

407 エタノール燃料液滴群を含むプロパン： 空気混合気の燃焼特性に及ぼす点火位置の影響 (熱工学 I, 2. 学術講演)

千野, 道洋 / KAWAKAMI, Tadashige / CHINO, Michihiro / 川
上, 忠重

(出版者 / Publisher)

日本機械学会東北支部

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

日本機械学会東北支部総会・講演会講演論文集 / 日本機械学会東北支部総会・講演会講演論文集

(巻 / Volume)

2005

(号 / Number)

40

(開始ページ / Start Page)

150

(終了ページ / End Page)

151

(発行年 / Year)

2005-03-15

エタノール燃料液滴群を含むプロパン-空気混合気の 燃焼特性に及ぼす点火位置の影響

Influence of ignition position on the combustion characteristic
of propane-air mixture with ethanol fuel droplets

○学 千野 道洋 (法大院) 正 川上 忠重 (法政大)

Michihiro CHINO, 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

1. 結論

近年、エネルギー資源の大量消費による酸性雨や地球温暖化など、地球規模での環境問題が深刻化しており、省資源と環境保全の観点からガソリン機関に対する低燃費、高効率などの性能要求はより厳しくなっている。それに伴い、希薄混合気を用いた成層燃焼場のシミュレーションや実機を用いた研究が多くの研究者によって行われている。^{1,2)}しかし、実機を用いた場合には、燃焼室容積の制限から燃焼安定性の問題や混合気流動による燃焼特性への影響が指摘されている。³⁾そこで本研究では成層燃焼場の燃焼特性を正確に把握するために、希薄プロパン-空気混合気中に液体燃料を直接対向噴霧させることで擬似的な成層燃焼場を実現させ、その燃焼特性を観察することにより、それらに及ぼす点火位置の違いによる影響について検討を行った。

2. 実験装置および実験方法

(1) 実験装置

本実験では対向型噴霧方式が用いられた。実験装置は主に燃焼容器、点火装置、バッテリー、圧電式圧力ピックアップセンサー(ピエゾ式)、液体燃料導入用電磁弁、噴射ノズル、タイマーおよび圧縮空気タンク等により構成されている。本実験で用いられた燃焼容器は内径 130mm 長さ 130mm の円筒形でその内容積は約 1725cm³である。Fig. 1 に実験装置の概略図を示す。

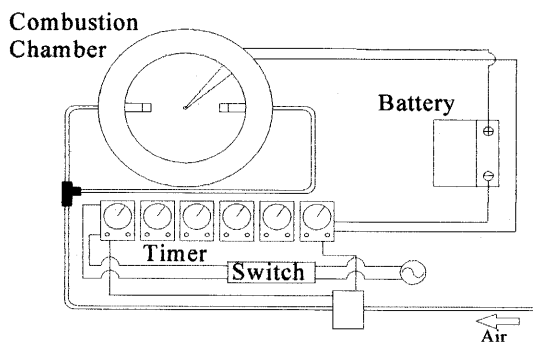


Fig. 1 Experimental Apparatus

(2) 実験方法

まず、予め設定された当量比のプロパン-空気混合気を燃焼容器内に導入した後、噴霧用の液体燃料(エタノール: C₂H₅OH 沸点 78.3°C)を液体燃料注入口にシリンジを介して所定量を注入する。次に、点火スイッチを投入することによりタイマーを介して点火用ニクロム線の赤熱、およびプロパン-空気混合気中へのエタノールの噴霧が開始させられる。なお、本実験では対向型噴霧を行うため、中心軸上に2個の噴射ノズルを水平に対向させて設置した。この噴射間距離は110mmである。点火用のニクロム線位置は、壁面より30mmから60mmの間を5mm間隔で変更させた。例えば、壁面より60mmの位置で燃焼容器の中心部となる。また、プロパン-

空気混合気にエタノールを噴霧したときの総括当量比 Φ を $\Phi=0.7$ になるようにプロパン-空気混合気の当量比によって、エタノール注入量を変化させた。使用したプロパンの燃料純度は99.9%、液体燃料は特級である。また、空気組成の代用として、乾燥空気(酸素21vol%、窒素79vol%)が用いられ、実験は室温、大気圧下で行った。

3. 実験結果および考察

本実験において、 ϕ :燃料噴霧前の定容容器に導入されたプロパン-空気混合気の当量比、 Φ :エタノール噴霧後の計算された総括当量比と定義した。

Fig. 2 に総括当量比 $\Phi=0.7$ でエタノールを30 μ l、60 μ l噴霧した場合の最高燃焼圧力を当量比 $\phi=0.7$ プロパン-空気混合気を予混合燃焼させたときの最高燃焼圧力を基準とした圧力比に換算したものを、点火栓の位置をパラメータとして示した。このグラフから明らかのように、エタノールを30 μ l噴霧した場合の最高燃焼圧力は $\phi=0.7$ プロパン-空気混合気を予混合燃焼させた場合の約1.7~2.1倍となっており、良好な成層燃焼が実現されている。また、点火位置の変更による最高燃焼圧力の変化については、点火位置が中心部に近づくにつれ、最高燃焼圧力は若干上昇する傾向が観察された。一方、エタノールを60 μ l噴霧した場合には、点火位置が燃焼容器壁面より中心部に移行していくに従って燃焼圧力は上昇していき、35mm付近で最大となり、 $\phi=0.7$ プロパン-空気混合気を予混合燃焼させた場合の約1.7倍の燃焼圧力が確認された。この点よりさらに燃焼容器中心部に近づく燃焼圧力は徐々に低下している。これは、噴霧量が増大した為、噴霧中心部では液滴の微粒化・蒸発が促進されず、液柱に近い状態となり、それにより成層燃焼による燃焼改善効果が低減したためと考えられる。すなわち、対向型噴霧装置を用いた場合には、僅かな噴霧量の変化に伴う最適点火位置が存在する事を示唆している。

Fig. 3 に総括当量比 $\Phi=0.7$ でエタノールを30 μ l、60 μ l噴霧した場合の全燃焼時間をそれぞれ示す。ここで、全燃焼時間はセンサーが圧力上昇を検知してから最高燃焼圧力に達するまでの時間と定義した。エタノールを30 μ l噴霧した場合の全燃焼時間は、多少のばらつきはあるが、 $\phi=0.7$ プロパン-空気混合気を予混合燃焼させた場合の燃焼時間の約70~80%で、約0.07秒前後で最高燃焼圧力に達している。先に述べた最高燃焼圧力と同様に、点火位置が燃焼容器中心部付近の場合には、比較的燃焼時間が短くなっており、良好な成層燃焼場が形成されている。エタノールを60 μ l噴霧した場合には、全燃焼時間は、点火位置が燃焼容器壁面より中心部に近づいていくに従って短くなっていき、30~35mm付近で最短となり、さらに、点火位置を中心に移行させていくと全燃焼時間は増大し、燃焼容器中心付近では $\phi=0.7$ プロパン-空気混合気の燃焼時間より最大約10%長い0.1秒となった。これは、噴射されたエタノールの液滴群が中心部ほど密集しているため、液滴が蒸発して燃料蒸気が発生し、それに着火するまでの着火遅れが増大したことによるものと考えられるが、詳細な検討が必要である。

ここで、Fig. 2 と Fig. 3 を比較してみると点火位置の違いによる最高燃焼圧力と全燃焼時間との間には同一傾向が観察された。エタノールを $30\mu\text{l}$ 噴霧した場合は、両方とも点火位置が燃焼容器壁面より 60mm に位置している場合に良好な値を示しており、点火位置の違いによる最高燃焼圧力と全燃焼時間の変化は、ほぼ同様の傾向が見られる。また、エタノールを $60\mu\text{l}$ 噴霧した場合に着目してみると、壁面より 35mm 付近で最も良い値が得られた。すなわち、成層燃焼場において、中心付近と外周付近に明らかな燃料濃度の差がある場合には、最適な点火位置が中心部より壁面側に移行した位置に存在すると考えられる。

Fig. 4 に、点火位置の違いによる点火確率を総括当量比とエタノール噴霧量をパラメータとして示す。測定方法は、点火位置を 30mm 、 45mm 、 60mm 、総括当量比を $\Phi=0.7$ 、 0.65 、 0.6 、エタノール噴霧量を $30\mu\text{l}$ 、 $60\mu\text{l}$ と変更し、それぞれ 50 回点火スイッチを投入したとき、火炎伝ばの完了が観察された回数により算出した。この図から明らかなように、総括当量比 $\Phi=0.7$ の場合の点火確率はほぼ 100% であり、点火位置が壁面より 30mm の場合のみ数%減少するという傾向が観察された。総括当量比 $\Phi=0.65$ 、 0.6 の場合には、点火位置が中心付近に移行するにつれ点火確率は増大している。総括当量比が小さく、全体の燃料濃度が薄い場合でも、中心付近の燃料濃度は噴霧燃料によって良好な状態であるため、点火確率が増大したものと考えられる。

ここで、総括当量比を一定として、エタノール噴霧量の違いによる点火確率に着目すると、エタノール噴霧量が少ないほど点火確率が若干良くなる傾向が観察された。特に、壁面より 30mm の位置で点火した場合の点火確率の上昇が最も顕著に表れた。これは、噴射量の増加に伴って、比較的点火位置周囲付近において、良好な混合気濃度が与えられにくい条件下においても、積極的に最適化を図ることができる可能性を意味しているが、著しい点火確率の増大条件を詳細に検討する必要がある。今後、噴霧挙動や火炎伝ば速度を観察することにより、対向噴霧方式を用いた場合の最適条件(対向噴霧距離、燃料噴射量)についても詳細に検討を行う予定である。

4. 結論

成層燃焼場を利用し、プロパン-空気混合気中にエタノールを噴霧させ、点火位置を変更した場合の燃焼特性について検討を行った。以下に結果を示す。

- (1) 対向型噴霧方式を用いた場合の最高燃焼圧力は、同一総括当量比でプロパン-空気混合気のみで燃焼させた場合よりも著しく増大する。
- (2) 対向型噴霧方式を用いた場合の全燃焼時間は、同一総括当量比でプロパン-空気混合気のみで燃焼させた場合よりも、ほとんどの条件において減少する。特に噴霧量が多い場合、噴霧中心部より壁面方向に離れた位置に全燃焼時間が最短となる最適な点火位置が存在し、中心付近では予混合燃焼の場合より全燃焼時間は増大する。
- (3) 対向型噴霧装置を用いた成層燃焼場における点火確率は、著しく点火位置に依存する。

参考文献

- 1) 吉田・ほか2名、機論、56-528、B、(1990)、pp.2483-2488
- 2) 菊田・ほか2名、機論、65-633、B、(1999)、pp.1838-1844
- 3) 横井・ほか3名、機論、58-546、B、(1992)、pp.613-618

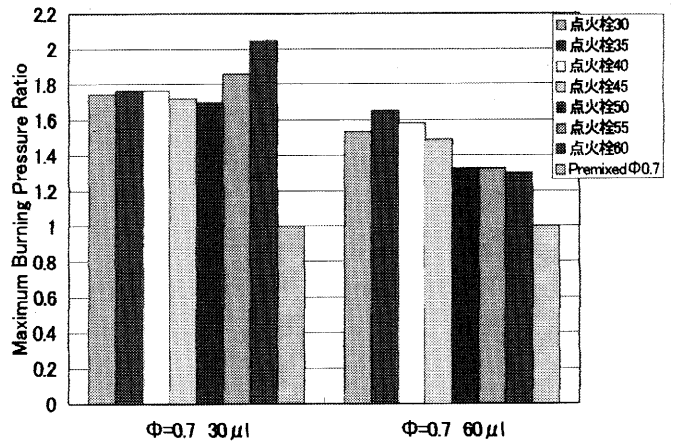


Fig. 2 Maximum Burning Pressure Ratio

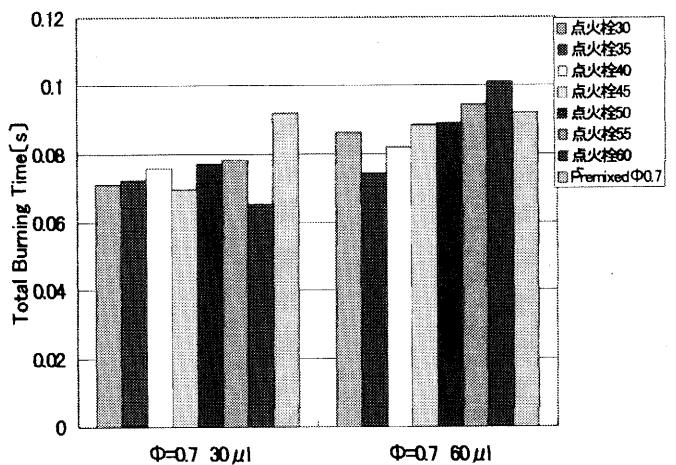


Fig. 3 Total Burning Time

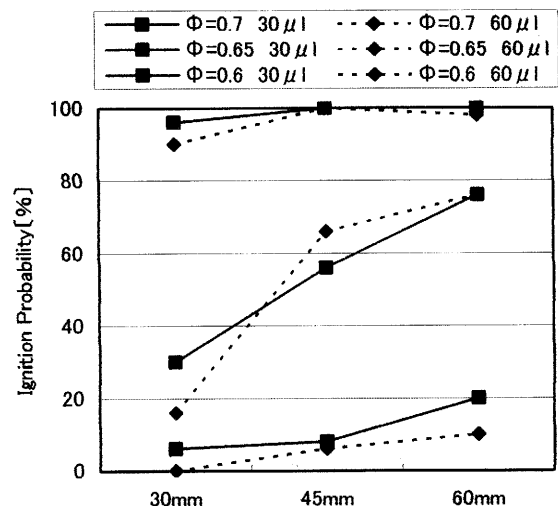


Fig. 4 Ignition Probability