

火力発電は現在、総発電容量の約60%を占めており、21世紀においても依然として電力供給の主役になると予想される。一方、わが国の電力事業を取り巻く環境は近年厳しさを増しており、地球環境問題、規制緩和の推進、電力自由化に伴う電力料金の引下げなど大きく変化している。したがって、火力発電がこれらの諸問題に対し、率先して解決に当ることが強く求められている。当社は、電力の安定供給とコスト低減の追求を重点施策として、①高効率発電システムの推進、②経年火力延命化への積極的取組み、③IT(情報技術)の推進、④分散電源技術・環境技術への対応、⑤生産性の向上の五つを掲げ、ユーザー各位に様々なサービスを提供する所存である。

Thermal generation currently accounts for 60% of the total electricity generating capacity in Japan and remains the major element of various power generation systems in the 21st century. On the other hand, the environment of electric power generation in Japan is undergoing dramatic change.

To meet these requirements, Toshiba is carrying forward the development of technologies for high-efficiency thermal generation systems including technologies for extending the life of aging existing plants, technologies for distributed generation, environmental technologies, and productivity improvement technologies.

### 複雑で激しい火力発電事業変化

#### 火力発電の市場動向

近年、国内の火力発電事業環境は複雑で激しい変化が生じている(図1)。したがって、火力発電事業に対しては事業環境の変化に対応しつつ電力供給の安定を担うという重要な責務が課せられている。

規制緩和に対しては、既設設備などの経営資源の有効活用によりコスト低減を図るとともに、定期点検(以下、定検と略記)インターバル延長技術により自主保安体制を確立し、安定した電力供給を維持する必要がある。

また、地球環境問題に対しては高効率化などにより、温室効果ガス低減に取り組む必要がある。これらのニーズにこたえる技術を提供するのが当社の役割と考えている。

一方、世界市場においては、地域により様々な変化が起きている。北米においては設備能力が需要に追いつかず、特にカリフォルニアでは電力

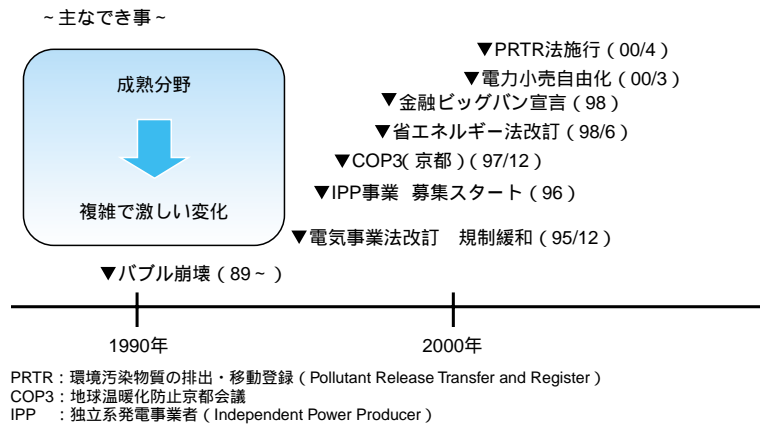


図1. 火力発電の事業環境(国内) 電力事業を取り巻く環境は、急速に厳しさを増している。  
Status of thermal power generation in Japan

料金の高騰や停電などの混乱が発生している。

このように、北米市場では年間80GWの巨大な新規電源需要が出現している。その80%以上は非電気事業者の天然ガス焚(だき)コンバインドサイクル発電プラントである。

中国市場は年間8~10GWの新規電源を必要とする大きな市場があるが、現状は石炭火力が主体となって

いる。

東南アジアや南米市場はいまだ不安定な経済情勢の中であり、電源需要も流動的であるが潜在的には大きな市場である。

このようななかで、当社は全世界の蒸気タービンの新規発注の約10%を供給する(2000年度)世界のトップレベルのメーカーとしてユーザー各位に様々なサービスを提供している。

■ 火力発電事業の技術重点施策

前述のような国内外の事業環境に対応するため、当社は今後の技術重点施策として次の五つを掲げ、ユーザー各位に様々なサービスを提供する所存である。

- (1) 高効率発電システムの推進
- (2) 経年火力延命化への積極的取り組み
- (3) ITの推進
- (4) 分散電源、環境技術への対応
- (5) 生産性の向上

■ 高効率発電システムの推進

■ 天然ガス燃 1,500℃級コンバインドサイクル発電プラント

当社は現在、大型ガスタービンでは全世界の約50%のシェアを持つGeneral Electric( GE )社と提携し、ガスタービンを製作している。

1982年には1,100℃級ガスタービンを、また、92年には1,300℃級のガスタービンの共同製造契約をGE社と締結し、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外へ数多く納入してきた。

更に、98年には1,500℃級ガスタービンで提携し、現在、このガスタービンを適用したH System™(注1)(Hシステム)コンバインドサイクル( 囲み記事参照 )の共同開発をGE社と行っている( 図2、図3 )。

このガスタービンは、蒸気冷却翼の適用、初段動静翼への単結晶材の適用、遮熱コーティングの塗布など、最先端技術が適用されている。

Hシステムのプラント熱効率は、53%以上、ユニット容量は50Hzで510MW、60Hzで410MWと高効率、大容量のコンバインドサイクルシステムである( 図4、図5 )。

このガスタービンは既に工場試験を成功裏に終了し、2002年には海外において商用運転に入る予定であり、今後の高効率大容量コンバインドサイ

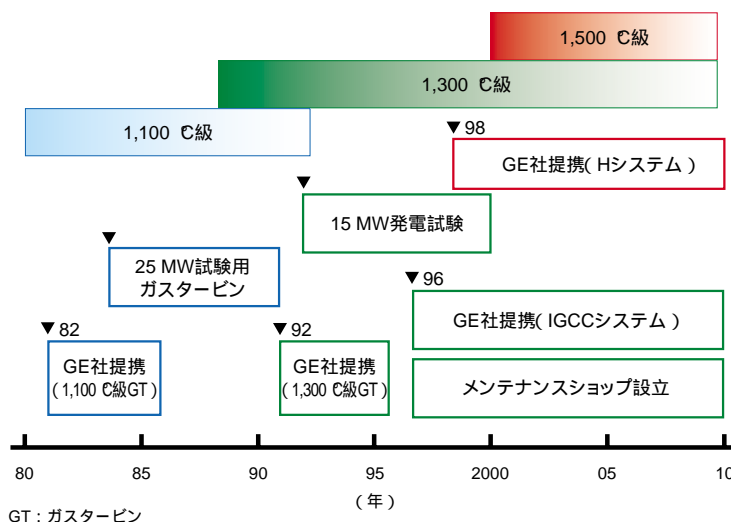


図2. 当社のガスタービン事業への取組み 各種ガスタービン事業において、当社開発及び米国GE社との提携を推進している。

Toshiba's activities in gas turbine field

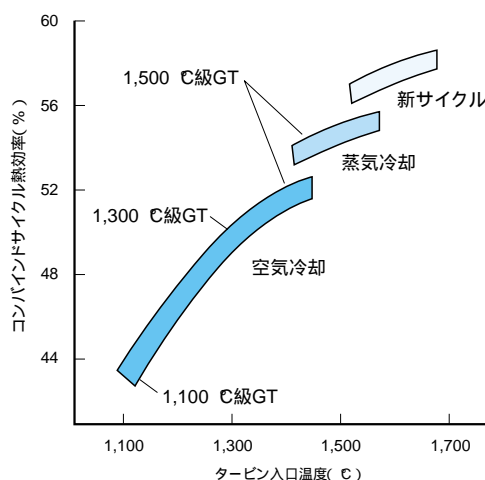


図3. ガスタービン入口温度とコンバインドサイクル熱効率 タービン入口温度の高温化技術の開発・適用に伴い、プラント効率が向上する。

Gas turbine inlet temperature and efficiency of combined cycle power system



図4. H型ガスタービン組立図 蒸気冷却翼、単結晶材使用の初段動静翼、遮熱コーティングの塗布など、最先端の技術を適用している。

Structural drawing of H System™ gas turbine

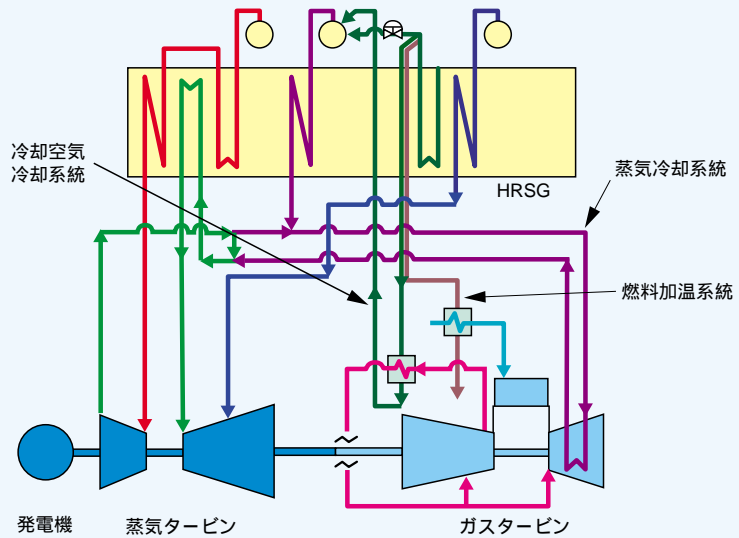
(注1) H Systemは、米国GE社の商標。

## Hシステムコンバインドサイクル発電プラント

Hシステムコンバインドサイクルは、ガスタービン入口温度が1,500℃級のガスタービンを適用した高効率コンバインドサイクルで、ガスタービンの1,2段階・静翼に蒸気冷却方式を適用しているのが特長である。空気冷却方式を適用している1,300℃級のコンバインドサイクルに比べ大幅な熱効率向上が達成された。

冷却用蒸気は高圧蒸気タービン排気より抽気し、ガスタービン冷却後の蒸気はHRSG再熱器で再び加温され、中圧蒸気タービンに回収される。

その他、燃料加温系統、冷却空気系統が付加されているのも、Hシステムの特徴である。



1,500℃級コンバインドサイクル発電プラント概略系統 Hシステムのシステム構成及び主要系統を示す。



図5 工場試験中のH型ガスタービン(グリーンビル工場) 2002年には、海外で商用運転に入る予定である。

H System™ gas turbine under factory test at GE Greenville Factory

クルシステムとして期待されている。

### ■ パラレルブロック方式コンバインドサイクル

従来、既設火力のリパウリング方式は排気再燃方式が適用されていた。

これは、既設火力にガスタービンを追設し、その排気をボイラ燃焼用空気として利用する方式で、既設ボイラ系統の改造範囲が多いわりには性能利得が少なく、また、運用性にも劣る難点があった。これに対し、ここで提

案するパラレルブロック方式コンバインドサイクルは、既設火力にガスタービンと排熱回収ボイラ(HRSG)を追設し、その発生蒸気を既設の蒸気タービンに回収するシステムである。

ガスタービンとHRSGは、既設と切り離れた建設工事が可能となり、既設蒸気系へは通常定検工事期間中に接続可能である。

また、通常運転中は、既設のボイラと、追設したHRSGが平行運転することになるが、ガスタービンを切り離れたボイラ単独運転、又は、既設ボイラを停止し、既設蒸気タービンをボトムサイクルとして利用する排熱回収運転も可能である。排気再燃方式に比べ、性能利得が大きく、運用性にも柔軟性がある。また、既設ボイラの燃料いかにかわらず適用できる利点があり、今後の既設火力のリパウリングの有力な選択肢の一つとして期待されている。

■ 次世代型発電システム

将来の燃料多様化に対応した様々な高効率発電システムの開発を進めている。

石炭ガス化複合発電システム (IGCC) は、石炭のガス化段階で硫黄分を除去し硫黄酸化物 (SO<sub>x</sub>) の排出を低減するとともに、低窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) 型燃焼器を採用することにより環境負荷を低減できる発電システムである。高温ガスタービンの適用により、従来の石炭火力に比べ 10% 以上の二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 削減が可能である。また、CO<sub>2</sub> 回収型発電ガスタービンシステムは天然ガス (メタン) と酸素を燃焼させることにより、水蒸気と CO<sub>2</sub> の高温ガスを発生させて高効率発電を可能としている。発生した CO<sub>2</sub> はシステム中で循環し、再び燃焼器に入るほか、余剰 CO<sub>2</sub> は分離回収されるので、ゼロエミッションプラントを実現できる。

これらの発電プラントの将来の実用化に向けた地道な努力を続けている。

■ 大容量蒸気タービン・発電機

わが国の火力発電は、大容量化によるスケールメリットの追求と蒸気条件の高温高圧化による熱効率の向上により、電力単価の低減を達成してきた。

この間にあって、当社は常に他社に先駆け、大容量ユニットの記録機を手がけ、現在では国内最大容量機であるクロスコンパウンド 1,050 MW 機を製作した (2000 年 7 月運転開始 (以下、運開と略記))。また、タンデム機では世界最大級の 1,000 MW を製作中 (2001 年 11 月運開予定) である (図 6、図 7)。

また、蒸気条件の向上についてはこれまで多数の超臨界圧プラントを製作してきたが、89 年にはそれまでの超臨界圧蒸気条件の記録を塗り替える 31 MPa、566/566/566 ℃ の超々臨界圧 700 MW プラントを中部電力 (株) 川越火力発電所 1、2 号機向けに

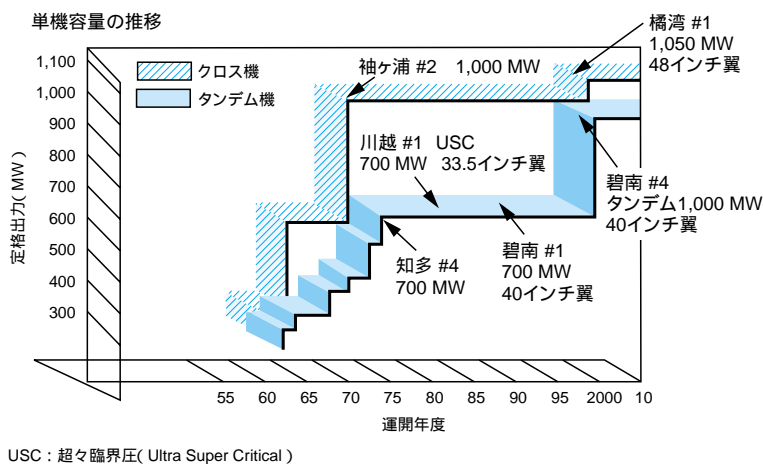


図 6 . 火力発電プラントの大容量化の変遷 当社は、常に他社に先駆け、大容量ユニットの記録機を手がけている。  
Technical trend of unit capacity in thermal power generation



図 7 . 中部電力 (株) 碧南火力発電所 4 号機、1,000 MW タンデム機外観 世界最大級で、2001 年 11 月運開予定である。  
1,000 MW tandem machine at Hekinan Thermal Power Station No. 4 Unit of Chubu Electric Power Co., Inc.

納入した。

以降、高温高圧化に対応した材料開発を進め、現在では電源開発 (株) 橋湾火力発電所 1 号機向けに 25 MPa、600/610 ℃ の世界最高温のプラントを GE 社と共同製作し納入した (2000 年 7 月運開)。

将来的には、30 MPa、650 ℃ 級プラントの実用化を目指し、開発を進めている。

■ 経年火力の新技術

現在、国内の火力プラントの約 75%

が運転時間 10 万時間を超えており、これらの経年機の長寿命化と積極的な機能改善が求められている。既設の経年火力は、使用燃料と出力によって、今後の運用方法が区分けされると予想される。石炭焚火力や大容量油焚火力は延命化され、ベースもしくはピーク運用されると思われる。ガス (LNG) 焚ユニットや中小容量油焚火力は、スクラップ & ビルド及びリパワーを含む改造を行い、高効率プラントとして再生されていくと思われる。

当社では、延命化に対しては、トー

タルメンテナンス費用の削減を意図したライフサイクルコンセプトを提言している。これは、発電所ライフの適切な時期に先行的に更新を行うことにより、全体のメンテナンスコストを削減し、かつ経年機の機能改善を可能とするもので、このための種々の技術を整え、ユーザー各位の要望にこたえている。また、スクラップ&ビルドなどによるコンバインドサイクル化に対しても積極的に取り組んでいる。更に、海外においては、短納期での出力増強改造のニーズが相次いでおり、発電方式を変更しないリパワー工事をいくつか完成させている。一例として、海外の400 MW機においては、高中圧ロータの取替えと発電機の水素圧力の向上により出力を460 MWに向上させ、また熱効率も約2%アップさせた。

#### ■ ITを適用した情報制御システム

当社は、最新のITを適用したユーザーニーズにマッチした各種情報制御システムを提供している。すなわち、インターネット技術、モバイル技術、マルチメディア技術といったその活用が個人レベルにまで一般化している技術から、データマイニング技術、ナレッジマネジメント技術といった今後のIT活用において差異化のキーとなる技術、更には最新のプラント制御理

論を応用した技術などを、効果的に取り入れながらユーザー各位の要望にこたえるシステムの開発を進めている。

また、当社ではこれらのITを活用したシステムを製品として提供するだけでなく、例えば、保守に関するユーザーとの日常的な業務に応用することにより、火力プラント機器の保守を変革する“新保守サービス”構想など、ユーザーも含めた業務プロセスの改善にも積極的に適用している。

#### ■ 分散電源への取組み

最近の電力小売り自由化により、分散電源へのニーズがますます高まるものと予想される。当社は、このような変化に機敏に対応し、分散電源に対しても積極的に取り組んでいる。

燃料電池は従来から精力的に研究を進めており、PEM(Proton Exchange Membrane)型の燃料電池の開発に注力している。また、高効率コジェネレーションシステムやマイクロガスタービン市場への対応、ESCO(Energy Service COmpany)への取組みなど、多様な市場ニーズにフレキシブルに対応している。

#### ■ エネルギー環境技術

当社は、プラントメーカーとしての総合力を生かした総合水処理技術、排

水処理技術、海生物処理技術を提案し、火力発電所の廃棄物のゼロエミッション化に貢献している。

復水処理技術では、従来の電磁フィルタに代わる中空系膜フィルタを1,000 MW級の実機に適用し、期待どおりの成果を上げている。更に、貯炭場排水処理などへの中空系膜フィルタ利用にも適用可能範囲を拡大している。このように非薬品、非燃焼をコンセプトとしたエネルギー環境技術に取り組み、環境改善に貢献していく所存である。

#### ■ 国際協業の推進

##### ■ 国際協業の目的

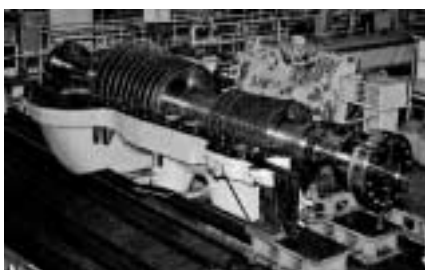
近年のユーザーニーズの多様化並びにコストダウン要求にこたえるためには、国際協業が大きな効果を発揮する。

当社は、次の4点を目的として、以下に示す国際協業に取り組んでいる。

- (1) 設計・製造の分担による合理化
- (2) 開発資源の有効活用
- (3) 得意技術分野の相互補完
- (4) 製造拠点の集約による生産性向上

##### ■ Hシステムの協業

GE社製の1,500 C級ガスタービンをを用いたHシステムにおいては、当社と



(a) 9H初号機用タービン  
(左：高中圧ロータ、右：低圧ロータ)

(b) 9H初号機圧縮機

図8 . Hシステム協業による機器の製造状況(当社京浜事業所) 蒸気タービン、圧縮機は当社が製造を担当した。  
Status of production of H system™ equipment at Toshiba Keihin Factory : (a) steam turbine, (b) compressor



(a) GTTC社 メキシコ工場



(b) TGTC社 京浜工場

図9 . GE 社との製造協業による各種工場 GTTC社では蒸気タービン中・短翼 , TGTC社では蒸気タービン最終段翼を製造する。  
Factories at which joint production with GE taking place

GE 社がパワートレインを共同で設計・製造する協業契約を締結している(図8)。

設計は , ガスタービン , 圧縮機 , 燃焼器を GE 社が担当し , 蒸気タービン , 発電機は当社が担当する。また , 製造は , ガスタービン , 燃焼器は GE 社が担当し , 圧縮機 , 蒸気タービン , 発電機は当社が担当する。お互いの得意とする分野を各々分担している。これにより , 設計・製造の合理化と技術の相互補完が可能となり , 生産性の向上と品質の向上を実現している。初号機の製作が既に完了しており , 近年中に営業運転を開始する予定である。

#### ■ ガスタービン部品メンテナンス工場

ガスタービン部品のメンテナンス体制の充実のために , GE 社と共同で京浜地区に TGTS( Toshiba GE Turbine Service ) と呼ばれるガスタービンメンテナンス会社を設立し , 既にガスタービン高温部品の修理やコーティングなどで大きな成果を上げている。

#### ■ 蒸気タービン翼の製造協業

蒸気タービン翼は , 多品種中量生産品である。よって , 製造拠点を集約することにより生産性の向上と品質向上の両面において大きな効果を得ることができる。

当社と GE 社では , 翼をその大きさによって分けし , 各々専門の製造会社を共同で設立した。当社もしくは GE 社が設計する蒸気タービン翼のうち , 最終段翼などの長翼は当社京浜事業所内に設立した TGTC( 東芝・GE タービンコンポーネンツ ) 社に集約して製造し , また , 一般的な中短翼はメキシコに設立した GTTC( GE ・東芝タービンコンポーネンツ ) 社に集約して製造する。これにより , 高品質・低コストを同時に実現している(図9)。

#### ■ 21 世紀に向けて

当社としては , 前述の火力事業の重点施策にこれまで以上に積極的に

取り組む所存である。これらの実現に向けた各種技術開発を 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 , エネルギーと環境が調和した時代が開けてくると思う。今後とも , ユーザー各位のご指導の下 , 優れた火力発電機器の実現に邁進(まいしん)する所存である。



大地 昭生  
Ohji Akio

電力システム社首席技監。  
蒸気タービン , ガスタービンの計画 , 開発企画及びエンジニアリング業務に従事。日本機械学会 , ガスタービン学会 , ターボ機械学会 , 火力原子力発電技術協会 , 日本技術士会会員。  
Power Systems & Services Co.