

余熱利用型バイオディーゼル燃料製造装置の開発

古賀 康裕, 東川 圭吾, 竹野大志¹, 船越 章裕², 陳内 秀樹³, 淵上 大輔⁴

Development of a Biodiesel Fuel Production System Utilizing Residual Heat

Yasuhiro Koga, Keigo Higashikawa, Taiji Takeno, Akihiro Hunakoshi, Hideki Jinnai and Daisuke Fuchigami

Keywords: Biodiesel fuel, Residual heat from hot springs, Cost evaluation, Lifecycle assessment

キーワード: バイオディーゼル燃料, 温泉余熱利用, コスト評価, ライフサイクルアセスメント

はじめに

現在、国内の多くのバイオディーゼル燃料(以下、BDF と記す)の製造装置は、100～200L/バッチの製造能力規模が多く、湿式アルカリ触媒反応によって製造されている。アルカリ触媒反応による BDF 製造には、化学反応の促進や燃料の脱水のために、熱エネルギーと温水が必要であり、この加熱には電気を用いるが、電気の使用は温室効果ガスの発生を伴う。BDF は、そもそも軽油燃料の代替燃料として用いることで、温室効果ガス(以下、GHG(Greenhouse Gas)と記す)の発生量の削減を目的として製造されるため、製造工程における GHG の発生削減も同時に追求されるべきである。

そこで、約 100 の源泉温度と 4,500t/day の湯量を有する小浜温泉の余剰地熱エネルギーを利用した BDF 製造装置を開発した。この装置は、自然エネルギーを活用することで、低ランニングコスト、低環境負荷型のバイオディーゼル燃料製造ができる。

装置の研究開発は、平成 20 年度から産学官民の共同研究体制を構築して取り組み、同時に地域の関係団体と連携して、原料となる廃食用油の収集社会システムの構築に取り組んだ。また、地元の実業系高校である島原工業高等学校・島原農業高等学校と連携し、学生の知的財産教育や BDF の普及拡大にも取り組んだ。装置の設計製作については、環境保健研究センターと県内の環境機器製造事業者と共同開発した。当センターは、研究の全般的な総括に加え、化学反応工程の検討と BDF の品質分析、経済評価・ライフサイクルアセスメントを行った。平成 22 年度は製造実験を継続実施し、製造工程の検討や品質向上、装置の利活用の検討を行ったので報告する。

- 1 長崎県中央振興局保健部 2 雲仙市環境政策課
3 長崎県立島原農業高校 4 長崎県立島原工業高校

装置概要・特徴

製造装置は、雲仙市役所が管理する小浜町歴史資料館内の温泉源に接続設置した。この温泉源は、近隣の一般家庭に給湯利用されているが、自噴泉のため一般家庭が使用しない日中は、77～80 の温泉水が毎分 200L、未利用のまま海に放流されている。装置の構造は、メチルエステル化反応を行う反応槽と廃食用油や水をあらかじめ加温するための加温槽から構成される。1回の廃食用油投入量は 200L/バッチの能力とし、製造収率約 90% で 180L の BDF が製造される。反応槽と加温槽には、余剰温泉水を掛け流し、化学反応に必要な熱を可能な限り温泉熱を利用する構造としている。反応槽は、温泉スケールの付着による熱交換率の減衰に対応するためにシンプルな構造とし、維持管理が容易に行えるよう熱交換機は設置していない。また、装置への温泉水の導入は、導管に接続したボールバルブの開口面積によって制御している。温泉水の導入管は、耐熱性塩化ビニールパイプを用い、反応槽の材質は、SUS316L を採用し対塩性と対食性に対応したもので製作した(図 1、写真 1)。

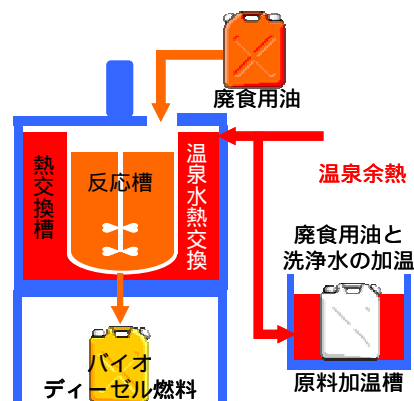


図 1 余熱利用 BDF 製造装置概要

製造方法の概要

メチルエステル化反応による BDF の製造は、食用油の主成分であるトリグリセリドにメタノールと触媒の混合物を反応させて、グリセリンを分離除去する反応である。この反応によって廃食用油は、分子量が小さくなり粘度が低下してディーゼルエンジンの燃料として利用できる性状になる。一般的にこのメチルエステル化反応は、廃食用油の動粘度を下げ、反応を促進させるために 60 程度に加温して反応を開始する。余熱利用型 BDF 製造装置では、この反応や洗浄水の加温に必要となるエネルギーに温泉熱を利用する仕組みとなっている。また、メチルエステル化反応以後は、温泉熱から得られる最高温度である 77 によって、加熱脱水まで行う方法で製造した(図2)。なお、200L の廃食用油は約 30 分の温泉加温にて、初発反応温度である 60 まで加温が可能である。

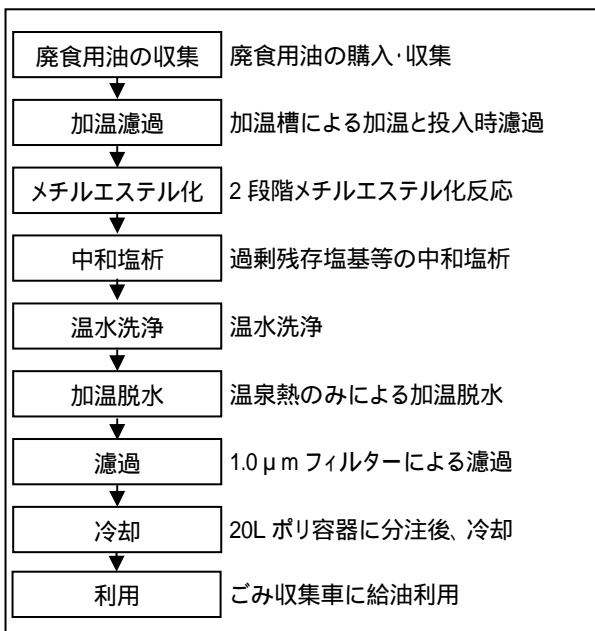


図2 余熱利用 BDF の製造フロー

原料の収集体制の構築

原料となる廃食用油は、産業廃棄物扱いとなる旅館や飲食店等から排出されるものと一般廃棄物扱いとなる家庭から排出される 2 種類がある。

1 カ所で多量に排出され収集し易いのは、産業廃棄物扱いとなる廃食用油である。雲仙市小浜町には旅館やホテルが多く、産業廃棄物としての廃食用油の発生密度が高い地域である。

一方、一般廃棄物扱いとなる家庭から排出される廃食用油は、これまで分別されることなく可燃ごみとして、その殆どが焼却処理されていた。そこで雲仙市と連携して、一般家庭における廃食用油の分別収集体制を構

築し、平成 21 年 10 月から開始した。収集の方法は、雲仙市役所の 7 支所に専用の回収ポリタンクを設置し、市民それぞれが開庁時間に廃食用油を持ち寄る方法で収集した。持ち寄られた廃食用油は、1 ヶ月毎に雲仙市によって回収され、実験原料として BDF 化した。なお、廃食用油の収集量については表 1 に示した。収集量の予測は、先行して分別収集を行っている南島原市の事例を基にして、1 ヶ月・1 世帯あたり 15mL を収集原単位として、これに世帯数を乗じて予測した。新たなごみの分別を始める場合、開始から 6 ヶ月程度は、家庭における習慣づけに時間を要するため、予測値を下回る場合が多いが、平成 21 年 10 月の開始 4 ヶ月目から予測値を上回り、その後もおおむね予測値を上回っていることから、市民の意識の高さが伺える。

BDF の製造実験

製造装置を平成 20 年度に設置し、平成 21 年度から 1 ヶ月に 1 回程度、2 日間かけて製造実験を行なった。平成 22 年度も同様に、製造工程を改善しながら製造実験を継続した。平成 21 年度は 1,800L の廃食用油から 1,570L の BDF を、平成 22 年度は 2,805L の廃食用油から 2,503L の BDF を製造した(表 2)。

表 2 BDF の製造量

No.	製造日	廃食用油量 (L)	BDF 製造量(L)	収率(%)
1	平成21年 4月9～10日	100	90	90
2	4月23日	100	90	90
3	5月28～29日	100	90	90
4	6月18～19日	100	90	90
5	9月3～4日	100	70	70
6	10月8～9日	180	140	78
7	11月12～13日	100	80	80
8	11月26～27日	200	170	85
9	12月10～11日	200	200	100
10	平成22年 1月17～18日	200	180	90
11	2月18～19日	220	210	95
12	3月25～26日	200	160	80
13	4月10～11日	200	188	94
14	4月22～23日	200	188	94
15	5月13～14日	205	177	86
16	6月30～7月1日	200	172	86
17	7月15～16日	200	180	90
18	8月3～4日	200	170	85
19	9月2～3日	200	178	89
20	9月29～30日	200	180	90
21	10月28～29日	200	175	88
22	11月29～30日	200	185	93
23	平成23年 1月6～7日	200	176	88
24	2月1～2日	200	175	88
25	2月24～25日	200	179	90
26	3月10～11日	200	180	90
合計(平成21年4月～23年3月)		4,605	4,073	88
平成21年度(21年4月～22年3月)		1,800	1,570	87
平成22年度(22年4月～23年3月)		2,805	2,503	89

BDF の利用と課題

製造した BDF は、平成 22 年 1 月から雲仙市のごみ収集車 1 台の燃料として BDF を 100% 濃度 (B100) で利用した。この車両は平成 19 年式で、燃料噴射を電子制御で行なうコモンレール装置を有するディーゼル車である。ごみ収集車は、BDF 給油専用車として、給油チューブ等を一部改造し、BDF は B100 で使用していた。しかし、平成 22 年 10 月ごろから、車両のエンジンとマフラーの間に設置されている、粒子状物質捕集装置 DPD の警告ランプが点灯するなどの不具合が発生し、市で車両の修理を実施した。このため、BDF 中の未反応物や反応中間体を低減し、酸化防止剤を添加するなど高温・高圧となるコモンレール式のエンジンにも耐えられるような燃料の品質向上が対策として考えられた。

BDF の品質と製造工程の改善

1 製造実験当初の品質

平成 22 年 2 月末に実験製造した温泉 BDF(No.11) の分析結果を表 3 に示す。BDF を 100% 濃度で利用 (B100) する場合、強制的な品質規格が定められていないものの、B5 の原料とする B100 の JIS 規格 (JIS K 2390) が定められているため、この基準値を参考とすることができる。BDF の品質基準項目の中で最も重要であるのが、BDF の純度を示す脂肪酸メチルエステル (FAME) であるが、参考基準値が 96.5% であるのに対し 95.4% とわずかに満足しなかった。また、その不純物でもある 10% 残油炭素量とジグリセリドが参考基準値をわずかに満足していない結果であったが、基準値を大幅に上回るものではなく、直ちにエンジンに影響を与えるものではないと思われる。しかし長期的間隔で影響を与えるおそれがあるため、製造工程を改善し、参考基準を満足するよう検討を行うこととした。流動点と目詰まり点は、氷点下温度であり、雲仙市の平野部で使用するにあたっては特別問題にならないと思われる。

2 製造工程の改善

BDF の参考基準を満足することや、装置を活用していくなかで新たに生じた課題を解決するため、平成 22 年度には製造工程の改善を行なった。

(1) 原料の前処理

原料となる廃食用油には遊離脂肪酸などの不純物が含まれており、これらを十分に沈降させて除去する必要がある。そこで、廃食用油を装置へ投入する際、市販の水切りネット (目が細かいもの) を二重に重ねてろ過し、ポリタンクに入っている廃食用油の上澄み部分を慎重

に投入した。

(2) 反応工程

反応を十分に行なうためには、廃食用油とメタノールを効率的に接触させ、しっかりと攪拌する必要がある。これまでメタノールは、全て投入してから攪拌を開始していたが、攪拌を行ないながらメタノールを少しずつ投入する方法に変更した。また、反応を向上させるため、攪拌装置のモーターや攪拌羽根をより大きいものに交換し、攪拌速度を上げた。

(3) 脱水工程

温泉水のみでも脱水は可能であったが、長時間の加熱が必要で、これは燃料の酸価を高めるうえに、一晚温泉を流すことは夜間の定期的な監視が必要となることもあり、あまり実用的ではなかった。そこで、電気ヒーターを併用し、脱水温度を 100 程度に上げ、時間を 1 時間に短縮にした。

(4) 酸化防止剤の添加

BDF は長期間保管しておくことと酸化されて劣化するため、製造後速やかに使用するのが望ましい。酸化劣化の指標となる酸化安定性は、国内では当事者間の合意に基づく値となっているが、EU の規格 EN14112 では酸化安定性が 6 時間以上と定められている。酸化安定性は、数値が大きいほど酸化されにくく安定で、数値が小さいと酸化され、劣化しやすいことを表す。この酸化安定性を高めるため、一般に酸化防止剤が添加される。今回、酸化防止剤の添加量を変えて、BDF を製造し、適切な添加量の検討を行った。図 3 に酸化安定性と酸化防止剤の添加量との関係を示すが、1.0~2.0g/L で酸化安定性が 6 時間以上となることが示唆された。ただし、酸化防止剤はもともと食用油にも添加されているが、加熱や燃料精製の際に除去されてしまうので、燃料が完成してから添加することが望ましい。

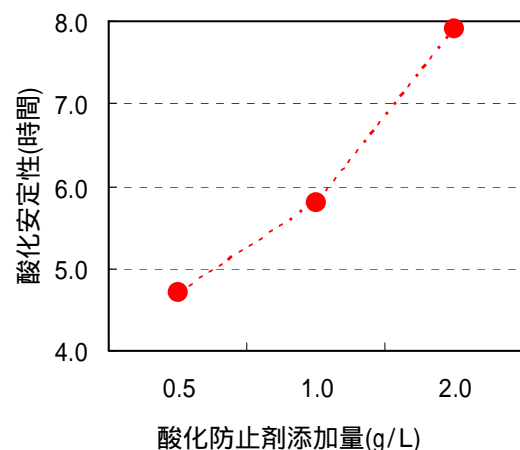


図 3 酸価防止剤の添加量と酸化安定性

3 製造工程改善後の品質

平成23年1月と2月に実験製造した温泉BDF(No.23, No.25)の分析結果を表3に示す。製造工程の改善によって、BDFの純度を示すFAMEは改善傾向にあり、平成23年2月製造のBDF(No.25)では、96.7%となった。不純物であるジグリセリドも低減していた。依然として、10%残油炭素量が参考基準値をわずかに満足していない結果であったが、引き続きグリセリド類を低減する必要がある。また、動粘度が高いのは、固形不純物量が他の製造日のBDFよりも高いためであり、ある程度放冷してから、フィルターでろ過するのが望ましいと考えられる。

ライフサイクルコスト(LCC)について

温泉余熱を利用したBDFの最大の特徴は、製造に必要となる熱エネルギーを自然エネルギーで賄う点である。そこで一般的な電熱式BDFと製造コストを比較した。平成21年度第55号の当センター所報では、平成22年3月現在の長崎県の軽油販売単価が118円/Lであるのに対して、製造人件費を含めた製造コストは、電熱式BDFが116円/L、温泉余熱式BDFが110円/Lと試算された。平成22年度は、メタノールの価格上昇や確実な脱水を行なうために電気ヒーターを併用したことにより上昇し、平成23年3月現在の長崎県の軽油販売単価が133円/Lであるのに対して、製造人件費を含めた製造コストは、電熱式BDFが132円/L、温泉余熱式BDFが126円/Lと試算された(表4)。

ライフサイクルアセスメント(LCA)について

BDFの製造と利用は、燃料費のコスト削減や廃棄物のリサイクル・雇用の創出等が、目的の一部として含まれるが、最大の目的はGHGの削減である。GHGの削減量は、ライフサイクルアセスメント手法(LCA)によって定量評価できる。BDFのLCAについては、平成21年11月に気候変動対策認証センターによって二酸化炭素排出量の定量方法論が提示された(JEAM004)。この方法に基づき、温泉余熱式BDFと電熱式BDFと軽油から排出されるGHGを定量比較した。

定量条件は、温泉余熱の効果比較を分かりやすくするために、製造規模と製造条件を一般的な電熱式と製造条件を合わせて評価をしている。その結果、平成21年度第55号の当センター所報では、軽油は2.62kg-CO₂/Lであるのに対して、電熱式BDFは0.369kg-CO₂/L(軽油比86%削減)、温泉余熱式BDFは0.266kg-CO₂/L(軽油比90%削減)と報告したが、平成22

年度は、確実な脱水を行なうために電気ヒーターを併用したことにより、やや増加し、軽油の2.62kg-CO₂/Lに対して、電熱式BDFはそのままの0.369kg-CO₂/L(軽油比86%削減)、温泉余熱式BDFは0.277kg-CO₂/L(軽油比89%削減)となった(表5)。この結果でも、客観的にみて温泉余熱式は、電熱式の製造方法より、CO₂の排出量を削減することが可能であると示された。この結果から具体例として、現在運用しているBDF給油のごみ収集車の年間利用によって算出されるCO₂の削減量は4,438kg-CO₂/年と試算された。

製造装置の利活用の検討

これまで当センターが主体となって、製造を行ってきたが、地域の資源の有効利用の取り組みとして事業化し、今後も製造を継続する必要があったため、まずは地元である雲仙市への移管について協議を重ねた。その結果、平成23年4月以降は、製造装置を市へ移管することとなり、市が主体となって製造や利用を継続している。

まとめ

この研究は、平成20～22年度の3カ年計画で実施し、平成22年度は製造試験の継続と製造工程の改善による品質向上を行った。平成23年度以降は地元自治体である雲仙市への製造装置の移管を進める予定で、今後は市や地元が中心となって装置を活用していくことが期待されている。

LCC・LCA評価は平成23年3月現在の数値を基に試算しているが、温泉余熱を利用したBDF製造は、軽油とほぼ同額の126円/Lの製造コストであり、CO₂削減率は、軽油と比較して89%削減が期待できると示された。電熱式BDF製造装置の比較では、GHGの削減量は3%に止まっているが、これまで未利用であった温泉水の新たな利用方法の一つとして、地元の関連業者に与えた影響は大きいと思われる。余剰温泉水の新たな利用を考えるきっかけとなっている。

また、実業系高等学校への環境教育と知的財産教育では、高校生自ら温泉余熱式BDFの取り組みのシンボルマークにもなりえる商標登録を出願取得するなど、波及的な効果も様々あったと思われる。

さらに温泉余熱利用型のBDF燃料製造装置の開発は、焼却場や食品工場等の余熱が発生する場所においても応用可能性があり、ごみ収集地点における余熱利用のバイオディーゼル燃料の製造は収集体系からも応用性が高いと考えられる。

謝 辞

長崎総合科学大学 藤川卓爾副学長には平成 21 年度まで、同大学 村上信明教授には平成 22 年度に、温泉 BDF 研究会の会長として、本研究を強力に牽引して頂いた。

雲仙市役所には、実証試験に関して温泉源の紹介から、収集運搬体制の構築、製造装置の活用に大きな協力を頂いた。小浜温泉観光協会および雲仙観光協会には、実証試験の協力と広報活動に協力頂いた。また、雲仙市民の皆様には、廃食用油の分別収集に協力頂いている。他、多くの方々に本研究の協力・指導を頂いた。深く感謝申し上げます。

なお、この取り組みは、雲仙市が応募した環境省 ストップ温暖化「一村一品」大作戦 全国大会 2010 にて審査員特別賞を受賞した。

参 考 文 献

- 1) 坂志朗: バイオディーゼル燃料のすべて(2006): アイピーシー出版部
- 2) 竹野大志、他: 余熱利用型バイオディーゼル燃料製造装置の開発、長崎県環境保健研究センター所報、55、35～39、(2009)
- 3) 廃食用油由来のバイオディーゼル燃料の車両における利用に関する方法論(JEAM004)
<http://www.4cj.org/jver/index.html>



写真 1 装置全景

表 1 廃食用油の回収量(単位:L)

地区	国見支所	瑞穂支所	雲仙市役所	愛野支所	千々石支所	小浜支所	南串山支所	合計	
世帯数	3,403	1,699	2,164	1,567	1,726	3,889	1,247	15,695	
予測値(L)	51	25	32	24	26	58	19	235	
回 収 月	平成21年11月	38.4	0.5	5.4	8.7	29.3	65.2	1.8	149
	12月	17.3	3.2	56.7	7.0	0.0	7.5	4.8	96
	平成22年1月	22.2	22.7	36.7	27.5	89.6	6.4	32.4	238
	2月	114.0	40.4	17.8	18.9	42.7	14.6	28.0	277
	3月	35.7	39.5	32.9	54.0	68.6	36.7	11.3	279
	4月	32.9	22.2	16.7	35.7	24.8	49.1	25.9	207
	5月	69.7	81.6	13.5	41.5	13.5	63.3	17.8	301
	6月	44.3	57.3	20.5	20.0	38.4	47.0	36.2	264
	7月	54.0	27.0	14.0	55.5	14.0	38.9	28.6	232
	8月	63.8	48.6	13.5	88.6	113.5	42.2	38.9	409
	9月	24.2	45.3	53.5	0.0	103.8	28.0	69.1	324
	10月	17.8	5.9	16.2	28.6	69.7	38.9	10.8	188
11月	40.4	28.0	30.8	42.6	92.3	67.5	31.3	333	
12月	15.1	18.9	31.3	32.9	64.8	44.9	108.6	317	
平成23年1月	40.5	34.0	0.0	22.6	97.7	64.8	13.5	273	
2月	47.7	17.3	18.4	36.7	67.5	17.2	7.5	212	
3月	17.3	77.8	11.3	17.3	52.9	36.7	24.2	238	

表3 製造したBDFの分析結果

項目	単位	No.11	No.23	No.25	JIS K 2390
脂肪酸メチルエステル	質量%	95.4	96.2	96.7	96.5以上
密度(15)	g/cm ³	0.884	0.8838	0.8833	0.86-0.90
動粘度(40)	mm ² /s	4.832	4.624	5.512	3.5-5.0
流動点		-10	-7.5	-7.5	当事者間合意
目詰点(CFPP)		-8	-5	-5	当事者間合意
引火点(PMCC)		166	180	178	120以上
硫黄分	ppm	0.0003未満	0.0004	0.0003未満	10以下
残留炭素(10%残油)	質量%	0.65	0.51	0.61	0.30以下
セタン価		53.8	50.8	52.0	51以上
硫酸灰分	質量%	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.02以下
水分	mg/kg	405	219	469	500以下
固形不純物	mg/kg	2	4	5	24以下
銅板腐食		1	1	1	1以下
酸価	mgKOH/g	0.2	0.39	0.5	0.5以下
酸化安定度(110)		2.9	4.7	6.2	当事者間合意
ヨウ素価		113	116	115	120以下
リノレン酸メチル	質量%	7.2	7.6	7.4	12.0以下
メタノール	質量%	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.20以下
モノグリセリド	質量%	0.46	0.63	0.57	0.80以下
ジグリセリド	質量%	0.35	0.36	0.16	0.20以下
トリグリセリド	質量%	0.03	0.38	0.02	0.20以下
遊離グリセリン	質量%	0.01未満	0.01未満	0.01未満	0.02以下
全グリセリン	質量%	0.17	0.25	0.17	0.25以下
金属(Na + K)	mg/kg	1未満	1未満	1未満	5以下
金属(Ca + Mg)	mg/kg	1未満	1未満	1未満	5以下
リン	mg/kg	2未満	2未満	2未満	10以下

表4 BDFのライフサイクルコスト

大項目	中項目	小項目	単位	単量	単価	軽油	電熱式BDF		温泉余熱利用BDF		
						使用量	コスト	使用量	コスト		
製造コスト	原料	廃食用油投入量						200		200	
		メタノール	L	18	3,400		36	6,800	36	6,800	
		KOH	kg	0.5	1,050		2.0	4,200	2.0	4,200	
		電気	kWh	1	12		35	420	6.3	76	
		ガス	Nm ³	1	550		1.1	605	0	0	
		水道	m ³	1	130		0.16	21	0.16	21	
	ランニングコスト	その他の薬品							82		82
		その他消耗品							1,858		1,858
		小計							13,986		13,036
		製造量(収率)						0.9	180	0.9	180
		製造ランニングコスト小計							78		72
	製造人件費	製造人件費単価						8	5,900	8	5,900
		製造人件費小計							33		33
	小計	ランニング+人件費合計							19,886		18,936
		製造コスト小計							110		105
収集コスト	収集	廃食用油回収車走行距離						40		40	
		廃食用油回収車燃費									
		収集燃料使用量						10.8		10.8	
	ランニングコスト	収集作業に伴う燃料費(BDF)							840		783
		収集コスト小計							840		783
									5		4
	収集人件費	収集人件費単価						4	2,952	4	2,952
		収集人件費小計							2,952		2,952
									16		16
	小計	ランニング+人件費合計							3,792		3,735
収集コスト小計							21		21		
全体コスト	収集と製造コストの合計						133	132		126	

表5 BDFのライフサイクルアセスメント

項目	単位	軽油使用時	電熱式BDF	温泉BDF
原料量	L-BDF		200	200
廃食油回収量	L-廃食用油		200	200
1日の収集走行距離	km		40	40
収集車両の燃費	km/L		3.5	3.5
収集走行時のCO2排出原単位	g/km		0	0
回収時のCO2排出量	g-CO2/L-BDF		0	0
メタノール使用時のCO2排出量	kg-CO2/kg-CH3OH		1.38	1.38
メタノール使用量	kg		28	28
メタノール使用時のCO2排出量	kg-CO2/L-BDF		0.26	0.26
購入電力のCO2排出係数	kg-CO2/kWh		0.387	0.387
ヒーターの電気使用量	kWh		35	5.8
攪拌モーターの電気使用量	kWh		1	0.5
反応時のCO2排出量	kg-CO2/L-BDF		0.094	0.016
上水のCO2排出原単位	kg-CO2/m3		0.187	0.187
水道使用量	m3		0.16	0.16
水道使用時のCO2排出量	kg-CO2/L-BDF		0.0002	0.0002
水の量	g		160000	160000
水の比熱	J/g・K		4.217	
水道水温度			15	
温水温度			80	
温度差	K		65	
理論必要熱量	MJ		43.9	
都市ガスの発熱量	MJ/Nm3		44.8	
都市ガスの使用量	Nm3		1.0	
都市ガスのCO2排出量	kg-CO2/MJ		0.0507	
温水製造時のCO2排出量	kg-CO2/L-BDF		0.0150	0.0000
製造時のCO2排出量	kg-CO2/L-BDF		0.369	0.277
輸送時のCO2排出量	kg-CO2/L-BDF		0	0
軽油のCO2排出原単位	kg-CO2/L-軽油	2.62		
BDFのCO2排出原単位	kg-CO2/L-BDF		0	0
使用時のCO2排出量	kg-CO2/L-燃料	2.62	0	0
BDF製造収率	率		0.9	0.9
BDF製造量	L-BDF		180	180
回収時に必要となるBDF差し引き	L-BDF		169	169
軽油との燃費効率補正	率	1.0	0.88	0.88
BDF正味製造量(軽油熱量換算)	L-BDF		148	148
CO2排出合計値	kg-CO2/L	2.620	0.369	0.277
CO2削減量(軽油比較)	kg-CO2/L	-	2.251	2.343
CO2削減率(軽油比較)	%	-	86	89