

エンジンの熱効率改善に向けた燃料噴霧解析

[研究代表者] 西島義明 (工学部機械学科)

[共同研究者] 黒仁田徳士 (株デンソー)

研究成果の概要

自動車の開発に向けてエンジンの効率向上が必須課題の一つである。そこで、効率に大きな影響を与える燃料の噴射圧力に着目した。今年度の研究では燃料圧力、噴射量を変更した時の到達距離と噴霧角の観察を行い解析することを目的とした。

本研究では新たに超高压発生装置の導入を行い 180MPa まで燃料圧力を上げることを可能にした。燃料噴射圧力を 100、180MPa、噴射量は 40 ml/st としたときの噴霧角と噴霧到達距離への影響を調査した。燃料噴射の高圧化に伴う到達距離への影響を調査した結果、燃料を高圧化することにより到達距離も伸びていることが分かった。100MPa から 180MPa に上げることで到達距離が伸びている。これは燃料圧力の上昇に伴う運動量が増加したためである。燃料噴射の高圧化に伴う噴霧角への影響を調査した結果、噴霧角には大きな影響は与えなかった。燃料圧力上昇させることで噴霧が空気を巻き込む力とともに前進する力も上昇する。そのため燃料圧力を上昇しても噴霧角には大きな影響は与えなかったと考えられる。

研究分野：内燃機関、自動車用エンジン、エネルギー変換

キーワード：燃費、熱効率、排ガス、二酸化炭素 (CO₂)

1. 研究開始当初の背景

世界全体での自動車販売台数は 2015 年度に約 9 千万台に到達し、中国、ASEAN 諸国などの新興国のさらなる需要増加により 2020 年度以降には約 1 億台を突破すると予測されている。自動車は人々に移動の自由や物流の高度化による生活水準の向上をもたらす半面、排ガスによる大気汚染、CO₂ など温室効果ガスの排出量増加による地球温暖化といった様々な環境問題をもたらしている。特に近年においては温室効果ガスである CO₂ 排出量に対して厳しい目が向けられている。中でも乗用車及びトラック等を使用する物流業者からの排出量が全体の 25%に達している。この状況の中で、いかに自動車社会を持続的に成長させていくかが大きな課題である。すなわち、厳しくなる環境規制に対応したクリーンな自動車を実現する技術を開発していくことが急務である。

2. 研究の目的

上記クリーンな自動車の開発に向けては心臓部であるエンジンの効率向上が必須課題の一つである。そこで、効率に大きな影響を与える燃料の噴射圧力に着目した。今年度の研究では燃料圧力、噴射量を変更した時の到達距離と噴霧角の観察を行い解析することを目的とする。

3. 研究の方法

コモンレールシステムはサプライポンプにて高圧化した燃料をレールに蓄え、電子制御により燃料を噴射する装置である。インジェクタ内の電磁弁の ON/OFF によってインジェクタ内の油圧を制御し、ノズルニードルを作動させることで噴射の開始と終了を決定する。従来型の燃料噴射装置と比較して、より高圧かつ回転数に依存しない噴射圧力での噴射が可能である。

(1) 主要な設備備品

図 1 に超高压発生装置の概要を示す。本研究では 100MPa を超える燃料圧力での実験を行うため新たに超高压発生装置の導入を行った。この装置により 180MPa まで燃料圧力を上げることが可能となった。

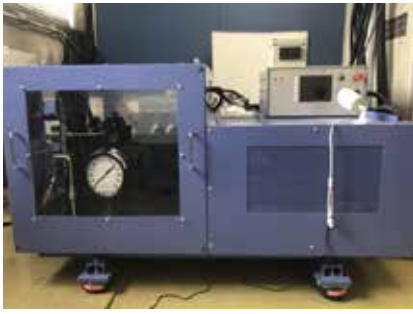


Fig. 1 Ultra-High Pressure Equipment

(2) 実験条件

表1に今回行った実験の条件を示す。今回の実験ではインジェクタは高圧用ソレノイドタイプを用いた。容器内の雰囲気には空気を充填し、圧力は0.4MPa、温度は293Kとした。燃料噴射圧力を100、180MPa、噴射量は40 mm³/stとしたときの噴霧角と噴霧到達距離への影響を調査した。

噴霧角は多くの論文で実験的研究がなされているが、それぞれの目的に応じて異なる定義を用いている。従来の実験的研究における噴霧角定義は大きく2種類に分かれる。1つ目は噴孔から噴霧中心軸上の任意の位置における噴霧外縁2点と噴孔のなす角度である。2つ目は噴霧外縁を線形近似することによる2直線間の角度である。本研究では噴霧の巨視的特性を把握し、最終的には実燃焼室における噴霧挙動の予測を目的としている。そのため本研究では1つ目の定義を用いることとし、燃焼室内における噴霧の分散を論じるうえで噴霧全長の2/3という定義が適切と判断した。噴霧到達距離は噴孔から噴霧先端までの距離であり、貫徹力とも呼ばれる。

↓

4. 研究成果

図2に燃料噴射の高圧化に伴う到達距離への影響を調査した結果を示す。燃料を高圧化することにより到達距離も伸びていることが分かった。100MPaから180MPaに上げることで到達距離が伸びている。これは燃料圧力の上昇に伴う運動量が増加したためである。

図3に燃料噴射の高圧化に伴う噴霧角への影響を調査した結果を示す。燃料圧力上昇させることで噴霧が空気を巻き込む力とともに前進する力も上昇する。そのため燃料圧力を上昇しても噴霧角には大きな影響は与えなかったと考えられる。

Table 1 Measurement Condition

Specification of Injector	Solenoid Drive Type
Ambient Pressure	0.4MPa
Ambient Temperature	293K
Injection Pressure	100, 180MPa
Injection Volume	40 mm ³

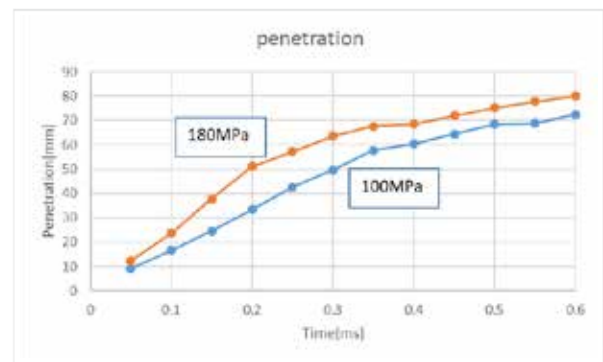


Fig.2 Test Results of Spray Penetration

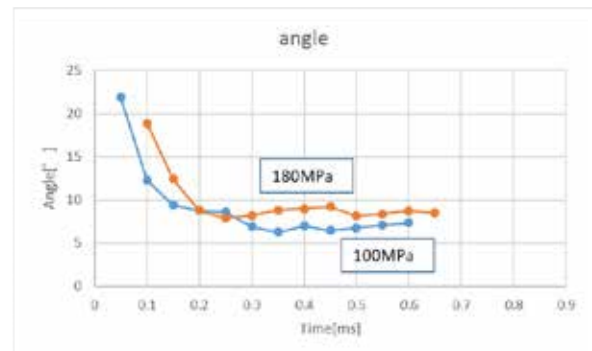


Fig.3 Test Results of Spray Cone Angle

5. 本研究に関する発表

(1) Tokuji Kuronita, Takuya Sakai, Dirk Queck, Ron Puts, Sebastian Visser, Olaf Herrmann, Yoshiaki Nishijima, A Study of Dynamic Combustion Control for High Efficiency Diesel Engine, SAE2020-01-0297, 2020