

有機系廃棄物処理におけるバイオガスプラント導入のGHG 削減効果：LCA を用いたバイオガスプラント処理と焼却処理の比較

辻林, 英高

九州大学大学院農学研究院農業資源経済学部門農業資源経済学講座環境生命経済学研究室

高橋, 義文

九州大学大学院農学研究院農業資源経済学部門農業資源経済学講座環境生命経済学研究室

矢部, 光保

九州大学大学院農学研究院農業資源経済学部門農業資源経済学講座環境生命経済学研究室

<https://doi.org/10.15017/7169357>

出版情報：九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 79 (1), pp.1-8, 2024-02. Faculty of Agriculture, Kyushu University

バージョン：

権利関係：



有機系廃棄物処理におけるバイオガスプラント導入の GHG 削減効果 —LCA を用いたバイオガスプラント処理と焼却処理の比較—

辻林英高¹・高橋義文・矢部光保*

九州大学大学院農学研究科農業資源経済学部門農業資源経済学講座環境生命経済学研究室
(2023 年 11 月 6 日受付, 2023 年 11 月 6 日受理)

GHG Reduction Effects of Introducing Biogas Plants for Organic Waste Treatment —Comparative of biogas plant treatment vs. incineration using LCA—

Hidetaka TSUJIBAYASHI¹, Yoshifumi TAKAHASHI and Mitsuyasu YABE*

Laboratory of Environmental Economics, Division of Agricultural and Resource Economics, Department of Agricultural and Resource Economics, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 819-0395, Japan

はじめに

2020 年 10 月, 菅元総理大臣は「集中豪雨, 森林火災, 大雪など, 世界各地で異常気象が発生する中, 脱炭素化は待ったなしの課題だ. 同時に, 気候変動への対応は, わが国経済を力強く成長させる原動力になるという思いで『2050 年カーボンニュートラル』を宣言し, 成長戦略の柱として取り組みを進める」と語った.

その後 2022 年の日本の平均気温は観測史上最高となり, 同年はイギリス, ドイツ, フランス, スペイン, ニュージーランドでも年平均気温の観測史上最高を記録した. こうした近年の気温や海水温上昇により, 日本では大雨, 短時間の豪雨, 夏季の酷暑, 冬季の短期間でのドカ雪などが増加していると分析されている (気象庁, 2023). 菅元総理が述べた通り, 気象変動に起因するリスクへの対応として温室効果ガスの排出削減は喫緊の課題であろう.

このように気象変動に起因するリスク対応として脱炭素化, すなわち温室効果ガスの排出削減を課題とした場合, 社会には様々な排出源がありそれぞれに対応策がある. 本稿では, 行政部門における生ごみなどの有機系廃棄物の処理について, バイオガスプラント処理のケースと, 焼却処理のケースを比較し, どちらのケースで温室効果ガスの排出が多いのかを確認した. また両ケースにおける経済性についても比較し社会実装の可能性についても追及した.

バイオガスプラントとは

1. バイオガスプラントとバイオガスについて

バイオガスプラントは微生物を活用した有機系廃棄物処理施設である. 簡単にバイオガスプラントの仕組みに触れると, バイオガスプラントは密閉したタンクのような空間に対象となる生ごみ, 家畜糞尿などの有機系廃棄物を原料として投入し, 主にメタン菌の活動により投入物を発酵・分解する処理方式である. 対象は生ごみ, し尿, 家畜糞尿, 下水汚泥などであり, これらは含水率が高い有機物系廃棄物であるという特徴を持つ (含水率 80 ~ 98%).

発酵期間は, 前段の可溶化, 酸発酵, その後のメタン発酵を含めて 20 ~ 30 日程度である. 発酵工程で発生するガスをバイオガスと呼び, その内訳はメタンガス約 60%, 二酸化炭素約 40%, その他, 硫化水素等が含まれる. バイオガスの利用に際しては硫化水素の除去装置を設ける必要がある. 硫化水素の除去後のバイオガスは内燃機関方式の発電機の燃料として, 二酸化炭素を取り除くことなく直接使用できる. よって発電した電力をバイオガスプラント施設内で消費することもできるし, 系統接続すれば外部に電力を供給・販売することもでき, これがバイオガスプラントの経済的魅力となっている. さらに最近ではバイオガスプラントのメタンガスから水素を生産する技術開発なども進んでいる.

¹有限会社 環境ビジネスソリューション

¹Environmental Business Solution Inc,

*Corresponding author (E-mail: yabe@agr.kyushu-u.ac.jp)

バイオガスプラントでは微生物の活動を保つために発酵槽を適温（例えば一般的な中温発酵で35～37℃）に保たなければならないので加温が必要な場合は、その熱源として蒸気や温水が必要となる。そのため冬季間の寒冷地などではバイオガスの自家消費量が増え、エネルギー収支は悪化傾向となる。

2. バイオガスプラント消化液について

バイオガスプラントではバイオガスのほかに発酵残渣液が発生し、これを消化液と呼ぶ。消化液は原料の有機物が分解された後の液状の滓であるが、窒素、リン、カリ、その他微量栄養素を含んでおり農業利用が可能である。消化液の発生量は投入した原料とほぼ同じとなる。消化液の肥料成分は投入原料に依存する。

消化液はそのまま農地に散布することもできるが、その濃度は一般の化学肥料と比較して薄い液肥であるために特有のコストがかかる。具体的には大量の消化液の貯蔵・保管に関するコスト、消化液保管タンクから農地までの運搬コスト、そして農地への散布コストである。農作物に応じて肥料の散布時期が異なるので、消化液をほとんど散布できない時期もあれば田植えの時期などは散布が立て込むなど、地域農業の施肥スケジュールに見合った容量の消化液タンクの設置、運搬車両、散布車両、それらの運用人員を用意し管理する必要がある。消化液は有機物由来の肥料として、露地栽培の水稲、麦、レタス、高菜、スイートコーン等々に関して、消化液を使い慣れている一部の地域の農家から高い評価を受けている。しかし消化液はSS分が多いため細い配管を詰まらせるので園芸栽培等には使用できないといった短所もある。

消化液にはこうした実績があるにも関わらず、これまで日本では北海道や西日本、北陸、岩手県などの一部の地域を除き、ほとんどの地域で農業利用されずに廃棄物として扱われ、浄化処理されるというのが一般的な状況である。ところがウクライナ戦争以降、消化液は再度貴重な肥料資源として注目されはじめている。

バイオマス利活用における方針と実際

1. 家庭由来生ごみのリサイクル率低迷

日本のバイオマス利活用の指針であるバイオマス推進基本法は、第1次バイオマス活用推進基本計画が2010年（平成22年）に策定され、その後、第2次として2016年（平成28年）に修正され、さらに第3次計画として2021年（令和4年）に変更がなされた。この第1～3次の間、常に利用率が低迷しているのが家

庭由来の生ごみである。家庭からの生ごみの再利用率は2009年6%、2020年7.5%である。国としては焼却処理に不向きな含水率の高い生ごみ等の有機系廃棄物をバイオガスプラントで処理し、再生可能エネルギーを生産し、さらに肥料成分も自国農業で有効活用したい方針であるが、実際にはそのようにはなっていない（内閣府ら、2021；内閣府ら、2016；内閣府ら、2022；環境省、2023）。

東日本大震災を契機に再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT）が導入され、金銭的な動機付けが得られたことから民間部門のバイオガスプラントの導入件数は増え続けており、2021年度では245件となっている。さらに2050年度では1,040～1,415件に大幅に増加すると推計されている（日本有機資源協会・木質バイオマス協会、2023）。一方で地方行政が担う家庭由来の生ごみを原料とするバイオガスプラントは2023年現在で24件と低迷している（環境省、2023）。現状ではこのように、家庭由来の生ごみが積極的にバイオガスプラント処理され、再生可能エネルギーを生産し、かつ農業用肥料として再資源化されるという動きはほとんど見られない。また民間のFITを目当てとしたバイオガスプラント事業においても、そのほとんどのケースで消化液は廃棄物として扱われている。

2. エネルギー収支で見たバイオガスプラント活用

2012年9月のバイオマス活用推進会議では、個別重点戦略として食品廃棄物、下水汚泥、家畜排泄物の各バイオマス資源について、バイオガスプラントでの処理が第一の手法として示されている。その理由として食品廃棄物と下水汚泥については、そのエネルギーポテンシャルの高さが挙げられている。具体的には乳牛などの畜産廃棄物処理をバイオガスプラント処理するケースで、寒冷地（北海道）で冬季の発酵槽加温のためにバイオガスを自家消費してもトータルのエネルギー収支がプラスになることが確認されている（石田ら、2001）。また、地方行政が一般廃棄物の生ごみ等の食品廃棄物に加え、地域内の畜産業から発生する豚糞尿や酒造業からの焼酎かす等を原料としたバイオガスプラントでエネルギー収支がプラスになることも報告されている（浜坂、2013）。

一方、本稿で調査した大木町（福岡県）のケースでは、一般廃棄物として収集される家庭由来の生ごみや小規模な事業系生ごみ、し尿、浄化槽汚泥のみをバイオガスプラント処理しており、この時のエネルギー収支はマイナスであった。つまり大木町のように一般廃棄物

を主な対象として、民間部門から積極的に有機系廃棄物を受け入れないバイオガスプラント活用事例では、施設運転のための自己消費エネルギーの約7割を生産するに留まっていた（詳細後述）。このようにエネルギー収支という視点では原料を一般廃棄物に限定したバイオガスプラント運営は効率が悪いように見える。次節ではLCAの視点で、同じく大木町のバイオガスプラント処理と東彼杵町（長崎県）の焼却処理の比較を試みる。

有機系廃棄物のバイオガスプラント処理と焼却処理のLCA比較

1. 本LCAの目的

バイオマス活用推進基本計画等で長い期間課題となっている家庭由来の生ごみを中心とした有機系廃棄物について、バイオガスプラント処理と焼却処理の2つのタイプの環境コストと経済コストを試算、比較する。環境コストについては温室効果ガスを指標とし、経済コストはイニシャル費用とランニング費用を指標とする。温室効果ガスは以下の6ガスを対象とする。^(注1)

- ・CO₂ 二酸化炭素
- ・CH₄ メタン
- ・N₂ 一酸化二窒素
- ・HFCs ハイドロフルオロカーボン類
- ・PFCs パーフルオロカーボン類
- ・SF₆ 六フッ化硫黄

これら温室効果を持つ6ガスをGHG（Greenhouse Gasの略）と呼ぶ。GHG量を表す際には、各ガスの温室効果をCO₂換算し「重量-CO₂」として表記する。

2. LCAの概要

2つの異なる処理システムにおいて運営実態に沿った環境コストと経済コストを明らかにするために、原料（生ごみ等）の収集運搬や最終残渣の利用・処分を含めたシステム全体のプロセス分析法を用いる。バイオガスプラント処理については大木町（福岡県）の2011年度と2012年度の平均データを、焼却処理については東彼杵町（長崎県）の2013年度のデータを使用した。対象とする2町の処理プラントの概要は表1の通り。

表1 大木町のバイオガスプラント、東彼杵町の焼却施設の基礎情報

	大木町	東彼杵町
人口(人)	14,500	8,500
面積(km ²)	18.4	74.3
施設名称	大木町バイオマスセンターくるるん	東彼地区清掃工場
方 式	メタン発酵中温湿式発酵	ストーカー式焼却炉・準連続運転
処理能力 (実績値)	生ごみ 約1,200t/年 し尿 2,360t/年 浄化槽汚泥 8,170t/年	【東彼杵町】 生ごみ 約600t/年 生ごみ以外の可燃ごみ 約1,400t/年 【3町合計】 生ごみ 約3,000t/年 生ごみ以外の可燃ごみ 約7,000t/年
運営方法	大木町の単独運営	東彼杵町を含め3町で運営 (東彼杵町、川棚町、波佐見町)
竣工	2006年	竣工 1981年 改修 2002年

^{注1} 本LCAは「東彼杵町バイオマス活用促進ならびに調査業務報告書」と「液肥利用を含むバイオガスプラントと液状コンポストプラントの効率性比較 -LCAを用いた温室効果ガス排出及び処理費用の推計-」で実施したLCA調査をベースにしている（東彼杵町，2014；辻林・矢部，2019）。東彼杵町の報告書が作成された経緯は、当時、東彼杵町では一般廃棄物焼却施設・東彼地区清掃工場の更新準備に入っており、次期施設としてバイオガスプラントを検討するためというものであった。東彼杵町では、循環の町づくりとして全国的に有名だった大木町のバイオガスプラントシステムや消化液の農業利用、さらに消化液で栽培した農産物の町おこしへの活用などについても調査を行った。よって本LCAのGHG算出データは2013年当時のIDEA ver1.1を使用している。また経済コストの算定においても調査を行った2011～2013年の金額を用いている。ちなみにその後、東彼杵町では単独で廃棄物に関する将来構想を決められないという難しさもあり、他の2町とともに従来型の焼却路線を踏襲している。

3. 評価範囲とインベントリ分析

(1) 大木町の有機系廃棄物処理の評価範囲

対象となる有機系廃棄物（生ごみ、し尿、浄化槽汚泥）の収集運搬工程から、プラントでの処理変換工程、そして消化液利用工程まで「おおき循環センター くるるん」での実際の業務の通りとした。図1の点線囲の部分でLCA評価範囲となる。大木町のケースでは町が収集から町内農家への消化液散布までを行っているの、それら全てを評価範囲としている。大木町のバイオガスプラントでは生ごみ、し尿、浄化槽汚泥が原料として投入されており、それら全ての処理にかかるGHGを算出している。よって得られる結果は生ごみ、し尿、浄化槽汚泥の混合物1t当たりに排出されるGHGであり、生ごみ処理だけのものではない。しかし、地方や農村部の自治体が一般廃棄物処理にバイオガスプラントを導入する場合、これら生ごみ・し尿・浄化槽汚泥をセットで同時に処理することで、バイオガスと消化液の両方の活用が容易になること、さらに大木町では経済性が高く評価されていることから、実際の大木町のプロセスをそのまま評価範囲とした。なお、発生したバイオガスは全て自家消費しているの、その分を消費電力から差し引いている。

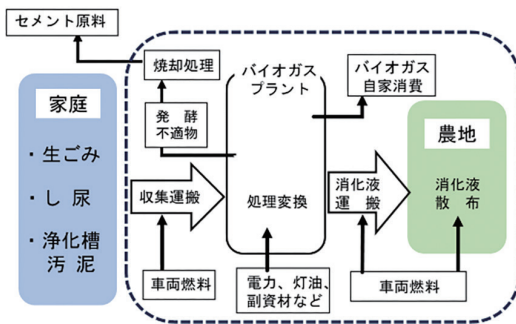


図1 バイオガスプラント処理の評価範囲

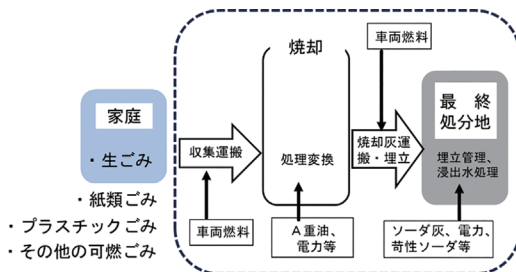


図2 焼却処理の評価範囲

(2) 東彼杵町の有機系廃棄物処理の評価範囲

東彼杵町では実際には他の2町と共同で東彼地区清掃工場において、生ごみ、プラスチックごみ、紙類ごみ、その他の可燃ごみが廃棄物として焼却処理されている。評価範囲は大木町と同様に、収集から処理変換（焼却）、最終処分場での埋立管理まで（埋め立て後1年分）とした。3町の可燃ごみ排出量、可燃ごみ組成分析結果から東彼杵町の生ごみ湿重量を按分し、これを対象とする有機系廃棄物として、そのGHGを算出した。よって評価範囲は図2の点線囲のようになる。なお、生ごみの焼却時に排出されるガスはカーボンニュートラルとしてカウントしない。

分析結果

1. GHG排出量

(1) GHG排出量：バイオガスプラント処理、大木町

表2に示すように、大木町のGHGの排出量は原料（生ごみ、し尿、浄化槽汚泥の混合物）1トン当たり24kg-CO₂となった。工程ごとのGHG割合は、バイオマス資源回収工程28%、プラント内処理工程68%、農地での散布工程（消化液保管タンクから農地までの輸送を含む）4%である。GHGの排出原因として注目すべき項目はプラント内処理工程での電力22%である。発生したバイオガスは発電機の燃料として消費し、その電力を施設内で消費しているが、それだけで施設全体に必要な電力を賄うことができず、電力会社から電力を購入している。バイオガスでの発電量は237,655 kWh/年、購入電力は98,738kWh/年、それと太陽光発電の発電量が12,092kWh/年であり、バイオガスでの電力自給率は68%となる（前述のエネルギー収支の値）。

また大木町では発生する消化液全量を農業利用しており、その運搬・散布工程では、収集工程と比較しても1/7のGHG排出量で済んでいることがわかる。生ごみ・し尿・浄化槽汚泥の収集工程では事業全体の28%のGHGを排出しているが、消化液の運搬と散布工程では4%のGHG排出となっている。このように大木町の例では消化液の農地利用がGHG発生要因としては極めて小さいことがわかる。

(2) GHG排出量：焼却処理、東彼杵町

表3で示すように、東彼杵町のGHGの排出量は原料（生ごみ）1トン当たり233kg-CO₂であった。バイオガスプラント処理と比較して約10倍のGHG排出量である。工程ごとのGHG割合は、収集工程4.3%、焼却工程95.1%、焼却灰運搬・埋立工程0.03%、埋立管理（浸

表2 バイオガスプラントでの生ごみ等1トン当たりの処理にかかるGHG、各工程のGHG割合

ID	項 目	kg-CO ₂	工 程	GHG 排出割合
1	生ごみ輸送	1.3830	バイオマス資源収集 (車両燃料由来)	28%
2	し尿輸送	1.2465		
3	浄化槽汚泥輸送	3.8705		
4	除砂輸送	0.0051	プラント内処理 (処理工程中に発生 する廃棄物由来)	5%
5	除砂処理	1.0989		
6	生ごみ不燃物輸送	0.0043		
7	生ごみ不燃物処理	0.1038		
8	前処理し渣輸送	0.0009		
9	前処理し渣処分	0.0217		
10	発酵槽堆積物輸送	0.0005		
11	発酵槽堆積物処分	0.0108		
12	電力使用(買電して消費した分)	5.2373	プラント内処理 (購入電力由来)	22%
13	灯油の輸送	0.0002	プラント内処理 (副資材由来)	41%
14	灯油の燃焼	0.3051		
15	活性炭の製造	4.6103		
16	活性炭の輸送	0.0007		
17	ポリ鉄の製造	3.3201		
18	ポリ鉄の輸送	0.0096		
19	硫化鉄の製造	0.1190		
20	硫化鉄の輸送	0.0006		
21	苛性ソーダの製造	1.1845		
22	苛性ソーダの輸送	0.0071		
23	次亜塩素酸ソーダの製造	0.0170		
24	次亜塩素酸ソーダの輸送	0.0003		
25	上水の利用	0.1578		
26	液肥の散布	0.8737	農地での液肥利用 (車両燃料由来)	4%
合 計		24		100%

表3 焼却施設での生ごみ等一般廃棄物1トン当たりの処理にかかるGHG、各工程のGHG割合

ID	項 目	kg-CO ₂	工 程	GHG 排出割合
(1)	生ごみ輸送	9.9136	ゴミ収集	4.3%
(2)	A重油の輸送	0.1116		
(3)	A重油の燃焼	113.2678	焼却	95.1%
(4)	電力使用(焼却場)	100.9667		
(5)	上水の利用	0.7559		
(6)	消石灰の製造	2.8941		
(7)	消石灰の輸送	0.0641		
(8)	活性炭の製造	3.0725		
(9)	活性炭の輸送	0.0075		
(10)	キレート剤の製造	0.4376		
(11)	キレート剤の輸送	0.0075		
(12)	焼却灰の輸送(焼却場から埋立場)	0.0282	焼却灰運搬・埋立	0.03%
(13)	焼却灰の埋立(重機)	0.0387		
(14)	電力使用(埋立場)	0.1437	埋立管理 (浸出水処理)	0.57%
(15)	希硫酸の製造	0.00003		
(16)	希硫酸の輸送	0.0001		
(17)	液体苛性ソーダの製造	0.2612		
(18)	液体苛性ソーダの輸送	0.0045		
(19)	メタノールの製造	0.0178		
(20)	メタノールの輸送	0.0003		
(21)	塩化第2鉄の製造	0.0518		
(22)	塩化第2鉄の輸送	0.0017		
(23)	ソーダ灰の製造	0.7648		
(24)	ソーダ灰の輸送	0.0156		
(25)	凝集剤の製造	0.0627		
(26)	凝集剤の輸送	0.0001		
合 計		233		100%

出水処理) 0.57%である。GHGの排出原因として注目すべき項目は焼却工程で使用される助燃材 (A重油) と電力である。助燃材については、生ごみ1トン当たりA重油37リットルが消費されていた^{*}。

上記のGHG排出量の比較より、仮に現在焼却処理している全国のご家庭由来生ごみ692万トン(環境省, 2023)をバイオガスプラント処理に変更した場合に削減できるGHGは1,446,280t-CO₂(約145万トン-CO₂/年)となる。

(3) LCA分析における設備等の扱い

LCAでは製品やサービスの「ゆりかごから墓場まで」を評価するが、設備や建築物であるイニシャル分をフロー分と同様にプロセス分析法で評価する場合、そのデータ収集には膨大な労力が必要となる。2018年のEUの再生可能エネルギー指令(Renewable Energy Directive)の改正版(RED II)では、再生可能エネルギーのLCAの方法論において「機械ならびに設備からのGHG排出分は考慮しない」とされた(European Parliament and of the Council, 2018)。このEUの方針等を参考として、経済産業省のバイオマス持続可能性ワーキンググループにおいても「発電所やバイオマス燃料の製造工場などの設備建設による排出は考慮しない」という案が出されている(経済産業省, 2023)。よって本稿においても設備、建設物、車両等のイニシャル分に関するGHGはカウントせず、GHG算出はフロー分のみを対象としている。

2. 経済コスト

評価範囲はGHGと同様で図1、図2の点線囲の部分である。大木町のバイオガスプラント処理では、収集・処理・農地散布までが評価範囲である。東彼杵町の焼却処理では、収集・処理・埋立管理までとなる。

具体的には次のようにイニシャルコストとランニングコストを算出し、両システムの生ごみ等処理の費用を求めた。イニシャルコストについては、大木町は施設費7.9億円の償還期間(＝ライフタイム)50年として計算。東彼杵町では1981年の焼却場建設費7.4億円、2002年の改修費14.2億円の各値を2017年度(設備更新直前)が最終年としてそれぞれの使用年数で除し、可燃ごみ処理量(湿潤量)に占める東彼杵町の生ごみ処理にかかる分を算出した。車両の購入がある場合は車格によって耐用年数を5年、6年、7年と設定し、耐用年数を超過して稼働しているものは耐用年数＝稼働年数として計算した。施設、車両ともに残存価格は取得額の0%とした。ランニングコストはフローデータをもとに副資材や水光熱費、人件費やプラント内の機器や車両に掛かる修繕費、消耗品費等の実数を求めた。外部委託費がある場合はこれを加えた。これらを合計したものをランニングコストとした。大木町における消化液の保管に関するイニシャルコスト、消化液散布に係る人件費や車両燃料費等も全て含まれる。東彼杵町についてはランニングコスト合計から同町の生ごみ分のみを求めた。数値、金額等はいずれも両町へのヒアリングによるものである。

結果は表4の通り、生ごみ等の処理費用はバイオガスプラント処理では約9,000円/t、焼却処理では約21,000円/tとなり、バイオガスプラントが半分以下の処理費用で済んでいる。なお、この値についてはGHG算出の際に説明したのと同様に、東彼杵町の焼却処理ケースでは生ごみ1t当たりの処理費用(年間)であるが、大木町のバイオガスプラント処理ケースでは、生ごみ・し尿・浄化槽汚泥の混合物1tの処理費用(年間)となっている。

イニシャルコストに関しては約5倍、焼却施設の方が高くなっていた。ランニングコストではバイオガス

表4 バイオガスプラントと焼却の経済性比較

項 目	大木町 バイオガスプラント	東彼杵町 焼却
イニシャルコスト	2,204円	10,845円
ランニングコスト	6,949円	9,945円
1t当たりの処理費用	9,153円/t	20,799円/t

^{*} 含水率80%の生ごみ1トンを燃焼させるためには約3,700MJ、A重油換算で96リットルが必要と試算される(生ごみ温度20℃、焼却炉の熱損失係数を1.8と仮定)。同焼却施設では実績値として生ごみ1トン当たりA重油37リットルを消費しており、よって不足する熱量は混焼している他の紙類やプラスチック類などの熱量が使われたと推測される。

プラント約7,000円、焼却約10,000円であり、やはりバイオガスプラントが安価であり、かつバイオガスプラントのケースでは消化液の農地還元サービスまで含めており循環型社会形成という点からも評価できる。

む す び

大木町はバイオガスプラントならびにメタン消化液の農業利用を核とした資源循環事業の成功事例として全国的に有名な町である。しかし、大木町のバイオガスプラントのエネルギー収支はマイナスである。この事実は行政部門の担当者等に、家庭由来の生ごみ等を対象としたバイオガスプラント処理はエネルギー効率が悪いのかのような誤解を与えてしまうかもしれない。しかしLCAで同バイオガスプラント処理と、東彼杵町の焼却処理を比較した場合は、約10倍バイオガスプラント処理の方でGHG排出量が少ないことが確認できた。また経済性評価ではバイオガスプラントの方で費用が半減するという結果であり、社会実装への最大の課題である財政面での不安が少ないことも確認された。

すなわち地方行政における脱炭素化のひとつの方策としては、生ごみなど含水率が高い廃棄物を、化石燃料を助燃材として燃焼させて処理するという従来型の方法は減少させ、バイオガスプラント処理を拡大する事が有効であると考えられる。またバイオガスプラント処理では、副産物のメタン消化液全量を肥料として農地利用することを計画当初から織り込むことで、肥料自給率を高めることも可能となる。

一方で全国的なバイオガスプラント処理の普及（GHG減少）、ならびに発生するメタン消化液の農業利用（肥料自給率向上）を図るためには、都市部で大量発生することになるメタン消化液の効率的な利用方法を検討しなければならない。この課題解決手法として、例えばメタン消化液の改質技術や濃縮技術を高め、園芸栽培や植土工場での利用が可能になれば、より都市に近い場所でメタン消化液が消費できるようになると考えられる。

なお、今後の研究課題としては以下のようなものがある。

(1) 焼却方式、バイオガスプラント方式以外の手法の検討

焼却、バイオガスプラント以外の生ごみ等の処理方法として溶融炉があり、これを比較対象としたLCAも必要と考えられる。また近年、一般廃棄物の可燃ごみ・生ごみ等の処理手法として、バイオガスプラントと焼却の両方を備えたコンバインド方式が導入され始

めているが、このコンバインド方式についても精査が必要と考えられる。

(2) メタン消化液の農業利用によるGHGの変化

メタン消化液が農地利用され肥料自給率が高まることで変化するGHGや、肥料製造事業者等への影響を確認する必要があると考えられる。

(3) バイオガスプラントの都市部での対応

今回のバイオガスプラント処理の事例は、副産物である消化液の全量を地域農業で使用する農村型の事例を参考としている。よって仮に日本全国に広くバイオガスプラントが普及した場合、都市部でより多くのメタン消化液が発生することになる。その大量のメタン消化液をどのように農村部に運搬し利用するのか、あるいは都市または都市近郊でいかにメタン消化液を効率的に利用するのかという課題が残る、今後のメタン消化液改質や濃縮等の技術進歩を待つ必要がある。

謝 辞

本研究はJSPS科研費 JP 22H02446 の助成を受けたものです。研究分担は、辻林がLCAデータの分析と論文の主たる執筆、高橋はデータ分析の支援、矢部は本研究全般の指導を行いました。

要 約

LCAは脱炭素を目指す社会において、事業者から提供される製品やサービスの温暖化ガス排出量を可視化させ、さらにそれらの社会実装を想定した場合に見落としがちな課題を発見するためにも有効な分析手法である。大木町のし尿・生ごみのバイオガス処理について、エネルギー収支という視点のみで見るとマイナスであった。しかし、LCAにより、同バイオガスプラント処理と焼却処理を比較した場合、バイオガスプラント処理の方でGHG排出量が10分の1になり、少ないことが確認できた。また経済性評価ではバイオガスプラント化により、費用が半減するという結果であった。この時、経済性評価で用いた評価範囲はLCAと同じである。今回は、温室効果ガス評価と経済性評価の両方でバイオガスプラント化が優位であった。

キ ー ワ ー ド

LCA、バイオガスプラント、液肥、生ごみ、し尿

文 献

European Parliament and of the Council 2018 On the Promotion of the Use Of Energy From Renewable

- Sources (Recast). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02018L2001-20181221> (Retrieved November 02, 2023)
- 浜坂岳暢 2013 日田市バイオマス資源化事業における温室効果ガス排出量と経済性に関する評価分析. 農村計画学会誌, **32** (Special Issue) : 179-184
- 東彼杵町 2014 東彼杵町バイオマス活用促進ならびに調査業務報告書. 12-20 頁
- 一般社団法人日本有機資源協会・一般社団法人木質バイオマスエネルギー協会 2023 国産バイオマス発電の導入見通し. https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/030_03_00.pdf (2023年11月2日参照)
- 石田哲也・岡本 隆・石渡輝夫・松田従三・福尾克也 2001 個別型バイオガスプラントの本土環境とエネルギー収支. 北海道開発土木研究所月報, **584** : 25-30
- 環境省 2023A 食品廃棄物等の利用状況等 (令和2年度推計). <https://www.env.go.jp/content/000140159.pdf> (2023年11月2日参照)
- 環境省 2023B 全国のメタンガス化施設リスト. <https://www.env.go.jp/recycle/waste/biomass/data/facilitylist.pdf> (2023年11月2日参照)
- 経済産業省 2023 FIT/FIP 制度におけるバイオマス燃料 (新規燃料) のライフサイクル GHG 排出量の既定値について (案) https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/shin_energy/biomass_sus_wg/pdf/024_s01_00.pdf (2023年11月2日参照)
- 気象庁 2023 気候変動監視レポート2022 世界と日本の気候変動および温室効果ガス等の状況. https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/monitor/2022/pdf/ccmr2022_all.pdf (2023年11月2日参照)
- 内閣府・総務省・文部科学省・農林水産省・経済産業省・国土交通省・環境省 2010 バイオマス活用推進基本計画. <https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/attach/pdf/index-7.pdf> (2023年11月2日参照)
- 内閣府・総務省・文部科学省・農林水産省・経済産業省・国土交通省・環境省 2016 バイオマス活用推進基本計画. <https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/attach/pdf/index-4.pdf> (2023年11月2日参照)
- 内閣府・総務省・文部科学省・農林水産省・経済産業省・国土交通省・環境省 2022 バイオマス活用推進基本計画 (第3次). https://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/bio_g/attach/pdf/220906-2.pdf (2023年11月2日参照)
- 辻林英高・矢部光保 2019 液肥利用を含むバイオガスプラントと液状コンポストプラントの効率性比較 -LCAを用いた温室効果ガス排出及び処理費用の推計-. 地域学研究, **49** (2) : 171-184

Summary

LCA is an effective analysis method for visualizing the greenhouse gas emissions of products and services provided by businesses in a society aiming for decarbonization, and for discovering issues that are often overlooked when assuming their social implementation. In the case of Oki Town's human waste and food waste treatment bio gasification is viewed from the perspective of energy balance, the bio gasification was negative. However, LCA showed that the biogas plant process emitted one-tenth as much GHG as the incineration process, which was less GHG. In addition, the economic evaluation showed that the biogas plant process halved the cost of the biogas plant process. The scope of evaluation used in the economic evaluation was the same as in the LCA. In this study, the biogas plant was superior in both the greenhouse gas assessment and the economic evaluation.

Key words : Biogas plant, Food waste LCA, Liquid fertilizer, Manure