

# 低温下における建設施工の 環境負荷低減に関する検討

## — B D F (バイオ ディーゼル フューエル) を利用した除雪車について —

独) 土木研究所寒地土木研究所 道央支所 ○ 平 伴斉  
同 上 道北支所 上野 仁士  
同 上 道東支所 西山 章彦

北海道開発局では、ディーゼル機関を有する除雪車を多数保有しているが、バイオ燃料の使用は冬期流動性・始動性・機関に及ぼす影響について不安が残ることから使用が進んでいない。

そこで低温下に対するバイオディーゼル燃料（以下BDF）を使用し、除雪車への影響・始動性などについて基礎資料の整理を行った。

その結果、燃料ホース及び、燃料エレメントを定期的に交換する必要があるが、加速性能・排出ガスについては、軽油と同等程度であることが明らかになった。

キーワード：環境 代換エネルギー 除雪車 BDF

### まえがき

現在、地球温暖化が世界的に問題となっており、CO<sub>2</sub>等削減目標に向けた取り組みを先進国を中心に行っている。

京都議定書では、温暖化の原因である二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、メタン(CH<sub>4</sub>)、一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)、ハイドロフルオロカーボン(HFC)、パーフルオロカーボン(PFC)、六フッ化硫黄(SF<sub>6</sub>)を対象に国毎に目標値を定めている。

また、2008年7月開催の洞爺湖サミットでは「2050年までに少なくとも世界の50%削減」する事が掲げられている。

そこで寒地土木研究所では、多量の燃料を必要とする寒冷地除雪作業の環境負荷低減を目的に、カーボンニュートラルであるバイオディーゼル燃料(Bio Diesel Fuel)の除雪車等適用事例を報告する。

### 1. カーボンニュートラル

植物は、大気中の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、太陽光・水を吸収し、光合成を行って、ブドウ糖と酸素を生成する作用や二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)・酸素(O<sub>2</sub>)と水を排出することを繰り返している。

<sup>1)</sup> 植物を原料とした燃料を使用することによって、エンジンより排出される二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)は、植物の生育時に吸収させるため、地球温室効果ガスにカウントしない。

これを「カーボンニュートラル」と言う。

植物を材料とするディーゼル機関用の燃料には、菜種油・大豆油等の植物油とエタノールのエステル交換によ

って生成されるBDFが世界的に注目されている。

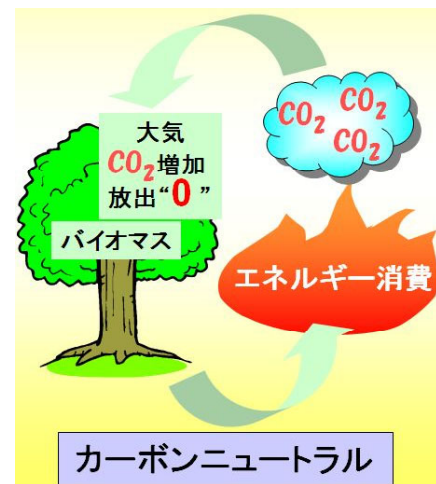


図-1 カーボンニュートラル

出典 足利工業大学

### 2. 精製方法について

<sup>1)</sup> 廃食油などを直接車両などに使用すると、牛脂などの混合物により燃料ポンプやフィルターを目詰まりさせる原因となったり、燃料の流動性が悪く不完全燃焼の原因となる。

結果として、燃料送油トラブルや、カーボンがエンジン内に蓄積されトラブルの原因となる。

このため、粘度等の性状を軽油と同等にするため、メチルエステル化を行なう。(図-2)

メチルエステル化とは、廃食油とメタノール(アルコール)の化学反応であり「油脂のエステル交換反応」に

よって「脂肪酸メチルエステル」+「グリセリン」に分離するものである。BDFの精製では、水酸化カリウム等を触媒とした「アルカリ触媒法」が一般的であるが、他にも様々な精製法がある。

また、メチルエステル化では「グリセリン」が発生するが、その処理方法については、一部でグリセリンポイラーなどに使用される等、具体的な処理方法について、検討が行われている。

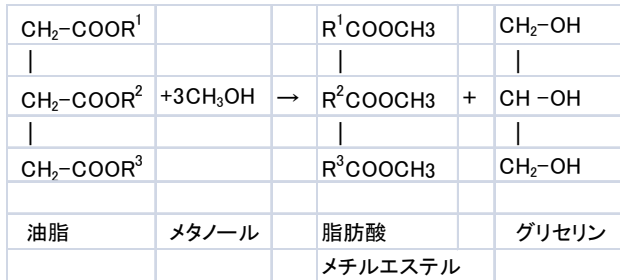


図-2 1) 油脂のエステル反応

### 3. BDFのメリット・デメリットについて

BDFの特性として下記に示すメリット及びデメリットがある。

#### 3-1 BDFのメリットについて

通常廃棄物となる食廃油を再利用し、化石燃料を使用しないため、地球環境に優しい燃料である。

2) 製造コストは軽油(30円/ℓ程度)より高価(72-82円/ℓ程度)になってしまうが、軽油と混合しないで販売・使用時には、3) 軽油取引税(32.1円/ℓ)の対象とならないためトータルコストは、原油価格の変動にもよるが軽油よりも安価となる場合がある。

ただし、平成20年秋頃から、軽油価格は円高の影響などにより下落傾向であり、BDFは原料である廃食油を無料で入手可能であったが、近年は原料として購入しなければ確保が難しくなっているため、価格上昇の恐れがある。

(平成21年1月8日時点での全国軽油平均単価は96円/ℓ、BDF単価110円/ℓと軽油の方が14円下回っている。)

#### 3-2 BDFのデメリットについて

燃料の酸化安定性は、重要な課題となっており、長期保存時には、酸化時に固体(沈殿物)を発生させるため、燃料フィルターを詰まらせる原因となる。

また、1) ディーゼル機関の燃料を高圧にてエンジン内に送り込むため、燃料が高温となってしまう、酸化・劣化の原因となり、結果的に金属性燃料パイプの酸化劣化の原因となる。

特に、燃料を通常よりも更に高圧化する「コモンレール方式」は、不向きである。

酸化劣化の他に、流動性の低下による噴射ポンプの寿

命低下や、ニトリルゴムNBR(耐油性合成ゴム)の急激な引張り強さの低下を招くことが解っているため、燃料系統のゴムホースをフッ素系のゴムホースに交換する必要がある。

BDFは、原料により流動点はさまざまであり、廃食油を使用した場合は、添加剤を使用しなければ寒冷地の使用には向いていない。

燃料の流動性を高める効果として「SVO」方式(燃料を電気ヒーターやラジエーター熱で暖める方式)があるが、改造費が高価(普通車で50~60万円程度)であり、イニシャルコスト的には、不利である。

さらに、日本では、廃食油からBDFを精製するため、日により原廃油にばらつきがあり、一定の品質にすることは難しいと言われている。

### 4. 旭川でのBDF使用実績及び検証

旭川は、道北最大規模のBDF精製工場があり、バスやゴミ収集車、市道除雪車での使用実績があるなど北海道内でもBDFの利用が進んでいる地域である。

そこで、旭川市内の下記3社に使用実態等について聞き取り調査を行い、今後の使用に当たっての検証を行った。

- ・A社：平成19年度に旭川の市道除雪等で  
タイヤショベルにBDFを使用

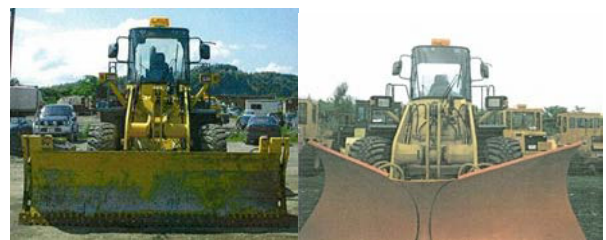


写真-1 タイヤショベル1、2  
\*左が1 右が2

表-1 タイヤショベル諸元表

機械名	タイヤショベル1	タイヤショベル2
初年度登録	H13.11	H7.10
排気量	5880cc	7150cc
車両総重量	13445kg	11155kg
排気ガス規制	二次	二次
エンジン形式	6D102	6D108
稼働時間	57.5h	39.5h
稼働日数	22日	5日
走行距離	749km	82km
BDF使用量	1849ℓ	514ℓ

- ・B社：旭川市内のBDF精製業者。冬期BDFは-30℃まで使用可能（通常は-5℃程度）  
日生成量27000



写真-2 B社 BDF工場

- ・旭川開発建設部旭川道路事務所  
平成19年11月より、作業車（写真-3）  
にBDFを使用した  
\*いずれも、B社製BDFを使用

表-2 作業車諸元

機械名	作業車
規格	標識装置付
車両総重量(kg)	7425
排気量(l)	7.12
初年度登録	平成4年度
総走行距離	10467.87km
BDF使用走行距離	2060km



写真-3 作業車

#### 4-1 冬期適用性について

旭川市は北海道内でも屈指の寒冷地域であり、平成19年度旭川測候所データでは最低気温が-20℃以下の日が8日記録されるなど、BDF使用には過酷な気象条件である。

旭川道路事務所の作業車は、特に問題が無く冬期始動ができた。

また、旭川市内におけるBDFを使用したバス会社などにもヒアリングを行ったが、重大なトラブルについては無いとのことであった。

しかし、A社では2度ほど-20℃以下にてエンジン始動ができない日があり、うち1日は旭川測候所においてこの年の最低気温-25.7℃を記録している。

現時点では、精製業者の企業努力による低温下への対応を期待しつつ、現在入手可能なBDFの有効な運用法を定めていく必要があると考える。

なお、今年度、旭川道路事務所の除雪ドーザ1台にBDFを使用し、適用性に関してさらなる調査を行っているところである。

#### 4-2 機械的影響について

平成20年12月に旭川道路事務所の作業車についてエンジン整備を行った結果、燃料系統に異常が見られた。燃料フィルターに白いへドロ状の物体が付着していた。その状況を写真-4に示す。

また、フィードポンプのゴーズフィルタに異物（主に金属類）が付着していた。その状況を写真-5に示す。原因について現在分析中である。



写真-4 燃料フィルタ



写真-5 ゴーズフィルタ

以上の原因による始動性・走行性能への影響は見られなかったが、このまま経過していたら何かしらのトラブルが発生したものと考えられる。

対策として、BDF使用に際しては、燃料系統の定期的整備や<sup>3)</sup>燃料ホースをフッ素系ホースに交換しておく等の予防整備を行うべきであると考えられる。

これらのことから、運用に当たっての事前整備が必要になる場合やコスト的にも若干割高になる場合があるが、世界的課題である環境諸問題の解決のため、BDFの利用促進を引き続き検討していくことが求められる。

## 5. BDFを使用した加速試験・排ガス測定

平成20年12月16日～17日「寒地土木研究所 石狩吹雪実験場」にて除雪車を使用した軽油・BDFの加速試験及び、排出ガス測定試験を行った。

なお、北海道開発局より試験車両として除雪ドーザ（13t級）及び除雪トラック（10tIGS）を借り受けた。

### 5-1 計測機器及び使用燃料

加速試験における計測機器は、GPSにより1秒に10回の衛星電波を受信し、1秒前の位相から加速度、0-100mのタイムなどが計測可能であるVBOXを使用した。（写真-6、7）

VBOXの精度を検証するため、寒地土木研究所月寒庁舎構内にて、VBOXによる位置の計測誤差を確認した結果、100mにて±5cm以内であることが解った。（写真-8）

また、排出ガス測定機はCO、CO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>をPCにて直接計測可能である「Auto5.1」を使用した。（写真-9）

使用燃料は、今後の建設機械等への使用を考慮し、冬期流動性及び、BDFの日生産量を加味した道内3社の製品を使用した。（写真-10）



写真-6 VBOX設置状況



写真-7 VBOXアンテナ



写真-8 VBOX精度試験



写真-9 Auto5.1



写真-10 使用燃料

### 5-2 排出ガス計測試験

排出ガス計測試験は、アイドリング時による排出ガス(CO、CO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、NO)を5分間計測し、排出ガス成分が安定した1分間の平均を比較した結果以下のとおりとなった。

- ① 一酸化炭素は、ドーザでは減少傾向であり、除雪トラックでは、BDF 2、3は増加した

- ② 酸素は例外もあるが、減少する
- ③ 二酸化炭素は、除雪トラックのBDF 3が増加するが、それ以外は軽油と同等レベルである
- ④ 窒素化合物は同等レベル又は、減少する

以上のことから、機械毎・BDF毎に特性はあるが、軽油・BDFともに排出ガス成分に大きな差は無くBDFはカーボンニュートラルであることから、軽油よりもクリーンなエネルギーであると言える。

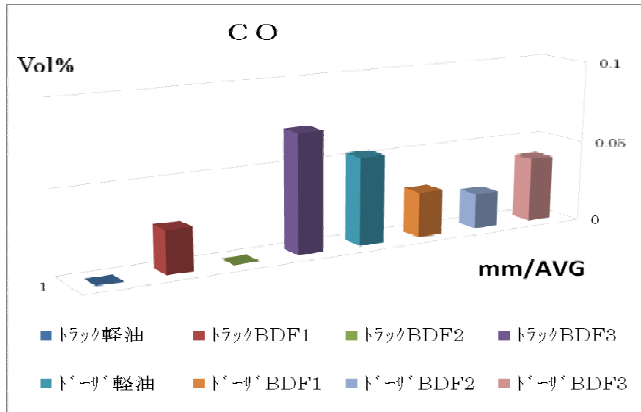


図-1 CO (一酸化炭素)

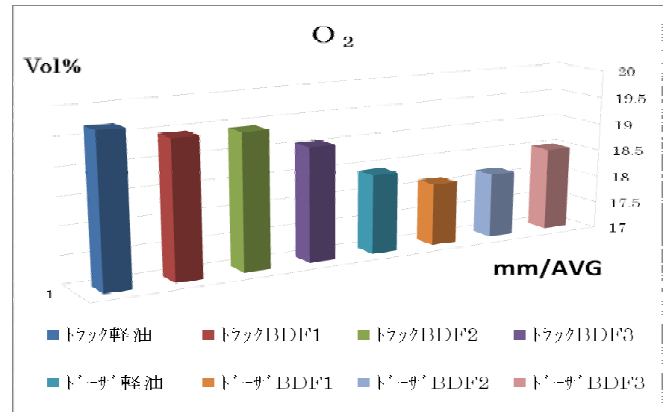


図-3 O<sub>2</sub> (酸素)

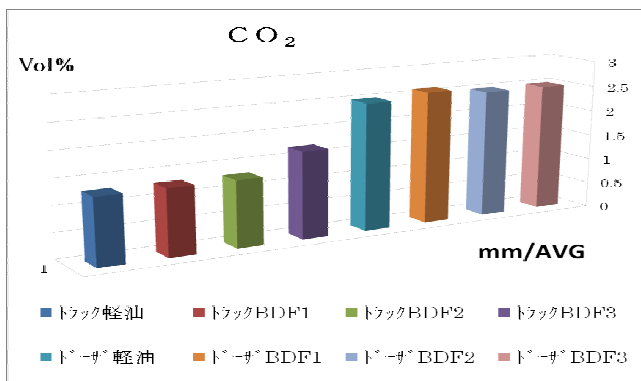


図-2 CO<sub>2</sub> 二酸化炭素

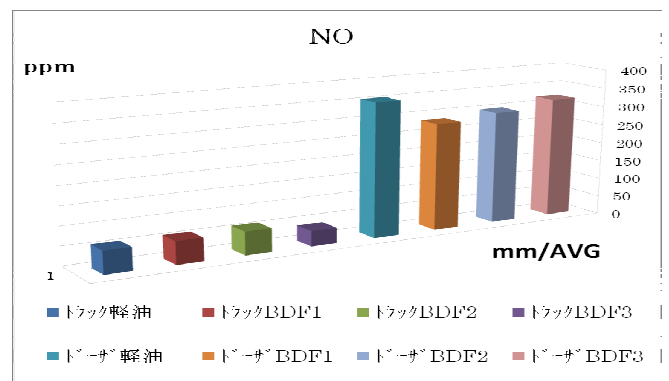


図-4 NO (窒素化合物)

### 5-3 加速試験

加速試験は、車両の最高時速の違いにより、各任意の速度から100m地点までの追い越しタイムを計測を行った結果、(図-5)のとおりとなった。

参考に試験条件を次ページに示す。

また、除雪ドーザの加速タイムは、BDF 2の1・2回目が軽油よりも劣っているが、3回目以降はタイム上昇していることが解る。これは、横ぶれによるタイムロスが関係したと思われる。

除雪トラックのタイムでは、BDF 1・2・3ともに加速タイムが上昇した。

今回の試験では、加速性能が上がる結果となったが、一般的にBDFの方が<sup>3)</sup>低発熱量であることから、燃焼効率を確認するうえでの出力試験等が今後必要である。

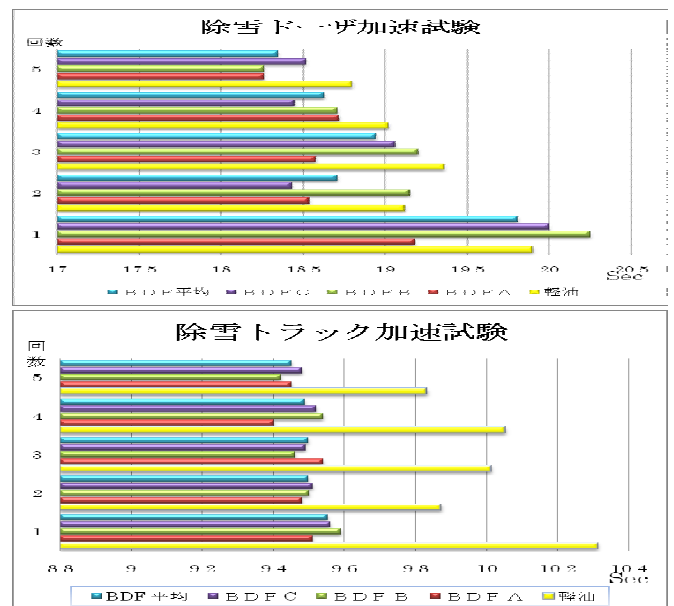


図-5 加速試験

### 参考 試験 条件

車両	除雪ドーザ	除雪トラック
登録年度	H3	H5
試験日	12月16日	12月17日
気温	-1.3° C	5.6° C
路面状況	圧雪アイスバーン	ウェット
タイヤ	スパイク	スタッドレス
計測回数	5回(平均)	5回(平均)
	時速15km～	時速30km～
試験項目	100m地点までの 追越し加速時間	100m地点までの 追越し加速時間



写真－10 除雪ドーザ加速試験状況



写真－11 除雪トラック加速試験状況

### あとがき

今回の報告は、旭川地区におけるBDF関連調査と、3社のBDFを用いた加速性能試験・排出ガス計測試験について報告した。加速性能及び、排出ガスについては、軽油よりも良好な結果が得られたが、実際の出力やトルク性能の把握及び、作業時の排出ガスの計測などについては今後も調査を継続する必要がある。

また、冬期始動性については、現在調査中であり、データがまとまった時点で追加報告を行う。

さらに、燃料の使用に当たっては、フッ素系ゴムホースの交換や、定期的な燃料フィルターの交換が必要なことなどの不安が残ることから今後も調査を継続し、運用マニュアルの作成などを行う必要がある。

このような課題もあるが、カーボンニュートラルであるクリーンエネルギーを国等の機関で使用することで、地産地消なエネルギー確保・経済発展さらに、京都議定書達成計画達成の一環として有効であることから、今後使用を推進するための検討が必要である。

### 謝辞

調査・試験に当たって、北海道開発局の札幌開発建設部・旭川開発建設部並びに、BDF製造各社の多大なるご協力をいただきました。改めて感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) バイオディーゼルー天ぷら鍋から燃料タンクへ (東京図書出版会)山 根 浩 二
- 2) 総合資源エネルギー調査会石油分科会石油部会 燃料政策小委員会 第二次中間報告 (H16.7) 経済産業省
- 3) 改訂版 バイオディーゼル・ハンドブック (日報出版(株))