Diesel Combustion Characteristics of Palm Oil Ethyl Ester

正 木下 英二 (鹿児島大)
正 浜崎 和則 (鹿児島大)

○学 澤岡 穰二 (鹿児島大院)
学 馬渡 大輔 (鹿児島大院)

Eiji KINOSHITA, Joji SAWAOKA, Kazunori HAMASAKI and Daisuke MAWATARI
Kagoshima University, 1-21-40, Korimoto, Kagoshima

Key Words : Diesel Engine, Alternative Energy, Biomass Energy, Palm Oil, Methyl Ester, Ethyl Ester

1. はじめに

バイオディーゼルの原料として、なたね油や大豆油の他に生産量とコストの点でパーム油が注目されており、パーム油メチルエステル(PME)はディーゼル燃料として用いた場合、軽油に比べて着火性が良く、排ガス中の NO_x と排気煙が同時低減する⁽¹⁾。しかし、PMEの流動点は 12.5°C と高く、日本の冬季や寒冷地における使用には問題がある。また、最近、セルロース系を含むバイオマス資源から発酵によるエタノール製造の研究開発⁽²⁾が国内外で盛んに行なわれており、将来、バイオマスエタノールは生産量が増加すると思われる。エタノールはセタン価が低いため、熱効率の良いディーゼル機関にそのまま用いることは出来ない。そこで、バイオマスエタノールをディーゼル燃料として利用する方法として、パーム油とエステル変換することが考えられ、また、パーム油のエステル変換にはメタノールよりエタノールを用いた方が低湿流動性の改善が図れると思われる。

本研究では、パーム油と市販のエタノールから作製したパーム油エチルエステル(PEE)を直噴式ディーゼル機関に適用して機関性能および排出ガス特性の実験を行ない、PMEおよびJIS2号軽油の場合と比較し、PEEの軽油代替燃料としての可能性を検討した。

2. 供試燃料

供試燃料として、PEE、PMEおよびJIS2号軽油を用いた。表1に供試燃料の性状を示す。PEEとPMEのセタン価は蒸留温度および密度から算出したセタン指数であり、PEEのC、H、Oはガスクロマトグラフで測定した脂肪酸組成より算出した値である。また、PEEの低発熱量はC、H、Oの値とPMEの高発熱量の測定値を参考にして見積もった値である。PEEの低発熱量は軽油の87%程度あり、酸素を約10.9wt%含んでいる。PEEはPMEよりもCとHの含有量が多いため、PEEの低発熱量はPMEよりも高くなっている。また、PEEの流動点はPMEよりも 5°C 低い値である。大井ら⁽³⁾の測定結果によると、軽油にPEEを10wt%混合した燃料のほうが、PMEを混合した燃料より流動点が低い。この結果から、PEEの流動点はPMEより低いと考えられ、本実験の結果と一致している。しかし、PEEの場合も、寒冷地などでの使用には問題があり、軽油等の流動点の低い燃料との混合などの対策が必要である。PEEの動粘度はPMEよりも若干高い値である。

3. 実験装置および実験方法

供試機関は、水冷式直噴単気筒四サイクルディーゼルで、排気量 1007cm^3 、ボア×ストローク $110\times 106\text{mm}$ 、圧縮比16.3、連続定格出力は $11.77\text{kW}/2200\text{rpm}$ である。噴射系は軽油使用時の標準噴射系のままで、機関回転数を 2000rpm 一定として負荷を変えて実験を行った。排ガス中の NO_x 濃度はCLD、HC濃度はFID、CO濃度はNDIR、排気煙濃度は光透過式スモークメータを使用して測定し、シリンダ内圧力および噴射ノズルのニードルリフトを測定した。

Table 1 Properties of test fuels

Test fuels	PEE	PME	Gas Oil
Cetane number	52	53	56
Net calorific value MJ/kg	37.42	36.85	43.12
Density@293K, kg/m^3	0.871	0.879	0.832
Viscosity@293K, mm^2/s	7.6	7.1	4.7
Pour point $^\circ\text{C}$	7.5	12.5	-12.5
C wt%	75.98	75.69	87.30
H wt%	13.11	13.04	12.50
O wt%	10.91	11.48	0
Sulphur wt%	—	0.00018	0.05
Water wt%	—	0.04	0
Stoichiometric air-fuel ratio	12.74	12.66	14.2
50% Distillation Temp. $^\circ\text{C}$	335	327	302

Fig.1 Injection timing and ignition delay

4. 実験結果および考察

図1に各負荷での燃料噴射時期、着火時期および着火遅れ期間を示す。これらの値は、ニードルリフトおよび熱発生率から求めたものである。燃料噴射時期は、パーム油系燃料が軽油に比べて若干速くなっている。燃料性状から推測すると着火遅れ期間はセタン価が高く、動粘度が低い軽油の場合が最も短くなると思われるが、実験結果では軽油が最も長くな

っている。表 1 に示したパーム油系燃料のセタン価は蒸留試験から求めたセタン指数であるので、実際のセタン価は軽油よりも高くなることが予想される。また、PEE の着火遅れ期間は PME よりも若干長くなっている。PEE は PME よりも動粘度および 50% 留出温度が高いので、噴霧の微粒化および蒸発が悪くなり、PEE の着火遅れ期間は PME よりも若干長くなったと考えられる。

図 2 に負荷 100% の場合の熱発生率線図およびニードルリフトを示す。ニードルリフトから、燃料噴射期間はパーム油エステル系燃料が軽油に比べて長くなっている。これは、低発熱量が軽油に比べて PEE の場合は約 13%, PME の場合は約 14% 低いために、同じ熱量を得るには燃料を多く投入する必要があるからである。PEE は着火後の最大熱発生率が軽油よりも低く、PME よりも高くなっている。PEE は軽油より着火遅れが短く、着火前に形成される可燃予混合気量が軽油に比べて少ないので、PEE の最大熱発生率が軽油よりも若干低くなったと思われる。最も着火遅れが短い PME の場合、着火後の最大熱発生率が最も低くなっている。

図 3 に正味熱効率 BTE および排ガス特性を示す。PEE の BTE は他の燃料の場合と同程度の値を示す。PEE の HC 濃度は軽油より低く、PME と同程度である。パーム油系燃料は軽油より着火遅れが短いため、着火遅れ期間に低温の雰囲気空气中に凍結される燃料の量が少なくなったため、HC 濃度が減少したと思われる。CO 濃度について、PEE は軽油より若干高く、PME と同程度である。パーム油系燃料の CO 濃度が軽油よりも高くなったのは、PEE と PME が含酸素燃料であるので、CO の主な生成経路である CHO および HCHO が生成されやすくなったためと考えられる。排気煙濃度はパーム油系燃料が軽油よりも低い。これは、パーム油系燃料の場合、燃料中に含まれる酸素のために、燃焼室壁面の燃料噴霧のインピンジメント冷却部分において、‘すす’の発生が抑制されたことによると考えられる。高負荷域において PEE の排気煙濃度が PME よりも若干高くなっている。これは、PME の酸素含有量が約 11.5wt% であるのに対し、PEE は約 10.9wt% と若干少ないため、排気煙濃度が高くなったと考えられる。NO_x 濃度については、PEE は軽油に比べ若干低く、PME が最も低い値を示している。NO_x 濃度は燃焼温度が高ければ高いほど、高温状態が長く続けば続くほど多量に生成される。図 2 から分かるように、PEE の着火後の最大熱発生率は軽油に比べ低くなっており、PEE は軽油に比べて着火後の急激な燃焼が抑制され、燃焼温度が低くなったものと考えられる。PME の場合、着火が供試燃料の中で最も早いので、最大熱発生率が他の燃料よりも低くなり、NO_x の生成が最も少なくなったと考えられる。

以上の結果から、PEE は軽油に比べ着火性が良く、HC、NO_x および排気煙濃度が低く、軽油代替燃料として使用可能であると考えられる。また、PEE は PME に比べ、NO_x 濃度は増加するものの、その他の排ガス濃度は同程度であり、軽油等の流動点の低い燃料を混合させて低温流動性の改善を図る場合、PME より流動点が高い PEE の方が望ましい。

5. 結論

- (1) PEE は PME よりも低温流動性が良い。
- (2) PEE の BTE は軽油および PME とほぼ同じである。
- (3) PEE は軽油に比べ、排ガス中の排気煙、NO_x および HC 濃度が低い。
- (4) PEE は PME に比べ、NO_x 濃度は増加するが、排気煙、HC および CO 濃度は同程度である。

終わりに実験には鹿児島大学 亀田昭雄技術専門職員、大学生溝上彰悟君の協力を得た。ここに記して謝意を表します。

Fig.2 Rate of heat release and needle lift

Fig.3 Brake thermal efficiency and exhaust emissions

参考文献

- (1) 浜崎和則・ほか 3 名, 機論 68-667, B(2002), 958-963.
- (2) 星野忠一, JITA セミナー, バイオマスからの自動車用液体燃料製造の展望(2003).
- (3) 大井明彦・ほか 4 名, 燃料協会誌, 62-669(1983), 24-31.