

高効率でCO₂排出低減したミラーサイクルガスエンジン発電

High Efficiency Miller Cycle Gas Engine Generator with Clean and Low CO₂ Emission

下田 裕 巳*¹ 角 濱 義 隆*¹ 野 口 知 宏*²
遠 藤 浩 之*³ 田 中 健 吾*³



1. はじめに

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(CO₂)や酸性雨の原因となる硫黄酸化物(SO_x)、人体に有害な窒素酸化物(NO_x)の排出が少なく、近年地球環境問題に対する優れた発電システムとして注目されている。

このクリーンな排気ของガスエンジンに、発電出力1000 kW以下の中型クラスで世界で初めてリーンバーン(希薄燃焼)とミラーサイクルを適用することにより、世界最高レベルの発電効率40%を達成した。これにより当社従来機種比12%の燃料消費量削減及びCO₂排出低減が図れ、低CO₂排出であるディーゼルエンジン発電に比べてもCO₂の排出量は更に3/4になる(図1)。

発電出力1000 kW以上の大型クラスのMACH-30Gガスエンジンと異なり、この中型クラスでは出力の大きさよりも効率が重視されるため、ミラーサイクルを適用してクラストップの発電効率を目指した。また当初から大阪ガス(株)と共同開発することで、お客様の使用環境・ニーズに適合するよう検証を重ね、商品力を高めてきた。

2. 天然ガス燃料のガスエンジン

天然ガスはメタン(CH₄)を主成分とし水素(H)/炭素(C)比率が高いために、燃焼時に他の燃料より水(H₂O)になる割合が高く、地球温暖化の原因となる二酸化炭素(CO₂)の排出

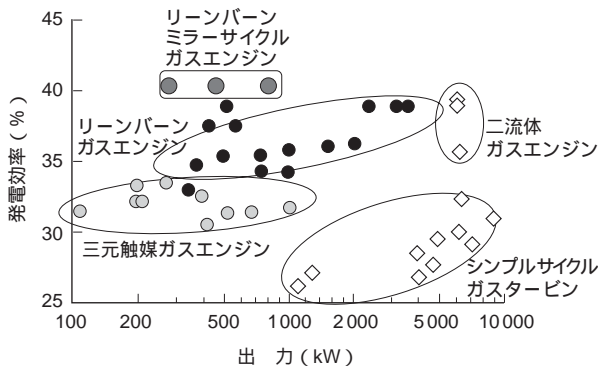


図1 ガスエンジン、ガスタービンの効率 ガスタービンなどに比べて効率が高いリーンバーンガスエンジンをミラーサイクル化することで発電効率40%達成。

を抑制することができる。さらに硫黄分を含まないので酸性雨の原因となる硫黄酸化物(SO_x)の発生がないこと、人体に有害な窒素酸化物(NO_x)の排出も少ないこと、健康を害する粒子状物質(Particulate Matter)の発生もほとんどないなど低公害な燃料として注目を集めている。

天然ガスを燃料とするガスエンジン発電は、排気がきれいなため、主に都市部の常用発電用途として、近年ディーゼル発電に代わって市場が拡大している。

3. エネルギー資源を有効活用するコージェネレーション

コージェネレーションは天然ガスなど一つのエネルギー源から、電気と温水や蒸気など複数の有効なエネルギー源を取り出すことで、エネルギーを無駄無く利用できる省エネルギー性に優れた方式である。

ガスエンジン発電では、従来からこのコージェネレーションシステムを取り入れ、温水や蒸気の需要が多いお客様向けが主体であった。今回の高効率ガスエンジンの登場で燃料費を少なくでき経済性が向上したため、発電主体のお客様にも最適となった。また高効率=低CO₂排出という特性をいかし、お客様のCO₂削減活動の強い味方となる(図2)。

4. ミラーサイクルガスエンジン

リーンバーンとミラーサイクルを適用することにより効率



図2 GS16Rミラーサイクルガスエンジン 汎特内第4発電所に設置され、工場に電力と蒸気・温水を供給するコージェネレーションシステムとしている。お客様の稼働状態での検証としても活用。

*¹ 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主席

*² 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

*³ 技術本部長崎研究所内燃機・油機研究推進室

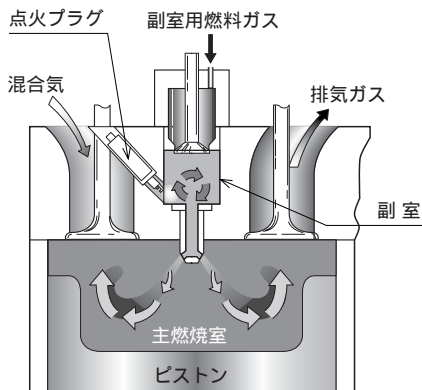


図3 副室式リーンバーンエンジンの構造 主室の薄い混合気を確実に燃焼させるため、副室で火種を作り、主室に燃焼ガスを吹き込む。三菱独自の副室弁方式と副室供給ガス圧電子制御を適用。

のよいディーゼルエンジンに匹敵する高効率を実現し、中型クラスのカスタムエンジンで世界トップの発電効率40%を達成した。

(1) リーンバーン（希薄燃焼）

燃料ガスに空気を過剰に混合した希薄混合気を燃焼させると、燃焼温度が下がり高温時に生成される窒素酸化物（NOx）の発生が少なくなる。また、理論的に燃焼ガスが空気の性状に近づくとエンジンの熱効率が向上する。

一方、希薄な混合気は安定燃焼が困難なため、副室を設け、完全燃焼する分だけ空気を燃料に混合した理論混合気を点火プラグで点火し、これを火種にして主室の薄い混合気を確実に燃焼させる。当社独自の副室弁方式と副室供給ガス圧電子制御の技術で、常に副室内を最適な理論混合比に保ち広い運転領域で失火を防止している(図3)。

(2) ミラーサイクルガスエンジン

ミラーサイクルで高効率になる理由

エンジンは高温高压の燃焼ガスを体積膨張させることにより運動エネルギーに変え、残りは排気エネルギーとして捨てる。このため高膨張ほど効率は上がるが、往復運動機関であるがため高压縮になる。ガスエンジンなどの予混合燃焼では、高压縮でノッキングと呼ばれる異常燃焼が発生し、エンジンに損傷を与える。従来エンジンではノッキングが発生しない程度に圧縮/膨張を設定するため、効率を高くできなかった。ミラーサイクルでは、吸気弁の開閉を操作して途中まで圧縮をしないことで高膨張させながら圧縮は適度に行うことができ、ノッキングなしで高膨張を実現し効率が向上する(図4)。

高効率ターボチャージャ開発

単にミラーサイクルを適用するだけでは、筒内に入る混合気量が減少し出力が低下する。このためターボチャージャ（排気タービン過給機）により過給することにより燃焼室に入る混合気量を増やし出力低下を防ぐ。ターボチャージャはエンジンが捨てる排気エネルギーを使って圧縮機を回し混合気を過給するが、ミラーサイクルによって排気エネルギーは従来サイクルより少なくなっ

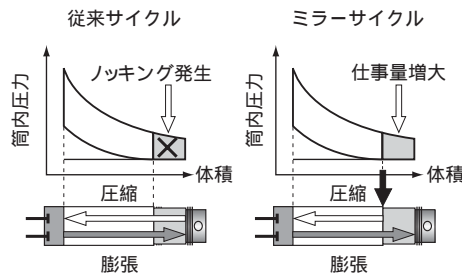


図4 ミラーサイクルの原理 圧縮行程に無効部分を設けることでノッキング発生を防止し、高膨張により燃焼エネルギーをより多く回収する。



図6 日本ガス協会技術大賞表彰状

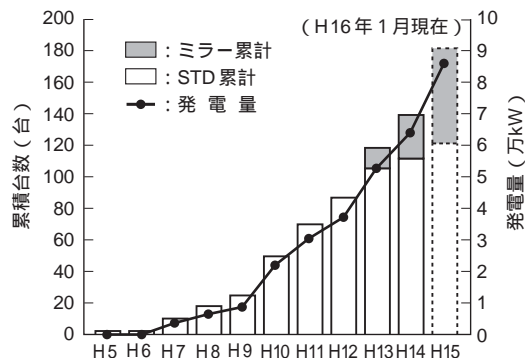


図5 ガスエンジン納入実績 ミラーサイクルガスエンジンは平成13年から発売を開始し、納入台数は順調に増えている。

ている。このため少ない排気エネルギーでも過給ができる高性能ターボチャージャの開発が必要であった。当社はターボチャージャの開発・生産も行っておりミラーサイクルガスエンジン用に高性能ターボチャージャを新規開発した。

全電子制御

クリーンな排気と優れた性能を長期間維持できるように、エンジン出力・回転数、点火時期、主室・副室空燃比制御など制御系はすべて電子制御化した。さらに信頼性・メンテナンス性の向上も図ることができた。

5. お客様の評価

現在三菱リーンバーン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280～845kWまでシリーズ化されている。ミラーサイクル仕様として平成13年から納入開始し、現在60台以上が全国で活躍している(図5)。また平成14年度日本ガス協会技術大賞を受賞するなど高い技術力に対しご好評をいただいている(図6)。

今後とも改良を加え高効率化と高信頼性を高め、お客様の地球温暖化防止活動と経済性向上に貢献していく所存である。



下田裕巳 角濱義隆 野口知宏 遠藤浩之 田中健吾