展 望 解 説

天然ガスの高質利用と コージェネレーション

Noble Use of Natural Gas and Cogeneration

1

はじめに

天然ガスは原産地が世界の広範囲に分散しており、排出ガス中に含まれる CO_2 、 NO_x が他燃料に比べて少なく、 SO_x 、^{ばいじん} 煤塵を発生させないクリーンなエネルギーとしてかねてより高い評価を得ている。近年の地球環境問題に対する世界的な取り組みの中で、質の高い一次エネルギーとしての天然ガスの価値はいつそうクローズアップされてきており、1997年12月に開催されたCOP3を受けての我が国の長期エネルギー政策の検討においても、重要なプレーヤに位置付けられるものと期待される。

天然ガスを取り巻く昨今のエネルギー業界においては、輸送・販売面の規制緩和や輸入パイプラインのインフラ構想といった活発な動きがあるが、これらは天然ガスの普及を拡大し、省エネ・環境保全および市場経済の観点からより高度な利用を促進していこうとする潮流に乗ったものであると言えよう。ユーザに直結した市場における天然ガスの高度利用形態の一つとして、利便性に優れた二次エネルギーである電力への変換を行うと同時に、一次エネルギーベースの高い総合効率を発揮できるトータルエネルギーシステムが挙げられる。東京ガス(株) (以下当社) ではこのような社会的ニーズにこたえるため、分散型の発電設備に排熱回収設備を組み合わせたコージェネレーションシステムの普及促進および技術開発に努めている。1998年3月末までの全国におけるコージェネレーションの導入実績は、4296 MW (2539件) に達しており、1000 MW 級の原子力発電所4基分に相当する容量となっている。

本稿では、天然ガス高度利用形態としてのコージェネレーションの意義、普及促進施策の近況および最近の技術動向について概要を紹介する。

岡本 洋三
Yozo OKAMOTO

◎1941年11月生まれ

1964年横浜国立大学機械工学科卒業、同年東京ガス(株)入社、技術研究所、地域冷暖房開発室、需要開発部、ACT 90 技術研究組合、東部事業本部副本部長などを経て、現在はエネルギー技術部長、名古屋大学客員教授、お茶の水女子大学非常勤講師、工学博士、技術士

◎正員、東京ガス(株) エネルギー技術部

(〒163-1059 東京都新宿区西新宿3-7-1、新宿パークタワー27階)

2 コージェネレーションによる天然ガス高度利用

現在普及している天然ガスコージェネレーションは、ガスエンジンまたはガスタービンに接続された発電機によって燃焼エネルギーを動力から電気エネルギーに変換し、その後流側で熱エネルギーを蒸気や温水として回収するシステムである。実用化されているシステムの発電効率は原動機の種類により25～40%（低位発熱量ベース、以下同じ）、また産業用プロセス、冷暖房、給湯などへの排熱利用効率は40～50%程度であり、70～80%の総合効率の達成が可能である。

天然ガス高度利用の観点からのコージェネレーションの

図1 省エネルギー性比較のためのエネルギーフロー（電力・冷熱利用のケース）

図2 コージェネレーションの発電効率・排熱利用効率と省エネルギー性（出典：日本コージェネレーションセンター）

特徴としては、① 省エネルギー性、② 経済性、③ 信頼性、④ 環境保全性、⑤ 電力負荷平準化効果といった項目が挙げられる。

まず省エネルギー性について、コージェネレーションシステムまたは従来システムが所定の電力需要と熱需要をまかなう場合の、エネルギー入力の比較による評価の一例を紹介する。電力・冷熱利用のケースのエネルギーフローが図1に示されており、図2は、コージェネレーションシステムと従来システムのエネルギー入力の比 A/B を、コージェネレーションの発電効率 ϵ_1 および排熱利用効率 q_1 をパラメータとしてまとめたものである。例えばコージェネレーションの発電効率が30%、排熱利用効率が40%である場合、従来システムと比較して約2割の省エネルギーが可能であることがわかるが、これらの図から明らかなように、省エネルギー性の更なる改善のためには、発電効率と排熱利用効率の向上が必要条件であり、今後のシステム開発へ向けての課題でもある。

3 普及環境整備と新規事業

つぎに、コージェネレーションを適用するシステムの経済性、信頼性、環境保全性、電力負荷平準化効果について、近年の普及促進施策により新たに認められた新規事業に関連付けながら述べてみたい。

1995年に31年ぶりに改正された電気事業法により、従来自然独占が成立すると認識されていた電気事業に抜本的な競争原理が導入されることとなった。この改正によって特定の供給地点（複数建物）における需要に応じてユーザに直接売電を行う「特定電気事業」が創設され、再開発地域等の分散型電源として地域冷暖房との組み合わせでコージェネレーションが普及していくものと期待されている。

特定電気事業の施設計画時に、信頼性、経済性、環境保全性を確保するために考慮すべき設備の要件ならびに対応方法を表1にまとめているが、これらはとりも直さずコージェネレーションの採用によって実現できる付加価値と言える。なお、表中の熱電比可変型発電設備とは、発生する電力と熱の比率を負荷パターンに応じて変更することができ、例えば夏期のピーク時間帯に電力側の出力割合を高くすることによってピークカット運転を行い、商用電力の負荷率平準化に寄与するものである。

ここで、最近当社で行った特定電気事業の市場性に関する試算を紹介する。本試算においては、業務用、商業用、ホテル、ホール等の複合用途向けの5棟の建物（延床面積50万 m^2 ）が所在する地区に、図3に示すプラントにより

エネルギーを供給するモデルを想定している。6 MW のガスタービン 5 基から供給される電力需要は、熱供給プラント分を含んでピーク時に 29 MW、年間では 98 GWh と見込んでいる。熱供給システムは、ガスタービンの排熱と都市ガスボイラから発生する 0.8 MPa の蒸気系統およびこれによって駆動される 52.7 MW (15 000 RT) の吸収冷凍機から構成される。

試算によれば、設備投資額を 5 年間で回収する条件では本事業の発電単価が 17 円/kWh となり、業務用電力 (22 kV) の単価と比較して約 20% の低減効果がある。また、個別の冷暖房方式との比較において、省エネルギー性では約 7%、環境保全性については NO_x 削減率で約 45%、CO₂ 削減率で約 17% の優位性があるとの結果も得られている。すなわち、一定規模以上の電力需要・熱需要があり、コージェネレーションの排熱が有効利用できる地域冷暖房が併設されるという条件を満たす特定電気事業は、経済性のみならず環境保全性・省エネルギー性も備えており、当

社では引き続き積極的な普及活動に取り組んでいく。

加えて、前述の電気事業法改正で認められた卸供給事業に基づく独立発電事業者 (IPP) 入札制度の導入、1997 年に施行された「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」(新エネ法) による補助金制度の創設等、コージェネレーションの普及に更なる追風となる施策が進展してきていることも言い添えておきたい。

4 コージェネレーションの付加価値を高める技術開発

産業用・民生用需要における天然ガスの高度利用を促進していくためには、コージェネレーションを技術的に更に改良・発展させていく必要がある。これには、原動機の高効率化、冷却技術の高度化、サイクル改善、また排熱利用技術の開発といった課題を含んでいる。近年当社が開発および普及拡大に取り組んでいる主な関連技術を以下に紹介する。

4-1 ガスエンジン

まず、ガスエンジンの高効率化、冷却の高度化技術として、希薄燃焼ガスエンジンおよび高温沸騰冷却式ガスエンジンが挙げられる。前者は、従来の理論混合比による燃焼を 1.5~2.0 倍程度の希薄燃焼に変更することによってノッキングを回避しながらサイクルの圧縮比を上げ、民生用分野で需要が多い 300~500 kW クラスにおいて 34~37% 程度の発電効率を達成する燃焼技術である。同時に NO_x 排出量も 150~200 ppm (O₂=0% 換算) 程度まで低減することが可能である。後者については、従来 80~90℃ の温水または低圧蒸気の回収しかできなかったエンジンジャケットから 0.3 MPa (143℃) の蒸気を回収できる高温沸騰冷却型のエンジンを、他ガス会社・メーカーと共同で開発しており、近々商品化の予定である。

これらは、燃焼・冷却技術の高度化による高効率化・高質の排熱回収というニーズに対して実用化レベルに達している技術であるが、同様な観点から究極の高性能を追求した好例として、現在国プロとして進められているセラミックガスエンジンの開発が挙げられる。

本エンジンは、ピストンヘッド、シリンダライナ、吸排気バルブ、ポートライナ等の主要部品にセラミック材を適用し、エンジンを遮熱・無冷却化している。また、点火プラグを用いない高圧縮比のディーゼル燃焼方式が採用されており、シリンダ頂部に設けた副燃焼室内に形成された混合気の自己着火を主燃焼室に均一に伝ばさせて希薄燃焼を

表 1 特定電気事業の設備要件

	要 件	対応方法
信 頼 性	☐ 定期検査・故障時等においても電力需要に応じた電力供給 ☐ 季節・昼夜間の電力負荷変動に応じた起動・停止および負荷変動運転	☐ 発電設備の台数分割・系列化 ☐ 一般電気事業者等からのバックアップ電源の活用 ☐ 制御・監視設備等の二重化
経 済 性	☐ 発電効率が高く、排熱を有効利用 ☐ 電力供給設備の合理化	☐ 熱電比可変型発電設備 ☐ 高圧 6.6 kV・2 回線供給 ☐ 常用防災兼用発電設備
環 境 適 合 性	☐ 環境規制値の遵守 ☐ 省エネルギーによる CO ₂ 排出削減	☐ 都市部においては都市ガスを使用し NO _x ・SO _x ・煤塵の排出抑制 ☐ 熱電比可変型発電設備

図 3 特定電気事業モデルのエネルギー供給システム

図 4 セラミックガスエンジン燃焼部の構造

図 5 ターボコンパウンドシステムの構成

完結する構造上の工夫が検討されている（図4）。

遮熱・無冷却化の産物である高温の排気エネルギーは、タービン駆動のジェネレータで電力として回収され、エンジン側の発電出力と合わせて46%の発電効率（目標値）という画期的なターボコンパウンド方式となっている（図5）。さらにその後段から残りの排気エネルギーを全量蒸気として回収するシステムが計画されている。商品化が実現すれば、熱需要が少ない事務所等の市場へのコージェネレーションの普及が期待される。

4-2 ガスタービン

ガスタービンについては、季節的・時間的に変化する電力・熱のデマンドに対応できる熱電比可変システムが注目されており、大型の事業用火力での採用が進んでいる「コンバインドサイクル」の他、コスト面から中小型のコージェネレーションに適した「蒸気噴射ガスタービン」、「再生サイクル」という方式がある。6 MW クラスで36~38%程度の発電効率と熱電比可変制御が可能な「蒸気噴射ガスタービン」のシステムフローを図6に示す。これは排熱ボイラからの過熱蒸気をガスタービンの燃焼室にもどすこと

図 6 蒸気噴射ガスタービンのシステムフロー

によって出力・効率を向上させるものである。燃焼室への蒸気還流量を調整することにより広範囲な熱電比の変更が可能となる。

4-3 排熱投入型吸収式冷凍機

排熱利用分野では、従来型の二重効用吸収式冷凍機に排熱温水を投入できる熱交換器を付加した新タイプの吸収式冷凍機（商品名：ジェネリンク）を採用した空調システムの普及が進んでいる。これによって冷房用に消費する天然ガス量を定格出力で約10%削減することができ、省スペースや配管工事・制御の簡素化も可能になる。今後のジェネリンクに関する技術開発は、入力となる排熱温水の高温化、温水から蒸気投入への変更等による高性能化を指向していく。

5 おわりに

コージェネレーションは我が国の長期エネルギー需給見通しの中で、「従来型エネルギーの新利用形態」の一つとして位置付けられており、国策に適合するものである。21世紀に向けて着実に増加していくであろう天然ガスの一次エネルギーシェアと共に、天然ガスコージェネレーションの普及が拡大していくことを切に期待したい。

（原稿受付 1998年5月20日）

●参考文献●

- (1) 柏木孝夫・岡本洋三・二階 勲, エネルギーシステムの法則, (1996), 産調出版.
- (2) (社)日本エネルギー学会, 天然ガスコージェネレーション計画・設計マニュアル'98, (1998), 日本工業出版.