

## 静電微粒化における水/バイオエマルジョンの 噴霧ジェットの分裂および液滴の生成

日大生産工(院) ○傳 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

産業革命以降、人類の文明を支えてきたのは化石燃料であり、エネルギー源のベストミックスが叫ばれているものの、21世紀の今現在に至っても、我々の社会基盤を支えるのは未だに化石燃料である。近年では、代替燃料時代においては化石燃料の枯渇と地球温暖化対策としてのバイオ燃料の導入など燃料多様化時代となる。特にカーボンニュートラルである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)など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、多くの排出量が大气に排出される性質がある[1]。水エマルジョン化することによって、NOxとPMの排出を抑制するだけではなく、燃焼効率の増進にも効果がある[2]。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と困難な面があるが、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、水との混合で調製された水/BDFエマルジョンの静電微粒化現象について報告する。

### 2 実験方法および測定方法

本研究では、水/バイオエマルジョン燃料を静電エネルギーで微粒化し、その際の液系の分裂構造及び液滴の生成についてのデータの解析を行う。実験用の燃料としては、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<sub>19</sub>H<sub>36</sub>O<sub>2</sub>) をベースに界面活性

剤であるレオドール3% (C<sub>24</sub>H<sub>44</sub>O<sub>6</sub>) と純水27% を加えて、小型ホモジナイザー(IKA T10 basic ULTRA-TURRAX)を用いて、燃料をエマルジョン化する。静電場を形成するために、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。図1に示されるように、燃料をステンレス鋼タンクに入れ、窒素ガスのガス圧を用いてタンクより燃料を押し出し、燃料を上方へ向けて細管 (内径170μm) より噴霧する。

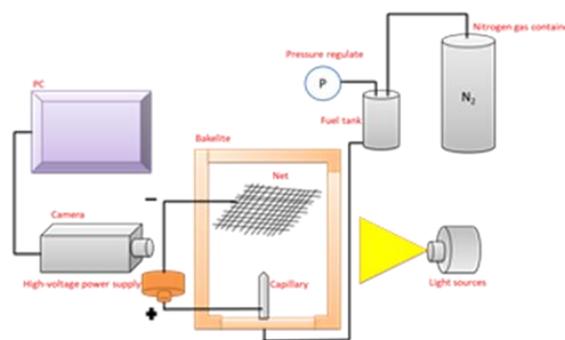


図1 実験装置の概略図

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GRENTECHNO GS50N Model を使って、4.5kVから24kV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。

Observation of jet breakup and droplet formation in BDF/Water Emulsion under the electrostatic energy

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、噴霧ジェットに対する電圧の依存性を調べるため、電極間距離をそれぞれ30mm, 40mm, 50mm, 60mmで設定し、静電微粒化を行った。その際に、様々な形の噴霧が現れ、それらを三つのモードとして分類することができる。本稿では、現れて噴霧モードをMode A, Mode B, Mode Cとして定義する。

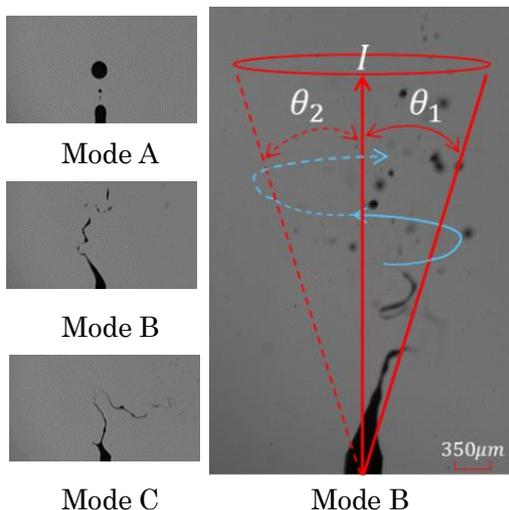


図2 噴霧モード

図2のMode Bを見ると、液系の先端部分は細くなり始め、そして液系は反時計回りで回転しながら、粒子を生成する。印加する電圧を上昇するほど、噴霧の液系の長さが短くなり、場合によっては液系そのものが分裂し、一次分裂として主な液系から離れて、二次分裂の過程に入り、更なる粒子の微粒化現象を生じる。

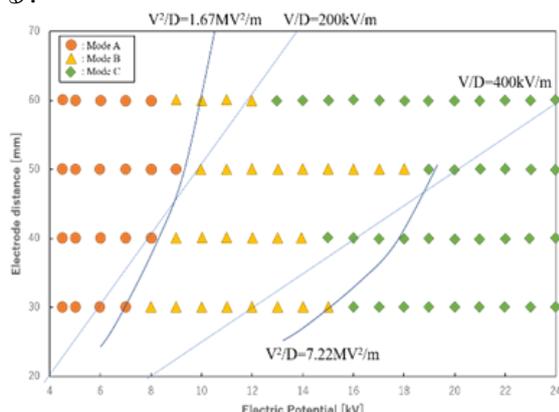


図3 水/BDFエマルジョンの電圧依存性

図3は各電極間距離Dにそれぞれ現れた噴霧モードが各電圧Vを印加した際の水/BDFエマルジョン燃料の静電微粒化噴霧の現象を示す。図3に示された曲線はこのような噴霧モード

の変化が電界強度だけではなく $V^2/D$ によっても生じたものであること推測される。

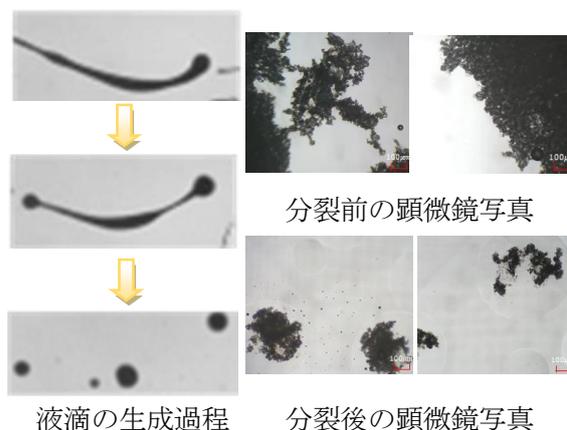


図4 液滴の生成過程および顕微鏡写真

本研究に取り扱う水/BDFエマルジョン燃料はW/O型であり、静電微粒化を行う際の一次分裂から二次分裂までの微粒化プロセスを図4に示す。図4を見てみると、液糸が切断された後（一次分裂）、液糸のなかにこぶのような形状を有しており、そのこぶは二次分裂においてもそのまま保存され、微粒化するように見える。このこぶに相当する液滴は、図4の乳化燃料の顕微鏡写真から、微粒化前に最初からある大きな液滴に相当する大きさであること推測される。そして微粒化後に捕集した図4右の写真において、油相の内部に大きな水相の液滴が観察できることから、この径は水滴の大きさに依存するものと推測される。

### 4 結論

本研究に取り扱う水/BDFエマルジョン燃料はW/O型であり、静電微粒化技術を導入し、その基本特性について調べた。

- (1) 静電微粒化は反時計回りで液系を分裂し、液滴を生成することを確認した。
- (2) 各電極間距離における噴霧モードの変化が $V^2/D$ に依存することが分かった。
- (3) 微粒化されたエマルジョン粒子の径は水滴の大きさに依存するものと考えられる。

#### 「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. Aerosol Air Qual Res 2012; 12
- (2) Attia AMA, Kulchitskiy AR. Influence of the structure of water-in-fuel emulsion on diesel engine performance. Fuel 2014; 116: 703-8