

③ トラック用水素エンジンの開発プロジェクト

－ プロジェクトの概要と開発状況 －

環境研究領域 ※川村淳浩 野内忠則 佐藤由雄 後藤雄一

武蔵工業大学 総合研究所 水素エネルギー研究センター 高木靖雄 山根公高 長沼 要

1. はじめに

大気汚染防止に加え、地球温暖化防止の観点から輸送部門の化石エネルギー依存度低減が求められている。電気自動車はこの要求実現に対する優位性を有するが、現在のところ低出力と短走行距離という技術的課題から都市内での使用（長距離走行が不要な乗用車）に留まっている。そのため、長距離走行が必要な乗用車、高出力短距離輸送（市街地バス等）、そして重量物の長距離高速輸送を担う大型車（トラック等）の動力源が課題となっている。近い将来においてはクリーンディーゼルやディーゼルハイブリッドが適用されると思われるが、軽油での性能確保に限界があるために代替燃料の適用も検討されている。しかし、将来依存割合を高める必要がある再生可能エネルギーを利用し易く変換する前提で考えると、高出力、長走行距離、大気汚染防止、そして地球温暖化防止を実現し得る究極的な輸送用燃料は水素になると思われる。

水素を燃料とする燃料電池自動車は、総合エネルギー効率が高い（地球温暖化物質が少ない）上に走行時に大気汚染物質を出さないため、我が国をはじめ多くの国々で精力的な開発がおこなわれているが、実用化までに解決すべき課題は今なお多い。これに対して、従来のエンジンをベースとして製作できる水素エンジン自動車は、現行ディーゼル車並みの高出力と電気自動車に次ぐ走行時環境性能を発揮することが可能といわれており、水素燃料の実用化を早期に実現するために、特に欧米で国や地域を挙げた精力的な開発が進められている。

このような背景の下、我が国においては国土交通省の次世代低公害車開発・実用化促進プロジェクトにおける対象車種のひとつとして、トラック用の水素エンジン開発プロジェクト（以下、「プロジェクト」という）が進められている。

2. 開発目標とアプローチ

表1にプロジェクトにおける開発目標を示した。最高出力は147 kW、JE-05 テストモードにおけるNOx 排出量は0.5 g/kWh 以下、HC、CO、CO₂ 排出量はほぼゼロ、そして燃費は発熱量換算でディーゼル車同等と設定されている。現在生産されている6気筒ディーゼルエンジン（総排気量7.7リットル、コモンレール仕様）をベースとし、水素燃料の適用を図るために圧縮比を下げ、火花点火方式への改造等を施すもので、積載量約4トン程度の重量トラックが想定されている。

表1. 開発目標

Maximum Output Power	147 kW	
Exhaust Emission*	*JE-05 Emission Test Mode	
	NOx	0.5 g/kWh
	HC	Almost Zero
	CO	Almost Zero
	CO ₂	Almost Zero
Fuel Consumption	The same as that of Diesel Engine (Calorific Base)	

図1に高出力化と高環境性能化の達成アプローチの概念図を示した。高圧水素ガスの筒内直接噴射によって高出力化を図り、大量EGR、噴射・点火制御、そしてNOx 吸蔵還元触媒によって高環境性能化（低NOx化）を目指すコンセプトである。

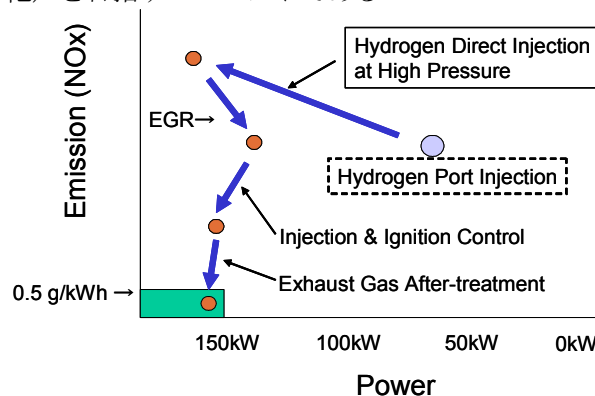


図1. 目標達成アプローチの概念図

3. 開発状況

3.1. 多気筒（6気筒）水素エンジンシステム

図2に適用を予定している6気筒水素エンジンシステムの概要を示した。

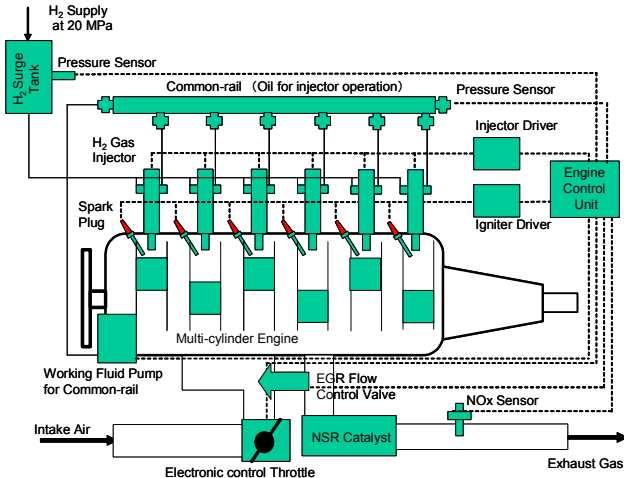


図2. 6気筒水素エンジンシステムの概要

3.2. 高圧水素ガス筒内直噴噴射弁

図3に重要開発アイテムである高圧水素ガス筒内直噴噴射弁を示した。既存のディーゼルコモンレール用筒内直噴噴射弁をベースとしたものである。6気筒エンジン用に、エンジン回転数3,000 rpmの時にクランク角30度の内に噴射圧力20 MPaで水素ガス400 mm³/ストロークを噴射できる性能を目指している。

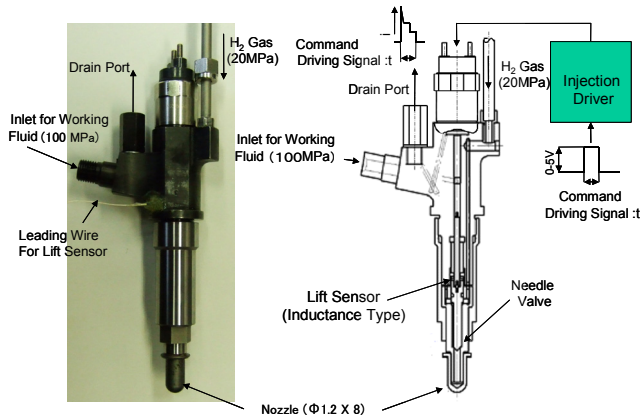


図3. 高圧水素ガス筒内直噴噴射弁

3.3. 単気筒水素エンジンでのNOx排出特性

図4は図3の噴射弁を排気量1.1リットルの評価用単気筒エンジンに取り付け、水素ガスを噴射圧力10 MPaで圧縮行程後期に噴射して最大熱効率が得られた点火条件でのNOx排出特性を示した例である。各運転条件におけるエンジンからのNOx排出濃度を数値（単位：ppm）と赤丸の大きさで表した。図より、高回転、高負荷の領域で多くのNOxが排出されることがわかった。IMEP（図示平均有効圧力）800 kPaでエンジン回

転数約3,000 rpmが、適用を予定している6気筒エンジンでの147 kWに相当する。

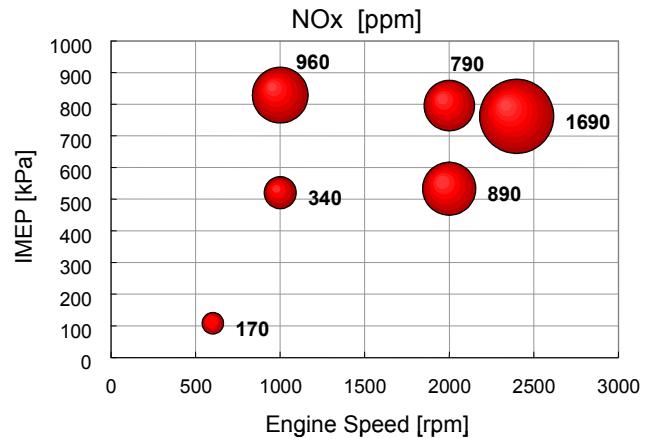


図4. 単気筒水素エンジンでのNOx排出特性

3.4. 水素エンジン用NOx浄化システム

図5に評価用単気筒水素エンジンに組成の異なる2種類（A：Pt/Rh系、B：Pt/Pd系）のNOx吸蔵還元触媒を取り付け、触媒温度とNOx浄化性能の関係を比較した試験の結果を示した。触媒下流のNOxセンサで吸蔵量を検知し、触媒上流から水素を還元剤として噴射供給した。図より、水素が還元剤として優れていることが確認でき、触媒Bを用いたシステムが若干低温でのNOx浄化性能が良いことがわかった。

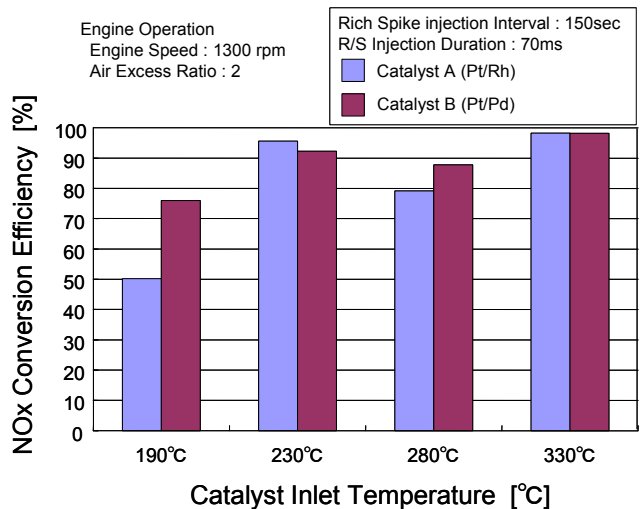


図5. 水素エンジン用NOx浄化システムの性能比較

4. おわりに

高圧水素ガス筒内直噴噴射弁とNOx浄化システムにより、高出力化と高環境性能化を両立できる可能性が高まった。本年度中に6気筒エンジンでの運転をおこなう予定であるが、本格的な実用化には高圧水素ガス筒内直噴噴射弁の品質精度管理や耐久性向上等の課題解決が必要であることもわかった。地球温暖化防止のためにも、今後の継続的な開発が必要と考える。