

Team Biomass-fuel ジェットロファを用いたバイオディーゼル燃料の基礎的研究

担当者

Annisa Bhikuning (D2), 松本 直樹 (M1), 佐川 隆介 (B4)

2017 年度班紹介資料

1. 研究背景および目的

19 世紀初頭の産業革命以降，人類は蒸気機関の誕生や重化学工業の発展により，生活が豊かになった。しかしながら，近年ではその代償として，化石資源の枯渇や排出ガスによる環境汚染が問題となっている。そこで，化石資源の有効利用および代替資源として地上資源の導入が急務である。

地上資源の導入の一環として，植物から作り出すことのできるバイオマス燃料の利用が世界各国で積極的に推進されている。これはバイオマス燃料が自給，再生可能な資源であり，カーボンニュートラルという特性を持つためである。ここで，カーボンニュートラルとは，“バイオマス燃料の原料である植物はその成長過程で大気中の CO₂ を吸収して光合成を行うため，エネルギー源にバイオマス燃料を用いて燃焼させれば結果的に排出される CO₂ はゼロである”という考え方である。

本研究では，ディーゼルエンジンに適用されるバイオディーゼル燃料(通称 Fatty Acid Methyl Ester : FAME もしくは Bio Diesel Fuel : BDF)を扱う。CO₂ の排出量がガソリンエンジンに比べて少ないディーゼルエンジンにカーボンニュートラルの特性を持つ FAME を使用することで，CO₂ の排出量のさらなる削減が可能となる。さらに，分子構造内に酸素を含むため，吸気過程のみならず噴霧内部からの均質な酸素供給によって O/C 比を大きくすることが可能であり，黒煙の排出の抑制にも期待できる。しかしながら，FAME は軽油に比べ高動粘度，低揮発性を示す。これらの燃料性状は燃焼不全を引き起こすため，燃料性状の改善が必要である。また，一般にバイオ燃料の原料としてトウモロコシやサトウキビ，菜種油等の食用農作物が用いられることが知られているが，これらの食用農産物を原料とするバイオ燃料では原油価格の高騰によるバイオ燃料需要の増加に伴い，食料との競合が生じてしまう。そこで，本研究では FAME の原料にジェットロファを用いる。ジェットロファは毒を持った非食性植物であるため FAME の原料としての需要が高くなったとしても食料需給に

影響を与えない。

本研究の目的は燃料設計手法に基づき，ジェットロファから生成した FAME に低沸点成分を任意の割合で混合することによって燃料側から噴霧燃焼過程の制御を行い，混合燃料の噴霧燃焼特性を基礎的観点から評価することである。本資料では，現在立ち上げ段階のため，実験コンセプトを紹介する

2. コンセプト

2.1 バイオディーゼル燃料

FAME とは，油脂類の主成分であるトリグリセリドがエステル交換反応された脂肪酸メチルエステルを指す。FAME の原料として，菜種油等の植物油，動物脂肪および廃食油が挙げられる。ディーゼル燃料に必要な条件として，着火性が良いことや粘度が低いことが挙げられるが，菜種油等の植物油は軽油に比べ明らかに着火性が劣りかつ粘度も高いため，そのままでは軽油の代替燃料として扱うことが困難である。そこで，エステル交換反応により，油脂を脂肪酸メチルエステルに変換することで，動粘度が約 1/10 まで低下し，セタン値も軽油とほぼ同等になる。この課程を踏むことで，軽油の代替燃料として扱うことが可能になる。

2.2 燃料設計手法

沸点の異なる単一成分および二成分混合溶液の圧力-温度線図を図 1 に示す。沸点が異なる二成分を混

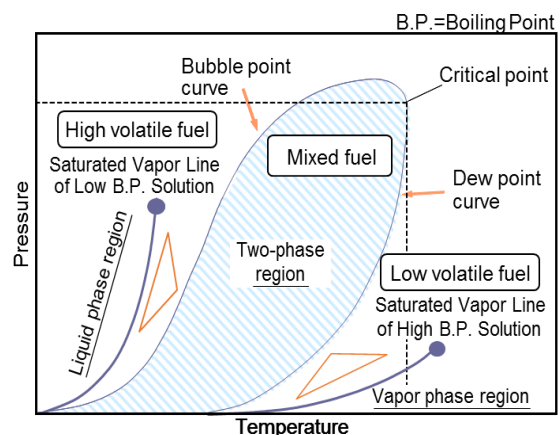


Fig.1 Pressure-temperature diagram of multi-component fuel

合した場合、両成分の飽和蒸気圧曲線は分子相互作用により引き寄せられる。これにより、双方の飽和蒸気圧曲線の間気相と液相が混在する二相領域が形成され、高沸点成分の蒸発特性は混合前に比較して向上する。本研究では、この概念を高沸点燃料としてジェットロファから生成した FAME、低沸点燃料としてトリデカンに応用し FAME の燃料性状の改善を図る。

3. 実験装置・条件

3.1. 実験装置

本実験では、比較的雰囲気条件の設定が容易な燃焼定容容器を用いる。ここで雰囲気条件の設定方法について簡単に説明する。まず、定容容器内においてアセチレン、酸素および窒素を組成とする可燃予混合気を作製し、定容燃焼容器内に充填する。その後、スパークプラグを用いて可燃予混合気を点火・燃焼させ雰囲気場を高温・高圧にし、雰囲気圧力が任意の圧力まで低下した際に燃料を噴射する。燃焼後における定容燃焼容器内の温度および雰囲気圧力を任意の値にするため、可燃予混合気のアセチレン、酸素および窒素の割合を調整し、非燃焼場での噴霧を撮影する。

3.2 噴霧撮影光学系

3.2.1 シュリーレン撮影

図2に本実験で使用した定容容器およびシャドグラフ撮影系の概略図を示す。光源には、可視化用レーザー照明(Cavitar Ltd. : CAVILUX Smart, 波長 $\lambda_L=640\text{nm}$)を用いる。レーザー光は片凸レンズ($f=1200\text{mm}$)によって並行光となり噴霧に照射され、片凸レンズ($f=1200\text{mm}$)を通過し集光され、カメラ

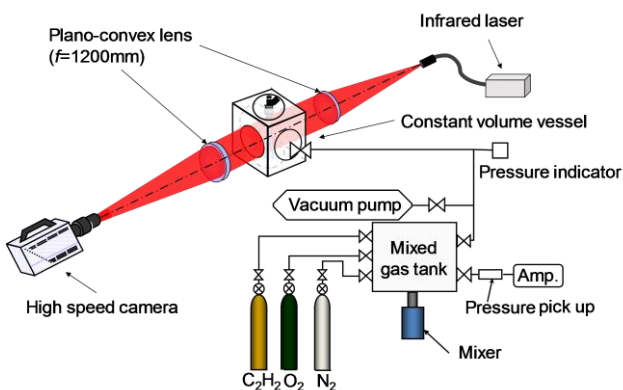


Fig.2 Schematic diagram of shadowgraph photography

のレンズ上に像を結像する。撮影にはハイスピードビデオカメラ(Vision Research Inc. : Phantom v2011)を用いる。

3.3 噴霧火炎撮影光学系

3.3.1 レーザー誘起赤熱法 (LII)

図3にLIIにおける光学系の概略図を示す。光源には Nd:YAG レーザの第二高調波($\lambda=532\text{nm}$)を用い、シリンドリカルレンズ($f=100\text{mm}$)および片凸レンズ($f=800\text{mm}$)で高さ 80mm, 厚さ 0.3mm のシート光を形成する。シート光を容器内の噴霧中心軸を含む噴霧断面に照射し、そこから得られる LII シグナルはレーザーシート光の入射軸に対して直角方向から I.I.付 CCD カメラ(浜松フォトニクス: C4078-01)により検出した。なお、カメラレンズの前には透過中心波長 450nm(半値幅 3nm)の光学干渉フィルタおよび弾性散乱光を除去するために中心波長 532nm(半値幅 3nm)のノッチフィルタを置いた。撮影時間は、レーザー入射直後から 20ns とし、撮影領域はノズル下方 20-100mm とする。

4. 今後の予定

エステル交換において一般的であるアルカリ触媒方法では、副産物として発生する水により、FAME の収率が低下することが知られている。そこで、水が発生しないゼオライト触媒を用い、さらなるバイオディーゼル燃料の可能性について研究を行なう。

5. 参考文献

割愛

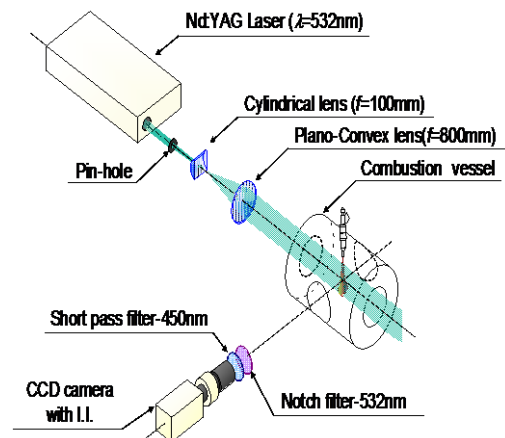


Fig.3 Optical setup for LII