Effect of Fuel Injection Pressure Drop on Spray Characteristics in PFI Injector

学 ○吉田 ゆうき (同志社大)

正 松村 恵理子 (同志社大)

正 千田 二郎 (同志社大)

Yuki YOSHIDA, Doshisha University, 1-3 Tataramiyakodani, Kyotanabe-shi, Kyoto, 610-0321

Eriko MATSUMURA, Jiro SENDA, Doshisha University

The purpose of this study is to grasp the spray shape and atomization characteristics of free spray, the stage before the impingement of the spray against the wall, in order to further increase the efficiency and reduce the emission of PFI engine. This report focused on the fuel injection pressure drop and investigated the spray characteristics over the entire spray area.

1 緒 言

本研究ではポート噴射式ガソリンエンジンの更なる高効率化および低エミッション化のために、噴霧の壁面衝突の前段階である自由噴霧に対して噴霧形状および微粒化特性の把握を目的とした。本報では、燃料噴射差圧変更時における噴霧特性の変化を詳細に把握するため、燃料噴射圧力および雰囲気圧力を変更し、自由噴霧の可視化により、噴霧全域における噴霧特性の把握を行った。

2 実験装置および実験条件

2.1 超高解像度撮影

噴霧全域における噴霧の微粒化特性を把握するために超高解像度撮影を用いた。光源には Nd : YAG レーザ (Spectra Physics : PRO200, 発光半値幅 : 8 ns/pulse) の第 2 高調波 ($\lambda = 532\text{nm}$) を用いた。発振されたレーザー光はピンホールを介して、干渉縞を低減するスペックル低減装置 (ナノフォトン : スペックルキラー, SK-11, $\phi = 10\text{mm}$) に入射される。スペックル低減装置より出射されたレーザー光は、平凸レンズ ($f=200\text{mm}$)、両凸レンズ ($f=300\text{mm}$) および平凸レンズ ($f=1000\text{mm}$) の順に通過し集光されながら噴霧に照射される。噴霧を透過したレーザー光は超高解像度レンズ系により捉えられ、受光面上に拡大結像される。拡大倍率は 2.7 倍、空間分解能は $9.8\mu\text{m}$ とした。また、本実験において、インジェクタは噴孔が同一ピッチ円上に等間隔に配置されている 10 孔ホールノズルを使用した。

2.2 実験条件

表 1 に実験条件を示す。本実験では、噴射差圧をメインパラメータとし、同等の噴射差圧となるように燃料噴射圧力 (実験条件 I) または雰囲気圧力 (実験条件 II) を変更し実験を行った。また、噴射差圧が 324kPa、雰囲気圧力が大気圧、燃料噴射圧力が 424kPa の条件を基準条件とした。

Table 1 Experimental conditions

Experimental conditions I Change of P_{inj}		Experimental conditions II Change of P_a
Test fuel	iso-Octane	
Test nozzle	Multi hole nozzle (10 holes)	
Ambient gas	N_2	
Injection pressure drop ΔP [kPa]	394, 374, 324, 274, 224	
Ambient density ρ_a [kg/m ³]	1.15	0.34, 0.57, 1.15, 1.73, 2.30
Ambient pressure P_a [kPa]	100	30, 50, 100, 150, 200
Ambient temperature T_a [°C]	room temperature	
Injection pressure P_{inj} [kPa]	494, 474, 424, 374, 324	424
Fuel temperature T_f [°C]	room temperature	
Injection duration t_{inj} [ms]	5.41, 5.54, 6.00, 6.05, 6.64	5.28, 5.42, 6.00, 6.41, 7.31
Injection quantity Q_f [mg]	10.1	

※ $\Delta P = P_{inj} - P_a$

3 実験結果および考察

3.1 噴霧全域における微粒化特性

図 1 に、燃料噴射圧力変更時および雰囲気圧力変更時におけるザウタ平均粒径と噴射差圧の関係図を示す。解析対象は

$t/t_{inj} = 0.7$ における噴霧全域とした。 t/t_{inj} とは、噴射開始からの時間を噴射期間で除して正規化した値である。また、ザウタ平均粒径に関しては、式 (1) のような実験式が提案されている⁽¹⁾。

$$D_{32} = 2.33 \cdot 10^3 (\Delta P)^{-0.135} (\rho_a)^{0.121} (Q)^{0.131} \quad (1)$$

ただし、 D_{32} はザウタ平均粒径、 Q は噴射量を示し、本実験では全ての条件において噴射量を一定としている。燃料噴射圧力変更時においては雰囲気密度も一定としている。図 1 より、噴射差圧の増加に伴う微粒化の促進が確認でき、これは噴射差圧の増加に伴い、噴霧の噴出速度が増加し、噴霧と周囲気体との間に働くせん断力が増加したためであると考えられる。したがって、低圧噴霧においてもザウタ平均粒径は噴射差圧に対して負の相関をとることが確認でき、-0.31 の指数値となる。また図 1 において、噴射差圧が同等の条件におけるザウタ平均粒径を比較すると、ザウタ平均粒径はおおむね一致していることが確認できる。このことから、噴霧全域におけるザウタ平均粒径は雰囲気密度に対する影響度が小さいことがわかり、0.01 程度の指数値となる。雰囲気密度増加に伴い、噴霧と周囲気体との間にはたらくせん断力の増加により噴霧の微粒化が促進する一方で、抗力の増加により噴霧の速度減衰が生じ、これらの影響が相殺することで影響度が小さくなったと考えられる。

Fig.1 Correlation between sauter mean diameter and injection pressure drop in the entire spray area ($t/t_{inj}=0.7$)

4 結 言

実験的解析によって、ポート噴射式ガソリンエンジンを対象とした噴霧全域における微視的な噴霧特性を把握するため、超高解像度撮影系を用いて自由噴霧の直接撮影を行った。得られた知見を以下に示す。

- (1) 噴霧全域において、噴射差圧の増加に伴ってザウタ平均粒径は小さくなり、微粒化が促進される。
- (2) 噴霧全域において、噴射差圧は雰囲気密度と比較してザウタ平均粒径に与える影響度は大きい。

参考文献

- (1) Hiroyasu.H, Kadota.T, “Fuel Droplet Size Distribution in Diesel Combustion Chamber”, SAE Paper 740715,1974