

902 密閉容器を用いた希薄炭化水素：空気混合気の燃焼特性に及ぼす液体燃料噴射の影響について(応用熱工学I)

川上, 忠重 / KAWAKAMI, Tadashige / TAKAHASHI, Takuya / 高橋, 拓也

(出版者 / Publisher)

日本機械学会関東支部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

山梨講演会講演論文集 / 山梨講演会講演論文集

(開始ページ / Start Page)

245

(終了ページ / End Page)

246

(発行年 / Year)

2007-10-19

902 密閉容器を用いた希薄炭化水素—空気混合気の燃焼特性に及ぼす液体燃料噴射の影響について

Influence of liquid fuel injection on combustion characteristics for lean hydrocarbon-air mixtures in a closed vessel

○学 高橋 拓也 (法大院) 正 川上 忠重 (法政大)

Takuya Takahashi, Faculty of Engineering Hosei University, Kajino-cho 3-7-2, Koganei-shi Tokyo

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

Key Words : Single injection, Fuel multiplies combustion, Spray combustion

1. 結論

近年、エネルギー及び資源の大量消費により、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も問題となり環境規制が厳しくなっている。例えば排出ガス規制には、NO_x, SO_x, HC および PM 等があり、これらの環境汚染物質の排出の抑制及び、低燃費のエンジン開発が内燃機関には求められている。^{1) 2) 3)}

そこで本研究では希薄燃焼を利用した、能動的燃焼制御手法を確立するために、まず手始めとして、希薄混合気中に液体燃料を噴霧させた場合の最高燃焼圧力、全燃焼時間に及び、火炎伝播速度等を観察し、併せてそれらの燃焼特性に及ぼす混合気当量比、燃料噴射時期の影響についても考察を行った。

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。また、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（ヤンマー株式会社、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機の噴霧装置が設置可能となっており、また、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できる。点火装置は、自動車の構造とほぼ同じで、タイマー、バッテリー、イグナイター、コイル、スイッチで構成されている。

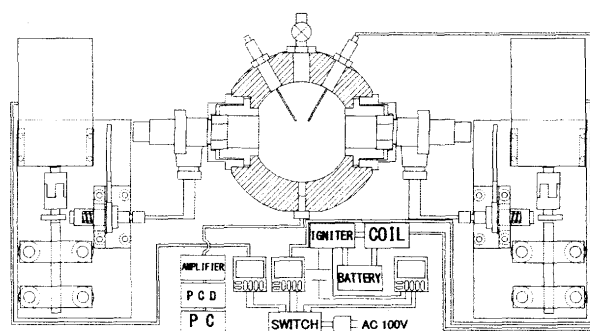


Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus

(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、対向噴霧で測定した。また、燃料噴霧後の密閉容器内の総括当量比は $\phi_c = 1.3 \sim 1.7$ に設定した。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。本実験は、室温、大気圧下で行われ、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、火花点火を行い、タイマーを用いて 10ms~40ms まで燃料の噴射タイミングを遅延させた後、燃料を噴霧し、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。

3. 実験結果及び考察

Fig. 2 に点火から液体燃料噴射開始までの遅延時間に対する最高燃焼圧力を、総括当量比をパラメータとして示す。なお、図中の ϕ は、予め密閉容器内に導入されたプロパン—空気混合気の当量比である。この図から明らかなように、 $\phi = 0.65$ の場合には、どの総括当量比においても、点火直後に燃料を噴射させた場合の最高燃焼圧力は噴射時期を遅延させた場合よりも大きく、燃料噴射による火炎伝播の促進効果は観察されなかった。一方、 $\phi = 0.7$ の場合においては、遅延時

間 30ms において著しい燃焼促進効果が観察された。これは、進行火炎面に直接液体燃料を噴霧し、二段階燃焼を利用した燃焼促進効果を実現するためには、ある程度の火炎温度が必要であることが示唆される。したがって、 $\phi = 0.65$ の場合には、液体燃料噴霧による気化潜熱による影響が、噴霧による燃焼促進効果よりも支配的となり、著しい燃焼促進効果が観察されなかったと思われる。

Fig. 3 に火炎伝播に及ぼす燃焼促進効果を評価するために、 $\phi = 0.7$ における点火から液体燃料噴射開始までの遅延時間に対する平均火炎伝播速度を、総括当量比をパラメータとして示す。ここでの平均火炎伝播速度とは、本研究ではある程度の球状火炎伝播が実現されているため（直接写真による火炎伝播観察）、円筒形密閉容器の半径を点火から最高燃焼圧力が観察された全燃焼時間で除した値を用いた。なお、当然、火炎伝播による未燃混合気温度・圧力変化を含んだ条件であることを明記しておく。この図から明らかなように、 $\phi = 0.7$ の総括当量比 $\phi_c = 1.6$ においては、遅延時間 30、40 ms での平均火炎伝播速度も著しく増大し、また、総括当量比の理論量論比例への移行に伴って、どの遅延時間においても平均火炎伝播速度は減少している。これは二段燃焼を利用した燃焼促進効果には、最適な噴射タイミングおよび燃料分布が必要であり、選択火炎伝播理論とも一致する。

Fig. 4 に点火からの時間に対する熱発生率を、液体燃料噴射までの遅延時間をパラメータとして示す。なお、ここでの実験条件は、 $\phi_c = 1.6$ 、 $\Phi = 0.7$ （一定）とした。また、熱発生率は以下の式を用いて算出した。

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{C_v}{R} V \frac{dP}{dt} \quad (1)$$

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、本実験範囲内においては、同一総括当量比において二段燃焼方式を用いた場合、熱発生率のピーク観察時間は若干遅延するものの、急速燃焼が実現されていることがわかる。この熱発生率のピークの観察時間の遅延は本実験で得られている全燃焼時間の結果とも一致している。今後、さらなる急速燃焼の実現のために、最適噴霧条件および対向噴霧による二段燃焼制御についても検討を行う予定である。

4. 結論

本研究では単噴霧方式を用いて希薄炭化水素-空気混合気の進行火炎面に、液体燃料を直接噴霧させたときの燃焼促進効果についての検討を行った。以下に結論を示す。

- 1) 二段燃焼方式を用いることにより、急速燃焼の実現が可能である。
- 2) 二段燃焼方式による燃焼制御には、最適な噴射条件が存在する。

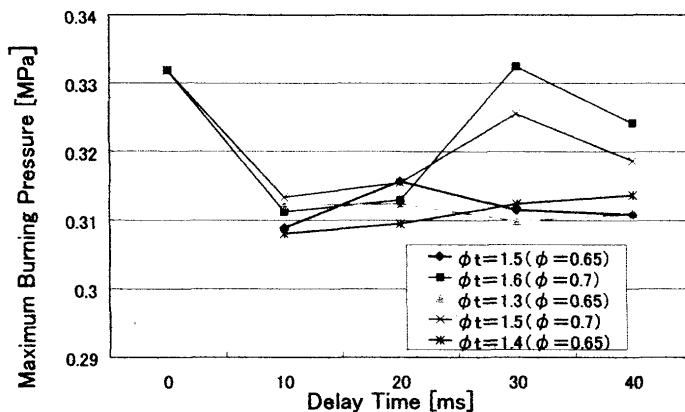


Fig.2 Maximum burning pressure

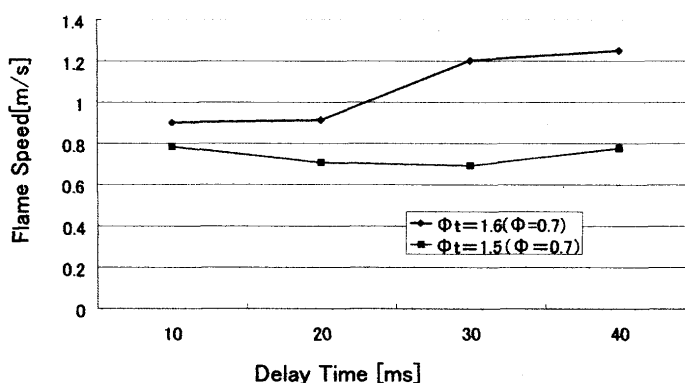


Fig.3 Flame speed

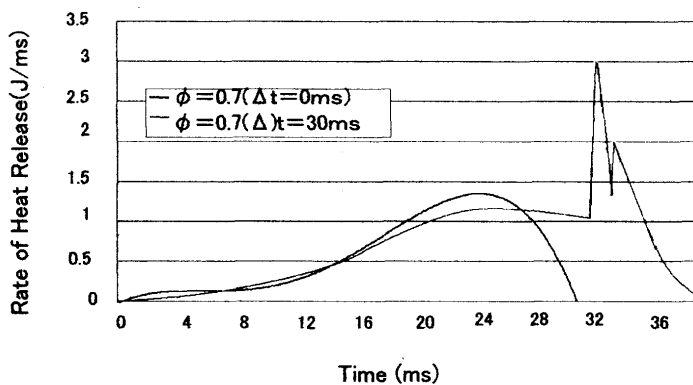


Fig.4 Rate of heat release ($\Phi t = 1.6, \phi = 0.7$)

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