

バイオディーゼル燃料の特性と今後の動向

大学院工学研究院 エネルギー・環境部門
(大学院工学研究科 機械システム工学専攻)

西田 恵哉

1. まえがき

その昔、天ぷら油を調理に使用した後の廃食油処理は頭痛の種で、台所の流し台から下水に流してしまう人もいた。滋賀県環境生協では、このような廃食油投棄による琵琶湖の水質悪化を何とかしようと、地域の家庭やレストランから廃食油を回収し石鹼を作り販売していたが、量がはげない。そこでバイオディーゼル燃料(BDF)を製造しディーゼル自動車の燃料として利用する取り組みを立ち上げたところ、廃食油回収システムとして成立し、これが全国に広がった。取り組みは菜の花栽培、菜種油製造まで広がり、

天ぷら油を調理使用 → 廃食油を回収 → BDF を製造 →
菜の花栽培のトラクター燃料に使用 → 菜種油を栽培 →
天ぷら油を製造 → 天ぷら油を調理使用

のサイクルが出来上がった。菜の花畑が石油に代わるBDFの「油田」となった。このようなNPOのボランティア的取り組みの他、京都市ではBDF製造工場を設立、市役所が旅館やホテルから出る廃食油を原料にBDFを製造、ごみ収集車に使用する等、比較的大規模な廃食油回収・BDF製造の取り組みを行っている。

しかし廃食油BDFの取り組みは日本特有で、経済的に成立させるための数量の拡大に限界があり、地域ボランティアの協力を頼ったローカルな取り組みに留まっている。

アジアの豊富なバイオマスを原料として現地でBDFを製造し日本に輸入する計画が商社を中心に進められているが、実現には至っていない。

一方、欧米では菜種、大豆、あるいは成長の早いジャトロファを原料としたBDF製造が行われており、燃料規格が日本に先行して定められた。ガソリンスタンドでBDFを給油することができる。ただしエンジン

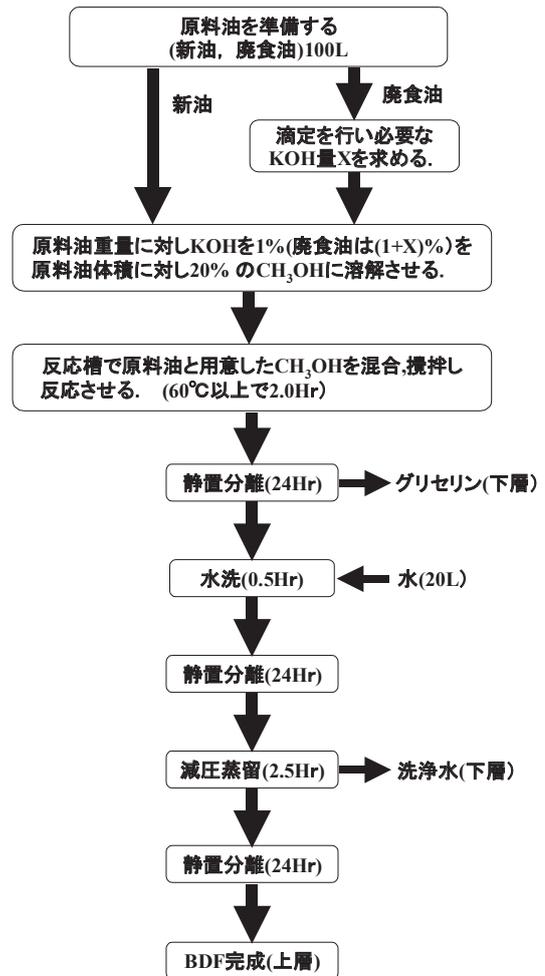


図 1. BDF の製造プロセス

トラブルに対しては個人責任に委ねられているようである。

広島大学では地域貢献研究として、大朝町(現在の北広島町)のNPO法人「いーね おおあさ」が取り組んでいるBDFの製造と町内バスでの利用の取り組みに対して、BDFの安定的エンジン利用法を探る研究を行った。未使用の菜種油および使用済みの調理油(菜種油、大豆油等混合)を原料とし、メチルエステル化処理装置を使用して製造したバイオディー

ゼル燃料(BDF)の、燃料としての性状、直噴ディーゼル機関を運転した場合の燃焼と排気性能を調べた。この結果を市販のディーゼル軽油と比較し、BDFでの直噴ディーゼル機関の運転経験をもとに、BDF100%での運転方法を提案した。

2. BDF 燃料の製造と性状

実験に使用した原料油は未使用の菜種油(大朝町産の菜種を島根県の菜種油製造業者が搾油したもの)、および大朝町の小学校や家庭から回収された廃食油である。

植物油のメチルエステル化による BDF 製造装置(エルフ社製、A2 型-100L)を使用した。本装置は植物油(1分子のグリセリンと3分子の脂肪酸がエステル結合したトリグレセライド)をメタノール、塩基触媒の水酸化カリウムと混合して加熱、攪拌混合してモノエステル化し、グリセリンと分離するものである。グリセリンと分離後、廃食油に含まれていた夾雑物、未反応の水酸化カリウム、エタノールを水洗除去し、さらに残留水分を加熱蒸発させて、BDFを得る。処理の流れを図1に示す。

製造した BDF の写真を図2に示す。左から軽油、廃食油 BDF、未使用菜種油 BDF である。軽油に比べ BDF は黄色がかったり、未使用菜種油 BDF の方が黄色がやや濃い。色以外の感性的特性として、特に廃食油 BDF には天ぷら臭が残る。

廃食油 BDF の燃料としての性状を軽油と比較すると、総発熱量は未使用菜種油 BDF の方が軽油より10%程度小さい。このため同一の出力を得るための燃料噴射量が BDF は軽油より大きくなるが、実用上、問題となるレベルではない。

一方、酸素を質量割合で10%程度含んでおり、BDF は含酸素燃料と言える。この含酸素特性はスモーク排出を低減させる有力な特長である。

冬季のエンジン始動で問題となる低温性能(流動点、くもり点、動粘度など)は、軽油と比較すると、ぎりぎりか劣っている。潤滑性は問題無いが、燃料としての安定性は軽油より劣る。また水分が軽油の20倍含まれている。この程度の水分の含有は燃焼性能には



図2. 製造した BDF の写真

左から軽油、廃食油 BDF、菜種油 BDF

影響はほとんど無いが、噴射装置やタンク内での凝縮が不具合の原因になると考えられる。さらに硫黄分が非常に少なく、これは後処理装置の触媒の劣化を遅らせる点で良い特性である。

3. 直噴噴射式ディーゼル機関の燃焼と排気性能

図3は負荷(出力)を低負荷から高負荷まで変化した場合の機関性能を未使用菜種油 BDF と軽油と比較したものである。噴射圧力が比較的低い $P_{inj} = 50\text{MPa}$ で、噴射時期は軽油の最良燃費率点とした。上から噴射時期、 NO_x 濃度、スモーク濃度、THC 濃度、燃料消費率、熱効率と並んでいる。

未使用菜種油 BDF は軽油より、高負荷でスモーク濃度が少ないが低負荷では差が無くなる。一方 THC 濃度は高負荷では差が無いが、低負荷では未使用菜種油 BDF は軽油より小さくなる。ここには示していないが未使用菜種油 BDF と廃食油 BDF の燃焼と排気性能は、両者ほぼ同じであった。BDF のスモーク濃度や THC 濃度が軽油より低下する傾向にあることは、BDF が含酸素燃料であることによる。

一方、燃料消費率は未使用菜種油 BDF の方が軽油より大きい。これは総発熱量が軽油より小さいためであり、熱効率に換算すると未使用菜種油 BDF と軽油で差は無くなる。

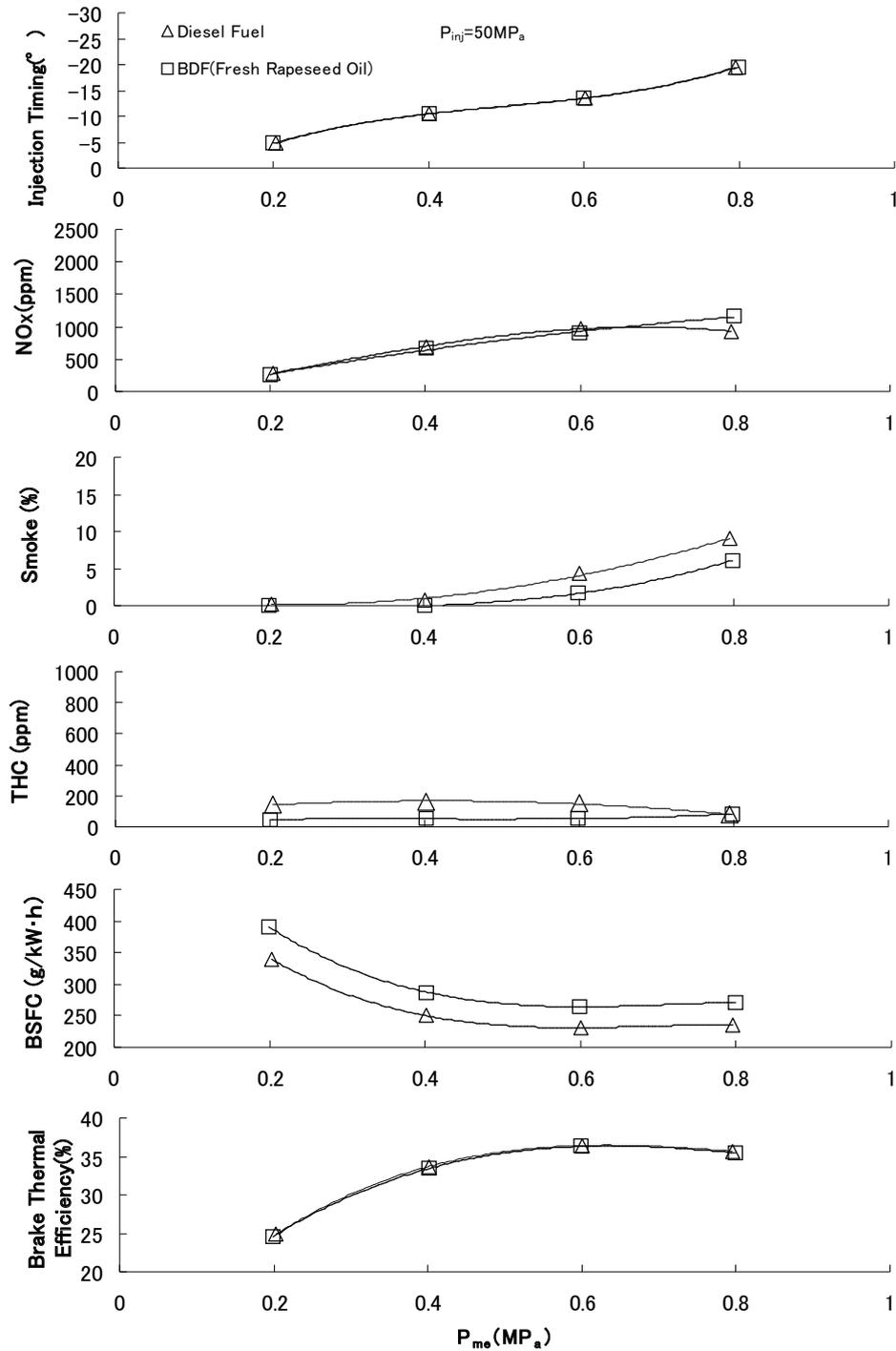


図 3. 低負荷から高負荷までの機関性能

機関回転数: 2000rpm, 燃料噴射圧力: 50MPa, 噴射時期: 軽油の最良燃費点

4. まとめ

廃食油 BDF, 未使用菜種油 BDF をエステル化処理装置で製造し, その燃料としての性状を調べ軽油と比較した. また, これらの燃料の直接噴射・コモンレール式ディーゼル機関での燃焼, 排気性能を測定した. 得られた結果をまとめると以下のようなものである.

- (1) 廃食油 BDF の低温性能 (流動点, くもり点, 動粘度など) は市販の軽油と比較すると, ぎりぎりか劣っており, この燃料性状が冬場の機関性能不足に関係があると考えられる.
- (2) 廃食油 BDF の潤滑性は問題無いが, 燃料として

の安定性は軽油より劣る。また水分が軽油の 20 倍含まれている。水分の含有は、この程度であれば燃焼性能には影響はほとんど無いが、噴射装置やタンク内での凝縮が不具合の原因になると考えられる。

(3) 熱効率等の燃焼性能は BDF と軽油でほとんど差が無い。

(4) スモーク濃度、THC 濃度は BDF の方が軽油より

小さくなる傾向があり、これは噴射圧力が小さい場合に顕著である。NOx 濃度には、BDF と軽油で大きな差は無い。

(5) BDF での直噴ディーゼル機関の運転経験から、BDF による1日の運転後、軽油 100%での運転を行い終了する、などのメンテナンスを行えば、BDF100%での運転が可能と考えられる。