

返品商品のバイオマスエネルギー利用に関する検証

Verification of Utilizing Food Product Returns for Biomass Power Generation

二武 拓也, 平野 秀斗, 阿部 優理菜、邑上 栞、下地 涼加, 秋川 卓也

要旨

食品業界における返品問題に対し、卸売業者や製造業者を中心に様々な対策が取られている。しかしながら、現状として根本的な解決は望めない。その理由として、取扱い品目の多さから需要予測が困難であることや、品切れ防止のために多くの在庫を保有する必要があることなどがあげられる。一方で、東日本大震災をきっかけとした原子力発電の問題から日本はエネルギー確保の問題に直面している。これら2つの問題に同時に貢献する手段として、返品商品をバイオマスエネルギーによる発電に利用することを提案する。提案の実現性に対する検証のために、実証実験、発電量測定、採算性計算、処理費低減の可能性の分析を行い、その結果を提示する。

1. はじめに

食品業界における加工食品の返品において、小売業者から卸売業者に対する返品額は年間396億円、卸売業者から製造業者に対する返品額は年間839億円に及ぶ¹。多くの返品商品が可食状態にも関わらず、廃棄されている。

一方で、東日本大震災における福島第一原子力発電所の事故をきっかけとして、再生エネルギーがより注目されるようになった。今後の日本において再生エネルギーの促進は重要な課題である。

そこで、本論文では返品商品をバイオマスエネルギー発電に利用することを提案する。アンケート調査、実証実験、採算性の試算などの多角的な検証でもって、実現の可能性を提示したい。

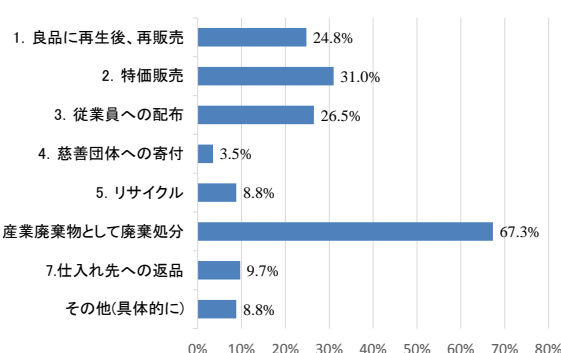
本稿でいう返品とは、小売業者から卸売業者に、または卸売業者から製造業者に商品を返す行為ないしは返された商品のことを意味する。

2. 加工食品業界の返品の現状

返品の実態把握と提案検証のために、「食品業界における物流の社会的責任に関する調査」と題したアンケート調査を行った。調査対象は、『食品メーカー総覧²』に掲載されている、全国の加工食品を取り扱う食品製造業者1279社である。回答方法はアンケートを郵送したうえで、①アンケート用紙に直接回答して返送する方法と、②ウェブサイトでもって回答してもらう2つである。2015年8月7日から11月22日にかけて実施し、135社の食品製造業者から回答を得た(回収率10.6%)。

アンケートの結果、返品率は0.64%であった。返品商品の処理方法として、再販売や特価販売も挙げられていたが、最も多い手段は廃棄処分(67.9%)であった(表1)。衛生面で不安であることや再販売のための販売可能期間が短いことなどが理由として考えられる。

表1 返品された商品の処理方法



出典: 日本大学秋川研究室による『食品業界における物流の社会的責任に関するアンケート調査』に基づく

表2は返品を発生させる主な要因である。商品の賞味期限切れ、店舗への納品期限切れ、随時の商品改廃、商品の汚損・破損などが挙げられている³。店舗への納品期限切れは、主に3分の1ルールによって引き起こされる。3分の1ルールとは、食品の製造日から賞味期限日までを3分割し、店舗への納入期限は製造日から3分の1の時点まで、販売期限は賞味期限の3分の2の時点までを限度とする商慣習である。この3分の1ルールによって、小売店の納入に至らない返品商品が発生している。

さらに企業の訪問調査から、返品商品が発生する主な根本要因が3つあることが分かった。第1に、汚破損や消費期限に対する過剰な反応である。第2に、消費者嗜好の多様化に対応するため、取り扱う品目数を多くする必要があり、商品1つ1つの需要予測をすることが困難であることである。最後に、消費者や小売業者が商品の品切れを許容しないため、常に多くの在庫が必要であるということである。こうした理由は消費者や企業の習慣的な行動に基づくものな

ので、容易には変化しないであろう。また、90年代には返品制の是非について議論された。ここでは、返品制は合理性を有するリスク転嫁策であり、製造業者や卸売業者が小売業者に対して行うチャネル統制（主に販売促進と価格統制）の効果あるものとされ⁴、一定の意義が認められている。以上のことから、返品量が抑制されることは可能であるとしても、完全になくなることは難しいといえよう。

表2 返品が発生要因

| | |
|-----------------------------------|-------|
| ① 商品の汚損・破損のため | 72.5% |
| ② 商品の賞味期限切れのため | 36.3% |
| ③ 店舗への納品期限切れのため | 32.4% |
| ④ 定番カット(随時の商品改廃)による、商品入れ替えのため | 32.4% |
| ⑤ 年2回の棚替えによる商品の入れ替え、季節品の商品入れ替えのため | 21.6% |
| ⑥ 取引先の店舗の閉店・改装のため | 18.6% |
| ⑦ 庫内破損のため | 14.7% |
| ⑧ 特売品が売れ残ったため | 13.7% |

出典:表1に同じ

3. バイオマスエネルギーについて

バイオマスとは、エネルギー源や原料として使用できる、再生可能な生物由来の動植物資源の総称である。バイオマスを利用することのメリットとしては、資源の有効利用や二酸化炭素排出の抑制などがあげられる。地球温暖化防止や循環型社会の構築に向けて、化石燃料に代わる新たなエネルギー源として期待されている。バイオマスの種類は多岐にわたるが、主に廃棄物系バイオマス、未利用バイオマス、資源作物（エネルギーや製品の製造を目的に栽培される植物）に分類される。この中でも、廃棄物系バイオマスは賦存量が多く、注目されている。

バイオマスの利用形態は、発電、熱利用、液体燃料など様々であるが、東日本大震災後の電気エネルギー問題を踏まえ、発電利用に注目した。バイオマス発電には、焼却して発生した蒸気を利用する「直接燃焼」と発酵時に発生したメタンガスを利用する「バイオガス発電」の2種類があるが、食品廃棄物を有効活用できるバイオガス発電⁵に注目した。廃棄物を資源としたバイオガス発電は、破袋・破砕したものを発酵させ、生成したガスで発電する過程をとる。

4. 検証対象

大量廃棄される加工食品の返品商品をバイオマ

スエネルギー発電に利用することを提案したい。破棄されている返品商品をバイオマス発電事業者が引き取って、発電の資源とできることを検証したい。

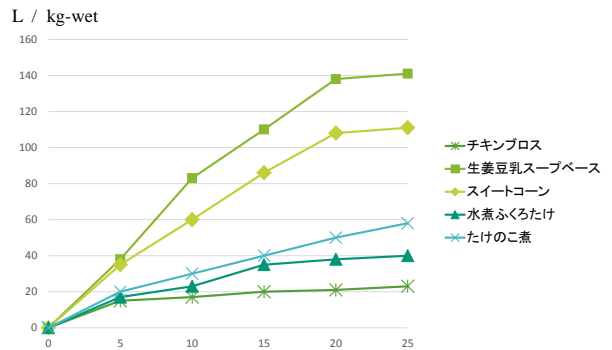
この提案の課題の1つとして、原料となる返品商品の安定確保がある。現状において、返品商品の多くは最終的には製造業者に返される。しかし、製造業者から原料確保する方法であると季節性によって供給量にばらつきが生じてしまう。

そこで、返品商品を1段階前の卸売業者から回収することを付加前提としたい。現状では、返品商品は卸売業者から製造業者に返され、現品確認後に産業廃棄物処理業者に廃棄を委託する、という物流となる。しかし、取扱商品の種類が多い卸売業者から回収を行うことができれば、特定の季節に返品商品が偏らないことから、供給量のばらつきを抑えることができる。さらに、卸売業者から返品商品を回収することで、返品商品を卸売業者から回収する輸送コストを削減できるメリットも生まれる(後述)。

5. 検証

5.1 回収から発電までのプロセス実現性

まずは、神立資源リサイクルセンターのご協力を得て、製造業者に代わって卸売業者から返品商品を受け取り、バイオマス発電事業者に持ち込んでバイオガスの原料になるかを検証した。卸売業者と目的外利用の禁止等の覚書を結び、無事に実現することができた。



注：商品状態の1kg当たりのガス発生量（ガス体積は外気温時のもの）である。発酵温度は35～37℃である。

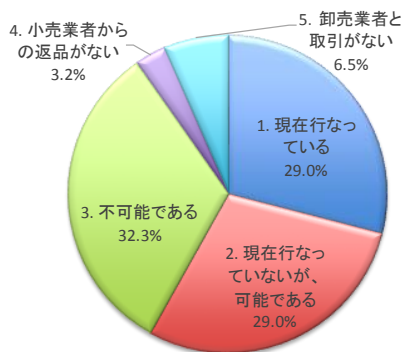
出典：佐藤茂夫氏からの提供データを基に筆者作成

図1 各種廃棄料品からのバイオガス発生量

しかし、この方法では商品ごとの可能発電量を測定できない。次に食品ごとのバイオガスを測定する実験を行なった。実験を行うにあたり、日本工業大学名誉教授である佐藤茂夫氏にご協力をいただいた。バイオガス発生装置に、卸売業者から回収した返品食品を投入し、3週間発酵させて、ガス発生量を計測した。その結果が

図1である。実験結果から発電を十分可能とするバイオガスの発生量が確認された。しかし、発生量の差異が大きいことも分かった。

さらに、製造業者が返品商品の廃棄処分を卸売業者に代行させることが可能であるか、前述のアンケート調査で検証を行なった。その結果が図2である。このように、過半数の製造業者が卸売業者に代行させることに問題がないと回答した。不可能であると回答した企業は、その主な理由として「商品の現品確認ができない」ことをあげていた。



出典：表1と同じ

図2 返品商品の廃棄処分を代行させる可能性に関する卸売業者の回答結果

5.2 バイオガス発電事業の採算性

次に、食品廃棄物を利用したバイオガス発電に事業として採算性があるかを検証するため、発電事業者側の採算性分析を実施した。バイオガス発電は再生エネルギーを利用した発電事業のなかでは初期投資が比較的高額であるため、新規参入が伸びていない。現在、日本においてバイオガス発電を行っている発電所は少数にとどまる⁶。

バイオガス発電所の数値モデルを作成し、採算性を検証した。表3のように、投資規模4億円で1日30tの廃棄物を使用した発電所モデル⁷を設定した。

表3 バイオガス発電のモデル数値

| | |
|------------------|---------|
| 事業規模 | 4億円 |
| 土地面積 | 1,500坪 |
| 稼働日数 | 360日 |
| 売電価格 (FIT 制度による) | 39円/kw |
| 1日の発電量 | 3,520kw |
| 1日の処理量 | 30t/日 |
| 処理委託費単価 | 35千円/t |
| 廃棄物運搬料 | 処理費の30% |

主な収入源は売電収入と廃棄物処理料となる。

売電収入は FIT 制度に基づくことになる。FIT 制度とは、再生可能エネルギー普及のために、電力会社に再生可能エネルギーで発電された電力を固定価格で買い取ることを義務づけた制度のことである。また、特別償却や低利融資といった公的助成制度の利用も前提とする。バイオガス施設の稼働率を1年目は50%、2年目は稼働率70%、3年目は稼働率90%とした。収益と現金収支がともに3年目で黒字になるとの試算を得た(表4)。売電収入だけでなく、廃棄物処理料の収入があることが貢献している。また、安定稼働が収益性のカギを握ることから、安定調達の重要性を認識するに至った。

しかし、将来的には収益構造は今後の技術革新でより良くなっていく可能性がある。特に、バイオガス発電のコストで相当の割合を占める排水処理と副産物利用に関する研究に注目する。

排水処理とは、バイオガス発電を行う際に原料から生じる消化液処理のことであり、この費用は大きな負担となる。現在、電気凝固⁸に関する研究や超高温可溶化技術⁹などの研究があり、処理費用の低減に今後寄与する可能性がある。副産物利用に関しては、発電により発生した二酸化炭素と熱を植物プラントで再利用する方法¹⁰が注目されている。

プラント施設であるバイオガス関連施設の生産は当然に規模の経済性が働くことから、今後バイオガスに関する技術革新が進み、新規参入企業が増加することでプラント生産が増えて、さらなる規模の経済性をもたらすと予想される。このような好循環が生まれれば、バイオガス発電により大きな発展が見込めるようになるだろう。

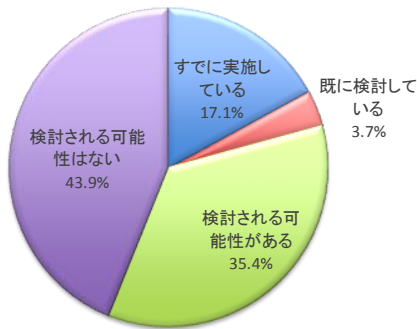
5.3 処理費低減の可能性

最後に、廃棄食品を提供する製造業者側の経済性分析を行う。食品製造業者に対して、返品商品の処分委託をバイオマスエネルギー生産が目的とした産業廃棄物業者に切り替えることが可能か、前述のアンケート調査で問うた。その結果が図3である。食品製造業者のおおよそ4割強から、切り替えを検討しないとの回答があった。その理由は、バイオガス発電における委託処理費に関する問題にある。

東京23区の焼却処分の廃棄物処理手数料は1kg当たり約15円¹¹であるが、現在の平均的なバイオガス処理委託費は1kg当たり約35円¹²であり、廃棄にかかるコストよりも高額となる。

表4 バイオマス発電事業の損益と現金収支の試算

| 年数 (稼働率) | 1年目 (50%) | 2年目 (70%) | 3年目 (90%) | 4年目 (90%) | 5年目 (90%) | 6年目 (90%) | 7年目 (90%) | 8年目 (90%) | 9年目 (90%) | 10年目 (90%) | (単位:千円) |
|-------------|---------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|--------------|----------------|---------------|---------|
| 売電収入 | 24,710 | 34,595 | 44,479 | 44,479 | 44,479 | 44,479 | 44,479 | 44,479 | 44,479 | 44,479 | |
| 処理費収入 | 189,000 | 264,600 | 340,200 | 340,200 | 340,200 | 340,200 | 340,200 | 340,200 | 340,200 | 340,200 | |
| 収入合計 | 213,710 | 299,195 | 384,679 | 384,679 | 384,679 | 384,679 | 384,679 | 384,679 | 384,679 | 384,679 | |
| 運搬委託費 | 56,700 | 79,380 | 102,060 | 102,060 | 102,060 | 102,060 | 102,060 | 102,060 | 102,060 | 102,060 | |
| 地代 | 7,500 | 7,500 | 7,500 | 7,500 | 7,500 | 7,500 | 7,500 | 7,500 | 7,500 | 7,500 | |
| 人件費 | 90,000 | 90,000 | 90,000 | 90,000 | 90,000 | 90,000 | 90,000 | 90,000 | 90,000 | 90,000 | |
| 薬品費 | 45,000 | 45,000 | 45,000 | 45,000 | 45,000 | 45,000 | 45,000 | 45,000 | 45,000 | 45,000 | |
| メンテナンス費 | 12,000 | 12,000 | 12,000 | 12,000 | 12,000 | 12,000 | 12,000 | 12,000 | 12,000 | 12,000 | |
| 減価償却費 | 37,240 | 32,287 | 27,993 | 24,270 | 21,042 | 18,243 | 15,817 | 13,713 | 11,889 | 10,308 | |
| 特別償却 | 120,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 支払利息 | 5,882 | 5,642 | 5,378 | 5,109 | 4,837 | 4,560 | 4,279 | 3,994 | 3,704 | 3,410 | |
| その他雑費 | 42,742 | 59,839 | 76,936 | 76,936 | 76,936 | 76,936 | 76,936 | 76,936 | 76,936 | 76,936 | |
| 経常利益 | -203,353 | -32,454 | 17,812 | 21,804 | 25,304 | 28,380 | 31,087 | 33,476 | 35,589 | 37,465 | |
| 法人税等 | 0 | 0 | 5,344 | 6,541 | 7,591 | 8,514 | 9,326 | 10,043 | 10,677 | 11,239 | |
| 税引後利益 | -203,353 | -32,454 | 12,469 | 15,263 | 17,713 | 19,866 | 21,761 | 23,433 | 24,913 | 26,225 | |
| 借入金返済 | 23,162 | 23,162 | 23,162 | 23,162 | 23,162 | 23,162 | 23,162 | 23,162 | 23,162 | 23,162 | |
| 減価償却費 | 157,240 | 32,287 | 27,993 | 24,270 | 21,042 | 18,243 | 15,817 | 13,713 | 11,889 | 10,308 | |
| 現金収支 | -69,275 | -23,329 | 17,299 | 16,370 | 15,593 | 14,947 | 14,416 | 13,984 | 13,640 | 13,371 | |
| 建設費 | 4億円(日本政策金融公庫からの借入れ) | | | 人件費 | 450万円×20人 | | | 支払利息 | 借入金残額に対して1.5% | | |
| 売電収入 | 稼働日×1日当たり発電量×売電価格 | | | 薬品費 | 参考文献参照 | | | その他雑費 | 収入の20% | | |
| 処理費収入 | 1日の処理量×処理委託費単価 | | | メンテナンス費 | 参考文献参照 | | | 法人税等 | 経常利益×実効税率(30%) | | |
| 運搬委託費 | 処理費収入の3割として計算 | | | 減価償却費 | 耐用年数15年。定率法 | | | | | | |
| 地代 | 5,000円/坪/年 | | | 特別償却 | 取得価格の30%を初年度に | | | | | | |



出典: 表1と同じ

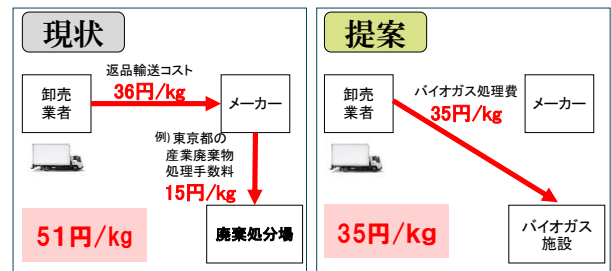
図3 産業廃棄物業者の切換えに関する回答結果

しかし、この問題は返品を製造業者からではなく、卸売業者から回収することで改善が可能である。返品商品を卸売業者から回収すれば、輸送の経路を減らしてコストを削減することが可能となる(図4)。日本ロジスティクスシステム協会の物流コスト調査における返品物流費のデータに基づいた試算結果から、返品輸送コストが36円/kg¹³であることが分かった。この結果は、コスト負担の差額を十分に補填する可能性を示唆する。

6. まとめ

食品業界では、返品商品を減らしたい意向があるが、根本的な解決が難しい現状がある。本稿では、加工食品の廃棄返品商品をバイオマスエネルギーとして発電に利用することを提案し、その検証でエ

ネルギー問題の解決に貢献する可能性を提示した。



注: 最終輸送費は同額とし、埋没費用として比較対象としていない。

図4 廃棄処分とバイオガス処理のコスト比較

一方で、検証から新たな課題が見出された。その1つが、食品の組み合わせである。季節性だけでなく、発電エネルギーを踏まえた組み合わせが必要であることが分かった。調達先の厳選が必要であるが、それは安定調達とのトレードオフ関係にある。この関係を克服する手立てが必要であろう。次に、卸売業者から円滑な回収方法についてである。現品確認等の問題を解決するためには、メーカー・卸・発電事業者の3者による事業スキームを構築する必要がある。最後に、技術革新についてである。新技術のキャッチアップと早期導入が収益構造に大きな影響を与えると考えられる。

謝辞

今回、訪問調査やアンケート調査をとおして、ご協力頂いた方々に、この場を借りて心より感謝申し上げます。

数値を乗じた数値を、返品商品の重量単位に換算するために平均返品率で除すれば、返品輸送コストが約 36 円/kg と算出される。

注記

- 1 製・配・販連携協議会(2014)『第 1WG 報告書 返品削減に向けた取組み進捗日付情報ガイドラインのフォローアップ』<<http://www.dsri.jp/forum/pdf/2014wg1.pdf>> (2016年7月12日参照)
- 2 日本食糧新聞社(2010)『食品メーカー総覧』,日本食糧新聞社.
- 3 表 1 の質問内容は注記 1 の文献に依拠する。
- 4 先行文献のレビューは以下の文献を参考のこと。秋川卓也 (2016)「流通段階間における協調的な在庫管理による返品削減」『商学研究』第 32 号, 45-67 ページ.
- 5 新エネルギー・産業技術総合開発機構編 (2014)『NE DO 再生可能エネルギー技術白書 第 2 版—再生可能エネルギー普及拡大にむけて克服すべき課題と処方箋—第 4 章 バイオマスエネルギー』, 20 ページ.
- 6 食品廃棄物を利用したバイオガス発電を行っている事業者として、例えばバイオエナジー株式会社、日立セメント株式会社がある。以上の事業者には訪問調査を実施している。
- 7 プラントエンジニアリング会社、バイオガス発電事業者への訪問調査から得た情報と以下の文献参照。川尻明克 (2013)「バイオガスプラント導入時事業の選択による差別化 事業説明書」日本経済調査協議会シンポジウム「日本の自然資源と技術でバイオマスガス・オイル革命をリードしよう！」配布資料。山口奈保実, 浦出俊和, 上甫木昭春 (2012)「八木バイオエコロジーセンターにおけるバイオガス化施設の実態とその評価に関する研究」『ランドスケープ研究』, 75(5), pp. 683-686.
- 8 Zhiguo Liua, David Stromberga, Xuming Liub, Wei Liaoa, and Yan Liua (2015),"A New Multiple-Stage Electrocoagulation Process on Anaerobic Digestion Effluent to Simultaneously Reclaim Water and Clean up Biogas," *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 285, pp. 483-490.
- 9 Shojiro Osumi, and Jun Tsubota (2010), "Estimation of Improved Energy Balance of Anaerobic Digestion Plant by Hyper Thermal Hydrolysis," *Journal of the Japan Institute of Energy*, Vol. 89, No.2, pp.167-171.
- 10 Travis Dauwalter (2012), *Houweling's Greenhouse: CH P Case Study*. <http://www.usea.org/sites/default/files/event-/Houweling's%20Case%20Study%20USEA_Dauwalter_%20100212.pdf> (2016年7月12日参照)
- 11 複数の産業廃棄物処理業者のウェブページで記載されている料金表から算定した。
- 12 バイオガス処理事業者への訪問調査から得た情報より算出した。
- 13 日本ロジスティクスシステム協会の『2014 年度物流コスト調査報告書』によると、1社あたりの物流コストは 24,800 円/t(24 ページ)、そのうちリバース物流に掛かるコストは 2.67% (59 ページ)である。また、リバース物流のうち返品輸送に係るコストは 35.1% (60 ページ)である。これら3つの