ISSN 2186-5647

3-41

BDF/水エマルジョンとエタノールの静電微粒化現象の比較

日大生産工(院)　○傅　建華　　日大生産工　今村　宰
日大生産工　山崎　博司　　日大生産工　秋濱　一弘

1 はじめに

近年のカーボンニュートラルであるバイオ燃料が着目されており，その中でも，特にバイオディーゼル燃料(Biodiesel Fuel)は多くの研究者がその燃料および燃焼特性を研究してきている．その結果としては，バイオディーゼル燃料が燃焼する際にPM (Particulate Matter), Carbon monoxide (CO), Hydrocarbon (HC), の排出を抑制することが出来るが, Nitrogen oxides (NOx) の排出量が他の燃料と比べ,多くの排出量が大気に排出される性質がある[1,2,3]．ただしこれらの特性は燃焼条件にもよるため，様々な噴霧・燃焼条件における環境適合を目指して，本研究では静電エネルギーを燃料に付与することに着目した．静電エネルギーの付与は通常の炭化水素燃料では電気伝導率が低いため困難な面があるが，バイオ燃料であれば比較的電気伝導率が高く，静電エネルギーの付与が容易である．これにより微粒化，混合の促進が期待され，環境汚染物質の低減が期待できる．本報告では，BDF水エマルジョンとエタノールの静電微粒化現象の比較について報告する．

2 実験方法および測定方法

本研究の燃料としては，すでに一部利用されているバイオディーゼル燃料 (BDF) に着目し，BDFの原料であるオレイン酸メチル70% ($C_{19}H_{36}O_2$) をベースに界面活性剤であるレオドール3% ($C_{24}H_{44}O_6$) と純水27% を加えて，用小型ハンディタイプのホモジナイザー (IKA T10 basic ULTRA-TURRAX) を用いて，燃料をエマルジョン化する．比較対照として，エマルジョン化になってないエタノール溶液を用いて，その噴霧を比較する．エマルジョン燃料は高粘性かつ非ニュートン流体であるため，物性値を調べる必要がある．本研究では，エマルジョン燃料の粘度を調べるため，米国ブルックフィールド社製デジタル粘度計 (DV-I Prime) を用いて，燃料を500mLのビーカー（長径約85mm）に入れ，定められたスピードル（spindle No. 61）を使って，粘度を測定した．スピードルの回転速度は0から 100 rpmまで設定することができ，また粘度の測定範囲は15 mPa から 20 Pa s まで測定することができる．

噴霧するための静電場を形成するために，図１に示すように，細管の上方に金網状の電極を用意し，細管と電極間に金網側が負電極となるように直流電界を印加した．燃料はステンレス鋼タンクから，窒素ガスにより上方に向けて押し出され,細管（内径170マイクロン）より噴霧される.横方向より一眼レフカメラとハイスピードカメラを用いて液滴の微粒化の様子を観察した。本研究の電圧装置はGRENNTECHNO GS50N Model を使って、4kVから10kVまで電圧を印加した．一眼レフカメラとしてNikon D7100を利用し，このカメラの最大解像度は24メガピクセル(6000x3368), ISOはHi2.0 (=ISO25600), 最大シャッタースピード1/8000sである．レンズはNikon lens (AF-S DX NIKKOR 18-300mm f/3.5-6.3G ED VR) を用いている．また高速度カメラでの撮影も実施しており，Phantom社製のハイスピードカメラで，120000fpsの128x128解像度の条件において,観察を行った．

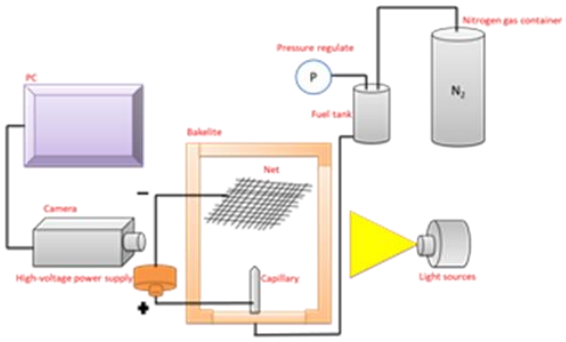

図１　実験装置の概略図

Comparison of electrostatic atomization phenomena in BDF/Water Emulsion and Ethanol

Chien-hua FU, Osamu IMAMURA, Kazuhiro AKIHAMA and Hiroshi YAMASAKI

3　実験結果および検討

本研究では，エマルジョン燃料を使っているため，その粘度の特性について調べた．粘度の測定は上記に書いた米国ブルックフィールド社製のデジタル粘度計を用いた．スピードルの回転速度と粘度の関連性が図2に示す．図2を見てみると，BDF水エマルジョン燃料の粘度はスピードルの回転速度が上昇に伴い粘度が下がる傾向がある．この結果によると，エマルジョン燃料はニュートンの粘性法則に従っていないという性質を示す．すなわち，エマルジョン燃料は非ニュートン流体であることを判断することができる．本研究では，純エタノールを使うため，ニュートン流体であることから，非ニュートン流体であるBDF水エマルジョンと比べて，その静電微粒化現象を比較する．

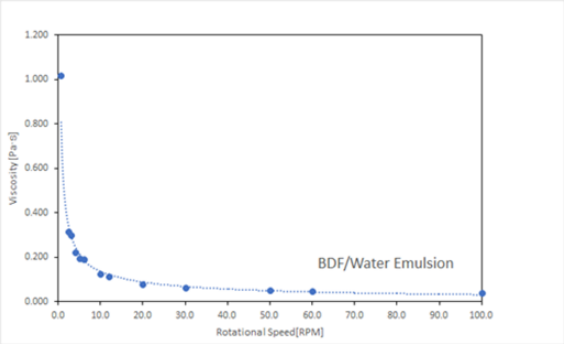

図2　BDF水エマルジョンの粘度性質

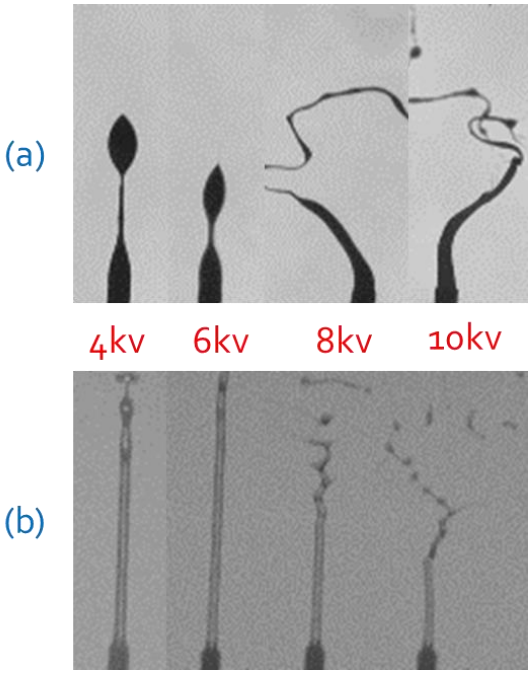

図3　静電微粒化噴霧の様子（a) BDF水エマルジョン（b）エタノール

図3に各電圧を印加した際のBDF水エマルジョン燃料とエタノール燃料の静電微粒化噴霧の様子を示す．この実験系において，エマルジョン燃料とエタノールの双方とも電圧印加がなければ，燃料を微粒化することができない．エタノール燃料の場合，4kVの印加電圧においては，大きい粒子を生成し，液糸の先端部分は細くならない．7kVまでに電圧を印加すると，液系の先端部分は細くなり始めり，そして液糸の先端部分は左右に振動しながら，粒子を生成する．印加する電圧を上昇するほど，噴霧の液糸の長さが短くなり，場合によっては液糸そのものが分裂し，一次微粒化として主な液糸から離れて，二次微粒化の過程に入り，更なる粒子の微粒化現象を生じる.これに対して，BDF水エマルジョン燃料の場合には，印加電圧が上昇するしたがって液糸が長くなる傾向がある．

4　結論

本研究において，BDF水エマルジョン燃料とエタノール燃料に静電微粒化技術を導入し，その基本特性について調べた．考察の基礎として，燃料の特性についても合わせて調べた．得られた知見は以下のとおりである．

(1) エマルジョン燃料の粘度はせん断速度に伴って低下し，擬似塑性流体であることが判明した．

(2) 電圧を印加していない場合には微粒化は生じなかったが，電圧印加により，エタノール，エマルジョン燃料，双方について静電微粒化が確認できた．

(3) 本報の範囲では，電圧印加に伴い，エタノールでは液糸が短くなったが，エマルジョン燃料では逆に長くなる傾向が見受けられた．

「参考文献」

(1) Liu S-H, Lin Y-C, Hsu K-H. Emissions of regulated pollutants and PAHs from waste-cooking-oil biodiesel-fuelled heavy-duty diesel engine with catalyzer. Aereosol Air Qual Res 2012: 12

(2) Chang YC, Lee WJ, Yang HH, Wang LC, Lu JH, Tsai YI, et al. Reducing emissiof persistent organic pollutants from a diesel engine by fueling wither water-containing butanol diesel blends. Environ Sci Technol 2014; 48: 6010-8

(3) Chang Y-C, Lee W-J, Lin S-L, Wang L-C. Green energy: water-containing acetone-butanol-ethanol diesel blends fueled in diesel engines. Appl Energy 2013; 109: 182-91