

OS0116 バイオガスを想定したガス組成変化が火花点火機関の燃焼に及ぼす影響 Effect of Components Variation of Simulated Bio-gas Fuels on the Combustion of a Spark-Ignition Engine

○ Ngoc Van NGUYEN (群馬大院) Lai CHEN (群馬大院) 椎名亮介 (群馬大院) 正 荒木幹也 (群馬大院)
中村壽雄 (群馬大院) 正 志賀聖一 (群馬大院) 小保方富夫 (群馬大院)

Ngoc Van NGUYEN, Gunma University, 1-5-1 Tenjin-cho, Kiryu, Gunma, Japan
Lai CHEN, Gunma University, Ryosuke SHIINA, Gunma University,
Mikiya ARAKI, Gunma University, Hisao NAKAMURA, Gunma University,
Seiichi SHIGA, Gunma University, Tomio OBOKATA, Gunma University

Key Words: Biogas Fuel, Spark-Ignition Engine, Carbon Dioxide Dilution, Lean burn

1. 緒言

廃棄物処理のひとつにガス化がある。ガス化によって生成されたバイオガスの主な成分としては、 H_2 , CO と CH_4 の可燃成分、および CO_2 , N_2 の不活性成分が含まれる。これらのガスを火花点火機関の燃料として用い、基本的なエンジン性能と排気特性を明らかにし、ガス組成変化がエンジンの燃焼に及ぼす影響を解析し、最適なガス組成を提案することを目指す。

前報^{(1),(2)}において、燃料ガスである H_2 , CO , CH_4 の三つのガス燃料のそれぞれについて、火花点火機関での基礎燃焼特性を調べた。希薄燃焼範囲は、 H_2 , CH_4 , CO の順で広く、 H_2 のみの燃焼においては高い当量比でバックファイアによりエンジンの運転が制限された。当量比が 1 に近いところでは、 CO の BMEP と熱効率が CH_4 よりも大きく低下した。また、それぞれの可燃成分について CO_2 による希釈の影響を調べ、 CH_4 と CO を CO_2 で希釈すると、どちらの燃料でも熱効率が変化せずに NO_x だけが低減する条件が存在することがわかった。さらに、 H_2 を燃料とした場合、 CO_2 による希釈は上限界の当量比を増大し、最大 BMEP の増加をはかれるのみならず、最大熱効率も増大させることを明らかにした。

次の階段として、本報においては、 CH_4 の一部を H_2 に置き換えた混合燃料の燃焼に対する CO_2 希釈の効果を詳細に検討することとする。

2. 実験装置および方法

2.1 実験装置

供試機関はボア×ストロークが $82 \times 64\text{mm}$ 、行程体積 338cc 、圧縮比が 8 の単気筒空冷汎用機関(ホンダ GX340)である。燃料にはバイオガスの主成分である H_2 , CO , CH_4 を可燃成分として、また、 CO_2 を希釈成分とした混合ガス燃料を用い、4 つの天然ガス用燃料噴射弁による機関に供給した。ガス噴射圧力は CH_4 , CO と CO_2 が 0.255MPa 、 H_2 については燃料噴射量が小さく、燃料噴射弁の噴射期間の下限を拡大する必要があったため、 0.105MPa とした。また、ガス噴射量は自作の電子制御装置(ECU)によって制御した。機関回転数は 1500rpm 一定とし、吸気絞り弁はすべての条件において全開(WOT)とした。シリンダー内圧力は、ピエゾ式圧力変換器(Kistler6125A)を用いて計測した。排気分析には排気分析装置(Horiba Mexa-4000FT)を用いた。

2.2 ガス組成

本報では、バイオガスの主成分である CH_4 の一部を H_2 に置き換えた混合燃料を CO_2 により希釈し、その影響を調査する。 CO_2 希釈の効果を明らかにすることで、実際のバイオガスに近い条件でのガス燃料燃焼の特性を解明する。混合気中のガス組成変化を表すのに、次式を用いた。燃料中に H_2 が占める割合を水素置換率(Hydrogen Substitution Ratio: H.S.R.)、燃料と希釈剤 CO_2 の合計の内に CO_2 が占める割合を CO_2 希釈

率(Fuel Dilution Ratio: F.D.R.)と定義した。バックファイアにより H.S.R.が制限され、また、運転が困難となることにより F.D.R.が制限された。

CH_4	H_2	CO_2	Air
--------	-------	--------	-----

Hydrogen Substitution Ratio

$$H.S.R. = \frac{H_{2,mole}}{CH_{4,mole} + H_{2,mole}}$$

Fuel Dilution Ratio

$$F.D.R. = \frac{CO_{2,mole}}{Fuel_{mole} + CO_{2,mole}}$$

3. 結果および考察

BMEP を示した図 1 において、図中の破線はそれぞれの Φ において投入熱量の相対的变化を示している。いずれの Φ においても、 CO_2 希釈率(F.D.R.)の増加による投入熱量の減少のため、BMEP は低下している。また、F.D.R.の低い領域では、BMEP の減少は投入熱量の減少と一致しているが、F.D.R.の増加による BMEP が徐々に下回り、F.D.R.の高い領域と $\Phi=0.4$, H.S.R.=25%では、投入熱量の減少よりも BMEP の減少の傾向が顕著になっている。

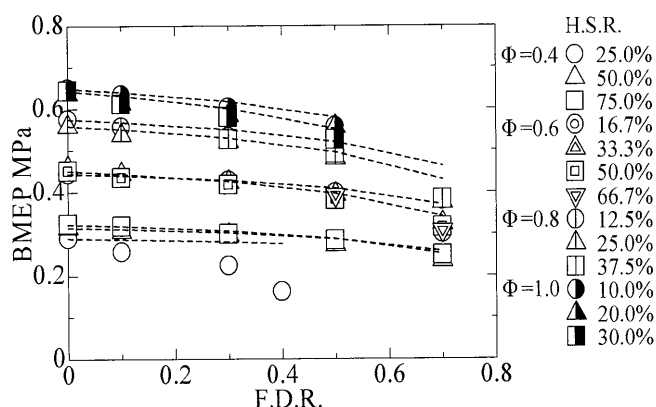


Fig.1 Effect of F.D.R. on BMEP

これは、まず、高い Φ で、F.D.R.の増加による投入熱量の減少より BMEP が徐々に下回るのは、主燃焼期間を示した図 2 において、高い Φ では、F.D.R.の増加による主燃焼期間の長期化のためであると考えられる。また、COV of IMEP を示した図 3 と排気中 THC を示した図 4 において、 $\Phi=0.4$, H.S.R.=25%と F.D.R.の高い領域では、COV と THC 排出量が極めて大きくなってしまい、パーシャルバーンが発生するため、投入熱量の減

少よりも BMEP の減少の傾向が顕著になっていると考えられる。これに対応して、正味熱効率を示した図 5 においても、 $\Phi=0.4$, H.S.R.=25%と F.D.R.の高い領域では、パーシャルバーンが発生するため、熱効率が急激に低下している。

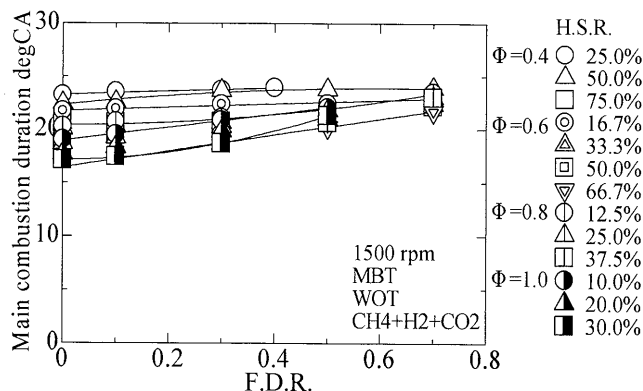


Fig.2 Effect of F.D.R. on Main combustion duration

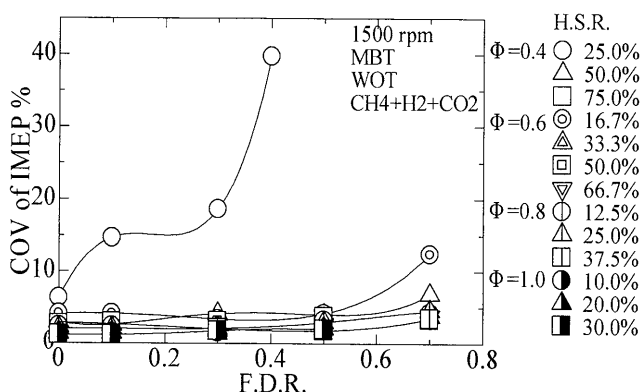


Fig.3 Effect of F.D.R. on COV of IMEP

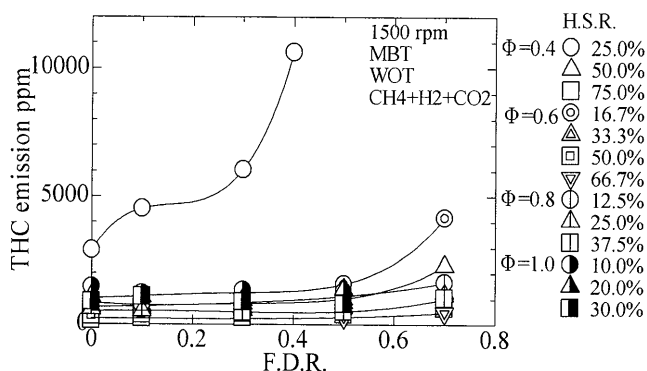


Fig.4 Effect of F.D.R. on THC emission

さらに、正味熱効率を示した図 5 において、 $\Phi=0.4$, H.S.R.=25%の条件(白い○)を除いて、F.D.R.=0%から 30%までの希釈では、熱効率がほぼ変化しない。これは、F.D.R.の増加(30%程度以下)による 燃焼速度低下の効果と燃焼速度が非常に高い H_2 による燃焼改善が相殺するためであると考えられる。したがって、熱効率の観点からは $\Phi=0.4$, H.S.R.=25%の条件を除いて、F.D.R.=0%~30%までの希釈では熱効率が減少しないため、望ましい領域と考えられる。

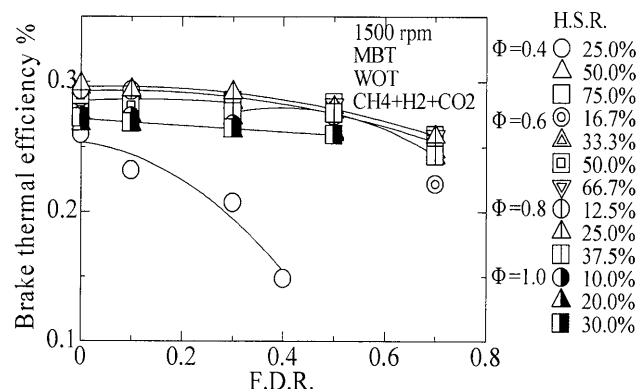


Fig.5 Effect of F.D.R. on Brake thermal efficiency

NO_x 排出量を示した図 6 において、F.D.R.の増加により投入熱量が低下し、燃焼温度が低下するために NO_x 排出量は低減している。なお、高い Φ では NO_x 排出量を低減するためには、F.D.R.を 70%にする必要があった。低い Φ においては、F.D.R.が 30%以上の領域で NO_x 排出量の低減を図ることができた。

したがって、CO₂ 希釈による NO_x 排出量および熱効率の観点から、 $\Phi=0.8$, H.S.R.が 25%, F.D.R.が 30%においては、正味熱効率の変化がなく(30%), NO_x 排出量の低減、安定した運転条件(COV=3%)が得られた。

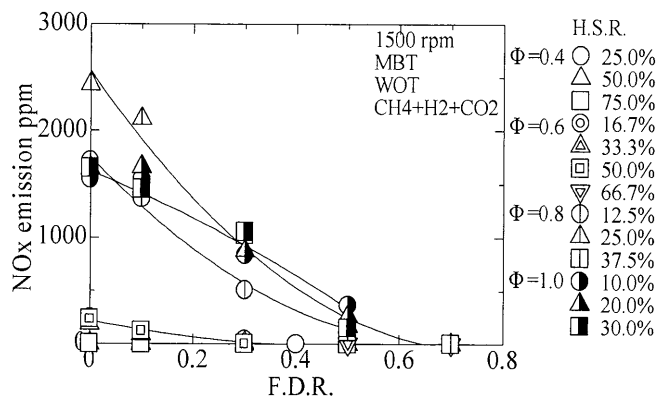


Fig.6 Effect of F.D.R. on NOx emission

4. 結論

- (1) F.D.R.の低い領域では、BMEP の減少と投入熱量の減少は一致しているため、希釈が燃焼特性に及ぼす影響は小さい。一方、F.D.R.の高い領域では、投入熱量の減少よりも BMEP の減少の傾向が顕著になり、希釈が燃焼特性に及ぼす影響は顕著になっている。
- (2) CO₂ 希釈によってよい結果が得られたのは、 $\Phi=0.8$, H.S.R.=25%, F.D.R.=30%の領域では、正味熱効率の変化がなく(30%), NO_x 排出量の低減、安定した運転条件(COV=3%)が得られた。

5. 参考文献

- (1) CHEN, L.・ほか 5 名, 第 45 回燃焼シンポジウム講演論文集, 仙台(2007),D234
- (2) CHEN, L.・ほか 5 名, 第 46 回燃焼シンポジウム講演論文集, 京都(2008),D231