

ノート

## 三重県における日間生産量 100 L クラスの BDF 製造施設の現状と課題

加藤進, 吉村英基, 吉岡理,  
巽正志, 岩崎誠二<sup>1)</sup>, 広瀬和久

### Current Status and Problems of BDF Production Facilities with Production Rate 100L/Day in Mie Prefecture

Susumu KATO, Hideki YOSHIMURA,  
Osamu YOSHIOKA, Seiji IWASAKI<sup>1)</sup>, Masasi TATUMI and Kazuhisa HIROSE

三重県における日間生産量 100L/day の BDF 製造所の現状を調査した。その結果、当該者が一番指摘する問題点は、副生物のグリセリンの処理コスト、適当な排水処理方法が存在しないことおよびエンジン給油フィルターの目詰まりであった。副生物のグリセリンの純度は 30~40% で、きわめて低品位であり、薬品原料としての価値は低いと思われた。同時に pH もアルカリであった。目詰まりを起こしたフィルターを蛍光 X 線分析したところ、Fe, Cu, Zn および Pb が同定された。さらに、酸処理した試料から、これらの金属濃度を求めると、軽油仕様車のフィルターに比べて BDF では Fe, Cu, および Pb 含有量が高かった。BDF 工程廃液の性状は、油分, COD, あるいは BOD が高く、このままの水質での公共用水域への放流は環境負荷が多い。また、BDF 製造の損益分岐点は、売り上げが 60 円/L, 廃食油の購入価格が 10 円/L と 20 円/L でそれぞれ 40000L および 80000L であり、廃食油のコストや廃グリセリンの処理コストを十分考慮しなくてはならないことがわかった。

キーワード：BDF, グリセリン, 排水処理, 目詰まり, 経済性

#### はじめに

平成 17 年 2 月に京都議定書が発効した。その結果、日本においては相当大きな CO<sub>2</sub> の削減量を強いられることになった。この対策として、エネルギー源にバイオマスを利用する方法はきわめて有効である。たとえば、すでにエタノールを燃料に混ぜた車がブラジル等では利用されている。しかし、このエタノール車は、燃焼工程の際にアルデヒドやケトンを生じ、悪臭の原因や光化学スモッグを助長するともいわれている。

これに対して、BDF(バイオジーゼル燃料油)は、1) 廃油のリサイクル、2) ブラックスモー

ク等大気汚染が比較的少ない、および 3) カーボンニュートラルという性質を持つために 2002 年あたりから徐々に導入されるようになった。BDF 製造機の原理は、廃油にメチルアルコールを 60 前後で反応させ、グリセリンと脂肪酸メチルエステル(FAME)を分離し、精製した粗 FAME を精製するものである。

一般に、BDF 製造機の導入先は、地方自治体(市、町)と企業の 2 種類に大きく分類され、マスコミ等の情報では、順調な導入 - 稼動が報じられている。しかしながら、一歩中に入っていると、いずれの導入先でも a) 原料である廃食油の品質が一定しないこと(鉱油やラード等の

1) 三重県企業庁水質管理情報センター

混入), b)大量のグリセリン廃液がでること, c) エンジン燃料輸送系のフィルターの目詰まり, d) 廃食油が試算ほど回収できない, および e) 高濃度 BDF 含有排水の廃水処理等による様々のトラブルに遭遇しながら BDF の製造を実施している. 本報では, 三重県の 100L クラス BDF 製造機の現状を報告し, 問題点について若干の検討を加えたので報告する.

### 1. BDF 製造の聞き取り調査結果

BDF 製造現場あるいは担当部局を訪問し, 1) BDF 製造機導入の時期と目的, 2) 機種, 3) 装置年間稼動日数, 4) 年間製造量 (L), 5) 廃油回収法, 6) 製造コスト, 7) グリセリンの処理方法, 8) BDF 車の台数と稼動現状および 9) 問題点等について聞き取り調査を実施した. 聞き取り調査を実施した場所は, A 社, B 社, C 社, N 市, F1 市, M 市および F2 町である. 結果を表 1 に示した.

調査の結果, 企業では自前の方法で廃食油を回収しているが, すべての自治体では資源ごみ等の回収日に住民から廃食油を回収するシステムを構成していた. また, 自治体では廃食油を事業所から有料で買取している場合も見られた. 図 1 は N 町 (人口: 10617 人, 回収地点数: 80, 回収頻度: 1 回/週) の実績である. 残りの自治体の人口もおおむねこの規模であり, これらの結果から, 平均 754 L/月程度の廃食油が回収され, 変換率を 80% とすると約 603 L/月が再生エネルギーとして利用されていることがわかる.

この表 1 で, 特異的な実施例は, F2 町である. 当該市では, グリセリンの処理コストあるいは BDF 製造機の維持管理および排水処理を考慮し, 自治体が得意な廃食油の回収・運搬を実施し, 廃食油の BDF への転換は A 社に委託し, 同所から製造した BDF を一定の金額で購入す

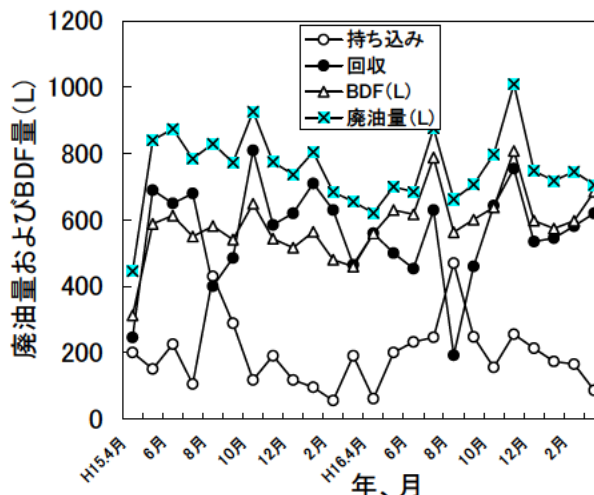


図-1 N町におけるBDF製造量変化

る方法を採用した. その結果, 担当者によれば, BDF 製造機の稼動状況等も気にする必要がなくなったとのことであった.

また, 以下でも議論するが, いずれの場合も副生する廃グリセリンの処理コストが意外にかさみ, ひとつの課題となっていた. 問題点 (BDF 車の性能も含む) については, 燃料油フィルターの目詰まりがあることを指摘する事業所および自治体グループとそれを指摘しないグループに分かれた. 特に, 目詰まりを指摘するグループでは, これが原因ですべての車種を BDF 車には変更できないとのことであった. なお, 廃食油独特の臭気については大きな問題とはなっていないかった. BDF 車に関するドライバー (10 人) の感想等を表 2 にまとめた. また, 廃食油から製造した BDF の主成分は, 三重県で BDF を採取し, GC/FID あるいは GC/MS で分析したところ, 主成分はパルミチン酸メチル, ステアリン酸メチル, オレイン酸メチル, リノール酸あるいはリノレイン酸メチル等 (図-2) であった.

表1 各自治体および企業のBDF製造状況

	A社	B社	C社	M町	F1町	N町	F2町
人口(H15,人)				9963	7253	10617	9008
世帯数				4074	2170	4399	2999
回収地点数				15		80	11
回収頻度				1回/月	2回/週	1回/週	2回/月
開始年	H14	H14	H18	H15	H13	H14	H14
処理能力(L/day)	300L/day	50	100	100	50	100	会社Aに委託
稼動日数	毎日	16回/月	毎日	6回/月	10~15回/月	4~8回/月	-
精製法	水洗式	静置	水洗式	内部処理	水洗式	水洗式	-
排水処理	あり	なし	あり	なし	なし	あり	-
グリセリン処理	あり	あり	あり	あり	あり	あり	-

表 2 ドライバーのBDF車乗車時の感想

感想	人数
車の中、周辺がテンブラ臭くなる	7
フィルターの目詰まりが起こりやすい	3
加速性が悪い	1
いつ不具合がでるか分からない。そのために全車をBDF車には変換できない	1
白い排気ガスがでる	1
使ってみると軽油の方がなんとなくよい	1

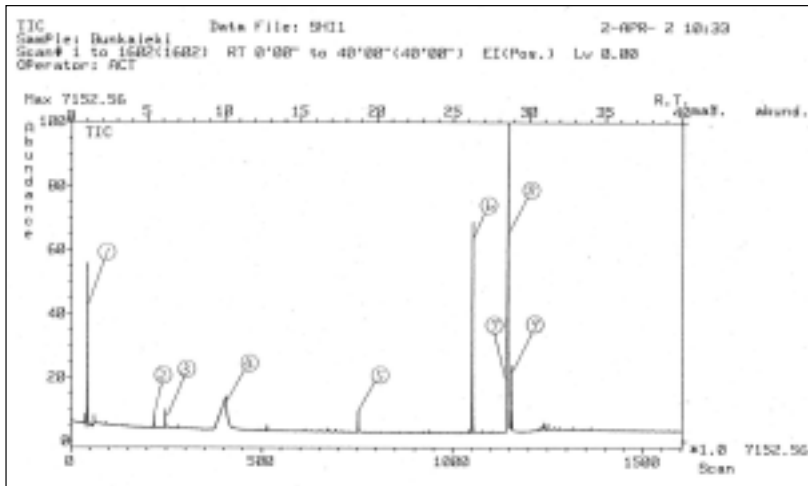


図-2 BDFのTIC  
4:グリセリン、5:カプリン酸メチル、6:パルミチン酸メチル、7:リノール酸メチル  
8:オレイン酸メチル、9:ステアリン酸メチル

## 2. BDF 製造法の問題点

図 3 は代表的な廃食油からの BDF 製造機の製造工程である。BDF の製造機は大きく 2 種類に分類される。すなわち、エステル化後に精製工程なしで、BDF として利用する方法と、エステル化後に中和 - 洗浄 (塩析) - 脱水を加えている製造工程である。特に、水洗を省略する機種では、廃食油から簡単な操作で如何に夾雑物を除去するかが問題であり、B 社ではステンレスの金網で粗ろ過、ついでキッチンペーパーで廃食油をろ過することによって清澄な BDF を製造していた。一方、水洗工程を含む機種では、BDF を含んだ廃液が発生し、この処理が問

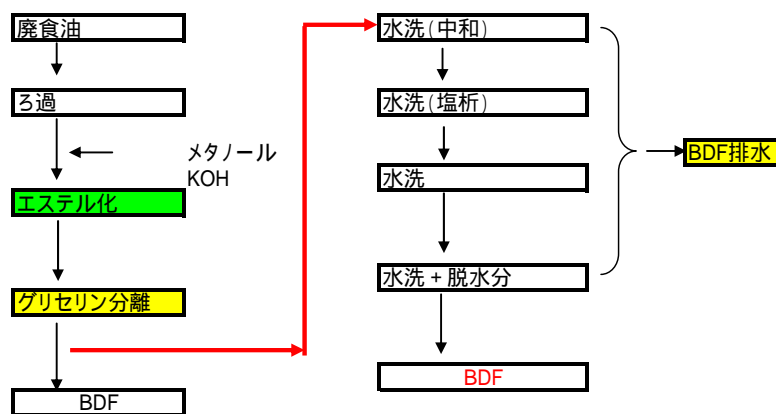


図-3 BDF製造フロー

題となっていた。なお、対象とした BDF 製造所にはグリーストラップ等の排水処理等の設備しかないのが現状である。

エステル化剤にはメタノールと KOH の組み合わせが多かった。アルカリは NaOH の方が安価であるために、BDF 製造機が導入された初期に

は NaOH を利用する製造所が多かった。しかし、KOH を利用した方が、グリセリンとの分離等に優れていることから、現在は殆どの製造所で KOH が利用されている。

また、副生物のグリセリンには今のところ、安価な再資源化の方法は存在せず、大部分の製造所では、処理費を支払って焼却処分を実施していた。聞き取りを実施した範囲では、現在一番困っているのがグリセリンの処理であった。

数事業所のグリセリン廃液に

含まれるグリセリン濃度を HPLC (検出器: 示差屈折計, カラム: Carbohydrate(waters': 250 × 4.6mm), 移動相: CH<sub>3</sub>CN:H<sub>2</sub>O = 85:15), 流速: 0.8ml/min) で分析した。結果、純度は 30 ~ 40% の範囲 (表 3) とかなり低かった。したがって、仮に工業用薬品の原料として再利用するにしても何らかの方法で純度を上げる必要があると思われる。同時に、このグリセリン廃液中にはエステル化の際の触媒として利用されている KOH 由来の K が共存する可能性が高い。試みに、グリセリン廃液を酸分解後 (HNO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), フレーム原子吸光法で K 濃度を測定した結果も合わせて表 3 に示した。この結果から

見ると、40 ~ 60mg/g 程度の K が存在し、この存在量もグリセリンとしての再利用を図る際には重要と思われる。むしろ、適当な方法で、グリセリンが分解できれば、肥料における K 源として有効性も考えられよう。ただし、表 3 からわかるように、廃グリセリン (1g/100ml) の溶液の pH は 10 以上あり、相当アルカリ性に傾いているので pH に対する注意も必要であろう。

表3 廃グリセリンの分析結果

	pH*	グリセリン(mg/g)	K( $\mu$ g/g)
廃グリセリン#1	10.3	350	41.8
廃グリセリン#2	10.38	400	62.1
廃グリセリン#3	10.35	358	45.9
廃グリセリン#4	10.37	358	46.0

pH: 廃グリセリン1g/100ml

### 3. 水洗式 BDF 製造法の排水の性状

次に、水洗式を採用する機種から排出される廃液の性状について述べる。たとえば、100L の廃油をエステル化すると、全体の水洗工程からは約 100L (20L×5 回) の排水が発生する。この排水は、通常、オイルトラップを経てタンクに保存され、凝集沈殿後公共用水域に放流されるか、水道水で直接希釈されて公共用水域に放流される。特に、排水には多量の油分が含まれるので、オイルトラップを頻りに掃除しないと、すぐに過負荷状況となり、放流水に油分が混入し、水質が悪化する。過負荷状態になっている油分分離槽（オイルトラップ最終）の水質を表 4 に示した。この槽では、COD、BOD および油分濃度がきわめて高いことがわかる。生産規模が 50L/day の場合で、オイルトラップ後の洗水をタンクに保存している場合の性状は #1 ~ #2 であった。油分濃度は油分分離槽に比べると 500 倍くらい低下しているが水質基準を 10 倍近く超過している。この排水は、凝集沈殿後放流されている。一方、オイルトラップを経た洗浄液を水道水等で希釈している場合の水質は試料 #3 ~ 5 であった。希釈によって必ずしも油分濃度は低下していない。ある事業所では粉碎したカキガラの中層にこの排水を通過させて、浄化を試みておりその水質は #6 であった。この結果から見る限りでは通過前後の油分濃度に対してカキ殻の大きな効果は出現していない。

これに対して、グリーストラップに浮上する BDF を工程毎に採取（これは脱水工程を経て

BDF として利用)し、排水を希釈しつつシリーズに連結した 3 つの 1m<sup>3</sup> タンク（この中に油分分解能を持つコンソーシアム系の微生物をセラミックに固定したものを試験的に導入、3 ~ 5L/min でエアレーションすると排水の性状はきわめて良好となり（試料 #7 および試料 #8）、おおむね水質汚濁防止法の基準に適合することとなった<sup>1-4</sup>）。この微生物による BDF 排水処理法については、稿を改めて報告したい。

### 4. 燃料フィルターのつまりについて

BDF フィルター（過去に軽油で走行、その後 BDF に燃料を変換 1 年後、つまりが発生）の外観を写真 1 に示した。この写真から、軽油の場合は、フィルターの繊維に粒子等がトラップされている状況は認められない。しかし、BDF フィルターでは、フィルターの繊維の空間に粒子状の物質がトラップされているのがわかる。そこで、軽油フィルターおよび BDF フィルターを切り取り、ソックスレー抽出器（n-ヘキサン:100ml, 4 時間）を利用して、油分を除去した。このフィルターを蛍光 X 線で定性分析した。同じフィルターを HNO<sub>3</sub>+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> を用いて酸処理し、重金属を定量した。

蛍光 X 線分析の結果、BDF フィルターでは重金属として、Fe が明瞭なピークとして、またやや強度はおとるものの Cu, Zn および Pb が同定された。さらに、酸処理（HNO<sub>3</sub>+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>）した試料から、これらの金属濃度を求めると、表 5 の結果となった。軽油に比べると BDF では Fe, Cu, および Pb 含有量が高かった。しかし、目詰まりを発生した BDF 車は、走行開始時から BDF を利用せず、途中から燃料を 100%BDF に変換しているため、BDF の使用に起因するか否かの議論は難しく、あくまでも現象論的に、差があったとしかいえない。

表4 BDF製造後の排水の分析結果

	生産規模	pH	EC ( $\mu$ S/cm)	COD(mg/L)	BOD	SS	油分
油分分離槽	100L/day	-	-	60000	2640	-	144900
#1	50L/day	7.35	1164	8250	315	-	313
#2	100L/day	7.3	452	2840	100	510	304
#3	100L/day	6.58	82.5	25000	52	316	110
#4	100L/day	6.87	145	1700	232	255	510
#5	100L/day	-	-	6250	1840	7700	4250
#6	100L/day	6.97	2170	25000	600	-	503
#7	100L/day	6.5	265	170	71	17	25
#8	100L/day	6.7	175	30	45.8	0.5	31



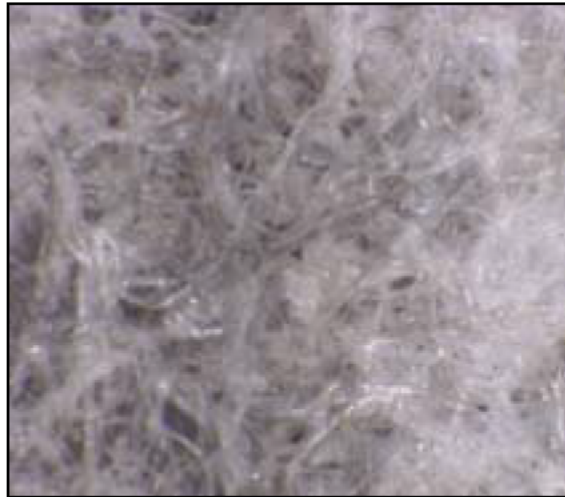


写真1 目詰まりした燃料フィルターの顕微鏡写真(100倍)

表5 燃料フィルターの分析結果

	Fe( $\mu\text{g/g}$ )	Mn	Cu	Zn	Pb
軽油燃料	59.6	2.3	3	9283	12.1
BDF燃料	2684	12.9	136	1600	82.5

### 5. BDF 製造の損益分岐点について

BDF 製造機の減価償却の計算は、別表第2機械および装置の耐用年数表<sup>5)</sup>によった。しかし、同表には BDF 製造機の種類項目はないので、メタノール、エタノールおよびその誘導体製造設備(第125-9項)、あるいは硬化油、脂肪酸またはグリセリン製造設備(第151-9項)の耐用年数である9年を採用した。価格が600~700万であるから、指針に従って0.9を乗じ、9年で割って、60万円を固定費とした。さらに、聞き取りによって得たメタノールの費用:100円/L、水酸化カリウムの費用:300円/kg、中和用の硫酸の費用、33円/kg、廃グリセリンの処理コスト:50円/L、および廃食油購入単価:10~20円/Lを変動費とした(なお、人件費、水道代と電気代はこの計算においては無視した)。BDF 1L当たりの売り上げを40円、50および60円と仮定し、損益分岐点を求めたのが図-4である。これらの結果から、廃油購入価格を10円/Lとした場合、利潤が60円となった時に約40000Lで損益分岐点となり、利潤が40円では損益分岐点は存在しない。更に、購入価格を20円/Lとすると、この損益分岐点は約80000Lとなる。たとえば人口10000人クラスの町村では回収量はおおむね600~800L/年である。したがって、減価償却には人件費あるいは電気代等を無視しても5年前後の連続稼働が必要と考え

られる。この結果は、BDFについての売り上げを60円と仮定した場合で、軽油価格との差異によって左右されることはもちろんである。このことは、廃油回収からBDFへの再資源化は安定供給、軽油とのコスト差あるいはグリセリン処理費を考慮したうえで実行しないと、経済的に困難であることを示唆している。

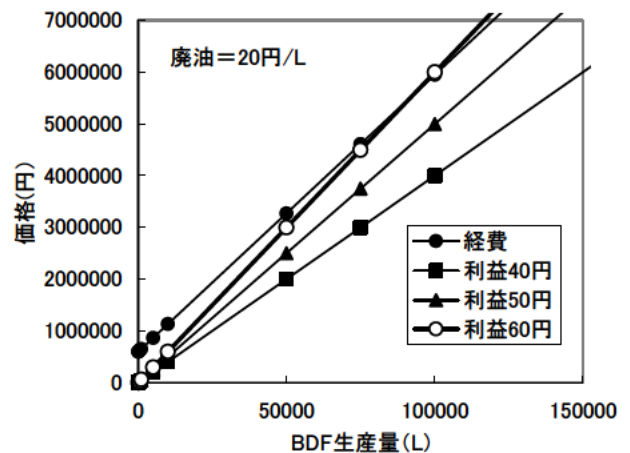
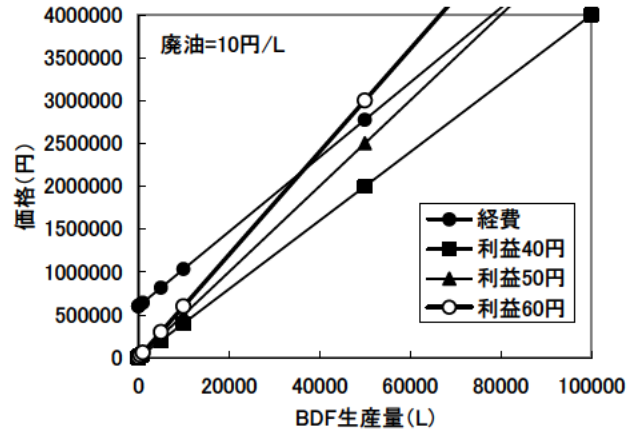


図-4 利益別に計算したBDF製造の損益分岐点

### まとめ

三重県における小規模 BDF 製造所を対象に聞き取り調査を実施するとともに、BDF 製造機の問題点と損益分岐点の計算を行った。

その結果

- 1)当該者が一番指摘する問題点は、副成物のグリセリンの処理コスト、適当な排水処理方法が存在しないおよびエンジン給油フィルターの目詰まりであった。
- 2)副成物のグリセリンの純度は30~40%で、極めて低品位であり、薬品原料としての価値は低

いと思われる。同時に pH もアルカリであった。

3) 目詰まりを起こしたフィルターを蛍光 X 線分析に付したところ、Fe, Cu, Zn および Pb が同定された。さらに、酸処理した試料からは、これらの金属濃度を求めると、軽油仕様車のフィルターに比べると BDF では Fe, Cu, および Pb 含有量が高かった。

4) BDF 製造工程廃液の性状は、油分、COD あるいは BOD 濃度が高く、このままの水質で公共用水域への放流は環境負荷が大きい。

5) BDF 製造の損益分岐点は、売り上げが 60 円/L、廃食油の購入価格がそれぞれ、10 円/L および 20 円/L で 40000L および 80000L となり、廃食油のコストや廃グリセリンのコストを十分考慮して実行する必要がある（人件費等無視）。

## 文 献

- 1) S.KATO et.al.: Application of Microbial Consortium Treatment to Highly Oil Contained Wastewater Discharged from Biodiesel Fuel Generator, IWA-waterqual2005, CD-ROM (Singapore)
- 2) 江口正浩, 長谷部吉昭, 村上健: 食品工場含油排水処理施設における環境負荷削減型廃水処理技術, 用水と排水, 47, 738-741 (2005)。
- 3) Eiko Fuji, Tomoyuki TUNEMATU, Yuki KAMIMOTO et.al.: Microbial treatment of oil contained wastewater discharged from industrial kitchen, 日本食品工業会誌, 4, 123-128 (2003)
- 4) たとえば, 松本竜一, 佐藤光子, 井藤憲次, 瀧和夫: 動物性油脂に特化した生ゴミ分解菌の機能性維持実験, 環境技術学会年次大会第 5 回研究発表会 予稿集, pp58-61(2004)
- 5) 減価償却資産の耐用年数等に関する省令 (別表第二)