

### ガソリン-廃プラスチック分解油混合燃料の 排気特性に及ぼす添加率の影響

SHINOKI, Noritaka / 篠木, 紀孝

---

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

59

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

4

(発行年 / Year)

2018-03-31

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00014798>

# ガソリン-廃プラスチック分解油混合燃料の

## 排気特性に及ぼす添加率の影響

### INFLUENCE OF ADDITIONAL RATIO ON EXHAUST CHARACTERISTICS BY USING OF GASOLINE-WASTE PLASTIC DECOMPOSITION OIL MIXED FUEL

篠木 紀孝

Noritaka SHINOKI

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, the use of petroleum has been increasing more and more because of increasing demand for automobile in the world and it is faced with problem of fossil fuel exhaustion. By developing the energy conversion technology for the standard automobile, the power unit is shifting to electricity and fuel cell in developed countries, but it can be predicted that internal combustion engine will continue to be used in term of production cost and infrastructure in emerging countries.

From this point, it is necessary to consider the new type fuels to replace petroleum for the innovation of energy source of internal combustion engine

This experiment has been carried out to examine the influence of combustion products (NO<sub>x</sub>, CO, HC, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>) and flammable mixing ratio by small gasoline engine by using gasoline and Waste Plastic Decomposition Oil mixed fuel. The main results are as follows;

- (1) The NO<sub>x</sub> emission increases with increasing additional ratio by using the Gasoline-Waste Plastic Decomposition Oil mixed fuel.
- (2) The CO and HC emissions decrease with increasing additional ratio by using the Gasoline-Waste Plastic Decomposition Oil mixed fuel.
- (3) The complete combustion ratio monotonically increases with increasing additional ratio by using the Gasoline-Waste Plastic Decomposition Oil mixed fuel.

*Key Words*: Waste Plastic Decomposition Oil, Gasoline Engine, Mixed Fuel

#### 1. 結論

現在、内燃機関を始めとする多くの機関のエネルギー源として化石燃料が広く利用されている。欧州では近い将来、化石燃料を用いた自動車の販売を廃止する動向が一部であるが、実現の可能性の問題がある。また、新興国の急速な人口増加や所得向上を背景に、自動車の需要は新興国を中心に急成長していることから、全世界における生産台数は増加傾向にあり、また、先進国と異なり、新興国の自動車は製造コストやインフラ等の観点から、当面の間は従来の内燃機関を動力源として利用せざるを得ない。これらの観点から今後も化石燃料に依存する状況が一定期間継続すると考えられる。しかし、近年、化石燃料の枯渇問題に直面しており、自動車燃料の原料である

石油の可採年数は約50年と言われている。今後、技術革新により可採年数が延長する可能性もあるが、化石燃料は有限資源である。したがって、内燃機関を持続可能な動力源として、今後、利用するためには、石油に代わる新燃料について検討する必要がある。エネルギー資源の有効活用について世界規模での取り組みがなされている。そこで、代替燃料として廃プラスチック分解油に着目した。廃プラスチック分解油とは、プラスチックを加熱、溶解、分解、冷却を経て精製される再生油である。プラスチックの油化には廃プラスチックの半分以上の割合を占めるポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレンが適する。ポリ塩化ビニルやペットボトルに使われるポリエチレンテレフタレートは油化の際に生じる成分により、油

化装置の腐食を引き起こす可能性がある為、油化には適さないことが知られている。廃プラスチック分解油は、原料が化石燃料であるプラスチックから生成されている為、エネルギー供給の利用が期待されている。また、廃プラスチック分解油を用いることにより、化石燃料枯渇を緩和すると同時に、プラスチックごみの資源利用が可能となる。廃プラスチック分解油はガソリン、軽油、重油、灯油成分を含んでおり、分留することにより各成分を取り出すことも可能である。

そこで本研究では新たな燃焼技術開発の一環として、廃プラスチック分解油の分留を行わずに、汎用燃料に直接添加して使用することを想定し、ガソリンと廃プラスチック分解油（以下、WPDO）との混合燃料を用いた場合の燃焼生成物への影響、併せて燃焼可能な混合割合に関する検討を行った。

## 2. 実験装置及び方法

### 2.1 実験燃料

Table1 に供試燃料の性状<sup>(1)(2)(3)</sup>を、Table2 に WPDO の組成<sup>(4)</sup>を示す。本研究で使用したガソリンは一般に流通しているレギュラーガソリン（2号）を使用した。なお、WPDO のオクタン価は以下の式（1）<sup>(5)</sup>にて簡易的に算出した。

$$\text{Octane number} = 120 - 2 \times \text{Cetane number} \quad (1)$$

供試燃料は以下の式（2）の通り体積割合で燃料作成を行った。本研究ではガソリンに WPDO を体積割合で 4vol%、8vol%、12vol%、16vol%、20vol% 添加した燃料を作成し、マグネチックスターラー（アズワン株式会社製 RS-1D）で 15 分間攪拌した。なお、本実験の範囲内では、ガソリン及び WPDO 混合燃料の短時間での液相分離及びノッキングは観察されなかった。

$$W[\%] = \frac{\text{Volume of WPDO}}{\text{Volume of fuel}} \times 100 \quad (2)$$

Table 1 Fuel properties

Properties/Test fuels	Gasoline	WPDO
Lower calorific value [MJ/L]	32.8	34.1
Flash point[K]	229	311
Density [kg/m <sup>3</sup> ]	738	784
Kinematic viscosity[mm <sup>2</sup> /s]	0.6-0.7	1.53
Octane number[-]	89.0	7.2

Table 2 Composition of WPDO

Components	Percentage
C <sub>10</sub>	66.3
C <sub>10</sub> -C <sub>15</sub>	4.4
C <sub>15</sub> -C <sub>20</sub>	12.7
C <sub>20</sub> -C <sub>25</sub>	8.2
C <sub>25</sub> -C <sub>30</sub>	8.4

### 2.2 実験方法

Fig. 1 に実験装置概略図、Table3 に供試機関の主要諸

元<sup>(6)</sup>を示す。実験に際してまず、燃料にガソリンを用いて供試機関（デンヨー株式会社製 GA-2605U2）の暖機運転を充分に行った。暖機完了後、WPDO を添加した混合燃料を投入し、機関内の燃料が全て混合燃料になるまで運転を行い、各数値が定常状態になったことを確認後、測定を開始した。

排気ガス成分をエンジン排ガス分析計（株式会社リエロ・ジャパン製 Auto5.1）で 15 回ずつ測定し、その算術平均値を測定結果とした。併せて、排気管の表面温度を測定するために、排気管から 20cm 離れた位置から放射温度計（株式会社エー・アンド・デイ製 AD-5618）のレーザー光を 10 秒間照射し、その間に記録された最高温度を測定した。さらに燃料消費量の測定も同時に行った。0W、350W、700W、1050W の 4 段階の負荷に設定し、同様の測定をそれぞれ行った。

また、本研究の供試機関は空冷式の発電機であり、エンジン及び発電モータの発熱が出力低下に大きく影響を与えてしまう為、機関運転中は供試機関のエンジン及び発電モータ部分に扇風機を用いて強制冷却を行った。

Exhaust meter (NOx, CO, HC)

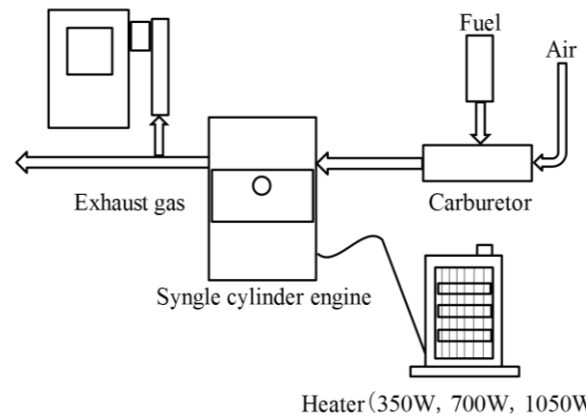


Fig.1 Experimental devices

Table 3 Engine Specifications

Engine type	EX17D 4stroke cycle
Number of cylinders	Single cylinder
Ignition system	Spark ignition
Cooling system	Air-cooling
Fuel supply device	Carburetor
Displacement	0.169L
Maximum output	4.2kW/4000rpm

### 3. 実験結果及び考察

Fig. 2 に本実験での各負荷条件に対する空燃比を、WPDO の添加率をパラメータとして示す。空燃比は式（3）のように、エンジン排ガス分析計で測定された空気過剰率λに理論空燃比 14.7 を乗して算出した。この図から明らかのように、本実験は過濃領域での燃焼となっている。本研究で使用した供試機関の燃料供給装置はキャブレタ方式のため、空燃比の詳細な設定は行っておらず、5%程度の差異は発生しているが、各負荷条件において、小型ガソリン機関の運転条件では、ほぼ同一として検討を行った。

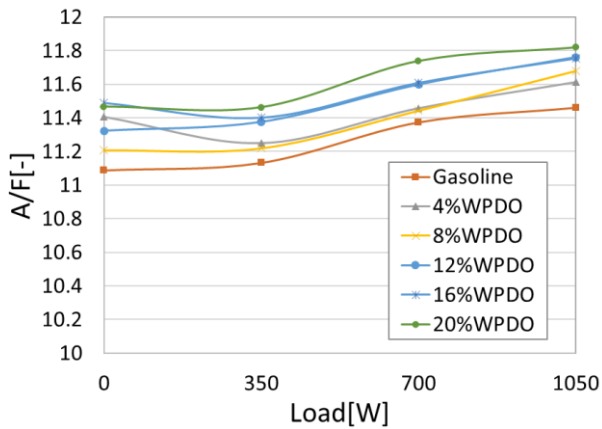


Fig. 2 Air fuel ratio

$$A/F = \lambda \times 14.7 \quad (3)$$

Fig. 3に各負荷条件に対するNOx 排出濃度をWPDOの添加率をパラメータとして示す。また、各負荷条件におけるNOx 排出濃度の増大率をFig. 4に示す。この図から明らかかなようにWPDOの添加率の増加に伴い、NOx 排出量は増大した。WPDOは高炭化燃料の一種であり、ガソリンと比較して発熱量の高い燃料である。その為、燃焼温度増加によりサーマルNOxが増大したと考えられる<sup>(7)</sup>。本実験では、4%WPDO添加の0Wの無負荷時ではガソリンよりもNOx排出量が約15ポイントの低減が確認された。これは、他の添加率の傾向に異なるものであり、今後詳細な検討が必要である。

Fig. 5に各負荷条件におけるCOの排出濃度を、燃料性状をパラメータとして示す。また、各負荷条件におけるCO排出濃度の減少率をFig. 6に示す。Fig. 5, Fig. 6から明らかかなように、WPDO混合燃料は全負荷領域でガソリンと比較してCOの排出濃度は低減した。WPDOの添加により着火性が向上し、不完全燃焼が減少している為と考えられる。また、Fig. 6よりWPDOの添加率の増加に伴い、CO排出濃度の増大率は減少しており、ガソリンと比較して20%WPDO添加においてCOの排出濃度は最大約12ポイントの低減が確認された。すなわち、WPDOの添加は燃焼改善効果があり、CO排出低減に有効であることが示唆される。

Fig. 7に各負荷条件に対するHC排出濃度を、燃料性状をパラメータとして示す。また、各負荷条件におけるHC排出濃度の減少率をFig. 8に示す。Fig. 7, Fig. 8から明らかかなように、WPDOの添加率の増加に伴い、全負荷領域でガソリンと比較して、HCの排出濃度は低減した。これは、先のCO排出濃度の結果と一致している。Fig. 8よりHC排出濃度はガソリンと比較して低負荷時では最大約30ポイントの低減、高負荷時は最大約10ポイントの低減が確認され、負荷を加えるにつれてガソリン単体とWPDO混合燃料のHC排出濃度の差異が小さくなった。WPDOはガソリンよりも動粘度が高い燃料であり、動粘度が高いと噴霧粒径が大きくなり、噴霧粒径が大きくなると燃料が気化に要する時間が長くなる為、いわゆる物理的着火遅れ期間が長くなると考えられる<sup>(2)</sup>。負荷を加えることにより、エンジン回転数が大きくなり、筒内での予混合期間が短縮され、着火遅れ期間の存在するWPDO混合燃料が十分に予混合するのに要する時間が不足した為と考えられる。

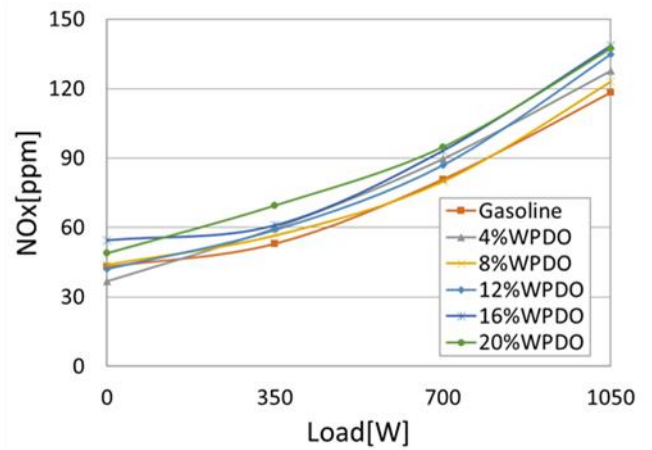


Fig. 3 NOx emission

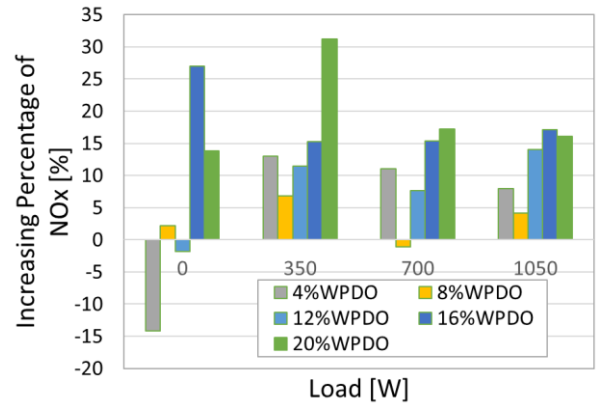


Fig. 4 Increasing Percentage of NOx

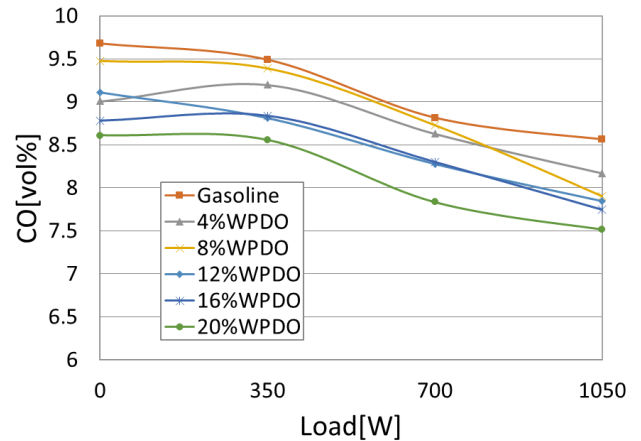


Fig. 5 CO emission

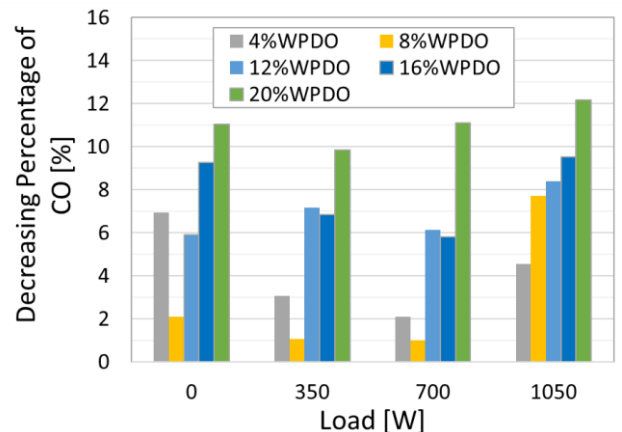


Fig. 6 Decreasing Percentage of CO

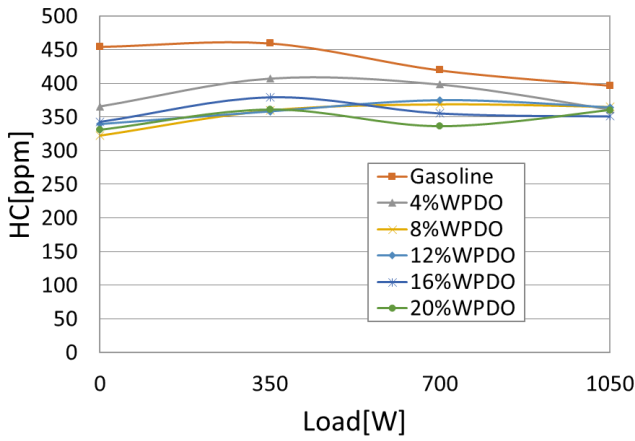


Fig. 7 HC emission

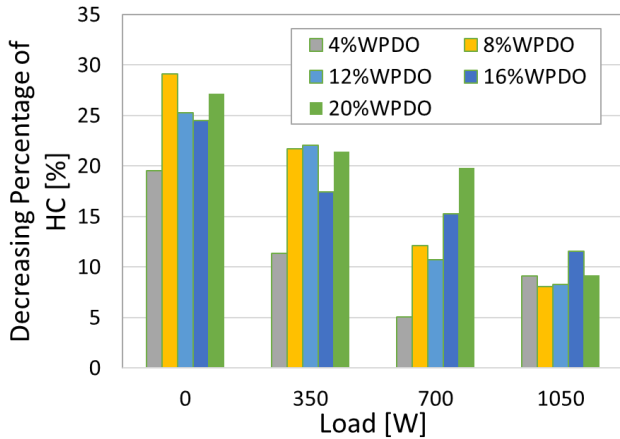


Fig. 8 Decreasing Percentage of HC

2. WPDO 混合燃料を用いた場合には、添加率の増加に伴い、CO 及び HC の排出濃度は低減する。
3. WPDO 混合燃料を用いた場合には、負荷の増大に伴って完全燃焼割合は単調に増加する。

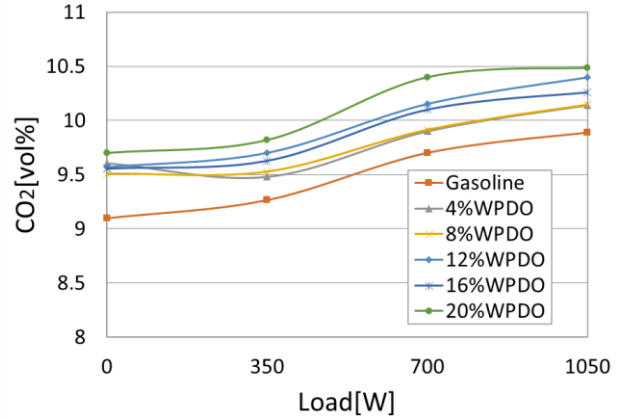


Fig. 9 CO<sub>2</sub> emission

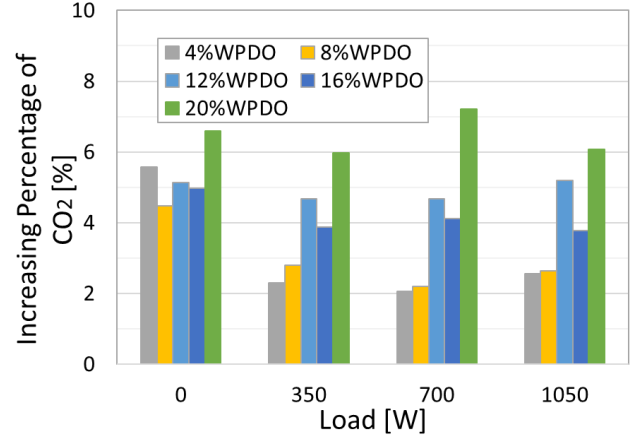


Fig. 10 CO<sub>2</sub> Increasing Percentage of CO<sub>2</sub>

Fig. 9 に各燃料性状による完全燃焼割合を評価する為、各負荷条件での CO<sub>2</sub> 発生量を、燃料性状をパラメータとして示す。また、各負荷条件における CO<sub>2</sub> 排出濃度の増大率を Fig. 10 に示す。Fig. 9, Fig. 10 から明らかなように、WPDO の添加率の増加に伴い全負荷領域で CO<sub>2</sub> の排出量が増大しているのがわかる。特に、ガソリンと比較して 20%WPDO 添加時において CO<sub>2</sub> の排出濃度は最大約 7 ポイントの増大、最低でも約 6 ポイントの増大が確認された。NO<sub>x</sub>, CO, HC の排出濃度からもわかるように、WPDO を添加することで完全燃焼割合が増大していると考えられ、WPDO を添加することによる燃焼改善効果が示唆される。

本実験範囲内では、ノッキング等の異常燃焼は確認されていないが、ガソリンと比較して WPDO のオクタン価は低く、機関を安全に運転される為にはノッキングが発生しない混合限界割合を把握する必要がある。今後、さらなる混合限界割合、及び最適な混合割合の検討を行う予定である。また、WPDO 混合燃料を用いた場合における、熱発生率に関する検討により、NO<sub>x</sub> 低減効果の促進に向けた検討も同時に行う予定である。

#### 4. 結論

本研究では、小型ガソリンエンジンを用いて、ガソリン及び廃プラスチック分解油との混合燃料を用いた場合の燃焼生成物への影響、併せて燃焼可能な混合割合に関する検討を行った。以下に結果を示す。

1. WPDO 混合燃料を用いた場合には、添加率の増加に伴い、NO<sub>x</sub> 排出量は増大する。

#### 参考文献

- (1) JIS K 2202:2012, 自動車ガソリン, 日本工業規格の簡易閲覧  
<http://kikakurui.com/k2/K2202-2012-01.html>
- (2) 武田克彦, 遠藤賢一, 狩野高宏, 佐野慶一郎, (2015), 廃プラスチック分解油を用いるディーゼル発電機の高効率化および低エミッション化に関する実験的研究-水エマルジョン化による試み-, 日本マリンエンジニアリング学会誌, 第 50 巻, 第 1 号
- (3) 国立研究開発法人産業技術総合研究所, 液体流量測定における物性値
- (4) Viswanath K. Kaimal, P. Vijayabalan, 2015, A detailed study of combustion characteristics of a DI diesel engine using waste plastic oil and its blends
- (5) 村山正, 常本秀幸, 自動車エンジン工学, P. 50
- (6) EX series 取扱説明書, 2013, 富士重工業株式会社
- (7) 篠木紀孝, 川上忠重, 日本機械学会関東支部山梨講演会論文集, NO. 407, 2017