

環境学習としてのバイオディーゼルレーシングカートの製作

元兵庫県立洲本実業高等学校 機械科 四元 照道
(現 小野工業高等学校 電子科)

1. はじめに

環境学習として、平成21年度に3年生が実施した課題研究について報告する。1年間の課題研究を通じて廃油から苛性ソーダとメタノールを混合させ、加熱してバイオディーゼル燃料を製造した。そしてエコカップラリーに参加するためBDFカートの製作に取り組んで完成させた。しかし、この大会はインフルエンザの影響で急きょ中止となったため、他の学校のカートの様子を見る事が無くなってしまったので、悔いの残るものとなった。

2. 燃料の製造と燃料品質について

バイオディーゼル (BDF) は、これまで捨てられていた廃食用油 (天ぷら油) を再利用する資源循環型の燃料で、化石燃料と違って植物性である。従って植物がある限り生産可能な地球にやさしいエネルギーである。メリットとしては、化石燃料を使わずに、ディーゼルエンジンを駆動させることができる。廃棄ガスの黒煙は、軽油と比較して約3分の1程度である。そのため硫黄酸化物はほとんど排出しない。ディーゼル車など、軽油を燃料とした車両に改造せずにそのまま使用できるので、軽油と同等の燃費と走行性がある。再生可能な植物エネルギーであるため、二酸化炭素を増やすことにはならず、地球温暖化防止に役立っている。¹⁾

3. 洲本市のエコプロジェクトの取組

廃食用油をメチルエステル交換することにより、BDFに変換する。淡路市五色町に設置された「エルフA3型100-LS」の機械は、1回の処理

に使用する廃食用油は、約100Lで、同量のBDFが得られ、連続運転することにより毎日100LのBDFを精製することができる。²⁾

4. 課題研究の様子

平成21年度の取組としては以下の項目であった。

(1) バイオディーゼル燃料の製造

1Lの廃食用油に必要な苛性ソーダは9.6gである。つまり10Lには96gの苛性ソーダが必要である。苛性ソーダを素早く計りメタノールと混ぜてナトリウムメトキサイドを作る。苛性ソーダの量が増えた分だけ、ナトリウムメトキサイドの発熱量も危険度も大きくなるので苛性ソーダがぜんぶ完全に溶けたことを確認する。予熱した油に、ナトリウムメトキサイドを静かに流し込み、1時間ほど攪拌する。一晩静かな所に置き、上澄みのバイオディーゼル燃料を吸い出し完成である。成功へのポイントとしては、水分をとにかく取り除くことと正確な滴定結果

4月	環境問題の学習、トウモロコシ栽培
5月	バイオディーゼル燃料の製造工程の学習
6月	バイオディーゼル燃料の製造
7月	エコカップラリー参加のための BDFカートの資料収集
8月	エンジンが譲渡された後、 BDFカートの製作
9月	エンジンを設置し駆動部分を加工
10月	試行錯誤の上、試運転まで到達する
11月	工業教育フェアで公開

表1 課題研究の日程

を出すこと。滴定を2回繰り返して、正確な値を出す等である。Phを測定し中性にする必要がある。

五色町の製造プラントのパンフレット他手持ちの資料及びインターネットでの検索からメタノールと水酸化ナトリウムを混合したナトリウムメトキサイドを触媒とする方法で試してみた。

(2) 予備実験

製造時に人体に有害な反応物質が出ることから、本校理科室のチャンバー内で市販の未使用の植物油からBDFを試験的に製造した。機材は理科室で用意できたスターラー、ビーカー、メスシリンダー等、材料は一級試薬のメタノール、水酸化ナトリウム顆粒である。植物油500 mLに対してアルコール100mL、酸化ナトリウム1.75gであった。

(3) 植物油からの製造

イソプロピルアルコール10mLに水酸化ナトリウム顆粒を入れ、スターラーで攪拌した。そして、植物油1mLを溶かした。容器ごと湯煎してゆっくり暖め、油が完全に溶けてアルコールが透明になるまでかき混ぜた。フェノールフタレン液を2滴加える。1滴滴下するたびに、全体をしっかりと攪拌する。液体がピンク色に変わり、色が消えなくなったところで止めた。

1リットル計量カップと、棒温度計、電熱コンロを用いて製作を開始した。メタノールメト

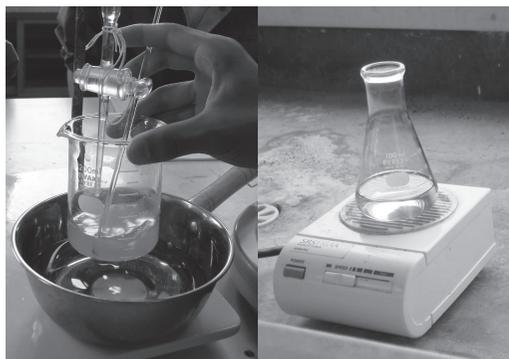


写真1 左 適定の様子 右 攪拌前の様子

キサイドを混合すると、乳白色に濁りだしていた。次の日、きれいにグリセリンが分離沈殿し、その上には多分、バイオディーゼル燃料ができていた。上澄みのBDFを取り出し、水で洗浄する。静置すると綺麗に分離していた。その後はコンロで熱して水分を完全に蒸発させて完成した。

(4) 廃てんぷら油の挑戦

フィルターでてんぷらかす等を取り除いたのち、過熱して水分を取り除き準備完了となった。メタノールメトキサイドを製造する過程では、ステラで攪拌したのちグリセリンを分離することが出来た。相当濃い色になっている。後は、水洗浄し、過熱して水分を完全に蒸発させて完成とした。³⁾

5. カートの製作

(1) カートの選択

エコカーラリーに出場するためのカート製作に取り組んだ。レーシングカートを知人より借り受けベースとなるカートが手に入った。エンジンは、同一のエンジンを使用しての大会のため主催者側より夏休みに入り譲渡された。クボタ製200cc短気筒エンジンである。クラッチがなければ、エンジンをかけると同時にカートが走り出すので遠心クラッチをカート店より形式が合うような中古品を購入した。レーシングカートなどの軽量なモノに使えるものとして今回は、“アクロナイネン製CM型”遠心クラッチ式



写真2 苛性ソーダ (NaOH) の適定の様子



写真3 カートの部品の製作

スプロケット（チェーン）型を購入した。スプロケットやチェーンは、やや高額であるが新品を購入した。エンジンの駆動部分やクラッチの調節等、専門の機械加工の技術が必要なためカート店の世話になった。

駆動伝達方法として“ベルト”，“チェーン”の2種類がある。ディーゼルエンジンは低回転でのトルクが高いため、出発時に“ガツンガツン”となる傾向がある。ベルトでは消耗が激しいので、今回は耐久性あるチェーンに決めた。

エンジンマウントは、ガソリンエンジンよりも振動が大きいため、強固なものを製作し、クッション材を挿入した。走行前には必ずエンジンのマウントボルトの締め付けを確認して、動かないようにした。エンジンをマウントすると遠心クラッチとのマッチングなどにより、車軸

寸法図(単位:mm)
MODEL:OC62-GBX-1

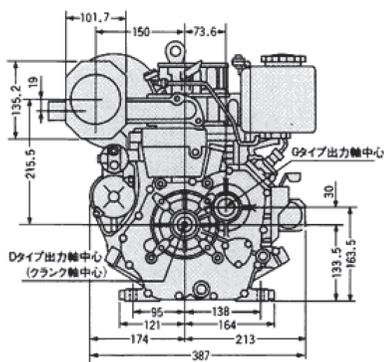


図1⁴⁾ エンジンの仕様

の回転をエンジン出力で調整する必要がある。

(2) BDFエンジンの仕様

この調整がうまくいかないと遠心クラッチが発熱したり、消耗が激しくなったりするので気をつけなければならない点である。

クボタ製ディーゼルエンジン

形式 OC62-E3-G

立形液冷4サイクル シリンダー数 1

行程容積 0.276リットル

定格出力／回転速度

4.1kw (5.6PS) / 1800rpm

最大出力／回転速度

4.6kw (6.2PS) / 1800rpm

寸法 348 × 461 × 429

質量 36kg

回転方向 左回転

始動方式 12V0.7Kwセルスタート

(3) ディーゼルエンジンの負荷試験

使用機器

動力計 DWE - 6110 - H

S58年3月製造 東京メータ（株）製

N;回転数 (rpm) P;軸出力 (kw)

Pa;測定圧力 mmHg θ;室温 A;相対湿度

Ps;平均飽和蒸気圧

① 修正トルク T_o (N・m) $T_o = K \cdot T$

修正軸出力 P_o (kw) $P_o = K \cdot P$

② 燃料消費量 F (L/h) $F = b / t \cdot (3600/1000)$

燃料消費率 g (g/kw) $g = f / P_o \cdot \gamma \cdot 1000$

$\gamma = 0.84$ BDF燃料比重

③ 燃料全熱量 Q_f $Q_f = H \cdot F \cdot \gamma$

燃料馬力 L_f $L_f = (H \cdot F \cdot \gamma) / 860$

動力計荷重(N)	18.62	37.24	54.88	73.50	81.34
正味熱効率 γ_e	16.60	23.30	27.10	26.70	23.90
燃料消費率 g(g/kw)	4.94	3.28	2.37	3.07	3.42
軸トルク T(n・m)	4.45	8.90	13.10	17.60	19.40
軸出力 P(kw)	1.03	2.05	3.02	3.86	4.28

表2 ディーゼルエンジン負荷測定結果

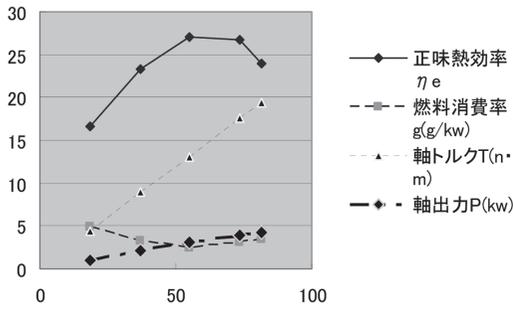


図2 ディーゼルエンジン負荷測定結果

④ 正味熱効率 $\eta_e = (860 \cdot P_o / Q_f) \cdot 100$
 b;測定時間内の燃料消費量 (cc) t;測定時間 (s)
 重さ36kg, 高さ50cmの, 約6馬力のエンジンで最大電力4.5キロワットまで出力することができた。

6. 生徒の意識調査

BDFカーを製作した後にアンケート集計をおこなった。集計の結果、環境問題やBDF燃料により興味をもてた。アンケートの意見としてカーの製作する時間をもっと多くしたかった、とうもろこしを栽培してバイオ燃料を製造する行程も実施したが、植物がうまく育たなかった事を悔いた等があった。

7. まとめ

環境問題に関連した授業の中でBDF燃料を製造し、これを用いてレーシングカート作りに取り組み走行出来たことで、生徒たちにとってのづくりの大切さが身についたと思われる。リサイクルといっても制作費用が必要であり、ス



写真4 レーシングカート試乗の様子

	←悪かった	1	2	3	4	5	良かった→
①課題研究の時間配分について		7	2	0	0	0	
②環境問題の関心度について		0	0	0	1	8	
③リサイクルした材料について		0	0	1	1	7	
④BDF燃料の将来性について		0	0	2	3	4	
⑤カーの制作について		0	0	1	3	5	

表3 生徒のアンケート集計9人(平成21年度)

ボンサー等の費用の捻出が必要である。

週3時間と限られた時間内での制作のため、放課後や休暇中の制作の時間配分を考えなければならぬ。必要以上の時間が浪費するため、この時間の割り振りをどうするかが今後の課題である。

参考文献

- 1) 山根浩二：バイオディーゼルてんぷら鍋から燃料タンクへ, pp.9-18, pp.44-50, pp.110-114 (2007年)
- 2) 洲本市地域新エネルギービジョン-自然と仲直りする洲本, pp.42 - 45 (2008年)
- 3) 新エネルギー導入に係る支援措置 (近畿経済産業局), pp.3 - 8 (2008年)
- 4) クボタ製ディーゼルエンジンHPより
http://www.engine.kubota.ne.jp/japanese/prod/03_core9.html (最終確認2009年12月)



写真5 紙上に掲載された様子(朝日新聞社提供)