

次世代発電システムの開発と実用化

Development of Next-Generation Power Systems

佐々木 雅国
M. Sasaki

福田 雅文
M. Fukuda

小林 良雄
Y. Kobayashi

特集 II

21世紀を迎えようとしている現在、エネルギーをめぐる社会的な変化が生じようとしている。良質な化石燃料の枯渇、環境問題がその最大の課題である。当社ではこの問題解決のために、ガス化コンバインドサイクル、水素エネルギー発電システム、メタノール発電システム、超電導発電機の研究開発に取り組んでいる。

2001年には、当社が建設に携わっている、世界最大級でわが国初の残渣(さ)油ガス化コンバインドサイクルが運転開始の予定である。

As the 21st century approaches, we are facing various social changes related to energy. Fossil fuel depletion and environmental pollution are major problems.

Toshiba is developing the gasification combined cycle, hydrogen energy power system, methanol energy power system, and superconductive generator to solve these problems. Among these activities we are participating in the world's largest residual oil gasification combined-cycle project, which will be commissioned in 2001.

1 まえがき

化石燃料の使用による環境問題と、良質な化石燃料の枯渇の問題に対応するために、当社はクリーンで高効率な発電技術の開発を鋭意進めている。その概要を図1に示す。

水素エネルギー発電システムは、クリーンな代替エネルギーである水素を利用した、有害な物質を排出しないゼロエミッション発電技術であり、二酸化炭素(CO₂)などのガスを排出しない高効率な発電技術である。大容量高効率蒸気タービン発電は豊富な石炭資源を有効に活用する技術であり、よりいっそうの効率向上が期待されている。LNG(液化天然ガス)コンバインドサイクル発電は貴重な天然ガスを最大限有効に使うことができる発電方式であり、現状ではもっとも効率が良く50%以上の熱効率を達成できる。石炭ガス化コンバインドサイクルはLNGコンバインドサイ

クルで培われた技術に石炭のガス化技術を融合したもので、石炭をもっとも効率良く電気に変換し、結果としてCO₂の抑制に貢献できるものと期待されている。また、ゼロエミッション水素エネルギー発電の一環として、メタノールを利用したメタノール発電技術が検討されている。

以下、21世紀において大きな発展が期待されているガス化コンバインドサイクル発電、水素エネルギー発電、メタノール発電のシステム技術につき述べるとともに、高効率かつ送電システムの安定化に寄与する超電導発電機について述べる。

2 電気を作る技術

2.1 ガス化コンバインドサイクル(IGCC)

IGCCは石炭、残渣油などの低質燃料からクリーンなガス燃料を作り、これをコンバインドサイクルのガスタービンで燃焼する、環境性に優れ高効率な発電システムである。

図2にIGCCの構成例を示す。発電を行うコンバインドサイクル、石炭や残渣油から粗ガスを生成するガス化炉、粗ガスをクリーンにするガス精製、ガス化に使用する酸素を作る空気分離の4ブロックから構成されている。コンバインドサイクルに1,300℃級ガスタービンを採用することにより、プラントの送電端熱効率(高位発熱量ベース)で43~44%を実現しようとしている。将来的には1,500℃級ガスタービンを用いることにより48%程度の熱効率を達成できると考えられている。その結果、これまでの石炭火力プラントと比較し、約20%のCO₂削減が期待できる。

当社は、1980年代に米国で実施された、IGCCの実証プ

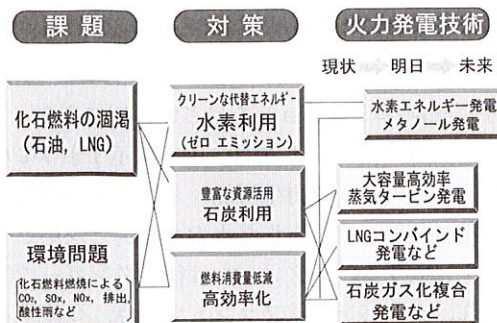


図1. 電気を作る 蒸気タービンやコンバインドサイクルに加え、水素エネルギー発電や石炭ガス化複合発電が今後重要になる。

Issues related to electricity generation

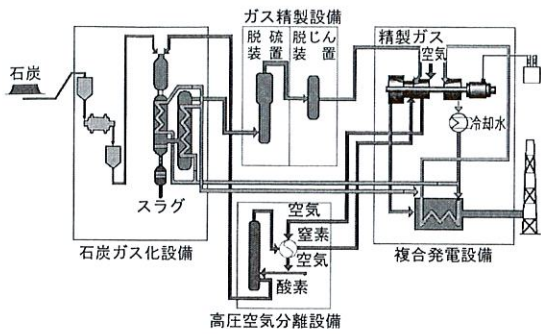


図2. IGCC システム コンバインドサイクル、ガス化炉、ガス精製装置、空気分離装置などから構成される。
IGCC system

プロジェクトであるクールウォータープログラムに参加するとともに、通商産業省工業技術院のニューサンシャイン計画の一環として新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) が福島県の勿来(なこそ)で実施した 200 t/日のパイロットプラントに積極的に参加し、実機プラント実現に向けて技術開発を推進してきた。

96年、当社は、IGCCに関する豊富な経験をもつGE社と技術提携し、最新のコンバインドサイクルブロックを、多様なガス化炉に対応し供給できる体制を構築した。そして、現在世界最大級のIGCCであるゼネラル石油(株)川崎工場の残渣油ガス化発電プラントの建設に取り組んでいる。このプラントは、石油精製の最終処理段階で生ずる超低質の残渣油を燃料とするものである。ガス化としては実績が豊富なテキサコ炉を採用し、9EC型ガスタービンを核とするコンバインドサイクルで発電する。プラント出力は約650 MWで、2001年に営業運転開始の予定である。

2.2 水素エネルギー発電システム

水素エネルギー発電は、太陽、水力などの再生可能エネルギーから水素を製造し、タービン発電プラントで燃焼、発電するものである。水素と酸素の燃焼のため水あるいは水蒸気しか発生しない。したがって、CO₂、NO_x、SO_xが発生しないクリーンなゼロエミッションを実現する究極のエネルギー技術と言える。また、化石燃料をまったく用いていないので、エネルギー問題の解決にも貢献する。

図3は、グローバルな水素エネルギー利用の概念を示している。水素は、エネルギー供給地で再生可能エネルギーを用いて作られる。この水素をタンカーでエネルギー消費地へ輸送し、電力用、産業用、輸送用など各方面で利用する。水素エネルギー利用については、NEDO主導の国家プロジェクト WE-NET (World Energy NET Work) として水素の製造から輸送、貯蔵、利用まで広範囲な研究開発が進められている。当社は、主に水素エネルギー発電に関して参画し、積極的に取り組んでいる。

図4に、水素エネルギー発電システムを示す。このシス

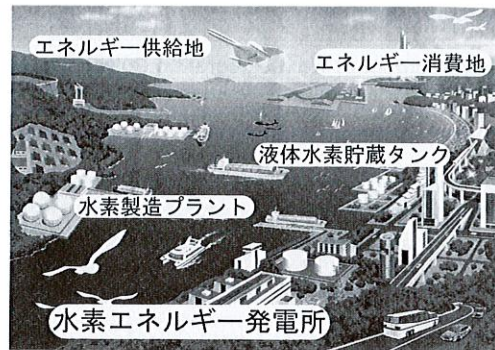


図3. 水素エネルギー利用の概念 再生可能エネルギーで作られた水素は消費地でクリーンに利用される。

Hydrogen energy system

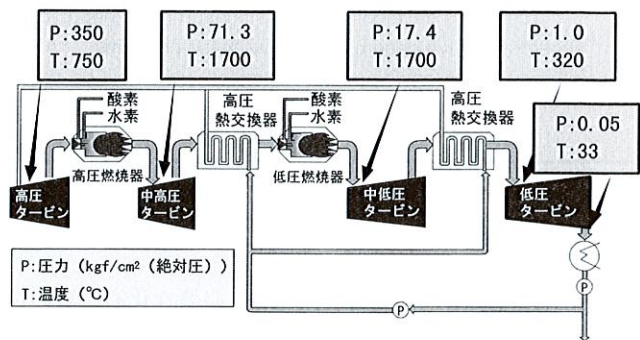


図4. 水素エネルギー発電 水素と酸素との燃焼により、水しか排出しない高効率でクリーンな発電である。

Hydrogen combustion turbine system

テムは、水素と酸素の燃焼で生成した水しか排出しない無公害発電システムであり、さらに1,700°Cクラスの高温タービンを適用することで、熱効率60%以上(高位発熱量ベース)の高効率発電を可能とするものである。

当社は、このようなシステムの実現に向け、高温タービン技術、超高温材料技術や高温熱交換器技術の開発を推進している。

2.3 メタノール発電システム

メタノール発電は、水素エネルギー発電と同様に太陽、水力などの再生可能エネルギーを一次エネルギー供給源としており、ゼロエミッションを旨とする技術である。

エネルギーシステムとしては、図5に示すように水力や太陽光発電電力のような再生可能エネルギーが豊富な地域で海水を電気分解し、得られた水素をCO₂と反応させてメタノールを合成する。メタノールは往路タンカーで消費地へと運ばれ、タービン発電プラントで燃焼、発電するものである。タービン発電プラントは図6のような構成となっており、水と液化CO₂だけを排出する。液化CO₂は図5に示すように復路タンカーでメタノール合成基地に運ばれメ

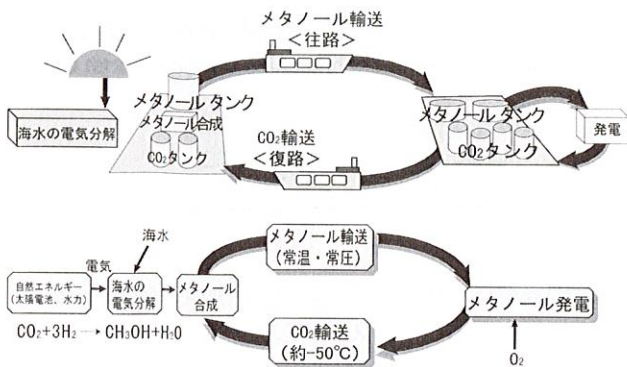


図5. メタノールエネルギーシステム 再生可能エネルギーをメタノールに変換し、利用するクリーンなシステムである。

Methanol energy system

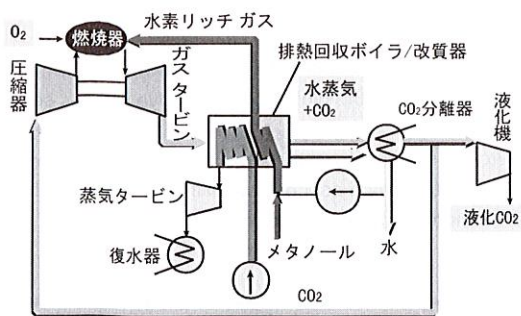


図6. メタノール発電 分離して排出されたCO₂は、全量が再度メタノールの合成に利用され、系外へ出ない。

Methanol power system

タノールの合成に使われる。このような構成により、エネルギーシステムからはCO₂が系外へ出ることがほとんどない。もちろんNO_x、SO_xもいっさい排出しない無公害発電システムである。

当社は、このようなシステムの実現に向け、高効率メタノール合成技術、メタノール燃焼タービン技術、CO₂分離技術の開発に鋭意取り組んでいる。

2.4 超電導発電機

超電導発電機は、発電機の界磁巻線にNbTiの超電導導体を用い大電流を流すことによって、現用機の数倍の高磁界を発生させ、エネルギー密度を高めた発電機である。発電機の損失を現用機の約1/2に減らすことができ、小型・軽量化ができるほか、電力システムの安定度向上に大きく寄与するなどの特長をもっている。特に超速応励磁型超電導発電機は、超電導発電機がもつ一般的な特長である同期リアクタンスを小さくできることはもちろんのこと、発電機端子電圧を制御する励磁制御能力が高いために、過渡時に送電できる電力が大きく、システムの安定性に大きく寄与することが期待されている。わが国では、ニューサンシャイン計画の一環として、NEDOの委託を受け、超電導発電関連機

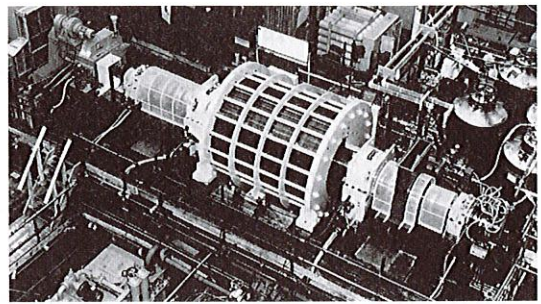


図7. 超電導発電機(ロータ部分モデル) 損失が約1/2に減少され、小型・軽量化ができるほか、電源システムの安定度向上に大きく寄与する。

Superconductive generator

器・材料技術研究組合(Super-GM)が7万kW級超電導発電機の開発を行っており、当社もこの計画に参画している。図7は開発中の超速応励磁型超電導発電機の部分モデルである。

21世紀に向け電力需要はさらに増大が予想され、電源の遠隔地・大容量化、偏在化が顕著になることが想定される。それに伴う送電システムの長距離化、複雑化や電力システムの安定度の問題など、さらには省資源・環境問題なども絡んだ省エネルギー化、高効率化といった多くの問題を克服していく必要がある。超電導発電機の実現はこれらの諸問題に一つの解を与えてくれるものと確信している。

3 あとがき

CO₂による地球温暖化の問題と化石エネルギー枯渇の問題は、単に技術的な面だけではなく、社会的な変革をも要求する重大な問題であると認識している。当社は、発電システムメーカーとして、ここに述べたような対応技術の開発を強力に推進してゆく所存である。今後、これらの技術が開花し、社会の持続的な発展に貢献することを強く期待するものである。



佐々木 雅國 Masakuni Sasaki

京浜事業所 タービンプラント機器部部長。
蒸気タービンの設計に従事。日本機械学会会員。
Keihin Product Operations



福田 雅文 Masafumi Fukuda

火力事業部 火力プラント技術部参事。
先進火力発電システムの開発に従事。日本機械学会、ガスタービン学会会員。
Thermal Power Plant Div.



小林 良雄 Yoshio Kobayashi

火力事業部 火力電機技術部グループ長。
火力発電用電気機器の開発に従事。電気学会会員。
Thermal Power Plant Div.