

水-植物油エマルジョン燃料を用いたディーゼルエンジンの運転特性

Operating Characteristics of a Diesel Engine fueled with water-vegetable oil emulsion fuel

篠木 政利・松口 義人*

福島工業高等専門学校機械工学科

*福島工業高等専門学校モノづくり教育研究支援センター

Masatoshi Shinoki and Yoshito Matsuguchi*

Fukushima National College of Technology, Department of Mechanical Engineering

* Fukushima National College of Technology, Manufacturing Support Center for Education and Research

(2011年9月20日受理)

Recently, environmental problems such as global warming and an energy problem arise. Therefore, the use of the biomass energy is tentatively starting all over the world. BDF (BioDiesel Fuel) is one of the approaches to reduce emissions of CO₂ and to break dependence on fossil fuels. Biodiesel can be used in pure form or may be blended with petroleum diesel at any concentration in most injection pump diesel engines. However, BDF has an effect on copper-based materials (e.g. brass), zinc, tin, lead, and cast iron and it also affects types of natural rubbers. And some of the molecules aggregate and form crystals when biodiesel is cooled below a certain point. For example, biodiesel produced from low erucic acid varieties of canola seed starts to gel at approximately -10 °C. Moreover, a lot of adulterated glycerin are produced in reforming vegetable oil.

In this study, water-vegetable oil emulsion fuel is used experimentally for Diesel engine fuel. As a result, the diesel engine can be worked well using emulsion fuel, the performance such as torque, power and indicated power are not so inferior to those using fossil oil.

Key words: water-vegetable oil emulsion fuel, Diesel engine, BDF

1. はじめに

近年、地球温暖化や大気汚染などの環境問題やエネルギー問題などが非常に大きな問題となっている。これらの諸問題の解決策の一つとして従来のディーゼル燃料の代替燃料として植物油を使用するバイオディーゼルエンジンが期待されている^{2),3)}。近年、代替燃料としてBDF(BioDiesel Fuel)がすでに利用されつつあり、燃料としてBDFを100%利用するほか、軽油とブレンドして利用するなどされている。日本においても、京都市など一部の自治体では、車両改造や定期的なメンテナンスを行うなどの対策を講じた上で、ゴミ収集車や市営バスなどの燃料としてバイオディーゼル燃料を使用している。

しかしながら、BDFはメチルエステル燃料中の飽

和脂肪酸成分が、低温時にラード状の結晶として析出し、低温流動性に難があること、一部のゴムや金属を劣化させること、精製の際に生じる副産物である粗製グリセリンが大量に発生するため、処理が必要なことなどの問題も多く、普及が進んでいないのが現状である。

そこで、SVO(Straight Vegetable Oil)などの植物油燃料や植物油に水を混合したエマルジョン燃料が注目されている。これは植物油を改質せずに利用することで、グリセリンを発生させることがなくなる利点があるほか、エマルジョン燃料を用いた場合、燃焼温度を下げる効果により酸性雨などの原因となるNO_xの合成を抑制することが期待されるためである。

本研究では、植物油をBDFのように改質することなく、水-植物油エマルジョン燃料をディーゼルエンジンで使用した際のエンジンの諸特性の調査を目的として、基本的な動力試験を行ったので報告する。

2. 実験装置および実験方法

実験装置の主要な部分をPhoto 1に、概要をFig.1に示す。実験に使用するエンジンにはクボタ社製の単気筒横型水冷4サイクルディーゼルエンジンE70Nを用い、このエンジンに電気動力計、エンコーダ、データ収集システムNR-600により指圧線図、吸入圧力、負荷加重、冷却水量などのデータを収集する仕組みとなっている。



Photo 1 Experimental setup

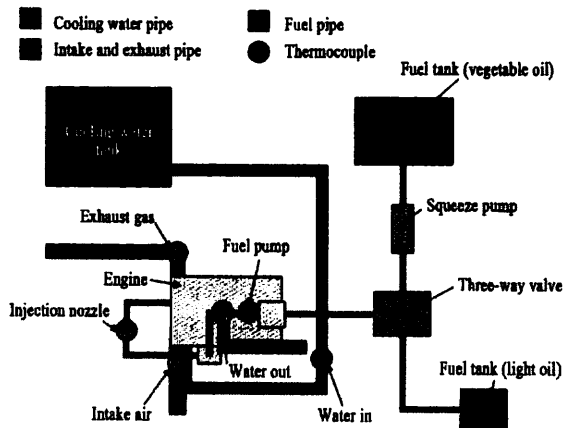


Fig.1 Schematic diagram of experimental setup

また、植物油と水-エマルジョン燃料の粘度の測定にはエー・アンド・ディー社製のSV型粘度計を使用し、外部循環付恒温水槽からの循環水を測定対象を入れる容器に繋ぐことによって、温度変化に対応した粘度測定をできるようにした。

実験に際しては、軽油を用いてエンジンを暖機運転し、その後にエンジンを安定させるため30分程度のアイドリングを行う。これは植物油や水-植物油燃料では始動性が極端に悪いためである。そして、3方弁によって軽油と植物油との燃料の切り替えを行い、燃料を植物油に切り替えた後、エンジン内、燃料配管内の燃料切り替え前に使用していた燃料を取り除くため、再び30分程度のアイドリングを行う。冷却水温等が安定したところで、全負荷運転の状態で制動負荷をかけていき、300[rpm]刻みでエンジンが停止する直前まで回転数を落としながら、各回転における波形データ、燃料流量、各所温度を測定する。さらに、制動負荷を除いていき負荷がない状態まで、再び300[rpm]刻みで回転数を上げていき、各データを測定する。最後に、測定されたデータより、エンジンの諸出力・冷却損失および排気損失などを求める。

粘度測定においては、恒温水循環装置からの水温を10[°C]に設定し、測定対象と容器全体が完全に水温と同じになったことを確認したところで、測定を開始し、それと同時に、恒温水循環装置の設定温度を70[°C]まで上昇させる。測定対象物の温度と粘度は粘度計が自動的に測定を行う。この際、低温から高温に向けて温度を変化させるのは、水-植物油エマルジョン燃料において、高温になるとエマルジョン化(乳化)した燃料の水と植物油の分離速度が大きく上昇するためである。実際に、低温から高温に向けて温度変化させた場合とその逆では温度-粘度の相関関係が大きく変わってしまうことを確認している。

なお、植物油には国内で広く利用されており、入手しやすい大豆油を用いた。軽油と合わせた低位発熱量と組成式の表をTable 1に示す⁴⁾。なお、以後の文章においては、燃料の種類を表記する際、エマルジョン燃料の水と大豆油の混合比率を毎回記すと、特にグラフにおいて煩雑になるため、左欄にあるFuel A,B,C,Dの表記を使用することとする。

Table 1 Lower calorific value and composition formula

	Fuel type	lower calorific value [kcal/kg]	composition formula
Fuel A	light oil	11200	$C_{15}H_{27.3}$
Fuel B	soybean oil:100%	9748.3	$C_{18}H_{33}O_2$
Fuel C	soybean oil:95%-water:5%	9220.1	
Fuel D	soybean oil:90%-water:10%	8638.4	

3. 実験結果

3.1 粘度測定結果

Fig.2に粘度測定の結果を示す。外部循環付恒温水槽の仕様上70[°C]付近までしか燃料を加温することができなかったが、得られた実験データから各燃料の粘度には大きな差が見られた。軽油は燃料を加温しても粘度に大きな変化は見られなかったが、植物油単体、水-植物油エマルジョン燃料においては燃料の温度が上昇することで粘度が大幅に下がることがわかった。ちなみに、植物油が軽油と同等の粘度になるためには温度を100[°C]以上に上げる必要があると考えられる。植物油:95[%]-水5[%]のエマルジョン燃料は植物油単体よりも粘度が低下したが、植物油:90[%]-水10[%]のエマルジョン燃料は植物油単体と変わらない粘度になっている。これは、エマルジョン燃料の作成が本研究室ではできないために外部で製作しており、作成から実験までの間に分離が進んでしまったことが原因でないかと考えているが、現在作成しているエマルジョン生成装置が完成したところで、もう一度検討を行う予定である。

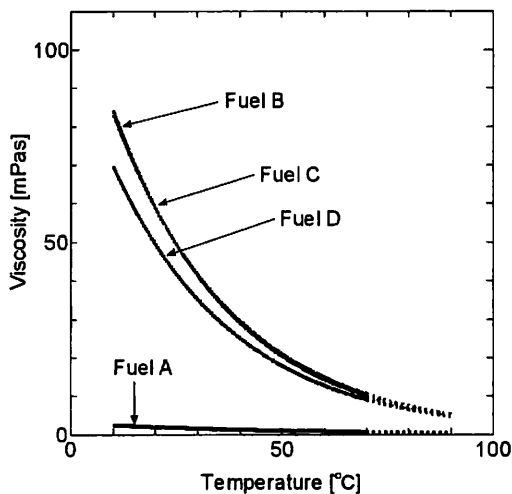
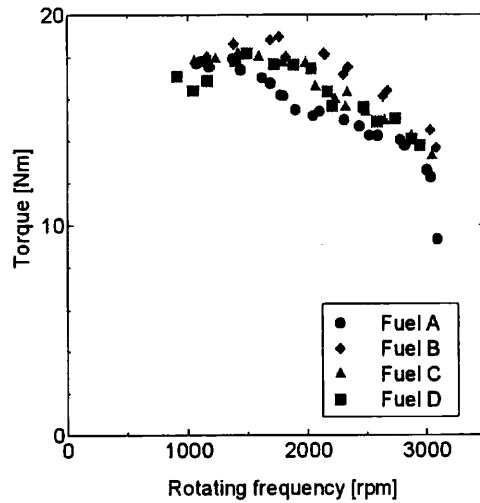


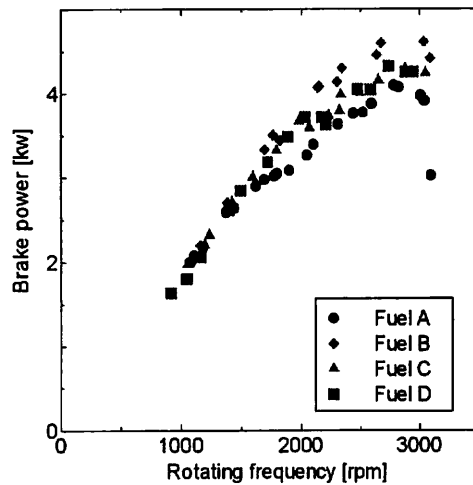
Fig.2 Viscometric results

3.1 エンジン性能試験

Fig.3に各種燃料の燃料噴射装置での入口温度を60[°C]になるように設定した際の各回転数におけるトルク、出力をプロットした実験結果を示す。まず、トルクおよび出力はいずれの回転数においても、軽油(Fuel A)と比較して植物油およびエマルジョン燃料のほうが若干高い値を示す結果となり、特にFuel Bが最も高い値を示した。



(a) Torque



(b) Brake power

Fig.3 Comparison of engine performances (1)

このあたりをもう少し詳しく考察するために、各出力に対する燃料消費率と熱効率を示したグラフをFig.4に示す。まず、燃料消費率のグラフ(Fig.4(a))を見るとエマルジョン燃料の2種類(Fuel C,D)が他の燃料と比べて高い値を示していることがわかる。これは、エマルジョン燃料の発熱量が水を混合したため低くなっており、軽油(Fuel A)と同等のトルク、

出力を出すためには燃料の消費量が増加したためである。しかしながら、水の消費量を取り除いた正味の燃料消費量は他の燃料とあまり変わらなかったため、次の熱効率のグラフ(Fig.4(b))においては、軽油(Fuel A)などと比べてもあまり変わらない結果が得られた。

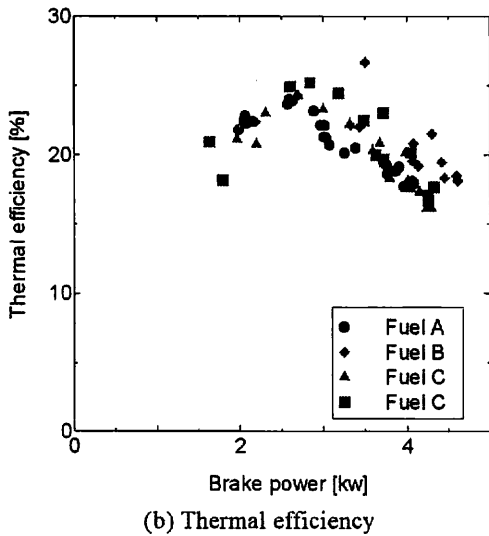
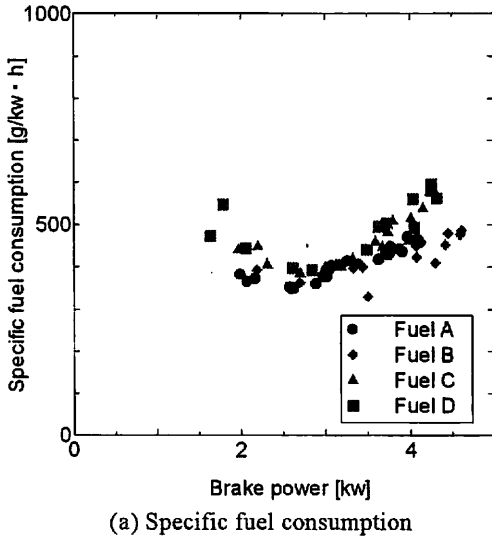


Fig.4 Comparison of engine performance (2)

最後に、各出力に対する排気損失と冷却損失のグラフをFig.5に示す。Fig.5(a)の排気損失は排気ガスの温度は計測できるが、正確な流量を計測することはできなかったため、吸入空気量と燃料噴射量から完全燃焼したと仮定して排気ガス量を算出して計算したものである。さて、排気損失を比べると軽油に比べエマルジョン燃料の方が若干ではあるが排気損失が少なくなっており、これはエマルジョン燃

料内の水分が燃焼時に燃焼ガスの熱を奪うために、排気ガス温度が低くなったためであると思われる。Fig.5(b)の冷却損失については高出力時の植物油単体での運転時以外は有意な差が現れなかった。植物油単体で運転した際は排気ガス温度も他の燃料に比べても若干高かったため、燃焼温度が他の燃料と比べると高くなっていると考えられる。

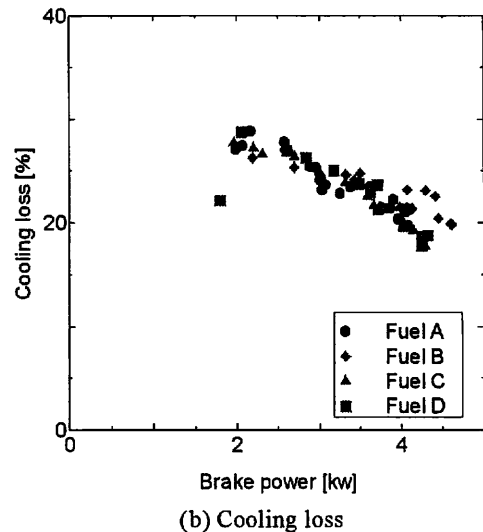
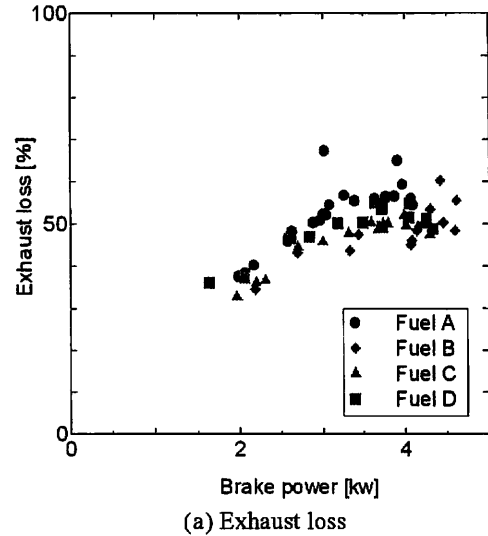


Fig.5 Comparison of engine performance (3)

4. 結論

本研究では、水-植物油エマルジョン燃料をディーゼルエンジンで使用した際のエンジンの諸特性の調査を目的として、基本的な動力試験を行った結果、始動時には使用することができないが、定常状態になった後は、軽油と同等の運転結果が得られることがわかった。特に、エマルジョン燃料の熱

効率が比較的高い値を示し、これがエマルジョン燃料に添加されている水により排気損失が低下したことが影響していることが確認できた。しかしながら、エマルジョン燃料の効果をもう少しはっきりさせるためには、水の混合量をさらに増やして検討する必要がある、今後、エマルジョン生成装置ができ次第、さらに詳細な検討を行っていく予定である。

文 献

- 1) 石谷清幹、浅野弥祐:新版 熱機関通論,コロナ社(1978)
- 2) Recep Altin, Selim Cetinkaya, Huseyin Serdar Yucesu : The potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel engines, Energy Conversion and Management 42,(2001), 529
- 3) S.Bari, T.H.Lim, C.W.Yu : Effects of preheating of crude palm oil (CPO) on injection system,performance of a diesel engine, Renewable Energy 27,(2002), 339
- 4) 技術資料 流体の熱物性値集, 社団法人 日本機械学会(1983)
- 5) 曾田範宗, 熊谷清一郎 : 内燃機関ハンドブック, 養賢堂(1964)

