

## 457 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

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, Spray combustion, Combustion characteristics

## 1. 結論

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、環境対策としてPM、NO<sub>x</sub>等の排出を極力抑制する必要があり、現在まで、直噴タイプの燃料供給を用いた場合の噴霧構造や燃焼形態に着目した研究も数多く行われている。<sup>1),2)</sup> しかしながら、燃料の燃焼室内への付着に伴う未燃成分の環境負荷への影響も指摘されている。

そこで、本研究ではこれらの点に着目し、対向噴霧方式を用いて、積極的に燃料噴霧の微粒化を促進させることにより、燃焼室内への燃料付着効果を低減させ、さらに対向噴霧を用いた場合の燃焼促進効果について考察を行った。

## 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く為に、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、噴霧なし、単噴霧、対向噴霧の3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)で行われ、噴霧燃料として、特級n-ヘキサデカンを使用した。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に各プロパン-空気混合気の当量比に対する最高燃焼圧

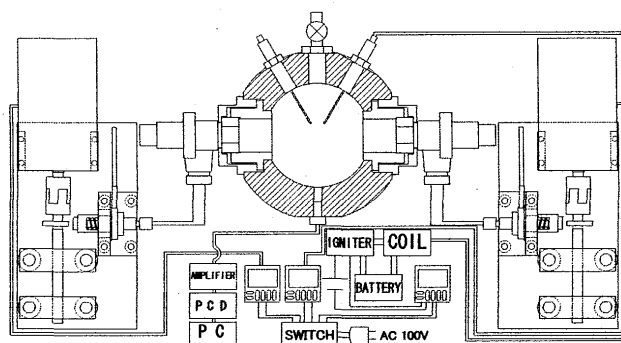


Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus

力を噴霧方式をパラメータとして示す(総括当量比 $\Phi=1.036, 1.087, 1.136$ )。この図から明らかな様に、プロパン-空気混合気の当量比が増加するにしたがって、最高燃焼圧力はほぼ単調に増加する。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。これは対向噴霧を行う事により、単噴霧より、微粒化され、それにより燃焼が促進された為と考えられる。

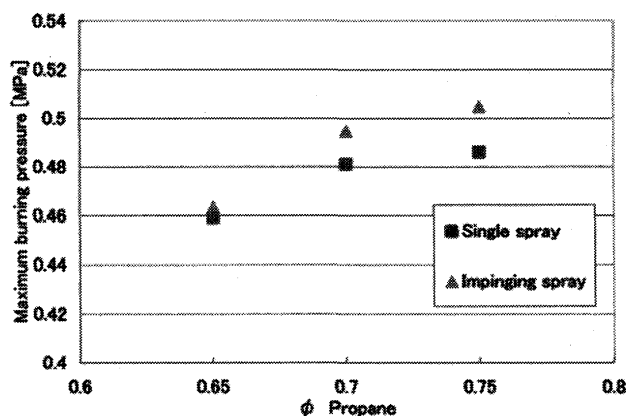


Fig.2 Maximum burning pressure

Fig. 3に対向噴霧を行なった場合の、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)をパラメータとして示す。この図から明らかなように、大気圧下においては、どのプロパン-空気混合気の当量比においても、本実験範囲では全ての総括当量比において、若干ではあるがプロパン-空気混合気のみで燃焼させた場合よりも(図中破線)、最高燃焼圧力は増大している。一方、2気圧下においては、総括当量比 $\Phi=1.5$ の場合においてのみ、著しい燃焼圧力の増大が観察された。すなわち、最高燃焼圧力に及ぼす対向噴霧燃焼の燃焼促進効果は、雰囲気圧力に強く依存してい

ることがわかる。

Fig. 4, 5 に大気圧下及び 2 気圧での、プロパン-空気混合気の当量比に対する全燃焼時間を総括当量比をパラメータとして示す。ここでの全燃焼時間とは、点火から最高燃焼圧力が得られるまでの時間と定義した。この図から明らかなように、大気圧下及び 2 気圧とも、総括当量比  $\phi=1.5$  において著しい全燃焼時間の減少が観察された。一方、雰囲気圧力の全燃焼時間に及ぼす影響に着目すると、同一総括当量比においては、雰囲気圧力の増加に伴って全燃焼時間は、減少する傾向が観察された。これは、密度増加による微粒化促進効果によるものと考えられる。

Fig. 6, 7 に先と同様に、大気圧下及び 2 気圧でのプロパン-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、先の全燃焼時間と同様に大気圧下及び 2 気圧下とも火炎伝播速度は総括当量比  $\phi=1.5$  において最大となっており、初期火炎伝播の段階においても、総括当量比  $\phi=1.5$  においては、良好な燃焼場が得られていると思われる。また、雰囲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雰囲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雰囲気圧力に依存し、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。

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) 対向噴霧方式を用いた場合の最高燃焼圧力は、単噴射方式を用いた場合よりも著しく増大する。
- (2) 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。
- (3) 対向噴霧方式を用いた場合の火炎伝播促進効果は、燃焼初期段階においては雰囲気圧力に依存する。

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) 水谷幸夫 燃焼工学 (2002), 156, 157, 森北出版株式会社

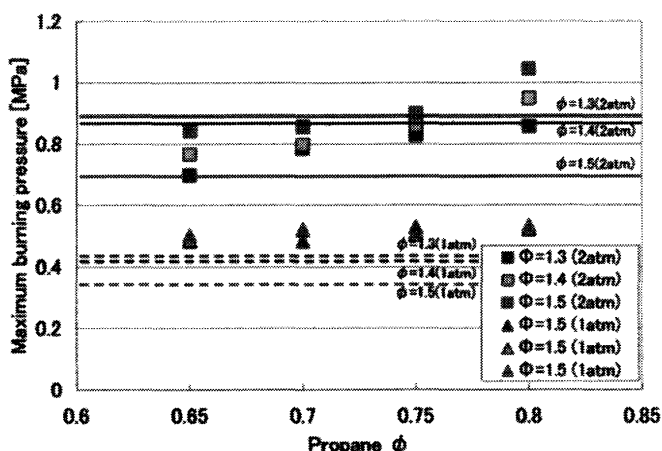


Fig.3 Maximum burning pressure (1 atm, 2 atm)

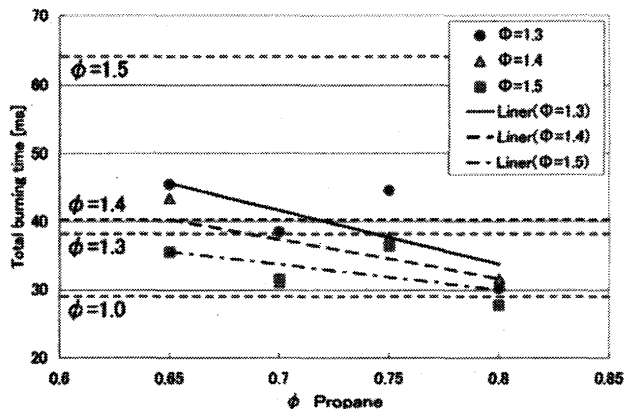


Fig.4 Total burning time (1 atm)

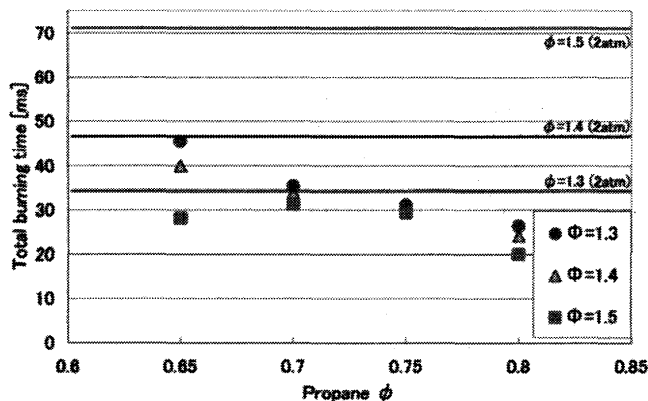


Fig.5 Total burning time (2 atm)

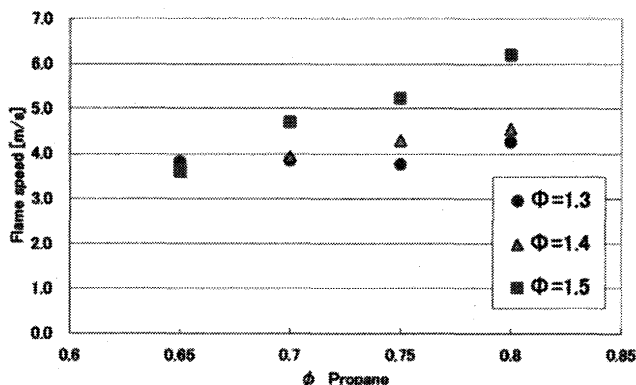


Fig.6 Flame speed (1 atm)

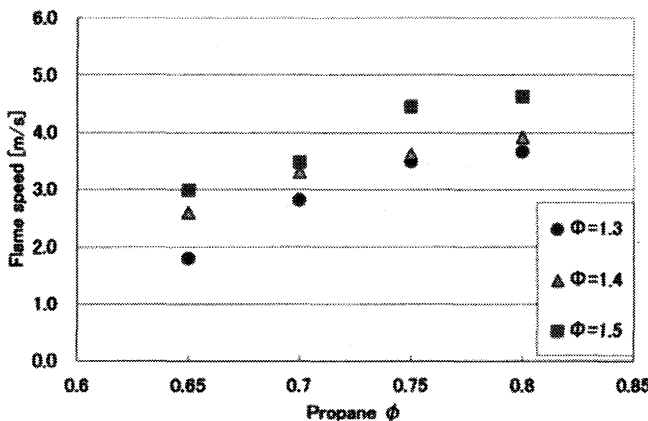


Fig.7 Flame speed (2 atm)