

# 対向噴霧を用いた高圧下での噴霧燃焼改善に関する研究 (第2報)

## A study of improvement for spray combustion under high pressure by impinging injection

○学 森岡 孝治 (法大院) 正 川上 忠重 (法政大)

Koji MORIOKA, Faculty of Engineering Hosei University, Kajino-cho 3-7-2, Koganei Tokyo

Tadashige KAWAKAMI, Faculty of Engineering Hosei University, Kajino-cho 3-7-2, Koganei Tokyo

Key Words: Impinging injection, Single injection, Maximum burning pressure, Rate of heat release

### 1. 緒論

近年、エネルギー及び資源の大量消費により、地球規模で酸性雨や地球温暖化などの環境問題が深刻化している。その中で自動車の排出ガス等も問題となり環境規制が厳しくなっており、環境対策の観点から内燃機関の低公害・低燃費のエンジン開発が求められている。それに伴い、噴霧燃焼方式を用いた燃焼形態では、燃料の燃焼室への付着による未燃成分の排出が問題となっており、さらに積極的な燃焼生成物低減のための希薄燃焼や内部 EGR の影響に関する研究も数多く行われている。<sup>1),2),3)</sup>

本研究では、希薄燃焼や内部 EGR を用いた場合の噴霧燃焼改善に関する指針を得るために、噴霧燃焼特性に及ぼす噴霧方式(単噴霧方式、対向噴霧方式<sup>4),5)</sup>)の影響について検討を行い、併せて最適噴霧条件に関する考察を行った。

### 2. 実験装置および方法

#### (1) 実験装置

Fig.1 に本研究で使用した装置の概略図を示す。本装置は燃焼容器、噴射装置、点火装置から構成されている。燃焼容器は内径 80mm、長さ 100mm の円筒形で、燃焼観測用イオンプローブ、点火プラグ、圧力ピックアップセンサー、吸排気用コック及び噴射ノズルが設けられている。また、点火用鋼線の長さを調整することにより、火花点火位置を燃焼容器中心から壁面近傍まで変化させることが可能となっている。燃焼室側面に取り付けられた対向噴霧用スリーブによってノズル間距離の調整も出来る構造となっている。噴射装置は、モーター、シャフト、カム、噴射ポンプ、噴射ノズル、タイマー及びスイッチから構成されている。

噴霧装置は実機に近づける為に、小型ディーゼル機関(ヤマハ株式会社、HA4B-K)用カム、噴射ポンプ、噴射ノズルを用いた。本研究では対向噴霧方式を実現する為に2機の噴霧装置を作成した。本装置はポンプとカムの位置調整を行うことにより噴霧量を調節することが可能となっている。点火装置は、自動車用を流用した火花点火方式が用いられた。

#### (2) 実験方法

以下に示す条件で実験が行われた。プロパン-空気混合気は、当量比  $\phi = 0.65, 0.7, 0.75, 0.8$  にそれぞれ設定し、噴霧方式は、単噴霧、対向噴霧の2種類で測定した。また、総括当量比  $\Phi$  は、 $\Phi = 1.3, 1.4, 1.5$  にそれぞれ設定した。単噴霧と対向噴霧は、噴霧方式の違いによる燃焼特性を比較するために、噴霧量を同量とした。実験は、室温、大気圧下と加圧下(2気圧:絶対圧力)で行われ、噴霧燃料として、特級 n-ヘキサデカン( $C_{16}H_{32}$ )を使用した。プロパン-空気混合気中に燃料を噴霧し、火花点火を行い、圧力ピックアップセンサーからの信号をアンプで増幅し、PCD を用いて PC で最高燃焼圧力と全燃焼時間を観測した。また、本研究では単噴霧方式と対向噴霧方式を用いた燃焼実験を行う際、着火性の向上の為に点火部である中心部の燃料濃度を濃くすることにより、擬似的な成層燃焼場を再現した。

### 3. 実験結果及び考察

Fig.2 に大気圧下での各プロパン-空気混合気の当量比(n-ヘキサデカン燃料噴射前に燃焼容器に導入されているプロパン-空気

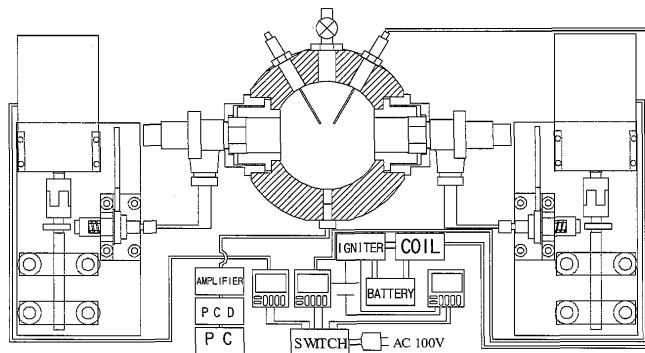


Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus

混合気の当量比:以後、プロパン-空気混合の当量比と呼ぶ)に対する最高燃焼圧力を、総括当量比(n-ヘキサデカン噴射後の混合気換算当量比:以後、総括当量比と呼ぶ)及び噴射方式パラメータとして示す。この図から明らかなように、プロパン-空気混合気の当量比の増加に伴い、両噴霧方式とも最高燃焼圧力が増大しているが、同一総括当量比で噴射方式別に比較するとプロパン-空気混合気の当量比  $\phi = 0.65, 0.7$  において若干の差のみ観測された。これは、本実験で用いられた噴射ポンプがより高圧下での使用を考慮して設計されている為、大気圧化では対向噴霧させても壁面に燃料が付着する為に、いずれの噴射方式においても大きな差が発生しなかったと考えられる。

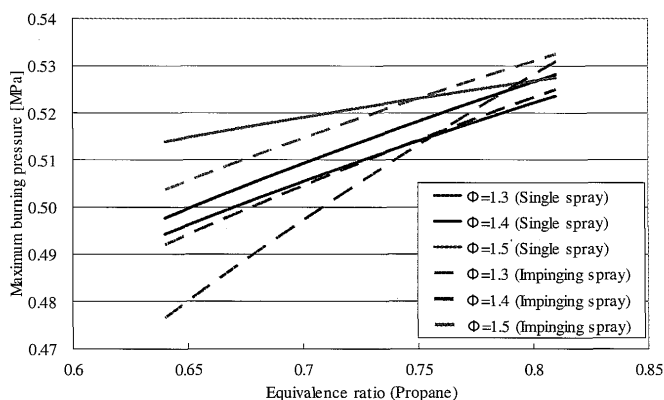


Fig.2 Maximum burning pressure (1 atm)

Fig.3に2気圧での各プロパン-空気混合気の当量比に対する最高燃焼圧力を、総括当量比及び噴射方式をパラメータとして示す。この図から明らかなように、プロパン-空気混合気の当量比の増加に伴い、両噴霧方式で最高燃焼圧力も増大している。また、対向噴霧方式での最高燃焼圧力は、同一総括当量比で単噴霧させた場合よりも著しく増大している。対向噴霧を行う事により単噴霧と比較して噴霧燃料の微粒化が促進し、燃焼が改善されたと考えられる。

Fig.4に大気圧での各プロパン-空気混合気の当量比に対する火炎伝播速度を、総括当量比をパラメータとして示す。ここでの

火炎伝播速度は、点火位置(燃焼容器中心)から、15mm 及び 25mm における火炎到達時間の差異から算出されたものであり、容器内の圧力上昇はほぼ無視できる、初期火炎伝播領域におけるものである。この図から明らかなように、火炎伝ば速度は同一総括当量比において対向噴霧方式の方が単噴霧方式より著しく増大している。これは、先の最高燃焼圧力において大気圧下で対向噴霧方式による大きな燃焼促進効果を得られなかったが、中心付近の噴霧では微粒化促進効果により、火炎伝播速度が増大したものと考えられる。

Fig.5に2気圧での各プロパン-空気混合気の当量比に対する火炎伝播速度を、総括当量比をパラメータとして示す。この図から明らかなように、総括当量比 $\Phi=1.4, 1.5$ において、すべてのプロパン-空気混合気の当量比の条件で対向噴霧方式は単噴霧方式よりも火炎伝播速度が増大している。これは、対向噴霧により初期火炎伝播領域においても微粒化促進効果により最適な燃焼場が形成されたためと考えられる。また、同一総括当量比において、*n*-ヘキサデカンの噴霧量が少ないプロパン-空気混合気の当量比 $\phi=0.75, 0.8$ においても火炎伝播速度が増大している点から、対向噴霧方式を用いた場合、燃焼に最適なプロパン-空気混合気の当量比と *n*-ヘキサデカンの噴霧量が存在すると考えられる。また、霧団気圧力増大の火炎伝播速度に及ぼす影響は、初期圧力の増大に伴って火炎伝播速度は減少しており、炭化水素系燃料の燃焼速度に及ぼす霧団気圧力の影響と一致している。すなわち、対向噴霧方式を用いた場合には、燃焼初期の段階では、火炎伝播速度は混合気の霧団気圧力に依存し、燃焼末期においては対向噴霧による微粒化促進効果により、増大するものと考えられる。

Fig.6に総括当量比 $\Phi=1.5$ 、プロパン-空気混合気 $\phi=0.8$ の条件における点火開始からの時間変化に対する熱発生率の変化を示す。ここでの熱発生率とは燃料の燃焼による熱発生率の時間的変化と定義した。また、以下の式を用いて熱発生率を算出した。

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{C_v}{R} V \frac{dP}{dt}$$

ここで、

Q: 燃焼熱、 $C_v$ : 定容比熱、R: ガス定数、

V: 燃焼容器体積、P: 燃焼圧力、

この図から明らかなように、対向噴霧を用いた場合、単噴霧よりも得られた最高熱発生率は増大し、最高値に達するまでの時間は減少している。これは、対向噴霧を用いることによって微粒化が促進されたことによるものと考えられ、先の火炎伝播速度の結果とも一致している。

#### 4. 結論

対向噴霧方式を用いた、噴霧の微粒化促進の燃焼特性に及ぼす影響について検討を行った。本研究で得られた結果を以下に示す。

- (1) 加圧下では対向噴霧方式を用いた場合の最高燃焼圧力は、単噴霧方式を用いた場合よりも著しく増大する。
- (2) 初期火炎伝播領域においても対向噴霧により微粒化促進効果が得られる。
- (3) 対向噴霧方式を用いた場合の燃焼改善には、最適総括当量比が存在する。

#### 参考文献

- (1) 原田・ほか2名, 機論, 67-660, B (2001), 2141-2144
- (2) 西島・ほか2名, 機論, 68-670, B (2002), 1821-1826
- (3) Iwabuchi, Y. et al. : Trial of New Concept Diesel Combustion System, SAE Paper 199-01-0185
- (4) Arai, M. et al. : Inter-impingement process of diesel sprays, ILASS-ASIA-99, P.27-32 (1999)
- (5) Chiba, T. et al. : Inter-Spray Impingement of Two Diesel Sprays, ICLASS200, P.1272-1278 (2000)

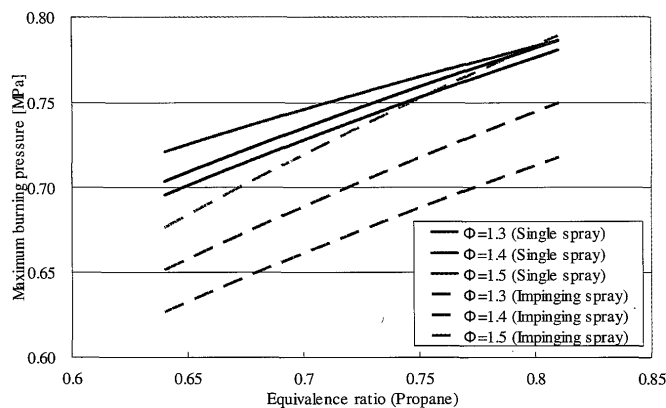


Fig.3 Maximum burning pressure (2 atm)

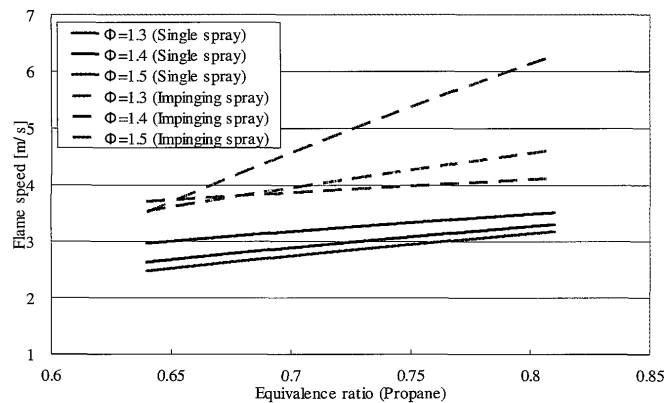


Fig.4 Flame speed (1 atm)

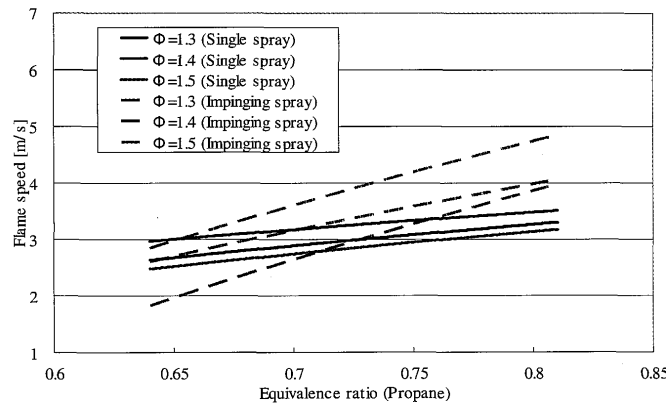


Fig.5 Flame speed (2 atm)

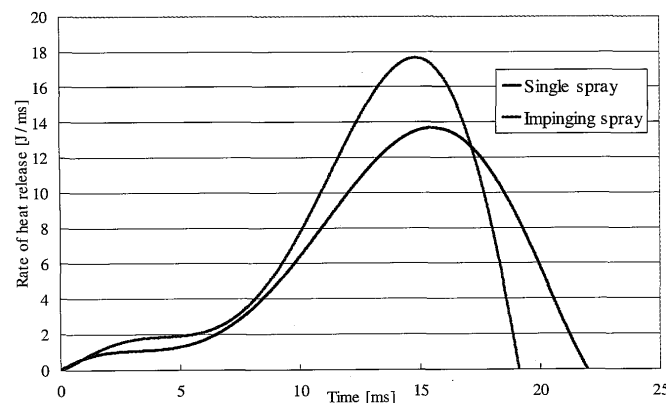


Fig.6 Rate of heat release