



# THERMAL ENGINEERING

TED Newsletter No. 24 March 5, 1998

## 特集 高効率化への挑戦

巻頭言：地球環境時代の熱工学に向けて

西尾 茂文  
(東京大学生産技術研究所)



新世紀を目前にして課題となっている「エネルギー資源・地球環境問題」は、周知のように、化石資源の有限性、人口爆発を含む開発途上国におけるエネルギー需要の急増、および気候変動の顕在化などが相互に関連し合っ引き起こしつつあると考えられる。これに対しては様々な対応策があり得るが、エネルギーの効率的使用に基づく省エネルギー技術は、その中で最も現実的な技術であると言われている。

さて現在の全世界における1次エネルギー供給量は、13 TW程度であると言われている。これは、大気圏外において地球断面積に降り注ぐ太陽エネルギーに比べれば0.0075%程度に過ぎないが、供給量が全世界の5%程度である我が国を例として4人家族を一世帯とすると、世帯当たり220 kW程度に相当する。即ち、現代生活はエネルギーの膨大な流れの上に支えられていると言えよう。1992年度の統計によれば、我が国の1次エネルギー供給量の内の損失の割合は2/3程度であり、上述の220 kWの内の145 kW程度が損失となっている。電力等の中間媒体への変換時点における損失を加味して損失割合を分野別に見ると、1次エネルギー供給量の49%を占める産業では61%、32%を占める民生では65%、19%を占める運輸では82%程度であり、民生および運輸分野における損失が大きいことがわかる。この意味から、燃料電池を含む分散型電源や、フェル

ディナンド・ポルシェにより考案された「ミクステ」の現代版ハイブリッドカーなど、この分野での効率化への期待は大きい。また、1975年度では27.5% (発電効率33%)であった電力化率は、1992年度には40% (発電効率37%)に急増しているため、発電プラントにおけるさらなる効率化が有効であることも言うまでもない。

ところで、ローマクラブが「成長の限界」により成長に関して警報を鳴らして以来、持続可能な成長について議論されることが多くなった。即ち、科学技術が「物」として独立して議論できる「物的科学技術」の時代が終わり、如何なる「事」を引き起こすかを内包する「事的科学技術」が必要となったと言い換えることができる。事的科学技術は、さらに、要素の積木構造としての全体把握から、(遺伝機構や免疫機構など生体系を挙げるまでもなく)要素よりなる全体系を、個々の要素がもつ機能以上の新しい機能を発現する、即ち『要素間あるいは要素レベル間の関係性に基づき「事」を起こすシステム』として把握することの重要性を示唆していると考えられる(人工生命などはこの良い例である)。熱工学に関する知見が、Vuillemeir機関などサイクル複合による一体化や分散型電源を含むネットワーク化による新しい機能の獲得など、こうした事的科学技術としての展開を含めてさらに進展することを期待したい。

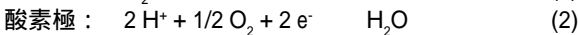
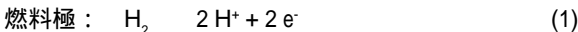
# 電気自動車駆動用 固体高分子型燃料電池の高効率化

内田 裕之、渡辺 政廣  
(山梨大学工学部)

## 1. はじめに

自動車排ガスによる地球環境汚染が深刻な問題となり、電気自動車 (EV) の早期開発が強く望まれている。現在開発が先行している蓄電池駆動EVは、1回の充電で走行可能な距離が短く、充電施設等のインフラ整備が必要である。また充電時に発電所 (ハイブリッド車の場合はエンジン) から大気汚染物質が放出される。他方、燃料電池駆動EVは、燃料を補給するだけで長距離走行が可能で、汚染物質放出量は充電式EVの1/10以下に抑えられる。この電源に最適なのが、小型軽量で高効率・高出力密度が期待できる固体高分子型燃料電池PEFCである<sup>1)</sup>。

PEFCは、H<sup>+</sup>イオンのみを透過するイオン交換性高分子膜を電解質に用い、燃料に水素、酸化剤に空気中の酸素を供給して約60~100の低温で作動する。



もともと、コンパクトでシンプルな構造が必須の宇宙船用電源として開発され、出力1kWのPEFCがジェミニ宇宙船に搭載された。近年、高いH<sup>+</sup>イオン導電率を持つ膜が開発され、それにより数A/cm<sup>2</sup>の大電流密度が実証された。そして、EV駆動電源として有望視され、各国で活発な研究が開始されている。ここでは高性能PEFC実現のための我々のアプローチについて述べる。

## 2. 自己加湿型高分子電解質膜の開発

高分子電解質膜 (PEM) としては、フッ素樹脂系のイオン交換膜、例えばNafion膜やDow膜が現在用いられている。これらの膜は湿潤状態でのみ高いH<sup>+</sup>イオン導電性を示すため、膜への水分供給が必要である。そこで、水素や空気の反応ガスを予め加湿して電池に供給する外部間接加湿法が採用されている。しかし、コンパクト化の障害となるばかりでなく、速やかなスタートアップや負荷変動にも即応できず、重負荷時に水分の過剰供給による特性低下をきたす欠点がある。よって、高性能PEFCの実現には電解質膜の適正な水管理手法の確立が重要な課題である。また、膜抵抗を低減し、かつ水の分布を一樣にするためには薄膜化が有効であるが、膜を薄くすると水素と酸素のガスクロスオーバーが増加して、燃料損失と性能低下が避けられない。したがって、このクロスオーバーの抑制も重要課題である。

そこで、我々は膜中の水分管理とガスクロスオーバーの問題を同時に解決できる新しい自己加湿型電解質膜を開発した<sup>2)</sup>。この膜は図1に示すように、膜中に極微量の白金超微粒子触媒と酸化物 (TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>) 超微粒子を高分散させている。クロスオーバーしてくる水素と酸素を逆用して白金触媒上で水を生成させ、その生成水を酸化物超微粒子に吸着保水させ、膜を内部から加湿して含水率を高く保つものである。通常のNafion膜 (厚さ50μm) を用いたセルは外部無加湿ではガスクロスオーバーにより開回路電圧が低下し、また膜のH<sup>+</sup>導電率が非常に低いためほとんど電流が取り出せなかった。粒径1~2nmの極微量の白金超微粒子 (0.09mg/cm<sup>2</sup>) と粒径5nmのTiO<sub>2</sub>超微粒子 (乾燥Nafion重量の3%) を高分散したPt-TiO<sub>2</sub>分散膜を電解質に用いると、完全に外部無加湿の状態でも、きわめて安定で高性能 (図2, 0.4~0.6Vで約0.6W/cm<sup>2</sup>) な電池運転が可能となった。無加湿運転時のPt-TiO<sub>2</sub>分散膜のオーム抵抗を測定し

たところ、外部から十分に加湿した通常膜の値に近く、白金超微粒子と酸化物超微粒子が設計概念通りに機能していることが確認できた。また、反応ガスに室温で水を飽和した低加湿運転では、さらに高い出力性能が得られた。この新電解質膜の利用により、電気自動車用PEFCの実用化の重要課題が解決されるものと思われる。

## 3. PEFC用改質燃料ガス中の一酸化炭素の選択除去

Ballard社によるPEFC搭載バス (高圧水素タンク方式) Daimler Benz社 (NECAR1&2, 高圧水素タンク方式) やトヨタ社 (水素吸蔵合金方式) のPEFC乗用車のデモンストレーションでも明らかのように、現在のPEFCは純水素を燃料とした場合、コストは別にしてかなりのレベルまで高性能化が進んでいる。しかし、水素充填スタンドのインフラ整備や、走行距離の点などで実用的に問題が多い。メタノール等の液体燃料を車上で改質したガスを燃料に用いれ

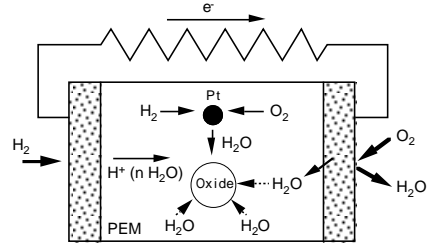


図1 PEFC用自己加湿型Pt-酸化物高分散電解質膜

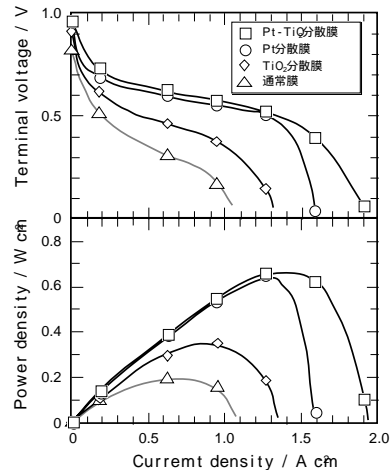


図2 外部無加湿運転時の通常膜および自己加湿型電解質膜を用いたH<sub>2</sub>-O<sub>2</sub>PEFCの端子電圧-電流密度特性 (上) 出力密度-電流密度特性 (下)。運転条件: セル温度80、常圧、水素利用率70%、酸素利用率40%、電極へのPt担持量0.37mg/cm<sup>2</sup>

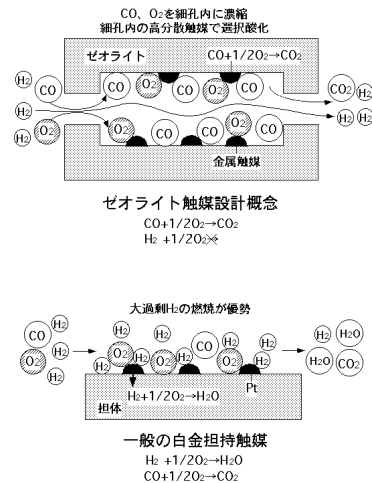


図3 改質ガス中のCO選択酸化除去触媒

ば、ガソリン車並の利便性を有する無公害・高効率EVが可能になる。ごく最近、Daimler Benz社はこの方式のメタノール車上改質型PEFC(出力50kW)駆動EV(NECAR3)を発表した。トヨタ社も、Ni-水素蓄電池とメタノール改質型PEFC(出力20kW)のハイブリッド型FCEVを発表している。

メタノール改質ガスをPEFCに直接供給すると、わずかに含まれる一酸化炭素によって燃料極の白金触媒が被毒され、著しい性能低下をきたす。このため、CO含有率を10ppm以下まで低減できる改質器・変成器、ならびに耐CO被毒性燃料極触媒の開発が必要である。

水素中にわずかに含まれるCOを除去する方法として、燃料に必要最少量の酸素を混合してCOのみを触媒上で選択酸化する方法がある。これまでに開発された白金担持アルミナ触媒(Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)のCO選択性は低く、かなりの水素

が無駄に酸化されていた。我々は、ゼオライト細孔内に白金超微粒子を担持した触媒により、水素中に1%含まれるCOのみを選択酸化できることを見出した(図3)<sup>3)</sup>。CO選択酸化性はPt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の約10倍も高く、1%COの完全除去に必要な酸素量も化学量論量(0.5%)に近いことから、PEFC用燃料前処理触媒としてきわめて有望である。

参考文献

- 1) 燃料電池全般に関する最近の総説：渡辺政廣ら、化学と工業、50 (No. 9), 1308 (1997)
- 2) M. Watanabe, H. Uchida, Y. Seki, and M. Emori, J. Electrochem. Soc., 143, 3847 (1996); ibid., 145, 1137 (1998)
- 3) M. Watanabe, H. Uchida, H. Igarashi, and M. Suzuki, Chem. Lett., 21 (1995); H. Igarashi, H. Uchida, M. Suzuki, Y. Sasaki, and M. Watanabe, Appl. Catal. A., 159, 159 (1997)

## ガソリン機関の最高効率を目指して トヨタプリウス用高膨張比エンジンシステム

浅田 俊昭 (トヨタ自動車(株))

### 1. 初めに

内燃機関の歴史は高効率と高出力追求の道であり我々エンジン技術者は先人の道を行きつ戻りつ少しずつ前進してきた。かたや車両においては動力性能、快適性と燃費が時代にに応じて進歩してきた。エンジン効率も車両燃費も近年確実に向上してきつつあるが、社会からの燃費向上への期待値は車両数の増加や総走行距離の増加により大幅にアップすることが期待されている(20%、40%)。従来の技術の積み上げによる数字数%~数10%では足りないわけである。

### 2. ハイブリッドシステム

そこでハイブリッドシステムが登場したわけであるが、ハイブリッド車における燃費向上は

- a) ベースエンジンの効率向上
- b) 軽負荷やアイドル領域でのエンジンの停止を含むエンジンマネジメントでの改善
- c) ブレーキエネルギー回収による燃費向上(回生ブレーキの使用)

によるところが大きい。当初ハイブリッドシステムにおいてエンジンはどちらかというと黒子であり軽くて小さければ良いと思われがちであった。しかしながら最終的なエネルギー供給源であるエンジン効率と車両の全効率に大きく影響するということでエンジン技術の重要性はかえって増すのである。

### 3. 高効率エンジン

今回ハイブリッドシステムで世界最高の燃費を狙うという目標からエンジンの熱効率も結局世界最高レベルを目指すこととなった。低燃費と低エミッションの両立の観点から今回は全域ストイキ燃焼のガソリンエンジンを使用することが決まった。

トヨタハイブリッドシステムはパラレルハイブリッドでありエンジンのパワーと電気系のパワーを合算できるというメリットを持つ。そこでエンジンは熱効率重視ということで思い切った設計を行う事が出来た。エンジンの排気量は車両の燃費動力性能を決める大事なパラメーターである。事前に車両サイズと走行モード、エンジン出力、使用領域等を精密に検討し最もバランスの良い排気量1.5Lを選んだ。その上でインテークのバルブタイミングを遅らせる事により圧縮比と膨張比を実質的に変える高膨張比サイ

クルを採用した(図2)。従来この方式では出力が出せず過給機との組み合わせでのみ実用化されていたがノックの問題で実燃費率の向上が困難であった。

一方エンジン回転を制限して使用できることから思い切った低フリクション策(ピストンリング張力減、バルブスプリング張力減、コンロッド、ピストン、クランクシャフトの軽量化、細径化)を採用する事が出来、同クラスで飛びぬけて低いフリクションロスを達成した。その結果ベースエンジンの燃費率は広い領域で230g/kWhを切る値を示す。車両の低燃費、特にハイブリッドでメリットの出難い、高速定常域においても従来車に対して燃費の優位性を図ることが出来た。

更に従来よりもコンパクトなパワートレインにするためアルミブロックの使用や直上型のエアクリーナの採用等によって従来のエンジンに比べ軽量小型化を達成した(図3)。

燃費向上の要素であるエンジンの起動停止は、圧縮反力による車両振動という問題を引き起こす。これはかなり困難な課題であったが、連続可変バルブタイミングシステム(VVT-i)を用いることにより解決した。起動前に大きくバルブタイミングを遅らせることで、実質的なデコンプ機構を構成し、圧縮反力の低減をはかった。この結果、起動停止振動をユーザーがほとんど気がつかない程度に抑えることが出来、車両の総合燃費がベストになる任意の点での起

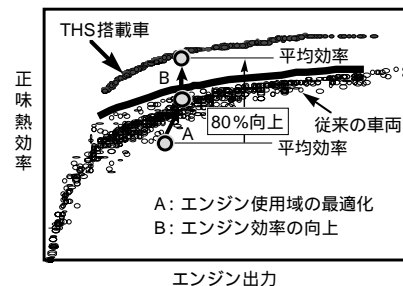


図1 エンジン使用域の最適化

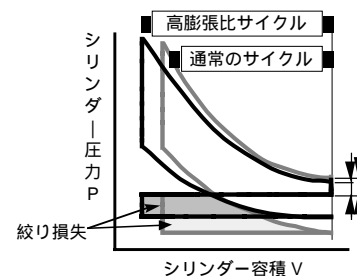


図2 高膨張比サイクル概念図



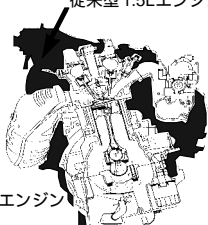
動停止が可能となった。

さらに効果的な回生ブレーキと合わせて10-15モードの燃費で従来車に比べほぼ2倍の値28 km/l が得られた。

一方でトヨタハイブリッドシステムは燃費向上にだけにとどまらず、ハイブリッドの特色であるモーターアシストを用いることにより排気ガスの大幅なクリーン化を図り、現在の規制値のほぼ1/10の排気レベルを達成することとなった。

4. 終わりに

近年高まるCO<sub>2</sub>削減の声を待つまでもなくエンジニアとしては常にエネルギー効率の向上に挑戦してきた。今回一挙に倍という値が得られたことはシステムコスト等の課題を抱えてはいるが、未だ効率向上に大きな余地があることを示したわけである。今後とも我々エンジニアの飽くなき戦いは終わることが無く、更に効率の高いエンジンを目指していきたい。



従来型 1.5Lエンジン

[設計諸元]

排気量 cc	1497
ボア×ストローク	75 × 84.7
最高出力	43 kW / 4,000 rpm
燃焼室容積	30 cc
機械圧縮比	13.5
実圧縮比	4.8 - 9.3
吸気弁開時期	80 - 120° ABDC
排気弁開時期	32° BBDC



図3 THS用エンジン

石炭ガス化複合発電の開発

山内 康弘

(三菱重工業(株)技術本部長崎研究所)

1. まえがき

次世代の火力発電は、環境保全性と従来火力以上の高い経済性を実現することが求められている。一方、地球資源の有効利用とエネルギーセキュリティの面から、広範囲に埋蔵されかつ採掘可能量が多い石炭の有効利用が期待されており、新型石炭火力の開発が世界的に推進されている。

これらの中で、石炭ガス化複合発電 (IGCC: Integrated Coal Gasification Combined Cycle) は50%に迫る送電端効率と、灰のスラグ処理による減容化・非溶出化などの高い環境性能を有する次世代石炭火力の本命として注目されており、欧米では実証機の建設、運転が開始されている<sup>1)</sup>。

我が国でも、昭和61年から国家プロジェクトとして、石炭ガス化複合発電技術研究組合 (IGC組合) が、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) からの委託を受け、福島県勿来において酸化剤として空気を用いる200 t/d空気吹き噴流床石炭ガス化パイロットプラントの開発を実施した。本プラントは平成7年3月に約1か月間の連続安定運転に成功し、実験機段階での技術検証をほぼ完了した<sup>2)</sup>。

欧米で先行する化学プラント転用の酸素吹きガス化技術に比べ、このガス化技術は原理的に送電端効率が高く発電用として優れているが、技術的に難易度が高く、今まで開発に成功していなかった。NEDO/IGC組合はこの技術の開発に世界で初めて成功し、世界に誇れる純国産技術を確立した。

2. 乾式給炭空気吹き二段噴流床石炭ガス化炉の特徴

空気吹き噴流床ガス化は、酸素吹きに比べて酸素製造動力がなく発電用として送電端発電効率が高いが、空気をガス化剤と使用するため、炉内温度が上昇しにくく、灰の安定な溶融排出とガスタービン安定燃焼に必要な生成ガス発熱量の確保の両立が難しい。これに対し灰の溶融排出に有利な高温燃焼の高空気比コンバスタ部と、その高温ガスを利用しガス化反応を行う低空気比のリダクタ部とで構成される空気吹き二段炉ガス化技術が、(財)電力中央研究所の、2t/d PDU (Process Development Unit) 炉で、昭和56年から開発に着手され、昭和61年国家プロジェクトである200 t/d炉に採用された(原

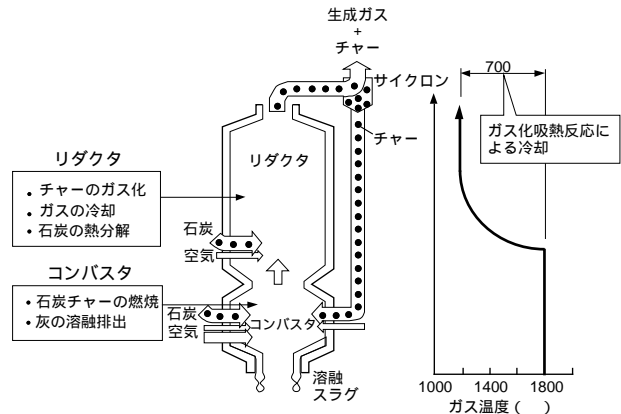


図1 空気吹き二段噴流床石炭ガス化炉の原理  
石炭ガス化炉の原理と炉内温度分布を示す。

表1 世界のIGCCの方式比較

方式	酸化剤		給炭方式		ガス精製		送電端効率 (%)
	空気	酸素	乾式	湿式	乾式	湿式	
勿来							ベース
欧米A							- 1.5
欧米B							- 4.5

理を図1に示す) さらに本ガス化方式は、欧米で行われている石炭スラリーによる湿式給炭に比べ水分の潜熱ロスがない乾式給炭を採用し、同様に湿式ガス精製での生成ガス顕熱の低下がない乾式ガス精製と組み合わせると、世界最高の送電端効率のIGCCを実現する(表1)。

また、噴流床ガス化炉内の石炭灰付着(スラッシング)対策として必要な生成ガス中の溶融灰粒子の冷却を、本方式はリダクタ石炭によるガス化吸熱反応により行うため、炉をコンパクトにできる特長がある。これは、酸素吹きガス化炉では、反応終了後もガス温度が灰の溶融温度より高いため、発生ガス量とほぼ同量の低温循環ガス又は水の混合による冷却をする必要があるのと比較すると大きなメリットである。したがって空気吹き二段噴流床石炭ガス化炉は、ガス量が多く酸素吹きよりも大きいと評価されがちであるが、実際にはほとんど同等かむしろ小さくなっている。

3. 200 t/d炉運転研究の成果

200 t/dガス化炉パイロットプラントでは、ガス化炉内のスラッシングが最大の課題であった。これに対し、1/4スケールのコールドフローモデル試験や、200 t/d炉と同一スケールの常圧8 t/dガス化炉試験等によって対策を検討し

た。これらの成果を基に、炉形状の最適化等ガス化炉の改造を実施し、スラッキングは完全に解決された<sup>4)</sup>。その結果、平成7年3月から4月にかけて、設計炭であるモーラ炭専焼での約1か月間の連続運転に成功し、ガス化炉としての信頼性を確認した。その後、燃料比0.8～1.9の範囲の3炭種と1%硫黄分に調整された高硫黄炭について、ガス化試験及びガス精製とガスタービンとの連携運転試験を実施し、発電負荷で10%/minの変化率を達成している<sup>5)</sup>。

ガス化性能については、システムの安全性確保のために使用する窒素製造装置の余剰酸素を利用する運転法で、70%に達する冷ガス効率や、ほぼ100%の炭素転換効率等の良好な結果を得た。すなわち空気吹き二段噴流ガス化方式で、スラッキングがなく、完全なチャーバランスと石炭専焼による安定な灰の溶融排出を達成して、ガスタービンの安定燃焼に必要な生成ガス発熱量を満足することが検証されている。

この他、材料の耐久性についても、平成8年度に実施した解体研究により、還元雰囲気中の高温硫化腐食、起動停止期間中の低温腐食、摩擦やデポジットの特性把握などの成果が得られている。

#### 4. 実証炉の基本設計方針

次期実証プラントでは、出力300MW級の事業用大型1300級ガスタービンを採用すると予想される。したがって炉容量は1900t/d(発電端出力で310～320MW相当)となる。これらの実証炉は、下記の基本設計方針を採用している。

- (1) 200t/d炉を設計ベースとする。
  - (2) 炉本体のスケールアップは、反応時間一定、炉内のガス流速一定を基本則とし、流れの相似性を可能な限り確保する。
  - (3) 経済性・信頼性向上のためシステム簡素化を行う。
- これらの方針に基づき試設計した、実証炉(310MW機)の基本仕様・要目を表1に示す。ここで図2に示すように、微粉炭・チャーの搬送媒体を窒素に変更することで、リサイクルガス系を廃止し、かつチャー回収系はセラミックフィルタを採用することで、システムの簡素化と信頼性・経済性の大幅な向上を図っている(図2参照)。

実証炉の大きさは压力容器の寸法で、200t/d炉の直径3.0m、高さ28mに対して、直径5.4m、高さ35mであり、点検保守スペースの大きさが相対的に小さくなっているため、コンパクトになっている(図3参照)。

#### 5. おわりに

200t/dガス化炉運転研究の成功により、発電用乾式空気吹き二段噴流床ガス化炉の実験段階の開発は終了した。ま

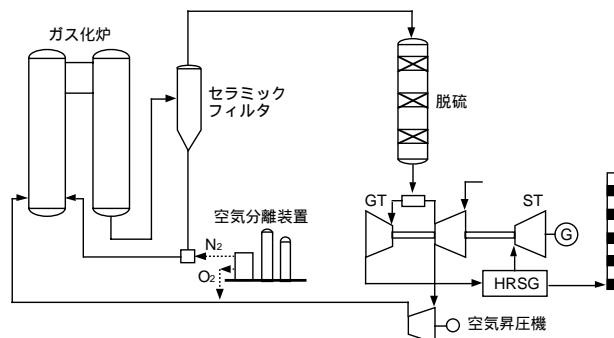


図2 空気吹き石炭ガス化複合発電システム系統図

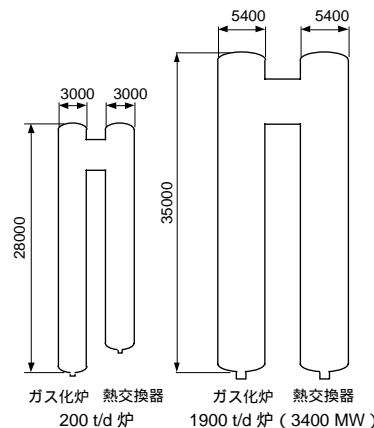


図3 実証炉の寸法 200t/d炉と実証炉の压力容器の寸法の比較を示す。

た、実証炉基本計画のための基本的な要素技術開発はほぼ完成段階にある。今後は各要素技術を組み合わせ、信頼性の高い1300MW級実証プラント実現に向けたシステム技術の検証を中心に開発を実施していく。

今後のエネルギーの安定供給と地球環境保全のため、早期の実証プラント建設の実現を願っている。

#### 参考文献

- 1) 浜松照秀、日本ガスタービン学会誌6月号(1993)p.3
- 2) 高島英章、第4回日本エネルギー学会講演論文集(1995-7)p.180
- 3) 橋本 彰ほか、三菱重工技報 Vol.33 No.1(1996-1)p.10
- 4) 橋本貴雄ほか、日本機械学会講演論文集(1996-11)
- 5) 小笠原勝典、動力No.235(1996-7)p.32
- 6) 金子祥三ほか、三菱重工技報 Vol.34 No.1(1997-1)

## コンバインドサイクル発電における高効率化の動向

石井 潤治((株)東芝 京浜事業所)

### 1. はじめに

空気冷却翼を採用することにより1970年代中頃からガスタービンの入口温度が1100級へ高温化され、また、空気流量の増大が図られることにより、ガスタービンの単機出力が100MWを超えるようになった。このガスタービンの排ガス温度は従来機に比べて高く、排熱回収により発生する蒸気を用いた蒸気タービンと組合せたコンバインドサイクル発電が実現された。

90年代に入るとさらに高度化した冷却技術を駆使した1300級ガスタービンが実用化された。このガスタービンを用いた高効率コンバインドサイクル発電は、エネルギー利

用の高効率化、環境保全、経済性向上への社会的要求に合致し、現在の発電プラントの主流となっている。また、より一層の高効率化を目指して、空気に比べ格段に冷却性能の良い蒸気を冷却媒体とした回収式蒸気冷却翼を採用した1500級ガスタービンの開発が進められている。このガスタービンを用いた1500級コンバインドサイクル発電は、1300級に比べ大幅な性能向上が見込まれ、21世紀初頭には商用化が予定されている。

ここでは、現在開発が進められている1500級ガスタービンを用いた次世代コンバインドサイクル発電に関して、そのコアとなるガスタービンの特徴とコンバインドサイクル発電プラントの概要を紹介する。

### 2. 1500級ガスタービン

ガスタービンは、サイクルの特性から燃焼温度を上昇させること、即ち、高温化を図ることにより高効率を得られる。昨今の地球環境保全への要求、高効率化への要求は一

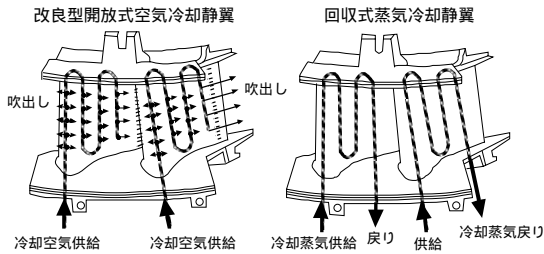


図1 タービン第1段階静翼冷却方法の比較<sup>1,2)</sup>

段と厳しくなっている。これらの要請に対し、更なる高温化・大容量化・環境適合化を図った1500級ガスタービンの開発が進められており<sup>1-3)</sup>、このガスタービンをを用いた次世代コンバインドサイクル発電プラントの計画が推進されている。

1500級ガスタービン<sup>1,2)</sup>の第1の特徴は高温化であり、そのために図1に示す回収式蒸気冷却方式がタービン動静翼に適用されている。高度な冷却技術を駆使しても空気冷却翼の冷却性能は飽和傾向にあり、もう一段の高温化を図るために物性値等の違いにより空気と比べ伝熱特性の良い蒸気を冷却媒体として採用する。これにより、タービン第1段階動翼入口温度1430℃が実現され、1300級ガスタービンに比べ110℃以上の高温化が図られる。また、回収式冷却構造であるため、冷却蒸気は蒸気タービンに還流され動力回収されると共に、冷却媒体のガス通路部への吹出しによる主流ガスの温度低下が避けられ、同じタービン動翼入口温度に対し低い燃焼温度が実現される。このため、NO<sub>x</sub>低減が図られ、環境保全に対する要求も満足する。

第2の特徴は容量の増大で、そのためには圧縮機の流量増加が重要な課題となり、さらに高温化に伴いコンバインドサイクルの熱効率・比出力を最適化するための高圧力比化も必要となる。このために、新型圧縮機が開発され、大流量化と高圧力比化(圧力比23)を実現している。

そして、環境適合に対しては、ガス温度の上昇に伴い新しいドライ低NO<sub>x</sub>燃焼器が開発されている。従来型の燃焼器の運転実績を反映した改良により、1300級ガスタービンに比べ更に低NO<sub>x</sub>化を図っている。

3. 1500級コンバインドサイクル発電プラント

図2に、1500級コンバインドサイクル発電プラントの系統の例<sup>1)</sup>を示す。ガスタービン動静翼に対する蒸気冷却は従来の3圧力再熱方式のコールドリヒート蒸気(高圧蒸気タービンの排気蒸気)の一部と中圧主蒸気により行われ、ガスタービン翼冷却後の過熱された蒸気は再熱器で過熱された蒸気と合流し中圧タービンへ導かれ、蒸気タービン出力の増加に寄与する。このシステムを用いることにより、コンバインドサイクル発電性能を大幅に向上させることが可能となる。

一軸型コンバインドサイクル発電プラントの熱効率の変遷を図3に示す。この四半世紀の間に、タービン入口温度の上昇によりコンバインドサイクル発電性能は格段に向上してき

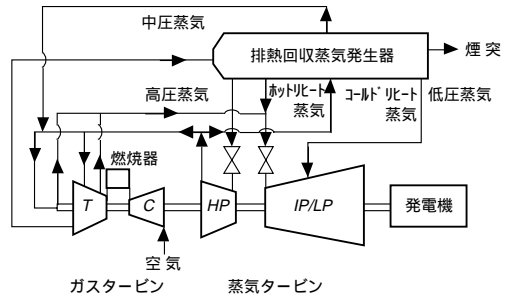


図2 1500級回収式蒸気冷却コンバインドサイクル発電システム<sup>1)</sup>

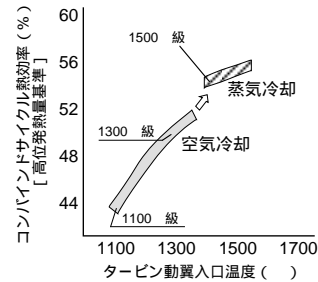


図3 一軸型コンバインドサイクル発電プラント熱効率の変遷

た。本稿で紹介した1500級ガスタービンを適用した一軸型コンバインドサイクル発電プラントを例にとると、1300級プラントに比べ出力で1.5~1.7倍、効率で約8%(相対値)の向上が見込まれる。なお、排出NO<sub>x</sub>は排熱回収蒸気発生器出口で1300級プラントと同程度となる。

一方、プラント構成に目を移すと、60Hz地区を対象に1500MW級の一軸型コンバインドサイクル発電プラントを1500級と1300級で比較した場合、1300級ガスタービンでは6台、1500級では4台となる。これにより、設置面積は約17%縮小する。

このように、1500級蒸気冷却ガスタービンを採用することにより、大容量・高効率でコンパクト、かつ、環境に適合するコンバインドサイクル発電プラントが実現される。

4. おわりに

これまで述べてきたように、1500級ガスタービンをを用いた次世代コンバインドサイクル発電プラントは、環境調和に配慮し、かつ、エネルギー利用の高効率化を実現するための発電方式として非常に有効である。また、この次世代コンバインドサイクル発電プラントは、21世紀初頭には商用化が予定されており、21世紀における発電プラントの主流になるものと期待される。

参考文献

- 1) Paul, T. C. et al., GER-3935A, GE Power Systems, (1996)
- 2) Corman, J. C., ASME Paper 96-GT-11, (1996)
- 3) Aoki, S. et al., ASME Paper 96-GT-314, (1996)

各種委員会報告

全国大会委員会報告

第76期全国大会は平成10年10月1日(木)~10月4日(日)に、東北大学工学部を会場に開催されます。熱工学部門としては、2件の基調講演(谷口宏充教授(東北大))による「火山爆発と蒸気爆発」と新野正之氏(航技研)による「将来エネルギーと傾斜機能材料」、2件の先端技術フォーラム(「液体微粒化の機構とモデリング」と「将来

エネルギーと傾斜機能材料」)および2件のワークショップ(「エクセルギー解析の現状と問題点」と「量子分子熱工学の将来」)のほか、4件のオーガナイズドセッションを企画しております(応募についての詳細は機械学会誌3月号をご覧ください)。さらに、見学会や部門同好会、特別講演会も予定し、皆様楽しんで頂けるよう実行委員会では努力を致しております。



秋の全国大会は今回が最後になります。多数の皆様のご参加をお待ちしております。

(全国大会委員会委員長 熊谷 哲 記)

### 講習会委員会報告

- 1998年度熱工学部門講習会のご案内

テーマ：最先端機器の冷却技術の展開と問題点

日時：10月29日(木)、30日(金)

場所：江戸東京博物館(予定)

定員：130名

次第：

1日目 電気・電子機器

時間	内容	講師
10:00-11:00	伝熱基礎	棚沢一郎教授(農工大)
11:00-12:00	ポータブル機器	久野勝美氏(東芝)
13:00-14:00	空冷・液冷機器	中島忠克氏(日立)
14:00-15:00	宇宙用機器	増本博光氏(三菱電機)
15:10-16:10	変電機器	仲神芳武氏(富士電機)

2日目 エネルギーシステム

時間	内容	講師
9:30-10:30	氷蓄熱	日野俊之氏(鹿島建設)
10:30-11:30	核融合炉	秋場真人氏(原研)
13:00-14:00	ヒートポンプ	岡本洋三氏(東京ガス)
14:00-15:00	燃料電池	保坂 実氏(IHI)
15:10-16:10	ガスタービン	武石賢一郎氏(三菱重工)

### CD-ROM 委員会報告

1997年度の熱工学講演会において、皆様の多大なご協力のおかげで、日本機械学会初のCD-ROM版講演論文集を作成することができました。出来上がったCD-ROMは、他

の部門へも配布され、幸い良好な評価をいただいています。今回の作業で得られたノウハウは、今後の講演論文集のあり方や、機械学会論文集のCD-ROM化の重要な資料として活用されています。

また、電子化された論文の新しい利用法を検討するため、現在、[機械学会のホームページ](#)にてCD-ROMに掲載された論文の[全文検索システム](#)を試行しています。キーワードで検索し該当した論文の全文を、論文集の形式のまま閲覧することが可能です(下図)。ぜひ一度お試しください。



(CD-ROM委員会委員長 河村 洋 記)

### 第5回ASME-JSME熱工学合同会議報告

1999年3月15～19日に米国サンディエゴ市で開催される上記会議の日米の組織委員は下記のようにとなっております。アブストラクト提出後は日米オルガナイザーが協力して、論文の査読、セッションの構成、会議当日のセッションの運営等々を行うこととなっております。皆様のご参加とご協力をお願い致します。

#### 第5回ASME-JSME熱工学合同会議組織委員一覧

	JSME	ASME
Co-Chairpersons	Prof. Masahiro Shoji, University of Tokyo E-mail: shoji@photon.t.u-tokyo.ac.jp	Prof. Terry Simon, University of Minnesota E-mail: tsimon@me.umn.edu
Secretary General	Prof. Koichi Hishida, Keio University E-mail: hishida@sd.keio.ac.jp	
Electronic Cooling of Electronic Equipment, Thermal Modeling of Electronic Comp.	Dr. Masaru Ishizuka, Toshiba Co. E-mail: masaru.ishizuka@toshiba.co.jp	Dr. Dereje Agonafer, IBM Corp. E-mail: agonafer@us.ibm.com
Combustion Combustion Fundamentals, Combustion Tech., Heat Transfer in Fires, etc.	Prof. Toshimi Takagi, Osaka University E-mail: takagi@tran.meim.eng.osaka-u.ac.jp	Dr. Bill Grosshanler, NIST E-mail: wgrosshan@nist.gov Prof. Margaret Wooldridge, Texas A&M Univ. E-mail: mwooldridge@engr.umich.edu
Energy Systems Energy Conversion, Energy Storage, Cryogenic Heat Transfer, etc.	Prof. Kazuhiko Kudo, Hokkaido University E-mail: kudok@eng.hokudai.ac.jp	Prof. Melany Hunt, Calif. Inst. Tech. E-mail: hunt@cco.caltech.edu
Fundamentals Forced and Natural Conventions, Boiling Heat Transfer, Condensation, Heat and Mass Transfer in Porous Media, Heat Transfer Augmentation	Prof. Shigefumi Nishio, Univ. of Tokyo E-mail: nishios@cc.iis.u-tokyo.ac.jp Prof. Hiroyuki Ozoe, Kyushu University E-mail: ozoe@cm.kyushu-u.ac.jp	Prof. Deborah Kaminski, RPI E-mail: kamind@rpi.edu
Heat Transfer Equipment Heat Exchangers, Heat Pump and Refrigerations	Mr. Tokuji Matsuo, Mitsubishi Heavy Ind. E-mail: Q15811@hq.mhi.co.jp	Dr. Mark Kedzierski, NIST E-mail: squid@nist.gov
Environment Thermal Problems in the Environment, Environmental Protection, Mitigation of Global Warming, etc.	Prof. Ken. Okazaki, Tokyo Inst. Tech. E-mail: okazakik@mep.titech.ac.jp	Prof. Michael Ohadi, Iowa State University E-mail: ohadi@eng.umd.edu
Aerospace Thermal Problems in Space Technology, Micro-Gravity, etc.	Prof. Haruhiko Ohta, Kyushu University E-mail: ohta@mech.kyushu-u.ac.jp	Prof. Dick Pletcher, Iowa State University E-mail: pletcher@iastate.edu Prof. Satwinder Sadhal, Univ. Southern Calif. E-mail: sadhal@rcf.usc.edu
Nucleonics Multiphase Flows and Heat Transfer, Critical Heat Flux, Boiling Heat Transfer, etc.	Prof. Mamoru Ozawa, Kansai University E-mail: ozawa@kansai-u.ac.jp	Prof. Per Peterson, Univ. of Calif., Berkeley E-mail: peterson@nuc.berkeley.edu
Gas Turbines Heat Transfer in Rotating Machine, Turbulent Heat Transfer, Heat Transfer in Complex Flow, Fluidized Bed Heat Transfer	Prof. Masaya Kumada, Gifu University E-mail: kumada@cc.gifu-u.ac.jp	Prof. Terry Simon, University of Minnesota E-mail: tsimon@me.umn.edu
Manufacturing & Material Processing Heat Transfer and Fluid Flow in Manufacturing and Material Processing	Prof. Sadanari Mochizuki, Tokyo Univ. Agri. & Tech. E-mail: motizuki@cc.tuat.ac.jp	Prof. David Zumbrunnen, Clemson Univ. E-mail: zdavid@ces.clemson.edu
Bioengineering Heat and Mass Transfer in Bioengineering, etc.	Prof. Kazuo Tanishita, Keio University E-mail: tanishita@sd.keio.ac.jp	Dr. Mehmet Toner, Mass. General Hospital and Harvard Univ. E-mail: mtoner@sbi.org Prof. John Bischof, University of Minnesota E-mail: bischof@maroon.tc.umn.edu
Measurements & Diagnostic Measurements, Diagnostics and Data Processing in Thermal Process, etc.	Prof. Tsuyoshi Nakajima, Kobe University E-mail: nakajima@mech.kobe-u.ac.jp	Prof. John K. Eaton, Stanford University E-mail: eaton@vonkarman.stanford.edu
Radiation and Thermophysics Thermophysics, Radiation Heat Transfer, etc.	Prof. Toshiro Makino, Kyoto University E-mail: a50141@sakura.kudpc.kyoto-u.ac.jp	Prof. Arun Majumdar, Univ. Calif., Berkeley E-mail: majumdar@me.berkeley.edu
Micro Heat Transfer Microscale Heat Transfer, etc.	Prof. Masahiro Shoji, University of Tokyo E-mail: shoji@photon.t.u-tokyo.ac.jp	Prof. Ken Goodson, Stanford University E-mail: goodson@stokes.stanford.edu

## 講演会案内、Calls for Papers

## 1998年度熱工学講演会

熱工学部門、東海支部合同企画

協力：流体工学部門、バイオエンジニアリング部門

開催日：平成10年11月14日(土) 15日(日)

会場：名古屋工業大学

研究発表募集要項は、日本機械学会誌4月号会告に掲載予定です。

## The 2nd Pacific Symposium on Flow Visualization and Image Processing (PSFVIP-2) 論文募集

開催場所：Sheraton Princess Kaiulani Hotel, Honolulu, Hawaii, USA

開催期日：1999年5月16日(日)～19日(水)

PSFVIP-2が来年5月にハワイにて開催されます。扱う内容は可視化に関連した幅広い領域で、流れの可視化および

びそれに基づく計測法のみならず、様々な物理量の可視化、種々のデータの画像表示、デジタル画像処理、その他関連する可視化手法の基本原則からその応用までを含みます。ProceedingsはCD-ROMとして発行され、動画やカラー画像を載せることができます。研究者同士のホットな情報交換をハワイにて満喫出来る機会ですので、ふるって論文を投稿・発表下さいますようお願い致します。

アブストラクト締切：1998年8月1日

(英文500words程度、3部郵送またはE-mail)

原稿締切：1998年10月31日

詳細は以下にお問い合わせ下さい。

〒184-8588 東京都小金井市中町2-24-16

東京農工大学 工学部 機械システム工学科 望月貞成

TEL/FAX: 0423-88-7088

E-mail: psfvip-2@mmlab.mech.tuat.ac.jp

ホームページ: <http://www.cc.tuat.ac.jp/psfvip-2>

## 国際会議案内

(会議名 会場 問合せ先)

- 1998/6/8 ~ 12 International Symposium on Heat and Mass Transfer in Biological and Medical Engineering, BIOTRANSPORT'98 トルコ、クシャダス 石黒 博(筑波大学構造工学系) Tel. 0298-53-5267, Fax. 0298-53-5207, e-mail: ishiguro@kz.tsukuba.ac.jp
- 1998/8/23 ~ 28 第11回国際伝熱会議 韓国、慶州 藤田恭伸(九州大学工学部) Tel. 092-642-3471, e-mail: fujita@mech.kyushu-u.ac.jp, ホームページ: <http://ihhc.snu.ac.kr>
- 1999/3/15 ~ 19 第5回ASME-JSME熱工学合同会議 TED Newsletter No. 23
- 1999/5/17 ~ 19 The 2nd Pacific Symposium on Flow

Visualization and Image Processing (PSFVIP-2)  
TED Newsletter No. 24

1999/9/12 ~ 15 International Symposium on Turbulence and Sear Flow Phenomena (TSFP-1) 米国、サンタバーバラ 笠木伸英(東京大学) <http://tsfp.t.u-tokyo.ac.jp/>

## インターネットによる熱工学関連行事のご案内

インターネットのホームページを利用できる方は、機械学会関連行事とASME関連行事をそれぞれ下記のホームページで見ることが出来ますのでお試し下さい。

機械学会関連: <http://ted.mech.titech.ac.jp/TED/tedcal.html>ASME関連: <http://www.asme.org/conf/confers.html>

また、国際会議、講演会に関する情報をお持ちの方は、熱工学部門広報委員会(幹事 佐藤 暲)でお知らせ下さい。

## お知らせ

## 伝熱ハンドブック - ソフト

- PC9801/DOS-V 共用版 -

伝熱ハンドブックソフトは、伝熱現象をハンドブック本書にそって階層別に画面分割し、必要とする現象が画面表示とマウス操作により簡単に定量評価できるようになっており、機械工学や化学工学をはじめとする広い分野の研究者や技術者に大変好評を得ております。1993年発売のソフトはMS-DOS(PC98対応)版のみでしたが、パソコンをとりまく環境も大いに变化しておりますので、今般WindowsのDOSプロ

ンプトで動作するPC9801/DOS-V 共用版を開発し、ハンドブックの既購入者を対象にソフト単体としても販売することと致しましたのでご案内申し上げます。

1セット(3.5インチフロッピーとマニュアル)

定 価: 3,150円

会員特価: 2,400円 いずれも税込み、送料500円

お申し込み、お問い合わせは直接、学会事務局まで。

## 広報委員会より

本年度最後のニュースレターをお届けします。本号は「高効率化への挑戦」の特集です。高効率化は熱工学において古くて新しいテーマですが、昨今の高効率化は各要素の高効率化のみならず、「システム」としていかに効率を向上させるかが鍵となっているように思います。そのよう

## 第75期 広報委員会

委員長 清水昭比古(九州大学)

幹 事 佐藤 暲(東京工業大学)

委 員 池田裕二(神戸大学) 森 幸治(大阪大学) 北村健三(豊橋技術科学大学) 山田 純(山梨大学)

石黒 博(筑波大学) 塚田隆夫(東北大学) 平澤茂樹((株)日立製作所) 水上 浩((株)東芝)

な視点からの解説を集めてみました。少し内容を欲張りすぎて、行間を詰めざるを得ませんでした。読みごたえは十分にあるものと確信しております。

本ニュースレターに対するご意見、ご要望は、日本機械学会熱工学部門広報委員会までお寄せください。