

わが国の電力事業を取り巻く環境は大きく変化している。地球環境問題，規制緩和の促進，電力料金の引下げ要求などの状況の下，火力発電は総発電容量の約60%を占め，その責任は大きい。当社は1927年に火力発電用タービンの製作に携わって以来，97年3月に累計生産出力がわが国の発電設備の1/2に当たる1億kWを超えた。近年は特に電力安定供給に対応するための信頼性維持とコスト低減につながる経済的プラントの追求を重点施策として掲げ，①高効率発電システムの技術開発，②燃料多様化技術，③コンパクト型標準機種開発，④環境保全技術の開発，⑤既設発電所の有効活用技術，⑥高度情報化プラント監視制御技術の開発，を積極的に推進している。

The environment of the electric power generation business in Japan is undergoing dynamic changes. Thermal generation currently accounts for 60% of total electricity generating capacity, and remains the major element of various power generation systems.

Toshiba has been manufacturing turbines and generators since 1927, and the aggregate installed capacity of these facilities recently passed the 100 GW mark. This paper introduces some of our advanced technologies for thermal power generation.

電力供給の主役は火力

火力発電は，現在，わが国の総発電設備容量の約60%を占め，いぜんとして電力供給の主役である。したがって電力の安定供給，電力コストの低減，環境問題という電気事業の課題に対し，火力発電が率先して解決にあたるのが強く求められている。

昨今，電力設備の経年劣化がますます進むなかで，さまざまな分野で規制緩和が進んでいる。電気事業においても電気事業法が改正され，卸電力市場のオープン化が進み，これに伴う独立系電気事業者(IPP)の参入，自己責任による自主保安体制への移管が行われた。また，一方では社会的な電力料金の引き下げ要請，地球環境問題への対応，高度情報社会の到来など，電気事業を取り巻く環境は大きく変化している。このような社会的変化に対応し，当社も設備の高性能化やコスト低減，環境対応などユーザーの要請にこたえるた

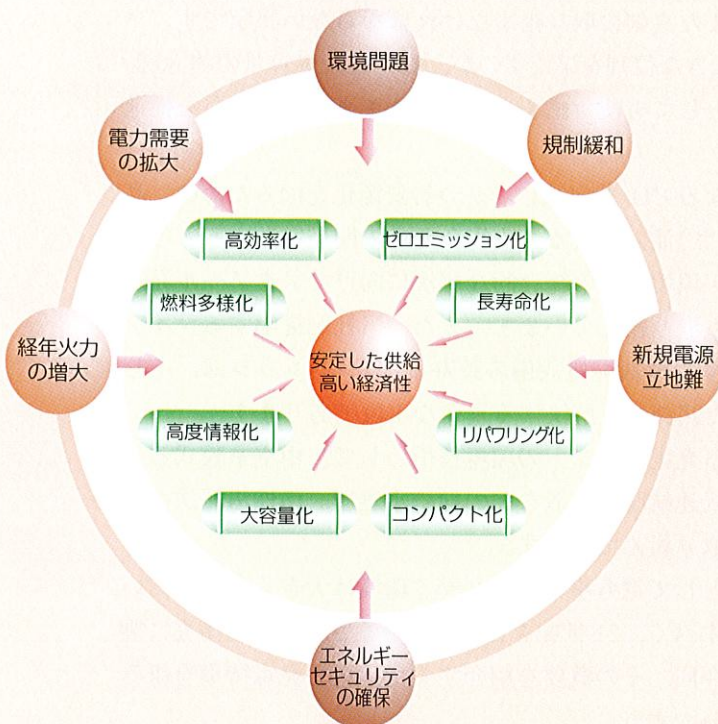


図1. 21世紀社会に向けた電力供給の課題と対応 将来の社会環境に対応するために，さまざまな具体的施策に取り組んでいる。

Thermal power generation technologies for 21st-century society

め懸命に努力している(図1)。

## 東芝の火力発電技術の変遷

### ■火力発電用タービン生産累計出力1億kWに

当社は、これまでさまざまな火力発電システムに対応した蒸気タービン、ガスタービンなどの火力発電用タービンを数多く製作してきたが、97年3月にその累計生産出力が1億kWを超えた。この出力は、わが国の発電設備容量の1/2に相当する。

当社は27年に陸上用蒸気タービンを初めて製造して以来、70年にわたり火力発電用タービンの製造を続けてきた。これらは、国内はもとより、広く海外の電力事業にも数多く使用され、ユーザーの要望にこたえてきた。さらに、近年は環境に調和した効率の高い高信頼性の機器を低コストで供給することを強く求められ、現在その実現に努力している(図2)。

### ■蒸気タービンの大容量化と高温・高圧化

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、当社はつねに他社に先駆け大容量ユニットの記録機を手がけ、現在ではタンデム機では1,000MW、クロス機では1,050MWの国内最大記録機を製作中である。また、当社はこれまでに64ユニット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31MPa、566/566/566℃のUSC<sup>(注1)</sup>700MWプラントを中部電力(株)川越1、2号機向けに納入した(図3)。

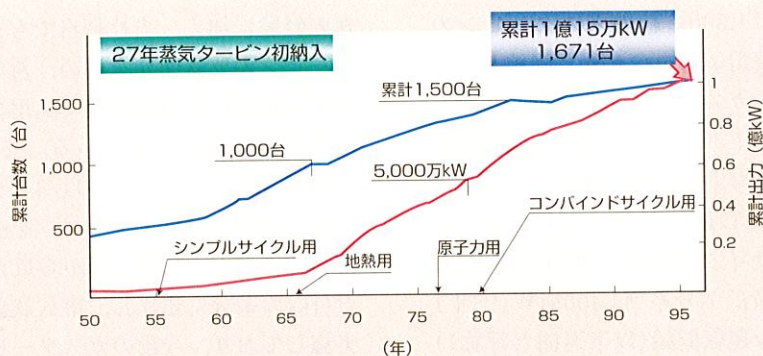


図2. 当社のタービン累計出力と台数 97年3月に当社は火力発電設備向けタービンの累計出力が1億kWを超えた。

Aggregate turbine output and units of Toshiba

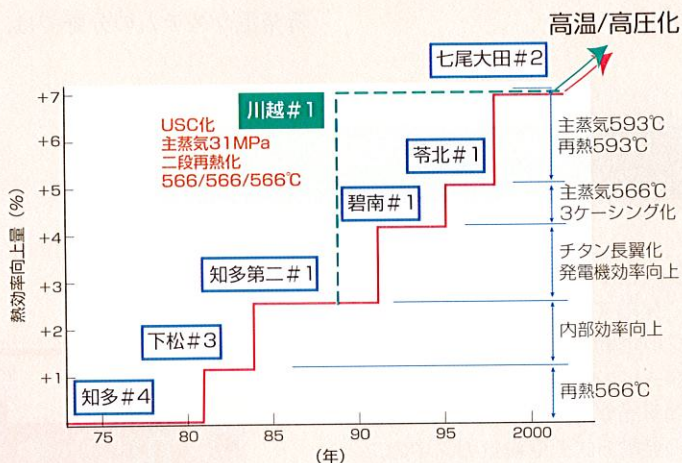


図3. 700MW機の変遷 700MW機は74年に初納入して以来、適宜、各種の効率改善対策を開発反映している。

History of 700 MW steam turbines

以降、高温高圧化に対応した材料開発を進め、94年には蒸気温度593℃の600MW超臨界圧プラントを東北電力(株)能代火力発電所2号機向けに、また97年には同一蒸気条件の1,000MW超臨界圧プラントを東北電力(株)原町火力発電所向けに納入した。現在、電源開発(株)橋湾火力1号機向けに25MPa、600/610℃の世

界最高温の超臨界圧プラントを製作中である。

### ■アドバンスド コンバインドサイクルの実用化

当社は、現在大型ガスタービンでは全世界の約50%のシェアをもつGE社と提携し、ガスタービンの製作を行っている。82年には、

(注1) USC (Ultra Super Critical) : 超臨界圧

水の臨界点22.12MPa (225.65kg/cm<sup>2</sup>)、374.15℃における圧力を臨界圧力といい、臨界圧力を超える状態を超臨界圧、臨界圧力以下を亜臨界圧という。現在わが国の火力発電設備の蒸気圧力は24.1MPa (246 kg/cm<sup>2</sup>g)の超臨界圧が主流となっている。

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（囲み記事参照）を国内および海外へ納入してきた。

1,300℃級アドバンスドコンバインドサイクルでは、現在東京電力（株）横浜7号系列1,400MW（98年1月総合運転開始（以下運転と呼称））をGE社とともに建設し、引き続いて東京電力（株）品川1号系列1,140MW（2001年初軸運転）を当社主契約で内示いただき、製作中である。また、60Hz向けとしては、中部電力（株）新名古屋7号系列1,458MW（98年8月初軸運転）を鋭意建設中である。

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が搭載されている。また、1,300℃級ガスタービンの1/3スケールモデルの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、耐久試験を実施しており、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<sup>(注2)</sup>システムライセンスを締結し、現在ゼネラル石油（株）向け残渣（さ）油焚IGCC発電プラント（2001年7月運転）の製作を行っている（図4）。

## ■火力発電技術の開発方針と取組み

### ■火力発電技術開発の重点施策

前述のとおり、当社はこれまで火力発電の分野でさまざまな社会的要請にこたえてきたが、昨今の社会情勢にかんがみ、次の点を火力技術開発の重点施策として、注力している。

- (1) 高効率発電システムの技術開発  
高温ガスタービンの適用

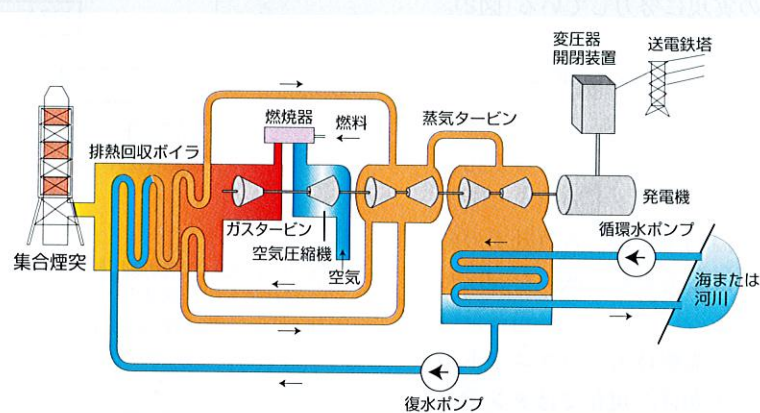
## コンバインドサイクル発電システム Combined-Cycle Power Plant

ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせて発電することからコンバインドサイクル発電の名がある。

ガスタービンは燃焼温度が高温になるほど効率が向上するが、ガスタービン単独の発電方式では排気ガス中のエネルギーが生かされないままに放出される。この排気ガスのエネルギーを排熱回収ボイラによって蒸気として取り出し、蒸気タービンを回すことでガスタービンの良さが生かされた高効率な発電システムが実現する。

図は日本国内で主流となっている一軸式コンバインドサイクル発電方式のシステム概念を示す。ガスタービン、蒸気タービン、発電機が同一の軸にあることからこの名があるが、こうした軸、またはパワートレインと呼ばれる連なりを複数設けて系列を構成するのが一般的である。ガスタービンは起動停止が容易であることから、このような構成をすることにより出力調整が容易で電力需要の変化に即応できる高効率な発電システムが実現する。

LNGを燃料とし、燃焼器と脱硝装置



東京電力（株）横浜火力発電所7号系列コンバインドサイクル発電設備

に最新技術を応用することにより、環境にも配慮したクリーンな発電システムとすることを目ざしている。

による高効率コンバインドサイクルの実用化と、蒸気タービンの高温・高圧化による火力プラントの高効率化を目指す。

- (2) 燃料多様化技術の開発 資源埋蔵量が豊富な石炭、超重質油のガス化複合発電プラントの実用化、長期的には水素エネルギー発電の開発を行い、燃料の多様化に備える。
- (3) 経済的プラントの追求 システムの合理化、機器のコンパクト化、海外調達拡大などにより合理的な火力プラントを追求する。
- (4) 環境保全技術の開発 火力プラントの総合水処理、排水処理、海生物処理による火力発電所廃棄物のゼロエミッション化を目指す。
- (5) 既設火力発電所有効活用技術の開発 経年火力のリフレッシュ化、ガスタービン追設によるリパワリング化により、既設火力の出力増加、高効率化などの機能改善を図る。
- (6) 高度情報化プラント監視制御技術の開発 高度情報社会に対応した、マルチメディア応用の良好なマンマシンインタフェースを考慮した、人に優しいアドバンスド監視制御システムの実現を目指す。

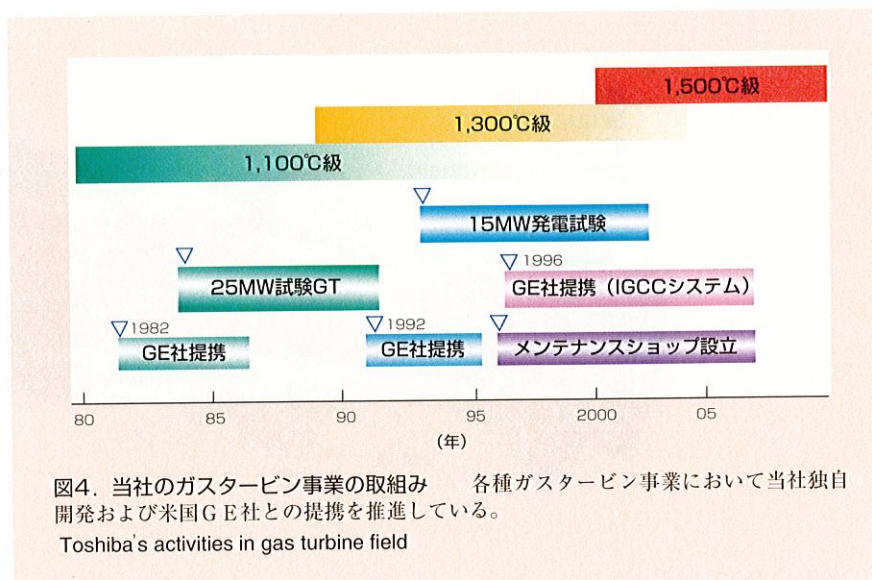


図4. 当社のガスタービン事業の取組み 各種ガスタービン事業において当社独自開発および米国GE社との提携を推進している。  
Toshiba's activities in gas turbine field

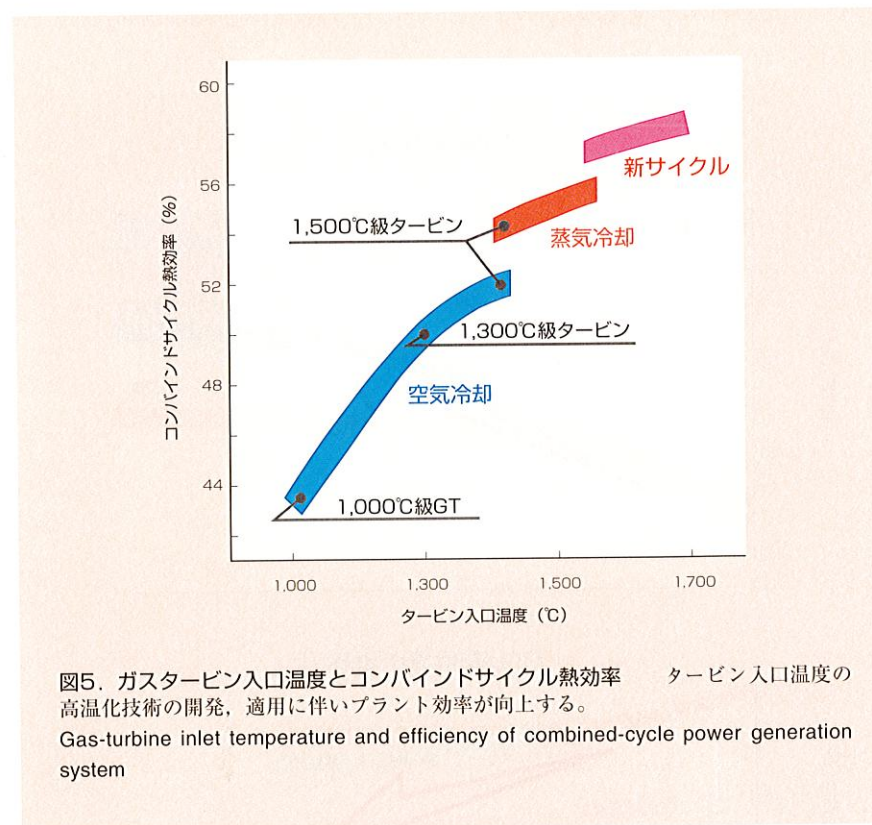


図5. ガスタービン入口温度とコンバインドサイクル熱効率 タービン入口温度の高温化技術の開発、適用に伴いプラント効率が向上する。  
Gas-turbine inlet temperature and efficiency of combined-cycle power generation system

## 火力発電の技術開発と成果

重点施策に基づき各分野の開発状況と成果の一端を以下に紹介する。

### 高効率コンバインドサイクルの開発・実用化

1,300°C級コンバインドサイクルについては、すでに実用化が完了し、実機を建設中である。蒸気タービン

への高低圧一体ロータの適用、最終段の長翼化により、先行機に比べきわめてコンパクトなパワートレインの構成となっている。

また、1,500°C級ガスタービンについては、現在GE社が開発を進め

ているが、2000年には実用化できる見通しである。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、きわめて斬新な技術が適用されているが、当社もこれらの新技術を補完する意

(注2) IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle) : ガス化複合発電

石炭、重油、石油コークス、石油残渣油などの燃料を高温・高圧炉に投入してガス化燃料として抽出し、ガスタービンと蒸気タービンとを組み合わせる複合(コンバインドサイクル)発電方式。

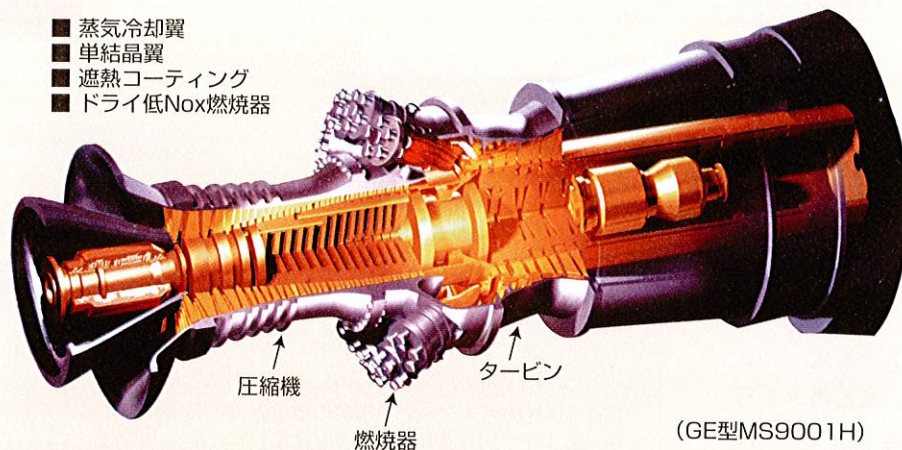
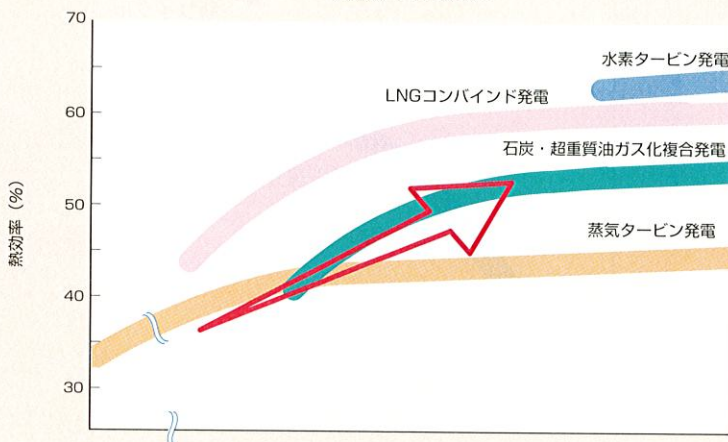


図6. 1,500℃級ガスタービンの構造 次世代型ガスタービンは環境対策技術、高温化技術を取り入れた高効率機器である。  
1,500 °C-class gas turbine

### 熱効率の推移



### CO<sub>2</sub>発生量の推移

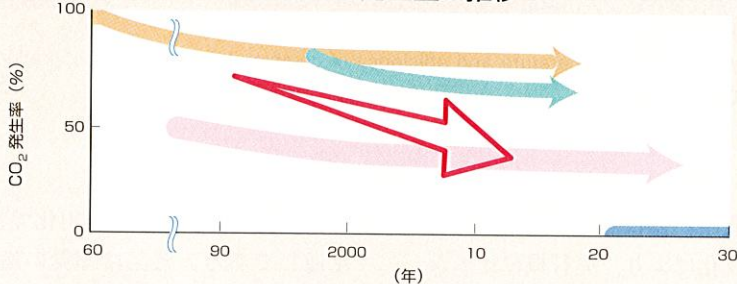


図7. 火力発電プラントの熱効率とCO<sub>2</sub>発生量の推移 各発電分野で高効率化を推進し、CO<sub>2</sub>発生量のゼロエミッション実現を目ざしている。  
Efficiency and CO<sub>2</sub> emissions in thermal power generation

味で、これらの要素開発を独自で実施している (図5, 図6)。

### 高効率大容量タービンの開発

大容量タービンでは、タンデム機で1,000MW、クロス機で1,050MWを実用化し、現在実機建設中である。また、タービン入口蒸気条件については、25MPa、600/610℃までは実用化が完了し実機建設中であるが、引き続き高温材料の開発を進め、30MPa、650℃級のプラントの実用化を目ざしている。

### 燃料多様化技術の確立

IGCCプラントはガス化段階でSO<sub>x</sub>を除去し、低NO<sub>x</sub>型燃焼器を採用することにより、環境への影響の少ない発電が可能となる。また、従来の石炭火力発電に比べ、10%以上の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。

残渣油を使用したIGCCは、すでに実用化し、実機を建設中である。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も実用化に向けた地道な努力を続けている(図7)。

#### ■ 経済的プラントの実現

100 MW級 (SX-100)、300MW級 (SX-300)、600MW級 (SX-600) など、コンパクトな標準機の適用と、プラント建設の合理化、単胴型脱気器など補機のコンパクト化、また品質、納期を維持した海外調達の実現などにより、経済的プラントの実現を目指している。

#### ■ 経年火力の保守技術とリパワリング技術の確立

運転時間10万時間を超える経年火力が全発電設備の 3/4を占めており、これら経年機の長寿命化対策と積極的な機能改善が求められている。

当社は、トータルメンテナンスコスト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が、これは発電所ライフの適切な時期に計画的な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行うことが可能である。また、ガスタービンの

メンテナンス体制の充実のためGE社と共同でメンテナンスショップを設立し、保守サービスで成果をあげている。さらに、ユーザーへのきめ細やかなサービスを提供するため、全国の支社店に専任の技術者を配置し、要望にこたえている。

#### ■ アドバンスド監視制御システムの開発

アドバンスド監視制御システムとして、97年に情報制御システムGSXP™シリーズを発表し、その中核をなす監視制御計算機システムと制御システムの開発を完了している。また、21世紀の監視制御システム技術である最適化アドバンスド制御技術とプロセス情報ナビゲーション技術が確立している。

21世紀のアドバンスドシステム技術では、監視制御システムに対するニーズを監視、制御、操作、対話、判断の五つの機能に分類・整理し、それぞれを実現するための技術を有機的に結合しながら開発するシステムアプローチを採用している。

#### ■ 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糸膜フィルタを実用化し、成果を上げている。すでに1,000MW級の実機に適用することが決定している。また、海生物処理については、むらさき貝の微生物処理に取り組み、実用化の見通しを得ている。

#### ■ 21世紀に向けて

以上の各種技術開発を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、環境に優しくエネルギーを使用する時代が開けてくると考える。今後とも、優れた火力発電機器の実現に邁(まい)進する所存である。



大地 昭生

Akio Ohji

エネルギー事業本部 首席技監  
Energy Systems Group