

PS-15 船用ディーゼル機関における 廃プラスチック油とバイオ燃料の混焼に関する研究

環境・動力系 * 西尾 澄人, 福田 哲吾

1. はじめに

地球温暖化対策やSO_x対策が重要な課題となっている¹⁾。バイオ燃料はカーボンニュートラルな燃料として扱うことができるため、CO₂排出量をゼロとみなすことができ、燃料に硫黄をほとんど含まず、SO_x排出量もほとんどないため、今後船用燃料への使用が期待されている。しかし、バイオ燃料は量的な問題や価格的な問題などにより、いまだ広く普及していない。今回は、廃棄されるプラスチックから作った廃プラスチック油とバイオ燃料をそれぞれの特徴を活用して良好に燃焼させるための研究を行なったので報告する。廃プラスチック油と植物油(廃食用油)を用いた実験は神長ら²⁾があるが、どのような燃焼をしているのかなど不明な点があり本研究を実施した。

2. 実験装置および実験方法

実験に使用したディーゼル機関は小型高速4ストロークディーゼル機関(単気筒、無過給、最大出力12kW/2600rpm, AVL製)である。ディーゼル機関の運転条件は、本ディーゼル機関の100%の負荷を同機関の最大のトルク5kgf・mと回転数1500rpmの状態(出力:7.7kW)とした場合の船用特性の75%負荷(機関回転数:1363rpm, トルク:4.13kgf・m, 出力:5.8kW)に設定して実験を行った。

使用した燃料は、表1に示す廃プラスチック油(Waste Plastic Oil: WPO)、菜種油(Rapeseed Oil: RO)、軽油(Gas Oil: GO)である。さらに廃プラスチック油と菜種油の混合油および廃プラスチック油と軽油の混合油を、容積比で所定の割合に調整して製作した。

排ガス計測はポータブル型燃焼ガス分析計 testo350XLを用いて、NO_x、CO、O₂およびCO₂濃度を計測した。スモーク濃度の計測はJIS D 8004に準拠したスモークメータSOKKEN MODEL GSM-3を使用した。なお、全ての実験は同一時期に行っている(8月)。

実験に際し、機関を十分に暖機し、実験負荷に静定後、筒内圧及び燃料噴射圧のデータをクランク角度に対し0.5度間隔で収集した。また排気ガス計測も行った。筒内圧データは50波形の平均をとって、燃焼解析を行った。機関の各種温度、圧力データは1秒間隔で収集した。

3. 実験結果および考察

表1の燃料性状を見て分かるように、廃プラスチック油は軽油に比べて引火点が低い。そこで軽油に比べて引火点が高

表-1 使用燃料の性状

		Waste Plastic Oil	Rapeseed Oil	Gas Oil
Density (15°C)	g/cm ³	0.7903	0.9215	0.8217
Kinematic viscosity (50°C)	mm ² /s	2.146	25.2	2.2
Flash point	°C	38	243	66
Sulphur	%	0.003	0.01	0.00
High calorific value	J/g	45900	40750	46000
Oxygen in fuel	%	0.1	10.7	<2.5(0.5)

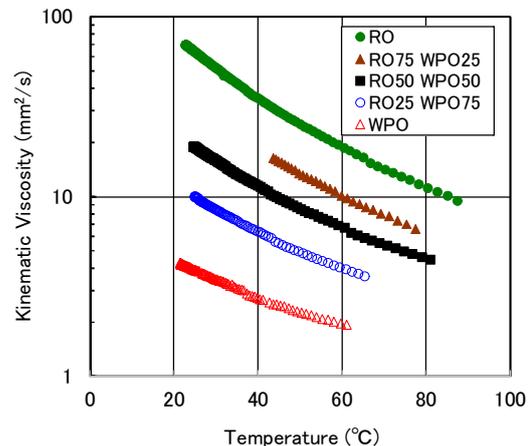


図-1 使用燃料の動粘度と温度の関係

い生の植物油(廃食用油や菜種油など)を混合して、使用することとし、これらの燃料が排気ガスや機関性能に与える影響を調べた。比較のために、廃プラスチック油に軽油を混合した実験を行った。なお、廃プラスチック油の動粘度については軽油より低い(1.225mm²/s(50°C))²⁾というデータもあるが、本実験に用いた廃プラスチック油の動粘度は軽油と同程度であった。

図1に使用した廃プラスチック油と菜種油の混合燃料の動粘度と温度の関係を示す。廃プラスチック油は動粘度が低く、菜種油は粘度が高いのが分かる。今回の実験では燃料を加熱せずに実験を行ったため燃料温度は約30°Cであった。動粘度を通常機関に適用できる15cSt程度までにするためには、廃プラスチック油に菜種油を同程度(50:50)まで混合できそうである。

図2から図5に廃プラスチック油に菜種油または軽油を混焼させた実験結果を示す。混合割合は容積比で菜種油の場合

は10%ずつ60%まで実験を行った。廃プラスチック油40%菜種油60%の混合油でSmokeが増加したので、これ以上の混合割合の実験は行わなかった。軽油を混合する場合は10%ずつ軽油100%まで実験を行った。

図2はNO_xに与える影響であるが、廃プラスチック油に菜種油を混合すると若干低下する傾向があり、軽油を混合する場合も60%までは低下する傾向が見られた。

図3はSmokeに与える影響であるが、廃プラスチック油は軽油よりSmokeが低い。菜種油を混合する場合、混合割合50%までは軽油を混合するより低い値であるが、菜種油60%混合油ではSmokeが大幅に増加した。今回の実験では燃料油を加熱していないため、菜種油を60%混合した場合は粘度が高くなり、適切な噴霧を形成することができず燃焼が悪化したものと考えられる。

図4は熱効率に与える影響を示す。廃プラスチック油に菜種油を混合する場合は、熱効率が若干低下する傾向にある。廃プラスチック油に軽油を混合する場合は、熱効率は若干増加する傾向にある。

図5に今回の実験で代表的な燃料である、廃プラスチック油100%、廃プラスチック油50%菜種油50%混合油、廃プラスチック油50%軽油50%混合油および軽油100%の燃焼解析の結果を示す。図には筒内圧力、燃料噴射圧、熱発生率が示されている。廃プラスチック油は、熱発生率の立ち上がりの位置を見て分かるように、他の燃料に比べて着火時期が遅いのが分かる。この4つの燃料では、軽油の着火時期が一番早い。廃プラスチック油に菜種油を混合した燃料は、廃プラスチック油に軽油を混合した燃料とほぼ同程度の着火時期であった。

今回の実験では、廃プラスチック油に菜種油を混合する場合、混合割合が50%まで、Smokeは低い値であり、NO_xは増加せず、熱効率が大幅に悪くすることなく燃焼させることが可能であることが分かった。これは廃プラスチック油の動粘度が低いために菜種油を50%まで混合しても粘度を大幅に高くすることを防げたことと、廃プラスチック油は着火遅れが大きい、菜種油を混合することにより、着火性を改善させることができたからと考えられる。

4. まとめ

廃プラスチック油と菜種油との混焼実験を行った結果、菜種油50%混合まで、Smokeを悪化せずに、NO_x、Smokeを軽油並みにすることが可能であることが分かった。また、廃プラスチック油と菜種油は硫黄分も軽油並みに少ない。環境の観点からは廃プラスチック油と廃食用油を混合して利用すれば、廃棄するものを有効に活用できるため、地球温暖化対策上有効な利用方法と考えられる。

謝辞

本研究の実施にあたり、(株)湘南貿易およびエンバイロメントシステム(有)から廃プラスチック油を提供していただいた。ここに深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 村岡, 日マリ講, 第87回論集, (2017-5), 29-32
- 2) 神長他2名, 日マリ学誌, 53-1(2018-1), 147-151

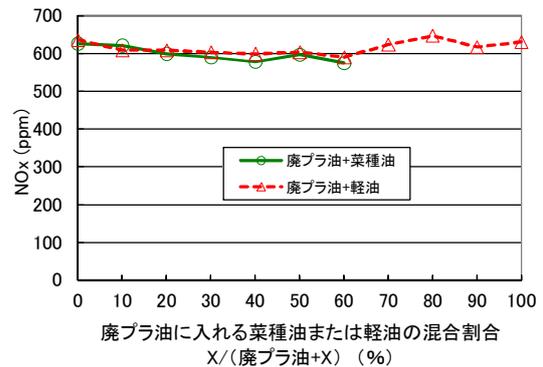


図-2 燃料がNO_xに与える影響

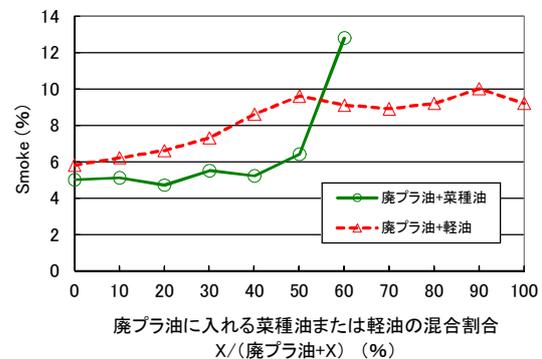


図-3 燃料がSmokeに与える影響

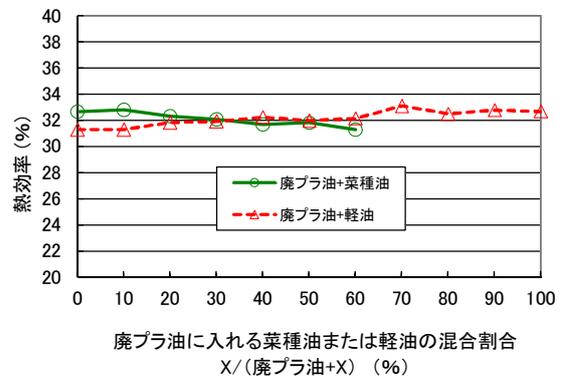


図-4 燃料が熱効率に与える影響

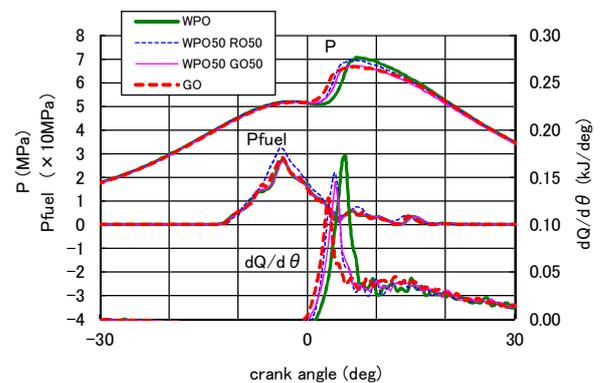


図-5 バイオガスの燃焼割合