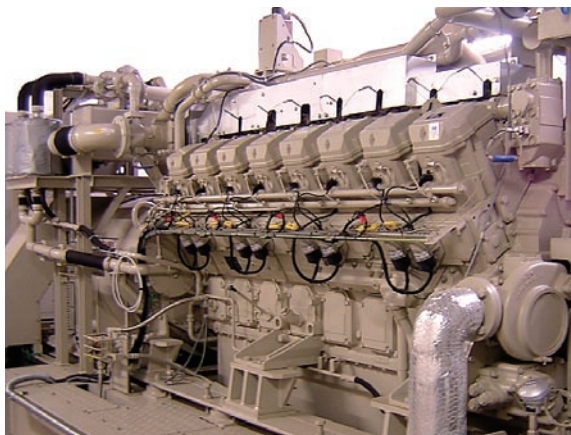


# 1 MW 級ガスエンジンの開発と コージェネシステムへの適用状況

## The Development of 1MW Grade Gas Engine and The Application Situation to the Co-generation System



嘉戸 貴志\*<sup>1</sup> 堀本 孝治\*<sup>2</sup> 逢坂 靖彦\*<sup>3</sup>  
Takashi Kado Koji Horimoto Yoshihiko Osaka  
小川 正毅\*<sup>4</sup> 野口 知宏\*<sup>4</sup> 成田 浩一\*<sup>5</sup>  
Masaki Ogawa Tomohiro Noguchi Hirokazu Narita

20 世紀末より、クリーンエネルギーと呼ばれる天然ガスを燃料とするガスエンジンは、地球温暖化の原因となる二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>)、酸性雨の原因となる硫酸化物 (SO<sub>x</sub>) や環境の問題となる窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) の排出が少なく、地球環境問題に対して優れた発電システムとして注目され、需要が伸びてきた。そのような背景の中、当社は地球環境にやさしい高効率 1 MW 級 (280 ~ 1 000 kW) ガスエンジンの開発を行いつつ市場に投入してきている。

### 1. ガスエンジンの高効率化

#### 1. 1 ガスエンジンの特徴

ガスエンジンの燃料としては、主に天然ガスや都市ガス (13A) が用いられる。主成分であるメタン (CH<sub>4</sub>) は、炭素原子 (C) に対する水素原子 (H) の比率が 4 倍であり、これらは石油系燃料が 2 倍であることに比較して高いことから、燃焼させると水 (H<sub>2</sub>O) になる割合が高く、地球温暖化の原因となる二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) の生成量が少ないのが特徴である。また燃料中に硫黄分が含まれないので酸性雨の原因となる硫酸化物 (SO<sub>x</sub>) の排出が無いこと、健康に悪影響を与える粒子物質 (PM: Particulate Matter) の発生が無いこと、人体に有害な窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) の排出を少なく抑えられることも特徴である。

#### 1. 2 当社ガスエンジンの効率向上の歴史

当社はまず 1993 年に最初の超希薄燃焼方式を採用したガスエンジンを市場に投入した。そのころの発電端効率は 34.3 % ~ 35.5 % であった。その後 2000 年に大阪ガス (株) との共同開発で副室希薄燃焼方式にミラーサイクルを適用したガスエンジン (GSR ミラー) を市場に投入した。そのミラーサイクルガスエンジンは当時そのクラス (280 kW, 560 kW, 740 kW) で発電端において世界最高効率の 40 % を達成した。2002 年にはそのミラーサイクルガスエンジンを高効率、高出力化したアドバンストミラーサイクルガスエンジン (GSR アドバンストミラー, 305 kW, 610 kW,

815 kW) を開発し、当時の世界最高の発電端効率 40.4 % (305 kW) ~ 40.8 % (610 kW, 815 kW) を達成した。その後改良を重ね、今では 815 kW で 41.4 % の発電効率を達成している。当社はその後も大阪ガス (株) との共同開発を続け中型クラス of ガスエンジンとして、世界最高の発電端効率 41.5 % (380 kW) を達成した GS6R2 ミラーサイクルガスエンジンを 2005 年に市場投入した。さらに近々 41.7 % の発電端効率を有する 1 000 kW のミラーサイクルガスエンジンの投入も予定している。図 1 に効率向上の推移を示す。これらは 60 Hz 地区での製品群について述べているが、50 Hz 地区でも同様に以下のように開発を重

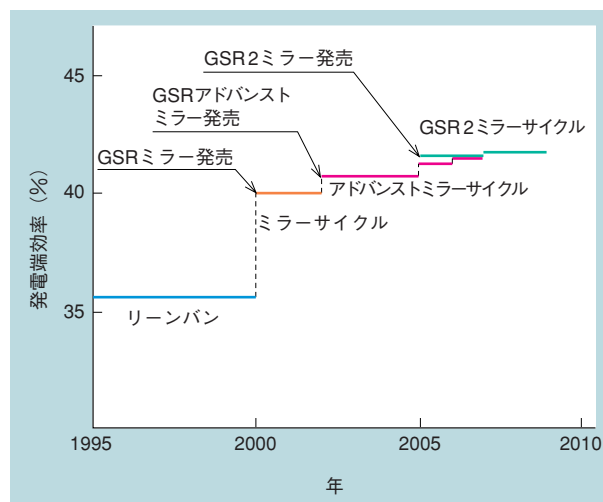


図 1 当社ガスエンジン効率向上の推移

\*<sup>1</sup> 汎用機・特車事業本部エンジン技術部次長

\*<sup>2</sup> 汎用機・特車事業本部エンジン技術部プラント技術課主席

\*<sup>3</sup> 汎用機・特車事業本部エンジン技術部プラント技術課

\*<sup>4</sup> 汎用機・特車事業本部エンジン技術部大型エンジン設計課

\*<sup>5</sup> MHI さがみハイテック株式会社設計部

ね市場に投入してきている。

- GSR ミラー：発電端効率 39 % (320 kW, 635 kW, 845 kW), 2002 年。
- GSR ミラー：発電端効率 40 % (635 kW, 845 kW), 2006 年。
- 高出力化 GSR ミラー：発電端効率 40 % (700 kW, 930 kW), 2006 年。
- GS6R2 ミラーサイクルガスエンジン：発電端効率 41.6 % (315 kW), 2007 年

この GSR ミラー, GSR アドバンストミラー及び高出力化 GSR ミラーは合わせて既に全国で 220 台以上の納入実績を上げ, ユーザーより好評をいただいている。

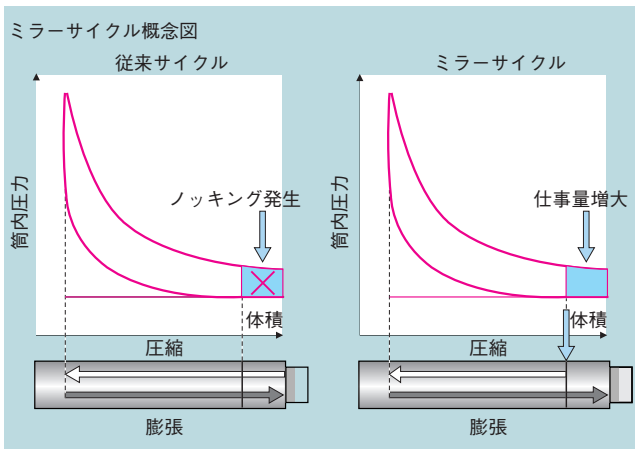


図2 ミラーサイクル概念図  
圧縮比を抑えることでノッキングを抑え, 膨張比を大きくすることでサイクル効率を向上させる技術。

## 2. ガスエンジンコージェネレーションシステム

コージェネレーションとは天然ガスなどの一つのエネルギー源から, 電気や温水, 蒸気など複数のエネルギーを発生させることで, エネルギーを有効活用するシステムである。このため, エネルギー効率が高くなり, 結果的に CO<sub>2</sub> に代表される温室効果ガスの排出抑制につながると同時にエネルギー費用の削減といった経済効果も期待できるシステムである。

### 2.1 システム構成

エンジン周りのコージェネレーションシステムの構成機器としてはエンジン, 発電機, ポンプ, 熱交換器, 消音器, ボイラ, ガスコンプレッサ等があり, それらの組み合わせにより種々のバリエーションが考えられる。そのため基本システムをベースに標準化することによって客先仕様への迅速な対応を可能とする商品化を行った。ガスエンジンを核としたコージェネレーションシステムは大別して温水回収仕様と温水+蒸気回収仕様の2通りに代表される。両者はエンジンの排

ガスの熱を温水として回収するか, 蒸気として回収するかによって区別される。そのため, まずエンジン, 発電機, 始動用蓄電池, 潤滑油槽, 制御盤, ガス弁機器類, ガスコンプレッサ等両者に共通の部分はひとまとめにして発電装置部としてパッケージ化した。そして共通化できない部分を補機ユニットと称して熱回収機器類を搭載して温水回収仕様, 温水+蒸気回収仕様の対応が可能な商品化を行ってきた。パッケージの設計においては, メンテナンス性を考慮し, かつコンパクトな配置を実現している。また, 発電装置部と補機ユニット部の構成でコージェネレーションパッケージを構成することによって現地据付時にそれらの接続のみを実施するだけでよくなり, 現地工事工程短縮も図ることができている。

### 2.2 温水+蒸気回収システム

温水+蒸気回収仕様の系統図を図3に示す。補機ユニット上に排ガス蒸気ボイラを配置し, エンジンの排ガスの熱を蒸気として回収し, エンジン冷却水系熱を熱交換器を介して温水として回収するシステム(総合効率としては73.2%~76.4%)である。温水回収側の設定温度については汎用性のある温度範囲に設定している(83~88℃, 吸収式冷凍機, ジェネリックなどにより要求される温度範囲)。図4にGS16Rアドバンストミラーサイクル815kWの蒸気+温水回収仕様の設置例を示す。

### 2.3 温水回収システム

温水回収仕様の系統図を図5に示す。エンジンの排

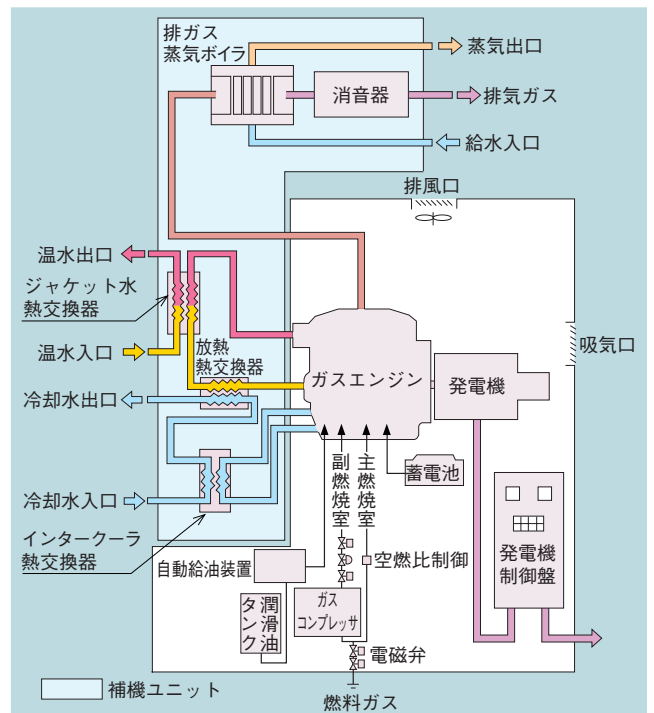


図3 温水+蒸気回収システム系統図



図4 稼動中のアドバンスミラー GS16R-815kW 蒸気+温水回収仕様



図6 稼動中のアドバンスミラー GS6R-305kW 温水回収仕様

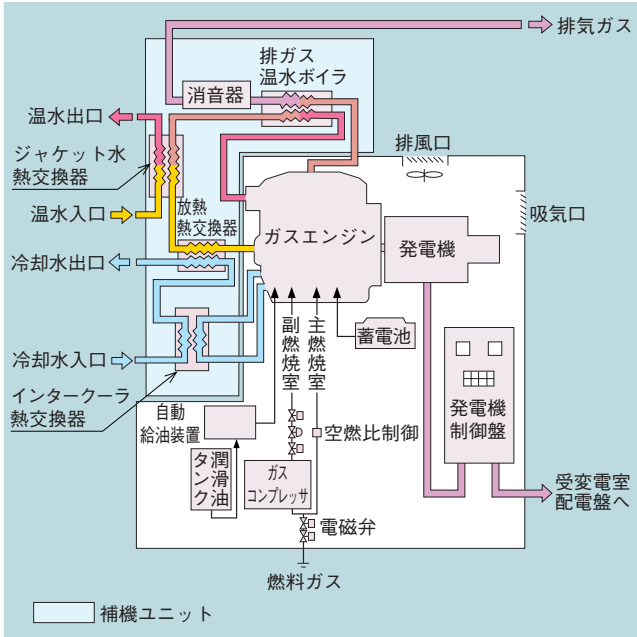


図5 温水回収システム系統図

ガスの熱を補機ユニット上に配置された排ガス温水ボイラにより温水として回収し、エンジン冷却水系熱と合わせて熱交換器を介して温水として回収するシステム（総合効率としては73.5%～77.6%）である。このシステムの場合も温水回収側の設定温度は温水+蒸気回収システムと同じに設定している。ただし、このシステムにおいてはオプション対応として83～90℃の高回収温度への対応も可能である。図6にGS6Rアドバンスミラーサイクル305kWの温水回収仕様の設置例を示す。

2.4 その他への適用例

排ガスを直接吸収式冷凍機等へ導いて熱回収を行うケースでは、補機ユニット上は放熱系の機器類等を配置し、排ガスを直接煙道を介して導入するシステムへの対応も可能となり、その仕様で数台の納入実績がある。

3. ま と め

GSRミラーサイクルガスエンジンコージェネレーションパッケージは、このクラスで最初に発電端効

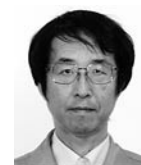
率40%を達成し注目を浴びてきたこと、ここに述べたエンジン機種ごとの標準化パッケージを設定することによって、納期短縮、低コスト化が図れ、その結果順調に受注を重ねてきた。今後はエネルギー価格の高騰とCO<sub>2</sub>排出削減要求に伴い、さまざまなコージェネレーションのニーズが予想され、いままで商品化を行ってきたバリエーションだけにとどまらず、客先ニーズを的確に捉えた商品化対応を行うことを検討している。また開発分野においても当社が培ってきた高効率化技術をさらに進化させ、地球温暖化防止に貢献するような商品を提供していきたいと考えている。

参 考 文 献

- (1) 福澤順博ほか、高効率ミラーサイクルガスエンジンの開発、三菱重工技報 Vol.38 No.4 (2001)
- (2) 角田明ほか、世界最高効率三菱リーンバーンガスエンジン、三菱重工技報 Vol.40 No.4 (2003)
- (3) 下田裕巳ほか、高効率でCO<sub>2</sub>排出低減したミラーサイクルガスエンジン発電、三菱重工技報 Vol.41 No.1 (2004)
- (4) 野口知宏ほか、更に進化した世界最高効率41.5%のガスエンジンコージェネレーション発電システム、三菱重工技報 Vol.42 No.3 (2005)



嘉戸貴志



堀本孝治



逢坂靖彦



小川正毅



野口知宏



成田浩一