

④ 低燃費LPGエンジンシステムの研究開発

—低燃費化に向けたエンジン基本性能試験結果—

環境研究領域 ※水嶋 教文 山本 敏朗 佐藤 進 小川 恭弘
株式会社ニッキ 小長井 源策 山口 真也 川横 弘司 瀧川 武相

1. はじめに

液化石油ガス(以下LPG)は、油田や天然ガス田の随伴ガスとしての生産量が世界生産量の約6割を占めていることから、石油代替性の高い燃料である。また、その主成分はプロパン(C₃H₈)およびブタン(C₄H₁₀)で構成されるため、①約0.2~0.8MPaと比較的低い圧力で液化できる、②発熱量当たりのCO₂排出量をガソリンに対して約10%低減できる、③高オクタン価であり火花点火機関の高効率運転に適している、といった利点を有する。以上より、近年では欧州や韓国を中心に世界全体で約1125万台(2006年時点)ものLPG自動車普及している。一方、我が国における普及台数は約29万台(2006年時点)と自動車総保有台数の0.5%にも達しておらず、LPG自動車の普及拡大は省エネルギー対策および地球温暖化対策に繋がるものと期待される。

ところが、従来のLPG自動車は、燃料供給システムにミキサシステムを用いており、近年の厳しい排出ガス規制への適合が困難となりつつある。そこで本研究では、燃料供給システムにLPG液体噴射システム⁽¹⁾を採用し、緻密な空燃比制御による上記課題の解決と更なる低燃費化に向けて、第一段階としてエンジンの基本性能を確認した。結果を以下に報告する。

2. 実験方法および装置

本研究では、エンジン台上定常試験にてLPGとレギュラーガソリンとの性能比較を行った。実験で用いたエンジン台上試験装置の概要を図1に、ベースとなる供試エンジンの諸元を表1に示す。供試エンジンには、総排気量1.997L直列4気筒ガソリンエンジンを用いた。LPGでの試験の際には、燃料供給系のみをLPG液体噴射システムに改造し、LPG容器内の液面を1.6MPaの窒素で加圧して液取り用配管に押し出すことで、液状でのLPG噴射を行った。排出ガスはエ

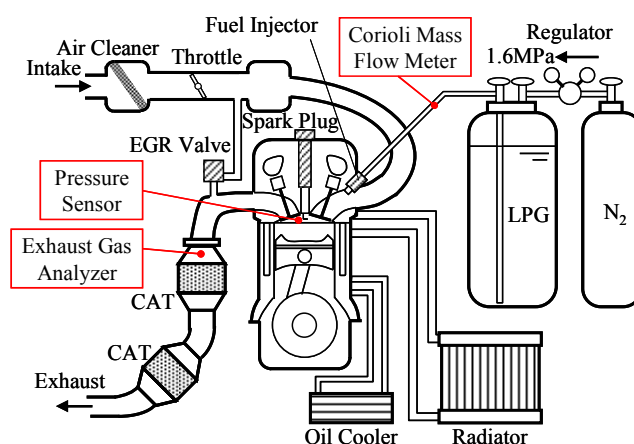


図1 実験装置概略図

表1 エンジン諸元

Model	MR20DE
Type	Water cooled inline 4 cylinders
Intake system	NA
Fuel supply system	MPI
Displacement L	1.997
Compression ratio	10.0
Bore × Stroke mm	84.0 × 90.1
Max power kW / rpm	98 / 5200
Max torque Nm / rpm	191 / 4400

ンジンアウトでサンプルしたガスを、排出ガス分析計(HORIBA : MEXA-9400ED)にて計測し、燃料流量はコリオリ式質量流量計(小野測器 : FZ-2100)にて計測した。また、シリンダヘッドに圧力センサ(Kistler : 6052C31)を組み込むことで筒内の燃焼圧力を計測し、ノックによる筒内圧力振動の計測を可能にした。

3. 供試燃料

実験で使用したLPGの性状を表2に示す。主な成分はプロパン(C₃H₈) 25.0 mol%、ノルマルブタン(n-C₄H₁₀) 51.7 mol%、イソブタン(i-C₄H₁₀) 22.6 mol%であり、オートガスとして市場に流通しているLPGの平均的な成分比を選定した。オクタン価(RON)は100.3に相当する。一方、比較対象用に使用したレギュラー

ガソリンはRON 90.2 であるため、LPG を燃料とすることで耐ノック性の向上が期待できる。

表2 LPG 性状

Fuel type	ENEOS Mix B
Density g/cm ³	0.662
Vapor pressure MPa	0.57
Lower heat value kJ/kg	45830
Composition mol%	
C ₂ H ₆ , C ₂ H ₄	0.2
C ₃ H ₈	25.0
n-C ₄ H ₁₀	51.7
i-C ₄ H ₁₀	22.6
C ₆ & Heav.	0.5

4. 実験結果および考察

4. 1. 高負荷運転時における耐ノック性の比較

図2に、エンジン回転数 1200rpm、スロットル全開条件における、点火時期をパラメータとした性能比較結果を示す。また、図3には図2記載の条件A、Bでの指圧線図にハイパスフィルタをかけることで得られた、ノックによる圧力振動および各気筒の100サイクル中における振幅のピーク値を示す。図3より、気筒間のばらつきは存在するものの、ガソリン運転時には点火時期-3deg.BTDC で頻りにノックが発生していることがわかる。一方、LPG 運転時には同条件でほとんどノックが発生しておらず、点火時期を9deg.BTDC まで進角して始めて同程度のノックが発生している。

以上の結果から、本条件において LPG 運転時には耐ノック性の向上により、ガソリン運転時と比較して点火時期を12deg.進角できたため、トルクを約15%向上することができた。また、これにより燃料消費率を18.5%、熱効率を4.9point 改善した。

4. 2. 排出ガス特性の比較

2008 年から施行される排出ガス試験モード(JC08)を運転した際に運転頻度の高いエンジン回転数1200rpm、トルク 20Nm の条件において、エンジンアウトでの排出ガス特性を評価した。結果を図4に示す。

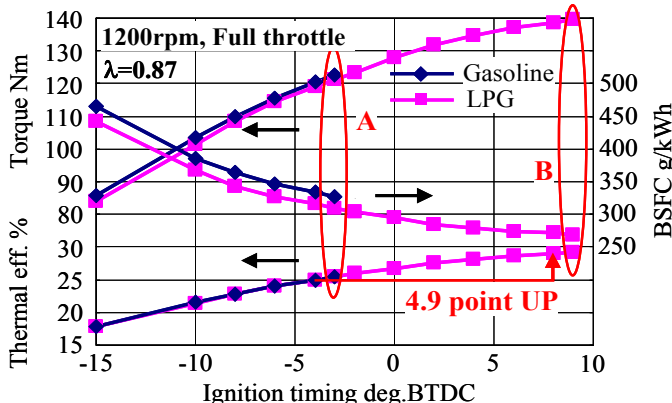


図2 低回転高負荷性能比較

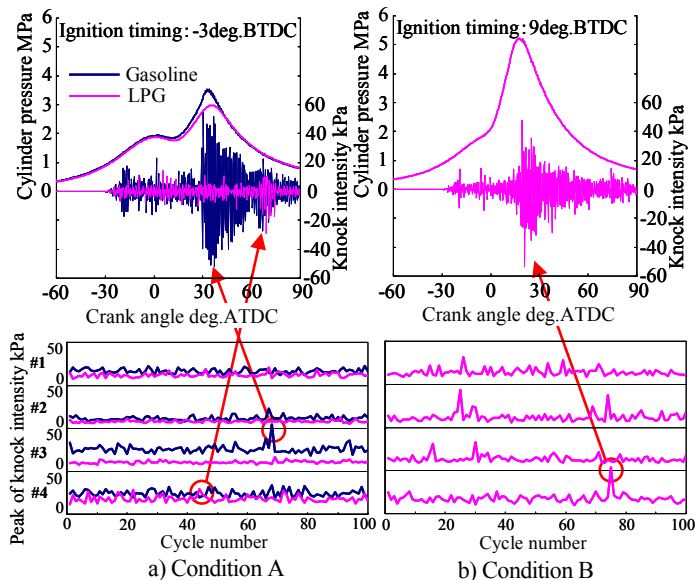


図3 耐ノック性比較

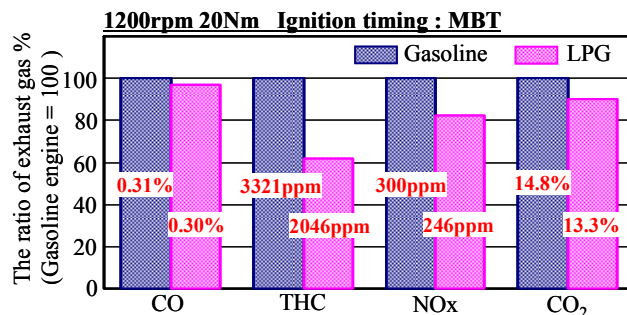


図4 定常試験における排出ガス特性

LPG 運転には、THC は約 40%、NOx は約 20%、CO₂ 排出量は約 10%低減できた。

5. まとめ

LPG はレギュラーガソリンと比較して高オクタン価であることから、高負荷運転時におけるノックを大幅に回避でき、トルクおよび熱効率を向上させることができた。また、THC および NOx 排出量を大幅に低減でき、クリーンな燃料とも言えよう。

今後は LPG の耐ノック性を十分に生かして、更なる燃費改善のためにエンジンの高圧縮比を行う予定である。

謝辞

本研究は、NEDO「エネルギー使用合理化技術戦略的開発/エネルギー使用合理化技術実用化開発/低燃費LPG エンジンシステムの研究開発」の一環として行われた。また、実験では当研究所 大柴和正氏にご尽力いただいたことをここに記し、謝意を表す。

参考文献

- (1)田沼 正義ほか、LPG 液体燃料噴射システムの研究開発(第2報)、自動車技術会 学術講演会前刷集、No.48-02、pp19-22、(2002)