研究テーマとして取り上げる事にした。そ

(昭和 62 年 7 月 21 日原稿受付)

して、主要エンジンメーカーに当たって見たがどこも引受けてくれなかった。ただ石川島芝浦タービンの土光社長が、「よろしいやりましょう」と引受けてくれた。第二理学部も協力してくれないか」というのである。そして「スイスでは一台稼働中で、二台目を建造中だ。アメリカも一台建造中だ」と付け加えた。ようやく石油資源もあと三十年位で涸渇するだろうという説が有力視され初めており、燃料は何でも使えるという事、熱風を直接タービンブレードに当てるので効率がいい筈だという事など甚だ魅力に富んだエンジンらしいので、協力することにした。

三鷹の中央航空研究所の発動機部には動力計などガスタービンの実験に使用出来る設備がいろいろ備っていたが、三鷹は賠償施設ということで、使用禁止であったのみならず、毎日手入れするのが、中央航研の残留者の任務とされており、時々GHQから検査官がやって来て手入れの具合を見て行った。そんな訳で三鷹で実験することはできなかったが石川島芝浦タービン会社の工場の一隅を貸して貰う話もついた。実験用のタービンを作って貰うのは金と時間がかかり過ぎるので、タービン会社でゼット機用のタービンを試作したのが終戦時工場の一隅に埋めたのがあるとの事で掘り出して実験機として使用しようという事になり、埋めたあたりを掘ったところ、コンプレッサーの羽根が数本曲がった程度の痛みだったので之を修理して使うことにした。

後で土光社長が述懐された事があった。「終戦直後は社員に給料を払う事も出来ず、工場をキャバレーにしてお金を稼ごうなどという案も出た程だったが、こうしてガスタービンの仕事が出来るようになって本当によかった」と。

この古いガスタービンを買取る交渉は私が中原所長に当たった。何故に近藤君が当たらなかったのかよく分からない。近藤君は東大の機械科出身だったが、卒業するとすぐ海軍の造兵官になったので、GHQに遠慮して身を引いて貰ったようだ。だから、ガスタービン購入の交渉は彼が辞職後だったようだ。私は新参者が何百万円もの買物を

するので恐る恐る中原所長に申出たところ、「ガスタービン関係の経費にはいつでも盲印を押すから持って来い」という事で感激したものだった。

「研究所に予算があるのでしょうか」と失禮な質問をしたところ、「本省から貰って来るから心配するな」と言われ、大臣が所長をこんなに信頼しておられる事を美しいと思ったことである。後で石川島の担当者に聞いた話だが、「鉄研は手形でなく現金で支払って下さるので大変助かった。この時も給料の支払いに間に合ったので、社長が「中田さんの方に足を向けて寝てはならんぞ」と言われたとか、少々こそばゆい話であるが、こんな冗談も出る程当時ほどの会社も苦勞したらしい。

近藤君が辞職されると私は第一理学部長も兼務することになり、忙しい日々が続いた。高耐熱鋼の研究が必要という事で、高耐熱鋼委員会を作り、三島徳七先生に委員長をお願いしたり、文献を集める為に文献委員会を作り、必要文献を集めてコピーを作り委員に配布して勉強会を開いた。

この方は石川島タービンの渡辺秀行君がお世話して下さいました。鉄研は実験用タービンを持っているので性能委員会を受持った。

実験の結果このガスタービンは機関車に直ぐ搭載するには性能が不充分であり、騒音がひどすぎた。従って第二号のガスタービンの計画が立てられたが、之は船用とする事にきまり、本稿の題目とは離れるので本稿はここで擱筆する。考えて見ると私は近藤君の敷いたレールの上を走っただけである。本当のガスタービン貢献者は近藤君だ。私がガスタービン学会の名譽会員になったりしては申訳ない気がしてならない。

終りに臨み、本当に沢山の御協力をいただいてガスタービンの研究を進めることができ有り難う御座いました。

現在ガスタービンは発電用に又艦艇用に立派に実用化されていまして、こんなに嬉しい事はありません。又、御一諸に勉強して下さいました方々は夫々の方面の重要な地位にお就きになって御活躍していらっしゃるのを見て本当に心強く思っています。御健闘をお祈り致します。

財電力中央研究所 大 野 裕 司  
財電力中央研究所 安 尾 明  
財電力中央研究所 深 田 智 久

## 1. まえがき

石炭をガス化してその発生ガスによりガスタービンおよび蒸気タービンを駆動する石炭ガス化複合発電方式は、環境保全性に優れていること、高効率・省エネルギー化の二つの利点を有する発電方式として注目されている。この方式による高効率化を実現するためには、ガスタービン入口ガス温度の高温化が必須の条件となり、ガスタービンを構成する機器要素、特に静・動翼の耐熱技術の開発が重要となる。

一方、石炭ガス化ガスを燃料とした場合、ガス中に含有されている腐食性不純物および石炭灰による高温腐食、灰融着・侵食等、クリーン燃料に比べダメージ性をも考慮した耐熱技術が必要とされている<sup>(1),(2)</sup>。

静・動翼の耐熱技術には、高性能空冷技術、耐熱金属材料の開発、セラミック熱遮蔽技術、水冷却技術等があげられる。

冷却性能の良い水を冷却媒体とした翼冷却方式は、比較的翼を低温に保つことが可能であるため、高温腐食、灰融着をさけられる利点を持つことから、石炭ガス化複合発電用ガスタービン翼の耐熱技術として適している面が多い。

水冷却方式は米国 GE 社で実機大試験が行われたが<sup>(3)</sup>、動翼の冷却は翼先端を開放し、冷却水を翼外に高温水または蒸気で噴射する開放散布方式であるため、冷却水による腐食、侵食の問題を解決する必要があるが生じた。そこで当所では、効率の面からも適性が高いと考えられる冷却水密封方式を提案し検討を進めてきた。

以下にこれまで当所が行ってきた、導管内蔵型サーモサイフォンを利用した動翼水冷却方式<sup>(4)</sup>につ

いて基礎的検討結果を述べる。

記号

$a, b$  : 液体内蔵回転体水室内壁面、自由表面の半径

$\ell$  : サイフォン管深さ

$r, r_0$  : サイフォン管、導管の半径

$f$  : 軸角加速度

$\Omega, \omega$  : 軸回転数、軸ふれまわり速度

$v, v_g$  : 冷却水、作動ガスの流速

$T_\infty, T_W$  : 冷却水、サイフォン管壁の温度

$\Delta T$  :  $\Delta T = T_W - T_\infty$

$h, h_g$  : 冷却水、作動ガスの熱伝達率

$G_r$  : グラスホッフ数  $G_r = f \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot r^3 / \nu^2$

$L_i$  : 修正レイレイ数  $L_i = G_r \cdot P_r \cdot r / \ell$

$N_u$  : ヌッセルト数  $N_u = h \cdot r / \lambda$

$P_r, P_{r,g}$  : 冷却水、作動ガスのプラントル数

$\lambda, \lambda_g$  : 冷却水、作動ガスの熱伝達率

$\nu, \nu_g$  : 冷却水、作動ガスの動粘性係数

$\beta, \rho$  : 冷却水の体膨張係数、密度

$\mu$  : 管路摩擦抵抗係数

## 2. 導管内蔵型サーモサイフォン利用動翼水冷却方式

自然対流熱伝達は、流体の温度差に基づく密度差に重力加速度等体積力が作用し浮力を生じ熱伝達が行われる。従って元来自然対流による熱伝達効果は重力場では小さく、そのため熱交換技術としては限られた分野で採用されているに過ぎない。しかしガスタービン動翼のように高速で回転している場では、重力に比べ  $10^4$  倍にもおよぶ遠心力が体積力として作用するため、大きな冷却効果が期待できる。

図 1 に E. H. Schmidt により開発された、サーモサイフォンを応用した動翼および 4 段型試作機の概略を示す<sup>(5)</sup>。翼根部でリング状の貯水槽に開

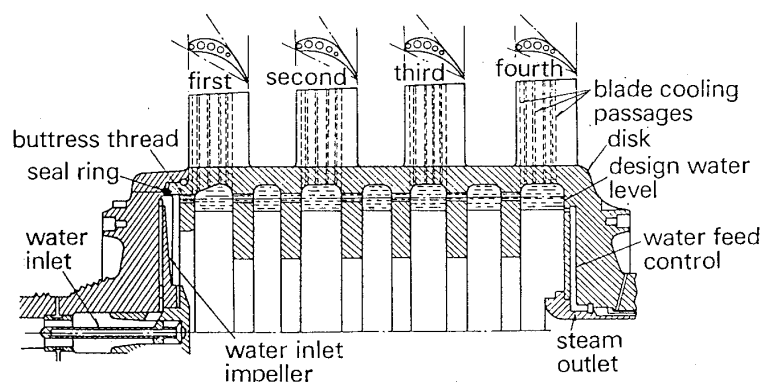


図1 Schmidt 水冷却動翼および試作機

放された2～4mmの5つの冷却孔を有する構造である。

Schmidt 翼では、冷却孔の形状によっては低温流入水と高温流出水とが互に干渉しあい、サーモサイフォン作用を阻害し冷却効率を低下させること、更には、高温流出水が沸騰し気泡を生じた場合、気泡が低温流入水の進入を阻害し流動不安定を起こし振動の原因となること等が推測された。

そこで当所では図2に示すように、流動干渉を排除する導管をサイフォン管内に設置し、流動阻害の欠点を改善した動翼冷却方式を提案し<sup>(4)</sup>、その適性について検討を進めた。

### 3. 導管内蔵型サーモサイフォン管の冷却特性

導管を内蔵したサーモサイフォン管の回転場における伝熱の諸特性に関する報告は見当たらない。

そこで実機寸法に近いアスペクト比（深さ/口径）の大きい冷却孔の冷却特性について実験的に求めた。

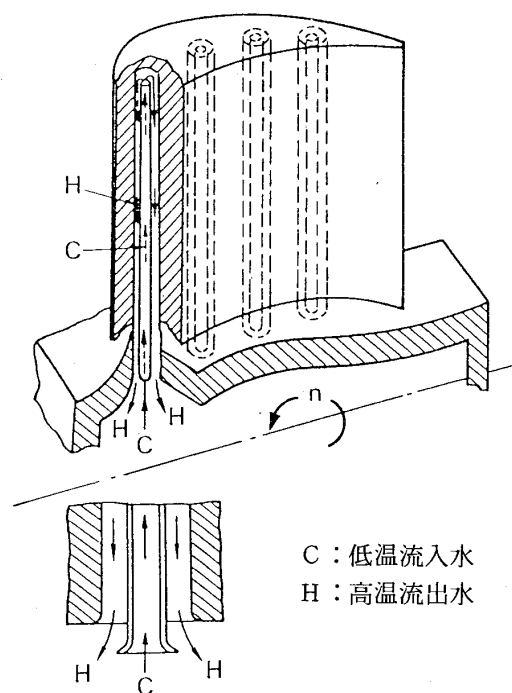


図2 導管内蔵サーモサイフォン水冷却動翼

3-1. 実験装置 図3に実験装置の全体概略図を示す。装置は、回転本体および冷却孔模擬テストセクション、冷却水供給・排水系統、熱負荷用ヒータ電源、温度測定系統、回転駆動および振動監視装置より構成される。冷却水は、導電率 $0.5\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下、シリカ30ppb以下の超純水を脱気し、ポンプにより回転体軸中心に設けた冷却水用配管を通して後述の冷却孔模擬テストセクション貯水槽へ給水する。冷却孔模擬サーモサイフォン管において熱交換し、高温水（又は蒸気）となった冷却水は、給水とは反対側のラインより排水される。

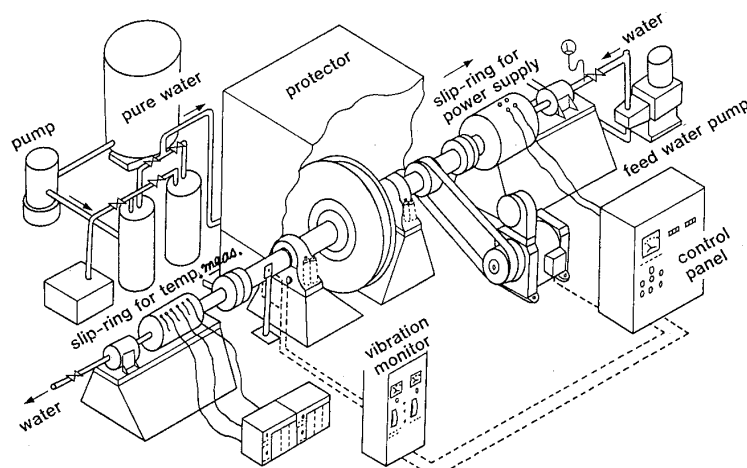


図3 サーマサイフォン管の回転実験装置

図4に冷却孔模擬テストセクションを示す。測定部のサイフォン管は貯水槽取付け用フランジに溶接し、管外壁に壁温測定用シース熱電対を埋込んだ。さらにその外側に絶縁材を介し熱負荷用ヒータを取付けこれらに保護管を被せフランジに溶接固定した。サイフォン管は、内径2.0mmと3.0mmの二種類で深さ $l$ はいずれも100mmである。

干渉排除導管は、サイフォン管径2mmに対し内径1mm、3mmに対し内径1.5mmを使用し、いずれもサイフォン管先端で5mm浮かせ、また開口端で貯水槽側に5mm突き出し、入口はラッパ状に広げている。サイフォン管壁温度は、開口端より管軸方向に20mmの等間隔で、向い合せの2点ずつ計8ヶ所測定し、また冷却水温度は導管入口より5mm貯水槽側を熱電対で測定した。なおデータ整理に際して、伝熱面温度 $T_w$ は、サイフォン管内壁部に埋込まれた熱電対の中心軸からの半径 $r_{T,C}$ とその指示温度 $T_{T,C}$ 、サイフォン内径 $r$ および熱伝導率 $\lambda_{sus}$ 、電気入力より求めた熱流速 $q$ を用いて、定常熱伝導式より求める。

$$T_w = T_{T,C} - \frac{q \cdot r}{\lambda_{sus}} \ln \frac{r_{T,C}}{r} \quad (1)$$

遠心加速度はサイフォン管ピッチ径における値、物性値は伝熱面温度と水温の平均値に対する値を用いた。

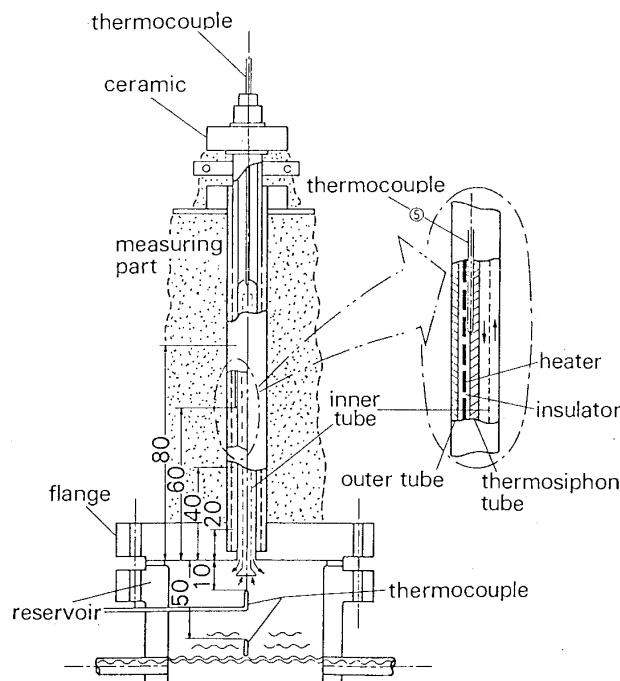


図4 冷却孔模擬テストセクション

3-2. 実験結果 図5および図6にサーモサイフォン管の回転場における熱伝達の実験結果を示す。縦軸に熱伝達の大きさを表わすヌセルト数、横軸に自然対流の強さを表わす修正レイレイ数をとった。なお図中には、サイフォン管径・導管径が6mm・3mmの筆者らの実験結果<sup>(6)</sup>および導管なし非回転の場合のLighthillの解<sup>(7)</sup>ならびに流れの干渉が熱伝達を阻害した場合の長谷川の実用式<sup>(8)</sup>も合わせて示した。

実験結果から臨界レイレイ数は $2 \sim 5 \times 10^3$ の

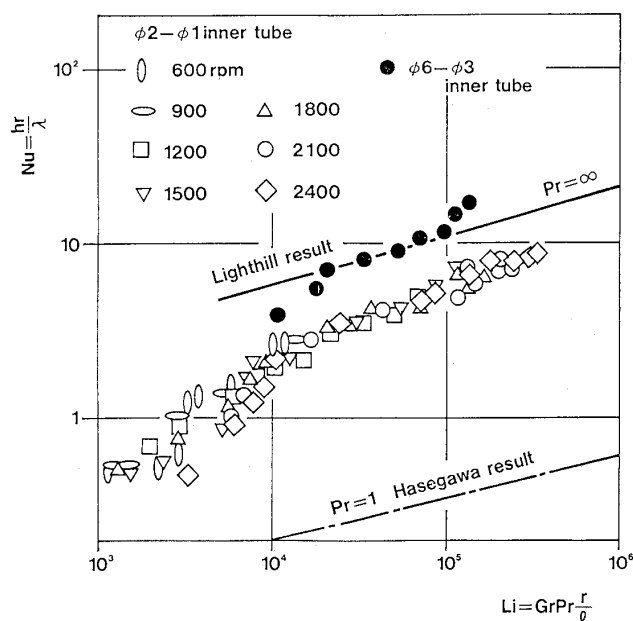


図5  $\phi 2 - \phi 1$  導管の熱伝達率

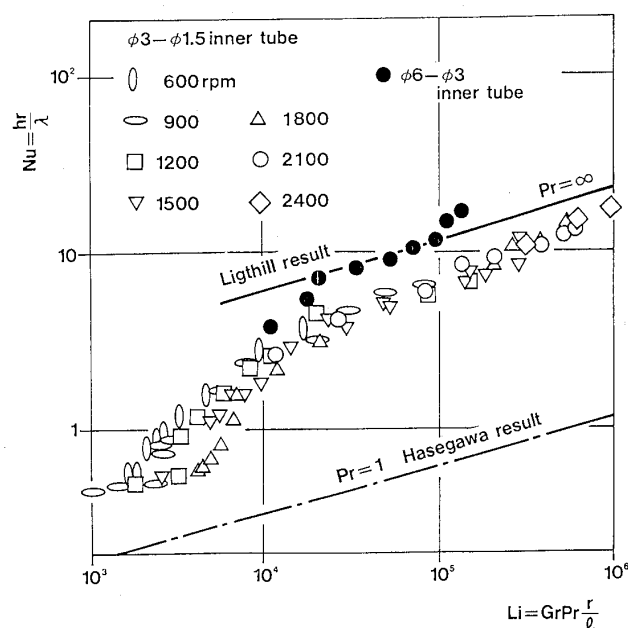


図6  $\phi 3 - \phi 1.5$  導管の熱伝達率

近くにあり、またレイレイ数が約  $2 \times 10^4$  までのヌッセルト数がレイレイ数に比例した層流域と、ひき続く乱流域とに分かれていることが解る。サイフォン管径  $\phi 2$ ,  $\phi 3$  の熱伝達が、比較的管径の太い  $\phi 6$  の実験結果および Lighthill の解よりも低い値を示す。

これは、口径の小さい（アスペクト比大）サイフォン管でさらに導管を挿入した場合には、管路の摩擦抵抗によるサーモサイフォン効果の低下が原因と思われる。しかし流入・流出流れの干渉が起った場合の実用式に比べ、十分大きい熱伝達が確保されていることが解る。

一方翼が長期的に安定な冷却性能を保ち続けるためには、沸騰伝熱域は伝熱面堆積物による流動・伝熱阻害、水-蒸気密度差に基づく振動、冷却限界を越えた熱流束による翼の焼損の問題等を有するため実機では出来るだけ避けたい。そこで沸騰域の特性を得るため以下の実験を行った。

図7はサーモサイフォン管の回転場における伝熱曲線の一例を示す。縦軸に熱流束、横軸に伝熱面温度と冷却水温度との差をとり示してある。ここで限界熱流束は壁温が急激に上昇を始める熱流束で、また沸騰開始点熱流束は図7の伝熱曲線の変曲点における熱流束で定義した。

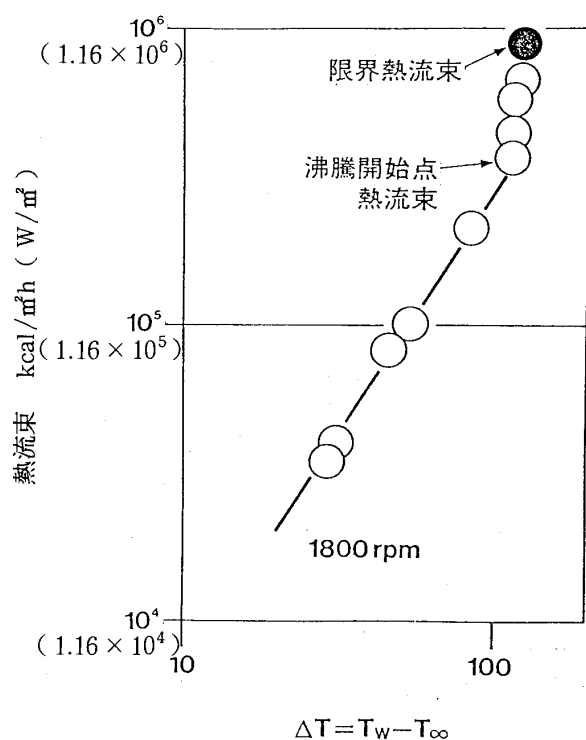


図7 回転場におけるサイフォン管の伝熱曲線

一般に沸騰開始点熱流束および限界熱流束は、圧力、流速、サブクール度等の影響を受ける。

図8に非回転場における、沸騰開始点熱流束および限界熱流束に及ぼす圧力の影響についての実験結果を示す。図から両熱流束とも圧力の上昇に伴い増加するのが解る。

図9は回転場における流速の影響を示す実験結果である。横軸はサイフォン管と導管の間の二重管路の流速をとっているが、実測が困難であったため、以下の計算値で与えることとした。すなわち、

サーモサイフォン管の通水力は

$$\Delta P = f \cdot l \cdot \rho \cdot \beta \cdot \Delta T \quad (2)$$

一方、管路の圧力損失は

$$\Delta P = \mu \cdot l \cdot \rho \cdot v_1^2 / 2 r_0 + \mu \cdot l \cdot \rho \cdot v_2^2 / 2 (r - r_0) \quad (3)$$

但し添字1, 2は導管内, 二重管内を示す。

従って(2), (3)式より二重管内の流速を次式で示すことができる。

$$v_2 / K^* = (2r \cdot f \cdot \beta \cdot \Delta T)^{1/2} \quad (4)$$

$$K^* = \frac{\left(\frac{1}{\mu}\right)^{1/2}}{(1 - \varepsilon^2) \cdot \phi^{1/2}}$$

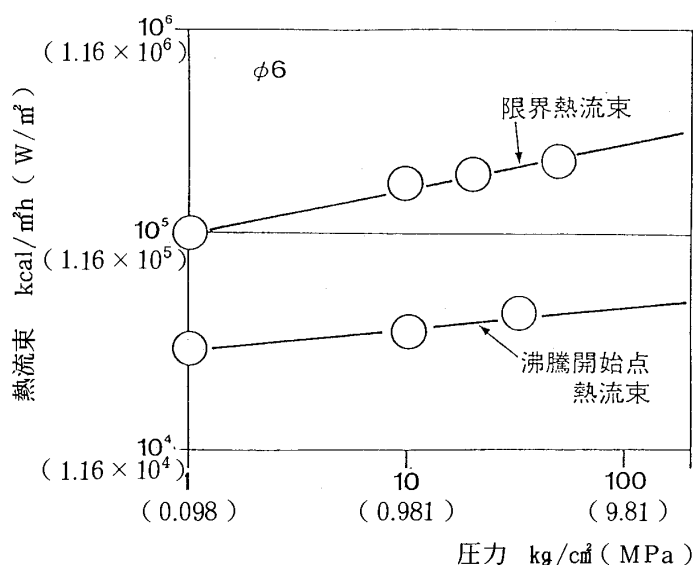


図8 沸騰開始点熱流束および限界熱流束に対する圧力の影響

$$\varphi = \frac{1}{\varepsilon^2} + \frac{1}{(1-\varepsilon)^3(1+\varepsilon)^2}$$

$$\varepsilon = \frac{r_0}{r}$$

図9から両熱流束とも流速の上昇に伴い増加することが解った。

冷却水サブクール度の伝熱特性へ及ぼす影響は、沸騰開始点熱流束、限界熱流束とも飽和温度（サブクール度零）の時最少の値をとることが解っているため、上記二つの実験は冷却水温度を飽和温度の下で行った。従って図8、図9の領域判定では、最も安全側（熱流束最少値）を示すことになる。

なお、測定サイフォン管のステンレス引抜管表面平滑さは、実機の翼と同程度と考えられたので、ここでは特に伝熱面粗さの影響について調べていない。

ここで後述するモデルガスタービン水冷却動翼について、起動および定格運転時の作動ガス状態を想定し、作動ガスの温度および熱伝達率を求

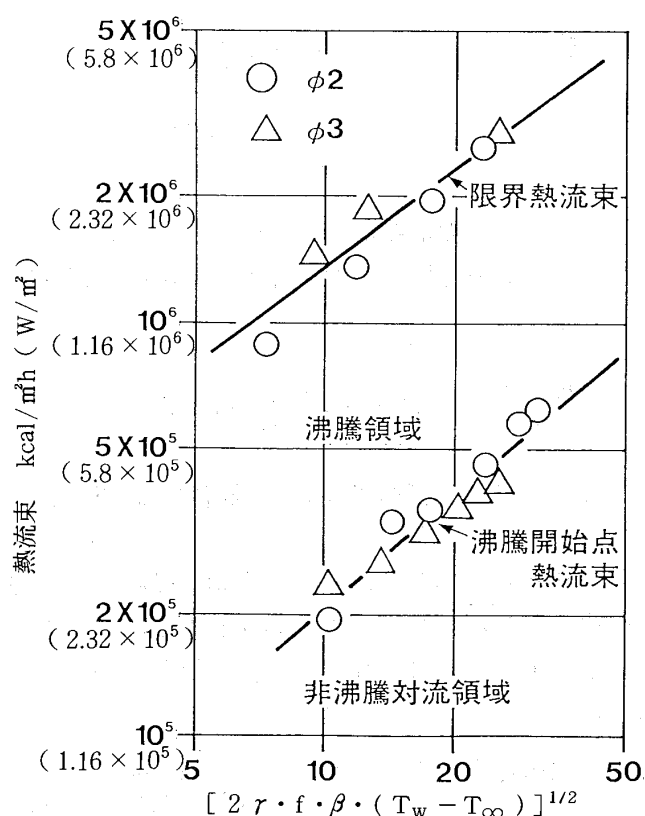


図9 沸騰開始点熱流束および限界熱流束に対する流速の影響

め、翼面からの入熱量を推算、一方冷却孔側については図8および図9の実験範囲では、サイフォン管内の圧力、流束ともモデルガスタービンの定格時の仕様条件まで達していないため直線で外挿し、各運転条件に対応する沸騰開始点熱流束および限界熱流束を推定し入熱量と比較した。なお熱計算は一次元モデル、作動ガス熱伝達率は翼面での最大値、翼温度は定格時で450℃(723K)、冷却水温度は150℃(423K)とした。

結果を第10図に示す。図から明らかなように、翼を一定の温度に保つために冷却水が翼より受け取る必要のある熱流束は、限界熱流束を十分下廻るとともに、沸騰開始点以下の対流伝熱領域で冷却が行われるであろうことが推測できる。

#### 4. 動翼PCD面における熱応力

水冷却翼は翼温度を低く保てる反面、翼内に大きな温度差すなわち熱応力を発生し翼の強度を低下させる。そこで想定水冷却動翼のPCD (Pitch Circle Diameter) 面に対し、温度分布・熱応力解析を行った。

4-1. 想定翼の構造および境界条件 図11に想定水冷却動翼のPCDにおける断面構造を示す。翼プロファイルおよび表1に示す仕様は、GE社開発の水冷却ガスタービン動翼のデータ参考にした<sup>(9)</sup>。

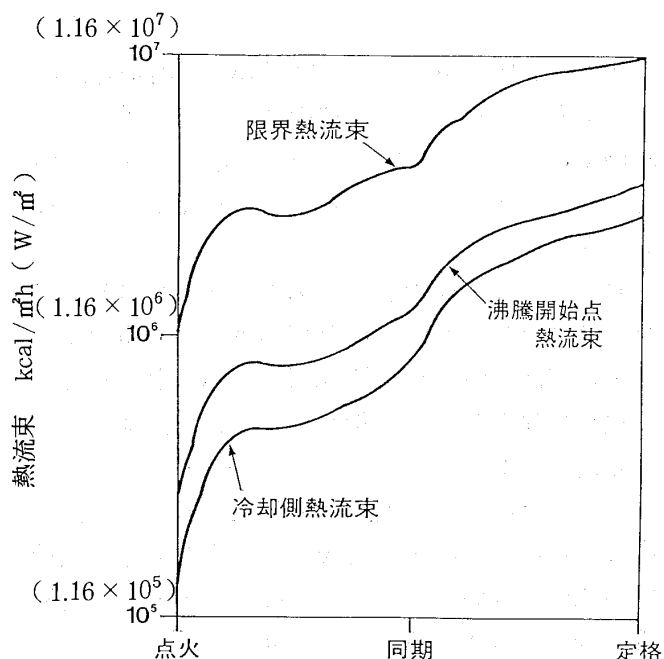


図10 モデル動翼の運転状態における熱流束と沸騰開始点熱流束、限界熱流束との関係



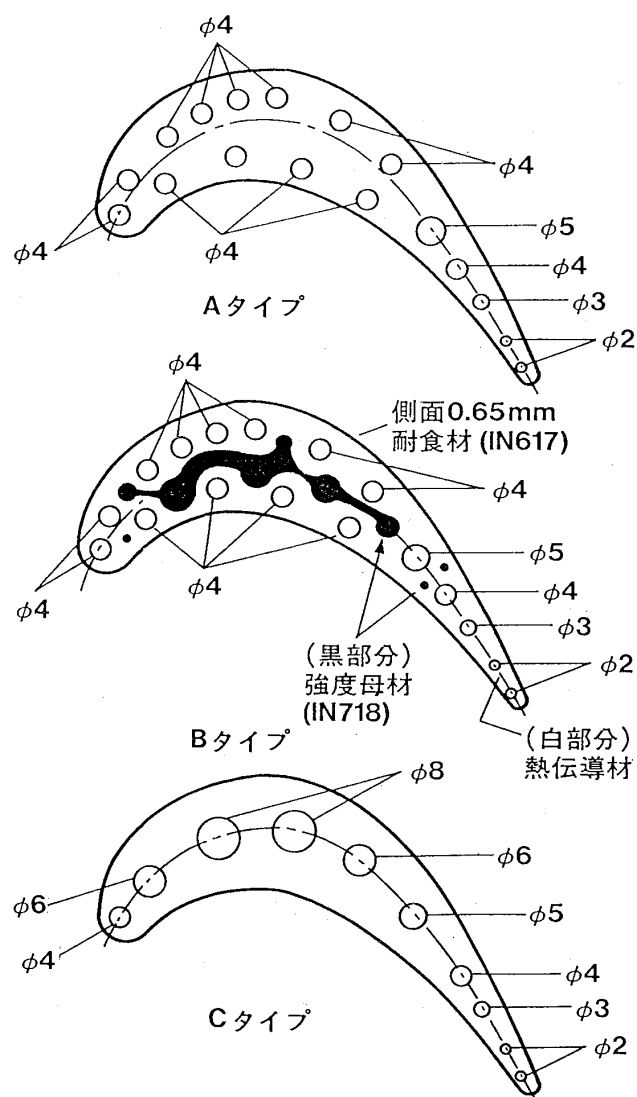


図11 想定水冷却動翼の構造

Aタイプは、単一材料 (IN 718) で冷却孔は後部を除き 4 mm 口径を、翼面に沿って背側を密に腹側を粗に、また後縁部は翼中心線上を翼厚に応じ、5～2 mm 口径をピッチ約 6～10 mm で配置してある。

Bタイプは、翼中心部 (図の黒塗り) の強度母材 (IN 718) のまわりに熱伝導率の良い銅合金、さらに翼面に耐食材 (IN 617) の薄板を貼り合せた複合材翼とした。冷却孔の口径、配置はAタイプと同一である。

Cタイプは、Aタイプと同様単一材料で、冷却孔は後縁部以外は翼中心線上を、翼厚に応じ比較的口徑の大きい 8～4 mm を配置してある。後縁部についてはA、Bタイプと同一である。

翼面の境界条件を支配する翼まわりの速度分布は、表 1 に示したモデル動翼仕様を基に二次元遷

表 1 モデル水冷却動翼の仕様

入口 静 温	1388℃
入口相対全圧	7.4 ata
出口相対静圧	5.1 ata
入口相対流速	318 m/s
回 転 数	5000 rpm
P C D	1654 mm
翼 弦 長 さ	88.9 mm
翼最大厚さ	20 mm

表 2 想定水冷却動翼材料の物性値

	Ni 基合金	銅 合 金
熱伝導率 (kcal/m <sup>2</sup> h℃)	15	200
弾性係数 (kg/mm <sup>2</sup> )	18300	12200
膨張係数 (ℓ/℃)	14.4×10 <sup>-6</sup>	18×10 <sup>-6</sup>
ポアソン比	1/3	

音速流れとして求める。この結果より翼面の熱伝達率は、翼前縁直径  $d$  に等しい直径を有する直交流中の円柱 ( $\phi$ : よどみ点からの角度) の層流境界層局所熱伝達として次の近似式で与える。

$$\frac{h_g \cdot \phi \cdot d}{\lambda_g} = 17.1 \left( 1 - \left| \frac{\phi}{90} \right|^3 \right) \cdot \left( \frac{v_g \cdot d}{\nu_g} \right)^{1/2} \cdot P_{r,g}^{0.4} \quad (5)$$

また翼面 (翼前縁からの距離  $x$ ) については、平板の乱流境界層局所熱伝達として次の近似式で与える。

$$\frac{h_g \cdot x \cdot x}{\lambda_g} = C \left( \frac{v_g \cdot x}{\nu_g} \right)^{0.8} \cdot P_{r,g}^{1/2} \quad (6)$$

ここに  $C$  は、背側で 0.029、腹側で 0.035 をとる。

冷却孔の境界条件として、冷却水温度および熱伝達率をこれまで行った冷却性能実験に基づき、以下に示すように冷却孔で一律の値をもつものとした。

$$\begin{aligned} \text{熱伝達率 } h &= 20,000 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \\ &\quad (23,300 \text{ W/m}^2\text{K}) \\ \text{冷却水温度 } T_\infty &= 186^\circ\text{C} (459\text{K}) \end{aligned}$$

なお、表 2 に想定水冷却動翼材の物性値を示す。

4-2. 解析結果および評価 翼断面の二次元定常熱伝導・弾性熱応力解析は有限要素法による。分割条件は、A、Bタイプに対して853節点/724要素、Cタイプについては548節点/440要素である翼の応力分布計算では、平面ひずみモデルを使用し、計算には冷却孔内の冷却圧力も考慮する。なお遠心応力については、PCD面において6 kg/mm<sup>2</sup> (58.8MPa) が作用し、これを熱応力計算結果に加算する必要がある。

図12に翼面温度分布の計算結果を示す。横軸は翼面位置で無次元距離X/L（翼弦方向をX軸、Lは翼弦長さ）で示している。また図中には翼面温度の平均値も示した。

翼面温度が最も高いのはCタイプで、翼面では全タイプに共通に背側前縁近くで最高温度となり、Aタイプで712℃ (985K)、Bタイプで432℃ (705K)、Cタイプで825℃ (1098K) である。

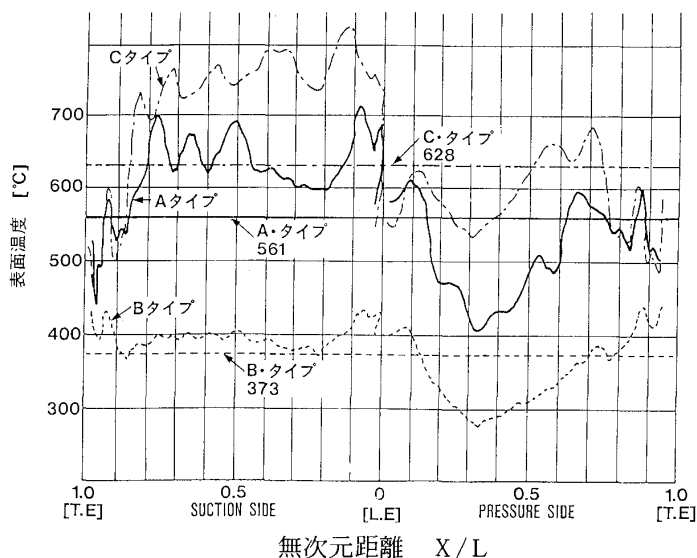


図12 翼表面温度分布

一般に作動ガスによる高温腐食の活性の高い領域は、700℃ (973K) 以上とされており、Aタイプの場合大部分これを下回る温度に冷却されている。

Bタイプの場合、翼面温度の平均は約400℃ (673K) 以下と銅合金材による温度平準化の効果は十分現われている。

Cタイプの場合は、背側の多くの部分で高温腐食の活性の高い温度領域に入ってしまう。

表3に熱応力の計算結果を示す。

Aタイプの場合、背側の前縁から中央および後縁で90~100 kg/mm<sup>2</sup> (883~981 MPa)、また前縁および腹側で50~70 kg/mm<sup>2</sup> (490~686 MPa) と極めて大きな応力が表われている。しかし温度分布は背側の一部を除き400~600℃ (673~873K) と低く、冷却条件の設定が冷却側に厳し過ぎたと言える。今後、冷却孔の配置、口径および熱伝達係数を適切に選ぶなどの翼温度の平準化の検討が更に必要である。

Bタイプの場合、前縁の一部を除けば10~40 kg/mm<sup>2</sup> (98~392 MPa) で熱伝導材の温度平準化効果により応力値は低い。銅合金系では、高温における強度データが少なく強度評価が難しいこと、一般に高温強度を要求すると熱伝導率は低下することなど複合技術には使用材料の選定、強度評価に多くの課題がある。しかし熱応力回避の有力な手段の一つと言えるため、Aタイプ同様冷却条件の適性化も含めた検討が必要だと思われる。

Cタイプの場合、Aタイプに比べ応力は幾分低い値を示しているが、翼の温度は前述のように、高温腐食の活性の高い領域に入る箇所が背側の多くの部分にみられる。概略的には、翼の温度を下

表3 想定水冷動翼の温度と熱応力

タイプ	温 度 ℃				熱 応 力 kg/mm <sup>2</sup> (MPa)			
	前 縁	背 側	腹 側	後 縁	前 縁	背 側	腹 側	後 縁
A	550	600 700	400 600	550	70(686)	90(883)	50(490)	100(981)
B	400	400 430	300 400	430	50(490)	20(196) 30(294)	10( 98) 20(196)	40(392)
C	550	700 800	550 650	550	50(490)	70(686)	40(392)	100(981)

げる操作は熱応力を増加させるため、Cタイプの冷却孔構成は、作動ガス温度の高い高压段では不適であると思われる。

### 5. 冷却水による回転体の振動

水冷却ガスタービンでは、空冷翼と異なりタービンロータ内に図1に示す様な複雑な液体冷却路をもつため、定格運転時および起動低止時にロー

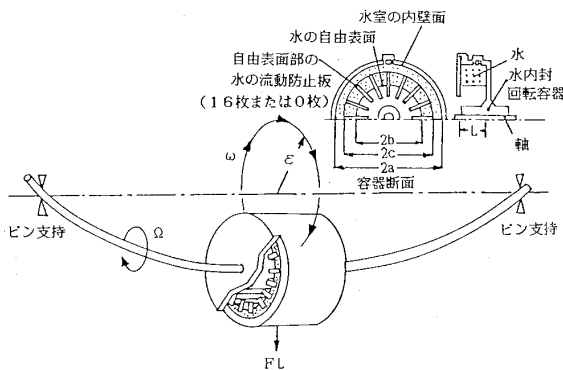


図13 液体内蔵回転体のふれまわり時にかかる流体力

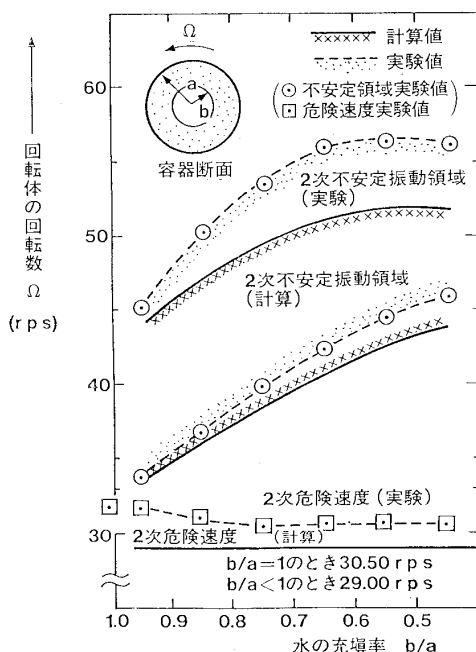


図14 伝達マトリックス法による2次危険速度および不安定振動領域の計算値と実験値の比較

タと冷却水の連成によるロータ振動特性が予測される。そこで図13に示すように、回転体の中に充填された液体の表面近くの液体部分が周方向に流動出来ない流動防止板を持つ、回転体の振動に関する解析手法として、伝達マトリックス法を拡張適用する手法を提案し、基礎的実験で有効性を確認した<sup>(10)</sup>。

図14に比較例を示す。縦軸に回転数、横軸に冷却水の充填率をとって示したが、二次危険速度および二次不安定領域とも計算値と実験値はよい一致を示している。

### 6. あとがき

導管内蔵のサーモサイフォンを利用したガスタービン動翼水冷却方式について、基礎的検討結果を述べた。

水冷却翼では、熱応力の低減すなわち温度分布の平準化が重要な課題となる。翼温度分布の平準化を図るには、温度分布を決定する要因の一つである冷却孔内の熱伝達係数を適切な値に選定出来ることが望ましい。

このため、冷却性能の調節機能をもったサーモサイフォン管の検討がさらに必要である。

### 参考

- (1) 杉谷, 片寄, GTSJ, 9-35 (1981), 10
- (2) 水谷, GTSJ, 13-51 (1985), 8
- (3) Caruvana, A., ほか3名, ASME Paper 80-GT-112
- (4) 特許出願, 53-006692 (昭和52年)
- (5) E. H. W. Schmidt, Proceedings of the General Discussion on Heat Transfer, London, 1951. Inst Mech. Eng. Sec IV
- (6) 深田, 大野, 電中研研究報告 279058 昭和55年
- (7) M. J. Lighthill, Qual, J, Mech. Appl. Math., 1933, 6-4, 361
- (8) 長谷川, 日機論文集, 28-192 (1962), 947
- (9) EPRI AP-1889, Rep 234-3, 1977
- (10) 安尾, 大野, 深田, 河村, 電中研研究報告 282010 昭和57年, 283060 昭和59年



# 日立製作所におけるガスタービンの 研究開発について

日立製作所日立工場 黒田 倫夫

## 1. はじめに

発電用ガスタービンに関する技術的な要求は高度化、多様化しており、図1に示すように、大別すると高効率化、大容量化、環境対応、燃料の多様化などのニーズがある。これに対する開発課題の主要なものとして、高効率複合発電プラント、高温ガスタービン、低NO<sub>x</sub>燃焼器、石炭ガス化用ガスタービンなどがある。また、これを支援する技術としては、空力、冷却、燃焼、耐熱材料、高温強度評価、振動評価などがあり、広範な分野にわたる技術開発が必要になっている。

日立製作所におけるガスタービンの研究開発は機械研究所、日立研究所、日立工場、大みか工場、勝田工場などが担当しており、要素研究は研究所主体、製品開発は工場主体という形で総合的に推進されている。以下に主な研究開発課題の概要について紹介する。

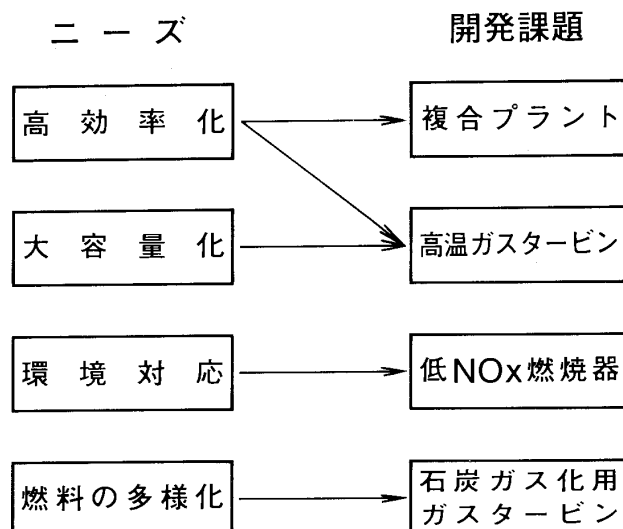


図1 ガスタービンの主要な開発課題

## 2. 高温ガスタービン

当面 1300℃級ガスタービンを目標に技術開発が進められている。図2は天然ガス用および、石炭ガス化ガスタービン用に開発した前縁部に空気冷却孔を持たない、内部冷却強化形のリターンフロー形動翼の例である。また図3は高温回転試験用のロータである。

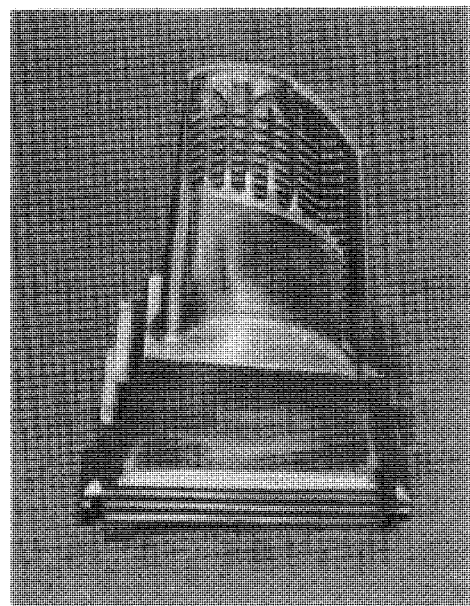


図2 リターンフロー形空冷動翼例

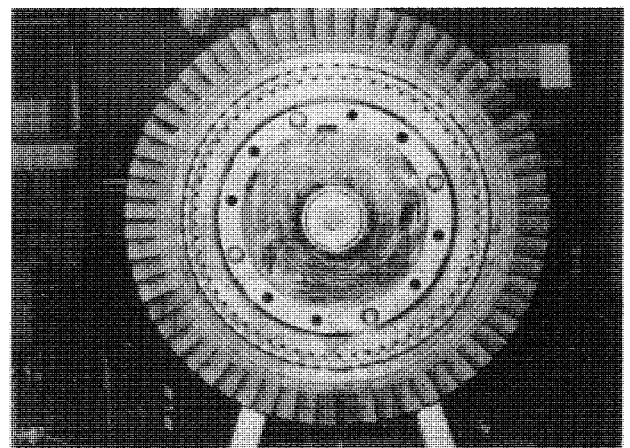


図3 高温回転試験用ロータ

(昭和62年8月14日原稿受付)

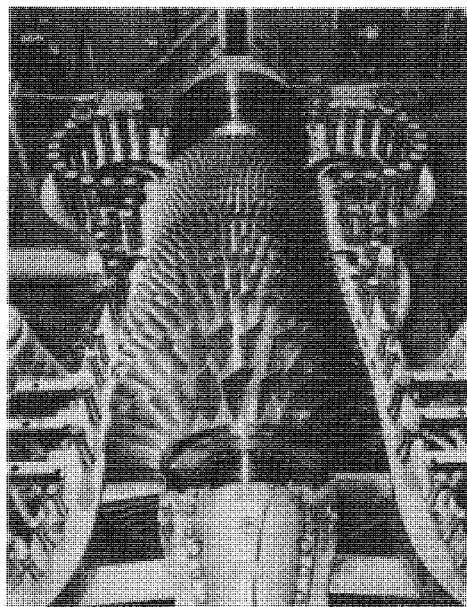


図4 試験用高圧圧縮機

タービン動, 静翼の開発にあたっては耐熱合金の開発をはじめ, 空力性能, インピンジメントおよびフィルム冷却技術, 高温強度評価技術の開発また, 高温回転試験装置による実負荷試験による確認を行っている。

圧縮機部については高圧力比化をはかるための各種研究を行ってきた。部分段落および全段落のロータを用い, 空力性能, 起動特性のほか, サージングなど不安定現象に関する研究, 複合負荷下の動翼取付部の強度評価法の研究, ディフューザを含む流路の最適形状の研究などを行っている。図4が全段落ロータを用いた回転試験機である。

また, さらに将来の高温ガスタービンとしてセラミックスガスタービンについても基礎検討を進めている。

### 3. 低 NO<sub>x</sub> 燃焼器

環境条件からの要求が厳しくなり, 複合発電プラント用の低 NO<sub>x</sub> 燃焼器の開発が重要課題となっている。

低NO<sub>x</sub>化のための技術的な方向としては, 単段燃焼器から2段燃焼器, 拡散燃焼方式から予混合燃焼方式への展開が行われている。

当社の方式は, 拡散燃焼と予混合燃焼の両燃焼方式を用いた空燃比制御型の2段燃焼方式であり, 高温ガス流動, 燃焼, 冷却, 強度, 振動など

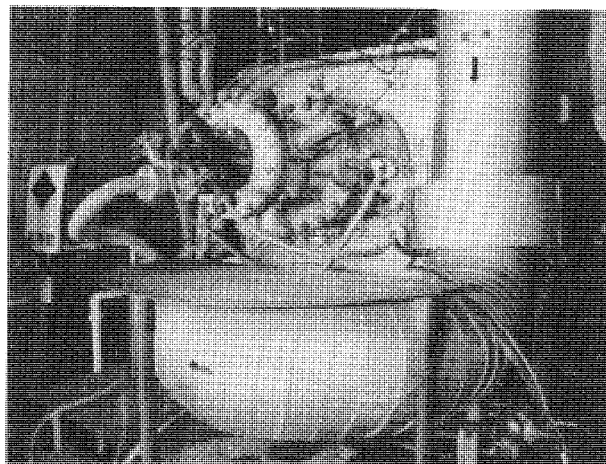


図5 中圧燃焼試験装置

幅広い検討を行ない構造を決定している。

研究開発のステップとしては, 非燃焼, 燃焼時のガス流挙動検討装置などを用いて基礎検討を行ない, 次にこれをもとにモデル燃焼器を製作し図5に示した中圧燃焼試験装置により各種の特性試験および火炎状況観察などを行い, ほぼ最終構造の決定を行う。最終ステップとして, 第5章に述べる実負荷試験装置により, 最終調整および確認を行う。

今後, さらに低NO<sub>x</sub>化をはかるため, 予混合度をさらに強化する方式, 触媒燃焼方式の開発を続ける予定である。

### 4. 石炭ガス化ガスタービン

石炭ガス化ガスタービンは将来の燃料の多様化に対処するものとして最も重要な課題である。その実用化のための主な技術課題は高温ガスタービン用の燃焼器, 複雑な発電プラントで信頼性の高い運転を行なうためのシステム検討などである。

石炭ガス化ガスは天然ガスに比較すると非常に低カロリーであり, 燃料の混合, 燃焼を効果的に行なう燃焼ノズルに関する研究, 模擬ガスおよび実ガスを用いた燃焼実験による構造の研究が必要となっている。

### 5. ガスタービン実負荷試験設備

本設備の概観を図6に示した。実負荷条件において各種要素技術の最終確認を行なう設備であり, 昭和58年に設置以来, 種々のデータ蓄積を行ってきた。

本設備においては, (1)燃焼器実負荷試験, (2)圧

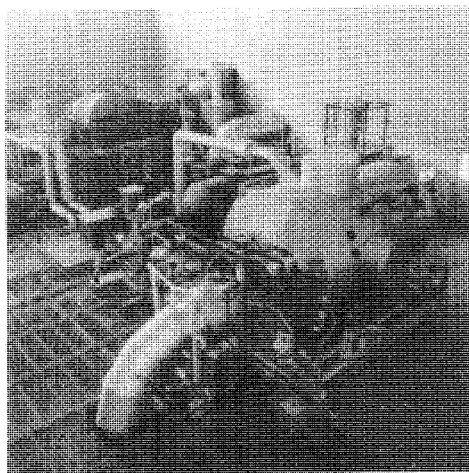


図6 ガスタービン実負荷試験設備

縮機実負荷試験, (3)空気冷却静翼の実負荷冷却性能試験など各要素開発の最終段階として, 空気温度, 圧力, 流量などを全て実機と同じ条件に合わせた試験が可能である。

特に燃焼器は実負荷条件での特性の確認が非常

に重要である。燃焼器試験スタンド(写真手前)には2本の燃焼器が組込まれ, 性能試験を行なうとともに火炎伝播状態の把握が可能になっている。また, 実機と同じ本数の燃焼器を設置した実機シミュレーション装置により実機起動時の現象把握ができる。

圧縮機については, 図4の試験機を燃焼試験の空気源として設置(写真奥)することにより, 実負荷性能, 非定常特性を検討するとともに, 実機で重要な継続的な運転性能の確認を行っている。

## 6. むすび

発電プラントにおいてガスタービンに要求される技術は今後ますます多様化し, 高度化してくる傾向にある。当社で行なっているガスタービンに関する研究開発の一端を開発課題と研究設備を主体に紹介した。研究開発の概要を御理解いただければ幸いである。

## 死 去 会 員

正会員 筒井 又 鋪 君 47才 東北電力(株)東新潟火力発電所

昭和62年7月31日 逝去

ご遺族 新潟県北蒲原郡聖籠町大字諏訪山2310

筒井 スエ 殿

本会に関する記事

昭和61年6月入会

謹しんで哀悼の意を表します。

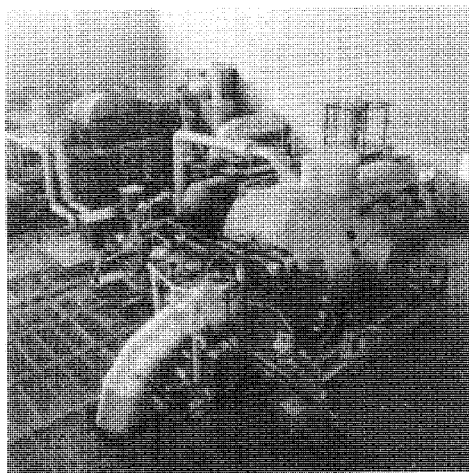


図6 ガスタービン実負荷試験設備

縮機実負荷試験, (3)空気冷却静翼の実負荷冷却性能試験など各要素開発の最終段階として, 空気温度, 圧力, 流量などを全て実機と同じ条件に合わせた試験が可能である。

特に燃焼器は実負荷条件での特性の確認が非常

に重要である。燃焼器試験スタンド(写真手前)には2本の燃焼器が組込まれ, 性能試験を行なうとともに火炎伝播状態の把握が可能になっている。また, 実機と同じ本数の燃焼器を設置した実機シミュレーション装置により実機起動時の現象把握ができる。

圧縮機については, 図4の試験機を燃焼試験の空気源として設置(写真奥)することにより, 実負荷性能, 非定常特性を検討するとともに, 実機で重要な継続的な運転性能の確認を行っている。

## 6. むすび

発電プラントにおいてガスタービンに要求される技術は今後ますます多様化し, 高度化してくる傾向にある。当社で行なっているガスタービンに関する研究開発の一端を開発課題と研究設備を主体に紹介した。研究開発の概要を御理解いただければ幸いである。

## 死 去 会 員

正会員 筒井 又 鋪 君 47才 東北電力(株)東新潟火力発電所

昭和62年7月31日 逝去

ご遺族 新潟県北蒲原郡聖籠町大字諏訪山2310

筒井 スエ 殿

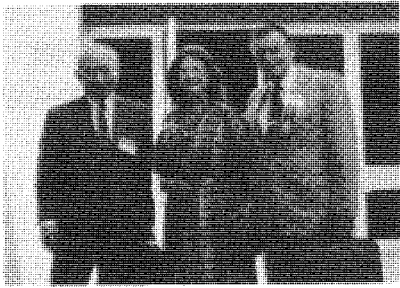
本会に関する記事

昭和61年6月入会

謹しんで哀悼の意を表します。



## 1987 ASME 国際ガスタービン会議 アナハイム大会



### 1. アナハイム大会に参加して

日本大学 今井 兼一郎

(日本にも知人の多いライス夫妻と筆者。会議場の入口で。)

ASME (アメリカ機械学会) の一部門であるガスタービン部門が昨年 International Gas Turbine Institute として広い権限と独立をもつようになって第一回の、しかし乍ら全体としては第32回の会議および展示会がデズニイランド発生の地アナハイム (ロスアンゼルス郊外) で本年5月13日より6月4日まで開催された。

筆者はここ数年この会議に出席しているので本年特に気のついた点についてのべることにし詳しくは熱心に聴講しデータを集めておられた専門家の各論に委ねることとしたい。

論文: 若干の差はあるかも知れないが提出された前刷論文は267, 実施されたセッションは81におよびパネルディスカッションは12におよんだ。

論文数は Turbomachinery に関するものが89で最多数, Combustion Fuel (29), Heat Transfer (24), Coal Utilization (16) 等とつづき材料関係は Ceramics を中心に, 実用面は日本の高効率ガスタービン関係をはじめ Co-Generation 関係, Marine 応用は実用経験のレポート等, 注目すべきものが多く, 論文のレベルはいづれも可成り高く, 少くも金がかかっているなど思はせるものが多くあった。

国別に見るとアメリカ (141), 西独 (26), 中国 (18), 日本 (14), カナダ (13), 伊太利 (7), フランス (5), スイス・印度 (3), ベルギー・オランダ (2), メキシコ・エジプト・南ア・ギリシア・アラビア・デンマーク等 (各1), 大別すると北アメリカ 155 (58%), ヨーロッパ 73 (27%), アジア 32 (12%), その他 7 (3%) となっ

ている。ある意味でガスタービンの現況を語っているのかと思う。

各セッションともことに Turbomachinery 関係は聴衆も多く熱気にあふれたディスカッションがあり, 盛会であった。

展示: 別に詳細が報告されるが, 最近の本展示会の傾向として航空転用型として Co-Generation に組込まれたものを除いて推進用として航空エンジン直接関係は殆ど姿を消して工業用ガスタービンとしてガスタービンでまづ発電をしてその排熱を利用して蒸気を発生し, それを工場用等に利用する Co-Generation あるいは蒸気タービンによって発電する Combine Cycle 等が主体となり, ガスタービンはこれら Cycle の中の Subsystem として位置するようになりつつある。在来 of ガスタービンメーカーもエンジニアリング会社も System の売込みに力を注いでいる。これもガスタービン技術が安定普及して来ているためであろう。一度はガスタービン業界から撤退を決意していた Sulzer (スイス) も近年戻って来ているし, United Technology (アメリカ) の Pratt & Whitney も工業用ガスタービンを Allis-Chalmers に渡してしまったかのようにであったが JT 8 D の最新型を元にした Base Load 用として FT 8 (25MW) によるカムバックを宣伝している。またオランダの Thomassen 社は GE 社の LM 2500 を用いた Combined Cycle で 60MW で (LHV) 50%+ の効率を期待しうるとしている。日本の高効率ガスタービン計画が出た当時は世間を騒がせた 50%+ の目標も 1986 年 1 月 24 日に発電端をオランダの Enschede 市で達成したという。

このような話を聞いたり昔からの知人に会える

(昭和 62 年 7 月 14 日原稿受付)



のもこの展示場の楽しみで、米国の学会が産学交流、産々交歓の場として show を利用しているのは我々も見習うべきであろう。

展示場では我が国馴染の顔も多く三菱重工は Co-Generation を狙って排ガス温度を (545℃) と高めにしている [タービン入口温度 1250℃] 出力 10 to 15MW (32%) + 50,000~70,000 lb/hr 蒸気 (combined cycle として 45%) の MF-111 を盛に宣伝し、石川島播磨はシンプソン製紙会社に納入した水噴射の IM5000 による Co-Generation のプラントで人気を集めていた。

Rolls-Royce 社は工業化した Spey [26000 hp / 0.37 lb / hp]; Avon [24.800 shp. 31.6%]; RB 211 [37.400 shp. 36.9%]; Olympus [40.800 shp. 32.2%] 等の品揃えを引っ提げてすでに供給したもの合計 19,500MW / 1500 UNITS, 世界各国に 280 以上の技術代表, 70 以上の修理基地をもつという航空転用型の実績をもとに Sales に当っている。

世界的に見てガスタービンの大電力発電所の伸びは当分期待出来そうにないが地方的に米国カルフォルニア, テキサス州等々では一部の電力の自由化, 全体として原子力発電所の建設遅延ないし中止, Co-Generation, Combined Cycle の発展のために 10 万 ~ 1 万 KW の Unit が伸びるであろうとしていると予想した向きが多いようである。

論文発表, セッション:

航空関係: 11 室に分れ 82 のセッションが開かれるので聴きたいものだけでもとても聞き切れず筆者は航空エンジン関係を主としてまわった。これも八島氏の報告に詳しいので筆者の気のついた点のみをのべる。

今回は San Diego の AIAA の Propulsion 会議, ヨーロッパの CIMAC, Cincinnati の Air Breathing Engine 会議と似たような発表の機会が多く論文の数はへったのではないかと思います。最近防衛庁次期中間練習機用エンジンとして開発した F-3 (推力 16.38 KN, バイパス比 0.9) ターボファンエンジンの開発経過, ことに米国で行った高空性能試験, 岐阜で行った空中試験等を中心に報告したが, 鳥打込, コンテインメント試験等各種確認試験の実際の説明多く極めて好評であった。

ターボファンエンジンのアフターバーニング試験は特別に一セッションを設けて, GE, P&W, Allison, Rolls-Royce 社の人々がパネリストとなり Discussion が行われたが, 再燃関係機構が大きくなりガス流路を塞ぐため Blockage Factor が大きく, 燃焼効率も 60% 台と驚くべく低くこれらの改良が問題であるとともに CFD (Computer Fluid Dynamics) による Approach あるも大部分は実験によらざるを得なく, 今後の興味ある部分でエンジンの大切なコンポーネントとして取扱われだしたとの感を得た。

Advanced Turbo Prop, Unducted Fan (UDF) も大いに関心を引いたが実際に Boeing 社で飛行機を飛ばしている GE の勢は極めて強く, 大げさに言うとかとは教えを乞うているかのようでさえあった。

自動車: 自動車にガスタービン搭載は永い間の機械やの夢で, 主要自動車メーカーではすでに試作車が走行テストをすませている位であるが経済性の故か兎に角実用生産は軍用戦車以外にはまだ行なわれていない。

最近では高温強度にすぐれたセラミックスが出て来てこれをガスタービンに用いることがすすめられている。米国では政府の計画として各種の部品のセラミックス化が行われているし, 日本のメーカーも自力で研究をすすめているようである。

この辺の事情を踏まえてセラミックスのターボチャージャーおよびガスタービン利用のパネルが持たれ多数 (70 人以上) の参加のもとに行われた。筆者の一寸のぞいた処では日本のセラミックス素材メーカーや豊田自動車の岩井さんが壇上でもパネルのあとでも大活躍をしておられたのは全く心強い限りであった。ことに岩井さんの生涯をかけた情熱のこもったセラミックにかける期待は聴衆に多くの感銘をあたえた。セラミックス部品開発に対する各国政府の役割というパネルに日本の出席がなかったのは先導的立場にあると世界から思われているだけに残念だったと聴衆の一人から聞いた。

教育: 教育委員会が毎回セッションとして最先端技術関係を採用上げて会員の知識のレベルアップを計っているが, 今回は先端航空エンジンを取り上げた。小型民間機のターボファン化の困難な

こと、米国では実際的には次の時代の旅客機はまづ手はじめとして飛行マッハ数3倍の所からはじめるのかと思わせる講演のあとで NASA の人が高温超電導材料を用いたモーターによりプロペラを回す電動推進を説明したのには度肝を抜かれた。

その他いつも乍らレベルの高いプレゼンテーションが多く、セッションではアカデミックに、展示では工業的、技術的に先端の様子が効率よく分からせてくれるので有難い。多くの知人にも会えるし楽しみはつきない。

この大会でのプレゼンテーションの別刷一覧表は傾向を知る上で役に立つであろう。大会で会った知人が

- Thrust and Drag : Its Prediction and Verification

- Aero-Thermo Dynamics of Aircraft Engine Components
- Aero-Thermo Dynamics of Gas Turbine and Rocket Propulsion
- Aircraft Engine Design

等 AIAA から米国のレベルを示す良い本が出ていることを教えてくれたのも一つの収穫であった。

この大会と同じ場所で期を同じくして開かれていた Energy Technologies in Transition-Moving Toward the Future という代替エネルギーを主としたシンポジウムを一寸のぞいたが川崎重工業が小型ガスタービンのブースを出して頑張っているのが目についた。この他艦船用をはじめ述べたいことあるが頁もつきたので詳しくは各専門家による報告を見て頂きたい。

## 2. 航空用及び転用型ガスタービン

石川島播磨重工(株) 八 島 聡

### 1. 全 般

Aircraft Committee の企画セッションは7つあり、論文は米国10、英国4、日本2、西独、カナダ、中国各1の合計19編であった。論文のないパネル・セッションが「航空用ガスタービンの将来技術」と「ATPの大規模研究と実証」をテーマとして開催された。航空転用型ガスタービンに関しては、筆者の気がついた範囲では Marine Committee が1セッションを設け、米国、カナダ、デンマーク（米国が共著）から1編ずつ論文が発表されていた。以下、筆者が興味をもったセッションを中心に簡単に見聞を述べる。

### 2. 航空用ガスタービンの将来技術

Education Committee との共催によるこのパネル討論では、エンジン・メーカー3社と機体1社が将来技術について発表し、毛色の変ったところでは、AFWALが超電導技術の応用について講演

した。

(1) GE は「新超音速及び極超音速推進」と題して講演し、将来の飛行領域はマッハ2から20以上、高度は24万フィート以上になるとして、それに対応する Key Technology に言及した。特にラムによる入口全温はマッハ5を超えると金属限界に到るため、セラミック、更にはカーボン・カーボンが必要。また、ラム・ジェット、スクラム・ジェットの時代に於るターボ機械の役割としては、可変サイクル・エンジンや、ラム・ジェットとターボファンの組合せによる亜音速域の SFC 改善にあるとしている。

(2) PWA は「21世紀に備える超音速軍用機」と題して、STOVL (Short Take off and Vertical Landing) 技術を中心に講演した。推力偏向ノズル、PCB (Plenum Chamber Burner)、RALS (Remote Augmented Lift System)、Ejector Lift、Tandem Fan、超音速ファンなどが構想図をまじえて紹介された。

(昭和62年7月25日原稿受付)

こと、米国では実際的には次の時代の旅客機はまづ手はじめとして飛行マッハ数3倍の所からはじめるのかと思わせる講演のあとで NASA の人が高温超電導材料を用いたモーターによりプロペラを回す電動推進を説明したのには度肝を抜かれた。

その他いつも乍らレベルの高いプレゼンテーションが多く、セッションではアカデミックに、展示では工業的、技術的に先端の様子が効率よく分からせてくれるので有難い。多くの知人にも会えるし楽しみはつきない。

この大会でのプレゼンテーションの別刷一覧表は傾向を知る上で役に立つであろう。大会で会った知人が

- Thrust and Drag : Its Prediction and Verification

- Aero-Thermo Dynamics of Aircraft Engine Components
- Aero-Thermo Dynamics of Gas Turbine and Rocket Propulsion
- Aircraft Engine Design

等 AIAA から米国のレベルを示す良い本が出ていることを教えてくれたのも一つの収穫であった。

この大会と同じ場所で期を同じくして開かれていた Energy Technologies in Transition-Moving Toward the Future という代替エネルギーを主としたシンポジウムを一寸のぞいたが川崎重工業が小型ガスタービンのブースを出して頑張っているのが目についた。この他艦船用をはじめ述べたいことあるが頁もつきたので詳しくは各専門家による報告を見て頂きたい。

## 2. 航空用及び転用型ガスタービン

石川島播磨重工㈱ 八 島 聡

### 1. 全 般

Aircraft Committee の企画セッションは7つあり、論文は米国10、英国4、日本2、西独、カナダ、中国各1の合計19編であった。論文のないパネル・セッションが「航空用ガスタービンの将来技術」と「ATPの大規模研究と実証」をテーマとして開催された。航空転用型ガスタービンに関しては、筆者の気がついた範囲では Marine Committee が1セッションを設け、米国、カナダ、デンマーク（米国が共著）から1編ずつ論文が発表されていた。以下、筆者が興味をもったセッションを中心に簡単に見聞を述べる。

### 2. 航空用ガスタービンの将来技術

Education Committee との共催によるこのパネル討論では、エンジン・メーカー3社と機体1社が将来技術について発表し、毛色の変ったところでは、AFWAL が超電導技術の応用について講演

した。

(1) GE は「新超音速及び極超音速推進」と題して講演し、将来の飛行領域はマッハ2から20以上、高度は24万フィート以上になるとして、それに対応する Key Technology に言及した。特にラムによる入口全温はマッハ5を超えると金属限界に到るため、セラミック、更にはカーボン・カーボンが必要。また、ラム・ジェット、スクラム・ジェットの時代に於るターボ機械の役割としては、可変サイクル・エンジンや、ラム・ジェットとターボファンの組合せによる亜音速域の SFC 改善にあるとしている。

(2) PWA は「21世紀に備える超音速軍用機」と題して、STOVL (Short Take off and Vertical Landing) 技術を中心に講演した。推力偏向ノズル、PCB (Plenum Chamber Burner)、RALS (Remote Augmented Lift System)、Ejector Lift、Tandem Fan、超音速ファンなどが構想図をまじえて紹介された。

(昭和62年7月25日原稿受付)

(3) Garrett は「小型エンジンの将来技術」について、性能を向上させることも大事だが、コストを下げるものでなくてはならないことを強調した。

(4) Boeing は「民間機用将来エンジン」について講演し、20以上の超高バイパス比エンジンはファン・カウル抵抗が増し、サイクル上の理想SFCはとて得られないとして、機体の立場から Advanced Nacelle Concept を紹介した。更に将来へのチャレンジとして、エンジン・サイクルが効率向上をもたらすことはもちろん、インストレーションが機体性能に最適で、維持費が改善され、かつ信頼性は現在並みでなければならないとの要求を示した。

(5) AFWAL (Air Force Wright Aeronautical Lab.) は「高温超電導」と題して、今ブームの超電導の航空原動機への応用を講演し、注目された。超電導材は  $240^{\circ}\text{K}$  (当時) まできており、常温で使用可能なものも間近いとして Super Conductivity Generator を写真で紹介していた。ターボ機械への応用としては、動力源として直接駆動する電動ファン V/STOL, 強力な磁場を応用したエンジン軸受, 電気式制御装置などをあげていた。

### 3. ATP の大規模研究と実証

昨年から相次いで飛行試験の始まった ATP (Advanced Turboprop) に関してパネル討論が開催された。まず UDF について GE が講演し、地上及び飛行試験の成果を報告した。B-727 に搭載しての性能はほぼ予測通りであり、最大の問題である二重反転型ファンによる騒音についても、模型試験の結果、翼枚数を増加させることで解決できる見通しが得られたとして、先行メーカーとしての自信に満ちた発表であった。UDF を搭載した B-727 の離陸と MD-80 の飛行の様子がビデオで上映され、印象的であった。

次いで、GM Allison が PW-Allison Engines (PWA と Allison の対等関係による新会社) の「プロップファン・エンジン技術計画」について講演し、先発の NASA-Hamilton の一重ロータ型ファンから GE と同じ二重反転型に変更した経緯を述べ、578-DX を搭載した MD-80 の飛行試験計画 (今年末に飛行) の概要にも触れた。MODEL578 は T701 のコア・エンジンに低圧圧縮機を追加し、Allison 担当の歯車システムと

Hamilton 製のプロップファンを組合せたものになる。GE の歯車なしの構成と比べて、歯車システム部で二重反転を実現するため、牽引型 (Tractor), 推進型 (Pusher) のいずれの用途にも応じられることを強調していた。

最後に「プロップファン試験評価」と題して、プロップファン実験機に関する機体側からの報告が Lockheed によってなされた。この実験機は、プロップファンとしては NASA-Hamilton の一重ロータを使用し、Lockheed が Gulf-Stream GII を改造して主翼に ATP を搭載したものである。機体改造にあたっての検討事項が述べられた後、今年3月に始まった飛行試験に触れ、現在 (6/2) までに 12 飛行 (約 20 時間) 行われ、最大速度マッハ 0.87, 最高高度 4 万フィートを達成している旨の報告があった。初飛行の様子がビデオで放映されたが、プロップファンは止めたまま離陸し、上空で始動させるという慎重な方法がとられていた。

### 4. 航空エンジンの開発プログラム

英国国防省が英国のデモンストレータ・プログラムについて講演し、(87-GT-203), デモ機の研究により開発費と期間が著しく短縮されることを述べていた。RB199, RB211, RTM322 など開発済のエンジンとデモ機 (XG-20, HTDU, HTSTU 等) の関係や、今後開発予定の EFA や ASTOVL 用エンジンとデモ機の関係などについても一部触れ、認定試験完了に至る開発の一般的線表も示されていた。

日本から新中等練習機用エンジン XF3-30 の開発とその高空試験結果について筆者が講演した。(87-GT-25 及び 26) 今年は AIAA との Joint Propulsion Conference が近くの San Diego で開かれることになって、エンジン開発物の論文がかなりそちらに流れたとかで、開発物としては稀少価値がでた為か好評であった。

### 5. 信頼性/整備性解析手法

標記タイトルで 1 セッションが設けられ、GE, PWA, Allison, Teledyne の 4 社から 1 編ずつ論文が発表された。PWA のもの (87-GT-15) は F100 エンジンを対象としてワイブル解析及びモンテ・カルロ・シミュレーションによるリスク解析を実行し、不具合発生を予測したもので

あり、GEのもの(87-GT-40)はやはりワイブル分布からエンジン部品の最適補給計画を解析したものである。発表の内容もさることながら、発表者の4名中3名までがうら若い女性であったことに印象づけられた。

## 6. 統合エンジン制御

ここ数年注目されている HIDEDEC (Highly Integrated Digital Electronic Control) に関して、昨年からはまった飛行試験結果の報告があった。

(87-GT-257) F-15 の片側エンジンを従来の F100 からその派生型である PW1128 (HIDEDEC 付) に置換えて、ADECS モード (Adaptive Engine Control System) の飛行試験を行ったものだが、通常の飛行ではEPRを高目にトリムして推力をかせぎ、インレット・ディストーション下では機体迎え角と横滑り角に応じてディストーション・レベルを計算し、EPRトリム値を調整することによって、ファンのサージ余裕を確保している。亜音速飛行で12%の推力増加が得られ、その結果上昇率が16%も向上するなど機体性能の著しい改善がみられ、一方、エンジンには ADECS モードによる不具合はなかったという。

FOCSI (Fiber Optic Control System Integration) に関する論文も発表された。(87-GT-168) 1995年の飛行を目指した概念設計の段階での発表であり、FOCSI のメリット、FADEC の配置のケース・スタディ、センサー類の開発要素等についての検討結果が報告されている。

## 7. 航空転用型ガスタービン

TPM 社 (Turbo Power and Marine Systems) が、JT8D を陸船用に転用した FT8 について論文を出している。(87-GT-242) TPM 社と中国の CATIC の共同事業の経緯や1989年の最初の量産ユニットに到る計画について述べたものである。87-GT-243 では、カナダの駆逐艦 DDH280 級の動力源を、現在の PWA FT4A と FT12A から、Allison570K に換装するに際しての検討結果について発表している。また、デンマーク海軍の小型艦用推進装置である CODAG (Combined Diesel and Gas Turbine) プラントに GE の LM500 を適用した事例が 87-GT-244 で報告されている。

展示には航空転用型ガスタービン関連のものが多くあったが、ここでは触れず、別に譲りたい。

## 3. セラミックス関係

三井造船(株) 内 田 和 男

セラミックス関係の発表論文は、Ceramics Committee および Small Turbomachines Committee 共催の小型ターボ機械開発のセッションの4編、Ceramics Committee 主催の脆性材料を用いた設計法のセッションの4編およびセラミック部品の非破壊検査 (NDE) セッションの4編が主なもので、他に小型ガスタービンおよびターボチャージャーセッションで関係論文が2編発表された。

また、パネルセッションとしてセラミック部品

の技術開発における政府の役割と題するもの、およびターボチャージャーにおける新しいセラミックスの利用・試験の現状についての討議が行なわれた。前者は政府関係者の出席がアメリカからだけとなってしまったためアメリカにおける研究開発予算の配分に話が集中していた。後者については都合で参加できなかった。

以下に各セッションの概要を報告する。

### (1) 小型ターボ機械開発セッション

GT-161 は SiC タービンロータの HIP による特性改善の報告で SOHIO の Ohnsorg 氏が発表した。最適な HIP 圧力・温度条件を選んで試験片を

(昭和 62 年 7 月 30 日原稿受付)

あり、GEのもの(87-GT-40)はやはりワイブル分布からエンジン部品の最適補給計画を解析したものである。発表の内容もさることながら、発表者の4名中3名までがうら若い女性であったことに印象づけられた。

## 6. 統合エンジン制御

ここ数年注目されている HIDEDEC (Highly Integrated Digital Electronic Control) に関して、昨年からはまった飛行試験結果の報告があった。

(87-GT-257) F-15 の片側エンジンを従来の F100 からその派生型である PW1128 (HIDEDEC 付) に置換えて、ADECS モード (Adaptive Engine Control System) の飛行試験を行ったものだが、通常の飛行ではEPRを高目にトリムして推力をかせぎ、インレット・ディストーション下では機体迎え角と横滑り角に応じてディストーション・レベルを計算し、EPRトリム値を調整することによって、ファンのサージ余裕を確保している。亜音速飛行で12%の推力増加が得られ、その結果上昇率が16%も向上するなど機体性能の著しい改善がみられ、一方、エンジンには ADECS モードによる不具合はなかったという。

FOCSI (Fiber Optic Control System Integration) に関する論文も発表された。(87-GT-168) 1995年の飛行を目指した概念設計の段階での発表であり、FOCSI のメリット、FADEC の配置のケース・スタディ、センサー類の開発要素等についての検討結果が報告されている。

## 7. 航空転用型ガスタービン

TPM 社 (Turbo Power and Marine Systems) が、JT8D を陸船用に転用した FT8 について論文を出している。(87-GT-242) TPM 社と中国の CATIC の共同事業の経緯や1989年の最初の量産ユニットに到る計画について述べたものである。87-GT-243 では、カナダの駆逐艦 DDH280 級の動力源を、現在の PWA FT4A と FT12A から、Allison570K に換装するに際しての検討結果について発表している。また、デンマーク海軍の小型艦用推進装置である CODAG (Combined Diesel and Gas Turbine) プラントに GE の LM500 を適用した事例が 87-GT-244 で報告されている。

展示には航空転用型ガスタービン関連のものが多くあったが、ここでは触れず、別に譲りたい。

## 3. セラミックス関係

三井造船(株) 内 田 和 男

セラミックス関係の発表論文は、Ceramics Committee および Small Turbomachines Committee 共催の小型ターボ機械開発のセッションの4編、Ceramics Committee 主催の脆性材料を用いた設計法のセッションの4編およびセラミック部品の非破壊検査 (NDE) セッションの4編が主なもので、他に小型ガスタービンおよびターボチャージャーセッションで関係論文が2編発表された。

また、パネルセッションとしてセラミック部品

の技術開発における政府の役割と題するもの、およびターボチャージャーにおける新しいセラミックスの利用・試験の現状についての討議が行なわれた。前者は政府関係者の出席がアメリカからだけとなってしまったためアメリカにおける研究開発予算の配分に話が集中していた。後者については都合で参加できなかった。

以下に各セッションの概要を報告する。

### (1) 小型ターボ機械開発セッション

GT-161 は SiC タービンロータの HIP による特性改善の報告で SOHIO の Ohnsorg 氏が発表した。最適な HIP 圧力・温度条件を選んで試験片を

(昭和 62 年 7 月 30 日原稿受付)

HIP したところ密度・強度は明らかに向上したが、AGT-100 エンジンのタービンロータモデルをHIP し、スピントストしたところ有意な改善効果が得られなかったため、破壊の原因となる欠陥について調査を進めているとのことであった。

GT-190 は筆者らによる高効率ガスタービンプロトタイプ機 (AGTJ-100B) 高圧タービン翼のセラミック遮熱コーティング (TBC) に関する報告であり、他 3 編が全てアメリカの AGT 計画関係の論文であるのに対し、名前は似ているものの異色の存在であった。発表は、パイロット機 (AGTJ-100A) の一部のタービン翼を用いたエンジン試験を含め、一連の TBC 耐久性評価試験について行なった。最近行なった AGTJ-100B 高圧タービンの実翼による 1500℃でのセクターモデル試験では前縁の熱電対埋込部が早期剥離したため調査・対策を行ない、回転試験 (HTDU) の準備を進めている。

GT-228 は AGT-101 の FINAL リポートとも言うべきもので、1986 年度で終了した同計画の全成果について Garrett の Boyd 氏が発表した。成果のまとめとして、セラミックス構造部品の設計ガス温度 2500°F (1371℃) での 40 時間の実証運転を行ない設計法の妥当性を検証したこと、全セラミックス化したエンジンにより定格回転数 100,000RPM (タービン周速 701m/s) を達成し、2200°F (1204℃) で 85 時間実証運転したこと、セラミックス部品の累計運転時間が 240 時間を越えたことなどを報告した。最も挑戦的なテーマであるタービンロータの定格温度条件での運転のためには更に、製造プロセスの管理・材料の開発が必要とされるとのことで、商用機までの道のりを感じさせた。

また AGT 計画に続いて 1987 年から 5 年計画で始まる ATTAP 計画 (Advanced Turbine Technology Application Project) について触れ、設計法・材料・データベースの確立およびセラミックス部品製造プロセスの改良などを重要項目としてあげている。

GT-79 は AGT-100 のセラミック部品の開発方法に関する報告で GM Allison の Turner 氏が発表した。主として高圧タービンロータおよびスクロールについて、3 次元および 2 次元 FEM 計算

と材料特性データを用いて線形弾性モデルにより破壊確率を評価し、試験を行なって設計法の改良および信頼性を高めて行く一連のプロセスおよび開発結果について説明した。材料特性データは、4 点曲げ試験結果を寸法効果を考慮して 2 パラメータ Weibull モデルによって評価したものである。エンジン試験の累計時間は 500 時間以上となった。

## (2) 脆性材料を用いた設計法セッション

GT-81 はセラミックスの応力-破断特性についての Materials 研究所の Jones 氏の発表で、破断応力 ( $\sigma_f$ ) と破断時間 ( $t_f$ ) の関係はシフトファクタ ( $\alpha_T$ ) と称する温度 (T) の関数を用いることにより、異なった温度での試験データを 1 つのパラメータで表わすことができることを述べている。SiN と SiC の公表されたデータを用いて得られた  $\alpha_T$  の対数値 ( $\log \alpha_T$ ) と温度の逆数 ( $1/T$ ) の間には直線関係があることを実証している。

GT-80 は酸化物を添加した焼結 SiN の破壊強度および応力-破断特性試験結果の報告で、Ford の Govila 氏が発表した。NGK-SN73 について温度を変えて 4 点曲げ試験を行なったところ、900-1000℃で強度が急落した。原因として残留ガラス相が軟化し、致命的ではないクラックが成長したことが推定されたため、800-1000℃で曲げ応力-破断試験を行ない、詳細な破面解析を実施したところ、実際に致命的でないクラックの成長が観察された。

GT-70 は構造用セラミックスの混合モード破壊の基準について研究動向のレビューおよび 2 次元クラック試験片でのデータを用いて各種基準の妥当性の評価を行なったもので、Utah 大学の Shetty 教授が発表した。またアルミナセラミックスの 2 軸破壊応力の予測をせん断力の影響がない場合 (Normal Stress Criterion) および経験則により最もせん断力に敏感とした場合 (Shear - Sensitive) の両極端の基準で行ない、N<sub>2</sub> ガス雰囲気ではどちらも安全側の結果を与えるが、水中での試験結果は予測が難しいことを示した。

GT-69 は NASA における構造用セラミックスの信頼性解析に関する研究活動の成果を示すもので、SCARE (Structural Ceramics Analysis and

Reliability Evaluation) プログラムの Version Up について NASA Lewis の Gyekenyesi 氏が発表した。SCARE は MSC/NASTRAN のポストプログラムとして統計的な瞬時破壊予測を行なうもので、新たに表面欠陥が引き起す破壊をも扱えるようになった。この発表に対してメーカーの人から研究結果の有用性について謝辞が寄せられていた。以上 2 つのセッションを通じて、アメリカでは構造用セラミックスの信頼性評価・設計法について実験・理論の両面から産学をあげて活発な研究が行なわれていることを感じた。

以下 2 つのセッションには出席できなかったため論文の概要のみを紹介する。

### (3) セラミックス部品の NDE セッション

GT-7 は Argonne 国立研究所での NDE によるホットプレス  $\text{Si}_3\text{N}_4$  の破壊予測についての論文で、表面付近の欠陥の探知は後方散乱による超音波法の方が低出力放射線法より適していることを述べている。

GT-6 は Idaho 国立技術研究所における超音波法を用いた SiC 中の空隙の評価に関するもので、4 つの異なる信号処理方法により空隙分布につい

ての異なる情報を得られることを述べている。

GT-8 は NASA Lewis の Baaklini 氏の論文で、セラミックス中の微小空隙を探知する際のマイクロフォーカス X 線およびレーザ走査電子顕微鏡による検査の信頼性について検討するとともに、NASA6Y と称する  $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$  複合物の精製・焼結過程を NDE を用いて管理した例について報告している。

GT-1 は US Army の材料技術研究所での超音波を用いたセラミックスの評価例の報告である。単純な形状のセラミックスの機械的特性の評価には C-SCAN が非常に有効であると述べている。

### (4) 小型ガスタービン関係のセッション

GT-109 は KFA および Hoechst から小型ガスタービン用の低  $\text{NO}_x$  燃焼システムおよび空気予熱器として使うプレート型の RBSN 製熱交換器についての報告である。

GT-173 は Ford における AGT-101 の再生器のシールの開発成果についての報告である。排気ガスの流入温度 2,000°F (1093°C) においてシール漏れ量を目標値である主流の 3.6% に減少させることに成功したことを述べている。

## 4. 産業用ガスタービン

日立製作所 今井 鉄

昨年 6 月のデュッセルドルフに続いて、今年は米国カリフォルニア州アナハイムで第 32 回 ASME 国際ガスタービン会議が開催された。かの有名なディズニールンドの本家まで歩いて行けるところにあるアナハイム コンベンション センターで 5 月 31 日から 6 月 4 日にかけて開催された。

昨年は産業用ガスタービンの分野では、コンバインド サイクル、コジェネレーション、更にジェット転用の台頭がハイライトであったが、今

年はどんな傾向か、大いに興味をもって参加した。例年の通り、講演と共に展示会場が華やかな彩りを添え、一種の社交の場ともなるのであるが、今回はガスタービン メーカー に展示の物が少なく、それも手短かにモデルで済ますところが多く、特に産業用ガスタービンでも、大容量の Heavy Duty のメーカーにその傾向が強かった。コーヒスタンドを中心としたサロン調が多かったのはどんなものか。また講演も学校、研究所からの発表がある一方でメーカーの PR 色を強く出しているところもあり、そういう意味からすると、新機種の発表は勿論のこと、長期間の運転実績とし

(昭和 62 年 7 月 21 日原稿受付)



Reliability Evaluation) プログラムの Version Up について NASA Lewis の Gyekenyesi 氏が発表した。SCARE は MSC/NASTRAN のポストプログラムとして統計的な瞬時破壊予測を行なうもので、新たに表面欠陥が引き起す破壊をも扱えるようになった。この発表に対してメーカーの人から研究結果の有用性について謝辞が寄せられていた。以上 2 つのセッションを通じて、アメリカでは構造用セラミックスの信頼性評価・設計法について実験・理論の両面から産学をあげて活発な研究が行なわれていることを感じた。

以下 2 つのセッションには出席できなかったため論文の概要のみを紹介する。

### (3) セラミックス部品の NDE セッション

GT-7 は Argonne 国立研究所での NDE によるホットプレス  $\text{Si}_3\text{N}_4$  の破壊予測についての論文で、表面付近の欠陥の探知は後方散乱による超音波法の方が低出力放射線法より適していることを述べている。

GT-6 は Idaho 国立技術研究所における超音波法を用いた SiC 中の空隙の評価に関するもので、4 つの異なる信号処理方法により空隙分布につい

ての異なる情報を得られることを述べている。

GT-8 は NASA Lewis の Baaklini 氏の論文で、セラミックス中の微小空隙を探知する際のマイクロフォーカス X 線およびレーザ走査電子顕微鏡による検査の信頼性について検討するとともに、NASA6Y と称する  $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$  複合物の精製・焼結過程を NDE を用いて管理した例について報告している。

GT-1 は US Army の材料技術研究所での超音波を用いたセラミックスの評価例の報告である。単純な形状のセラミックスの機械的特性の評価には C-SCAN が非常に有効であると述べている。

### (4) 小型ガスタービン関係のセッション

GT-109 は KFA および Hoechst から小型ガスタービン用の低  $\text{NO}_x$  燃焼システムおよび空気予熱器として使うプレート型の RBSN 製熱交換器についての報告である。

GT-173 は Ford における AGT-101 の再生器のシールの開発成果についての報告である。排気ガスの流入温度 2,000°F (1093°C) においてシール漏れ量を目標値である主流の 3.6% に減少させることに成功したことを述べている。

## 4. 産業用ガスタービン

日立製作所 今井 鉄

昨年 6 月のデュッセルドルフに続いて、今年は米国カリフォルニア州アナハイムで第 32 回 ASME 国際ガスタービン会議が開催された。かの有名なディズニールンドの本家まで歩いて行けるところにあるアナハイム コンベンション センターで 5 月 31 日から 6 月 4 日にかけて開催された。

昨年は産業用ガスタービンの分野では、コンバインド サイクル、コジェネレーション、更にジェット転用の台頭がハイライトであったが、今

年はどんな傾向か、大いに興味をもって参加した。例年の通り、講演と共に展示会場が華やかな彩りを添え、一種の社交の場ともなるのであるが、今回はガスタービン メーカー に展示の物が少なく、それも手短かにモデルで済ますところが多く、特に産業用ガスタービンでも、大容量の Heavy Duty のメーカーにその傾向が強かった。コーヒスタンドを中心としたサロン調が多かったのはどんなものか。また講演も学校、研究所からの発表がある一方でメーカーの PR 色を強く出しているところもあり、そういう意味からすると、新機種の発表は勿論のこと、長期間の運転実績とし

(昭和 62 年 7 月 21 日原稿受付)

て、トラブルとその対策も含めて、世に問うのも一計であろう。

## 1. 展 示

産業用ガスタービンの展示でまず感じたことは外見はにぎやかであるが、昨年に較べて中身にいま一つ欠けるものがある。特徴として、

(1) 実物（部品を含めて）の展示が少なかった。

RUSTON 社, SOLAR 社等が実物のガスタービン（或は部品）を展示していたが大容量 Heavy Duty のメーカは部品の展示すら極めて少なかった。

(2) ジェット転用の展示が昨年よりも一段と進んだものと思っていたが、今年はそれほどでもなかった。ジェット転用が減少傾向にあるということではなくコジエネ等の実績を写真等で紹介にかえたところが多かった。コジエネに対する各社の PR には熱が入っていた。ヨーロッパのメーカには石炭ガス化コンバインド サイクルを熱心に PR しているところもあり、まさにシステム花咲きといった感がする。システムとして応用の多様化即ちコンバインド サイクル、コジエネ、石炭ガス化コンバインド等をハードと共に PR していた。

(3) アフターサービスに担当のスペースと写真等を割いている。予備品にも、単なる Renewal Parts とは違う方向を出しているところもあった。

(4) ガスタービンメーカの他に材料、部品メーカの盛況ぶりは例年と変わらずであった。特に精鑄、コーティング等ガスタービン固有の材料メーカの展示が目立った。

(5) 今年の新機種の発表は Heavy Duty では GE 社の F7F と三菱重工の MF-111 の 2 機種であったが F7F についてはモデルとタービン動翼のサンプルを展示していた。また MF-111 についてはモデル並びに燃焼器の展示をした。

## 2. 講演内容

発表はいくつかのセッションにわかれて行なわれたため、私の出席は主として Electric Utility 協賛のものが主であったが、Electric Utility 協賛関係では全 20 件のうち

- |  |     |
|--|-----|
| (i) 新機種の発表                                   | 2 件 |
| (ii) 既設の火力発電所に<br>ガスタービンを追加して<br>複合サイクルとした実例 | 4 件 |

- |  |     |
|--|-----|
| (iii) 長期の運転実績                            | 1 件 |
| (iv) サイクル（主として大学、研究所発表が多かった）             | 9 件 |
| (v) リヒート ガスタービン関係<br>（高効率ガスタービン技術研究組合関係） | 3 件 |
| (vi) その他（騒音）                             | 1 件 |

その他パネル ディスカッションとしてメンテナンスに関するものとリヒート ガスタービンに（蒸気噴射サイクルを含めた）関するものがあった。関心をひいた主なものを紹介すると、新機種の発表 2 件のうち

(1) GE 社の F7F については試運転が未済につき結果については今秋東京で開催されるガスタービン学会に発表する予定とのことであるが、Mr. Brandt より設計の考え方、構造についての説明、特に F7F が約 15 年近い実績のある F7 型の延長として、それらとの比較において位置づけを説明した。

38 年前にオクラホマの電力会社に始めてガスタービンを納めた時の燃焼温度は 1,400°F (760°C)、効率は 26% だったと講演を始めた。

F7F は 60HZ のガスタービンとしては出力は最大クラスと思われるが 140MW、効率は 34%、燃焼温度 2,300°F (1,260°C)、従来の F7 型と違って、ロータは 2 軸受支持となり、燃焼器が 10 本から F9 型と同じに 14 本に変更されている。また外見上大きく違っているのは発電機駆動が従来のタービン側から圧縮機側に移ったことである。また燃焼温度については、燃焼器出口は冷却空気が部分的に入るため平均温度を出すのに問題があり、比較的均一化されるタービン動翼入口の温度をもって燃焼温度とするのが適当であると GE 社の考え方を説明した。燃焼温度は従来の F7 型に較べて上昇したが寿命に対する考え方は同じか、それ以上にしている。

圧縮機のサージマージンも従来より大きく、また圧縮機の動翼応力も相対的に楽になっている等々の説明があった。

(2) 三菱重工の MF-111 については燃焼温度 1,250°C (燃焼器出口)、圧力比 13 を選んだ根拠について説明し、出力 13,600kw、効率 32% のガスタービンの構造についての説明があった。NOx は

蒸気噴射によって210ppmを60ppmに低くすることが出来る。また1号機の運転後のオーバーホールの結果についても報告があった。

(3) FIAT社のガスタービン(TG10)の長期の運転実績として1976年以來の改良, 進歩の歴史を説明し, 当初の燃焼温度 998℃ (70MW) から 1,096℃ (103MW) にUprateする過程を説明したが, 説明のポイントは, その間における圧縮機中間段のブレードのトラブルについて, その原因と対策について説明した。生々しいトラブルの話であったが, 最後に大きな拍手があり, このような運転実績(特に長期の)をトラブルの対応も含めて報告することは決してメーカー不利になるばかりでもない。今後この種の報告があつて然るべきである。

(4) 既設の火力発電所にガスタービンをトップピングサイクルとして追設し, コンバインド サイクルとして効率並びに出力の向上を計った実例について報告があった。蒸気タービンは 590 MW (TC4F) の排気ディフューザの一部を改良して, ボイラーはベンソンを改造した。KWU製のガスタービン(128MW)を追設して, 総出力が 590 MW から 689MWに 18.3%上昇し, 効率は 40.5% が 46.3%と相対比 14.3%向上した。NOX に対しても言及があり, ボイラーのバーナーを改良したりして, 従来よりも低下したことを説明した。今後共, この種の Repowering は増加するであろうが, システム的にもこれが標準というものもないので, いろいろなケースに対応出来る Flexibility が要求されよう。また, 手間のかかるのも難点で

あるが, これもまた時代の要請であろう。

(5) 高効率ガスタービン技術研究組合からリヒートガスタービンについて3件発表と, それに関してパネル ディスカッション(主として蒸気噴射サイクル)を行った。発表した内容は

- (i) パイロット機, プロト機開発のための要素試験の結果について
- (ii) プロト機(燃焼温度 1400℃, コンバインドサイクル効率 55%)の開発について
- (iii) リヒートガスタービンに蒸気噴射するサイクルについて
- (iv) パイロット機の袖ヶ浦発電所におけるテスト結果について

であるがディスカッションを通して, 印象としてパイロット並びにこの開発プロジェクトに対して総じて関心はあるが, メーカーの人よりも研究所, 大学等の関係者に関心をもたれていると感じた。

全般を通じて ASME ガスタービン会議は展示, 発表共, 研究所, 大学の関係者の学術発表の場であると共に, メーカーにとっては格好の PR の場でもある。そしてまた, 世界のガスタービンの関係者と旧交をあたためる社交の場でもある。

一般的に日本人の発表は内容は立派でも, 質疑応答になると, 見劣りがする。しかしガスタービンに携わる若い技術者をドンドン国際会議に出席, 発表させ, 場を経験させることにより, 研鑽の場とされることを, ガスタービンの発展と共に願うものである。

## 5. 燃料及び燃焼関係

榎東 芝 古 屋 富 明

### 1. 全 般

今回, Combustion & Fuels Committee による

(昭和 62 年 7 月 20 日原稿受付)

ものはパネル討論1セッションを含む7セッションで行われた。他に, Coal Utilization Committee との共催で1セッションが行われた。Combustion & Fuels Committee のみでの論文数は29編で

蒸気噴射によって210ppmを60ppmに低くすることが出来る。また1号機の運転後のオーバーホールの結果についても報告があった。

(3) FIAT社のガスタービン(TG10)の長期の運転実績として1976年以來の改良, 進歩の歴史を説明し, 当初の燃焼温度 998℃ (70MW) から 1,096℃ (103MW) にUprateする過程を説明したが, 説明のポイントは, その間における圧縮機中間段のブレードのトラブルについて, その原因と対策について説明した。生々しいトラブルの話であったが, 最後に大きな拍手があり, このような運転実績(特に長期の)をトラブルの対応も含めて報告することは決してメーカー不利になるばかりでもない。今後この種の報告があつて然るべきである。

(4) 既設の火力発電所にガスタービンをトップピングサイクルとして追設し, コンバインド サイクルとして効率並びに出力の向上を計った実例について報告があった。蒸気タービンは 590 MW (TC4F) の排気ディフューザの一部を改良して, ボイラーはベンソンを改造した。KWU製のガスタービン(128MW)を追設して, 総出力が 590 MW から 689MWに 18.3%上昇し, 効率は 40.5% が 46.3%と相対比 14.3%向上した。NOX に対しても言及があり, ボイラーのバーナーを改良したりして, 従来よりも低下したことを説明した。今後共, この種の Repowering は増加するであろうが, システム的にもこれが標準というものもないので, いろいろなケースに対応出来る Flexibility が要求されよう。また, 手間のかかるのも難点で

あるが, これもまた時代の要請であろう。

(5) 高効率ガスタービン技術研究組合からリヒートガスタービンについて3件発表と, それに関してパネル ディスカッション(主として蒸気噴射サイクル)を行った。発表した内容は

- (i) パイロット機, プロト機開発のための要素試験の結果について
- (ii) プロト機(燃焼温度 1400℃, コンバインドサイクル効率 55%)の開発について
- (iii) リヒートガスタービンに蒸気噴射するサイクルについて
- (iv) パイロット機の袖ヶ浦発電所におけるテスト結果について

であるがディスカッションを通して, 印象としてパイロット並びにこの開発プロジェクトに対して総じて関心はあるが, メーカーの人よりも研究所, 大学等の関係者に関心をもたれていると感じた。

全般を通じて ASME ガスタービン会議は展示, 発表共, 研究所, 大学の関係者の学術発表の場であると共に, メーカーにとっては格好の PR の場でもある。そしてまた, 世界のガスタービンの関係者と旧交をあたためる社交の場でもある。

一般的に日本人の発表は内容は立派でも, 質疑応答になると, 見劣りがする。しかしガスタービンに携わる若い技術者をドンドン国際会議に出席, 発表させ, 場を経験させることにより, 研鑽の場とされることを, ガスタービンの発展と共に願うものである。

## 5. 燃料及び燃焼関係

榎東 芝 古 屋 富 明

### 1. 全 般

今回, Combustion & Fuels Committee による

(昭和 62 年 7 月 20 日原稿受付)

ものはパネル討論1セッションを含む7セッションで行われた。他に, Coal Utilization Committee との共催で1セッションが行われた。Combustion & Fuels Committee のみでの論文数は29編で

あった。セッションへの出席者は30～50名程であり、比較的に活発な討論が行われた。

発表国別の論文数は、米国8（2編は中国と共同）、日本、英国各5、カナダ3、西独、フランス、イタリア各2、中国、サウジアラビア各1であり、日本からの発表の増加が目立った。

企業による発表は、約半分の14編であり、その内5編が日本の企業からの発表であった。外国企業では、Shell Research, Fiat, Westinghouse（EPRIと共同）、Solar（GRI, EPRIと共同）等が発表を行った。

発表内容を大別して、①低NO<sub>x</sub>燃焼、②燃焼器設計、③噴霧・微粒化、④代替燃料、について以下に概要を述べる。

## 2. 低 NO<sub>x</sub> 燃焼

低NO<sub>x</sub>化に関するものは、Combustor Design, Emission Technology, Fuel Injection Processの各セッションで合計6編が発表された。この内、触媒燃焼が3編、予混合燃焼が2編、2段燃焼が1編であり、1編を除いて全て日本からの発表であった。

触媒燃焼に関して、川崎重工がリグテスト結果とエンジン（SIA-02型）テスト結果とを各1編報告した（GT-62, 100）。燃焼器の特徴は、希釈空気の制御を行う可変機構を採用していることである。この機構により、触媒の燃焼効率を高く維持すると同時にタービン入口温度を調整するとしている。燃焼効率は圧力の上昇とともに低下する傾向があり、高圧ではより多くの触媒面積が必要であるとしている。

もう一つの触媒燃焼の発表は筆者が行ったものであり、東京電力と共同で触媒の長寿命化とガスタービンの高温化に対して有効であると考えられるハイブリッド触媒燃焼と称す方式について報告した（GT-99）。特徴は、触媒温度を従来より低く操作し、触媒部の後流域に気相燃焼部を設けて燃料を追加し完全燃焼させること、広範囲な運転条件を可能とするために、希釈空気をバイパス弁によって制御すること、などである。この概念に基づいたシステム検討、計算機シミュレーションによる触媒検討、小型装置での試験結果、について報告した。

2段燃焼に関して、日立製作所がMS-7001E

用のドライ低NO<sub>x</sub>燃焼器の開発とその構造及び性能について報告した（GT-64）。IFC（Internal Flow Controller）を用いているのが特徴であり、実缶実圧条件下で目標値の75ppm（15%O<sub>2</sub>）以下を達成したことを報告した。

予混合燃焼については、Solar（GRI, EPRIと共同）が前回発表した超低NO<sub>x</sub>燃焼器（86-GT-263）の続編として、前回のラジアルスワラーをアクシャルスワラーに変えた結果を報告した（GT-141）。運転範囲は拡大したが、COが数百ppm排出された。しかし、スワラーの設計及び燃料の予混合の最適化によって改善できるとしている。

また、予混合燃焼器内のNO<sub>x</sub>とCOの分布に関して、計算機による予測値と実験値との比較を行った結果が川崎重工から報告された（GT-63）。

## 3. 燃焼器設計

特別講演として、Illinois大学のPeters氏が、代替燃料、コンピュータモデリングに関する進歩、多段燃焼器の概念、燃料噴霧に関する最近の研究、について1時間程の講演を行った（GT-107）。氏は講演の中で、最近ではエネルギー事情の緩みから代替エネルギーの研究を縮少し、通常の燃料を用いた燃焼システムの効率及び耐久性の向上やコスト低減化に力を入れているが、近い将来再びエネルギーコストの上昇に伴って、代替エネルギーの研究が加速されるであろうと話していた。

英国のLeeds大学から、conical grid形式の火炎安定板（マルチジェットタイプの燃焼器ヘッドに相当）の空気穴のサイズと個数について検討した結果が報告された（GT-58）。全面積が一定ならば、空気穴の個数が少ない方が火炎の安定性は高いがNO<sub>x</sub>は高くなるとしている。

ONERAから、リヒートダクト内の燃焼効率を推定する方式として、ダクトの軸方向の静圧分布と出口のガス組成のデータより算出する方式が報告された（GT-90）。計算をダクトの下流側から開始するために、フレイムホルダーが有っても適用可能であるとしている。

Shell Researchから、燃料特性の評価に関する報告が2件行われた。小型のモデル燃焼器（Shell model combustor, Phillips 2" model combustor）とRRのTyne燃焼器とを用いて種々の燃料を試験

した結果、すす生成及び輻射の各々について、参照燃料を用いた時の値でノーマライズしたものは、モデル燃焼器と Tyne 燃焼器の間で良い相関が得られたとしている (GT-89)。また、燃料特性の指標として、予混合メタン火炎中で煙点を光学系で自動計測する方式を提案し、その方式によれば、広範囲の燃料の特性をより正確に表せるとしている (GT-125)。

その他に、Fiat の既設プラントの燃焼器を実際に使って試験及び改良を行った例 (GT-205) や、カナダの Carleton 大学の安価なプローブを用いた温度及び速度ベクトルの計測法 (GT-91) などの発表があった。

#### 4. 燃料噴霧・微粒化

英国の RAE (GT-140) と Cranfield 工科大学 (GT-155) から、マルチジェットタイプの燃料器に関連した報告が行われた。前者は、燃焼器のリグテスト及びエンジンテスト結果を紹介し、目標性能を達成したことを報告した。後者は、マルチジェットタイプ燃焼器のハイブリットタイプの燃料噴射弁に関する基礎研究結果を報告した。

Purdue 大学から、うず巻圧力噴射弁の微粒化特性と雰囲気圧力との関係について報告された (GT-55)。平均液滴径は雰囲気圧力の増加とともに増加し、極大値を経た後、減少する ( $\propto Pa^{-0.25}$ ) としている。極大値が存在するのは、ノズル近傍での初期液滴径の大きさが、ある雰囲気圧に達するまでは増加し続けるためであるとしている。

中国から、流れに垂直に平面オリフィスから燃料を噴射した場合の微粒化について報告された (GT-57)。空気流に分布が有る場合は、ノズルと低流速部との位置関係が、微粒化に大きく影響するとしている。

エアブラスト噴射弁のスワラーの効果に関して、Karlsruhe 大学 (GT-204) と Parker Hannifin 社 (GT-139) から報告が行われた。また、実際の燃焼器のような高流速、高圧下で微粒化試験を行える装置を用いて、流れに平行に水を噴射した試験結果 (GT-56) や、Phase Doppler 法による計測器を用いて、液滴の径及び速度を測定した例 (GT-48) が報告された。

#### 5. 代替燃料

このセッションで今回発表されたものは、液体燃料に関するものだけであった。種々の液体燃料に対応できる燃焼器ライナー温度の推定式 (GT-177)、燃焼ガスの熱力学的特性 (比熱、密度、平均分子量等) を簡便に推定できる経験式 (GT-49)、石炭液化燃料を使用した燃焼器リグテスト結果 (GT-157)、実機プラントに原油を燃料として使用した例 (GT-176)、上空を想定した種々のジェット燃料の着火特性 (GT-178)、メタノールのスチームリフォーミングを組み込んだガスタービンサイクルの検討 (GT-175) が報告された。

この内、石炭液化燃料のリグテスト結果に関するものでは、ITSL (Integrated Two-Stage Liquefaction) 石炭液化燃料の燃焼特性は、基準とする NO<sub>2</sub> 燃料と大差なかったこと、スチームインジェクションの効果も同様であったこと、Na, K, V 等も基準値以下であったことなどの理由から、発電用ガスタービンへ適用可能であるとしている。

また、原油を実機プラントに使用した例は Fiat から報告されたものであり、原油中から Na, K を基準値以下に減少させた後、V によるホット कोरोジョンのインヒビターとして有機の Mg 化合物を添加して燃焼を行ったものである。700~800 時間毎に、ホットパーツの水洗をアトマイディングエア供給系を利用して行うことが必要であるが、運転成績は良好であるとしている。

その他に、代替燃料に関するものとして、Coal Utilization Committee のセッションで、石炭の直焚きに関する発表が 6 件行われたことを付記しておく。

#### 6. あとがき

今大会の燃料及び燃焼関係の発表論文を概括的に紹介した。全般的な印象としては、日本の低 NO<sub>x</sub> 化技術が着実に進歩していること、英国でマルチジェットタイプの燃焼器の開発が注力されていること、地味ではあるが基礎的な面を継続して研究している欧米の底力、などが感じられた。

## 6. 伝 熱 関 係

三菱重工業㈱高砂研究所 武 石 賢一郎

伝熱の分野では、Heat Transfer Committeeによるものがパネル討論1セッションを含む7セッションで24論文、回転ディスク面の伝熱に関するものが1論文(Turbomachinery Committeeによる87-GT-163)の合計25論文が発表された。伝熱関係の論文は、総論文数の約10%をしめる。この割合は、ここ数年同じである。

## (1) 翼外面の伝熱関係

(195)では、鳥かご型の回転乱流発生器により生じる主流脈動の動翼面の熱伝達への影響が調べられた。脈動は、翼背側で乱流遷移を早める効果がある。乱流遷移後は、熱伝達率の増加にほとんど影響しない。一方、翼腹側は、凹面と加速流の組合さった流れで複雑であり、脈動は、翼腹面全面に亘って熱伝達率を脈動無しに比較して約2倍に増加させることが報告されている。Oxford大学では、非定常風洞を用いて、動翼の翼列前で回転する格子によって生じるウェークの動翼面上の非定常熱伝達への影響を研究している。(85-GT-112等)(197)では、動翼翼間流れの非定常流に関するモデルを提示し、動翼背側の熱伝達率を解析している。(199)では、凸面上の乱流輸送への曲率、主流乱れ強さ等の影響を明らかにした。3線のホットワイヤーで凸面上の境界層中の相関分布を測定した所、 $\overline{u'v'}$ ,  $\overline{t'u'}$ ,  $\overline{v't'}$ の値が平板に比較して低下すること、また、主流乱れが大きい場合、凸面上の境界層外縁で $\overline{u'v'}$ が負になり、もはやこの領域では、Reynoldsアナロジーが成り立たないことが示された。(120)では、Teledyne 702 エンジンの高圧タービン段を衝撃波風洞に装着し、静動翼に埋め込んだ白金薄膜ゲージにより翼面の時間平均局所熱伝達率の測定結果と種々の解析値との比較が報告された。静翼では、翼前縁近傍の背側を除いて乱流平板の推定値は実測値に比較してやや高めであり、STAN 5,  $k-\epsilon$  モデ

ルを用いた STAN5 は低めとなっている。一方動翼では  $k-\epsilon$  モデルを用いた STAN 5 コードが比較的良い推定を与える。

## (2) フィルム冷却

(117)では、末広ノズルの縮流部上流に二次元フィルム冷却を行なった場合の流路面のフィルム冷却効率、熱伝達率の測定結果と、 $k-\epsilon$  モデルを用いた境界層解析との比較が示された。(119)では、燃焼器の流動伝熱問題を解くコード開発のベースデータを得る目的で、二次元の横風を受けるジェットの実験的研究が報告された。はく離流、再付着の流動・熱伝達率が測定された。再付着点の最大熱伝達率が、 $Re_\infty$ ,  $M$ 等の関数で表わされる実験式として提示された。(122)では、円孔列から吹き出すフィルム冷却空気の流れを厳密に解くには楕円形の方程式を解く必要があるが、ここでは、吹き出し直後の境界層の形状を与える注入モデルと主流の巻込みを考慮する散逸モデルを二次元放物型境界層方程式に組込むことによる解析手法を示した。平板およびタービン動翼面上のフィルム冷却の実験データとの比較は、良い一致を示している。フィルム冷却孔近傍のフィルム冷却を解析する実用的手法を与えている。(136)では、コロージョン対策の一つとして、フィルム冷却の凝縮効果を、水蒸気をフィルム冷却孔から吹き出すことにより調べた。フィルム冷却は、ある質量流束比で、表面での凝縮を抑える効果があることが確められた。(196)では、三次元リニアカスケードを用いて端壁の翼面上のフィルム冷却効果への影響が調べられた。動翼背側では、端壁と翼前線の交点を頂点とし、端壁と翼の接する部分を一边とする三角形の領域でフィルム冷却がなされていない。一方動翼腹側では、端壁の翼面フィルム冷却への影響は小さい。端壁面上の二次流れのフィルム冷却への影響が示された。

## (3) 冷却面の伝熱関係

(93)では、全面インピンジメント冷却の燃焼

(昭和62年8月4日原稿受付)

器壁の冷却設計を目的として、 $X/D=10$ 、流量一定の条件で、単位面積当りのノズル数 $N$ を変化させ熱伝達率を測定した結果が報告された。 $N$ の大きい所では、クロスフローの影響があり熱伝達率が低下する為、 $N$ の最適値があることが示されている。

(94)では、リターンフロー型の冷却翼構造で、 $180^\circ$ 曲り流路でのタービュレンスプロモーターの角度 $\alpha$ をパラメータにした場合の熱伝達率分布をナフタレン昇化法で測定した結果が報告された。 $\alpha=60^\circ$ 、 $45^\circ$ では、ターン入口部で $\alpha=90^\circ$ に比較して熱伝達率が高い。しかしターン出口では、 $\alpha=60^\circ$ は $90^\circ$ に比較して低くなる。(113)では、リターンフロー型の冷却翼の冷却流路を模擬したモデルで、 $180^\circ$ 曲り流路の熱伝達率分布を高さ、入口、出口巾等を変えた27種のモデルを用いて、各部の寸法が熱伝達率に及ぼす影響が調べられた。(198)では、インピンジメントノズルの配列( $X/D$ ,  $X/D$ )が(4, 4), (4, 8), (8, 4)の場合の熱伝達率が調べられた。横風の影響で、最大熱伝達率点は、最大 $4D$ 下流に移動すること、又同密度のノズル配列(4, 8), (8, 4)では、(4, 8)の配列は、クロスフローの影響が大きく平均熱伝達率は(8, 4)に比較して低いことが示された。(200)では、正方形リブの付いた面へのインピンジメント冷却効果が調べられた。上流側では、リブの効果は平面上の値と大差は無いが、クロスフローの影響が強くなる下流では、平板では生じる熱伝達率の低下を補う効果があることが報告されている。(201)では、過去に発表されたピンファインの熱伝達率と抵抗係数に関する論文がReviewされた。

#### (4) エンジン要素関係

(92)では、直線およびステップ状ラビリンスシール面の熱伝達につき実験的、解析的研究がなされた。直線ラビリンスシールの静止側で解析と実験は良く一致した。(流動解析についてはGT-87-188参照)(102)では、長時間運転したタービン動翼の表面磁力を測定することによりメタル温度を推定する手法が示された。非破壊的にメタル温度を推定する有効な手段であるが、実機では、時間、環境、温度等の効果が相互作用するので、誤差は大きい。更に研究が必要である。(135)で

は、V84・2エンジンの第1段動翼の表面メタル温度を1, 2段静翼の翼間に取り付けた半径方向トラバース可能なパイロメータで測定した結果が報告された。(137)では、タービン動静翼の低サイクル疲労寿命にとって重要な局所メタル温度の推定精度向上の為、フィルム冷却、内面の冷却等各種の伝熱要素試験の結果が重要であることが示された。(213)では、全面膜冷却翼を高温風洞に装着し、メタル温度を計測することにより二種の解析手法を確かめた。二種の解析手法は、①フィルム冷却効率から求まる断熱壁温とフィルム冷却が無い場合の翼面熱伝達率から熱流束を求める方法。②主流ガス温度を用い、フィルム冷却による熱流束の低下を熱伝達率に含める方法。(熱伝達率の計算はSTANCOOL)実験値との比較で、①の手法が比較的良く一致することが示された。

#### (5) 計測手法関係

(95)では、金属製翼表面にエナメルをコーティングしその上に薄い箔ゲージを取り付け、非定常風洞を用いて局所熱流束を計算する解析手法が、報告された。(118)では、タービン内の流動状況を炭酸ガスの濃度分布を測定することにより把握する手法が示された。燃焼器出口のガス温度分布に相当する濃度分布を炭酸ガスで与え、それが単段タービンの中で三次元流動の効果により、如何に混合するかが示された。定量的にも有効な手法であると報告されている。複雑な流路形状の熱伝達率を計測する手法として、感温液晶、溶融パウダー、感温塗料等を流路にぬり、非定常的に流体側の境界条件を変え、温度変化の情報から局所熱伝達率を計測する手法が開発されている。(212)では、タービュレンスプロモーター付流路に本手法を応用した場合、一次元熱伝導の解析として解ける場合とそうで無い領域を示している。Image Analysis Systemについても言及している。今後の熱伝達率計測の非常に有効な手法と考える。

以上、簡単に伝熱セッションで発表された総論文を筆者の独断でテーマに分類し紹介した。ここ数年、伝熱の発表テーマは地味である。特にガスタービンの伝熱研究を活性化するには、関連分野との共同研究が必須で、こういった意味で今後、日本はこの分野で寄与できるのではないかと考えている。伝熱分野に限れば、今後やるべきことは



パネルディスカッションの中心テーマとなった①伝熱データのクライテリアの作成、②伝熱解析コードの検証と考えられる。紙面の都合で、論文

の詳細が紹介出来なかったが、諸兄の御参考となれば幸いである。(番号)は ASME 論文番号 87-GT-番号を表わす。

## 7. 小型ガスタービン

トヨタ自動車㈱ 岩 井 益 美

ガスタービンはタービン入口温度 (TIT) を向上することにより、大巾な熱効率の向上が約束されたエンジンである。一方セラミックスは高温強度に優れた材料であるが、現在では未だ成形できる部品の大きさに限界がある。現在実用化されているセラミック部品は自動車用ターボチャージャーのサイズであることを考えると、セラミックガスタービン開発は出力で 100 kW 級の小型エンジンが開発対象とならざるを得ない。このクラスのエンジンで社会的に大きく寄与できる分野、それは大きな市場を有する自動車用エンジンとしてであることも自明と考えられる。このような観点から米国を始め、西独・スウェーデン等では、乗用車用セラミックガスタービン開発が国家プロジェクトとして推進されている。セラミックガスタービン開発にはセラミック材料と小型ガスタービンの両面の開発が必要であるが、現状では材料技術の開発が中心になっているように思われる。この分野の論文としては、AGT 100 に関する 2 編 (GM/Allison, Paper No. 87-GT-79, 161, いずれもセラミックコンポーネント開発) と AGT 101 (Garrett/Ford, Paper No. 87-GT-173, Regenerator Seal) が発表された。

私の Anaheim 参加の目的は “Progress in the Development of Automotive Gas Turbine” と題した Panel Discussion に Paneler として出席することにあつた。5 名の Paneler のうちエンジンメーカーとしては Benz, Garrett と私の 3 名であり、形

としては日・米・欧各 1 名ということで、一企業というよりは日本の開発状況について会場からの (日本的に云えば意地の悪い) 質問に答える立場にあつた。幸い日産・三菱自工各社からもスライドを借用して行ったので、日本のメーカーとしての立場は理解して貰えたと思っている。困ったことはこの分野における日本の政府、即ち MITI に関する質問が多かったことである。「日本は自動車の大生産国であるのに、将来の自動車エンジン開発の分野で何故もっと貢献しないのか」といった意見が中心であつた。「私は MITI の役人ではない」と逃げるのだが、相手も喰いついて仲々離れない。

自動車産業は各国とも基幹産業の一つである。米国では DOE が “Automotive Technology Development Program” を推進しており、その成果は毎年 10 月に CCM (Contractors' Coordination Meeting) で公表される。

CCM へは日本からの聴講者も多い。日本にはこの分野における国家プロジェクトは不在なので、米国から見た場合は技術情報の一方通行に映っていることに留意する必要があると思われる。

民間企業の自前の研究については定期的に公表する義務はないし、GM なども自前で推進している AGT-5 や AGT-6 に関しては余り発表していない。従って日本にも自動車用エンジンに関する国家プロジェクトが必要だと考えられるが、「儲っている自動車産業を何故国民の税金で援助する必要があるのか」といった発想が日本では先

(昭和 62 年 8 月 3 日原稿受付)

パネルディスカッションの中心テーマとなった①伝熱データのクライテリアの作成、②伝熱解析コードの検証と考えられる。紙面の都合で、論文

の詳細が紹介出来なかったが、諸兄の御参考となれば幸いである。(番号)は ASME 論文番号 87-GT-番号を表わす。

## 7. 小型ガスタービン

トヨタ自動車㈱ 岩 井 益 美

ガスタービンはタービン入口温度 (TIT) を向上することにより、大巾な熱効率の向上が約束されたエンジンである。一方セラミックスは高温強度に優れた材料であるが、現在では未だ成形できる部品の大きさに限界がある。現在実用化されているセラミック部品は自動車用ターボチャージャーのサイズであることを考えると、セラミックガスタービン開発は出力で 100 kW 級の小型エンジンが開発対象とならざるを得ない。このクラスのエンジンで社会的に大きく寄与できる分野、それは大きな市場を有する自動車用エンジンとしてであることも自明と考えられる。このような観点から米国を始め、西独・スウェーデン等では、乗用車用セラミックガスタービン開発が国家プロジェクトとして推進されている。セラミックガスタービン開発にはセラミック材料と小型ガスタービンの両面の開発が必要であるが、現状では材料技術の開発が中心になっているように思われる。この分野の論文としては、AGT 100 に関する 2 編 (GM/Allison, Paper No. 87-GT-79, 161, いずれもセラミックコンポーネント開発) と AGT 101 (Garrett/Ford, Paper No. 87-GT-173, Regenerator Seal) が発表された。

私の Anaheim 参加の目的は “Progress in the Development of Automotive Gas Turbine” と題した Panel Discussion に Paneler として出席することにあつた。5 名の Paneler のうちエンジンメーカーとしては Benz, Garrett と私の 3 名であり、形

としては日・米・欧各 1 名ということで、一企業というよりは日本の開発状況について会場からの (日本的に云えば意地の悪い) 質問に答える立場にあつた。幸い日産・三菱自工各社からもスライドを借用して行ったので、日本のメーカーとしての立場は理解して貰えたと思っている。困ったことはこの分野における日本の政府、即ち MITI に関する質問が多かったことである。「日本は自動車の大生産国であるのに、将来の自動車エンジン開発の分野で何故もっと貢献しないのか」といった意見が中心であつた。「私は MITI の役人ではない」と逃げるのだが、相手も喰いついて仲々離れない。

自動車産業は各国とも基幹産業の一つである。米国では DOE が “Automotive Technology Development Program” を推進しており、その成果は毎年 10 月に CCM (Contractors' Coordination Meeting) で公表される。

CCM へは日本からの聴講者も多い。日本にはこの分野における国家プロジェクトは不在なので、米国から見た場合は技術情報の一方通行に映っていることに留意する必要があると思われる。

民間企業の自前の研究については定期的に公表する義務はないし、GM なども自前で推進している AGT-5 や AGT-6 に関しては余り発表していない。従って日本にも自動車用エンジンに関する国家プロジェクトが必要だと考えられるが、「儲っている自動車産業を何故国民の税金で援助する必要があるのか」といった発想が日本では先

(昭和 62 年 8 月 3 日原稿受付)

に立ち易く、結果としてこの分野の国家プロジェクトは不在のまま今日に至っている。将来技術の開発と企業援助とが同一視されるとは何とも不可思議な気がする。欧米では国民の税金だからこそ最大の成果を国に還元するべく、その分野の最も技術の高い企業が国家プロジェクトに関与している。GM, Garrett, Fordであり、Benz, Volvoである。

Garrett 社の AGT 101 に関しては一度訪問したことがあるので、今回は GM 社の Technical Center と Allison を訪ねた。GMTC では Albert Bell 氏と会い、AGT-5 及び AGT-6 について、又 Allison では AGT-100 の開発について Gene Helms を始め、Don. Vaccari, Dave. Turner, Bob. Holtman, それに Lance Groseclose といった

直接の開発担当者から開発の現状について詳しい説明を受けることができた。AGT 100 は現在 TIT=1,200 (°C) で運転されており、耐久性の向上と共に更に温度を上げるべく開発が推進されている。AGT-5 搭載のガスタービン車に試乗する機会もあった。この車は微粉炭と軽油両用になっており、スイッチ操作によりどちらの実験も可能となっていた。

AGT Program は今年 6 月で終了となり 7 月からは ATTAP (Advanced Turbine Technology Application Project) プログラムとして更に開発が推進されるとのことである。日本も工業国の一員として、この分野における技術開発においても応分の貢献ができるようになって欲しいと痛感した次第である。

## 8. 材料・製造技術

川崎重工業㈱

ジェットエンジン事業部第 2 技術部 荒井 正 志

金属材料関係では、以下に示す三つのセッションがあった。

- (1) セッション 16 「ガスタービンコンポーネントの製造法」

発表論文は三編

◦ 87-GT-66, 130, 206

- (2) セッション 52 「ガスタービン材料の総合的な補修法」

6 人のパネリストによるディスカッション。

- (3) セッション 65 「ガスタービンコンポーネントの製造法」

発表論文は四編

◦ 87-GT-50, 58, 59, 60

これらの発表論文の内三編は、年々上昇してい

るタービン入口温度に対応して高温強度を強化したタービン材料の耐ホットコロージョンを向上させるためのコーティングに関するものであった。また、セントリスピニング・プロセスによる铸造に関するものが一編、燃焼器等の高温部品の新材料に関するものが一編、高温部品の補修に関するものが一編、スーパーアロイの HF クリーニング法に関する論文が一編であった。これら七編の論文の内、HF クリーニング法に関する論文 (87-GT-60) は、かなり好評を博していた様で、そのペーパーはたちまち売り切れてしまっていて、入手することができなかった。そのため本稿では、残念ながらその内容を紹介することができないのをお断りしておく。

次に、各セッションの発表論文の概要について順を追って紹介したい。

87-GT-206 は、セントリフューガル・キャス

(昭和 62 年 7 月 29 日原稿受付)

に立ち易く、結果としてこの分野の国家プロジェクトは不在のまま今日に至っている。将来技術の開発と企業援助とが同一視されるとは何とも不可思議な気がする。欧米では国民の税金だからこそ最大の成果を国に還元するべく、その分野の最も技術の高い企業が国家プロジェクトに関与している。GM, Garrett, Fordであり、Benz, Volvoである。

Garrett社のAGT101に関しては一度訪問したことがあるので、今回はGM社のTechnical CenterとAllisonを訪ねた。GMTCではAlbert Bell氏と会い、AGT-5及びAGT-6について、又AllisonではAGT-100の開発についてGene Helmsを始め、Don. Vaccari, Dave. Turner, Bob. Holtman,それにLance Grosecloseといった

直接の開発担当者から開発の現状について詳しい説明を受けることができた。AGT100は現在TIT=1,200(℃)で運転されており、耐久性の向上と共に更に温度を上げるべく開発が推進されている。AGT-5搭載のガスタービン車に試乗する機会もあった。この車は微粉炭と軽油両用になっており、スイッチ操作によりどちらの実験も可能となっていた。

AGT Programは今年6月で終了となり7月からはATTAP(Advanced Turbine Technology Application Project)プログラムとして更に開発が推進されるとのことである。日本も工業国の一員として、この分野における技術開発においても応分の貢献ができるようになって欲しいと痛感した次第である。

## 8. 材料・製造技術

川崎重工業㈱

ジェットエンジン事業部第2技術部 荒井正志

金属材料関係では、以下に示す三つのセッションがあった。

- (1) セッション16「ガスタービンコンポーネントの製造法」

発表論文は三編

・87-GT-66, 130, 206

- (2) セッション52「ガスタービン材料の総合的な補修法」

6人のパネリストによるディスカッション。

- (3) セッション65「ガスタービンコンポーネントの製造法」

発表論文は四編

・87-GT-50, 58, 59, 60

これらの発表論文の内三編は、年々上昇してい

るタービン入口温度に対応して高温強度を強化したタービン材料の耐ホットコロージョンを向上させるためのコーティングに関するものであった。また、セントリスピニング・プロセスによる铸造に関するものが一編、燃焼器等の高温部品の新材料に関するものが一編、高温部品の補修に関するものが一編、スーパーアロイのHFクリーニング法に関する論文が一編であった。これら七編の論文の内、HFクリーニング法に関する論文(87-GT-60)は、かなり好評を博していた様で、そのペーパーはたちまち売り切れてしまっていて、入手することができなかった。そのため本稿では、残念ながらその内容を紹介することができないのをお断りしておく。

次に、各セッションの発表論文の概要について順を追って紹介したい。

87-GT-206は、セントリフューガル・キャス

(昭和62年7月29日原稿受付)

ティング・プロセスによる鋳造のガスタービン部品への応用について論じたものである。本プロセスは、その名称で表わされる様に、回転している鋳型に溶湯を導き、遠心力により外径側に健全な鋳物を形成させ、金属成分より密度の低い非金属成分およびマイクロポロシティを内径側に集中させるというものである。この内径側の不健全部分は、機械加工によって取り除かれる。一般の鋳造法に比し、外径側の均一性により、ボスおよびフランジ等の複雑な形状は、削り代が少なくなるという経済的なメリットがあり、強度・機械的性質も多くの Cut-up テストにより証明されているとしている。

87-GT-66 は、大型産業用および発電用ガスタービン (4500KW~100,000KW) におけるタービン、燃焼器そして圧縮機部の補修性について論じている。まず、アメリカ (主に W. H. 社, GE 社) でのコンポーネントごとのメンテナンス・インスペクションおよびオーバーホール間隔について、その作動条件および使用燃料に応じた実態について述べている。次に、ダメージについて、三つのタイプがあると述べ、タイプ 1 は、F. O. D. によるダメージ、タイプ 2 は、内部の金属組織上の変化、そしてタイプ 3 は、高サイクル疲労、クリープ等のダメージで、補修の対象となるのは、タイプ 1, 2 である。さらに、各コンポーネントごとの補修法について述べ、最後に熱処理、クーポン・インサート補修法、オーバーレイ等、補修のイノベーションについて触れている。

87-GT130 は、ホットコロージョンによるダメージから保護するために、1st ブレードおよびノズルに施した種々のアルミおよび MCrAlY (x Y, Hf) のオーバーレイ・コーティングの効果を実証するために、ソラー社製 Centaur ガスタービンを使ったレインボー・フィールド・テストについて述べられている。ブレードは、金属基材として、IN-738LC, IN-792 および MAR-M421 を使い、アルミ、EB-PVD コーティングおよび LPPS コーティング法によってコーティングされている。ノズルは、ブレードと同じ方法でコーティングされ、基材としては、FSX-414 および MAR-M509 であった。フィールド・テストは、カリウムとイオウにより汚染された液体燃料を

使って、約 8,000 時間のオペレーションをもって終了した。テスト後の目視および顕微鏡検査により、ホットコロージョンに関し、アルミコーティングよりオーバーレイコーティングの方が、より有効であることが示された。また、ノズルに関するオーバーレイコーティングは、クロム成分が、増加する程その効果があることがわかったとしている。

87-GT-50 は、ホットコロージョンからの保護のために広く実施されているパックスセメンテーション・コーティングの歴史、コーティング層形成のメカニズム。さらに、その応用例について述べたものである。

87-GT-59 は、燃焼器等の高温部の部材として開発されたハインスアロイ NO. 230 とハステロイアロイ S について述べたものである。これらの材料は、コンバスターチャンバ、アフターバーナー・フレイムホルダー、シールリング、そして、サーモカップル・プローブの様な複雑な形状の部品に使われるため、高温材料特性と共にその加工性も重要となる。本論文は、この観点に立って、これら二種の材料特性について、他のよく知られているガスタービンアロイと比較検討され、その優位性が示されている。

87-GT-58 は、減圧下でプラズマスプレイされた MCrAlY コーティングと基材とのインターディフュージョンのメカニズムとコーティング膜の劣化について述べたものである。コーティングの劣化は、コーティング膜の外部からのダメージによるものと、基材とコーティング膜のインターディフュージョンのメカニズムを活発にさせることにより起るものと二種類に分けられる。NiCrAlY, CoCrAlY, そして FeCrAlY の三種類のコーティング材と、基材として、Ni 基, Co 基および Fe 基を使った組合せにより、インターディフュージョンのメカニズムについて、冶金学的に検討が、加えられている。コーティング材と金属基材との組み合わせにより、次の様な結論が得られたとしている。

- (1) CoCrAlY/Ni 基, FeCrAlY/Ni 基, および FeCrAlY/Fe 基では、かなりの相互拡散が観察された。そのため、これらの組合せは、1000℃以下の雰囲気下で使用されるべ

きである。

- (2) NiCrAlY/Ni 基, NiCrAlY/Fe 基および CoCrAlY/Fe 基では, 相互拡散は限定されており, 高温環境下での使用は, 可能であ

る。

- (3) NiCrAlY/Co 基, FeCrAlY/Co 基では, カーバイド・バイアが形成され, スポーリングの危険性がある。

## 9. 構造及び振動関係

石川島播磨重工(株) 青 野 比良夫

筆者らは Structures&Dynamics Committee が主催しているセッション 8 (Rotor Dynamics & Stress Analysis) でディスクの低サイクル疲労試験についての論文を発表した。また同 Committee 関係のセッション及び Committ Meeting にも出席したのでそれらの概要を報告する。

構造及び振動関連のセッション及び論文は表 1 のように整理される。

### 1. Rotor Dynamics and Stress Analysis

このセッションではダンパ軸受, ラビリンス・シール, サイクリックスピン及びタービン翼の多軸応力状態に関する論文が各 1 編ずつ発表された。

小型の航空エンジン用ダンパ軸受の流体慣性の

影響を理論的に解析したものが発表された (87-GT-220)。偏心しているロータの微小運動についてのラビリンスシールの剛性係数及び減衰係数を理論的に計算し, 既発表の実験結果と比較している (-194)。航空エンジンディスクの低サイクル寿命を実体で確認するサイクリックスピン試験において, ディスクを破損させることなくクラックの発生を検出する方法が議論された (-259)。また非冷却のタービン翼の遠心力及び熱応力による疲労寿命推定に対する多軸応力及び非比例的負荷の取扱い方法が示された (-261)。

### 2. Structural Composite

このセッションの 4 編の発表はいずれも NASA ルイス研究所となんらかの関係のあるもので NASA がこの分野にかなり力を入れてきたことがわかる。

NASA ルイス研究所で行われたエンジン構造に関する複合材料についての最近の研究活動がまとめられた (-88)。とくに 3 次元有限要素法解析を含む計算機シミュレーションが中心である。やはり NASA の支援で MIT が実施したニカロンのセラミックス繊維とガラスマトリックスの複合材料の高温強度評価試験の結果が報告された。(-75)。ATP 翼の遠心応力及び振動モード, 固有振動数を解析するプログラム COBSTRAN の有用性が実験によって確認された (-78)。複合材タービン翼の構造解析プログラム STABL/GEN-COM の使用例が紹介された。(-77)。

### 3. Component & System Vibration

このセッションでは翼の振動についての 4 編の

表 1

Committee (Sponsor)	Session	論文数
Structures & Dynamics	8 Rotor Dynamics & Stress Analysis	4
	44 Structural Composite Analysis for Engine	4
	67 Component & System Vibration	4
	19 Flutter & Forced Vibration	4
Turbomachinery	79 Non-Intrusive Measurement in Gas Turbine	2

(昭和 62 年 7 月 20 日原稿受付)

きである。

- (2) NiCrAlY/Ni 基, NiCrAlY/Fe 基および CoCrAlY/Fe 基では, 相互拡散は限定されており, 高温環境下での使用は, 可能であ

る。

- (3) NiCrAlY/Co 基, FeCrAlY/Co 基では, カーバイド・バイアが形成され, スポーリングの危険性がある。

## 9. 構造及び振動関係

石川島播磨重工(株) 青 野 比良夫

筆者らは Structures&Dynamics Committee が主催しているセッション 8 (Rotor Dynamics & Stress Analysis) でディスクの低サイクル疲労試験についての論文を発表した。また同 Committee 関係のセッション及び Committ Meeting にも出席したのでそれらの概要を報告する。

構造及び振動関連のセッション及び論文は表 1 のように整理される。

### 1. Rotor Dynamics and Stress Analysis

このセッションではダンパ軸受, ラビリンス・シール, サイクリックスピン及びタービン翼の多軸応力状態に関する論文が各 1 編ずつ発表された。

小型の航空エンジン用ダンパ軸受の流体慣性の

影響を理論的に解析したものが発表された (87-GT-220)。偏心しているロータの微小運動についてのラビリンスシールの剛性係数及び減衰係数を理論的に計算し, 既発表の実験結果と比較している (-194)。航空エンジンディスクの低サイクル寿命を実体で確認するサイクリックスピン試験において, ディスクを破損させることなくクラックの発生を検出する方法が議論された (-259)。また非冷却のタービン翼の遠心力及び熱応力による疲労寿命推定に対する多軸応力及び非比例的負荷の取扱い方法が示された (-261)。

### 2. Structural Composite

このセッションの 4 編の発表はいずれも NASA ルイス研究所となんらかの関係のあるもので NASA がこの分野にかなり力を入れてきたことがわかる。

NASA ルイス研究所で行われたエンジン構造に関する複合材料についての最近の研究活動がまとめられた (-88)。とくに 3 次元有限要素法解析を含む計算機シミュレーションが中心である。やはり NASA の支援で MIT が実施したニカロンのセラミックス繊維とガラスマトリックスの複合材料の高温強度評価試験の結果が報告された。(-75)。ATP 翼の遠心応力及び振動モード, 固有振動数を解析するプログラム COBSTRAN の有用性が実験によって確認された (-78)。複合材タービン翼の構造解析プログラム STABL/GEN-COM の使用例が紹介された。(-77)。

### 3. Component & System Vibration

このセッションでは翼の振動についての 4 編の

表 1

Committee (Sponsor)	Session	論文数
Structures & Dynamics	8 Rotor Dynamics & Stress Analysis	4
	44 Structural Composite Analysis for Engine	4
	67 Component & System Vibration	4
	19 Flutter & Forced Vibration	4
Turbomachinery	79 Non-Intrusive Measurement in Gas Turbine	2

(昭和 62 年 7 月 20 日原稿受付)

論文が発表された。西独，メキシコからの発表もあり国際色豊かなセッションとなった。

翼付ディスクにおいて完全に周期対称になっていないために振動モードが局所的に偏る現象が理論的に解析された（-46）。55MW 軸流圧縮機静翼の破損の原因調査について解説された（-45）。翼の制振に使われるまさつダンパの効果が数値シミュレーションにり調べられた（-44）。また遠心圧縮機翼の低回転域の振動が入口のシュラウド付近の逆流に起因することを計測によって示した（-17）。

#### 4. Flutter & Forced Vibration

このセッションは Turbomachinery Committee との共催のセッションである。

3 段の圧縮機の非定常空気力の実験的研究が報告された（-171）。回転翼列のピッチング運動を外部から制御できるようにして翼に働く空気力を微小の圧力センサで計測した報告がなされた（-221）。GE の UDF の  $\frac{1}{4}$  スケール模形でマッハ数の低い状態の実験で実機でのデータと合致するフラッタ境界を求めることができることを示した（-209）。また，翼の振動のミスマッチングによる応答のバラツキについて統計的なシミュレーションによってエンジン・データをよく説明できることを示した（-158）。

#### 5. Non-Intrusive Measurement in Gas Turbine

このセッションは Turbomachinery Committee 主催のものであるが，RR 社の 2 編の論文は構造に関わる計測を取扱っている。

ダブルパルス・ホログラフィによる回転しているファン動翼・ディスク系の振動パターンの可視化手法が報告された（-236）。また Dr. Stewart の Thermal Neutron によるディスクの内部応力を

計測できる可能性についての指摘が興味深い（-219）。

#### 6. Structures & Dynamics Committee

今期の Committee Chairmain は MIT の Dr. E. F. Crawley で以前からの知り合いなので委員会に出席するよう誘われた。Aircraft Committee よりも形式ばらない運営で気楽な雰囲気であった。

アナハイムの大会では 7 セッションを期待していたのに結果は 4 セッションになってしまった。すぐあとに予定されている AIAA の Joint Propulsion Conference（6/29-7/2）及び ASME Design Div. の Conference の影響があるとの分析があった。なお講習会 'Turbomachinery Structure Dynamics' は 18 名の参加者があり好成績であった。

次のアムステルダム大会ではやはり下記の 7 セッションを計画している。名前はセッション・チェアマン予定者である。

Flutter and Forced Response—Fleeter/Hoyniak/  
Component and System Vibration—Srinivasan/  
Active and Passive Vibration Control—Kiehl/  
Fracture, Fatigue and Life Analysis—Palladino/  
Arin/Composite Structures—Chamis/  
Hot Structure Technology—Johns/  
Panel Session—Unsteady Aerodynamics—Attassi

1989 年のトロント大会では Panel Discussion に Advanced Turboprop にしてはとの話があった。1990 年は北京で開催されるが Committee としての具体的な計画は未だない。

なお，IGTI の本部から Committee の活動に女性及び少数民族の参加を Promote するように指示あった旨報告された。



## 10. ターボ機械の性能と流れ

三菱重工業㈱高砂研究所 青 木 素 直

Turbomachinery Committee を通して提出された論文のうち、ターボ機械の性能と流れに関するものは 92 編（全論文数の約 1/3）で 22 のセッションで発表された。分野別内訳は以下の通り

ターボ機械流れの数値解析	20 編
軸流圧縮機及びファン	22 "
軸流タービン	14 "
半径流, 斜流ターボ機械	15 "
ターボ機械のシール	11 "
フラッタ, 非定常翼列流れ	10 "

前回との大きな違いは、軸流圧縮機及びファンに関する論文発表が多かったことである。数値解析に関する論文は中国からのものが多く、その 1/2 を占めた。中国からの発表は、昨年と異なりキャンセルはなく、セッションの運営はスムーズであった。以下、主に論文について紹介する。

ターボ機械流れの数値解析に関する論文は昨年同様多く、この分野の研究が活発に行なわれていることがうかがえた。しかし、内容によっては聴講者が 3～4 名といった発表もあった。この分野の研究も量から質の時代に入ったのであろう。

(GT-18) は流れ関数を用いた遷音速 2 次元翼列計算で問題となる密度と速度の分離を取扱ったもの、(GT-28) は 3 次元翼列のポテンシャル流れ計算において vortex sheet を環境条件とした解法を述べている。(GT-29) は 2 次元翼列の逆問題、直接問題のいずれにも適用しうる一般的方法を、(GT-30) は任意の回転流面上にある翼列の最適翼面速度分布を求める方法を述べている。

(GT-54) は 2 次元粘性遷音速翼列流れを、陽的 hopscotch 法により解いたもので、粘性モデルとしては  $k-\epsilon$  モデルを用いている。(GT-67) は単段圧縮機  $S_2$  面流れの  $N-s$  式を hopscotch 法と混合長モデルにより解いたものである。(GT-71) は境界層効果を含めた shock free の圧縮

機翼列の設計法を提案している。(GT-82) は 3 次元壁面境界層計算に関するもの、(GT-84) はガスタービンコンポーネントに 3 次元乱流計算を適用したもので、格子点数、配列が計算結果に及ぼす影響を述べている。格子点数が 100,000 点の場合、CRAY XMP/28 を用いて CPU は約 1 時間と報告されている。(GT-115) は遷音速  $S_2$  流れの逆問題を取扱ったもの、(GT-133) は剥離泡を伴う翼面境界層と  $S_1$  面の非粘性流れの干渉を取扱っている。(GT-150) は準 3 次元流れ計算に適用される平均  $S_2$  面の考え方について検討したもの、(GT-180) は 2 次元翼列の遷音速ポテンシャル流れ計算に multigrid 法を適用したものである。(GT-215) はインバース法による翼列設計手法を述べたもの、(GT-232) は圧縮機動翼流れを  $k-\epsilon$  モデルを用いて解析し、実験値と比較したものである。

次に、軸流圧縮機及びファンに関するものを紹介する。(GT-16) は 2 次流れ、乱流拡散などの現象をエチレンをトレーサとして調べたもの、

(GT-51) は大型圧縮機を用いて失速点近傍での通過流れ計算の精度を検討したものである。

(GT-65) は off-design 条件にある 2 段軸流圧縮機内の流れ、(GT-116) は超音速圧縮機の off-design 性能を実験的に調べている。(GT-96) は大迎角にある失速した 2 次元翼列流れに関する実験的研究である。(GT-159) は遷音速翼列流れ計算において、衝撃波によるエントロピー増加を考慮してポテンシャル式を解いたものである。(GT-160) は超音速ファンの動翼流れに対し、3 次元粘性コードを含む数種のコードを適用した結果を報告している。(GT-165) は圧縮機試験で得られる計測データの不確かさについて検討したもの、(GT-166) は遷音速圧縮機動翼内の衝撃波と端壁境界層の干渉をレーザー流速計により調べた結果を報告している。(GT-183) は翼高さ方向に非一様仕事分布を与えた場合の翼設

(昭和 62 年 7 月 31 日原稿受付)

計法について述べている。(GT-189)は inlet distortion に対する翼, ディスク一体の遷音速圧縮機の振動応答に関するもの, (GT-235)は多段圧縮機内の流れをレーザー流速計により調べたものである。(GT-248)～(GT-250)は圧縮機翼列の翼面境界層計測に関するもの, (GT-251)は圧縮機動翼の壁面境界層をレーザードップラ流速計で計測した結果を報告したものである。(GT-256)は super-critical 条件での圧縮機翼列の翼面マッハ数分布, 損失, 流出角について実験値と計算値を比較したものである。(GT-233), (GT-234)はそれぞれUDF, プロップファンに関するものでGE, P&WA が発表したものである。(GT-253)は高速プロペラ回りの3次元流れを Euler コードで解析した結果を述べている。

軸流タービンに関する論文発表は, 昨年と異なりあまり活発ではなかった。(GT-148)は設計点, 非設計点における遷音速タービンの性能評価法をまとめたもの, (GT-149)は軸流タービン出口フードの空力設計に関するものである。(GT-114)は軸流タービン翼列の2次元流れ損失, 過度の発達について実験的研究を行った結果を, (GT-131)は周方向には傾斜させたタービン翼からなる環状翼列において, 直径と翼高さ比が2次元流れに与える影響を報告している。(GT-132)はタービン翼列流路内の2次元流れと乱れを計測したものの, (GT-202)は翼後縁形状がベース圧と損失に与える影響を調べたもので, ベース圧が損失に大きな影響を持つことを述べている。

半径流, 斜流ターボ機械に関する論文発表は,

例年, 日本からのものが多かったが, 今回は無かった。(GT-10)は遠心圧縮機の性能に及ぼす Reynolds 数の影響をまとめたもので, 欧米の主要メーカーが提供した多くのデータに基づいて性能補正式の改良を行なっている。(GT-11)は遠心インペラの性能に与えるチップクリアランスの影響を述べている。(GT-19)はインペラ内の流れをレーザー2焦点法により詳細に計測したものの,

(GT-20)は圧力比3:1の斜流圧縮機のテスト結果を述べたものである。(GT-32)はクロスフローファンにおける運動量変換とエネルギー移動に関する実験結果を報告している。(GT-153)は高圧力比遠心圧縮機の作動特性を比較したものの, (GT-169)はベーンレスディフューザの性能と幾何形状の関係を調べたものである。(GT-170)は通路幅のみが異なるベーンディフューザの流れを実験的に比較したものである。

(GT-191)は斜流圧縮機のディフューザについて実験検討し, 半径ディフューザが最も安定であることを報告している。(GT-192)は“Shelf”ディフューザを持つ遠心圧縮機の性能特性を述べたものの, (GT-193)はベーンレスディフューザ内の圧縮性旋回流れに関する実験結果を報告したものである。(GT-217)はAIを適用して遠心圧縮機の初期設計を行なった経験をまとめたものの, (GT-231)はラジアルタービンの効率予測法と設計クライテリアを述べたものである。

シール及び非定常翼列流れに関する論文の紹介は紙面の都合で割愛した。

## 11. 展 示

徳東 芝 安 井 元

ディズニーランドと道を一つ隔てた Anaheim Convention Center で会議と展示会が6月1日から4日迄開催された。このCenterは一階建であるため講演会場と展示会場とが床続きとなり往来が気軽に出来て便利であった。展示会に参加したのは約160社と、84年の第29回アムステルダム大会の220社、86年の第31回デュッセルドルフ大会の180社と漸次参加社が減少するようで、日本からも石川島播磨重工、三菱重工と三井造船の三社のみであったのには淋しさを感じさせるものがあった。

展示会場から何が今回の特徴となっているかを感じとるのは個人によって異なるが、筆者はガスタービンは今やエネルギー機械の一角を占める確かな産業となり、巨大なガスタービン本体を展示して威風をはらう時代から、ガスタービンメーカーはもとより、プラントエンジニアリング会社ともユーザーに対する目目細いコンサルタント、メンテナンス、サービス体制をいかにしているかの説明に重点が移行しつつあるとの動きを感じた。そのことは各社ブースの真中にソフトドリンクのカウンター、ポップコーンやリンゴのサービス等が多く見受けられることであり、くつろいで会話を楽しむように配慮されているようであった。従ってガスタービン産業を支えている関連産業の展示は活発であり、ガスタービンエンジニアはこの方面に勉強となるものを多く見付けているのではなかろうか。例えば、精密鋳造、鍛造技術による複雑な冷却翼、高温部品、燃料ノズルや制御部品の完成度から洗練された設計手法を汲みとっているであろう。また、補修技術も目覚ましく損傷冷却翼の動翼でも、先端から1/3以内の損傷なら一部を切取って溶接補修してしまうように専門サービス会社がガスタービンのメーカー別、機種別を問わずこなして事業としていることも頼もしいものである。

のである。

ガスタービンのコンバインドプラント性能向上のための高温化技術はたゆまない開発が続けられており、GEのFシリーズ、BBCのEシリーズが在来機のレイティング向上であり、三菱重工のMF-111が高温の新機種として注目されていた。GEは2300°Fの7F（写真-1）の工場試運転を開始し、1988年には商用1号機が出荷されると説明していた。7Fは出力140MW、コンバインドプラント効率50%で、内部断面の見える冷却動翼が展示されていた。この7Fを中心とした説明を分割スライドを前に女性がマイクを片手にエネルギーギッシュにこなしていた。BBCは蒸気タービンの低圧ケーシング状の構造物の下に8形（45MW）と13E形（140MW）のエンジニアリングモデルが展示してあった（写真-2）。この13EはBBCの最新形機で1号機は本年6～7月にアムステルダムで運転に入る予定であるとのことであった。BBCの当初の設計思想に忠実に1本の燃焼器、溶接一体ロータの構造を踏襲しているのが

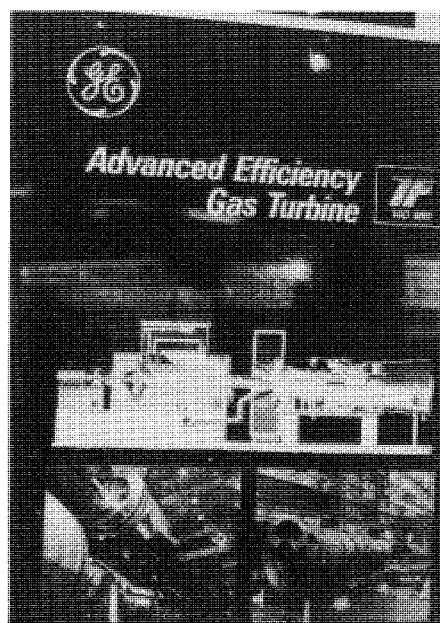


写真-1.

（昭和62年7月20日原稿受付）

印象的ある。三菱重工は自社開発した高温ガスタービン MF-111 (13MW) を中心とした展示 (写真-3) であり、低NOx燃焼器も展示し活気のあるものであった。石川島播磨重工は IM5000 のモデルとパワータービンの動静翼を展示 (写真-4) していた。三井造船はアメリカのエンジニ

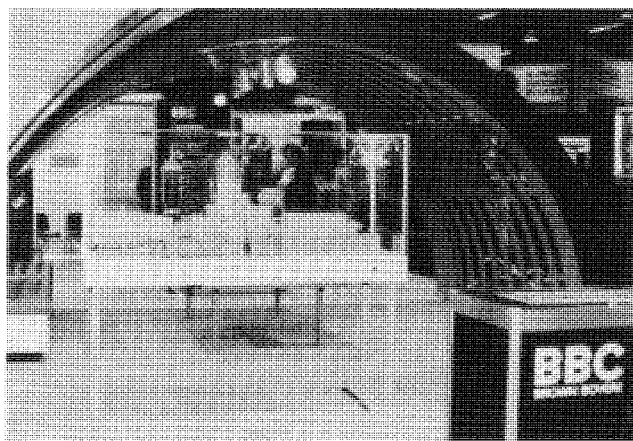


写真-2. BBC の展示ブース



写真-3. 三菱重工の MF-111 展示

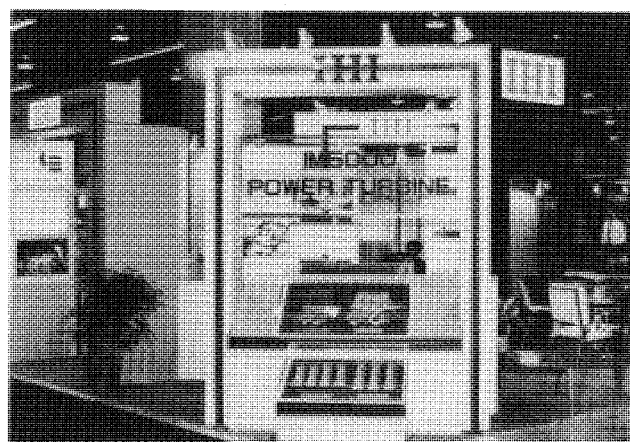


写真-4. 石川島播磨重工の展示ブース



写真-5. 三井造船の展示ブース

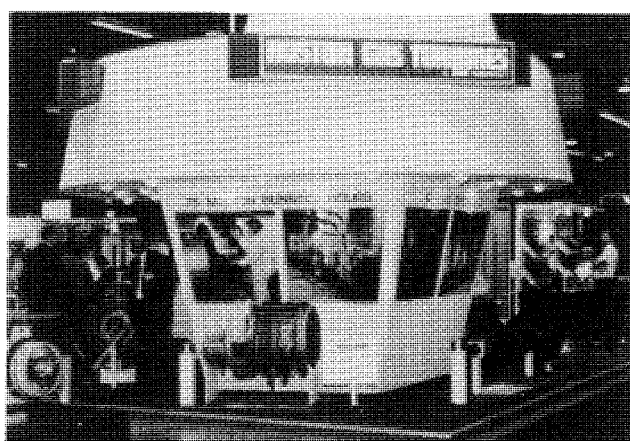


写真-6. RUSTON の TORNADO G/T

アリング社との共同ブースでパネル類の展示 (写真-5) を中心にしていた。その他のガスタービンメーカーの展示で際立っていたのは RUSTON の TORNADO の実機のローター、ケーシングと燃焼器を分解展示 (写真-6) していたもので12 000 時間運転後のものであった。損傷は殆んどないが、運転実績の有する機械のみが訴える或る種の迫力を感じさせる。その他、実機を展示しているものとして SOLAR の CANTAU Type-H (3880kW), DRESSER-RAND の DC990 GAG GENERATOR MODULE と遠心コンプレッサ 2 段付きローター, AVCO Lycoming の AGT1500 /TF15 の再生器付き MODULE 等であった。その他のメーカーはカットモデルを展示していたのが主であり、UTC は FT8, R/R は MARINE SPEY と OLYMPUS SK30 のパッケージと ALLISON の 501KB 等であった。展示をパネル、ビデオ中心としたブースが多く見られたが石炭

ガス化，コンバインド，コージェネの説明を時間を掛けてじっくり勉強する心構えの人には有益である。

展示場で圧倒されるのはガスタービン産業と関連の有る材料，加工，部品，コーティング技術や制御・計測技術の豊富さである。Fiber Metal，メタルとセラミックスを接合する Brazing，プラスチックレジンを研磨剤を混ぜて翼表面や複雑な曲面をホーニング加工する技術，固体潤滑剤やコーティング材等実機に広く適用したくなる分野である。ターボ機械の開発研究に携わる人には Polytec のレーザ流速計，非接触振動計，Kulite の

ソリッドステートの超小形圧力トランスデューサー，iml のトルクメーター等が興味の対象になるのではなかろうか。

最後に，展示会は眼で実物を見て，さわると人間の興味本能を十分に満足させてくれる場である。このことより専門的な講演会には無縁でも展示会は面白いと感じる人は非常に多いと推定されるので，この機会を十分に巾広く与えられるべきである。Anaheim はロスアンジェルスより 1 時間程離れており，その足の便の悪さもあるのか，展示会場には学生をはじめ，若いエンジニアの姿が非常に少かったように思えたのは残念であった。



## 第8回ISABEシンポジウムについて

### 1. 空力関係

九州大学工学部 難波昌伸

第8回 ISABE (International Symposium on Air Breathing Engines) は米国シンシナティ市のオムニプラザホテルにおいて6月15日から19日までの5日間にわたって開かれ、招待講演8件(米国4件、英国、フランス、ドイツ、オーストラリア各1)と2室に分かれた普通講演92件(米国15、英国、中国各10、インド9、ギリシャ7、日本、フランス、南アフリカ、イスラエル、オーストラリア各5、ドイツ4、イタリア3、スウェーデン、カナダ、スペイン各2、ソ連、チェコ、エジプト各1)の発表が行われた。この規模は発表国数18と共に第6回(パリ)以来ほぼ定着している。また参加登録者数は約150人であった。主催団体は勿論 ISOABE (エアブリージングエンジン国際学会) であるが、主催国としての運営及び財政援助は GE が受け持った。米国開催は2度目であるが前回(第4回)の時は P&W がスポンサーであったから、米国では航空エンジンメーカーが交代でスポンサーを引き受けるようである。付帯行事としての GE レセプション(初日)、ロールス・ロイスレセプション(2日目飛び入り)、GE エンジン工場見学(3日目午後)、ISOABE 晩餐会(4日目)、さらに希望者に対し20日(土)午前に空軍博物館見学会が用意された。

先ず ISOABE 役員および会員国代表および／または副代表からなる実行委員会会議の報告をしておく。筆者は副代表として代表の松木正勝教授(日工大)と共に出席した。懸案の学会細則が郵送投票により賛成15、反対2で承認され、次回(第9回) ISABE は1989年9月にアテネで開く事を決定した。アテネにおいては特別のテーマの論

文を重点とする案が検討されることになったが、それにともなって総論文数を増やす提案、また展示会を設ける案は、例によってフランスやドイツの反対で没となった。役員は会長 J. E. Bubbs 氏(米)、幹事 S. N. B. Murthy 教授(米)および F. A. E. Breugelmans 教授(ベルギー)が再任、副会長は K. D. Papailiou 教授(ギリシャ)から次次回開催国候補英国代表 P. Clark 氏に交代した。

さて第10回(1991年)は英国、第11回(1993年)は日本が開催国候補者となった事を述べて置かねばならない。主要先進国は既に2順目に入っており、またインドおよび中国が各1回開催済みの状態にあっては、日本での開催は是非とも引き受けなければならないであろう。開催国は、会場と付帯設備、プログラム印刷、見学会および労賃などの費用全額を負担し、レセプションおよび晩餐会は ISOABE 本部と開催国が半々を負担することに取り決められているが、参加登録費は4割しか開催国に手渡されない。ちなみに今回の登録料は200ドル(プロシーディングス、晩餐会、見学会など全てを含む)であるから150名の場合開催国に与えられるのは12,000ドルである。勿論これだけでは足りないので開催国は自己負担金を調達しなければならないが、今回 GE は35,000ドルを負担したそうであり、次回ギリシャは25,000ドルを調達する予定とのことである。物価高の日本ではこの程度の資金で足りるかどうか疑問であるが、第7回(北京)は別として、第6回(パリ)や今回の場合、概して簡素であるという印象を受けた。

空力関係の論文の概観を簡単に述べておこう。軸流圧縮機(13件)、遠心圧縮機(6件)、タービン(6件)、流れ問題(13件)のセッションに加え

(昭和62年8月5日原稿受付)

て、構造関係セッションに含まれた空力弾性の論文2件が該当するが、一般に、2次流れ、翌端間隙流れ、衝撃波と境界層干渉を含む3次元流れの計算と実験が主流を占め、種々の因子の効果を総合的に取り入れた計算の精密化と高速化、局所の流れの詳細の精密な計測という現在のこの分野の研究の動向を反映している。流行の翼先端間隙流れでは、Lakshminarayana (米) がLDVによる計測結果を例の調子で披露し、Schmidt (英) が実験と比較して種々の損失予測モデルの評価を行っていたが、そのほか3件の発表があった。中国からはお決まりのS2面流れの衝撃波や

粘性効果を含む計算が多い。次回開催国のギリシャからの論文も多いが、大部分は境界層や乱流の計算である。日本からは大山氏ら(航技研)および杉山氏ら(防衛庁3研)がサージングの予測モデルを発表したが、サージングに関しては他に3件がある。フラッターに関する非定常空力問題では、Fleeter (米) らの節弦比不均一化によるフラッター抑制の研究が発表された。ターボ機械の空力問題に関する米国からの研究発表が少ないという印象を受けるが、エアブリーディングエンジンの最近の研究の流れが極超音速機用エンジンに向かっていることを示しているのであろうか。

## 2. 燃焼器・ラム/スクラムジェット

石川島播磨重工業(株) 藤 秀 実

筆者(藤)は主に、燃焼器およびラム/スクラムジェット関係を中心にセッションに参加したので報告する。燃焼器およびラム/スクラムジェットの発表の分類と論文数を表1に示す。また論文数(招待講演も含む)の( )内は前回シンポジムの論文数である。発表件数に大差はないものの、ラム/スクラムジェットに関する論文数が多

少増加している。またプログラムに記載されているもので論文も発表も取消したものがラム/スクラムジェットに2件あった。発表者数を国別に見ると米国を筆頭(7)にイスラエル(3)、日本、カナダ、オーストラリア(各2)など11カ国にまたがっており、参加国数も多く、各国の研究状況を知るには都合の良い場であった。会場の雰囲気も例えばラム/スクラムは時代の先端をいく注目の分野であるせいか米国からの発表に対し、フランス、英国からの質問が集中するなど活発で真剣であった。燃焼器についてはここ数年来研究テーマに変化が見られない。ラム/スクラムジェットについては7件の発表論文がすべて燃焼に関連しており、燃焼が重要な課題であるように見受けられた。

論文内容を1)燃料噴霧技術、2)数値解析、3)燃焼器システム、4)ラム/スクラムジェットに大別して概要を述べる。

### (1) 燃料噴霧技術

燃料の粒径分布がRosin-RammlerやMalvernのModel Independent分布型以外の場合の粒径の空間分布について、燃焼、非燃焼時に計測した例

表1 燃焼関連の発表の分類と論文数

分 類	論文数
Spray & Spray Combustion	5 (5)*1
Combustion Modeling & Diagnostics	5 (4)
Combustion System	7 (7)
Ram/Scram Jet	7*2 (5)

\*1 ( )内は1985年第7回シンポジウムでの論文数

\*2 Inletを含まず

(昭和62年8月11日原稿受付)

て、構造関係セッションに含まれた空力弾性の論文2件が該当するが、一般に、2次流れ、翌端間隙流れ、衝撃波と境界層干渉を含む3次元流れの計算と実験が主流を占め、種々の因子の効果を総合的に取り入れた計算の精密化と高速化、局所の流れの詳細の精密な計測という現在のこの分野の研究の動向を反映している。流行の翼先端間隙流れでは、Lakshminarayana (米) がLDVによる計測結果を例の調子で披露し、Schmidt (英) が実験と比較して種々の損失予測モデルの評価を行っていたが、そのほか3件の発表があった。中国からはお決まりのS2面流れの衝撃波や

粘性効果を含む計算が多い。次回開催国のギリシャからの論文も多いが、大部分は境界層や乱流の計算である。日本からは大山氏ら(航技研)および杉山氏ら(防衛庁3研)がサージングの予測モデルを発表したが、サージングに関しては他に3件がある。フラッターに関する非定常空力問題では、Fleeter (米) らの節弦比不均一化によるフラッター抑制の研究が発表された。ターボ機械の空力問題に関する米国からの研究発表が少ないという印象を受けるが、エアブリーディングエンジンの最近の研究の流れが極超音速機用エンジンに向かっていることを示しているのであろうか。

2. 燃焼器・ラム/スクラムジェット

石川島播磨重工業(株) 藤 秀 実

筆者(藤)は主に、燃焼器およびラム/スクラムジェット関係を中心にセッションに参加したので報告する。燃焼器およびラム/スクラムジェットの発表の分類と論文数を表1に示す。また論文数(招待講演も含む)の( )内は前回シンポジムの論文数である。発表件数に大差はないものの、ラム/スクラムジェットに関する論文数が多

少増加している。またプログラムに記載されているもので論文も発表も取消したものがラム/スクラムジェットに2件あった。発表者数を国別に見ると米国を筆頭(7)にイスラエル(3)、日本、カナダ、オーストラリア(各2)など11カ国にまたがっており、参加国数も多く、各国の研究状況を知るには都合の良い場であった。会場の雰囲気も例えばラム/スクラムは時代の先端をいく注目の分野であるせいか米国からの発表に対し、フランス、英国からの質問が集中するなど活発で真剣であった。燃焼器についてはここ数年来研究テーマに変化が見られない。ラム/スクラムジェットについては7件の発表論文がすべて燃焼に関連しており、燃焼が重要な課題であるように見受けられた。

論文内容を1)燃料噴霧技術、2)数値解析、3)燃焼器システム、4)ラム/スクラムジェットに大別して概要を述べる。

(1) 燃料噴霧技術

燃料の粒径分布がRosin-RammlerやMalvernのModel Independent分布型以外の場合の粒径の空間分布について、燃焼、非燃焼時に計測した例

表1 燃焼関連の発表の分類と論文数

分 類	論文数
Spray & Spray Combustion	5 (5)*1
Combustion Modeling & Diagnostics	5 (4)
Combustion System	7 (7)
Ram/Scram Jet	7*2 (5)

\*1 ( )内は1985年第7回シンポジウムでの論文数

\*2 Inletを含まず

(昭和62年8月11日原稿受付)



が National Research Council (カナダ) から、またブラッフボディ後流に燃料を噴射し粒径、粒の速度およびガス相の流速を計測した例が Aerometric Inc. (米国) から発表されるなど、ここ数年来燃料液滴の詳細な挙動についての研究が続けられている。この他気流微粒化式噴射弁をカンパニウラ RM8A 燃焼器に組込んでの排ガス等の性能について Volvo (スウェーデン) から、燃料温度の粒径に与える影響について Purdue 大 (米国) から発表された。

## (2) 数値解析

従来から続いている数値解析を燃焼器の各部に適用するという傾向に変わりはない。SNECMA (仏) からダンプディフューザの流れ解析を分流板も含めて有限要素法を用い、乱流モデルとして  $k-\epsilon$  モデルを使用して解き、圧力分布などで十分な精度の結果が得られたと述べている。GE (米国) から燃焼器のライナ冷却スロット下流の断熱壁温を求めたのが発表されている。この場合流れが3次元であるスロット上流側では3次元解析を行い、下流側では3次元解析結果をインプットとして2次元の境界層計算を行っている。ライナ冷却効率、温度、速度場について実験結果と一致しているとしている。

## (3) 燃焼器システム

著者から、1次燃焼領域内の温度分布及び流れを抑えて、系統的に燃焼器出口ガス温度分布制御を行った例が発表された。南アフリカ逆流燃焼器を用いての燃焼効率と SMD (Sauter Mean Dia) との関係について、また Indian Institute of Technology (インド) からラム燃焼器に見られるようなダンプ型燃焼器の壁圧計測結果が報告された。

## (4) ラム/スクラムジェット

スクラム燃焼で、燃焼器入口全温が低い場合、着火、保炎が困難になるが、それを改善する方法について Virginia Polytechnic Institute State University (米国) から発表された。リセスウォールの保炎方式で燃料は  $H_2$  を使用しているが、従来の着火方式に対し、Pilot Fuel Injector をリセスウォールの上流側に Primary Fuel Injector を下流側にそれぞれつけて行われた。着火源としては① Ar プラズマ② Ar- $H_2$  プラズマ③ シラン ( $SiH_4$ ) と  $H_2$  との自燃性混合気、④ Surface discharge device が用いられた。結果として Ar- $H_2$  プラズマが最も効果的なイグナイタであったと述べている。

Queensland 大学 (豪) からフリーピストンショックトンネルで側壁燃料 ( $H_2$ ) 噴射を行うスクラムジェット燃料器での実験で、壁の冷却により燃料の消炎効果が強く、実際の飛行状態をシミュレートするには、燃料や壁の予熱、少量のシランの利用が必要と述べている。Armament Development Authority (イスラエル) からラムジェット形態をシミュレートしたラムジェットスロットに数種類のセラミック製ノズルを適用し、JP-4/Air/ $O_2$  混合気での耐久試験例が発表された。材料はイットリウム浸炭の Zr 構造や、多孔質グラファイトの Zr コーティング等であり、これらは有望であるとしている。

インレットに関する論文の多くはミサイルに関連するものであった。多くをここでは省略するが代表的なものとして、Johns Hopkins 大 (米国) から極超音速の場合の圧力回復効率を決めるパラメータが提案されている。

## 3. 招待講演と見学会

日本工業大学 松 木 正 勝

2年毎に開催される ISABE も今回で第 8 回となり、発表論文数も 90 編を越える様になり、proceedings も 1 冊に収容出来る限界に近づいているし、運営の形も固まりつつある様に見える。今回は 5 日間、2 室並行して行なわれたが、ここ 2, 3 回目立つことは招待講演が多くなっていることである。

今回は総数 10 件の招待講演が行なわれた。題名は次の通りである。

1. The Role of Technology in a changing Environment  
B. H. Rowe (G. E. Evendale, U. S. A.)
2. Civil Propulsion Technology for the Next Twenty-Five Years  
R. Rosen, J. R. Facey (NASA, U. S. A.)
3. The Origines and Future Possibilities of Air Breathing Jet Propulsion Systems  
Hans von Ohain (University of Dayton, U. S. A.)
4. Review of High Speed Air Breathing Propulsion System  
E. T. Curran, J. L. Leingang, W. A. Donaldson (U. S. A.)
5. Future Trends—A European View  
S. Miller (R. R, U. K.)
6. Some Specific Topics Concerning the Characteristics and Developments of Small Gas Turbine Engines  
R. Deblanche (France)
7. Thrust Vectoring. Part 1. Why and How?  
W. B. Herbst (MBB, West Germany)
8. Improved Agility for Modern Fighter Aircraft, Part II. Thrust Vectoring Engine Nozzles.

- H. A. Geidel (MTU, West Germany)
9. U. S. Aeronautics R & D Goals—SST Bridge to the Next Century  
John Swihart (Boeing, U. S.A.)
10. Scramjet Testing in Impulse Facilities  
R. J. Stalker, R. G. Morgan (Univ. Queensland, Australia)

題名から大体の内容を知ることが出来る様に、ジェットエンジンの過去 50 年の歴史をふり返り、21 世紀初頭までの見通し、希望、計画などを述べたものがほとんどである。

1) の講演ではジェットエンジン初期の記録映画 (約 12 分) が上映され、感慨深いものがあった。

また最近の技術成果である UDF を B727 と MD80 に搭載して行なった飛行試験のフィルムも上映されたが、この映画で最も興味のあったのは、飛行機が通過するときの独得の音であった。プロペラより高い、ファンより低い周波数の音であることは予測通りであり、大きさは録音のため不明であるが、その独得の音色が印象的であった。騒音としては十分制限内に入っているとの話であったが、それはファンエンジンに対する評価法であり、音色の異なる場合については受入れられるかは問題が残っている様に思われた。別の機会に騒音振動のことについて質問した所、乗客は座席の広さの方に関心があるので、乗客の好みについて調べた事はないとのことであった。この様な新しい技術分野については経済性と共に使用者の好みが必要な要求となって来る時代となっており、技術者も広い視野をもたねば正しい判断がむづかしい時代となって来ていることを感じさせられた。

21 世紀を目指した関心事は SST ( $M<5$ ) と HST ( $M>6$ ) で、多くの講演がこれに注目していた。 $M=3.2$  の SST は可変サイクルエンジン、層流制御翼、Fly-by-Wire の新制御方式のものが検討されており、400 人乗り、高度 70,000 ft,

(昭和 62 年 8 月 4 日原稿受付)

Range 5,600Nmi として、経済性の検討が行なわれている。この機体は大陸上空も超音速飛行出来るし、現在 747 が飛んでいるルート の 95% で使用出来る、且つ飛行時間は 3.4 時間以内になる。米国がこれを推進することを主張しており、そうしなければ欧州や日本がこれに進出することを心配していた。

その次のものとして LNG や  $LH_2$  を燃料とする HST が検討されているが、各種のものが講想されている段階のようであった。multi-cycle エンジンが  $M \leq 4$  まで、ラムジェットエンジンが  $M \leq 6$ 、scramjet が  $M > 6$  で考えられているが、multi-cycle エンジン以外は未だ基礎現象の解明が必要な段階の様に思えた。基礎研究は着実に進められており、また開発段階では国際共同開発が考えられているので我が国でも早く着実な対応が必要の様に思われた。

6 月 17 日 (水) 午後 GE 社 Evendale 工場の見学会が行なわれた。バス 3 台に分乗したので参加者は 120 人位であった。この工場は大型航空エンジン製造工場であり、高空性能試験装置をはじめ、各種の試験装置を持つ主力工場である。

見学箇所は 3 箇所、(1)商用、軍用エンジン組立ライン、(2)エンジン運転場および計測記録室、(3)ジェット推進博物館であった。

(1)では CF6, CFM56, F101, F110, F404 など多数が組立てられており、最近の GE の好調がうかがえた。(2)では計測、データ処理室が注目された。飛行試験を含めすべての運転データを集中処理している。エンジンシミュレーターとして、アナログコンピューターも使われていた事でもわかる様に設備は新旧入り混っており、世界の最先端を走り続けている現物の歴史を感じさせられた。(3)では GE の最初のジェットエンジンから歴史的に展示しており、米国の SST ( $M > 2.7$  の B2707) 用の GE4 が圧巻であった。

## 消 息

本会名誉会員・第 9 期会長・第 12 期監事 窪田雅男氏 (財団法人機械振興協会副会長) は、春の叙勲で長年にわたる技術開発と技術行政に関する功績により、勲二等瑞宝章をお受けになりました。

(A)

Range 5,600Nmi として、経済性の検討が行なわれている。この機体は大陸上空も超音速飛行出来るし、現在 747 が飛んでいるルート の 95% で使用出来る、且つ飛行時間は 3.4 時間以内になる。米国がこれを推進することを主張しており、そうしなければ欧州や日本がこれに進出することを心配していた。

その次のものとして LNG や  $LH_2$  を燃料とする HST が検討されているが、各種のものが講想されている段階のようであった。multi-cycle エンジンが  $M \leq 4$  まで、ラムジェットエンジンが  $M \leq 6$ 、scramjet が  $M > 6$  で考えられているが、multi-cycle エンジン以外は未だ基礎現象の解明が必要な段階の様に思えた。基礎研究は着実に進められており、また開発段階では国際共同開発が考えられているので我が国でも早く着実な対応が必要の様に思われた。

6 月 17 日 (水) 午後 GE 社 Evendale 工場の見学会が行なわれた。バス 3 台に分乗したので参加者は 120 人位であった。この工場は大型航空エンジン製造工場であり、高空性能試験装置をはじめ、各種の試験装置を持つ主力工場である。

見学箇所は 3 箇所、(1)商用、軍用エンジン組立ライン、(2)エンジン運転場および計測記録室、(3)ジェット推進博物館であった。

(1)では CF6, CFM56, F101, F110, F404 など多数が組立てられており、最近の GE の好調がうかがえた。(2)では計測、データ処理室が注目された。飛行試験を含めすべての運転データを集中処理している。エンジンシミュレーターとして、アナログコンピューターも使われていた事でもわかる様に設備は新旧入り混っており、世界の最先端を走り続けている現物の歴史を感じさせられた。(3)では GE の最初のジェットエンジンから歴史的に展示しており、米国の SST ( $M > 2.7$  の B2707) 用の GE4 が圧巻であった。

#### 消 息

本会名誉会員・第 9 期会長・第 12 期監事 窪田雅男氏 (財団法人機械振興協会副会長) は、春の叙勲で長年にわたる技術開発と技術行政に関する功績により、勲二等瑞宝章をお受けになりました。

(A)



## CIMAC に参加して

日立製作所 今井 鉄

6月8日から11日まで4日間、第17回 CIMAC 国際会議が緑深まったポーランドのワルシャワで開催された。会場となったのは市の中心と思われる Palace of Culture and Science (文化と科学の宮殿) で、写真にみる通り、まさに巨大な建物で、1955年にソ連からの贈物として完成したという。高さ234m、37階建ての上から見るワルシャワの眺めは、ほとんどの町が一望のもとに見えるほどである。3000以上の部屋を有するというが、往来する人の数もそれほど多くなく、常時使われているのかどうかも不明で、いかにもソ連の一点豪華主義を目でみた気がした。中はコンGRES ホールをはじめ、各部屋のシャンデリヤ等、まさに素晴らしいの一語につきる。

会議は6月8日(日)10時からコンGRES ホールでの開会式から始まった。主催の各あいさつのあと、最後に柴田万寿太郎会長(President)のあいさつでしめくくった。その内容はざっと次のようであった。



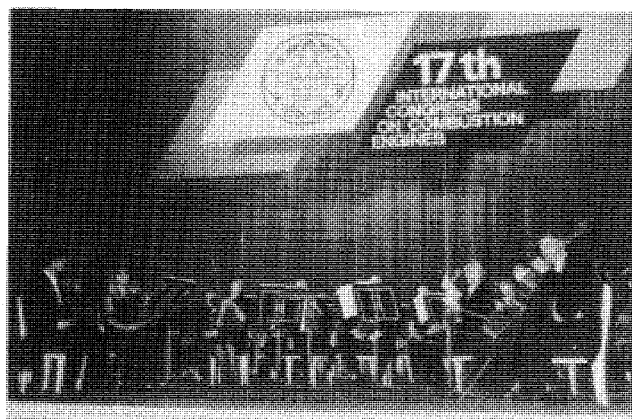
(昭和62年7月21日原稿受付)

「東欧で CIMAC 国際会議が開催されるのを待っていた。世界からの参加を期待している CIMAC には国境はない。CIMAC の Policy の一つとして世界の連携のもとに、世界の平和に寄与することを願っている。武器を扱わないのもその Policy からきている。1977年にポーランドが CIMAC のメンバーになって以来、初めての開催である。今回の開催の努力に感謝する。ポーランドが戦争の廃虚から立上り、このような立派な町を再建したことに対して、日本の広島町と重ね合せて、尊敬と賞賛を惜しまない。(ワルシャワでは今なお戦争のツメ跡が人々に広く語りづかれている。)昨日無名戦士の墓を訪れた……」

と極めて Humanistic な、生ぐさい政治がかった話を一切いれぬ、格調の高いあいさつであった。

開会式のあと交響楽団によるコンサートがあり、ショパンを生んだ国の伝統にふさわしいオープニングセレモニーであった。

CIMAC 国際会議について印象を述べるならば、ASME ガスタービン会議がガスタービン専門の会議であり、極めて Business Like に運営されているのに対して CIMAC はディーゼルエンジンとガスタービンの混在で、出席者の配分もディーゼルが多く、ガスタービンはマイナーという感じがした。特に最終日などは出席者が極めて少なく



なってしまったのは発表者に対して気の毒であった。しかし運営にはASMEにない格調高い一面があり、特にディナーパーティにはダークスーツに蝶ネクタイを着装した人がかなりいたことでもうなづける。宮殿のホールで大きなシャンデリアの下でのワルツの舞踏にしても古き良きヨーロッパの格調にふれた気がした。またディナーパーティで日本から出席した全員が飛び入りで、和田氏（日立）の指揮のもとに我国でも良く知られたポーランドのフォークソング「シュワジペチカ（娘さん）」を即席で披露したのは、従来とかく引込みがちな日本人にない一面をみた思いで、楽しい限りであった。ポーランドの人達も一緒に唱和して大喜びしたことは云うまでもない。

講演はガスタービン関係全部で29件、パネルディスカッション2件。そのうち日本からの発表は9件と圧倒的に多かったのが今年の特徴であった。また開催国ポーランドからも2件の発表があった。

内容別には石炭ガス関連が6件、運転実績の報告が（IHI他）4件、新機種紹介が（高効率ガスタービン技術研究組合から出したリヒートガスタービンのテスト結果について、更に三菱重工、三井造船）計3件、燃焼器（IHI他）3件、パイプライン3件、材料（IHI）1件、圧縮機（日立他）2件、コージェネレーション（川重）、脱硝（バブ日立）、翼冷却、エロージョン各1件の発表に加えて石炭ガス化とコージェネレーションに関するパネルディスカッションが行われた。今年はASMEガスタービン会議が米国アナハイムで一週間前に行われたばかりで、発表は主として欧州と日本で占められ、米国からの発表は1件にとどまった。

講演は2つの部屋に分かれて同時に行われたため、全てを聴講することは出来なかったが印象に残った主なものを報告すると。

(1) 長期の運転実績としてIHIの竹生氏が蒸気タービン駆動の圧縮機をもつ旧設備（アンモニアプラント）をガスタービン（10MW）駆動にすることによって、排熱利用によりプラント効率向上（75%から90%に向上）を計った約7年間の運転実績を説明した。燃焼器回りのトラブルと対策について説明があり、メーカーの者ならば身につまれる思いで聞いたと思われる。なかなか内容のあ

る発表であった。今後共このような実績の発表は関係者の関心をひくところであり、紹介してもらいたいものである。

またBBCのDr. Endresが8型ガスタービン（50MW×4台）の発電所の運転実績として、Reliability, Availability, Forced Outageそれぞれについて報告し、写真を用いてトラブルの現象と対策を説明した。

バブコック日立の黒田氏が国内に納めたコンバインドサイクルの運転実績を、特に脱硝を中心に説明した。長期運転の脱硝寿命は関心がもたれるところであるが、質問もそれに集中し、それに応えたものであった。

(2) 発電所の紹介としてKWUのMr. Waldingerより石炭ガス化とガスタービン（35MW）を結びつけた総出力220MWのコンバインドサイクルについて紹介があった。石炭ガス化コンバインドサイクルは欧州でも熱心に検討され、既に一部このような実績も出ており、日本も遅れをとることになりかねない。このように多様化していくシステムに対応していく必要があると感じた。その他紹介したい発表も多々あるが、紙面の都合で省略するとして、また詳細はPaperを参照してもらおうとして、コージェネレーションに関するパネルディスカッションの内容を紹介したい。5人のパネリストが順々にそれぞれの立場で発表をしたあと会場の出席者を交えて討議するもので、GE社のMr. SpecterよりNOXの規制の厳しいカリフォルニアを中心にジェット転用（LM2500）を用いたコージェネレーションの実例を紹介し、水噴射（蒸気）によってNOXの低減をはかり、規制をクリア出来ること、またオランダに納入した例として2台のLM2500と1台の蒸気タービン、1台の発電機をクラッチを介して1軸にまとめた熱効率50%以上の実績を紹介した。今後のコージェネレーションの見通しとして彼がまとめた5点の的を得ていると思う。

- (1) 20MW級の産業用が増える。
- (2) Emission規制が益々厳しくなる。
- (3) 資金面での優遇制度は減少する
- (4) 電気及び熱の効率の高いものが要求される。
- (5) 蒸気噴射が増加する（出力上昇並びに電力、蒸気のマッチングによる運転のフレキ

シビリティ)

またBBCのMr. Rolphも同様にHeavy Dutyのガスタービンでの実績を説明したあとは、将来の方向として次の3点をあげた。

- (1) 効率の高いものが要求される。
- (2) Emissionの低いものが要求される。
- (3) 石炭ガス化と結びついたもの(燃料の多様化対応)

なお、LHVで総合効率52%が可能であると報告した。

以上で報告を終るが、先に述べたように今回は日本からの発表が圧倒的に多かったのであるが、最後のサヨナラパーティーにおいて最優秀論文賞として佐藤氏(IHI)の発表した高温燃焼器の開発に関する論文が表彰された。

また、日本内燃機関連合会会長の岡村氏がCIMAC特別功労賞としてゴールドメダルを授与され、オープニングセレモニーでの柴田会長のあいさつといい日本を著しく高揚した会議であったことを付記しておく。



#### 協賛講習会

##### 「日本機械学会関西支部第153回講習会」 “数値流体力学の初歩から実用まで”

日 時 昭和62年11月12日(木), 13日(金) 9:00~17:00  
会 場 日生中之島研修所 6階 特別教室

##### 「日本機械学会関西支部第154回講習会」 “コージェネレーションの現状と将来”

日 時 昭和62年11月16日(月) 9:40~17:00  
17日(火) 9:00~17:00  
会 場 建設交流館 6階 会議室603

詳細については(社)日本機械学会関西支部(Tel.06-443-2073)へお問い合わせ下さい。

シビリティ)

またBBCのMr. Rolphも同様にHeavy Dutyのガスタービンでの実績を説明したあとは、将来の方向として次の3点をあげた。

- (1) 効率の高いものが要求される。
- (2) Emissionの低いものが要求される。
- (3) 石炭ガス化と結びついたもの(燃料の多様化対応)

なお、LHVで総合効率52%が可能であると報告した。

以上で報告を終るが、先に述べたように今回は日本からの発表が圧倒的に多かったのであるが、最後のサヨナラパーティーにおいて最優秀論文賞として佐藤氏(IHI)の発表した高温燃焼器の開発に関する論文が表彰された。

また、日本内燃機関連合会会長の岡村氏がCIMAC特別功労賞としてゴールドメダルを授与され、オープニングセレモニーでの柴田会長のあいさつといい日本を著しく高揚した会議であったことを付記しておく。



#### 協賛講習会

#### 「日本機械学会関西支部第153回講習会」 “数値流体力学の初歩から実用まで”

日 時 昭和62年11月12日(木), 13日(金) 9:00~17:00  
会 場 日生中之島研修所 6階 特別教室

#### 「日本機械学会関西支部第154回講習会」 “コージェネレーションの現状と将来”

日 時 昭和62年11月16日(月) 9:40~17:00  
17日(火) 9:00~17:00  
会 場 建設交流館 6階 会議室603

詳細については(社)日本機械学会関西支部(Tel.06-443-2073)へお問い合わせ下さい。





## 三井 SB30D ガスタービン

三井造船㈱ 坪井俊雄

### 1. 開発の目的

自社開発による国産商用機 SB30 ガスタービン（5 MWクラス，1 軸単純サイクル）は初号機を生産してから10年を経過し，実績と信頼性を確立してきた。しかし，この間に顧客の用途も発電用，機械駆動用に限らず，ガスタービンを複合発電プラントやコ・ジェネプラントとして総合熱効率の向上，省エネルギー化を図ったプラントへの適用といったようにガスタービンの利用技術も多様化されてきている。今後更に中小型ガスタービンの需要が急速に広まることが予想される。これに応える為にガスタービン本体の高性能化，信頼性の向上，燃料の多様化を図る必要が生じた。

このため SB30 ガスタービンの性能向上を目的として SB30D 形ガスタービンの開発を実施し，昨年開発を完了した。

### 2. 仕様と特徴

SB30D ガスタービンの主要目（計画値）を表-1 に，組立断面図を図-1 に示す。

タービン入口温度 1000℃，全負荷状態での試験

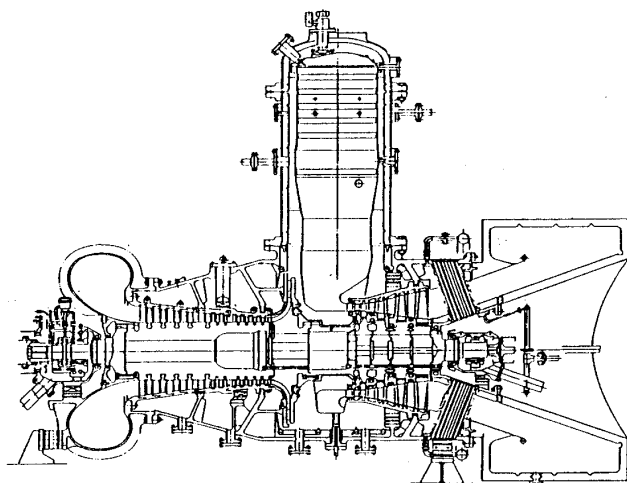


図-1 SB30D 組立断面図

（昭和 62 年 8 月 10 日原稿受付）

表-1 主要目 (ISO 値)

回 転 数 ( rpm )	9410
軸 端 出 力 ( Mw )	6.1
熱 効 率 ( %LHV )	30.2
排ガス流量 ( kg/S )	28.1
排ガス温度 ( ℃ )	487
軸流圧縮機 ( 段 )	11
遠心圧縮機 ( 段 )	1
タービン ( 段 )	4

結果は性能，各部メタル温度，軸振動特性，スラスト，NO<sub>x</sub> 等ほぼ計画通りの結果を得た。

本ガスタービンの特徴は次の通りである。

(1) SB30D ガスタービンは水平 2 分割構造，二重ケーシング構造（写真-1，2 参照）をはじめとし，従来機の技術的実績を踏襲している。

(2) 高圧化をはかる為に軸流圧縮機（11 段）の後流に遠心圧縮機（1 段）を設けた。この遠心段は従来機（SB30 ガスタービン）のディフューザのスペースを利用して設置しているので軸受間距離は従来機と同一でありケーシングも同じサイズに収めている。

(3) タービン入口ガス温度を 1000℃ に上げ熱効率の向上を図った。このガス温度は弊社 SB60（13MW クラス），SB120（24MW クラス）ガスタービンと同一温度である。

(4) これに伴いタービン 1 段動静翼に空冷翼を採用した。この冷却方法は既に実績のある SB60，SB120 ガスタービンと同一方式で，1 段静翼は冷却性能の良いインサート方式を 1 段動翼は中空一体形を使用している。

(5) 2 段動翼はティップクリアランスロスを減らすためにシュラウド付き翼とし，ホイールスペース部のシール性を良くするために高温部の 1，2 段動翼については 2 段シール翼を採用している。

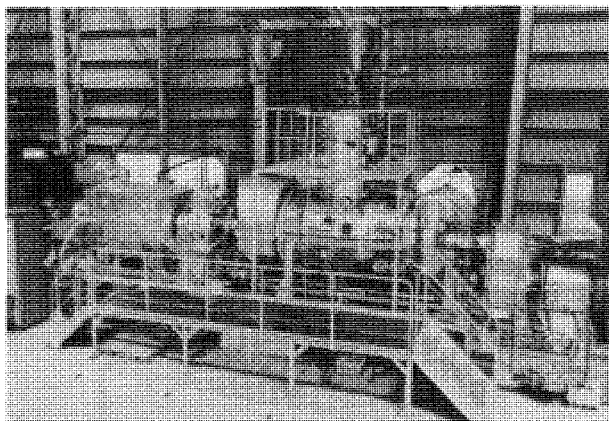


写真-1

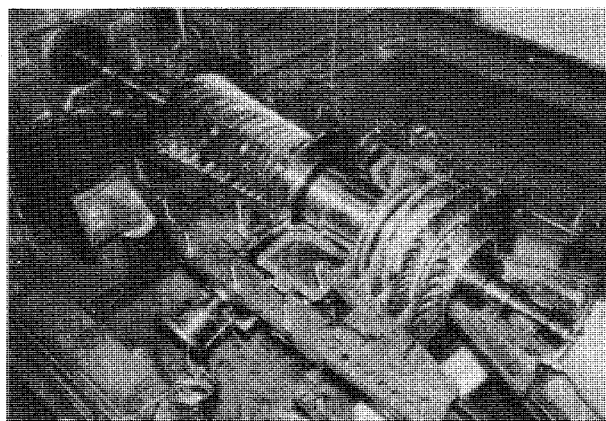


写真-2

(6) 2段, 3段静翼は2枚セグメント, 4段静翼は3枚セグメント構造として機械的な剛性を上げるとともにシール空気量の低減を図っている。動静翼は全段精密鋳造製である。

(7) 燃焼器は単缶逆流式で, 単独でタービンケーシング上に設置されているので, 保守, 点検が容易である。また配置上の制限を受けにくいので低カロリーを含めた多種燃料の使用が可能である。燃料噴射弁には混燃型を用いており, 出力増大と $\text{NO}_x$ 低減を狙ってスチーム噴射も行いその効果を確認している。

### 3. まとめ

以上の如く, SB30Dガスタービンは従来機の技術的実績と高い信頼性を基礎にして性能向上を図ったものであり, より経済性の高いガスタービンとなっている。また, このSB30Dガスタービンを相似設計したSB15形ガスタービンを発表しており, 既に2機受注しその初号機は今年8月に工場運転を完了した。

今後これらのガスタービンをより完全なものとし, さらに用途が拡大することを期待している。

#### 共 催

。第28回航空原動機に関する講演会

日 時 昭和63年2月24日(水) (講演募集〆切 昭和62年10月9日)

会 場 機械振興会館

詳細については日本航空宇宙学会(Tel. 03-501-0463)へお問い合わせ下さい。

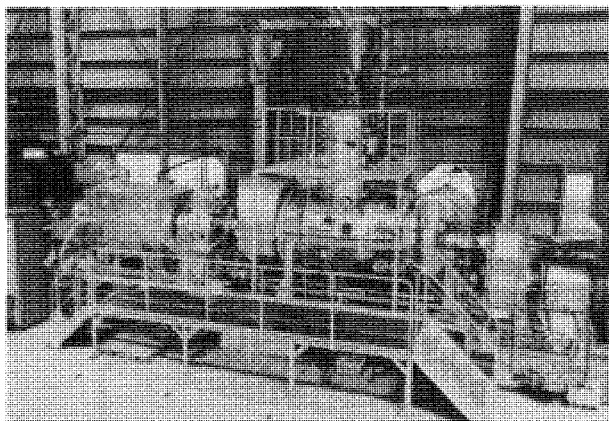


写真-1

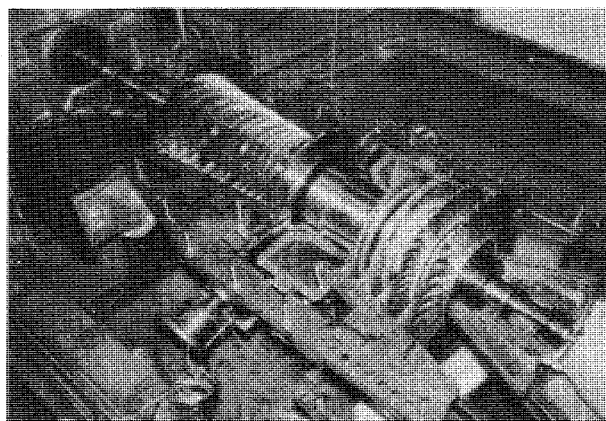


写真-2

(6) 2段, 3段静翼は2枚セグメント, 4段静翼は3枚セグメント構造として機械的な剛性を上げるとともにシール空気量の低減を図っている。動静翼は全段精密鋳造製である。

(7) 燃焼器は単缶逆流式で, 単独でタービンケーシング上に設置されているので, 保守, 点検が容易である。また配置上の制限を受けにくいので低カロリーを含めた多種燃料の使用が可能である。燃料噴射弁には混燃型を用いており, 出力増大と $\text{NO}_x$ 低減を狙ってスチーム噴射も行いその効果を確認している。

### 3. まとめ

以上の如く, SB30Dガスタービンは従来機の技術的実績と高い信頼性を基礎にして性能向上を図ったものであり, より経済性の高いガスタービンとなっている。また, このSB30Dガスタービンを相似設計したSB15形ガスタービンを発表しており, 既に2機受注しその初号機は今年8月に工場運転を完了した。

今後これらのガスタービンをより完全なものとし, さらに用途が拡大することを期待している。

#### 共 催

。第28回航空原動機に関する講演会

日 時 昭和63年2月24日(水) (講演募集〆切 昭和62年10月9日)

会 場 機械振興会館

詳細については日本航空宇宙学会(Tel. 03-501-0463)へお問い合わせ下さい。

# 「第23回 AIAA/SAE/ASME/ASEE Joint Propulsion Conference」 June 29 ~ July 2, 1987

## 論文リスト (ガスタービン関係)

番号	(1) 題目	(2) 著者	(3) Committee	(4) Theme
AIAA-87-1708	(1) Advantages of Thrust Vectoring for STOL (2) B.D.Ward (Rolls-Royce Inc.,USA), W.J.Lewis (Rolls-Royce plc,UK) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) V/STOL-ASTOVL Propulsion
AIAA-87-1711	(1) STOL Engine/Airframe Integration (2) R.L.Bucknell (Pratt & Whitney,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) V/STOL-ASTOVL Propulsion
AIAA-87-1716	(1) Engine Maintenance Improvement Considerations (2) C.L.Callis, C.E.Curry (Allison Gas Turbine Div.,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Engine Supportability Spectrum
AIAA-87-1741	(1) Rotor Wake Segment Influence on Stator-Surface Boundary Layer Development in an Axial-Flow Compressor Stage (2) J.L.Hanson (Allison Gas Turbine Div.,USA), T.H.Okiishi (Iowa State Univ.,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Compression System Technology
AIAA-87-1742	(1) Method for the Determination of the Three-Dimensional Aerodynamic Field of a Rotor-Stator Combination in Compressible Flow (2) S.M.Ramachandra (Case Western Reserve Univ.,USA) L.J.Bober (NASA Lewis Research Center,USA), S.Khandelwal (Sverdrup Technology Inc.,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Compression System Technology
AIAA-87-1744	(1) Axial Compressor Outlet Guide Vane Aerodynamics (2) S.J.Stevens, K.F.Young (Univ. of Technology,UK) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Compression System Technology
AIAA-87-1745	(1) Performance of Two 10-lb/sec Centrifugal Compressors with Differential Blade and Shroud Thicknesses Operating Over a Range of Reynolds Numbers (2) G.J.Skoch (U.S.Army Aviation Research and Technology Activity,USA), R.D.Moore (NASA Lewis Research Center,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Compression System Technology
AIAA-87-1746	(1) Supersonic Through-Flow Fan Design (2) J.F.Schmidt, R.D.Moore, J.R.Wood, R.J.Steinke (NASA Lewis Research Center,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Compression System Technology
AIAA-87-1747	(1) Highly Compact Inlet Diffuser Technology (2) R.H.Tindell (Grumman Corporation,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Inlet Technology
AIAA-87-1748	(1) F-16 Modular Common Inlet Design Concept (2) P.E.Hagseth (General Dynamics,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Inlet Technology
AIAA-87-1749	(1) Investigation of a Delta-Wing Fighter Model Flow Field at Transonic Speeds (2) E.A.Bare, D.E.Reubush (NASA Langley Research Center,USA), R.Haddad, R.W.Hathaway (McDonnell Aircraft,USA), M.Compton (AFWAL/F114M,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Inlet Technology
AIAA-87-1750	(1) Flow Behind Single-and Dual-Rotation Propellers at Angle of Attack (2) T.Tenerowicz (Boeing,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Inlet Technology
AIAA-87-1751	(1) Two Dimensional Numerical Analysis for Inlet at Subsonic Through Hypersonic Speeds (2) R.H.Bush, P.G.Vogel, W.P.Morby, B.A.Haeffele (McDonnell Douglas,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Inlet Technology
AIAA-87-1752	(1) Navier-Stokes Simulations of Supersonic Fighter Intake Flowfields (2) J.Vadyak, M.J.Smith, D.W.Schuster (Lockheed-Georgia Co.,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Inlet Technology
AIAA-87-1758	(1) A Noninterference Blade Vibration Measurement System for Gas Turbine Engines (2) W.B.Watkins (Pratt & Whitney,USA), R.M.Chi (United Technologies Research Center,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Advanced Engine Instrumentation
AIAA-87-1759	(1) A Superlattice Strain Gage (2) B.W.Noel, D.L.G.Smith, D.M.Sinha (Los Alamos National Laboratory,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Advanced Engine Instrumentation
AIAA-87-1761	(1) Evaluation and Testing Thermographic Phosphors for Turbine-Engine Temperature Measurements (2) B.W.Noel (Los Alamos National Laboratory,USA), S.W.Allison, D.L.Beshears, M.R.Cates (Oak Ridge Gaseous Diffusion Plant,USA), H.M.Borella, L.A.Franks, C.E.Iverson, S.S. (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Advanced Engine Instrumentation
AIAA-87-1762	(1) Real-Time Neutron Imaging of Gas Turbines (2) P.A.E.Stewart (Rolls-Royce plc,UK) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Advanced Engine Instrumentation
AIAA-87-1826	(1) Design and Test Verification of a Combustion System for an Advanced Turbofan Engine (2) J.W.Sanborn, J.E.Lenertz, J.D.Johnson (Garrett Turbine Co.,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Combustor/Augmentor Technology
AIAA-87-1827	(1) The Influence of Dilution Hole Aerodynamics on the Temperature Distribution in a combustor Dilution Zone (2) S.J.Stevens, J.F.Carrotte (Univ. of Technology,UK) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Combustor/Augmentor Technology
AIAA-87-1828	(1) Liner Cooling Research at NASA Lewis Research Center (2) V.A.Acosta (U.S.Army Aviation Research and Technology Activity,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Combustor/Augmentor Technology

番号	(1) 題目	(2) 著者	(3) Committee	(4) Theme
AIAA-87-1829	(1) High Density Fuel Effects on Gas Turbine Engines (2) V.L.Oechsle, P.T.Ross, H.C.Mongia (Allison Gas Turbine Div.,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Combustor/Augmentor Technology
AIAA-87-1830	(1) High Performance Turbofan Afterburner Systems (2) A.Sotheran (Rolls-Royce plc,UK) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Combustor/Augmentor Technology
AIAA-87-1831	(1) Combustion Enhancement by Axial Vortices (2) E.Gutierrez, K.C.Schadow, T.P.Parr, D.M.Parr, K.J.Wilson (Naval Weapons Center,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Combustor/Augmentor Technology
AIAA-87-1832	(1) A Variable Geometry Combustor for Broadened Properties Fuels (2) W.J.Dodds (General Electric,USA), J.S.Fear (NASA Lewis Research Center,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Combustor/Augmentor Technology
AIAA-87-1833	(1) Scale Model Test Results of a Thrust Reverser Concept for Advanced Multi-Functional Exhaust Systems (2) A.P.Kuchar (General Electric,USA), L.D.Leavitt (NASA Langley Research Center,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Exhaust System Technology I
AIAA-87-1834	(1) Static Investigation of Post-Exit Vanes for Multiaxis Thrust Vectoring (2) B.L.Berrier, M.L.Mason (NASA Langley Research Center,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Exhaust System Technology I
AIAA-87-1835	(1) STOL Characteristics of a Tactical Aircraft with Thrust Vectoring Nozzles (2) R.F.Tape (Rolls-Royce Inc.,USA), R.J.Glidewell (AFWAL,USA), D.E.Berndt (Rockwell International,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Exhaust System Technology I
AIAA-87-1836	(1) Parametric Study of Single Expansion Ramp Nozzles at Subsonic/Transonic Speeds (2) F.J.Capone, R.J.Re, E.A.Bare (NASA Langley Research Center,USA), M.K.Mclean (General Electric,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Exhaust System Technology I
AIAA-87-1837	(1) Short Efficient Ejector Systems (2) V.Presz, R.F.Blinn (Western New England College,USA), B.Morin (United Technologies Research Center,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Exhaust System Technology I
AIAA-87-1906	(1) Contingency Power for Small Turboshaft Engines Using Water Injection into Turbine Cooling Air (2) T.J.Biesiadny, B.Berger (NASA Lewis Research Center,USA), G.A.Klann, D.A.Clark (U.S.Army Aviation Research and Technology Activity,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Small Engine Technology/Concepts
AIAA-87-1907	(1) APU Fuel Efficiency and Affordability for Commercial Aircraft (2) C.Rodgers, D.C.Johnson (Turbo-mach,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Small Engine Technology/Concepts
AIAA-87-1908	(1) Development of the Model 373 Turbojet Engine (2) H.F.Due (Teledyne CAE,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Small Engine Technology/Concepts
AIAA-87-1910	(1) A Derivative Engine Based on New Technology-Low Risk:Cost effective (2) W.P.Paini (Allison Gas Turbine Div.,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Small Engine Technology/Concepts
AIAA-87-1911	(1) Turbine Propulsion for Heavy Armored Vehicles (2) R.J.Duffy, G.K.Hower (General Electric,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Small Engine Technology/Concepts
AIAA-87-1913	(1) Development of Low-Cost Test Techniques for Advancing Film Cooling Technology (2) F.O.Soechting, K.K.Landis (Pratt & Whitney,USA), R.Dobrowolski (Naval Air Propulsion Center,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Advanced Turbine Technology I
AIAA-87-1914	(1) Visualization of Film Cooling Flows Using Laser Sheet Light (2) R.B.Rvir, W.M.Roumore, J.V.McCarthy (Aero Propulsion Lab.,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Advanced Turbine Technology I
AIAA-87-1915	(1) Influence of Vane/Blade Spacing and Cold-Gas Injection on Vane and Blade Heat-Flux Distributions for the Teledyne 702 HP Turbine Stage (2) M.G.Dunn (Calspan Advanced Technology Center,USA), R.E.Chupp (Teledyne CAE,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Advanced Turbine Technology I
AIAA-87-1916	(1) Aerodynamics and Heat Transfer Analysis of a Low Aspect Ratio Turbine (2) O.P.Sharma, P.Neuwen, R.H.Ni, C.M.Rhie, J.A.White, A.K.Finke (Pratt & Whitney,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Advanced Turbine Technology I
AIAA-87-1917	(1) The Influence of Freestream Turbulence and Pressure Gradient on Heat Transfer to Gas Turbine Airfoils (2) R.D.Zerkle, R.J.Lounsbury (General Electric,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Advanced Turbine Technology I
AIAA-87-1918	(1) Momentum and Thermal Boundary Layer Development on Turbine Airfoil Suction Surfaces (2) O.P.Sharma (Pratt & Whitney,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Advanced Turbine Technology I
AIAA-87-1919	(1) An Experimental Investigation of Turbine Case Treatments (2) L.S.Offenberg, J.D.Fischer, T.J.Vanderhoek (Garrett Turbine Engine Co,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Advanced Turbine Technology I
AIAA-87-1920	(1) Integration Effects of Pylon Geometry and Rearward Mounted Nacelles for a High-Wing Transport (2) J.R.Carlson, M.Lamb (NASA Langley Research Center,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Propulsion System Integration Technology
AIAA-87-1921	(1) Development of the Boeing 767 Thrust Reverser (2) J.Jackson (Boeing,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Propulsion System Integration Technology
AIAA-87-1922	(1) F-15 SMTD Hot Gas Injection Wind Tunnel Test Results (2) W.B.Blake, J.A.Laughrey (U.S.Air Force Wright Aeronautical Labs.,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Propulsion System Integration Technology
AIAA-87-1923	(1) Advanced Fighter Thrust Reverser Integration for Minimum Landing Distance (2) C.L.Anderson, M.K.Bradley (Northrop Corp.,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Propulsion System Integration Technology
AIAA-87-1924	(1) Exploratory Evaluation of a Moving Model Technique for Measurement of Dynamic Ground Effects (2) G.T.Kemmerly, J.W.Paulson (NASA Langley Research Center,USA), M.Compton (Air Force Wright Aeronautical Labs.,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Propulsion System Integration Technology
AIAA-87-1926	(1) Micro-Computer/Parallel Processing for Real Time Testing of Gas Turbine Control Systems (2) S.P.Roth, L.A.Celiberti (Pratt & Whitney,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Engine Controls and Diagnostics

番号	(1) 題目	(2) 著者	(3) Committee	(4) Theme
AIAA-87-1927	(1) Highly Reliable, Microprocessor-based Engine Control (2) T.J.Lewis (Aero Propulsion Lab.,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Engine Controls and Diagnostics
AIAA-87-1928	(1) Validation of an Integrated Flight and Propulsion Control Design for Fighter Aircraft (2) P.D.Shaw, K.R.Haiges (Northrop Corporation,USA), C.A.Skira (USAF,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Engine Controls and Diagnostics
AIAA-87-1929	(1) Performance Seeking Control for Cruise Optimization in Fighter Aircraft (2) P.D.Shaw, E.J.Tich (Northrop Corporation,USA), C.A.Skira (USAF,USA), D.F.Berg, S.Adibhatla, J.A.Swan (General Electric,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Engine Controls and Diagnostics
AIAA-87-1930	(1) Future Advanced Control Technology Study (FACTS) - A Look at Emerging Technologies (2) S.J.Przybylko (AFWAL,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Engine Controls and Diagnostics
AIAA-87-1931	(1) XMAN - A Tool for Automated Jet Engine Diagnostics (2) T.G.Jellison, J.A.Frenster, N.S.Pratt, R.L.Delloff (Systems Control Technology,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Engine Controls and Diagnostics
AIAA-87-1997	(1) Return of the Solid Fuel Gas Generator ATR (2) J.A.Bossard, K.L.Christensen, M.H.Fedun (Aerojet TechSystems Co.,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Innovative Air Breathing Propulsion Concepts
AIAA-87-1999	(1) Isothermal Combustion for Improved Efficiencies (2) K.M.R.Ramohalli (Univ. of Arizona,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Innovative Air Breathing Propulsion Concepts
AIAA-87-2002	(1) Standing Oblique Detonation Wave Engine Performance (2) M.J.Ostrander, J.C.Hyde, M.F.Young, R.D.Kissinger (Aerojet TechSystems Co.,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Innovative Air Breathing Propulsion Concepts
AIAA-87-2003	(1) Advancements in Hydrogen Expander Airbreathing Engines (2) M.R.Glickstein, T.H.Powell (Pratt & Whitney,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Innovative Air Breathing Propulsion Concepts
AIAA-87-2008	(1) Experimental Data Correlations for the Effects of Rotation on Impingement Cooling of Turbine Blades (2) J.C.Kreatsoulas (AVCO Research Lab.,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Advanced Turbine Technology II
AIAA-87-2009	(1) Friction Factors and Heat Transfer Coefficients in Turbulated Cooling Passages of Different Aspect Ratios, Part I: Experimental Results (2) M.E.Taslim (Northeastern Univ.,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Advanced Turbine Technology II
AIAA-87-2010	(1) Full Coverage Impingement Heat Transfer: The Influence of Crossflow (2) G.E.Andrews, C.L.Hussain (Univ. of Leeds,UK) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Advanced Turbine Technology II
AIAA-87-2011	(1) Turbine Pyrometry for Advanced Engines (2) W.H.Atkinson, R.R.Strange (Pratt & Whitney,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) New Instrumentation, Diagnostics and Test Techniques
AIAA-87-2013	(1) Digital Control Development for the T56-A-427 Engine (2) J.V.Daniluck (Allison Gas Turbine Div.,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) New Instrumentation, Diagnostics and Test Techniques
AIAA-87-2014	(1) Application of Computational Fluid Dynamics to Analysis of Exhaust Gas/Diffuser Interactions in a Turbine Engine Altitude Test Cell (2) M.A.Cross (Sverdrup Technology,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) New Instrumentation, Diagnostics and Test Techniques
AIAA-87-2015	(1) Analysis Tool for Application to Ground Testing of Highly Underexpanded Nozzles (2) G.K.Cooper, J.L.Jordan, W.J.Phares (Sverdrup Technology,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) New Instrumentation, Diagnostics and Test Techniques
AIAA-87-2088	(1) A Stage-By-Stage Post-Stall Compression System Modeling Technique (2) M.W.Davis (Sverdrup Technology,USA), W.F.O'Brien (Virginia Polytechnic Institute and State Univ.,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Engine Operability
AIAA-87-2089	(1) Dynamic Data Acquisition, Reduction, and Analysis for the Identification of High-Speed Compressor Component Post-Stability Characteristics (2) S.D.Dvorak, W.M.Hosny, W.G.Steenken, J.H.Taylor (General Electric,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Engine Operability
AIAA-87-2090	(1) A Control Volume of Rotating Stall in Multistage Axial Compressors (2) S.G.Koff, R.F.Davis (Pratt & Whitney,USA), E.M.Greitzer (Massachusetts Institute of technology,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Engine Operability
AIAA-87-2092	(1) Flight Test and Evaluation of Propulsion System Operability Characteristics (2) G.P.Hoe, R.M.Davino (Air Force Flight Center,USA), E.Graham (Ed Graham and Associates,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Engine Operability
AIAA-87-2093	(1) Enhancing Compressor Distortion Tolerance by Asymmetric Stator Control (2) G.T.Chen, E.M.Greizer, A.H.Epstein (Massachusetts Institute of Technology,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Engine Operability
AIAA-87-2094	(1) Fracture Mechanics Life Prediction System Using Crack Closure Methodology (2) R.E.de Laneuville, B.J.Heath (Pratt & Whitney,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Engine Structures/Durability
AIAA-87-2097	(1) Operational Engine Usage and Mission Analysis (2) M.J.Nienhaus (General Dynamics,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Engine Structures/Durability
AIAA-87-2099	(1) The Design of Low-Stress/High Performance Centrifugal Impellers (2) P.S.Kuo, M.B.Flathers, P.J.Rooney (Avco Lycoming Textron,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Engine Structures/Durability
AIAA-87-2101	(1) Engine Variable Geometry Effects on Commercial Supersonic Transport Development (2) R.B.Steinmetz, B.G.Hines (General Electric,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Advanced Variable Geometry Engine Concepts
AIAA-87-2102	(1) Dual Cycle Turbofan Engine (2) F.A.Schweiger (General Electric,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Advanced Variable Geometry Engine Concepts
AIAA-87-2103	(1) Variable Cycle Concepts for High Mach Applications (2) G.Blevins (AFWAL/POTA,USA), J.Hartsel (General Electric,USA), T.Powell (Pratt & Whitney,USA) (3) Air Breathing Propulsion(ABP)			(4) Advanced Variable Geometry Engine Concepts

番号	(1) 題目	(2) 著者	(3) Committee	(4) Theme
AIAA-87-2104	(1) Three Stream Turbofan-Variable Cycle Engine with Integral Turbo Compressor (2) G.M.Perkins (Pratt & Whitney,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Advanced Variable Geometry Engine Concepts
AIAA-87-2105	(1) Cycle Selection Considerations for High Mach Applications (2) R.Johnson (Allison Gas Turbine Div.,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Advanced Variable Geometry Engine Concepts
AIAA-87-2106	(1) Characteristics of Dune-Shape Flameholders (2) R.H.Stwalley, A.H.Lefebvre (Purdue Univ.,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Exhaust System/Augmentor Technology II
AIAA-87-2108	(1) An Experimental and Numerical Investigation of Swirling Flows in a Rectangular Nozzle (2) T.H.Sobota, F.E.Marble (California Institute of Technology,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Exhaust System/Augmentor Technology II
AIAA-87-2111	(1) Two-Dimensional Nozzle Plume Characteristics (2) U.H.von Glahn (NASA Lewis Research Center,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Exhaust System/Augmentor Technology II
AIAA-87-2112	(1) Secondary Stream and Excitation Effects on Two-Dimensional Nozzle Plume Characteristics (2) U.H.von Glahn (NASA Lewis Research Center,USA) (3) Air Breathing Propulsion (ABP)			(4) Exhaust System/Augmentor Technology II
AIAA-87-2053	(1) Large Amplitude Supersonic Inlet Dynamics (2) Y.-S.Guan, S.Yang (Northwestern Polytechnical Univ.,China) (3) American Society of Mechanical Engineers (ASME)			(4) CFD - General I
AIAA-87-2055	(1) Computational Aerodynamics of Oscillating Cascades with the Evolution of Stall (2) F.Sisto, W.Wu, S.Thangam, S.Johnnavithula (Stevens Inst. of Technology,USA) (3) American Society of Mechanical Engineers (ASME)			(4) CFD - General I
AIAA-87-2056	(1) An Efficient Code for Integrating Navier-Stokes Equations for 3D Internal Flow Problems in General Curvilinear Coordinates (2) A.H.K.Mazhar (Georgia Inst. of Technology,USA) (3) American Society of Mechanical Engineers (ASME)			(4) CFD - General I
AIAA-87-2057	(1) Conformal Mapping and Orthogonal Grid Generation (2) D.C.Ives, R.M.Zacharias (Pratt & Whitney,USA) (3) American Society of Mechanical Engineers (ASME)			(4) CFD - General I
AIAA-87-2058	(1) Unsteady Three-Dimensional Navier-Stokes Simulations of Turbine Rotor-Stator Interaction (2) M.M.Rai (NASA Ames Research Center,USA) (3) American Society of Mechanical Engineers (ASME)			(4) CFD - General I
AIAA-87-2063	(1) Marine Propeller Analysis with Panel Method (2) C-I.Yang, S.D.Jassup (David Taylor Naval Ship R&D Center,USA) (3) American Society of Mechanical Engineers (ASME)			(4) Marine Propulsion II, Hydrodynamics, Fluid Dynamics and Heat Transfer
AIAA-87-2074	(1) An Outlook on Hypersonic Flight (2) G.Y.Anderson (NASA Langley Research Center,USA) (3) American Society of Mechanical Engineers (ASME)			(4) Hypersonic Propulsion I
AIAA-87-2078	(1) An Improved Computational Model for a Scramjet Propulsion System (2) T.R.A.Bussing, G.L.Lidstone (Boeing Military Airplane Co.,USA) (3) American Society of Mechanical Engineers (ASME)			(4) Hypersonic Propulsion I
AIAA-87-2079	(1) The Influence of Flow Non-Uniformities in Air-Breathing Hypersonic Propulsion Systems (2) M.J.Lewis, D.E.Hastings (Massachusetts Institute of Technology,USA) (3) American Society of Mechanical Engineers (ASME)			(4) Hypersonic Propulsion I
AIAA-87-2146	(1) Navier-Stokes Analyses of the Redistribution of Inlet Temperature Distortions in a Turbine (2) M.M.Rai (NASA Ames Research Center,USA), R.P.Dring (United Technologies Research Center,USA) (3) American Society of Mechanical Engineers (ASME)			(4) CFD - Cascades
AIAA-87-2148	(1) Pseudo Three-Dimensional Transonic Flow in Turbine Bladings (2) F.Martelli, A.A.Boretti (Univ. of Firenze,Italy) (3) American Society of Mechanical Engineers (ASME)			(4) CFD - Cascades
AIAA-87-2149	(1) Numerical Prediction of Turbine Vane-Blade Interaction (2) J.P.Lewis, R.A.Delaney, E.J.Hall (Allison Gas Turbine Div.,USA) (3) American Society of Mechanical Engineers (ASME)			(4) CFD - Cascades
AIAA-87-2150	(1) Development of a Viscous Cascade Code Based on Scalar Implicit Factorization (2) C.J.Knight, D.Choi (Avco Research Lab.,USA) (3) American Society of Mechanical Engineers (ASME)			(4) CFD - Cascades
AIAA-87-2151	(1) Navier-Stokes Solutions for Highly Loaded Turbine Cascades (2) B.N.Srivastava (Avco Research Lab.,USA) (3) American Society of Mechanical Engineers (ASME)			(4) CFD - Cascades
AIAA-87-2164	(1) Effects of Scale on Supersonic Combustor Performance (2) G.S.Diskin, G.B.Northam (NASA Langley Research Center,USA) (3) American Society of Mechanical Engineers (ASME)			(4) Hypersonic Propulsion II
AIAA-87-2165	(1) Test Flow Calibration Study of the Langley Arc-Heated Scramjet Facility (2) S.R.Thomas, R.T.Voland, R.V.Guy (NASA Langley Research Center,USA) (3) American Society of Mechanical Engineers (ASME)			(4) Hypersonic Propulsion II
AIAA-87-2166	(1) A Theoretical Evaluation of Laser Sustained Plasma Thruster Performance (2) S-M.Jeng, D.Keefer (Univ. of Tennessee Space Institute,USA) (3) American Society of Mechanical Engineers (ASME)			(4) CFD - General II
AIAA-87-2167	(1) Compressible Flow Solutions in Constricted Duct Geometries (2) J.A.Ekaterinaris, D.P.Giddens, N.L.Sankar (Georgia Inst. of Technology,USA) (3) American Society of Mechanical Engineers (ASME)			(4) CFD - General II
AIAA-87-2168	(1) Numerical Study of Gas-Particle Flow in a Solid Rocket Nozzle (2) C.J.Hwang, G.C.Chang (National Cheng Kung Univ.,Taiwan) (3) American Society of Mechanical Engineers (ASME)			(4) CFD - General II
AIAA-87-2169	(1) Flow Through Curved Ducts of Decreasing Area (2) K.R.Kumar (Univ. of Alberta,Canada), G.W.Rankin, K.Srifhar (Univ. of Windsor,Canada) (3) American Society of Mechanical Engineers (ASME)			(4) CFD - General II
AIAA-87-2170	(1) Navier-Stokes Analysis of a Very-High-Bypass-Ratio Turbofan Engine in Reverse Thrust (2) J.J.Brown (Boeing Commercial Airplane Co.,USA) (3) American Society of Mechanical Engineers (ASME)			(4) CFD - General II

番号	(1) 題目	(2) 著者	(3) Committee	(4) Theme
AIAA-87-2171	(1) A Parametric Method for Direct Gas Turbine-Blade Design (2) T.P.Korakianitis (Massachusetts Institute of Technology,USA) (3) American Society of Mechanical Engineers(ASME)			(4) CFD - General II
AIAA-87-2172	(1) HALE Thermal Balance (2) E.P.Petkus, R.W.Gellington (Science Applications International Corp.,USA) (3) American Society of Mechanical Engineers(ASME)			(4) Propulsion for High Endurance
AIAA-87-2173	(1) Performance Estimation of an Aircraft Internal Combustion Engine (2) J.J.Franz (Naval Air Development Center,USA) (3) American Society of Mechanical Engineers(ASME)			(4) Propulsion for High Endurance
AIAA-87-2174	(1) Waste Heat Recovery System for High Altitude Application of Liquid Cooled, Piston Engines (2) N.J.Nagurny (Naval Air Development Center,USA) (3) American Society of Mechanical Engineers(ASME)			(4) Propulsion for High Endurance
AIAA-87-1788	(1) Full-Scale Thrust Reverser Testing in an Altitude Facility (2) C.M.Mehalic, R.A.Lotting (NASA Lewis Research Center,USA) (3) Ground Test(GT)			(4) Ground Test - Aerospace Propulsion
AIAA-87-1790	(1) State-of-the-Art Test Facilities for Development of the Army's T800-LHT-800 LHX Helicopter Engine (2) W.Stiefel (Allison Gas Turbine Div.,USA), A.Selder (Garrett Turbine Engine Co.,USA) (3) Ground Test(GT)			(4) Ground Test - Aerospace Propulsion
AIAA-87-1791	(1) Transient Test System Design for the T800-APW-800 Turboshift Engine (2) J.M.Davis (Pratt & Whitney,USA) (3) Ground Test(GT)			(4) Ground Test - Aerospace Propulsion
AIAA-87-1884	(1) Ground Testing Facilities Requirements for Hypersonic Propulsion Development (2) V.K.Smith (Sversrop Technology,USA), L.C.Keel (USAF,USA), A.H.Boudreau (USAF/AEDC,USA) (3) Ground Testing(GT)			(4) Hypersonic Propulsion I
AIAA-87-1886	(1) Reactivation Study for NASA Lewis Research Center's Hypersonic Tunnel Facility (2) J.E.Haas (NASA Lewis Research Center,USA) (3) Ground Testing(GT)			(4) Hypersonic Propulsion I
AIAA-87-1895	(1) Numerical Analysis of Peak Heat Transfer Rates for Hypersonic Flow Over a Cowl Leading Edge (2) J.A.White, C.M.Rhie (Pratt & Whitney,USA) (3) Ground Testing(GT)			(4) CFD - Hypersonics
AIAA-87-1896	(1) Aerodynamic Design Modification of a Hypersonic Wind Tunnel Nozzle by CSCM with High Order Accuracy (2) J.Y.Yang, C.K.Lombard, R.C.-C.Luh, N.Nagaraj, W.H.Codding (PEDA Corporation,USA) (3) Ground Testing(GT)			(4) CFD - Hypersonics
AIAA-87-1897	(1) Parabolized Navier-Stokes Analysis of Scramjet Hypersonic Nozzle Flowfields (2) D.E.Wolf, R.A.Lee, S.M.Dash (Science Applications International Corporation,USA) (3) Ground Testing(GT)			(4) CFD - Hypersonics
AIAA-87-1898	(1) Inclusion of Chemical Kinetics into Beam-Warming Based PNS Model for Hypersonic Propulsion Applications (2) N.Sinha, S.M.Dash, W.J.Krawczyk (Science Applications International Corporation,USA) (3) Ground Testing(GT)			(4) CFD - Hypersonics
AIAA-87-1904	(1) Integration of Propulsion/Integration Test Results Through the Use of Reference Plane Transfers (2) J.Neely (Sverdrup Technology,USA), T.Binion (Calspan Corp.,USA) (3) Ground Testing(GT)			(4) Hypersonic Propulsion II
AIAA-87-1905	(1) Force Accounting for Airframe Integrated Engines (2) G.A.Sullins, F.S.Billig (Johns Hopkins Univ.,USA) (3) Ground Testing(GT)			(4) Hypersonic Propulsion II
AIAA-87-1878	(1) Noncircular Jet Dynamics in Supersonic Combustion (2) E.Gutmark, K.C.Schadow, K.J.Wilson (Naval Weapons Center,USA) (3) Liquid Propulsion(LP)			(4) Supersonic Combustion II
AIAA-87-1879	(1) A Simple Finite Chemical Kinetics Analysis of Supersonic Turbulent Shear Layer Combustion (2) P.E.Dimitakis, J.L.Hall (California Institute of Technology,USA) (3) Liquid Propulsion(LP)			(4) Supersonic Combustion II
AIAA-87-1880	(1) Progress Toward Shock Enhancement of Supersonic Combustion Processes (2) F.E.Marble, G.J.Hendricks, E.E.Zukoski (California Institute of Technology,USA) (3) Liquid Propulsion(LP)			(4) Supersonic Combustion II
AIAA-87-1717	(1) Local Extinction Due to Turbulence in Non-Premixed Flames (2) A.Gulati, S.M.Correa (General Electric Co.,USA) (3) Propellants & Combustion(P&C)			(4) Turbulent Mixing and Combustion
AIAA-87-1718	(1) Numerical Simulation of a Reaction Shear Layer Using the Transport Element Method (2) A.F.Ghoniem, G.Heidarnejad, A.Krishnan (Massachusetts Institute of Technology,USA) (3) Propellants & Combustion(P&C)			(4) Turbulent Mixing and Combustion
AIAA-87-1720	(1) Effect of Spin on Mixing in a Circular Duct (2) K.J.Wilson, K.C.Schadow, E.Gutmark (Naval Weapons Center,USA) (3) Propellants & Combustion(P&C)			(4) Turbulent Mixing and Combustion
AIAA-87-1721	(1) Combustion-Generated Turbulence in Practical Combustors (2) D.R.Ballal (Univ. of Dayton,USA) (3) Propellants & Combustion(P&C)			(4) Turbulent Mixing and Combustion
AIAA-87-1722	(1) A Study on Interaction Between Opposed Jets and Swirling Flows in a Model Combustor (2) Y.C.Chao, W.C.Ho (National Cheng Kung University,Taiwan) (3) Propellants & Combustion(P&C)			(4) Turbulent Mixing and Combustion
AIAA-87-1785	(1) Morphology of a Standing Oblique Detonation Wave (2) D.T.Pratt, J.W.Humphrey, D.E.Glenn (Advanced Projects Research Inc.,USA) (3) Propellants & Combustion(P&C)			(4) Supersonic Combustion I
AIAA-87-1952	(1) Jet and Flames in Co-Flowing Streams (2) S.Ha, D.G.Lilley (Oklahoma State Univ.,USA) (3) Propellants & Combustion(P&C)			(4) Spray and Jet Mixing
AIAA-87-1953	(1) A Numerical Study of the Effects of Curvature and Convergence on Dilution Jet Mixing (2) J.D.Holdeman (NASA Lewis Research Center,USA), R.Reynolds, C.White (Garrett Turbine Engine Co.,USA) (3) Propellants & Combustion(P&C)			(4) Spray and Jet Mixing
AIAA-87-1954	(1) Representation of the Vaporization Behavior of Turbulent Polydisperse Sprays By 'Equivalent' Monodisperse Sprays (2) S.K.Agarwal (NASA Lewis Research Center,USA), J.S.Shuen (Sverdrup Technology,USA) (3) Propellants & Combustion(P&C)			(4) Spray and Jet Mixing



序号	(1) 题目	(2) 著者	(3) Committee	(4) Theme
AIAA-87-1955	(1) An Experimental and Theoretical Study of a Monodisperse Spray (2) J.E.Kirwan, T.A.Lee, G.N.Schroering, H.Krier, J.E.Peters, J.P.Renie, K.Kim (Univ. of Illinois,USA) (3) Propellants & Combustion(P&C)			(4) Spray and Jet Mixing
AIAA-87-1956	(1) Group Combustion of Unsteady Sprays (2) S.A.Lottes, H.H.Chiu (Univ. of Illinois,USA) (3) Propellants & Combustion(P&C)			(4) Spray and Jet Mixing
AIAA-87-1958	(1) Experimental and Analytical Study on the Spray Characteristics of Fuel Sprays in Heated Airstreams (2) G.X.Yang (Nanjing Aeronautical Institute,China), J.S.Chin (Purdue Univ.,USA) (3) Propellants & Combustion(P&C)			(4) Spray and Jet Mixing
AIAA-87-1959	(1) Experimental Study on the Atomization of Plain Orifice Injector in Supersonic Crossflow Air Stream (2) L.X.Wang, Y.Chang, J.S.Chin (Beijing Inst. of Aero & Astro.,China) (3) Propellants & Combustion(P&C)			(4) Supersonic Combustion III
AIAA-87-1960	(1) Opposed Jet Burner Studies of Effects of CO, CO <sub>2</sub> , and N <sub>2</sub> Air-contaminants on Hydrogen-air Diffusion Flames (2) R.Guerra (George Washington Univ.,USA), G.L.Pellett, G.Burton (NASA Langley Research Center,USA), L.G.Wilson (PRC Kentron Inc.,USA) (3) Propellants & Combustion(P&C)			(4) Supersonic Combustion III
AIAA-87-2129	(1) Application of CONCHAS-SPRAY to Rocket Nozzle Analysis (2) D.K.Lankford (Sverdrup Technology,USA) (3) Propellants & Combustion(P&C)			(4) Numerical Combustion II
AIAA-87-2132	(1) A Numerical Study of Flow in Gas Turbine Combustor (2) W.Shyy (National Cheng Kung Univ.,Taiwan) M.E.Braaten (General Electric,USA) (3) Propellants & Combustion(P&C)			(4) Numerical Combustion II
AIAA-87-1728	(1) Static Tests of the PTA Propulsion System (2) C.C.withers, H.W.Bartel (Lockheed-Georgia Co.,USA), J.E.Turnberg (Hamilton Standard,USA), E.J.Graher (NASA Lewis Research Center,USA) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Prop-Fan I
AIAA-87-1729	(1) Propfan Propulsion Systems for the 1990's (2) C.N.Keynolds (Pratt & Whitney,USA), R.E.Riffel (Allison Gas Turbine Div.,USA), S.Ludemann (Hamilton Standard,USA) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Prop-Fan I
AIAA-87-1730	(1) Engine Design and Systems Integration for Propfan and High Bypass Turbofan Engines (2) N.J.Peacock (Rolls-Royce plc,UK) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Prop-Fan I
AIAA-87-1731	(1) Preparing a propfan Propulsion System for Flight Test (2) D.C.Chapman (Allison Gas Turbine Div.,USA), G.J.Savich (Pratt & Whitney, USA), D.E.Smith (Hamilton Standard,USA) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Prop-Fan I
AIAA-87-1733	(1) UDF/727 Flight Test Program (2) R.W.Harris (General Electric,USA), R.D.Cuthbertson (Boeing,USA) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Prop-Fan I
AIAA-87-1889	(1) Performance Calculation of Counter Rotation Propeller (2) S.Seito, H.Kobayashi (National Aerospace Lab.,Japan), K.Nasu (Univ. of Tokyo,Japan), Y.Nakamura (IHI,Japan) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Prop-Fan II
AIAA-87-1890	(1) A Panel Method for Counter Rotating Propfans (2) S.H.Chen, M.H.Williams (Purdue Univ.,USA) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Prop-Fan II
AIAA-87-1891	(1) Extension of Local Circulation Method to Counter Rotation Propeller (2) K.Nasu (Univ. of Tokyo,Japan) S.Sato, H.Kobayashi (National Aerospace Lab.,Japan), Y.Nakamura (IHI,Japan) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Prop-Fan II
AIAA-87-1892	(1) Wind Tunnel Tests on a One-Foot Diameter SR-7L Propfan Model (2) A.S.Aljabri (Lockheed-Georgia,USA) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Prop-Fan II
AIAA-87-1893	(1) Wind Tunnel Performance Results of an Aeroelastically Scaled 2/9 Model of the PTA Flight Test Prop-Fan (2) G.L.Stefko, G.G.Podboy (NASA Lewis Research Center,USA), G.E.Rose (Sverdrup Technology,USA) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Prop-Fan II
AIAA-87-1894	(1) Results of Acoustic Tests of a Prop-Fan Model (2) F.B.Metzger, P.C.Brown (Hamilton Standard,USA) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Prop-Fan II
AIAA-87-1971	(1) Advanced Technologies for New Generation Ducted Engines (2) R.Lindlauf (Pratt & Whitney,USA), D.Eckardt (Motoren-und Turbinen-Union,West Germany), L.Battezzato (Fiat Aviazione,Italy) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Very High Bypass Ducted Systems
AIAA-87-2041	(1) Design and Test of a Propfan Gear System (2) N.E.Anderson, L.Nightingale, D.A.Wagner (Allison Gas Turbine Div.,USA) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Advanced Gearbox Technology
AIAA-87-2042	(1) Epicyclic Gear Dynamics (2) L.S.Boys, L.A.Pike (Hamilton Standard,USA) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Advanced Gearbox Technology
AIAA-87-2043	(1) Transmission Efficiency in Advanced Aerospace Powerplant (2) J.Dominy (Rolls-Royce plc,UK) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Advanced Gearbox Technology
AIAA-87-2045	(1) Dynamic Stress Prediction for Spur Gears Compared to Gear Rig Measurements (2) M.Ozkul (Pratt & Whitney,Canada) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Advanced Gearbox Technology
AIAA-87-2046	(1) Designing for Fretting Fatigue Free Joints in Turboprop Engine Gearboxes (2) A.Smailys, C.Brownridge (Pratt & Whitney,Canada) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Advanced Gearbox Technology
AIAA-87-2047	(1) Finite Element Analysis of Large Spur and Helical Gear Systems (2) S.Sunderarajan, B.Young (Pratt & Whitney,Canada) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Advanced Gearbox Technology
AIAA-87-2050	(1) The Supersonic Through-Flow Turbofan for High Mach Propulsion (2) L.C.Francis (NASA Lewis Research Center,USA) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Combined Cycle Propulsion
AIAA-87-2052	(1) A Subsonic to Mach 5.5 Subscale Engine Test Facility (2) E.H.Andrews (NASA Langley Research Center,USA) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Combined Cycle Propulsion

番号	(1) 題目	(2) 著者	(3) Committee	(4) Theme
AIAA-87-2140	(1) GEMJET - A Small, Low Cost, Expendable Turbojet (2) A. Jones, H. Weber, E. Fort (Sundstrand Turbomach, USA) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Micro Engines
AIAA-87-2144	(1) Materials Technology for Small Gas Turbine Engines (2) D.F. Gray (Teledyne CAE, USA) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Micro Engines
AIAA-87-2145	(1) Instrumentation Systems for Small Gas Turbine Development (2) J.J. Shortridge (Teledyne CAE, USA) (3) Society of Automotive Engineers(SAE)			(4) Micro Engines

(次号にはこの会議の見聞記を掲載する予定です)

## § 入 会 者 名 簿 §

### 正 会 員

岡田 健 (東昌エンジニアリング)	大塚誠一 (日航)	新莊良一 (荏原)
福原 誠 (早大) 平子宏平 (川重)	茅根寛明 (防衛庁)	鈴木信行 (防衛庁)
高原雄児 (防衛庁) 有川幸二郎 (防衛庁)	谷 幸純 (日立)	徳岡麻比古 (NEDO)
加藤潤司 (トヨタ) 豊島 昭 (荏原)	酒井潤一 (荏原)	金野晴己 (防衛庁)
清水暢夫 (日立) 郡司 勉 (日立)	竹原 勲 (日立)	高野 勝 (IHI)
岸下敬治 (いすゞ自動車)	湯浅三郎 (都立科学技術大)	
玉木秀明 (IHI) 野村滋郎 (三菱重工)	田中泰久 (東芝)	堀野昌義 (東芝)
佐藤岩太郎 (東芝) 岩井保憲 (東芝)		

### 学生会員より正会員へ

岸田裕之 (富士通) 速水芳夫 (日本文理大)

### 学生会員

瀬島幸男 (東海大) 倉迫典彦 (東海大) 出田 誠 (東海大)

### 賛助会員

いすゞ自動車株	西部ガス株	三菱製鋼株	株リクルートスーパーコンピューター研究所
東邦ガス株	日本鉱業株	北海道電力株	

番号	(1) 題目	(2) 著者	(3) Committee	(4) Theme
AIAA-87-2140	(1) GEMJET - A Small, Low Cost, Expendable Turbojet (2) A. Jones, H. Weber, E. Fort (Sundstrand Turbomach, USA) (3) Society of Automotive Engineers (SAE)			(4) Micro Engines
AIAA-87-2144	(1) Materials Technology for Small Gas Turbine Engines (2) D.F. Gray (Teledyne CAE, USA) (3) Society of Automotive Engineers (SAE)			(4) Micro Engines
AIAA-87-2145	(1) Instrumentation Systems for Small Gas Turbine Development (2) J.J. Shortridge (Teledyne CAE, USA) (3) Society of Automotive Engineers (SAE)			(4) Micro Engines

(次号にはこの会議の見聞記を掲載する予定です)



## § 入 会 者 名 簿 §

### 正 会 員

岡田 健 (東昌エンジニアリング)	大塚誠一 (日航)	新莊良一 (荏原)
福原 誠 (早大) 平子宏平 (川重)	茅根寛明 (防衛庁)	鈴木信行 (防衛庁)
高原雄児 (防衛庁) 有川幸二郎 (防衛庁)	谷 幸純 (日立)	徳岡麻比古 (NEDO)
加藤潤司 (トヨタ) 豊島 昭 (荏原)	酒井潤一 (荏原)	金野晴己 (防衛庁)
清水暢夫 (日立) 郡司 勉 (日立)	竹原 勲 (日立)	高野 勝 (IHI)
岸下敬治 (いすゞ自動車)	湯浅三郎 (都立科学技術大)	
玉木秀明 (IHI) 野村滋郎 (三菱重工)	田中泰久 (東芝)	堀野昌義 (東芝)
佐藤岩太郎 (東芝) 岩井保憲 (東芝)		

### 学生会員より正会員へ

岸田裕之 (富士通) 速水芳夫 (日本文理大)

### 学生会員

瀬島幸男 (東海大) 倉迫典彦 (東海大) 出田 誠 (東海大)

### 賛助会員

いすゞ自動車株	西部ガス株	三菱製鋼株	株リクルートスーパーコンピューター研究所
東邦ガス株	日本鉱業株	北海道電力株	

## 日本学術会議だより

No. 6

## マン・システム・インターフェース(人間と高度技術化社会)特別委員会設置さる

昭和62年 8 月 日本学術会議広報委員会

日本学術会議では、特別委員会が追加設置され、活動を開始しました。また、現在第14期（昭和63年 7 月22日より 3 年間）会員の選出手続きが進められています。今回の「日本学術会議だより」では、これらの概要に加えて、来年度に開催される共同主催国際会議及び研究連絡委員会報告等についてお知らせします。

## マン・システム・インターフェース（人間と高度技術化社会）特別委員会

日本学術会議は、昭和62年 4 月の第102回総会において新たに「マン・システム・インターフェース（人間と高度技術化社会）特別委員会」を設置した。

高度な技術革新とその急速な浸透により、現代の社会はいわゆる「高度技術化社会」ということができる。すなわち、今日社会の各分野で、化学プラントや原子力発電所等に見られるごとく「システムの巨大化」が進むとともに、OA 機器などのように「高度技術の大衆化」等も起こっている。

「高度技術化社会」においては、機械システム又はソフトシステムに対する人間の役割が、従来のものと大幅に変化しており、人間は新たに重要な役割を担うようになってきている。これらの人間の役割を軽減したり代替するためには各種のインターフェースが設計され、装備されている。

これらのインターフェースは、人間—システム系の信頼性・安全性を高める上で極めて重要である。従って「高度技術化社会」を維持・発展させるためには、この方面の研究、開発が今後ますます重点的に行われなければならない。

しかし、現実には「高度技術化社会」における「システムの巨大化」や「高度技術の大衆化」に対して、人間は個人としても、社会としても、必ずしも十分な対応・受容ができていないとは言えない。人間の能力を超えるシステムが技術的に実現したことによって、かえって人間としての生甲斐を喪失する人も一部に生じている。その結果、いわゆるテクノストレスの状態に陥ったり、人間味の喪失による不適応状況に悩む者が増加している。これはまた、人間—システム系のヒューマン・エラーによる大事故の一因ともなっている。また「高度技術化社会」から取り残されたと感じる人々の中には、種々の回避的ないし攻撃的な不適応行動を呈する者もみられ、今後、大きな社会問題となることが予想される。

「高度技術化社会」では、以上のような諸問題に対する対処策ないしは予防策のみでなく、人間性の回復・維持の問題を含めて、十分な対応が講ぜられる必要がある。

以上の観点に立つて、このような問題を学際的かつ総合的に検討するために特別委員会を設置することとした。

日本学術会議第13期は、その活動期間を 1 年余残すのみになっているが、この問題の重要性に鑑み、期の途中であるが着手することとした。

## 日本学術会議会員選出制度

日本学術会議は、210人の会員をもって組織されているが、その会員は次の手続きにより選出（推薦）される。現在第14期会員（任期：昭和63年 7 月22日から 3 年間）を選出（推薦）するための手続きが進められているところである。

## 〔手続概略〕

- 1 会員の候補者を選定し、及び推薦人（会員の推薦に当たる者）を指名することを希望する学術研究団体は、日本学術会議に登録を申請する（昭和62年 6 月30日締切り）。申請する場合には、その学術研究団体の目的とする学術研究の領域と関連する研究連絡委員会を届け出なければならない。届け出られた研究連絡委員会が『関連研究連絡委員会』（3 参照）である。
- 2 日本学術会議会員推薦管理会は、この申請を審査し、その学術研究団体が所定の要件を満たすものであるときは、関連研究連絡委員会その他の事項に登録する。登録された学術研究団体が「登録学術研究団体」である。
- 3 登録学術研究団体が届け出た関連研究連絡委員会が複数あるときは、日本学術会議会長は、登録学術研究団体の意見を聴いて関連研究連絡委員会を限定（指定）する（11月30日までに指定）。
- 4 登録学術研究団体は、その構成員である科学者のうちから、会員の候補者を「学術研究領域」ごとに選定し、日本学術会議に届け出る（昭和63年 2 月 1 日締切り）。
- 5 日本学術会議会員推薦管理会は、届け出られた会員の候補者が会員の資格を有する者であるかどうか認定する。
- 6 登録学術研究団体は、その構成員である科学者のうちから、推薦人を「学術研究領域」ごとに指名し、日本学術会議に届け出る（2 月20日締切り）。
- 7 推薦人は、「学術研究領域」ごとに、日本学術会議会員推薦管理会が会員となる資格を有すると認定した会員の候補者のうちから、会員として推薦すべき者及び補欠の会員として推薦すべき者を選考・決定する（5 月中旬～6 月上旬）。
- 8 推薦人は、会員として推薦すべき者及び補欠の会員として推薦すべき者を、日本学術会議を経由して、内閣総理大臣に推薦する（6 月中旬）。
- 9 内閣総理大臣は、その推薦に基づいて、会員を任命する（7 月22日）。

## 昭和63年度共同主催国際会議

本会議は、昭和28年以降毎年おおむね4件の学術関係国際会議を関係学術研究団体と共同主催しているが、昭和63年度は次の4国際会議を我が国において開催することとした。(昭和62年6月16日(火)閣議了解)

### 国際家族法学会第6回世界会議

開催期間：昭和63年4月6日～12日  
開催場所：日本大学会館（東京都）  
共催団体：日本家族〈社会と法〉学会

### 第9回世界地震工学会議

開催期間：昭和63年8月2日～9日  
開催場所：ホテルニューオオタニ（東京都）、国立京都国際会館（京都市）  
共催団体：土木学会、日本建築学会、土質工学会、日本機械学会、地震学会、震災予防協会

### 第8回国際内分泌学会議

開催期間：昭和63年7月17日～23日  
開催場所：国立京都国際会館（京都市）  
共催団体：日本内分泌学会

### 第5回国際植物病理学会議

開催期間：昭和63年8月20日～27日  
開催場所：国立京都国際会館（京都市）  
共催団体：日本植物病理学会、日本植物防疫協会

## 我が国の理科教育について（意見）

### —日本学術会議科学教育研究連絡委員会報告—

本研究連絡委員会は、かねて我が国と世界各国との学校における理科教育の実態について関心を持ち比較を行ってきたが、昨年教育課程審議会の発表した教育課程改定の大綱に関する中間報告と各教科の時間数に関する試案は、我が国の理科教育の世界の動向からの逸脱をはっきりさせたものとして、深い憂慮の念を示すものである。

#### 意見（要旨）

第2次大戦後、科学技術立国は我が国の国是であった。この方向に資するため、我が国は学校における理科教育の振興に努め、大学における科学・技術の教育・研究にも多大の力を注いできた。しかるに、現今の国の施策を見ると、上述の方向とは逆行するものが増えていと言わねばならない。今回の中間報告に見られる小学校低学年理科の廃止、小学校から中学校まで9年間の理科の時間数は昭和43年に比べて6～7時間の減、高等学校においては、昭和35年に6単位（4科目必修）が昭和53年に4単位（理科Ⅰのみ必修）となり今回もそれが引き継がれようとしている。

学校教育における時間数の削減は必ずしも他の教科になかった現象ではないが、理科においてその減少が特に顕著であった。我々はこの点について強い危機感を抱くものであるが、その理由は理科に関する教育は児童・生徒の心身の発達に見合って、その内容を設定していく必要があるからで、時間数の削減がその適期を逸する恐れが強くなったからである。我々は、今後の理科教育において次の手当がなされるべきであると考えます。

- 1 小学校においては、健全な自然観の育成を目標とし、低学年の理科も存続させる。
- 2 中学校・高等学校においては、科学技術に生きる人間としての能力を育成するため充分の時間を確保する。

## 地区会議活動について

日本学術会議は、全国を、北海道、東北、関東、中部、近畿、中国・四国、九州・沖縄の7ブロックに分け、「地区会議」を組織している。

これらの地区会議は、運営審議会附置広報委員会の下に置かれ、学術会議の各部・委員会等の活動状況を各地区内の科学者等に周知し、また、学術会議に対する意見、要望を汲み上げて、学術会議と科学者との意志疎通を図るとともに、地域社会の学術の振興に寄与することを目的としている。

各地区会議は、原則として、当該地区に居住、あるいは勤務している学術会議会員の中から各部（第1部～第7部）1人ずつ計7人をもって構成することとされているが、該当する会員全員を構成員としている地区も多い。また、部によっては、該当する会員のいない地区があり、その場合には研究連絡委員会委員を構成員としている。

各地区会議は、構成員である会員の中から代表幹事1人（関東地区のみ2人）を選び、その主宰者としている。

さらに、各地区会議には、その活動に関する事務を処理するために、「地方連絡委員」を置いている。この地方連絡委員には、北海道地区会議は北海道大学、東北地区会議は東北大学、中部地区会議は名古屋大学、近畿地区会議は京都大学、中国・四国地区会議は広島大学、九州・沖縄地区会議は九州大学の事務局長以下6～10人の職員が委嘱されている。各地区会議は、これらの各大学事務局職員の多大な協力の下に運営されているのである。

各地区会議は、前述の目的を果たすために、科学者との懇談会・学術講演会等の開催、地区会議ニュースの発行等の事業を活発に行っている。先般、運営審議会で決定された今年度の各地区会議事業計画によると、全国各地で、科学者との懇談会は12回、学術講演会は14回それぞれ開催される予定である。

## 日本学術会議主催公開講演会

本会議は、学術の成果を広く国民生活に反映浸透させるという日本学術会議法の主旨に沿うため、公開講演会を主催していますが、昭和62年度には、本会議会員（演者）による公開講演会を次のとおり3回企画しています。

開催日・演者等詳細は決定次第新聞広告等でお知らせする予定ですが、多数の方々のご来場をお願いします。

テーマ1：「高度情報化社会」に関するもの

開催地 東京

テーマ2：「科学の進歩と人間社会」に関するもの

開催地 京都

テーマ3：「マン・システム・インターフェース」に関するもの

開催地 東京

多数の学術研究団体の御協力により、「日本学術会議だより」を掲載していただくことができ、ありがとうございます。

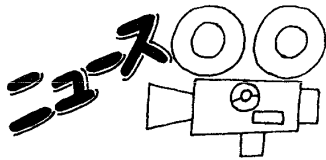
なお、御意見・お問い合わせ等がありましたら下記までお寄せください。

〒106 港区六本木7—22—34

日本学術会議広報委員会

（日本学術会議事務局庶務課）

電話 03 (403) 6291



## 小西六写真工業 日野工場 見学会を終えて

㈱新潟鉄工所 土 屋 利 明

62年度第2回目の見学会・技術懇談会が7月14日(火)、小西六写真工業 日野工場にて開催された。対象は、三井SB60型ガスタービン熱併給発電プラントである。当日は、初夏の日ざしが照りつける暑い日であったが、参加者総数55名と盛会であった。予定の午後1時30分よりまず、鈴木工場長による挨拶及び工場概要説明がなされた。同工場はJR中央線豊田駅よりタクシーで2,3分の所に位置し、敷地面積190,000㎡を誇り、高品質の一般用カラーフィルムや印刷用フィルム、医療用Xレイフィルム、IC乾板などの製品の他、幅広いファインケミカル分野の製品を生産している。日野工場には、全従業員の42%に当たる約2,000名がおり、同社の全生産高の50%を占めている。又、同工場は、小西六の研究・開発の中核であり、同工場の従業員の約半数が研究・開発関係に従事しているとのことであった。

次に航機部長の鮫島氏より、ガスタービン熱併給発電設備導入にいたった経緯及び設備の説明がなされた。フィルム生産工程において、40万㎡/hの空気が出入し、この多量の空気の温度・湿度をコントロールすることが重要であり、この為に多量の電力を必要とする。したがって、電力を“安く造り、うまく使い、逃がさない”という省エネ対策を実施する為、種々検討した結果、フィルム製造工程で多量の蒸気を使用する必要があること、さらに信頼性、保守性、安全性、環境への適応性等により、ガスタービンによるコージェネレーションの導入を決定したとのことであった。導入されたシステムは、三井造船のガスタービン・コージェネレーションシステム(排気助燃型)で、その概要及び基本性能を、図1に示す。この設備は、発電効率32%、総合熱利用率80%の高効

率エネルギー利用システムであり、原動機には、SB60型ガスタービンが使用されている。その定格性能を、表1に示す。

使用する燃料は、都市ガスとA重油で、それぞれの燃料が専焼並びに混焼できる様に計画されており、一方の燃料の不測の供給量低減に対して、他方の燃料に切り替えて使用できるシステムになっている。ガスラインより供給される都市ガスは、油噴射式スクルータイプの燃料ガス圧縮機により18.5atgまで昇圧された後、燃焼器へ供給される。排ガスボイラーには、強制循環式デュアルプレッシャー(複圧式)を使用しており、高圧ドラムより供給される高圧蒸気(19atg, 3.4t/h)は、燃焼器内に噴射され、NOx低減及び出力アップに寄与している。一方、低圧蒸気(6.7atg, 45t/h)は、工場内の空調用及びフィルム製造プロセス(加熱、乾燥等)に有効に利用される。

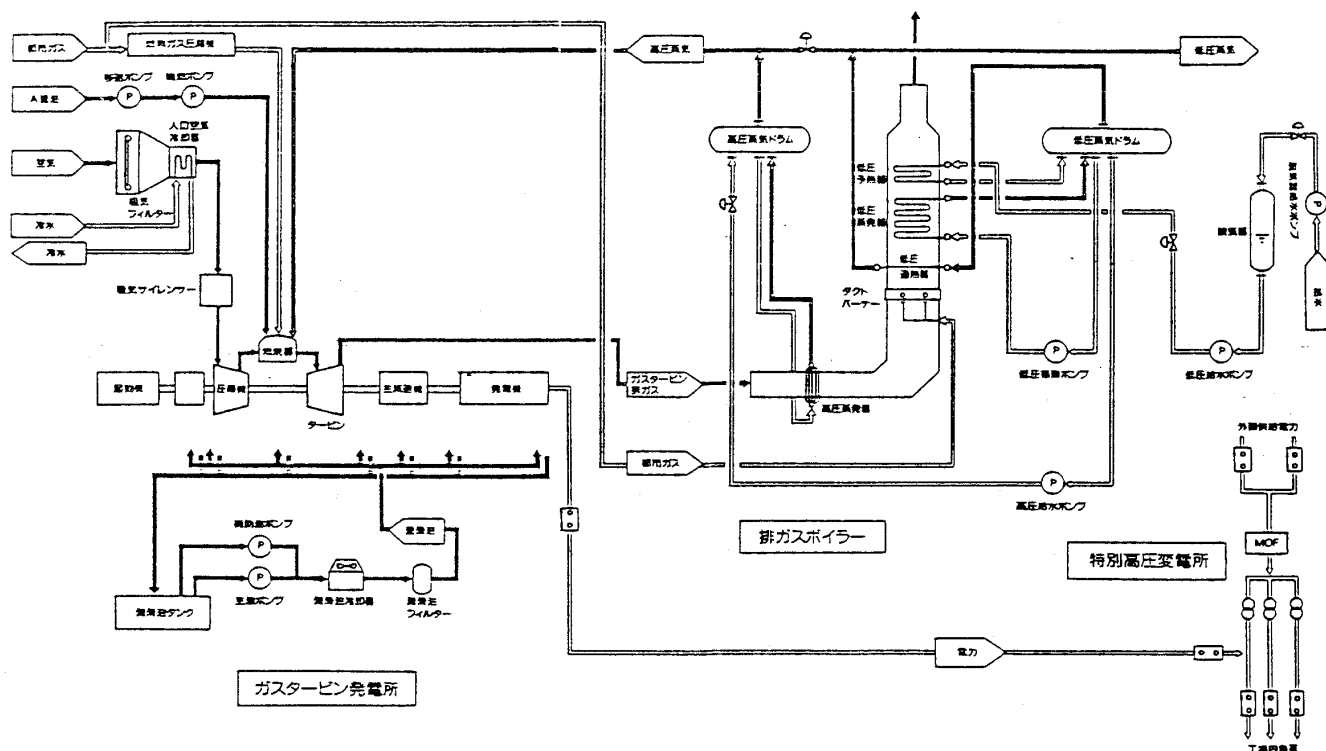
表1 定格性能 (ISO)

Base Rating. 常用(Peak Rating. 最大)		
Model 形式	Unit 単位	SB 60
Shaft Output 軸端出力 ※1	kW	13,070 (14,140)
Heat Rate 熱消費率 ※2	kcal/kWh	2,803 (2,768)
Turbine Inlet Temp. タービン入口温度	°C	1,000 (1,031)
Exh. Temp 排ガス温度	°C	466 (480)
Exh. Flow 排ガス流量	kg/s	58.3 (60.6)
Gas Turbine Dry Weight ガスタービン乾燥重量	kg	65,000
Gas Turbine Dimension ガスタービン外形寸法	m L×W×H	7.4×3.3×4.5

※1 Based on Standard Liquid Fuel. 標準石油燃料ベース

※2 Based on L.H.V. L.H.V. ベース

(昭和62年8月4日原稿受付)



## ガスタービン

モデル……………三井SB60オープンサイクルガスタービン  
 燃料……………都市ガス13AおよびA重油の専焼および混焼  
 発電端出力……………14,000kW  
 発電端熱効率……………32%  
 燃料消費量……………3,770Nm<sup>3</sup>/h (都市ガス13A)  
 回転数……………5,691rpm  
 NOx低減用蒸気噴射量……………燃料と同量

## 発電機

三相交流同期発電機  
 定格出力……………18,188kVA  
 電圧……………6,600V  
 周波数……………50Hz

## 排ガスボイラー

形式……………強制循環式水管ボイラーダクトバーナー付き  
 高压蒸気……………3.4 t/h × 19 kg/cm<sup>2</sup>g  
 低压蒸気……………45 t/h × 6.7 kg/cm<sup>2</sup>g  
 助燃量……………1,330 Nm<sup>3</sup>/h (都市ガス13A)

## 燃料ガス圧縮機

油噴射式スクロール圧縮機  
 圧縮容量……………4,500 Nm<sup>3</sup>/h  
 出口圧力……………18.5 atg

## 運転監視方式

機側運転監視および中央監視室よりの遠隔CRT監視

図1 三井造船のガスタービンコージェネレーションシステム（排気助燃型）概要および基本性能

電力負荷に比べて蒸気デマンドの大きい冬場への対策として、ダクトバーナにより、ガスタービン高温排ガスを再加熱することにより、通常時発生蒸気量（28t/h）を追焚蒸気量（45t/h）まで能力アップさせる排気助燃システムを備えている。一方、電力需要の大きい夏場に対しては、大気温度上昇に伴うガスタービン出力の低下を改善する為、工場内使用済冷却水を用いた、ガスタービン取入空気冷却機を設けて、出力アップをはかっている。

同工場設置のガスタービン・コージェネレーションシステムは、都市ガスを燃料としたシステムとしては、国内最大規模を誇り、システムからの発生電力は、東京電力からの購入電力と併列運

転され、最小買電量を保持しながらシステムの経済的運転が容易にできる自動負荷制御システムを備えている。このガスタービン・コージェネレーションシステムを導入したことにより、大幅な原動費の削減、安定したエネルギーの供給、エネルギー供給能力の拡充等のメリットを生み出しているとのことであった。

設備の説明に引き続き、写真用フィルムの製造工程をまとめた映画を約30分見た後、2班に分かれて、SB60型ガスタービン熱併給発電プラントの見学が行なわれた。主要構成機器をすべて含む床サイズは、30m×25mであり、コンパクトにパッケージされたガスタービンに比べ、排ガスボイラ及び煙突が不釣り合いに巨大であった。まず、機

側のコントロール室を見学した。ガスタービンの起動／停止操作は、機側のコントロール室の運転制御板上の押ボタン操作で全自動運転され、無人運転も可能なシステムである。燃料切替、蒸気噴射もハンドル操作1つで簡単に行える様になっている。種々の情報が、ゲージあるいはデジタル表示され、運転状況の監視・制御がなされていた。次に中央監視室を見学した。CRT監視システムにより、グラフィックディスプレイで運転状況や警報情報等の常時監視を行う所である。データロギングシステムによる、日報や月報等の運転データの自動化や必要情報のプリントアウト等、情報処理の効率化が図られていた。パッケージ内部も開

放され、稼動中のガスタービンを自由に見学することが出来た。

約1時間に亙る見学の後、技術懇談会に移った。三井造船㈱の高木氏による、SB60C-M型ガスタービンについての説明に引き続き、蒸気噴射の方法、コンプレッサの洗浄、吸込空気の冷却、排ガス規定値、起動時間、保守契約、投資回収見込み、騒音レベル、高温部材料等々、活発な質疑応答が行われた。

最後に、学会を代表して吉識理事より、今回の見学会開催に御協力頂いた皆様に対し謝意が述べられ、見学会は無事終了し、16時、予定通り散会した。  
(企画担当委員)

#### 協 賛

○昭和62年10月12日(月)～15日(木)

「'87新テクノロジーシンポジウム PART 4－機械設計における振動と制御コンピュータシミュレーション」

○昭和62年10月19日(月)～23日(金)

「'87新テクノロジーシンポジウム PART 5－わかりやすい熱と流れのコンピュータアナリシス」

詳細については(株)日本能率協会 技術事業本部 新テクノロジーシンポジウム事務局  
(Tel. 03-434-6211) へお問い合わせ下さい。



側のコントロール室を見学した。ガスタービンの起動／停止操作は、機側のコントロール室の運転制御板上の押ボタン操作で全自動運転され、無人運転も可能なシステムである。燃料切替、蒸気噴射もハンドル操作1つで簡単に行える様になっている。種々の情報が、ゲージあるいはデジタル表示され、運転状況の監視・制御がなされていた。次に中央監視室を見学した。CRT監視システムにより、グラフィックディスプレイで運転状況や警報情報等の常時監視を行う所である。データロギングシステムによる、日報や月報等の運転データの自動化や必要情報のプリントアウト等、情報処理の効率化が図られていた。パッケージ内部も開

放され、稼動中のガスタービンを自由に見学することが出来た。

約1時間に亙る見学の後、技術懇談会に移った。三井造船㈱の高木氏による、SB60C-M型ガスタービンについての説明に引き続き、蒸気噴射の方法、コンプレッサの洗浄、吸込空気の冷却、排ガス規定値、起動時間、保守契約、投資回収見込み、騒音レベル、高温部材料等々、活発な質疑応答が行われた。

最後に、学会を代表して吉識理事より、今回の見学会開催に御協力頂いた皆様に対し謝意が述べられ、見学会は無事終了し、16時、予定通り散会した。  
(企画担当委員)

#### 協 賛

○昭和62年10月12日(月)～15日(木)

「'87新テクノロジーシンポジウム PART 4－機械設計における振動と制御コンピュータシミュレーション」

○昭和62年10月19日(月)～23日(金)

「'87新テクノロジーシンポジウム PART 5－わかりやすい熱と流れのコンピュータアナリシス」

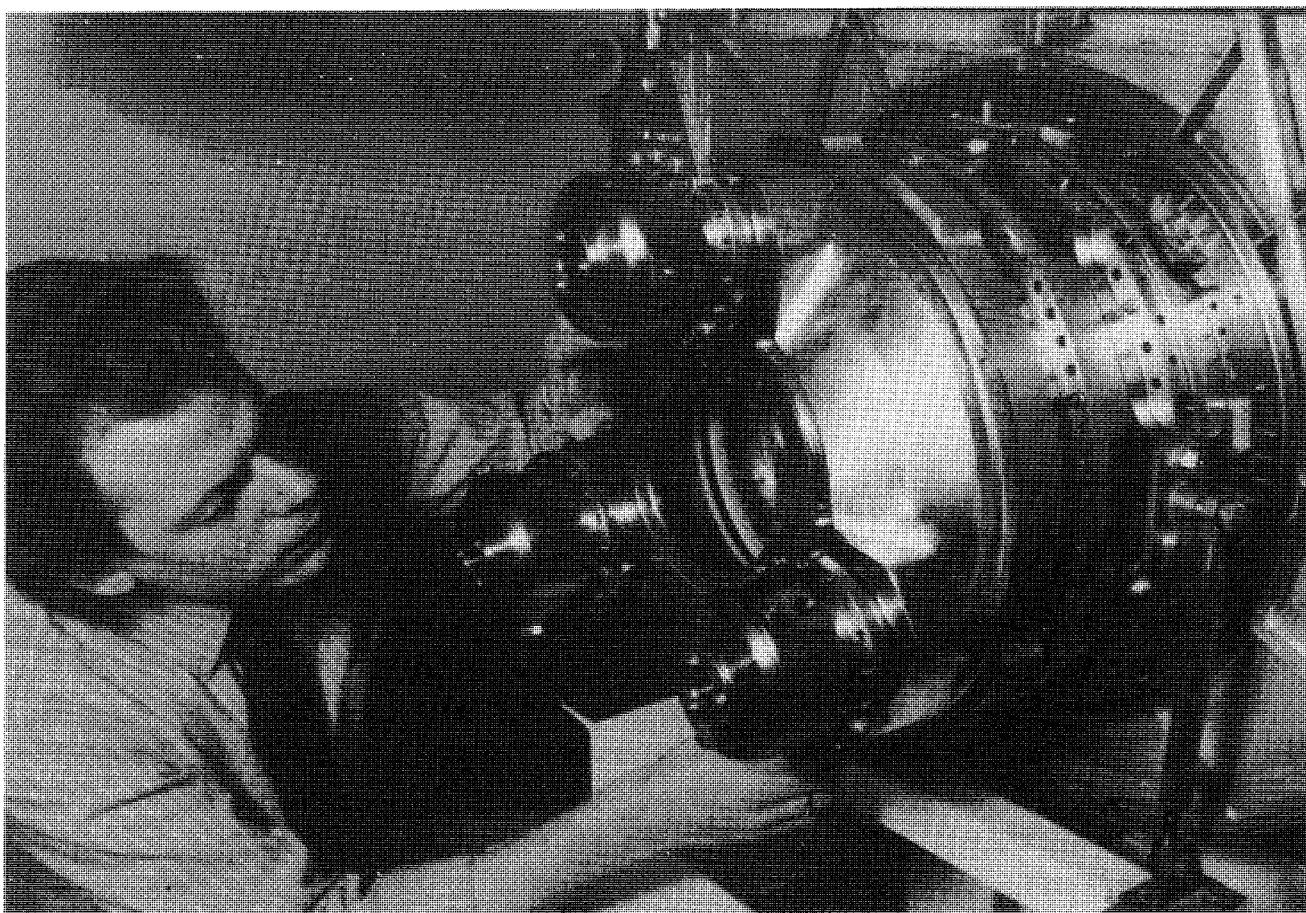
詳細については(株)日本能率協会 技術事業本部 新テクノロジーシンポジウム事務局  
(Tel. 03-434-6211) へお問い合わせ下さい。

## 短 信

### 圧力比 20 : 1 のタービンエンジンデモンストレータ Advances with DARPA co-founded Engine Demonstrator

The DARPA (US Defence Agency) - RTI (Radial Turbine International, a subsidiary of A/S Kongsberg Våpenfabrikk of Norway) Turbine Engine Demonstrator has been run at the targeted 92000.rpm and at the targeted pressure ratio of 20/1. The rotor dynamics and general mechanical integrity of the Demonstrator has been very satisfactory. These results were achieved with first build aerodynamics and clearly constitute a break-through in small

turbine engine technology. The mass flow of the demonstrator is 4 lbs/s (1.8 kg/s) corresponding to a 6-800 HP size engine with an output turbine. DURA (Trade mark of RTI) engines would have fuel-consumption levels considerably lower than more conventional designs, and with fewer and much simpler parts. In the power range of 500 - 5000 HP, the DURA concept shows particular advantages.





学会誌の編集委員を慶応大学の益田先生から代わってやれと云われた途端に9月号の担当になってしまいました。新米編集委員で何もわからないうちに森下委員長をはじめ他のベテランの委員の方々や事務局に助けて頂き何とか体裁を整えることが出来ました。原稿のメ切期限というのが如何にたいへんな期日であるかを身に滲みて解ると共に、我ながら今迄に遅れる事が多かったのを反省させられる機会ともなりました。また、電話をかけてもなかなか連絡が取れない程忙がしい執筆者の方々に催促するのも気のひけることでした。今月号にはASMEのGT会議の見聞録が掲載されていますが、本学会にASMEからHome Study Courseの紹介がきました。ASMEニュースの7月号に“Japan Group is Active in PD” (PD; Professional Development)の記事がのっていますが、これ共関連して紹介が来たものと思います。詳細は会誌の最後を御覧下さい。

(水木 新平)

前期にひきつづき編集委員長を仰せ付けました。今期の学会誌は各号とも特色をもたせることにしました。本号は最近開催されたガスタービンに関する国際会議の紹介・報告が柱になっています。12月号は高効率ガスタービ特集号、3月号はコージェネ・コンバインドサイクルガスタービンの運転実績、6月号は航空・自動車用ガスタービンをそれぞれ中心テーマにする予定です。ご期待下さい。

ところで今期は2年に1度の学会賞論文の選考が行なわれます。対象となる論文は近く開催される東京大会のProceedingsと過去4年間の学会誌に掲載された技術論文です。会員の貴重な技術研究成果は講演会で発表するだけでなく、ぜひ技術論文として投稿されるよう願っております。

学会誌が会員の皆さんに有益でかつ親しみやすいものになるよう努力するつもりです。一層のご支援をお願い致します。

(森下 輝夫)

### 〈事務局だより〉

今年の東京は、ものすごい暑い時と涼しい時が交互にやってきて、過しやすかったような、過しにくかったような……。8月も末にさしかかり、ガラガラと日ざしの強い昼間でも、ふと空を見上げると、秋空に似て高く、夏の終わりを感じさせます。

アッと思う間だった夏休みも終わり、いよいよ秋。今年は秋の企画(特別講座、地区講演会)をとりやめ、国際会議一つに的をしぼって全力投球といった感じで、皆張り切っています。

既に3rd Circularがお手元に届いていると思いますが、事前参加登録は9月15日までが期限で、それまでに送金されますと45,000円。15日過ぎますと50,000円になりますので、是非9月15日までにお送りいただけたらと思います。先号でも書きましたが、この国際会議の成否のカギは参加者数といってもオーバーではないほど多くの方の参加をお待ちしていますので、自社他社問わず友人知人など多くの方々にお声をかけて下さいますようお願いいたします。Circularなどインフォメーションは国際会議事務局(Tel. 03-592-0788)にご連絡いただければ、お送りいたします。

国際会議を終えると会告にありますように12月には関西地区の見学会(川崎重工明石工場)、来年1月下旬には第16回セミナー、と既に行事を予定しておりますので、こちらの方へも奮ってご参加下さい。

では、国際会議の会場「ゆーぽーと」でお目にかかりましょう。

[A]

事前登録受付中

9月15日締切

## 1987年国際ガスタービン会議東京大会のご案内

標記国際会議につきましてはすでに本誌6月号の会告でもご案内申し上げましたし、先頃会員の皆様のお手許にお送りいたしました第3回サーキュラをご覧いただいたことを存じます。現在実行委員会におきまして、論文をはじめ展示や各行事について最終段階の調整を進めており、さらに会場設営、登録受付を含め会期中の運営などに対し具体的体制を固めつつあります。

技術論文の発表件数も当初の予定数を大幅に上まわり、さらにその半数近くは海外からのもので国際性豊かな活発な会議となることが予想されます。

Plant Tourにも“ムーライト”再熱ガスタービンをはじめわが国の代表的発電用複合サイクルガスタービン見学が計画され、展示会も国内の代表関連会社から最新の製品が出展されることになっております。

会員の皆様がこの会議を通じ世界のガスタービン、ターボチャージなどの最先端の技術動向に直接触れていただく絶好の機会かと考えますが、是非多くの方に参加していただくことをお待ちしております。

以下サーキュラに加えて論文、行事、展示関係事項につきご案内申し上げます。

登録は所定の用紙により下記の方法でお申込み下さい。

登録料

	会員(円)	非会員
事前登録(8月1日～9月15日)	45,000	53,000
登録(9月16日以降)	50,000	58,000
同伴夫人	8,000	10,000

### \*1 論文関係

技術論文の発表は4日間・4室にわたって、合計30のTechnical Sessionにおいて行われます。ここで発表される論文の総数は101編で、その内訳は空力関係43、燃焼・熱伝達関係30、材料・性能・強度・開発関係28件となっております。そのほかに、今回の国際会議の特徴として、論文委員会で特別に企画した4つのOrganized Sessionが会議第2日と第3日の午後に開かれます。これらは、それぞれAeroengine, Turbocharger, Cogeneration, Ceramicsに関するSessionで、各5, 5, 7, 6件の発表とそれに引き続く討論が予定されております。また会議最終日の午後には従来の例に従い、Panel Discussionが計画されています。これはCombined CycleのOperating Experienceに関するもので、我国の2つの電力会社を始め、米・英・スイス・マレーシアの各国からの合計6名のパネリストが出席して、それぞれの経験を中心に発表とdiscussionが行われることになっております。

以上、Technical Session, Organized Session, Panel Discussionを通じて、発表の総数は130件に上り、国内から70件、国外からは14ヶ国から合計60件です。

特別講演は従来より1件ふやして、今回は日・米・欧のそれぞれ代表的な3氏に依頼し、基礎研究から開発現状に至る話題を提供して頂けることになっております。

論文委員会関係の準備状況としては、現在はProceedingsの印刷に入っている段階で、会議の運営に向けての準備も、Chairmanの選定や事前討論の依頼などの仕事が進行しつつあります。これらに関しては既に会員諸氏にいろいろとお願いしている点も多いのですが、会議を成功に導くために一層の御協力を頂けますよう改めてお願い致します次第です。

## \* 2 展示関係

1987年東京国際会議の催事の一つとして、機器展示、パネル展示、カタログ展示を会期中併設いたします。国内ガスタービン関連のハードウェア、ソフトウェア、計測機器の諸企業等がこぞって出展を予定しております。機器展示会のみへの入場は無料ですから、この貴重な機会を見のがさないように、会議に登録の方々のみならず、会員の皆様、広く周囲の方々とお誘い合わせの上、是非とも御来場いただけますよう御案内いたします。

展示会期 10月26日(月) 16:00-19:00  
10月27日(火)～29(木) 9:00-19:00

展示場所 “ゆうぽうと” 国際会議場  
機器展示 6階(43小間予定)  
パネル展示 6階・7階  
カタログ展示 7階

## \* 3 行事関係

◦ ウェルカム・レセプション(無料)

10月26日(月) 17:30-19:00 ゆうぽうと, 7階ロビー。

◦ バンケ

10月28日(水) 19:00-21:00 ゆうぽうと, 7階・重陽の間

◦ レディズ・プログラム

10月27日(火) 10:00-15:00 ゆうぽうと, 6階・7階

◦ 日帰りプラント・ツアー

プラント・ツアー, I 10月30日(金) 東京電力富津及び袖ヶ浦火力発電所 「2,000MW コンバインドサイクルとムーンライト・ガスタービン」

プラント・ツアー, II 10月31日(土) 東北電力東新潟火力発電所 「1,050MW コンバインドサイクル」

尚, 詳しくは先月お送りしました3rd Circulerをご参照下さるか国際会議事務局 (Tel. 03-592-0788) へお問い合わせ下さい。

## GTSJ ガスタービンセミナー（第 16 回）のお知らせ

「ガスタービン利用分野の拡大」をテーマに、第 16 回 GTSJ ガスタービンセミナーを下記の通り開催しますので、奮ってご参加下さい。

### ☆☆ 記 ☆☆

1. 日時：昭和 63 年 1 月 28 日（木）、29 日（金） 10：00－16：30（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：（社）日本ガスタービン学会
4. 協賛予定：火力原子力発電技術協会、自動車技術協会、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、燃料協会、日本航空技術協会、  
日本内燃機関連合会、日本船舶機関学会

#### 5. セミナーの仮題並びに講師予定

（昭和 63 年 1 月 28 日（木））

1. 過去 10 年の状況と今後の展望 .....（東京理科大 須之部量寛氏）
2. 大容量コンバインドサイクルプラント .....（日立製作所 星野 和貞氏）
3. 産業用及び民生用コージェネレーション .....（大阪瓦斯）
4. 石炭ガス化コンバインドサイクルプラント .....（石炭ガス化組合）
5. 加圧流動床式コンバインドサイクルプラント .....（電源開発）

（昭和 63 年 1 月 29 日（金））

6. 高温化、高効率化による利用拡大 .....（工業技術院ムーンライト室 越沼 威氏）
7. 航空エンジンの技術進歩の波及効果による利用拡大 .....（石川島播磨重工 青木 千明氏）
8. ガスタービン燃料の多様化 .....（三菱重工 萬代 重実氏）
9. 自動車用ガスタービン .....（三菱自動車 酒井 逸郎氏）
10. 小型ガスタービン .....（ヤンマーディーゼル 浜田 義次氏）

#### 6. 参加要領

##### (1) 参加費（資料代含む）

###### ◆ 主催及び共賛団体正会員

2 日間 20,000 円、1 日のみ 14,000 円

###### ◆ 学生会員 5,000 円

###### ◆ 会員外 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）

##### (2) 申し込み方法：所属・氏名・加入会名を明記の上、参加費を郵便振替・現金書留にて、下記事務局まで 12 月 11 日迄にお送り下さい。

上記期日までにお送りの正会員の方は、2 日間 18,000 円、1 日のみ 12,000 円で、前もって前刷集をお送りします。

なお、当日会場でも受け付けます。

##### (3) 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

### 第3回見学会・技術懇談会のお知らせ

62年度第3回見学会と技術懇談会を下記の要領で開催致しますので参加要領をよくお読みの上、奮ってご参加下さい。

#### 記

1. 日 時：昭和62年12月11日（金） 14：00～17：00
2. 見 学 先：川崎重工業 明石工場 明石市川崎町1の1 Tel. 078-923-1313
3. 技 術 懇 談 会：「チェンサイクルプラントについて」
4. スケジュール：14：00 集合（正門横研修センター）  
14：00～14：30 工場概要説明  
14：30～15：40 ジェットエンジン工場見学  
15：40～16：50 講演「チェンサイクルプラントについて」  
川崎重工業ジェットエンジン事業部産業ガスタービンシステム部長 阪口 哲也氏
5. 交 通 の 便：JR山陽本線西明石駅からタクシーで約5分
6. 参 加 要 領：
  - (1) 定員50名（申込超過の場合は抽選、応募者全員にご連絡致します）
  - (2) 参加ご希望の方は往復ハガキにて「川重見学」と書き、所属・連絡先住所（返信用ハガキにも）・氏名・TELを明記の上下記事務局へお申し込み下さい。記載不備の場合は受け付けかねますのでご注意ください。（〆切昭和62年11月10日（火）消印有効）
  - (3) 参加費2,000円（当日受付にてお払い込み下さい）  
〒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

## GTSJ 英文ブレティン販売のお知らせ

日本ガスタービン学会では、このたび学会活動の紹介を意図して、英文ブレティンの発行を下記のごとく予定していますので、会員各位に有料頒布のご案内をいたします。

### 1. 主な内容：

- (1) 最近の我国のガスタービン，ターボチャージャの動向  
(大容量コンバインド，中・小型産業用，航空用，車両用ガスタービン，並びに船用及び車両用ターボチャージャについて合計 7 編)
- (2) 最近の学会発表論文の抄録  
(定期講演会，学会誌技術論文の中から約 50 編について抄録)
- (3) GTSJ 学会賞技術賞の紹介
- (4) ガスタービン，ターボチャージャの生産統計資料
- (5) ガスタービン学会の組織，活動状況の紹介
- (6) 1987 東京国際会議のプログラム
- (7) GTSJ 関連の大学，研究機関と賛助会員会社のリスト

2. 構成： B 5 判 約 60 ページ (学会誌とほぼ同程度)  
内容はすべて英文にて構成されています。

3. 発売時期： 本年 10 月上旬

4. 予定価格： 1 部 1,500 円

このブレティンは、国外の研究者・企業に日本ガスタービン学会の活動や、ガスタービン・ターボチャージャ事情を説明する資料として便利かと思いますので、ご利用ください。

問合せおよび申込先：〒160 新宿区西新宿 7-5-13 第 3 工新ビル  
(社)日本ガスタービン学会事務局  
TEL 03-365-0095



応募締切  
62 年 11 月 30 日

## 日本ガスタービン学会賞候補募集のお知らせ

(社)日本ガスタービン学会では秀れた論文および技術に対し、別掲内規にしたがい2年毎に学会賞の贈呈を行っております。つきましては今年度下記要領にしたがい第4回目の学会賞候補論文および技術の募集を行なうことになりましたのでお知らせ致します。

### 応 募 要 領

#### 1. 日本ガスタービン学会賞

本会はガスタービンおよび過給機に関する工学および技術の発展を奨励することを目的として優れた論文ならびに技術に対して日本ガスタービン学会賞を贈り、表彰を行なう。

#### 2. 対象となる論文及び技術

##### (1) 論 文

日本ガスタービン学会誌、国際会議 proceedings に過去4年間(昭和58年11月以降昭和62年10月末迄)公表した論文

##### (2) 技 術

ガスタービン及び過給機に関連し、同上期間に完成した新技術

#### 3. 受賞候補者の資格

受賞候補者は本会会員(正会員、賛助会員)とする。

#### 4. 表彰の方法

審査の上、表彰状及び賞牌を授与する。

#### 5. 表彰の時期

表彰は昭和63年4月予定の(社)日本ガスタービン学会通常総会において行なう。

## 日本ガスタービン学会賞内規

第 1 条 この内規は(社)日本ガスタービン学会が，ガスタービンおよび過給機に関する工学および技術の発展を奨励することを目的として優れた成果を表彰するための規定である。

### 第 2 条 表彰の種類

#### (1) 論文賞

日本ガスタービン学会誌，国際会議 Proceedings に公表したもので独創性があり工学および技術に寄与したものに与える。

#### (2) 技術賞

ガスタービンおよび過給機に関連した技術で画期的な新製品の開発，製品の品質又は性能の向上，材料加工，制御計測および保守技術の向上に寄与したものに与える。

### 第 3 条 学会賞の募集

日本ガスタービン学会賞募集要領を公表し，表彰の前年度の学会誌 6 月号で 11 月末を期限として募集を行なう。

表彰は，1982 年より 2 年毎に行なう。

### 第 4 条 学会賞審査委員会

(1) 応募者並びに編集委員会よりの推せんがあった場合理事会は学会賞審査委員会を設置する。

(2) 委員会は，秘密会とする。

### 第 5 条 受賞候補者の資格

(社)日本ガスタービン学会の個人会員および賛助会員とする。

### 第 6 条 受賞者の決定

委員会で選考し，理事会で決定する。

原則として，論文賞，技術賞それぞれ 2 件以内とするが，該当者のないこともあり得る。

(注 国際会議等で論文数が多いときは，理事会で協議決定する。)

### 第 7 条 表 彰

表彰は原則として総会で行ない，表彰状および賞牌を授与する。

以 上

## GTSJ 第12期 委員

### 。総務委員

岡田 健 (東昌エンジニアリング) 亀本 喬司 (横浜国大)  
酒井 俊道 (東京理科大) 田丸 卓 (航技研) 田中英穂 (東海大)  
竹生 健二 (日本航空機エンジン協会) 真下 俊雄 (明大) 山根 隆一郎 (東工大)

### 。企画委員

岡村 隆成 (東芝) 新莊 良一 (荏原) 千葉 薫 (IHI)  
土屋 利明 (新潟鉄工) 筒井 康賢 (工技院) 三賢 憲治 (三菱重工)  
森 棟隆昭 (都立大) 吉田 豊明 (航技研) 和田 正倫 (日立)

### 。編集委員

伊藤 高根 (日産) 井上 誠 (小松) 石野 寿生 (日立)  
大原 久宜 (中部電力) 大山 耕一 (航技研) 古閑 昭紀 (東芝)  
小島 民生 (東電) 高木 圭二 (三井造船) 佐藤 幸徳 (IHI)  
杉山 晃 (三菱重工) 水木 新平 (法政大) 武藤 実 (川崎重工)

### 。地方委員

大内 一紘 (三菱重工) 大塚 新太郎 (福井工大) 表 義則 (三井造船)  
永田 有世 (神戸製鋼) 沢田 照夫 (岡山理科大) 難波 昌伸 (九大)  
浜田 義次 (ヤンマー) 星野 昭史 (川崎重工) 松村 博允 (日立造船)  
水谷 幸夫 (大阪大) 村田 暹 (豊田工大)

### 。統計作成委員

青木 千明 (IHI) 青木 庸治 (新潟鉄工) 池上 寿和 (三菱重工)  
石川 庄一 (日立) 白井 俊一 (日本鋼管) 内田 晴記 (川崎重工)  
岡崎 洋一郎 (三菱重工) 渋谷 剛 (IHI) 村尾 麟一 (青山学院大)  
吉識 晴夫 (東大) 綿貫 一男 (IHI)

### 。技術情報センター委員

荒木 達雄 (東芝) 菅 進 (船研) 益田 重明 (慶大)  
山本 孝正 (航技研)

### 。調査研究委員

石橋 洋二 (日立) 川口 修 (慶大) 熊倉 孝尚 (船研)  
佐々木 正史 (日産) 佐藤 幸徳 (IHI) 田丸 卓 (航技研)  
堀 守雄 (東大) 森 健二 (川崎重工)

### 。組織検討委員 (英文 Bulletin 編集小委員会委員)

井上 誠 (小松) 江尻 英治 (日産) 田丸 卓 (航技研)  
手島 清美 (三井造船) 長島 利夫 (東大) 真家 孝 (IHI)  
村島 完治 (IHI)

# GLOBAL GAS TURBINE NEWS

JULY 1987

International Gas Turbine Institute

Circulation This Issue: 35,000



Chairman Walter F. O'Brien

## Profile on Walter F. O'Brien, Board Chairman

Chairman of the 1987-88 Board of Directors of the ASME International Gas Turbine Institute is Dr. Walter F. O'Brien, Professor of Mechanical Engineering at Virginia Polytechnic Institute and State University. Dr. O'Brien has been active in Division and Institute activities since 1971. He has served as Chairman of the Controls and Education Technical Committees, and is a member of the Turbomachinery Committee. He has taught the Introduction to the Gas Turbine Short Course for several years, and was the principal technical advisor for the preparation of the first IGTI Home Study Course. Dr. O'Brien lectured in China as a part of the IGTI Symposium in 1982 and 1984, and was Program Chairman for the 1982 London Conference. He has authored technical papers, organized technical sessions and served as a paper reviewer for the Institute.

Dr. O'Brien's published gas turbine research activities concentrate on unsteady processes in turbomachinery, and measurement and diagnostics topics. He was among the first investigators to utilize miniature pressure transducers for on-rotor measurements. He has developed analyses for compressor post-stall behavior and unsteady interaction between blade rows, and is currently conducting turbine blade pyrometer and blade clearance measurement research programs. He has served as Major Advisor for more than fifty graduate students, many of whom are now in the gas turbine and propulsion industries. He and his colleagues at VPI have recently founded the Center for Turbomachinery and Propulsion Research, a cooperative group addressing a broad range of research in the gas turbine field. Dr. O'Brien teaches courses in gas turbines and

continued on page 7



## Exhibit Sets All-Time Record

# 4164 Register for Anaheim IGTI Conference and Exhibit

IGTI's 1987 International Gas Turbine Conference and Exhibit was held in Anaheim, California, May 31-June 4 and according to indicators the event was well accepted by the world-wide gas turbine technology and manufacturing community. Over 4000 persons registered for the technical sessions and exhibition, and a record breaking 209 companies and other organizations participated in the exposition.

Technical Program Chairman, David Kercher of the GE Company, reports there were 273 refereed technical papers and 81 paper and panel sessions. Further, it was a well-rounded, quality technical conference which showed signs of continued growth and excellent participation from throughout the world.

Here is a review of statistics of the Anaheim Gas Turbine Conference and Exhibit:

- 4164 persons registered.
- 209 companies and other organizations exhibited...a new domestic and foreign IGTI record.
- 15,702 technical papers were sold and distributed during the Conference.

- 41 countries were represented by the registrants. There were 166 delegates from the U.K., followed by 93 from Canada; 76 from the Federal Republic of Germany; 62 from the Netherlands; 54 from Japan; 35 from Italy; 26 from Switzerland; and 23 from the People's Republic of China.
- 39% of the registrants stated their company or organization has used or specified gas turbine engines.
- 43% of the registrants stated their company or organization has used or specified auxiliary equipment.
- 32% of the registrants stated their company or organization was considering the use of gas turbine engines.
- 36% of the registrants stated their company or organization was considering the use of gas turbine auxiliary equipment.

## IGTI Past & Future Events

### PAST LOCATIONS AND ATTENDANCE

1982	London	5,164
1983	Phoenix	4,306
1984	Amsterdam	5,387
1985	Houston	4,351
1985	Beijing, P.R.C.	25,368
1986	Düsseldorf	4,408
1987	Anaheim	4,164

### SEPTEMBER 2-4, 1987 Montreux, Switzerland

1987 ASME Cogen-Turbo International Symposium and Exposition  
Convention and Exhibition Centre

### JUNE 5-9, 1988 Amsterdam, The Netherlands

33rd International Gas Turbine and Aeroengine Congress and Exposition  
International Exhibition and Congressentrum RAI

### JUNE 4-8, 1989 Toronto, Ontario, Canada

34th International Gas Turbine and Aeroengine Congress and Exposition  
Metro Toronto Convention Centre



The American Society of  
Mechanical Engineers

Please bring this information to the attention of your corporate Marketing or Advertising Executive...

## Global Gas Turbine News accepts technical advertising!

DISCOUNT AVAILABLE TO  
IGTI EXHIBITORS

In its continuing efforts to improve the technical quality of its publications, and to inform the industry of the latest developments in gas turbine technology, the ASME International Gas Turbine Institute will begin accepting gas turbine related product and service advertising in the *Global Gas Turbine News*.

Advertising in the *Global Gas Turbine News* allows your company to realize three major benefits immediately... It allows you to

- ... reach a highly influential audience
- ... reach a worldwide audience
- ... reach users of gas turbines as well as manufacturers and designers.

The audience of the *Global Gas Turbine News* consists of more than 34,000 engineers, users, managers, researchers, and policy makers from throughout the world who have an interest in one or more aspects or applications of gas turbine technology. From the OEM to the user and to everyone in-between, *Global Gas Turbine News* reaches the designers, the specifiers, the consultants, the broad range of purchase influencers and decision-makers who need to know your corporate capabilities and product benefits. Whatever the application, be it utility peak power, military or civilian aircraft, offshore power, pipelines, ground transportation, ship propulsion, process industries, auxiliary power units, cogeneration facilities or a host of others, its engineers and managers are reached by the *Global Gas Turbine News*.

All IGTI Exhibitors receive a 20% discount on advertisements appearing in all editions of the Newsletter up to 12 months after the event in which they exhibited.

For more information, please contact Jane Puntney at the International Gas Turbine Institute in Atlanta (404) 451-1905. Telex: 707340 IGTC ATL.

### Global Gas Turbine News Advertisement Rates & Data

- A. Office** - ASME International Gas Turbine Institute  
4250 Perimeter Park South, Suite 108  
Atlanta, GA 30341 USA  
Phone: (404) 451-1905; Telex: 707340 IGTC ATL
- B. Commission & Cash Discount** - All prices quoted are NET; they do not include agency commissions. No cash discounts.
- C. General Rate Policy** - Payment due within 30 days of date of invoice. Payment must be in U.S. dollars drawn on a U.S. bank, or by VISA or MasterCard.
- D. One color/white rates (net)** - The principal color used in the printing of *Global Gas Turbine News* is dark blue PMS 289. This color, or an alternative principal color if used, will be the only color in which ads can be printed. Rates below are per insertion.
- |          | 1 time | 3 times |
|----------|--------|---------|
| 1/2 page | \$900  | \$800   |
| 1/4 page | \$575  | \$500   |
- (20% Discount to IGTI Exhibitors)
- E. Bleed** - No bleeds permitted.
- F. Position** - All ads are run on a space available basis, run of publication. Every effort will be made to accommodate all advertising received.
- G. Classified** - No classified or employment ads will be accepted.
- H. Copy Regulations** - All copy is to be camera-ready art or 133 line negatives within the dimensions noted below. Only 1/2 and 1/4 page ads will be accepted.
- I. Mechanical Requirements**  
**Printing Process:** Offset, sheet fed.  
**Trim Size:** 8 1/2 x 11; 4 columns.  
**Binding Method:** Folded or saddle stitched depending on number of pages.  
**Colors Available:** Only principal color, usually PMS 289 dark blue.  
**Dimensions:**  
 1/2 Vertical..... 3 3/4" x 10"  
 1/2 Horizontal..... 7 1/2" x 4 3/4"  
 1/4..... 3 3/4" x 4 3/4"
- J. Issue & Closing Dates**
- | Issue:       | Closing:    |
|--------------|-------------|
| January..... | December 1  |
| April.....   | March 1     |
| July.....    | June 1      |
| October..... | September 1 |
- K. Circulation** - 34,000. Circulation may be greater for some special conference issues. Refer to introduction for more details.



George  
Opdyke, Jr.

## Past Chairman Reflects on Industry and Institute Trends

The 32nd International Gas Turbine Conference and Exhibit has come to a successful conclusion—the first Conference we have sponsored as the International Gas Turbine Institute of the American Society of Mechanical Engineers. This is also the 40th anniversary of our founding as the ASME Gas Turbine Division in 1947.

At that time the gas turbine industry was young and exciting, and not far removed in time from the first usable gas turbines built by pioneers Brown Boveri, Von Ohain, Whittle and Franz less than a decade earlier. The impact of those early engines was to cause a revolution in aircraft much as the piston engine had revolutionized ground transportation at the beginning of the 20th century.

Today we are part of a great, vibrant, exciting, world-wide industry with sales (outside the Soviet Union) projected to total about 150 billion dollars during the next 10 years. Our products are now a fundamental part of the aircraft industry, power vehicles on land and ships at sea, and provide electrical power or mechanical drives for a multitude of mobile and land based operations around the world. These machines are at technological levels which far surpass those of yesterday. Additional breakthroughs expected by the end of this century will result in significantly increased operating temperatures, increased power per unit of weight and airflow, plus continued excellent life and reliability.

Our industry consists of over 100 companies and consortia that design and build gas turbines or integrate them into power packages. These companies are located in 28 different countries, and they depend upon hundreds of thousands of suppliers throughout the world for castings, forgings, bearings, pumps, injectors, harnesses, gears plus a multitude of other components and subsystems so that each major gas turbine company is international in scope, both in sales and procurement.

The International Gas Turbine Institute has grown with the industry and has become increasingly international in its scope, and is spreading the ASME name around the world. Our function, as part of the ASME, is to disseminate and promote exchange of technical informa-

tion, to enhance the professional standards of engineering and to encourage education. Our variety of conferences is a vital part of this function, and our major annual conference is the world's most important gas turbine forum presenting both technical information interchange and a gas turbine product display. Other forums feature one or the other, not both. Our study courses, scholarship programs and support of gas turbine standards organizations are another part of our responsibility which we are proud and pleased to discharge.

This 32nd International Gas Turbine Conference featured another fine technical program of about 275 reviewed papers plus a number of interesting panel sessions. The program was organized by our technical committee members and attracted over 1100 technical delegates. Total conference attendance was about 4200, which is normal for a domestic exhibit. On the exhibit floor were over 200 different exhibitors showing many types of large and small gas turbines from the major gas turbine manufacturers, plus auxiliary equipment, instrumentation, accessories and services of all kinds.

Several new engines were announced at the Exhibition. First, Ruston announced two new units, one of 1.5 to 2 MW, and the other of 3.5 to 4.5 MW, with production planned for 1988. Sulzer announced an uprating of their new Type 10 to 23.5 MW at a thermal efficiency of 35%. The GE-Alsthom MS9001F, the world's most powerful gas turbine, was unveiled at the show. It is in the 200MW class and will first be installed near Paris in 1991. Its thermal efficiency is projected to be 34%-36% at a turbine inlet temperature of 2300°F. The unit is a scaled version for the GE Frame 7F, has an 18 stage axial compressor, 18 can combustor system and a 3 stage turbine with a cooled first stage. At the other end of the scale, the smallest turbojet engine was displayed. This is the 40 lb. thrust "Gemjet" by Sundstrand Turbomach, designed as a low cost, expendable engine, weighing only 12 lbs.

This conference was another example of the competence and professionalism of the IGTI staff and technical volunteers, a large group of people of whom I am personally very proud. This term of office as Chairman of the IGTI Board of Directors has been of great satisfaction to me, and much of this satisfaction has come from working with such fine associates.

The 33rd International Gas Turbine and Aeroengine Congress and Exposition (note the new name!) will be held in Amsterdam in June 1988. It will, as its name implies, have increased emphasis on aircraft gas turbines, recognizing the extraordinary technological achievements both occurring and promised in the application. I hope to see you all there!

# ...And away we go! \$60,000 in Scholarships

**Stanley A. Mosier**  
Program Chairman

With pleasant memories of the Anaheim meeting fresh in our minds, we are rapidly moving forward in our planning for the 33rd ASME International Gas Turbine and Aeroengine Congress and Exposition in Amsterdam. For this meeting the Board of Directors of the International Gas Turbine Institute has authorized its technical committees to conduct an experiment called "Presentation Without Publication". Each technical committee has been afforded the opportunity to sponsor one session in which reviewed and approved papers in their technical area will not be required for a prospective contributor to make a presentation. Acceptance of candidate presentations will be made by the Sessions Organizer of each of the technical committees based upon an abstract that adequately describes the proposed presentation. The "Presentation Without Publication" offerings are not intended to, nor will they, supplant the high-quality technical papers offered at the ASME International Gas Turbine Institute

meetings. Instead, the "Presentation Without Publication" sessions are intended to complement the basic technical program of the technical committees. They will include among other things, briefings on important and/or interesting incomplete technical work that would not lend itself directly to a technical paper; challenging concerns for the gas turbine industry by key persons who would prefer to share their opinions verbally, rather than in writing; new ideas and concepts that a prospective contributor would like to share with an audience of his peers, without committing these thoughts to paper; and any other topics that the Sessions Organizer deems of sufficient interest to recommend being offered in the oral session. The "Presentation Without Publication" concept is intended to be a means to increase the participative involvement of those associated with the gas turbine industry who, for whatever reason, cannot or choose not to submit a formal technical paper.

The IGTI Board of Directors voted this year to increase the number of \$1,000 IGTI scholarships to sixty—a total of \$60,000. This is a part of their commitment to the gas turbine engineering community and is a service to ASME Student Section un-

dergraduates.

The schools which will receive a scholarship have been determined, and in the fall of 1987, an ASME Student Section member at each of these colleges and universities will receive a \$1,000 scholarship:

Arizona State	Stanford	Univ. of Kansas
Bradley	State University of N.Y.,	Univ. of Louisville
Brigham Young	Maritime College	Univ. of Maine, Orono
California State,	Tennessee Tech	Univ. of Minnesota
Fullerton	Texas A&M, College	Univ. of Nebraska
California State, Chico	Station	Univ. of New
Clarkson	Texas A&M, Galveston	Hampshire
Colorado State	Tufts	Univ. of New Orleans
Cooper Union	Tulane	Univ. of Oklahoma
Cornell	Univ. of Alaska,	Univ. of Portland
Florida A&M/ES.U.	Fairbanks	Univ. of Southern
Georgia Tech	Univ. of British	Indiana
Iowa State	Columbia	Univ. of Tennessee,
Kansas State	Univ. of California,	Knoxville
Memphis State	Santa Barbara	Univ. of Texas,
Michigan Tech	Univ. of Central Florida	Arlington
Mississippi State	Univ. of Colorado,	Univ. of Toledo
Ohio Northern	Boulder	Univ. of Washington
Oklahoma State	Univ. of Delaware	Univ. of Wisconsin,
Polytechnic, New York	Univ. of Evansville	Madison
Princeton	Univ. of Florida	Univ. of Wyoming
Purdue	Univ. of Hawaii, Manoa	Vanderbilt
Rutgers	Univ. of Idaho	Virginia Tech
Southern Methodist	Univ. of Iowa	Western New England



L.H. Smith, Jr. (left), G.E. Co., receives R. Tom Sawyer Award from ASME President, N. Fitzroy.

## 1987 Cogen-Turbo Preview

Attendance at the 1987 Cogen-Turbo Symposium and Exposition in Montreux, Switzerland, September 2-4, should be technically rewarding and socially enjoyable. The technical program and exhibits are the feature attractions of this symposium; however, the delightful surroundings and amenities at Montreux, Lake Geneva and Switzerland in general will nicely augment and compliment this truly exciting meeting.

Europe with its many district heating systems, major electric utilities, and combined heat and power industrial installations is a pioneer in the utilization of what we now call "cogeneration systems". Such systems reflect the basic versatility and virtues of gas turbines and their ability to provide maximum energy utilization.

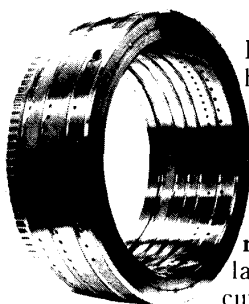
The technical program covers the entire spectrum of systems, components, economics and trends toward even broader adoption of cogeneration and combined cycle plants. Operating experience with current and modified systems, new system designs, equipment and components are all discussed. Economic implications are explored.

Organization of the program is exceptional. The opening session, Wednesday morning, Sept. 2, is comprised of four keynote presentations by leaders in the field:

- Thermodynamics of Combined Cycle Power Generation, by Professor Dr. -Ing. Guenther Dibelius, Director, Institute of Steam and Gas Turbines, University of Aachen.

*continued on page 7*

## Laser Machining? Precisely.



**Bring us your ideas.** We will help you develop them. We're experienced in laser applications for many industries including aerospace, automotive, electronic and medical.

**Translate ideas into reality.** We offer complete laser services for precision cutting, welding, drilling and marking. And our engineers are specialists in prototype design and development.

**Gear up for production.** From everyday metals to the superalloys and composites, from one-of-a-kind items to high volume runs, we handle it all.

Laser Fare, Ltd., the full service laser job shop that works for you. Precisely.

**【LASER FARE LTD INC.】**

1 Industrial South, Lan-Rex Industrial Park  
Smithfield, RI 02917 231-4400

## W.F. O'BRIEN *continued*

propulsion subjects, has received an Outstanding Teaching Award, and was recently recognized as an outstanding engineering educator by the SAE's Teetor Award. He is a consultant to government and industry, and was in industry positions for six years before beginning his academic career. He is a member of ASME, AIAA and SAE, and is a Registered Professional Engineer. Walter and his wife Nancy live in Blacksburg, VA, and are the parents of two daughters, Julie and Kelly.

Last year's change from an ASME Division to an Institute provides many opportunities for increasing service by the IGTI to the industry. Walter notes, "An exciting year is in store as we continue our high-quality international technical and exhibit programs, pursue increased involvement by the aircraft engine industry, more continuing education opportunities for our members, and an enlarged student scholarship program. It's certainly a privilege to serve such a fine organization."

## COGEN-TURBO *cont.*

- Gas Turbines for Combined Power Stations, by Dr. Wilhelm Endres, Vice President, Gas Turbines, Brown Boveri & Co., Ltd.
- Combined Gas-Steam Turbine Power Plants, by Dr. Andreas Steiner, Assistant Vice-President, Boiler Plants, Sulzer Bros., Ltd.
- Cogeneration Systems Planning, by James M. Dunstan, Project Manager, Bechtel Western Power Corp.

Each of the subsequent segments (Wednesday afternoon, Thursday morning and afternoon, and Friday morning) will have simultaneous sessions on Plants I, II, III, & IV; Novel Cycles; Classic Cycles I, II, & III; and Components I, II, & III.

In addition to numerous papers on specific cogeneration and combined cycle plants involving district heating, process heat, desalination, refrigeration, and efficient power generation, some papers will treat re-powering, redesign and upgrading of existing equipment. At least two papers will be devoted to steam injection systems. An important and growing segment of the market is suitable for small-scale cogeneration plants using small gas turbines. Use of closed cycle gas turbines in cogeneration systems will be considered. Wood waste fuel and pressurized fluidized bed combustion systems are included. In the component area highlights include: application of active magnetic bearings to turbomachinery, application of synchronous clutch couplings, and use of infrared thermometry.

These are only a few of the highlights. The complete program of papers and activities for this symposium will be available very shortly. Make sure you get a copy!

July 1987

# CALL FOR PAPERS

**1988 International Gas Turbine and Aeroengine Congress and Exposition**  
**June 5-9, 1988 / Amsterdam, The Netherlands**

### Structures and Dynamics Committee

Papers covering a broad spectrum of topics dealing with turbomachine structures and dynamics are solicited. Authors should send an abstract and a completed "Technical Paper Offer" (M&P 1903, dated 10/84) immediately to one of the session organizers designated below. Four copies of the completed manuscript must be received by the session organizer no later than mid-September 1987. Papers on topics that are not covered by the areas mentioned below should be sent to:

Professor Edward F. Crawley  
Room 37-341, Dept. of  
Aeronautics and Astronautics  
MIT  
Cambridge, MA 02139  
(617) 253-7510

**These papers may be assigned to other sessions.**

### Composite Structures

Papers are solicited describing composite application to all types of engine structures, cold and hot parts. The focus of the session is on innovative structural concepts, adaptations of specific composites to existing components, and including design, analysis and test methods for engine structures. Contact:

Dr. C.C. Chamis  
NASA Lewis Research Center  
21000 Brookpark Rd. MS 49-8  
Cleveland, OH 44135  
(216) 433-3252

### Active & Passive Vibration Control

Papers addressing methods of controlling vibrations of turbomachinery components are invited. A subject of special interest is active and passive rotor control, as well as methods for controlling vibrations of blades and vanes. Papers address-

ing the subject of forcing function minimization, as a means of controlling vibrations, are encouraged. Contact:

Dr. Robert E. Kielb  
NASA Lewis Research Center  
21000 Brookpark Rd. MS 23-3  
Cleveland, OH 44135  
(216) 433-6049

### Hot Structures Technology

Papers addressing advanced analysis and design methods, advanced concepts, experimental programs, and actual engine experience are invited. Papers on application of new materials, advanced nonlinear finite element analysis methods, and on the subject of constitutive models and advanced computational methods addressing component-specific modeling methods are particularly welcome. Contact:

Dr. Robert Johns  
NASA Lewis Research Center  
21000 Brookpark Rd. MS 49-8  
Cleveland, OH 44135  
(216) 433-3253

### Component and System Vibration

Among the topics of interest are stage vibration and methods for understanding and limiting vibration in monolithic and composite structures (blades, stators and cases) and systems (mistuned bladed disc, fuel, oil and lubrication systems). Contact:

Dr. A.V. Srinivasan  
United Technologies Research  
Center MS-18  
East Hartford, CT 06108  
(203) 727-7211

### Fracture and Fatigue and Life Analysis

Topics of interest include analytical and experimental determination of K-factor parameters, crack initiation and growth characteristics, and life cycle predictions. Contact:

Dr. Kemal Arin  
GE Company  
Aircraft Engine Business  
Group, MZ #240 GW  
1000 Western Ave.  
Lynn, MA 01910  
(617) 594-1500

or  
Joseph Palladino  
GE Company  
Aircraft Engine Business  
Group, MZ #3104J  
1000 Western Ave.  
Lynn, MA 01910  
(617) 594-0581

### Industrial and Cogeneration Committee

Papers are solicited for the following topics:

- Industrial gas turbine applications, including compressor drive applications
- Cogeneration applications
- Gas turbine development for industrial/cogeneration applications
- Effect of environmental or other legislation on the use of gas turbines in industry
- Upgrades

Contact and send signed green sheet and abstract to:

R.L. Van Housen  
General Electric Company  
1 River Rd., Bldg. #2-7W  
Schenectady, NY 12345  
(518) 385-9312

or  
I. Ondryas  
Fluor Daniel Power  
3333 Michelson Drive  
Irvine, CA 92730  
(714) 975-4728

Abstracts due by August 14. Paper draft manuscript should be submitted by Sept. 11, 1987, for ASME review.



Chuck Solt and Mike Stock receive 1985 John P. Davis Gas Turbine Applications Paper Award from Chairman George Opdyke (right).



## Services and projects of— ASME® International Gas Turbine Institute (IGTI)

- **IGTI** has contributed over \$27,400 for complimentary subscriptions to either ASME gas turbine technology journal for ASME members who have indicated gas turbines as their primary technology.
- **IGTI** is contributing up to \$60,000 annually in scholarships for ASME Student Section Members.
- **WHO'S WHO** in the Committees of the ASME IGTI is a directory of all administrative and technical committee members. It is published annually by the **IGTI** and complimentary copies are available.
- **IGTI** publishes a Directory of Technical Papers from ASME Gas Turbine Conferences dating back to 1957. The Directories are available for \$10.00 each prepaid from the **IGTI**. Individual papers may be ordered from the **IGTI** for \$5.00 each prepaid. (Checks should be in U.S. dollars and payable through a U.S. bank.)
- The annual International Gas Turbine and Aeroengine Technology Report is compiled, published and distributed by the **IGTI**. Complimentary copies are available from the **IGTI**.
- **IGTI** sponsors the Fluid Dynamics of Turbomachinery study program.
- **IGTI** sponsors and distributes a home study course on Basic Gas Turbine Engine Technology. The home study course will be given at no charge to unemployed graduate mechanical engineers who are members of ASME. The **IGTI** has contracted for development of two additional home study courses.
- The **IGTI** will pay the dues of graduating ASME Student Members upgrading to Associate Members.
- **IGTI** publishes the quarterly "Global Gas Turbine News." Complimentary subscriptions are available by contacting the **IGTI**.
- **IGTI** is the source for information on exhibiting in the International Gas Turbine Conference and Exhibit held in June of each year and the 1987 ASME COGENTURBO Symposium and Exposition, Montreux, Switzerland, September 2-4.
- **IGTI** is a sponsor of the U.S. National Committee of the International Council on Combustion Engines (CIMAC).
- **IGTI** organized lectures presented in the People's Republic of China in the fall of 1982 and 1984. The **IGTI** also organized the 1985 Beijing International Gas Turbine Symposium and Exposition in the P.R.C.
- **IGTI** has contributed \$30,000 to American National Standards Institute for administering the Secretariat of ISO-TC70-SC6 Gas Turbines.
- **IGTI** has administrative and nominating responsibilities for two ASME awards: the Gas Turbine Award and the R. Tom Sawyer Award.
- **IGTI** sponsors the John P. Davis Award for outstanding technical papers covering gas turbine applications.



D.J. Doorly (left) receives the 1985 Gas Turbine Award from ASME President, N. Fitzroy.

### ASME® International Gas Turbine Institute Board of Directors 1987-1988

<b>CHAIRMAN</b> WALTER F. O'BRIEN Virginia Polytechnic Institute & State University Blacksburg, VA 703-961-7191	<b>VICE-CHAIRMAN</b> FRANKLIN O. CARTA United Technologies East Hartford, CT 203-727-7355	<b>CHAIRMAN OF CONFERENCES</b> SIMION C. KUO Pratt & Whitney West Palm Beach, FL 305-840-7431	<b>REVIEW CHAIRMAN</b> HOWARD L. JULIEN Kaiser Engineers Inc. Oakland, CA 415-268-6390	<b>FINANCE COMMITTEE &amp; PAST CHAIRMAN</b> GEORGE OPDYKE, JR. AVCO Lycoming Textron Stratford, CT 203-385-3433	<b>EUROPEAN MEMBER</b> GEOFFREY HANLON Hawker Siddeley Dynamics Engineering, Ltd. England (0707) 331299	<b>EX OFFICIO</b> THOMAS E. STOTT Thomas Stott & Associates Cummaquid, MA 617-362-9784	<b>EX OFFICIO</b> DONALD D. HILL ASME International Gas Turbine Institute Atlanta, GA 404-451-1905
---	---	---	--	--	--	---	---

### Other International Gas Turbine Institute and ASME® Volunteer Leaders

<b>IGTI REPRESENTATIVE TO COUNCIL ON ENGINEERING</b> E.S. WRIGHT Moline, IL 309-752-5462	<b>EDITOR, GAS TURBINE JOURNALS</b> A.J. WENNERSTROM Wright Patterson AFB, OH 513-255-7163	<b>ASME® PRESIDENT</b> RICHARD ROSENBERG San Diego, CA 619-583-1837	<b>SENIOR VICE PRESIDENT, ASME® COUNCIL ON ENGINEERING</b> A.A. SEIREC Madison, WI 608-262-3594
---	---	--	--

### International Gas Turbine Institute Staff, Atlanta, Georgia

<b>MANAGING DIRECTOR &amp; CEO</b> DONALD D. HILL	<b>DIRECTOR OF OPERATIONS</b> DAVID H. LINDSAY	<b>ADMINISTRATOR</b> SUE COLLINS	<b>EXHIBITS ASSISTANT</b> CLAIRE HOWARD	<b>STAFF ASSISTANTS</b> LAURA KEMP ANNA MAZANTI JANE PUNTNEY
--	---	-------------------------------------	--	---

**GLOBAL  
GAS TURBINE NEWS**

Volume 28, Number 3  
July, 1987

Published by the ASME International Gas Turbine Institute, 4250 Perimeter Park South, Suite 4100, Atlanta, Georgia 30341, USA. (404) 451-1905. Telex: 707343 IGTI ATL.


**Chairman:** Walter F. O'Brien  
Virginia Polytechnic Institute  
& State University  
Blacksburg, VA 24061  
703-961-7191

**Vice Chairman:** Franklin O. Carta  
United Technologies  
Research Center, 400 St. Louis  
East Hartford, CT 06108  
203-727-7355

**Publication Editor:** Robert A. Wrenn  
Consulting Engineer  
Latham, NY

**Staff Editor:** Sue Collins  
IGTI  
Atlanta, GA

**Publisher:** Donald D. Hill  
IGTI  
Atlanta, GA




**International Gas Turbine Institute**  
The AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS  
4250 Perimeter Park South • #108 • Atlanta, Georgia 30341 USA

ASME GAS TURBINE DIVISION

のご好意により複写の許可を得ました。

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



The American Society of  
Mechanical Engineers



**A service of the**

**International Gas Turbine Institute**  
The AMERICAN SOCIETY of MECHANICAL ENGINEERS

## **A home study course: Basic Gas Turbine Engine Technology**

As a service to ASME members, non-members and the gas turbine industry, the **ASME International Gas Turbine Institute** has developed this Home Study Course to assist technical and management personnel in achieving an understanding of the fundamentals of gas turbines. The course is already an outstanding success, with over **700 orders shipped in the first 11 months of availability!**

### **Who should take the course?**

The course is especially designed for technical and management personnel engaged in gas turbine engine and auxiliary equipment: operation, maintenance or service, specification, sales and manufacture. The course will also prove valuable as a primer for newcomers to **ASME International Gas Turbine Institute** and those engineers starting their careers in any of the above aspects of the gas turbine field.

### **What will be learned from taking this course?**

Because emphasis is placed on a non-mathematical approach to the understanding of the fundamental nature of the gas turbine engine and the processes which affect its performance, the Home Study Course is ideally suited to technicians and management personnel. Students will be introduced to basic principles of energy transformation, fluid dynamics, combustion, heat transfer, and material properties.

#### **Home Study Course Chapter Titles**

1. The Gas Turbine Engine
2. Gas Turbine Engine Components
3. Energy Transformations in Gas Turbine Engines
4. Fluid Flow in Gas Turbine Engines
5. Gas Turbine Engine Performance and Specifications
6. Selected Topics on Gas Turbine Component Design and Manufacture
7. Gas Turbine Maintenance: Part I
8. Gas Turbine Maintenance: Part II
9. Condition Monitoring
10. Applications

Throughout the course, the anatomy of the gas turbine engine is of continuing importance. So as you increase your understanding of the principles and processes of gas turbine technology, you will concurrently develop a knowledge of components and the factors affecting gas turbine engine performance. You will obtain the basics of gas turbine engine technology in your own home, at your own pace and through a course designed to meet your needs.

### **How will the course be administered?**

The course is organized into ten lessons. All lessons and tests will be mailed to you by the **ASME International Gas Turbine Institute**. Following each of the ten lessons, when you are ready, you take a test on that material. Take your time in answering the questions and feel free to double-check by referring to the text material. When you are satisfied, send the completed tests to the **ASME International Gas Turbine Institute** for grading.

### **Interested? ... Order today**

If you are interested in taking the Home Study Course, simply complete the order form shown below and return it with your check made payable to "**ASME International Gas Turbine Institute**."

#### **Selected comments from participants**

*"A clear and informative introduction for the busy engineer."*

**Frank Green, P.E., Sr. Mech. Eng., Arctic Slope Consulting Engineers**

*"The course was effective in summarizing key fundamental aspects of gas turbine technology."*

**Gary Aldridge, V.P. Engine Programs, Aviall**

*"Good overview on gas turbine design and performance."*

**Cathy Fitzgerald, Senior Engineer, Bechtel Power Corp.**

*"Good basic background material for a newcomer to gas turbine technology."*

**Robert B. Rocke, Account Engineer, Hartford Steam Boiler Insp. & Ins. Co.**

**IGTI  
Home  
Study  
Course  
still  
popular**

## **IGTI Home Study Course Order Form**

Please send \_\_\_\_\_ copies of the Home Study Course in Basic Gas Turbine Engine Technology to the address below. I have enclosed \$85.00 U.S. (\$45.00 U.S. for students) for each copy desired. Mail to: Home Study Course, ASME International Gas Turbine Institute, 4250 Perimeter Park South, #108, Atlanta, Georgia 30341, U.S.A.

Name: \_\_\_\_\_

Address: \_\_\_\_\_

City: \_\_\_\_\_ State: \_\_\_\_\_ Zip: \_\_\_\_\_

Country: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ REGULAR (\$85.00 U.S. EACH): AFFILIATION: \_\_\_\_\_

TITLE: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ STUDENT (\$45.00 U.S. EACH): INSTITUTION: \_\_\_\_\_

Checks must be made in U.S. dollars payable by a U.S. bank. Please do not cash. Note: As a service of the **ASME International Gas Turbine Institute**, Home Study Course will be given a charge to unemployed graduate engineers who are members of ASME.



**International Gas Turbine Institute**  
The AMERICAN SOCIETY of MECHANICAL ENGINEERS

Telephone (404) 451-1905 • Telex 707340 IGT

## 学 会 誌 編 集 規 定

1. 本学会誌の原稿は依頼原稿と会員の自由投稿原稿の2種類とする。依頼原稿とは本学会よりあるテーマについて特定の方に執筆を依頼した原稿、自由投稿原稿とは会員から自由に随時投稿された原稿である。
2. 原稿の内容は、ガスタービンおよび過給機に関連のある論説、解説、技術論文、速報（研究速報、技術速報）、寄書、随筆、見聞記、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。また、用済み後は執筆者に返却する。
4. 原稿用紙は、原則として本会指定の横書440字詰（22×20）を使用する。本原稿用紙4枚で刷上り約1頁となる。
5. 刷上りページ数は1編につき、図表を含めてそれぞれ次の通りとする。論説4～5頁、解説および技術論文6～8頁、見聞記、速報および寄書3～4頁、随筆2～3頁、ニュース、新製品紹介、書評等1頁以内。超過する場合は短縮を依頼することがある。技術論文については別に定める技術論文投稿規定による。
6. 依頼原稿には規定の原稿料を支払う。
7. 自由投稿原稿の採否は編集委員会で決定する。
8. 自由投稿原稿には原稿料は支払わない。
9. 原稿は下記宛に送付する。  
〒160 東京都新宿区西新宿7-5-13、  
第3工新ビル  
(株)日本ガスタービン学会事務局

## 技 術 論 文 投 稿 規 定

1. 本学会誌に技術論文として投稿する原稿は次の条件を満たすものであること。
  - 1) 投稿原稿は邦文で書かれた著書の原著で、ガスタービンおよび過給機の技術に関連するものであること。
  - 2) 投稿原稿は、一般に公表されている刊行物に未投稿のものに限る。ただし、要旨または抄録として発表されたものは差し支えない。
2. 投稿原稿の規定ページ数は原則として図表を含めて刷上り8頁以内とする。ただし、1頁につき15,000円の著者負担で4頁以内の増頁をすることができる。
3. 投稿原稿は原稿執筆要領に従って執筆し、正原稿1部、副原稿（コピー）2部を提出する。
4. 投稿原稿の採否は技術論文校閲基準に基づいて校閲し、編集委員会で決定する。

日 本 ガ ス タ ー ビ ン 学 会 誌

第15巻 第58号

昭和62年9月10日

編 集 者 森 下 輝 夫

発 行 者 稲 葉 興 作

(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