

法政大学学術機関リポジトリ  
HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

# バイオエタノール混合燃料を用いた小型ディーゼル機関の燃焼特性について

著者	高立?
出版者	法政大学大学院理工学研究科
雑誌名	法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編
巻	60
ページ	1-4
発行年	2019-03-31
URL	<a href="http://doi.org/10.15002/00021968">http://doi.org/10.15002/00021968</a>

# バイオエタノール混合燃料を用いた 小型ディーゼル機関の燃焼特性について

A STUDY OF COMBUSTION CHARACTERISTICS FOR BIO-ETHANOL BLENDED FUEL  
BY USING A SMALL DIESEL ENGINE

高 立琪  
Liqi GAO  
指導教員 川上 忠重

法政大学大学院理工学研究科機械工学専攻修士課程

In recent years, global warming, acid rain and other environmental problems are becoming more and more serious, and a variety of fuel resources made from fossil fuels are also facing depletion. As a way to solve these problems, biofuels have attracted much attention. The biofuels are fuels based on biological resources produced by plants, which have less pollution to the natural environment.

In this study, the experiment has been carried out to determine the influence on combustion characteristics and exhaust emissions for a small diesel engine by using the fuel of bio-ethanol addition. The fuels are used in this study for five types by changing of the ethanol addition volume percentages from 5% to 25% in the blended fuels. The combustion behaviors, such as burning pressures, heat release rate and emissions (CO, HC, NO<sub>x</sub>, Smoke) are observed.

The main conclusions are as follows:

- (1) The emissions of HC and CO increase by using the fuel of bio-ethanol addition than that of the light oil.
- (2) It is possible to reduce the NO<sub>x</sub> and smoke emissions by using ethanol-light oil blended fuels under the low load.
- (3) The most suitable conditions of ethanol addition exist by using ethanol blended fuels against the load conditions.

**Key words** : Diesel engine, Biomass ethanol, Emulsion, Combustion characteristics

## 1. 緒言

近年、地球温暖化や酸性雨などの環境問題が深刻化しており、また、石油系燃料を始めとするエネルギー資源枯渇の問題が、喫緊の課題である。これらの問題を解決するための1つの手法として、バイオ燃料が注目されている。ここでバイオ燃料とは、生物系由来の燃料であり、カーボンニュートラルを始めとする環境に優しいアルコール燃料としてすでに一部利用されているが、発熱量の問題から燃焼生成物の低減に関する検討は、必要・不可欠である<sup>(1)</sup>。

そこで本研究では、小型ディーゼル機関でのバイオ燃料の有効利用を目的として、燃焼生成物に及ぼす、軽油-エタノール混合燃料の燃料性状に及ぼす影響について考察を行った。併せて、機関負荷の影響についても検討を行った。

## 2. 実験装置及び実験方法

### (1) 実験装置

本実験では供試機関として、KIPOR 製空冷式ディーゼル発電機 KED2.0E を用いた<sup>(2)</sup>。表1に本供試機関の諸元、図1に本実験装置の概略をそれぞれ示す。本実験では吸排気系、燃料供給系、冷却方式、潤滑系は標準仕様から変更していない。

排気ガス測定にはAVL社製Di-Com4000を用い、スモークの測定には株式会社イサカ製光透過式黒煙測定器オパシメータALTAs-5100Dを使用し、機関を十分に暖気運転した後、排

気管から排出された排気ガスの一部を装置に導入することでNO<sub>x</sub>、CO、HC、スモークの4種を測定した。負荷の設定にはグリーンウッド社製遠赤外線ヒーターGEN-100Nを用いて出力を切り替えることで、設定負荷を0W、350W、700W、1050Wの4種類のデータを測定した。各条件において10回ずつ測定を行い、算術平均値を用いてデータの検討を行った。

熱発生率の算出には、機関燃焼室壁に取りつけられたピエゾ型圧力変換器からの圧力履歴及びフォト・マイクロセンサーで上死点位置がモニタリングできるように設定し、これらのデータからP-θ線図を図示することにより算出した。なお、熱発生率の算出においては、比熱一定として計算を行い、各機関条件において、算術平均値を用いて検討を行った<sup>(3)</sup>。

### (2) 燃料

本実験では軽油をベースにエタノールを添加した混合燃料を使用し、また、アルコールの添加率  $W$  は式(1)により、定義した。

$$W = \frac{\text{volume of ethanol}}{\text{volume of fuel}} \times 100 [\%] \quad (1)$$

エタノール混合燃料の作成には、軽油の入ったビーカーに各添加率に相当するエタノール(E+割合)を添加し、マグネチックスターラーを用いて30分間攪拌を行なった。なお、燃料の相分離を防止するためにE20には1-オクタノールを3 vol% 添加した。各燃料性状を表2に示す<sup>(4)</sup>。

Table.1 KM170F-A Engine specification

Engine type	4stroke diesel engine
Combustion system	Direct injection
Cooling system	air-cooling
Number of cylinder	1
Bore × Stroke	70mm × 55mm
Displacement	0.211L
Valve system	OHV
Compression ratio	20
Rated output	2.5kW /3000rpm

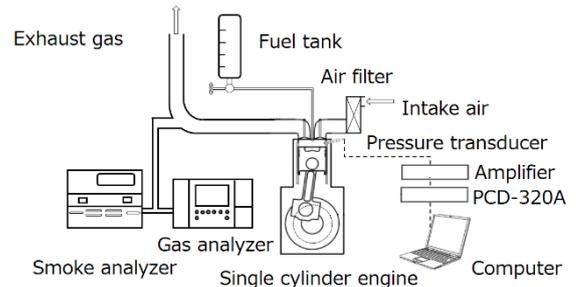


Fig.1 Experimental device

Table.2 Fuel properties

Test fuels		E5	E10	E15	E20	E25
Light oil	[vo %]	95	90	85	77	72
Ethanol	[vo %]	5	10	15	20	25
Water	[vo %]	-	-	-	-	-
1-octanol	[vo %]	-	-	-	3	3
Sorbitan monooleate	[vo %]	-	-	-	-	-
Lower heating value	[MJ/kg]	42.3	41.5	40.7	38.5	37.7
Cetane number		53.6	51.2	48.8	44.7	42.3
Oxygen content	[w %]	1.7	3.5	5.2	7	8.7

### 3. 実験結果及び考察

#### (1) 筒内圧力および熱発生率

図2から5に機関負荷を0~1050Wに変化させた場合の筒内圧力履歴と熱発生率を、燃料性状をパラメータとして、それぞれ示す。これらの図から、機関負荷に関わらず、エタノール混合燃料を用いた場合、着火遅れ期間が軽油単体よりも増大している。また、本実験範囲内では、エタノール添加率を5%から15%まで変化させた場合、各混合燃料の着火遅れ期間がほぼ同程度である。また、全負荷領域において、エタノール混合燃料を用いた場合、軽油と比較して最大熱発生率が上昇

している。これは、着火遅れ期間の増加及びエタノール燃料が早期蒸発することにより、混合が促進された為と考えられる。また、E25燃料を用いた場合、無負荷領域での、最大熱発生率は、他の混合燃料と比べて低下している。これは、セタン価の低下による着火遅れ期間の増大および燃料発熱量の低下による燃焼温度の減少によるものと考えられる。一方、負荷1050Wにおいては、着火遅れ期間の増大にも関わらず、最大熱発生率は他の燃料とほぼ同程度である。これは、高負荷領域においては、エタノール蒸発が早期化することにより、混合が促進された為と考えられる。

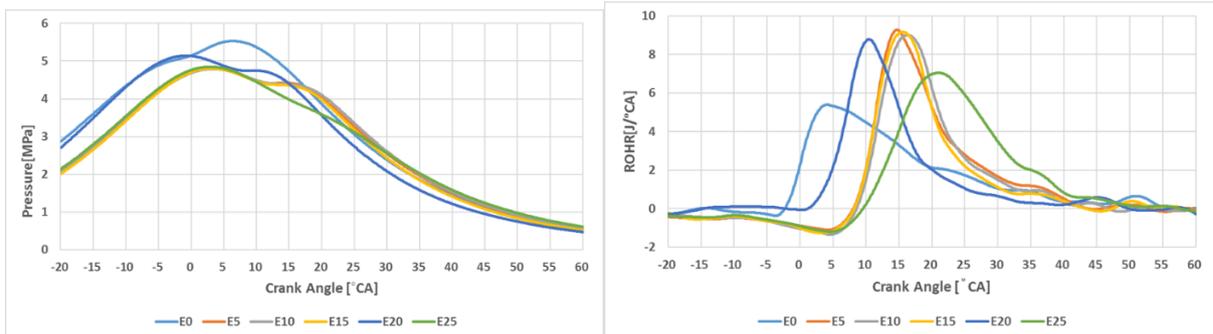


Fig.2 Pressure and ROHR ( Load 0 W)

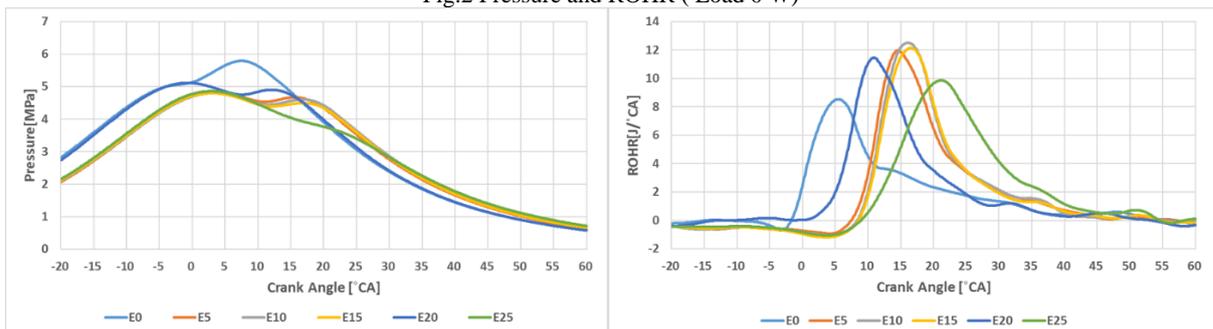


Fig.3 Pressure and ROHR ( Load 350 W)

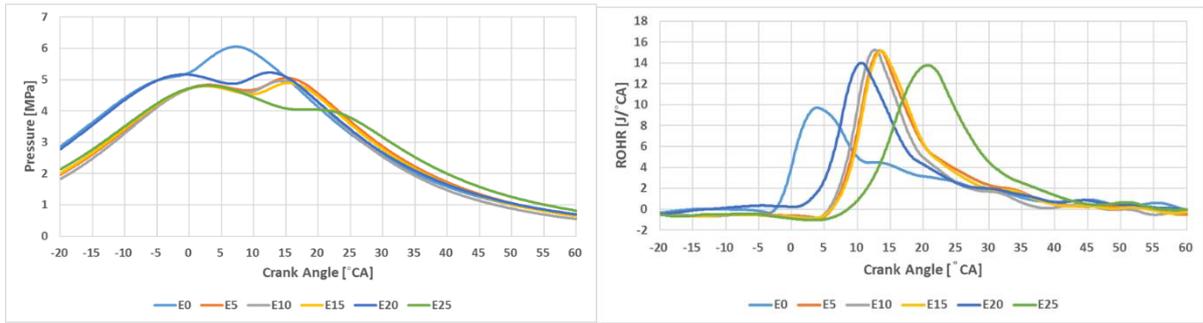


Fig.4 Pressure and ROHR ( Load 700 W)

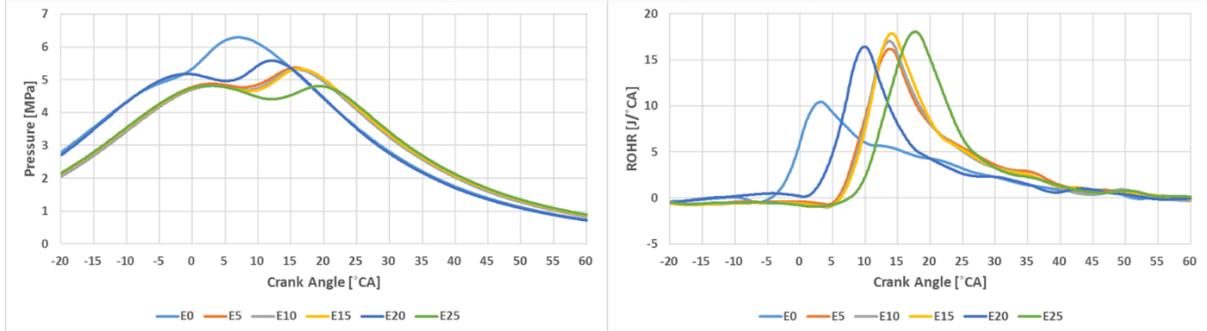


Fig.5 Pressure and ROHR ( Load 1050 W)

## (2) 排気成分

図6に各負荷条件におけるCO排出量を、エタノール添加率をパラメータとして示す。この図から明らかなように、E5、E10、E15及びE20の場合には、CO排出量は、軽油と比較して若干増大するが、ほぼ0.1vol%程度以下となっている。一方、E25を用いた場合には各負荷において軽油と比較して5倍程度の排出量が観察されており、E25を用いた場合には、一部、不完全燃焼が発生していると考えられる<sup>(5)</sup>。

図7に各負荷条件におけるHC排出濃度を、燃料性状をパラメータとして示す。この図から明らかなように、どの同一負荷条件においても、エタノール添加率の増大に伴って、HC排出濃度の増加傾向が確認された。これは、先のCO排出濃度の結果と一致しており、同様に不完全燃焼に起因していると考えられる。また、低負荷領域においては、エタノール添加率の増大に伴ってHCの増加率が増加している。これは低負荷領域においては、投入熱量の減少により、未燃成分であるHCが増加したと考えられる。

図8に各設定負荷における各燃料のNOx排出量を示す。エタノールを添加した場合、NOx排出量は全負荷において、軽油単体に比べて減少している。これは、エタノール混合燃料

の発熱量が軽油より低く、それにより、火炎温度が減少し、サーマルNOx排出量が低下したと考えられる。さらに、低負荷領域(0~350W)において、エタノール添加率を5%から15%まで変化させた場合、NOxの排出量が添加率増加に伴って、単調に減少している。これは、先と同様にエタノール添加による火炎温度の減少によるものと考えられる。一方、高負荷領域に置いては(700~1050W)においては、本実験範囲内では、著しいNOx濃度の差異は観察されなかった。これは、本装置は発電用であり、高負荷領域での機関運転が想定されており、発熱量の影響が減少したと為と考えられる。

図9に各設定負荷における各燃料のスモーク排出量を示す。エタノール添加率を5%から20%まで変化させた場合、黒煙の排出量が軽油単体を用いた場合よりも同程度もしくは減少している。これは、煤の発生が少ない含酸素燃料であるアルコール系燃料を添加することにより、酸素不足によって発生する煤の量が減少したと為と考えられる。また、E25の場合、低・中負荷領域において、黒煙の排出量が軽油単体よりも増加している。これは、燃焼温度が低下したことにより、燃料噴射期間中に生成された煤が酸化されず、そのまま排出されたと考えられる。今後、エタノール添加による各燃焼生成物の同時低減に向けた、詳細な検討を行う予定である。

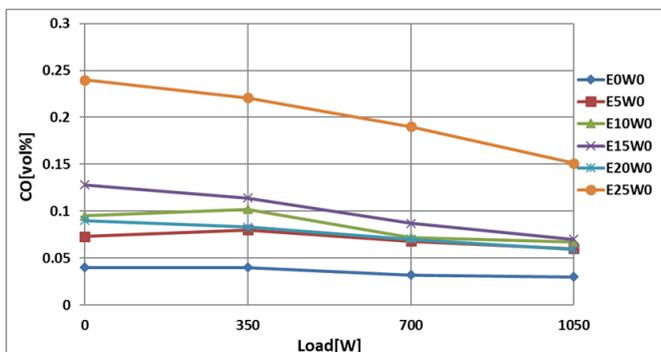


Fig.6 CO emission

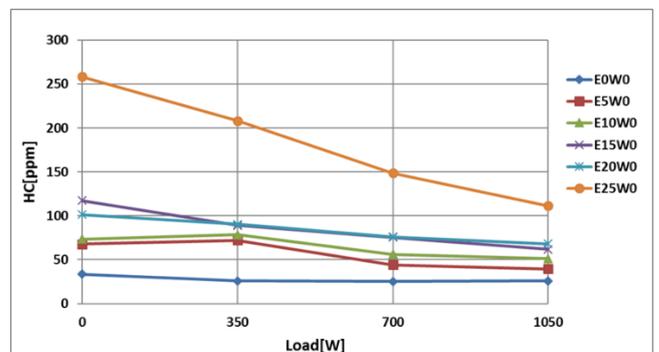


Fig.7 HC emission

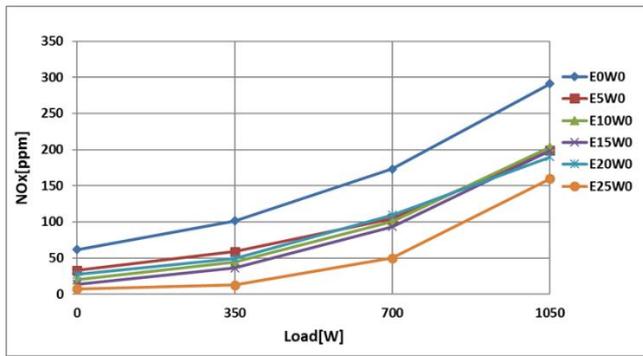


Fig.8 NOx emission

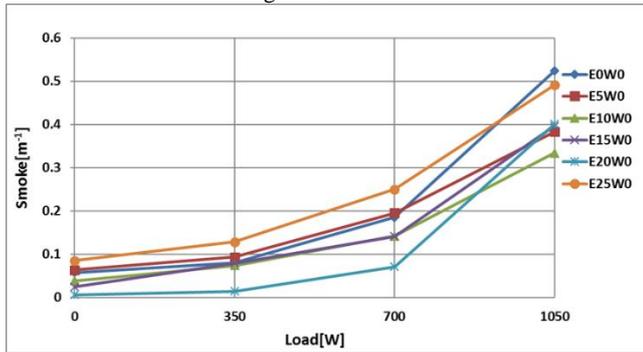


Fig.9 Smoke emission

### (3) 最高燃焼圧力

図 10 に各燃料の最高燃焼圧力を機関負荷をパラメータとして示す。E5 燃料を用いた場合、各機関負荷において、軽油単体より最高燃焼圧力が低下した。これは、燃料のセタン価が低下することにより、着火遅れ期間が増大し、また、アルコール系燃料の発熱量が軽油より低く、さらに、アルコールの早期蒸発による吸熱により、燃焼温度が低下した為と考えられる。ここで、エタノールの添加率に着目すると、エタノール添加率を 5% から 25% まで変化させた場合、顕著な最高燃焼圧力の変化は観察されなかった。

すなわち、エタノール添加 25% 程度までは、機関の出力性能に及ぼす影響少ないと考えられる。但し、エタノール添加による発熱量低下に起因する正味燃料消費率増大に関する検討が必要である。

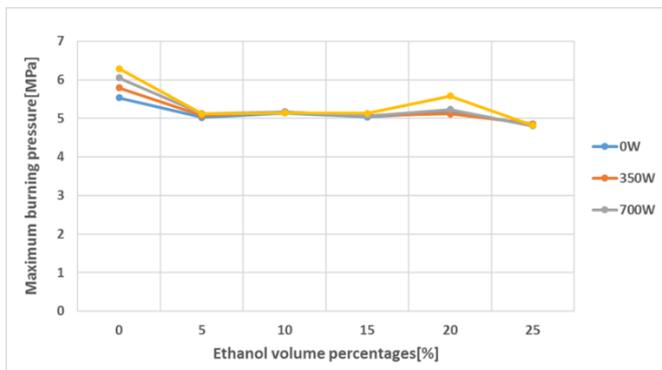


Fig.10 Maximum burning pressure

### (4) 正味燃料消費率

図 11 に各機関負荷における各燃料の正味燃料消費率を示す。この図から明らかなように、E25 燃料の低負荷領域 (350W) を除いて、どの負荷条件においても添加率の増大に伴って、正味燃料消費率は、ゆるやかに増加している。これはエタノール添加により、混合燃料の発熱量が減少した燃料の噴射量が増加した影響である。

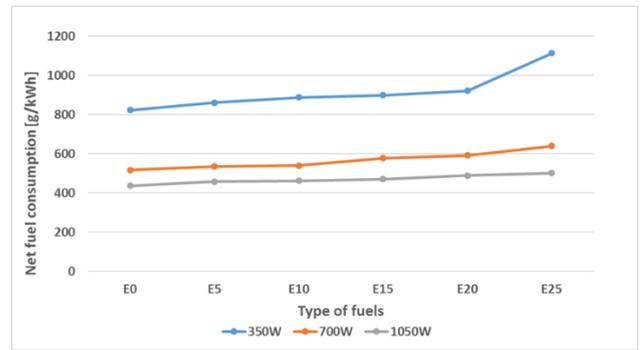


Fig.11 Net fuel consumption

## 4. 結論

本研究では、小型ディーゼル機関の燃焼生成物に及ぼすエタノール添加の影響について検討を行った。以下に結果を示す。

- (1) エタノール混合燃料を用いることにより、HC および CO の排出量は増加する。
- (2) 低負荷領域においては、エタノール混合燃料を用いることにより、NOx 及びスモークの同時低減が可能である。
- (3) エタノール混合燃料を用いた場合には、負荷により最適なエタノール添加率が存在する。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、終始ご指導、ご鞭撻していただきました川上忠重教授に心から深く感謝し、御礼申し上げます。また、研究活動にご協力いただいたエネルギー変換工学研究室の皆様にも深く感謝いたします。最後に、同研究を行っていた修士 1 年生の今井広貴氏にも心から感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) 大聖泰弘, 2008, バイオエタノール最前線改訂版, 工業調査会, P. 267
- 2) 劉一陽, 川上忠重, 2017, 小型ディーゼル機関の排気特性及び熱発生率に及ぼすエタノール添加の影響について, 山梨講演会論文集, No. 404
- 3) 下川舟, 川上忠重, 2016, 多成分アルコール混合燃料を用いた小型ディーゼル機関の性能改善について, 日本機械学会関東支部第 22 期総会講演論文集, No. 702
- 4) 塚田貴行・富田恭功: バイオ燃料ディーゼルエンジンの特性に与える含有成分の影響について, 工学院大 (2005)
- 5) 広里俊哉, 2016, 植物油系混合燃料を用いた小型ディーゼル機関の燃焼改善効果について, 法政大学修士論文集