

BDF 仕様の維持管理車両走行試験

～地球温暖化防止への取り組み～

大 浦 義 司・政 田 潔・西 井 智 紀

近年バイオディーゼル燃料（以下、BDF）をディーゼル機関の燃料に用いた取り組みがされているが、その多くが軽油に数パーセントから数十パーセント BDF を混入した混合燃料である。本州四国連絡高速道路㈱（以下、弊社）においては、平成 21 年 1 月から BDF100%燃料を保有する一部のディーゼル車に用いる実験を実施している。BDF の原料となる廃食用油は、弊社が管理する一部パーキングエリアのレストランで発生したものを回収、その精製は地元業者と連携して再利用した。なお、実験機には、エンジンに高負荷がかかる耐風型調査車を選定したので、実験結果の建設機械等への応用が期待できる。

キーワード：地球温暖化防止、ディーゼル機関、BDF、廃食用油

1. はじめに

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第 4 次評価報告書（平成 19 年）¹⁾によると、20 世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇要因は、人起源による二酸化炭素（CO₂）等の温室効果ガスの増加によってもたらされた可能性が高い²⁾とされている。地球温暖化防止には、温室効果ガスの排出削減が喫緊の課題であり、我が国を含め世界各国の政府・企業・個人レベルでの排出削減に向けた取り組みが求められている。

そこで弊社では、数ある温室効果ガス削減手法のひとつで、一部維持管理用車両（写真-1）の燃料を二酸化炭素排出量としてカウントされない^{1) 2)}バイオディーゼル燃料（以下、BDF）での試験運用を開始した。あわせて BDF 原料を、管内のパーキングエリ

アで使用された天ぷら油等（以下、廃食用油）を用いる取り組みも開始し、平成 21 年 6 月時点で約 500 L を回収・BDF 化し活用している。

本文では、走行試験を通して得られた廃食用油・BDF 活用を行う上での課題と解決方法、走行試験の結果と今後の展開について述べる。

2. 車両関連での取り組み

高速道路の保全業務には、散水車、路面清掃車、標識車など多数の維持管理車両が必要であり、これらの車両運行においても温室効果ガスが排出されている。

そこで、弊社では、高速道路の保全業務で使用する維持管理車両からの温室効果ガス排出削減を目指すべく、以下の事前検討を踏まえ、車両の燃料を代替燃料（BDF）による排出削減を試行することとした。

(1) 車両関連での温室効果ガス削減の取り組み

国内で取り組まれている主な温室効果ガス削減対策は

- ①車両の低燃費化（内燃機関）
 - ②車両のハイブリッド化（内燃機関＋モータ駆動）
 - ③車両の燃料電池化（モータ駆動）
 - ④車両の電気自動車化（モータ駆動＋電池充電）
 - ⑤車両の燃料を代替燃料化（BDF など）
- 等である。



写真-1 走行試験車両 外観

(2) 現段階での保全業務への適用検討

①車両の低燃費化（内燃機関）

車両更新時に順次、次世代燃費基準適合車両へ交換。

②車両のハイブリッド化（内燃機関+モータ駆動）

ハイブリッドは、減速時に発電し、エネルギーを回収・充電しモータ駆動エネルギーを利用することを特徴としている。高速道路の保全業務では、一定速度での巡航走行が多く減速があまりないことから、効果は望めない。よって、現時点での保全業務への適用から除外した。

③車両の燃料電池化（モータ駆動）

燃料電池車は、機構上、水素貯蔵のために高圧タンクを搭載しており、高速道路の保全業務では、追突リスクも高くこれらの防御対策などを付加するなど対応が必要となる。

現在、車両メーカー各社による高圧水素容器の安全性の検証作業³⁾が進められているが、現時点で市販されているものは、非常に高価（普通車タイプで数千万円）であり、現時点での保全業務への適用から除外した。

④車両の電気自動車化（モータ駆動+電池充電）

電気自動車は、車両メーカー各社で軽量な小型車から販売が開始されている。なお平成20年12月時点で商品化されている大型車両（海外除く）はなかった。高速道路の保全業務に利用する車両には、標識装置などの架装品を車両上部等に搭載するほか、安全面から2,000ccクラスのボディ車両を採用しており、現時点での保全業務への適用から除外した。

⑤車両の燃料を代替燃料化（BDF など）

高速道路の保全業務に使用している車両では、トラックなどディーゼル機関の車両を多く保有している。これらの車両は通常燃料として「軽油」を利用している。この燃料を軽油代替燃料である「BDF」などの植物由来油に替えることで、軽油燃焼時の温室効果ガス排出分を削減⁴⁾する。

この取り組みでは、基本的に車両改造は不要であることから、比較的短期間で開始することが可能で、導入コストもわずかである。またBDFの原料も、高速道路のパーキングエリアで発生した廃食用油を回収し精製することから、リサイクル活動としても有効と考えられる。ただし、車両燃料システムの不具合発生に注意する必要があることから十分な点検を前提として取り組む必要がある。

3. 走行試験対象車両

(1) 対象車両の選定

走行試験を行うにあたり、燃料変更による不具合も

想定されたため、次の条件を満たす車両とした。

- ①ディーゼルエンジン車であること。ただし、DPR等の高度排気ガス除去システム非装着車であること。
- ②重負荷条件に耐える車両であること。
- ③中型免許（8t以下）で運転可能であること。

以上を満たす弊社保有車両として、耐風型調査車（以下T1）と道路巡回車B（以下T2）の2台を選定した。当面は、エンジンへ高負荷がかかるT1へ先行してBDF導入を行い、先行導入結果をT2へ反映する計画とした。

先行導入車両T1の外観を写真-1に、主要仕様を表-1に示す。

表-1 走行試験車両仕様

項目	仕様
1. 内燃機関	ディーゼル機関
2. 排気量	4,100 cc
3. 車両総重量	6,060 kg
4. 燃料の種類	軽油
5. タンク容量	100 L
6. DPR [*] 等装着有無	なし

※ DPR=Diesel Particulate active Reduction system,
ディーゼル車高度排気ガス除去システム

(2) 対象車両でのCO₂削減

今回BDF燃料に置き替える予定の燃料（900L/年^{*}）を軽油で消費したと仮定して排出されるCO₂の量を以下のように算定し、約2,300kg/年となった。

※ 900L/年 = 100L/月 × 12ヶ月 × 燃料化率75%

算定式⁵⁾

$$\text{CO}_2 \text{ 排出量 (tCO}_2\text{)} \\ = \text{燃料使用量} \times \text{単位発熱量} \times \text{排出係数} \times 44/12 \\ \text{(kl)} \quad \text{(GJ/kl)} \quad \text{(tC/GJ)}$$

燃料の種類	: 軽油
年間の燃料消費見込み量	: 0.9 kl/年 (900 L/年)
燃料の単位発熱量	: 38.2 GJ/kl
排出係数	: 0.0187 tC/GJ

$$\text{CO}_2 \text{ 排出量 (tCO}_2\text{)} \\ = 0.9 \times 38.2 \times 0.0187 \times 44/12 \\ = 2.356 \text{ tCO}_2 \\ \doteq 2,300 \text{ kg/年}$$

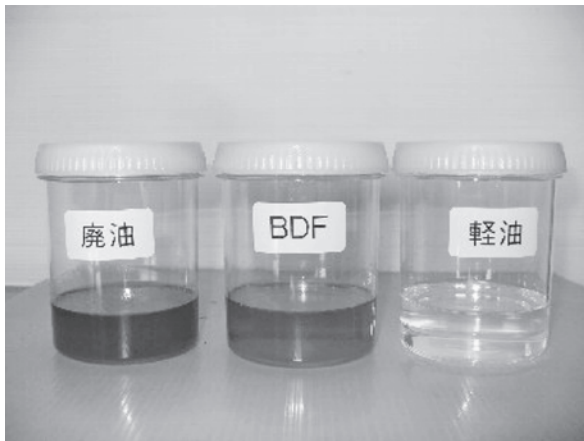
4. BDF

(1) 燃料性状

燃料性状の違いを表一2に、比較写真を写真一2に示す。

表一2 軽油・BDFの性状比較

項目	軽油	BDF
1. 原料	原油 (化石燃料)	植物油 (廃食用油含)
2. 製法	蒸留法	アルカリ触媒 メチルエステル法
3. 比重	0.83	0.88
4. 引火点 (°C)	73	110
5. 比粘度 (軽油 1)	1	1.1
6. 流動点 (°C)	- 10	- 7.5
7. 硫黄分 (ppm)	408	1 未満



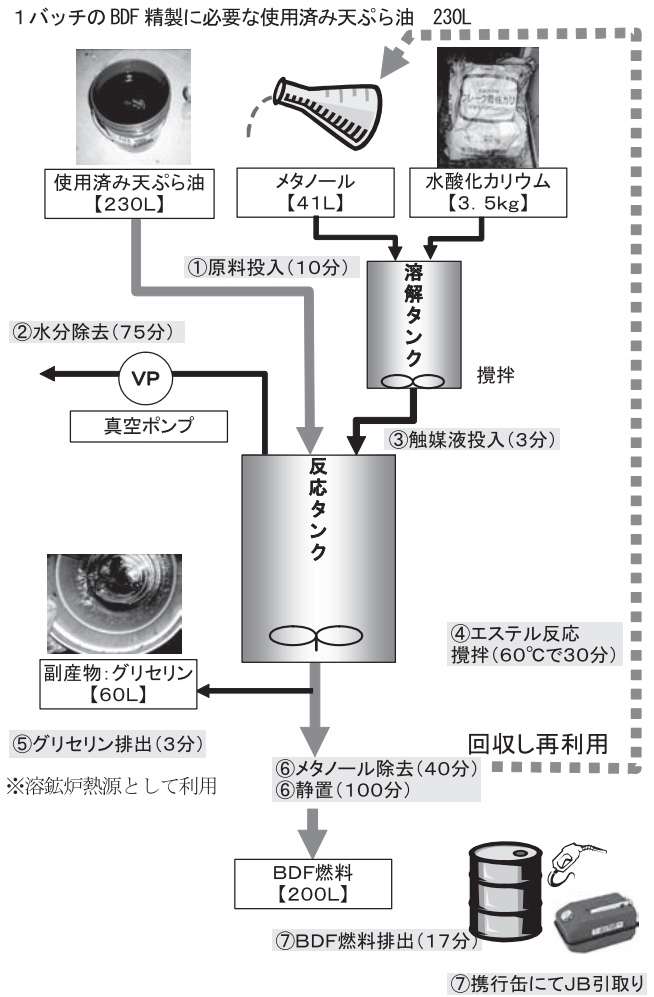
写真一2 比較写真

BDFは、CO₂削減効果のほか、表一2に示すとおり軽油に比べて硫黄分が少なくほとんど含まれないので、SO_x対策としても有効である。

(2) BDF 精製フロー

今回は、最も一般的なBDF精製法であるアルカリ触媒メチルエステル法により行うこととした。必要な材料は、原料となる廃食用油（使用済みてんぷら油）と、触媒液としてメタノールと水酸化カリウムを用いる。これらを精製プラントにセットし、装置を運転させることでBDFが自動精製される。副産物のグリセリンは、熱源としてリサイクルが可能であり、今回地元業者にてBDF精製プラント敷地内のアルミ廃材向け溶鉱炉の熱源としてリサイクルしている。

BDF精製フローを図一1、精製プラントを写真一3に示す。



図一1 BDF精製フロー



写真一3 BDF精製プラント 外観

5. 活用に向けた課題と対応策

原料（廃食用油）・BDFの取扱い活用にあたっては、各種法規制があり、事業活動として行う場合には事前に十分な調査と、各課題への対応が必要となった。各段階別の遵守法令等を表一3に示し、それぞれの課題と対応を以下に示す。

表一 3 各段階別遵守法令及び関係先一覧

各作業と遵守法令等	遵守法令	関係先	
		行政機関	その他
① 原料調達・運搬	・廃掃法	・自治体	・食堂排出事業者
	・消防法 ・市町村 火災予防条例	・消防署	
② 原料加工・精製	・廃掃法		・県許可の廃棄物処理業者
③ BDF 運搬・保管	・消防法 ・市町村 火災予防条例	・消防署	
④ 軽油燃料車両へのBDF 使用	・道路運送車両法	・運輸支局	

(1) 原料調達・運搬

本試験では、弊社管理の一部パーキングエリアのレストランから排出される廃食用油（100L／月）を回収しBDF 加工工場へ運搬する計画とした。

(a) 課題

廃食用油は、廃棄物の処理および清掃に関する法律（以下「廃掃法」という。）上、「廃油」として産業廃棄物に位置づけられることから、取扱い上の法規制を受ける。廃食用油は、消防法上、危険物第四類動植物油類（指定数量 10,000 L）にあたるが、取扱い量が 100 L と指定数量未満であることから同法上の事前届出等は不要である。ただし、危険物であることにならないことから、保管・運搬など取扱い上、火災予防条例の規制を受ける。

(b) 対応策

BDF 原料としては、廃食用油をろ過し清浄度向上を行うとともに、保管時に水分等の不純物混入を防ぎ清浄度維持を行うために専用保管容器による保管を行うこととした。また所轄の自治体へ、廃食用油を BDF 化し活用する試験計画書を届出することとした。BDF 原料（弊社購入）の収集運搬は、指定数量未満であるが運搬中の火災事故防止のため、危険物取扱者免状保有者が収集・運搬にあたることとし、容器は転倒しても内容物がこぼれない専用容器とした。

(2) 原料加工・精製

運搬コスト・BDF 精製品質を考慮すると、試験車両保管所近隣で原料加工・精製が可能な工場が必要であった。

(a) 課題

BDF 精製品質が悪い場合、車両への悪影響が懸念される。

(b) 対応策

自社で専用プラントを持ち、BDF 製造する方法が運搬コスト・品質管理の面ではよいが、専用プラントの設置コスト・設備の維持管理を考慮すると現実的でない。そこで、県内の BDF 工場へ加工・精製を委託する方法を採用した。

(3) BDF 運搬・保管

原料の廃食用油 100 L に対し、精製される BDF は約 80 L である。

(a) 課題

BDF は、消防法上、危険物第四類第三石油類非水溶性液体（指定数量 2,000 L）にあたるが、取扱い量が 100 L と指定数量未満であることから同法上の事前届出等は不要である。ただし、危険物であることにならないことから、保管・運搬など取扱い上、火災予防条例の規制を受ける。

(b) 対応策

精製された BDF は、専用容器に入れ弊社の管理センターへ運搬、専用保管庫にて保管する（写真一 4）。この作業は、指定数量未満であるが運搬・取扱い中の火災事故防止のため、危険物取扱者免状保有者があたることとした。



写真一 4 BDF 専用保管庫

(4) 軽油燃料車両への BDF 使用

軽油を燃料とする車両は、法律上さまざまな規制のもとに運行している。したがって、燃料を BDF などの軽油以外のものに変更する場合は、事前に関係先と十分な確認を行い、燃料変更前に行うべき処置や手続きをとっておく必要がある。

以下に直面した課題と対応を示す。

(a) 課題

軽油で使用した車両に BDF を給油し走行させる場合、車両内部で軽油と BDF の混合が予想される。自動車用燃料と燃料以外のものを混ぜて利用することは、たとえ少量であっても地方税法（軽油引取税）上認められていない。したがって、軽油から BDF100%（BDF5%^{*}でも同様）に切り替える場合も原則として一端、燃料タンクを空にし、燃料タンク内をフラッシングした後に、BDF を入れる必要がある。

※残り 95%の軽油には、軽油引取税の納税義務あり。

(b) 対応策

BDF 利用開始前に、次の①～④の作業を行い軽油と BDF が混合されない状態にした。

- ① T1 の燃料タンクおよび燃料配管内の軽油を排出・回収
- ② 燃料配管内に残留した軽油を完全廃棄するために、エンジンストールするまで燃焼実施
- ③ BDF を給油し、内部フラッシングを行い①②と同様に燃焼実施
- ④ BDF を給油し、使用開始

また、BDF 燃料を使用するにあたり、所轄の運輸支局にて、車検証の記載事項の変更手続きを行い、燃料の種類として「廃食用油燃料併用」の追記を行った。さらに、BDF を 100% 使用するので地方税法上問題ないことを所轄税務署に確認した。

6. 走行試験項目と中間結果

(1) 軽油と BDF での走行データの比較

平成 21 年 1 月より走行試験をスタートさせた。比較項目および計測データを表 4 に示す。結果、燃費・加速性能に若干の低下が見られるものの、排気ガスの

表 4 軽油・BDF 比較項目および計測データ

項目	軽油	BDF	変化率	備考
消費燃費* (km/L)	6.6	6.1	8%	燃費が悪化。
排気ガス 黒煙 (%)	5.5	2.7	- 51%	黒煙濃度が半減。
CO (ppm)	0.01	0.01	0%	変化なし。
HC (ppm)	10	0	- 100%	全量削減。
0～100m 加速性能 (sec)	11.2	11.6	4%	0.4 秒増加。

※消費燃費は、軽油（平成 19 年間平均燃費）と BDF（平成 21 年 1～6 月平均燃費）

黒鉛・HC などに改善が見られた。

(2) 始動性・走行安定性・ゴム系部品劣化

BDF（100%）で運用させた場合の不具合情報が不足していたことから、以下の点に注目して確認を行った。

(a) 始動性

走行試験開始が 1 月であり、気温低下（0 度前後）による燃料粘度の変化による燃料搬送不良等に伴う始動性悪化が懸念されたが、良好な始動性を確認できた。

(b) 走行安定性

BDF の品質のばらつきによるアイドル時や走行時の回転数不安定などが懸念された。

走行試験により、燃料供給配管の燃料フィルターの内部にスライム状白濁物の目づまり（初回、70 km、2 回目 200 km で発生）による回転数上昇不良・白煙発生が確認されたが、燃料フィルター交換により復旧した。

この白濁物（写真 5）は、燃料配管内のフラッシングでも落ちなかった軽油使用時の付着物が BDF 使用により剥がれ燃料フィルター部につまりを発生させると言われている⁶⁾。燃料変更時の一次的な症状⁶⁾とみている。

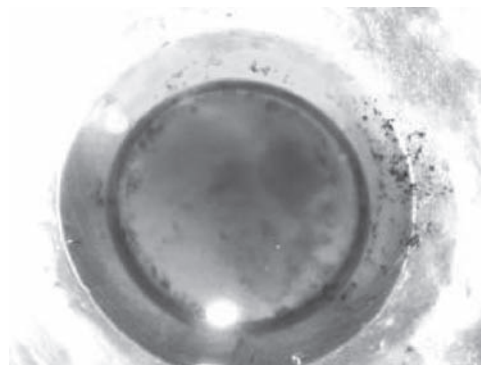


写真 5 燃料フィルター内の白濁物

2 回目の交換以降、現在 1,700 km 走行し不具合はない。今後 T2 の走行試験時には、燃料フィルターを予防的に交換する。

(c) ゴム系部品劣化

BDF 燃料は、事前調査でゴム系部品への侵食・膨潤化に伴うオイル漏れなどが報告⁶⁾されていた。しかし、使用開始から 7 ヶ月経過時点で駐車場所でのオイル滴下痕や、定期点検時にもオイル漏れの報告はない。

7. 今後の展開

T1によるデータ収集は当初目標とした1,500 km程度の走行実験を終えたことから終了し、当初懸念された冬季のBDF始動性に問題のないことが確認できたことから、T2によるBDF使用実験を行う。

8. まとめ

今回報告した廃食用油を活用したBDFによる維持管理車両での走行試験は、環境への取り組みとしては小規模(CO₂削減量 2,300 kg/年)であるが、原料供給面やBDFの品質面の確保が重要であり、これらに十分な注意を払うことで、建設機械などさまざまな機器の軽油代替燃料として利用が期待できるものである。

今回の取り組みにおいては、各官公庁を始め、レストラン事業者・燃料工場・整備工場・当社関係部署のさまざまな関係者の尽力により実現できたものであり、誌面を借りて感謝の意を表します。

JCM/A

《参考文献》

- 1) Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof and Co-authors 2007: Technical Summary. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 23-78. pp.4
- 2) 国土交通省：国土交通白書2008平成19年度年次報告書 pp.3-4,2008.5
- 3) 財団法人自動車研究所：平成20年度燃料電池自動車に関する調査報告書 pp.ii,2009.3
- 4) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Reporting Instructions (Volume 1) pp.1.3
- 5) 環境省・経済産業省：温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル ver.2.4, pp. II -22-23,2009.3
- 6) 全国バイオディーゼル燃料利用推進協議会：バイオディーゼル燃料の製造・利用に係るガイドライン 別添資料 バイオディーゼル燃料導入に伴う車両等への技術指針 pp.2-3,2008.5.30

(2009年11月11日受付)

【筆者紹介】

大浦 義司 (おおうら よしじ)
本州四国連絡高速道路(株)
鳴門管理センター
施設課



政田 潔 (まさだ きよし)
本州四国連絡高速道路(株)
神戸管理センター
施設課長



西井 智紀 (にしい ともき)
本州四国連絡高速道路(株)
鳴門管理センター
施設課

