

地域燃料資源の有効活用に関する研究

—地域内の廃食油を原料としたバイオディーゼル燃料生産活動に関する考察—

(Study for the Effective Use of Local Fuel Resources

—A Study on the Production of Biodiesel Fuel from Waste Edible Oil Discharged in a Region—)

田立 紀子

2015

目次

第 1 章 研究の背景と目的	1
第 1 節 エネルギー・環境問題の現状	1
1. 我が国を取り巻くエネルギー資源問題	1
2. 我が国を取り巻く地球温暖化問題	4
第 2 節 地域燃料資源を利用したバイオマスエネルギー生産の取組みと課題 . .	7
1. 地域燃料資源を利用したバイオマスエネルギー生産の意義と取組み	7
(1) 地域燃料資源を利用したバイオマスエネルギー生産の意義	7
(2) 地域燃料資源を利用した BDF 生産の取組み	10
2. BDF 生産に関する課題	22
第 3 節 研究の課題	29
(1) 地域内の廃食油を原料としたバイオディーゼル燃料生産活動の実施可能 性検討手法の開発	29
(2) 家庭の廃食油供給の協力意向に関する要因分析	31
(3) 本研究の特徴	32
第 2 章 地域内の廃食油を原料としたバイオディーゼル燃料生産活 動の実施可能性検討手法の開発	
－総合余剰の最大化をはかる活動を事例として－	41
第 1 節 はじめに	41
第 2 節 検討手法の提示	43
1. 地域内の廃食油を活用した BDF 生産活動の実施可能性の検討手法の基本的 考え方	43

2. 地域内の廃食油を活用した BDF 生産活動の実施可能性の検討手順	48
3. 意向調査および集計方法	49
4. 経済的採算性の確保と余剰合計額最大化を実現する活動の検討	49
(1) 検討方法の概要	49
(2) 採算可能領域の算定	50
(3) BDF 平均生産費用曲線の導出	53
(4) BDF 製造装置の採択可能性の判断方法	53
第3節 検討手法の適用	57
1. 検討手法適用地域の設定	57
2. 意向調査と採算可能領域の導出	57
第4節 まとめ	79

第3章 家庭の廃食油供給の協力意向に関する要因分析

—山口県長門市を対象として—	86
第1節 背景と目的	86
第2節 分析の方法および結果	88
1. 調査対象地域の概要	88
2. アンケート調査結果の概要	88
(1) アンケート調査票の配布方法	88
(2) 回答者属性	88
(3) 家庭用廃食油供給の協力意向に影響する要因	89
(4) 家庭用廃食油供給の協力意向の差異に影響する要因	89
(5) 家庭用廃食油の供給に協力意向のある住民群のなかでの協力意向の程度 差に影響する要因	94

(6) 家庭用廃食油供給の協りに消極的な住民群のなかでの協力意向の程度差 に影響する要因	97
第3節 まとめ	100
第4章 研究内容の要約と BDF 普及対策および研究成果の応用可能性	
性	103
第1節 研究内容の要約	103
第2節 廃食油の有効利用や BDF 普及上の対策	106
第3節 BDF 生産活動実施可能性の検討手法の応用可能性	110
付表①	115
付表②	124
摘要	134
Summary	137
学会誌掲載論文リスト	139

第 1 章 研究の背景と目的

第 1 節 エネルギー・環境問題の現状

1. 我が国を取り巻くエネルギー資源問題

エネルギーは、国民生活や経済活動の原動力となるものであるため、エネルギー資源の確保や安定供給は太古の時代より人類にとって重要な課題であった。石炭や石油の存在は古くから知られていたが、それらの採掘は危険を極めたうえ、火力が強すぎることを理由に利用方法が限られていた。そのため、産業革命より以前の時代は、薪、炭、鯨油などの動物油、動物の糞、植物油、農作物のかすなどのバイオマスエネルギーや太陽の光・熱、風力、水力などの自然エネルギーが主要なエネルギー資源として利用されていた。

産業革命はエネルギー革命ともいわれ、これらの再生可能エネルギーに代わり、石炭が主要なエネルギー資源として利用されるようになり、さらに、20 世紀には石炭に代わって石油が重要な位置を占めるようになった。いまや私たちの暮らしは、石油をはじめ、石炭や天然ガス、LP ガスなどの化石エネルギーや原子力エネルギー、バイオマスエネルギーや自然エネルギーなどの再生可能エネルギーによって、多岐にわたり支えられている。

一方、かつて我が国が経済成長によりエネルギー消費量を年々増加させていったように、爆発的な世界人口の増加や新興国の経済成長により、世界のエネルギー消費量は年々増加を続ける状況にある。しかし、世界のエネルギー供給を主に支えている化石エネルギーは有限である。すでに、その可採年数や埋蔵量の試算の結果、近い将来に枯渇する予測がなされており、世界規模でのエネルギーの需給関係の逼迫が危惧されている。

そのような情勢のなか、我が国では 1970 年代のオイルショックをきっか

けとして産業部門の省エネルギー化や省エネルギー型製品の開発が進み、エネルギー消費のある程度の抑制は果たせたものの、快適さや利便性の追求により、エネルギー消費量は全体的には増加傾向にある。2011年度からは東日本大震災以降の節電意識の高まりなどによって多少減少傾向にあるが、エネルギー消費量の全体的な増加傾向に対しては歯止めがかからずにいる。

自給率という指標で我が国のエネルギーの動向を見てみると、時代の変化に伴う主要なエネルギー資源の転換により、1960年には58%であった我が国のエネルギー自給率は、2012年には6.0%にまで低下した(図1-1)。このことは我が国のエネルギーの需給状況が世界各国のなかでも最低な水準に達したこと示しており、海外の資源に大きく依存することによる我が国のエネルギー供給体制の根本的な脆弱性という構造的な課題を露見させた。

技術革新によるエネルギー効率の向上や、人口減少と高齢化の急速な進行という状況を背景に、我が国のエネルギー消費構造は今後も変化していくことが見込まれるが、有限な化石エネルギー資源の枯渇問題が目前に迫るなか、世界的なエネルギー消費の拡大等によるエネルギー資源獲得競争の激化は避けられない状況にある。資源獲得競争の激化は価格の不安定化を招く。エネルギー自給率がわずか6.0%しかない我が国のエネルギーの需給構造は、いつ危機にさらされても不思議はない局面に追い込まれている。

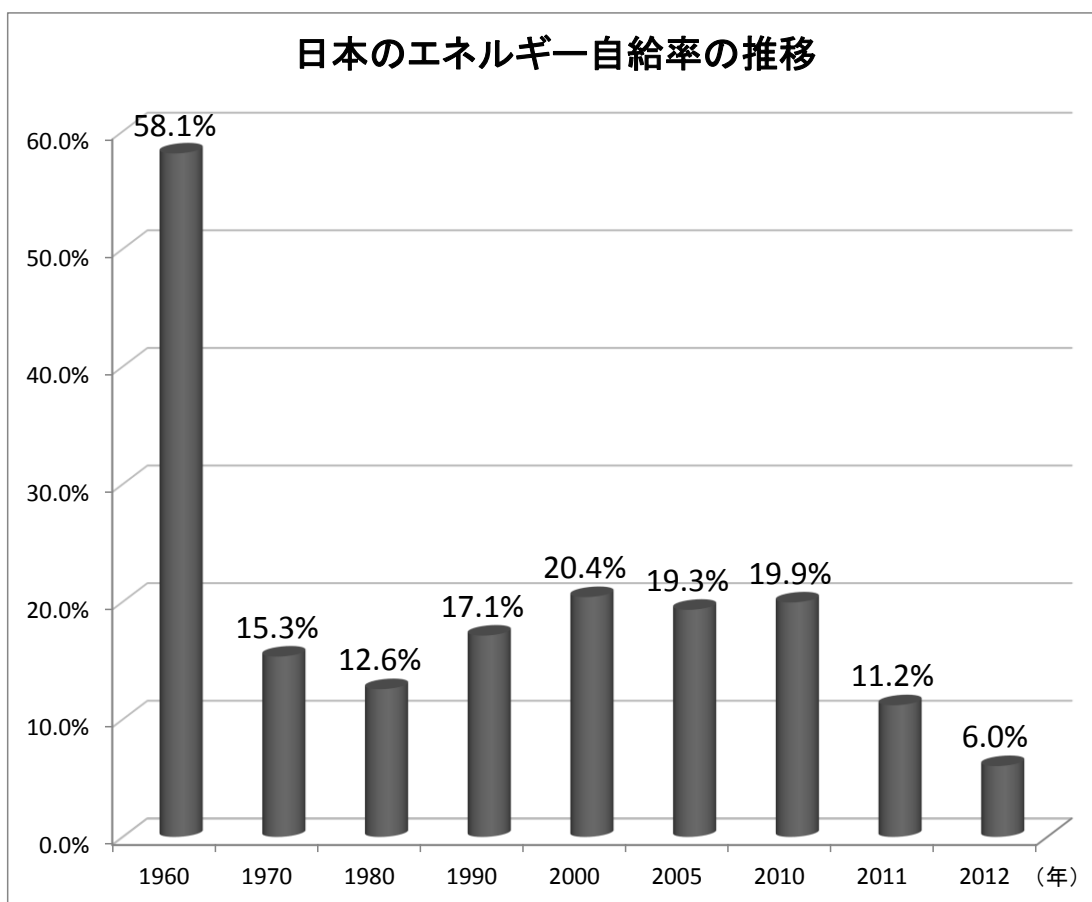


図 1 - 1 我が国のエネルギー自給率の推移

注) 資源エネルギー庁「エネルギー白書 2014」より著者作成。

2. 我が国を取り巻く地球温暖化問題

エネルギー資源問題と切り離せない問題として、環境問題がある。特に地球温暖化の問題は世界の気候が変動するほどに深刻な状況を招いており、世界中で対策が急務な問題である。

地球温暖化問題は、エネルギー資源を消費する結果発生する CO₂をはじめとする温室効果ガスの排出量の増大により引き起こされている。産業革命以降のエネルギー革命、すなわち化石エネルギーを中心とするエネルギー消費量が増大した結果、1970年代にこの問題が国際的に表面化し、科学者による調査研究や国際会議で議論する政治的なテーマとして取り扱われるようになった。1992年には気候変動枠組条約が採択され、我が国も含めた 155 か国が条約に署名するなど、地球温暖化問題への関心の高まりのもと、世界中がスクラムを組む姿勢を見せ、対応するに至っている。

地球温暖化問題を本質的な解決へと導くためには、世界全体の温室効果ガス排出量を大幅に削減することが急務である。我が国では、1990年に「地球温暖化防止行動計画」が策定され、温室効果ガスの排出抑制や吸収源対策をはじめ、様々な取り組みが推進されるようになった。1997年に我が国の京都で開催された契約国会議（COP3）において各国で具体的に取り組むべき義務が論じられ、先進国の温室効果ガスの排出削減目標について合意した京都議定書が採択されたことは記憶に新しい（発効は2005年）。京都議定書にて我が国は、1990年を基準年として第一約束期間（2008～2012年度）に平均6%のCO₂を削減することを国際約束し、達成のために法整備や具体的な施策の規定が進められた。また、今や地球温暖化対策と表裏一体の関係にあるエネルギー政策の分野でも、2002年から基本方針に「環境」がテーマとして加えられ、エネルギーに係る地球温暖化対策が推進されるようになった。こ

のような取り組みの結果、2014年の国立環境研究所の発表によると、この第一約束期間の平均値は基準年比 8.4%減となることが確定し、我が国は目標達成を果たすこととなった。

しかし、このような取り組みも虚しく、京都議定書の基準年である 1990年に 209.9 億トンであったエネルギー資源の消費によって発生する CO₂は、新興国におけるエネルギー需要の増加が顕著であったことを背景に、2011年にはその約 1.5 倍の 313.4 億トンにまで増加している（図 1-2）。今後も新興国を中心とするエネルギー需要の増加により、世界全体のエネルギー起源の CO₂排出量は増加傾向にあると推測されている。

地球温暖化問題が引き起こす気候変動により、気温の上昇だけでなく、異常高温や大雨・干ばつの増加などの変化が世界中で起きている。これらの変化は、生物活動や水源、農作物に影響を及ぼし、自然の生態系や人間社会に目に見える形で現れてきつつある。また、さらなる気温の上昇は、我々の生活や生態系に深刻な影響をもたらすことが予測されている。

このような地球温暖化問題を少しでも改善していくためには、この問題の起源となるエネルギー資源の消費を見直し、世界各国で協力体制を構築し、このような状況の改善につながる活動を少しでも多く行うことが必要である。我が国においては、世界一の水準である我が国の高効率石炭火力発電技術などの我が国が誇る技術を世界に広めることから、国民全体がエネルギー問題や地球規模の温暖化問題をはじめとする環境問題に向き合うための教育の普及、さらには草の根の地域活動の推進まで、多様な努力や工夫を持ち寄り、実行していくことが重要である。

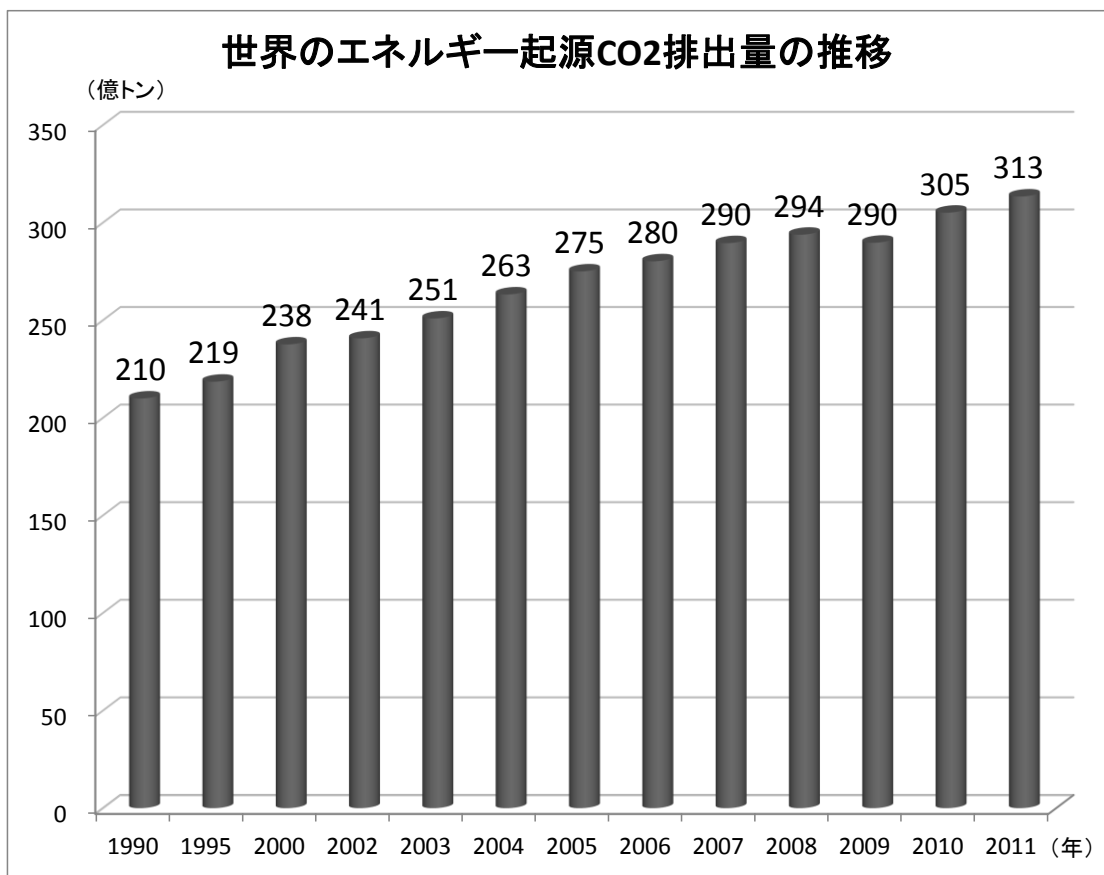


図 1 - 2 世界のエネルギー起源 CO₂ 排出量の推移

注) IEA「CO₂ Emissions From Fuel Combustion Highlights(2013~2010)」より著者作成。

第2節 地域燃料資源を利用したバイオマスエネルギー生産 の取組みと課題

1. 地域燃料資源を利用したバイオマスエネルギー生産の意義と 取組み

(1) 地域燃料資源を利用したバイオマスエネルギー生産の意義

資源・エネルギー大量消費社会のわが国において、バイオマスエネルギーが最初に注目を浴びたのは、1970年代の石油危機以降に石油代替エネルギーの一つとして提案された時であった（松田、2011）^四。現代社会において、原油の枯渇問題が原油価格高騰の大きな要因として影響することは避けられない状況にある。たとえば、小島ら（2010）^四は、今日、最も重要な環境問題の1つとして、地球温暖化を示し、地球温暖化の主原因として、化石燃料の燃焼によるCO₂の排出の問題を取り上げた。その際、化石燃料については枯渇の問題も浮上し、価格高騰が避けられない状態になっていることを指摘した。環境面からも、資源枯渇の回避の観点からも、現在のような化石燃料に依存した大量生産、大量消費といった社会のあり方を求める必要があることに言及し、このようなことを背景として、CO₂排出が少なく再生可能なエネルギーとしてバイオマスエネルギーが脚光を浴びていることを指摘した。このように、近年、エネルギー・環境問題への対応として、バイオマスエネルギーに関する取組みが全国的な広がりを見せている。

また、化石燃料の大量消費によるCO₂の排出は地球温暖化の大きな要因である。温室効果ガスであるCO₂の削減による環境負荷の低減は地球規模での課題であり、近年はカーボンニュートラルの原理からバイオマスエネルギーが注目を浴びている。バイオマスエネルギー中のCO₂はもともと原料となる植物が大気中から吸収したものであり、燃焼によって大気中のCO₂は増加し

ないため、バイオマスエネルギーを利用することで従来よりも環境への負荷を減らすことができる。

地域燃料資源を利用したバイオマスエネルギー生産は、環境負荷を低減するとともに、地球温暖化や耕作放棄地対策にも役立つ。バイオマスエネルギーの1つであるバイオディーゼル燃料(以下 **BDF** という。)は、世界各地で、原料である菜種やひまわり、パーム油やヤトロファ等が栽培され、**BDF** 生産に利用されている。**BDF** が燃料として消費されることは、カーボンニュートラルという概念からも、環境問題、特に地球温暖化対策として非常に重要な意義を持つ。我が国でも、各地で転換畑や休耕田等を活用して菜種を栽培し、食用油の製造、回収した廃食油で **BDF** を生産し、輸送用燃料や農業機械の燃料として利用するなどの多段階利用も試みられており、景観形成や地域循環システムの構築など地域づくりの観点でも意義深い取り組みとして評価されている。

中島ら(2007)^[3]は、廃食油を原料とした **BDF** の生産と利用促進は、食品のゼロ・エミッション化の推進と合わせて、CO₂ の削減、地球温暖化の防止につながるため、大きな意義を持つことを指摘した。また、廃食油を原料とした **BDF** の生産と利用促進は、循環型で持続的な社会環境システムを目指すものであるとして、それらがもつ人類的、地球的な大きな意義についても言及しており、廃食油回収を通じて市民に対して食・農・環境の教育とする必要があることを述べている。

林ら(2009)^[4]は、バイオ燃料の導入を推進するうえで、まずはバイオ燃料を導入することによる効果と問題点を列挙し、効果に関しては定量的に評価する必要があることを指摘し、評価手法を検証している。バイオ燃料の導入による効果としては、環境負荷削減効果、地域経済効果、農業振興効果、

エネルギーの地産地消効果を挙げ、その一方で、バイオ燃料の導入が原料となる農産物の新たな需要を創出することから、食用農産物との競合が発生したり農産物価格の上昇を引き起こしたりすることや、急激なバイオ燃料の拡大が国際的な農産物の急激な生産拡大をもたらし、例えば食料価格の不安定要因になったり森林から農地への土地利用変化が生態系に影響を与える可能性があること、さらには、環境負荷削減効果も懐疑的な見方があることなどを指摘した。

我が国の **BDF** においてはその原料の多くが廃食油であり、非食用バイオマスであることから、廃棄物系バイオマスが食料と競合しない非食用バイオマスであり、日常の生活環境を保全するために適正処理・リサイクルをすべき循環資源であるという点からも、循環型社会の構築に資する価値ある取り組みである。このことは、2008年に開催された洞爺湖サミットにおいても、**G8** 首脳声明として、「バイオ燃料の持続可能な生産・使用のための政策を食料安全保障と両立するものとし、非食用植物や非可食バイオマスから生産される第二世代バイオ燃料の開発・商業化を加速」することが宣言された。なお、この背景には、世界的なバイオマスエネルギーの生産が穀物価格の高騰を招く事態を引き起こしたことが大きく影響している。廃食油を原料として生産される **BDF** は、第二世代バイオ燃料であるという点でも意義深い。

また、地域資源を有効活用するだけでなく、地域における環境意識の啓発や環境教育への応用など、地域で活動する様々な関係機関や団体が一体となって展開することで、より大きな地域活性化へとつながる可能性も期待できる。

たとえば、愛媛県にある道後温泉のエコプロジェクトでは、旅館・ホテルで環境保全への取り組みをアピールするため送迎車を **BDF** で走らせたり、

ある旅館では、廃食油と引き換えに日帰り温泉入浴を無料サービスしたりしている。このプロジェクトは、エコに配慮することによる旅館・ホテルの格上げというブランディングを目的とした面もあり、廃食油提供者の無料入浴ついでの喫茶利用、地域住民による知人への宿泊施設紹介、廃食油と引換えの無料入浴者の別機会における有料入浴等、結果的に集客やリピート客の獲得につながり、地域経済の活性化に貢献している。

そのような観点から、昨今では、全国的に BDF の生産が行われており、全国バイオディーゼル燃料利用推進協議会の発表によると、バイオマス・ニッポン総合戦略が改定された 2006 年に年間 5,000kl であった生産量は、4 年後の 2010 年には 20,000kl と 4 倍に急増するなど、全国的に国産バイオ燃料の本格的導入が推進されており、BDF の生産量が拡大している。また、生産した BDF の流通は、地域内において十分な需要が見込まれる場合、地域内流通を優先した方が輸送コストや環境負荷低減につながるため、BDF はまずは地域内で有効活用する方が望ましいと考えられる。

(2) 地域燃料資源を利用した BDF 生産の取組み

そもそも、ディーゼル燃料そのものは 1893 年にドイツのディーゼルによって「合理的熱機関の理論と構造」という論文でディーゼルエンジンの理論的考察結果が発表されたのを機に、世界中で研究がなされてきたという背景がある。当時の燃料はバイオ燃料の一種であるピーナッツ油を用いており、その後軽油、重油が主たる燃料となっていきながらも、現在までにバイオ燃料はパーム油、大豆油、菜種油、ひまわり油、ヤトロファ油など、世界各地で広がりを見せてきた。

国際的にバイオマスエネルギーの生産・消費の拡大活動を先行して行って

いるのはディーゼル車のシェアが多く、広く普及している EU である。EU では、2020 年までに輸送用燃料の 10%をバイオマスエネルギーおよび再生可能エネルギーとする目標が掲げられている。また、EU では 1992 年に生産過剰に伴う休耕地政策が導入されたが、農業政策が改革され、休耕地を活用するために休耕地でのエネルギー作物の生産が可能となったり、休耕地以外でのエネルギー作物の生産に対して奨励金が支給されたりするなど、エネルギー作物の生産が奨励され、菜種を中心としたエネルギー作物由来のバイオマスエネルギーの生産量が急激に増大していった。図 1-3 は、EU の主要バイオマスエネルギーである BDF の生産量の推移を示したものである。

我が国の状況に目を移すと、バイオマスエネルギーの原料は、木質系・農業残さ系・家畜排せつ物系・下水汚泥系・食品廃棄物系・微細藻類系に大別される。これらのなかからバイオマスエネルギーの原料として最も利用されるのは廃棄物系資源である。なぜなら、廃棄物系資源は、適切に処分することが義務付けられており、処分コストや環境負荷低減のために有効活用され、エネルギーとして利用されるためである。

特に、我が国ではバイオマス・ニッポン総合戦略(2002年12月閣議決定、2006年3月改定)により、化石燃料の代替エネルギーとしてバイオマスの利用が積極的に推進された経緯があり、資源循環型社会の形成や地球温暖化防止に向けたさまざまな取り組みが行われてきた。

さらに、昨今の原油価格の高騰を背景にエネルギー・環境問題、とりわけバイオマスエネルギーに関する取り組みは全国的な広がりを見せている。京都議定書での国際約束を果たすことも大きな契機となり、国産バイオマスエネルギーの本格的導入、利用促進に向けた施策が急速に進展した。そのような経緯のもと、我が国においてもバイオマスエネルギーの1つとして大きな

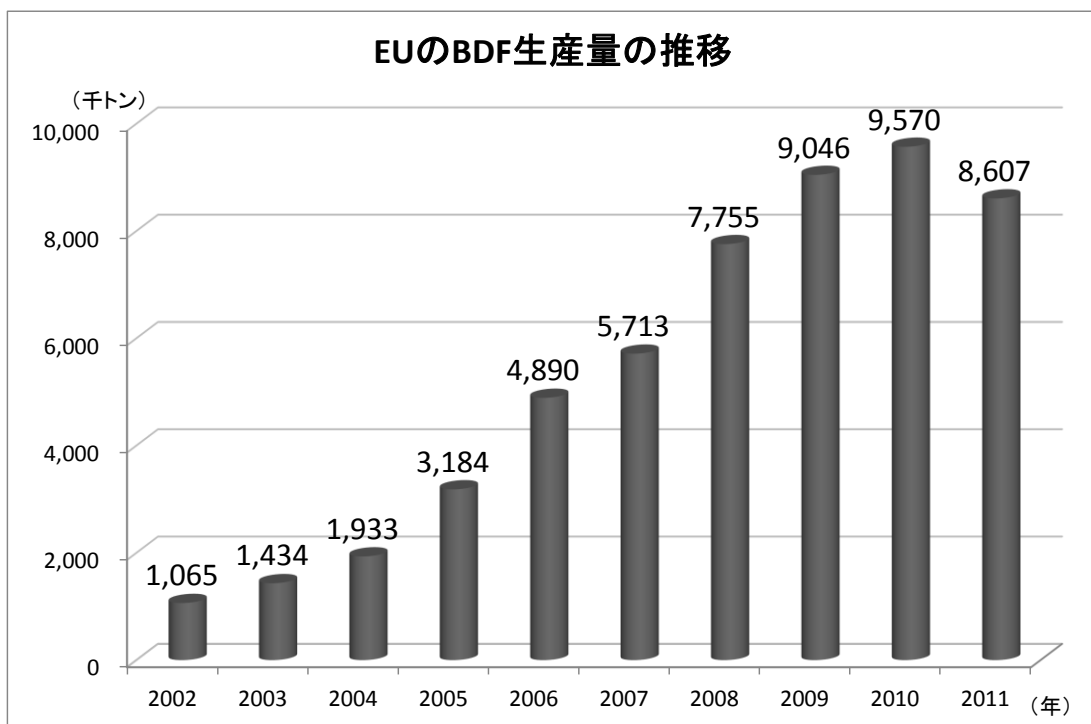


図 1 - 3 EU の BDF 生産量の推移

注) European Biodiesel Board 「Statistics」 より著者作成。

注目を浴びたのが **BDF** である。**BDF** については、国外では菜種やひまわり、パーム油やヤトロファ等が、国内では使用済みの天ぷら油等の廃食油が主な原料とされている。我が国では輸送用燃料として **BDF** の普及拡大が推進されており、2006 年の 5,000kl/年から 2010 年には 4 倍の 20,000kl に急増するなど、**BDF** の生産量は拡大傾向にある（図 1 - 4）。

我が国におけるバイオマスエネルギーの生産状況について **BDF** を中心に見てきたが、我が国特有の取り組みであり、エネルギー資源問題の観点からも、地球温暖化問題の観点からも、さらにはカーボンニュートラルな植物由来の資源であり、なおかつ食料と競合しない非食用バイオマスであり、日常生活環境を保全するために適正に処理・リサイクルを推進すべき循環資源の廃棄物系バイオマスでもある廃食油の有効活用による **BDF** 生産の取り組みは有意義である。たとえば、黄海ら（2002）⁴は、化石燃料の大量消費による地球温暖化が大きな問題となりつつあることを踏まえたうえで、限りある化石燃料に頼ることよりは、今まで捨てていたものを再活用する廃食油リサイクルに積極的に取り組むことの重要性を指摘した。そこで、この意義深い **BDF** 生産の具体的な取り組みについて、詳述する。

我が国の **BDF** 生産において原料として利用される廃食油全体のリサイクル状況は、どのようになっているのだろうか。農林水産省資料（国内食用油年間消費量、飼料用油脂使用量）等をもとに全国油脂事業協同組合連合会が推計した調査結果（図 1 - 5）によると、国内食用油の年間消費量は 229 万トンであり、廃食油の年間発生量は約 45 万トン程度と推定されている。JAS 規格および日本国温室効果ガスインベントリ報告書によると、国内食用油および廃食油の比重は約 0.9t/kl であるため、体積に換算するとそれぞれ国内食用油の年間消費量は 254 万 kl、廃食油は約 50 万 kl 程度となる。

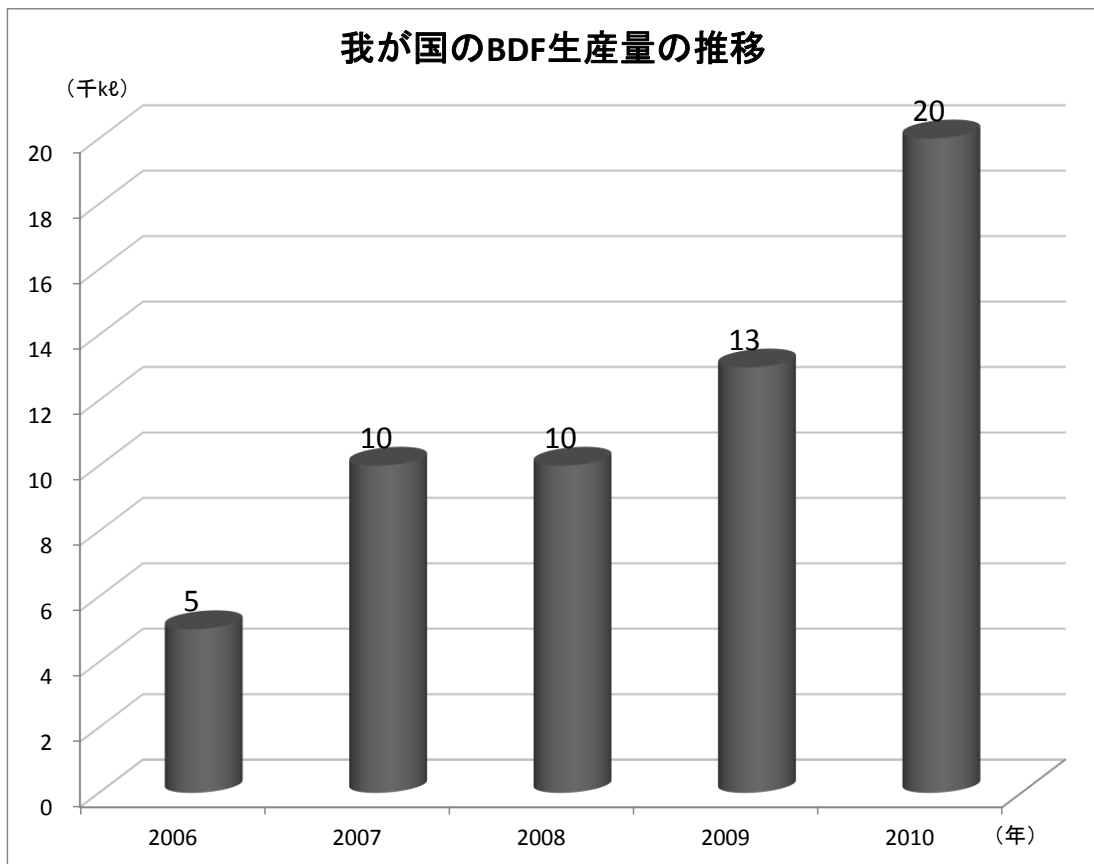


図 1 - 4 我が国の BDF 生産量の推移

注) 経済産業省「平成 25 年度税制改正要望ヒアリング説明資料 (全国バイオディーゼル燃料利用推進協議会)」より著者作成。

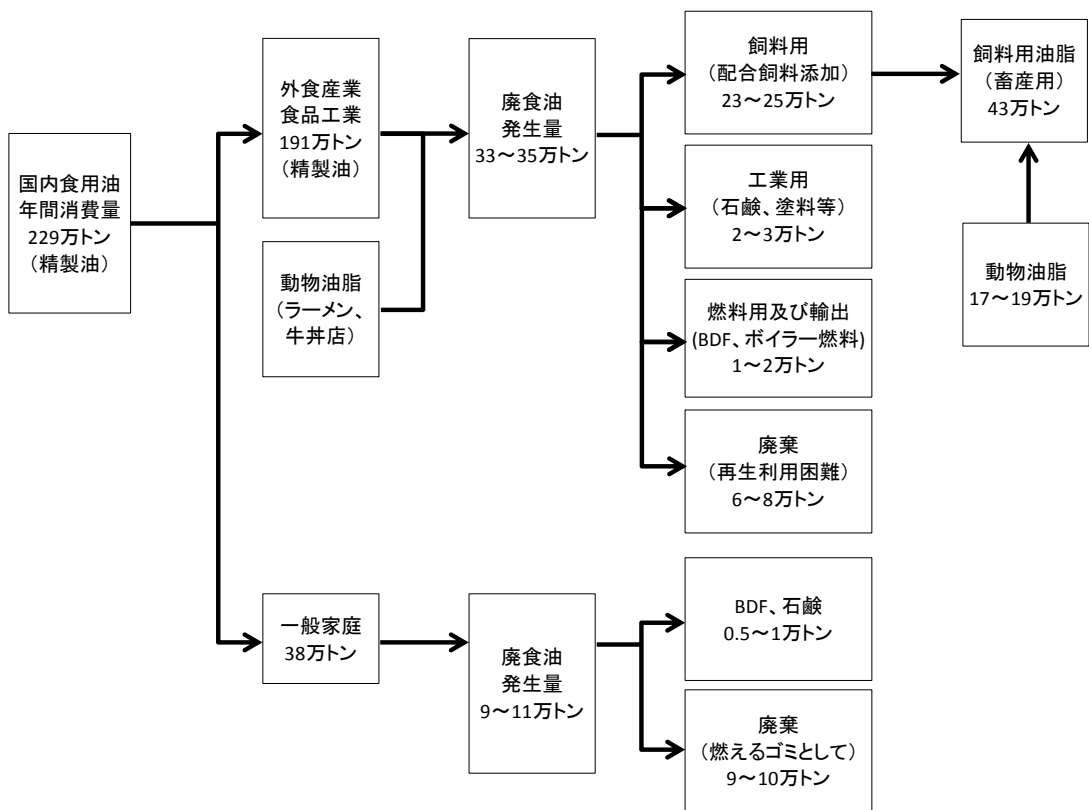


図 1 - 5 2013 年版廃食油のリサイクルのフロー

注) 全国油脂事業協同組合連合会「平成 25 年版 UC オイルリサイクルの流れ図」より著者作成。

我が国の BDF 生産の取り組みを振り返ると、中村（2006）^[6]は、家庭用廃食油の回収の現状と課題について、京都市の市民運動を事例として取り上げ、市内の廃食油の潜在回収量は、回収拠点の設置密度によって変化することを指摘した。中村のシミュレーションによると、市内約 800 拠点、すなわち約 300 世帯に一か所の設置密度であれば、京都市全域で年間約 45 万ℓの回収が見込まれ、さらに約 20 世帯に一か所の設置密度にまで高めると、約 150 万ℓの潜在回収量が見込めるとした。さらに、日本植物油協会の統計結果によると、年間 110 万トン（122 万 kℓ）前後の食用植物油を消費していることに加え、家庭用食用油の販売量が、生産される食用植物油全体の 40% であること、食用植物油の廃棄率が 30～40% であることから、我が国全体の廃食油の発生量は約 33～44 万トン（37～49 万 kℓ）であり、この発生量は有効利用に向けては小さくない潜在量であることを指摘した。

また、我が国で流通している軽油量は 3,344 万 kℓ（2012 年、JX 日鉱日石エネルギー株式会社調べ）であるため、すべての廃食油由来の BDF で軽油を代替することができれば、7.6%（ $= (254/3,344) \times 100$ ）をまかなうことができ、廃食油の有効利用は、エネルギー自給率の向上に少しでも貢献できるという点で重要である。

飯島（2007）^[7]は、BDF 導入の現状について、2007 年に施行された揮発油等の品質の確保等に関する法律で軽油への混合上限を 5% と規定したことや、取組みとして京都市等の自治体で市内の廃食油を原料とした BDF の利用が進められていること、地域の NPO や民間企業等においても同様の取組みが進められており、地域に密着した事例が多いことのほか、同年、京都市等を中心として「全国バイオディーゼル燃料利用推進協議会」が設立され、BDF の普及に向けて全国的に動き出していることを紹介した。

澤山（2010）^[8]は、廃食油を原料とした BDF の生産事業者の取り組みについて紹介し、地域における廃食油回収の多彩さを明らかにした。東京都の（株）ユーズは、我が国で最も早く廃食油から BDF の生産を始めた（有）染谷商店からスピニアウトして 1997 年に独立開業した廃食油回収専業会社である。同社は、ホテルや大手飲食チェーンなどを主要顧客として、年間 1,200t 以上もの廃食油回収を専門に行っている。2007 年には全国で発生する廃食油のうち、少なくとも 1 割は東京に集中していると予測し、東京中の廃食油を回収するシステム構築を目指して「TOKYO 油田 2017」プロジェクトを開始した。その結果、各地域の飲食店等に対して家庭からの廃食油の回収拠点になることを依頼し、100 か所以上まで回収拠点を広げたことを説明している。

滋賀県の油藤商事（株）は、地域の中で資源循環させるのが「本当のゼロエミッション」であるとして、ガソリンスタンドを運営しながら廃食油を回収し、BDF を製造・販売してきた。同社は 1997 年から週 2～3 回 100 か所余りから毎月 6～7kl の廃食油を回収し、BDF を自社生産している。事業所からの回収が多いが、家庭からも回収している。同社は B5^{注1)} を製造・販売することによって、一般のガソリンスタンドとの差別化を図り、「環境にやさしいバイオ燃料」を求めて遠方からでもわざわざ訪れる新規顧客の獲得に成功している。製造コストを考えると持ち出しであるが、結果として B5 燃料の 95%を占める軽油の販売量が増えたため、コストの負担を容認している。

京都市の（株）レポインターナショナルは、1995 年に発足した環境保全ボランティア団地「地球の環境を守る会」が母体である。同社は小学校などの公共施設から廃食油回収を始め、1997 年には京都市から委託業務を受け、自治会等の協力を得て一般家庭からの回収をスタートさせた、1999 年に株式会

社化した。2007年には元 FI レーサーの運転により同社製造の B100 を燃料として「リスボンダカールラリー」をラリー・カーが完走したことから話題になり、回収拠点も急増した。2009年3月現在、近畿・中部・関東で毎日18klの廃食油を回収している。

2007年には BDF 生産の動きを後押ししようと、農林水産省は「バイオディーゼル燃料地域利用モデル実証事業」を開始した。この事業を利用して、兵庫県の西播通運（株）が中心となり、「相生市環境エネルギー化プロジェクト協議会」が設立され、BDF 生産事業を開始した。回収先は飲食店や福祉施設等が中心であるが、大きな事業所などに対してはすでに既存の処理業者が回収を行っているので、小規模な飲食店などから2円/ℓでの買い取りも行っている。家庭からの回収についても、婦人会などに収益を一部還元している。また、子どもたちと一緒に休耕田で菜種を栽培し、菜種栽培により支給される補助金の活用も視野に入れ、食用油として利用のうえ、廃食油を回収する計画も進めている。

また、BDF 普及のための地域的な取り組みとしては、愛媛県の B 社が実施する「日本油田化プロジェクト」と称する、ホテル・飲食店・病院・食品会社・小売店など事業活動に伴い廃食油を排出する事業者や、取組に理解のある銀行・公民館・市役所・学校などに廃食油回収 BOX を設置して回収するプロジェクトを推進している。また、道後温泉など地域の温泉旅館等と連携した取組みも実施しており、温泉旅館 Y 社では500ml以上の廃食油を持参した顧客に対して、3名までの日帰り温泉入浴を無料としたり、宿泊料金を1人につき500円割引したりしている。また、同地域では、複数のホテルや旅館が送迎車で BDF を使用しており、地域ぐるみで廃食油の回収および BDF の利用拡大の取組みを行っている。

さらに、我が国の **BDF** 生産の政策的な取り組みを振り返ってみたい。我が国においては、地球温暖化防止、循環型社会形成、戦略的産業育成、農山漁村活性化等の観点から、農林水産省をはじめとした関係府省が協力して、バイオマスの利用推進に関する具体的取り組みや行動計画である「バイオマス・ニッポン総合戦略」が、2002年に閣議決定された。この戦略は、策定後のバイオマスの利用状況や、2005年の京都議定書発効等の情勢の変化を踏まえて2006年に見直しが行われ、「新たなバイオマス・ニッポン総合戦略」として国産バイオ燃料の本格的導入、利用促進に向けた施策の急速な進展へとつながった。

「新たなバイオマス・ニッポン総合戦略」では、①バイオマスの利活用についての国民の理解の増進、②バイオマス由来の輸送用燃料（すなわちバイオエタノールや廃食油由来の **BDF**）の導入、③バイオマスタウン構想の本格化、④バイオマス利活用技術の開発、⑤バイオマス製品・エネルギーの利用の増進、⑥アジア諸国等海外との連携、という6つの具体的指針が示された。特に、バイオマスタウン構想は2005年から始まった取り組みであるが、2006年の改定時には全国35地区にすぎなかったバイオマスタウンだが、2010年には全国300地区まで拡大する目標が掲げられ、結果として、バイオマスタウンは318地区にまでに広がった。この318地区のうち254地区が様々な取り組みを複合的に行うなかの1つとして、廃食油を利活用した **BDF** 化に取り組むこととなった。これは、バイオマスタウンのうち実に80%を占めている。

バイオマスタウン構想は、図1-6に示したように、域内のバイオマス資源を総合的に利活用するシステムの実現を目指して、市町村が中心となって策定するものである。具体的には、対象地域、実施主体、地域の現状、バイ

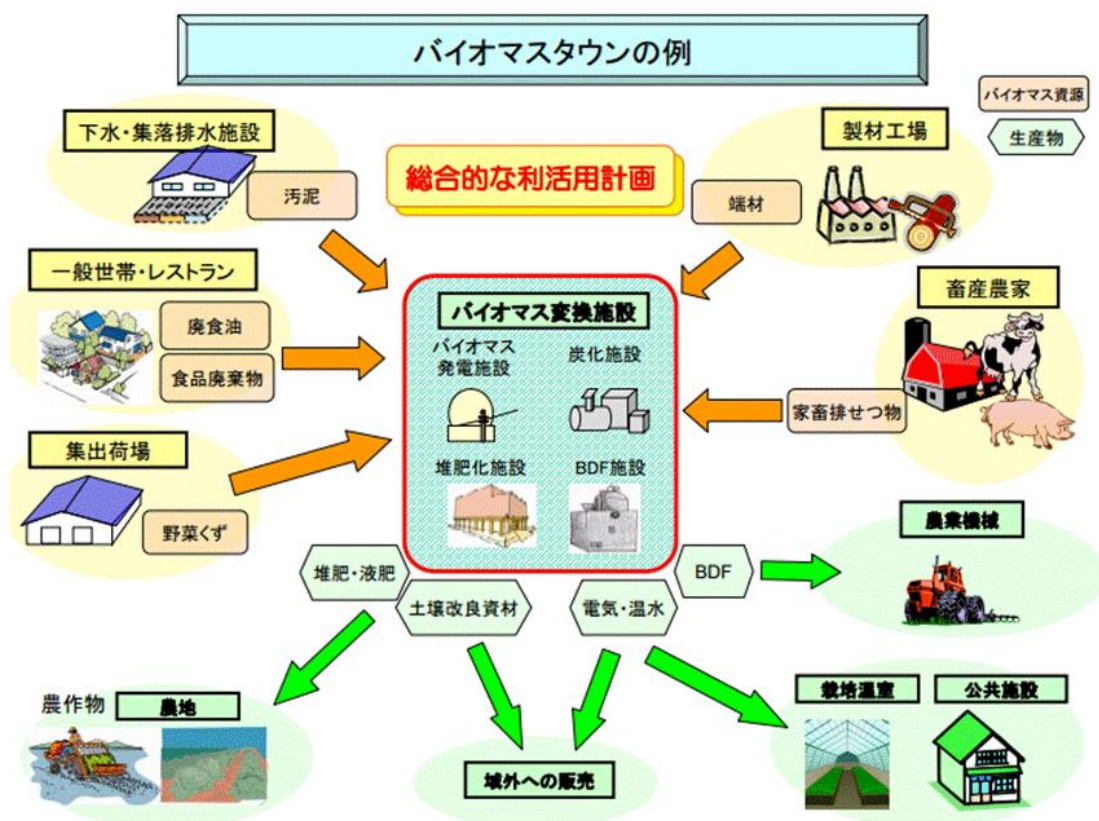


図 1 - 6 バイオマスタウンの構想事例

注) 農林水産省ホームページ「バイオマスタウンの例」より引用。

引用元 URL : http://www.maff.go.jp/j/biomass/b_town/pdf/bt04.pdf

オマスの利用方法、推進体制、取組工程、目標と効果、検討状況、賦存量と利用の現状、これまでの取組等を市町村が取りまとめ、所管の地方農政局に提出し、それをバイオマス・ニッポン総合戦略推進会議（事務局：農林水産省環境バイオマス政策課）で検討し、基準に合致していればバイオマスタウン構想として公表されるもので、バイオマスタウンに認定されれば、実現のための様々な支援を受けることが可能になる。

熊谷（2014）^[9]は、2007年度に発足した中播磨地域 BDF 普及促進協議会が行ってきた家庭を主とした BDF の普及促進に係る継続的な 5 年間の取り組み結果をまとめている。そのなかでは、廃食油の回収と BDF の利用を行うモデル地域と、非モデル地域との比較を行い、家庭用廃食油を由来とする BDF の普及に効果が期待できる取り組みとして、①給食センターの廃食油を回収するシステムを採用すること、②スーパーや役場、小学校等の住民が立ち寄りやすい場所に回収ボックスを設置し拡大すること、③啓発活動を行い、環境意識をもった世帯をはじめ地域住民に理解を促すこと、等の指摘を行い、今後のさらなる普及策として、①幼稚園や小学校など環境教育・学習の取り組みと連携させることのできる廃食油回収拠点を増やすこと、②BDF 利用量が十分でない場合には、地域内の給食配送車やゴミ回収車の燃料として BDF を利用すること、③ごみ問題の学習の際にリサイクルと関連させて学ぶ教材として BDF を扱うこと、④農機具の燃料としての利用や新型エンジンでも利用可能な精製技術の導入を行うこと、等の提案を行っている。

このように我が国をあげての政策により、廃食油の有効利用による BDF の生産活動は推進された。その結果、BDF は地域の廃食油および菜種等からつくられる地域循環型の市民の熱意に支えられたエネルギーとして期待を高めることとなった。廃食油の有効利用による BDF の生産活動は、すでに多

くの自治体で根付いている取り組みでもある資源循環、CO₂削減、河川の汚染防止、地域コミュニティの活性化、バイオマス産業振興など持続可能な社会形成に大きく寄与するものとして一定の理解を得ることができた。また、注目される新たな視点として、2011年に発生した東日本大震災を受けて、地域資源を活用した自立・分散型エネルギー源の強化が急務であることが明らかになったことから、BDFは自立・分散型の地域エネルギーとしても見直されるようになった。また、エネルギー・セキュリティの観点からも、BDFは重要な役割を果たすものであると位置づけられるようになった。

2. BDF 生産に関する課題

一方、我が国においては、BDF生産の取組みに関する課題も多く残されている。事業用廃食油は、外食産業や食品工業などの規模の大きい場所ではほとんどが回収され、再生工場で精製・調整し、各用途に利用され資源リサイクルにも大きく貢献している。事業用廃食油利用の内訳としては、飼料用油脂が約7割を占め、その他に石鹼や塗料などの工業用油脂が約2割、BDFやボイラー等の燃料用及び輸出用が約1割となっているが、6～8万トンの廃食油は再生利用が困難などの利用から廃棄されており、利用されていない状況にある。一方、家庭用廃食油の場合、リサイクルされている廃食油の利用量は1割程度にすぎず、そのほとんどである9～10万トンが利用されず、廃棄されている状況にある。

もし、廃食油が完全利用できたとした場合には、現在廃棄されている15～18万トンの廃食油から生産可能なBDFは、廃食油からBDFを生産するには容積及び重量がそれぞれ0.9倍となることを考慮すると、BDFの重量では13～16万トン、BDFの容積は15～18万klとなる。

かりに、すべての廃食油から BDF を生産すると、我が国における可能な BDF 生産量は約 45 万 kl であり、これは、現在年間 4,000 万 kl が消費されている我が国の軽油量の約 1.3%にあたる。ただし、この数値は B100 すなわち BDF 含有量が 100%の燃料を使用する場合の数値である。改正揮発油等の品質の確保等に関する法律（品確法）の施行により、混合率 5%を超えるバイオ混合軽油は、試験研究のための特例措置を受けた場合を除き使用することはできないため、品確法による制限のない B5 に換算すると、900 万 kl、つまり軽油消費量の約 22.5%にあたる B5 を生産できることが可能になる。しかし、現在は廃食油の年間発生量約 45 万トンのうち、その約 3 分の 1 が有効利用されずに廃棄されている状況にある。

廃食油由来の BDF 生産の実態を振り返ると、我が国においては、バイオマス・ニッポン総合戦略によって推進されたバイオマスタウンを構築する自治体や、民間の廃油処理事業者等によって、廃食油の有効利用が担われている状況にある。一方、自治体による取り組みは、環境意識の向上を目的とした小規模なものが多く、また、廃油処理事業者による取り組みは事業者向けの大規模なものとなっている。燃料の用途としては輸送用に使用されており、小規模プラントでは自家消費し、大規模プラントでは、自治体や運送会社等に販売して消費している。また、家庭からの廃食油の回収は市民のボランティアや自治体の活動として無償で行っていることが多く見られる。その結果、事業用廃食油は発生量の約 8 割が BDF として有効利用されているものの、家庭用廃食油は発生量の約 1 割しか有効利用が進んでいない事態を招いている。

これまで、BDF の生産活動に関する研究はいくつか行われており、たとえば、山根（2003）^[10]は、日本では年間約 260 万トンの食用植物油が生産され

ているが、その原料のほとんどが輸入であり、欧米のように農作物から直接 BDF を生産する可能性は少なく、BDF の原料として廃食油が使用されていることを指摘した。また、その活動の 1 つとして、滋賀県発信の「菜の花プロジェクト」があり、これをきっかけに休耕田での菜の花栽培、搾油、食用油での利用、その廃食油の燃料化による資源循環型社会システムの構築と BDF 促進が全国に広まっていることを紹介した。しかし、年間約 50 万トンほど発生する廃食油の半分は廃棄され、廃食油の有効利用を通じた BDF 生産が普及しているとはとてもいえない状況にあることを指摘した。

中村 (2006) ^[11]は原料となる廃食油の回収から燃料化、燃料製造過程における廃棄物の再資源化までの一連の工程を概論的に明らかにし、吉本・木下 (2009) ^[12]は生産した BDF の燃焼特性について、高効率・低汚染燃焼させる方法を明らかにした。一方、中村は 5,000ℓ/日の BDF 生産能力を持つ京都市営の大型製造装置による取り組みを対象としているが、その採算性については触れていない。吉本も技術的な言及にとどまっており、課題として精製レベルを上げるほどに製造コストが上がることを示している。

また、泉谷 (2010) ^[13]は原料である廃食油確保の観点から、すでに廃食油の調達が地域内で競合状態にあることを示し、BDF 事業参入時の設備に対する大きな投資はリスクが高いことを指摘した。しかし、製造装置の導入については小型の施設をリース形態で試験的に始めることが低リスクで望ましいとの言及にとどまっており、具体的導入方策は提示されていない。

平良ら (2008) ^[14]は実証試験を踏まえたコスト試算等による事業化の検討から、BDF 事業が地域における取組として有効であることを示したが、調査対象を事業所に限定しており、家庭系廃食油については言及していない。

NPO 法人バイオマス産業社会ネットワークは『バイオマス白書』を毎年発

行しているが、バイオマス白書 2008（NPO 法人バイオマス産業社会ネットワーク、2008）^[15]では、「過大な能力の製造施設を建設し、原料が集まらないケースも見受けられる。」という指摘がされており、その 5 年後のバイオマス白書 2013（NPO 法人バイオマス産業社会ネットワーク、2013）^[16]でも「地域のバイオマス賦存量またはあるいは関係業者へのアンケートなどによる利用可能量をもとにプラントを設置すると、様々な理由から見込んだだけの資源が集まらないために稼働率が上がらず、不採算となる場合もある。」と指摘されている。

このような失敗を回避するためには、活動を始める前は地域内での廃食油調達可能量がわからないうえ、実際の取引事例を踏まえると、地域によっては、廃食油の調達量によって廃食油調達費用（価格）が変化する可能性があることや、廃食油の供給量（生産主体にとっての調達量）または BDF の需要量が少ない場合には、活動の採算が採れない可能性があることを念頭において、事前に BDF の生産工程を十分に把握し、事業の推進体制を確立して、できるだけ現実的な前提条件の下で BDF を生産するために必要な費用を把握するとともに、BDF 需要量と廃食油供給量の両方を十分に考慮したうえで、赤字にならない条件下での BDF 生産活動の実施可能性を事前に検討することが重要である。

泉谷（2010）^[13]は、廃食油を原料とした BDF の事業で問題となる原料調達段階での課題について青森県での調査結果をもとに考察し、その結果、廃食油の民間業者への処理「委託」が全体として進んでいること、比較的廃食油の回収が容易な大量排出事業者は何らかの形で民間業者に処理を「委託」している場合が多く、それが進んでいないのは廃食油の回収に手間と費用がかかる小規模排出事業者であることを明らかにした。そのため、泉谷は、こ

れから新しく **BDF** 事業を始める事業者にとっての廃食油調達先は小規模排出事業者が中心になることを指摘している。

以上のように、大規模事業者が排出する廃食油の回収はすでに進んでいる場合が多いが、回収効率が低い小規模事業者や家庭から発生する廃食油の回収は進んでいない場合が多いことが指摘されている。また、図 1-5（前出）と図 1-7 を比較した表 1-1 をみると明らかなように、廃食油の **BDF** 化が推進され始めた 10 年前から、廃食油の発生及び **BDF** 化の構造は、ほとんど変化がない状況である。したがって、廃食油の有効利用を通じた **BDF** 生産は、まだ拡大の余地があると考えられ、廃食油の有効利用の推進は、今後も取り組みを要する課題として残されている。

また、廃食油から **BDF** を生産する際には、**BDF** 需要量及び廃食油供給量を的確に考慮して、採算性が十分見込まれることを確認したうえで、**BDF** の生産が必ずしも行われているわけではない。事前に **BDF** 需要量や廃食油供給量を的確に把握しないと、**BDF** 生産活動がうまく継続できない可能性がある。たとえば山口県の西部に位置する **H** 社は、障がい者の新たな就労分野としての期待の下、社会貢献事業として **BDF** 事業に参入し、1 回あたりの廃食油処理量が 100ℓ の **BDF** 製造装置を導入したが、導入後数年で手放したという事例がある。この場合、撤退の要因としては、当初の廃食油調達目標量の実現可能性や採算をとることを可能とするのに必要な廃食油調達量の的確な把握が不十分であったため、実施可能性の検討も十分ではなかったことが挙げられる。このため、**BDF** 生産活動の経済的採算性の検討も重要な課題であるといえる。

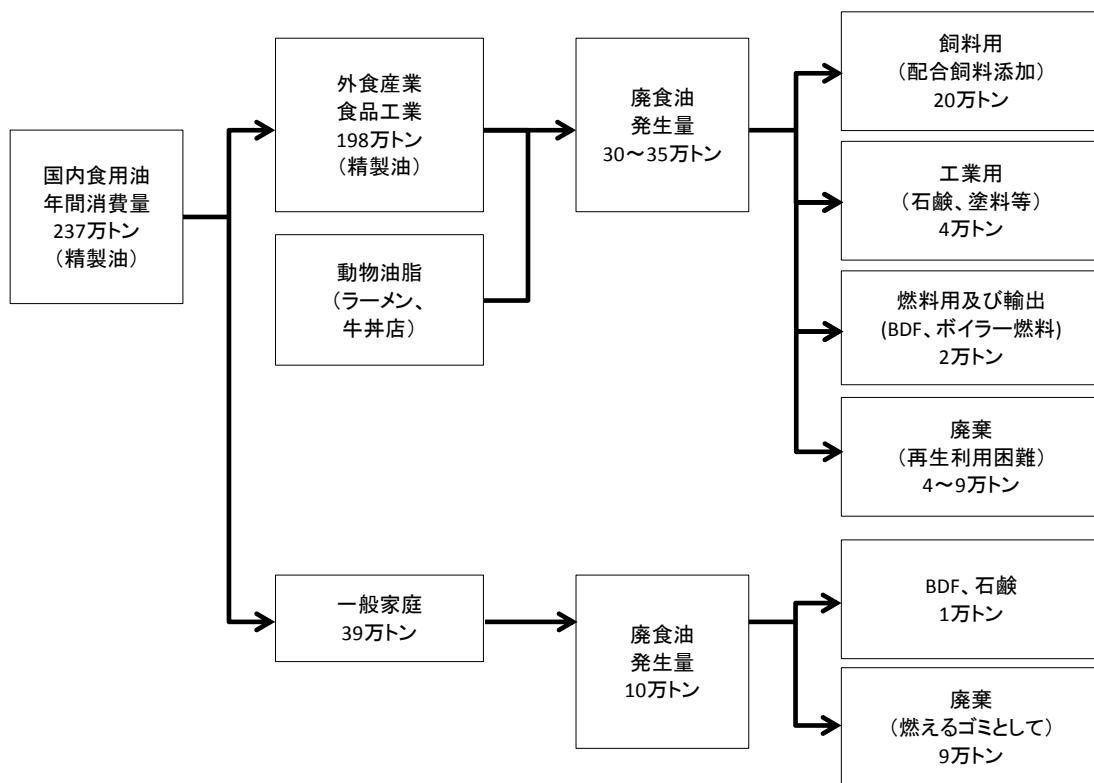


図 1 - 7 2004 年版廃食油のリサイクルのフロー

注) 全国油脂事業協同組合連合会「UC オイルリサイクル (廃食用油脂) の現状」より著者作成。

表 1 - 1 2004 年及び 2013 年の廃食油のリサイクル状況の比較

単位: 万トン

年度	国内食用油年間消費量													
	外食産業・食品工業消費量								一般家庭消費量					
	廃食油発生量								その他	廃食油発生量				その他
	飼料用	工業用	燃料用 輸出	廃棄	BDF 石鹼	廃棄								
2004	237	198	30 ~35	20	4	2	4 ~9	163 ~168	39	10	1	9	29	
2013	229	191	33 ~35	23 ~25	2 ~3	1 ~2	6 ~8	156 ~158	38	9 ~11	0.5 ~1	9 ~10	27 ~29	

注) 図 1 - 5, 図 1 - 7 より著者作成。

第3節 研究の課題

前節で指摘したように、BDFの生産事業では、事業実施主体がBDFの生産工程を十分に把握し、事業の推進体制を確立して、できるだけ現実的な前提条件の下でBDFを生産するために必要な費用を把握するとともに、BDF需要量と廃食油供給量の両方を十分に考慮した上での採算可能性を検討し、実現可能な計画を立てることが重要である。また、BDFの需要量に対して廃食油の供給量が少ないという実態を鑑み、できるだけ多くの廃食油を供給してもらうための方策を検討することも重要である。しかし、BDF生産活動に関する既存研究をみると、BDF精製に関する技術的なものや概論的なものが多い。精製やエネルギー効率等の技術的なものは多くの化学的アプローチによる研究がなされており、現在ではディーゼル車の軽油代替燃料として十分通用する品質のBDFが提供できるまでになっている。概論的なものでは、廃食油由来のBDFを活用することについての課題整理や、循環利用に関する研究がなされてきた程度にすぎない。そのため、廃食油を原料としたBDF生産活動を地域内の資源循環活動として捉え、地域内のBDFの需要と廃食油の供給という両方の観点に基づいて、回収した廃食油からBDFを生産する活動の可能性を検討する手法までは十分研究されていない状況である。そこで、本研究では以下の課題を設定し、第2章以降で扱うものとする。

(1) 地域内の廃食油を原料としたバイオディーゼル燃料生産活動の実施可能性検討手法の開発

これまでみてきた既存研究には、地域の中でBDFの需要と廃食油の供給に関する調査分析は十分に見当たらない状況にある。しかし、BDF生産活動が地域の中で定着していくためには、BDFの需要と廃食油の供給という両サ

イドから、両方のニーズを的確に考慮して採算性を検討することが重要である。たとえば、愛媛県松山市では、廃食油の供給量が少ないために、廃食油の争奪戦が起きている。著者がヒアリングした B 社では 1ℓ1 円で事業系の廃食油の買取を行っていたが、エリアや業者によっては 1ℓ10~14 円で事業系廃食油が取引されていることもある。BDF に対する需要と供給のバランスが買取価格に影響を与えており、このことは廃食油を原料とする BDF の生産活動の採算性問題に直結する。採算可能性を十分に検討しないままに BDF 生産活動を開始し、途中で採算性が折り合わずに失敗しないよう、採算可能性について検討することは重要である。

ただし、既存研究をみると世帯主の年代毎における家庭系廃食油の賦存量の算出方法は確立されてきているが、価格との関連で廃食油の供給可能量や BDF 需要量を事前に的確に把握したり、その結果に基づいて、採算可能な生産活動を検討するための手法も確立していない。

そこで、本研究では、第 2 章において、地域内の廃食油を原料とした BDF 生産活動の実施可能性を、経済的採算性の有無や、採算性が認められる場合には、地域内の廃食油提供者や BDF 需要者が得ることのできる便益（廃食油提供者余剰と消費者余剰の合計額）の最大化を実現する観点から検討できる手法を提示する。また、その検討手法を山口県長門市における BDF 生産活動の実施可能性の有無を検討する。

長門市は、家庭用廃食油についてみると、これまで廃食油の回収や BDF の調達等の面で、目立った活動が行われておらず、先行研究が取り扱っている地域に比べると、まだ十分な取り組みが行われていない。ただし、温泉街にある旅館を中心に、旅館が排出した廃食油の回収と廃食油から石鹼を作るリサイクル活動が行われるなど、廃食油の回収や利用に対する関心が高まっ

てきている点に特徴がある。

ただし、①BDF 生産を手掛ける主体がまだ存在していない地域であるという点は、BDF 生産活動の実施可能性を検討しやすいという利点でもあること、②長門市内では廃食油や BDF に関する関心は認められるため、アンケート調査にも協力してもらいやすいことが期待できる、等の点で、長門市は研究対象地域として取り上げるのに適当な地域である。

なお、この手法を提示することにより、廃食油の有効利用の推進や、新旧の車両に対応可能な BDF の生産活動、軽油取引税の影響を考慮した BDF 生産活動等の実現可能な計画を立てることに役に立つことができる。

（２）家庭の廃食油供給の協力意向に関する要因分析

地域住民へのアンケート調査や、著者による複数地域の BDF 生産事業者へのヒアリング調査の結果、BDF の需要量に対して廃食油の供給量が少ない場合が各地で認められた。たとえば、第 2 節でも触れたが、松山市では家庭用廃食油については供給量を増やすために、スーパーや銀行窓口、道後温泉の宿泊観光施設などに回収拠点を設けて、少しずつ回収量を増やす努力をしている。また、広島市では BDF は事業者からの需要があり、事業系の廃食油のかかなりの割合がリサイクルされているが、家庭用の廃食油は回収拠点が少しずつしか広がっていない。ただし、町内会がよく機能しているところは回収量が多く、回収量を増やすためには「環境に良い事をしている」あるいは「社会貢献活動に参加している」などの提供者の協力意欲を刺激する何かの旗印が必要であるという。

釧路市(2014)^[17]においては、釧路地域における廃食油の賦存量を 235,000ℓ、廃食油の回収量を 49,700ℓ、BDF 生産量を 37,000ℓ と試算した。これはごみ

収集車約 20 台の軽油に代替するとされており、今後廃食油の回収率を高めることで、BDF を使用するごみ収集車をさらに増大したいとしている。

しかし、既存研究をみると、廃食油の供給量を増やすための方策は十分に明らかにされているとはいえない。たとえば、泉谷（2010）^[13]は、廃食油 BDF の課題として、原料となる廃食油をいかに安定的に、低コストで、しかも輸送のためのエネルギーをかけずに調達するかという点であることを指摘し、原料である廃食油調達段階での課題についてさらに具体的な考察を行った。その結果、廃食油の大規模排出事業者からの回収は進んでいるものの、小規模排出事業者や家庭からの回収が進んでいないことを指摘した。また、廃食油の利用において、地域内での需要と供給の不整合が発生していることから、経済性の問題だけでなく、資源の流通構造も視野に入れた検討が必要であることを指摘した。この指摘は、換言すると、経済性の問題や廃食油の流通問題の検討がまだ不十分であることを示している。したがって、既存研究では、小規模事業者や家庭における廃食油の供給量を増やすための方策についても十分な知見が提供されていない。

そこで、本研究では、第 3 章において、廃食油の回収が進んでいない地域を対象に、家庭の廃食油回収に対する住民の協力意向に影響を与える要因を、地域住民に対するアンケート調査結果をもとに数量化理論Ⅱ類を用いて考察する。家庭の廃食油供給の協力意向に影響する要因が明らかになることで、BDF を生産するための原料である廃食油の供給拡大に役に立つことができる。

（3）本研究の特徴

以上のように、本研究では、地域内の廃食油を原料とした BDF 生産活動

において、既存研究では十分提示されていない **BDF** 需要量および廃食油供給量を的確に考慮したうえで、採算性を検討する方法を提示する点に特徴がある。なお、採算性を検討するに際しては、廃食油の調達量によって廃食油調達費用（価格）が変化する可能性があるという点を考慮することができる方法を提示する。

また、**BDF** の需要量に対して廃食油の供給量が少ないというギャップを少しでも埋めるという問題意識に対して、既存研究では安定的な供給や低コストでの供給、輸送するエネルギー負荷の低減という観点での研究はなされているが、調達する廃食油の供給量そのものを増やす方策は十分に明らかにされていない。そのため、廃食油供給の協力意向に影響する要因を分析することにも大きな意義がある。

注

注1) B5 とは BDF5%混合軽油のことを指す。軽油に BDF が x%混合した混合油は Bx と称される。

引用文献

- [1] 松田智 (2011) 「環境問題に真に貢献するバイオマス利活用とは？」, 環境科学誌 24(5), pp.493-502
- [2] 小島 直之, 八木田浩史, 加藤進, 佐藤茂夫 (2010) 「廃食用油から製造されるバイオディーゼル燃料の LCA 評価」, 日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集 2010(0) , pp.4-4
- [3] 中島 正道, 辻 雅司 (2007) 「廃食油燃料化の現状と課題—生物資源系エネルギー利用促進についての考察—」, 人間科学研究 (4), pp.1-24
- [4] 林岳, 増田清敬, 山本充 (2009) 「バイオ燃料導入による諸効果の定量的評価」, 農林水産政策研究所環境プロジェクト研究資料第 1 号, pp.1-20
- [5] 黄海 智哉, 三浦 秀一 (2002) 「軽油代替燃料 BDF による地域循環システムの形成に関する調査研」, 日本建築学会東北支部研究報告集. 計画系 (65), pp.133-136
- [6] 中村一夫 (2006) 「バイオディーゼル燃料の現状と課題」, 環境研究 (142), pp.85-93
- [7] 飯島峰貴 (2007) 「バイオマス由来燃料の普及に向けた施策の現状と展望 (シリーズ特集 新エネルギー最前線(PART 5)バイオマスエネルギー)」, 資

源環境対策 43(8), pp.68-72

- [8] 澤山弘 (2010) 「期待されるバイオディーゼル燃料の普及拡大--廃食用油回収から菜種栽培へ。始まるエネルギーの地産地消への取組み」, 信金中金月報 9(3), pp.42-64
- [9] 熊谷哲 (2014), 「低炭素家庭に向けた BDF 普及活動の研究」, 兵庫県立大学環境人間学部研究報告 16, pp.85-89
- [10] 山根浩二 (2003) 「バイオ燃料自動車の魅力と普及に向けた展望 (シリーズ特集 持続可能な交通への道--クルマ社会のあり方を考える(4)燃料からのアプローチ)」, 資源環境対策 39(12), pp.85-90
- [11] 中村一夫 (2006) 「廃食用油のバイオディーゼル燃料への循環利用に関する研究」, 京都大学
(<http://hdl.handle.net/2433/143792>)
- [12] 吉本康文・木下英二 (2009) 「植物油燃料のエンジン適用技術 - バイオディーゼル燃料について - 」, 日本燃焼学会誌 51(156), pp.121-128.
- [13] 泉谷眞実 (2010) 「廃食用油の発生構造とバイオディーゼル燃料事業化の課題 - 青森県における事業所アンケート結果の分析 - 」, 弘前大学農学生命科学部学術報告 13, pp.1-5
- [14] 平良文亨・竹野大志・坂本陵治・山口仁士 (2008) 「廃食用油を利用した環境にやさしい BDF の生産と使用」, 長崎県環境保健研究センター所報 53, pp.31-46
- [15] NPO 法人バイオマス産業社会ネットワーク (2008) 「バイオマス白書 2008」, (<http://www.npobin.net/hakusho/2008/>)
- [16] NPO 法人バイオマス産業社会ネットワーク (2013) 「バイオマス白書 2013」, (<http://www.npobin.net/hakusho/2013/>)

- [17] 釧路市（2014）「釧路市バイオマス産業都市構想」， pp.30-31
(http://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/pdf/01_kushiro.pdf)

参考文献

- [1] 中村仁美，上村佳朗，篠原亮太（2011）「熊本県内で製造されたバイオディーゼル燃料の品質調査とその製造における現状と改善に関する考察」，*Journal of Environmental Chemistry* 21(1)， pp.85-90
- [2] 加藤進，紀平征希，小林康志，八木田浩史，前田広人（2011）「伊賀市における BDF 製造による CO₂ 発生量削減試算:CO₂ 発生係数による簡易試算の試み」，*環境技術*， 40(9)， pp.553-558
- [3] 高橋幸司，高畑保之，今井敏彦，志齋金（2011）「バイオディーゼル燃料製造装置の開発」，*化学工学論文集 = Kagaku kogaku ronbunshu* 37(5)， pp.479-482
- [4] 坂志朗（2003）「3-19. バイオマス利活用の動向と展望 - バイオ燃料の税制優遇措置を求めて - 」，*日本エネルギー学会大会講演要旨集 (12)*， pp.188-189
- [5] 坂志朗（2004）「ポスト化石を拓くバイオマス利活用の動向と将来展望 バイオ燃料の税制優遇措置を求めて」，*木材工業 = Wood industry* 59(5)， pp.200-205
- [6] 平良文亨，竹野大志，坂本陵治，山口仁士(2008) 「廃食油を利用した環境にやさしい BDF の生産と使用」*長崎県環境保健研究センター所報* 53号

- [7] 川手督也, 山守誠, 大谷隆二(2004) 「ナタネバイオマスの多段階利用に基づく地域循環システム構築の現状と課題」 東北農業研究 (57), 277-278
- [8] 中村一夫(2010)「自治体における廃棄物系バイオマス利活用の現状と地域技術実証事例について」 廃棄物資源循環学会誌 21(1), 29-40
- [9] 山中唯義(1999)「地球温暖化問題：COP3 と国内動向からのアプローチ(地球環境に対する国内外の対策と動向)(<特集>温暖化のリアリティ)」, 建築雑誌 114(1445), 12-17
- [10] 環境庁「環境白書」1996年6月
(<https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/hakusyo.php3?kid=208>)
- [11] 経済産業省「気候変動枠組条約・京都議定書に関するこれまでの交渉経緯」2002年10月
(<http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g21011b04j.pdf>)
- [12] 閣議決定「バイオマス・ニッポン総合戦略」2006年3月31日
(http://www.maff.go.jp/j/biomass/pdf/h18_senryaku.pdf)
- [13] 農林水産省「新たなバイオマス・ニッポン総合戦略のポイント」2006年3月
(http://www.maff.go.jp/kinki/kikaku/baiomass/pdf/h18_point.pdf)
- [14] 農林水産省「バイオマス・ニッポン総合戦略の概要」2006年3月
(http://www.maff.go.jp/kinki/kikaku/baiomass/pdf/h18_gaiyou.pdf)
- [15] 農林水産省「バイオマスタウン構想策定マニュアル～構想策定の各段階における意思決定支援ツール～」2008年3月
(<http://www.maff.go.jp/kinki/kikaku/baiomass/pdf/zenbun.pdf>)
- [16] 国土交通省「高濃度バイオディーゼル燃料等を使用される皆様へ」

2009年2月10日

(<http://www.mlit.go.jp/common/000032567.pdf>)

[17] 資源エネルギー庁「地球温暖化対策の経緯と現状」2012年1

(http://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_problem_committee/theme7/pdf/01/8-4.pdf)

[18] 経済産業省「平成25年度税制改正要望ヒアリング説明資料（全国バイオディーゼル燃料利用推進協議会）」2012年8月3日

(http://www.meti.go.jp/topic/downloadfiles/120803a11_01j.pdf)

[19] 経済産業省「総合資源エネルギー調査会石油分科会石油部会第11回燃料政策小委員会 配付資料「資料4-2：国産バイオマス燃料の供給安定性及び経済性～国産資源の活用によるバイオ燃料供給の可能性～」2013年6月12日」

(<http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g30922b42j.pdf>)

[20] 資源エネルギー庁「平成25年度エネルギーに関する年次報告」（エネルギー白書2014）

(<http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2014html/>)

[21] 資源エネルギー庁「エネルギー基本計画」2014年4月

(http://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/140411.pdf)

[22] 経済産業省「総合資源エネルギー調査会原子力小委員会第2回会合資料3「Nuclear Energy from the Global perspectives」」2014年7月11日

(http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/denkijigyuu/genshiryoku/pdf/002_03_00.pdf)

- [23] 環境省「世界のエネルギー起源 CO₂ 排出量」
(<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/shiryo.html#06>)
- [24] 環境省オフセット・クレジット(J-VER)制度「オフセット・クレジット(J-VER)案件」
(http://www.j-ver.go.jp/document/0196-1_s1-1-2.pdf)
- [25] 関東農政局「農」を科学してみよう
(<http://www.maff.go.jp/kanto/nouson/sekkei/kagaku>)
- [26] 横浜市環境創造局「神奈川水再生センター」
(<http://www.city.yokohama.lg.jp/kankyo/gesui/centerinfo/03wtc/tokushoku.html>)
- [27] 京都市「京都市廃食用油燃料化施設」
(<http://www.city.kyoto.lg.jp/kankyo/page/0000065549.html>)
- [28] 独立行政法人国立環境研究所「2012 年度（平成 24 年度）の温室効果ガス排出量（確定値）＜概要＞」2014 年 4 月 15 日
(<http://www.nies.go.jp/whatsnew/2014/20140415/20140415001.pdf>)
- [29] 全国油脂事業協同組合連合会「平成 25 年版 UC オイルのリサイクルの流れ図」
(<http://www.zenyuren.or.jp/genjo.pdf>)
- [30] 全国油脂事業協同組合連合会「UC オイルリサイクル（廃食用油脂）の現状」
(<http://www.zenyuren.or.jp/20140403.pdf>)
- [31] 石油便覧 JX 日鉱日石エネルギー
(<http://www.noe.jx-group.co.jp/binran/index.html>)
- [32] 熊谷哲 エネルギー資源 兵庫県立大学

- (<http://www.shse.u-hyogo.ac.jp/kumagai/Hjsss98/energy.htm>)
- [33] 越後佐渡ヒストリア (第48話) 明治天皇もご覧になった地中より燃える火～越後の七不思議・火井 (天然ガス) ～ 新潟県立文書館
(<http://www.archives.pref.niigata.jp/etigosadohisutoria/48wa.html>)
- [34] IEA, CO2 Emissions From Fuel Combustion Highlights 2013～2010
(<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsFromFuelCombustionHighlights2013.pdf>)
- [35] IEA, CO2 Emissions From Fuel Combustion Highlights 2013～2010
(<http://www.iea.org/media/statistics/CO2highlights.pdf>)
- [36] IEA, CO2 Emissions From Fuel Combustion Highlights 2013～2010
(<http://www.iea.org/media/training/presentations/statisticsmarch/co2highlights.pdf>)
- [37] European Biodiesel Board 「Statistics」
(<http://www.ebb-eu.org/stats.php>)
- [38] 株式会社ユーズ 「TOKYO 油田 2017 ってなに？」
(<http://tokyoyuden.jp/about/>)
- [39] 西播通運株式会社 「使用済み天ぷら油をバイオディーゼル燃料に」
(<http://www.seiban.net/a4outline8.pdf>)
- [40] エコバイオ株式会社 「アイマグブローグーエコバイオ株式会社 立川 京介」
(<http://imag041.exblog.jp/8630541>)

第2章 地域内の廃食油を原料としたバイオディーゼル燃料生産活動の実施可能性検討手法の開発 —総合余剰の最大化をはかる活動を事例として—

第1節 はじめに

第1章でみたように、既存研究には技術的、概論的、あるいは限定的に、製造工程や廃食油調達における事例を研究したものはあるが、地域内の廃食油を原料としたBDF生産活動において、BDF需要量および廃食油供給量を的確に考慮したうえで、採算性を検討する方法については十分提示されていない。

ただし、近年は、地域ぐるみで廃食油を回収してBDFを生産・利用する取り組みを計画する場合、はじめに地域における廃食油の賦存量の調査から始めることが多くみられる。これに関連するが、倉持ら(2007)^[4]は、バイオ燃料と食糧との競合が社会問題を引き起こしていることから、新規原料として油糧作物よりもまずは廃棄物系油脂類を優先的に検討すべきであるものの、BDF原料となる可能性のある廃棄物系油脂類の流通、賦存量、品質等に関する基礎情報が不足していることを指摘した。矢野ら(2010)^[5]は、家庭系廃食油の賦存量を推計するための推定式を開発した。植物油の使用状況は世帯主の年齢により異なることが指摘されていることから、世帯主の年代毎に廃食用油の賦存量を求めることとし、国内の賦存量の推定を行っている。このため、賦存量の算出方法は確立されてきているが、価格との関連で供給可能量を事前に把握することは十分に行われていない状況にある。また、供給量と同様に、BDF需要量の事前の的確な把握も十分なされていない。

ただし、事前にBDF需要量や廃食油供給量を的確に把握しないと、BDF

生産活動がうまく継続できない可能性がある。たとえば、障がい者の新たな就労分野としての期待の下、社会貢献事業として BDF 事業に参入し、1 回あたりの廃食油処理量が 100ℓ の BDF 製造装置を導入したが、導入後数年で手放したという事例（H 社）がある。この場合、撤退の要因としては、当初の廃食油調達目標量の実現可能性や採算をとることを可能とするのに必要な廃食油調達量の的確な把握が不十分であったため、実施可能性の検討も十分ではなかったことが挙げられる^{注1)}。

この事例より、活動を始める前は地域内での廃食油調達可能量がわからないうえ、実際の取引事例を踏まえると、地域によっては、廃食油の調達量によって廃食油調達費用（価格）が変化する可能性があることや、廃食油の供給量（生産主体にとっての調達量）または BDF の需要量が少ない場合には、活動の採算が採れない可能性があることがわかる。このような失敗を回避するためには、BDF 生産活動を検討する際には、以上の諸点を念頭においたうえで、事前に BDF の生産工程を十分に把握し、事業の推進体制を確立して、できるだけ現実的な前提条件の下で BDF を生産するために必要な費用を把握するとともに、BDF 需要量と廃食油供給量の両方を十分に考慮したうえで、赤字にならない条件下での BDF 生産活動の実施可能性を事前に検討することが重要である^{注2)}。

全国油脂事業協同組合連合会によると、わが国で発生する廃食油は年間 41～46 万 t とされている。内訳は外食産業や食品製造業など事業系廃食油が 33～35 万 t、家庭系廃食油が 9～11 万 t であり、そのうち、事業系廃食油の 20% である 6～8 万 t と、家庭系廃食油のほとんどとも言える 91% の 9～10 万 t が一年間に廃棄されており、現実には廃食油の BDF 化は全国的にはまだ普及に至っておらず、各地で取り組みが進められている。

そこで、本章では、地域内の廃食油を原料とした BDF 生産活動の実施可能性を、経済的採算性^{注3)}の有無や、採算性が認められる場合には、廃食油提供者余剰と消費者余剰の合計額（以下では「余剰合計額」と呼ぶ）の最大化を実現する観点から検討できる手法を提示する。なお、ここでいう廃食油提供者余剰とは生産者余剰概念に対応したものである。ただし、消費者余剰算出対象となる財（BDF）と、生産者余剰算出対象となる財（廃食油）とが異なるため、ここでは生産者余剰という用語は用いず、「廃食油提供者余剰」という用語を使用することにした。また、その検討手法を用いて、山口県長門市における BDF 生産活動の実施可能性の有無を検討する。

第2節 検討手法の提示

1. 地域内の廃食油を活用した BDF 生産活動の実施可能性の検討手法の基本的考え方

検討手法の開発に際しては、具体的には、能美（1999）³⁾が提示した計画手法の開発方法をベースに、地域全体を対象とした家庭や事業所での BDF 需要量や購入価格、提供可能な廃食油供給量や提供価格をもとに、廃食油を原料とした BDF 生産活動の採算性の有無を判断し、採算性がある場合には余剰合計額最大化を考慮したうえで、活動内容を検討・決定する方法を提示する。また、地域内における BDF 需要量と廃食油供給量の両方を考慮して、これまで BDF 生産活動に取り組んでいない地域において、新たに生産に取り組もうとする一つの主体（事業所等）が、BDF 生産活動の実施可能性を、経済的採算性の確保と余剰合計額最大化の観点で検討する手法を提示する。廃食油の場合、品質に地域的差異を考慮する必要がないため、BDF 生産に必要な廃食油は、できる限り近隣エリアから調達したほうが、回収費用が安くな

る。そのため、BDF 生産活動の実施可能性の検討は、まずは、ある一つの地域を対象として、地域内の BDF の需要と廃食油の供給の両方に関する地域住民の意向を踏まえて検討することが重要である。

図 2-1 (上図) は BDF の需要と廃食油の供給の関係を示しており、横軸は BDF 生産量、縦軸は価格・費用を表している。ある生産主体 (事業所等) が BDF 生産活動を行う場合の採算可能領域 ABX は、BDF 需要曲線 (AD) と廃食油調達費用曲線 (BS) の差額部分を示しており、様々な BDF 生産量において、BDF 1t の生産に対して許容される費用額 (廃食油調達費用を除く) の領域を意味する。たとえば、BDF 生産量 Q_1 、 Q_2 に対応する費用の最大許容額 (上限費用) はそれぞれ FH 、 GI であり、この上限費用内に廃食油調達費以外の費用が収まれば採算がとれる。

また、BDF 生産量 Q_1 、 Q_2 に対応する廃食油提供者の廃食油提供者余剰および BDF 購入者の消費者余剰はそれぞれ BP_1F および AP_1H 、 BP_2G および AP_2I であり、余剰合計額は BDF 生産量 (廃食油供給量) が多いほど、すなわち横軸を右にいくほど大きくなることがわかる。

つぎに、図 2-1 (下図) には、BDF 需要曲線と廃食油調達費用曲線の差額部分および BDF 平均生産費用曲線も示した。斜線部分の三角形 $A_2O_2B_2$ は採算可能領域であり、三角形 ABX と大きさ (面積) が等しい。この斜線部分を BDF 平均生産費用曲線 (廃食油調達費用は含まない) が通過するかどうかで、当該活動の採算性の有無を判断することができる。なお、この BDF 平均生産費用曲線では、総費用が固定費と比例的変動費からのみ構成されているものとして描いている。不比例的変動費も存在しうるが、実際にはその金額を算定することは困難であり、また、経営分析でよく用いられる損益分岐点分析においても、総費用 = 固定費 + 比例的変動費というフレームワーク

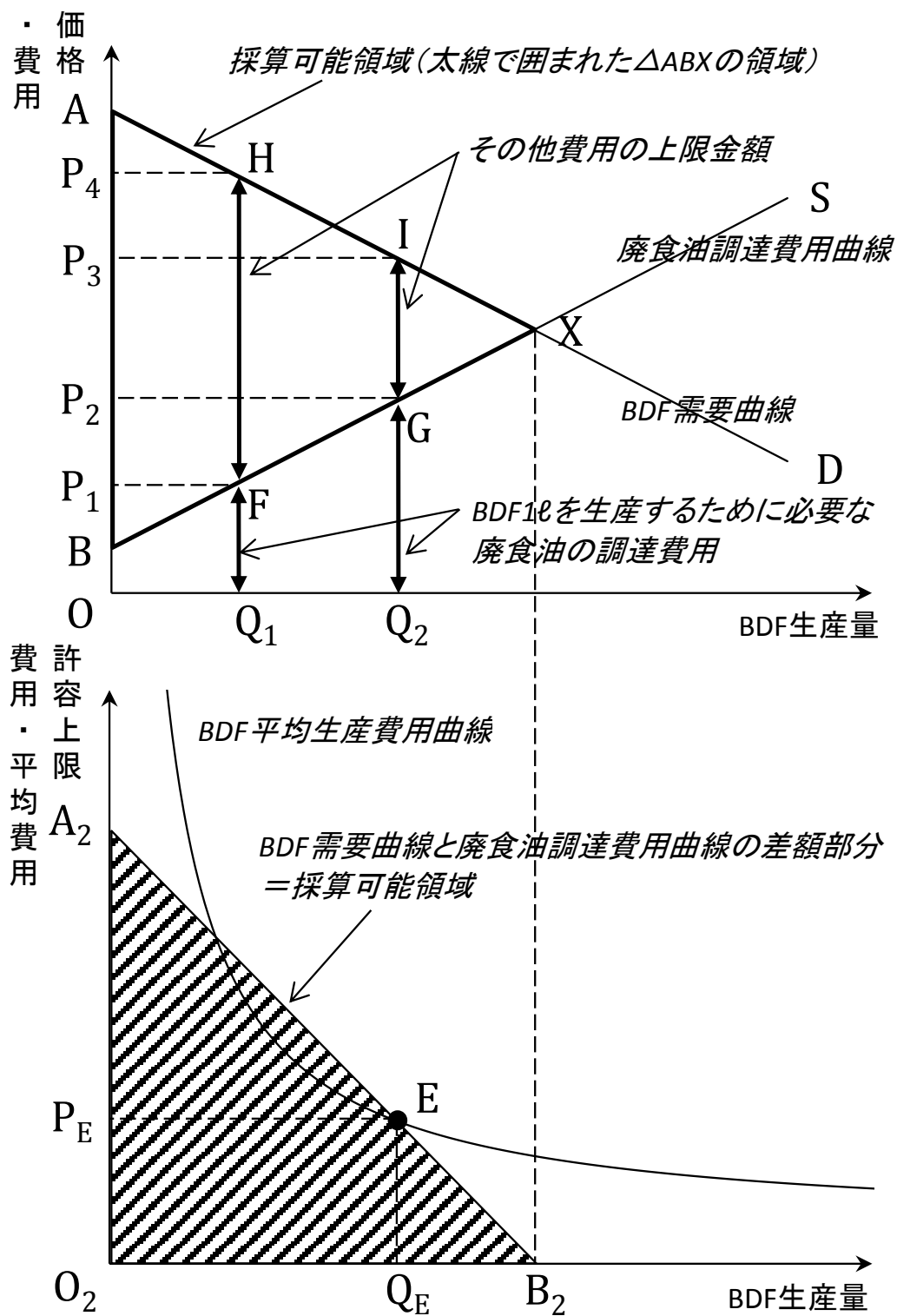


図2-1 BDF 需要曲線と廃食調達費用給曲線から算定される BDF 生産活動の採算可能領域と BDF 平均生産費用曲線

が採用されているため、ここでも損益分岐点分析で採られている考え方を
用いることにした。したがって、総費用には不比例的変動費を含まないため、
BDF 平均生産費用曲線は U 字型ではなく、右下がりの形状をもつことにな
る。

また、BDF 生産活動を行う場合は、余剰合計額ができるだけ大きくなるよ
う、採算可能領域内において、できるだけ多くの廃食油を調達し、できるだ
け多くの BDF を生産することが望ましい。図 2-1 では、BDF 平均生産費
用曲線上の最も右下の点 E が、余剰合計額の合計が最も大きくなることを示
している。この場合、 O_2Q_E ほど BDF が生産されることになる。したがって、
廃食油調達費以外の費用は $P_E O_2 Q_E E$ であり、 $Q_2 = Q_E$ とするならば、 $P_3 P_2 G I$
と等しくなる。

このように、BDF 平均生産費用曲線が採算可能領域を通過する場合には、
余剰合計額が最大となるように、できるだけ右下の、採算可能領域と BDF
平均生産費用曲線が交差する交点に対応する生産活動を採択することが望ま
しい。

なお、企業の利潤追求を目的に BDF 生産活動を実施する場合には、費用
曲線に企業が求める利潤に相当する額（実現を期待するある一定の利潤額、
または 1t あたりに期待する利潤額、あるいはその両方）を盛り込むことによ
り、本研究の検討手法を適用することができる。しかし、本研究の場合、BDF
平均生産費用には BDF 生産主体の利潤は原則的に盛り込まないことにする。
なぜなら、地域内の廃食油を原料とした BDF 生産活動は、生産主体となる
企業等によって企業の経済的利潤最大化を理由に取り組みれるというよりも、
むしろ環境意識やエコ意識を出発点として、ゼロ・エミッションや CO₂ の排
出削減など、社会貢献事業として公企業等非営利団体の事業と同様の目的で

取り組まれる場合があり、著者が調査した BDF 生産活動に参入した複数の企業の事例では、社会貢献を前提に BDF 生産活動への参入をしており、利潤を追求していなかったためである。このような事例では、社会貢献事業として取り組んでいるため、事業を運営するうえで生産主体となる企業等は経済的利潤最大化を目的としておらず、採算がとれることを前提とした社会貢献が、事業を運営するにあたっての最大の目的になっている。この点には、BDF 生産活動に取り組むことで企業の社会的イメージが向上し、組織全体の業績向上に有効なことも関係している。

そこで、本章では、廃食油提供者や BDF 購入者に対して最大余剰の実現をはかり、自らは利潤追求を目的とはせず、収支均衡状態の下での社会貢献や企業イメージの向上を目的として BDF 生産活動を手掛けようとする企業を対象に、BDF 生産活動の実施可能性を検討できる手法を提示する。したがって、こうした目的で BDF 生産活動に取り組もうとする企業にとっては、赤字が発生しなければ、できるだけ大きな余剰合計額を実現することが、一番望ましい状態であると考えられる。そこで、採算可能な範囲内の余剰合計額最大化を示す点を採用する。なお、この余剰合計額は、BDF の平均生産費用が安くなるほど、また BDF 生産量が多くなるにつれて大きくなるため、BDF 平均生産費用曲線が採算可能領域を通過する場合（これは BDF 生産活動に赤字が発生しないための前提条件である）、採算可能領域と BDF 平均生産費用曲線との右下部分の交点で余剰合計額はもっとも大きくなることがわかる。そこで、本章では、上述の交点発生の有無と、交点が発生する場合には、その交点の位置を視覚的に把握して、その交点に対応した BDF 生産量や平均生産費用を確認する方法を採用することにした。

また、E 点のように、可能な限り多くの廃食油の供給を受けて、可能な限

り多くの BDF を生産することは、より多くの廃食油の有効活用による地域全体の活性化に資することにもなる。

なお、本章では、地域内の廃食油を原料とした BDF 生産活動が手がけられていない地域に対して、新規にある一つの生産主体が BDF 生産活動に取り組んだ場合に、社会貢献活動であることを前提として、経済的採算性の確保と余剰合計額の最大化をはかる観点から、BDF 生産活動の実施可能性の検討手法を提示することを目的とする。

2. 地域内の廃食油を活用した BDF 生産活動の実施可能性の検討手順

地域内の BDF 需要量および廃食油供給量に基づいて、BDF 生産活動の採算性の有無と、採算性がある場合には、実現可能な最大余剰合計額とそれを実現する製造装置を明らかにすることを目的に、活動の実施可能性を検討する手順を示すと、以下のとおりである。

- (1)購入可能な地域内の BDF 需要量および購入価格調査の実施
 - (2)提供可能な地域内の廃食油供給量および提供価格調査の実施
 - (3)BDF 需要曲線と廃食油調達費用曲線および BDF 製造装置に応じた BDF 平均生産費用曲線の算出
 - (4)BDF 平均生産費用曲線を採算可能領域（BDF 需要曲線と廃食油調達費用曲線の差額部分）にオーバーレイさせることによる採算性の有無の確認
 - (5)採算性がある BDF 製造装置が複数ある場合は、余剰合計額最大化を実現する製造装置を採択
- (4)では地域内の BDF 需要量および購入価格と廃食油供給量および提供価格の両方に関する地域住民の意向に基づいて導出した BDF 需要曲線と廃食

油調達費用曲線から両者の差額部分を算出し、採算可能領域を求める。そして、採算可能領域に BDF 平均生産費用曲線をオーバーレイさせて、当該生産活動の経済的採算性を確認したうえで、(5)では余剰合計額が最大となる製造装置と BDF 生産量を検討する。

3. 意向調査および集計方法

地域内における購入可能な BDF 需要量および購入価格、提供可能な廃食油供給量および提供価格を明らかにするため、地域内の住民および事業所に対して意向調査を行う。調査では、いくら以下であればどのくらいの量の BDF の購入意思があるか、いくら以上であればどのくらいの量の廃食油の提供意思があるかを調査する。

調査票を回収後、BDF の購入意向がある場合の需要量および購入価格、廃食油の提供意向がある場合の供給量および提供価格を集計する。

集計結果から、様々な BDF 購入価格水準や廃食油提供価格水準での地域全体の需要量と供給量を推定するため、当該地域の BDF の需要と廃食油の供給の対象である家庭や事業所の全体数がわかる資料を準備する。地域全体の BDF 需要量および廃食油供給量は、調査票の集計値に調査票の有効回答数と地域全体の家庭数（世帯数）や事業所数の比率（地域全体の家庭数または事業所数／有効回答数）を乗じることで推定できる。

4. 経済的採算性の確保と余剰合計額最大化を実現する活動の検討

(1) 検討方法の概要

検討方法として、調査票より地域全体の BDF の需要量および購入価格、

廃食油の供給量および提供価格を推定し、BDF 需要曲線と廃食油調達費用曲線を導出して、採算可能領域を求める。そして、BDF 生産に係る固定費および変動費をもとに BDF 平均生産費用曲線を算出する。ただし、BDF 平均生産費用曲線は製造装置の種類により異なるので、検討する製造装置が複数ある場合には、製造装置ごとに推定した各 BDF 平均生産費用曲線をそれぞれ採算可能領域にオーバーレイさせることにより、各製造装置の採択可能性を検討する。

(2) 採算可能領域の算定

調査票より地域全体の BDF の需要量および購入価格、廃食油の供給量および提供価格を推定する。この場合、BDF の購入価格によって BDF 需要量が増減し、廃食油の提供価格によって廃食油の供給量が増減するという可能性を考慮すると、BDF 需要曲線と廃食油調達費用曲線は、図 2-2 に示すように階段状の折れ線で導出することができる。ただし、BDF 需要曲線と廃食油調達費用曲線を同じ図上で扱うためには、精製による歩留り率を考慮する必要がある。BDF を基準に換算するならば、廃食油調達費用曲線は価格と数量の両方の観点から水平方向と垂直方向にシフトさせる必要がある。

たとえば、1ℓ の廃食油を精製すると、0.9ℓ の BDF が生産され、歩留り率が 0.9 になるとする^{注4}。すると、1ℓ の BDF を生産するためには約 1.11(≒1/0.9)ℓ の廃食油が必要になる。通常、BDF は 1ℓ を単位として取引されるが、廃食油を提供する場面では、1.11ℓ の廃食油の提供価格を尋ねることは現実的ではない。そのため、調査では、廃食油の提供価格についても、1ℓ あたりで尋ねた。

図 2-2 に表した右側の廃食油調達費用曲線（曲線 A）は、廃食油を 1ℓ 調

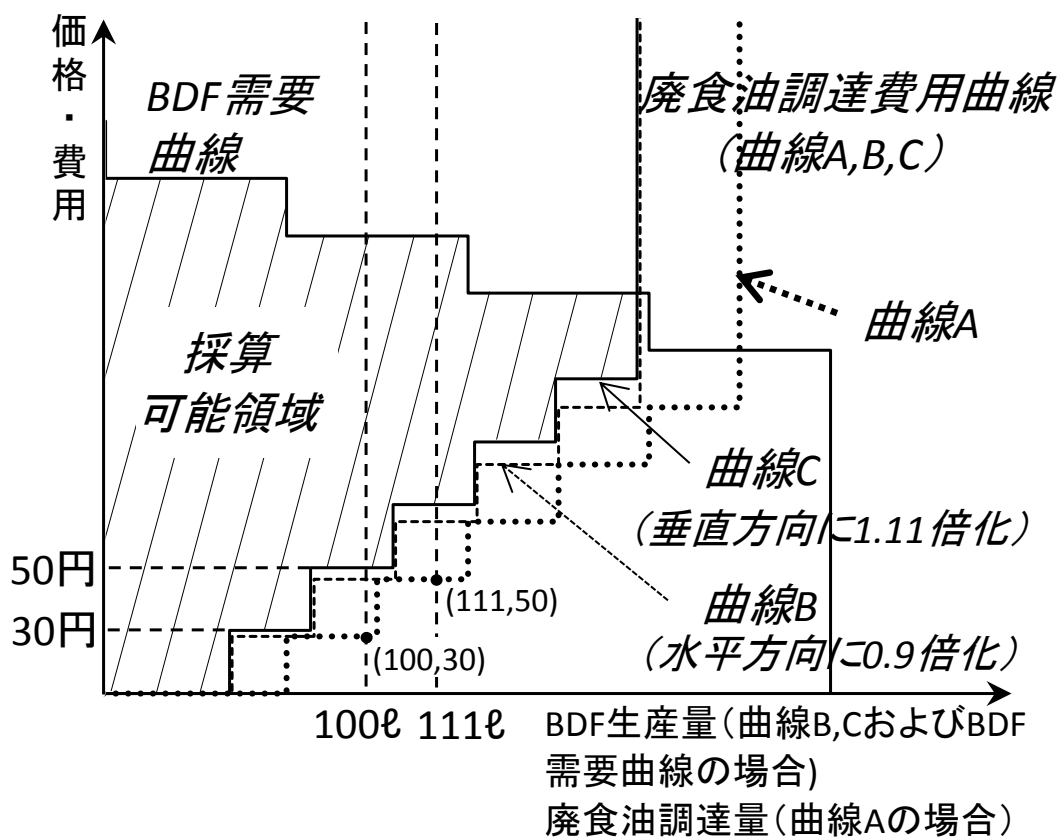


図2-2 BDF需要曲線と廃食用油調達費用曲線から算定される採算可能領域

達するために必要な費用（提供価格）を表したものである。しかし、図 2-2 の横軸は BDF 生産量を表すため、廃食油の供給量は BDF 生産量に換算する必要がある。そこで、廃食油調達費用曲線を、供給量を 0.9 倍化して水平方向にシフトさせた（曲線 B）。この状態における縦軸上の値は、横軸上に示された BDF を生産するのに必要な廃食油を調達するために必要となる、廃食油 1ℓあたりの金額を示しているにすぎない。BDF1ℓを生産するためには、1.11ℓの廃食油が必要なため、BDF1ℓの生産に必要な実際の調達費用を算出するには、調達費用曲線を垂直方向にも 1.11 倍化する必要がある。そのため、図 2-2 では廃食油調達費用曲線を垂直方向にも 1.11 倍化している（曲線 C）。

より具体的に説明すると、BDF を 100ℓ生産するためには、100ℓではなく 111ℓの廃食油が必要になる。100ℓの廃食油を調達するだけでよければ、廃食油は 1ℓあたり 30 円で調達可能だが、111ℓの廃食油を調達しようとするれば、1ℓあたり 50 円を支払わなければ、廃食油は調達できない。このため、BDF の 100ℓ生産で必要となる廃食油 1ℓあたりの調達価格を求めるためには、廃食油調達費用曲線を水平方向に 0.9 倍化する必要がある。すなわち、廃食油調達量 111ℓ上の廃食油 1ℓの調達価格が、BDF 生産量 100ℓ水準における廃食油調達価格とするためには、廃食油調達量を $100/111 \div 0.9$ 倍化しなければならない。この措置を施したのが、図 2-2 において、廃食油調達費用曲線を 0.9 倍化した曲線 B である。

このように、曲線 B は、さまざまな BDF 生産量水準において、BDF を生産するために廃食油を調達するためには、廃食油 1ℓあたりでいくら調達費用がかかるのかを表す曲線である。ただし、BDF を 1ℓ生産するためには、廃食油は 1.11ℓ必要となる。そのため、各 BDF 生産量水準において、BDF を 1ℓ生産するために必要となる 1.11ℓ分の廃食油調達費用曲線を求めるには、

曲線 B を垂直方向にさらに 1.11 倍化しなければならない。こうして、曲線 B を垂直方向に 1.11 倍化して描いた曲線が曲線 C である。曲線 C は、さまざまな BDF 生産量において、その 1ℓ の生産に必要となる 1.11ℓ の廃食油を調達するためには、いくら費用が必要になるのかを表す曲線である。

このように、歩留り率を考慮して、はじめて BDF 需要曲線と廃食油調達費用曲線を同じ図上で扱うことができるようになり、斜線部分が採算可能領域として算定される。

(3) BDF 平均生産費用曲線の導出

BDF 平均生産費用曲線は、固定設備である BDF 製造装置の固定費と人件費や光熱水費等の変動費から成る。BDF 平均生産費用曲線は製造装置の種類によって異なるため、たとえば、K 型の製造装置を採択する場合に BDF1ℓ の生産に要する費用を C_k 、BDF の生産全体に係る固定費を F_k 、BDF1ℓ の生産に要する変動費を V_k 、とおき、BDF 生産量を X とすると、BDF1ℓ の生産に要する費用 (C_k) は、①式のように算出される。

$$C_k = \frac{F_k}{X} + V_k \text{---①}$$

(4) BDF 製造装置の採択可能性の判断方法

BDF 生産活動の採算可能領域および BDF 平均生産費用曲線を図 2-3 に示す。BDF 需要曲線と廃食油調達費用曲線の差額部分である斜線部分は採算可能領域を表す。また、製造装置によって異なる BDF 平均生産費用曲線が、それぞれ採算可能領域を通過するかどうかを確認するため、製造装置 1、製造装置 2、製造装置 3 の BDF 平均生産費用曲線をそれぞれ②～④式のように

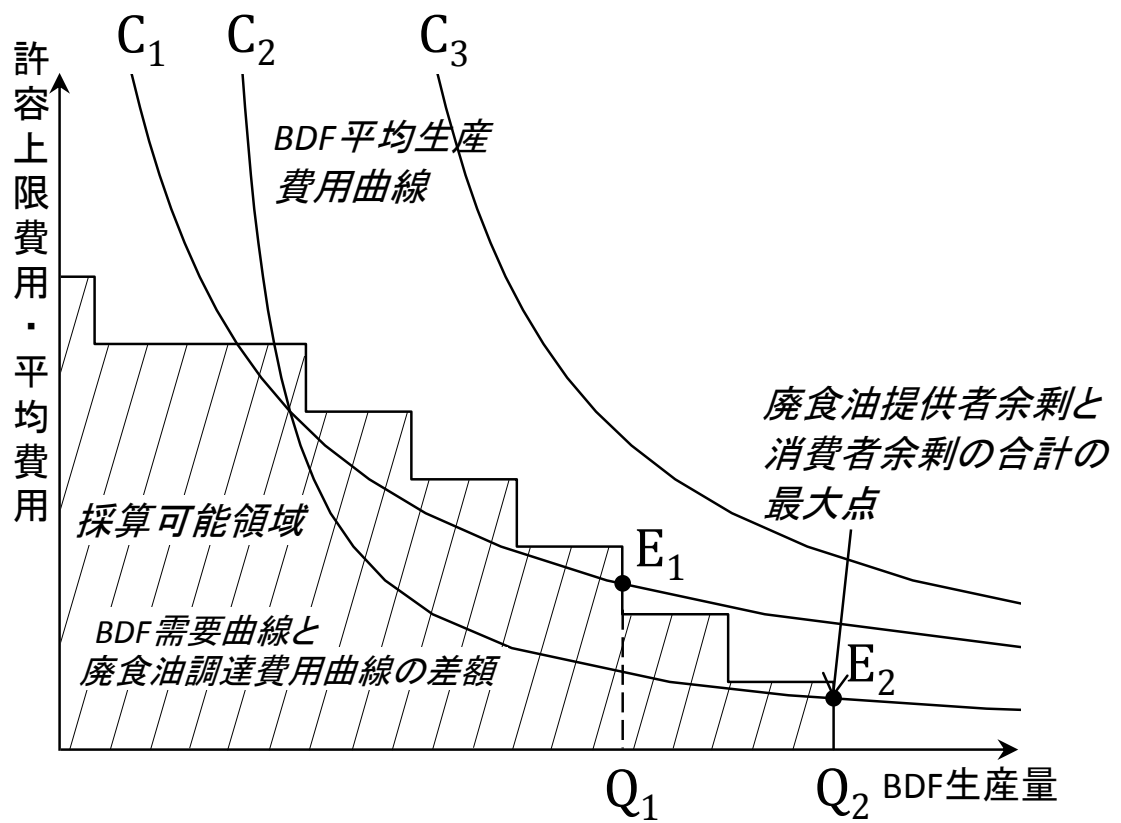


図 2 - 3 BDF 生産活動の採算可能領域と BDF 平均生産費用曲線

表す。(ここでは、検討対象となる製造装置は3種類であると想定する。)

$$C_1 = \frac{F_1}{X} + V_1 \text{---} \textcircled{2}$$

$$C_2 = \frac{F_2}{X} + V_2 \text{---} \textcircled{3}$$

$$C_3 = \frac{F_3}{X} + V_3 \text{---} \textcircled{4}$$

製造装置1、製造装置2のBDF平均生産費用曲線 C_1 、 C_2 は、どちらも採算可能領域を通過しているため、 C_1 、 C_2 に対応する製造装置は十分採択可能である。ただし、 C_3 のように、対応するBDF平均生産費用曲線が採算可能領域を通過しない場合には、当該製造装置は採択不可能であると判断しなければならない。

また、採算可能領域内を通過するBDF平均生産費用曲線上にあっても、この領域内の点はどれも無差別ではない。余剰合計額ができるだけ大きくなるような活動を検討するためには、BDF生産費用ができるだけ安く、BDF生産量や廃食油供給量ができるだけ大きくなるBDF平均生産費用曲線上の点が望ましい。採算可能領域の中でできる限り右下に位置する部分で交点を持つBDF平均生産費用曲線に対応する製造装置を採択し、その交点に対応する量のBDFを生産する場合に、余剰合計額は最も大きくなる。このように、採算性のある製造装置が複数ある場合には、複数の製造装置を比較し、その中から最も大きな余剰合計額を実現できる製造装置を見出し、採択する製造装置とする。

余剰合計額が最大となる点は、製造装置1の場合は、最も右下にある採算

可能領域と BDF 平均生産費用曲線 C_1 の交点 E_1 であり、同様に製造装置 2 の場合は交点 E_2 である。採算性の観点からいうと、製造装置 1、2 のどちらも採択可能であるが、 E_1 と E_2 を比較すると、右下に位置する点は E_2 であるから、この場合は C_2 に対応する製造装置 2 を採択し、BDF 生産量を Q_2 とする時に、最も大きな余剰合計額を実現することができる。

以上のように、採算性のある複数の製造装置の中から最も適切な製造装置を採択する場合は、実現可能な余剰合計額の大きさに基づいて判断することが重要である。また、地域資源の有効活用という観点からみても、採算性のある製造装置が複数ある場合、できるだけ多くの廃食油の供給を受けて、できるだけ多くの BDF を生産することにつながるため、最も大きな余剰合計額を実現する装置を採択することが望ましい。

なお、BDF 製造装置には処理能力の限界があり、能力を超えるような大量の廃食油が供給されると生産不可能になることがある。1 つの製造装置では生産が間に合わないほどの廃食油の供給がある場合には、同じ種類あるいは異なる種類の製造装置を組み合わせることで、全体としての処理能力が増大し、大量の BDF 生産が可能になる。したがって、実際には複数の製造装置を組み合わせたパターンをいくつか想定し、比較して検討することが必要な場合が多いと考えられる。ただし、その場合、製造装置の組合せ方法（増設順序）によって BDF 平均生産費用曲線が変わってくるので、BDF 生産量の増加に応じて、どのような順番で製造装置を増設するかということも踏まえたうえで、製造装置の組合せ方（以下では、組合せパターンまたは単にパターンと呼ぶ）を設定することが必要である。

第3節 検討手法の適用

1. 検討手法適用地域の設定

ここでは、検討対象地域として山口県長門市を取り上げ、前節で提示した検討手法を適用して、廃食油を原料とした BDF 生産活動の採算性の有無および採算がとれる場合にどのような製造装置の採択が適切かを検討する。対象地域として長門市を選定したのは、当該地域では廃食油の燃料化に関する研究会や地域検討会が開催されるなど、廃食油の地域内循環活動の機運がみられ、地域内の BDF に対する関心が高く、検討手法を適用するにふさわしい地域の 1 つであると判断したためである。先行研究ではすでに BDF 生産活動の実施実績のある地域を調査対象地域として選定することが多いが、本研究では、これまで BDF 生産活動に取り組んでいない地域において、新たに BDF 生産活動に取り組もうとする場合を想定した。したがって、長門市はこれから BDF 生産活動に取り組むかどうかを検討する段階にある地域であるという点において、対象地域として選ぶにふさわしいと言える。

図 2-4 にあるとおり、山口県長門市は、萩市、美祢市、下関市に三方を囲まれた日本海沿いの山口県西北部である本州最西北端に位置し、2005 年に長門市、三隅町、日置町、油谷町の 1 市 3 町が広域合併して現在の市域になった。温暖な気候と日本海に面した豊かな自然環境に恵まれており、これらを活かした漁業および農業と、温泉郷や歴史・文化資源を活かした観光産業を基幹産業としている。面積は 357.9km²、人口 37,508 人^{注 5)}、東西約 40km、南北約 20km の比較的小さな市である。

2. 意向調査と採算可能領域の導出

まず、地域内における購入可能な BDF 需要量および購入価格、提供可能

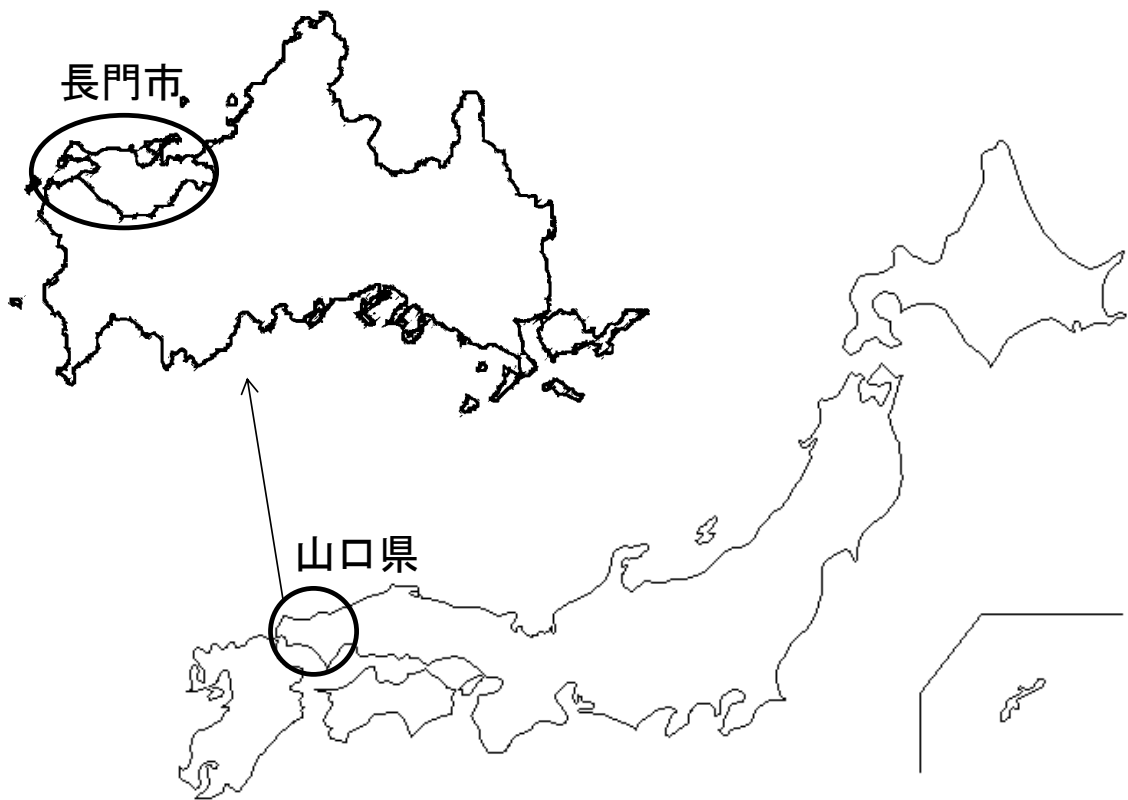


図2-4 長門市の位置

な廃食油供給量および提供価格を明らかにするため、家庭と事業所を対象に郵送法によるアンケート調査を行った。その際には、郵便局の配達地域指定サービスを利用して、家庭および事業所に対して 2012 年 1 月にアンケート調査票を郵送した。

このうち、家庭に対しては、郵便局の配達地域指定サービスを利用し、旧長門市の合併前町村を含めた旧町村である深川、三隅、日置、油谷、通、仙崎、俵山の 7 地区の中からそれぞれ無作為に配達地域を選択し、合計 2,000 世帯に郵送した。一方、事業所については、タウンページから廃食油の排出が多いと思われるコンビニ、スーパー、飲食店、学校給食、宿泊施設、食品工場、病院、福祉施設の 8 業種を選定し、当該業種の全体数である 334 事業所に郵送した。その結果、家庭に郵送した調査票の回収率は 30.2% (604 通)、事業所に郵送した調査票の回収率は 28.7% (96 通) であった。具体的な質問内容は以下の通りである。

a) 廃食油の提供意向に関する質問内容（家庭版・事業所版共通）

- ・廃食油回収への協力の程度（選択式）
 1. 協力できる
 2. どちらかといえば協力できる
 3. どちらかといえば協力しない(協力できない)
 4. 協力しない(できない)
 - ・廃食油回収に協力する際の価格（選択・記述式）
 1. 使用済み天ぷら油を無償で提供してよい
 2. 使用済み天ぷら油を有償(1 円/リットル以上)で買い取ってほしい
- ※買い取り希望金額（ ）円/リットル以上
- ・1 ヶ月に平均して協力できる提供量（記述式）

提供できる使用済み天ぷら油の量 リットル/月

b) BDF の購入意向に関する質問内容（家庭版・事業所版共通）

・軽油代替燃料として BDF を購入する場合の価格と量の程度（選択・記述式）

1. 軽油より %程度安ければ、月間 リットル程度購入してもよい
2. 軽油と同等の価格であれば、 月間 リットル程度購入してもよい
3. 軽油より %程度高くても、月間 リットル程度購入してもよい
4. 購入しない

以上のように、アンケート調査では、家庭および事業所に対して、何円以上であれば何ℓの廃食油の提供意向があるか、また、軽油との相対価格がどの程度であれば（軽油より何%程度安ければ購入してもよいか、軽油より何%程度高くても購入してもよいか、軽油と同等の価格であれば購入してもよいか、価格に関係なく購入しないか）何ℓの BDF の購入意向があるかを質問した。BDF の購入価格に関する質問で、回答として金額ではなく軽油価格との相対価格を尋ねたのは、BDF が軽油代替燃料として位置づけられており、購入価格を金額で質問すると、回答者の心理として軽油と比較した価格を回答することが予想されたためである。昨今の軽油価格はめまぐるしく変動するので、BDF 購入者の意向が、ガスターションや日によって異なる軽油価格の変動に惑わされないよう、また、回答しやすいように、BDF の購入価格は、軽油価格と比較する方式で質問した。

調査票回収後、家庭および事業所における BDF の購入意向がある場合の需要量および購入価格、廃食油提供の協力意向がある場合の供給量および提供価格を集計した。なお、調査票を配布した時期の山口県の軽油 1ℓあたりの販売価格は 125 円程度であったため、回答者の BDF 購入価格は 125 円を基

準として、回答結果に基づき、各回答者の BDF 購入価格を算出した。

集計結果から長門市全体としての BDF 需要量と廃食油供給量を推定するため、当該地域の調査対象である家庭や事業所の全体数がわかる資料を準備した。この場合、家庭は長門市内における全世帯数である 15,095 世帯^{注6)}、事業所数は郵送した 334 件をそれぞれの全体数とした。そして、調査票の BDF 需要量と廃食油供給量の集計値に、調査票の有効回答数と全体数の比率（全体数／有効回答数）を乗じて、様々な BDF 購入価格水準や廃食油提供価格水準における、長門市全体としての BDF 需要量と廃食油供給量を推定した。なお、無回答者は、回答者に比べて廃食油の提供意向や BDF の購入意向が弱い可能性があると考えられるが、明確な根拠がないため、本稿では無回答者の回答はすべて無効として集計から除外することにした^{注7)}。

表 2-1 は、こうして推計した様々な BDF 購入価格水準と BDF 需要量との関係を示したものである（BDF 需要曲線データ）。また、表 2-2 は、同様の方法で推計した様々な廃食油提供価格水準と廃食油供給量との関係を示したものである（廃食油調達費用曲線データ）。

ところで、BDF 需要曲線と廃食油調達費用曲線を同じ図上で扱うためには、精製による歩留り率を考慮する必要がある。BDF を基準に換算するならば、前述のように、廃食油調達費用曲線は価格と数量の両方の観点から水平方向と垂直方向にシフトさせる必要がある。たとえば、1ℓの廃食油を精製すると、0.9ℓの BDF が生産され、歩留り率が 0.9 になるとする。すると、1ℓの BDF を生産するためには約 $1.11(=1/0.9)$ ℓの廃食油が必要になる。しかし、BDF は 1ℓを単位として取引されるため、1.11ℓの廃食油の提供価格を尋ねることは現実的ではない。そのため、調査では、廃食油の提供価格についても、1ℓあたりで尋ねた。

表 2 - 1 長門市における BDF 需要曲線データの推計結果

		単純集計					
		家庭		事業所			
購入 価格	軽油との 相対価格	戸数	需要量	件数	需要量		
(円/ℓ)	(%)	(戸)	(ℓ)	(件)	(ℓ)		
137.5	10.0	2	35	0	0		
127.5	2.0	1	40	0	0		
125.0	0.0	113	23,202	9	455		
121.3	-3.0	2	23,652	0	455		
118.8	-5.0	3	23,752	0	455		
112.5	-10.0	17	24,193	0	455		
100.0	-20.0	17	24,849	1	655		
87.5	-30.0	10	27,284	0	655		
81.3	-35.0	1	27,484	0	655		
62.5	-50.0	11	30,402	2	665		
購入しない		107		24			
有効回答数計		284		36			
無効回答数		320		60			
総回収数		604		96			

		長門市全体としての推計値				
		家庭		事業所		全体
購入 価格	軽油との 相対価格	戸数	需要量	件数	需要量	需要量
(円/ℓ)	(%)	(戸)	(ℓ)	(件)	(ℓ)	(ℓ)
137.5	10.0	50	875	0	0	875
127.5	2.0	25	1,000	0	0	1,000
125.0	0.0	2,824	579,862	31	1,877	581,739
121.3	-3.0	50	591,109	0	1,877	592,986
118.8	-5.0	75	593,608	0	1,877	595,485
112.5	-10.0	425	604,629	0	1,877	606,506
100.0	-20.0	425	621,024	3	2,702	623,726
87.5	-30.0	250	681,879	0	2,702	684,581
81.3	-35.0	25	686,877	0	2,702	689,579
62.5	-50.0	275	759,790	7	2,743	762,533
購入しない		10,671		292		
有効回答数計		15,095		334		

注 1) 家庭用 BDF 換算比率 (世帯数/有効回答数+無効回答数) = 15,095/604。

注 2) 事業所用 BDF 換算比率 (事業所数/有効回答数+無効回答数) = 334/96。

注 3) 表中の需要量は 1 カ月あたりのものである。

表 2 - 2 長門市における廃食油調達費用曲線データの推計結果

	単純集計				長門市全体としての推計値				
	家庭		事業所		家庭		事業所		長門市 全体
提供 価格 (円/ℓ)	戸 数 (戸)	供給 量 (ℓ)	件 数 (件)	供給 量 (ℓ)	戸 数 (戸)	供給 量 (ℓ)	件 数 (件)	供給 量 (ℓ)	供給 量 (ℓ)
0.0	518	1,037	58	1,539	12,946	25,916	262	6,944	32,860
1.0	25	1,048	1	1,549	625	26,201	5	6,989	33,190
2.0	4	1,108	4	1,608	100	27,688	18	7,259	34,947
5.0	2	1,110	0	1,608	50	27,738	0	7,259	34,997
10.0	13	1,153	1	1,624	325	28,813	5	7,331	36,144
16.0	1	1,193	1	1,664	25	29,813	5	7,511	37,324
20.0	2	1,199	0	1,664	50	29,963	0	7,511	37,474
50.0	5	1,207	0	1,664	125	30,165	0	7,511	37,676
提供 しない	34		9		850		41		
有効回 答数計	604		74		15,095		334		
無効 回答数	0		22						
総回 収数	604		96						

注 1) 家庭用廃食油換算比率 (世帯数/有効回答数) = 15,095/604。

注 2) 事業所用廃食油換算比率 (事業所数/有効回答数) = 334/74。

注 3) 表中の供給量は 1 カ月あたりのものである。

図2-2に表した右側の廃食油調達費用曲線（曲線A）は、廃食油を1ℓ調達するために必要な費用（提供価格）を表したものである。しかし、図2-2の横軸はBDF生産量を表すため、廃食油の供給量はBDF生産量に換算する必要がある。そこで、前述のように、供給量を0.9倍化して廃食油調達費用曲線を水平方向にシフトさせた（曲線B）。また、BDF1ℓの生産に必要な実際の調達費用を算出するために、調達費用曲線を垂直方向にも1.11倍化した（曲線C）。このように、歩留り率を考慮して、はじめてBDF需要曲線と廃食油調達費用曲線を同じ図上で扱うことができるようになり、斜線部分が採算可能領域として算定される。表2-3は、以上の措置を施して、廃食油量をBDF量に換算した後の廃食油調達費用曲線データを示している。

図2-5は、表2-2と表2-3の結果に基づいて、BDF需要曲線と廃食油調達費用曲線を同一図上に描いたものである。この場合、BDF需要曲線と廃食油調達費用曲線は、階段状の折れ線で導出することになる。また、同図の斜線部分が、図2-2で説明したBDF生産活動の採算可能領域を意味する^{注8・9}。

なお、この調査では、需要については、軽油代替燃料であるBDFだけでなく、重油代替燃料であるバイオ重油の購入意向および購入量と購入価格も調査項目の対象とした。しかし、図2-4に示されているように、BDFだけでみても、需要量に対して原料である廃食油の供給量のはるかに少ない状況にあること、生産のための固定費と変動費に関するデータが、バイオ重油については単一の事業所内での社内循環活動に関わるものしか得られなかったことから、BDFのみを検討の対象とすることにした。

つぎに、BDF平均生産費用曲線を導出するため、長門市で新規にBDF生産活動に取り組む場合のBDF平均生産費用曲線を算出し、製造装置（の組

表 2 - 3 長門市における廃食油調達費用曲線データの算出
(BDF 換算値)

提供価格 (円/ℓ)	廃食油供給量 (ℓ/月)
0.0	29,574
1.1	29,871
2.2	31,452
5.6	31,497
11.1	32,529
17.8	33,592
22.2	33,727
55.6	33,909

注) 表 2-2 より供給量を 0.9 倍化、価格を約 1.11 (≒1/0.9) 倍化した。表中の供給量は 1
カ月あたりのものである。

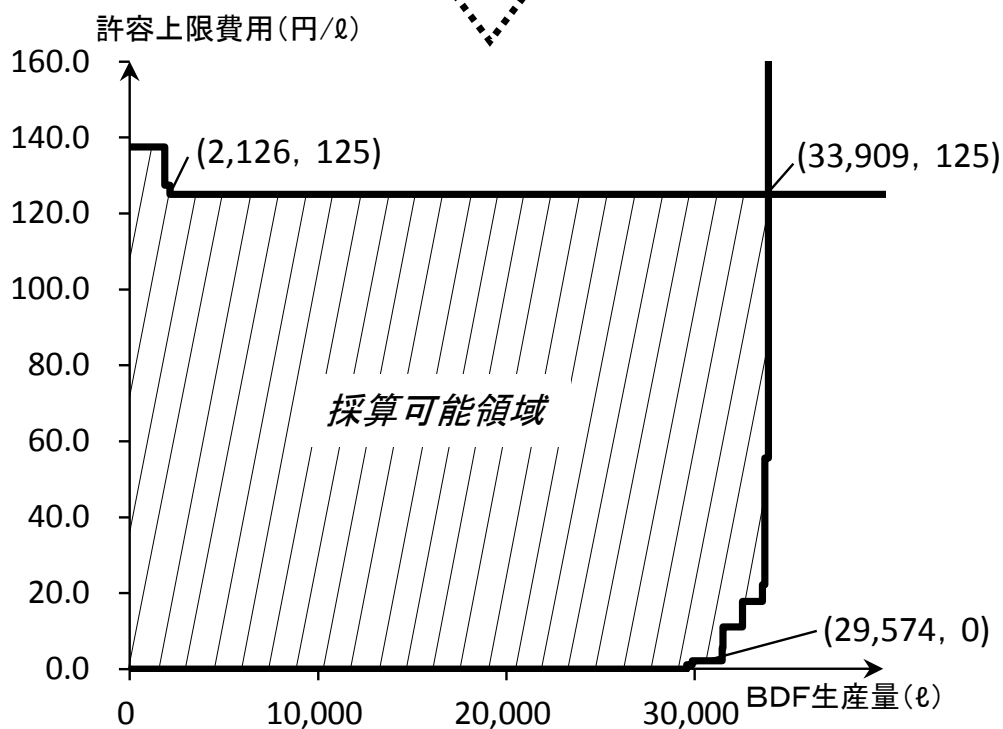
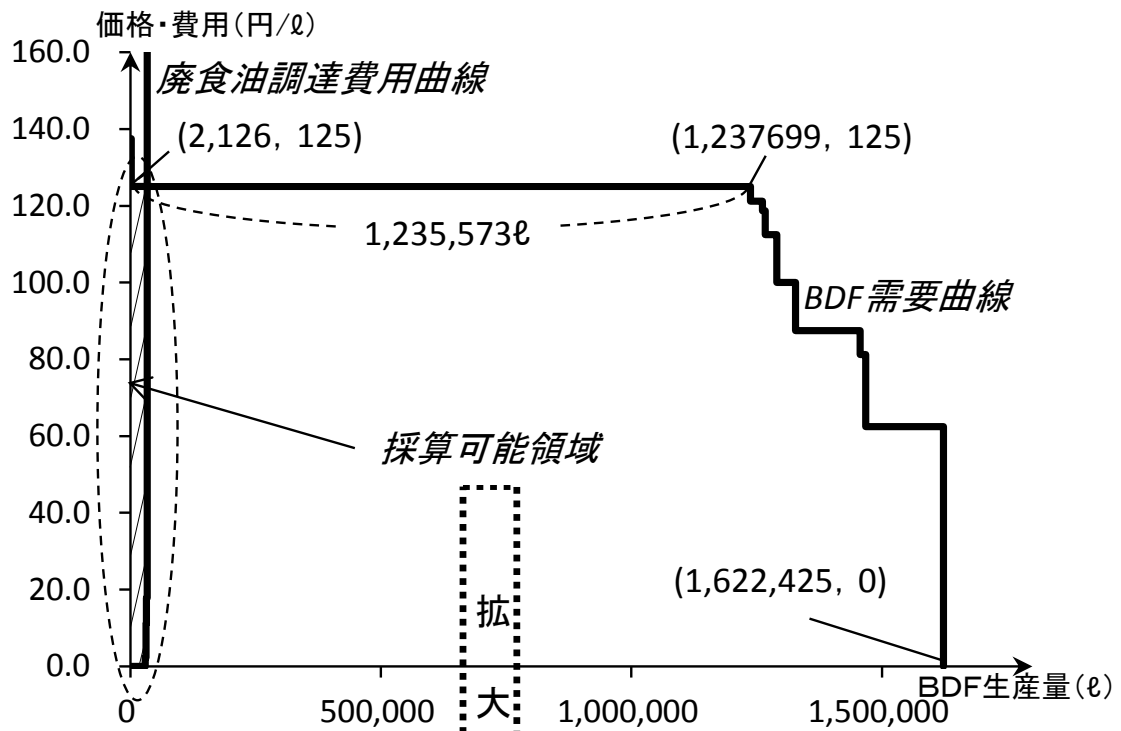


図2-5 長門市におけるBDF需要曲線と廃食油調達費用曲線から算定されるBDF生産活動の採算可能領域

合せ)を設定、検討していく。山口県で実際に地域資源としての廃食油を原料とした BDF 生産業務を社会貢献活動として行っている株式会社アースクリエイティブ(以下では「E社」と呼ぶ)、さらに E社が導入した製造装置 Aのメーカーである株式会社セベック(以下では「S社」と呼ぶ)へのヒアリング調査で得られた、BDFを生産する取り組みにおいて実際に使用している技術・費用データをもとに、BDFを生産する場合の固定費および変動費の試算を行った。

なお、S社は日本を代表する BDF 製造装置のメーカーであるため、本稿でも S社の製造装置を試算で利用する。また、E社は生産した BDF をバスやゴミ回収車を扱う地方自治体、フォークリフトを多用する産業廃棄物処理施設、軽油で動く農機具を使う個人まで、幅広い対象に販売している。

ところで、E社は BDF 生産業務を、他の業務活動と組み合わせて行っている。E社のように BDF 生産業務を他の業務と組み合わせて実施することは珍しいことではない。従来の営業ルート上に BDF の納品先がある場合、他業務との兼営が BDF 生産業務の効率性を高めるため、BDF 生産活動はより手がけやすくなる。また、BDF 生産において精製作業が定期的かつ断続的に作業を要するという特徴を有していることも、他業務との兼営を有利なものにする。このように、ある地域で新規に BDF 生産活動を行う場合は、E社のように地域内において配達・回収を伴う他の事業をすでに行っている事業所が一番取り組みやすいと考えられるため、この試算においても、E社の活動内容を想定した場合の費用を用いることにした^{注10)}。

以上の想定の下で、検討対象の製造装置を使用して BDF を生産する場合の固定費と変動費を表 2-4 に示した。各製造装置を用いた BDF 平均生産費用曲線は⑤～⑦式のとおりである。

$$\text{[製造装置 A]} \quad C_A = \frac{70,000}{X_A} + 99.7 \text{---}\text{⑤}$$

$$\text{[製造装置 B]} \quad C_B = \frac{96,000}{X_B} + 90.0 \text{---}\text{⑥}$$

$$\text{[製造装置 C]} \quad C_C = \frac{1,500,000}{X_C} + 80.2 \text{---}\text{⑦}$$

なお、この場合の固定費は、S社へのヒアリング調査で得られた製造装置のリース費用を用いた。また、製造装置 A、B、C は、既存の建物の空いたスペースに設置できるような小型の装置であり、いずれも地域を限定せずに利用可能な装置である。そのため、設置に広い場所を必要としない。たとえば、それぞれの製造装置の高さ×奥行×幅は、製造装置 A は 1,470 mm × 750 mm × 750 mm (図 2-6)、製造装置 B は 2,000 mm × 1,200 mm × 1,300 mm (図 2-7)、製造装置 C は 2,255 mm × 1,500 mm × 3,655 mm (図 2-8) にすぎず、多くの場所を必要としない。

ところで、S社では、製造装置 A、B、C 以外にも、最大廃食油処理量が 50ℓ の小型製造装置も生産しているが、50ℓ の製造装置は生産量の小さな装置であり、採算可能領域の大きさ (BDF 生産可能量) から考えると、より大きな製造装置でも組合せ利用を必要とすること、また、製造装置の組合せが必要な状況では、50ℓ の製造装置まで含めてパターンを設定すると、パターン数がかかなり多くなり、試算が煩雑化すること、という理由により、本稿では 50ℓ の製造装置までは試算で考慮しなかった。なお、製造装置に関する情報は、S社から入手した。

E社のように、すでに他の業務が行われている場合には、従来の建物の中の空いたスペースを活用して BDF 製造装置を設置して、BDF 生産業務を始

表 2-4 各製造装置を使用して BDF を生産する場合の固定費と変動費

項目	単位	製造装置A	製造装置B	製造装置C
最大廃食油処理量	ℓ	100	200	500
最大BDF生産量	ℓ	90	180	450
製造装置による精製時間	時間	6	6	8
1日あたりの可能回転数	回/日	3	3	2
月間稼働日数	日/月	25	25	25
月間可能処理量(廃食油)	ℓ/月	7,500	15,000	25,000
月間可能生産量(BDF)	ℓ/月	6,750	13,500	22,500
運転方法	-	手動運転	手動運転	自動運転
精製に関わる手動作業	-	必要	必要	不要
《製造装置1台あたりの固定費》	円/月	70,000	96,000	1,500,000
回収人件費	円	1,300	2,600	6,500
回収燃料費	円	560	1,120	2,800
納入燃料費	円	320	640	1,600
缶廃棄費	円	100	200	500
精製人件費	円	1,750	1,750	0
雑作業人件費	円	875	1,750	4,375
薬剤費	円	2,365	4,730	11,824
電気代	円	193	386	965
水道代	円	9	18	46
回収車両費	円	500	1,000	2,500
納品車両費	円	1,000	2,000	5,000
小計(製造1回あたりの変動費)	円	8,972	16,194	36,110
廃食油供給10ℓあたりの変動費	円/ℓ	89.7	81.0	72.2
《BDF生産10ℓあたりの変動費》	円/ℓ	99.7	90.0	80.2

注) 変動費(人件費除く)は株式会社アースクリエイティブから提供された製造装置 A の資料より作成した。人件費はハローワークの求人募集票に提示された複数の BDF 生産業務の正社員賃金をもとに算出し、中間的な金額である時給 1,200 円とした。固定費は株式会社セベックへのヒアリング調査をもとに作成した。



図 2 - 6 製造装置 A (EOSYS-100M) の外観

注) 株式会社セベック「イオシスの紹介」より引用 (URL : <http://eosys.jp/eosys/50.html>)。



図 2 - 7 製造装置 B (EOSYS-100M) の外観

注) 株式会社セベック「イオシスの紹介」より引用 (URL : <http://eosys.jp/eosys/200m.html>)。



図 2 - 8 製造装置 C (EOSYS-500) の外観

注) 株式会社セベック「イオシスの紹介」より引用 (URL : <http://eosys.jp/eosys/500.html>)。

めることが可能であり、製造装置を設置するための新たな建物の建設は必要ない。したがって、E 社では、建物の減価償却費を BDF 生産業務の費用として加味していないため、本稿でも費用として計上しないことにした。

人件費を除く変動費に関するデータは、E 社から提供を受けたところ、製造装置 A に関する変動費データは完全に得られたが、製造装置 B および C については十分にデータを得られなかったため、製造装置 A の変動費データを適宜調整して、製造装置 B、C の変動費を算出した。

また、人件費（時給）は、ハローワーク（公共職業安定所）の全国の求人募集票から調査した複数の BDF 生産業務の正社員の月給を、週 40 時間労働を前提に 1 ヶ月あたりの労働時間を計算して得られた 173.8 時間で割った値を算出し、その中間的な金額である 1,200 円を時給として用いた。ただし、資料の提供を受けた E 社は、事前に申し込みのあった飲食店等事業所と提携し、廃食油量がドラム缶 1～2 本分程度の分量になったら連絡を受け、回収希望者がいる程度集まったら回収に行くという方法を採用しており、それに要する費用を用いて自社で試算を行っている。一方、BDF の納入は、需要者に対して個別に行っているものの、E 社の他の事業での営業ルート上に納入先があるため、納入に直接必要な人件費が僅少であり、E 社自身の試算においても納入人件費は加味されていない。そのため、本試算でも納入人件費は変動費に加えないことにした。

また、E 社では、BDF の納品業務を他の業務と組み合わせて実施しており、BDF の納品業務のために購入した固定資産はなく、他業務のために調達した固定資産に関わる費用の一部を BDF 生産量に比例する方法（単位あたりの BDF 生産量に BDF 生産部門で負担する費用を設定して、それに BDF 生産量を乗じた金額を BDF の生産費に計上する方法）で、BDF 生産業務で負担

している。そのため、本事例の試算でも、表 2-4 にあるように、廃食油の納品車両費を 100ℓ あたり 1,000 円として、変動費に含めた。一方、BDF 生産業務も納品業務と同様に他業務と組み合わせて実施しており、BDF 生産業務のために購入した固定資産はなく、他業務のために調達した固定資産に関わる費用の一部を BDF 生産量に比例する方法で、BDF 生産業務で負担している。その結果、本事例の試算では、表 2-4 のように、廃食油の回収に関わる費用として、回収人件費、回収燃料費、回収車両費をそれぞれ 100ℓ あたり 1,300 円、560 円、500 円として、変動費に含めた。

このように、本事例の試算では、一般的には変動費に含めない費目も変動費に計上するが、BDF 生産業務に取り組んでいる企業の実態を反映させた措置であるため、変動費の過大計上には繋がっていない。

さらに、たとえば製造装置 A による廃食油の精製は 6 時間が見込まれているものの、そのうち、薬剤投入などの実働時間は、最初の下準備に要する 20 分と、その後、約 1 時間おきに発生する 10 分間の作業 5 回分の合計 70 分にすぎない。労働時間として実働時間のみを対象とするか、精製時間の 6 時間を対象とするかの判断が必要であるが、E 社をはじめ、求人募集票ではほとんどの事業所が BDF 生産業務と他の業務を兼務する体制を採っていたため、本試算では実働時間のみを精製人件費に反映し、表 2-4 のように算出した。なお、生産する BDF には一定水準以上の精製度合いが求められるが、E 社ではその水準をクリアしており、精製度合いを高めるために特別な費用を必要としないため、試算では特に費用は計上しなかった。

一方、E 社は廃液対策として、廃液に含まれる副産物のグリセリンを全て堆肥の発酵促進剤として費用をかけずに有効活用している。グリセリン廃液の他にアルカリ廃液で問題となる BOD^{注 11)}の排水基準は、対象とした長門市

の下水道条例では 600ppm 未満と定められている。この排水基準を満たすためにはアルカリ廃液を水で 3.4倍程度に希釈すればよく、グリセリンと一緒に排出されるセッケン水等によって自然と希釈されるため、全国的にみても排水処理施設を整備している BDF 事業者は見当たらない。そのため、本稿の試算でも、排水処理設備や廃液処理設備の減価償却費は固定費に計上しないものとした。ただし、新規に BDF 生産業務を手掛ける際には、廃液処分に関する決まりが自治体や BDF 製造装置設置の場所によって異なるため、地元自治体との事前調整や廃液の有効活用計画、および綿密な BDF 生産業務の実施に注意する必要がある。

以上のように、BDF 製造装置は小型であり、E 社では既存事業のために建設された建物の中の空いたスペースに設置しているため、BDF 製造装置を格納するための建物の減価償却費は計上していない。また、アルカリ廃液対策に関わる装置も必要としていないため、これに関わる減価償却費も計上しなかった。このため、固定費はそうした減価償却費を考慮しなければならない場合よりも小さな額となるが、これは実態を踏まえた措置であり、固定費は過小評価にはなっていないといえる。

また、「BDF は品質が劣化しやすい」、「燃料フィルターが詰まりやすい」、「給油できる場所が少ない」等の現象が確認されるケースがあるが、E 社へのヒアリングによると、BDF の製造工程管理を適正に行うことで BDF の使用に関して支障をきたすことのない良質な BDF を製造することが可能であり、E 社ではトラブルが起きていないことが確認されている。また、熊本県内で製造された BDF の品質調査を行った中村ら (2011) ¹⁴⁾ の報告によると、2007 年度から 3 年間に採取した県内の BDF 製造者が製造した BDF の合計 243 検体 (S 社の BDF 製造装置により生産された BDF も含む) の品質調査

の結果、すべての測定項目において、使用に関して大きな問題が確認されなかった。さらに、E 社では BDF を需要者へ直接配達しており、本稿の試算においても、表 2-4 にあるように配達費として納入燃料費を考慮して、生産主体が BDF を必要とする事業所等に直接配達する状況を想定している。そのため、本稿では BDF の品質・給油問題は、BDF の使用を抑制する要因として働く水準まで重大ではないものと考えられる。以上の措置により、本事例の試算は、実際に BDF 生産業務に取り組む企業の取り組みを反映させた現実的な条件下での試算になっている。

ところで、それぞれの製造装置の 1 回あたりの廃食油処理量および BDF を生産するための処理時間は、製造装置 A は 100ℓ および 6 時間、製造装置 B は 200ℓ および 6 時間、製造装置 C は 500ℓ および 8 時間である。各製造装置の 1 日の限界処理量は、製造装置 A が 300ℓ、製造装置 B が 600ℓ、製造装置 C が 1,000ℓ である。月間稼働日数を 25 日とおくと、月あたりの限界処理量は、製造装置 A が 7,500ℓ、製造装置 B が 15,000ℓ、製造装置 C が 25,000ℓ となる。ただし、表 2-2 のとおり、長門市全体としての廃食油の供給量は、1 か月に最大で 37,676ℓ であるため、各製造装置の 1 日の限界処理能力を考慮すると、できるだけ多くの廃食油からできるだけ多くの BDF を生産するためには、複数の製造装置を組み合わせる必要がある。

なお、この場合、複数の製造装置の増設順序によって費用曲線が変わってくるので、費用曲線の算出に際しては、製造装置の増設順序の違いも考慮した。その結果、ここでは表 2-5 のとおり、合計で 14 種類の組合せパターンを設定した。そして、これら 14 種類の BDF 平均生産費用曲線をそれぞれ採算可能領域にオーバーレイさせて、各パターンの経済的採算性の有無を確認した（ただし、経済的採算性の検討に際しては、各パターンの検討順序は特

表 2 - 5 製造装置の組合せパターン(BDF 換算値)

パターン番号	組合せパターン	最大限界処理量(ℓ)
1	AAAAA	33,750
2	ABB	33,750
3	BAB	33,750
4	BBA	33,750
5	BAAA	33,750
6	ABAA	33,750
7	AABA	33,750
8	AAAB	33,750
9・20	BBB	40,500
10	AAAAB	40,500
11	AABB	40,500
12	ABAB	40,500
13	BAAB	40,500
14	CC	45,000

注) BDF 製造装置の組合せは、BDF 生産量の増加に応じて増設する順番を示している。た

とえば、パターン 2 の場合、左から A、B、B という順番で製造装置を増設することを意味している。

に問題とする必要はない)。また、経済的採算性があるパターンについては、余剰合計額が最大となる BDF 生産量を確認し、どのパターンが採択するのに最も適切であるかを検討した。

図 2-9 には、パターン 1~14 のそれぞれの BDF 平均生産費用曲線 $P_1 \sim P_{14}$ を算出して、各 BDF 平均生産費用曲線を採算可能領域にオーバーレイさせた結果を示している。下図は上図の破線部分をわかりやすいように拡大したものである。平均生産費用曲線は、所々で垂直に上昇している部分があるが、これは、垂直上昇部分に対応する生産量以上に BDF 生産量を増やす場合には、製造装置の追加が必要となり、それに伴って固定費が不連続的に増大するためである。

その結果、BDF 平均生産費用曲線 $P_1 \sim P_{13}$ は、採算可能領域を通過しているので、 $P_1 \sim P_{13}$ に対応するパターンは十分採択可能である。しかし、BDF 平均生産費用曲線 P_{14} は採算可能領域を通過しないため、対応するパターン 14 は採択不可能である。

以上のように、この試算事例では、採算がとれる BDF 製造装置のパターンが存在することが判明した。そこで、つぎに、最も大きな余剰合計額を実現するパターンを確認する必要があるが、これについては採算可能領域内を通過する BDF 平均生産費用曲線 $P_1 \sim P_{13}$ 上にあつて、BDF 生産費用ができるだけ安く、BDF 生産量や廃食油供給量ができるだけ大きくなる 13 個の点（採算可能領域の境界を表す直線との交点）の中で、できるだけ右下に位置する部分で交点を持つ BDF 平均生産費用曲線に対応する製造装置の組合せパターンを採択すればよく、その交点に対応する生産量の BDF 生産活動を行う場合に、余剰合計額は最も大きくなる。

そこで、図 2-9 をみると、最も右下の交点 E_9 を持つ BDF 平均生産費用

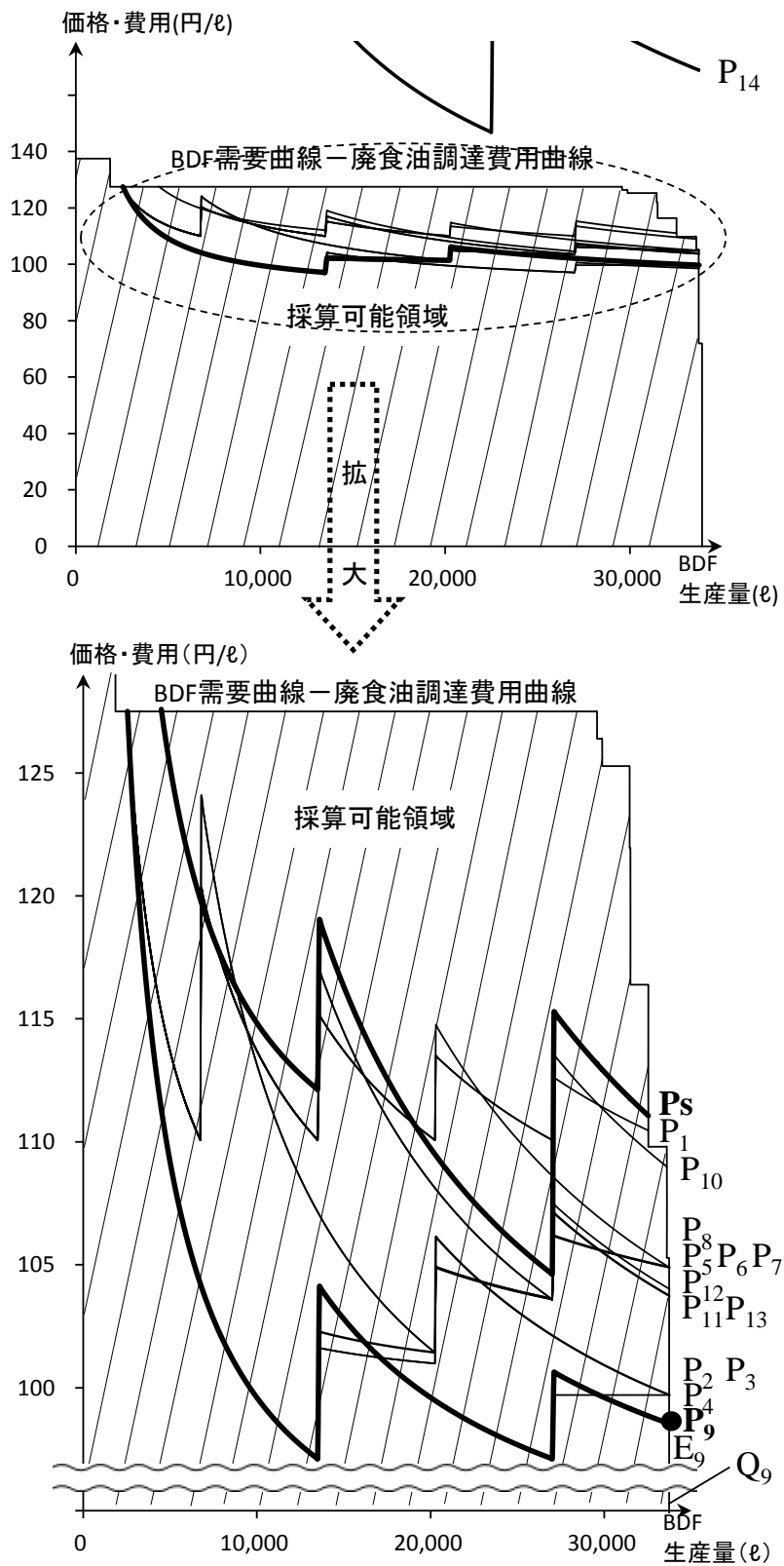


図 2-9 BDF 生産活動の採算可能領域と BDF 製造装置の組合せパターン 1~13 の BDF 平均生産費用曲線

曲線 P_9 に対応するパターン 9 を採択し、製造装置を B、B、B の順番に利用して生産を行い、生産量を Q_9 ($=33,727\ell$) とする場合に、余剰合計額が最も大きくなることがわかる。なお、 E_9 において BDF を 1 ℓ 生産するための廃食油調達以外の製造コストは 98.5 円であり、廃食油は BDF1 ℓ あたり 20.0 円で調達することとなる。

ところで、図 2-9 には P_s も示している。これは、パターン 9 と同じ製造装置の増設順序を採用するものの、 $P_1 \sim P_{14}$ のパターンとは異なり、BDF の生産に際して建物内に未利用スペースが存在しないため、プレハブ建物を新設し、また納入人件費も必要になると想定した場合のパターンである。そのため、このパターンの平均生産費用曲線算出では、建物の固定費と納入人件費も考慮している。なお、建物については、製造装置の設置や、BDF 生産作業を行うスペースを考慮すると、8 坪程度の面積が必要であると判断し、種々のホームページ上の情報より、そのために必要なプレハブ建物建築費用を工事費も含めて 150 万円と見積もった。そして、国税庁が公表している主な減価償却資産の耐用年数から、このプレハブ家屋の耐用年数は 15 年として、8,333 円/月の固定費を加算することにした。また、E 社では BDF の納入を別事業との抱き合わせで行っているという事情から、 $P_1 \sim P_{14}$ では納入人件費はかからないとしていたが、ここでは回収人件費と同額の 14.4 円/ ℓ を別途納入人件費として算入した。こうした想定の場合、平均生産費用は増大するが、図 2-9 からわかるように、 P_s の平均生産費用曲線も採算可能領域を通過しているため、BDF 生産スペースの新規設置や納入人件費が必要な場合でも、BDF 生産活動は採算がとれることがわかる。

以上のことから、長門市の場合、採算性を確保しながら新規に BDF 生産活動に取り組むことが可能なことが明らかとなった。また、ここで提示した

検討手法は、BDF 生産活動の実施可能性の判断に適用可能なことが確認できた。

第4節 まとめ

以上、本章では、地域内の廃食油を原料とした BDF 生産活動の実施可能性を、経済的採算性の有無や、採算性が認められる場合には、余剰合計額の最大化を実現が期待できる最適点を明らかにするという観点から検討できる手法を提示するとともに、その検討手法を山口県長門市における BDF 生産活動の実施可能性の検討に適用して、BDF 生産活動が実現可能であることを確認した。本章で提示した手法は、BDF の需要と廃食油の供給の両方の地域内の意向を踏まえたうえで、活動の採算性の有無と、採算性がある場合に余剰合計額が最大となる BDF 生産量および最大の余剰合計額を実現する製造装置（あるいは製造装置の組合せパターン）が検討できるという点で大きな意義を備えている。

最後に、BDF 生産活動にかかる費用は、回収方法や前処理の有無等といった活動内容や、精製人件費の支払い方法（実働時間を対象とするのか、製造装置の1回あたりの処理時間をすべて対象とするのか、等）によっても影響を受ける。そのため、実際に BDF 生産を検討する主体（事業所）は、作業の実態に対応した適切な費用計上の方針を定め、固定費および変動費を算出する必要がある。

また、BDF 生産活動を新たに行う場合には、助成金が利用できることもある。たとえば地域雇用開発奨励金についてみると、300～1,000 万円の事業所を設置・設備し、新たに3～4人の雇用を行うなど、いくつかの要件を満たした場合、事業主体は奨励金として50万円が1年ごとに最大3回支給される

などの助成を受けられる。このような助成金は、固定費の負担を軽減するものである。ほかにも、従業員を新たに雇用する場合の助成金などもあるため、助成を受けられる見込みがある場合には、それも含めて **BDF** 平均生産費用曲線を算出し、できるだけ余剰合計額が大きくなる活動を検討することが望ましい。

注

注1) H 社が BDF 生産事業から撤退した理由には、経済的採算性の検討が不十分だったこと以外にも、それに繋がる要因として、BDF の精製技術や廃液処分に関する情報収集上の要因等も指摘できる。このうち精製技術に関しては、自動車のディーゼルエンジンが従来式から最新のコモンレール式新型エンジンに移行しつつある中、新型エンジンに使用する BDF は、精製度合いが高くないとエンジンを故障させる恐れがあり、H 社で生産する BDF の新型エンジンへの対応可能性が不透明であったため、H 社は今後の需要が見込めるかを疑問視したことが指摘できる。ただし、E 社は H 社が BDF 生産活動から撤退した後、BDF 製造装置を H 社から譲り受けて、新型エンジンに対応可能な BDF を生産している。このことから、H 社も新型エンジンへの対応可能な製造装置を有していたことがわかるが、H 社では、生産する BDF の新型エンジンへの対応可能性について、不安材料を解消させるほどの情報収集が行われていなかったといえる。また、廃液処分に関しても、廃液に含まれる副産物のグリセリンを廃棄処分する場合は、産業廃棄物として扱う必要があるため、H 社では、廃棄費用の発生を防ぐために堆肥の発酵促進剤として製品化する実験を行っていたが、販路開拓の先行きがはっきりしなかったため、実験段階で中止したことが挙げられる。

注2) したがって、BDF 生産にとって最も重要な物財（原料）である廃食油については、その調達可能性に十分配慮して、BDF 生産に必要な他の物財や労働用役等とは区別して、その地域住民からの供給量（生産主体の調達量）は価格の関数として扱うことにする。なお、他の物財や労働用

役等については、価格変化を考えると調達可能であり、廃食油のような配慮は必要ないため、一定価格で調達できるものとする。

注3) 本章で提示する手法においては、経済的採算性は **BDF** 生産主体が **BDF** 生産活動からの収入で費用を賄うことが可能かどうか、という観点でとられている。そのため、利潤が確保できない場合でも、赤字にならない限り、採算性があると判断する。これは、調査した **BDF** 生産企業が利潤追求を目的としていないことが、その理由である。

注4) 株式会社アースクリエイティブからのヒアリングによると 0.9 の歩留り率が得られたので、ここではこれを用いる。

注5) 山口県人口移動統計調査による 2012 年 2 月 1 日現在の数値である。

注6) 2012 年 1 月～2 月にかけて調査票の回収を行ったため、山口県人口移動統計調査による 2012 年 2 月 1 日現在の数値を使用した。

注7) なお、無回答結果は、廃食油提供量や **BDF** 購入量が 0 という扱いをすることも考えられる。そのため、無回答結果も廃食油提供量や **BDF** 購入量を 0 として扱う試算も別途行ったが、その場合でも、**BDF** 生産活動は採算がとれることが確認できた。

注8) 調査対象に軽油の利用が多いと想定される業種の事業所が選定されていないことや、家庭での **BDF** 需要には、実際に軽油を利用していない世帯の回答が多く含まれている可能性があるため、ここで集計した **BDF** 需要量には、ある程度の誤差が存在している可能性がある。しかし、その場合でも、廃食油の供給量に対して **BDF** 需要量が非常に多い状況に変化は生じないため、採算可能領域に影響が生じる恐れはなく、分析の結果にも影響は生じない。また、長門市に特徴的な事情として、**BDF** を漁船に利用したいという漁家の意向も存在するため、家庭での **BDF** 需要に

は、実際に軽油を利用している世帯（漁家）の回答もある程度含まれている点も指摘できる。

注9) 注8に関連するが、長門市の月間軽油消費量を直接把握できるデータはないため、山口県の軽油消費量と山口県及び長門市の車両保有台数をもとに、以下の式を用いて長門市の月間軽油消費量を推定した。

長門市の月間軽油消費量＝山口県の年間軽油消費量×（長門市の車両保有台数/山口県の車両保有台数）×1/12

ここでいう車両保有台数は、ガソリン車とディーゼル車、LPG車を含む全車種の合計保有台数である。本来的には、長門市の軽油消費量は、山口県の軽油消費量の公表値に、山口県のディーゼル車保有台数に占める長門市の比率を乗じて推定することが望ましい。しかし、統計データの不足により、山口県及び長門市のディーゼル車保有台数が不明であったため、山口県の車両保有台数に占める長門市の比率を用いた。ただし、全国の燃料消費量（ガソリン・軽油・LPGの合計消費量）に占める各都道府県の比率は、全国の軽油消費量に占める各都道府県の比率とほとんど差異が見られないため(差異0.01%～0.83%)、燃料消費量に対する軽油消費量比率に地域差はほとんどないものとみなすことができる。すなわち、山口県の全車種保有台数に占める長門市の比率と、山口県のディーゼル車保有台数に占める長門市の比率はほとんど同じであるといえ、山口県の年間軽油消費量に対して、山口県の車両保有台数に占める長門市の比率を乗じた積を長門市の軽油消費量とすることに大きな問題はないと考えられる。国土交通省の自動車燃料消費量統計年報によると、平成25年度の山口県の軽油消費量は294,719klであり、山口県統計年鑑によると、平成26年3月末時点での山口県の車両保有台数は1,021,885台、

長門市の車両保有台数は 28、547 台である。これらの数値をもとに、長門市の月間軽油消費量を推定すると 686,097ℓ であり、図 4 に示した採算可能領域における生産可能な BDF 生産量の最大値である 33,909ℓ よりも 20 倍程度大きいため、地域内の BDF に対する潜在需要には大きなものがあり、その需要の一部しか BDF の購入につながらないとしても、採算可能領域には影響は生じないと考えられる。

注10) 前述の H 社だけでなく、E 社も社会貢献を目的として BDF 生産活動に取り組んでいる。なお、H 社についてはすでに BDF 生産活動から撤退しているため、生産費に関するデータが入手困難等の理由により、H 社の活動実績に関するデータは、平均生産費用曲線の算出には利用していない。

注11) 生物化学的酸素要求量。水質汚濁を示す指標の一つで、検水を好気的狀態におき、一定条件のもとで、検水中の微生物の増殖あるいは呼吸作用により、消費される酸素量のことを示す。

引用文献

- [1] 倉持秀敏，島宗敬太郎，坂田幸久，久保島賢，大迫政浩（2007）「廃棄物系油脂類に対するバイオディーゼル燃料原料としてのポテンシャル評価」，廃棄物学会研究発表会講演論文集 18(0)， pp.174-174
- [2] 矢野順也，平井康宏，浅利美鈴，出口晋吾，中村一夫，酒井伸一（2010）「家庭系廃食用油の賦存量と回収量に関する都市間比較」，廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 21(0)， pp.151-151

- [3] 能美誠 (1999) 「地域農業計画手法論 - 地域水稻育苗活動計画手法の開発 - 」, 農林統計協会
- [4] 中村仁美, 上村佳朗, 篠原亮太 (2011) 「熊本県内で製造されたバイオディーゼル燃料の品質調査とその製造における現状と改善に関する考察」, *Journal of Environmental Chemistry* 21(1), pp.85-90

第3章 家庭の廃食油供給の協力意向に関する要因分析 —山口県長門市を対象として—

第1節 背景と目的

全国的に国産バイオ燃料の本格的導入が推進される傾向にある一方、著者の行った調査によると、BDFの需要量に対して廃食油の供給量が少ない場合が全国各地で認められた。たとえば、第1章でも触れたが、松山市では家庭用廃食油については供給量を増やすために、スーパーや銀行窓口、道後温泉の宿泊観光施設などに回収拠点を設けて、少しずつ回収量を増やす努力をしている。また、広島市ではBDFは事業者からの需要があり、事業系の廃食油のかかなりの割合がリサイクルされているが、家庭用の廃食油は回収拠点が少しずつしか広がっていない。ただし、町内会がよく機能しているところは回収量が多く、回収量を増やすためには「環境に良い事をしている」あるいは「社会貢献活動に参加している」などの提供者の協力意欲を刺激する何かの旗印が必要であるという。さらに、釧路市においては、釧路地域における廃食油の賦存量を235,000ℓ、廃食油の回収量を49,700ℓ、BDF生産量を37,000ℓと試算した。これはごみ収集車約20台の軽油に代替するとされており、今後廃食油の回収率を高めることで、BDFを使用するごみ収集車をさらに増大したいとしている。

BDFの需要量の多さに比べて、廃食油の供給量が少ないというギャップを少しでも埋めるためには、食油を使用する事業者や家庭からできるだけ多くの廃食油が供給されるよう、協力意向の向上を図る方策を検討する必要がある。たしかに、廃食油がすべて回収・利用されたとしても、現在国内で使用されている軽油量と比較すると、その一部分のみを代替できるにすぎないが、

環境意識の啓発や環境教育への応用など、地域活動を通じた地域資源の有効活用や教育活動においても、重要な意義がある。

しかし、既存研究をみると、廃食油の供給量を増やすための方策は十分に明らかにされているとはいえない。泉谷（2010）⁴⁴によると、廃食油回収事業者が効率的に廃食油を回収することが可能な廃食油の大規模排出事業者（飲食業者や天ぷら加工業者等）からは、廃食油の回収がすでに進んでいる場合が多いが、特に、回収効率の低い小規模事業者や家庭においては、廃食油の回収が手つかずになっている地域も多い。全国油脂事業協同組合連合会⁴⁵の平成 25 年度調査によると、わが国で 1 年間に発生する事業用廃食油 33～35 万 t のうち、廃棄または再生利用が困難な量は約 2 割（6～8 万 t）にとどまっている。これに対して、家庭用廃食油 9～11 万 t のうち、燃えるゴミとしての廃棄量はじつに 9 割以上（9～10 万 t）を占めている。現実には廃食油の BDF 化は全国的にはまだ普及に至っておらず、各地で取り組みが進められており、廃棄又は再生利用困難な量が排出量の 2 割にすぎない事業用廃食油ではなく、9 割以上が利用されるに至っていない家庭用廃食油の供給を少しでも拡大させるための方策を明らかにすることが重要である。したがって、家庭用廃食油の回収・有効活用は、重要な課題であり、家庭用廃食油の供給者は地域住民であるから、地域住民が少しでも廃食油の供給に協力する意向を高めるべく、地域住民の廃食油供給の協力意向に影響を与える要因を明らかにすることは非常に意義がある。

そこで、本章では、燃えるゴミとして処理されるなどにより、廃食油の回収が進んでいない地域において家庭から排出される廃食油を対象に、家庭の廃食油供給に対する住民の協力意向に影響を与える要因を、2012 年に山口県長門市で行った地域住民に対するアンケート調査結果をもとにクロス集計や

数量化理論Ⅱ類を用いて考察し、住民の廃食油供給に対する協力意向を少しでも高める方策を提示する。

第2節 分析の方法および結果

1. 調査対象地域の概要

本章でも、第2章で取り扱った山口県長門市を対象地域とする。本章の分析でも、対象地域として長門市を選定したのは、この地域では廃食油の燃料化に関する研究会や地域検討会が開催されるなど、地域内における廃食油の活用や BDF を生産して利用することに対する関心が高く、家庭の廃食油回収に対する協力意向に影響を与える要因を分析するうえでも、適当な地域の一つであると判断したためである。

2. アンケート調査結果の概要

(1) アンケート調査票の配布方法

長門市内の住民の廃食油供給に対する協力意向に影響を与える要因に関する調査は、郵送によるアンケート調査で行った。2012年1月に郵便局の配達地域指定サービスを利用して、深川、三隅、日置、油谷、通、仙崎、俵山という長門市内の各地区のなかからそれぞれ無作為に配達地域を選択し、合計2,000世帯に調査票を郵送した。調査票の回収率は30.2%（604通）であった。

(2) 回答者属性

回答者は女性の割合が多く（男性：36.3%、女性：62.4%）、60才代以上の回答者が51.9%を占めた（表3-1）。廃食油の供給に対する意向は、協力で

きる回答者は 45.7%、どちらかといえば協力できる回答者は 41.6%、どちらかといえば協力しない（できない）回答者は 6.3%、協力しない（できない）回答者は 2.6%であった。

（3）家庭用廃食油供給の協力意向に影響する要因

アンケート調査で質問した協力意向は、「協力できる」「どちらかといえば協力できる」「どちらかといえば協力しない（できない）」「協力しない（できない）」の 4 段階から成る。地域住民に廃食油の供給にできるだけ確実に協力してもらうために、①協りに積極的な住民群と消極的な住民群の協力意向の差異、②協りに積極的な住民群のうち、「協力できる」という住民群と「どちらかといえば協力できる」という住民群の協力意向の程度差、③協りに消極的な住民群のうち、「どちらかといえば協力しない（できない）」という住民群と「協力しない（できない）」という住民群の非協力意向の程度差という 3 つの比較対象を設けてそれぞれクロス集計を行い、数量化理論Ⅱ類を用いて、他の質問項目との関連をみた^{注1}。

本章で協力意向に影響を与える要因分析に、主成分分析や因子分析ではなく、数量化理論Ⅱ類を採用したのは、本章には協力意向の有無・程度という明瞭な評価対象が存在しており、その評価対象に影響を与える諸要因を確認・評価するうえで、主成分分析や因子分析の場合は、目的変数と説明変数の両者をまとめて分析にかける必要があり、説明変数が目的変数に及ぼす影響を明示的に把握することができないという問題があるためである。

（4）家庭用廃食油供給の協力意向の差異に影響する要因

まず、「協力できる・どちらかといえば協力できる」という協力意向のある

表 3-1 回答者の属性

合計	居住地							性別		年齢				
	深川	三隅	日置	油谷	通	仙崎	俵山	男	女	30才代以下	40才代	50才代	60才代	70才代以上
604	73	124	86	67	64	85	104	219	377	42	66	121	203	171
100.0	12.1	20.5	14.2	11.1	10.6	14.1	17.2	36.3	62.4	7.0	10.9	20.0	33.6	28.3

家族の人数(人)								職業							
1	2	3	4	5	6	7	8	農林業	漁業	飲食業 自営	その他 自営	公務員 教員	会社員	主婦	その他
78	211	116	78	49	34	10	2	70	17	12	30	26	111	185	142
12.9	34.9	19.2	12.9	8.1	5.6	1.7	0.3	11.6	2.8	2.0	5.0	4.3	18.4	30.6	23.5

所得(万円)				廃食油の供給に対する協力意向			
~200	200~ 300	300~ 500	500~	協力できる	どちらかといえば協 力できる	どちらかといえば協 力しない	協力しない
284	141	95	55	276	251	38	16
47.0	23.3	15.7	9.1	45.7	41.6	6.3	2.6

注 1) 表中の単位は上段が「人」下段が「%」。

注 2) 各項目とも「不明」は除外しているため合計値と合わないケースがある。

注 3) アンケート調査結果より著者作成。

住民群と、「どちらかといえば協力しない（できない）・協力しない（できない）」という協りに消極的な住民群を対象として、協力意向の差異に影響を与える要因を検討するためにクロス集計を行った。表 3-2 をみると、居住地や年齢、環境問題やエコ商品及びゴミの分別回収や省資源社会の実現についての関心や意識の程度が協力意向の差異に影響を与えていることがわかる。

そこで数量化理論Ⅱ類には説明変数として表 3-3 に示した $X_1 \sim X_9$ までの 9 つの変数を採用し、家庭用廃食油供給の協力に対する積極性・消極性との関係をみた^{注2)}。判別的中率は 75.8%、相関比は 0.323 であった。つぎに、説明変数 $X_1 \sim X_8$ に該当する住民は協力意向をもつ傾向があり、一方、説明変数 X_9 に該当する住民は、消極的な協力意向の傾向がある。 X_1 の“通”という地域は軽油を多く要する漁船を保有する漁師が比較的多く住むことから、軽油代替燃料である BDF に対するニーズが強く、その原料となる廃食油の提供に対しては非協力的な意向が弱く表れたものと考えられる。また、 $X_7 \sim X_9$ のカテゴリースコアの符号を総合的に判断すると、省資源社会実現のためには経済的な手段よりもリサイクル技術の確立やリサイクルシステムの整備を重要視する住民のほうが、協力意向をもつ傾向がある。

以上のことから、①環境問題について高い関心がある住民や、②ゴミの分別回収やエコ商品の購入、省資源社会実現のための低コストリサイクル技術の確立やリサイクルショップの普及・整備の必要性などを感じている住民、③50～60 才代の住民に協力意向が強くなる傾向があること、④地域間でも協力意向に対する格差があることが認められた。

表3-2 協力意向の差異に関するアンケート調査結果のクロス集計表

	合計	居住地							年齢				
		深川	三隅	日置	油谷	通	仙崎	俵山	30才代以下	40才代	50才代	60才代	70才代以上
協力できる・どちらかといえば協力できる	420	51	88	63	41	50	60	67	32	53	86	149	100
	100.0	12.1	21.0	15.0	9.8	11.9	14.3	16.0	7.6	12.6	20.5	35.5	23.8
どちらかといえば協力しない・協力しない	50	10	10	8	8	2	5	7	7	8	5	14	16
	100.0	20.0	20.0	16.0	16.0	4.0	10.0	14.0	14.0	16.0	10.0	28.0	32.0
合計	470	61	98	71	49	52	65	74	39	61	91	163	116
	100.0	13.0	20.9	15.1	10.4	11.1	13.8	15.7	8.3	13.0	19.4	34.7	24.7

「環境問題」についてどのくらい関心があるか		エコ商品(省エネ・省資源商品など)の購入についてどのように考えているか					ゴミの分別回収にどのように協力しているか	
非常に高い関心がある	関心がある	全く関心がない	常に意識しており、多少高価でも、利便性が悪くても、優先的に購入	意識はしているが、価格や利便性を購入の判断基準にしている	特に意識しておらず、価格や利便性を購入の判断基準にしている	本当に省エネ・省資源商品か判断できないので意識することはない	当然の義務として協力	仕方なく協力
87	328	5	44	317	51	8	407	13
20.7	78.1	1.2	10.5	75.5	12.1	1.9	96.9	3.1
4	45	1	5	42	2	1	44	6
8.0	90.0	2.0	10.0	84.0	4.0	2.0	88.0	12.0
91	373	6	49	359	53	9	451	19
19.4	79.4	1.3	10.4	76.4	11.3	1.9	96.0	4.0

省資源社会実現のために、特にどのようなことについて重要だと思うか ※複数回答(3つまで)							
最初からリサイクルを考えた製品づくり	デポジット制	低コストリサイクル技術の確立	容器はリターナブル素材にしている	廃棄物処理対応を全国統一し、分別回収をさらに徹底	廃品回収業者の巡回など不用品の回収方法の確立	リサイクルショップなどの普及・整備	ごみや廃棄物処理の有料・高額化
297	85	186	125	159	111	117	14
70.7	20.2	44.3	29.8	37.9	26.4	27.9	3.3
38	12	13	16	15	13	8	7
76.0	24.0	26.0	32.0	30.0	26.0	16.0	14.0
335	97	199	141	174	124	125	21
71.3	20.6	42.3	30.0	37.0	26.4	26.6	4.5

注) 表中の単位は上段が「人」下段が「%」。アンケート調査結果より著者作成。

表3-3 協力意向の差異に影響を与える要因に関する数量化理論Ⅱ類の計算結果

変数	項目		該当者 (人)	重心	カテゴリースコア		レンジ
					該当(1)	非該当(0)	
外的 基準	y ₁	協力できる・どちらかといえば協力できる	420	0.11242			
	y ₂	どちらかといえば協力しない・協力しない	50	-0.92580			
説明 変数	x ₁	居住地が通	52		0.63556	-0.07888	0.71444
	x ₂	年齢が50才代	91		0.76537	-0.18328	0.94865
	x ₃	年齢が60才代	163		0.34007	-0.17997	0.52005
	x ₄	環境問題について非常に高い関心がある	91		0.58115	-0.13917	0.72032
	x ₅	エコ商品の購入について特に意識しておらず価格や利便性を基準に購入	53		1.01759	-0.12902	1.14662
	x ₆	当然の義務として、ゴミの分別回収に協力	451		0.10486	-2.36456	2.46942
	x ₇	省資源社会実現のために、低コストリサイクル技術の確立が重要	199		0.40894	-0.29918	0.70812
	x ₈	省資源社会実現のために、リサイクルショップの普及・整備が重要	125		0.48428	-0.17496	0.65924
	x ₉	省資源社会実現のために、ごみや廃棄物処理の有料・高額化が重要	20		-1.61250	0.07525	1.68775

注) アンケート調査結果を用いて著者が作成した。

(5) 家庭用廃食油の供給に協力意向のある住民群のなかでの協力意向の程度差に影響する要因

つぎに、協力意向のある住民群のうち、「協力できる」住民群と「どちらかといえば協力できる」住民群を対象として、協力意向の程度差に影響を与える要因を検討するためにクロス集計を行った。表3-4をみると、BDFを軽油等の代わりに購入することについての意識やBDFに関する知識の有無、廃食油回収場所のエリアについての意向の違いが協力意向の程度差に影響を与えていることがわかる。

そこで、数量化理論Ⅱ類には説明変数として表3-5に示した $X_{10} \sim X_{14}$ までの5つの変数を採用し、家庭用廃食油供給の協力に対する積極性の程度差との関係をみた。判別的中率は62.2%、相関比は0.296であった。説明変数 $X_{12} \sim X_{14}$ に該当する住民は協力意向が強い傾向があり、一方、説明変数 X_{10} 及び X_{11} に該当する住民は協力意向が弱くなる。 X_{12} のように廃食油由来のBDFが軽油代替燃料になることを知っていることや、 X_{13} 及び X_{14} のようにBDFが軽油等と比較して、価格や品質が同程度、またはそれより劣る場合でも、環境への配慮を意識して優先的に購入する住民の場合は、協力意向が強い。

一方、 X_{10} や X_{11} のように、廃食油を自宅あるいは自宅から歩いて行ける範囲内に回収に来てもらえるならば協力するというように、回収場所に条件をつける場合には、協力意向の程度は弱くなる傾向がある。

以上のことから、①BDFが軽油等と比較して価格や品質が優れていない場合でも、環境への配慮を意識して優先的に購入する住民や、②BDFが軽油代替燃料として利用可能であるという知識をもつ住民は、協力意向の度合いが強くなる傾向が認められた。また、③廃食油の回収場所に条件をつけるかど

表3-4 協力意向の程度差に関するアンケート調査結果のクロス集計表

	合計	どのような場合に廃食油の提供に協力できるか			BDFが軽油代替燃料として使用できると知っているか	
		自宅まで回収に来てもらえるのであれば協力	回収場所が自宅から歩いて行ける範囲であれば協力	回収場所が徒歩ではいけない場所での回収でも協力	知っている	知らない
協力できる	199	19	138	42	135	64
	100.0	9.5	69.3	21.1	67.8	32.2
どちらかといえば協力できる	198	29	159	10	110	88
	100.0	14.6	80.3	5.1	55.6	44.4
合計	397	48	297	52	245	152
	100.0	12.1	74.8	13.1	61.7	38.3

BDFを軽油や重油の代わりに購入することに対してどう思うか					
BDFの方が多少価格が高くても、品質が悪くても、環境への配慮を意識して優先して購入したい	価格や品質が同程度なら、環境への配慮を意識して購入したい	価格が安く、品質が優れるなら環境への配慮を意識して購入したい	特に環境への配慮に対する意識はなく、価格や品質を購入の判断基準にしたい	本当に環境にやさしいのか判断できないので、意識することはない	
4	117	68	3	7	
2.0	58.8	34.2	1.5	3.5	
1	91	89	5	12	
0.5	46.0	44.9	2.5	6.1	
5	208	157	8	19	
1.3	52.4	39.5	2.0	4.8	

注) 表中の単位は上段が「人」下段が「%」。アンケート調査結果より著者作成。

表 3 - 5 協力意向の程度差に影響を与える要因に関する数量化理論Ⅱ類の計算結果

変数	項目	該当者 (人)	重心	カテゴリースコア		レンジ
				該当(1)	非該当(0)	
外的 基準	y ₃ 協力できる	199	-0.29510			
	y ₄ どちらかといえば協力できる	198	0.29659			
説明 変数	x ₁₀ 廃食油を自宅まで回収に来てもらえれば協力	48		2.48290	-0.34149	2.82439
	x ₁₁ 廃食油の回収が自宅から歩いて行ける範囲であれば協力	297		0.52920	-1.57172	2.10092
	x ₁₂ BDFが軽油代替燃料として使用できると知っている	245		-0.25324	0.40818	0.66142
	x ₁₃ BDFの方が多少高価・低品質でも、環境への配慮を意識して優先して購入	5		-3.02785	0.03862	3.06647
	x ₁₄ BDFと価格や品質が同程度なら、環境への配慮を意識して購入	208		-0.33420	0.36780	0.70200

注) アンケート調査結果を用いて著者が作成した。

うかで、協力意向に程度差があることも認められた。

(6) 家庭用廃食油供給の協りに消極的な住民群のなかでの協力意向の程度差に影響する要因

最後に、協りに消極的な住民群を対象として、「どちらかといえば協力しない（できない）」住民群と「協力しない（できない）」住民群という、非協力意向の程度差に影響を与える要因を検討するため、クロス集計を行った。表 3-6 をみると、炒め物で使い切るという事情や、廃食油の有効活用システムが軌道に乗るかどうかにあつての関心の度合いが協力意向の程度差に影響を与えていることがわかる。

数量化理論Ⅱ類には、説明変数として表 3-7 にある X_{15} ~ X_{17} までの 3 つの変数を採用し、家庭用廃食油供給に対する非協力意向の程度差との関係をみた。判別的中率は 68.5%、0.320 であつた。

レンジの大きさから判断すると、 X_{15} と X_{16} は非協力意向の程度差に対して相対的に大きな影響を与えている。具体的には、炒め物で食用油を使い切るというように、物理的に提供可能な廃食油が発生しない場合 (X_{15}) や、廃食油の有効活用システムが軌道に乗れば廃食油を供給する意向がある場合 (X_{16}) には、廃食油の供給自体に対して必ずしも否定的な考え方をもつていないとは限らないことがわかる。

以上のことから、①廃食油が発生しない住民や、②廃食油の有効活用システムが軌道に乗るかどうかに関心がある住民の場合には、非協力意向であっても、その程度は弱い傾向が認められた。

表 3-6 非協力意向の程度差に関するアンケート調査結果のクロス集計表

	合計	廃食油供給に協力できない理由 ※複数回答			
		炒め物で使い切るので協力できない	手間がかかり面倒なため協力できない	廃食油の有効活用システムが軌道に乗るまで様子を見たい	その他
どちらかといえば協力しない	38	16	6	4	10
	100.0	42.1	15.8	10.5	26.3
協力しない	16	4	2	0	3
	100.0	25.0	12.5	0.0	18.8
合計	54	20	8	4	13
	100.0	37.0	14.8	7.4	24.1

注) 表中の単位は上段が「人」下段が「%」。アンケート調査結果より著者作成。

表 3 - 7 非協力意向の程度差に影響を与える要因に関する数量
化理論Ⅱ類の計算結果

変数	項目	該当者 (人)	重心	カテゴリースコア		レンジ
				該当(1)	非該当(0)	
外的 基準	y ₅ どちらかといえば協力しない	38	0.20586			
	y ₆ 協力しない	16	-0.48892			
説明 変数	x ₁₅ 炒め物で使い切るので協力できない	20		1.10254	-0.64855	1.75110
	x ₁₆ 廃食油の有効活用システムが軌道に乗るまで様子を見たい	3		2.64440	-0.21155	2.85595
	x ₁₇ その他	13		0.94967	-0.30111	1.25078

注) アンケート調査結果を用いて著者が作成した。

第3節 まとめ

本章では、廃食油の回収が進んでいない地域において、BDF 生産の原料となる廃食油の回収システム構築を検討するうえで、地域内の BDF の需要量に対して提供される廃食油の供給量をはるかに少ないというギャップを少しでも埋めるために、家庭用廃食油の供給に対する住民の協力意向に影響を与える要因をクロス集計と数量化Ⅱ類を用いて明らかにした。

廃食油の供給量は、供給価格によって変化する側面はあるものの、供給価格に関わらず、住民の廃食油供給に対する協力意向を少しでも高めることは、廃食油の供給量を増やすために有効な手段である。したがって、実際に地域で廃食油の回収システムを構築する際には、住民の協力意向に作用する要因を参考にしながら、協力意向を少しでも高める方策を実施することが望ましいと言える。

注

注1) 等分散の検定結果をみると、等分散の条件が満たされていないと判断されたため、判別分析の結果は採用しなかったが、等分散の検定結果を考慮せずに計算結果だけをみると、判別分析を用いた場合も数量化理論Ⅱ類の場合とほぼ同内容の結果が得られた。

注2) 環境問題についての関心の程度差に関する説明変数を 2 つ採用して計算を行うと、環境問題についての関心の程度差と協力意向との関係が明瞭に現れなくなるため、環境問題についての関心については、“強い関心がある”に該当するかどうかだけを計算に用いることにした(“強い関心がある”への該当・非該当という形にカテゴリーをまとめた)。なお、これには、“全く関心がない”に該当する該当者数が少なく、“全く関心がない”該当者がもつ別の個人的属性が計算結果に影響を与えたためではないかと考えられる。

引用文献

- [1] 泉谷眞実 (2010) 「廃食油の発生構造とバイオディーゼル燃料事業化の課題」, 弘前大学農学生命科学部学術報告 (13), pp.1-5
- [2] 全国油脂事業協同組合連合会「平成 25 年版 UC オイルのリサイクルの流れ図」
(<http://www.zenyuren.or.jp/genjo.pdf>)

参考文献

- [1] 松田智 (2011) 「環境問題に真に貢献するバイオマス利活用とは？」,
環境科学誌 24(5), pp.493-502
- [2] 川手 督也, 山守 誠, 大谷 隆二(2004) 「ナタネバイオマスの多段階
利用に基づく地域循環システム構築の現状と課題」 東北農業研究 (57),
277-278
- [3] 全国油脂事業協同組合連合会 (2007) 「UC オイルリサイクル (廃食用
油脂) の現状」
(<http://www.zenyuren.or.jp/20140403.pdf>)

第4章 研究内容の要約と BDF 普及対策および研究成果 の応用可能性

第1節 研究内容の要約

本研究では、廃食油の供給（回収）と BDF の需要に関して、以下の2つの視点をたてた。1つ目は、BDF の生産事業では、事業実施主体が BDF の生産工程を十分に把握し、事業の推進体制を確立して、できるだけ現実的な前提条件の下で BDF を生産するために必要な費用を把握するとともに、BDF 需要量と廃食油供給量の両方を十分に考慮した上での採算可能性を検討し、実現可能な計画を立てることが重要という視点である。また、2つ目は、BDF の需要量に対して廃食油の供給量が少ないという実態を鑑み、できるだけ多くの廃食油を供給してもらうための方策を検討することが重要という視点である。そうした2つの視点に基づいて、地域内の廃食油を原料とした BDF 生産活動の実施可能性検討手法の開発と家庭の廃食油供給の協力意向に関する要因分析を行った。

本研究に取り組んだ背景には、我が国のエネルギー資源問題や地球温暖化問題などの環境問題が深刻化するなかで、まず、カーボンニュートラルという概念からみて、植物油から生産される BDF の燃料としての消費が、環境問題、特に地球温暖化対策として非常に重要な意義を持つことがある。

つぎに、我が国の BDF においてはその原料の多くが廃棄物系バイオマスである廃食油で、非食用バイオマスである。廃棄物系バイオマスであるということは、日常の生活環境を保全するために適正処理・リサイクルをすべき循環資源であるという点から、廃食油を原料とした BDF 生産活動は、循環型社会の構築に資する価値ある取り組みである。また、世界的なバイオマス

エネルギーの生産が穀物価格の高騰を招く事態を引き起こしたため、廃食油を原料として生産される BDF は、非食用バイオマスから生産される第二世代バイオ燃料は注目を浴びている。そのため、食料と競合しない非食用バイオマスであるという点でも意義深い。

さらに、我が国では、各地で転換畑や休耕田等を活用して菜種を栽培し、食用油を製造、回収した廃食油で BDF を生産し、輸送用燃料や農業機械の燃料として利用するなどの多段階利用も試みられており、景観形成や地域循環システムの構築など地域づくりの観点でも意義深い取り組みとして評価されている。

第1章では、我が国を取り巻くエネルギーと環境問題の現状を把握するため、それぞれの概観を示した。まず、エネルギー問題については、我が国で利用されてきたエネルギー資源の動向及びエネルギー資源問題をまとめた。次に、エネルギー資源問題に付帯して発生する環境問題の代表的課題である地球温暖化現象の歴史的変遷や、エネルギー自給率の推移、世界のエネルギー起源 CO₂ 排出量の推移と地球温暖化問題への対応状況を示した。そして、それらの課題への対応としての地域燃料資源を利用したバイオマスエネルギー生産の意義を示した。さらに、バイオマスエネルギーのなかでも廃食油を原料とした BDF の利用が複数の多様な観点から意義深いことを示した。

また、特に、廃食油を原料とした BDF 生産の現状を把握するため、世界の BDF 生産を取り巻く動向を EU 及び我が国の BDF 生産量の推移や、廃食油を原料とした BDF 生産のフロー図を用いて国内で発生する廃食油の利用状況や BDF 生産を後押しする政策の実績を探った。

そのような我が国の BDF 生産の取組みに関する調査から、近年、廃食油を原料とした BDF の生産活動が全国的に推進傾向にあることを示した。そ

の一方で、いまだ有効利用されずに廃棄されている廃食油が多いため、廃食油を原料とした BDF 生産に拡大の余地があることや、BDF の需要量に対して廃食油の供給量が少ないという実態がある。このため、できるだけ多くの廃食油を供給してもらうための方策を検討することが重要であることを指摘した。

また、BDF の生産事業では、事業実施主体が BDF の生産工程を十分に把握し、事業の推進体制を確立して、できるだけ現実的な前提条件の下で BDF を生産することが重要である。そのため、必要な費用を把握するとともに、BDF 需要量と廃食油供給量の両方を十分に考慮した上での採算可能性を検討し、実現可能な計画を立てることが重要であることを指摘した。

しかし、既存研究をみても、地域の中で BDF の需要と廃食油の供給に関する分析調査や、BDF の需要と廃食油の供給という両サイドから、両方のニーズを的確に考慮して採算性を検討する手法が十分に見当たらない状況にある。そこで、これらの課題を解決することを目的に研究に取り組むことを述べ、研究方法の概要を説明した。

これまで、経済的採算性が確保された条件下での BDF 生産活動の可能性を検討する手法は十分に研究されてこなかった。しかし、こうした経済的採算性の有無を確認する過程においては、BDF の需要と廃食油の供給の両方に関する地域内の意向を踏まえたうえで、余剰合計額の最大化を実現することが重要である。したがって、第 2 章では、BDF 生産活動の経済的採算性の有無や、採算性がある場合には余剰合計額の最大となる BDF 生産量および最大の余剰合計額を実現する製造装置（あるいは製造装置の組合せパターン）が検討できる手法を提示した。そして、その検討手法を山口県長門市に適用して、当地域では BDF 生産活動が実現可能なことを確認した。

また、廃食油の有効利用を促進するうえでは、家庭用廃食油の供給を少しでも拡大させるための方策を明らかにすることが重要である。そのため、第3章では、家庭の廃食油供給の協力意向に関する要因分析を行った。家庭用廃食油の回収・有効活用は重要な課題であり、家庭用廃食油の供給者は地域住民である。したがって、地域住民が少しでも廃食油の供給に協力する意向を高めるべく、地域住民の廃食油供給の協力意向に影響を与える要因を明らかにすることは非常に意義がある。そこで、第3章では、家庭の廃食油のリサイクル率が著しく低いことを示すとともに、廃食油の供給量を増やすための方策が十分に明らかにされているとはいえない状況にあることを指摘した。また、廃食油の回収が進んでいない地域において、家庭の廃食油供給に対する住民の協力意向に影響を与える要因を明らかにするために、山口県長門市で行った地域住民に対するアンケート調査結果をもとにクロス集計や数量化Ⅱ類を用いて分析した。その結果、住民の協力意向に影響を与える要因として、4つの協力意向を少しでも高める方策を明らかにした。

第2節 廃食油の有効利用やBDF普及上の対策

以上の結果を踏まえると、今後の廃食油の有効利用やBDFの普及を推進していくためには、まず、住民の廃食油の供給に対する協力意向に影響を与える要因に配慮して、少しでも多くの廃食油を提供してもらう方策をとることが重要である。この点に関しては、第3章で行った数量化理論Ⅱ類に基づく分析結果より、住民の廃食油の供給に対する協力意向を高める対策として、次の諸点が指摘できる。

- ① 協力意向が比較的弱い40才代以下の住民に関心をもってもらうための取り組みが協力者を増やすうえで重要である。そのためには、たとえば、

20 才代、30 才代の若い住民に対して、廃食油を原料とした BDF 生産活動を知ってもらい、廃食油の供給の意義深さを啓発することが重要である。具体的には、幼稚園や保育園、小学校等の 20 才代、30 才代の若い住民の子どもたちが通う学習教育拠点に廃食油の回収拠点を設け、子どもたちへの環境学習を通じて、その親である 20 才代、30 才代の住民の理解を深めることは有効であろう。

② 廃食油を自宅あるいは自宅から歩いて行ける範囲内で回収する仕組みを整えることで、廃食油回収の確実性がより高まる。そのためには、ゴミステーションや地域の集会所など、自宅から徒歩圏内にある場所を廃食油回収の拠点とするなど、回収拠点の選定時にできるだけ地域を網羅できるような計画を立てることが重要である。なお、その際には、地域住民らのボランタリーな協力を得ることができれば、地域住民同士絆やネットワーク構築の結果、より多くの廃食油の回収につながる可能性がある。

③ 将来的に地域内で廃食油の回収システムがスムーズに立ち上がり、運用されれば、現在協力を消極的な意向の住民群の中にも、廃食油提供の協力者が現れる可能性があるため、まず廃食油の回収システムを立ち上げて軌道に乗せることが重要である。そのためには、地域内で BDF 生産活動の取り組みを行うことや、他地域の廃食油購入先の確保も同時に考える必要がある。

④ 省資源社会の実現や環境問題に関心のある住民群が協力を積極的であることから、子どものころから環境教育を行うことが、長期的な視点に立った場合には重要な対策だと考えられる。

これらの要因を踏まえたうえで、廃食油の回収計画を立てることや、実際

に廃食油を原料とした **BDF** 生産活動を行う際には、事前に **BDF** の生産工程を十分に把握し、事業の推進体制を確立して、できるだけ現実的な前提条件の下で **BDF** を生産するために必要な費用を把握することが重要である。また、**BDF** の需要と廃食油の供給の両方に関する地域内の意向を踏まえたうえで、各需要量と供給量の両方を十分に考慮し、赤字にならない条件下での **BDF** 生産活動の実施可能性を計画することが重要である。

また、都市と農村では、廃食油回収の方法について、それぞれの地域的特徴を考慮した取り組みも検討する必要がある。たとえば、公共交通機関が発達した都市の場合は、駅の周辺など、生活圏内で立ち寄りやすい場所に回収ポイントを置くことで、効率的に廃食油を回収することができる。一方、農村の場合は、車社会であるため、車で立ち寄りやすい場所に回収ポイントを置くこと、あるいは公共交通機関も未整備の地域においては、徒歩で行動できる生活圏内で立ち寄れる場所に回収ポイントを置くことで、より多くの廃食油を回収することができる。具体的には、都市であれば駅の入り口等、農村であればガソリンスタンドやスーパー、燃えるゴミ等と一緒に分別した廃食油を回収してもらう等の対応が効率的であると考えられる。なお、農村では見守り等の目的で、高齢者宅を戸別訪問する際に回収する方法も効果があると考えられる。

さらに、家庭の廃食油だけでなく、大規模事業者が排出する廃食油の回収を進めるためには、すでに回収事業者が参入している場合には新規参入は困難であるという指摘がある一方、有料で廃食油を買い取ることで回収量を拡大することができるという解決策も見られる。このことは、供給価格によって供給可能量が変化することを示している。そのため、廃食油を回収するにあたっては、無料回収ばかりにこだわるのではなく、**BDF** 生産活動計画にお

ける採算が可能な範囲内であれば、積極的に有料で回収するという対策をとることが重要である。なぜなら、廃食油の有料回収という積極的な廃食油の回収対策は、廃食油の日収量の増大につながるからである。

そして、小規模事業者や家庭における廃食油の回収をできるだけコストをかけずに進めることも重要である。具体的には、回収拠点となるネットワークの構築や、企業の CSR として廃食油の有効利用に価値を見出し、他事業との抱き合わせにより、他事業を営む過程で、同時に廃食油を回収するといった工夫ができる。また、BDF 生産事業の採算性の確保可能性の検討も重要である。

一方、BDF の普及推進という観点からみると、軽油と混合する場合の軽油取引税の課税への対応という問題も検討事項として重要である。B100 の場合は軽油取引税が課税されないが、B5 のように軽油と BDF を混合して使用すると、BDF 混和分の軽油取引税がかかり、採算性に悪影響を及ぼすという問題が発生する。

BDF の品質は年々目覚ましい進化と発展を遂げており、昨今では重大なエンジントラブルがない水準にまで改善された。一方、中には車両への負荷が懸念される低い技術水準で生産された BDF であるにもかかわらず、課税を嫌って、非課税である B100 として車両用燃料に利用されるケースが後を絶たない。このことは、車両の故障の原因となることがある。

また、2009 年の自動車排ガス規制強化により、従来型のエンジンからコモンレール式の新型エンジンに移行しつつある。従来型では B100 の利用でもエンジンになんら支障がなかった場合でも、BDF 製造装置を販売するメーカーが、新型車両で B100 を利用した際に、燃料フィルターの詰まりや、浄化装置の不具合に対してメーカー補償をつけることを避ける傾向にある。その

ようなメーカーの動向が、新型車両所有者の B100 利用への不安を喚起し、新型車両における BDF の利用が困難なケースも出てきた。B5 であれば、メーカー補償がなされる傾向にあるものの、今度は軽油取引税の発生という問題が出てきてしまう。

軽油と BDF を混合して使用する際の BDF 混和分の軽油取引税を特例的に減免することができれば、軽油と BDF の混合油の需要の高まりによる BDF の消費量の拡大が期待でき、BDF の活発な消費と廃食油の利用を促進することに大きな影響を与えることが考えられる。軽油取引税の減免という特例措置に対する全国的な関心は高まっており、すでに BDF に係る軽油取引税の減免の要望が、品確法を所管する経済産業省、農林水産省、環境省の 3 省共同で提出されるなど課税政策の検討に対する協議が始まっている。軽油取引税の減免という特例措置は、BDF の普及拡大のために、ぜひとも実施すべき重要事項である。

第 3 節 BDF 生産活動実施可能性の検討手法の応用可能性

本研究で調査した複数の BDF 生産活動の事例は、BDF 生産活動を企業の利潤追求のための活動と位置付けず、社会貢献活動を目的として位置付けていた。そのため、第 2 章では、BDF 生産活動の経済的採算性を確保したうえで、社会貢献活動であることを前提に、余剰合計額の最大化をはかる観点から、BDF 生産活動の実施可能性の検討手法を提示した。

しかし、場合によっては、BDF 生産活動を企業の利潤追求を目的に実施するケースがあることも十分に考えられる。ただしその場合でも、本章で提示した BDF 生産活動実施可能性の検討手法は、費用曲線に企業が求める利潤に相当する額（実現を期待するある一定の利潤額、または 1ℓ あたりに期待す

る利潤額、あるいはその両方) を盛り込むことで、応用可能である。この処置により、地域内の BDF 需要量および廃食油供給量に基づいて、BDF 生産活動の経済的採算性の有無と、BDF 生産活動から目標とする利潤を確保できる可能性や、その利潤が確保できる場合には、それを実現する製造装置 (の組合せパターン) を明らかにすることが可能となる。

なお、費用曲線に企業が実現を求める一定の利潤額を盛り込む場合の利潤に相当するある一定額を P_f とすると、第 2 章で提示した BDF1ℓ の生産に要する費用 (C_k) は、以下のように計算することができる。

$$C_k = \frac{(F_k + P_f)}{X} + V_k$$

この式では、 $(F_k + P_f)$ が固定費部分となる。

また、BDF 生産活動において、企業が求める BDF 1ℓ あたりの利潤に相当する額を P_v とすると、第 2 章で提示した BDF1ℓ の生産に要する費用 (C_k) は、以下のように計算することができる。

$$C_k = \frac{F_k}{X} + (V_k + P_v)$$

この式では、 $(V_k + P_v)$ が BDF1ℓ あたりでみた変動費部分となる。

さらに、企業が求める利潤に相当する額が、実現を期待するある一定の利潤額と 1ℓ あたりに期待する利潤額の両方の場合、第 2 章で提示した BDF1ℓ の生産に要する費用 (C_k) は、以下のように計算することができる。

$$C_k = \frac{(F_k + P_f)}{X} + (V_k + P_v)$$

この式では、 $(F_k + P_f)$ が固定費部分に、 $(V_k + P_v)$ が BDF1ℓ あたりでみた

変動費部分となる。

そして、第2章で提示した手法は、他の地域はいうまでもなく、他の原材料を用いた BDF 生産や、他の燃料生産についても応用できる。

我が国では、BDF は 1970 年代からバイオ燃料が注目されるようになり、1990 年代半ばから廃食油を回収して BDF を生産する動きが始まり、さらに菜種栽培を復興させて、食用油として消費したあと、BDF を生産する菜の花プロジェクトの全国的な広がりなども見られるようになってきた（澤山、2010）^[1]。菜種による遊休農地の活用や景観形成、菜種油の食用油としての使用、菜種搾油時の油粕を利用した肥料・飼料リサイクルの形成、菜種油を使用した後の廃食油を石鹼や BDF 生産に活用するなど、ナタネバイオマスの多段階利用による地域内循環活動も試みられている（川手ら、2004）^[2]。ただし、栽培した菜種全量を食用油に加工できない事例も見られており、BDF の原料として菜種油を対象に供給量及び供給価格を調査し、本計画手法を応用することは可能である。

もちろん、菜種以外の油糧作物にも本手法は適用可能である。たとえば、作物油を廃食油と混合して BDF 生産の原料として用いる場合は、廃食油の供給曲線と作物油の供給曲線を横方向に合計した供給曲線を使って、BDF 生産活動の採算可能性や総合余剰の最大点を明らかにすることで応用できる。ただし、作物油を原料とした BDF を生産する場合は、供給側の意向を明らかにする際に、作物の生産段階から調査の対象となるので注意が必要である。たとえば、菜種であれば、提供可能な菜種油の供給量を得るために、生産農家が回答しやすいように考慮すると、供給意向のある油量を直接尋ねるのではなく、菜種を栽培している面積に対して、「どのくらいの面積だったら、収穫した菜種を提供可能か」という質問でなければ、十分な回答が得られない

と予想される。すると、栽培面積から菜種の収量を予想し、さらに収量から搾油してできる油量を算出して、提供可能な供給量を推定する必要がある。また、油糧作物は種類によってそれぞれ栽培方法が異なるため、作物によって供給価格が異なることも予想される。供給意向を明らかにするための供給価格についても、質問方法から検討していく必要があるだろう。

ところで、本研究で用いた調査票の回答によると、バイオ重油についても、**BDF**と同様に廃食油の供給量をはるかに上回る購入意向が認められた。ただし、**BDF**及びバイオ重油の需要量が廃食油の供給量をはるかに上回るうえ、**BDF**とバイオ重油では精製するのにそれぞれ異なる製造装置が必要であるため、**BDF**とバイオ重油の両方を同時に生産する活動は本研究の対象にできなかった。しかし、バイオ重油のみを生産する場合には、**BDF**と同様の考え方で本稿で提示した計画手法を適用することは可能であるため、本手法は廃食油を原料として、重油代替燃料としてのバイオ重油を生産する活動を計画する際にも役に立つことが期待できる。

引用文献

- [1] 澤山弘 (2010) 「期待されるバイオディーゼル燃料の普及拡大--廃食油回収から菜種栽培へ。始まるエネルギーの地産地消への取組み」, 信金中金月報 9(3), pp.42-64
- [2] 川手 督也, 山守 誠, 大谷 隆二(2004) 「なたねバイオマスの多段階利用に基づく地域循環システム構築の現状と課題」 東北農業研究 (57), 277-278

付表①

【家庭用】

使用済み天ぷら油の有効活用に関するアンケート

1. 回答者のあらましについてお尋ねします。

※該当する項目1つに○をおつけください。

お住まい の地域	1. 深川 2. 三隅 3. 日置 4. 油谷 5. 通 6. 仙崎 7. 俵山
ご性別	1. 男 2. 女
ご年齢	1. 20才未満 2. 20才代 3. 30才代 4. 40才代 5. 50才代 6. 60才代 7. 70才以上
ご職業等	1. 農業 2. 林業 3. 漁業 4. 飲食業自営 5. その他自営 6. 公務員・教員 7. 会社員 8. 主婦 9. 学生 10. その他()
ご回答者 の年間個 人所得	1. 200万円未満 2. 200万円～300万円未満 3. 300万円～500万円未満 4. 500万円～750万円未満 5. 750万円～1000万円未満 6. 1000万円～
ご家族の 人数	_____人

2. 環境問題についての質問です。※該当項目に○をおつけください。

問1 「環境問題」(地球温暖化・省エネ・省資源・リサイクルなど)について、どのくらい関心がおありですか(○は1つ)。

- | | | |
|---------------|----------|------------|
| 1. 非常に高い関心がある | 2. 関心がある | 3. 全く関心がない |
|---------------|----------|------------|

問2 「環境問題」(地球温暖化・省エネ・省資源・リサイクルなど)について、ご家庭でどのような具体的な取り組みを行っておられますか(○はいくつでも)。

- | | | |
|----------------------|-----------------------|------------|
| 1. ゴミの分別 | 2. 省エネ(電気・ガス・水道などの節約) | |
| 3. ゴミの削減 | 4. リサイクル品の利用 | 5. エコ商品の購入 |
| 6. 環境問題に関わる取り組みの呼びかけ | | |
| 7. その他() | | |
| 8. 特になし | | |

問3 エコ商品(省エネ・省資源商品など)の購入についてどのように考えておられますか(○は1つ)。

- | |
|---|
| 1. 常に意識しており、多少、価格が高くても、利便性が悪くても優先的に購入している |
| 2. 意識はしているが、価格や利便性を購入の判断基準にしている |
| 3. 特に意識しておらず、価格や利便性を購入の判断基準にしている |
| 4. 本当に省エネ・省資源商品なのか判断できないので、意識することはない |

問4 自治体によるゴミの分別回収は住民にとって手間のかかることですが、どのように協力しておられますか(○は1つ)。

- | | |
|-------------------|---------------|
| 1. 当然の義務として協力している | 2. 仕方なく協力している |
| 3. 協力していない | |

問5 省資源社会を実現するために、リサイクル率を高めるなど、さまざまな方法が提案されていますが、特にどのようなことについて重要だとお考えですか(○は3つまで)。

- | |
|---|
| 1. 最初からリサイクルを考えた製品づくりをする(部品や構造など) |
| 2. デポジット制(ビン製品などで、販売時に課金し回収時に返金する制度)を導入する |
| 3. 低コストリサイクル技術を確立する |
| 4. 容器はリターナブル素材(形を変えずに再利用できるもの)にしていく |
| 5. 自治体でまちまちの廃棄物処理対応を全国統一し、分別回収をさらに徹底する |
| 6. 廃品回収業者の巡回など不用品の回収方法を確立する |
| 7. リサイクルショップなどの普及・整備をする |
| 8. ごみや廃棄物処理を有料・高額にする |
| 9. その他() |

3. 使用済み天ぷら油の利活用についての質問です。※該当項目に○をおつけください。

問1 ご家庭で出る使用済み天ぷら油の回収についてお伺いします。

(1) 使用済み天ぷら油の回収への協力について、どのようにお考えですか(○は1つ)。

- | | |
|--------------------------|------------------|
| 1. 協力できる | 2. どちらかといえば協力できる |
| 3. どちらかといえば協力しない(協力できない) | 4. 協力しない(できない) |

(2) (1)で「1. 協力できる」「2. どちらかといえば協力できる」と回答された方にお伺いします。どのような場合に使用済み天ぷら油の回収に協力できるとお考えですか(○は一つ)。

- | |
|--|
| 1. 自宅まで回収しに来てもらえるのであれば協力する |
| 2. 回収場所が自宅から歩いて行ける範囲(ゴミ置き場等)であれば協力する |
| 3. 回収場所がスーパーやガソリンスタンドなど、徒歩では行けない場所でも協力する |

回収場所以外に協力できるかどうかに関わる条件がありましたら、以下にご記載ください。

また、回収に協力する際の価格については、どのようにお考えですか（○は一つ）。なお、2に該当する場合は、買い取り希望金額についても必ずご記入ください。

1. 使用済み天ぷら油を無償で提供してよい
2. 使用済み天ぷら油を有償(1円/リットル以上)で買い取ってほしい
※買い取り希望金額（ ）円/リットル以上

また、1ヵ月に平均して協力できる提供量はどのくらいをお考えですか。（ご家庭で1回の天ぷら料理で使用される油の量は、一般的に0.5～1リットル程度とされています。）

提供できる使用済み天ぷら油の量 リットル/月

上記の設問でご記入いただいた提供できる量は、ご家庭から出る使用済み天ぷら油全ての量ですか（○は1つ）。

1. はい 2. いいえ

上記の設問で「2. いいえ」と回答された方にお伺いします。どのような場合に、提供できる使用済み天ぷら油の量を増やしてもよいとお考えですか（○は1つ）。

1. 使用済み天ぷら油の有効活用システムが軌道に乗ったら、提供量を増やしてもよい
2. 提供量を増やすことはできない 理由 _____
3. その他()

(3) (1)で「3. どちらかといえば協力しない(協力できない)」「4. 協力しない(できない)」と回答された方にお伺いします。使用済み天ぷら油の回収に協力できない理由について、どのようにお考えですか(○はいくつでも)。

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. 使用済み天ぷら油が出ても、炒め物などで使い切ってしまうから2. すでに天ぷら油を回収してもらっており、その回収先に提供する約束をしているから3. 手間がかかり面倒だから4. 使用済み天ぷら油の有効活用システムが軌道に乗るまでは、様子を見たいから5. その他() |
|--|

問2 使用済み天ぷら油を精製すると、バイオディーゼル燃料(BDF)として、軽油や重油の代わりにディーゼル車や漁船、ボイラー等の燃料として使用できることを知っておられますか(○は1つ)。

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. 知っている2. 知らない |
|--|

問3 ご家庭で使用する軽油および重油は1ヵ月でどの程度でしょうか。農林漁業・飲食業など自営業の方は、自営でのご使用(農機具や漁船の燃料等)も含めてご記入ください。

軽油_____ リットル/月	重油_____ リットル/月
----------------	----------------

問4 使用済み天ぷら油から作られたBDFを軽油や重油の代わりに購入することに対して、どのように思われますか(○は1つ)。

1. 多少価格が高くても、品質が悪くても、環境への配慮を意識して優先的に購入したい
2. 価格や品質が同程度なら、環境への配慮を意識して購入したい
3. 価格が安く、品質が優れるなら、環境への配慮を意識して購入したい
4. 特に環境への配慮に対する意識はなく、価格や品質を購入の判断基準にしたい
5. 本当に環境にやさしいのか判断できないので、意識することはない

問5 使用済み天ぷら油から作られたBDFを問3でお答えになった軽油や重油の代わりに購入するとしたら、どの程度の価格・量なら購入してもよいとお考えになりますか。ただし、BDFの品質は軽油や重油と同程度とし、購入後すぐに、軽油や重油と同じようにそのまま使用できるものとします。

(1) 軽油の代わりに購入する場合(○は1つ)

1. 軽油より _____%程度安ければ、月間 _____リットル程度購入してもよい
2. 軽油と同等の価格であれば、月間 _____リットル程度購入してもよい
3. 軽油より _____%程度高くても、月間 _____リットル程度購入してもよい
4. 購入しない

(2) (1)で1~3の「購入してもよい」の項目を回答された方にお伺いします。ご記入いただいた購入してもよい量は、ご家庭及び自営で使われる軽油の全ての量と同じですか(○は1つ)。

1. はい
2. いいえ

(3) (2)で「2. いいえ」と回答された方にお伺いします。どのような場合に、ご家庭及び自営で使われる軽油の代わりに購入する BDF の量を増やしてもよいとお考えですか(○は1つ)。

1. 使用済み天ぷら油の有効活用システムが軌道に乗ったら、購入量を増やしてもよい
2. 購入量を増やすことはできない 理由 _____
3. その他(_____)

(4) 重油の代わりに購入する場合(○は1つ)

1. 重油より _____ %程度安ければ、月間 _____ リットル程度購入してもよい
2. 重油と同等の価格であれば、月間 _____ リットル程度購入してもよい
3. 重油より _____ %程度高くても、月間 _____ リットル程度購入してもよい
4. 購入しない

(5) (4)で 1~3 の「購入してもよい」の項目を回答された方にお伺いします。ご記入いただいた購入してもよい量は、ご家庭及び自営で使われる重油の全ての量と同じですか(○は1つ)。

1. はい	2. いいえ
-------	--------

(6) (5)で「2. いいえ」と回答された方にお伺いします。どのような場合に、ご家庭及び自営で使われる重油の代わりに購入する BDF の量を増やしてもよいとお考えですか(○は1つ)。

1. 使用済み天ぷら油の有効活用システムが軌道に乗ったら、購入量を増やしてもよい
2. 購入量を増やすことはできない
理由 _____
3. その他(_____)

ご協力ありがとうございました。記入漏れがないかご確認いただき、2月11日(土)までに、同封の返信用封筒に入れてお近くの郵便ポストまでご投函くださいますよう、よろしくお願い申し上げます。

2. 環境問題についての質問です。※該当項目に○をおつけください。

問1 貴事業所では、環境問題に対して、どのように取り組んでおられますか
(○は1つ)。

1. 自主的に環境問題に取り組んでいる
2. 法律や条例に定めてある範囲で環境問題に取り組んでいる
3. 従うべき法律や条例はなく、特に取り組んでいない

問2 問1で「1. 自主的に環境問題に取り組んでいる」と回答された方にお伺いします。

(1) 貴事業所では、どのような具体的取り組みを行っておられますか (○はいくつでも)。

1. 廃棄物の削減
2. エネルギー消費量の削減
3. 包装・梱包資材の削減
4. リサイクル可能な原材料の使用
5. できるだけ中古の機械や備品を購入
6. 地球温暖化物質の削減
7. 資源(エネルギーを除く)消費量の削減
8. 排熱の回収・利用
9. 自然エネルギー(太陽光、風力など)の利用
10. ISO14001 の認証取得
11. 環境負荷ができるだけ少ないものの購入
12. その他()

(2) どのような動機から、環境問題への取り組みを始められましたか (○はいくつでも)。

1. コスト削減のため
2. 企業の社会的責任として
3. 社会・地域貢献のため
4. 競争上有利になると考えたから
5. お客様に要請されたから
6. お客様から要請があると予想されたから
7. 加入している団体の方針だから
8. 環境問題と関係の深いビジネスをしているから
9. その他()

問3 エコ商品（省エネ・省資源商品など）の購入（仕入れ）についてどのように考えておられますか（○は1つ）。

1. 常に意識しており、多少価格が高いあるいは利便性が悪くても優先的に購入している
2. 意識はしているが、価格や利便性を購入の判断基準にしている
3. 特に意識しておらず、価格や利便性を購入の判断基準にしている
4. 本当に省エネ・省資源商品なのか判断できないので、意識することはない

3. 使用済み天ぷら油の回収についての質問です。※該当項目に○をおつけください。

問1 貴事業所では、発生する使用済み天ぷら油のリサイクルあるいは廃棄処理を、どのくらいの頻度で、どのくらいの量、行っておられますか(○は1つ)。

- | | |
|------------------------------------|--------------------|
| 1. 毎日 _____ リットル | 2. 毎週 _____ リットル |
| 3. 毎月1回 _____ リットル | 4. 毎月2回 _____ リットル |
| 5. 年間 _____ リットル(1年を通じて不定期に処理している) | |
| 6. その他(_____) | |
| 7. 使用済み天ぷら油が発生しないので、処理の必要はない | |

問2 使用済み天ぷら油が発生する場合だけお答えください。発生する使用済み天ぷら油をどのように処理しておられますか(○は1つ)。

- | |
|---|
| 1. 無料で収集業者に提供している 収集業者名 : _____ |
| 2. 有償で収集業者に売却している
売却収入 _____円/リットル (年間 : _____リットル程度)
収集業者名 : _____ |
| 3. 廃棄物として有料で収集業者に回収してもらっている
回収費用 _____円/リットル (年間 : _____リットル程度)
収集業者名 : _____ |
| 4. 自社で有効活用している |
| 5. 自社で廃棄、または自治体の燃えるゴミの日に出している |
| 6. その他(_____) |

問3 問2で「1. 無料で収集業者に提供している」「2. 有償で収集業者に売却している」「3. 廃棄物として収集業者に回収してもらっている」と回答された方にお伺いします。どのように収集業者に回収してもらっていただけますか(○は1つ)。

1. 決められた収集日に定期的に回収してもらう 決められた収集日： _____
2. 収集してほしい時に連絡を入れて随時回収してもらう だいたい収集頻度： _____
3. その他(_____)

問4 問2で「1. 無料で収集業者に提供している」「2. 有償で収集業者に売却している」「4. 自社で有効活用している」と回答された方にお伺いします。回収された使用済み天ぷら油はどのように活用されていますか(○はいくつでも)。

1. 飼料として活用している	2. 肥料として活用している
3. バイオディーゼル燃料(BDF)として活用している	
4. ボイラーなどの液体燃料として活用している	
5. せっけんなど固形化して活用している	
6. その他(_____)	
7. 活用方法まではわからない	

問5 長門市で新たに使用済み天ぷら油を活用するシステムが構築された場合、貴事業所は使用済み天ぷら油の回収への協力について、どのようにお考えですか(○は1つ)。

- | | |
|--------------------------|------------------|
| 1. 協力できる | 2. どちらかといえば協力できる |
| 3. どちらかといえば協力しない(協力できない) | 4. 協力しない(できない) |

問6 問5で「1. 協力できる」「2. どちらかといえば協力できる」と回答された方にお伺いします。

(1)回収に協力する際の価格については、どのようにお考えですか（○は一つ）。なお、3に該当する場合は、買い取り希望金額についても必ずご記入ください。

- | |
|---|
| 1. 使用済み天ぷら油は手数料を支払ってでも提供してよい |
| 2. 使用済み天ぷら油は手数料が必要なければ無償で提供してよい |
| 3. 使用済み天ぷら油は有償(1円/リットル以上)で買い取ってほしい |
| ※買い取り希望金額（ ）円/リットル以上 |

(2)回収に協力する際、提供する使用済み天ぷら油や回収場所等に関して求められる条件がありましたら、ご記載ください。

(3)1ヵ月に平均して協力できる提供可能量はどのくらいを考慮しておられますか。

提供できる使用済み天ぷら油の量	_____	リットル/月
-----------------	-------	--------

(4) (3)でご回答いただいた可能量は、貴事業所から出る使用済み天ぷら油の全量ですか（○は1つ）。

- | |
|-------------------|
| 1. はい 2. いいえ |
|-------------------|

(5) (4)で「2. いいえ」と回答された方にお伺いします。どのような場合に、提供できる使用済み天ぷら油の量を増やしてもよいとお考えですか(○はいくつでも)。

- | |
|---|
| 1. 使用済み天ぷら油の有効活用システムが軌道に乗った場合 |
| 2. すでに他の回収業者との取引があるので、回収業者と取引量の調整ができた場合 |
| 3. 提供量を増やすことはできない(理由：) |
| 4. その他() |

問7 問5で「3. どちらかといえば協力しない(協力できない)」「4. 協力しない(できない)」と回答された方にお伺いします。協力できない理由についてどのようにお考えですか(○はいくつでも)。

- | |
|--|
| 1. 使用済み天ぷら油が発生しないから |
| 2. 手間がかかり面倒だから |
| 3. すでに回収してもらっている回収業者がおり、調整業務が発生するのが手間だから |
| 4. すでに回収してもらっている回収業者がおり、調整が困難だと思われるから |
| 5. 使用済み天ぷら油の有効活用システムが軌道に乗るまでは、様子を見たいから |
| 6. その他() |

4. 使用済み天ぷら油から精製されたバイオディーゼル燃料(BDF)についての質問です。※該当項目に○をおつけください。

問1 使用済み天ぷら油を精製すると、バイオディーゼル燃料(BDF)として、軽油や重油の代わりにディーゼル車や漁船、ボイラー等の燃料として使用できることをご存知ですか(○は1つ)。

1. 知っている 2. 知らない

問2 貴事業所では、**軽油および重油**を、月間に平均すると、どの程度使用しておられますか。

軽油_____ リットル/月 重油_____ リットル/月

問3 貴事業所では、使用済み天ぷら油から作られた BDF を軽油や重油の代わりに購入することに対して、どのように思われますか(○は1つ)。

1. 多少価格が高くても、品質が悪くても、環境への配慮を意識して優先的に購入したい
2. 価格や品質が同程度なら、環境への配慮を意識して購入したい
3. 価格が安く、品質が優れるなら、環境への配慮を意識して購入したい
4. 特に環境への配慮に対する意識はなく、価格や品質を購入の判断基準にしたい
5. 本当に環境にやさしいのか判断できないので、意識することはない

問4 使用済み天ぷら油から作られた BDF を軽油や重油の代わりに購入・使用するとしたら、どの程度の価格・量なら購入してもよいとお考えになりますか

か。ただし、BDF の品質は軽油や重油と同程度とし、購入後すぐに、軽油や重油と同じようにそのまま使用できるものとしします。

(1) 軽油の代わりに購入する場合 (○は1つ)

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1. 軽油より _____ %程度安ければ、月間 _____ ツトル程度購入してもよい2. 軽油と同等の価格であれば、月間 _____ ツトル程度購入してもよい3. 軽油より _____ %程度高くても、月間 _____ リットル程度購入してもよい4. 購入しない |
|---|

(2) (1) で 1~3 の「購入してもよい」の項目を回答された方にお伺いします。ご記入いただいた購入してもよい量は、事業所で使われる軽油の全ての量と同じ量ですか (○は1つ)。

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. はい2. いいえ |
|--|

(3) (2) で「2. いいえ」と回答された方にお伺いします。どのような場合に、事業所で使われる軽油の代わりに購入する BDF の量を増やしてもよいとお考えですか (○は1つ)。

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. 使用済み天ぷら油の有効活用システムが軌道に乗ったら、購入量を増やしてもよい2. 購入量を増やすことはできない(理由: _____)3. その他(_____) |
|--|

(4) 重油の代わりに購入する場合 (○は1つ)

1. 重油より _____ %程度安ければ、月間 _____ ットル程度購入してもよい
2. 重油と同等の価格であれば、月間 _____ リットル程度購入してもよい
3. 重油より _____ %程度高くても、月間 _____ リットル程度購入してもよい
4. 購入しない

(5) (4)で1~3の「購入してもよい」の項目を回答された方にお伺いします。
ご記入いただいた購入してもよい量は、事業所で使われる重油の全ての量と
同じ量ですか (○は1つ)。

1. はい
2. いいえ

(6) (5)で「2. いいえ」と回答された方にお伺いします。どのような場合に、
事業所で使われる重油の代わりに購入する BDF の量を増やしてもよいとお考
えですか (○は1つ)。

1. 使用済み天ぷら油の有効活用システムが軌道に乗ったら、購入量を増やし
てもよい
2. 購入量を増やすことはできない(理由: _____)
3. その他(_____)

ご協力ありがとうございました。記入漏れがないかご確認いただき、2月11日(土)までに、同封の返信用封筒に入れてお近くの郵便ポストまでご投函く
ださいますよう、よろしくお願い申し上げます。

摘要

わが国では、エネルギー・環境問題への対応として、全国的に廃食油を原料としたバイオディーゼル燃料（以下、**BDF** という。）の生産活動が広がっている。この活動は、廃食油という地域資源を原料として **BDF** を生産し、生産した **BDF** を地域内で有効活用するという点で意義深く、取り組み次第では、より大きな地域活性化へとつながる可能性が期待できる。昨今では、全国的に **BDF** 生産が推進され、**BDF** の生産量は拡大傾向にあるが、いまだ **BDF** 生産活動に取り組んでいない地域や、取り組んだもののうまくいかなかった事例も見られ、全国的な普及に至っていない状況である。

例えば山口県に位置する **H** 社は、**BDF** 製造装置を導入して生産活動を開始したのち、当初の計画通りに進まず、数年で活動をやめて装置を手放した。このような失敗を回避するためには、事前に生産工程を十分に把握し、事業の推進体制を確立して、できるだけ現実的な前提条件の下で必要な費用を把握するとともに、**BDF** 需要量と廃食油供給量の両方を十分に考慮した上で採算可能性を検討し、実現可能な計画を立てることが重要である。

しかし、従来の研究をみると、その多くは、**BDF** 精製に関する技術的なものや概論的なものばかりであり、**BDF** 需要量と廃食油供給量の両方を十分に考慮したうえでの採算可能性について検討する手法は十分に提示されてこなかった。また、著者の行った調査によると、**BDF** の需要量に対して廃食油の供給量が少ない場合が全国各地で認められ、原料の安定供給をより確実にするためには、廃食油供給成立の要因の把握が重要であるが、そのような検討を行う研究も十分に認められていない。そこで、本研究では、廃食油を原料とした **BDF** 生産活動に着目し、廃食油の供給状況を踏まえた採算可能な **BDF** 生産活

動を検討するための手法の開発を行い、さらに、地域内で発生する廃食油の再利用を図るために重要な、地域内からの安定的な廃食油供給の成立要因について明らかにした。

なお、これらの要因分析及び採算可能な BDF 生産活動計画手法の開発を検討するためのデータを集めるために、2012 年 1 月から 2 月にかけて、山口県長門市においてアンケート調査を実施した。つぎに、BDF 生産活動の経済的採算性の有無や、採算性がある場合には余剰合計額の最大となる BDF 生産量および最大の余剰合計額を実現する製造装置（あるいは製造装置の組合せパターン）が検討できる手法を提示し、その検討手法を山口県長門市に適用して、その結果、当地域では BDF 生産活動が実現可能なことを確認した。

具体的には、著者が調査した BDF 生産活動に参入した複数の企業の事例では、社会貢献を前提に BDF 生産活動への参入をしており、利潤を追求していなかったことから、利潤追求を目的とはせず、収支均衡状態の下での社会貢献や企業イメージの向上を目的として BDF 生産活動を手掛けようとする企業を対象として、BDF 生産活動の実施可能性を検討できる手法を提示した。

また、手法を適用する際には、BDF 需要曲線と廃食油調達費用曲線および BDF 製造装置（の組合せ）に対応した BDF 平均生産費用曲線を算出し、BDF 平均生産費用曲線を採算可能領域（BDF 需要曲線と廃食油調達費用曲線の差額部分）にオーバーレイさせることによって、採算性の有無を確認した。その結果、採算性がある BDF 製造装置の組合せが複数存在し、BDF 生産活動の実現可能性を確認することができた。

また、地域内からの安定的な廃食油供給の成立要因については、異なる 2 つの住民群の協力意向の差異、程度差、さらに非協力意向の程度差という 3 つの比較対象を設けてそれぞれクロス集計を行い、数量化理論Ⅱ類を用いて明らか

にした。また、地域住民の廃食油供給に対する協力意向を少しでも高めることは、廃食油の供給量を増やすために有効な手段であるため、実際に地域で廃食油の回収システムを構築する際には、住民の協力意向に作用する要因を参考にしながら、協力意向を少しでも高める方策を実施することが望ましい。

さらに、**BDF** の普及のための対応策として、廃食油の無料回収ばかりにこだわるのではなく、**BDF** 生産活動計画における採算が可能な範囲内であれば、積極的に有料回収の対策をとることや、小規模事業者や家庭における廃食油の回収をできるだけコストをかけずに進めるために、回収拠点となるネットワークを構築したり、企業の **CSR** として廃食油の有効利用に価値を見出し、他事業との抱き合わせにより、他事業を営む過程で、同時に廃食油を回収するといった工夫により、**BDF** 生産事業の採算性を確保するなどの検討を行うことも重要である。また、税法上の軽油取引税の減免という特例措置も、ぜひとも実施すべき重要事項である。

最後に、研究成果の応用可能性について、**BDF** 生産活動の実施可能性の検討手法は、**BDF** 生産活動を企業の利潤追求を目的に実施する場合にも応用が可能である。具体的には、企業が求める利潤に相当する額が実現を期待する一定の利潤額、または 1ℓ あたりに期待する利潤額、あるいはその両方を、それぞれの費用曲線の固定費部分、変動費部分、固定費と変動費部分に上乗せすることで対応することができる。また、この手法は、他の地域はいうまでもなく、菜種などの他の原材料を用いた **BDF** 生産活動の場合や、バイオ重油などの他の燃料生産活動についても応用できる。

Summary

In our country, as a solution for energy and environmental issues, the production of Biodiesel Fuel (BDF) from Waste Edible Oil (WEO) has become widespread. From the viewpoint of reusing resources, this activity is very important. Due to this, I believe there is a strong possibility of bringing bigger regional participation through various actions. BDF production has been promoted nationwide and the amount of produced BDF is increasing, but there are many regions where it has not yet been introduced or has already failed. This means that the desired activity has not been developed successfully.

Looking back at previous studies on BDF production, most were technical studies or only showed outlines of BDF production. A sufficient method for examining the viability of attaining equilibrium between revenue and expenditure in BDF production has not yet been presented. Therefore I have developed a planning method to judge whether BDF production is profitable or not, based on the demand of BDF and the supply of WEO.

In the process of examining profitability, it is important to consider the total viable surplus as much as possible, based on the demand for BDF and the supply of WEO. Therefore, I have developed a method to judge the profitability of BDF production and decide which BDF production equipment or combination of equipment should be used in order to realize the maximum total surplus, if BDF production is profitable. This method was used in Nagato city, and it was confirmed that the method was effective.

The planning judgment method, is applicable in determining activities for producing BDF at an economic profit. Furthermore, this method is applicable to deciding which activities should be used for producing BDF from other resources, producing another fuel, or many other areas.

According to my survey, the supply of WEO is less than the demand for BDF in Nagato City . Therefore, it is important to find out the factors affecting the stability of the supply of WEO. In many cases, the demand for BDF is much more than the necessary BDF volume corresponding to the supply of WEO. In order to fill the gap as much as possible, it is important to analyze the factors affecting households' intensity of cooperation in supplying WEO, and to figure out additional measures for improving it, as a lot of households' waste edible oil goes unused and is disposed of as burnable waste. Then, in this study, the factors were analyzed using cross tabulation and quantification theory II based on the results of the questionnaire survey filled out by inhabitants of Nagato City, Yamaguchi Prefecture. Finally, I presented the measures to improve the household's intensity of cooperation.

学会誌掲載論文リスト

学術論文名	学術雑誌名	巻・号・項	学位論文：章
「地域内の廃食油を原料としたバイオディーゼル燃料生産活動の実施可能性検討手法の開発 —総合余剰の最大化をはかる活動を事例として—」	食農と環境	2015年5月22日受理 No.16 (2015年9月刊行予定)	第2章
「家庭の廃食油供給の協力意向に関する要因分析 —山口県長門市を対象として—」	農林業問題研究	第195号(第50巻, 第2号) 137-142.	第3章