

308 超希薄プロパン：空気混合気の燃焼特性に及ぼす点火エネルギーの影響について (応用熱工学(燃焼・熱機関))

川上, 忠重 / KAWAKAMI, Tadashige / EBISAWA, Yasunori / 海老澤, 寧紀

(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)

69

(終了ページ / End Page)

70

(発行年 / Year)

2004-10-23

308 超希薄プロパン-空気混合気の燃焼特性に及ぼす 点火エネルギーの影響について

Influence of Ignition Energy on Combustion Characteristics of Extremely Lean Propane-Air Mixture

○学 海老沢 寧紀(法大院) 正 川上 忠重(法政大)

Yasunori EBISAWA, Faculty of Engineering Hosei University

Tadashige KAWAKAMI, Faculty of Engineering Hosei University

Key Words: lean Propane-Air Mixture, Flame Speed, Ignition Energy, Combustion Characteristics

1. 緒言

燃焼による熱エネルギーを有効かつ安全に利用するためには、燃焼に対する広い知識が必要である。現在、地球規模での環境問題の観点から、自動車用エンジンをはじめとする内燃機関には、環境汚染物質の低減や省エネルギー化が求められ、それらに有効な手法として希薄燃焼技術が開発、実用化されている。このように希薄領域における燃焼特性の詳細かつ正確な把握は、エネルギー有効活用、また安全工学的見地からも重要である。しかしながら、希薄領域における燃焼は、多くの問題点（着火性の低下、不安定火炎の発生など）を含んでいる。^{1), 2), 3)}

著者らも、これらの観点から超希薄プロパン-空気混合気の希薄可燃限界近傍での燃焼特性の把握に積極的に取り組んでおり、例えば、火炎伝ば速度やセル状火炎発生確率に及ぼす燃料濃度の影響についても検討が行われている。^{2), 3)}

本研究ではこれらの研究成果からつぎの段階として、同様に管内進行火炎伝ば法を用いて、超希薄プロパン-空気混合気の燃焼特性に及ぼす点火エネルギーの影響を把握するために、まず手始めとして高点火エネルギー（80~100J程度）を用いた場合の火炎形状、火炎伝ば速度及び可燃限界等を観察することにより、検討を行った。

2. 実験方法および実験装置

Fig. 1に、本研究で用いた実験装置の概略を示す。その寸法は幅 600 mm×奥行き 410 mm×高さ 230mmで、本体にはアクリル製燃焼管(管内径 70 mm、長さ 400 mm)、8mmビデオカメラ、点火装置、遅延回路及び点火用バッテリー等が搭載されている。燃焼管の点火端側の栓には、燃料注入用および吸気用バルブ、点火装置（ニクロム線）が、他端には排気用バルブがそれぞれ設けられている。

本研究では燃焼特性に及ぼす高点火エネルギーの影響を検討するために、点火用のバッテリー電圧を 24V、ニクロム線抵抗を 4Ω一定とし、通電時間 t を $t=0.5\sim 1.0\text{sec}$ の範囲で変化させることにより、簡易的に点火エネルギーの調整が可能となっている。

なお、本実験に用いられた希薄プロパン-空気混合気は体積流量計を用いて作成され、実験は室温、大気圧下で行われた。燃料は炭化水素系燃料の代表例として、純度 99.9%のプロパン (C_3H_8) を使用した。

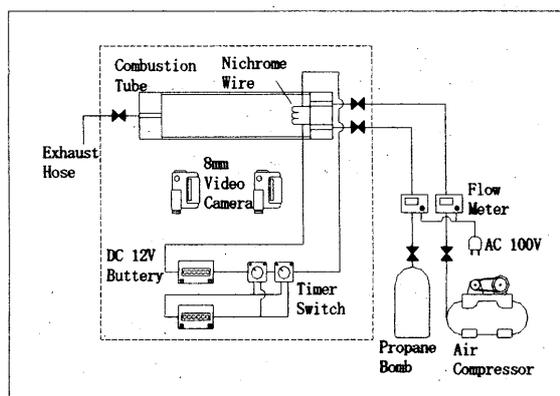


Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus

3. 実験結果および考察

Fig. 2 に、本実験で得られた希薄プロパン-空気混合気の、通常重力下での点火直後の火炎伝ば挙動の代表例を示す。

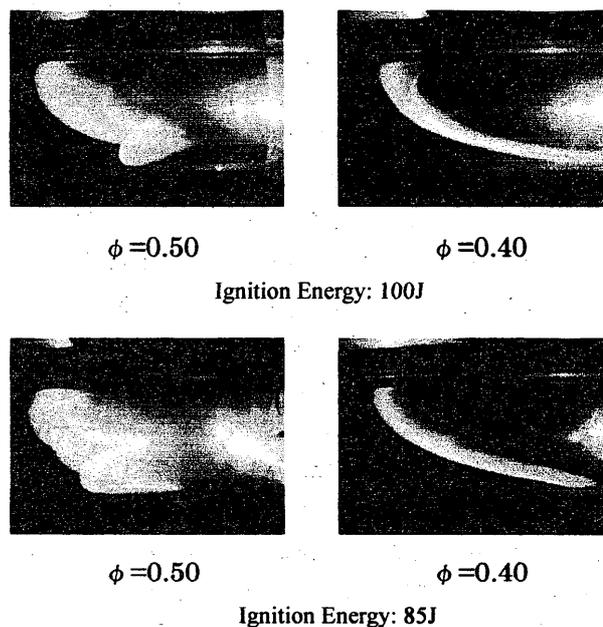


Fig.2 Flame shape

この図から明らかなように、高点火エネルギーを用いた場合 (80~100J) には、室温・大気圧で観察されているプロパン-空気混合気の希薄可燃限界 (当量比 $\phi=0.50$)⁴⁾ より希薄領域においても火炎の発生が観察された。これは、高点火エネルギーを用いたことによる混合気の温度上昇によるものであるが、100J 程度の点火源は、小規模の火災や漏電でも発生可能であるため、その可燃限界に及ぼす影響を詳細に検討することは、安全工学上きわめて重要である。また、本実験範囲内では、高点火エネルギーを用いた場合においても、 $\phi=0.50$ 付近では、火炎先端が複数に分裂したセル状火炎が点火直後の火炎形状から観察された。なお、 $\phi=0.40$ 付近では、高点火エネルギーを用いた場合においては、著しいセル状火炎の発生は観察されなかった。すなわち、セル状火炎の発生には、1600K 程度の火炎温度での火炎発生が必要であり、それ以下では、ルイス数効果の影響が減少するため、セル状火炎が発生しなかったと思われる。

Fig. 3 に、当量比に対する火炎伝ば速度を、点火エネルギーをパラメータとして示す。この図から明らかなように、室温・大気圧下におけるプロパン-空気混合気の可燃範囲内では ($\phi=0.50\sim0.55$)、火炎伝ば速度に及ぼす著しい点火エネルギーの影響は観察されなかった。また、超希薄領域 ($\phi=0.35\sim0.45$) においては、それぞれ、15J 程度の点火エネルギーの増加に伴って、同一当量比において可燃伝ば速度の増加が確認された。先に述べたように、高点火エネルギーを用いた場合には混合気温度の上昇の影響を当然含んでいるが、超希薄混合気を用いた場合のみ、火炎伝ば速度に及ぼす点火エネルギーの影響が発生する点は興味深い。今後、混合気温度の影響を含めて詳細に検討を行う必要があることを明記しておく。

火炎伝ば速度に及ぼす点火エネルギーの影響を再評価するために、Fig. 4 に当量比に対する火炎伝ば速度比を示す。ここでの火炎伝ば速度比とは、各当量比において点火エネルギー85J を用いた場合の火炎伝ば速度を基準とし、同一当量比において点火エネルギー100J 及び 115J を用いた場合の、火炎伝ば速度の増大率を示すものである。この図から明らかなように、超希薄領域 ($\phi=0.35\sim0.45$) においては約 10~20% 程度、火炎伝ば速度が増大していることがわかる。さらに、その増加率は、点火エネルギーに依存し、希薄側への移行にしたがってほぼ一定値となっている。なお、本実験において、点火源付近の点火エネルギー付加による混合気の温度上昇は点火エネルギー15J の増加にあたり、最大でも 25K 程度であることが簡易平衡計算により求められており、超希薄領域における火炎伝ば速度に及ぼす温度依存性を示すものである。

5. 結論

本研究では管内進行火炎伝ば法を用いて超希薄プロパン-空気混合気の燃焼特性に及ぼす点火エネルギーの影響について検討を行った。以下に結果を示す。

- 1) 高点火エネルギーを用いた場合においても、プロパン-空気混合気の希薄側においてセル状火炎が発生する。
- 2) 高点火エネルギーを用いた場合には、超希薄当量比においても火炎の発生が可能である。
- 3) 希薄可燃限界近傍においては、火炎伝ば速度に及ぼす点火エネルギーの影響に差異が発生する。

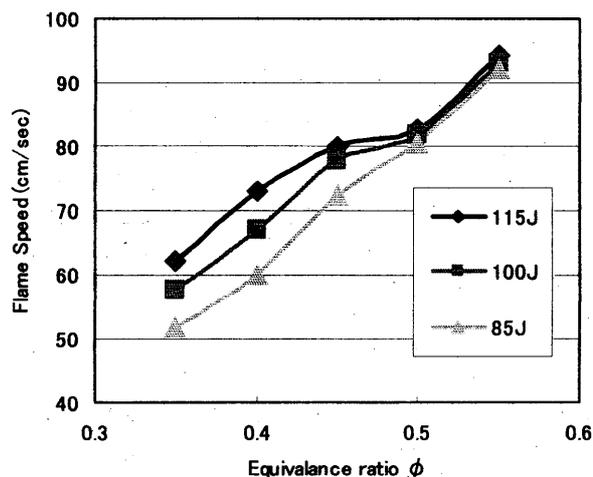


Fig.3 Flame Speed

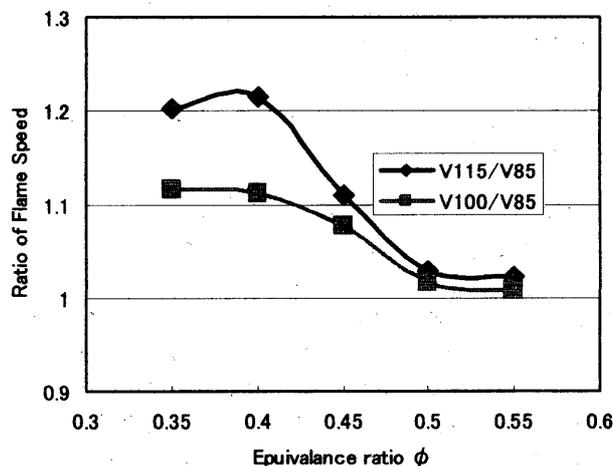


Fig.4 Ratio of Flame Speed

参考文献

- 1) 新岡嵩ら、燃焼現象の基礎、(2001)、オーム社
- 2) 川上・岡島 他2名、機論(B)、64-626、1998、357-362
- 3) 川上・岡島 他1名、機論(B)、67-656、2001、215-219
- 4) Zabetakis, M. G.: Flammability Characteristics of Combustible Gases Vapours, Bulletin 627, Bureau of Mines (1965)