

温室効果ガス削減のための高効率 ガス機関の開発

Development of High Efficiency Gas Engine for Green House Gas Reduction

新井 武*1
Takeshi Arai

山本高之*2
Takayuki Yamamoto

安藤純之介*2
Junnosuke Ando

石田裕幸*3
Hiroyuki Ishida



炭鉱での石炭採掘時に発生する炭鉱メタンガスは、その大部分が未利用のまま大気放出され、地球温暖化の一因となっている。炭鉱メタンガスは低メタン濃度かつ濃度変動が大きいいため、これまで有効利用は困難であった。本技術開発では、マイクロパイロット着火技術を利用した希薄燃焼ガスエンジンをベースに、炭鉱メタンガスを燃料として高効率発電が可能なガスエンジンを開発し、温室効果ガス排出量の低減を図る。これまでに、試験装置を用いて炭鉱メタンガスの燃焼特性を把握したほか、炭鉱メタンガスに適したガス供給方式の検討を行った。

1. はじめに

全世界規模での地球温暖化防止が求められる中、炭鉱における石炭採掘時に発生するメタンガスの大気放出量低減とエネルギー源としての有効利用が注目されている。

現在、炭鉱メタンガスは全発生量のうち約90%が未利用のまま大気放出されている。メタンガスは温室効果が大きく、全世界の温室効果ガスとしての放出量はCO₂換算で年間約5億tに上る。これは日本全体のCO₂年間排出量の約40%近くにも上る。

メタンガスは本来クリーンなエネルギー源であるが、炭鉱メタンガスは低濃度かつ濃度変動が大きいいため、これまでボイラやガスタービン等の燃料として利用されていない。

そこで、本技術開発ではこれらの課題を解決するため、マイクロパイロット着火技術を利用した希薄燃焼ガスエンジン“MACH-30G”をベースとし、炭鉱メタンガスを燃料として利用できる高効率・高出力ガスエンジンの開発を行っている。

2. 炭鉱メタンガスの概要

炭鉱メタンガスの概要⁽¹⁾を図1に示す。炭層中に存在するメタンガスは通常90%程度の高濃度であるが、坑道内爆発事故防止の観点からポンプによって回収、もしくは空気で希釈されて大気放出されている。回収されたガスの濃度は炭鉱や回収方式により異なるが、現状の技術ではガス回収過程での空気混入などによ

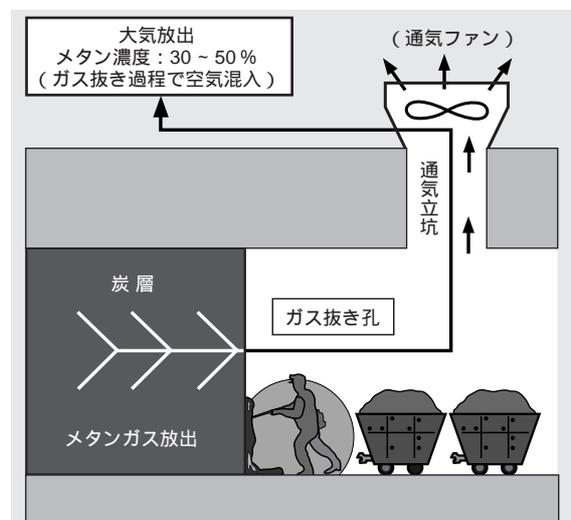


図1 炭鉱メタンガスの概要 ガス回収過程での空気混入により、ガス濃度は低く、大部分が大気放出されている。

り、メタン濃度は30~50%程度である。また、ガス中のメタン濃度の変動が大きいいため、エネルギー源としての安定的な利用は困難とされてきており、現在はごく一部で熱源等に利用されているにすぎない。

メタンガスは地球温暖化係数がCO₂の21倍と評価されるため、現在大気放出されている分を燃焼させるだけでも温室効果ガス排出量削減の有効な手段となる。さらに、これを燃料として発電に用いることができれば、他の化石燃料の消費量低減によりCO₂排出量を低減させることができる(図2)。このことから、近年世界的に炭鉱メタンガスを用いた発電が注目されている。

*1 横浜製作所原動機技術部ディーゼル設計課主席

*2 技術本部横浜研究所機械研究室

*3 技術本部長崎研究所内燃機・油機研究推進室

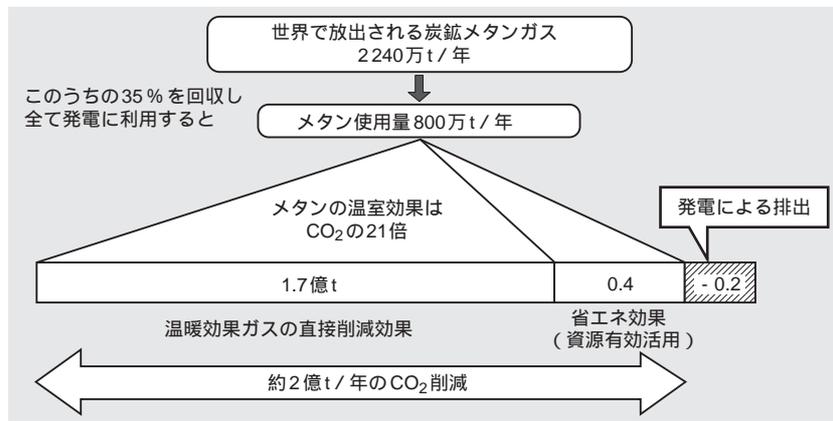


図2 炭鉱メタンガス発電による温暖化ガス放出量低減の効果 直接の低減だけでなく、他の化石燃料消費量低減による排出量低減も期待される。

3. 目標

従来の火花点火式ガスエンジンでは、炭鉱メタンガスを用いた場合の平均有効圧力は0.6 ~ 0.8 MPa程度であり、同程度の体格を持つディーゼルエンジンや都市ガスエンジンに比べて出力が低い。また、炭鉱メタンガス中のメタン濃度が低くなると着火が不安定となり、連続運転に課題があった。

本研究では、世界最高レベルの効率であるMACH-30G ガスエンジンをベースとして高出力・高効率かつガス濃度変動に対応した炭鉱メタンガスエンジンを開発することを目標としている。本論文ではその第一段階として、その要素技術開発のために小型のガスエンジン試験装置を用いた基礎燃焼試験及び実用性の検証試験を紹介する。小型試験装置での開発目標を表1に示す。

表1 性能目標値

出力	5000 kW級
発電端効率	38% 以上
メタン濃度変動	35 ~ 50 %

4. 技術課題と対策

4.1 着火方式

炭鉱メタンガス対応ガスエンジンの着火方式とし

て、MACH-30G ガスエンジンと同様のパイロット着火方式²⁾を採用した。

従来の火花点火式ガスエンジンでは、副室内に理論空燃比付近の混合気を供給するため、燃料ガスの濃度変動に伴って副室に供給する混合気の空燃比が変動し、着火が不安定となっていた。また、点火プラグの寿命を確保するために出力が制限されていた。

これに対し、副室内に少量の液体燃料を噴射して自己着火させるマイクロパイロット着火方式では、着火エネルギーが大きいため希薄混合気への安定着火が可能である。すなわち、理論空燃比付近の混合気供給が不要となるため、炭鉱メタンガスのように燃料ガス濃度が変動する場合でも安定した着火が可能となる。

パイロット着火方式と火花点火方式の比較を図3に示す。

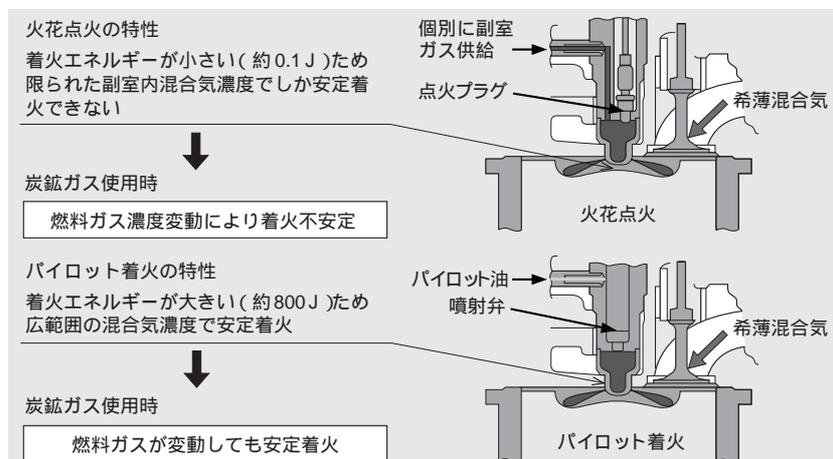


図3 着火方式の比較 パイロット着火方式の採用によりガス濃度変動に対応できる。

4.2 ガス供給方式

炭鉱メタンガスの発熱量は都市ガスの1/2 ~ 1/3程度であり、ガスエンジンで同程度の出力を得る場合には都市ガスの2 ~ 3倍のガス量を供給する必要がある。

MACH-30G ガスエンジンは各シリンダ直前でガス供給を行っているため、燃料ガスの供給圧力を給気圧力より高くする必要があり、流量の多い炭鉱メタンガスの場合は燃料ガスの昇圧に要する動力の増大に伴う効率低下の可能性がある。

他方、中小型ガスエンジンで多く採用されている過給機前での混合気形成の場合、燃料ガスの昇圧動力は不要となる。ただし、給気マニホールド内への逆火や、混合気の吹き抜けに対する配慮が必要である。

シリンダ前ガス供給と過給機前予混合方式の比較を図4に示す。今回の試験装置には後者を採用し、模擬ガス試験にてMACH-30Gへの適用可能性を検証する。

4.3 制御方式

MACH-30G ガスエンジンはM-RICS (Mitsubishi Real-time Intelligent Control System) と呼ばれる独自の燃焼制御技術を有している⁽³⁾。これは各シリンダの燃焼圧力データから燃焼状態をリアルタイムで診断し、異常燃焼を回避しながら高効率での運転を可能とするシステムである(図5)。

炭鉱メタンガスを燃料とした場合でも、このM-RICSを用いることにより、図6に示す通り燃料ガスの濃度変動に瞬時に対応でき、高効率かつ安定した運転が可能となる。

5. 基礎燃焼試験

5.1 試験装置

炭鉱メタンガスの基礎燃焼試験装置として、当社汎用機・特車事業本部で制作しているS6Rエンジンをパイロット着火式ガスエンジンに改造して試験装置を製作し、模擬ガスによる燃焼試験を行った。試験装置の諸元を表2に示す。

5.2 燃焼試験結果

主要試験結果を図7に示す。本試験の結果、マイクロパイロット着火技術の採用により炭鉱メタンガスでも都市ガスと同程度の高出力かつ高効率で安定的な運転ができる見通しが得られた。また、ガス濃度毎の最

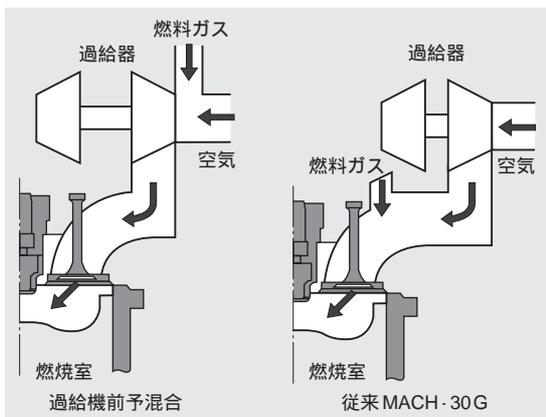


図4 ガス供給方式の比較 従来MACH-30Gに採用の方式と過給機前予混合方式の比較。

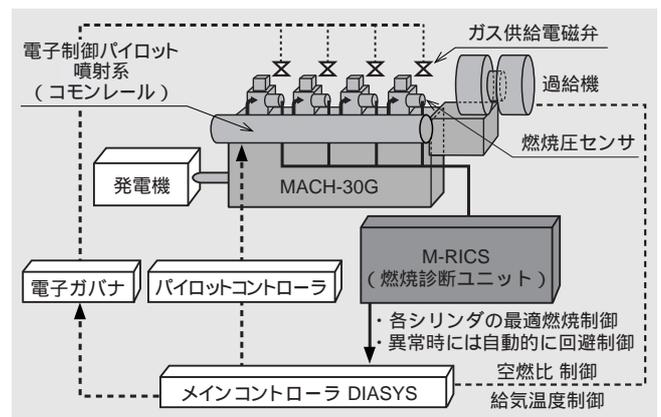


図5 M-RICSの概要 燃焼圧力検知により各筒を制御し、高効率と安定性を両立。

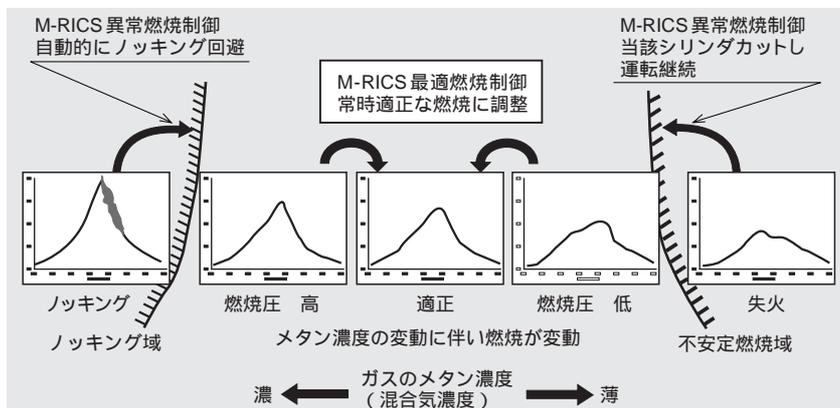


図6 M-RICSによる燃焼制御 M-RICSによりメタンガス濃度変動に対応した制御が可能。

表2 試験装置諸元

項目	諸元
定格出力	400 kW
回転数	1500 rpm
気筒数	6
Bore x Stroke	170 mm x 180 mm
圧縮比	10.0
燃焼方式	副室式
燃料	ガス、軽油

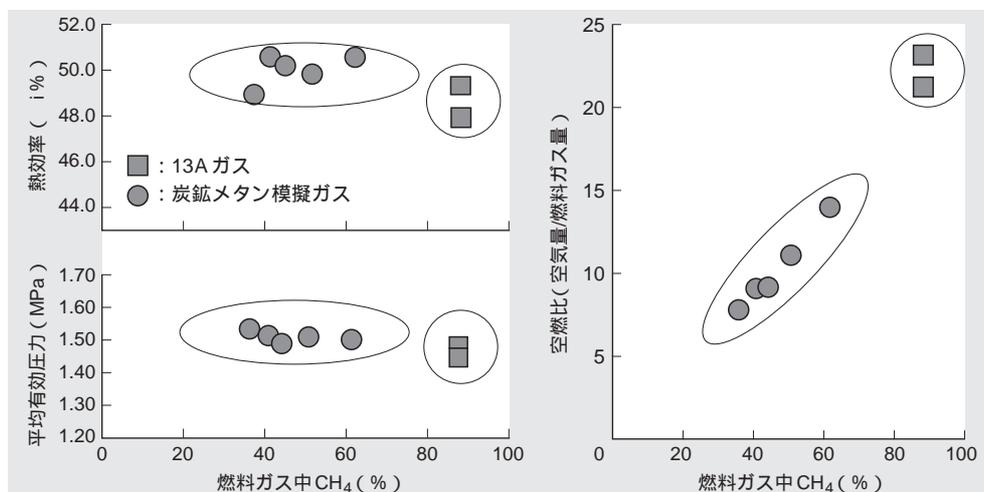


図7 基礎燃焼試験結果 燃料中メタン濃度と熱効率，出力，空燃比の比較を示す．炭鉱メタンガスでも空燃比の最適化により都市ガスと同等の燃焼性能となる見通しが得られた．

適空燃比を把握した．

6. 実機への展開

ここまでの検討及び燃焼試験の結果を踏まえ，炭鉱メタンガスを燃料とするMACH-30Gの商品化を推進中である．

現在，MACH-30G適用時の制御システムの検証を行うべく，模擬ガスにて検証を実施中である．

7. まとめ

温室効果ガス放出量の低減を目的とし，これまで大気放出されていた炭鉱メタンガスを燃料として高効率発電が可能なガスエンジンを開発中である．これまでの燃焼試験及び検討から，パイロット着火方式の採用により都市ガスと同程度の高効率で発電が可能となる見通しが得られた．

今後は更にシステムの検証を行い，炭鉱メタンガス対応MACH-30G機関の実用化を図る．

本研究は，(財)地球環境産業技術研究機構(RITE)の平成14年度“地球環境保全関係産業技術開発促進事業”，及び平成15，16年度“京都議定書目標達成産

業技術開発促進事業”の一環として行っているものであり，関係各位のご協力に対し深く感謝の意を表します．

参考文献

- (1) 平澤，中国における炭鉱メタンガス回収・利用モデル事業，動力 Vol.259 (2002) p.52
- (2) 中野良治ほか，高出力ガス機関KU30GAの開発，三菱重工技報 Vol.38 No.4 (2001) p.202
- (3) 中野良治ほか，次世代MACH-30Gガスエンジンの開発，三菱重工技報 Vol.41 No.1 (2004) p.22



新井 武



山本 高之



安藤 純之介



石田 裕幸