



次世代 MACH-30G ガスエンジンの開発

Development of Advanced MACH-30G Gas Engine

中野良治^{*1} 新井武^{*2} 高石龍夫^{*3}

1. はじめに

環境規制が厳しくなる中、これまでのエネルギー源の主流であった液体燃料に対し、CO₂の排出が少なく、NOx、ばいじん等の有害排出物の少ないガス燃料が注目されている。産業用途では、大形エンジンにおいてもガスを燃料とするガスエンジンがここ数年需要を伸ばしており、低NOx化と高効率化が同時に達成できる希薄燃焼ガスエンジンが高い評価を得ている。

このような背景の下、当社では、点火プラグを用いる従来のガスエンジンに代わって、電子制御コモンレール噴射装置を採用したパイロット着火方式のガスエンジンMACH-30Gを開発したが、更なる高効率化のニーズに対応してミラーサイクルを適用した次世代MACH-30Gガスエンジンの開発を行い、発電端効率45.5%を達成したので、その概要を以下に紹介する。

表1 MACH-30Gガスエンジン主要諸元

機種	MACH-30G	新MACH-30G
適用サイクル	従来サイクル	ミラーサイクル
発電端出力 (kW)	3650~5750	3650~5750
シリンダ径 / ストローク (mm)	300/380	300/380
回転数 (50Hz/60Hz) (rpm)	750/720	750/720
発電端効率 (補機動力は含まず) (%)	42.5 < 44.0 >	45.5
NOx (O ₂ =0%) (ppm)	100 < 200 >	270

(注) < >は従来サイクルの高効率バージョン

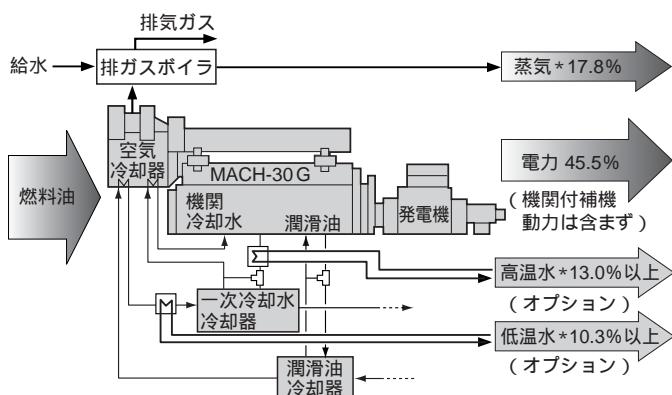


図1 MACH-30Gのヒートバランス 発電端効率45.5%，温水回収等を含めると総合効率80%以上を達成。

本機の主要諸元を表1に示す。低NOxバージョンと高効率バージョンを提供している。

また、ヒートバランスを図1に示す。効率の向上に加え、高/低温水回収を含めると80%以上の総合効率を達成する。

2. パイロット着火方式の特徴

図2にパイロット着火方式の特徴を従来の火花点火方式と比較して示す。パイロットインジェクタから噴射された液体燃料は、微量であるが点火プラグに比し約8000倍という強力な着火エネルギーを有するため、希薄混合気に対しても燃焼が安定し、低NOxを実現しつつ効率を向上させることができた。

3. ミラーサイクル方式の採用

ミラーサイクルには、吸気弁の早閉じと遅閉じがある。遅閉じの場合には、一旦燃焼室に充てんされた空気及び燃料ガスが給気ポートに吹き戻されるデメリットがある。早閉じは、給気期間が減少するというデメリットがあるが、高圧力比過給機を採用することで対処可能であり、MACH-30Gでは図3の模式図に示す早閉じを採用了。

給気弁を従来より早く閉じることにより、実圧縮比が低下することになるが、幾何学的圧縮比を高めることにより実圧縮比を従来レベルに確保している。つまりノッキングを抑制しながら膨張行程と圧縮行程の差分(仕事量)を大きく取る

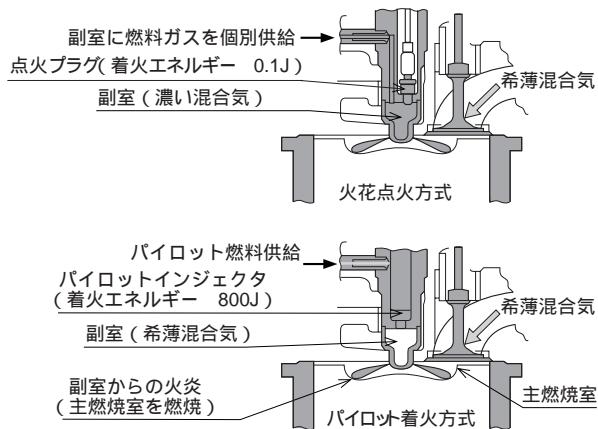


図2 パイロット着火方式と火花点火方式の比較 従来方式の火花点火に代わり、MACH-30Gは着火エネルギーが従来の8000倍になるパイロット着火方式を採用。

*1 横浜製作所原動機技術部ディーゼル設計課長

*2 横浜製作所原動機技術部ディーゼル設計課主席

*3 技術本部長崎研究所内燃機・油機研究推進室長

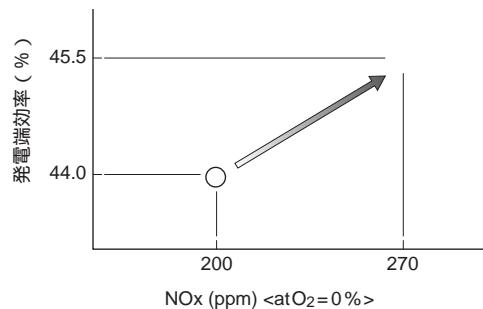
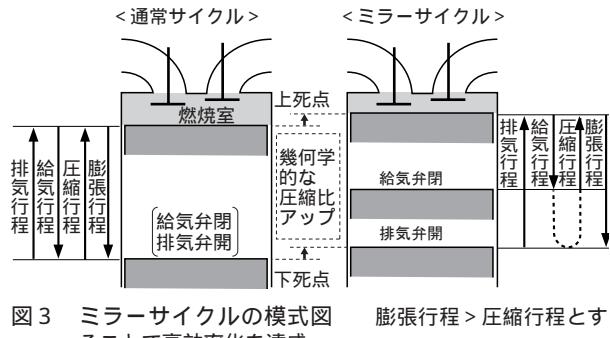


図4 世界最高レベルの高効率 ミラーサイクルを採用することで、世界最高レベルの高効率を達成。

ことができ、図4に示す世界最高レベルの高効率が可能となつた。

4. 燃焼コントロールシステムと信頼性

図5にMACH-30Gの電子燃料供給系と燃焼診断ユニットによる燃焼コントロールシステム（M-RICS：Mitsubishi Real time Intelligent Control System）を示す。M-RICSは、各シリンダに取り付けられた筒内圧力センサで直接センシングして得られた毎サイクルの燃焼圧力を高速で多段階に燃焼状態診断し、メインコントローラのDIASYSから各シリンダ個別にパイロット燃料・ガス燃料の各電磁弁を介して量とタイミングを自動調整することで燃焼を制御するシステムであり、以下の特徴を有する。

4.1 全シリンダ燃焼均一化による効率改善

M-RICSによってパイロット燃料及びガス燃料を自動調整し、各シリンダの燃焼を常時均一に制御することができるため、全シリンダとも最高効率点での運転が可能となり発電効率が向上した。

4.2 異常燃焼の回避制御

M-RICSは高速で直接筒内圧力をセンシングしているので、パイロット燃料量やガス量等を制御して異常燃焼を回避できる。さらに発電用エンジンとして重要な“不測の事態発生時でもエンジンを止めずに発電が継続可能”な自動シリンダカット機能を備えているので万一の突発事象に対しても余裕を持って対応ができる。

4.3 異常診断予防保全機能

MACH-30Gの遠隔監視システムではM-RICSの燃焼診断データを当社監視センターでモニタしているため、従来の温度・圧力による異常診断に比べ、はるかに正確で迅速な異常

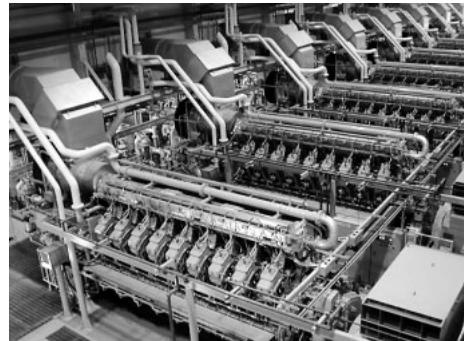
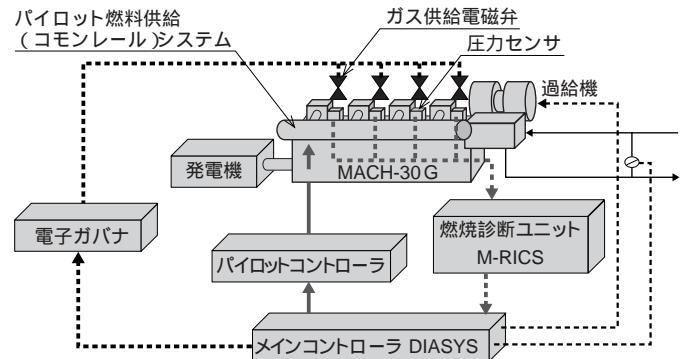


図6 MACH-30G 外観 国内某所プラントに設置された MACH-30G の外観。

診断が可能である。なお、今後更に予防保全機能を充実していく予定である。

5. まとめ

MACH-30Gは従来ガスエンジンと同等の低公害性を有しながらパイロット着火方式及びミラーサイクル方式による大幅な効率向上を行い発電端効率45.5%を達成した。

現在、最長約8000時間を経過した従来形MACH-30Gは、各プラントにて安定した運転実績を継続しており、お客様からも評価を頂いている（図6）。

今後、更なる効率改善のほか、多様なガス（バイオガスや廃棄物ガス等）に対応した発電プラントも予定しており、地球温暖化防止に寄与したいと考えている。

参考文献

- (1) 角田ほか, 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)
- (2) 小田ほか, 三菱重工における分散型電源 三菱重工技報 Vol.39 No.3 (2002)
- (3) 角田, 低公害・高効率ガスエンジンの開発 クリーンエネルギー (2003.8)



中野良治



新井武



高石龍夫