

# 脂肪酸メチルエステル燃料液滴の燃焼特性に関する研究

## - アルコール添加による二次微粒化発生 -

日大生産工(院) ○加藤千晶

日大生産工 今村 幸 秋濱 一弘 山崎 博司

### 1 まえがき

近年、エネルギーの大量消費により化石燃料の枯渇や、燃焼過程で生じる二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、未燃炭化水素、窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)などが一因となる地球温暖化や大気汚染といった環境問題が深刻化している。このような背景より、環境負荷が小さく、再生可能なエネルギー源の開発が求められている。バイオディーゼル燃料(以後BDF)は、再生可能であり、かつカーボンニュートラルな燃料として注目されているが、燃料設計の基礎研究は十分に行われておらず、特に二次微粒化について検討されていない。二次微粒化は、噴霧燃焼において燃焼効率の向上や、未燃炭化水素および窒素酸化物の排出抑制に効果的であるため、燃焼状態の改善および環境適合性の向上が同時に期待できる。実用化が進んでいるBDFの主成分はオレイン酸メチルエステル(以後、OME)であることから、本研究ではOMEにアルコールを添加した際の燃焼過程、特に二次微粒化過程に及ぼす影響を把握および検討し、燃料設計についての基礎的知見を得ようとするものである。

### 2 実験方法および測定方法

ベース燃料としてBDFであるOME(試薬)、添加成分にメタノール(試薬、特級、JIS K8891)を使用し、これらの混合割合を変化させ実験試料の調製を行った。混合するメタノールの含有率  $C_m$  を 0.15, 0.20, 0.25 と変化させ、それに伴いベース燃料の含有率  $C_{OME}$  を 0.85, 0.80, 0.75 と変化させた。

燃焼実験は通常重力下、室温、相対湿度 50%以上、大気圧、静止空気中で行った。

燃焼実験装置の概略図をFig.1に示す。実験装置は測定部および支持部から構成され、支持部には黄銅製円盤の中心位置に直径150 $\mu$ mの石英懸垂線を垂直に取り付けた。この石英線の

先端部に、マイクロシリンジを用いて初期液滴直径  $d_0=1.4$ mmの燃料液滴を付着させた。なお、液滴を付着させやすくするため懸垂線の先端を球形に加工した。可視化系は、高速度ビデオカメラと光源を用いた。高速度ビデオカメラは、フotron社製FASTCAM-521PCIを使用し、実験時の撮影速度は500fpsとした。光源は高速度ビデオカメラの対面に設置し、液滴内の沸騰挙動および液滴の分裂、崩壊過程を観察、記録した。点火系には小ブタン炎を使用した。

液滴燃焼実験ではOME/methanol燃料液滴を懸垂線に付着させてから一定時間曝露した後液滴燃焼実験を行った。ここで燃料液滴を雰囲気空气中に曝露させていた時間を  $t_E$  とし、 $t_E = 5 \sim 25$ [s]まで5[s]ずつ変化させ、それぞれについて30個以上の液滴について点火から燃焼終了時まで生じる現象を観察、検討した。

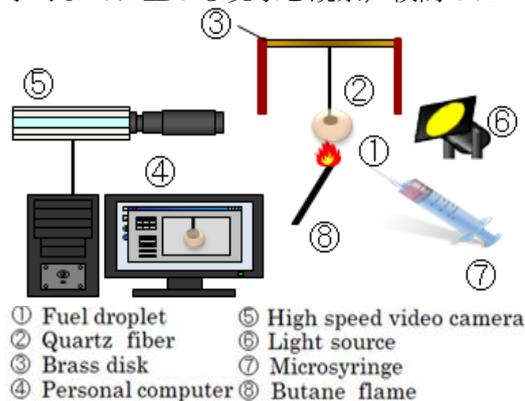


Fig. 1 Schematics of experimental apparatus

### 3 実験結果および検討

Fig. 2 にメタノール含有率  $C_m=0.15, 0.20, 0.25$  におけるマイクロ爆発発生割合に対する燃料液滴の曝露時間の影響を示す。縦軸はマイクロ爆発発生割合、横軸は曝露時間  $t_E$ [s] である。メタノール含有率  $C_m=0.15, 0.20$  において、メタノール含有率の減少に伴いマイクロ

## Study on Combustion Characteristics of a Fatty Acid Methyl Ester Droplet - Occurrence of Secondary Atomization with Alcohol Addition -

Chiaki KATO, Osamu IMAMURA, Kazuhiro AKIHAMA and Hiroshi YAMASAKI

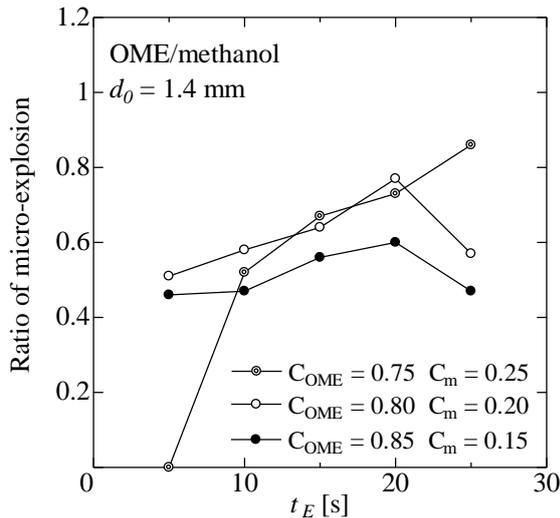


Fig.2 Relationship between ratio of micro-explosion events and exposing time in a burning OME/methanol droplet

爆発発生割合も低くなることがわかる。また、メタノール含有率  $C_m=0.25$  の場合、曝露時間  $t_E=5[s]$  において、マイクロ爆発は発生しなかった。さらに、 $t_E=25[s]$ においてマイクロ爆発発生割合は低下せず、上昇を続けた。

Fig.3 にメタノール含有率  $C_m=0.25$  における液滴内の水分含有率と曝露時間の関係を示す。縦軸は液滴内の水分含有率、横軸に曝露時間  $t_E[s]$ であり、雰囲気空気の相対湿度を変化させた場合の結果が示されている。水分測定はカールフィッシャー水分計(電量滴定方式, MKC-610-DT, 分解能  $0.1\mu g$ )を用いた。測定においては懸垂液滴をマイクロシリンジで採取し、分析を行った。ここでの液滴水分量は約  $300\mu l$  についての平均値である。曝露していない液滴 ( $t_E=0[s]$ )では  $180ppm$  である。これに対し、液滴を大気中に曝露させた結果、液滴内の水分含有率は増加している。 $t_E=10[s]$ 以降ではその増加割合は大きくない。また、雰囲気空気の相対湿度が高い場合、水分含有率も増加する。

Fig.4 に曝露時間  $t_E=25[s]$ における液滴寿命分布に関するメタノール含有率の影響を示す。縦軸は分布関数  $F$ 、横軸に点火からマイクロ爆発発生までの液滴寿命を示す。Fig.4 より、メタノール含有率の増加に伴い液滴寿命は短くなる傾向がみられる。この理由として、メタノール含有率が高くなるほど吸収した水分量が多いため、過熱水の沸騰が促進されたためだと考えられる。また、曝露時間  $t_E=5\sim 20[s]$  においても同じ結果となった。

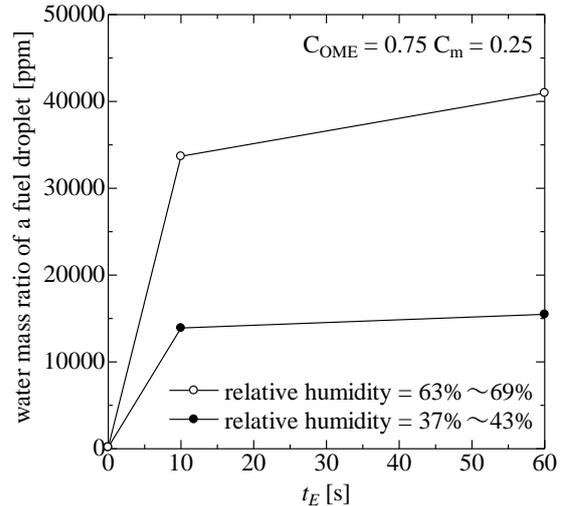


Fig.3 Relationship between water mass ratio in a droplet and exposing time

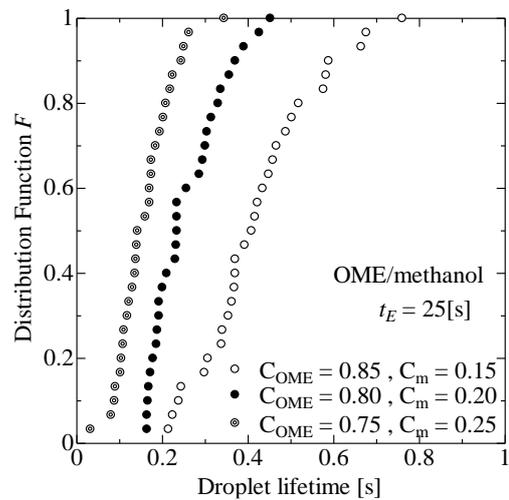


Fig.4 Distribution function of micro-explosion events in a burning OME/methanol droplet of  $t_E=25[s]$

#### 4 まとめ

脂肪酸メチルエステル燃料液滴の燃焼特性に対するアルコール添加の影響について以下の知見を得た。

- (1) 液滴水分量は曝露時間が長いほど増加するが、約  $10[s]$ 以降ではその増加割合は大きくない。
- (2) 液滴寿命はメタノール含有率が高いほど短い。
- (3) 曝露時間  $t_E[s]$ を変化させたことにより、マイクロ爆発発生割合に変化があった。

#### 「参考文献」

- 1) Watanabe H, Harada T, Hoshino K, Matsushita Y, Aoki H and Miura T, JCEJ 41:1110-1118 (2008)