

Title	加賀市バイオマスタウン構想に対する環境と経済及び市民意識の評価
Author(s)	樽田, 泰宜
Citation	
Issue Date	2009-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/8080
Rights	
Description	Supervisor:中森義輝, 知識科学研究科, 修士

修 士 論 文

加賀市バイオマスタウン構想に対する
環境と経済及び市民意識の評価

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科知識システム基礎学専攻

樽田 泰宜

2009 年 3 月

修 士 論 文

加賀市バイオマスタウン構想に対する 環境と経済及び市民意識の評価

指導教官 中森義輝 教授

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科知識システム基礎専攻

0650043 樽田 泰宜

審査委員： 中森 義輝 教授（主査）
橋本 敬 准教授
林 幸雄 准教授
由井蘭 隆也 准教授

2009 年 2 月

Sustainability of the Project “Kaga Biomass Town” : Quantitative and Qualitative Evaluation.

Yasuyoshi Taruta

School of Knowledge Science,
Japan Advanced Institute of Science and Technology
March 2009

Keywords: biodiesel fuel (BDF), used cooking oil, Biomass Town, sustainability assessment, CO₂ emissions, lower environmental road, economic streamline, citizen consciousness

This research clarified the sustainability of a project in which Kaga city will produce biodiesel fuel (BDF) from used cooking oil, to be used by diesel cars. This project is included in the “Kaga Biomass Town” long-term project. The sustainability assessment includes data on environmental load, the economics of BDF production, and citizen cooperation. Used cooking oil have been collected through recycling, for use as material of soap or feed for 26 years by volunteers of Kaga city. Kaga city will promote the continuation of this project.

At first, I set a system boundary for a calculation of CO₂ emissions, varying with increase of production volume of BDF based on recycling of used cooking oil. And I calculated BDF CO₂ emissions according to production and use. It was compared with diesel fuel, which was used as an alternate fuel source. Similarly I calculated diesel fuel CO₂ emissions. It was found that CO₂ emissions from BDF has a lower environmental load than emissions from diesel fuel.

Second, I simulated the economics of BDF production based on data from a local company. The subject company used in the simulation collects used cooking oil. Based on the simulation, BDF is more expensive than diesel fuel, therefore it could not win a price war. The company must increase income sources or change management methods to succeed at this business.

Third, citizen awareness was analyzed by KJ method, by asking Kaga citizens about

the “Biomass Town” project. Citizens were cooperative, despite the perceived difficulty of the project.

The sustainability of this BDF project depends on improvements in project management and the economics of BDF production. We should reinforce cooperation among the citizens, companies, government, academia. Beyond that, academia will offer quantitative and qualitative knowledge management techniques to Kaga city.

加賀市バイオマスタウン構想に対する 環境と経済及び市民意識の評価

樽田泰宜

北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科

2009年3月

キーワード：バイオマスタウン構想, バイオディーゼル燃料(BDF), 廃食油, 温室効果ガス, カーボンニュートラル, 経済合理性, 市民意識

本研究は、加賀市バイオマスタウン構想に対する廃食油を原料とするバイオディーゼル燃料の利活用事業の持続可能性を明らかにするものである。持続可能性を明らかにするために環境と経済及び市民意識の3点から考察する。なお、加賀市では市民団体が中心となる廃食油の回収活動があり、専門業者により石鹼や飼料の原材料の一部として用いられている。この活動は、平成20年で26年目となる。また、加賀市はこの活動を支援しており、バイオマスタウン構想においてこの活動を組み込んだバイオディーゼル燃料化事業として早期に実施する予定となっている。

まず、最初に環境面では二酸化炭素排出量を算出するために環境設定範囲を規定した。これは、市民団体主体の廃食油回収事業を基に設計した。そして、加賀市で廃食油の回収量の増加に伴うバイオディーゼル燃料の製造及びそれが軽油代替として使用されることに関する二酸化炭素排出量を算出した。そして、バイオディーゼル燃料が軽油代替としての使用を想定されているため軽油との環境性を比較した。そのため、バイオディーゼル燃料と軽油を熱量から等量換算を行った後に軽油の製造や使用に伴う二酸化炭素排出量も算出を行った。これにより、バイオディーゼル燃料の二酸化炭素排出量は、カーボンニュートラルなどの概念を適応させることにより軽油より環境負荷を低減できることが明らかとなった。

次に、経済面としてバイオディーゼル燃料の製造に関わる経費と容量あたりの価格を算出した。このときの経済主体は、初期投資費用や実務運営等を鑑みて市民団体主体の廃食油回収の実務を担っている企業とした。算出結果より、

最後に、市民意識として加賀市民とバイオマスタウン構想の関係者に対して聞き取り調査を行いKJ法によりまとめた。聞き取り内容は、加賀市バイオマスタウン構想に対する認知度や問題点、その他構想に関する自由回答などである。これらをKJ法により分析すると、加賀市民及び関係者はバイオマスタウン構想を困難な構想であると考えていることが分かった。この構想を推進して行くためには、市民全体で考えて協力をしていくことの必要性が明らかとなった。

これらより、加賀市バイオマスタウン構想におけるバイオディーゼル燃料化事業は、市民協力の基で経営主体が経営方法等を考慮することによりカーボンニュートラルなどの概念を用いた環境低負荷型の事業として運営できることが明らかとなった。これらを持続可能な事業としていくためには、市民・企業・行政・大学の更なる協力と、大学による本研究のような定量的、定性的な科学的根拠に基づきナレッジマネジメントを提供していく必要性が明らかとなった。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究目的	1
1.2	論文構成	2
第2章	バイオマスタウン構想	3
2.1	研究背景	3
2.1.1	バイオマスタウン構想	3
2.1.2	加賀市バイオマスタウン構想	5
2.1.3	廃食油回収事業	7
2.1.4	先行事例	8
2.1.5	七尾市バイオマスタウン構想	9
2.2	代替燃料としてのバイオマス	11
2.3	用語説明	15
第3章	環境性の評価	17
3.1	環境性の環境設定範囲	17
3.2	バイオディーゼル燃料生成フロー	19
3.3	環境設定範囲の各項目算出	21
3.3.1	回収段階のCO ₂ 排出量	21
1.	廃食油回収に伴うCO ₂ 排出量	21
3.3.2	初期投資段階のCO ₂ 排出量	26
2.	BDF製造装置の製造に伴うCO ₂ 排出量	26
3.3.3	機器運転時のCO ₂ 排出量	27
3.	BDF製造時の電力使用に伴うCO ₂ 排出量	27
4.	BDF製造時の投入メタノール製造に伴うCO ₂ 排出量	28
5.	BDF製造時の投入触媒(水酸化ナトリウム)の製造に伴うCO ₂ 排出量	30
6.	BDF製造時の投入水道水の製造に伴うCO ₂ 排出量	32
3.3.4	生成物についてのCO ₂ 排出量	34
7.	BDF製造により代替される軽油分のCO ₂ 排出量	34
8.	BDFが軽油代替燃料として使用される際のCO ₂ 排出量	38
9.	BDF製造時の副生成物としての廃水処理時に伴うCO ₂ 排出量	40
10.	BDF製造時の副生成物としての粗製グリセリン処理時に伴うCO ₂ 排出量	42
11.	BDF製造時の副生成物としての粗製グリセリン燃焼時に伴うCO ₂ 排出量	46

3.4	二酸化炭素排出量の算出結果	50
3.5	環境性の考察	52
第4章	経済性の評価	59
4.1	経済性の環境設定範囲	59
4.2	経済主体の収入源	61
1.	廃食油回収委託金	61
4.3	経済主体の支出源	62
2.	廃食油回収時人件費	62
3.	バイオディーゼル燃料製造機器運転時人件費	63
4.	バイオディーゼル燃料製造機器初期投資費用	64
5.	バイオディーゼル燃料製造機器運転時費用	65
4.4	経済性の収支	67
4.5	経済性の指標	68
4.6	経済性の指標を用いた結果	69
4.6.1	BDF製造原価	69
4.6.2	BDF製造原価ケース設定	70
4.7	経済性の考察	73
第5章	市民意識の評価	75
5.1	市民の意識調査について	75
5.2	調査概要	75
5.3	集計、統計方法	76
5.4	集計、統計結果	79
5.5	結果解説	87
5.6	市民意識の考察	90
第6章	結言	91
6.1	結論	91
6.2	課題	92
	謝辞	93
	巻末付録：	94
	付録（調査表）	97
	参考文献・資料	103

目次

図 1	加賀市バイオマス利用推進協議会組織図	5
図 2	加賀市バイオマスタウン構想全体像	6
図 3	バイオマス利活用フロー	7
図 4	七尾市バイオマスタウン構想のイメージ図	10
図 5	シカゴコーン当限つなぎ月足チャート	13
図 6	シカゴ小麦当限つなぎ月足チャート	14
図 7	環境設定範囲	18
図 8	バイオディーゼル燃料生成の化学反応式	20
図 9	エルフA3型機 100LSWのバイオディーゼル燃料生成フロー	20
図 10	収集エリア概略図	22
図 11	バイオディーゼル燃料の生成・利用に伴う二酸化炭素排出量 1	51
図 12	バイオディーゼル燃料の生成・利用に伴う二酸化炭素排出量 2	53
図 13	バイオディーゼル燃料の生成・利用に伴う二酸化炭素排出量 3	57
図 14	経済性環境設定範囲	60
図 15	バイオディーゼル燃料の製造原価	69
図 16	バイオディーゼル燃料の各ケース製造原価	71
図 17	KJ図解全体図	79
図 18	KJ図解（社会の推進力は人々の声である）	81
図 19	KJ図解（目標を達成するためには覚悟が必要である）	82
図 20	KJ図解（タウン構想は新たな農業のあり方を創造する）	83
図 21	KJ図解（ベンチャー精神で挑むこと）	84
図 22	KJ図解（市民全体で勉強会をしよう）	85
図 23	KJ図解（タウン構想は都市計画でもある）	86
図 24	バイオディーゼル燃料の製造に伴う二酸化炭素排出量(大)	94
図 25	バイオディーゼル燃料の各ケース製造原価(大)	95
図 26	KJ図解全体(大)	96

表目次

表 1	バイオマスタウン構想を公表している都道府県と件数.....	4
表 2	二酸化炭素排出量算出結果一覧表	50
表 3	各二酸化炭素排出量降順.....	55
表 4	バイオディーゼル燃料製造機器のランニングコスト	66
表 5	各ケース設定.....	70
表 6	各ケースのバイオディーゼル燃料の製造原価算出表	72
表 7	アンケートサンプル数	76

第1章 はじめに

本研究で対象とする加賀市とは、平成 18 年 4 月に北陸先端科学技術大学院大学と学官連携包括協定が結ばれている。そして、両者の間では様々な共同研究や地域連携が行われている。その加賀市では、平成 19 年に加賀市バイオマスタウン構想を公表した。この構想は、バイオマスを有効的に利活用することにより地域の環境及び経済に好循環をもたらそうというものである。そこで、本研究では加賀市バイオマスタウン構想の各事業の中でも早期に実施予定をしているバイオディーゼル燃料化事業に対して環境、経済、市民意識から評価を行う。なお、公表されたばかりの構想に対する目的達成の可否の評価は時期尚早ではあるが、この構想で推進される事業の環境や経済及び市民に与える影響を明らかにすることは、この構想を持続可能なものとしていくために必要な知識や情報につながる。よって、ここで得られた知見は、今後の事業展開において重要な基礎資料となる。

1.1 研究目的

本研究目的は、加賀市バイオマスタウン構想に対して廃食油からバイオディーゼル燃料を製造して利用するという事業が環境へ対して低負荷でかつ経済的合理性、市民理解のもとで持続可能かどうかを明らかにするものである。そのために環境性、経済性、市民意識の三つの側面から目的の考察を行う。まず環境性では、この事業に対するライフサイクル全体を通して排出される二酸化炭素排出量を算出する。経済性では本研究で事業主体とした企業の経費面の収支

とバイオディーゼル燃料の製造原価を算出する。そして、市民意識では加賀市民のバイオマスタウン構想に対する意識についてアンケート調査を行い KJ 法によりまとめる。これら三つの視点から本研究目的を明らかにしていく。

1.2 論文構成

本論文の構成は、本章でまず研究目的を述べる。続く第2章では、バイオマスタウン構想の説明とそれに於ける社会的背景を述べ、加賀市バイオマスタウン構想のバイオディーゼル燃料化事業の前身である廃食油回収事業と他地域での先行事例と本研究で特に必要である用語の説明をする。第3章、第4章では、この事業の環境性と経済性の算出方法の考え方とその結果を示し考察をする。そして、第5章では加賀市バイオマスタウン構想の関係者への意識調査を行い KJ 法でまとめて考察を行う。最後の第六章では、環境性、経済性、市民意識の全体をまとめることで、本研究で得た知見を明らかにして結言とする。

第2章 バイオマスタウン構想

この章では、バイオマスタウン構想とバイオマスに関する社会的背景を述べる。そして、加賀市バイオマスタウン構想とその構想のバイオディーゼル燃料化事業の前身となった加賀市民団体主体の活動やバイオディーゼル燃料の他地域での事例についてもふれる。また、本論文で特に説明が必要である用語についても説明する。

2.1 研究背景

2.1.1 バイオマスタウン構想

本研究の対象とするバイオマスタウン構想とは、平成 14 年 12 月に閣議決定された「バイオマス・ニッポン総合戦略」¹を実行するための構想である。このバイオマス・ニッポン総合戦略の内容は、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、バイオマスの利活用推進に関する具体的取組や行動計画を行うものである²。また、翌年の平成 15 年には、農林水産省より「農林水産環境政策の基本方針」が示された。この基本方針の中で示される基本認識として、「健全な水、大気、物質の循環の維持・増進と豊かな自然環境の保全・形成のための施策展開」となっている³。

これら国からの政策が公表されてきた背景として、「バイオマス・ニッポン総合戦略」や「農林水産環境政策の基本方針」の中でも示されているように、近

年の地球温暖化に対する懸念、異常気象、各市町村で発生するゴミの問題、そして、農山漁村の高齢化や過疎化など早期に対応が迫られる問題がある。

これらの問題に対応するためにも、農林水産省を代表とする各団体は、バイオマスの利活用を進めることで環境と経済の両立を図った循環型社会としてのバイオマスタウン構想を推し進めている。実施例として、バイオマスタウン構想第1回公表（平成17年2月10日）から第30回公表（平成20年11月28日）まで159市町村で公表がなされている。第30回公表までの各都道府県の状況を表1に示す⁴。

表 1 バイオマスタウン構想を公表している都道府県と件数

北海道地方	北海道（24件）			
東北地方	青森県（8件）	岩手県（6件）	宮城県（1件）	秋田県（6件）
	山形県（7件）	福島県（5件）		
関東・甲信地方	茨城県（1件）	栃木県（2件）	群馬県（2件）	埼玉県（0件）
	千葉県（5件）	東京都（1件）	神奈川県（1件）	山梨県（4件）
	長野県（4件）	静岡県（1件）		
北陸地方	新潟県（8件）	富山県（3件）	石川県（2件）	福井県（3件）
東海地方	岐阜県（2件）	愛知県（3件）	三重県（1件）	
関西地方	滋賀県（2件）	京都府（3件）	大阪府（1件）	兵庫県（7件）
	奈良県（0件）	和歌山県（0件）		
中国地方	鳥取県（1件）	島根県（4件）	岡山県（4件）	広島県（2件）
	山口県（2件）			
四国地方	徳島県（1件）	香川県（0件）	愛媛県（3件）	高知県（3件）
九州地方	福岡県（3件）	佐賀県（1件）	長崎県（2件）	熊本県（5件）
	大分県（2件）	宮崎県（3件）	鹿児島県（6件）	沖縄県（4件）

このバイオマスタウン構想は2010年までに300ヵ所を認定すること目標としている。各地域でのバイオマスタウン構想は、その地域の気候、行政、バイオマス賦存量などその地域の特色により様々な形態で実施するとしている。つまり、その地域の様々な特色を生かして各市町村単位でバイオマスの利活用を推進させようというものである。

北陸先端科学技術大学院大学の位置する石川県では加賀市、七尾市の2件が公表されている。本研究で対象とする加賀市は北陸地方石川県の南部に位置し、福井県との県境にある市である。この加賀市の特徴として、農業では平野部で稲作、丘陵部では果樹など、山間部では自然薯などの特産品作りに取り組んでおり、漁業では、橋立港でズワイガニなどが水揚げされている。また、七尾市の特徴として、農業の9割は稲作であり漁業は富山湾でブリやイカ漁などが盛んである。両市とも温泉地を有しており、伝統工芸産業や芸術文化に関する活動が盛んである。七尾市バイオマスタウン構想では、家畜排せつ物、食品廃棄物、水稻、製材工場残材等の利用、資源作物の利用などを掲げている。

2.1.2 加賀市バイオマスタウン構想

石川県加賀市では、平成19年に加賀市バイオマスタウン構想を公表している。この加賀市の公表書によると、バイオマス利活用の基本方針としてバイオマスタウンを形成し、生ごみ、下水汚泥、剪定枝等のバイオマス資源を有効に利活用して地域の振興に寄与することを第一の目標としている。さらに、廃食油、木質系資源等を活用したシステム作りを検討するとともに、今後新しいバイオマスの利活用方法の研究・開発を推進する。そのため加賀市では、加賀市バイオマス利用推進協議会が組織された。その組織図を図1に示す。

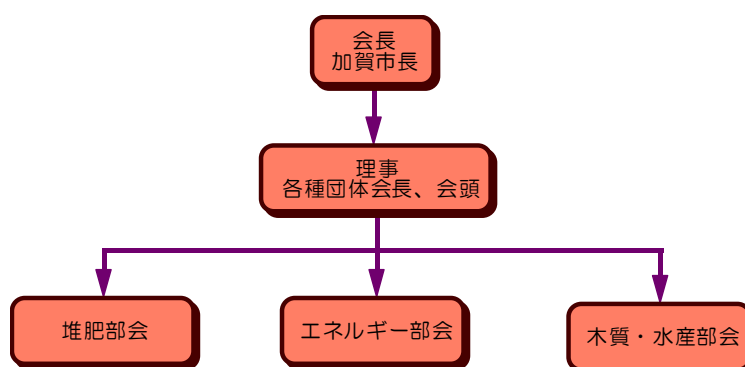


図 1 加賀市バイオマス利用推進協議会組織図

図1に示すように、加賀市バイオマス利用推進協議会の会長は加賀市長が就任し、各種団体の会長及び会頭が理事として設置されている。その下に、実際にバイオマス利活用を検討するための堆肥部会、エネルギー部会、木質・水産部会の三部会が設置されている。そして、この部会ごとに加賀市バイオマスタウン構想公表書にある短期的、中期的、長期的ごとのバイオマス利活用が検討される。また、この各部会にはアドバイザーとして北陸先端科学技術大学院大学の教授など加わっている。各ステージに分類された加賀市バイオマスタウン構想の全体像を示す。

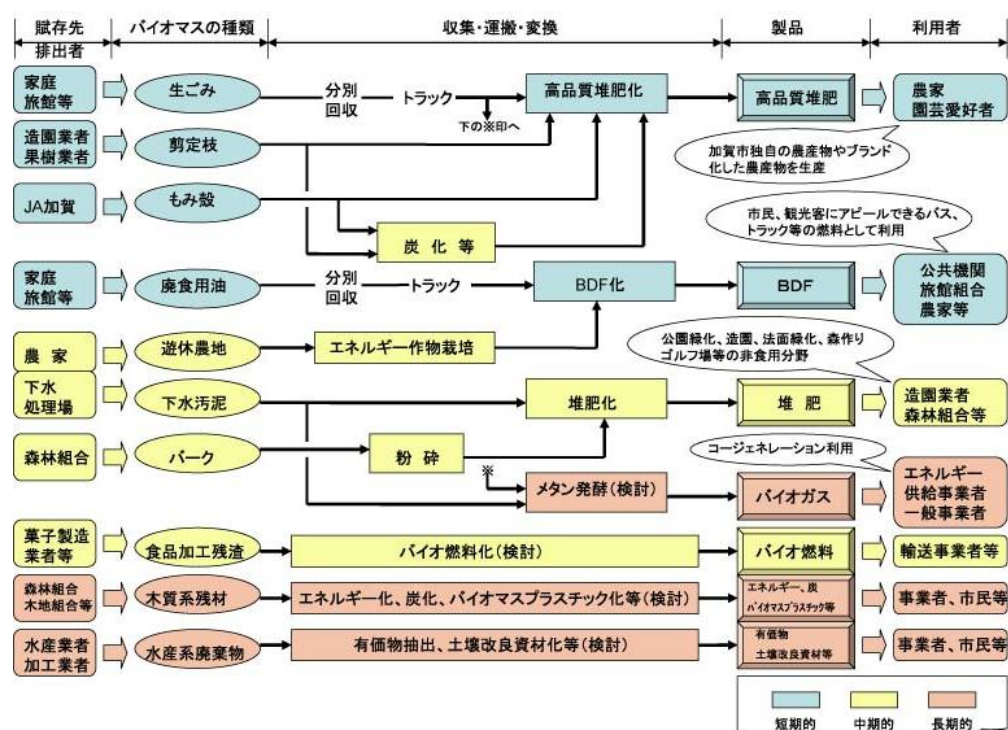


図 2 加賀市バイオマスタウン構想全体像⁵

この図2から加賀市がバイオマスタウン構想において各ステージで計画をしている短期的、中期的、長期的の事業展開が分かる。例えば、バイオディーゼル燃料(BDF)化事業は短期的に実施し、燃料化されたものは公共機関などで利用される。加賀市へのヒアリング調査によると2008年度に、生ゴミを堆肥化する事業が実施されているが、他の事業の実施は行われておらず現在検討中とのことであった。この図をもとにして、バイオマスタウン構想において各事業の繋がりをわかりやすく図3に示す。

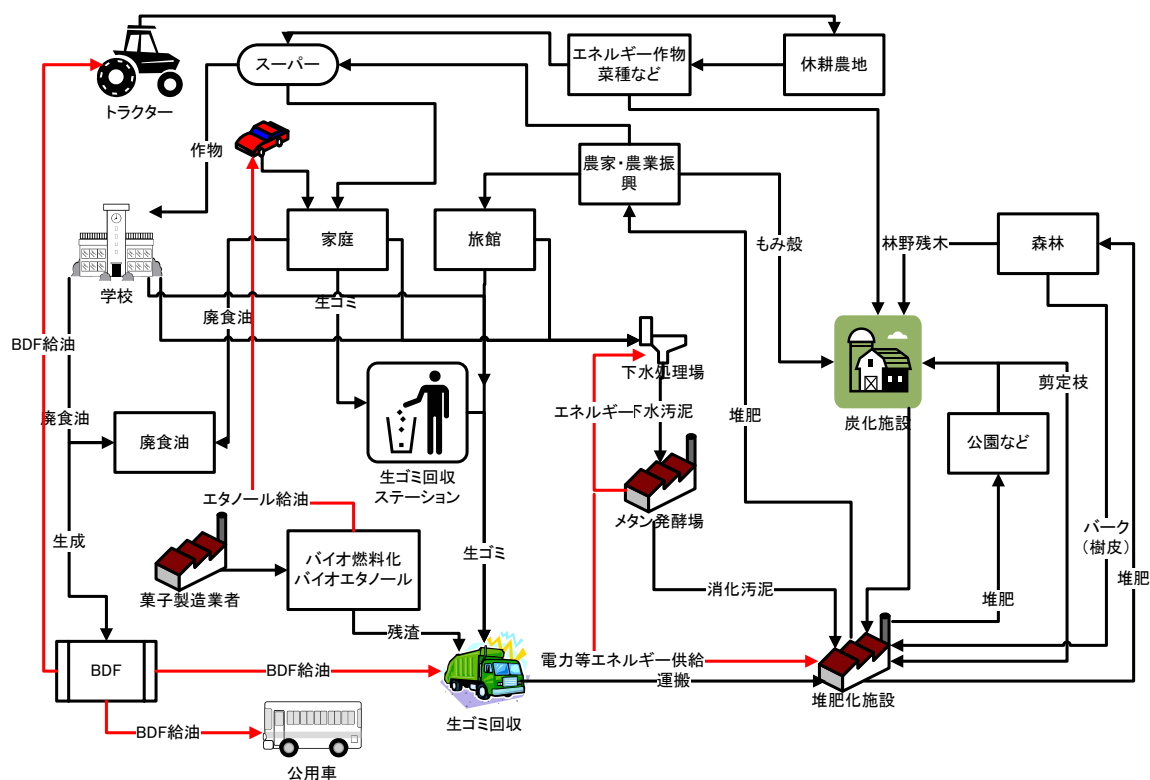


図 3 バイオマス利活用フロー

この図3は、加賀市で検討されているバイオマスタウン構想の各事業の連携を示している。各事業とその中継地点や利用場所などを矢印でつないで図案化した。加賀市バイオマスタウン構想では各事業とも数多くの事業と連携を取りながら実行されなければならないことが分かる。したがって、バイオマスが活用された循環型社会の実施には各事業の円滑な連携が必要となる。

2.1.3 廃食油回収事業

ここでは、バイオマスタウン構想でバイオディーゼル燃料化が事業化され

ば前身となる廃食油回収事業について加賀市の役所担当官及び、これを実施している市民団体の会長への 2007 年 7 月 19 日にヒアリング内容を説明する。ヒアリング内容は、廃食油の回収はいつ頃から、なぜ始めたか、などである。それによると加賀市では、昭和 57 年に加賀市民団体が主体となって廃食油を回収するようになったそうである。当時の加賀市では今ほど下水道の普及率が高くなく、生活排水が河川に流れ込むという状況にあった。平成 18 年の公共下水道普及率でも 43%である⁶。また、この時代には滋賀県琵琶湖の水質が生活排水等による水質汚染にさらされており公害問題となっていた。これらの状況を受けて、加賀市民団体は、自分たちの住んでいる街の環境を危惧したことに端を発した事業である。そこでまずは家庭からできることとして、料理で使用した廃食油を流しに流さずに、回収して石鹼などに利用していた。平成 21 年でこの事業の開始から 27 年目になる。廃食油回収事業の歴史が長くなり、回収した廃食油はしだいに石鹼等に利用されなくなってきたという。それゆえ、事業当初を知るものも少なくなりこの事業の存在意義や運営の士気が低下傾向にあるという。ちなみに、廃食油回収事業は 4 か月ごと年 3 回の回収を実施している。

2.1.4 先行事例

石川県内における廃食油を利用した先行事例として、石川県加賀市に隣接する小松市においてH14 年度より廃食油を回収してバイオディーゼル燃料化する活動がおこなわれている⁷。

この活動主体は、小松市の賛同を得た小松市内のボランティア団体である。活動内容は、市内の一般家庭や保育所、小・中学校などから廃食油を回収して生成を行いバイオディーゼル燃料としており、これをゴミ収集車に利用するものである。平成 14 年度の廃食油回収量は平均約 600L/月、16 年度には収集量が平均約 800L/月となっている。また、石川県松任市(現白山市)ではバイオマス等未活用エネルギー実証試験事業としてH16 年度より公立松任石川中央病院において、廃食油を利用したマイクロタービン・コージェネレーションシステムについてフィールドテストが行われた⁸。

京都市では地球温暖化防止京都会議（COP3）の開催もあり平成 9 年から市民との連携のもと家庭系廃食油のモデル回収を行っており、バイオディーゼル

燃料をゴミ収集車両に利用している⁹。H16 年度末時点では市内約 860 拠点において年間約 13 万リットルの廃食油を回収している¹⁰。

2.1.5 七尾市バイオマスタウン構想

七尾市のバイオマスタウン構想は平成 18 年に公表された。実施主体は、七尾市や各種協同組合、NPO 法人などである。七尾市バイオマスタウン構想では、地域バイオマスの利活用方法として家畜排せつ物、食品廃棄物、水稻、製材工場残材等の利用、資源作物の利用などを掲げている。この七尾市バイオマスタウン構想については、2008 年に七尾市担当官に食品廃棄物などについては七尾鹿島広域圏事務組合へインタビュー調査を行った。七尾市バイオマスタウン構想の問題点としては、行政、各組合、NPO 団体が一丸となり推進しているが、プラントの設置場所をどこにするのかなどのハードにあるとのことである。七尾市では、家畜排せつ物については、農家が自主的に堆肥化处理をしているが、冬期は温度が上がらず完熟しないとのことである。また、食品廃棄物については RDF 化されているが、近年ゴミの分別が進むことで廃棄物の中に生ゴミの水分が多く含まれることで処理に多額の費用がかかり RDF の性能・性質を維持することが大変であるとのことである。次に、図 6 として七尾市バイオマスタウン構想のイメージ図を示す。

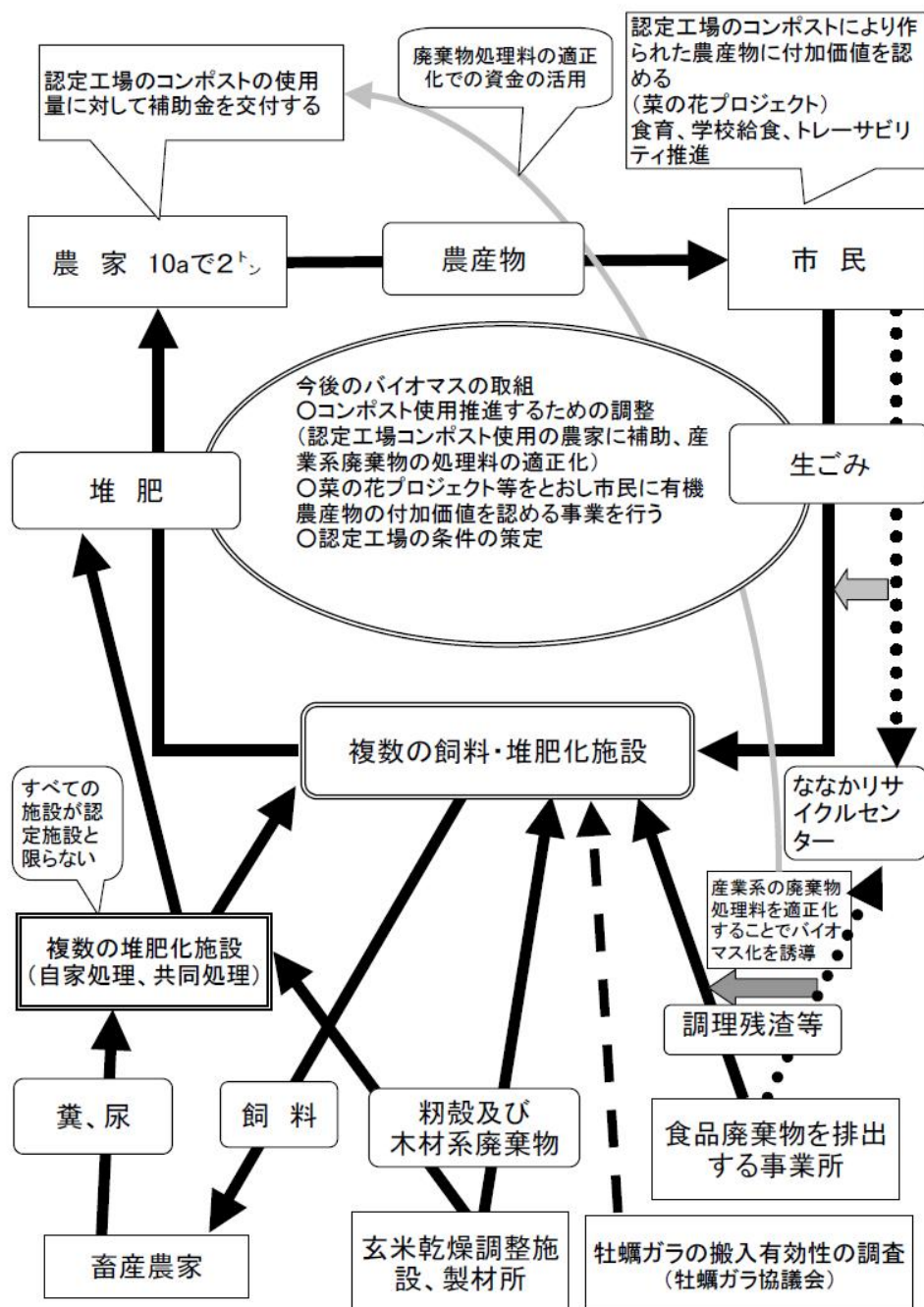


図 4 七尾市バイオマスタウン構想のイメージ図¹¹

図 4 より七尾市バイオマスタウン構想は食品廃棄物である生ゴミのさらなる有効活用を中心とした構想であることがわかる。そして、それには農業への従事者の協力が必要である。

2.2 代替燃料としてのバイオマス

農林水産省¹²によると、バイオマスとは、生物資源 (bio) の量 (mass) を表す言葉であり、「再生可能な、生物由来の有機性資源 (化石燃料は除く)」のことを指す。昨今そのバイオマスは、バイオマス・ニッポン総合戦略¹³やバイオマスタウン構想などが閣議決定されるなど国策の面でも注目されている。その理由として、バイオマスが石油に代わる代替エネルギーとしての性質を持っていることがあげられる。例えば本研究では、植物を原材料とする使用済みてんぷら油 (廃食油) からバイオディーゼル燃料を製造し、軽油の代替燃料にすることを対象としている。その他にもバイオマスには、間伐材や剪定枝を木炭やチップにして熱エネルギーを利用する場合や、下水汚泥などを発酵させてそこから生まれる可燃性ガスを回収してエネルギー源として利用する例など、様々なものが検討・利用されている。

ここで、本研究で注目するバイオディーゼル燃料とは、その名前の通りバイオ (マス) 由来のディーゼル燃料である。これはトラックやバスなどの大きなトルクを必要とする車両の動力源であるディーゼル機関に用いられている軽油の代替燃料として利用することができる。このディーゼル機関とは、圧縮着火エンジンとも呼ばれておりルドルフ・ディーゼルが発明をして 1893 年に特許を出願しその後、彼の名前が冠されて広く利用されるに至っている¹⁴。この当時のディーゼル機関の燃料はピーナッツ油などの植物性由来であった。その後、安価かつ効率的で容易に利用できる化石燃料が多く出回り、それを利用するようになってきた。つまり当時は、化石燃料はバイオマスの代替燃料であったのである。そして、時が経ち今度はバイオマスが化石燃料の代替燃料として再び注目されているのである。

次にバイオ燃料に目を向けると、世界的な運輸用バイオ燃料生産量の約 9 割がバイオエタノールで占められている¹⁵。その主要生産国は、ブラジル、米国、中国が三大生産国となっている。これらの国は、コーン (とうもろこし) の主要生産国であり、コーンの年間世界生産量は約 6~7 億トンである。そのなかでも米国の生産量は 2 億 6000 万から 3 億トンと世界生産量の 40%前後を占め、輸出では世界の 50~70%のシェアを占めている。ちなみに、米国の主要生産地はコーンベルト地帯 (アイオワ、イリノイ、ネブラスカ等 10 州) と呼ばれる地域で米国内の生産量の 80%をこの地域が占めているといわれる。ヨーロッパ (EU) に

注目をすると、EUでは生産されるバイオ燃料の約 80%をバイオディーゼル燃料が占めている。そして、ドイツにおいてはバイオディーゼル燃料に免税措置が行われておりバイオディーゼル燃料を給油できるガソリンスタンドが多く整備されるなど利用が拡大している。日本でも環境省が中心となり、「再生可能燃料利用推進会議」¹⁶などでバイオエタノールの利用促進について関係各所で様々な検討が行われている。

このように、バイオマスは環境にやさしくて、石油依存社会からの脱却など様々な期待を集めているが、よい面ばかりではない。バイオマスは、石油と違い比較的短期間で再生・利用が可能である。すなわちバイオマスを燃焼させても二酸化炭素は短期的にバイオマス自身と大気・地中など間で循環するためその排出をカウントしなくてもよいカーボンニュートラルという特徴を持っている。そして、穀物を原料とし燃料化されているバイオエタノールをガソリン代替として使用することやガソリンに数パーセント混合することで、石油の消費量を減少させて二酸化炭素の排出量を抑えることが期待されている。それにより、国際マーケットではバイオエタノールやその原料に注目が集まり原料の生産国では麦や大豆の作付けをバイオエタノールの主原料であるトウモロコシに切り替える農家が増加するという現象が発生している。そして、人間や家畜の食用穀物の減産を招いており、小麦やトウモロコシの価格が高騰するなどの波紋を呼んでいる。これらの問題により、日本の農林水産省でも平成 20 年度から「食料と競合しない日本型バイオ燃料生産拡大対策に向けての対話集会」など開催をしている¹⁷。

例えば、トウモロコシの主な原産国であるアメリカは、農林水産省のデータによると、小麦の生産量は 90 年 74 百万トン进行ピークに 2002 年度は 44 百万トン減少している。反対にトウモロコシは、2002 年度に 229 百万トンと生産量は拡大している¹⁸。このように、穀物の増産、減産により穀物価格が急変している。穀物の先物取引当限つなぎの月足チャートとその出来高を図 5 に示す¹⁹。

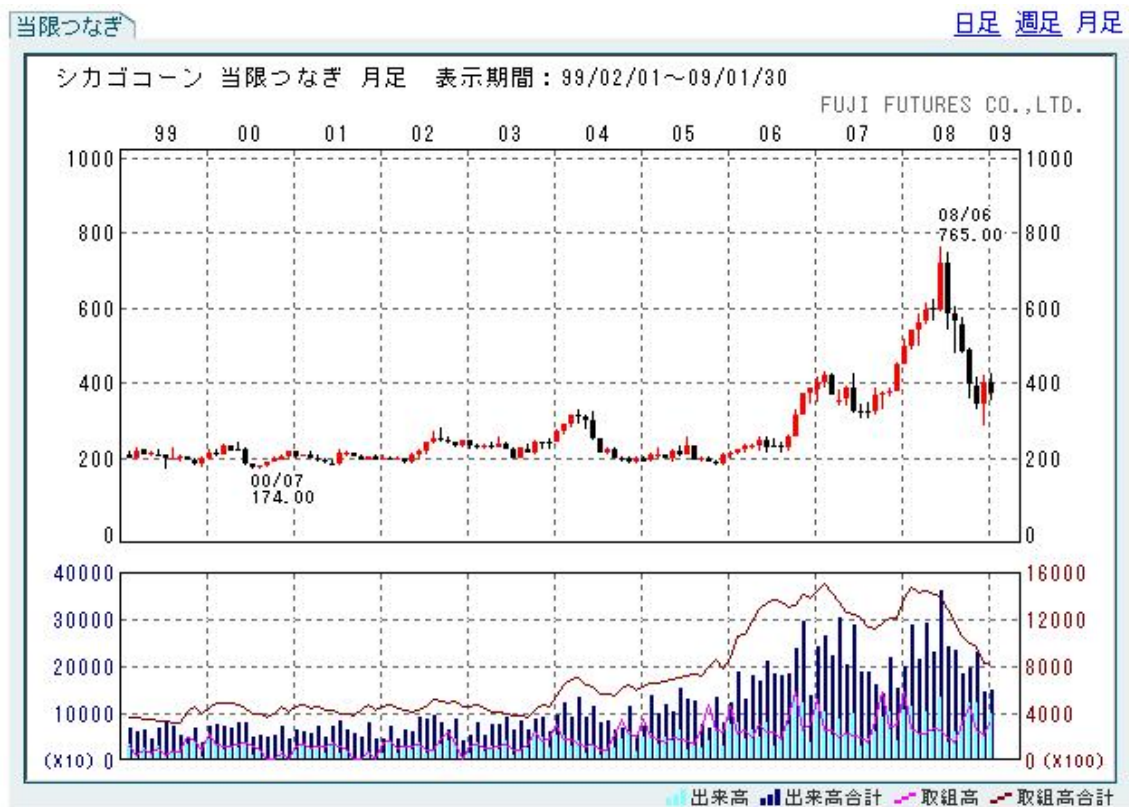


図 5 シカゴコーン当限つなぎ月足チャート

この図 5 の上部はチャートを表し縦軸に価格、横軸に西暦を示す。下部は出来高を示し縦軸は出来高、横軸は西暦を示す。図 5 に示すように 06 年頃から次第にシカゴコーンの価格が次第に高騰しだしている。08 年 6 月には最高値を示している。フジフューチャーズ株式会社²⁰によると、コーンの需要増加の要因として原油価格高騰を受けて燃料用エタノールの生産量が急増していることや近代化が進むアジア地域で中国を筆頭に食文化の変化とりわけ食肉文化の浸透による家畜飼料の需要増加などを挙げている。次に、シカゴ小麦の当限つなぎチャートを図 6 に示す。

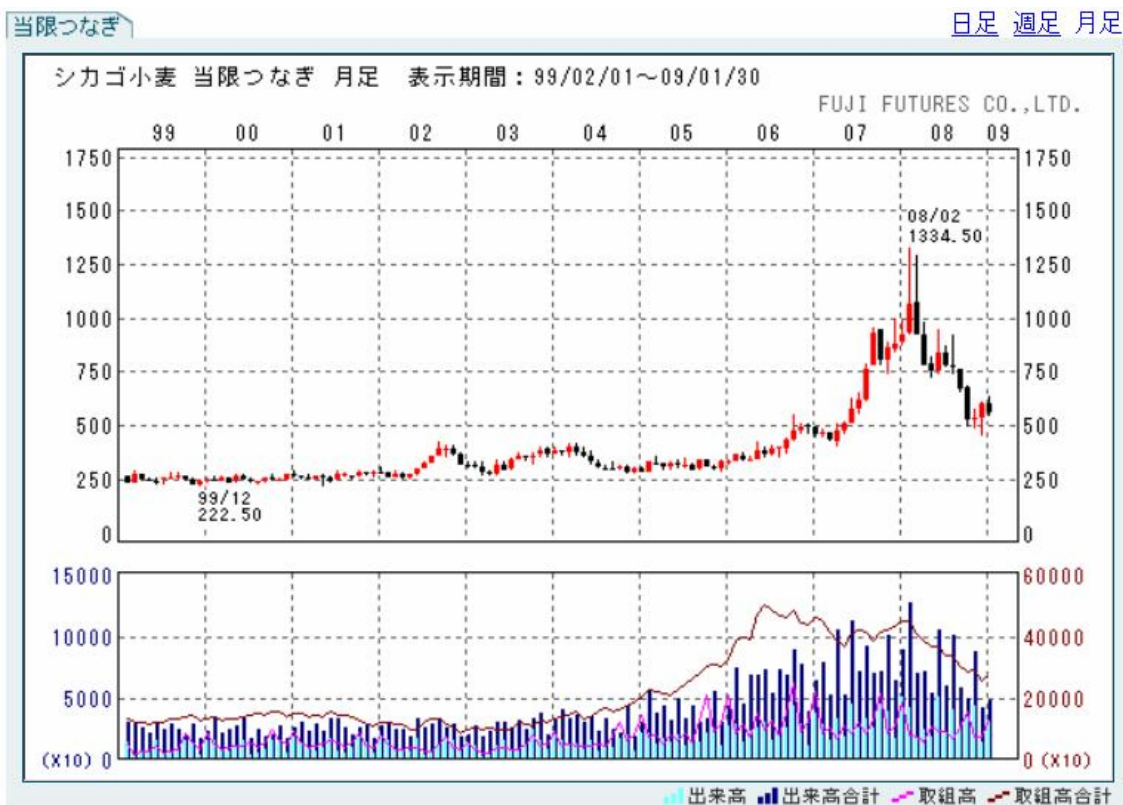


図 6 シカゴ小麦当限つなぎ月足チャート

このチャートも先ほどのコーンと同様に、06 年頃からシカゴ小麦の価格が次第に高騰しだしている。シカゴ小麦は08年2月に最高値を示している。その後、価格は落ち着き始めているが、以前の価格と比較すると高値にとどまっている。このことは、バイオマスに対する近年の関心が日本国内にとどまらず国際的に高まっていることを示している。

2.3 用語説明

ここでは、本研究で使用する主な用語の一部について説明する。

バイオマス(ばいおます)

農林水産省によると、「バイオマス」とは、生物資源 (bio) の量 (mass) を表す言葉であり、「再生可能な、生物由来の有機性資源 (化石燃料は除く)」と定義している。また、地球環境工学ハンドブック²¹によると、農作物や用材・薪炭材を含む木や草などの植物体、畜糞、下水汚泥(微生物の菌体からなる)などの廃棄物はすべて生物由来の有機物であり、これらを総称して「バイオマス」と定義している。本研究では、バイオマスの定義を「再生可能な、生物由来の有機性資源 (化石燃料は除く)」とした。

廃食油(はいしょくゆ)

本研究では廃食油を、家庭から排出される使用済みてんぷら油等とする。また、単位を表記する際はUCとした。これは全国油脂事業協同組合連合会²²によると廃食油をUsed Cooking Oilとしていることに由来する。

バイオディーゼル燃料(ばいおでいーぜる・ねんりょう)

本研究でいう「バイオディーゼル燃料」とは、エステル交換反応により生成された軽油代替燃料のことを指す。このバイオディーゼル燃料は軽油の代替燃料としてディーゼル車両の燃料として扱えるものである。植物由来のバイオディーゼル燃料には、酸性雨の原因となる硫黄酸化物(SO_x)や黒煙が軽油に比べて少ないため排気ガスのクリーン化といった効果も期待されている²³。

一般的にバイオディーゼル燃料の英語表記である Bio Diesel Fuel の頭文字をとって「BDF」と略称で呼ばれることもある。本研究では、バイオディーゼル燃料、BDF と両方を用いて表記した。

カーボンニュートラル(かーぼん・にゅーとらる)

カーボンニュートラルとは、植物が成長する際に、大気中のCO₂ を光合成に

より植物中の炭素として固定したものであり、バイオマスとしての植物を燃焼させて二酸化炭素が発生しても炭素の収支をゼロとして扱ってよいという国際的な取り決めのことを指す。また、山根(2000)ら²⁴によると、バイオディーゼル燃料はその燃焼によって発生する二酸化炭素が、植物の炭酸同化作用によって短周期で資源として再生されるため、地球温暖化ガス削減に大きく寄与できるものとしての期待されている。本研究でも、この概念を適応した。

カーボン・オフセット（かーぼん・おふせつと）

環境省のカーボン・オフセットのあり方に関する検討会²⁵によると、「カーボン・オフセットとは、市民、企業、NPO/NGO、自治体、政府等の社会の構成員が、自らの温室効果ガスの排出量を認識し、主体的にこれを削減する努力を行うとともに、削減が困難な部分の排出量について、他の場所で実現した温室効果ガスの排出削減・吸収量等（以下「クレジット」という）を購入すること又は他の場所で排出削減・吸収を実現するプロジェクトや活動を実施すること等により、その排出量の全部又は一部を埋め合わせることをいう。」とある。本研究でもこの概念を適応した。

第3章 環境性の評価

この第3章では、加賀市内から回収された廃食油をバイオディーゼル燃料として生成・生産し軽油代替燃料として使用する際の環境性について考察する。ここでは環境性の指標として、京都議定書により規定された温室効果ガス（GHG：Green House Gas）である二酸化炭素の排出量を取り上げる。二酸化炭素に注目した理由は、カーボンニュートラル、二酸化炭素排出権取引、カーボン・オフセット、クリーン開発メカニズムなどで二酸化炭素の排出量を検討しているためである。

評価の手順としてまず二酸化炭素排出量を考えるために環境設定範囲（システムバウンダリ）を規定する。次に、その環境設定範囲の各項目について二酸化炭素排出量を算出する。そして、得られた結果の妥当性を検討する。さらに、バイオマスタウン構想に対して廃食油を燃料化し公共車両等に使用する場合に必要な供給量について試算する。なお、回収量が増加した場合は、平成18の廃食油回収量を基に算出を行う。

3.1 環境性の環境設定範囲

本研究では、加賀市バイオマスタウン構想公表書に従い、回収された廃食油はすべてバイオディーゼル燃料製造機器を用いてバイオディーゼル燃料(BDF)化するものとする。本研究での環境性における環境設定範囲を規定し図7に示す。

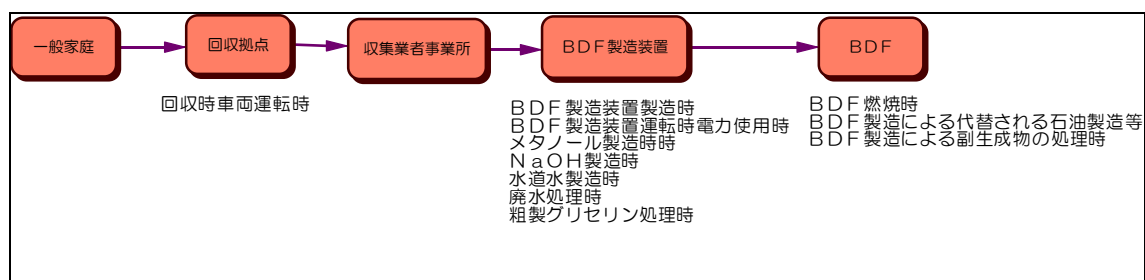


図 7 環境設定範囲

本研究で考慮する二酸化炭素排出量は、

回収段階の CO2 排出量

1. 廃食油回収に伴う CO2 排出量

初期投資段階の CO2 排出量

2. BDF 製造装置の製造に伴う CO2 排出量

機器運転時の CO2 排出量

3. BDF 製造時の電力使用に伴う CO2 排出量
4. BDF 製造時の投入メタノール製造に伴う CO2 排出量
5. BDF 製造時の投入触媒(水酸化ナトリウム)の製造に伴う CO2 排出量
6. BDF 製造時の投入水道水の製造に伴う CO2 排出量

生成物についての CO2 排出量

7. BDF 製造により代替される軽油分の CO2 排出量
8. BDF が軽油代替燃料として使用される際の CO2 排出量
9. BDF 製造時の副生成物としての廃水処理時に伴う CO2 排出量
10. BDF 製造時の副生成物としての粗製グリセリン処理時に伴う CO2 排出量
11. BDF 製造時の副生成物としての粗製グリセリン燃焼時に伴う CO2 排出量

上記の項目における CO2 排出量を環境性の指標として考える。

上記項目のうち、本研究では生成物についての二酸化炭素排出量において「8. BDF が軽油代替燃料として使用される際の CO2 排出量」と「11. BDF 製造時の副生成物としての粗製グリセリン燃焼時に伴う CO2 排出量」はカーボンニュートラルとして扱う。これは、バイオディーゼル燃料と粗製グリセリンの原料が植物由来の廃食油から製造されているためである。また、「7. BDF 製造により

代替される軽油分の CO2 排出量」「10. BDF 製造時の副生成物としての粗製グリセリン処理時に伴う CO2 排出量」はカーボン・オフセットとして扱う。これは、バイオディーゼル燃料が製造されることにより、それに相当する石油製造・使用等が削減されるためである。

なお、平成 21 年の時点では、上記項目にあるバイオディーゼル燃料 (BDF)、メタノール (MeOH)、水酸化カリウム (KOH)、廃水、粗製グリセリン (Gly)などは「地球温暖化対策の推進に関する法律」²⁶ (以下温対法) で温室効果ガスの排出削減対象としての法的拘束力はない。しかし、本研究では環境性の指標として二酸化炭素排出量について包括的に捉えており、廃食油をバイオディーゼル燃料化する際のライフサイクル全体を対象としている。よって温対法に対する法的拘束力の無いものも含めて上記に示した 11 項目の二酸化炭素排出量について算出を行う。

3.2 バイオディーゼル燃料生成フロー

ここでは、廃食油燃料化装置によるバイオディーゼル燃料の生成について説明する。本研究で導入を仮定するバイオディーゼル燃料製造機器は、有限会社エルフ製のエルフ A3 型 100LSW とした。この装置は、1 日に 100L のバイオディーゼル燃料を製造することができる。選定理由は、この装置の先行導入事例として、石川県小松市で導入され実際に運転されていることや、さらに平成 18 年の回収量から考慮した年間のバイオディーゼル燃料生成量がこの機種能力とほぼ一致するためである。平成 18 年度の加賀市における廃食油回収実績は年間 14,000L 程度である。ちなみに、この装置は 2005 年度愛知万博「愛・地球博」において「愛・地球賞-Global 100 Eco-Tech Awards」を受賞している。以下に生成の化学反応式とその廃食油燃料化装置のマテリアルフローを示す。

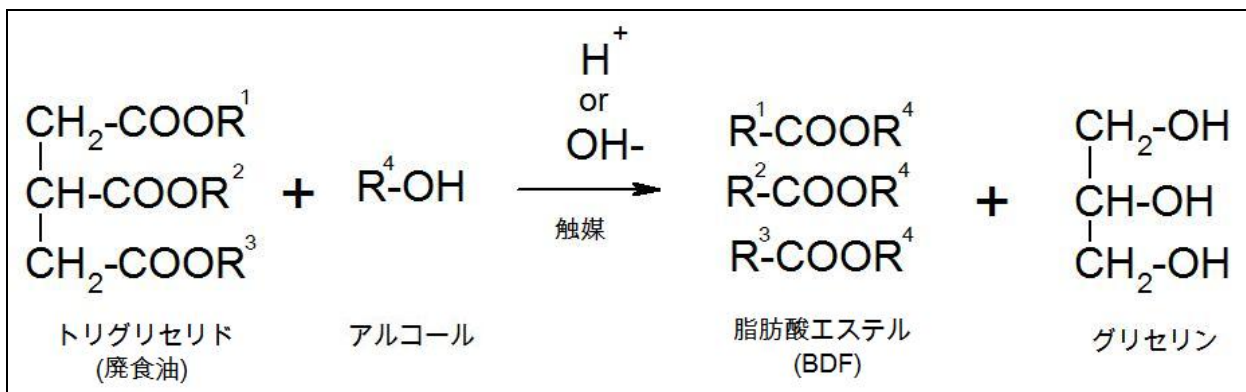


図 8 バイオディーゼル燃料生成の化学反応式

エルフ A3 型機ではエステル交換反応という化学反応によりバイオディーゼル燃料が生成される。この反応式では、廃食油であるトリグリセリドとアルコールが反応して脂肪酸エステルであるバイオディーゼル燃料とグリセリンを生成する。次に、有限会社エルフのエルフ A3 型機の諸元表からバイオディーゼル燃料を生成する際のフローを示す。

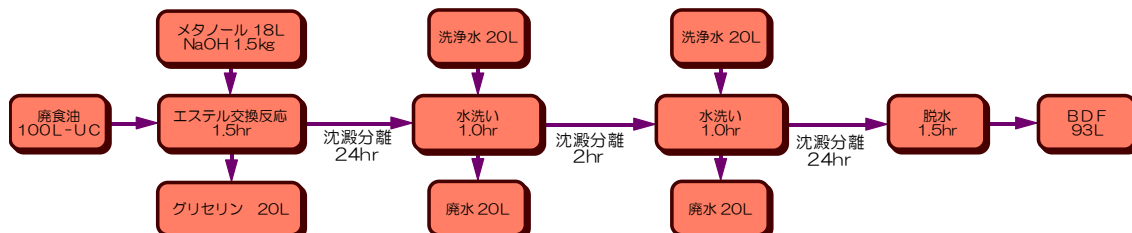


図 9 エルフA3 型機 100LSWのバイオディーゼル燃料生成フロー

エルフ A3 型機では、廃食油 100L 投入し、メタノール (MeOH) 18L と水酸化カリウム (KOH) 1.5kg を投入しエステル交換反応をすることにより副生成物として粗製グリセリン 20L が発生する。その後、沈殿分離をさせてから洗浄水として水道水 (Water) を加えることにより水溶性の不純物を除去する。これらは反応槽に自動投入されて加熱、攪拌されエステル交換反応が行われる。そして、脱水処理が行われて純度が高めてられたバイオディーゼル燃料 93L が生成される。

3.3 環境設定範囲の各項目算出

3.3.1 回収段階の CO2 排出量

1. 廃食油回収に伴う CO2 排出量

ここでは、廃食油回収量の変化に応じた回収車両の走行距離変動モデルにより回収車両から発生する二酸化炭素排出量を考える。回収車両から発生する二酸化炭素とは、軽油を燃料としている回収車両が、廃食油を回収するために走行する際に発生するものである。このモデルを用いる理由として、今後バイオマスタウン構想が推進されることにより廃食油を提供する世帯や回収量変動することで回収車両の走行距離が変化することが予想されるためである。なお、加賀市側はバイオマスタウン構想の初期段階では、平成 18 年度の市民団体主体の回収事業を基礎とし、今後の廃食油回収事業については、回収拠点の設置場所や回収頻度などを検討する予定である。それらの理由により回収車両から発生する二酸化炭素排出量の算出にモデルを用いた。

本モデルではまず、加賀市全体を正方形の地形と考えた。そして、その面積 S を加賀市宅地面積と同じとし、そこに加賀市で廃食油を回収拠点に出している参加世帯数 H が一様に分布してそこを世帯数ごとに回収車両が回るものと考えた。また、面積 S を参加世帯数 H で除したものが、その世帯数が占める正方形の面積となり、その平方根が正方状の面積の一辺の長さとなりこれに世帯数 H を乗じたものが回収車両の回る面積となるものと考えた。

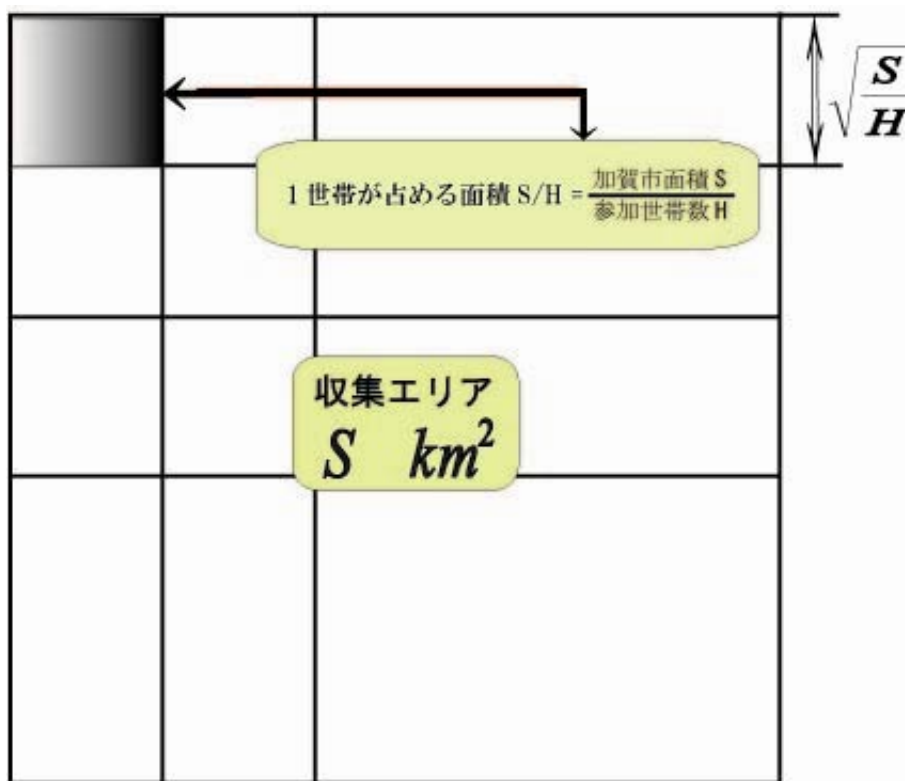


図 10 収集エリア概略図

回収車両が回収で廻る距離算出式考え方

1世帯が占める面積	= 加賀市面積 S ÷ 参加世帯数 H
	= S/H
1世帯が占める面積の一边の長さ	= 平方根 (1世帯が占める面積)
	= $\sqrt{S/H}$
回収車両が回収で廻る距離	= 1世帯が占める面積の一边の長さ × 参加世帯数 H
	= $\sqrt{S/H} \times H$
	= $\sqrt{SH}$

ここで、回収に参加している世帯は、廃食油の排出量から推測した。環境省の【「エコ燃料の普及拡大に向けた論点整理」国内の供給可能量の考え方】²⁷では、1世帯あたり 0.2L/月の回収が見込まれるとあり、これをもとに加賀市でも

年間 2.4L/年・世帯の廃食油の排出とその回収が可能であると考えた。これにより平成 18 年度の回収量をこの 2.4 L/年・世帯で除して参加見込み世帯数 H とした。また、算出のために平成 18 年度の廃食油回収量 12,960kg を容量に換算する。廃食油の密度は、シップ・アンド・オーシャン財団によると 0.9239 g/cm³ である²⁸。まず、回収された廃食油の質量を容量に換算するために容量換算密度を考える。

容量換算密度の単位換算算出式

$$\begin{aligned}
 1\text{g} &= 10^{-3}\text{kg} \\
 1\text{cm} &= 10^{-2}\text{m} \\
 1\text{m}^3 &= 10^3\text{L} \quad \text{より} \\
 1 \text{ g/cm}^3 &= 10^{-3} \text{ kg} / 10^{-6} \text{ m}^3 \\
 &= 10^3 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 10^3 \text{ kg} / 10^3 \text{ L} \\
 &= 1 \text{ kg/L} \\
 \text{よって } 1\text{g/cm}^3 &= 1\text{kg/L} \quad \text{となる。}
 \end{aligned}$$

そして、この容量換算密度を廃食油の密度に乗じることで廃食油の容量換算密度は 0.9239kg/L となる。これを、加賀市で回収された廃食油の質量に乗じることで回収された廃食油の質量を容量に換算する。

質量容量換算算出式考え方

$$\begin{aligned}
 &\text{廃食油の容量 (L-UC/年)} \\
 &= \text{回収された廃食油の質量 (kg/年)} \div \text{容量換算密度 (kg/L-UC)}
 \end{aligned}$$

質量容量換算算出式

$$\begin{aligned}
 \text{回収された廃食油容量 (L-UC /年)} &= 12,960\text{kg/年} \div 0.9239 \text{ L-UC} \\
 &= 14,027.49 \text{ L-UC /年}
 \end{aligned}$$

よって、平成 18 年の回収された廃食油の容量は 14,027.49 L-UC /年と算出した。そして、この値を用いて廃食油回収事業の参加見込み世帯を算出する。

参加見込み世帯数算出式考え方

$$\begin{aligned} \text{参加見込み世帯数 } H \\ &= \text{廃食油回収量 (L/年)} \div \text{年間排出見込み数 (L/年・世帯)} \end{aligned}$$

参加見込み世帯数算出式

$$\begin{aligned} \text{参加見込み世帯数 } H &= 14,027.49\text{L/年} \div 2.4\text{L/年・世帯} \\ &= 5844.78 \text{ 世帯} \\ &= 5845 \text{ 世帯} \end{aligned}$$

となり、平成 18 年度は 5,845 世帯が参加していると算出した。この値を使用して回収車両が回収で廻る距離を考えた。また、加賀市の面積は、平成 19 年度版加賀市統計書²⁹の地区別・地目別面積計 115.20km²を用いた。そして、その面積に対して廃食油を提供（排出）している参加世帯が一様に分布していると考えた。その時の回収車両は以下の距離を走行すると考える。

回収車両が回収で廻る距離算出式

$$\begin{aligned} \text{回収車両が回収で廻る距離 (km)} &= \sqrt{115.20 \times 5845} \\ &= 820.58\text{km} \end{aligned}$$

よって、回収車両が回収により廻る距離が 1 回あたり 820.58km と算出した。次に、この距離を回収する際に発生する二酸化炭素排出量を考えた。ここでは、回収車両の燃費はすべて 5km/L として考えるものとした。これは、事業者へのヒアリングにより得た値である。また、二酸化炭素排出量は、使用された燃料に二酸化炭素排出係数を乗じたものとなる。なお、軽油の二酸化炭素排出係数は「産業連関表による環境負荷原単位データブック」³⁰（以下 3EID と表記する）より 2.62kg-CO₂/L-DF とした。

回収による車両から発生する二酸化炭素排出量算出式考え方

$$\begin{aligned} & \text{車両の CO2 排出量 (kg-CO2/回)} \\ & = \text{回収車両が回収で廻る距離 (km/回)} \div \text{車両燃費 (km/L-DF)} \\ & \quad \times \text{CO2 排出係数 (kg-CO2/L-DF)} \end{aligned}$$

回収による車両から発生する二酸化炭素排出量算出式

$$\begin{aligned} & \text{車両の CO2 排出量 (kg-CO2/回)} \\ & = 820.58\text{km/回} \div 5\text{km/L-DF} \times 2.62\text{kg-CO2/L-DF} \\ & = 429.98\text{kg-CO2/回} \end{aligned}$$

よって回収時に回収車両から発生する二酸化炭素排出量は 429.98kg-CO2/回と算出した。また、この活動は年 3 回あるので二酸化炭素排出量も 3 倍する。したがって回収車両から発生する年間の二酸化炭素排出量は 1289.95kg-CO2/年と算出した。

3.3.2 初期投資段階の CO2 排出量

2. BDF製造装置の製造に伴うCO2 排出量

ここでは初期投資段階として、バイオディーゼル燃料製造機器（エルフ A3 型機）の製造に伴う二酸化炭素排出量を算出する。算出方法は、製造機器の購入者価格に機器の二酸化炭素排出係数を乗じる。本研究で考えるエルフ A3 型機 100LSW はバイオディーゼル燃料を 1 日に 100L-BDF 製造できる。よって、年間稼働日数を最大で 300 日とすると年間で 30,000L-BDF のバイオディーゼル燃料を製造できることになる。よって、本研究では年間 30,000L-BDF までのバイオディーゼル燃料の製造は 1 基でまかなえるものとした。それ以上の製造に対しては同機種をもう 1 基購入・設置するとして、2 基で最大 60,000L-BDF まで製造可能とする。機械製造の排出係数は、3EID の CO2 排出原単位（家計購入者価格）では 3.66t-CO2/MY である。また、エルフ A3 型機の諸元表より本体価格は 920 万円である。

機械製造に伴う CO2 排出量の算出式考え方

$$\begin{aligned} \text{機器製造時の CO2 排出量 (t-CO2/基)} \\ &= \text{機械製造排出係数 (t-CO2/MY)} \quad \times \quad \text{機器価格 (MY/基)} \\ &\hspace{15em} \text{MY : Million Yen} \end{aligned}$$

機械製造に伴う CO2 排出量の算出式

$$\begin{aligned} \text{機器製造時の CO2 排出量 (t-CO2/基)} &= 3.66\text{t-CO2/MY} \quad \times \quad 9.2\text{MY/基} \\ &= 33.672 \text{ t-CO2/基} \\ &= 33.67 \times 10^3 \text{ kg-CO2/基} \end{aligned}$$

よって、エルフA3 型機 100LSWを一基製造するためには、 $33.67 \times 10^3 \text{ kg-CO}_2/\text{基}$ の二酸化炭素が排出されると算出した。

3.3.3 機器運転時の CO2 排出量

3. BDF製造時の電力使用に伴うCO2 排出量

ここでは、バイオディーゼル燃料製造機器（エルフ A3 型 100LSW）を運転する際に発生する二酸化炭素排出量について製造装置の電力使用量をもとに算出する。算出方法は、製造機器の電力使用量に電力使用に伴う二酸化炭素排出係数を乗じる。エルフ A3 型機の諸元表よりバイオディーゼル燃料 100L-BDF を生成するために廃食油 108L-UC を投入する必要がある、その時の電力使用量は18kWh である。

温対法における北陸電力の二酸化炭素排出係数は 1kWhあたり 0.407kg-CO₂/kWhである³¹。よって、バイオディーゼル燃料生成時の電力使用に二酸化炭素排出係数を乗じて二酸化炭素排出量を求める。

電力使用による CO2 排出量算出式考え方

$$\begin{aligned} & \text{生成 BDF 量 (L-BDF/年)} \\ & = \text{廃食油の容量 (L-UC/年)} \times 100 \text{ (L-BDF)} \div 108 \text{ (L-UC)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{年間電力使用 (kWh/年)} \\ & = \text{生成 BDF 量 (L-BDF/年)} \times 18\text{kWh} \div 100 \text{ (L-BDF)} \end{aligned}$$

よって

$$\begin{aligned} & \text{二酸化炭素排出量 (kg-CO}_2\text{/年)} \\ & = \text{年間電力使用 (kWh/年)} \times \text{CO}_2 \text{ 排出係数 (kg-CO}_2\text{/kWh)} \end{aligned}$$

電力使用による CO2 排出量算出式

$$\begin{aligned}\text{生成 BDF 量 (L-BDF/年)} &= 14,027.49 \text{ L-UC/年} \times 100 \text{ L-BDF} \div 108 \text{ L-UC} \\ &= 12988.42 \text{ L-BDF/年}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{年間電力使用 (kWh/年)} &= 12988.42 \text{ L-BDF/年} \times 18 \text{ kWh} \div 100 \text{ L-BDF} \\ &= 2337.92 \text{ kWh/年}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{二酸化炭素排出量 (kg-CO2/年)} &= 2337.92 \text{ kWh/年} \times 0.407 \text{ kg-CO2/kWh} \\ &= 951.53 \text{ kg-CO2/年}\end{aligned}$$

よって、廃食油 12,960kg-UC (14,028L-UC) をバイオディーゼル燃料にする際には、電力使用による二酸化炭素排出量として 951.53kg-CO2/年と算出した。

4. BDF製造時の投入メタノール製造に伴うCO2 排出量

ここでは、バイオディーゼル燃料の生成時に投入するメタノールの製造時における二酸化炭素排出量を考える。算出方法は、メタノールの使用量にメタノールの二酸化炭素排出係数を乗じる。エルフ A3 型機の諸元表よりバイオディーゼル燃料 100L-BDF を生成するために、メタノール 18L-MeOH を投入する。

メタノールの製造に伴う二酸化炭素排出量は、【地球温暖化対策推進法「温室効果ガス排出量の算出・報告・公表制度」温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル—電気電子業界用算定方法マニュアルVer. 1—】³²によると、2.00kgCH₄/tである。これはメタンの排出係数であるため二酸化炭素の排出係数に換算した。マニュアルでは、二酸化炭素を 1 とした時、メタンは 21 倍の地球温暖化の寄与があるとしている。よってメタンの二酸化炭素排出係数に地球温暖化係数として 21 を乗じる。さらに質量を容量に換算するためにメタノールの

密度 $0.7915\text{g}/\text{cm}^3$ で除する。本研究では密度を $1\text{g}/\text{cm}^3=1\text{kg}/\text{L}$ としたためメタノールの容量換算密度は $0.7915\text{kg}/\text{L}$ となる。

MeOH の CO2 排出係数算出式考え方

$$\begin{aligned} \text{MeOH の換算 CO2 排出係数 (kg-CO2/t)} \\ = \text{MeOH の CH4 排出係数 (kg-CH4/t)} \times \text{地球温暖化係数 (kg-CO2/kg-CH4)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MeOH の CO2 排出係数 (kg-CO2/L)} \\ = \text{MeOH の換算 CO2 排出係数 (kg-CO2/t)} \times \text{メタノールの密度 (kg/L)} \end{aligned}$$

MeOH の CO2 排出係数算出式

$$\begin{aligned} \text{MeOH の換算 CO2 排出係数 (kg-CO2/t)} \\ = 2.00 \text{ kg-CH4/t} \times 21 \text{ kg-CO2/kg-CH4} \\ = 42.00 \text{ kg-CO2/t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MeOH の CO2 排出係数 (kg-CO2/L)} &= 42.00 \text{ kg-CO2/t} \times 7.92 \times 10^{-2} \text{ kg/L-MeOH} \\ &= 42.00 \text{ kg-CO2}/10^3 \text{ kg} \times 7.92 \times 10^{-2} \text{ kg/L-MeOH} \\ &= 3.33 \times 10^{-2} \text{ kg-CO2/L-MeOH} \end{aligned}$$

ここで、回収された廃食油をバイオディーゼル燃料にする際に必要な MeOH 量にその排出係数を乗じる事で、使用された MeOH の製造に伴う二酸化炭素排出量を求める。

MeOH の CO2 排出量考え方

$$\begin{aligned} \text{MeOH の使用量 (L-MeOH/年)} \\ = \text{廃食油量 (L-UC/年)} \times 18 \text{ (L-MeOH)} \div (100 \text{ L-UC}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MeOH の CO2 排出量 (kg-CO2/年)} \\ = \text{MeOH の使用量 (L-MeOH/年)} \times \text{MeOH 排出係数 (kg-CO2/L-MeOH)} \end{aligned}$$

MeOH の CO2 排出量算出式

MeOH の使用量(L-MeOH/年)

$$\begin{aligned} &= 14,027.49 \text{ L-UC/年} \times 18\text{L-MeOH} \div 100\text{L-UC} \\ &= 2,524.9482 \text{ L-MeOH/年} \\ &= 2,524.95 \text{ L-MeOH/年} \end{aligned}$$

MeOH の CO2 排出量(kg-CO2/年)

$$\begin{aligned} &= 2524.95 \text{ L-MeOH/年} \times 3.33 \times 10^{-2} \text{ kg-CO2/L-MeOH} \\ &= 84.08 \text{ kg-CO2/年} \end{aligned}$$

よって、廃食油 12,960kg をバイオディーゼル燃料にする際には、2,524.95L-MeOH/年のメタノールが必要であり、その製造による二酸化炭素排出量は 84.08kg-CO2/年と算出した。

5. BDF製造時の投入触媒(水酸化ナトリウム)の製造に伴うCO2 排出量

ここでは、バイオディーゼル燃料の生成時に投入する水酸化カリウムの製造時における二酸化炭素排出量を考える。算出方法は、水酸化カリウムの使用量に水酸化カリウムの二酸化炭素排出係数を乗じる。エルフ A3 型機の諸元表よりバイオディーゼル燃料 100L-BDF を生成するために、水酸化カリウム 1.5kg-KOH を投入する。なお、水酸化カリウムは、バイオディーゼル燃料製造時の化学反応の触媒として用いられる。

水酸化カリウムの二酸化炭素排出係数は 3EID の「その他の無機化学工業製品」に該当するとして考えた。その二酸化炭素排出原単位は、7.11t-CO2/MillionYen であり、エルフ A3 型機の諸元表によると KOH の価格は 1.5kg-KOH で 540 円である。KOH 1 kg あたりの二酸化炭素排出量を求めた。

KOH の CO2 排出係数算出式考え方

$$\begin{aligned} & \text{KOH-CO2 排出係数 (t-CO2/kg-KOH)} \\ & = \text{CO2 排出原単位 (t-CO2/Million Yen)} \div \text{KOH-質量価格 (kg-KOH/Yen)} \end{aligned}$$

KOH の CO2 排出係数算出式

$$\begin{aligned} & \text{KOH-CO2 排出係数 (t-CO2/kg-KOH)} \\ & = 7.11 \text{ t-CO2/Million Yen} \div (1.5 \text{ kg-KOH/540Yen}) \\ & = 2.5596 \text{ kg-CO2/kg-KOH} \\ & = 2.56 \text{ kg-CO2/kg-KOH} \end{aligned}$$

これに製造時の KOH の使用量を乗じる事で二酸化炭素排出量を求める。

KOH-CO2 排出量算出式考え方

$$\begin{aligned} & \text{KOH の使用量 (kg-KOH/年)} \\ & = \text{廃食油量 (L-UC/年)} \times 1.5 \text{ (kg-KOH)} \div 100 \text{ (L-UC)} \\ & \text{KOH-CO2 排出量 (kg-CO2 年)} \\ & = \text{KOH 排出係数 (kg-CO2)} \times \text{KOH 使用量 (kg-KOH/年)} \end{aligned}$$

KOH-CO2 排出量算出式

$$\begin{aligned} & \text{KOH の使用量 (kg-CO2/年)} = 14,027.49 \text{ L-UC/年} \times 1.5 \text{ kg-KOH} \div 100 \text{ L-UC} \\ & = 210.41 \text{ kg-KOH/年} \\ & \text{KOH-CO2 排出量 (kg-CO2 年)} = 2.56 \text{ kg-CO2/kg-KOH} \times 210.41 \text{ kg-KOH/年} \\ & = 538.65 \text{ kg-CO2/年} \end{aligned}$$

よって、廃食油 12,960kg をバイオディーゼル燃料にする際には、210.41

kg-KOH/年の水酸化カリウムが必要であり、その製造による二酸化炭素排出量は538.65kg-CO₂/年と算出した。

6. BDF製造時の投入水道水の製造に伴うCO₂排出量

ここではバイオディーゼル燃料製造時の投入水道水の製造時の二酸化炭素排出量を考える。算出方法は、水道水の使用量に水道水の二酸化炭素排出係数を乗じる。エルフ A3 型機の諸元表よりバイオディーゼル燃料 100L-BDF を生成するために、水道水 40L-Water を投入する。

水道に関する二酸化炭素排出係数は厚生労働省³³の値を参考にする。それによると水道の二酸化炭素排出係数は、0.36kg-CO₂/m³である。エルフ A3 型機の諸元表では、水道水の使用量は容量であるので密度換算係数を用いて体積から容量へ換算を行う。なお水道水の密度は1 g/cm³とした。

水道水の二酸化炭素排出係数の容量換算算出式

密度容量換算より

$$\begin{aligned} 1 \text{ kg/cm}^3 &= 10^6 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3 \\ &= 10^3 \text{ kg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{水道水の二酸化炭素排出係数 (kg/L-Water)} &= 0.36 \text{ kg-CO}_2/\text{m}^3 \div 10^3 \\ &= 3.60 \times 10^{-4} \text{ kg-CO}_2/\text{L-Water} \end{aligned}$$

よって水道水の二酸化炭素排出量は $3.60 \times 10^{-4} \text{ kg-CO}_2/\text{L}$ と算出した。

水道排出量算出式考え方

水道水の使用量 (L-Water/年)

$$= \text{廃食油量 (L-UC/年)} \times 40 (\text{L-Water}) \div (100 \text{L-UC})$$

水道水 CO2 排出量 (kg-CO2 年)

$$= \text{水道水排出係数 (kg-CO2)} \times \text{水道水使用量 (kg-KOH/年)}$$

水道水排出量算出式

$$\begin{aligned} \text{水道水の使用量 (L-Water/年)} &= 14,027.49 \text{ L-UC/年} \times 40 \text{L-Water} \div 100 \text{L-UC} \\ &= 5610.99 \text{ L-Water/年} \end{aligned}$$

水道水 CO2 排出量 (kg-CO2 年)

$$\begin{aligned} &= 3.60 \times 10^{-4} \text{ kg-CO2/L-Water} \times 5610.99 \text{ L-Water/年} \\ &= 2.02 \text{ kg-CO2/年} \end{aligned}$$

よって、廃食油 12,960kg をバイオディーゼル燃料にする際には、5610.99 L-Water/年の水道水が必要であり、その製造による二酸化炭素排出量は 2.02 kg-CO2/年と算出した。

3.3.4 生成物についてのCO2排出量

7. BDF製造により代替される軽油分のCO2排出量

ここでは、生成されたバイオディーゼル燃料が軽油代替燃料として使用され、軽油を使用している車両がバイオディーゼル燃料を使用することによって軽油に関わる原油生産、原油輸送、精製、製品輸送分の二酸化炭素排出量のカーボン・オフセットによる二酸化炭素排出量の抑制・削減量を算出する。算出方法は、バイオディーゼル燃料の軽油代替燃料分に軽油に関わる原油生産、原油輸送、精製、製品輸送分の二酸化炭素排出係数を乗じる。

そのために、両者の発熱量と比較することによりバイオディーゼル燃料の軽油代替燃料分量を算出してから軽油に関わる原油生産、原油輸送、精製、製品輸送分の二酸化炭素排出係数を算出する。シップ・アンド・オーシャン財団³⁴によるとバイオディーゼル燃料の発熱量は9,600kcal/kg、密度は0.889g/cm³であり軽油(Diesel Fuel)の発熱量は10,930kcal/kg、密度は0.835g/cm³である。なお、温対法では二酸化炭素排出量係数がMJ/Lの表記である。そこで、単位を換算するためバイオディーゼル燃料と軽油の発熱量をカロリーからジュールへと換算し、さらに密度を乗じて質量を容量へ換算することでバイオディーゼル燃料により代替される軽油分量を算出する。その後、軽油に関わる原油生産、原油輸送、精製、製品輸送分の二酸化炭素排出係数を算出する。

ジュール表記による発熱量算出式考え方

発熱量 (MJ/L)

=発熱量(kcal/kg)×ジュール換算(MJ/kcal)×容量換算密度(kg/L)

ジュール表記による発熱量算出式

$$\begin{aligned} 1\text{cal} &= 4.18\text{J} \\ 1\text{kcal} &= 4.18\text{KJ} \\ &= 0.00418\text{MJ} \\ &= 4.18 \times 10^{-3}\text{MJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BDFの発熱量} &= 9,600\text{kcal/kg} \times 4.18 \times 10^{-3}\text{MJ/kcal} \times 0.889 \text{ kg/L} \\ &= 35.67\text{MJ/L} \\ \text{軽油の発熱量} &= 10,930\text{kcal/kg} \times 4.18 \times 10^{-3}\text{MJ/kcal} \times 0.835 \text{ kg/L} \\ &= 38.15\text{MJ/L} \end{aligned}$$

よって、バイオディーゼル燃料の発熱量は 35.67MJ/L、軽油の発熱量は 38.15MJ/L と算出した。次に、生成されるバイオディーゼル燃料の容量を考える。エルフ A3 型機の諸元表より 93L の BDF を製造するためには、100L の廃食油を投入する必要がある。よって、生成されるバイオディーゼル燃料の容量は、回収した廃食油に割合として 93L-BDF/100L-UC を乗じて求める。

生成 BDF 容量算出式考え方

$$\text{生成 BDF (L・BDF/年)} = \text{廃食油量 (L-UC/年)} \times (93\text{L-BDF}/100\text{L-UC})$$

生成 BDF 容量算出式

$$\begin{aligned} \text{生成 BDF (L・BDF/年)} &= 14,027.49\text{L-UC/年} \times (93\text{L-BDF}/100\text{L-UC}) \\ &= 13,045.57 \text{ L-BDF/年} \end{aligned}$$

よって生成されるバイオディーゼル燃料の容量は 13,045.57 L-BDF/年と算出した。次に、先ほど求めた発熱量からバイオディーゼル燃料を軽油代替燃料分量へと換算する。そのために、バイオディーゼル燃料の生成量にバイオディーゼル燃料の発熱量を乗じて軽油の発熱量で除することで求める。

軽油代替燃料分算出式考え方

$$\begin{aligned} & \text{軽油代替燃料分量 (L-DF/年)} \\ & = \text{生成 BDF 量 (L-BDF/年)} \times \{ \text{BDF 発熱量 (MJ/L-BDF)} \div \text{軽油発熱量 (MJ/L-DF)} \} \end{aligned}$$

軽油代替燃料分算出式

$$\begin{aligned} & \text{軽油代替燃料分量 (L-DF/年)} \\ & = 13,045.57 \text{ L-BDF/年} \times (35.67 \text{ MJ/L-BDF} \div 38.15 \text{ MJ/L-DF}) \\ & = 12173.59 \text{ L-DF/年} \end{aligned}$$

よって、バイオディーゼル燃料 13,045.57L-BDF は軽油として換算すると 12,173.59L-DF であると算出した。

ここで、軽油が使用される車両にバイオディーゼル燃料が用いられるために軽油削減相当分の軽油分の原油生産、原油輸送、精製、製品輸送に関する二酸化炭素排出量を考える。ここでは、コスモ石油サステナビリティレポート³⁵の事業活動による環境負荷を参考にして求める。それによると、各ライフサイクルでの排出比率は、原油生産1.9%、原油輸送1.2%、精製6.4%、製品輸送0.2%、製品使用90.3%である。すなわち、原油生産、原油輸送、精製、製品輸送を合わせた排出比率は9.7%である。そこで、その二酸化炭素排出係数は、製品使用、すなわち軽油を燃焼する際の既知の二酸化炭素排出係数を用いて軽油代替燃料分に関する原油生産、原油輸送、精製、製品輸送分の二酸化炭素排出係数を考える。

原油生産、原油輸送、精製、製品輸送のCO2排出係数算出式考え方

$$\begin{aligned} & \text{原油生産、原油輸送、精製、製品輸送の CO2 排出係数 (kg-CO2/L)} \\ & = \text{軽油の排出係数 (kg-CO2/L)} \times (\text{原油生産, 輸送, 精製, 製品輸送割合} / \text{製品使用割合}) \end{aligned}$$

原油生産、原油輸送、精製、製品輸送の CO2 排出係数算出式

$$\begin{aligned} & \text{原油生産、原油輸送、精製、製品輸送の CO2 排出係数 (kg-CO2/L)} \\ &= 2.62 \text{ kg-CO2/L-DF} \times (9.7\% / 90.3\%) \\ &= 0.2814 \text{ kg-CO2/L-DF} \\ &= 2.81 \times 10^{-1} \text{ kg-CO2/L-DF} \end{aligned}$$

そして、バイオディーゼル燃料による軽油代替燃料分に対して原油生産、原油輸送、精製、製品輸送の二酸化炭素排出係数を乗じることにより軽油抑制・削減分に相当する二酸化炭素排出量を算出する。

代替された軽油分の原油生産、原油輸送、精製、製品輸送の CO2 排出量算出式 考え方

$$\begin{aligned} & \text{代替された軽油分の原油生産、原油輸送、精製、製品輸送の CO2 排出量 (kg-CO2/} \\ & \text{年)} \\ &= \text{軽油代替燃料分 (L-DF/年)} \\ & \quad \times \text{原油生産、原油輸送、精製、製品輸送の CO2 排出係数 (kg-CO2/L-DF)} \end{aligned}$$

代替された軽油分の原油生産、原油輸送、精製、製品輸送の CO2 排出量算出式

$$\begin{aligned} & \text{代替された軽油分の原油生産、原油輸送、精製、製品輸送の CO2 排出量 (kg-CO2/} \\ & \text{年)} \\ &= 12173.59 \text{ L-DF/年} \times 2.81 \times 10^{-1} \text{ kg-CO2/L-DF} \\ &= 3420.78 \text{ kg-CO2/年} \end{aligned}$$

よって、カーボン・オフセットという概念を用いることで廃食油 12,960kg からバイオディーゼル燃料を生成して軽油代替燃料として使用することにより、軽油に関わる原油生産、原油輸送、精製、製品輸送の二酸化炭素排出量として 3420.78 kg-CO2/年が抑制・削減されると算出した。

8. BDFが軽油代替燃料として使用される際のCO2 排出量

ここでは、バイオディーゼル燃料が車両の軽油代替燃料として使用される際の二酸化炭素排出量について算出する。算出方法は、生成されたバイオディーゼル燃料にバイオディーゼル燃料の二酸化炭素排出係数を乗じる。バイオディーゼル燃料の二酸化炭素排出係数は温対法で規定されていないため本節で算出する。また、バイオディーゼル燃料が軽油代替燃料として使用される時、バイオディーゼル燃料は軽油と混合せずにバイオディーゼル燃料 100%として使用されるものとする。そして、3.1 環境設定範囲でも述べたが、バイオディーゼル燃料は植物由来の廃食油が原材料であり、京都議定書では生物由来の燃料は二酸化炭素の削減対策項目には計上されていない。しかし本研究では、バイオディーゼル燃料化事業のライフサイクル全体の二酸化炭素排出量を算出するためバイオディーゼル燃料の二酸化炭素排出量についても明らかにする。

三重県の地域循環ネットワークモデル構想策定事業廃食油部会報告書³⁶によると、バイオディーゼル燃料の二酸化炭素排出量は、普通貨物車において走行燃費 13.80 km/L-BDFの時 195.10×10^{-3} kg-CO₂/kmである。また、軽油使用の場合では 走行燃費 13.30km/L-DFの時 214.70×10^{-3} kg-CO₂/kmである。この数値を用いて、バイオディーゼル燃料の二酸化炭素排出係数を考える。まず、バイオディーゼル燃料と軽油の走行燃費に距離あたりの二酸化炭素排出量を乗じて燃料の容量あたりの二酸化炭素排出量を求める。そして、両者の二酸化炭素排出量からバイオディーゼル燃料の割合を求めて、温対法で規定されている軽油の二酸化炭素排出係数に乗じてバイオディーゼル燃料の二酸化炭素排出係数を求める。

BDF の CO2 排出係数算出式考え方

BDF の容量当たりの CO2 排出量(kg-CO2/L-BDF)

$$= \text{走行燃費 (km/L-BDF)} \times \text{距離あたりの CO2 排出量 (kg-CO2/km)}$$

軽油の容量当たりの CO2 排出量(kg-CO2/L-DF)

$$= \text{走行燃費 (km/L-DF)} \times \text{距離あたりの CO2 排出量 (kg-CO2/km)}$$

BDF の CO2 排出量比率 (%)

$$= \text{BDF の CO2 排出量 (kg-CO2/L-BDF)} \div \text{軽油の CO2 排出量 (kg-CO2/L-DF)}$$

BDF の CO2 排出係数 (kg-CO2/L-BDF)

$$= \text{軽油の CO2 排出係数 (kg-CO2/L-DF)} \times \text{BDF の CO2 排出量比率 (\%)}$$

BDF の CO2 排出係数算出式

BDF の CO2 排出量(kg-CO2/L-BDF)

$$= 13.80 \text{ km/L-BDF} \times 195.10 \times 10^{-3} \text{ kg-CO2/km}$$

$$= 2.69 \text{ kg-CO2/L-BDF}$$

軽油の CO2 排出量(kg-CO2/L-DF)

$$= 13.30 \text{ km/L-DF} \times 214.70 \times 10^{-3} \text{ kg-CO2/km}$$

$$= 2.86 \text{ kg-CO2/L-DF}$$

BDF の CO2 排出量比率

$$= 2.69 \text{ kg-CO2/L-BDF} \div 2.86 \text{ kg-CO2/L-DF}$$

$$= 94.06 \times 10^{-2} \text{ L-DF /L-BDF}$$

BDF の CO2 排出係数 (kg-CO2/L-BDF)

$$= 2.62 \text{ kg-CO2/L-DF} \times 94.06 \times 10^{-2} \text{ L-DF /L-BDF}$$

$$= 2.46 \text{ kg-CO2/L-BDF}$$

よってバイオディーゼル燃料の 2.46kg-CO2/L-BDF と算出した。これを用いて生成されたバイオディーゼル燃料が軽油代替燃料として車両に使用される際に発生する二酸化炭素排出量を求める。バイオディーゼル燃料の年間生成量にバイオディーゼル燃料の二酸化炭素排出係数を乗じる事で算出する。

BDF の CO2 排出量算出式考え方式

$$\begin{aligned} \text{BDF の CO2 排出量 (kg-CO2/年)} \\ = \text{生成 BDF 量 (L-BDF/年)} \times \text{CO2 排出係数 (kg-CO2/L-BDF)} \end{aligned}$$

BDF の CO2 排出量算出式

$$\begin{aligned} \text{BDF の CO2 排出量 (kg-CO2/年)} &= 13,045.57 \text{ L-BDF/年} \times 2.46 \text{ kg-CO2/L-BDF} \\ &= 32,09 \text{ kg-CO2/年} \\ &= 3.21 \times 10^4 \text{ kg-CO2/年} \end{aligned}$$

よって、廃食油 12,960kg をバイオディーゼル燃料化してそれを軽油代替燃料として使用する際には、バイオディーゼル燃料の燃焼による二酸化炭素排出量は 3.21×10^4 Kg-CO2/年と算出した。また、バイオディーゼル燃料にカーボンニュートラルの概念を適応すると 3.21×10^4 Kg-CO2/年の二酸化炭素排出量はカウントしなくてもよい。

9. BDF製造時の副生成物としての廃水処理時に 伴うCO2 排出量

ここでは、バイオディーゼル燃料の製造時に副生成物として生成される廃水の処理にかかる二酸化炭素排出量を考える。算出方法は、廃水発生量に廃水の二酸化炭素排出係数を乗じる。廃水の二酸化炭素排出係数は、3EID の廃棄物処理（産業）に該当するとして二酸化炭素排出係数 7.32t-CO2/MY を用いる。そこで、これを廃水発生容量あたりの処理金額で除する事により廃水の容量あたりの二酸化炭素排出係数を求めた。なお、エルフ A3 型機の諸元表によると廃食油 100L-UC の投入により 40L-廃水の廃水が発生する。また、その廃水を処理する費用として 300 円が必要である。

廃水処理の CO2 排出係数算出式考え方

$$\begin{aligned} & \text{廃水処理の CO2 排出係数 (kg-CO2/L-廃水)} \\ & = \text{排出係数 (kg-CO2/MY)} \times \text{処理金額 (円/L-廃水)} \end{aligned}$$

廃水処理の CO2 排出係数算出式

$$\begin{aligned} & \text{廃水処理時の CO2 排出係数 (kg-CO2/L-廃水)} \\ & = 7.32 \times 10^3 \text{ kg-CO2/MY} \times 300 \text{ 円/40L-廃水} \\ & = 5.49 \times 10^{-2} \text{ kg-CO2/L-廃水} \end{aligned}$$

よって、廃水処理時の二酸化炭素排出係数は、 5.49×10^{-2} kg-CO2/L-廃水と算出した。そして、平成 18 年の廃食油の回収量に対して、バイオディーゼル燃料化を行う際に発生する廃水量を算出し廃水処理時の二酸化炭素排出係数を乗じる事で廃水処理時の二酸化炭素排出量を求める。

廃水処理の CO2 排出量算出式考え方

$$\begin{aligned} & \text{年間発生廃水量 (L-廃水/年)} \\ & = \text{投入廃食油量 (L-UC/年)} \times (40\text{L-廃水}/100\text{L-UC}) \\ & \text{廃水処理時の CO2 排出量 (kg-CO2/年)} \\ & = \text{年間発生廃水量 (L-廃水)} \times \text{廃水処理時の CO2 排出係数 (kg-CO2/L-廃水)} \end{aligned}$$

廃水処理の CO2 排出量算出式

年間発生廃水量 (L-廃水/年)

$$\begin{aligned} &= 14,027.49 \text{ L-UC/年} \times (40 \text{ L-廃水/100 L-UC}) \\ &= 5,610.99 \text{ L-廃水/年} \end{aligned}$$

廃水処理時の CO2 排出量 (kg-CO2/年)

$$\begin{aligned} &= 5,610.99 \text{ L-廃水/年} \times 5.49 \times 10^{-2} \text{ kg-CO2/L-廃水} \\ &= 308.04 \text{ kg-CO2/年} \end{aligned}$$

よって、廃食油 12,960kg をバイオディーゼル燃料化する際に発生する副生成物としての廃水の処理には、二酸化炭素排出量は 308.04 kg-CO2/年と算出した。

10. BDF製造時の副生成物としての粗製グリセリン処理時に伴うCO2 排出量

ここでは、バイオディーゼル燃料製造時の副生成物としての粗製グリセリンを処理する際に発生する二酸化炭素排出量について考える。本研究では、粗製グリセリンは加賀市内のゴミ焼却場で使用されている助燃剤の灯油を代替する燃料として使用できるものとする。そして、二酸化炭素排出量の算出には、粗製グリセリンの灯油代替分を算出して、その灯油代替分に灯油の二酸化炭素排出係数を乗じる。ここで、粗製グリセリンを灯油代替燃料として扱うとしたのは、鳥居(2007)³⁷によると粗製グリセリンが 6,000kcal/kg と高い熱量をもっていることと、この廃食油の副生成物としての粗製グリセリンを利用したバーナー³⁸などの利用例があるためである。そして、粗製グリセリンは原料である植物由来の廃食油から副生産されたものであるためバイオディーゼル燃料と同様にカーボンニュートラルの性質をもつとする。したがって本研究では、この粗製グリセリンをゴミ焼却場で灯油の代替燃料として扱い、そこから発生する二酸化炭素はカーボンニュートラルの性質を持つものとして扱う。

そこでまず、粗製グリセリン生成量を考える。エルフ A3 型機の諸元表による

と廃食油 100L-UC の投入に対して粗製グリセリン 25L-Gly が生成される。

粗製グリセリン発生量算出式考え方

$$\begin{aligned} \text{粗製グリセリン生成量 (L-Gly/年)} \\ = \text{廃食油量 (L-UC/年)} \times (25\text{L-Gly}/100\text{L-UC}) \end{aligned}$$

粗製グリセリン発生量算出式

$$\begin{aligned} \text{粗製グリセリン生成量 (L-Gly/年)} &= 14,027.49 \text{ L-UC/年} \times (25\text{L} \div 100\text{L}) \\ &= 3,506.87 \text{ L-Gly/年} \end{aligned}$$

よって粗製グリセリンは 3,506.87 L-Gly/年生成されると算出した。次に、粗製グリセリンを粗製グリセリンと灯油の発熱量を比較することで助燃剤としての灯油代替分の容量に換算する。

粗製グリセリン発熱量算出式考え方

$$\begin{aligned} \text{粗製グリセリン発熱量 (MJ/L-Gly)} \\ = \text{発熱量 (kcal/kg)} \times \text{ジュール換算 (MJ/kcal)} \times \text{グリセリン密度 (kg/L-Gly)} \end{aligned}$$

$$\text{ジュール換算} = 1\text{kcal} = 4.18\text{J}$$

より

$$\begin{aligned} 1\text{kcal} &= 4.18 \times 10^3 \text{ J} \\ &= 4.18 \times 10^3 \times 10^{-6} \text{ MJ} \\ &= 4.18 \times 10^{-3} \text{ MJ} \end{aligned}$$

実験化学便覧よりグリセリンの密度は、 $1.26 \times 10^3 \text{ kg/L}$ である³⁹。

粗製グリセリン発熱量算出式

$$\begin{aligned} & \text{粗製グリセリンの発熱量 (MJ/L-Gly)} \\ &= 6,000 \text{ kcal/kg} \times 4.18 \times 10^{-3} \text{ MJ/kcal} \times 1.26 \times 10^3 \text{ kg/L-Gly} \\ &= 31.60 \text{ MJ/L-Gly} \end{aligned}$$

よって、粗製グリセリンの発熱量は 31.60MJ/L-Gly と算出した。また、灯油の発熱量は 3EID によると 36.70MJ/L である。

粗製グリセリン灯油換算算出式考え方

$$\begin{aligned} & \text{粗製グリセリンの灯油換算量 (L-Kerosene/年)} \\ &= \text{粗製グリセリン量 (L-Gly/年)} \\ & \quad \times \{ \text{粗製グリセリン発熱量 (MJ/L-Gly)} \div \text{灯油発熱量 (MJ/L-Kerosene)} \} \end{aligned}$$

粗製グリセリン灯油換算算出式

$$\begin{aligned} & \text{粗製グリセリンの灯油換算量 (L-Kerosene/年)} \\ &= 3,506.87 \text{ L-Gly/年} \times (31.60 \text{ MJ/L-Gly} \div 36.70 \text{ MJ/L-Kerosene}) \\ &= 3,019.54 \text{ L-Kerosene/年} \end{aligned}$$

これにより、平成 18 年の廃食油の回収量から副生成された粗製グリセリンは灯油換算に換算すると 3,024.3170 L-Kerosene/年と算出した。

次に、粗製グリセリンもバイオディーゼル燃料の代替である軽油と同様に、灯油に関する原油生産、原油輸送、精製、製品輸送における二酸化炭素排出量が削減されたと考える。実際の軽油と灯油の精製における蒸留搭は段数が異なるが、両者の発熱量の違いは十分に小さく、生成にかかるエネルギーの差は無視できると考えた。よって先ほど用いた原油生産、原油輸送、精製、製品輸送のCO₂ 排出係数の考え方を灯油の二酸化炭素排出量にも当てはめた。なお、灯油の二酸化炭素排出係数は環境省による 2.49kg-CO₂/L-Keroseneを用いた⁴⁰。

灯油の原油生産、原油輸送、精製、製品輸送のCO₂排出係数算出式考え方

原油生産、原油輸送、精製、製品輸送のCO₂排出係数(kg-CO₂/L-Kerosene)
= 灯油の排出係数(kg-CO₂/L-Kerosene) × (原油生産・原油輸送・精製・製品輸送割合/製品使用割合)

灯油の原油生産、原油輸送、精製、製品輸送のCO₂排出係数算出式

原油生産、原油輸送、精製、製品輸送のCO₂排出係数(kg-CO₂/L-Kerosene)
= 2.49kg-CO₂/L-Kerosene × (9.7%/90.3%)
= 0.2674 kg-CO₂/L-Kerosene
= 2.67×10^{-1} kg-CO₂/L-Kerosene

よって、原油生産、原油輸送、精製、製品輸送のCO₂排出係数は 2.67×10^{-1} kg-CO₂/L-Keroseneと算出した。そして、粗製グリセリンをゴミ焼却場の灯油代替の助燃剤としての燃焼することで発生する二酸化炭素排出量を考える。

粗製グリセリンの灯油代替によるCO₂排出量生産等削減分算出式考え方

灯油生産等削減分 (kg-CO₂/年)
= 灯油量 (L-Kerosene/年) × 原油生産、原油輸送、精製、製品輸送のCO₂排出係数 (kg-CO₂/L-Kerosene)

粗製グリセリンの灯油代替によるCO₂排出量生産等削減分算出式

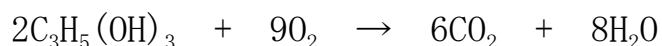
灯油代替によるCO₂排出量生産等削減分 (kg-CO₂/年)
= 3019.54 L-Kerosene/年 × 2.67×10^{-1} kg-CO₂/L-Kerosene
= 806.22 kg-CO₂/年

よって、カーボン・オフセットという概念を用いることで廃食油 12,960kg をバイオディーゼル燃料として製造する際の副生成物である粗製グリセリンを灯油代替の助燃剤として使用することにより、原油生産、原油輸送、精製、製品輸送の二酸化炭素排出量として 806.22 kg-CO₂/年が抑制または削減されると算出した。

11. BDF製造時の副生成物としての粗製グリセリン燃焼時に伴うCO₂排出量

ここで、粗製グリセリンが燃焼する際に発生する二酸化炭素排出量を算出する。算出方法は、粗製グリセリンの生成量に粗製グリセリンの二酸化炭素排出係数を乗じる。粗製グリセリンの二酸化炭素排出係数は温対法で規定されていないため本節で算出する。なお、エルフA3 型機で副生成物として生成される粗製グリセリンは、アルコール分や反応しきれていない触媒などの不純物が混合している。しかし本研究では、この粗製グリセリンを用いたバーナー³⁷など商品化されていることを考慮して、これら不純物がグリセリンの燃焼へ与える寄与度は十分に小さく無視できるものである考える。そこで、グリセリン (C₃H₅(OH)₃) が燃焼により酸素 (O₂) と結合する化学反応式から二酸化炭素排出量を考えた。

グリセリン化学反応式



反応式に示すようにグリセリン 2mol に対して二酸化炭素 6mol が生成される。つまり、グリセリン 1mol に対して二酸化炭素 3mol が発生する。そこで、グリセ

リン 1mol、二酸化炭素 1mol のモル容量を分子量に密度で除することにより求める。そして、グリセリン 1L-Gly を燃焼されることにより発生する二酸化炭素排出量を求める。それに、二酸化炭素の密度で除することによりグリセリンの二酸化炭素排出係数を求めた。なお、実験化学便覧よりグリセリンと二酸化炭素の分子量と密度はそれぞれ 92.09 g-Gly/mol、 1.26×10^3 g-Gly/L-Gly と 44.01 g-CO₂/mol、1.98 g-CO₂/L-CO₂ である。

グリセリンの燃焼による CO₂ 排出係数算出式考え方

グリセリンのモル容量 (L-Gly/mol-Gly)
 = グリセリンの分子量 (g-Gly /mol-Gly) ÷ グリセリンの容量換算密度 (g-Gly /L-Gly)

二酸化炭素のモル容量 (L-CO₂/mol-CO₂)
 = 二酸化炭素の分子量 (g-CO₂/mol-CO₂) ÷ 二酸化炭素の容量換算密度 (g-CO₂/L-CO₂)

化学反応式よりグリセリン 1mol では二酸化炭素 3mol が発生することから

グリセリン燃焼による二酸化炭素排出量 (L-CO₂/mol-Gly)
 = 3mol-CO₂ × 二酸化炭素のモル容量 (L-CO₂/mol-Gly)

グリセリン 1L あたりの CO₂ 排出量 (L-CO₂/L-Gly)
 = グリセリン燃焼による二酸化炭素排出量 (L-CO₂/mol-Gly) ÷ グリセリンのモル容量 (L-Gly/mol-Gly)

グリセリンの CO₂ 排出係数 (kg-CO₂/L-Gly)
 = グリセリン 1L あたりの CO₂ 排出量 × 二酸化炭素の容量密度 (g-CO₂/L-CO₂)

グリセリンの燃焼による CO2 排出係数算出式

$$\begin{aligned}& \text{グリセリンのモル容量 (L-Gly/mol)} \\&= 92.09 \text{ g-Gly /mol-Gly} \div 1.26 \times 10^3 \text{ g-Gly /L-Gly} \\&= 7.31 \times 10^{-2} \text{ L-Gly/mol-Gly} \\& \\& \text{二酸化炭素のモル容量 (L-CO2/mol)} \\&= 44.01 \text{ g-CO2/mol-CO2} \div 1.98 \text{ g-CO2/L-CO2} \\&= 21.22 \text{ L-CO2/mol-CO2} \\& \\& \text{グリセリン燃焼による二酸化炭素排出量 (L-CO2/mol-Gly)} \\&= 3 \text{ mol-CO2/mol-Gly} \times 21.22 \text{ L-CO2/mol-CO2} \\&= 63.66 \text{ L-CO2/mol-Gly} \\& \\& \text{グリセリン 1L あたりの CO2 排出量 (L-CO2/L-Gly)} \\&= 63.66 \text{ L-CO2/mol-Gly} \times 7.31 \times 10^{-2} \text{ L-Gly/mol-Gly} \\&= 870.86 \text{ L-CO2/L-Gly} \\& \\& \text{グリセリンの CO2 排出係数 (kg-CO2/L-Gly)} \\&= 870.86 \text{ L-CO2/L-Gly} \times 1.98 \text{ g-CO2/L-CO2} \\&= 1724.30 \text{ g-CO2/L-Gly} \\&= 1.72 \text{ kg-CO2/L-Gly}\end{aligned}$$

よって、グリセリンの燃焼による二酸化炭素排出係数は 1.72 kg-CO2/L-Gly と算出した。そして、グリセリンの二酸化炭素排出量を生成されたグリセリンにこの二酸化炭素排出係数を乗じることで算出する。

グリセリンが燃焼する際の CO2 排出量算出式考え方

$$\begin{aligned}& \text{グリセリンの CO2 排出量} \\&= \text{グリセリン生成量 (L-Gly/年)} \times \text{CO2 排出係数 (kg-CO2/L-Gly)}\end{aligned}$$

グリセリンが燃焼する際の CO2 排出量算出式

$$\begin{aligned} & \text{グリセリンの CO2 排出量 (kg-CO2/年)} \\ &= 3506.87 \text{ L-Gly/年} \times 1.72 \text{ kg-CO2/L-Gly} \\ &= 6031.82 \text{ kg-CO2/年} \end{aligned}$$

よって、廃食油 12,960kg をバイオディーゼル燃料として製造する際に副生成物として発生する粗製グリセリンを助燃剤として使用すると、粗製グリセリンの燃焼により 2114.9948 kg-CO2/年の二酸化炭素が排出されると算出した。また、粗製グリセリンにカーボンニュートラルの概念を適応すると 6031.82 kg-CO2/年の二酸化炭素排出量はカウントしなくてもよい。

3.4 二酸化炭素排出量の算出結果

3.1 から 3.3 で環境性の指標となる二酸化炭素排出量算出考え方とそれによる算出結果を示した。その算出結果を一覧表 2 に示す。

表 2 二酸化炭素排出量算出結果一覧表

算出項目	状態	排出係数		排出量	
		数値	単位	数値	単位
回収段階でのCO2排出量					
1. 廃食油回収時のCO2排出量	燃焼	2.62	kg-CO2/L	1289.95	kg-CO2/年
初期投資段階でのCO2排出量					
2. BDF製造装置の製造時のCO2排出量	製造	33.67×10 ³	kg-CO2/基	33.67×10 ³	kg-CO2/年
機器運転時のCO2排出量					
3. BDF製造時の電力使用時のCO2排出量	電力消費	4.07×10 ³	kg-CO2/kWh	951.53	kg-CO2/年
4. BDF製造時の投入メタノール製造時のCO2排出量	製造	3.33×10 ⁻²	kg-CO2/L	84.08	kg-CO2/年
5. BDF製造時の投入触媒製造時のCO2排出量	製造	2.56	kg-CO2/kg	538.65	kg-CO2/年
6. BDF製造時の投入水道水製造時のCO2排出量	製造	3.60×10 ⁻⁴	kg-CO2/L	2.02	kg-CO2/年
生成物についてのCO2排出量					
7. BDF製造により代替される軽油分のCO2排出量	製造輸送等	2.81×10 ⁻¹	kg-CO2/L	3420.78	kg-CO2/年
8. BDFが軽油代替燃料としての使用される際のCO2排出量	燃焼	2.46	kg-CO2/L	3.21×10 ⁴	kg-CO2/年
9. BDF製造時の副生成物:廃水処理時のCO2排出量	廃棄	5.49×10 ⁻²	kg-CO2/L	308.04	kg-CO2/年
10. BDF製造時の副生成物:粗製グリセリンによる灯油代替	製造輸送等	2.67×10 ⁻¹	kg-CO2/L	806.22	kg-CO2/年
11. BDF製造時の副生成物:粗製グリセリン燃焼時のCO2排	燃焼	1.72	kg-CO2/L	6031.82	kg-CO2/年
	この色はカーボン・オフセットとして扱うことのできる項目を示す。				
	この色はカーボンニュートラルとして扱うことのできる項目を示す。				

この表 2 では、二酸化炭素排出の状態として（化石燃料の）燃焼、製造、電力消費、製造輸送等などで示し、それぞれの算出項目とそこで算出した二酸化炭素排出係数とその二酸化炭素排出量の結果を示す。

そこで、前節までの算出結果をもとに加賀市バイオマスタウン構想のバイオディーゼル燃料化事業における廃食油の回収量が拡大されバイオディーゼル燃料が 13,000L-BDF/年から 60,000L-BDF/年まで生産・利用された場合について図 11 に示す。

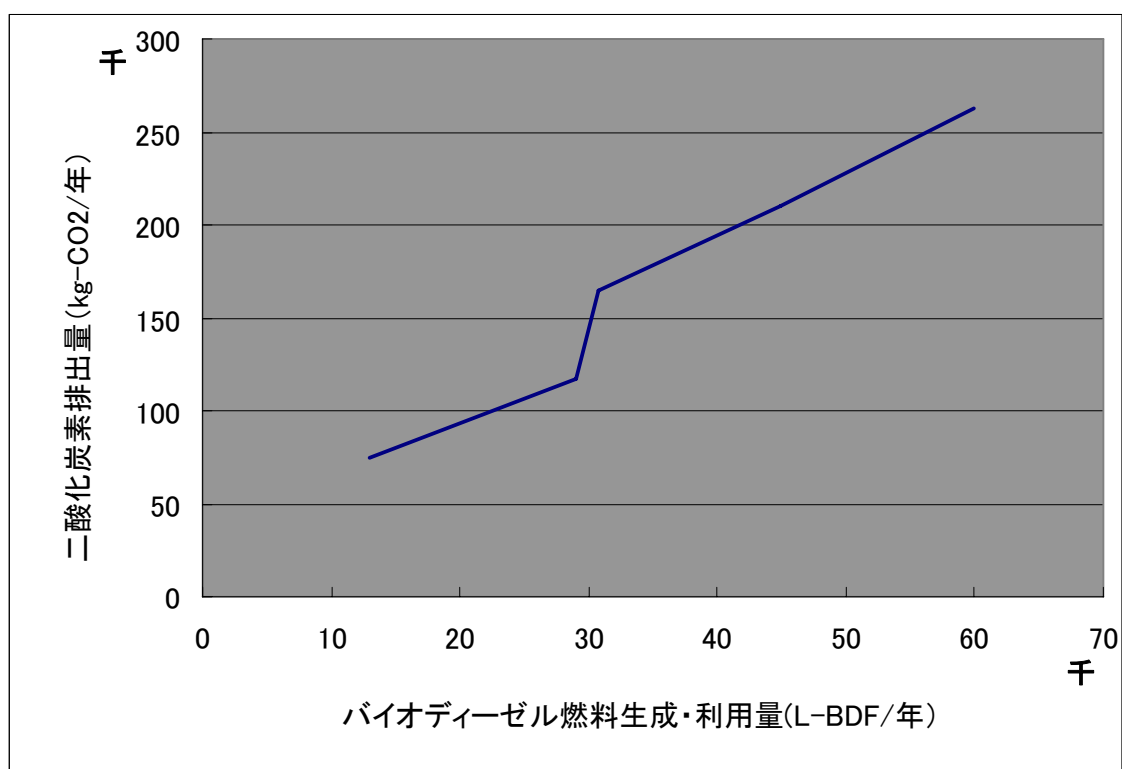


図 11 バイオディーゼル燃料の生成・利用に伴う二酸化炭素排出量 1

図 11 は、縦軸に二酸化炭素排出量 (kg-CO₂/年) を表し、横軸にバイオディーゼル燃料生成量 (L-BDF/年) を表す。二酸化炭素排出量は、表 2 の 7.10 以外の項目である 1～6, 8, 9, 11 の各項目を合計した。表 2 の項目 7, 10 はカーボン・オフセットとしてバイオディーゼル燃料の製造により代替される軽油分と灯油分の二酸化炭素排出の抑制・削減分として扱うため含まれていない。

3.5 環境性の考察

ここでは、環境性の考察を行う。まず、前節 3.4 算出結果を考察する。そして、二酸化炭素排出量に対してカーボンニュートラルやカーボン・オフセットという概念を用いた場合の二酸化炭素排出量について考察を行う。その後、軽油を使用した場合の二酸化炭素排出量の試算を行うことでバイオディーゼル燃料の環境性について相対的に考察と評価を行う。

前節の算出結果の図 10 では、二酸化炭素排出量がバイオディーゼル燃料生成量 30,000L-BDF 付近で上昇している。これは、バイオディーゼル燃料生成量 30,600L-BDF からバイオディーゼル燃料製造機器を 2 基に増加させたことにより初期投資における二酸化炭素排出量が増加したためである。このバイオディーゼル燃料製造機器の運転能力は 100L-BDF/日であり、試算では年間最大 300 日の稼働でバイオディーゼル燃料生成量が 30,000L-BDF までは 1 基で運転を行いそれ以上 60,000L-BDF までは 2 基で運転を行うものとした。また、バイオディーゼル燃料生成量が 60,000L-BDF では、ほぼ加賀市全域からの廃食油回収量によるバイオディーゼル燃料の製造となる。

この試算は、3.1.1 回収段階の二酸化炭素排出量で、【「エコ燃料の普及拡大に向けた論点整理」国内の供給可能量の考え方】では 1 世帯あたり 0.2L-UC/月の回収が見込まれており加賀市でも年間 2.4L-UC/年・世帯の廃食油の排出とその回収が可能であると考えたことに由来する。それにより、この年間廃食油排出量 2.4L-UC/年・世帯に平成 18 年の加賀市全世帯 28,000 世帯を乗じると加賀市全域で廃食油は約 67,000L-UC と見込まれる。これをバイオディーゼル燃料製造量に換算すると、「3.3.4 生成物についての CO₂ 排出量」の生成 BDF 算出式考え方より廃食油 67,000L-UC に換算係数として 93L-BDF/100L-UC を乗じるとバイオディーゼル燃料は約 62,000 L-BDF 生成すると試算される。これは、本研究で想定するバイオディーゼル燃料製造機器 2 基の運転能力とほぼ合致する。よって、本章で試算するバイオディーゼル燃料の生成量は 60,000 L-BDF/年までとした。

ここで、カーボンニュートラルとカーボン・オフセットという概念を用いた場合の二酸化炭素排出量の変化を知るために、前節 3.4 で試算された結果をケ

ケースA、カーボンニュートラルの概念を用いた試算をケースB、カーボンニュートラルとカーボン・オフセットの概念を用いた試算をケースCとして設定する。このときの試算は3.4と同様に13,000L-BDFから60,000L-BDFまで行った。それを図12に示す。

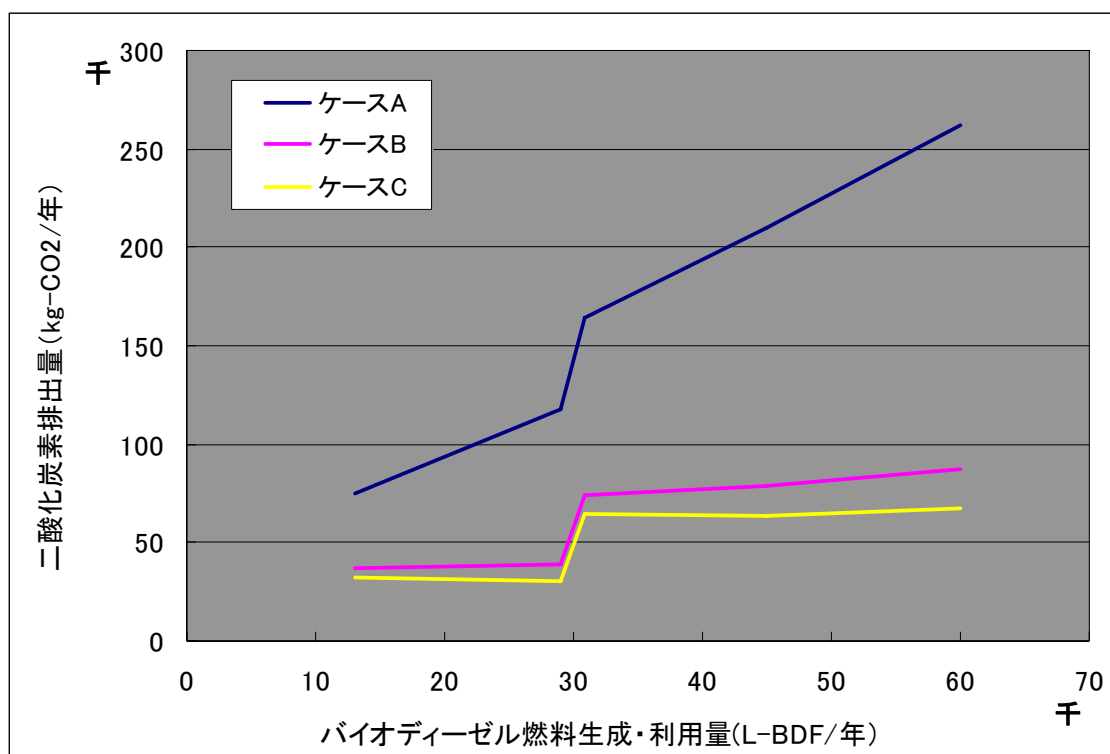


図 12 バイオディーゼル燃料の生成・利用に伴う二酸化炭素排出量 2

図12では、縦軸に二酸化炭素排出量を示し、横軸にバイオディーゼル燃料生成・利用量を示している。また、各ケースの線分は、上からケースA（黒色）、ケースB（赤色）、ケースC（黄色）である。

前節3.4の図10であるケースAは、生成物であるバイオディーゼル燃料と副生成物である粗製グリセリンをカーボンニュートラルとして扱わない場合である。つまり、生成物と副生成物等を燃焼させた際に発生する二酸化炭素排出量をカウントしており、本研究の環境性の環境設定範囲に対する二酸化炭素総排出量である。

ケースBは、生成物であるバイオディーゼル燃料と副生成物である粗製グリセリンをカーボンニュートラルとして扱う場合がある。つまり、バイオディーゼル燃料と粗製グリセリンの原料が植物由来の食用油の使用済み廃食油であり、燃焼により排出される二酸化炭素はカーボンニュートラルとして扱えるために

二酸化炭素排出量としてカウントしないものである。

ケースCは、生成物であるバイオディーゼル燃料と副生成物である粗製グリセリンをカーボンニュートラルとして扱い、さらにそれら生成物によって代替される燃料分に関する二酸化炭素排出量をカーボン・オフセットとして扱う場合である。つまり、カーボンニュートラルとしての性質を持つそれら生成物により、バイオディーゼル燃料が軽油を代替し、粗製グリセリンが灯油を代替することで、それらの代替燃料分に相当する軽油・灯油に関わる製造・輸送等の二酸化炭素排出量が削減・抑制され、且つ、それら生成物の燃焼による二酸化炭素排出量をカウントしないとするものである。

図12が示すように、各ケースともバイオディーゼル燃料生成量の増加に伴い二酸化炭素排出量は増加しているが、ケースAと比較しケースB、Cの二酸化炭素排出量は半分以下である。ケースCとケースBを比較すると、二酸化炭素排出量の傾きは同程度であるが、ケースCの二酸化炭素排出量は若干低下している。つまり、図12全体ではバイオディーゼル燃料生成量の増加に伴い二酸化炭素排出量も増加するが、生成物と副生成物にカーボンニュートラル・カーボン・オフセットという概念を用いることで二酸化炭素排出量の総量が大きく低下する傾向にあるといえる。なお、ケースA、ケースB、ケースCともにバイオディーゼル燃料生成量が30,000L-BDF付近で大きく変化しているのは、バイオディーゼル燃料製造機器を2基設置したためである。

ここで図12の試算に用いた算出結果の数値を次の3表に示す。なお、この表では各算出項目における二酸化炭素排出量を降順で示す。また、色付きで示している項目はカーボンニュートラル、カーボン・オフセットとして扱うことのできる項目である。

表 3 各二酸化炭素排出量降順

算出項目	
1. 廃食油回収時のCO2排出量	7. BDF製造により代替される軽油分のCO2排出量
2. BDF製造装置の製造時のCO2排出量	8. BDFが軽油代替燃料としての使用される際のCO2排出量
3. BDF製造時の電力使用時のCO2排出量	9. BDF製造時の副生成物: 廃水処理時のCO2排出量
4. BDF製造時の投入メタノール製造時のCO2排出量	10. BDF製造時の副生成物: 粗製グリセリンによる灯油代替分のCO2排出量
5. BDF製造時の投入触媒製造時のCO2排出量	11. BDF製造時の副生成物: 粗製グリセリン燃焼時のCO2排出量
6. BDF製造時の投入水道水製造時のCO2排出量	

二酸化炭素排出量降順

13045.67L-BDF			28990.15L-BDF			30802.03L-BDF			44934.73L-BDF			59973.37L-BDF		
番号	降順	排出量	降順	排出量	降順	排出量	降順	排出量	降順	排出量	降順	排出量	降順	排出量
1	2	33672.00	8	65888.64	8	67344.00	8	67344.00	8	67344.00	8	67344.00	8	67344.00
2	8	32092.10	2	33672.00	2	75773.01	2	110539.44	2	110539.44	2	147534.50	2	147534.50
3	11	6031.82	11	12384.00	11	14241.80	11	20776.27	11	20776.27	11	27729.62	11	27729.62
4	7	3427.50	7	7037.04	7	8092.72	7	11805.84	7	11805.84	7	15756.99	7	15756.99
5	1	1289.92	3	1848.29	1	2642.77	1	4787.98	1	4787.98	1	11062.95	1	11062.95
6	3	955.72	1	1962.20	3	2256.56	3	3291.92	3	3291.92	3	4393.65	3	4393.65
7	10	807.49	10	1657.87	10	1906.58	10	2781.37	10	2781.37	10	3712.23	10	3712.23
8	5	538.66	5	1105.92	5	1271.83	5	1855.37	5	1855.37	5	2476.32	5	2476.32
9	9	308.04	9	632.45	9	727.33	9	1061.04	9	1061.04	9	1416.15	9	1416.15
10	4	83.32	4	171.07	4	196.74	4	287.00	4	287.00	4	383.06	4	383.06
11	6	2.02	6	4.15	6	4.77	6	6.96	6	6.96	6	9.29	6	9.29

単位: kg-CO₂/年



この色はカーボン・オフセットとして扱うことのできる項目を示す。
この色はカーボンニュートラルとして扱うことのできる項目を示す。

この表3の示す番号とは、降順の順序として上から何番目であるかを示している。降順と排出量とは、各バイオディーゼル燃料生成量の各算出項目において二酸化炭素排出量の大きな算出項目を上から順に並べたものである。表3が示すように、二酸化炭素排出量源の主要因は「2. BDF 製造装置の製造時の CO₂ 排出量」と「8. BDF が軽油代替燃料として使用される際の CO₂ 排出量」である。その他項目の降順は、288990.15L-BDF の生成・利用時の番号 5.6 において「1. 廃食油回収時の二酸化炭素排出量」と「3. 電力消費時の二酸化炭素排出量」が他の生成・利用時の項目と入れ替わっているのみである。さらに表3では、バ

バイオディーゼル燃料の燃焼による二酸化炭素排出量が他の算出項目より大きい
ため、これをカーボンニュートラルとして扱うか否かで二酸化炭素排出量が大き
く変化することがわかる。つまり、ケースAと他ケースの二酸化炭素排出量
の違いはバイオディーゼル燃料の燃焼をカウントの可否によるところが大きい
ということである。また、黄色で示したカーボン・オフセットの項目「7. BDF
製造により代替される軽油分の CO2 排出量」は、カーボンニュートラルの項目
を除いて考慮すれば第2番目の要因となるが、「2. BDF 製造装置の製造時の CO2
排出量」と比較すればかなり小さい値であることがわかる。よって、ケース
Cではカーボン・オフセットの概念を用いたがケースBと比較しても若干の変
化しか見られないのである。

なお、「3.3.1 回収段階の CO2 排出量」で廃食油回収時の二酸化炭素排出量を
算出したモデルでは、廃食油を回収拠点まで排出している世帯が加賀市に一樣
に分布しているとした。一樣に分布したことにより宅地を含め田畑や山林など
も実際に車両が走行できない場所も含まれている。しかし、表3が示すように
廃食油をバイオディーゼル燃料として使用した際の各項目の二酸化炭素排出量
を算出した結果、このモデルで平成18年に回収される廃食油を回収するため
に回収車両が排出する二酸化炭素排出量の割合は全体の1%程度であり回収車
両が二酸化炭素排出量の全体に与える影響はきわめて小さいものとなる。さら
に、「2. BDF 製造装置の製造時の CO2 排出量」が大きいため、回収による二酸化
炭素排出量は、これら他の二酸化炭素排出項目に吸収されてしまう。そのため、
本研究では、回収量に応じて走行距離を変化させ二酸化炭素排出量を算出する
ことができるモデルのメリットを利用して算出および試算を行った。

ここで各ケースA、B、Cの車両にバイオディーゼル燃料を使用する場合と
比較するためにケースDとして、車両に軽油を使用して走行した場合の二酸化
炭素排出量を考える。ケースDは、軽油の燃焼による使用と、軽油製造に関わ
る原油生産、原油輸送、精製、製品輸送分の二酸化炭素排出量の合計値である。
バイオディーゼル燃料と等量分の軽油を算出するには、両者の熱量が異なるた
めに単純に比較できない。そこで、「3.3.4の7. 代替される軽油分の二酸化炭素
排出量」で考えた結果を用いて、廃食油を回収して製造されたバイオディーゼ
ル燃料分の軽油を熱量で等量となるように換算した。そして、軽油の燃焼分と
軽油に関わる原油生産、原油輸送、精製、製品輸送の二酸化炭素排出量の合計
値を求めて、他のケースと合わせて図13に示した。

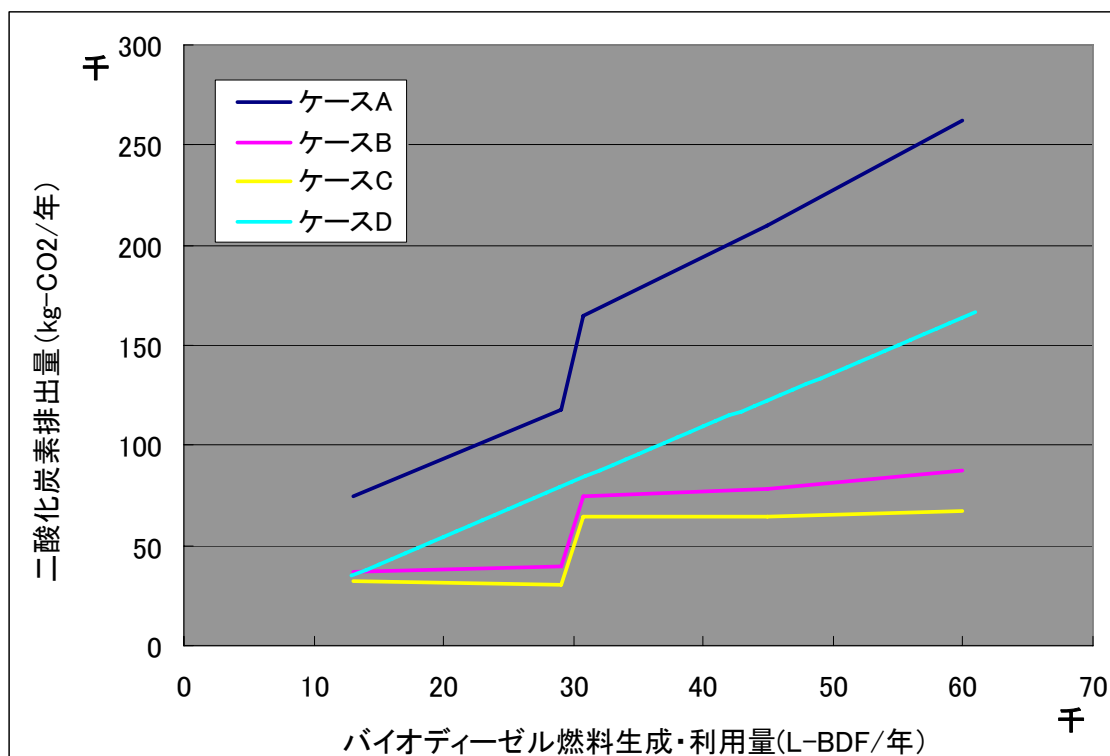


図 13 バイオディーゼル燃料の生成・利用に伴う二酸化炭素排出量 3

図 13 では、横軸をバイオディーゼル燃料製造量としたが、軽油の二酸化炭素排出量はバイオディーゼル燃料と発熱量から等量換算したものである。

ケースD (水色) とケースA 軽油の使用量の増加に伴う二酸化炭素排出量の傾きは、それほど変化はないが二酸化炭素排出量は約半分程度であることが分かる。ケースDをケースAと比較すると、車両燃料として軽油を使用した方が二酸化炭素排出量は低く抑えることができることが示される。しかし、ケースBやケースCと比較すると、カーボンニュートラルやカーボン・オフセットという概念を用いることでバイオディーゼル燃料を製造して使用した方が、二酸化炭素排出量は低く抑えることができることが示される。

よって、加賀市バイオマスタウン構想において廃食油を回収してバイオディーゼル燃料を製造する事業では、カーボンニュートラルやカーボン・オフセットという概念を用いることで、軽油を使用する場合より二酸化炭素排出量は低く抑えることができ二酸化炭素排出量という面で環境に対して低負荷を実現できることが明らかとなった。換言すると、バイオディーゼル燃料を製造・使用しても環境性ではカーボンニュートラルやカーボン・オフセットという概念を用いなければ二酸化炭素排出量に代表される環境負荷は低減できないというこ

とである。

第4章 経済性の評価

本章では、バイオマスタウン構想のバイオディーゼル燃料化事業の経済性について考察する。このバイオディーゼル燃料化事業の家庭から提供される廃食油をバイオディーゼル燃料化するものである。2.1.3 でバイオディーゼル燃料化事業の前身は廃食油回収事業であり、その運動主体は市民団体であると述べた。しかし、バイオマスタウン構想のバイオディーゼル燃料化事業の主体は民間事業者とする。それは、事業を展開するためにバイオディーゼル燃料製造機器の購入資金や運転資金など市民団体にとっては大きな初期投資と運営のノウハウなどが必要となるため彼らだけで賄うことは大変困難であると予想されるからである。さらに、廃食油回収事業では、民間事業者が市民団体の事業補佐として廃食油の運搬業務などを担っていることから、バイオディーゼル燃料化事業でも製造機器の設置等を暫定的にこの事業者が行うものと想定した。それゆえ、バイオディーゼル燃料化事業での経済主体は、事業補佐を行っている民間事業者として考える。また、経済性の評価は、平成 18 年の廃食油回収量を基にしてバイオディーゼル燃料を生成するものとした。

評価の手順は、まずバイオマスタウン構想において廃食油をバイオディーゼル燃料化する環境設定範囲（システムバウンダリ）を規定する。次に、その環境設定範囲の各項目について経済性の考え方とその算出及び考察する。さらに、バイオマスタウン構想に対して廃食油を燃料化し公共車両等に使用する場合に必要な供給量からそれに必要な費用について試算する。それにより、廃食油のバイオディーゼル燃料化事業において廃食油の回収量が増加した場合の経済的な事業性を試算する。

4.1 経済性の環境設定範囲

バイオマスタウン構想における廃食油回収事業の経済性を考えるために環境

設定範囲を規定した。まず、バイオマスタウン構想における廃食油燃料化事業の初期段階では平成 18 年の廃食油回収において回収された廃食油量をバイオディーゼル燃料化するものと想定した。そこでは、市民団体の事業補佐を現在行っている事業者がその実務を担うとしてバイオマスタウン構想における廃食油回収事業の経済フローを示した。なお、バイオディーゼル燃料化燃料装置の設置場所は暫定的にその事業者の敷地内とした関係上、事業者が主体の経済性の評価となっている。

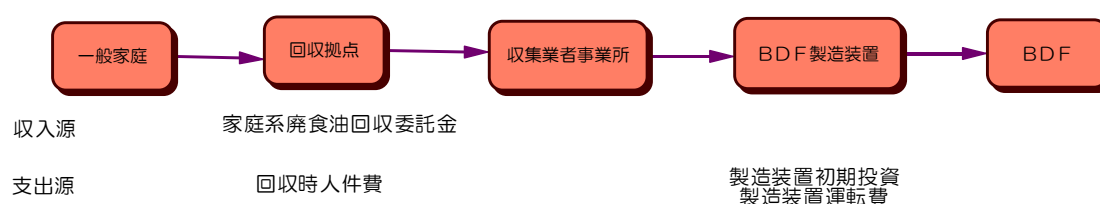


図 14 経済性環境設定範囲

本研究では、収入源と支出源として次の項目を想定し、これらの項目について経済主体である事業者の経済性を考える。

事業者の収入源として

1. 加賀市からの廃食油回収委託金

事業者の支出源として

2. 廃食油回収時人件費
3. バイオディーゼル燃料製造機器運転時人件費
4. バイオディーゼル燃料製造機器初期投資費用
5. バイオディーゼル燃料製造機器運転時費用

これら 5 項目について経済性の算出式考え方を基に算出をする。

4.2 経済主体の収入源

1. 廃食油回収委託金

バイオマスタウン構想におけるバイオディーゼル燃料化事業は、市民団体主体の廃食油回収事業が基礎となる。そこで、事業者主体としたバイオディーゼル燃料化でも市民団体主体の事業と同様に市から事業補助を受けると想定した。平成 18 年の廃食油回収事業では、市の補助処理費用として、廃食油運搬手数料、廃食油回収容器運搬車借上料がある。この廃食油運搬手数料とは、廃食油を回収した後に県外の業者にまで運搬することに係わる手数料である。廃食油回収容器運搬手数料とは、廃食油を回収するために各地域に設置されるドラム缶を回収事業者の敷地内まで運搬することに係わる費用である。本研究ではバイオディーゼル燃料製造機器の設置場所を事業者の敷地内としたために廃食油運搬手数料は発生しないものとする。よって、本研究では加賀市提供の資料に基づいて廃食油回収容器運搬手数料をバイオディーゼル燃料化事業の廃食油回収委託金として位置づけて次のように算出した。

廃食油回収委託金算出式考え方

廃食油回収委託金(円/年)

$$= 6,147(\text{円/台}\cdot\text{時間}) \times \text{運搬時間(時間)} \times \text{台数(台)} \times \text{年間回数(回/年)}$$

平成 18 年の廃食油回収量は廃食油 12,960 kg-UC つまりドラム缶(一本あたり 180 kg-UC)72 本であり、廃食油の運搬には車両 2 台が出動している。

廃食油回収委託金算出式

$$\begin{aligned}\text{廃食油回収委託金(円/年)} &= 6,147 \text{ 円/台・時間} \times 3 \text{ 時間} \times 2 \text{ 台} \times 3 \text{ 回/年} \\ &= 110,646 \text{ 円/年}\end{aligned}$$

よって、バイオマスタウン構想における廃食油回収委託金として事業者は、年間 110,646 円/年の収入があると算出した。

4.3 経済主体の支出源

2. 廃食油回収時人件費

ここでは、バイオディーゼル燃料化事業の廃食油回収時の人件費について廃食油回収事業を基に考える。4.2 で平成 18 年の廃食油回収事業で加賀市は、回収作業で運搬時間 3 時間としている。実際の作業内容は、廃食油回収日の前日に廃食油を入れるためのドラム缶の設置、当日の回収、積み下ろしなどがある。そこで本研究では、実作業の拘束時間は短時間であるにもかかわらず、作業時間が廃食油の回収日の前日と当日の 2 日間に分かれているため仕事強度は合計 1 日分であると考え。そして事業者の回収時人件費を、この仕事に必要な人数に 1 日分の必要人件費と年間回収回数を乗じて算出する。なお、1 日分の 1 人あたり人件費は 10,000 円で、作業人数は回収業者への取材より 4 人とした。

廃食油回収時人件費算出式考え方

$$\begin{aligned}\text{回収時人件費(円/年)} \\ &= \text{一度の回収で必要な人数(人)} \times \text{一度の回収の仕事日数(日/回)} \\ &\quad \times \text{1日分の人件費(円/人・日)} \times \text{年間回収頻度(回/年)}\end{aligned}$$

廃食油回収時人件費算出式

回収時人件費(円/年)

$$\begin{aligned} &= 4 \text{ 人} \times 1 \text{ 日/回} \times 10,000 \text{ 円/人・日} \times 3 \text{ 回/年} \\ &= 120,000 \text{ (円/年)} \end{aligned}$$

よって、バイオマスタウン構想における回収時人件費は 120,000 円/年と算出した。

3. バイオディーゼル燃料製造機器運転時人件費

ここでは、バイオディーゼル燃料製造機器を運転するときに必要な人件費について算出する。本研究で対象とする全自動バッチ式タイプのバイオディーゼル燃料製造機器の特徴は、煩雑な操作なしに自動で処理が行われることである。この機器では、回収した廃食油を機器の廃食油専用タンクに投入する作業は人が行うが、あとは運転起動スイッチを押すだけで作業員は常時待機する必要はない。機器に投入された廃食油は、全自動でバイオディーゼル燃料として生成され装置のバイオディーゼル燃料専用タンクに貯蔵される。そして生成され貯蔵されたバイオディーゼル燃料は、作業員により任意の容器や車両にポンプなどを用いて給油される。全自動ではあるが機器の運転状態を監視する人員は必要であり、それに必要な人員は1名として仕事量を1日分(=10,000 円)として次のように算出した。

バイオディーゼル燃料製造機器運転時人件費算出式考え方

バイオディーゼル燃料製造機器稼働日数(日/年)
＝バイオディーゼル燃料年間生成量(BDF-L/年)÷バイオディーゼル燃料製造機器運転能力(L/日)

運転時人件費(円/年)

$$= \text{人件費(円/日)} \times \text{バイオディーゼル燃料製造機器稼働日数(日/年)}$$

平成 18 年バイオディーゼル燃料製造機器運転時人件費算出式

バイオディーゼル燃料製造機器稼働日数(日/年)
＝ 13,045.57BDF-L/年 ÷ 100BDF-L/日
＝ 130.46 日/年
＝ 131 日/年

運転時人件費(円/年) ＝ 10,000 円/日×131 日/年
＝ 1,310,000 円/年

よってバイオディーゼル燃料製造機器の運転時に必要な人件費として 1,310,000 円/年と算出した。

4. バイオディーゼル燃料製造機器初期投資費用

ここでは、バイオディーゼル燃料製造機器の初期投資費用をその減価償却費用として算出する。本研究でいう初期投資とは、バイオディーゼル燃料製造機器を購入して設置するまでの費用を指す。設置場所は、暫定的に廃食油回収実務を担っている事業者の事業所敷地内とし、設置場所の土地代等は含めないも

のとする。また、バイオディーゼル燃料製造機器である機器の機器本体価格は 920 万円である。参考のため、同機種のバイオディーゼル燃料製造装置（エルフ A3 型機 100LSW）を実際に導入運転している滋賀県の株式会社水口テクノスへ運転見学とヒアリング調査（2007 年 11 月 2 日）を行った。そして、設置に関する基礎工事費用などを含めて総額で 1000 万円と見積もる。そして、その費用も含めて初期投資費用を 1000 万円とする。また、機器の減価償却費用を定額法により算出する。機器の法定耐用年数 7 年である。バイオディーゼル燃料製造器の年間減価償却費用を次のように考える。

減価償却費用算出式考え方

$$\text{減価償却費用(円/年)} = \text{初期投資費用(円)} \div \text{法定耐用年数(年)}$$

減価償却費用算出式

$$\begin{aligned}\text{減価償却費用(円/年)} &= 1000 \text{ 万円} \div 7 \text{ 年} \\ &= 1,428,571 \text{ 円/年}\end{aligned}$$

よって、減価償却費用は 1,428,571 円/年と算出した。本研究では残存価額の 1 円は無視して扱う。

5. バイオディーゼル燃料製造機器運転時費用

ここでは、回収した廃食油をバイオディーゼル燃料化する際の機器運転時費用を算出する。バイオディーゼル燃料製造器エルフ A3 型機 100LSW の諸元表をもとに製品（バイオディーゼル燃料）の生成 100L-BDF 当たりの運転費用（製品ランニングコスト）とそれに伴う維持管理費用（定期交換部品）を表 4 に示す。

表 4 バイオディーゼル燃料製造機器のランニングコスト

製品ランニングコスト/100L		
電気料金(基本料含まず)	18kWh	¥288
メタノール	18L	¥2,800
水酸化カリウム	1.5kg	¥540
グリセリン処理費用	25L	¥1,125
洗浄水処理費用	25L	¥300
真空ポンプオイル	100cc	¥120
合計		¥5,173
定期交換部品/年間		
真空ポンプオイルクリーナーエレメント	年2回	¥30,000
完成油フィルター	年2回	¥17,000
各タンクのぞき窓	年1回	¥40,000
合計		¥87,000

表4よりバイオディーゼル燃料100Lを生成するために製品ランニングコスト 5,173 円/100L-BDF と定期交換部品 87000 円/年が必要である。

本研究では平成 18 年廃食油回収量 12,960 (kg-UC/年) からバイオディーゼル燃料 13,045.57L-BDF/年が生成できるとしたので、必要な運転時費用は以下のように算出する。

エルフ A3 型機 100LSW のランニングコスト算出式考え方

$$\begin{aligned} & \text{年間ランニングコスト (円/年)} \\ = & \text{製品ランニングコスト (円/100L-BDF)} \times \text{年間生成量 (L-BDF/年)} + \text{定期交換部品 (円/年)} \end{aligned}$$

エルフ A3 型機 100LSW のランニングコスト算出式考え方

$$\begin{aligned} & \text{年間ランニングコスト (円/年)} \\ = & 5,173 \text{ 円/100L-BDF} \times 13,045.57 \text{ L-BDF/年} + 87,000 \text{ 円/年} \\ = & 761,807 \text{ 円/年} \end{aligned}$$

よってバイオディーゼル燃料製造機器の運転時費用は 761,807 円/年と算出した。

4.4 経済性の収支

ここでは、本章で算出したバイオディーゼル燃料化事業の経済主体である事業者の収支を算出する。平成 18 年の廃食油回収量である 12,960kg-UC からバイオディーゼル燃料を製造する際の事業者の収入と支出から収支を算出する。

<収入>

1. 廃食油回収委託金	110,646(円/年)
収入合計	<u>110,646 円/年</u>

<支出>

2. 回収時人件費	120,000(円/年)
3. 運転時人件費	1,310,000(円/年)
4. 初期投資費用	1,428,571(円/年)
5. 機器運転時費用	761,847(円/年)
支出合計	<u>3,602,418 円/年</u>

<収支>

収入(円/年) - 支出(円/年)	= 110,646 円/年 - 3,604,785 円/年
	= -3,494,139 円/年
収支	<u>-3,509,772 円/年</u>

よって事業者の収支は-3,509,772 円/年と算出した。

4.5 経済性の指標

ここでは、バイオマスタウン構想における経済性の指標について考える。指標は、バイオディーゼル燃料 1 L あたりの製造原価を考えた。製造原価を指標とすることで、バイオディーゼル燃料と軽油の価格差による競争力が試算され、バイオディーゼル燃料の持続可能性が示唆できる。そこで前節 4.4 で算出した収支をバイオディーゼル燃料の生成量で除することでバイオディーゼル燃料 1 L あたりの製造原価を考える。なお、本研究でいう製造原価は、経済主体（事業者）が経済性の環境設定範囲内で授受される経費のみで算出を行い、バイオディーゼル燃料 1 L を製造するために必要な費用とする。当然、この価格でバイオディーゼル燃料を販売すれば収支はプラスマイナス 0 円となる。

製造原価算出式考え方

$$\text{製造原価 (円/L-BDF)} = \text{事業者の収支 (円/年)} \div \text{BDF 生成量 (L-BDF/年)}$$

製造原価算出式

$$\begin{aligned}\text{製造原価 (円/L-BDF)} &= 3,509,772 \text{ 円/年} \div 13,045.57 \text{ L-BDF/年} \\ &= 269.04 \text{ 円/L-BDF}\end{aligned}$$

よって、バイオディーゼル燃料 1 L あたりの製造原価は 269.04 円であると算出した。

4.6 経済性の指標を用いた結果

4.6.1 BDF 製造原価

ここで、経済性の各算出式考え方とバイオディーゼル燃料の製造原価を基にして、平成 18 年の加賀市内における廃食油の回収量が平成 18 年廃食油回収量である 13 t から最大 60 t まで回収量が増加した場合におけるバイオディーゼル燃料 1 L あたりの製造原価を図に示した。なお、最大 60 t までとしたのは、3. 章でも述べたように環境省の【「エコ燃料の普及拡大に向けた論点整理」国内の供給可能量の考え方】による。

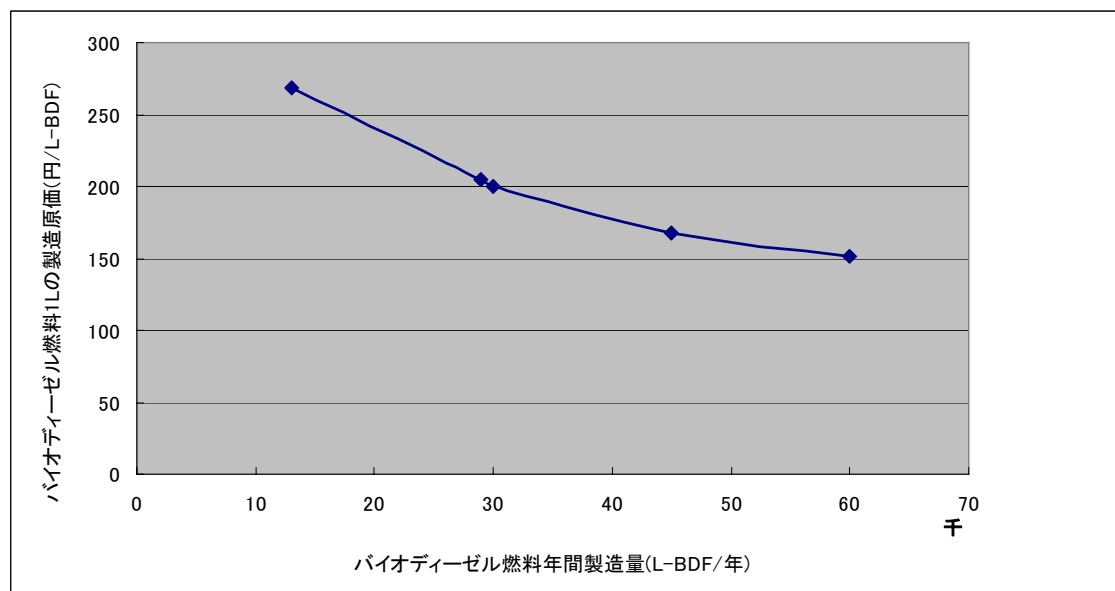


図 15 バイオディーゼル燃料の製造原価

この図 15 は、縦軸にバイオディーゼル燃料 1 L あたりの製造原価(円/L-BDF)をとり、横軸にバイオディーゼル燃料年間生成量(L-BDF/年)を示した。この図

は、バイオディーゼル燃料の生成量が 13,046t、29,000t、30,000t、45,000t、60,000t の時の製造原価である。

また、図 15 よりバイオディーゼル燃料の製造原価を前節 4.5 で算出したように平成 18 年の廃食油回収量から製造されたバイオディーゼル燃料は約 270(円/L-BDF)を示している。生成量が 30 t の時は約 200(円/L-BDF)、45 t の時は約 160(円/L-BDF)、60 t のときは約 150(円/L-BDF)を示している。

4.6.2 BDF 製造原価ケース設定

4.6 で得られた結果では、バイオディーゼル燃料の生成量が 13t-BDF から 60t-BDF の増加に対して製造原価は 260(円/L-BDF)から 150(円/L-BDF)程度へと推移した。指標でも述べたように、バイオマスタウン構想においてバイオディーゼル燃料は軽油代替燃料としての使用が想定されており、本研究で算出した結果では価格面で対抗できない。よって、4 章で算出した場合と廃食油回収事業自体が市民団体(ボランティア組織)主体であるので事業形態を非営利で行う場合とでどのように製造原価が変化するかを試算した。そこで、4.6 の結果をケース a として設定してさらにケース b、c、d と設定を変化させて試算した。表に各ケース設定を示し、次にその内容について説明をする。

表 5 各ケース設定

	回収時人件費	運転時人件費	初期投資に対する補助金
ケース a	○	○	×
ケース b	○	○	○(1/2 負担)
ケース c	×	×	×
ケース d	×	×	○(1/2 負担)

表について、○はその費用を含むことを示し、×はその費用を含まないことを示している。ケース a は、事業主体が民間業者でバイオディーゼル燃料の製造もその業者が行うこととした場合である。ケース b は、ケース a と同様の条件で、バイオマスタウン構想の補助金を受給した場合である。この補助金とは、バイオマスタウン構想を公表して実際にプラントなどの設備を導入する際に必

要な初期投資費用を国から最大で2分の1まで補助を受けることができるものである。本研究の場合の補助金は廃食油製造装置とその設置に伴う工費分を補助金対象とした。ケースcは、廃食油回収事業が市民団体主体のボランティア事業として始まったことを受けて回収時と運転時の人件費を含まず、非営利形態とし初期投資の補助金を国から受給しない場合である。ケースdは、ケースcと同様に人件費を含まず初期投資の補助金を国から受給する場合である。ケースc、dともに経済性の主体は、民間業者でありそれが非営利形態をとることができるかどうかという問題もある。しかし、本研究で設定した費用面を変化させることでバイオディーゼル燃料の製造原価がどのように変化するかのみ注目をするため重要な課題・問題ではあるが本研究の対象外とした。

そして、ケース設定を基に、試算した結果を図に示す。図の線分はそれぞれ上からケースa、b、c、dとなっている。

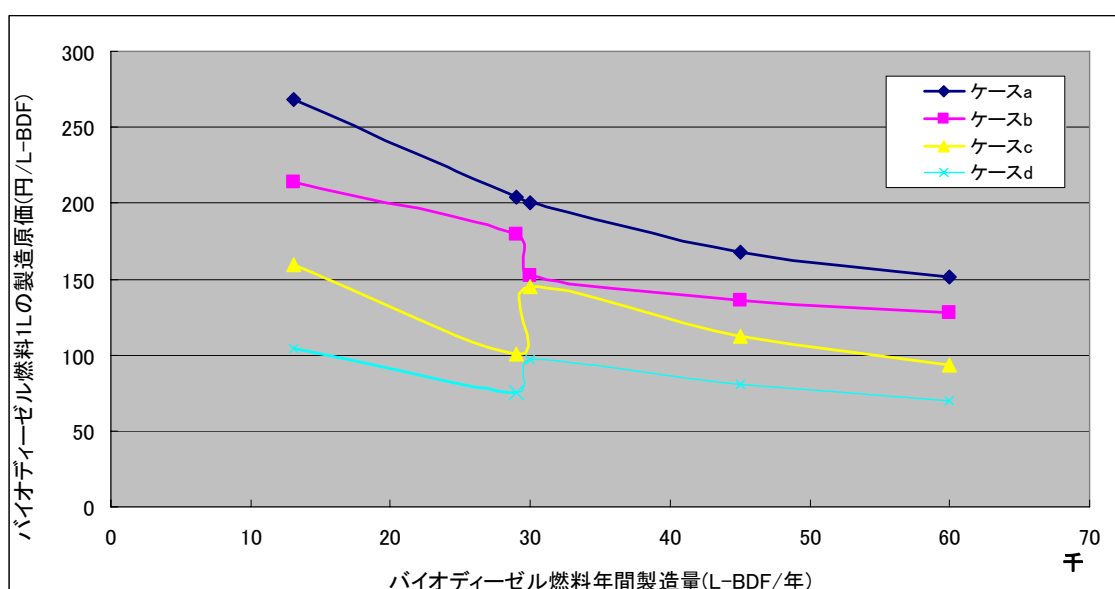


図 16 バイオディーゼル燃料の各ケース製造原価

線分ケースaではバイオディーゼル燃料の生成量が13千Lでは260 円/L-BDF、30千Lでは200 円/L-BDF、60千Lでは150 円/L-BDF 付近である。ケースbではバイオディーゼル燃料の生成量が13千Lでは210 円/L-BDF、30千Lでは150 円/L-BDF、60千Lでは130 円/L-BDF 付近である。ケースcではバイオディーゼル燃料の生成量が13千Lでは160 円/L-BDF、30千Lでは145 円/L-BDF、60千Lでは95 円/L-BDF 付近である。ケースdではバイオディーゼル燃料の生成量が13千Lでは100 円/L-BDF、30千Lでは100 円/L-BDF、60千Lでは70 円/L-BDF 付近である。このときの算出結果を表6に示す。

表 6 各ケースのバイオディーゼル燃料の製造原価算出表

項目	13046		29000		30000	
BDF製造量(L-BDF/年)	13046		29000		30000	
補助金	受給しない	受給する	受給しない	受給する	受給しない	受給する
収入(円/年)						
廃食油回収委託金	¥110,646	¥110,646	¥110,646	¥110,646	¥147,528	¥147,528
支出(円/年)						
回収時人件費	¥120,000	¥120,000	¥120,000	¥120,000	¥160,000	¥160,000
運転時人件費	¥1,304,557	¥1,304,557	¥2,899,015	¥2,899,015	¥1,503,864	¥1,503,864
初期投資減価償却費	¥1,428,571	¥714,286	¥1,428,571	¥714,286	¥2,857,143	¥1,428,571
運転時費用	¥674,847	¥674,847	¥1,499,660	¥1,499,660	¥1,555,898	¥1,555,898
定期交換部品	¥87,000	¥87,000	¥87,000	¥87,000	¥87,000	¥87,000
収入合計(円/年)	¥110,646	¥110,646	¥110,646	¥110,646	¥147,528	¥147,528
支出合計(円/年)	¥3,614,975	¥2,900,690	¥6,034,247	¥5,319,961	¥6,163,905	¥4,735,333
人件費を含めない支出合計	¥2,190,419	¥1,476,133	¥3,015,232	¥2,300,946	¥4,500,041	¥3,071,469
収支						
収支試算結果1(円/年); 12-10	¥3,504,329	¥2,790,044	¥5,923,601	¥5,209,315	¥6,016,377	¥4,587,805
収支試算結果2(円/年); 13-10	¥2,079,773	¥1,365,487	¥2,904,586	¥2,190,300	¥4,352,513	¥2,923,941
BDF製造機器設置台数(基)	1	1	1	1	2	2
補助金係数	1	0.5	1	0.5	1	0.5
廃食油回収量(ドラム缶本)	72	72	160	160	166	166
回収頻度(回/年)	3	3	3	3	4	4
BDF製造原価(円/L-BDF)						
ケースa ケースb	269	214	204	180	200	153
ケースc ケースd	159	105	100	76	145	97

BDF製造量(L-BDF/年)	45000		60000	
補助金	受給しない	受給する	受給しない	受給する
収入(円/年)				
廃食油回収委託金	¥221,292	¥221,292	¥442,584	¥442,584
支出(円/年)				
回収時人件費	¥240,000	¥240,000	¥480,000	¥480,000
運転時人件費	¥2,255,796	¥2,255,796	¥3,007,728	¥3,007,728
初期投資減価償却費	¥2,857,143	¥1,428,571	¥2,857,143	¥1,428,571
運転時費用	¥2,333,847	¥2,333,847	¥3,111,796	¥3,111,796
定期交換部品	¥87,000	¥87,000	¥87,000	¥87,000
収入合計(円/年); α	¥221,292	¥221,292	¥442,584	¥442,584
支出合計(円/年); β	¥7,773,786	¥6,345,214	¥9,543,666	¥8,115,095
人件費を含めない支出合計; γ	¥5,277,989	¥3,849,418	¥6,055,938	¥4,627,367
収支				
収支試算結果1(円/年); $\beta - \alpha$	¥7,552,494	¥6,123,922	¥9,101,082	¥7,672,511
収支試算結果2(円/年); $\gamma - \alpha$	¥5,056,697	¥3,628,126	¥5,613,354	¥4,184,783
BDF製造機器設置台数(基)	2	2	2	2
補助金係数	1	0.5	1	0.5
廃食油回収量(ドラム缶本)	249	249	332	332
回収頻度(回/年)	6	6	12	12
BDF製造原価(円/L-BDF)				
ケースa ケースb	167	136	151	128
ケースc ケースd	112	80	93	70

4.7 経済性の考察

前節の結果 2 より、バイオディーゼル燃料の製造原価はケースa、b、cとも 100 円/L-BDF以上でありケースdのみ 100 円/L-BDF以下である。軽油と同様の価格帯にあると試算された。一見すると軽油と共存できそうな価格帯であるが、本研究で算出した値は製造原価であり、もし販売などする場合には利益を上乗せする必要がある。さらに、バイオディーゼル燃料を給油する車両が軽油を混合して運転する場合は、バイオディーゼル燃料に軽油取引税⁴¹が発生してバイオディーゼル燃料 1Lあたり 32.100 円の税率が加算される。

次に、図 15 でバイオディーゼル燃料製造が 30t 付近で大きく変化しているのは、バイオディーゼル燃料製造機器を 2 基に導入したためである。ケース a で、線分にあまり変化が見られないのはバイオディーゼル燃料生成量が 29,000 L-BDF までバイオディーゼル燃料製造機器が 1 基であり、30,000 L-BDF になると 2 基設置することで処理能力が 2 倍となることで運転時間が短縮され運転時の人件費が削減されるためである。それにより、機器が 2 基となり減価償却費用の増加分と同額程度の人件費が削減されたことで線分の急な変化が生じなかったのである。ケース b の 29,000 L-BDF から 30,000 L-BDF での線分の変化はケース a と同様にバイオディーゼル燃料製造が 2 基になることで処理能力が上がり運転時の人件費が削減されて、さらに製造機器による初期投資へ補助金を受給することで 30,000L-BDF で大幅に製造原価が下がったことによるものである。ケース c では 29,000L-BDF から 30,000L-BDF で製造原価の 50 円ほど上昇している。これは、回収時と運転時の人件費を含めない場合ために、バイオディーゼル燃料の生成量を増加させることで製造原価が低下していたものが、バイオディーゼル燃料製造機器を 2 基に増やすことで減価償却費用が加算されたことが要因である。ケース d はケース c と同様の理由で、生成量が 29,000L-BDF から 30,000L-BDF へ増加する際に製造原価が上昇している。しかし、減価償却費用が補助金を受給するために負担が軽減されるため製造原価が低くなっている。

経済性の評価として各ケースの結果が得られた要因として大きく次の 2 点が考察される。1 点目は、初期投資費用と運転資金のコスト高である。本研究では、バイオディーゼル燃料製造機器の稼働率 300 日で 100%と想定している

が 100%稼働である 30,000L-BDF 製造時と 60,000L-BDF 製造時でも、稼働率を高めても本研究の条件では製造原価から考えられる価格は非常に不利であることが分かった。各ケースで考察したように、初期投資費用と人件費が高いことが要因である。2 点目は、収入を市からの回収委託金のみと環境設定範囲で規定したことである。例として、環境設定範囲を拡張してバイオディーゼル燃料化事業運営のために、バイオマスタウン構想の他の事業での生まれた余剰利益をこの事業に補填するという方針をとるならば事業として持続可能かもしれない。だが、本事業はバイオマスタウン構想で短期的に実施される予定であるため、それも困難である。

よって経済性の評価では、バイオマスタウン構想における廃食油を回収してバイオディーゼル燃料を製造するという事業だけでは、成り立つことが難しいことが明らかになった。しかし、市民団体が中心となっていて行われている廃食油回収事業は、市や企業の協力を得て行われており平成 18 年では経費もそれほどかからず非常にコンパクトな形態で行われている。そのため、バイオディーゼル燃料化事業においてもこの形態を維持して使用用途を、公道を走行しない車両や、ある域内のみ限定するなどで一定の製造原価と価格帯に抑えることで事業運営の可能性が示唆できる。

第5章 市民意識の評価

5.1 市民の意識調査について

この章では、加賀市民、団体、農家の意識調査とその結果について論じる。この意識調査は、趙冰⁴²との共同研究でありバイオマスタウン構想において、加賀市内で現在破棄され焼却処理されている食品残渣を堆肥化し利用する事業について行われたものである。これは、現時点で加賀市の市民、団体、農家がどのような意識を持っているのかを調査し、今後のバイオマスタウン構想推進にあたり市や大学が検討する際の基礎資料となるものである。なお、廃食油のバイオディーゼル燃料事業はバイオマスタウン構想において初期に実施される項目として加賀市の公表書では位置づけているため市民がバイオマスタウン構想で現在行われている生ゴミの堆肥化事業についてどのような意識を持っているかを知ることは、バイオディーゼル燃料化事業を推進するにあたり非常に重要なものとなる。よって、この章では、まずこの意識調査について説明をする。その後、この調査結果がバイオディーゼル燃料化事業にどのような影響を与えるかを論じる。

5.2 調査概要

本調査対象は、加賀市内における市民・団体・農家とした。調査は平成 20 年 1 月から 2 月の約 2 週間にわたり実施した。以下に、回収数とサンプル数を示した。

表 7 アンケートサンプル数

	市民	団体	農家	計
回収数	4	7	17	28
サンプル数	4	7	17	28

調査方法は、調査表を用いた面接調査形式で行い回収率は100%となった。このサンプルを選定したのは加賀市である。これは無作為に対象を選んだのではなく、現時点でこのバイオマスタウン構想に参加あるいは協力している、または、協力予定・要請のある市民、団体、農家を主な対象とした。しかし中には、このバイオマスタウン構想に疑問を呈している人たちもいたことを付け加えておく。調査内容は、市民・団体に対しては、「バイオマスタウン構想・食品残渣由来堆肥化事業の認知」「食品残渣由来堆肥から作られた野菜の購入（使用）意向とその理由」「今後のバイオマスタウン構想の課題」について行った。農家に対しては、主に「バイオマスタウン構想・食品残渣由来堆肥化事業の認知」「肥料の使用割合、堆肥の使用」「食品残渣由来堆肥の使用意向とその理由」「今後のバイオマスタウン構想の課題」について行った。この時使用した調査表を付録に示した。

5.3 集計、統計方法

本調査で得られた調査表の回収結果を集計したのち、KJ法を行い、本調査から内在化した問題・課題の構造化を行った。

KJ法とは、1950年代に文化人類学者であった川喜田二郎により考案された、発想と問題解決の技法である。この技法は、当時の川喜田が文化人類学における各地でのフィールドワークで集められる様々な観察情報などをまとめるために編み出したものである。川喜田二郎著作集によるとKJ法⁴³とは、データ

をして語らしめて、よりよき判断を渾沌の中から取り出す方法とある。また、丸山⁴⁴は次のように述べている。「・・・それはアナロジーに基づいてデータを組み立てていく（「グルーピング」と「表札づくり（コンセプト・メイキング）」を繰り返す）と、そこにひとつの統一的な世界（コスモスといっても良いし曼荼羅といっても良い）が出現する。KJ法では、これを図解という。ここには「縫い目のない世界」が現出し、エコロジカルといってもよい構造が見えてくる。それは人を発見と洞察に導く。・・・」と述べている。つまりKJ法とは、ある任意の情報（データ）に対して「グルーピング」と「コンセプト・メイキング」によりそれだけでは混沌としている問題を、データをして語らしめ自ら構造化する手法である。

本研究では、加賀市における調査結果に対してKJ法を行うために、まず「ラベル化」をおこなった。「ラベル化」とは、調査で得られた結果を1単位の文章で「志」（コンセプト）を持つよう纏めてから、ラベルに書き起こしたものを指す。例えば、実際に加賀市のバイオマスタウン構想の認知度を問う質問では、「知っている」と答えた人が全体の75%であり、「知らなかった」と答えた人が全体の25%であった。これをラベル化すると「調査対象におけるバイオマスタウン構想の認知度は75%であった」と「調査対象におけるバイオマスタウン構想を知らない人は全体の25%であった」と二つのラベルになる。同様に、自由記述欄での回答で「加賀市と思考が合うので本事業に協力をしてきた」というものに対しては、そのままラベル化を行った。また、自由記述欄で文章が冗長であったり複数のことを述べていたりする場合は、「ラベル化」を行う際の規則であるラベル1つには1単位のことしか記述しないという原則を守り、文章の意味を崩さない程度に短くするか複数のラベルに分割するなどの工夫を行った。

この時、書き起こされたラベルは、市民、団体、農家と3グループ全体で300枚程度となった。しかし、これをすべて用いてKJ法を行うにはラベル枚数が多すぎて、さらにラベルには重複する内容がある。そのためにKJ法で言うところの「花火」という方法で各調査対象の調査結果内容についてより重要度の高いラベルを抽出するための傾向分析を行った。

この「花火」と呼ばれるものは、グルーピング作業に近いもので、階層構造はなく各ラベルに対して相対的に近いものを集めてリンクを張っていくというものである。そして、「花火」を行うとラベルは必然的に任意のグループに分類され調査（結果）の全体像を掴むことができる。また、通常この作業は方眼紙の上で行われることが多く、その中心からラベルを広げていき相対的に近い

ものを集めると同心円状に広がりちょうど花火のようになることから、このように命名されたそうである。

そして、この「花火」を行った後、ラベルでより重要度の高いもの、つまり調査目的と合致しており、他のラベルの内容や意味を包含しているものを「多段ピックアップ法」により収集した。この「多段ピックアップ法」とは、「市民」「団体」「農家」のそれぞれ「花火」の結果に対して重要度が高く、他のラベルとの包含関係にあるものについて、まず数十枚を選別する。そして、その中でもより重要であるラベルをピックアップして段階的により重要なものを収集するという方法である。

以上の「花火」と「多段ピックアップ」を用いて収集されたラベルは、「市民」は13枚、「団体」14枚、「農家」21枚であった。これらのラベル合計48枚でKJ法を行った。

先ほども述べたように、KJ法を簡単に説明すると、全てのラベルでより相対的に近いものを集めて、それらの「志」（コンセプト）を「表札」と呼ばれるラベルに書き出す（メイキング）ことを繰り返すものである。これを繰り返すと最終的には、ラベル、表札同士が集まらなくなりKJ法が完成する。

5.4 集計、統計結果

ここでは、「花火」と「多段ピックアップ」により集められたラベル 48 枚を用いて KJ 法を行った結果について論じる。まずは、以下に KJ 法により分析された結果を図 17 に示す。

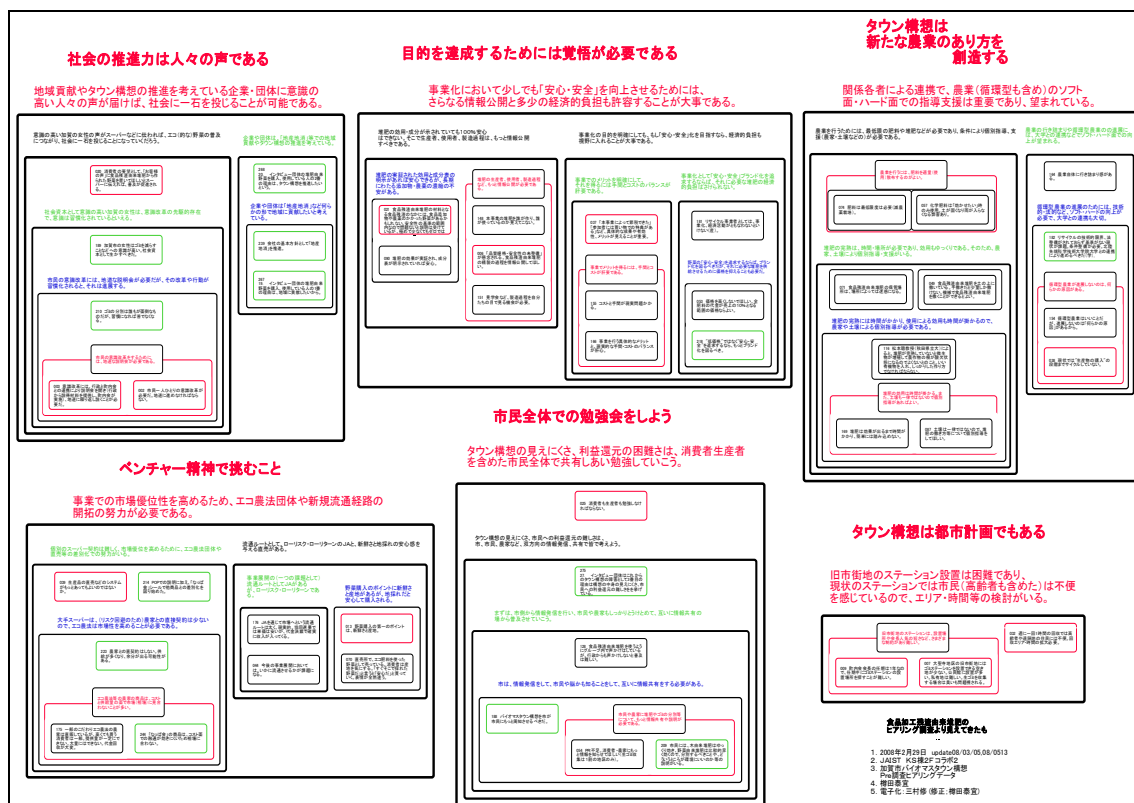


図 17 KJ 図解全体図

表示上、文字が小さくなるため各「島」の図解を次ページに図 18～図 23 として示した。「島」とは KJ 法でラベルが収束した状態で個別に図解化されたものをいう。

本調査で得られた結果は、次の六つの島に分類された。それぞれ、「社会の推

進力は人々の声である」「目的を達成するためには覚悟が必要である」「タウン構想は新たな農業のあり方を創造する」「ベンチャー精神で望むこと」「タウン構想は都市計画でもある」「市民全体で勉強会をしよう」である。KJ 法では、これはシンボルと呼ばれる。シンボルとは、島の訴える内容を、視覚的に、そして感性や直感的理解に訴えるようなシンボル化されたものでありその島の内容の理解を助けるものである。これらシンボルは、各島の一番上の階層のラベル（表札）から導き出されたものである。

社会の推進力は人々の声である

地域貢献やタウン構想の推進を考えている企業・団体に意識の高い人々の声が届けば、社会に一石を投じることが可能である。

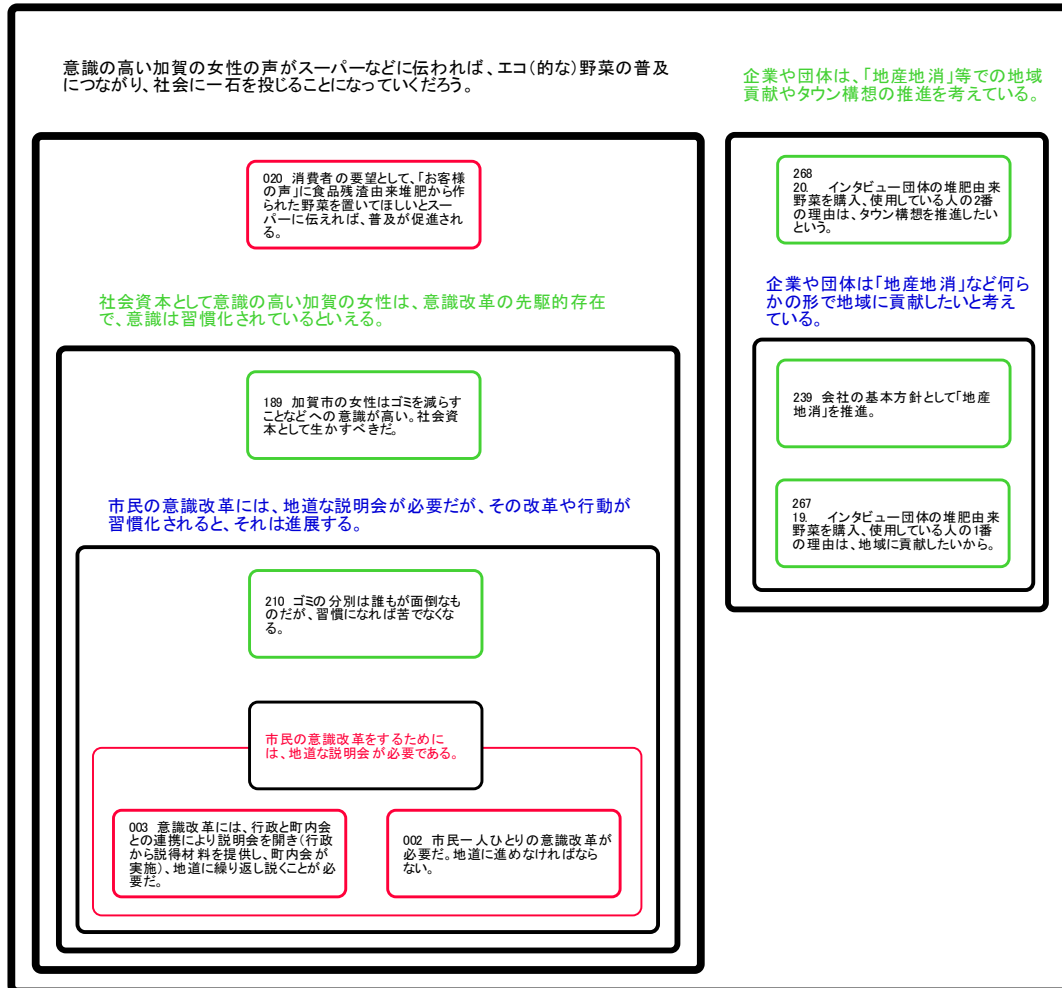


図 18 K J 図解 (社会の推進力は人々の声である)

目的を達成するためには覚悟が必要である

事業化において少しでも「安心・安全」を向上させるためには、さらなる情報公開と多少の経済的負担も許容することが大事である。

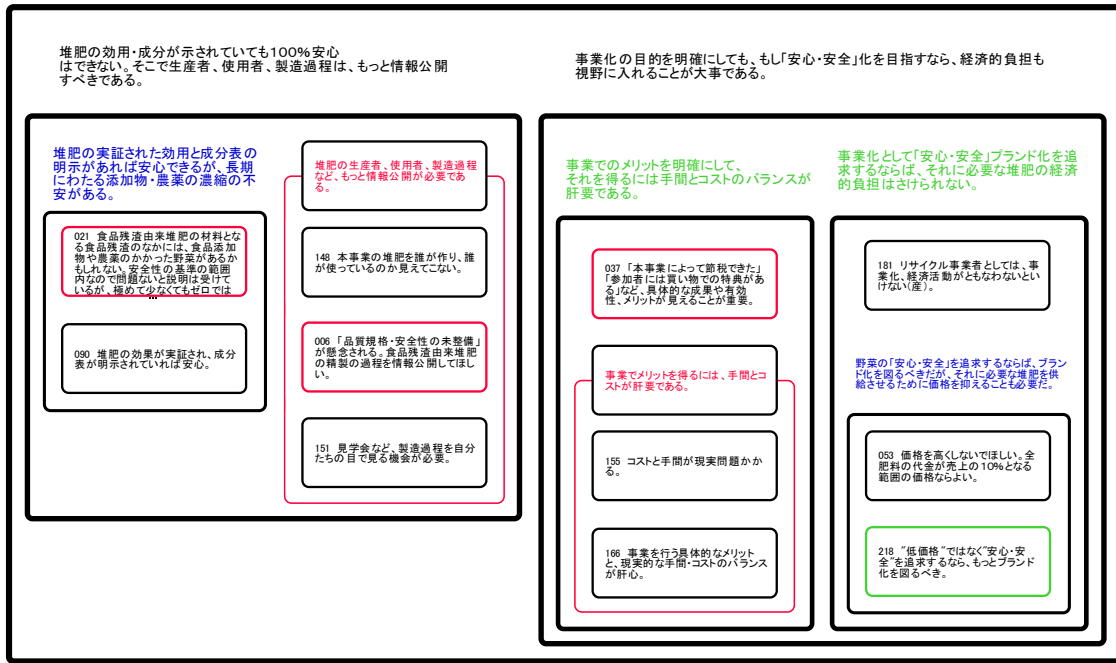


図 19 K J 図解（目標を達成するためには覚悟が必要である）

タウン構想は 新たな農業のあり方を 創造する

関係各者による連携で、農業(循環型も含め)のソフト
面・ハード面での指導支援は重要であり、望まれている。

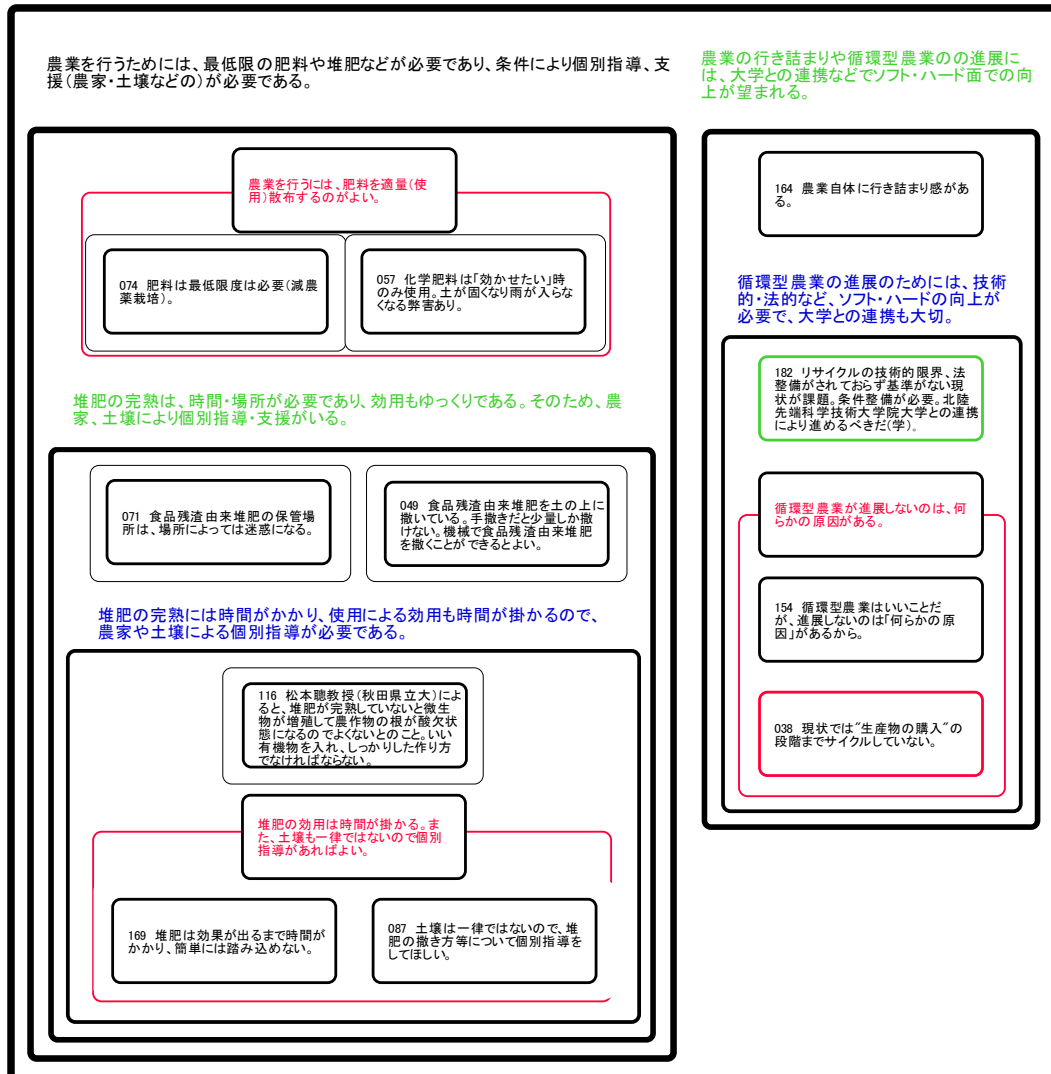


図 20 K J 図解 (タウン構想は新たな農業のあり方を創造する)

ベンチャー精神で挑むこと

事業での市場優位性を高めるため、エコ農法団体や新規流通経路の開拓の努力が必要である。

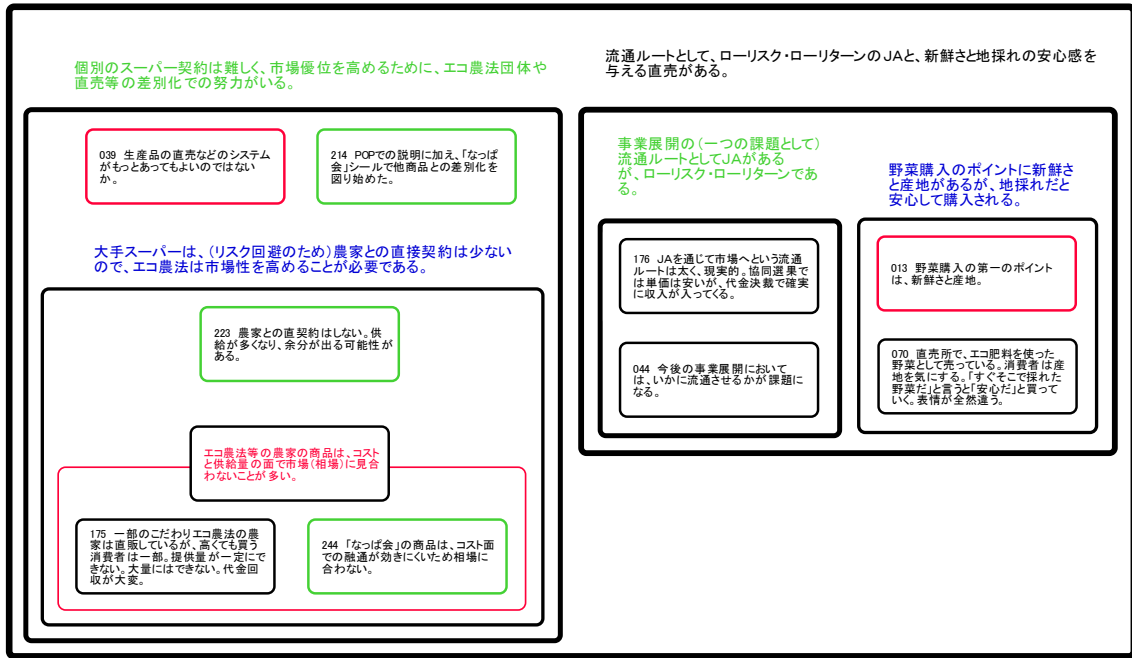


図 21 K J 図解 (ベンチャー精神で挑むこと)

市民全体での勉強会をしよう

タウン構想の見えにくさ、利益還元の困難さは、消費者生産者を含めた市民全体で共有しあい勉強していこう。

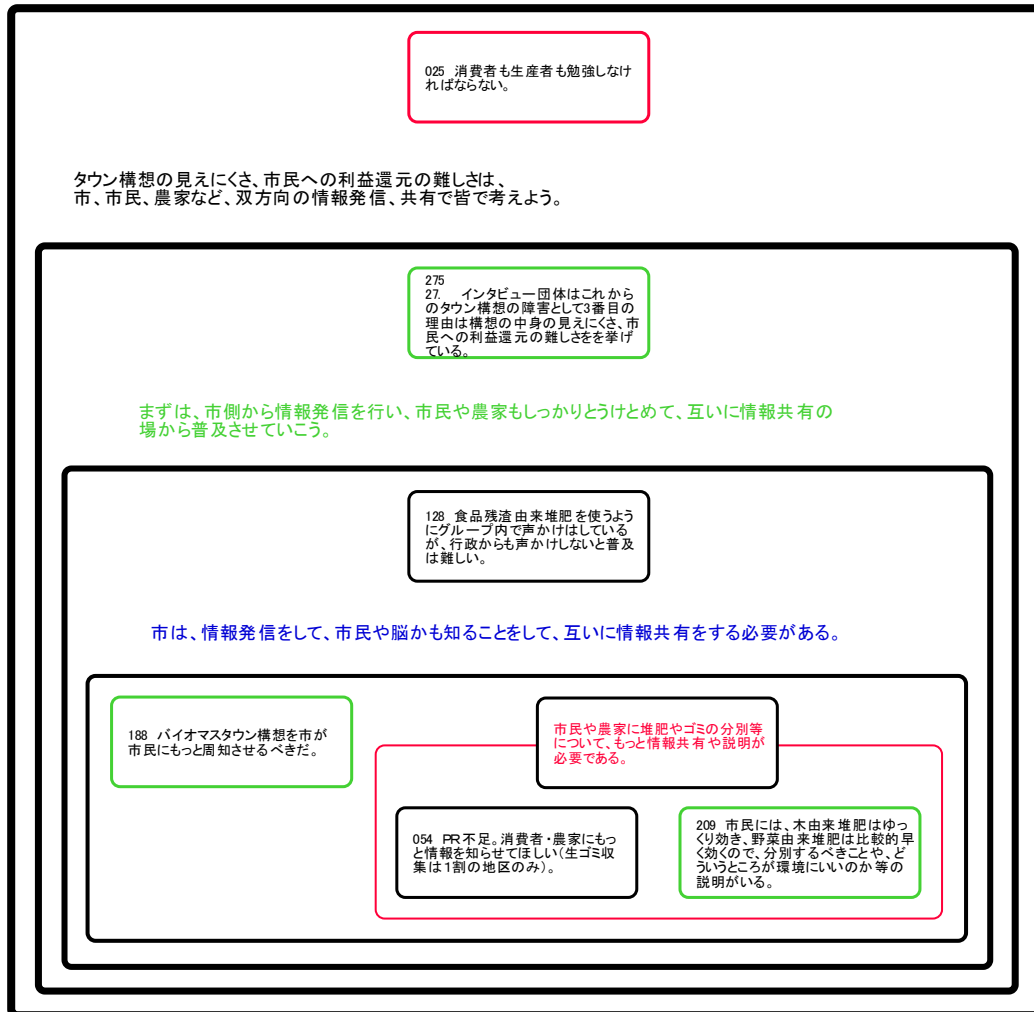
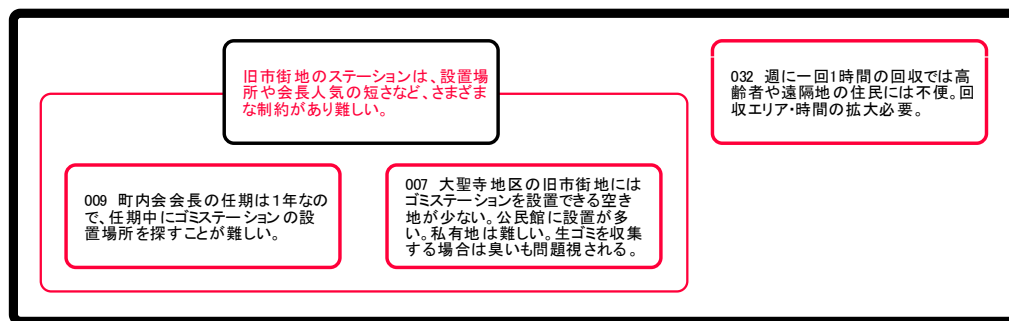


図 22 K J 図解（市民全体で勉強会をしよう）

タウン構想は都市計画でもある

旧市街地のステーション設置は困難であり、現状のステーションでは市民(高齢者も含めた)は不便を感じているので、エリア・時間等の検討がいる。



食品加工残渣由来堆肥の ヒアリング調査より見えてきたも

...

1. 2008年2月29日 update08/03/05,08/0513
2. JAIST KS棟2F コラボ2
3. 加賀市バイオマスタウン構想
Pre調査ヒアリングデータ
4. 樽田泰宜
5. 電子化:三村修(修正;樽田泰宜)

図 23 K J 図解 (タウン構想は都市計画でもある)

5.5 結果解説

ここでは、KJ 法を行った結果の解決案について 6 つの「島」ごとに述べる。まずは、「社会の推進力は人々の声である」というシンボルは、「地域貢献やタウン構想の推進を考えている企業・団体に意識の高い人々の声が届けば、社会に一石を投じることが可能である」というラベル（表札）から導き出された。つまり、本調査でも、何かしら地域貢献やバイオマスタウン構想の推進を考えている企業・団体は、自分たちが何をすればそれにつながるのか具体的にわからないということが明らかとなった。このシンボルとそれらの声に対しての解決策として、何か貢献したいと考えている企業や市民など、意識の高い人々がつながりを持つことが先決である。そして、互いを知り、考えを深めることで、それがきっかけとなり彼らの行動に結び付くことができ、それがうねりとなり社会に一石を投じることが可能となるのではないだろうか。本調査でも、スーパーマーケット等の「お客様カード（要望）」など顧客の声を直接企業に届ける方法というものは意外に重要であるということがわかっている。例えば、企業に顧客が環境に良い野菜をもっと購入したいという声が伝われば、これは何らかの形で「地域貢献」したい企業へのヒントとなりうるのである。また、行政でもバイオマスタウン構想をより具体的に示す必要がある。そうすることで、企業や団体、市民は自分たちがどのポジションにいるのか、何を求められているのか知ることが可能となるからである。

二つ目に、「目的を達成するためには覚悟が必要である」というシンボルは、「事業化において少しでも『安心・安全』を向上させるためには、さらなる情報公開と多少の経済負担も許容することが大事である」というラベル（表札）から導き出された。ここでのポイントは、如何にして「安心・安全」を確保し信頼を獲得してもらうかということである。「食の安全」が声高に叫ばれるなか、信頼を獲得するためには、当然ながら堆肥の使用者やそれから生まれた商品を購入する顧客が何を望んでいるのかということを念頭に置かなければならない。そして、「安心・安全」ブランド化のためには「先行投資」と「情報開示」が必要である。つまり、本調査ラベルから堆肥の品質については品質保証の表示があっても 100%の信頼を得ることが難しいということが分かっている。そのために、バイオマスタウン構想で推進される事業において「安心・安全」の確固たる信頼を得るには、関係各所がその中身についてしっかりと責任をもち「情

報開示」とそれに付随して多少の経費負担も視野に入れることが重要になってくる。それによって、まずは「安心・安全」というイメージをもってもらうことが先決である。

三つ目に、「タウン構想は新たな農業のあり方を創造する」というシンボルは、「関係各者による連携で農業（循環型も含め）のソフト面・ハード面での指導・支援は重要であり彼ら（農家）にも望まれている」というラベル（表札）から導き出された。本調査では、多くの農家の声として現代農業の「行き詰まり感」があり、それを打破し支援する制度作りが心から望まれているということが分かった。これについての根本的な解決案とは国策の話になってくるほど大きな問題である。しかし、加賀市バイオマスタウン構想において、堆肥化事業が軌道に乗ることで新たな循環型農業を他の地域にも提示できることは間違いない。そのためにも堆肥の性質について深く理解をする必要があるのではないだろうか。つまり、一般的に堆肥というものは、肥料のように特定の栄養素が多く含まれるものと違い、土壌改良材として用いられるものである。そのため、農地に堆肥を使用しても効果は数年後に現れるという遅効性の性質をもっている。このような性質を持っている堆肥の使用には農作業者の各土壌や生産物に適した効果的な指導が必要である。その結果を用いて良い土壌、良い作物を農家とアドバイザーが共に作っていくという連携が必要である。また、農業を行う上で最低限の肥料の使用は、よい作物や土壌を維持するためには必要である。そのためにも、関係各所が連携しソフト、ハードとも充実させる必要がある。

四つ目に、「ベンチャー精神で挑むこと」というシンボルは、「事業での市場優位性を高めるために、エコ農法団体や新規流通経路の開拓の努力が必要である」というラベル（表札）から導き出された。これは、バイオマスタウン構想における市場戦略についてである。例えば、バイオマスタウン構想において作られた堆肥を用いた農作物を如何にして「売れる商品」として市場に送るのかということである。基本的なことであるが、市場に流通させるためには需要と供給のバランスが大事である。本調査においては、現時点では供給が圧倒的に足りないというのが現状である。しかし、供給量が増えたからと言って売れる商品とは言えない。それには、市場での差別化が必要である。その例として、現時点でも NPO 団体が生産した農作物の認定シールによる差別化が行われている。それとともに必要なことは、複数の直販、流通ルートの開拓や農作物の供給の安定化をしていく必要がある。本調査でも、スーパー等の購入意欲が積極的であることが明らかとなっている。また、既存の JA などによる流通ルートは太くて安定しているが、高収入は見込めない「ローリスク・ローリターン」という関係にある。これらを含めて、市場に新規参入であるということを念頭において戦略を練っていく必要に迫られている。

五つ目に、「市民全体での勉強会をしよう」というシンボルは、「タウン構想の見えにくさ、利益還元の困難さは、消費者・生産者を含めた市民全体で共有しあい勉強していこう」という表札から導き出された。このシンボルの基には、バイオマスタウン構想のPR不足が大きく関係している。つまり、市民、団体、農家もバイオマスタウン構想という名前は聞いたことがあるが、その具体的な内容までは正確には把握していないのである。そのためにも、さらなるPRをする必要がある。そのPRには、「誰に」「どのような形で」利益を還元していくのかを市民にもわかりやすい形で提示することが求められる。利益還元の困難さや経済的に軌道に乗せることの困難さは皆が周知するところである。そうであるからこそ皆でこの問題意識を共有し合い学んでいく必要がある。またそれには、大学機関等の第三者の視点から観測し知識・情報共有の場を設けることなどにより双方向のコミュニケーションによりお互いに情報発信をしていくなどの具体的な対策が必要となるのではないだろうか。

最後に、「タウン構想は都市計画でもある」というシンボルは、「旧市街地のステーション設置は困難であり、現状のステーションでは市民（高齢者も含めた）は不便を感じているので、エリア・時間等の検討がいる」というラベル（表札）から導き出された。ここでは根本的な問題として、加賀市大聖寺地区に代表される人口密集地域には十分な空地がなく、このような地域では如何にして「ステーション設置」をしていくのかということがある。家庭からの生ごみを回収するためには、住民への負担軽減や衛生面なども鑑みたステーションを設置するのは必要条件である。また、循環型社会を目指すにあたって、事業者自身も「各戸取り」の不便さやそれに伴うCO2排出量の増大は難点である。例えば、大聖寺地区では今後観光をさらに推進したいと考えているが「各戸取り」による景観が問題となっている。もし、この問題が解決されたら、街の景観が美しくなり観光が推進されるであろう。そうなれば住民にも十分に利益を還元できるはずである。そして、最初は住民に対して負担が大きいかもかもしれないが、ステーション設置を推進するために関係住民に対してのエリア・時間などの検討やステーション自体の衛生面を考慮することには、町内会長の任期を越えて検討することが望まれる。これは、バイオマスタウン構想を推進していくことと、新しい時代の都市計画を考えることと同じなのである。

5.6 市民意識の考察

加賀市における意識調査に対して KJ 法を行った結果、前節で述べた 6 つのことが明らかとなった。得られた結果は、「社会の推進力は人々の声である」「目的を達成するためには覚悟が必要である」「タウン構想は新たな農業のあり方を創造する」「ベンチャー精神で望むこと」「タウン構想は都市計画でもある」「市民全体で勉強会をしよう」である。このような結果（シンボル）を得ることができたことは、KJ 法を行うことで下の階層にあるラベルや表札から必然的に導かれたためである。

また、このような結果（シンボル）が得られたのは KJ 法ならではのといえる。つまり、テキストマイニングなどにおいて名詞や前後の単語のつながりを検索し収集するような他の手法を用いた場合であると、「タウン構想は都市計画でもある」というものが一番上の階層まで残らないと予想されるからである。このシンボルは、下の階層にステーションの設置場所の問題点を含んでおり、これについて言及した人はそれほど多くはなく数人が答えたのみであった。つまり、他の手法ではインプットされる情報が大量に必要であり、しかも、その重要度は前後の単語のつながりや出現頻度などである。そのために、このような情報が少ないラベルでは見落とされてしまう恐れが生じる。KJ 法では、そのような一見して見落とされてしまうような情報でも処理できるため、このようなシンボルを得ることができたのである。

この結果をバイオディーゼル燃料化事業と照らし合わせてみると、市民団体が主体となって行われている廃食油回収事業は、市民団体の声から始まったものであり、これからバイオディーゼル燃料化へと発展していくことは社会へ対しての推進力になっているといえる。それを円滑に推進するためには市民をはじめとする関係各所の広い連携が必須である。そして、経済的に不利な状況にでもベンチャー精神で望んで行き自分たちの住んでいる街を自分たちでデザイン・マネジメントしていくのだという気持ちが必要である。また、廃食油を提供してくれている市民やこれら協力していただかないといけない市民も含めて市全体で勉強会を開くなどして事業を円滑に推進しなければならない。

第6章 結言

この章では、本研究の結言として3章、4章、5章で示した環境性、経済性、市民意識の結果とその考察についてまとめて本研究目的に対する答えとする。

6.1 結論

加賀市バイオマスタウン構想のバイオディーゼル燃料化事業に対する環境性では、事業から排出される二酸化炭素に対してカーボンニュートラルやカーボン・オフセットという概念を用いることで環境への負荷が低減可能であるということが明らかになった。しかし、その前提として食用油の原材料である植物類を育成、消費、回収という循環の輪を崩さないことが必要である。経済性に対しては、バイオディーゼル燃料化事業の事業性は困難なものであることが明らかになった。しかし、バイオディーゼル燃料化事業でも廃食油回収事業の形態を引き継ぐなど事業形態の見直しにより一定の事業性を見出すことができた。市民意識では、バイオマスタウン構想における目的を達成するためには市民も理解を示しており市が一丸となって取り組んでいくことが必要であることが明らかになった。

これらより、加賀市バイオマスタウン構想におけるバイオディーゼル燃料化事業は、市民協力の基で経営主体が経営方法等を考慮することによりカーボンニュートラルなどの概念を用いた環境低負荷型の事業として運営できることが明らかとなった。これらを持続可能な事業としていくためには、市民・企業・行政・大学の更なる協力と、大学による本研究のような定量的、定性的な科学的根拠に基づきナレッジマネジメントを提供していく必要性が明らかとなった。

6.2 課題

本研究の目的が明らかになることで、今後バイオマスタウン構想を推進するための克服しなければならない問題や課題も明らかになった。例えば、カーボンニュートラルなどの概念を用いることで環境負荷が低減できるという結果を得たが、廃食油のリサイクルの輪は先行事例やヒアリング調査を通じて廃食油はすでに石鹸や飼料として再利用が行われていることが明らかになっている⁴⁵。加賀市でも回収された廃食油は専門業者が引き取りリサイクルされており、バイオマス事業が推進されることで今ある循環の輪を崩す可能性も考慮しなければならない。第一章で穀物のバイオ燃料化について触れたように、今ある循環の輪が崩れるとどこかで弊害が生じる。それを避けるためにも、誰のためにこの事業を推進するのか、それが本当に環境、地域、市民など様々なアクターにとって有益なものであるかを客観的に考察する必要がある。これは、加賀市だけではなくバイオマスを何らかの形で利用しているあるいはこれから利用しようと考えている者すべてに言えることである。

そして、バイオディーゼル燃料化するにあたり加賀市では公共車両に利用するとしているが、バイオディーゼル燃料を100%で運行するのか、運営の形態をどのようにするのか、廃食油の回収量を増加させるために如何にして市民に広く理解を求め協力をしてもらうのか等様々な問題がある。それらは、バイオマスタウン構想の各事業の運営が開始されれば様々な問題が今後浮き彫りになると予想される。

第五章でも述べたが、バイオマスタウン構想は都市計画でもある。この構想を通して加賀市全体がどのような街作りを望んでいるのか明らかにする必要もある。いざプロジェクトが開始されると途中で方向転換や止めることは大変困難である。今後、循環型社会を円滑に推進するために市民、企業、行政、大学が協力をして問題点と課題を整理しなくてはならない。そして、これらに向けて大学の立場とそれが担う役割は大きく更なる努力と研究が必要である。

謝辞

この修士論文を仕上げるまで本当に多くの方にお世話になりました。指導教官である北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科の中森義輝教授にはあらゆる場面でご指導して頂きましたこと深く感謝いたします。橋本敬准教授には多方面で鋭い指摘をして頂き感謝いたします。小林俊哉特任准教授、緒方三郎特任准教授には、様々な場面で相談に乗って頂き感謝いたします。石川県立大学楠部孝誠助教には、貴重なお時間に幾度となく議論させて頂き感謝いたします。副テーマでは、北陸先端科学技術大学院大学マテリアルサイエンス研究科の藤原明比古准教授には、副テーマに快く承諾をして頂き、私にナノの世界を案内して頂き感謝いたします。

知識科学研究科の先生方には、様々な分野の知識を吸収、咀嚼する機会を与えていただき誠に感謝しております。知ること・学ぶことの楽しさ苦しさを経験することで研究へ挑戦することができました。この場を借りて深く御礼を申し上げます。

中森研究室の皆様にも大変お世話になりました。JAIST での苦楽を共にして一足先に卒業をした加藤君、趙さん。人生、一期一会、その他お名前を挙げればきりがありません。フィールドワークでは國藤先生、三村先生の助言がなければこなすことができませんでした。調査先においては加賀市民、市民団体、各団体、企業、加賀市役所の皆様が快く対応してくださったおかげで本論文を仕上げることができました。この場を借りて皆様に感謝いたします。

最後に、いつも温かく見守り今まで育てて頂いた父と母に、遠くに行ってしまった祖父母に、心より御礼申し上げます。

卷末付録：

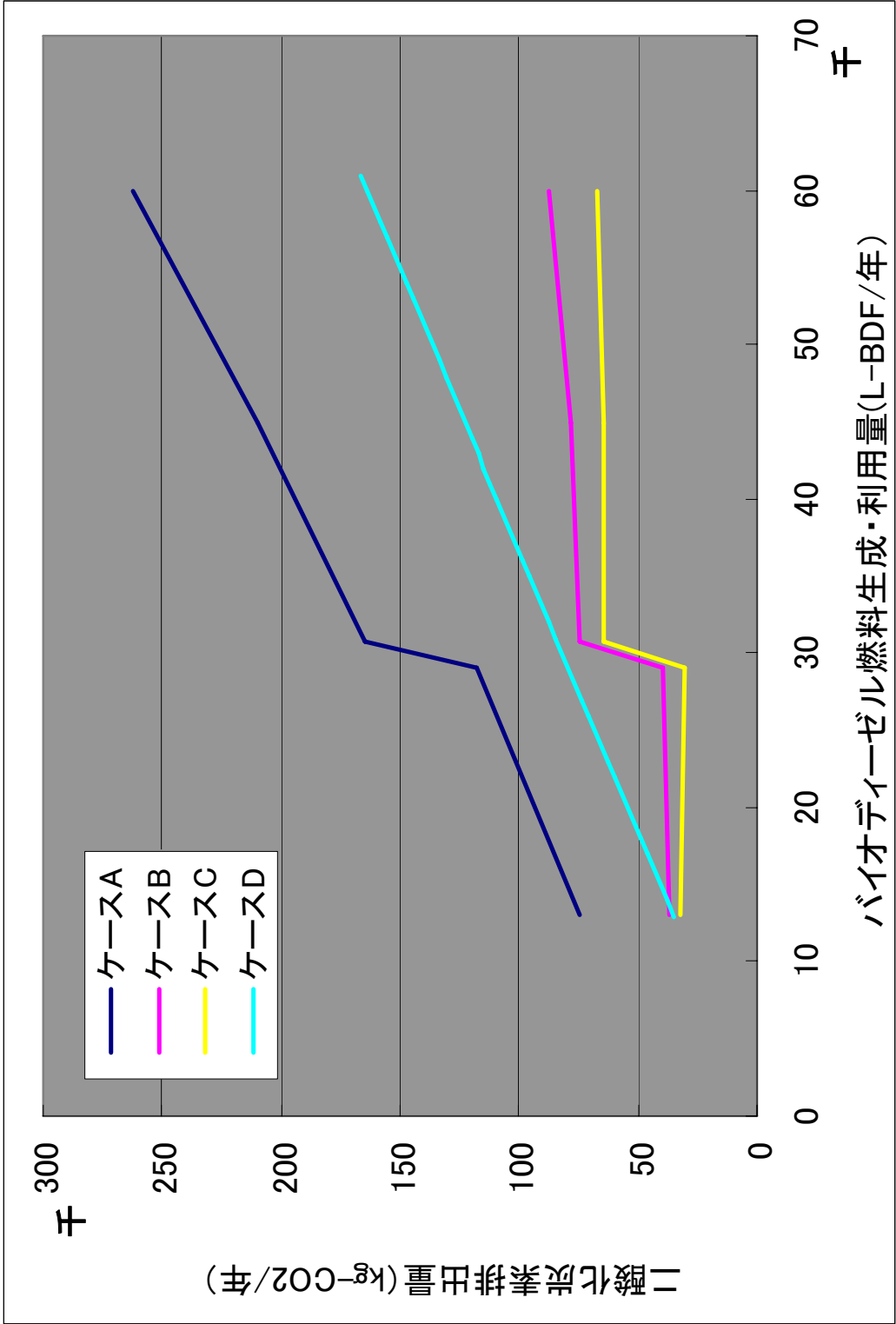


図 24 バイオディーゼル燃料の製造に伴う二酸化炭素排出量(大)

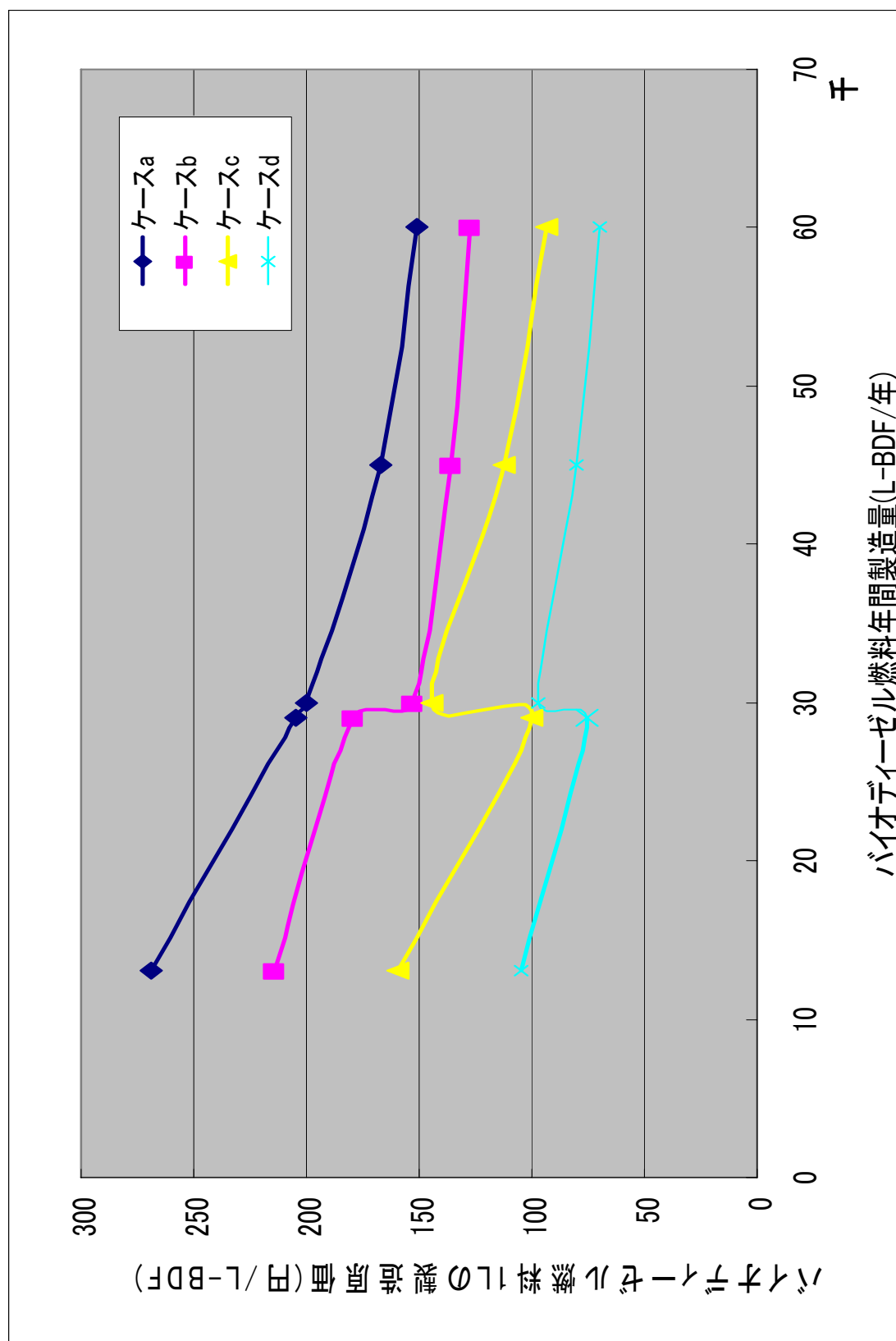
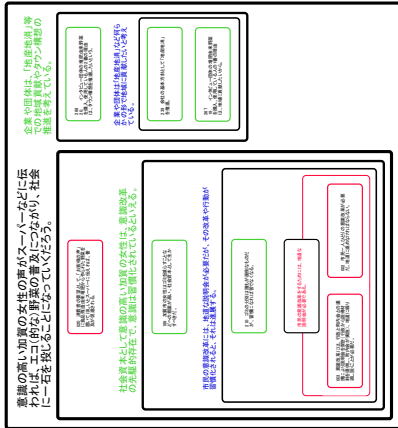


図 25 バイオディーゼル燃料の各ケース製造原価(大)

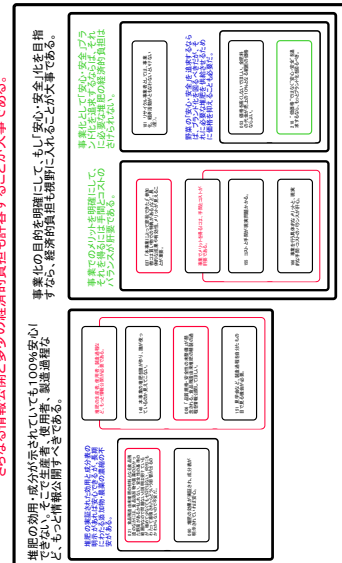
社会の推進力は人々の声である

地域貢献やタウン構想の推進を考えている企業・団体に意識の高い人々の声が聞けば、社会に一石を投じることが可能である。



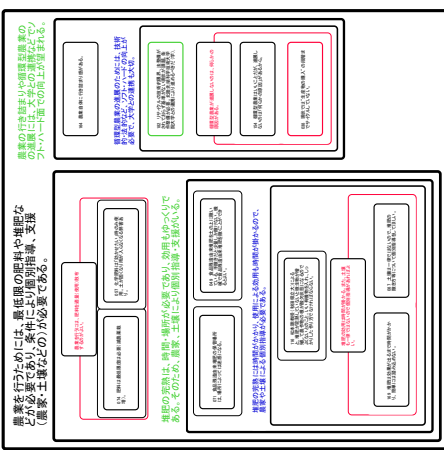
目的を達成するためには覚悟が必要である

事業化において少しでも「安心・安全」を向上させるためには、さらなる情報公開と多少の経済的負担も許容することが大事である。



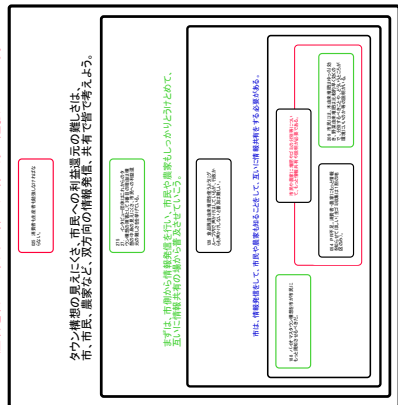
タウン構想は新たな農業のあり方を創造する

関係各者による連携で、農業(農産物も含め)のソフト面・ハード面での経済支援は重要であり、望まれている。



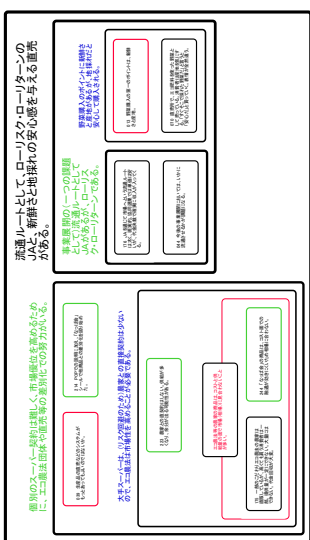
市民全体での勉強会をしよう

タウン構想の考えにくさ、利益還元の問題さは、消費者・生産者を含めた市民全体で共有しあい勉強していこう。



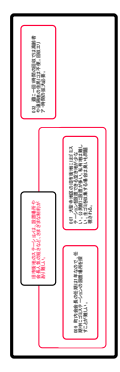
ベンチャー精神で挑むこと

事業での市場優位性を高めるため、エコ農法団体や新規流通経路の開拓の努力が必要である。



タウン構想は都市計画でもある

旧市街地のステーション設置は困難であり、現状のステーションでは市民(高齢者も含め)は不便を感じているので、エリア・時間等の検討がいる。



食品加工廃渣由来堆肥のヒアリング調査より見えてきたもの

1. 2008年10月30日、edda0803.03.05
2. JAIST、KASB、エコファーム
3. 新井、新井、新井、新井
4. 新井、新井、新井、新井
5. 新井、新井、新井、新井

図 26 KJ図解全体(大)

付録（調査表）

加賀市バイオマスタウン構想 市民の現状と意識調査

現在、加賀市では「加賀市バイオマスタウン構想」というプロジェクトを公表しています。これは、生ゴミなどの動植物由来の資源を地域内でうまく循環させることで、環境にやさしいまちづくりと新しい産業の育成による地域の活性化を目指していくもので、農林水産省等の国の支援を受けて様々な協力のもと活動を推進しております。

その中で、市民団体、市内の農業法人やNPOなどが協力をして、家庭やスーパーなどから出る生ゴミを堆肥（食品残渣由来堆肥）にして農作物を育て、それを販売していくという事業があります。

これについて、率直な声をお聞かせ願います。何とぞご協力をお願いします。

※該当項目の□枠に☑（チェック）、またはお答えを記入してください。

※本調査の内容は、「加賀市バイオマスタウン構想」の基礎資料として活用します。その際、回答者が特定できる情報を公表することはいたしません。

お名前	
-----	--

1. 加賀市がバイオマスタウン構想を公表していることを知っていましたか。

- ☐①知っていた ☐②知らなかった

2. あなたは、野菜くずや魚のあらなどの生ゴミを堆肥にするという事業を知っていましたか。

- ☐①知っていた ☐②知らなかった

3. あなたは生ゴミの分別に取り組んでいますか。

- ☐①既に取り組んでいる ☐②今後取り組んでみたい
☐③取り組みたくない その理由()

4. あなたは、この食品残渣由来堆肥から作られた野菜を購入(使用)したいですか。

- ☐①既に購入(使用)している ☐②購入(使用)を検討している
☐③購入(使用)したくない

5. 4. で【①既に購入(使用)している】【②購入(使用)を検討している】と答えた方にお聞きます。その理由として該当する項目を3つ選び、あてはまる順に1番から3番まで〔 〕にご記入ください。

- | | |
|--------------------------|--------------|
| ①バイオマスタウン構想を推進したいから | 1 番目にあてはまる項目 |
| ②この活動を通じて地域に貢献したいから | 〔 〕 |
| ③味や栄養が健康によさそうだから | |
| ④一般の農産物とは違うものを購入したいから | 2 番目にあてはまる項目 |
| ⑤安全な食材として安心して購入(使用)できるから | 〔 〕 |
| ⑥価格が安いと思うから | |
| ⑦近所や買いやすい場所で販売されているから | 3 番目にあてはまる項目 |
| ⑧販売農家の情報が把握できるから | 〔 〕 |
| ⑨見た目(外観や形状)が整っているから | |
| ⑩その他 () | |

〔裏面へ続く〕

6. 4. で【③購入(使用)したくない】と答えた方にお聞きます。その理由として該当する項目を3つ選び、あてはまる順に1番から3番まで〔 〕にご記入ください。

- | | |
|---------------------------|--------------|
| ①バイオマスタウン構想に賛同できないから | 1 番目にあてはまる項目 |
| ②この活動では地域に貢献できないと思うから | 〔 〕 |
| ③味や栄養が優れていると思えないから | |
| ④他の農産物と区別できないから | 2 番目にあてはまる項目 |
| ⑤安全な食材として安心して購入(使用)できないから | 〔 〕 |
| ⑥価格が高いと思うから | |
| ⑦近所や買いやすい場所で販売されていないから | 3 番目にあてはまる項目 |
| ⑧販売農家の情報が把握できないから | 〔 〕 |
| ⑨見た目(外観や形状)が整っていないから | |
| ⑩問題が発生した時の責任の所在が分かりづらいから | |
| ⑪その他 () | |

7. これからバイオマスタウン構想の中で、剪定した植木の枝や葉、落ち葉などを堆肥化したり、使い終わった天ぷら油や売れ残った和菓子などを燃料化するなど、様々な事業が展開されていきますが、そこで障害となるであろうと考えられることには、どのようなことがあると予想されますか。該当する項目を3つ選び、あてはまる順に1番から3番まで〔 〕にご記入ください。

- | | |
|------------------------|--------------|
| ①参加する人や団体が少ない | 1 番目にあてはまる項目 |
| ②使用者や購入者が少ない | 〔 〕 |
| ③経済的に難しい | |
| ④関係各者の連携が難しい | 2 番目にあてはまる項目 |
| ⑤具体的な中身が見えにくい | 〔 〕 |
| ⑥誰のための事業なのか分かりづらい | |
| ⑦市民になんらかの利益を還元することが難しい | 3 番目にあてはまる項目 |
| ⑧品質規格・安全性基準の未整備 | 〔 〕 |
| ⑨その他 () | |

8. 「加賀市バイオマスタウン構想」についてのご意見をお聞かせください。

～ご協力ありがとうございました～

〔本調査内容についてのお問い合わせ〕

加賀市 地域振興部 環境安全課

TEL98 (0761) 72-7890

6. 4. で【③購入(使用)したくない】と答えた方にお聞きます。その理由として該当する項目を3つ選び、あてはまる順に1番から3番まで〔 〕にご記入ください。

- | | |
|------------------------------------|--------------|
| ①バイオマスタウン構想に賛同できないから | 1 番目にあてはまる項目 |
| ②この活動では地域に貢献できないと思うから | 〔 〕 |
| ③味や栄養が優れていると思えないから | 2 番目にあてはまる項目 |
| ④ブランド野菜として他の農産物と区別して使用できないから | 〔 〕 |
| ⑤安全な食材として安心して購入(使用)できないから | 3 番目にあてはまる項目 |
| ⑥価格が高いと思うから | 〔 〕 |
| ⑦販売、購入ルートが確立されていないから | 〔 〕 |
| ⑧一定量が安定的に供給されないから | |
| ⑨農家から供給される量・時期などについて正確な情報が把握できないから | |
| ⑩見た目(外観や形状)が整っていないから | |
| ⑪消費者が求めている(市場が小さい)から | |
| ⑫問題が発生した時の責任の所在が分かりづらいから | |
| ⑬その他 (|) |

7. これからバイオマスタウン構想の中で、剪定した植木の枝や葉、落ち葉などを堆肥化したり、使い終わった天ぷら油や売れ残った和菓子などを燃料化するなど、様々な事業が展開されていきますが、そこで障害となるであろうと考えられることには、どのようなことがあると予想されますか。該当する項目を3つ選び、あてはまる順に1番から3番まで〔 〕にご記入ください。

- | | |
|------------------------|--------------|
| ①参加する人や団体が少ない | 1 番目にあてはまる項目 |
| ②使用者や購入者が少ない | 〔 〕 |
| ③経済的に難しい | 2 番目にあてはまる項目 |
| ④関係各者の連携が難しい | 〔 〕 |
| ⑤具体的な中身が見えにくい | 3 番目にあてはまる項目 |
| ⑥誰のための事業なのか分かりづらい | 〔 〕 |
| ⑦市民になんらかの利益を還元することが難しい | 〔 〕 |
| ⑧法・手続きの規制 | |
| ⑨品質規格・安全性基準の未整備 | |
| ⑩その他 (|) |

8. 「加賀市バイオマスタウン構想」についてのご意見をお聞かせください。

～ご協力ありがとうございました～

〔本調査内容についてのお問い合わせ〕

加賀市 地域振興部 環境安全課

TEL : (0761) 72-7890

加賀市バイオマスタウン構想 農家の現状と意識調査 〔堆肥使用者・未使用者〕

現在、加賀市では「加賀市バイオマスタウン構想」というプロジェクトを公表しています。これは、生ゴミなどの動植物由来の資源を地域内でうまく循環させることで、環境にやさしいまちづくりと新しい産業の育成による地域の活性化を目指していくもので、農林水産省等の国の支援を受けて様々な協力のもと活動を推進しております。

その中で、市民団体、市内の農業法人やNPOなどが協力をして、家庭やスーパーなどから出る生ゴミを堆肥(食品残渣由来堆肥)にして農作物を育て、それを販売していくという事業があります。

これについて、率直な声をお聞かせ願います。何とぞご協力をお願いします。

※該当項目の□枠に☑(チェック)、またはお答えを記入してください。

※本調査の内容は、「加賀市バイオマスタウン構想」の基礎資料として活用します。その際、回答者が特定できる情報を公表することはいたしません。

お名前

1. 加賀市がバイオマスタウン構想を公表していることを知っていましたか。

- ☐①知っていた ☐②知らなかった

2. あなたは堆肥を使用していますか。

- ☐①使用している ☐②使用していないが使ってみたい ☐③使用したくない

3. あなたは肥料をどのような割合で使用していますか。

- ☐①有機肥料(%) ☐②特殊肥料(%) ☐③食品残渣由来堆肥(%)
☐④化学肥料(%) ☐⑤その他(名称:)(%)

4. あなたは、野菜くずや魚のあら等の生ゴミを堆肥にするという事業を知っていましたか。

- ☐①知っていた ☐②知らなかった

5. あなたは、この食品残渣由来堆肥を使用したいですか。

- ☐①既に使用している ☐②使用を検討している ☐③使用したくない

6. 2. で【①既に使用している】【②使用していないが使ってみたい】と答えた方にお聞きます。その理由として該当する項目を3つ選び、あてはまる順に1番から3番まで〔 〕にご記入ください。

- ①バイオマスタウン構想を推進したいから
②環境にやさしい農業だと思うから
③付加価値の高い農産物として販売できるから
④安心して使用できるから
⑤他の肥料より価格が安いと思うから
⑥他の肥料と比べて品質が優れているから
⑦堆肥が安定的に入手できるから
⑧労働力が軽減できるから
⑨収穫量が増加するから
⑩よい品質(味・栄養)の農産物ができるから
⑪販売者が信頼できるから
⑫他の農家も使用しているから
⑬その他 ()

1 番目にあてはまる項目

〔 〕

2 番目にあてはまる項目

〔 〕

3 番目にあてはまる項目

〔 〕

7. 2. で【使用したくない】と答えた方にお聞きます。その理由として該当する項目を3つ選び、あてはまる順に1番から3番まで〔 〕にご記入ください。

- ①バイオマスタウン構想に賛同できないから
- ②環境によいとは思わないから
- ③付加価値の高い農産物として販売できそうにないから
- ④それほど肥料価格が安いとは思わない(化学肥料代金の削減にならない)から
- ⑤他の堆肥と比べて品質(完熟、水分含有率、夾雑物、成分)に不安があるから
- ⑥労働力が増加するから
- ⑦収量・品質の低下のリスクが高いから
- ⑧農産物の品質(味・栄養)の向上が期待できないから
- ⑨他の農家も使用していないから
- ⑩堆肥の生産者がそれほど信頼できないから
- ⑪現状の肥料で満足しているから
- ⑫原材料に不安があるから
- ⑬協同選果として出荷しており他と違う肥料を使いづらいから
- ⑭問題が発生した時の責任の所在が分かりづらいから
- ⑮堆肥の保管場所がないから
- ⑯堆肥をどのように使ってよいのか分からないから
- ⑰機械購入等の投資が必要になるから
- ⑱その他 ()

1 番目にあてはまる項目

[]

2 番目にあてはまる項目

[]

3 番目にあてはまる項目

[]

8. これからバイオマスタウン構想の中で、剪定した植木の枝や葉、落ち葉などを堆肥化したり、使い終わった天ぷら油や売れ残った和菓子などを燃料化するなど、様々な事業が展開されていきますが、そこで障害となるであろうと考えられることには、どのようなことがあると予想されますか。該当する項目を3つ選び、あてはまる順に1番から3番まで〔 〕にご記入ください。

- ①参加する人や団体が少ない
- ②使用者や購入者が少ない
- ③経済的に難しい
- ④関係各者の連携が難しい
- ⑤具体的な中身が見えにくい
- ⑥誰のための事業なのか分かりづらい
- ⑦市民になんらかの利益を還元することが難しい
- ⑧法・手続きの規制
- ⑨品質規格・安全性基準の未整備
- ⑩その他 ()

1 番目にあてはまる項目

[]

2 番目にあてはまる項目

[]

3 番目にあてはまる項目

[]

9. 「加賀市バイオマスタウン構想」についてのご意見をお聞かせください。

[]

～ご協力ありがとうございました～

【本調査内容についてのお問い合わせ】

加賀市 地域振興部 環境安全課

TEL02(0761) 72-7890

参考文献・資料

-
- ¹ 農林水産省(2006)『バイオマス・ニッポン』
http://www.maff.go.jp/j/biomass/pdf/h18_senryaku.pdf
- ² 小宮山宏, 迫田章義, 村松幸彦(2003)『バイオマス・ニッポン 日本再生に向けて』日刊工業新聞社
- ³ 農林水産省(2003)『農林水産環境政策のページ』
<http://www.maff.go.jp/kankyo/kihonhousin/zentai.pdf>
- ⁴ 東大総研(2008)『バイオマス情報ヘッドクォーター』,
http://www.biomass-hq.jp/biomasstown/index_map.html
- ⁵ 加賀市(2007)『加賀市バイオマスタウン構想』
http://www.biomass-hq.jp/biomasstown/pdf18/18_15.pdf
- ⁶ 加賀市(2008)『加賀市/お知らせ/下水道普及状況等』
http://www.city.kaga.ishikawa.jp/article/ar_detail.php?ev_init=1&arm_id=101-0015-7969
- ⁷ 北陸農政局(2004)『北陸農政局/廃食油からリサイクル燃料生産(石川県・小松市)』
http://www.maff.go.jp/hokuriku/environment/bio/theme_05.html
- ⁸ 北陸地域バイオマス・ニッポン推進連絡協議会(2008)「バイオマス関連補助制度等活用ガイドブック 2008」北陸農政局<http://www.maff.go.jp/hokuriku/index.html>
- ⁹ 中村一夫(2004)『京都市におけるバイオディーゼル燃料化事業の取り組み』環境技術 vol33, No7 501-506
- ¹⁰ 中村一夫, 池上詢(2006)『京都市における廃食用油の排出実態とバイオディーゼル燃料の性状について』廃棄物学会 vol17, No3 193-203
- ¹¹ 七尾市(2006)『七尾市バイオマスタウン構想』
http://www.maff.go.jp/hokuriku/environment/bio/document/nanao_p01-08.pdf
- ¹² 農林水産省(2008)「木質バイオマスとは」
<http://www.rinya.maff.go.jp/seisaku/sesakusyoukai/biomass/con-1.html>
- ¹³ 農林水産省(2006)『バイオマス・ニッポン総合戦略 2002 年閣議決定』
- ¹⁴ Masanori, O., Yorikazu, S. (2002). *Origin of Diesel Engine is in Fire Piston of Mountainous People Lived in Southeast Asia. The International Conference on Business & Technology Transfer, Vol2004, No2, 116-121*
- ¹⁵ 松村正利(2006)『バイオディーゼル最前線』株式会社工業調査会
- ¹⁶ 環境省(2003)「再生可能燃料利用促進会議」
<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/renewable/index.html>
- ¹⁷ 農林水産省(2008)『農林水産省/食料と競合しない日本型バイオ燃料生産拡大対策に向けての対話集会の結果概要について』
<http://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/bio/080519.html>
- ¹⁸ 農林水産省(2008)『農林水産省 | 海外農業情報 | アメリカの農業概況』
http://www.maff.go.jp/kaigai/gaikyo/z_america_2.htm
- ¹⁹ フジフューチャーズ株式会社(2008)『商品先物取引「マーケット総合情報」金・白金・原油・ガソリン 相場 チャート: フジフューチャーズ』

-
- <http://www.fuji-ft.co.jp/chart/0c-komugi/index.htm>
- ²⁰ フジフューチャーズ(2009)「コーンの分析ポイント」<http://www.fuji-ft.co.jp/>
- ²¹ 地球環境工学ハンドブック編集委員会(1995)『地球環境工学ハンドブック』平成7年第1版第三印発行 株式会社オーム社
- ²² 全国油脂事業協同組合連合会(2004)「UCオイルの飼料用油脂の安全確保のためのガイドライン」<http://kashikyo.lin.go.jp/network/pdf/UC%20oil%20guide-line.pdf>
- ²³ 坂志郎(2000)『植物油からのバイオディーゼル燃料』材料Vol49 No7 829-830
- ²⁴ 山根浩二, 上田淳史, 嶋本譲(2000)『直接噴射式バイオディーゼル機関の燃焼及び廃棄特性』日本機械学会関西支部講演会講演会論文集vol2000, No75 7-8
- ²⁵ 環境省(2008)『我が国におけるカーボン・オフセットのあり方について(指針)』http://www.env.go.jp/earth/ondanka/mechanism/carbon_offset/guideline.html
- ²⁶ 地球温暖化対策の推進に関する法律(平成十年十月九日法律第百十七号)
- ²⁷ 環境省(2006)『第2回エコ燃料利用推進協議会議事次第・資料』http://www.env.go.jp/earth/ondanka/conf_ecofuel/02/index.html
- ²⁸ シップ・アンド・オーシャン財団(2002)『廃食用油セラミックスエンジンの研究開発報告書』日本財団図書館
- ²⁹ 加賀市(2008)『平成19年度版加賀市統計書(エクセル版)』http://www.city.kaga.ishikawa.jp/article/ar_detail.php?ev_init=1&arm_id=101-0183-7358
- ³⁰ 独立行政法人国立環境研究所(2000)『産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID) 2000年』<http://www-cger.nies.go.jp/publication/D031/index-j.html>
- ³¹ 環境省(2007)“電気事業者別排出係数の公表について”
<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=8193>
- ³² 社団法人日本電気工業会(2008)『地球温暖化対策推 温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル』<http://www.jema-net.or.jp/Japanese/kankyuu/ghg.htm>
- ³³ 厚生労働省第4回道水ビジョン検討会(2003)『資料6 水道事業に係わる環境対策』<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/four1.html>
- ³⁴ シップ・アンド・オーシャン財団(2002)『廃食用油セラミックスエンジンの研究開発報告書』日本財団図書館
- ³⁵ コスモ石油株式会社(2007)『コスモ石油グループサステナビリティレポート2007』http://www.cosmo-oil.co.jp/press/p_070927/index.html
- ³⁶ 三重県環境森林部資源循環室(2005)『地域循環ネットワークモデル構想策定事業廃食用油部会報告書』http://www.eco.pref.mie.jp/cycle/100160/haisyokuyu_houkoku_h1703/
- ³⁷ 鳥居修一(2007)『有機系廃棄物と廃油(廃グリセリン)を用いた熱エネルギー化の基礎試験について』くまもとEco燃料拡大推進研究会
<http://www.pref.kumamoto.jp/eco/bio/pdf/dai3kai%20torii.pdf>
- ³⁸ 高野エコテクノ研究所(2008)『グリセリン混焼バーナー』<http://homepage2.nifty.com/syotakano/page004.html>
- ³⁹ 田中穰(1990)「実験化学便覧-新版-」共立出版
- ⁴⁰ 環境省(2007)「温室効果ガス排出量の算定に用いる排出係数について」
www.env.go.jp/earth/ondanka/santei_keisuu/keisuu.pdf
- ⁴¹ 東京都主税局(2008)『軽油取引税』http://www.tax.metro.tokyo.jp/shitsumon/tozei/index_n.htm
- ⁴² 趙冰(2008)『加賀市バイオマスタウン構想に関する関係者の意識調査研究』知識科学研究科修士論文平成20年度

⁴³ 川喜田二郎(1996) 『川喜田二郎著作集 第5巻 KJ法-混沌をして語らしめる』 中央公論社

⁴⁴ 丸山晋(2003) 『精神保健とKJ法』 啓明出版社

⁴⁵ 政策科学研究所(2006) 『地方自治体におけるバイオディーゼル燃料の規格化と利用に関する調査-食用油の消費と廃食用油の発生と品質-』 バイオマス情報ヘッドクォーター
<http://www.biomass-hq.jp/tech/>