

③ DME 自動車の研究開発プロジェクト

— 普及を目指したコモンレール式 DME 噴射システムの技術開発 —

環境研究領域 ※野内 忠則 佐藤 由雄 川村 淳浩 及川 洋
 ボッシュ (株) 野崎 真哉 野田 俊郁 石川 輝昭

1. まえがき

国土交通省では、次世代低公害車開発・実用化促進事業を行っている⁽¹⁾。その一環として、DME 自動車の技術指針案等検討のための公道走行試験と、将来の普及を目指した技術的課題の調査、検討を行う「DME 自動車実証モデル事業」を推進している。

これまで本事業では、列型ジャーク式をベースとした DME 噴射システムを開発し、後処理なしで優れた排気性能が得られることを実証した⁽²⁾。今後、普及を目指す上では、低排気に加えて、低燃費及び高い動力性能の確保が重要となる。しかし、それらの性能を満足させるには緻密な噴射制御が必要で、その為には、噴射制御の自由度が高いコモンレール式の技術が必要と考える。そこで本研究では、コモンレール式 DME 噴射システムの技術開発を民間企業と共同で行い、DME エンジンの性能向上の可能性を調査している。

本稿では、ボッシュ社が提案しているコモンレール式 DME 噴射システムの概要と、本システムのエンジン初期評価結果として、高回転高負荷域における出力、燃費、NOx 及び CO 排出特性について述べる。

2. コモンレール式 DME 噴射システム概要

図 1 に燃料噴射システムを含めた、DME 燃料システム全体の構成を示す。高圧ポンプ、コモンレール、インジェクタの他に、耐圧気密構造の燃料タンクと燃料配管、電動フィードポンプ、オーバーフローバルブ及び燃料クーラーを備える。また、DME のリーク対策として再液化コンプレッサとアスピレーター、パージタンクからなる燃料パージシステムを備えている。

表 1 に燃料噴射システムの諸元を示す。DME 仕様

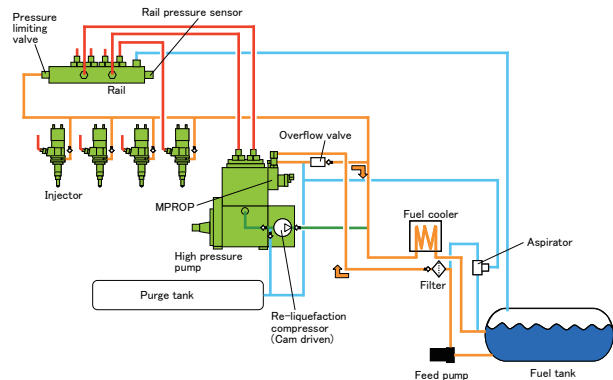
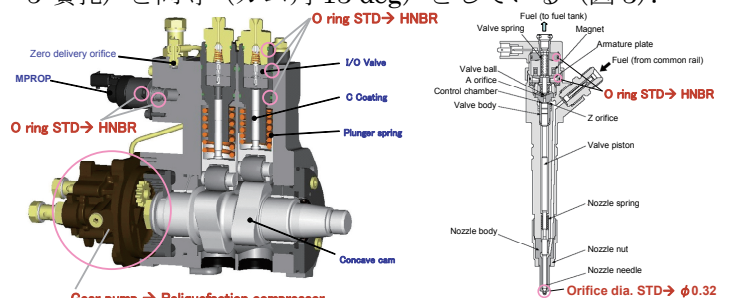


図 1 DME 燃料システムの構成

表 1 コモンレール式 DME 燃料噴射システム諸元

	Diesel Common Rail Injection System	DME Common Rail Injection System
High Pressure Pump Type	CPN2.2+	CPN2.2+ Modify for DME
Fuel Metering Type	Suction control	←
Plunger	Diameter	8mm
	Stroke	15mm
	Surface Treatment	Carbon coating
Common Rail Injection Pipe	Volume	19.4cm ³
	Inner Dia.	-
Injector	Minimum Pressure	25MPa
	Maximum Pressure	160MPa
Nozzle	Orifice Number	6
	Orifice Dia.	0.115mm
	Seat Dia.	1.8mm
	Surface Treatment	Carbon coating

の高圧ポンプは、内蔵フィードポンプの位置に再液化コンプレッサを取り付け、O リングの材質を HNBR へ変更している (図 2(a))。同インジェクタは、ノズルを $\phi 0.32 \times 5$ 噴孔へ変更し、高圧ポンプと同様に O リングの材質を HNBR へ変更している (図 2(b))。なお、表面処理の追加は行っていない。本システムは、高圧ポンプ、インジェクタ等の基幹部品に対してベースの軽油コモンレールシステムからの変更を最小限にした点と、従来には無い 100MPa までの高圧噴射が可能となる点が特徴となっている。また、噴射期間は、ポンプ回転 1500rpm、噴射量 150mm³/st において 100MPa で列型ジャーク式⁽²⁾ (ノズル仕様は $\phi 0.38 \times 5$ 噴孔) と同等 (カム角 13 deg) としている (図 3)。



(a) 高圧ポンプ (b) インジェクタ
 図 2 DME 用高圧ポンプ及びインジェクタ

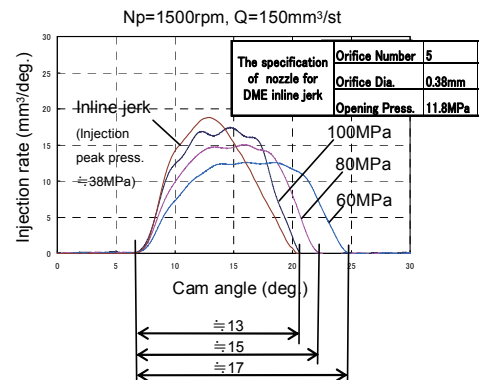


図 3 噴射率特性

3. エンジン初期評価

DME は、体積当たりの発熱量が低いため、大量の噴射量が要求される定格出力性能の確認が重要である。そこで、初期評価としては高回転高負荷域(3000rpm, 325Nm[102kW])での出力の確認とその条件における噴射圧及び噴射時期の影響を調査した。表2に供試エンジンの諸元を示す。直列4気筒、4.6L、圧縮比19のディーゼルエンジンをベースとした。また、列型ジャーク式DMEエンジン⁽²⁾とは噴射系のみが違う仕様である(表2)。図4に出力確認結果を示す。噴射圧40MPaでは、排気温度限界(ターボチャージャ出口温度650°C)を超えてしまい運転ができなかった。これは、噴射期間が長く燃焼期間が長いためと考えられる。60MPa以上では目標とした102kWを出力した。また、噴射時期の自由度を生かし、100MPa(燃費最適噴射時期-18° ATDC)ではジャーク式(動的噴射時期約-7° ATDC)に比べて排気温度は100°C程度低くなった。従って、ジャーク式よりも最高出力の向上が可能と考えられる。図5にNOxと燃費のトレードオフ特性を示す。プロット点の違いは噴射時期の違いである。BSFCが約240g/kWh以下の範囲(図5ハッチング部分)においては、明確に高圧噴射によりトレードオフが改善している。100MPaと60MPaの等BSFC点(図中①②)における熱発生率を比較すると、100MPaでは、噴射時期を遅角しても燃焼期間が短いため燃焼終了時期が遅くなっていない。このことから、燃焼温度低下と等容度低下の抑制が実現し、トレードオフが改善したものと考えられる。なお、高圧噴射が有利になる範囲でのNOxは、ジャーク式よりも高いため、今後、EGRによるNOx低減の可能性を調査する必要がある。図6にCOを空気過剰率(λ)で整理した結果を示す。噴射圧によらずジャーク式に対して大幅に低くなった。ジャーク式に対してノズル噴孔径が小さく噴射圧が高いため、燃焼室内におけるDMEの拡散が改善しDMEと空気との混合が促進されたためと考えられる。また、噴射圧を60MPaから100MPaに高めることでCOは更に低減しており、高噴射圧がCO抑制に効果があるといえる。

表2 供試エンジン諸元

	Base diesel engine	DME engine	
		In-line jerk	Common rail
Model	ISUZU 4HG1T	←	←
Cylinder	In-line 4	←	←
Bore*Stroke	115mm*110mm	←	←
Total displacement	4570cc	←	←
Compression ratio	19.0	←	←
Combustion chamber	Re-entrant type	←	←
Maximum Power	89kW/3200rpm	103kW/3000rpm	←Target
Maximum Torque	325Nm/1800rpm	328Nm/1800rpm	←Target
Injection system	In-line jerk (PE-S4AD105)	In-line jerk Modify for DME	Common rail Modify for DME
Injection pressure	-	~38MPa	25~100MPa
Aspiration	Turbo charge	T/C with intercooler	←

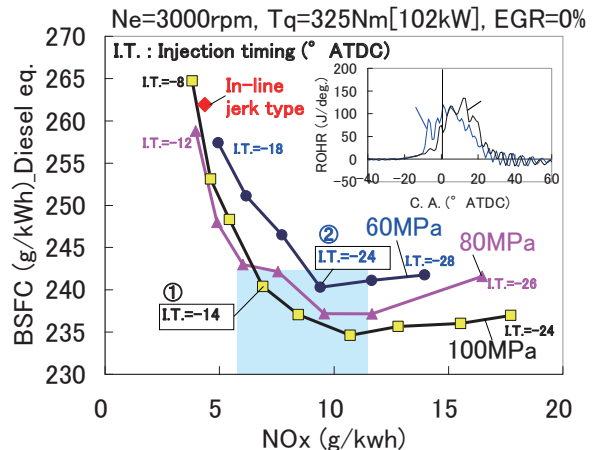
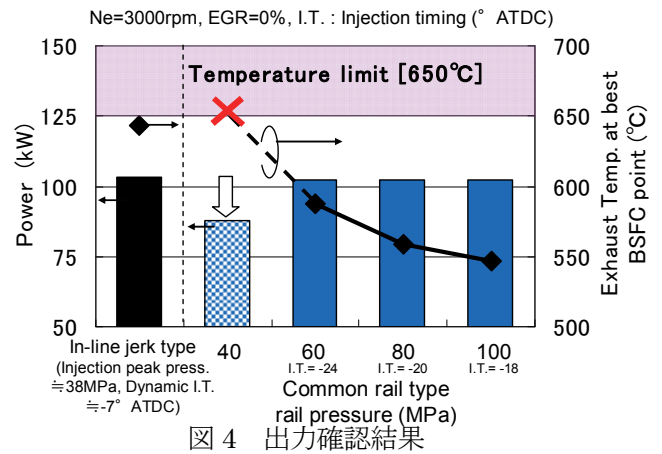


図5 NOx-燃費トレードオフ特性

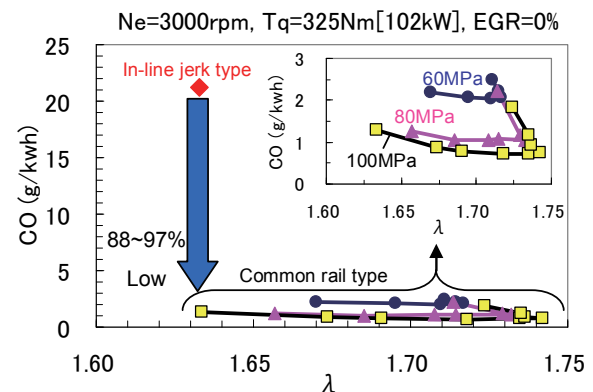


図6 CO排出特性

4. まとめ

- (1) 本コモンレール式DME噴射システムは、ジャーク式と同等の出力が確保できる。また、排気温度限界までに余裕がある為、更なる出力向上も期待できる。
- (2) 高回転高負荷域では、高圧噴射により燃費、NOxのトレードオフが改善できる。また、COは、ジャーク式に対して大幅に低下する。これは、ジャーク式に対し噴孔径が小さく噴射圧が高いためと考えられる。

今後は、部分負荷域や過渡運転時も含めて評価を行っていく。更に、噴射率制御技術による燃費とNOxの改善の可能性についても評価を行っていく。

参考文献

- (1)後藤ほか, 平成19年度交通安全環境研究所研究発表会講演概要, pp.3-6 (2007), (2)佐藤ほか, 自動車技術会論文集, Vol.38, No.1, pp.133-137 (2007)