

## フー

# コンソーシアム系のバクテリアを用いた BDF 洗浄排水中の油分連続分解法について

加藤 進, 巽 正史, 塚田 進

## Continuous degradation of biodiesel fuel in wastewater by microbial consortium

Susumu KATO, Masashi TATUMI, and Susumu TSUKADA

コンソーシアム系のバクテリアを固定した担体を用いて, 高濃度 BDF を含有する排水の連続処理について検討した. その結果, 連続処理でも, 物質収支を計算すると排水中に含まれる BDF の 50~60% が微生物によって分解されていることがわかった. 連続処理装置の溶液中, 担体あるいは排水に残存する BDF 分解の程度は, コントロール, pH 制御および pH 制御 + N 源添加の実験系により異なった. 特に, 油分, COD および SS の観点からは, pH 制御に N 源を添加した が優れていた. 連続分解後の処理水に含まれる BDF 濃度を見かけの処理率と考えると, いずれの場合も BDF の分解率は 90% 以上であった.

キーワード: BDF, 連続分解, 排水処理, 微生物コンソーシアム

### はじめに

バイオディーゼル燃料 (BDF) は, 地球温暖化防止やブラックスモークが少なく, 大気汚染を低減する意味からも環境に優しいエネルギーの一つとして注目を浴びている. 最近では, 市町村などでは日間生産量が 100L/サイクルクラスであるいわゆるコミュニティサイズの BDF 製造機が導入され, 環境教育の一環等にも広く利用されていると同時に, BDF 製造機を積極的に導入し, 軽油代替え燃料として利用している企業も存在する.

BDF の製造反応はエステル化反応である. 従って, 副生物としてグリセリン (以下では廃グリセリンという) が発生する. このグリセリンやエステル化触媒に利用するカリウム等が BDF 相にも残存するために, エンジンに負荷をかけない純度のよい BDF を得るには水洗による夾雑物除去工程を含む製造法が主流となっている.

この工程からの洗浄水には, 高濃度のエマルジョン化した BDF, カリウム石鹸およびグリセ

リン等の有機物が含まれている. BDF 製造機は, 現在のところ, 水質汚濁防止法における特定施設には該当しないので水質汚濁防止法による規制の対象にはならないが, 洗浄水の SS, COD および n-ヘキサン抽出物質濃度 (以下油分という) は, それぞれ排水基準値である 150mg/L, 150mg/L および 30mg/L を遙かに超えている. 通常, 排水はオイルトラップ等を経て放流されるが, 排水には数百 mg/L 程度の BDF が残存する. COD 成分等は, 現在のところは, 凝集沈殿等で処理されているが, 凝集剤の処理コストが BDF 製造コスト増加の原因の一つともなり, 安価で簡易な洗浄水処理方法の開発は BDF エネルギーの普及上も喫緊の課題の一つである.

ここでは, 前報で報告したコンソーシアム系の微生物を鹿沼土系の担体に固定し, 充填した反応器に BDF 洗浄水をバッチ式に供給し, 希釈用の溶液 (以下希釈水という) をこの連続反応槽に連続的に供給する連続分解法について検討したところ, 実験室的に BDF 濃度の低減に対して満足すべき結果が得られたので報告する.

## 方 法

### 1. 排水中の油分連続分解装置

連続分解装置の概要を図1に示した。この装置は、分解槽1室の容積が8Lで有効容積は6Lで、3連で18Lである。この容積は実用機のおおむね1/130-モデルに相当する。微生物コンソシアムは粒径5~10mm長さ20mm程度の鹿沼土に固定した。固定方法であるが、コンソシアム液に600gの乾燥した鹿沼土を1時間浸漬

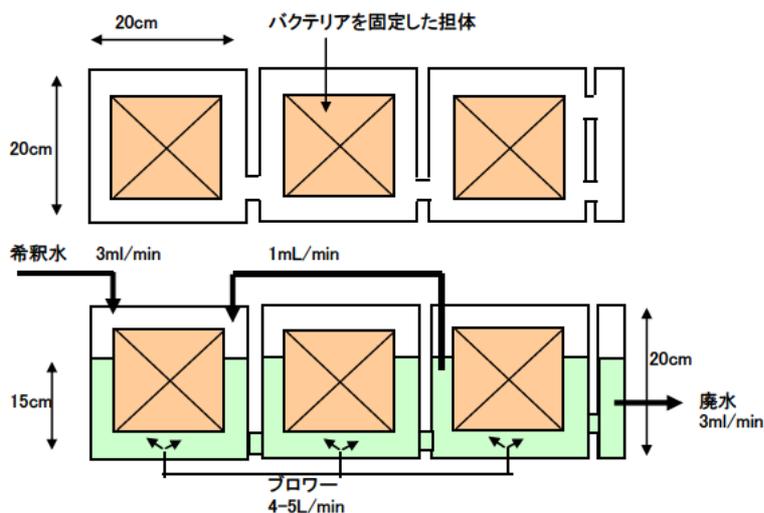


図1 連続分解槽の外観

し、鹿沼土の細孔部分にまで十分湿潤させた。ついで1/10に希釈したリパーゼ生産能確認培地（トリブチリンのみ欠損）中に鹿沼土を移動させ、3~4時間エアレーションした。各反応槽には、このようにして微生物を固定した鹿沼土1200gをネットに充填して1袋ずつ配置した。希釈水として原水槽から3mL/minで希釈水を添加した。各反応槽には下部から4~5L/minで通気し、最終反応槽からは一部を原槽に返液（1.0mL/min）し、残りを排水として系外に排出した。

表1 連続分解装置へのBDF添加量

添加日	開始からの積算時間(Hr)	添加量(mL)	積算添加量(mL)
10月 5日	0	20	20
10月 8日	72	20	40
10月10日	120	20	60
10月13日	192	20	80
10月16日	264	20	100
10月20日	360	40	140
10月23日	432	20	160
10月27日	528	40	200
10月30日	600		

### 2. 分析方法

排水のCOD等の分析にはJIS-K0102による酸性過マンガンカリウム法を利用した。なお、この試験では市販の製造機で製造されたBDFを油分として、3日毎に第1反応槽に20mL供給した(表1)。

### 結果と考察

この実験では、3種類の希釈水を利用した。

すなわち、Run#1系列は蒸留水(コントロール)、Run#2系列は $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCO}_3$ でpHを8.0付近に制御した蒸留水、Run#3はRun#2の処理に加えて、N源として安価な養豚場からの尿尿をBDFとともに100mLずつ3日毎に第一槽に添加したものである(なお、表2には利用したし尿の水質分析値を示した)。これらの系列のBDFの分解状況、水質について表3に示した。

この結果をみると、Run#1では、放流水の油分は濃度範囲が5.6~436mg/Lと大きく変動し、平均値で130mg/Lであった。これに対して、pHを制御Run#2では、41.3mg/Lであった。また、栄養をさらに供給しているRun#3では、23.9mg/Lであった。水質汚濁防止法の動植物油に関する規制値は30mg/Lであるから、Run#3の場合が排水基準をクリアーしたことになる。このように、微生物の活性の維持に必要な栄養を供給することの必要性は、前報の結果と一致する<sup>1)</sup>。

表2 豚の完熟し尿の水質分析値

項目	濃度	単位
pH	6.89	
EC	1890	$\mu\text{S/cm}$
COD	240	mg/L
BOD	31	mg/L
TN	250	mg/L
TP	40	mg/L

また、その他の項目を見ると、いずれの場合でも放流排水のpHはほぼ中性付近で問題がなかった。しかし、SSは油分濃度同様に、Run#1

表3 連続分解装置の排水水質

Run#1 *1	pH	COD	BOD	SS	n-Hex抽出物質 (mg/L)	油分量 (mg)	UV254
開始(oct/5)	7.1	16	-	-	0	0.0	0.199
2006/10/6	6.4	30	-	21	15	48.8	0.340
2006/10/6	6.5	33	-	10	6	8.2	0.284
2006/10/8	6.0	40	-	17	15	121.5	0.428
2006/10/10	6.1	66	42	98	81	751.4	0.901
2006/10/13	5.8	57	58	24	39	492.8	0.664
2006/10/16	5.2	60	-	12	29	377.5	0.721
2006/10/20	5.8	85	83	24	51	889.0	0.841
2006/10/23	6.0	122	113	57	148	2072.0	1.505
2006/10/27	5.9	164	59	72	249	4432.2	2.045
2006/10/30	6.2	153	71	340	436	6191.2	2.165
Run#2 *2	pH	COD	BOD	SS	n-Hex抽出物質 (mg/L)	油分量 (mg)	UV254
開始(oct/5)	7.7	32	-	-	0	0.0	0.279
2006/10/6	6.8	60	-	31	37	103.6	0.490
2006/10/6	6.9	33	-	9	9	11.3	0.423
2006/10/8	6.5	30	-	-	8	61.6	-
2006/10/10	6.6	50	63	32	25	211.6	0.434
2006/10/13	6.6	59	83	24	58	734.7	0.553
2006/10/16	7.0	71	-	33	49	585.6	0.592
2006/10/20	7.2	97	96	13	33	547.8	0.972
2006/10/23	7.1	135	100	17	48	609.8	1.676
2006/10/27	7.1	164	58	22	52	884.0	1.817
2006/10/30	7.0	148	115	60	95	1235.0	2.515
Run#3 *3	pH	COD	BOD	SS	n-Hex抽出物質 (mg/L)	油分量 (mg)	UV254
開始(oct/5)	7.5	23	-	-	0	0.0	0.237
2006/10/6	6.8	32	-	17	4	11.5	0.414
2006/10/6	7.0	29	-	11	3	4.5	0.375
2006/10/8	6.9	28	-	6	6	46.2	0.343
2006/10/10	6.7	50	35	45	34	323.0	0.692
2006/10/13	6.5	53	52	24	15	214.6	0.663
2006/10/16	7.1	59	-	18	11	140.8	0.480
2006/10/20	7.3	138	143	52	25	410.0	1.042
2006/10/23	7.9	105	43	16	22	316.1	0.898
2006/10/27	7.2	120	89	28	57	1071.6	1.054
2006/10/30	7.2	97	106	54	63	806.4	1.053

\*1: コントロール、\*2: pH制御、\*3: \*2+N源添加

> Run#2 > Run#3 の順に低下した。これらの値は、水質汚濁防止法の日間平均(200mg/L)よりは50%ほど低い値であった。次に、CODとBODであるが、いずれの場合でも基準値の160mg/Lとほぼ等しいか低いことがわかった。しかし、Run#3では、有機物を添加しているに

もかわらず、CODとBODはRun#1あるいはRun#2よりも低かった。

さらに、約1ヶ月の連続運転後に、鹿沼土の水を切って(i)連続分解装置内の担体の油分をn-ヘキサンで超音波抽出、(ii)連続分解装置内に残存する溶液をn-ヘキサンで全量抽出および

表4 BDF連続分解装置における各相の物質収支

	Run#1	Run#2	Run#3
開始BDF (g)	178.0	178.0	178.0
(i)連続分解装置に残存するBDF (g)	32.2	59.4	52.5
(ii)担体に残存するBDF (g)	15.0	8.2	10.3
(iii)全排水中のBDF (g)	15.4	5.0	3.3
残存BDF (g)	62.5	72.6	66.1
分解率 (%)	64.9	59.2	62.8
見かけの処理率 (%)	91.4	97.2	98.1

(iii)実験中の排水中に含まれた油分の積算値から求めた各場合のBDFに対する物質収支を表4に示した。この結果をみると、いずれの場合もBDFの連続分解率は60%前後であるが、pHのコントロールによって項目(iii)に大きな差異が発生していることがわかる。その結果、排水中に含まれるBDF(油分)濃度が低下したものと考えられる。排水以外の系に40%前後のエマルジョン化したBDFが残存する。しかし、一般の浄化槽でも最低年1回のスラリー除去をすることから、この分解の場合も1年1回のスラリー(BDFエマルジョン)除去の必要があると思われた。

なお、実用的には、放流水中のBDF濃度が低下すればよいわけで、このことは処理排水のBDFの分解率が高ければいいことに対応する。

この分解率を見かけのBDF分解率とすれば、Run#1-3についてそれぞれ、 $91 (= (178-15.3) \times 100 / 178)$ 、97 および 98%となる。

## まとめ

コンソーシアム系のバクテリアを固定した担体を用いて、高濃度BDFを含有する実験的排水の連続処理について検討した。その結果、

- 1) 連続処理でも、物質収支を計算すると排水中に含まれるBDFの50~60%が微生物によって分解されていることがわかった。
- 2) 連続分解装置内の溶液中、担体あるいは排水に残存するBDF分解の程度は、コントロール、pH制御およびpH制御+N源添加の実験系により異なった。
- 3) 特に、油分、CODおよびSSの観点からは、pH制御にN源を添加した系の結果が優れていた。
- 4) 3種類の処理条件のいずれも、見かけのBDF分解率は90%以上であった。

## 参考文献

- 1) 加藤 進ら：小規模バイオディーゼル燃料製造機から発生する洗浄排水中に含まれる高濃度油分の微生物処理について、環境技術，37[9] (2008) 印刷中。