

39. 建設機械へのバイオディーゼル燃料（B100）の使用と取り組み

～ 中部横断自動車道 八之尻トンネル工事 ～

清水建設(株)土木事業本部機械技術部
清水建設(株) 土木事業本部機械技術部
(株)セベック

○藤井 攻
前田 全規
小豆嶋 和洋

1. はじめに

バイオディーゼル燃料とは生物由来油を原材料として精製された燃料であり、軽油の代替燃料として使用される。バイオディーゼル燃料は軽油の代わりに使用することでカーボンニュートラルの考えに基づいた CO₂ 削減の効果が見込まれ、地球温暖化対策としても効果を期待できる。

国内のバイオディーゼル燃料は、植物油・動物油脂を原料とし、一般家庭や事業者より排出された食用廃油を精製機を用いて工場で精製し、需給者に供給している。このため、バイオディーゼル燃料の確保には原料である廃食油をどのようにして調達するかが重要になってくる。

本工事では地域におけるモデル事業として食用廃油の収集と生産、運搬までを障害者就労支援施設の NPO 法人に委託し、100%バイオディーゼル燃料を調達し建設工事現場の重機に適用した結果について報告する。(図-1)

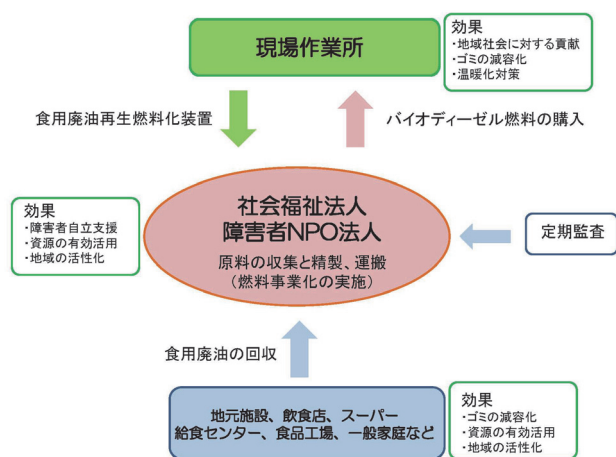


図-1 バイオディーゼル事業モデル

2. 工事概要

今回対象とする工事は、新東名・新清水 JCT と中央道・双葉 JCT を結ぶ中部横断自動車道の八之尻トンネル工事である。

以下に工事概要と現場位置図（図-2）を示す。

工事名	中部横断自動車道 八之尻トンネル工事
工事場所	山梨県西八代郡市川三郷黒沢 ～山梨県南巨摩郡富士川町大柵
工期	2009年12月15日 ～2015年1月17日(1,860日)
発注者	中日本高速道路株式会社東京支社
施工業者	清水・岩田地崎建設共同企業体
工事内容	トンネル工事 掘削延長：2,464m 掘削断面積：82m ² 掘削工法 全断面掘削・補助ベンチ付全断面掘削 機械掘削（ブームヘッダ RH-10J-SS） 明り工事 インターチェンジ造成(38万m ³)

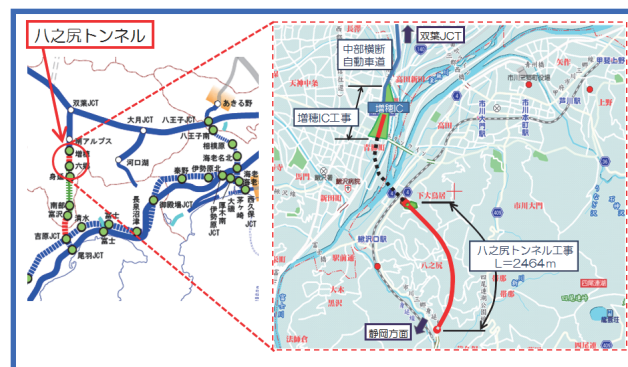


図-2 工事現場位置図

3. バイオディーゼルについて

バイオディーゼル燃料は食用廃油に化学処理を施した、メチルエステルを主成分とする液体燃料である。ディーゼルエンジンの燃料としては着火性が良好なこと、粘度が適正であることが必要な条件となる。植物油はそのままでは粘度が高いため粘度を下げる処理が必要であり、その方法がエステル交換反応である。

植物油にメタノールとアルカリ触媒を加えエステル交換反応と呼ばれる化学反応をさせ、軽油性状と同等なバイオディーゼル（メチルエステル）

植物油

グリセリン

脂肪酸

脂肪酸

脂肪酸

+

メタノール

メタノール

メタノール

↓

バイオディーゼル燃料 (メチルエステル)

脂肪酸

脂肪酸

脂肪酸

メタノール

メタノール

メタノール

+

グリセリン

グリセリン

バイオディーゼル燃料と軽油の性状を比較したものを表-1に示す。

項目/燃料	バイオディーゼル	軽油（文献値）
密度	0.887g/cm ³	0.835g/cm ³
引火点	176℃	95℃
動粘度	4.76mm ³ /s	3.8mm ³ /s
流動点	-5℃	-11.5℃
セタン価	55.3	57
発熱量	9,556kcal/kg	10,960kcal/kg
硫黄分	0.004wt%	0.05wt%以下

- ・引火点が軽油に比べ約 2 倍と高いので取扱い、貯蔵において安全性が高い。
- ・SO_x の発生源となる硫黄分は顕著に低い値である。
- ・バイオディーゼルは成分中に酸素を含んでいるのでエンジン内での燃焼が効率よく行われ、黒煙が著しく減少する。

- ・施設は以前より古紙回収などを行っており廃油の回収も可能と考えた。
- ・バイオディーゼル燃料の精製作業は軽作業であり、施設は障害者の就労向け軽作業を探していた。
- ・精製機を工事事務所で購入し、製造したバイオディーゼル燃料から機械設備費を回収することで、施設のイニシャルコストを抑えることができ

型式	EOSYS100M
製造能力	100ℓ/約 6h (1 バッチ)
本体寸法(mm)	H1470×D750×W750
重量(kg)	140
供給電源	三相 200V 5.2kw
操作方法	半自動型バッチ式

廃食油	反応工程	洗浄工程1	洗浄工程2	すすぎ工程1	すすぎ工程2	脱水工程
						

具体的には確保した原料はまず固形物等を除去し5～10ミクロンメッシュのフィルターでろ過し、その後 AV チェッカー（写真-2）を使用し廃油の酸化値を測定する。製品の安定度と反応率を上げる

為、測定結果を元に酸化値の高い原料と低い原料を混ぜ合わせ、一定の品質を確保した。その後、別のタンクに製品を移し替え約24時間保管し水分や不純物を分離させる。



写真-2 AV チェッカー

バイオディーゼル燃料の品質に関してはバイオディーゼル燃料に関する知識を有し、バイオディーゼル燃料のデータ測定ができる機関に依頼した。測定項目としてはバイオディーゼル燃料に於けるエステル含有率を分析した。

① 分析方法

欧州 BDF 規格に準じたガスマトグラフによる分析方法

エステル含有率

$$= \frac{\text{エステル分ピーク面積の総和}}{\text{内部標準ピーク面積の総和}} \times \frac{\text{内部標準採取量}}{\text{BDF サンプル採取量}} \times 100$$

② 分析結果

エステル分ピーク面積の総和：1427.8

内部標準ピーク面積の総和：1450.0

BDF サンプル採取量：0.437(g)

内部標準採取量：0.435(g)

③ エステル含有率

エステル含有率(%)=98.0

④ エステル含有率欧州基準値

欧州規格値：96.5%以上

上記検査データと基準値を比較することで品質の向上を図った。

バイオディーゼル燃料の品質における責任は製造者である NPO 法人とし、品質管理の指導は精製機メーカーという形態を取った。

6. バイオディーゼル燃料コスト

バイオディーゼル燃料を利用するにあたり、次のような試算を実施した。

使用条件

1日の精製回数・・・1回

稼働時間・・・6時間

1日の廃食油処理量・・・100リットル

1日の生産量（分留90%）・・・90リットル

上記条件でバイオディーゼル燃料のコストを軽油と同等の120円/ℓと試算した。内訳は以下のとおりである。（表-3）

表-3 バイオディーゼル燃料単価

バイオディーゼル燃料	120円/ℓ
内訳	
機械損料	45円/ℓ
添加材・光熱費	30円/ℓ
廃油代・人件費	45円/ℓ

使用実績は次の通りである。

表-4 使用実績

搬入日	数量(ℓ)
平成23年9月	150
平成23年10月	500
平成23年11月	1,120
平成23年12月	640
平成24年1月	1,500
平成24年2月	1,640
平成24年3月	900
平成24年4月	1,930
平成24年5月	1,260
平成24年6月	2,150
平成24年9月	2,400
平成24年11月	2,160
平成24年12月	1,200
平成25年1月	1,000
平成24年2月	800
平成24年3月	1,800
合計	21,150

7. CO2削減量

上記の納入実績数量に対してCO2の削減量を試算した。CO2排出削減量は下記の算出式を引用した。

$$\text{BDF 燃料使用量} \times 2.62 = \text{削減量(kg)} \cdots \text{①}$$

※軽油1ℓ当たりのCO2発生量=2.62(kg)

平成23年9月から平成25年3月までのBDF納入量は21,150ℓであった。バイオニュートラルの考えに基づき式①よりCO2削減量を算出すると、CO2削減量は

$$21,150 \times 2.62 = 55,413 \text{ (kg)}$$

となり、約55tのCO2が削減できた。

8. BDF燃料を使用時の問題点と対策

今回、バイオディーゼル燃料を使用した建設機械とバイオディーゼル燃料を写真-3,4に示す。



写真-3 BDF を使用した建設機械

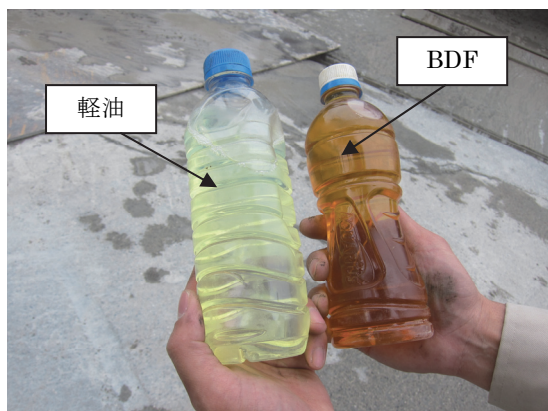


写真-4 バイオディーゼル燃料

バイオディーゼル燃料を使用するに当たり、以下の懸念事項があった。

- ① エンジン出力の低下
- ② 油圧ホースの劣化
- ③ エンジントラブル
- ④ 燃料フィルターの目詰まり

エンジン出力については他の軽油を使用してる同型機と比較しても体感できるほどの出力低下は見られなかった。

油圧ホースの劣化についても使用開始から 1 年半経過したが、急激なホース劣化はなかった。

エンジントラブルについても致命的なトラブルには至っていない。

これらはバイオディーゼル燃料の精製から運搬、使用するまで継続的な品質管理を行い、一定の品質の燃料を提供できた結果と考える。

一方、燃料フィルターの目詰まりについては低温時にバイオディーゼル燃料に不純物が析出する現象が認められた。(写真-5)

これに対しては使用前の暖気運転や精製後の上水を極力使用するようにし、燃料フィルターの交換を週に 1 回程度に増やし対応した。

また、バイオディーゼル燃料の問題点として物性の特性上、粘度が高く通常時ではマイナス 5℃で流動性を失うと考えられている。そのため冬季間の使用については流動点降下剤を添加して使用し

た。

流動点降下剤とは低温時における潤滑油中のろう分の結晶化を防止し、流動点を低下させ、潤滑油の適用温度範囲を広げるものである。

今回はバイオディーゼル燃料 1 リットルに対し 2cc (0.2%) の割合で添加した。



写真-5 低温度時の不純物析出状況

9. おわりに

今回、初めて地元の NPO 法人と協働してバイオディーゼル燃料の有効利用に取り組んだ。

作業所としては環境対策として二酸化炭素の排出量を削減でき、地元 NPO 法人にとっては活動の幅を広げるきっかけとなり、地域福祉にも貢献できたと考える。

100%バイオディーゼル燃料については建設機械への有用性が実証できた。当初、予想していた低温時の不純物の析出による燃料フィルターの目詰まりは何度かあったが、流動点添加材の利用などにより大きなトラブルには至らなかった。また、品質についても定期的な品質管理により規格値内の製品を生産できた。

バイオディーゼルの排ガス対策型ディーゼル機関との適合性については今回使用した機械は排出ガス対策型建設機械(2次基準値)であり大きなトラブルはなかった。

現在は排気ガス対策強化のため、軽油の使用を前提とした建設機械のエンジン開発・改良が進んでいるが、これはバイオディーゼル燃料を使用する際に軽油との特性差がより大きな不具合のリスクになると思われる。しかし、バイオディーゼル使用を見据えたエンジン開発に取り組む建設機械メーカーもみられ、早期成果が期待される。