

## 見聞記

1992 ASME TURBO EXPO  
に参加してThe 37th ASME International Gas Turbine & Aeroengine  
Congress and Exposition

奥原 巖\*

Iwao Okuhara

このASME国際ガスタービン会議は、米国又は欧州で開催され今回は第37回を数える歴史のある国際会議である。昨年は米国のFlorida, Orlandoで開催され、今回はドイツのケルン市が会場となり、Aerospace, Aircraft及びIndustrial Engines等に関する世界各国の最新の技術論文439件が107セッションで発表された。(表1参照のこと)

国際会議の会場となったケルン市は、古い歴史を持つ都市で、BC38年頃にローマ人によってライン川の宝石として発見され、居留地が置かれた。その居留地は“Colonia Claudia Ara Agrippinensium”と呼ばれた。

ローマ人が始めた都市計画をベースとして、今日のケルン市の中心部に見られる街路のネットワークが作られ、その中心部を取りまくように、リング状にハイウエーが走っている。このハイウエーはケルンのリングとして知られるようになった。また、ケルン市は市を取りまく公園や森林の外側に工場地帯を配するように計画され、市民はそのグリーンベルトを楽しんでいる。ケルン市は人口が約100万人の都市で、工業、銀行、保険、自動車製造、建築資材、通信等の中心地である。また、ケルン教会堂(通称ドームと呼ばれている)に代表されるゴシックスタイルの教会も数多く見られる世界でも有数の都市である。更に、ビールを楽しむ方には“Kobes”と云われるケルン市の居酒屋で、樽から直接サービスされる冷えた“Kölsch beer”を楽しむことができる。

欧州で開催されるASME国際ガスタービン会議は筆者にとって初めてであったが、米国で開催された国際会議に比較して、登録等の諸手続の応待は暖かみの感じるものであった。会議の開始する前日の5月31日(日)には、HyattregencyHotelで“Welcome Reception”が行われ1年ぶりに会う同じ研究分野ある

いは仕事仲間との再会を喜びエールの交換する風景は国際会議ならではのもので最大の楽しみの1つでもある。参加者の夫人も含め700人以上の人達が夜遅くまで賑やかな楽しい会が続き旧交を暖めていた。

さて、論文発表は6月1日(月)から4日(木)までCongress-Centrum Ost Buildingで行われ、開会式より最終日まで参加した。また、6月5日(金)はPlant Tourが計画され、CARL SCHENCK, AG・DLR, ELBAR AV, MAN GHH, SIEMENSの5ヶ所で実施された。

6月1日(月)午前の開会式には、国際会議の会長、実行委員長、ケルン市長、米国駐独大使等の挨拶が行われ、次いでProf. Charles T. G. Dillon及びMr. Rolf Beyer 2人のKeynote Address “Stationary Gas Turbines”が行われた。前者は、ガスタービン

表1 論文数, セッション数, パネル数

	論文数	セッション数	パネル数
Aircraft Engine	40	12	1
Ceramics	10	4	1
Closed Cycles	5	1	
Coal Utilization	17	4	
Combustion & Fuels	38	7	
Controls & Diagnostics	15	4	1
Education	2	2	1
Electric Utilities & Cogeneration	24	6	1
Heat Transfer	31	6	
Industrial & Cogeneration	16	5	
Manufacturing Materials & Metallurgy	19	5	1
Marine	13	4	
Pipelines & Application	18	5	1
Structures & Dynamics	39	9	
Turbo Machinery	136	28	
Vehicular & Small Turbomachines	16	5	
合 計	439	107	7

\* (株)東芝 京浜事業所コンバインドサイクル技術部主幹  
〒230 横浜市鶴見区末広町2-4

の技術の歴史について、わかり易く、ユーモアたっぷりに紹介してくれた。また後者は、ドイツに於けるエネルギーの状況について説明したものであった。

午後からは、技術論文の発表が会場の2, 3及び5階を使って開始された。

論文発表は、第1日目は、午後2時30分から5時30分、第2日目から第4日目までは、午前8時30分から11時30分まで続き、午後1時30分から4時30分まで発表が行われた。昼食は、併設された展示会場の食堂で取る方が多かったようである。

論文発表は、表1に示すように、107セッションで439件の発表とパネルディスカッション6件が生まれ、航空エンジン、発電及びコージェネレーション用ガスタービン、石炭利用、燃焼、伝熱、金属材料、セラミック材、ターボマシン等幅広い分野からの論文発表であり、筆者1人で到底カバーできるものではなく専門に近い分野についてかけ持ちで聞くことにした。今回はたまたま筆者の仲間が参加したのでそれぞれの専門分野についてまとめてもらい協力してもらった。以下に主なテーマについて紹介する。

### 1. 燃焼と燃料

このテーマは最近の環境問題を反映し、特に低NO<sub>x</sub>化に関する研究発表が多く、燃焼器への数値解析の適用及び予混合と希薄燃焼に関する研究が中心であった。GE社のJ. A. Lovett等は、予混合、希薄燃焼では火炎の安定性が重要との観点からフレームホルダーの形状について、及びJ. R. Maughan等は、予混合、希薄燃焼でのNO<sub>x</sub>及びCOを低減させるためには、いかに均一に混合するかがポイントとの観点から、予混合距離及び噴射孔の位置をパラメータに試験を行っている。東北電力(株)松崎、三菱重工業(株)谷村等は、1,500°C級ガスタービン用燃焼器について、マルチノズル(8ヶ)、予混合燃焼のコールドフローテスト及び大気圧燃焼試験結果を発表している。電中研 中田、(株)東芝 芳根等は、石炭ガス化ガス用燃焼器について、副室を有するリッチリーン燃焼の大気圧試験結果について発表している。

### 2. ガスタービンの開発

このテーマでは、高効率発電プラントを狙ったタービンの高温化と耐熱材料として注目されているセラミック材を利用した小形ガスタービン及び自動車用ガスタービンに関する発表が多かった。高温化についてはウエ

スティング社(WH社)のD. T. Entenmann、三菱重工業(株)青山等は501F形ガスタービンのupdateについて、高砂工場での実負荷試験を中心に発表し、筆者及び東北電力(株)松崎等と共に1,500°C級蒸気冷却ガスタービンについて、蒸気冷却静翼、空冷動翼及び一方向凝固材(DS材)、単結晶材(SC材)での複雑な冷却構造空冷翼の製造性等の研究結果を発表した。また、セラミックガスタービンについては、通産省、AIST本城、NEDO 荻本等が300Kw コージェネレーション用セラミックガスタービンの常温オーバースピード試験、タービン入口温度900°Cの試験結果について発表があった。その他、アリソン社のタービン入口温度1,371°C、100時間のセラミックガスタービンの耐久試験、ロックウェル社のロケットエンジン用ターボポンプへのセラミック材の適用評価の結果、ギャレット社のセラミック試験片によるFOD衝撃試験結果について発表があった。

### 3. 翼冷却と熱伝導

ガスタービン翼の熱伝達に関しては、翼内外の回転場を含めた大規模な実験によるデータの蓄積が進み、物理現象の把握と実機への応用が一層進んでいる。また諸外国では大規模実験研究は複数の組織が力を合わせて行う方向にある。GE社のN. Abuaf等は2リターンタービュレンスプロモータ付き空冷動翼内部流れ場と10倍に拡大したモデルを使用して静止場での熱伝達率分布を実験により求めている。また、GE社のF. J. Cunhaがガスタービン動翼内部冷却路に関する数値熱伝達予測、回転に起因するコリオリ力、浮力の影響及びリブタイプの乱流促進体を考慮する発達した流れの解析を行っている。NASA Lewis Research CenterのK. C. Civinskas等はスペースシャトル用タービンの第1段静翼の翼面上の熱伝達率と圧力分布の計測を行っており、実験と数値解析結果は比較的良好一致を示しているとのことであった。United Technologies Research CenterのM. F. Blairは常温の回転試験装置でタービン翼間の熱伝達率分布を計算している。Textron LycomingのR. S. Abhari等は実機条件を模擬できるブローダウン風洞試験によってフィルム冷却下の翼面上の熱伝達率分布とその時間変化を計測している。非冷却及び冷却回転試験、二次元翼列試験等の結果を比較している。静翼後流による主流圧力変動のフィルム吹き出しへの影響をモデル化し解析した結果、比較的良好一致を見たとしている。

#### 4. 材料

このテーマでは、新材料についての具体例の発表はなく、主としてThermal Barrier Coating (TBC)、寿命評価法、補修が中心であった。DS及びSC翼はガスタービンメーカーと素材メーカーの共同で開発が推進されている所であるが特にSC翼の大型化は今後の開発を待つといった所である。今回の会議では、GE社のJ. A. Connerは、パック、パックセメンテーション、CVD法によるPt-AlをSC材に施工し、従来の単純Alと比較している。PWAのS. M. Meier等は、TBCとして、プラズマ溶射 (PSZ) とEB-PVDによるコーティングの性能を材料試験により検証している。Southwest Research Institute (SWRI) のH. L. Bernstein等は、GEの7001機種第1段静翼のクラック発生メカニズムの解析及び余寿命推定法について発表している。Liburdi Engineering Ltd. のK. A. Ellison等は、タービン動翼 (IN738LC製) へIN738粉末金属で補修した例を紹介している。SWRIのH. L. Bernsteinは、産業用ガスタービンのLife Management Systemについて耐酸化、耐食コーティング、TBCの劣化、割れ等の解析をEPRIと共に実施した成果を発表している。

#### 5. 展示

展示会場は技術論文発表会場に併設されて、208社に及ぶ、産業用ガスタービン、航空用エンジン、材料、補機、計測器及び補修に関するメーカー及び団体が展示を行っている。展示会場は約9,000m<sup>2</sup>の広さで、会場の中央には、GE/アルストム、ABB、WH/MHIがそれぞれ大きなブースを構え、この3ブースで会場の8%を占めている。また、日本からは、IHI、日立製



図-1 展示会場入口附近

作所、三菱重工が参加していた。

展示会場と論文発表の会場とは、2ヶ所のエスカレーターで連絡されており気軽に往来ができるようになっている。(図-1) 以下に主なメーカーの展示状況を紹介する。

##### • GE/アルストム

2社共同で最大のブースを確保し、ブースの一段高い所にネオンで輝くGTロータの大きな模型を据え付け、ひときわ訪問者の注目を集めていた。(図-2) 展示ブースの中央には、F7EA及びF9E用のDry Low NO<sub>x</sub> Combustor、燃焼器用マルチノズル、ライナーを置き、F5用の燃焼器用マルチノズル、ライナー、タービン静翼、動翼を配列していた。F7F/F9Fの設計から運転までの経緯をパネルで説明すると共に、タービン動静翼を展示していた。F7F/F9Fの第1段DS材動翼をカットし、冷却流路も良好にできていることをPRしていた。



図-2 GE/アルストムブース

##### • WH/三菱重工

東洋的なイメージを出すため、扇や祇園祭の写真を飾り、壁を朱色にし、訪問者の関心を集める工夫が見られた。501F/701Fの本体の開発状況を示すパネルと共に、燃焼器、動静翼の実物を展示し、501F用第1段及び2段のDS動翼を出していた。

##### • ABB

“Low NO<sub>x</sub> Technology”のタイトルを掲げ、同社の開発したダブルコーン型燃焼器の性能、構造、実績を中心にPRをしていた。このダブルコーンを改良したEV-バーナーの性能、構造、実績も合わせて紹介していた。

##### • Siemens

同社の開発したHybrid-burnerを中心に展示をし

ており、更に排ガス特性、構造をパネルを使って紹介していた。

この他、ロールスロイスはRB211の展示、United TechnologiesはFT 8の展示を行っていた。また、日本のメーカーとしては、三菱重工がWHと共同で展示を行い、日立製作所は、パネルを中心に、IHIは航空転用機を中心に展示を行っていた。材料メーカーの展示も多く、ドイツのThyssen、英国のA. E. Turbine、Howmet、米国のWyman Gordon MA、及びWalbar Metals Inc. 等が動静翼、ロータディ

ク等の試作品を展示していた。

歴史と伝統のあるドイツ、ケルン市で開催されたASME国際ガスタービン会議ケルン大会は、米国で開催された同会議の明るく、陽気なアメリカ人との違いを感じると共に、ドイツ人の細やかな心使いと同時に規律を重んじる厳しさを感じ、非常に好感が持てた。また、論文発表の会場での活発な質疑応答、更には展示会場での製品、試作品を見ての技術的説明や質問のやりとりは、我々技術者にとって大きな刺激となりかつ良い勉強となり大変有意義であった。

#### Information

### 「伊東弘一氏らASME-IGTI'91 最優秀論文賞を受賞！」

本学会会員大阪府立大学工学部機械工学科教授伊東弘一氏、助教授横山良平氏および関西電力(株)総合技術研究所主席研究員松本芳一氏は、ASME-IGTI (アメリカ機械学会国際ガスタービンインスティテュート)の産業・コージェネレーション委員会から、1991年度最優秀論文賞を受賞されました。

これは、昨年ブタベストで開催されたASME Cogen-Turbo Congressで受賞された下記の論文に対するもので、受賞式は、本年6月2日(火)にドイツ国ケルンで開催されたTurbo-Expo Congressの会場で行われました。

R. Yokoyama, K. Ito and Y. Matsumoto: "Optimal Sizing of a Gas Turbine Cogeneration Plant in Consideration of its Operational Strategy"