

省資源と地球環境調和の観点から天然ガス焚(だき) コンバインドサイクル<sup>(注1)</sup>が世界的に増加傾向にあり、当社も現在、1,300℃級コンバインドサイクルの建設を手がけているが、1,500℃級HシステムについてもGE社との製造協業に合意し、次世代コンバインドサイクルの到来に備えている。また、燃料多様化についても超重質油、石炭のガス化複合発電、メタノール発電、水素エネルギー発電などの実用化に取り組んでいる。

Due to the need to save energy resources and preserve the global environment, the number of combined-cycle power plants worldwide is increasing. Toshiba has manufactured many 1,300℃-class combined-cycle power plants to date, and has recently reached an agreement with General Electric Company (GE) regarding joint production of the next-generation 1,500℃-class H system. Toshiba is also making efforts to establish technologies for burning various types of fuels, such as gasification of residual oil, coal and methanol energy, and hydrogen energy.

This paper introduces some of our advanced technologies for combined-cycle power plants, and outlines future prospects in this field.

## 電力供給を支えるコンバインドサイクル発電

近年、省資源と地球環境調和の観点から、より効率の高い天然ガス焚アドバンスドコンバインドサイクルの市場導入が図られ、当社もこれまでに中部電力(株)新名古屋7号系列1,458MW、東京電力(株)品川1号系列1,140MWなどの1,300℃級コンバインドサイクルを多数手がけてきた。特に1997年12月のCOP3京都会議(気候変動枠組条約第3回締約国会議)以降、先進各国の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)削減目標値が明示され、CO<sub>2</sub>発生が少ないコンバインドサイクルの導入が世界的にも加速されている。

このような背景から、当社も98年3月GE社と1,500℃級ガスタービンに関する製造協業に合意し、次世代コンバインドサイクルの到来に備えている。また、燃料多様化については、残さ油IGCC(囲み記事参照)を、

また、引続き21世紀に実現が期待されている石炭ガス化複合発電システムの実用化にも取り組んでいる。

ここでは、21世紀に向け、当社が取り組んでいるコンバインドサイクル発電の最新技術を紹介するとともに、今後の高効率化、燃料多様化技術についても展望する。

## 当社コンバインドサイクル技術の発展

### ■コンバインドサイクル事業への取り組み

当社は戦後、国内で初めてガスタービンを開発し、鉄道技術研究所(現船舶技術研究所)に納入した。このガスタービンは国産1号機の歴史的記念碑として現在でも当社の京浜事業所内に展示されている(船舶技術研究所の御好意により譲り受けた)。

その後、欧州のガスタービンメーカーBBC社(現ABB社)と提携し数多くのガスタービンを製作したが、

米国で航空機エンジン技術をベースとしたガスタービンの高温化が進み、わが国でも同様の傾向となったため、全世界で50%以上のシェアをもつGE社と82年に1,100℃級ガスタービンを、また92年には、1,300℃級ガスタービンの共同製造契約(MA)を締結し、これらのガスタービンを適用したコンバインドサイクルを国内および海外に数多く納入した。

1,300℃級コンバインドサイクルでは東京電力(株)横浜7号系列1,400MW(98年1月総合運用)、千葉2号系列1,440MW(99年2月初軸運転開始(以下、運開と略記))をGE社とともに建設し、引続き品川1号系列1,140MW(2001年7月初軸運開)を当社主契約で製作中である。60Hz向けとしては中部電力(株)新名古屋7号系列1,458MWを当社主契約で建設した(98年12月総合運開)。この間、コンバインドサイクルの運転経験に加え、当社独自でもガスタービンの要素開発を進め、新名古屋7号系列には当社独自で実用化した燃焼器を搭載した。また、1,300℃級ガスタービンの1/3スケールモデルの

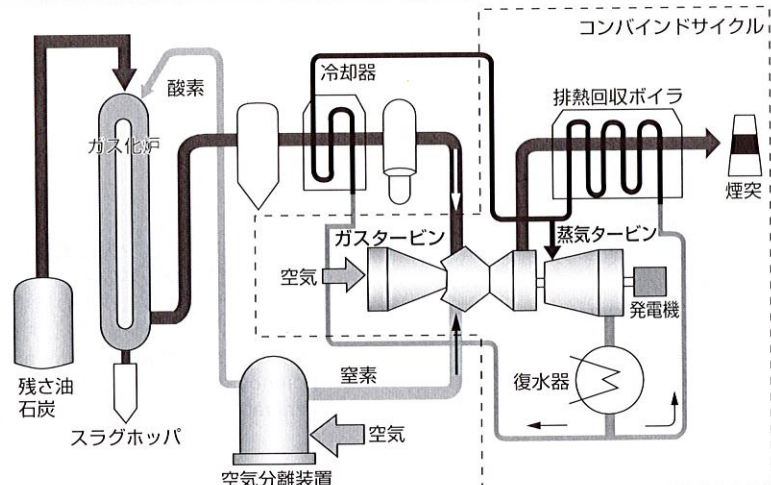
(注1) コンバインドサイクル

ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせた発電システムで、CO<sub>2</sub>の発生量が少なく高効率な発電システムである。

## ガス化複合発電システム

石炭、石油残さ油、オリマルジョン（液体燃料の一種）などをガス化炉で部分酸化してガス化し、精製したクリーンなガスをコンバインドサイクルのガスタービン燃料として使用する発電システムである。高効率、燃料多様化、環境性など、多くの特長をもつ発電方式で、21世紀を担う新しい火力発電システムとして期待されている。図はガス化複合発電(IGCC)の一例である。

石炭 IGCC は、海外で各種方式のプラントが計画、建設されている。現在、石炭消費量が2,000トン/日規模の数プラントが運転に入っている段階である。一方、石油精製の過程で発生した残さ油を活用するIGCCは、イタリアで数プラントが計画され、その初号機が今年運転に入る予定である。国内



IGCCシステム

でも、IPP(独立発電事業)向けのプラントとして、計画、検討が進められている。

当社は、IGCCの経験豊富なGE社と

IGCC用ガスタービンに関する技術契約を締結し、ガス化システムとのインテグレーションを含むコンバインドサイクルの計画を推進している。

小型ガスタービンを独自技術で開発し、93年1月から東京電力(株)の系統に連係して耐久試験を実施し、今後のガスタービンの長期運用に対する貴重なデータを集積している。

96年5月にはGE社と共同でガスタービンのメンテナンスショップを当社京浜事業所内に設立し、ガスタービンの保守体制をさらに充実させた。また、ガスタービンを適用した新発電システムの分野では96年10月にGE社とガスタービンのIGCCシステムライセンスを締結した。

また、98年3月には1,500℃級ガスタービンHシステムのGE社との製造協業に合意し、次世代のガスタービンの到来に備えている(図1)。

### ■ガスタービン入口温度とプラント熱効率

現在のコンバインドサイクルはガスタービン排気を排熱回収ボイラで回収し、発生蒸気で蒸気タービンを駆動する排熱回収型が主流である。

排熱回収型コンバインドサイクルでは、ガスタービン入口温度の高温

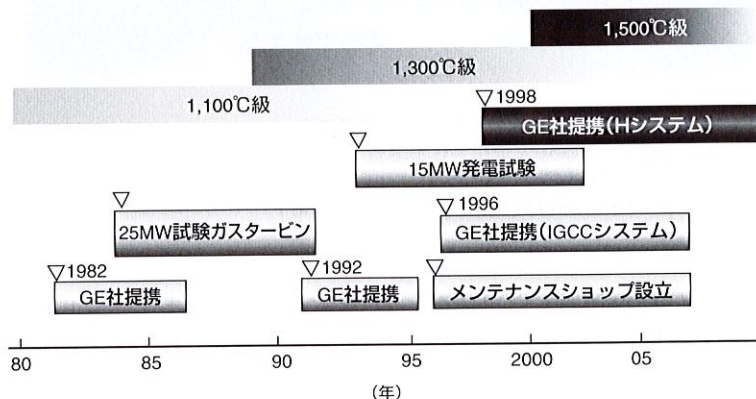


図1. 当社ガスタービン事業の取組み  
よび米国GE社との提携を推進している。  
Toshiba's activities in gas turbine field

各種ガスタービン事業において、当社独自開発お

化によりプラント熱効率が向上し、1,100℃級ガスタービンの組合せで43～44%、1,300℃級ガスタービンでは48～50%、1,500℃級ガスタービンHシステムでは53%の熱効率が達成されている。化石燃料を使用する発電用プラントでは窒素酸化物(NOx)発生の限界から、これ以上の高温化は難しいが、水素燃料では1,700℃級が可能であり、サイクル的なくふうとも相まって60%の熱効

率が達成可能である(図2)。

### ■1,300℃級コンバインドサイクルの建設と運転

1,300℃級ガスタービンは、90年の初頭に実用化されたガスタービンであるが、これまでに160台以上が納入され、その累積運転時間は140万時間、信頼度は98%以上で信頼性の高いガスタービンである。

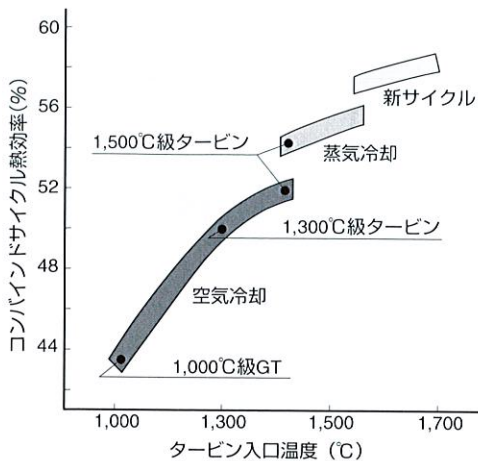


図2. ガスタービン入口温度とコンバインドサイクル熱効率。タービン入口温度の高温化技術の開発、適用に伴いプラント効率が向上する。  
Gas turbine inlet temperature and efficiency of combined-cycle power generation system

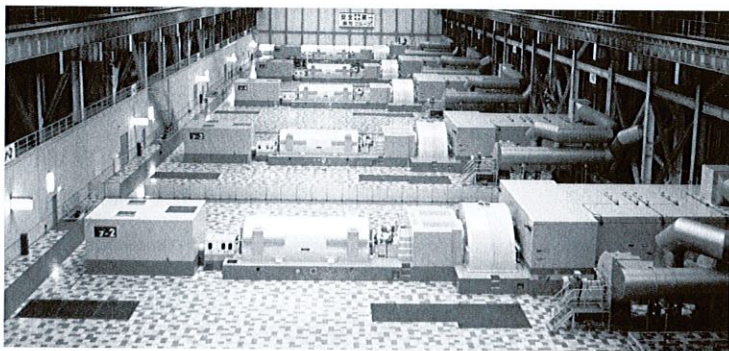


図3. 新名古屋7号系列コンバインドサイクル発電設備。60Hz向け1,300°C級コンバインドサイクル発電設備で、高・中・低圧一体型蒸気タービン、低NOx燃焼器、新給水システムなど随所に最新技術を適用した。  
Combined-cycle plant for Shin-Nagoya Power Plant Group 7

98年12月に総合運開した中部電力(株)新名古屋7号系列(図3)は60Hz用7FA型ガスタービンをコアにした243MW×6軸のパワートレインで構成される一軸型コンバインドサイクルで、随所に当社の最新技術が適用されている。ガスタービンには当社で開発した低NOx燃焼器を搭載している。良好な燃焼特性により低NOx化を達成している。また、蒸気タービンには高・中・低圧一体型蒸気タービンを適用し、最終段には40インチチタン翼を採用したコンパクトなパワートレインの構成である。排熱回収ボイラは横置3圧再熱式で、全体を3モジュールの構成とし、コンパクト化を図っている。性能試験結果では熱効率、出力とも計画値を上回る良好な性能特性

を示している。また、運用特性もホットスタートで約1時間を達成しており良好な起動特性をもっている。

引き続き、建設を進めている東京電力(株)品川1号系列は、50Hz用9FA+型ガスタービンをコアにした380MW×3軸のパワートレインより構成される一軸型コンバインドサイクルである。典型的な都市型スクラップ&ビルドプラントで、老朽化した125MW×3ユニットをスクラップして建設する最新鋭のコンバインドサイクル発電設備である。9FA+型ガスタービンは入口温度を従来機よりさらに上げており、コンバインドサイクル熱効率も50%を達成している。蒸気タービンには、高・中・低圧一体型ロータを適用し、最終段には42インチ翼を採用し

たコンパクトなパワートレインの構成である。先行の横浜7号系列、千葉2号系列に比べパワートレインの軸長が約6m短縮され、コンパクトな建屋を実現している。また、ガスタービンの吸気フィルタは基礎台側壁に装着されており、建屋のコンパクト化に貢献している。排熱回収ボイラは横置3圧再熱式の1モジュール構成でコンパクト化を達成している。

これらの最新技術の適用により先行機に比べ、建屋容積を20%以上削減し、大幅なコストダウンを達成した。現在、2001年7月の初軸運開に向け鋭意建設を進めている。

### 1,500°C級コンバインドサイクルの開発と実用化

1,500°C級ガスタービン(図4)は2001年の商用運転に向け、GE社が現在、鋭意開発を進めている最新鋭のガスタービンである。航空機エンジンの技術をベースとしており、蒸気冷却翼を適用しているのが特徴である。コンバインドサイクルはHシステムと呼称しており、コンバインドサイクル熱効率は53%を達成している。

ガスタービンの高温化は材料技術と冷却技術の進歩に負うところが大きい。このガスタービンも初段の動・静翼に単結晶材を、また第1、2段の動・静翼に蒸気冷却を適用している。また、圧縮機は航空機エンジンのCF-6型の高圧圧縮機をベースとしている。各種要素試験の後に、実機を製作し、98年5月にGE社グリーンビル工場、無負荷定格速度試験を実施し、良好な結果が得られた。

このHシステムについては98年3月にGE社との製造協業に合意し、現在、具体的製作を進めている。当社はガスタービンの圧縮機部分と蒸気タービン、発電機の製作を担当し

ている。また、このガスタービンのメンテナンス対応のため、96年5月にGE社と共同で設立したガスタービン補修工場を拡張し、きたるべき1,500℃級コンバインドサイクルの到来に備えている。

### 燃料多様化技術の確立

燃料多様化については超重質油、石炭のIGCC、メタノール発電、水素エネルギー発電など各種燃料多様化技術に取り組み将来の化石燃料の枯渇に備えている。

IGCCプラントはガス化段階で硫黄酸化物(SOx)を除去し、低NOx燃焼器を採用することにより、環境負荷の少ない発電が可能となる。また、高温ガスタービンの適用により、従来の石炭火力発電に比べ、CO<sub>2</sub>の削減も可能である。このように環境面に優れ、かつ資源の有効利用が可能な高効率IGCCプラントはその有用性が認められ、近年、商用プラントとしての応用が図られつつある。引き続き、21世紀に実現が期待されている石炭ガス化複合発電システムの実用化にも積極的に取り組んでいる。また、長期的にはメタノール発電、水素エネルギー発電についても実用化に向けた地道な努力を続けている(図5)。

### その他関連技術の実用化

ガスタービンは内燃機関であるため夏場に出力が低下する特性を持っている。この出力低下を極力抑制するため水蓄熱式ガスタービン吸気冷却システムを開発し、実機適用に備えている。

また、ガスタービンは高温状態で使用されるため、高温部品の劣化が激しい。したがって、メンテナンスコストを極力削減する観点から、高温部品の寿命診断技術、寿命延伸技術にも積極的に取り組んでいる。

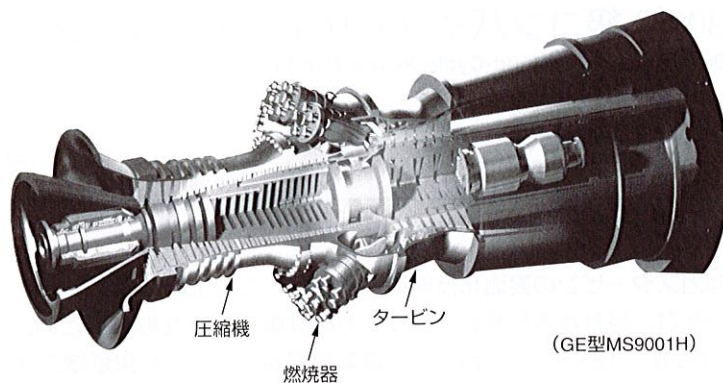


図4. 1,500℃級ガスタービンの構造 次世代型ガスタービンは、蒸気冷却翼、単結晶翼、遮熱コーティング、ドライ低NOx燃焼器など環境対策技術、高温化技術を取り入れた高効率機器である。  
1,500℃-class gas turbine

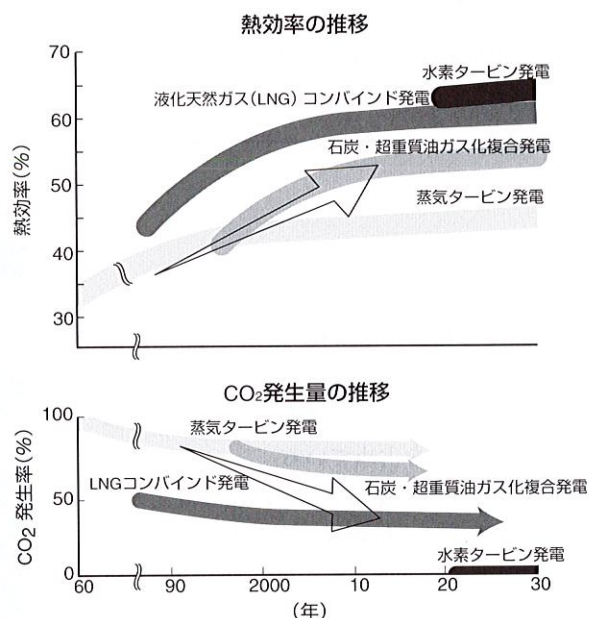


図5. 火力発電プラントの熱効率とCO<sub>2</sub>発生量の推移 各発電分野で高効率化を推進し、CO<sub>2</sub>発生量のゼロエミッション実現を目標としている。  
Efficiency and CO<sub>2</sub> emissions in thermal power generation

さらにガスタービンは、短時間の起動停止、大きな負荷変動に対応できる特長がある。この良好な運用特性を維持するため、アドバンスド監視制御システムの開発にも積極的に取り組んでいる。

### 今後の展望

以上の各種コンバインドサイクル技術開発を21世紀に向け“長期的”に“継続的”に、かつ、“加速”し

て実施することにより、環境に優しく、省エネルギー化を可能とする時代が開けてくると考える。

今後とも、優れたコンバインドサイクル発電用機器の実現に邁(まい)進する所存である。



大地 昭生  
OHJI Akio

電力システム社 首席技監。  
Power Systeme & Services Co.