

植物系バイオ燃料によるディーゼル機関の排気特性に関する研究

Diesel engine and the characteristics of the exhaust emission using biomass fuel

○正 坂田 知浩 (北海道自短大) 正 北川 浩史 (北海道自短大)
正 藤原 康博 (北海道工大名誉教授) 正 登坂 茂 (北海道工大)

Tomohiro SAKATA, Hokkaido Automotive engineering College
Hiroshi KITAGAWA, Hokkaido Automotive engineering College
Yasuhiro FUJIWARA, Shigeru TOSAKA, Hokkaido Institute of Technology

Key Words: diesel engine, waste vegetable oil, methyl ester, engine performance

1. まえがき

現在、CO₂排出増加による地球温暖化が大きな問題となっている。これに対しバイオ系燃料は、再生産可能な燃料であり植物を育てる過程でCO₂を吸収することから、化石燃料の代替燃料として使用することでCO₂の排出量を抑制する上で有効である。しかし、バイオ系燃料は含酸素燃料であることから、含酸素系有害成分であるアルデヒドが多く生成されることが懸念される。

本研究では、バイオ系燃料として、植物油をメタノールでモノエステル化したメチルエステル燃料を対象に、その構成成分である脂肪酸メチルの熱分解を行いアルデヒドの生成傾向を調べた。また、3種類のバイオ系燃料と軽油(Gas Oil)をディーゼル機関の燃料に用いた場合の排気特性を比較し、構成脂肪酸が排気特性にどのような影響を与えるかを明らかにすることを目的に、比較、検討を行った。

2. 実験装置および方法

各脂肪酸メチルのアルデヒドの生成傾向を調べるために、加熱炉に赤外線ゴールドイメージ炉を用い、加熱雰囲気、加熱時間を変化させるための流路を組み込んだ熱分解装置を試作し、同一条件で加熱を行った。発生したアルデヒドはDNPH法を用いてECD付きガスクロマトグラム(GC-14B)で測定した。なお、熱分解条件は、投入試料量を0.5μL、酸素濃度25%、加熱時間40秒で行い、加熱温度は300℃から800℃の範囲で行った。本実験に使用したディーゼル機関は、水冷単気筒横型4サイクル直接噴射式機関であり、定格出力は7.7kW/2600rpmである。NO_xの測定は化学発光式NO_x分析計、島津NOA-7000を使用した。THCはFID付ガスクロマトグラフGC-9Aを使用、無機ガスはTCD付ガスクロ

トグラフGC-9Aを用いて分析した。排気黒煙濃度(Smoke)はボックス式スモークメータを使用した。供試燃料としては、菜種、大豆、ならびにパーム油のメチルエステルを用い、比較のために軽油を用いた。熱分解実験においては、供試燃料に含まれる脂肪酸メチルと軽油の主成分であるヘキサデカンを使用した。

3. 実験結果および考察

3.1 メチルエステル燃料の構成脂肪酸割合

メチルエステル燃料は種類によって脂肪酸メチル成分の含有割合が異なる。そこで、今回の供試燃料である菜種メチル、大豆メチル、パームメチルの脂肪酸メチル成分の含有割合を調べた。図1にそれぞれの燃料の脂肪酸メチルの含有割合を示す。今回使用した燃料は、飽和脂肪酸メチルのパルミチン酸メチル(C16:0)、ステアリン酸メチル(C18:0)と、不飽和脂肪酸メチルのオレイン酸メチル(C18:1)、リノール酸メチル(C18:2)、リノレン酸メチル(C18:3)、で構成されている。各燃料では、菜種メチルはオレイン酸メチルの含有割合が多く、大豆メチルはリノール酸メチル、ならびにパームメチルはパルミチン酸メチルが多い。

3.2 脂肪酸メチルによるアルデヒドの生成傾向

メチルエステル燃料と軽油のアルデヒドの生成傾向について調べるに際し、脂肪酸メチルの中でも比較的多く含まれているオレイン酸メチルの熱分解を行い、アルデヒドの生成量を測定した。図2にオレイン酸メチルを500℃で加熱したときのアルデヒド成分の分析結果を示す。図に示すように、8分付近に大きなピークが溶出している。これは、未反応のDNPHである。これ以外では、ホルムアルデヒドが最も多く、アセトアルデヒド、プロピオンアルデヒドの順で多く生成されている。ケトン類のアセトンを除くとブチル

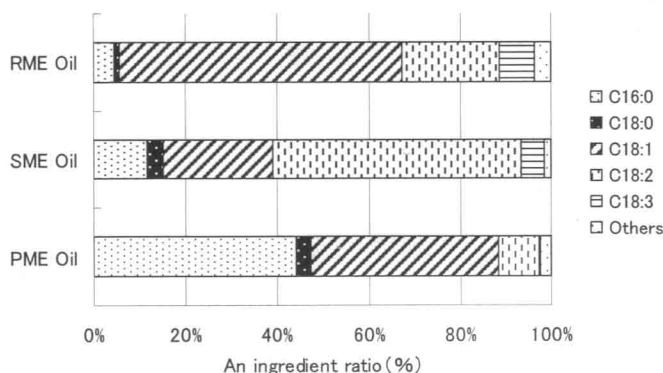


Fig.1 The constituents of a vegetable oil

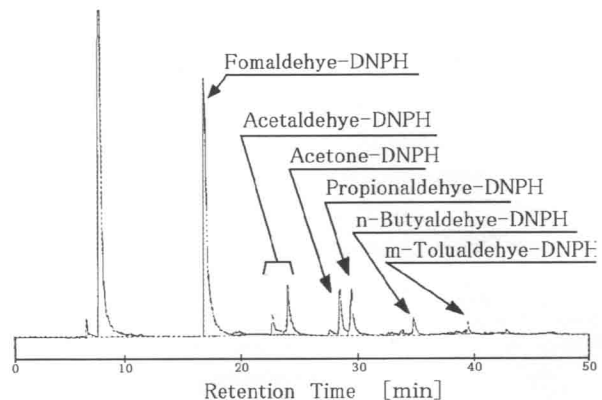


Fig.2 Analysis of aldehyde

アルデヒドも比較的多く生成されている。また、アセトアルデヒドのピークは二つ存在する。これはアセトアルデヒドがDNPHと反応すると異性体ができるためである。

図3は、供試植物油メチルエステル燃料に比較的多く含まれている、パルミチン酸メチル、オレイン酸メチル、リノール酸メチルから生成されるアルデヒドの生成傾向について調べた結果から、トータルアルデヒドの生成量比較して示したものである。図から、トータルアルデヒドは、パルミチン酸メチルは、不飽和脂肪酸メチルに比べ、広い温度範囲で生成されていることがわかる。また、300℃から生成量が増加し始め500℃で値が最大となり、以降減少している。それに対して、不飽和脂肪酸メチルでは400℃から生成量が増加し始め、600℃で値が最大となり、以降減少している。不飽和脂肪酸メチルは、生成傾向の差は小さいが二重結合数が増えると生成量は減少している。

図4は、前述の結果から、ホルムアルデヒドの生成量を比較して示したものである。図からホルムアルデヒドは、トータルアルデヒドの大部分を占めており、生成傾向はトータルアルデヒドと同様となっている。

3. 3 負荷を変化させた場合の機関性能および排気特性

各メチルエステル燃料の構成脂肪酸割合には差異があるため、負荷を変化させた場合に各メチルエステル燃料の機関性能 および排気特性にどのような影響を及ぼすのか調べた。

菜種油メチルエステル(RME Oil), 大豆油メチルエステル(SME Oil) ならびにパーム油メチルエステル(PME Oil)を用いた場合の排気特性を図5に示した。比較のためにGas Oilの結果も併記して示した。

図5 から各メチルエステル燃料を用いた場合のNO_x濃度は、すべての負荷範囲においてGas Oilより高い値を示している。THCはGas Oilのほぼ半分以下の濃度である。COは低負荷でGas Oil、メチルエステル燃料ともに差はないが、中負荷以降では、Gas Oilより低い濃度が低いことがわかる。さらに排気黒煙濃度も広い負荷

範囲でGas Oilよりも低いことがわかる。いずれのメチルエステル燃料もGas Oilより未燃成分が減少していることで、燃焼状態が改善されていると考えられる。また、その結果NO_xが増加し、CO濃度が減少したのと考えられる。次に3種類のメチルエステル燃料で比較すると、NO_xはPME Oil, SME Oil, RME Oilの順に濃度が高くなっている。THCは、RME Oil, SME Oil, PME Oilの順に高くなっている。中負荷でのCO濃度は、各メチルエステル燃料では差は見られないが、高負荷でRME Oil, SME Oil, PME Oilの順に高くなっている。排気黒煙濃度はRME Oil, SME Oil, PME Oilの順に高くなっていることから、不飽和脂肪酸の割合が多いと排気黒煙濃度は減少している。すなわち構成脂肪酸の割合と排気特性には相関が認められる。

4. 結 論

以上の結果から結論を以下に示す。

- (1) オレイン酸メチルは 400℃付近からアルデヒド生成量が増加し始め、低温域での生成量は少ない。
- (2) オレイン酸メチルでのアルデヒド生成量が多く、リノール酸メチルでのアルデヒド生成量は少ない。このことからオレイン酸メチルの影響が大きいと考えられる。
- (3) 各メチルエステル燃料は、Gas Oilと比較するとNO_xは増加し、THC、CO、排気黒煙濃度は減少した。
- (4) 飽和脂肪酸割合が少ないとNO_xは増加し THC、排気黒煙濃度は減少する傾向がみられる。

参考文献

- (1) Japan Society of Mechanical Engineers, A collection of Hokkaido branch office lecture summaries. In Japanese No.052-1 (2005) pp.134-135
- (2) High environmental tailoring and the mechanism elucidation study subcommittee of the intermittent combustion in Japanese (2001) pp.83-88

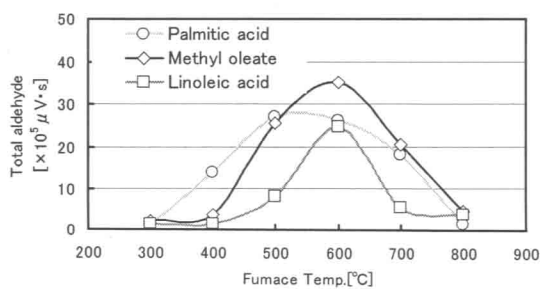


Fig.3 Total aldehyde generation quantity of the fatty acid methyl

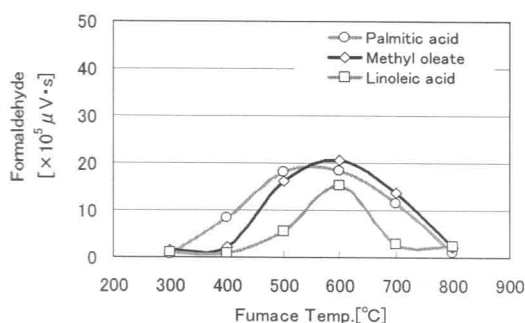


Fig.4 Quantity of aldehyde generation of the fatty acid methyl

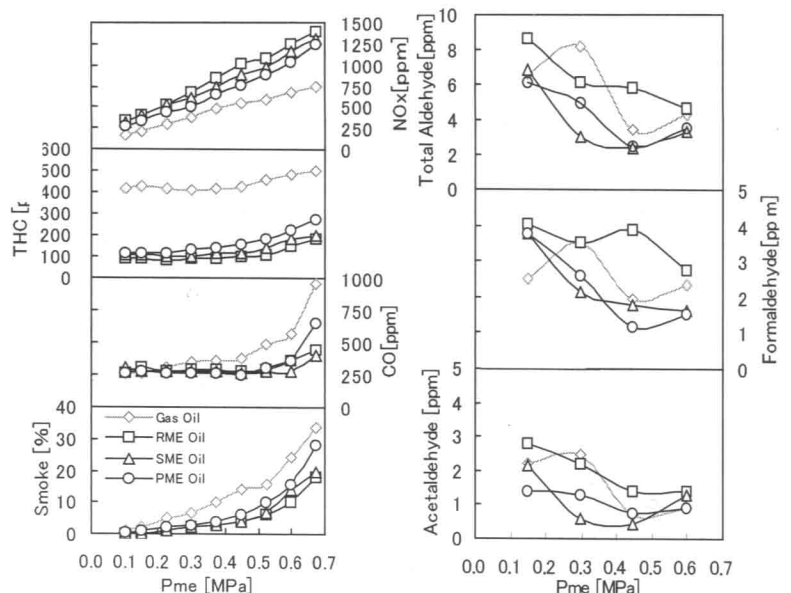


Fig.5 An exhaust characteristic of the biomass fuel