12203 バイオマス燃料ディーゼル機関の燃料添加剤に関する研究

(セタン価向上剤、燃焼改善剤添加の影響)

The Effects of Fuel Additives on Exhaust Emissions and Performance
of Diesel Engine Fueled with Biomass-based Oil

○ 余 力 (湘南工科大学・院)

森棟 隆昭 (湘南工科大学)

Yu Li and Takaaki MORIMUNE

Shonan Institute of Technology, 1-1-25, Tsujido Nishikaigan, Fujisawa, Kanagawa

We experimentally evaluate a performance and exhaust emissions of a single-cylinder, four stroke direct injection diesel engine operating on diesel fuel containing 50% volume waste food-oil (Blend 50) as tested fuels. The combustion characteristics, emissions such as NO_x, CO, O₂, CO₂ and smoke were compared with the case of JIS # 2 diesel fuel. Experimental results indicated that the Blend 50 were usable as alternative fuel for diesel engine and Blend 50 were available for a treatment process of the waste food-oil. In present study, fuel additives such as cetane improver and combustion improver were used for improving the combustion efficiency and reducing the unburned component in exhaust.

Key words : Diesel Engine , Biomass-based Fuel , Exhaust Emission , Fuel Additives, Cetane Improvers

1. まえがき

本研究では、年間40万トン以上排出される廃食用油の適正な処理処分法の検討を目的としている。

これまで、軽油に天ぷら廃油を混合したブレンド油などバイオマスブレンドのリサイクル燃料を提案し⁽¹⁾、ディーゼル機関に使用した場合の機関性能および排ガスの環境特性を求めて軽油の場合と比較してきた。これよりリサイクル燃料のセタン価がやや低いことや排ガスのNO_x濃度がやや高い短所はあるが、機関性能や環境特性に大きな問題はなく、ディーゼル燃料として使用できると共に、環境に対する負荷の大きい廃食用油を適正に処理できる可能性があることを考察⁽²⁾した。

本報告では上記バイオマスブレンドディーゼル燃料にセタン価向上剤や燃焼改善剤を添加することにより、ディーゼル機関の性能や排ガス中の有害成分の排出を低減することで環境特性を更に向上させることを試みた。

2. ディーゼル機関実験装置と燃料油の特性

2. 1 実験装置と測定法

実験には Fig.1 に示す実験装置を使用した。水冷単気筒ディーゼル機関（総行程容積 411cc、直接噴射式、定格出力 5.1kW/2400rpm、圧縮比 18）を用い、電気動力計により機関の負荷を28~100%と変えた。機関の回転速度は2300~2600rpmとし、吸排気系、燃料供給系や冷却、潤滑系などは標準仕様から変更していない。燃料は廃食用油として天ぷら廃油と軽油を混合したブレンド油（Blend 50）、およびJIS 2号軽油（Diesel fuel）の2種類を用い、ベース燃料のブレンド油に添加物を混入させ供試機関を負荷運転して、それぞれの燃料における機関性能や排ガス特性を求めた。

シリンダヘッドには、ひずみゲージ式圧力変換器（容量 9.8MPa、固有振動数 37kHz）を装着しており、シリンダの圧力値を計測した。供試機関の排気管出口における排気ガス中の各成分の体積濃度については、NO_xを化学発光法、COを非分散形赤外線吸収法で測定した。排気ガスのスモーク濃度測定には排気管出口においた透過式スモークメータを用いている。運転時の燃料消費量の測定より燃料消費率を求めている。

Fig.1 Experimental apparatus of diesel engine operated on diesel fuel, biomass based fuel.

2. 2 廃食用油燃料の製油と燃料分析

廃食用油として本大学食堂にて数回の使用後排出された天ぷら廃油を用いた。天ぷら油の主成分は大豆油である。この天ぷら廃油を前処理として定量ろ紙5種A（JIS P 3801）を用いて異物除去した後、オープンにて110℃で1時間加熱して水分を取り除き、軽油と混合して実験に使用した。天ぷら廃油と軽油を体積比1:1で混合したブレンド油（Blend 50）を製油した。天ぷら廃油と軽油の溶解性は極めてよく、単純に混合するだけで燃料として使用可能である⁽¹⁾。

Table 1 に本実験で用いたてんぷら廃油、Blend 50、及び軽油の分析結果を示す。燃料油の動粘度、セタン指数、発熱量、残留炭素分、灰分、水分などの諸特性はJIS規格に沿って分析している。また元素成分については元素分析計を使用して求めた。セタン指数については、JIS K 2280を用いて常圧蒸留試験（JIS K 2254）結果より算出している。

Table 1 より Blend 50 の動粘度が軽油と比較して約 3.5 倍であること、セタン指数が軽油よりやや低いこと、燃料中に約 6%の酸素を含む酸素燃料であることなどが確認できる。

Table 1 Fuel properties of tested oil

Properties	Fuel	Diesel fuel	Blend 50	Tempura
Flash point	°C	68	80	—
Density[30°C]	(kg/m ³)	836	883	927
Viscosity[35°C]	(mm ² /s)	3.25	11.49	42.37
Cetane index		54.6	48.0	—
Lower C. V.	(MJ/kg)	43.50	39.83	38.1
Carbon residue	(wt%)	0.01	0.19	—
Carbon	c(wt%)	86.0	81.3	77
Hydrogen	h(wt%)	13.8	12.5	12.0
Oxygen	o(wt%)	<0.1	6.1	11.0
Nitrogen	n(wt%)	<0.1	<0.1	<0.01
Sulfur	s(wt%)	0.02	0.01	<0.01
Ash	a(wt%)	<0.01	<0.01	—
Water	w(wtppm)	100	200	810

2. 3 燃料添加剤

硝酸エステル、有機過酸化添加物などにセタン価向上効果があることが知られる。本研究では、セタン価向上剤として硝酸エステル類の硝酸アミル[CH₃(CH₂)₄ONO₂]を、燃焼改善剤としては、高濃縮、安定した有機バリウム[Ba]を添加した。硝酸アミルは着火温度の低下により着火遅れを短くし、バリウムは燃焼促進剤であり燃焼効率の上昇によって CO、HC などの不完全燃焼排出物質の低減効果が期待される。

Table 2 に Blend 50 に上記燃料添加剤を添加した燃料 Blend 50 +Amyl Nitrate と Blend 50+Ba を示す。

Table 2 Tested fuels

Test fuel	Base fuel and Additive agent	Rate
Blend 50+Amyl	Cetane improver(Amyl)	1500ppm
	Blend 50	Residual quantity
Blend 50+Ba	combustion improver(Ba)	1500ppm
	Blend 50	Residual quantity

3. 機関性能、排ガステ性の測定結果および考察

Fig.2 に硝酸アミルの場合の機関負荷率に対する、排気管出口における排ガス中の NO_x、CO 濃度を示す。軽油より NO_x 濃度がやや高い Blend 50 に燃料添加剤を添加することで、NO_x 濃度は減少する。これは、指圧線図から考察してセタン価向上剤の添加により着火遅れ期間が減少することで、それに伴う燃焼温度の低下により NO_x 濃度が低減したと考えられる。CO 濃度については、低負荷において硝酸アミルによる効果が見られた。Fig.3 に燃料消費率の比較を示す。セタン価の向上により、燃焼が促進され、燃料消費率が減少したと考えられる。Fig.4 に熱効率の比較を示す。なお、硝酸アミルを添加した場合の低発熱量は 39.98MJ/kg であった。エンジン内の燃焼状態が促進されたことで、熱効率が向上したと考えられる。

燃料改善剤として有機バリウムを添加したことにより NO_x 濃度が下がった結果が得られたが、詳細については講演当日述べる。

Fig.2 NO_x, CO concentrations

Fig.3 Comparison of fuel consumption

Fig.4 Comparison of thermal efficiency

4. まとめ

本実験ではバイオマスブレンドディーゼル燃料にセタン価向上剤や燃焼改善剤を添加することにより、ディーゼル機関の性能や環境特性を向上させることを試みた。

これより、硝酸アミルや有機バリウムの添加により着火遅れ期間の減少、それに伴う燃焼温度の低下による NO_x 濃度の低減や、燃焼促進効果により燃料消費率が下がり、熱効率が向上したことが確認された。

終わりに、本研究に協力した西澤功生君、沼野井佳敬君に感謝する。

参考文献

- (1) 森棟ほか、日本機械学会論文集、66-641、B(2000)。
- (2) 余力、日本機械学会第 13 回環境工学シンポジウム講演論文集、(2003)。