多成分燃料液滴燃焼時の二次微粒化過程に関する研究

ーミクロ爆発強度の検討ー

日大生産工(院) 〇松田 健治 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(NO_x)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. 植物油をエステル化 させたBDFの主成分は脂肪酸メチルエステル(以後 FAMEと略記)であり発熱量が比較的高く、カーボンニ ュートラルにより二酸化炭素の排出の抑制が期待でき る. また、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.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1)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.しかしながら、エマルジョン燃料の二次微粒化 の強度についての検討は多く見受けられない.本研究 は直鎖炭化水素であるn-hexadecane および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とした 多成分燃料の燃焼過程、特に二次微粒化過程における ミクロ爆発の強度についての検討を目的としたもので ある.

2 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do=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 Miro310を使用し,実 験時の撮影速度は120000fps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.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、*n*-hexadecaneおよび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C_{n-hexadecane} =0.77お よび 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

4 実験結果および検討

Fig.2に*n*-hexadecane/水エマルジョン液滴の気泡成長 過程およびミクロ爆発発生時の写真を示す.写真下の 時間は点火からの経過時間を示している.写真から液 滴内部に存在する低沸点成分が気化・突沸し,液滴を 無数に飛散させている様子が確認できる.

Fig.3に*n*-hexadecane/水エマルジョン燃料および OME/水エマルジョン燃料の液滴燃焼時の液滴寿命分 布を示す.縦軸は分布関数F,横軸に点火からミクロ爆 発発生までの液滴寿命を示す.ここで液滴寿命は,小 ブタン炎で加熱を開始した後,懸垂線先端に付着させ た試料が粘性を失い,懸垂線先端に液滴として懸垂さ れた時点を起点とした.Fig.3よりCw=0.20においては *n*-hexadecane/水エマルジョンの液滴寿命はOME/水エ マルジョンの液滴寿命よりも長くなることが分かった.

Study on Secondary Atomization Process of a Burning Multi-Component Fuel Droplet – Estimation of Micro-explosion Intensity –

Kenji MATSUDA, Osamu IMAMURA, Kazuhiro AKIHAMA and Hiroshi YAMASAKI

Fig.4に*n*-hexadecane/水エマルジョン燃料のミクロ爆発発生時における二次液滴の飛散速度と液滴寿命の関係を示す.縦軸は飛散速度,横軸に点火からミクロ爆発発生までの液滴寿命を示す.ここでは飛散速度は液滴内部で発生した気泡が成長したことによる液滴の飛散が発生した時点から0.04ms時点での液滴の平均位置までの距離を時間で除した値である飛散速度を示した. Fig.4より*n*-hexadecane/水エマルジョンでは液滴寿命が長くなると飛散速度は大きくなる傾向が見られた.

Fig.5にOME/水エマルジョン燃料のミクロ爆発発生時における二次液滴の飛散速度と液滴寿命の関係を示す.Fig.5よりOME/水エマルジョンにおいても n-hexadecane/水エマルジョンの場合と同様に液滴寿命 が長くなると飛散速度は大きくなる傾向が見られた. それに伴い,二次微粒化強度も大きくなっていると推 測できる.この理由としては液滴寿命が長くなるほど 液滴の温度が高くなり液滴内部で発生した気泡の成長 が促進されたためであると考えられるが,今後のさら なる検討が必要と思われる.







Fig.3 Distribution function of occurrences of micro-explosion events in a burning *n*-hexadecane/water emulsion droplet and OME/water emulsion droplet.



Fig.4 Dispersion speed of micro-explosion events in a burning *n*-hexadecane/water emulsion droplet.



Fig.5 Dispersion speed of micro-explosion events in a burning OME/water emulsion droplet

5 まとめ

多成分燃料の液滴燃焼過程における二次微粒化発生 における二次微粒化強度について以下の知見を得た.

- (1) C_W = 0.20においては*n*-hexadecane/水エマルジョン 燃料の液滴寿命はOME/水エマルジョン燃料の液滴 寿命よりも長い.
- (2) $C_W = 0.20$ の*n*-hexadecane/水エマルジョン燃料およびOME/水エマルジョン燃料の液滴飛散速度は液滴寿命が長くなるほど大きくなる傾向がある.

「参考文献」

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