

21810 対向噴霧方式を用いた噴霧燃焼特性に関する研究(熱工学(1))

牧野, 幸一 / KAWAKAMI, Tadashige / MAKINO, Kouichi / 川上, 忠重

(出版者 / Publisher)

日本機械学会関東支部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

日本機械学会関東支部総会講演会講演論文集 / 日本機械学会関東支部総会講演会講演論文集

(号 / Number)

13

(開始ページ / Start Page)

519

(終了ページ / End Page)

520

(発行年 / Year)

2007-03-15

21810 対向噴霧方式を用いた噴霧燃焼特性に関する研究

A study of spray combustion characteristics by impinging injection

○学 牧野 幸一 (法大院) 正 川上 忠重 (法大工)

Kouichi Makino, 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

A major source of air pollution is internal combustion engines. Especially, compression ignition engines in today's automobiles contribute the most to particulate emission and soot, and it is recognized that these emissions have a detrimental effect on human and earth environment. So improvement of spray combustion for diesel engines is of urgent necessity.

Experiments have been conducted to obtain essential data on spray combustion are influenced by impinging injection in a closed vessel. The effect of the impinging injection on maximum burning pressure, total burning time and mean flame speed is investigated at condition of 300K of initial temperature and 0.1MPa of initial pressure.

Keywords : spray , impinging injection , maximum burning pressure , flame speed

1. 結論

近年、化石燃料やエネルギーの大量消費によって環境汚染が深刻化している。その中でも自動車から排出されるNO_x、CO₂、SO_x、HC、PM などによる環境被害が問題となっている。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_x等の排出を極力抑制する必要がある。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^{1),2)}。しかしながら、噴霧燃料の燃焼室内への付着に伴い未燃成分が発生してしまい、環境負荷への影響も指摘されている。また、成層燃焼を利用した希薄燃焼の研究も数多く行われており、有害排出物の低減がより一層求められている。

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ることにより、積極的に噴霧燃料の微粒化を促進させ、燃焼室内の燃料付着効果の低減を図り、さらに燃焼促進効果に対する影響について検討を行なった。

2. 実験装置及び実験方法

Fig. 1 に本研究に用いられた実験装置の概略図を示す。本体は主に燃焼容器、噴霧装置、点火装置、遅延回路及びデータサンプリング制御系から構成されている。燃焼容器は、内径 160mm、長さ 120mm の円筒形 (内容積約 2500cc) で、圧力ピックアップ、噴霧装置、火炎伝播観察用イオンプローブ及び吸排気用コックが取り付けられている。また、噴霧装置は、燃料供給用燃料タンク、噴霧量調整燃料ポンプ、インジェクター、噴霧タイミング調整遅延回路等から構成されており、噴霧量調整燃料ポンプ内の圧力を燃料供給バイパス管の開閉開度を調整することにより、噴霧量を調整することが可能となっている。なお、点火は汎用の自動車用リレー回路を利用した、火花点火方式が採用された。実験に際してまず、燃焼容器内を真空にした後、燃焼容器内にあらかじめ作成しておいた所定のプロパン-空気混合気を導入する。つぎに、マニュアルスイッチを投入することにより、燃焼室内への燃料噴霧が開始させられ、遅延回路を介して火花点火が行なわれることにより、成層燃焼場を模擬した燃焼場での燃焼特性が観察することが可能である。実験は室温・大気圧で行なわれ、噴霧燃料として n-ヘキサデカン (C₁₆H₃₄) が使用された。ここで、噴霧量の測定は実験装置の制約により、積算噴霧量を噴霧回数 (50 回) で除した値を用いた。本実験での燃焼特性は、最高燃焼圧力、全燃焼時間及び平均火炎伝播速度等が観察された。本研究では、3つの噴霧方式を採用した。1) 単噴霧方式 (単一ノズルによる燃焼室壁面方向への噴霧) 2) 壁面噴霧方式 (燃焼室中心から左に 10mm の場所に一辺 40mm の正方形のアルミ板を設置し、このアルミ板に向かって噴霧する) 3) 対

向噴霧方式 (燃焼室の左右に設置されたインジェクター一両方を用いて、燃焼室中心方向に噴霧する) である。

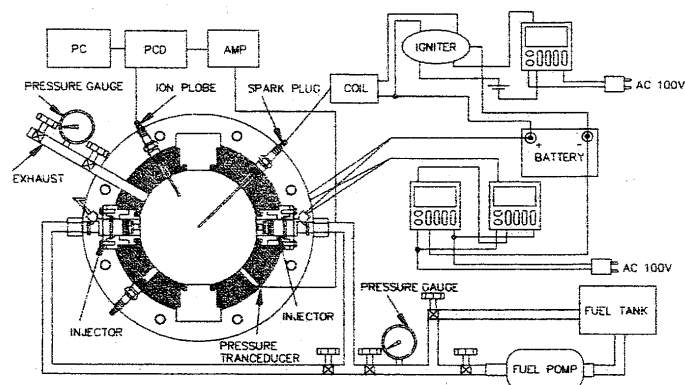


Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus

3. 実験結果及び考察

Fig. 2 に単噴霧方式を用いた場合の噴霧前のプロパン-空気混合気の当量比に対する最高燃焼圧力を、噴霧後の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、どの総括当量比においても噴霧前のプロパン-空気混合気の当量比の理論量論比側への移行に伴って、最高燃焼圧力は増大している。また、総括当量比 $\phi = 0.9$ の場合に注目してみると、どの噴霧前プロパン-空気混合気を用いた場合においても、最高燃焼圧力は最大となっている。これは、成層燃焼場を用いる場合には、燃焼容器内の混合気層の占める割合が重要であることを示唆している。また、得られた最高燃焼圧力はプロパン-空気混合気のみで燃焼させた場合よりも著しく減少している。これは、単噴霧方式では、微粒化及び燃焼場に与えられた乱れの影響による燃焼促進効果が低下し、さらに燃料の燃焼室壁面への付着による熱損失増大による火炎温度低下に起因するものである。また、本実験範囲では壁面噴霧方式および対向噴霧方式を用いた場合、単噴霧方式を用いた場合と比較して最高燃焼圧力は増大することが確認されており、単噴霧方式 < 壁面噴霧方式 < 対向噴霧方式の順に最高燃焼圧力は増加する。

Fig. 3 に、対向噴霧方式を用いた場合の噴霧前のプロパン-空気混合気の当量比に対する全燃焼時間を、噴霧後の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、どの総括当量比においても、噴霧前のプロパン-空気混合気の当量比の理論量

論比側への移行に伴って、全燃焼時間は単調に減少している。また、対向噴霧方式を用いた場合には、総括当量比が理論量論比付近での燃焼において、全燃焼時間に大きな差異は観察されなかった。これは、どの総括当量比においても燃料の微粒化が促進し、燃焼が改善したためと考えられる。また、単噴霧方式および壁面噴霧方式を用いた場合においても噴霧前プロパン-空気混合気の当量比の理論量論比側への移行に伴って、全燃焼時間は減少し、どの噴霧前プロパン-空気混合気当量比においても、総括当量比 $\Phi = 0.9$ の場合が最小値となる結果が得られており、先の最高燃焼圧力の結果と一致している。

Fig. 4 に、希薄総括当量比領域における各噴霧方式を用いた場合の噴霧前のプロパン-空気混合気の当量比に対する平均火炎伝播速度を、噴霧方式をパラメータとして示す。ここでの平均火炎伝播速度とは、燃焼室中心から壁面までの距離を全燃焼時間で除した値と定義した。この図から明らかのように、どの噴霧方式においても、噴霧前のプロパン-空気混合気当量比の理論量論比側への移行に伴って単調に増加している。また、どの噴霧前プロパン-空気混合気の当量比においても、平均火炎伝播速度の大きさは、単噴霧方式<壁面噴霧方式<対向噴霧方式となり、先の最高燃焼圧力の結果と同様に、対向噴霧方式の燃焼促進効果の有効性が示唆される。これは、対向噴霧方式の採用による微粒化促進と、対向噴霧による乱れの発生による火炎表面積の増大に起因しているものと考えられる。

Fig. 5 に、各総括当量比に対する平均火炎伝播速度上昇率 I_f を示す。ここでの平均火炎伝播速度上昇率は、以下の式から算出された。

$$I_f = \frac{S - S_s}{S} \times 100$$

ここで、 S : 各噴霧方式での平均火炎伝播速度

S_s : 単噴霧方式での平均火炎伝播速度

この図から明らかのように、どの総括当量比においても壁面噴霧方式と比較して対向噴霧方式を用いた場合、平均火炎伝播速度上昇率が高いことがわかる。また、希薄側および過濃側へ移行するに従い、平均火炎伝播速度上昇率は増大している。特に、過濃側での平均火炎伝播速度上昇率の値が高い点については、単噴霧方式において燃料の壁面への付着によって平均火炎伝播速度が減少したためと考えられる。さらに、壁面噴霧方式および対向噴霧方式における過濃領域においては、噴霧直後に熱解離を考慮した場合の最適当量比(本実験では総括当量比 $\Phi = 1.2$ 付近)の混合気領域が発生し、その選択火炎伝播により熱損失が低下したためと考えられる。

今後、多点噴霧方式、多点点火方式の燃焼特性に及ぼす影響についても詳細に検討を行なう予定である。

4. 結論

本実験では、プロパン-空気混合気中に n-ヘキサデカン噴霧させた場合の燃焼特性について検討を行なった。以下に結果を示す。

- (1) 最高燃焼圧力および平均火炎伝播速度は、プロパン-空気混合気当量比の理論量論比側への移行に伴って増大する。
- (2) 対向噴霧方式は、単噴霧方式および壁面噴霧方式よりも噴霧燃料液滴の微粒化の促進による燃焼促進効果が増大する。
- (3) 対向噴霧方式を用いることにより、選択火炎伝播が可能となる。

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

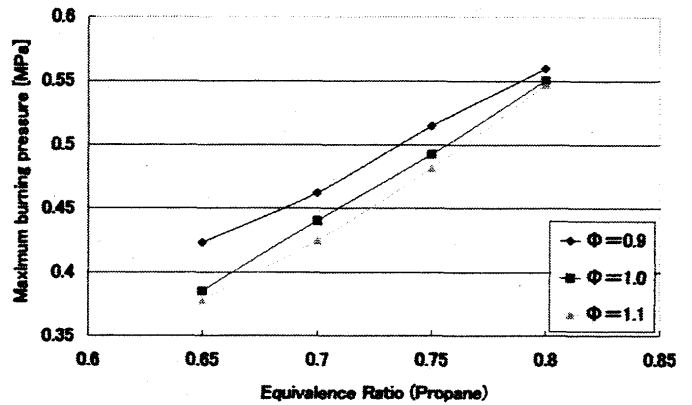


Fig.2 Maximum burning pressure (Total equivalence ratio $\Phi=0.9, 1.0, 1.1$)

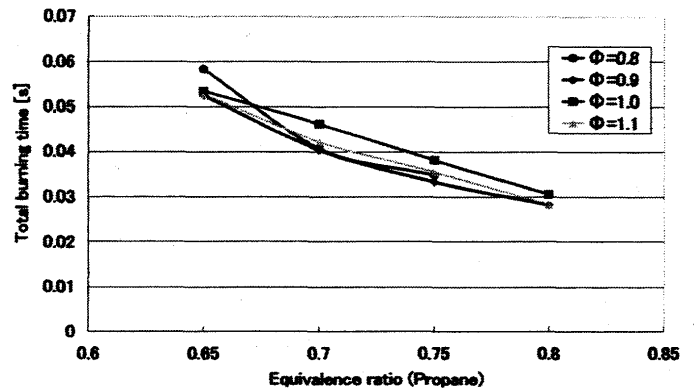


Fig.3 Total burning time (Total equivalence ratio $\Phi=0.8, 0.9, 1.0, 1.1$)

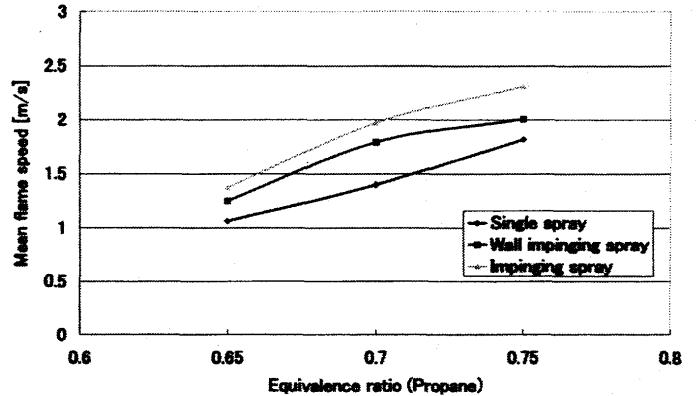


Fig.4 Mean flame speed (Total equivalence ratio $\Phi=0.8$)

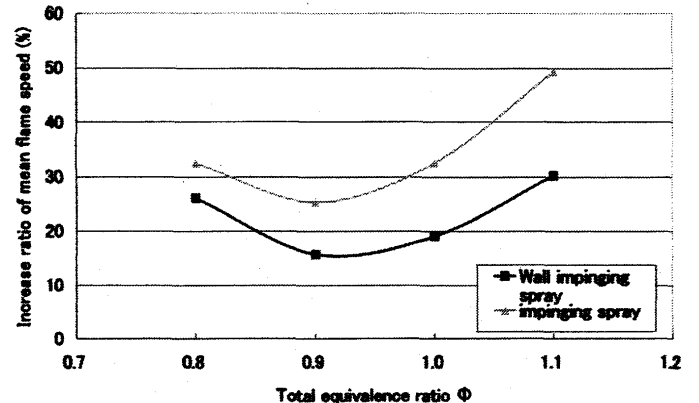


Fig.5 Increase ratio of mean flame speed