

P-06 天然ガス・DME 予混合圧縮着火 (HCCI) エンジン

石田 正弘^{a)*}、坂口 大作^{a)}、植木 弘信^{a)}、岩村文明^{b)}

^{a)}長崎大学工学部機械システム工学科 エネルギーシステム学研究室

^{b)}大学院生産科学研究科機械システム工学専攻 エネルギーシステム学研究室

*TEL & FAX: 095-819-2519, e-mail: hiro@nagasaki-u.ac.jp

1. 研究の背景

現在、大気汚染や温暖化、酸性雨などの地球環境の悪化の原因の一つとして、内燃機関からの排出ガスが問題視されています。内燃機関の中でも、特に、ディーゼル機関の排出ガス中には、酸性雨や光化学スモッグの原因となる窒素酸化物 (NO_x) や人体に悪影響を及ぼす粒子状物質 (PM) が多量に含まれています。NO_x は高温高压の高効率燃焼場で発生し、PM は不完全燃焼が起きた時に発生するので、NO_x と PM の生成要因には背反関係があり、同時低減が非常に困難となっています。しかしディーゼル機関は、空気のみを吸入・圧縮するので圧縮比を高くすることができ、熱効率がよいため CO₂ の排出量が少なく、耐久性に優れているといった利点があります。そこで、ディーゼル機関の利点を生かせる、石油代替燃料を用いた均一予混合圧縮着火 (HCCI) 機関が、今注目されています。HCCI 機関は、燃料と空気の均一な混合気を形成した後、シリンダー内に吸入・圧縮・自己着火させるので、NO_x と PM の同時低減が可能です。しかし、HCCI 機関は自己着火により燃焼が開始するため着火時期制御が困難であり、また希薄混合気に基づく失火や急激な燃焼によるノックが生じるため、運転負荷範囲の拡大が困難という課題があります。

2. 研究の概要

本研究では、DME を着火源とした天然ガス HCCI 機関を用い、元来ディーゼル機関において NO_x 低減の手段として用いられる排ガス再循環 (EGR) の燃焼抑制効果に着目し、その燃焼抑制効果を DME/NG HCCI 機関の高負荷領域で起こるノックを抑制する手段として導入しました。単気筒 HCCI 機関において、EGR が運転負荷範囲、燃焼特性、排出ガス特性、熱効率に及ぼす影響を調べた結果、EGR 比 50% を導入した場合、熱効率が約 4% 改善され、最高運転負荷はディーゼル燃焼の場合の 50% まで可能であるという結果を得ました。

3. 研究の応用展開

自動車の排ガスに対する規制が 2010 年までに、世界の主な自動車市場の日本、米国、欧州で大幅に強化され、NO_x・PM の低減技術においてこれまで実用化されてきたエンジン性能の向上技術、排出ガスの後処理技術などにおいて、さらなる改善が求められています。また京都議定書の発効により日本の運輸部門ではディーゼル車を積極的に活用する傾向があり、2010 年以降はクリーンディーゼル車が活躍する可能性があります。よって HCCI 機関の運転負荷範囲がディーゼルエンジンと同等まで拡大できれば、ディーゼル機関の利点を生かした、低燃費、低公害の HCCI 機関の需要は大きく伸びる可能性があります。しかし現段階では、HCCI 機関は低負荷用のディーゼル機関の代用に限定されます。さらに HCCI 機関の燃料供給のインフラ整備の問題や、さらなる運転負荷範囲の拡大は技術的に開発の難易度が高いため、実用化にはまだ時間がかかりそうです。

研究概要

ディーゼル機関とガソリン機関の両者の利点を生かした均一予混合圧縮着火(HCCI)機関が注目されている。HCCI機関は、NO_xとPMの同時低減が可能であり、代替燃料として有力な天然ガス(NG)に適した燃焼方式である。ただし、HCCI機関は自己着火により燃焼が開始するため、着火時期制御が困難であり、また希薄混合気に基づく失火や急激な燃焼によりノックを生じるため、運転負荷範囲の拡大が困難という課題がある。

本研究では、DMEを着火源とした天然ガスHCCI機関において、ディーゼル機関ではNO_x低減の手段として用いられる排ガス再循環(EGR)の燃焼抑制効果に着目し、DME/NG HCCI機関の高負荷領域で起こるノックを抑制する手段として導入した。

HCCI燃焼試験システムを構築し、多量EGRによる負荷変更試験を行ったところ、全ての運転領域でNO_xおよびPMはゼロレベルを達成でき、EGR比50%で熱効率を約4%改善するとともに、最高負荷はディーゼル燃焼の場合の50%まで可能となった。

Table1. 化学的性状

	DME	Natural Gas	Methanol	Gas oil
Chemical structure	C ₁ H ₃ O _{1.1}	C ₁ H ₄ + others	C ₁ H ₃ O ₁	-
Lower heating value [MJ/kg]	28.9	49.1	19.9	42.9
Octane number	60	0	3	67
Stoichiometric A/F ratio	8.88	17.10	6.45	14.50
%wt Carbon	52.2	79.4	37.5	86.5
%wt Hydrogen	13.0	20.6	12.6	13.5
%wt Oxygen	34.8	0.0	49.9	0.0

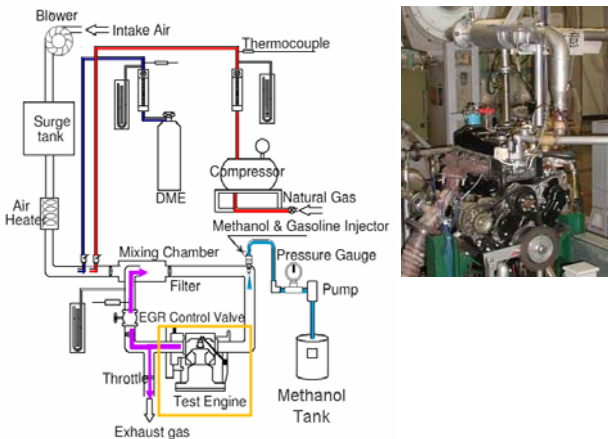
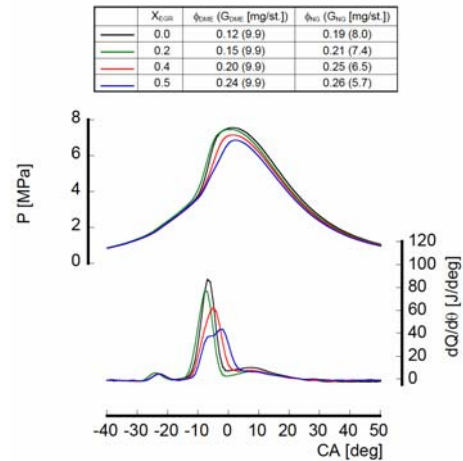
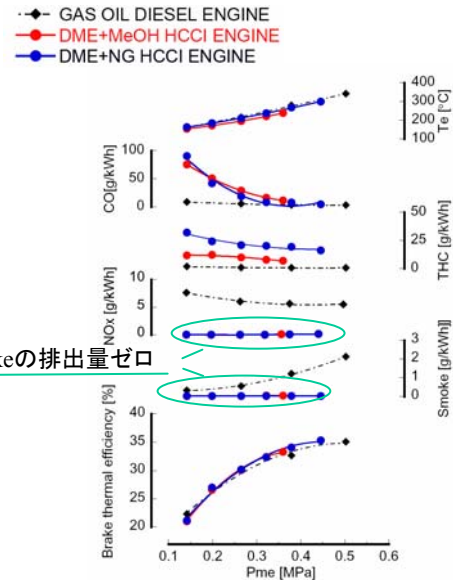


Fig.1 HCCI燃焼試験システム



(P_{me}=0.19MPa, T_{IN}=60°C, □=17.8)

Fig.2 EGRによる燃焼抑制効果



NO_x, Smokeの排出量ゼロ

Fig.3 HCCI燃焼による排気ガス特性

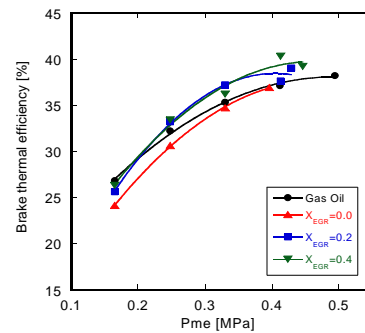


Fig.4 HCCI機関の熱効率