

各種液体燃料の高温空気中における蒸発・自発点火特性に関する研究

九州大学 森上修

日本大学 野村浩司

九州大学 村瀬英一

Vaporization and Spontaneous-Ignition Characteristics of Various Liquid Fuels in a Hot Air

Osamu Moriu¹, Hiroshi Nomura² and Eiichi Murase¹¹ Kyushu University, Motooka 744, Nishi-ku, Fukuoka 8190395² Nihon University

Abstract: Spontaneous ignition of isolated fuel droplets was experimentally studied as the simplest model of spray ignition. Experiments were performed in microgravity so that the results on large droplets may be compared to fine droplets in a spray in a practical use. Ignition delays and temperatures of cool flame were measured, and their dependence on ambient conditions and fuel kinds were examined.

Key words; Combustion, Fuel droplet, Ignition, Microgravity

1. 研究背景と目的

現在実用されている液体燃料は様々な揮発性、化学反応性を持つ燃料からなる多成分燃料である。近年、高熱効率、低汚染排出物を同時に達成する内燃機関の燃焼方法が新たに提案される中、新燃焼法にあわせた燃料設計もひとつの手法である。また、バイオ燃料など燃料の多様化が進む中、燃料にあわせて燃焼器を最適化する必要がある。これらのために実用機に各燃料を使用して運転するという手法がとられがちであるが、液体燃料を噴霧として用い自発点火させる場合はその基礎的な蒸発特性と化学反応特性を別個に把握しておく必要があり、それは上記手法では困難である。本研究では微小重力環境を利用して簡略にモデル化した系において各種液体燃料の蒸発特性、自発点火特性を雰囲気条件に対応して系統的に把握することを目的とし、実験的に調査した。

2. 実験方法

単一燃料液滴を扱う。観察において十分な時間的・空間的分解能を得るために直径 1mm の液滴を扱う。燃焼器中で実用される燃料噴霧を構成する液滴は数 μm から数 10 μm のオーダーであり、そのような微小な液滴は自然対流の影響をほとんど受けない。しかしながら 1mm の粗大な液滴では自然対流の影響は無視できないほど大きい。粗大液滴に関して得られる知見を微小液滴に直接適用できるように実験は微小重力場で行われた。微小重力場を得る施設として日本無重量総合研究所の無重量研究センターが使用された。

大気圧下室温状態で水平に保持された直径 125 μm の石英製懸垂線の先端に直径約 1mm の燃料液滴が生成される。液滴は懸垂線に保持されたまま高温の電気炉内に瞬時に挿入される。液滴の近傍に

は線径 25 μm の K 型熱電対の測温点が複数配置されており、液滴とともに電気炉内に挿入される。燃料液滴は高温空気中で自発点火し、熱電対により点火遅れ、火炎温度が計測される。燃料には正デカンならびに正デカンとエタノールからなる混合燃料が用いられた。正デカンとエタノールの標準沸点はそれぞれ 447K と 351K であり、後者の方が揮発性が高い。

3. 実験結果

図 1 に 600K の空気に突然曝された正デカン液滴周囲の温度履歴を示す。時間 0 は液滴が移動を終了した瞬間であり、凡例は液滴中心からの距離である。時間 2.7s ほどで熱発生が検出されているが、火炎温度は 800K 以下であり、熱炎ではなく冷炎である。大気圧下でこの雰囲気温度では冷炎のみが発生する。時間 0 から冷炎による熱発生が観測されるまでに時間を冷炎の点火遅れと定義し、観測される最高

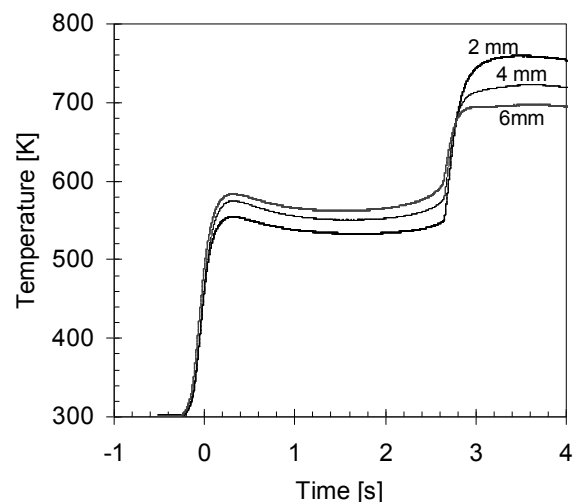


Fig.1 Temperature histories near fuel droplet (n-decane, diameter: 1 mm, Air: 600 K)

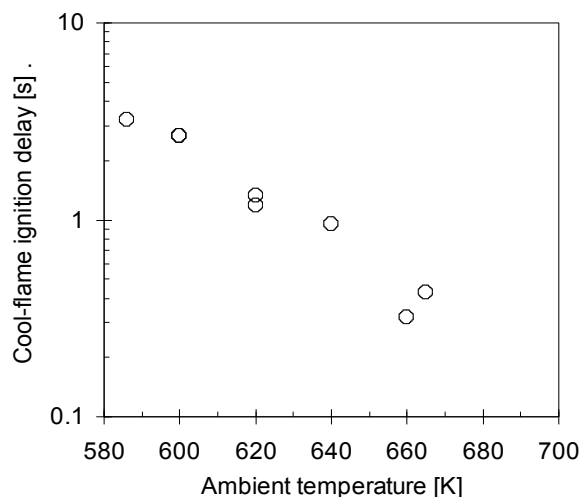


Fig.2 Cool-flame ignition delay of n-decane droplet

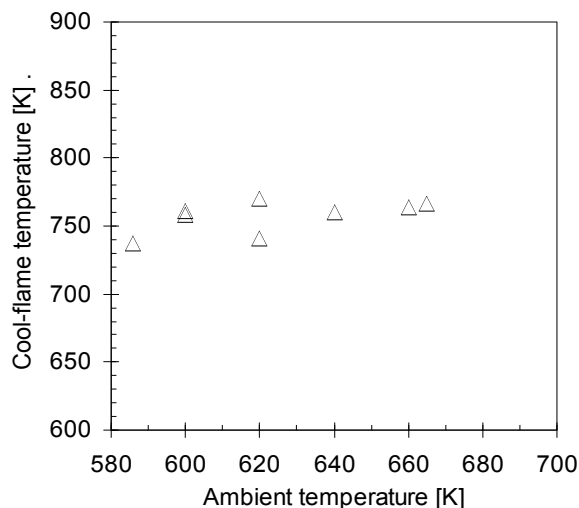


Fig.3 Cool-flame temperature of n-decane droplet

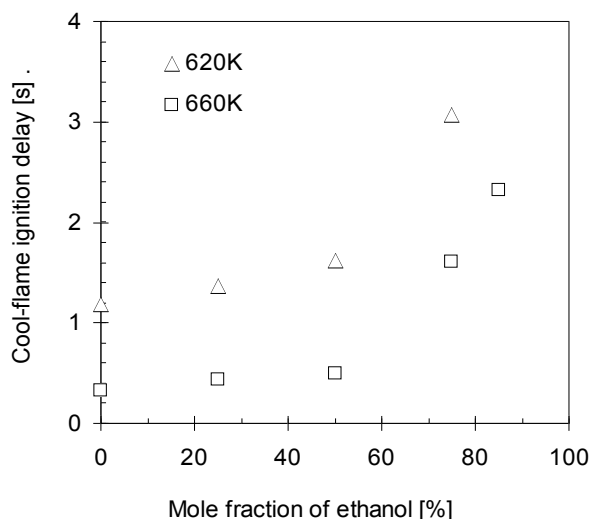


Fig.4 Cool-flame ignition delay of n-decane/ethanol droplet

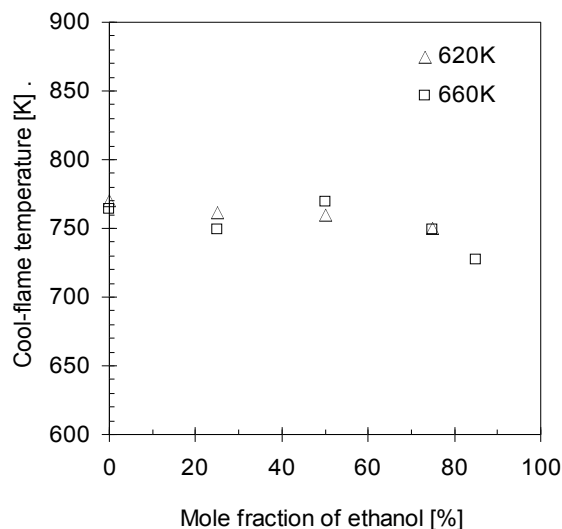


Fig.5 Cool-flame temperature of n-decane/ethanol droplet

温度を冷炎温度と定義した。雰囲気温度を変化させてこのような温度履歴から両者が計測された。

図 2 に正デカン液滴の冷炎の点火遅れの雰囲気温度依存性を示す。冷炎の点火遅れは雰囲気温度の上昇とともに単調に減少する。これは雰囲気温度の上昇とともに液滴の加熱期間が短くなること、ならびに冷炎を誘起する低温酸化反応の温度依存性による。図 3 に正デカン液滴の冷炎温度の雰囲気依存性を示す。冷炎温度は雰囲気にあまり依存しない。これは冷炎を誘起する低温酸化反応がある温度になると抑制されるという特性を持つことに由来し、計測された冷炎温度はその温度に近い値になっていると思われる。現象の空間依存性の無い予混合気の自発点火については冷炎温度は初期温度の上昇とともに低くなる傾向が観測されているが、液滴でこ

の傾向が見られないのは液滴周囲の燃料濃度の不均一性に由来すると思われる。

固定された雰囲気温度における正デカン/エタノール混合燃料液滴の冷炎の点火遅れおよび冷炎温度の燃料組成への依存性を図 4, 図 5 に示す。凡例は雰囲気温度である。この雰囲気温度ではエタノールは熱発生しないため、正デカンに先行して蒸発すると思われるエタノールによる正デカンの希釈は図 4 にみられるように冷炎の発生を阻害している。一方、図 5 によるとエタノールによる希釈は冷炎温度にはあまり影響を与えていない。エタノールは正デカン蒸気層の形成を遅らせはするが、冷炎を誘起する低温酸化反応はいずれ十分な正デカン蒸気層が形成されてから活発になっていることが示唆されている。