

V B.D.F.の製造・品質・供給

1. B.D.F.の由来、原料及び特徴

1) ディーゼルエンジン用燃料の推移

B.D.F. (Bio Diesel Fuel=バイオディーゼル燃料) とは、菜種油等の植物系油、廃食用油や動物性油脂など生物由来の油脂を原料として製造されたディーゼルエンジン用燃料のことである。

ディーゼルエンジンは、R. ディーゼル (独) が19世紀末に落花生油を燃料として、圧縮熱で燃料に点火するエンジン (内燃機関) として発明したものである。しかし、落花生の生産は不安定であり、一方ではヨーロッパで油田が発見されて軽油等の鉱物油が安価に手に入るようになって、ディーゼルエンジン用燃料は化石燃料へと移行した。しかし、近年は地球温暖化対策として再び植物系油が注目されている。

2) B.D.F.化の理由

ディーゼルエンジン発明初期のように、一般的には植物油 (バージンオイルと言われる) を直接ディーゼルエンジンの燃料に使用する方法を S.V.O. (ストレートベジタブルオイル) と言うことが多い。

S.V.O.として使う植物油は、軽油と比較して動粘度が非常に高い (一桁違う) ので、これをそのまま燃料として使用すると、燃料噴射ポンプに析出物が付着してエンジンに不具合の発生が懸念される。そこで、植物油をメチルエステル交換反応で粘度の低い脂肪酸メチルエステル (Fatty Acid Methyl Ester=略称 FAME) に変換したものが B.D.F.である。

3) B.D.F.用原料の特性と留意事項

(1) 廃食用油の種類と特徴

B.D.F.の原料としては、融点の低い植物性油 (主として菜種油、ヒマワリ油及び大豆油) またはその廃食用油が望ましい。これらの中では、大豆油は酸化し易い点に留意する必要がある。

なお、国内の一般家庭で多く使用されているサラダ油は大豆油とナタネ油の混合であることが多く、品質等がほぼ均一である。

学校給食からの廃食用油が原料となることが多く、地域によっては米糠油を用いている。米糠油は酸化しにくいと言われているが、一方で遊離脂肪酸が多く、反応が阻害されやすいので、B.D.F.化には不向きであるとも言われる。学校給食からの廃食用油を原料に使用する場合は、触媒量等に留意する必要がある。

(2) B.D.F.原料の品質安定化の必要性と方法

B.D.F.原料の品質安定化が高品質 B.D.F.の製造にとって、大変重要であることは前のIV章でも述べた通りである。

動物性油脂の固まりやオリが見られるもの、かなり黒色化したもの、臭いのきついもの等は廃棄物とし使用を避けるのが良いが、原料基準が守られず分別できないこともある。これらが混じっているなどで止むを得ず使用する場合は、通常の廃食用油と混合して極力希釈することが望ましい。多くの事例では 1,000L タンクのように 1 ロットの貯留量を大きくして、希釈を含めて原料品質の安定化を図っている。同時に、タンク等の下部から比重の大きな物を抜き取れるようにしている。

更に、一事例では、廃食用油を 3 等級に分別した後、ブレンドして安定した品質の物を造って原料タンクに貯留するという方法を行っている。このような所では、大変高品質の B.D.F.が製造できていることは注目に値する。

また、廃食用油に水分が多いと、腐敗する可能性があるため、長期の保管は避けるべきである。短期の保管においても、直射日光の当たらない所に置かれた密閉可能な容器に入れて、酸化劣化及び腐敗を避けることが望ましい。

4) B.D.F.の特徴

B.D.F.の原材料は植物なので、大気中の二酸化炭素の量に対しては中立（カーボンニュートラル）である。また、廃食用油をリサイクルして作ることもでき、資源の有効な利用につながる。

また、B.D.F.は軽油に比較して次のような長所を有しているとされる。

①PM（浮遊粒子状物質）の排出を減らすことができる。これは、幾つかの事例において B.D.F.100%でエンジン始動時に全く黒煙が出ていないことで確認した。

②硫黄分を含まず二酸化硫黄等硫黄酸化物が排出されないため、排気ガスには刺激臭がない。これは、密閉されたビニールハウス内のトラクタ作業において目が痛くならないことでもよく知られる現象である。

なお、NO_x（窒素酸化物）の排出は増える場合もあるとされる。

2. B.D.F.製造方法

現在実用されている B.D.F.製造装置はアルカリ触媒式が多い。湿式と乾式があり、湿式が多く所で使われている。湿式の中でも比較的小規模装置で行えることからバッチ式（回分式）が多いが、流動式（連続式）のかなり大規模な装置も稼働している。また、乾式については、水による洗浄を行わないため排水をほとんど出さない（廃水処理装置が不要）という長所から、小規模装置で多く使用されている。更に、最近になって乾式で蒸留法という精製方式を取り入れた高品質の B.D.F.を確実に得られる製造方法が出現した。

ここでは、先ず、国内で用いられているバッチ式及び流動式の湿式アルカリ触媒法による B.D.F.製造方法について述べる。次に、乾式アルカリ触媒法について述べ、最後にアルカリ触媒法以外の B.D.F.製造方法についても述べることとする。

1) バッチ式・湿式アルカリ触媒法の事例

バッチの大きさとして多く用いられているのは 200L と 100L である。

湿式アルカリ触媒法は、油脂にメタノールと触媒 (KOH 等) を加えてエステル交換反応を起こし、油脂を脂肪酸メチルエステルとグリセリンに分離して、沈殿法によりグリセリンを除去し、更に粗脂肪酸メチルエステルを水洗処理して触媒を除去し、また、メタノールを除去する。更に、減圧加温の方法によりメタノールをほぼ完全に除去することが望ましい。

(1) 200L 型遠心分離機なし

①製造工程

バッチ式で水洗浄を 2 回行うアルカリ触媒法の B.D.F.製造装置 (国内では大きい方の 200L 型) で、遠心分離機なしの場合の製造工程の一例を写真 92~97 に示す。

この場合の B.D.F.製造工程は、およそ次の通りである。

[B.D.F.製造工程の例]

1 日目 : 廃食用油 200L + 水酸化カリウム 3.2kg、メタノール 40L

90 分加熱攪拌

2 日目 : 静置沈殿 20 時間 → 副産物グリセリン 50L

水洗浄 1 回目 → 副産物アルカリ水 40L

水洗浄 2 回目 → 副産物アルカリ水 40L

水洗浄所用時間 計 2 時間

静置沈殿 20 時間 → 脱水 → B.D.F.180L

(廃食用油の約 90% が B.D.F.になる)

②品質分析例

平成 20 年と 21 年の 2 回の B.D.F.品質分析結果は表 8 の通りであった。水分で「協議会規格」を超えることがあったが、それ以外は良い結果が得られている。

この施設では遠心分離機の導入を計画している。これは、製品から比重の大きい水等を除去して品質の向上を図るためと推察される。



写真 92 B.D.F.製造フロー（原料タンクで水分や細かいゴミを沈殿分離→上澄み 200L を反応槽へ→触媒・メタノール加熱攪拌→グリセリン分離→2回洗浄→脱水）



写真 93 手前：廃食用油タンク、奥右側：原料タンク、奥中央：B.D.F.製造装置、奥左側：製品タンク（バッチ式・湿式アルカリ触媒法 200L 型遠心分離機なし）



写真 94 左手前：廃食用油タンク、中央手前：濾過器、中央奥：攪拌機、奥右側：原料タンク、最奥左側：B.D.F.製造装置



写真 95 （右側から）廃食用油タンク、濾過器、原料タンク、 B.D.F.製造装置（操作パネル）



写真 96 B.D.F.製造装置
（200L 型湿式アルカリ触媒法）



写真 97 右側：第1分離槽と廃液口（グリセリン用ポリタンク）、中央：洗浄水と第2分離槽（アルカリ水用ポリタンク、左側：完成油槽

表8 200L型遠心分離機なしで製造されたB.D.F.の品質分析例

分析項目		(1)	(2)	協議会規格
密度 15℃	g/ml	0.884	0.885	0.86-0.90
動粘度 40℃	mm ² /s	4.47	4.492	3.5-5.0
流動点	℃	-7.5	-7.5	—
目詰まり点	℃	-7	-9	—
10%残油残留炭素分	質量%	0.31	0.30	0.30以下
セタン指数	—	61.9	61.7	51以上
水分	ppm	486	822	500以下
引火点 (COC)	℃	188	184	120以上
硫黄分	ppm	5未満	3未満	10以下
酸価	mgKOH/g	0.17	0.20	0.5以下
モノグリセド量	質量%	0.46	0.12(0.48)	0.80以下
ジグリセド量	質量%	0.18	0.03(0.19)	0.20以下
トリグリセド量	質量%	0.03	0.00(0.04)	0.20以下
遊離グリセリン	質量%	0.00	0.00	0.02以下
全グリセリン	質量%	0.15	0.15	0.25以下
メタノール	質量%	0.01未満	0.01未満	0.20以下
アルカリ金属類 Na	mg/kg	<1	<1	合わせて
アルカリ金属類 K	mg/kg	2.4	2.7	5以下
ヨウ素価	—	115	113	120以下

備考) (1) : 平成 21 年 2 月。(2) : 平成 20 年 9 月。

注) 網掛けされた分析項目 : 「協議会モニタリング規格」。

(2) 100L型前処理装置(遠心分離機)使用

①製造工程

100Lのバッチ式で水洗浄を3回行うアルカリ触媒方式で、遠心分離機を前処理装置としているB.D.F.製造工程の事例を写真98~101に示す。

この場合のB.D.F.製造方法は、およそ次の通りである。

ア 濾過

回収した廃食用油は、10日間位貯留して沈殿分離後、ざるこしをして、更に布こしを行ってからドラム缶に貯える。

イ 遠心分離機処理

これを、前処理装置として設置した遠心分離機にかける(100L×3hr×2~3回処理する)。これを原料タンクに貯える。

遠心分離機をこのように使うと、写真102、103に見られるように、遠心分



写真 98 回収した廃食用油の網こし (廃食用油タンク内沈殿 10 日位→ざるこし→次の布こし)



写真 99 濾過布こし→ドラム缶 (100L 型湿式アルカリ触媒法前処理装置—遠心分離機—使用)



写真 100 手前: 前処理装置=遠心分離機、奥: 原料タンク



写真 101 反応器 (メタノール 18L に KOH1.6kg を入れて 100L→65°C ヒーター加温しつつ 1.5hr 攪拌)



写真 102 遠心分離機中心部品 (中央から吸い込んで 180° 方向一対配置のノズルから吐出される)



写真 103 分解清掃中の遠心分離機部品 (100L 型湿式アルカリ触媒法前処理装置—遠心分離機—使用)

離用部品内部に比重の大きい油汚れと水が付着する。その結果、遠心分離機を前処理用に使用すると、エステル交換反応が促進される。

なお、交換部品を用意して置いて、汚れを掃除する間も遠心分離機を作動できるようにする。また、遠心分離機の使用に当たっては、こまめで十分な清掃管理—3回計 300Lにつき1回の分解掃除—が必要である。

ウ 攪拌混合タンク工程

原料タンクから原料 100L を入れ、これにメタノール 18L と KOH1.6kg を加えて、65℃ヒーター加温しつつ 1.5hr 攪拌する。

エ 反応器下部タンク工程

1次タンク上澄み液→グリセリン抜き（メタノール・KOH 込み）→洗淨水を加えて攪拌混合→2次タンク上澄み液→洗淨水抜き（0.5hr×3回）→廃液（KOH・メタノール含有白濁水）→攪拌混合へ戻して 80℃ヒーター加温・減圧→100℃は上がりメタノールが蒸気となって蒸発（冷却して回収）→製品タンクへ。

②品質分析例

遠心分離機を使用した場合と使用しない場合について調査された成分分析の例を表9に示す。その結果は、およそ次の通りである。なお、表中に分離機不使用・使用とあるのは、遠心分離機の効果を見るために、前処理に遠心分離機を使用しなかった場合と使用した場合について成分分析したことを表す。

ア 遠心分離機の前処理使用及び水洗い3回処理、並びに、減圧加温処理により大抵は品質の良い B.D.F. が得られており、「協議会規格」には概ね適合している。しかし、水分値で規格を上回ったことがある。

イ 残留炭素、酸化安定性及びセタン価において「協議会規格」に不適合となっていた。また、脂肪酸メチルエステル量がやや不足していた。

ウ K が異常に高く出たことがあった。

エ 遠心分離機の使用による製品品質の向上効果は明らかでなかった。（遠心分離機を B.D.F. 製造における前処理装置として使用しているため、脂肪酸メチルエステルが若干増加していることから、反応効率の向上には役立っても製品品質には明らかな効果が出なかったものと考えられる。）

表9 100L型前処理装置使用式により製造されたB.D.F.の品質分析例

No.	分析項目	単位	協議会規格	分離機		
				不使用	使用	使用
				酸化防止剤		
				なし	なし	あり
3	動粘度 (40℃)	mm ² /s	3.5~5.0	4.450	4.446	4.442
5	水分	ppm	500以下	340	520	300
7	10%残留炭素	%	0.30以下	0.38	0.77	0.41
8	酸化安定性(110℃)	hr	6.0以上	1.0	0.8	1.9
17	セタン価	—	51以上	53.0	49.9	49.0
20	アルカリ金属 Na	mg/kg	合わせて	<2	<2	<2
21	アルカリ金属 K	mg/kg	5以下	<2	11	<2
25	夾雑物	ppm	24以下	2	17	3
30	ヨウ素価	gl/100g	120以下	113	117	118
31	メタノール	wt%	0.20以下	<0.02	<0.02	<0.02
32	モノグリセド	wt%	0.80以下	0.48	0.46	0.44
33	ジグリセド	wt%	0.20以下	0.20	0.20	0.18
34	トリグリセド	wt%	0.20以下	<0.05	<0.05	<0.05
35	遊離グリセリン	wt%	0.02以下	<0.005	<0.005	<0.005
36	全グリセリン	wt%	0.25以下	0.15	0.15	0.14
37	(脂肪酸メチル) エステル (総) 量	(Σ%)	96.5以上	92.3	94.4	94.6

(平成21年2月23日、39項目より抜粋)

注) 網掛けされた分析項目: 「協議会モニタリング規格」。

(3) 100L 型前・後処理装置（遠心分離機 2 台）使用

100L バッチ式・湿式アルカリ触媒法で遠心分離機を前及び後処理装置として使用する B.D.F.製造方法である。

①比較的小規模実施の事例

山間地に事務所兼 B.D.F.製造施設を置いて、会員制で比較的小規模に施設の運営・管理を行っている事例である。

製造工程としては、これまでと同様の 100L 型湿式アルカリ触媒法 B.D.F.製造装置を中心としたものであるが、この装置に原料を投入する前の処理用と、製造後の処理用に遠心分離機を各 1 台（計 2 台）使用する（写真 104、105、106 参照）。

製品の品質については、成分分析結果を入手できていないが、従来「協議会規格」をクリアしてきたと言われ、また、会員はもとより多くの関係者から高評価・信頼を得ている。例えば、東北地方の市の公用車（コモンレール式）2 台に B.D.F.100%で使用されて 5 年目になるが、冬場の利用も含めて年中使用で全く問題が発生していない。

②中規模実施の事例

前記の事例と全く同じ製造方法（写真 107, 108, 109 参照）であるが、廃食用油 100L に対しやや少なめの KOH1.3kg を加えること、及び、水洗い工程が 1 回であることが異なる点である。

製造された B.D.F.の品質については、B.D.F.100%使用のダンプトラック 1 台とマイクロバス 1 台に燃料噴射ポンプの不具合が発生したため、それまで未実施であった成分分析を行った。その結果、①水分が出ている、②カリが出ている、③トリグリセリン、ジグリセリン、遊離グリセリンも劣る、④残留炭素、脂肪酸メチルエステルも少し劣る、⑤酸化安定性（110℃）6 hr より少し下回る、ことが分かった。

そこで改善策として、①に対しては脱水時間を長くする（0.5h を 1.0h にする）、②に対しては水洗い回数を増やす（1 回を 2 回にする）、③④に対しては触媒量を増やして反応を速める（反応工程を 2 回にするというのは無理と判断した）、ことが実施された。こうした対策を実施して製造した B.D.F.について成分分析を行った結果、脂肪酸メチルエステル、モノグリセリド、ジグリセリド、トリグリセリド、全グリセリンの項目において改善された。エステル交換反応が改善された結果と言い得る。今後、成分分析と改良を繰り返して十分な結果を確実に出せる製造技術を確立するとしている。



写真 104 遠心分離機 (100L 型湿式アルカリ触媒法前・後処理装置—遠心分離機 2 台—使用の事例 1)



写真 105 B.D.F.製造装置 (100L 型湿式アルカリ触媒法前・後処理装置—遠心分離機 2 台—使用の事例 1)



写真 106 洗浄後の排水中
(100L 型湿式アルカリ触媒法前・後処理装置—遠心分離機 2 台—使用の事例 1)



写真 107 右手前：廃食用油投入槽 (網濾過)、奥中央：遠心分離機 (前処理用)、中央左：攪拌機、左奥：反応器 (事例 2)



写真 108 攪拌装置 (KOH・メタノール)
(事例 2)



写真 109 製品タンク (この奥に後処理用遠心分離機と B.D.F.製造装置) (事例 2)

2) 流動式・湿式アルカリ触媒法の事例

湿式の中でも流動式でかなり大規模な B.D.F.製造装置が稼働している。この施設の 1 日当たり最大製造量は 3,600L で、5 年計画の最終目標は 936kL/年である。その B.D.F.製造工程はおよそ写真 110～118 の通りである。まず、大型タンクローリーで、運び込まれた廃食用油を受け入れ槽（写 111）に貯める。次に、これを静置槽（写真 112）に移して沈殿処理後、原料タンク（写真 112）に貯える。アルカリ触媒として大量のメタノールと苛性カリを使用する（写真 113）。

この後の製造工程の主な特徴と製品品質は以下の通りである。

(1) 製造工程の特徴

① 2 回式エステル交換反応工程

反応槽でエステル交換反応を行わせる。1 次反応槽（写真 114）と 2 次反応槽があり、2 回反応を行っている。数か所のラインミキサーを利用して、廃食用油とアルコール触媒を繰り返し混合している。

② 2 回式グリセリン除去工程

1 次反応槽からセパレータ（一次分離槽、写真 114）を通過して 2 次反応槽へ、そこからもう一つのセパレータ（二次分離槽、写真 115）へ送られる。それら二つのセパレータからグリセリン混濁液が抜かれ貯留槽へ移され、グリセリンと水が沈殿分離される。

③ メタノール除去工程

2 次分離槽を出た B.D.F.原液が温水と混合されて複槽式洗浄槽（写真 115）へ流入し、沈殿分離の方法によりその洗浄槽の下部より排水しつつ、B.D.F.粗液が減圧処理槽を通る間に、B.D.F.中のメタノールが減圧・加温でほぼ完全に除去される。なお、洗浄水（排水）から温水（68℃）のためにメタノールが回収される。

④ 水分除去工程

水分はグリセリン除去工程でも除去されるが、水分除去自体はメタノール除去工程での減圧・昇温処理で十分に行われる（300ppm 以下になる）。

⑤ フィルター濾過システム

数個の貯留タンクの間には 10 ミクロンのフィルターが設置されており、かなり厳しい濾過体系が採られている。

⑥ 精製工程

最終段階で遠心分離機（写真 116 及び写真 117）または、1 ミクロンフィルター（写真 118）で精製する。

(2) 品質分析例

2009 年に 6 回行われた品質分析の結果は、表 10 の通りであった。その結果、FAME 量が極僅かに満足しないことがあったが、B.D.F.の品質は大変安定していて良好とすることができる。

表 10 流動式・湿式アルカリ触媒式により製造された B.D.F.の分析例 (FAME wt% 6 回の平均値 : 96.52%)

分析項目	1/20 屋内 FiLter 後	1/21 屋内 FiLter 後	1/27 屋内 FiLter 後	1/29 屋内 FiLter 後	2/12 屋内 FiLter 後	2/27 屋内 FiLter 後	協議会 規格
FAME 量 wt%	96.6	96.3	96.5	96.7	96.2	96.8	96.5 以上
遊離グリセリン wt%	0.003	0.005	0.004	0.003	0.008	0.01	0.02 以下
モノグリセリド wt%	0.59	0.62	0.60	0.57	0.61	0.55	0.8 以下
ジグリセリド wt%	0.098	0.13	0.11	0.11	0.09	0.07	0.2 以下
トリグリセリド wt	0.01	N. D.	N. D.	N. D.	0.01	0.02	0.2 以下
全グリセリン wt%	0.17	0.18	0.17	0.16	0.18	0.16	0.25 以下
酸価 mgKOH/g	0.09	0.10	0.11	0.10	0.02	0.08	0.5 以下
水分 ppm	333	398	262	218	295	227	500 以下
メタノール wt%	0.1 以下	0.1 以下	0.1 以下	0.1 以下	0.1 以下	0.1 以下	0.2 以下

(2009年3月9日木村化工機株式会社発行文書 より抜粋)

注) 網掛けされた分析項目 : 「協議会モニタリング規格」。



写真 110 B.D.F.製造装置全景
(流動式・湿式アルカリ触媒法)



写真 111 廃食用油受け入れ槽



写真 112 静置槽 (左) と廃食用油 (原料)
タンク (右)



写真 113 メタノールタンクと苛性カリ袋



写真 114 (奥) 一次反応槽、(手前) 第1セパレータ、(周辺にラインミキサーが見える)
(流動式・湿式アルカリ触媒法 B.D.F.製造装置)



写真 115 第2セパレータ(グリセリン分離槽)と洗浄槽(ラインミキサーによる温水混合後、複槽式、下部より排水、周辺にラインミキサーが見える)



写真 116 B.D.F.製造最終工程(左奥:遠心分離機、その下:製品タンク)



写真 117 使用しなくなった遠心分離機(分解状態、アルファラバル社製)



写真 118 遠心分離機に代わって使用される1ミクロンフィルター

3) 乾式アルカリ触媒法による B.D.F.製造方法

乾式アルカリ触媒法はエステル交換反応を起こした後、分離したグリセリンを沈殿させて貯留槽の下部から抜き取る場所までは湿式と同じである。湿式と異なるのは、乾式の場合は以後の精製工程において水洗い以外の方法で触媒（多くの場合 KOH）及びメタノールの除去を行う点である。

(1) 化学的処理式精製法の事例

化学的処理方法により精製する事例を調査した。

①製造工程

100L バッチ式による製造工程の一例は図 23 に示す通りで、その工程と装置は写真 119～124 に見られる通りである。

この製造方法の主な特徴は、図 23 の中に示されている、反応タンクの中で行われる化学処理である。この化学処理は、廃食用油 115L にメタノール 20.7L、苛性カリ 880 g × 2 を混合・溶解してエステル交換反応後に、希硫酸 86mL を加えて中和処理する。

②品質分析例

品質分析の一例が表 11 のように得られている。その結果は、およそ次の通りである。

乾式アルカリ触媒法で行われるので、水分は「協議会規格」を十分下回っているが、メタノールとジグリセライド及び遊離グリセリンが僅かに「協議会規格」を上回って、酸化安定性も小さく、酸価も「協議会規格」を上回っており、中和処理の難しさが現れている。特に、金属 K が異常に大きく出ている。

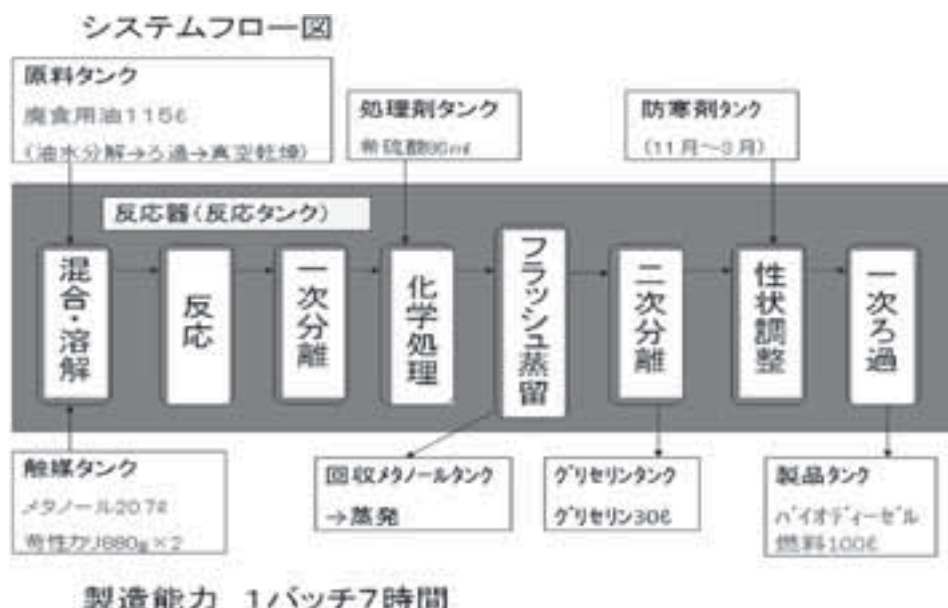


図 23 乾式アルカリ触媒法による B.D.F.製造工程モデル



写真 119 (右から) 原料タンク、運転管理
パネル、反応タンク、コンデンサー、
製品タンク (奥にグリセリンタンク)
(乾式アルカリ触媒法・化学的処理式精製法)



写真 120 (右から) 触媒溶解タンク、フ
ラッシュ蒸留タンク、反応タンク (←
原料タンク・触媒溶解タンク)、運転
管理パネル、原料タンク



写真 121 グリセリンタンク (←反応タンクに
おける二次分離後)、(奥に) コンデンサ
ーと反応タンク



写真 122 廃メタノールタンク (←フラッ
シュ蒸留タンクより)、廃水タンク
(冷却水分離後)



写真 123 (左から) 運転管理パネル、反応タン
ク、コンデンサー、触媒溶解タンク、
冷却水循環タンク



写真 124 下：反応タンク、上左：防寒剤
タンク (11月～3月)、上右：処
理剤 (希硫酸タンク)

表 11 100L 型乾式アルカリ触媒法により製造された B.D.F.の品質分析例

分析項目	単位	分析結果	協議会規格
密度 (15℃)	g/cm ³	0.8848	0.860 以上 0.900 以下
動粘度 (40℃)	mm ² /s	4.583	3.50 以上 5.00 以下
引火点	℃	101	120 以上
硫黄分	質量分率 %	0.0009	0.0010 以下
10%残油の残留炭素分	質量分率 %	0.55	0.3 以下
セタン価		51.2	51.0 以上
硫酸灰分	質量分率 %	0.007	0.02 以下
水分	mg/kg	222	500 以下
固形不純物	mg/kg	23	24 以下
銅板腐食 (50℃、3 h)		1	1 以下
酸化安定性	110℃	1.9h	6h 以上
酸価	mgKOH/g	0.64	0.50 以下
ヨウ素価		114.9	120 以下
リノレン酸メチル	質量分率 %	6.6	12.0 以下
メタノール	質量分率 %	0.26	0.20 以下
モノグリセライド	質量分率 %	0.58	0.80 以下
ジグリセライド	質量分率 %	0.23	0.20 以下
トリグリセライド	質量分率 %	0.13	0.20 以下
遊離グリセリン	質量分率 %	0.04	0.02 以下
全グリセリン	質量分率 %	0.23	0.25 以下
金属 (Na+K)	mg/kg	Na1mg 未満、K41.1mg	5.0 以下
金属 (Ca+Mg)	mg/kg	Ca・Mg 1mg 未満	5.0 以下
りん	mg/kg	1	10.0 以下

(平成 21 年 3 月 30 日)

注) 網掛けされた分析項目 : 「協議会モニタリング規格」

(2) 吸着剤式精製法の事例

吸着剤と中和処理により精製する事例を調査した。

①製造及び精製方法

50L バッチ式による製造工程とその管理方法を図 24 に示す。また、その製造装置を写真 125 に示す。製造能力は、製品 40L/6hr (グリセリン等不純物を入れると 50L) である。

製造工程 (図 24) には、「前処理」、「反応行程」、「分離工程」、「不純物除去工程」、「中和工程」及び「濾過工程」がある。これらの内、「反応工程」及び「分離工程」はこれまでの湿式アルカリ触媒法の場合と同様である。

この製造方法の特徴は、「前処理」と「不純物除去工程」及び「中和工程」で

<BDF精製法>

MAXミニ・メチルエステル法（苛性カリ使用）

前処理：廃食油50L投入後、前回分の粗グリセリンを同時に8L以上投入

- 1 温度65℃ 時間1時間設定後スタート
- 2 静置30分後分離状態を確認しグリセリン取り出す
※ 油の状態によりグリセリンが少なく出る時があります。
※ 次の反応工程でその分は分離されるので大丈夫です。
- 3 酸化度のチェック（AVチェッカー使用）触媒量の決定 酸化度に合わせ増減
酸化値：1の時500g 2の時600g 0.5の時400g

反応工程：（メタノール10Lに触媒（苛性カリ）を0.4~0.7kg溶かす）A液

- 1 温度70℃ 時間1時間設定後スタート 攪拌スピードはLOW
- 2 A（アルカリメタノール）溶液を投入 投入後、攪拌スピードをHIGH
※ 劇物なので皮膚等にかからない様ゴム手袋及び服装に注意
- 3 攪拌開始後、メタノールレバーを循環へ 水循環ポンプスタート

分離工程：静置状態で40分以上 グリセリン取出5分（下層部分目視確認）

不純物除去工程：吸着剤（活性炭300g・白土700g）フィルターに充填

- 1 温度100℃ 除去時間90分以上、（並行してメタノール回収）
- 2 メタノールレバーを回収へ、メタノールの臭いがする場合はさらに20分程
- 3 ポンプ・フィルターより燃料を取り出しタンクへ移す

中和工程：リトマス紙を使いPH測定

- 1 PHに合わせて中和剤を添加する。（25~80g）
- 2 酸化防止剤 規定量（50~80g）投入攪拌2分

ろ過工程：BDF温度が常温、1μフィルターで30分濾過

図24 50Lバッチ式吸着剤法によるB.D.F.製造・精製方法の例

ある。「前処理」では、廃食用油に前回分の粗グリセリンを投入して、加温後に静置沈殿させてグリセリンを取り除く。この製造方法の主な特徴である「不純物除去工程」は、写真 126 に見られるような活性白土と炭（7：3の重量割合）を吸着剤フィルターに充填して、100℃・90分以上かけて不純物を除去すると同時に、メタノールを回収（蒸発・冷却）することである。

「中和工程」は、リトマス紙による pH 測定値に合わせて中和剤を添加する方法である。この後、更に1ミクロンフィルターで濾過する（「濾過工程」）。

②品質分析例

大学により簡単な品質分析が行われた結果は、表 12 の通りであった。これによると、品質は次の通りであった。

FAME含有量、残留メタノール及び酸価の測定された3つの項目全てで不適格である。かなり酸性化されており、中和の結果も劣る。

吸着剤濾過後中和処理の方法では、品質的に難しい。

表 12 50L 型吸着剤式精製法により製造された
B.D.F.の品質分析例

分析項目	結果	協議会規格	分析方法
pH	4	—	pH 試験紙
FAME 含有量 (ステアリン酸メチル換算)	91.1	96.5 質量% 以上	高速液体クロ マトグラフ法
メタノール	0.36	0.20 質量% 以下	ガスクロマト グラフ法
酸価	1.81	0.50mgKOH/g 以下	滴定法

FAME含有量・メタノール・酸価の測定項目全てで「協議会規格」に不適合であった。（平成 21 年 7 月 14 日）



写真 125 B.D.F.製造装置
(50L 型乾式アルカリ触媒
法・吸着剤式精製法による
B.D.F.製造・精製装置)



写真 126 右：活性白土
左：炭

(3) イオン交換樹脂フィルターを用いる精製法の事例

“バイオディーゼーカー”に搭載された乾式アルカリ触媒法による B.D.F.製造装置（写真 127）では、イオン交換樹脂製フィルター（写真左側面の細長い円筒）により精製が行われる。装置の特徴を上げると、およそ次の通りである。

廃食用油を網で濾して原料タンクに貯留し、反応器で KOH 及びメタノールと反応させた後、沈下したグリセリンを反応器から抜き取って、その上澄み液を減圧蒸留法によってメタノールを蒸発・除去し（メタノールは液化して再生する）、遠心分離機に入れて精製後、イオン交換樹脂製フィルターに通して水酸化カリウムと残留グリセリンを取り除く。

なお、グリセリン液は写真 128 に見られるようなポリタンク（2 個）に空気を送る方法で、土壌微生物により完全に分解している。

高温の砂漠地帯から極寒冷地帯に至るまで、地球をほぼ一周してエンジントラブルを起こしたことがないという実績を持つ。

(4) 蒸留精製法の事例

①製造装置

B.D.F.製造装置を写真 129 及び 130 に示す。写真 130 に見られる通り、反応・製造・精製装置が一体になっており、コンパクトである。その運転操作は、ボタン一つで行える。また、精製後の B.D.F.の状態が写真 131 及び 132 に見られるように、ほとんど無色透明に近いものになっている。

②製造方法

- ア 製造工程：廃食用油→エステル交換反応→グリセリン分離→精製→バイオディーゼル燃料
- イ アルカリ触媒としては、KOH より安価な NaOH を用いる。
- ウ 精製は減圧蒸留法で行い、低い温度帯域でメタノールを蒸発させ、液化して再生する。
- エ 高い温度帯で脂肪酸メチルエステルを取り出して、液化する。
- オ 油分、グリセリン類等の不純物（余分なもの）は取り出さずに排出する。NaOH を使用するとグリセリン類が固まるので、液化等の別工程で燃料化等を行って有効利用する。
- カ 水を使わない精製方法なので、油分やグリセリンを含む廃水処理がない。

装置の実際の運転状況を上げると、次の通りであった。

薬液供給バルブを開ける—廃食用油供給バルブを開ける—リークバルブ：200L の場合は 5hr 前後でリークバルブを開けてグリセリンを反応タンクの下から抜く→反応タンクに減圧・加温を行って蒸留を 6hr 位行う＝合計 11～12hr（8時に始めて出来上がり 6～7時）。装置のパネルが指示を出す、米油とか色んな廃食用油による違いが生ずるので応



写真 127 車載型乾式アルカリ触媒法 B.D.F.製造装置 (バイオディーゼルカー内)



写真 128 グリセリン液の土壌微生物消化装置 (バイオディーゼルカー内)



写真 129 200L 型乾式蒸留法 B.D.F. 製造装置



写真 130 装置下部の三つの排出口 (グリセリン、メタノール、B.D.F.)



写真 131 製品 B.D.F.の排出 (無色無臭で高品質)



写真 132 蒸留法 B.D.F.の品質 (中央：湿式法、右端：蒸留法)

用技術は必要になる（担当者が操作している）。

②品質分析例

蒸留法により製造された B.D.F.の成分分析の結果が表 13 である。

これによると、全 25 項目において蒸留法は極めて高い品質のものを得ており、残留炭素においても目標とする 1 都 3 県ディーゼル燃料条例（10% 残油の残留炭素 0.1% 以下）を達成している。

4) アルカリ触媒法によらない B.D.F.製造技術

(1) STING 法 B.D.F.製造装置

中央農業総合研究センターバイオマス資源循環研究チームが、グリセリンを生成せずに廃食用油を燃料化するために開発した技術である。この技術は、超臨界メタノール中でメチルエステル化反応と熱分解反応を同時に行う方法である。⁸⁾

STING 法による B.D.F.製造装置は、2 社が市販化している。この内、一つの市役所への導入例を示す。

①B.D.F.製造方法

廃食用油・メタノール混合→ダイアフラムポンプ・プランジャーポンプで圧入→350℃ 高压管→450℃ 20MPa 反応管（二つの高温高压管で計 5 分必要）→（導入例では常圧蒸留タンク）→メタノールを回収して戻す、1 ミクロンフィルターで B.D.F.を取り出す→熱回収して 350℃ 管加熱用とする。（写真 133～138 参照）

②処理能力及びランニングコスト

1 時間当たり廃食用油 8 L にメタノール 4 L を混合して、流動式処理方式で毎時 8 L の B.D.F.を製造する。ランニングコスト（社内実績）は約 54 円 /L である。

③効用等

動物油・魚油等ほとんど全ての油を精製でき、グリセリンや廃水を排出せずに済むが、FAME 量が低くなる（50% 弱、エンジントラブルの原因になるという燃料品質については劣っている訳ではない）。これは、高温高压処理により様々な反応が同時に進行しており、燃料成分が 300 以上となっているためである。⁸⁾

(2) 過熱メタノール蒸気法による B.D.F.製造方法

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所が中心となって「アルカ

表 13 200L 型蒸留法乾式製造装置によるバイオディーゼル燃料の品質分析結果

分析項目	単位	協議会規格	EU 規格	USA 規格	2008.12.9	2010.6.1
			EN14214	ASTM D6751	サンプル	サンプル
脂肪酸メチルエステル	質量%	96.5 以上	96.5 以上	---	99.4	99.9
密度	g/cm ³	0.86-0.90	0.86-0.90	---	0.8816	0.8812
動粘度	mm ² /s	<u>3.5-5.0</u>	3.5-5.0	1.9-6.0	4.418	4.209
流動点	°C	-30+5※	---	---	0	-7.5
目詰点	°C	-19-1※	-20+5	---	-1	-7
引火点	°C	120 以上	101 以上	130 以上	176.0	166.0
硫黄分	ppm	10 以下	10 以下	500 以下	3.0	3.0 未満
10%残留炭素	質量%	0.30 以下	0.30 以下	0.30 以下	0.03	0.09
セタン価		51 以上	51 以上	47 以上	52.9	54.1
硫酸灰分	質量%	0.02 以下			0.001 未満	0.001
水分	mg/kg	<u>500 以下</u>	500 以下	500 以下	153	160
固形不純物	mg/kg	24 以下	24 以下		1 以下	7.4
銅板腐食	(50°C,3h)	1 以下			1	1
酸価	mgKOH/g	0.5 以下	0.5 以下	0.5 以下	0.08	0.06
酸化安定度	110°C (6hr 以上) ※					
ヨウ素価		120 以下	120 以下	---	109.9	109
リノレン酸メチルエステル	質量%	12.0 以下	12.0 以下	---	8.0	7.0
メタノール	質量%	<u>0.20 以下</u>	0.2 以下	0.2 以下	0.00	0.01
モノグリセライド	質量%	0.80 以下	0.8 以下	---	0.01	0.01 未満
ジグリセライド	質量%	0.20 以下	0.2 以下	---	0.00	0.01 未満
トリグリセライド	質量%	<u>0.20 以下</u>	0.2 以下	---	0.00	0.01 未満
遊離グリセリン	質量%	<u>0.02 以下</u>	0.02 以下	0.02 以下	0.02	0.01
全グリセリン	質量%	0.25 以下	0.25 以下	0.24 以下	0.04	0.02
アルカリ金属類 (Na+K)	質量%	5 以下	5 以下	---	2	1 未満
リン	mg/kg	10 以下	10 以下	10 以下	1 未満	1 未満

備考) 2008.12.9 サンプル：(社) 日本油料検定協会分析技術センター。

2010.6.1 サンプル：大阪理化学分析センター。

※：流動点及び目詰点は軽油規格 JIS K2204 に準拠したものであるが、気候による。

酸化安定度は長期保管（1ヶ月以上）を行う場合の推奨値である。

注) 表中アンダーラインは、「協議会モニタリング規格」である。



写真 133 STING 法 B.D.F.製造装置
(廃食用油タンク等)



写真 134 STING 法 B.D.F.製造装置
(廃食用油・メタノール混合→ダイアフラム・プランジャーポンプによる圧送)



写真 135 STING 法 B.D.F.製造装置
(350°C及び 450°C・20MPa 運転操作
パネルと反応管)



写真 136 STING 法 B.D.F.製造装置
(同左)



写真 137 常圧蒸留タンクによるメタノール回収と1ミクロンフィルターによるB.D.F.取り出し器



写真 138 各グリセリド類のピーク位置に明確なピークが現れておらず、ほぼ完全に変換されている。動粘度も協議会規格以内。

リ触媒を用いない常圧アルコリス反応装置の開発」を行った。

この製造方法には、次のような技術の内容と特徴があると報告されている。

9)

常圧の条件下で過熱メタノール蒸気を反応槽に吹き込むことにより、気泡と油脂との界面でのエステル交換反応（FAME の生成）を促進させる。生成した FAME は未反応のメタノール蒸気とともに反応槽から流出し、コンデンサーによりメタノールと分離され、製品タンクに回収される。製品タンクでは比重差によりグリセリンが相分離し、FAME を主成分とする製品が得られる。

しかし、実地調査を行い得なかった。

3. B.D.F.の製造方法と品質・成分分析項目についての検討

前項において、種々の B.D.F.製造方法と、製造された B.D.F.の成分分析結果（ない場合もあるが）についての現地調査の結果を述べた。ここでは、現地調査結果をまとめて、B.D.F.の製造方法と品質・成分分析項目等について検討する。

1) アルカリ触媒法による B.D.F.製造方法についての検討

(1) 湿式アルカリ触媒法

①原料品質安定化の方策

回収された廃食用油を B.D.F.製造の原料とするに当たって、原料の品質が製造された B.D.F.の品質に及ぼす影響については明らかにならなかったが、原料の品質により分別しブレンドすることによって安定して高品質の B.D.F.が製造されるという事例が見られた。

大抵は1ロットの量（多くの場合に 1,000L タンクを使用）を大きくして原料の均一化・安定化を図っているが、国内で多く使用されているバッチ式・湿式アルカリ触媒法による B.D.F.製造装置を開発した実績のある現地においても、成分分析の1項目（水分）が「協議会規格」を満たさないという事態がたまに起こっていた1事例がある。万一著しく品質の劣る廃食用油が入ってきた場合に、原料量を大きくすることで薄めるということは、確実性を欠く方法である。

一般家庭からの廃食用油の回収に当たっては、透明な容器に入れてもらうことにして、これをポリタンク等に集める時は、立会人の方が色の黒いもの、動物性油脂や洗剤等が混じっているようなものをはねる（廃棄用に回す）というような回収方法を採用することが望ましい。

②エステル交換反応安定化の方策

ア 湿式アルカリ触媒法でほとんどの場合に行われているバッチ式においては、遠心分離機を前処理機として使用すると、油脂から水を分離・

除去することができ、その結果、エステル交換反応の安定化を図ることができる。グリセリド類を減らして脂肪酸メチルエステルを増加させた事例が見られた。

イ 原料油脂中に遊離脂肪酸が含まれていると、触媒と反応してケン化物を生成するので、触媒の投入量を増やす必要がある。遊離脂肪酸による触媒の消費量は酸価を測定することで推定できるので、事前に酸価を測定し、触媒の投入量を増減することが望ましい。

酸価の測定を AV チェッカーで行うとする事例が見られた。

また、触媒量が不足してエステル交換反応が不十分になったと見られる事例があった。一般的には、やや多めの方が適当である。

ウ エステル交換反応は2回以上行うことが望ましいとされることがあるが、通常は反応時間の調整等によって1回で十分な反応が行われるように努められている。

③分離工程

副生されたグリセリン及びケン化物の除去は必須である。バッチ式の場合、通常は一晚程度の静置で分離可能であるが、燃料にグリセリン相が混入しないよう、安全を見込んだ操作が求められる。遠心分離機を後処理装置として用いると、より高精度での分離が可能になる。

④洗浄工程

湿式では、グリセリン等の分離工程後に水洗いを行う。この洗浄工程は、2回以上行うことが必要である。1回では不十分であった事例がある。

⑤脱メタノール及び脱水工程

通常、メタノールは過剰に投入されることから、反応後に余剰メタノールを除去する必要がある。

また、水があると燃料劣化の原因となる。B.D.F.は軽油よりも吸湿し易いとされており、数ヶ月程度長期貯蔵する場合、水分除去を徹底して行う必要がある。

これらの脱メタノール及び脱水処理を確実にを行うには、減圧加熱の方法を用いる必要がある。

以上はバッチ式の湿式アルカリ触媒法について見てきたが、バッチ式以外には流動式の事例があった。この事例は、我が国では大規模に B.D.F.を製造するものである。その製造方法は、2回（一次・二次）のアルカリ交換反応及び2回（一次・二次）の分離工程と多層式洗浄工程の他にも、多くの貯留タンク、ラインミキサーやフィルターが配置されたシステムになっている。これらにより、流動式で且つ高精度な処理が行われて、製造された B.D.F.はかなり高品質

で安定したものとなっていた。

(2) 乾式アルカリ触媒法

①吸着剤・化学的処理式及びイオン交換樹脂による精製法

乾式では特に金属 K の除去が問題であった。吸着剤を用いる方法及び化学的処理による方法では、K が異常に多く検出され、上手く中和することが難しい（かなり酸性化してしまっている）。

K の除去を十分にするためには、イオン交換樹脂製フィルターの使用が必要になる。遠心分離機も備えて、車載型の非常にコンパクトな装置システムとして開発・製作されたもので、高温砂漠地帯から極寒地までほぼ地球を一周してエンジンに何ら問題がなかったという実績を持つ事例がある。

②蒸留精製法

この方法では、エステル交換反応とグリセリン分離工程までは湿式の場合と同様であるが、その後、減圧加温による蒸留の方法により、先ず第1段階でメタノールを蒸発（冷却して液化・回収）させ、次いでそれよりも高温のステージで脂肪酸メチルエステルだけを蒸発させて捕捉する。このため、得られた B.D.F.は著しく高品質である。

2) STING 法 B.D.F.製造方法についての検討

FAME 量が 50%弱と低くなる。このことと燃料品質についての関係については、STING 法で製造された B.D.F.100%により中央農業総合研究センターの所内循環バスや菜種収穫用コンバインを稼働させて数年になり、何ら問題なしという実績を有している。

3) 成分分析についての検討

以上の各種 B.D.F.製造方法と品質等の問題を成分分析の視点から検討すると、次の通りである。

全国バイオディーゼル燃料利用推進協議会では、

「製造されたバイオディーゼル燃料は、全ての規格を満足することが望ましいが、日常の良好な性状管理として、この「協議会規格」のうち「動粘度」、「水分」、「メタノール」、「トリグリセリド」、「遊離グリセリン」の5項目について、最低限遵守すべき規格項目とする「協議会モニタリング規格」として定めることとする」¹⁰⁾としている。

この「協議会規格」26項目から金属（Ca+Mg）を除外したものが表13である（99頁参照）。種々の製造方法による B.D.F.の成分分析の結果、表13の25項目から「協議会モニタリング規格」以外に問題があったとして取り出された項目は、ジグリセリド、残留炭素、セタン価、脂肪酸メチルエステル、酸化安定度、酸価、金属（Na+K）

である。

これら7項目の内、脂肪酸メチルエステルについては湿式メチルエステル交換法の場合に反応の十分さを見るのに役立つが、STING法の場合のように（これは極端な例であるが）エンジントラブルを発生していないという実績があるので、ここでは強いて上げなくても良いとする。また、酸化安定度は長期間保存する場合（通常は酸化防止剤を加えることで対処される）に必要な項目であること、測定に6時間もかかることから、除外して良いとする。

一方、グリセリド類は全てエンジンに及ぼす支障（トラブル）との関係があるので、モノグリセリドも、更に全グリセリンも上げておくのが良い。

以上から、「協議会モニタリング規格」の5項目に5項目と2項目を加えた下記の合計12項目の成分分析を行うことが望ましいと検討される。

①動粘度、②水分、③メタノール、④トリグリセリド、⑤遊離グリセリン、⑥残留炭素、⑦セタン価、⑧酸価、⑨モノグリセリド、⑩ジグリセリド、⑪全グリセリン、⑫金属（Na+K）。

初めてB.D.F.の製造を開始する時点では、少なくとも上記12項目について成分分析を行って、十分安定して「協議会規格」を満たすことが確認されれば、以後は「協議会モニタリング規格」5項目（上記アンダーラインを付けた①～⑤）に絞って分析を繰り返すことで許容されるとする。

4. B.D.F.の販売価格

B.D.F.製造施設内には貯留タンクを持たずにタンクローリー（自己責任で）を購入して販売・供給（農家100円、その他一律110円/L）して回る例（写真139参照、製造後に酸化防止剤を入れる）、回収した廃食用油を運び込んで製造してもらった製油所からB.D.F.を農場トラクタ用に購入する例（B.D.F.100円/L）、同様に廃食用油を提供してB.D.F.製造を委託する会社から購入する例（102円/L、ただし、軽油価格で変動する、平成21年度調査）、80円/L（人件費+光熱水費+薬品代+プラント減価償却費=約78円/L：廃食用油回収費なし）でポリタンク等により菜種生産組合等に供給及び平成22年度の一般販売90円/Lの例がある（以上、平成20年度調査）。平成22年度会員販売で100円/Lの例がある。

大規模菜種生産・搾油・廃食用油回収・B.D.F.製造会社では、写真140に見られるようなB.D.F.貯蔵屋外タンクと給油ステーションを設置している。ここでの販売価格は、特別会員（資本金を出している人、初めから入っている人）95円/L、会員100円/L等としている。（以上、平成21年度調査）

以上で見ると、B.D.F.の販売価格は平成20～21年度で概ね100円/L位であった。ただし、B.D.F.の製造原料とする廃食用油の回収がボランティア的な活動によって成り立っているのが現状である。



写真 139 B.D.F.配給用（自己責任による）
タンクローリー



写真 140 B.D.F.製造施設に併設された外
部貯留タンクとその右側に給
油ステーション

5. 副産物利活用方法の紹介

1) グリセリン

多くの場合に焼却場等において、助燃剤として有料もしくは無料で利用されている。

また、グリセリン廃液の微生物分解が容易である。“バイオディーゼルカー”における末端処理方法（写真 128 参照）の事例がある。このように、グリセリンは微生物分解されるので、汚泥や食品残渣等に加えて発酵を促進し、堆肥化やバイオガスの生産に利用するという方法が、北海道をはじめ、いくつかの地域で実際に行われている。

[トピックス] グリセリン廃液を活用した発酵堆肥の製造事例

- ①脱水汚泥ケーキ（水分約 80%）、スーパー・学校給食調理場・食品工場（缶詰工場等）から出る惣菜残り・屑野菜・果物の屑・皮・芯・魚のあら等、木くず（細断した剪定枝等）等から成る原料を発酵槽に投入して攪拌混合しつつ、グリセリン液を上からかける。
- ②発酵槽にはスクリーオーガーが入っており、内容物の攪拌混合と移動を行う。
- ③原料等を日中投入して、夕方から夜半にかけて自動攪拌する。小さい発酵槽は 2～3 週間、大きい発酵槽は 1～1.5 か月で出来上がる。この後、積み置きして熟成させた後、ペレットで成形する。
- ④肥料取締法に登録している。
- ⑤“エコ堆肥”として販売されている。

2) 廃水

脱水工程で排出される廃水は、周辺環境等への負荷がかからないよう適切に処理することが求められる。処理方法の例を写真 141 及び写真 142 に示す。

また、廃水を堆肥の製造に使用する事例も見られた。その要点は、B.D.F製造施設の地下にある貯蔵タンクからバキュームカーで廃水（pH8.4～8.8 の弱アルカリ性）を汲み上げて、60m×3m×2連（コンクリート枠製）の大規模な堆肥化施設（写真 143）へ運び、散布する方法である。

〔トピックス〕 廃水の農業的利活用方法の一事例

- ①一時貯留された廃水をロータリ式攪拌装置が搭載された大規模な堆肥化施設へ運び、そのまま（希釈しないで）発酵槽（2連）の上から原料上に全面散布する。
- ②ここの発酵方法は水分が多く要る方法で、攪拌混合の時に一定の水分に保つように、発酵による水分不足分を廃水で補う訳である。
- ③原料は、下水汚泥（脱水処理ケーキ）にスーパー等の惣菜から出る生ゴミを入れて攪拌混合したものである。原料投入から 60 日位で製品化される。
- ④下水汚泥は郡部の農村集落排水から出るものである。
- ⑤製品は、有機肥料並のもので、少し大きめのペレット状に成形され販売されている。

なお、これらの事例を参考にするに当たっては、行政部局と連携すると共に、周辺住民の理解を得ることが必要である。



写真 141 廃水処理槽：+塩酸→2～3日で分離→下層は酸性のためアンモニアで中和→曝気してバクテリア消化→排水



写真 142 廃水処理（廃水→濾過→ポリ塩化アルミ・クエン酸→凝固・除去→排水→曝気処理→下水へ）



写真 143 ロータリ式攪拌混合機付き発酵肥料製造施設