日大生産工(院) 〇池田 隼人 日大生産工 今村 宰 秋濱 一弘 山崎 博司

1. まえがき

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(CO2),未燃炭化水素,窒 素酸化物(NOx)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. それらの対策 として再生可能エネルギーの一つであるバイオディ ーゼル燃料(BDF)が注目されているが,中には含水性 のものもある.水を混入させたエマルジョン燃料の噴 霧燃焼においては二次微粒化現象が観察されること から, BDF燃料の燃焼過程においても二次微粒化の発 生が想定される.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 出抑制に効果があるため,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ことから二次微粒 化についての検討¹⁾がなされている.また混合燃料に 関する二次微粒化発生に関しては理論的な検討²⁾も なされているものの,エマルジョン燃料の二次微粒化 における液滴の崩壊過程については十分な検討がな されているとは言い難い.本研究はFAMEの一種であ りBDFの主成分であるオレイン酸メチルエステル(以 後OMEと略記)に水を添加しエマルジョン燃料の燃 焼過程における,蒸気泡発生位置および成長速度が液 滴崩壊過程へ,どのような影響を与えるかについての 検討を目的としたものである.

実験方法および測定方法

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150μmの石英懸垂線を垂直に取 り付けた.

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150μm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d0=1.4mm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.測定には,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,Vision Research社製Phantom v2512(⑤-1)と Vision Research社製Phantom Miro310(⑤-2)を使用 し,2台のカメラが90°になるように配置し,2方向撮 影を行った.また実験時の撮影速度は120000fpsとし, Phantom v2512から撮影されたものをxz軸, Phantom Miro310から撮影されたものをyz軸とする. 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. 30個以上の液滴について点火から燃焼終了時までに液滴内で生じる現象を観察した. 燃焼実験は通常重力下,室温,大気圧,静止空気中で行った.

乳化剤である界面活性剤には、ポリオキシエチレン アルキルエーテル(エマルゲンLS - 110,花王(株)、 HLB=13.4、以後 Surfactant A)を使用した.界面活 性剤の含有率(体積割合)はCS = 0.03と一定として、 純水、ベース燃料を混合させエマルジョン燃料の調製 を行った.ベース燃料は、FAMEとしてOMEを使用し た.また、純水の含有率はCW = 0.20と一定とした. ベース燃料の体積割合はCOME = 0.77と一定とした. これらの体積割合で混合し、マグネチックスターラで 攪拌し、エマルジョン燃料を作成した.



Fig.1 Schematics of experimental apparatus

3. 実験結果および検討

今回,直交二方向から実験を行うことで,エマルジ ョン燃料液滴燃焼時の二次微粒化における液滴飛散形 状を幾つかのパターンで観測することが出来た.ここ では2つのパターンを紹介する.Fig.2には直二方向か らのOME/水エマルジョン燃料液滴の燃焼過程および ミクロ爆発発生の可視化例を示す.Phantom Camera Control (PCC)を使用して撮影したミクロ爆発の気泡 成長のはじめを起点とした画像を選定し,二つの映像 を0.01ms刻みの画像を同時間として扱う.

Droplet Disintegration Processes on Secondary Atomization during Droplet Combustion of Emulsified Fuels

Hayato IKEDA, Osamu IMAMURA, Kazuhiro AKIHAMA and Hiroshi YAMASAKI

3-1

Fig.2 の (a) に Phantom v2512 (xz軸), (b) に Phantom Miro310 (yz軸)で撮影されたミクロ爆発時 の飛散経過を表している. それぞれの画像は液滴の崩 壊開始直後,液滴崩壊の中途段階,および液滴飛散完 了時を示している. ミクロ爆発発生初期 (0.01ms)で はPhantom v2512 (xz軸)から撮影された液滴は左方 向に飛散していることが分かる. それに対して, Phantom Miro310 (yz軸)から撮影された液滴は右方 向に飛散していることが分かる. つまり、液滴の飛 散が発生した時点はxz軸方向から見たとき左手前方 向に飛散している.また飛散距離はxz軸方向に比べて yz軸方向では小さいことから前方方向に角度が推測 できる.液滴崩壊の途中段階ではxz軸方向では, 0.01msでの噴出し方向およびその反対方向に長く飛 散する形となっているのに対し, yz軸方向からの画像 では、液滴飛散は中央付近がまだ密な状態である.つ まり、液滴全体が飛散した時点はxz軸方向から見たと き左少し手前方向に楕円球状に飛散していることが 考えられる.併せて,この段階では,火炎は影響を受 けていないことも明らかとなった. 液滴の飛散終了時 点ではxz軸方向からの液滴は全体に飛散し, 微粒化状 態になっている. それに対して, yz軸方向からの液滴 は中央が飛散しきれていない状態である. このこと からも楕円球状に飛散していることが考えられる.

Fig.3は同一条件における異なる微粒化過程の画像 を示している. ミクロ爆発発生初期 (0.01ms)ではxz 軸方向からの液滴は右上方向に飛散していることが分 かる. それに対して, yz軸方向からの液滴も右上方向 に飛散していることが分かる. つまり,液滴の飛散が 発生した時点はxz軸方向から見たとき右上手前方向に 飛散している. しかし,液滴飛散過程ではほぼ球状に 飛散している. その飛散速度は0.01msの間での飛散物 到達位置に差があり, Fig.2の場合に比べて飛散速度が 小さいことがわかる. また飛散領域のなかにはある程 度の大きさの黒い濃度の高い部分が正面からは点状に, 側面からは膜状に確認できる. この点ではFig.2に示し た結果とは異なっており, この構造の検討が必要であ る.

4. まとめ

エマルジョン燃料の液滴燃焼過程における二次微粒 化について二方向から高速度撮影を行い,両者を照 合・検討行った結果について以下の知見を得た.

- (1) エマルジョン燃料液滴の二次微粒化過程での液 滴崩壊現象は非対称的であることが確認された. 一方で、ミクロ爆発に分類される崩壊過程はより 球対称に近く、液膜が存在する崩壊では非対称性 が強い.その原因として、初期蒸気泡の発生位置 および成長速度が影響していると推測できる.
- (2) 2方向から観察することで、飛散過程はより詳細 に把握でき、今後、それらのデータを蓄積するこ とにより、崩壊過程の分類や二次微粒化過程の影 響予測などに寄与できる可能性があると考えら れる.



0.01ms 0.02ms 0.03m (a) OME/water emulsion droplet of Phantom v2512





0.01ms 0.02ms 0.03m (b) OME/water emulsion droplet of Phantom Miro310

Fig.2 Examples of secondary atomization process of a burning OME/water emulsion droplet using simultaneous shooting (pattern1)





50.64ms50.65ms50.66ms(a) OME/water emulsion droplet of Phantom v2512







50.64ms50.65ms50.66ms(b) OME/water emulsion droplet of Phantom Miro310

Fig.3 Examples of secondary atomization process of a burning OME/water emulsion droplet using simultaneous shooting (pattern2)

参考文献

- 1) Watanabe H, Harada T, Hoshino K, Matsushita Y, Aoki H and Miura T, JCEJ 41:1110-1118 (2008)
- Mikami M. et. al, Proc. Comb. Inst. 27:1993-1941 (1998)