

⑬ トラック用水素エンジンシステムの研究開発

— 直噴多気筒水素エンジンの開発について —

環境研究領域 ※川村淳浩 佐藤由雄 及川 洋

東京都市大学 総合研究所 水素エネルギー研究センター 長沼 要 山根公高 高木靖雄

1. はじめに

我が国の運輸部門では乗用車旅客部門（2007 年度 1,921 PJ）とトラック貨物部門（同 1,327 PJ）のエネルギー消費割合が際立って大きく、地球温暖化対策と大気汚染対策の両立が望まれている。しかし現時点では、蓄電池や水素燃料電池等は高い比出力を必要とする大型トラックへの適用が望めない。このため、国土交通省の「次世代低公害車開発・実用化促進事業」では、地球温暖化対策と大気汚染対策を両立できる技術候補として、トラック用水素エンジンシステムの研究開発プロジェクトを進めている。本プロジェクトでは、現在量産されているトラック用ディーゼルエンジンシステムと同等の比出力、燃費、そして超低 NOx 特性を発揮する高性能な水素エンジンシステムの実現を開発目標としている。

本報告では、図 1 に示す研究開発過程で取り組んでいる直噴多気筒水素エンジンの開発状況について報告する。

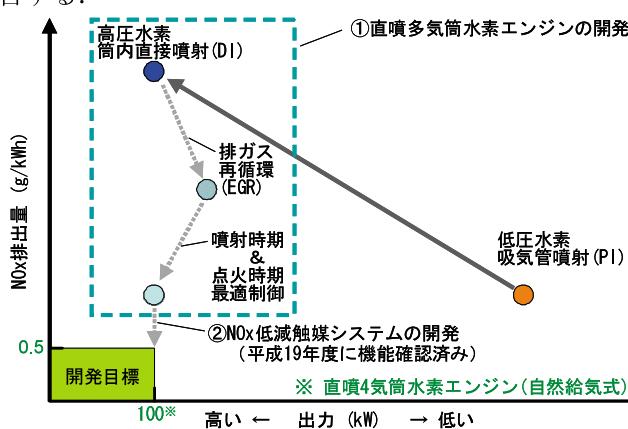


図 1. トラック用水素エンジンシステムの開発技術

2. 直噴多気筒水素エンジンの開発状況

2. 1. 高圧水素筒内直接噴射弁

高出力の直噴多気筒水素エンジンを実現するためには、大量の水素をエンジン燃焼室に瞬時に噴き込む

高圧水素筒内直接噴射弁が必要である。図 2 に試作した噴射弁を示した。本噴射弁は、コモンレールに蓄圧した高圧作動油によってニードル弁を開閉して高圧水素の噴射時期と噴射量を制御するもので、多段噴射も可能な高応答性と高い噴射率の実現を目指している。

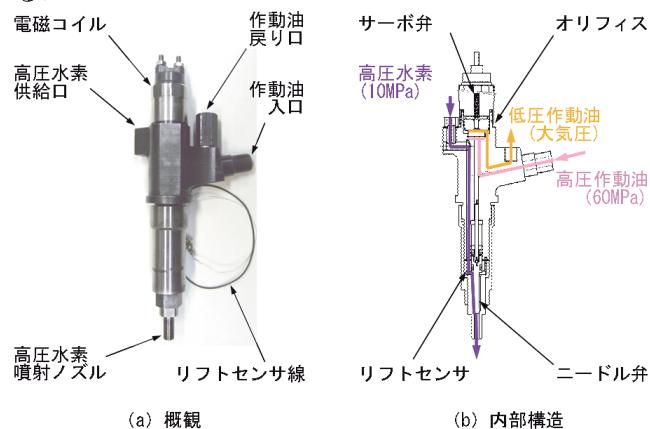


図 2. 試作した高圧水素筒内直接噴射弁

図 3 に水素供給圧力 10MPa、作動油圧力 60MPa での 4 本の噴射弁の単体噴射特性を示した。同一噴射信号に対する噴射量最大バラツキは、アイドリング相当噴射量では±23%，最大出力相当噴射量では±4%であった。噴射弁毎に噴射信号を補正することで、噴射量を揃えることとした。

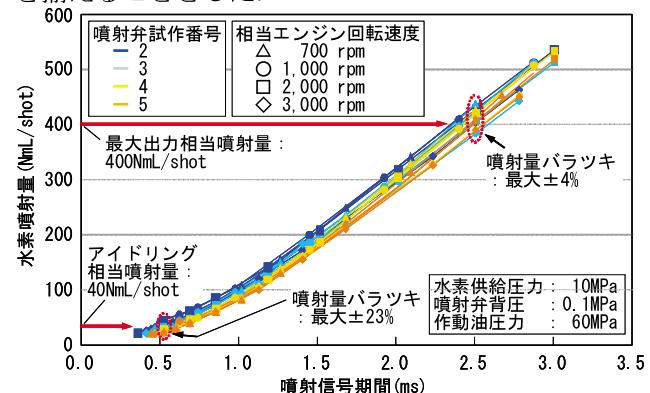


図 3. 試作した噴射弁の単体噴射特性

2. 2. 直噴多気筒水素エンジンの出力特性

表1に試作した噴射弁を装着した直噴4気筒水素エンジンの諸元を示した。ベースディーゼルエンジンからの主な変更点は、圧縮比の低減とグローブラグ孔への点火プラグ取付けである。また、今回はシステムの簡素化のためターボ過給機を取り外した。

表 1. 直噴4気筒水素エンジンの諸元

項目	仕様
ベースエンジン	日野自動車 J05D-TC
エンジン種別	水冷4サイクル 直列4気筒
給排気弁	SOHC 4バルブ
エンジン行程容積	4.728 L
ボア × ストローク	φ112 mm × 120 mm
圧縮比	12.7 : 1
噴射弁	噴孔: φ1.3 mm × 9個
EGRシステム	水冷EGR
点火方式	火花点火
過給	なし(自然吸気)

図4に、開発した直噴4気筒水素エンジンの出力特性評価試験装置の構成図を示した。高圧水素は40MPa水素カーボルから減圧し、10MPaで供給した。噴射弁の作動油ポンプは外部駆動とし、作動油圧60MPaに設定した。また、背圧調整用にダミー触媒を設置した。

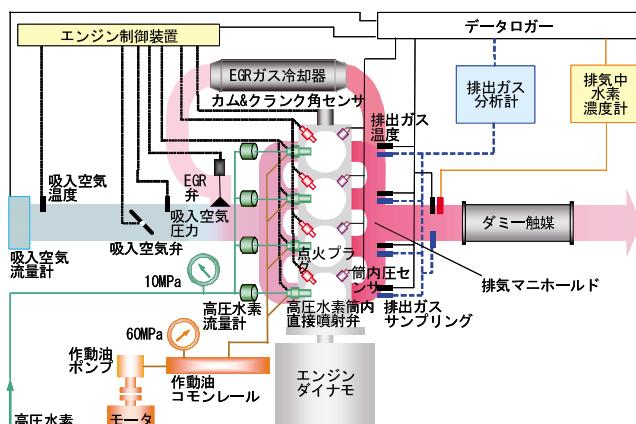


図4. 開発した直噴4気筒水素エンジンの出力特性評価試験装置の構成

図5に、開発した直噴4気筒水素エンジンの出力特性を示した。各エンジン回転速度にて噴射時期と点火時期を適正化することでエンジン回転速度2,800rpmにて96kWを確認した。また、図示はしていないが、本噴射弁を装着した既報⁽¹⁾の直噴単気筒水素エンジン評価試験と同等の図示平均有効圧力(850kPa)が得られた。両エンジンでは噴射弁と点火電極の配置が異なるが、直噴単気筒水素エンジン評価試験で推測した同等の出力を出せる燃焼が実現できたと考えられる。

2. 3. 今後の課題

本試験において噴射弁リフトが半減して噴射期間が長くなる現象（作動安定性の不足）が認められ、排出ガス温度限界（排気弁直後750°C以下）を超えたため出力を抑えた。噴射弁の作動安定性不足を改善することで更なる出力向上と効率向上が可能と思われる。

図5に、高エンジントルク領域で試行したEGRの機能確認結果も示した（●マーク）。EGR率20～30%程度で60～70%程度のNOx排出濃度低減が確認できたが、EGR後でも1,000ppmオーダの高濃度であった。今後、図1に示した開発技術に沿ってEGRの本格適用、水素噴射時期と点火時期の最適制御、そしてNOx低減触媒システムを組み合わせ、超低NOx化を図る必要がある。

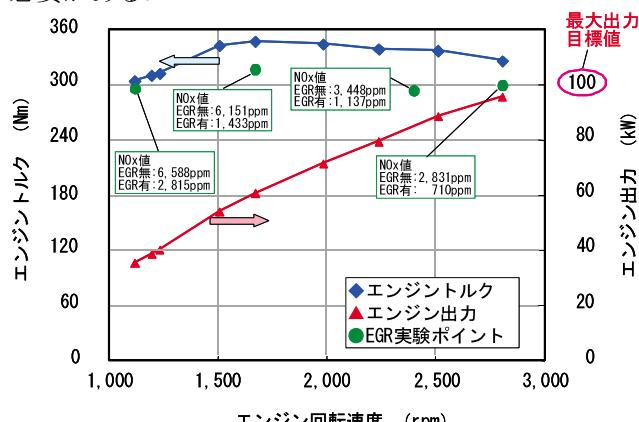


図5. 開発した直噴4気筒水素エンジンの出力特性

3. まとめ

トラック用直噴多気筒水素エンジンの開発におけるこれまでの成果と今後の計画を下記に示す。

- (1) 気筒間噴射量バラツキを抑えることで多気筒水素エンジンの評価試験が可能な油圧駆動コモンレール式高圧水素直接噴射弁を試作した。
- (2) 本噴射弁を装着した単気筒水素エンジン評価試験での成果を踏まえ、自然給氣式直噴4気筒水素エンジンで約100kWの出力を確認した。

今後、多気筒水素エンジン装着時の噴射弁の作動安定性を高め、EGR率の増加、水素噴射時期と点火時期の最適制御、及びNOx低減触媒システムとを組み合わせて低NOx化を進め、過渡モード排出ガス試験で確認する計画である。

参考文献

- (1) 川村淳浩ほか，“水素エンジントラックの研究開発”，平成20年度交通安全環境研究所フォーラム2008講演概要，99-100（2008）