

酪農・畜産地帯におけるバイオガスシステム導入の再評価

— 京都府南丹市・北海道鹿追町・大分県日田市の共同利用型バイオガスシステムを事例に

小 糸 健太郎*・井 上 誠 司*・高 橋 圭 二*
小 宮 道 士*・岡 本 英 竜*・市 川 治**

Reevaluation of introduction of the biogas system in stock raising industry area.
: The case study of the centralized biogas system of Kyoto Nantan, Hokkaido Shikaoui-cho,
and Oita Hita.

Kentaro KOITO*, Seiji INOUE*, Keiji TAKAHASHI*, Michio KOMIYA*, Eiryu OKAMOTO* and Osamu ICHIKAWA**
(Accepted 11 December 2017)

I. はじめに

酪農・畜産経営における飼養頭数規模の拡大により、一層、効率的な家畜ふん尿処理およびその活用が求められている。これを解決するひとつの方法としてバイオガスシステムがある。バイオガスシステムは、家畜ふん尿処理のみならず、再生エネルギーとしての発電の利用も可能である。これまでも、バイオガスシステム導入による経済的な検討および消化液の利用効果分析などの検討は、事例分析によって示されてきた。例えば、小野他 [7] では別海町のバイオガスプラントを事例に、経済性及びの経済性に影響を及ぼす条件について検討している。中村他 [2] では宮崎県高千穂牧場を事例に、バイオガスプラントの経済的成立条件を検討している。中村他 [3] では、山鹿市および鹿追町を事例に、共同利用型バイオガスプラントの経済的成立条件と消化液利用の実態について明らかにしている。これらの既存研究では、バイオガスシステム導入における経済性において、維持管理費用の改善、廃棄物処理施設としての価値の発現、消化液の利用と売電価格の単価について課題が指摘されてきた。

こうした中、家畜ふん尿用のバイオガスシステムが注目されて10数年が経過した。また、2012年7月より、固定価格買取制度が開始され、バイオガス発電による売電価格の引き上げが実施され、これまでのバイオガスシステムを取り巻く環境は大きく変化した。維持管理費用の改善などの課題が指摘されていた中で、導入後の年月を重ねた既存施設の動向および、固定価格買取制度による経営的評価、経営

採算の在り方について再評価することは、不可欠であると考えられる。

そこで、本論文では、事例調査により、資源循環システム形成のために畜産・酪農地帯に導入されてきているバイオガスシステムについて、第一に更新時期が近づく中で持続的な利用における課題を明らかにすること、第二にバイオガスによる売電価格の引き上げの中におけるバイオガスシステムの動向および経営的側面の変化を明らかにすることを目的とした。なお、本稿では共同利用型・大規模集中型バイオガス利用システムの事例について検討した。具体的には、1) 近郊酪農(畜産)地帯の京都府南丹市の例、2) 畑地型酪農地帯の北海道鹿追町、3) 地域資源活用型バイオガスの大分県日田市の事例を対象にした¹⁾。

II. 大規模集中型 近郊酪農(畜産)地帯の京都府南丹市の例 — 南丹市八木バイオエコロジーセンターにおける家畜ふん尿・食品廃棄物の再生とその有効活用の実態と課題

1. 南丹市旧八木町の農業の概要

調査対象である南丹市八木バイオエコロジーセンター(以下、YBECと表記する)は、京都府のほぼ中央に位置する南丹市に設置されたバイオマス資源の再生とその供給を行う施設である。南丹市は

¹⁾ ヒアリング調査は、京都府南丹市八木バイオエコロジーセンターにて2014年3月3日、北海道鹿追町環境保全センターにて2014年10月28日、大分県日田市バイオマス資源化センターにて2013年12月9日にそれぞれ実施した。

* 酪農学園大学農食環境学群

College of Agriculture, Food and Environmental Science Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

** 酪農学園大学名誉教授

Honorary professor, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

2006年に園部町、八木町、日吉町、美山町の4町が合併して誕生した広域合併市町村であるが、このYBECは合併前の1997年に旧八木町が中心になって設立したものである。

南丹市は京都府の中では比較的農業が盛んな市町村村であると言える。それは農業粗生産額の多さに表れている。農林水産省近畿農政局の資料によると、2005年の京都府全体におけるその額は733億円であった。そのうちの51億6,000万円が南丹市の生産額となるのであるが、これは京都府全体の生産額のおよそ7%に相当するものとなっている。また、旧市町村単位でみると、合併前の4町の中で最も生産額が多いのは旧八木町であり、その額は南丹市全体の41%を占める21億4,000万円となっている。

南丹市の農業の特徴を述べると、壬生菜、水菜、春菊、九条ねぎ、伏見とうがらしといった京野菜、丹後地方の特産品の一つである黒大豆といった伝統的な作物が生産されているといった点を挙げる事ができる。しかし、基幹作物と言えるのは、あくま

でも作付農家数および面積ともにトップとなる水稲である。表1に示したように、2010年現在、南丹市で稲を作付けしている農業経営体数は全体の85.7%を占める1,980経営体、同販売農家数は全体の86.1%を占める1,948戸となっている。いずれも割合が大きく、前者は6.6ポイント、後者は6.1ポイント京都府平均を上回っている。旧八木町はその割合がさらに大きく、京都府平均を14.5ポイントも上回る94.7%であった。他方で、経営耕地面積全体に占める稲作付面積の割合は京都府平均をやや下回っており、同年の農業経営体のその割合は56.0%、販売農家のその割合は56.9%であった。ただし、旧八木町は例外であり、同年の販売農家のその割合は京都府平均の58.6%を7ポイント上回る65.6%であった。

もう一点、南丹市の特徴として、乳牛を飼養する経営体または農家の割合が比較的大きい点を挙げる事ができる。表1にみるように、2010年のこれらの割合は、農業経営体が0.6%、販売農家が0.5%と

表1 調査対象地域における販売農家・農業経営体・経営耕地面積の状況

		2000年 販売農家	2010年 販売農家	2010年 農業経営体
販売農家・農業経営体総数 (戸または経営体)	京都府	28,857	21,172	21,678
	南丹市	2,805	2,244	2,313
	旧八木町	833	606	
経営耕地総面積 (ha)	京都府	23,850	19,765	21,226
	南丹市	2,159	1,777	1,996
	旧八木町	678	520	
稲作付農家・経営体 (戸または経営体)	京都府	27,658	16,988	17,163
	南丹市	2,720	1,948	1,980
	旧八木町	820	574	
上記の総数に占める割合 (%)	京都府	95.8	80.2	79.1
	南丹市	97.0	86.1	85.7
	旧八木町	98.4	94.7	
稲作付面積 (ha)	京都府	13,977	10,069	10,630
	南丹市	1,409	1,012	1,118
	旧八木町	439	341	
上記の総面積に占める割合 (%)	京都府	58.6	58.6	50.1
	南丹市	65.3	56.9	56.0
	旧八木町	64.7	65.6	
乳牛飼養農家・経営体 (戸または経営体)	京都府	143	86	92
	南丹市	30	12	15
	旧八木町	15	6	
上記の総数に占める割合 (%)	京都府	0.5	0.4	0.4
	南丹市	1.1	0.5	0.6
	旧八木町	1.8	1.0	

注1：空欄は資料なし。

資料：農業センサス各年次版より作成。

なり、いずれも京都府平均を0.1ないし0.2ポイント上回った。旧八木町は乳牛飼養農家の割合がさらに大きく、1.0%であった。ただし、南丹市、旧八木町ともに、ここ数年、乳牛飼養農家数が急減しており、その影響により飼養農家率が低下傾向にあるのは否めない。表示したように、2000年時点の販売農家数は、南丹市が30戸、旧八木町が15戸であり、いずれも2010年よりも2倍以上多かった。飼養農家率も、南丹市が1.1ポイント、旧八木町が1.8ポイントとなっており、いずれも2010年よりも高かった。

なお、乳牛のほか、肉用牛、豚、採卵鶏などを飼養する経営体または販売農家も存在するが、いずれも数はわずかに過ぎない。2010年センサスによると、これらの数は、肉用牛が11経営体・8戸、豚が2経営体・1戸、採卵鶏が12経営体・11戸となっている。

2. 南丹市八木バイオエコロジーセンターの設立過程

繰り返して述べるように、以前から旧八木町は乳牛飼養率が比較的高く、京都府の中では畜産業が盛んな市町村の一つとして位置づけられていた。1980年代に入ると乳牛飼養農家戸数は減少に転じたものの、その1戸当たり飼養頭数は1980年19.4頭→1985年23.2頭→1990年28.8頭と推移しており、依然として増加傾向にあった（以上、農業センサスより算出）。そのため、ヒアリングによると、「近い将来、農家による家畜ふん尿の堆肥化が十分に行えなくなるのではないか」「堆肥化されない糞尿が野積みされ、ハエなどの害虫や悪臭の発生が避けられなくなるのではないか」「野積みしたふん尿が流出し、河川の水質汚染を引き起こすのではないか」といった懸念を多くの市民が有するようになったのである。一方で乳牛飼養農家は、これを何とか未然に防がなければならないといった問題意識を有していたのであるが、莫大な資金や労力が必要となることからその個別対応は不可能であると判断していた。そこで、1992年に乳牛飼養農家は、町内で発生する家畜ふん尿を一手に引き受け、その堆肥化を行う施設を建設するよう町に要望したのである。

こうした乳牛飼養農家の要望に対し町は理解を示し、堆肥センターの設立を計画することになった。同時に家畜ふん尿をはじめとした地域資源の有効活用を前提とした循環型社会の構築を目指していくことも計画された。その趣意がYBECの紹介パンフレットに記載されているので、以下に引用しておこう。

「私たちは、21世紀が『環境の世紀』と言われているように、豊かな自然を守り、安全で美しい快適な生活環境づくりを進めるため、再生エネルギー活用、資源のリサイクルを進め、多種多様な廃棄物を適正に処理することにより、省資源と環境負荷低減が推進される循環型社会の構築に取り組んでいきます。」

そして、YBECの設立が具体化していくのであるが、建設計画によると、設置されるのは家畜ふん尿の堆肥化施設にとどまらなかった。これに加え、町内で回収した家畜ふん尿と食品廃棄物をメタン発酵させる施設も設置されることになったのである。そのねらいはメタン発酵過程で生じたバイオガスを利用して電気と熱を取得し、それを町内で有効活用することであった。なお、これらの施設は農林水産省の畜産再編総合対策事業および地域改善対策事業に係る助成金を得て1996年より建設が開始された。完成は1998年3月、稼働開始は同年7月であった。総工費は10億9,197万円で、内訳は国の補助金が6億3,331万円、府の補助金が2,840万円、町費が4億3,026万円となっている。

その後、乳牛飼養農家の1戸当たり飼養頭数は、1995年28.5頭→2000年34.5頭→2005年44.9頭→2010年64頭と推移していった（以上、センサスより算出）。すなわち1990年代前半までは変化がなかったものの、1990年代後半以降、再び増加傾向が顕著になったのである。この影響によりYBECに持ち込まれる家畜ふん尿の受け入れ量が増加したため、各施設の処理能力が限界を超えてしまうという問題が発生した。つまり、施設の増築が不可避となったわけであるが、都合良く2000年から2001年の2カ年に亘って畜産総合対策事業ならびに小規模零細地域営農確立促進対策事業が導入できるようになった。そして、その助成金を活用して、堆肥化施設およびメタン発酵施設の増築が行われたのである。完成は2001年であった。総工費は6億3,180万円で、内訳は国の補助金が3億9,170万円、府の補助金が2,399万円、町費が2億6,671万円となっている。

3. 南丹市八木バイオエコロジーセンターによるバイオマス資源の再生過程

以下では、YBECにおける家畜ふん尿や食品廃棄物といったバイオマス資源の再生過程を紹介する。具体的には、メタン発酵施設による発電および発熱プロセス、それと堆肥化施設による堆肥製造プロセスを紹介することになる。なお、これらの過程を図1に簡略化して示しているのであわせて参照されたい。

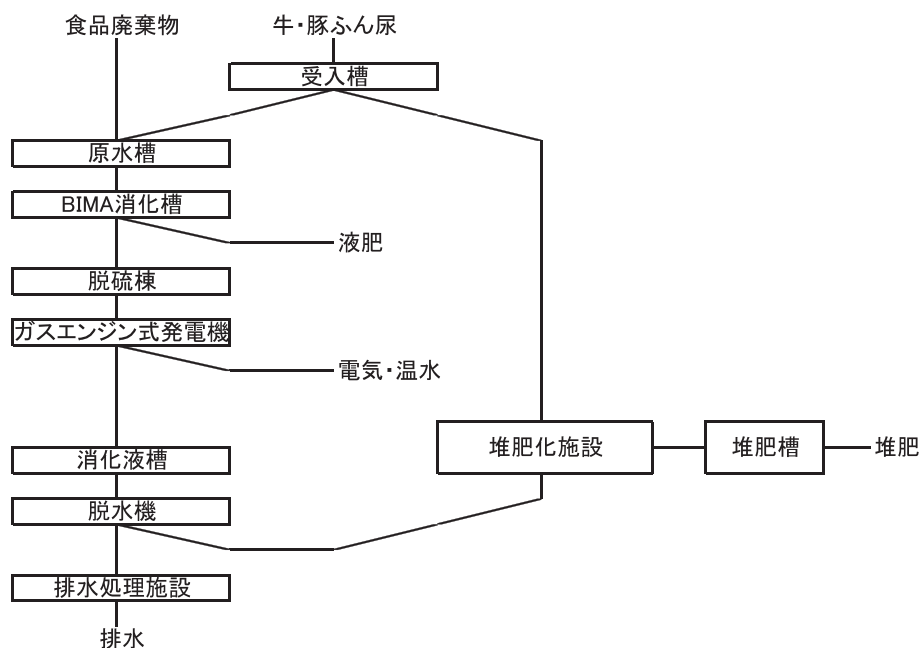


図1 南丹市八木バイオエコロジーセンターにおけるバイオマス資源の再生過程
資料：南丹市八木バイオエコロジーセンター提供資料を参考にして作成。

1) メタン発酵施設による発電

①家畜ふん尿・食品廃棄物の回収

まず、旧八木町内の乳牛および豚飼養農家からバキュームカーで搬送されたふん尿とわらが YBEC に持ち込まれる。これらは受入槽へ投入され、その後、沈殿槽で小石を除去、さらに破碎機と破碎ポンプによってわらを砕いていく。これらの行程が終了すると、ふん尿は原水槽に移され、そこで貯蔵される。

一方、旧八木町内の食品製造業者で発生する食品廃棄物に関しては、トラックで搬送される。2013年現在、回収中の廃棄物は豆腐製造業から提供されるおからのみである。かつては雪印メグミルク京都工場の廃牛乳や洗浄廃液も回収されていたが、現在それは行われていない。ただし2014年4月からは、和菓子製造業者の豆くずが回収される予定となっている。持ち込まれた廃棄物は原水槽に投入され、すでにその中に入っている家畜ふん尿と混合されることになる。

ここで、これら廃棄物の受け入れ量を確認しておこう。その年間受け入れ量は、牛ふん尿が約1万8,000t、豚ふん尿が約1,200t、おからが約1,800tとなっており、圧倒的に多いのは牛ふん尿である。また、これらの1t当たり買い取り価格に関しては、家畜ふん尿が2014年4月から50円上がって900円、おからが10,000円で設定されている。

②BIMA 消化槽でのメタン発酵とバイオガスの発生

原水槽で混合された廃棄物は数回に分けて BIMA 消化槽へ移され、そこでメタン発酵していく。発酵方法は二つあり、一つは水温を 35℃ に保つ中温発酵、もう一つは水温を 55℃ に保つ高温発酵である。このうち後者の高温発酵によって得られた消化液は、液肥として旧八木町内の農地へ還元されている。その散布には、自走式スラリーインジェクターが使用される。それ以外の消化液はバイオガス中のメタン濃度が 60% になるまで発酵されることになる。そして、発生したバイオガスをガスホルダーで一時的に保留し、その後、脱硫棟に移して硫化水素を除去する。

③ガスエンジン式発電機による発電

硫化水素が除去されたバイオガスはガスエンジン式発電機へ送られ、そこで発電が行われる。発電機は 70kw 型が 2 台、80kw 型が 1 台、合計 3 台設置されており、これらを稼働させて 1 日当たり 5,058kwh の電気と 30,552 MJ の温水製造熱量を取得している。発生した電気は施設内で利用するのが原則であるが(温水は主に暖房用)、余剰分は電力会社へ売電している。やや古い資料となるが、2006年時点における 1kw 当たりの売却単価は 8.27 円であった。

④家畜ふん尿・食品廃棄物の再利用と処理

発電に使用された消化液は消化液槽で貯留された後、脱水機へ送られる。そして、脱水後、固形の脱水ケーキと液体の脱水ろ液に分離される。前者の脱水ケーキはホイールローダーで堆肥化施設へ運ばれ、牛ふん尿とともに堆肥化されることになる。また、後者の脱水ろ液は排水処理施設へ送られ、生物脱窒処理を行って窒素分を除去した後、膜分離、凝集沈殿、オゾン処理を経てSS・リン・色度なども除去していく。さらに塩素消毒を行って河川へ放流されることになる。

2) 堆肥化施設による堆肥製造

①ロータリー式攪拌機による一次発酵

まず、旧八木町内の乳牛飼養農家から持ち込まれたふん尿と、前述したメタン発酵施設で排出された脱水ケーキを攪拌槽に投入する。これらの1日当たり投入量は、ふん尿が31.9t、脱水ケーキが12.5tとなる。そして、これらをロータリー式攪拌機で1日1回25日間かけて攪拌していく。これにより一次発酵が完了する。攪拌槽は4槽、ロータリー式攪拌機は2機、それぞれ装備されている。

②堆肥舎での二次発酵

一次発酵を終えた堆肥は堆肥舎へ移される。これを舎内の堆肥槽へ投入し、定期的にホイールローダーで攪拌していく。2週間経たら別の堆肥槽へ移して攪拌、また2週間経たら別の堆肥槽へ移して攪拌といった作業を繰り返し、65日間経過すると二次発酵が完了する。堆肥舎は3棟、堆肥槽は5槽、それぞれ装備されている。

③農地への還元・販売

こうして完熟堆肥が製造されるのであるが、その1日当たり製造量は23.7tとなっている。これらは旧八木町内の農地へ還元されるほか、販売もされている。販売用は製品庫で袋詰めされ、500kg当たり4,000円で売却される。京都府内の茶園、大学など、定期的に大量購入する固定客もいるという。

4. 南丹市八木バイオエコロジーセンターの意義と課題

以上みてきたように、YBECにおいては、家畜ふん尿および食品廃棄物といったバイオマス資源が、電気、熱、堆肥、液肥などといった有益な資源に再生され、これらの有効活用が図られてきた。その効果に関しては、YBECの紹介パンフレットに的確に掲載されているので、以下に引用しておこう。

○温室ガス削減効果

CO₂などの温室効果ガスを年間4,000t削減(2009年試算)。これは、30万本のスギの木が1年間に吸収するCO₂の量にあたる。

○経済効果

化石燃料の削減や温熱の有効利用、温室効果ガス削減といった地球温暖化防止への貢献、雇用の創出や畜産農家の負担軽減といった地域への貢献など、年間約2億円の経済効果(2009年試算)。

○発電量

バイオガスで年間約100万kwhの電気をつくっている。これは300世帯が1年間に使う電気の量にあたる。

なお、調査時点においてヒアリングによると、売電の施設設備ための費用が大きく固定価格買取制度に対応できずに、申請していないし、今後も取り入れる予定はないという。

さて、最後にYBECが直面している課題を2点ほど述べておこう。その第一は、液肥の余剰である。堆肥は販売も行われているため余ることはないが、液肥は旧八木町内のすべての水田に年間2~3回散布しても余ってしまうのが実態であるという。そこで市は、市内および府内の関係機関や大学の協力を得て、2007年に液肥利用対策準備会を開催し、市内の農家が液肥の効果を学ぶ機会を設けた。また、旧八木町以外のエリアにおける液肥利用の普及を検討するなど、その利用促進に努めている。

第二は、施設更新時における費用の捻出である。前述したように、YBECは2001年に施設を増築しているが、その総工費は6億3,180万円、うち旧八木町の負担額は総工費の42%に相当する2億6,671万円であった。仮に主要施設を更新するとなるとこれと同程度の工費が必要になるが、およそ年間6,000万円に及ぶ運転資金を準備した上で、さらにその資金を捻出することは到底不可能と言える。となれば、有利な助成金の取得が施設更新のためには欠かせなくなる。その取得を実現させるためにも、YBECはこれまで以上に関係機関と連携しながら、自らの功績をアピールしていく必要があると考えられる。

Ⅲ. 規模集中型 畑作・酪農地帯の北海道鹿追町

1. 経済的評価と課題

(1) 建設の背景・目的

今日、TPP交渉などの進展が予定され、一次産業では農業後継者不足が問題になっているなど、一次

産業を核とする鹿追町にとっては厳しい社会情勢下にある。このような中、町では地域農業を担う中核的担い手の育成を図るため、効率的な土地利用や生産性の高い基盤整備を行うとともに、経営規模拡大や合理化を推進している。また、キャベツやアスパラガスなどの農産物の品質向上に向けて、適正な輪作体系の確立と肉用牛、乳用牛の飼育による地力増進のための堆肥や液肥の生産に取り組んでいる。

さらに町内の観光客が増加する中、堆肥やスラリー状のふん尿などの適切な処理システムが確立していないことなどにより、近年散布時期には町内に悪臭が立ち込め観光客や町民に不快感を与えていることから環境改善に対する要望が高まっており、その対策が町の緊急課題となっている。

このことから、十勝管内で初めての「集中型バイオガスプラント」を建設し、その消化液と併設する堆肥舎で生産した堆肥を農地に還元することにより生活環境並びに地域環境の改善を図り、バイオマス（有機物資源）を有効利用した循環型農業・畜産の実現を目指すことにした。

(2) バイオガスプラントの施設概要

表2 鹿追町共同バイオガスプラント施設概要

①	原料槽	250 m ³ ×2 槽
②	発酵槽	400 m ³ ×4 槽
		800 m ³ ×2 槽
③	殺菌槽	100 m ³ ×2 槽
④	貯留槽	6,231 m ³ ×2 槽+1
⑤	ガスホルダー	250 m ³ ×2 槽
⑥	ガス発電機	200 kW
		108 kW
⑦	ガス蒸気ボイラー	1,000 kg/h
⑧	ガス温水ボイラー	100,000 kcal×3 基
⑨	ガスフレア	100 m ³ /h
⑩	1日投入原料	乳牛ふん尿 85.8 t 敷料等 4 t 車両洗浄水 5 t
⑪	最大処理能力	94.8 t/日
⑫	ガス発生量	3,900 m ³ /日
⑬	ガス利用先 (発電機：ボイラー)	夏=2,800：900
		冬=1,970：1,950
⑭	発生電力	夏=5,600 kWh/日
		冬=4,000 kWh/日
⑮	施設内消費電力	夏=3,240 kWh/日
		冬=2,900 kWh/日

資料：実態調査及び鹿追町役場作成資料より作成

前述した経緯より建設された共同バイオガスプラントは建設費8億4,275万円をかけて2006年3月から2007年8月までに完成させたもので、現在稼働している（これ以外に機械購入費1億5,410万円、堆肥センターなど、建設費に合計約17億4,500万円をかけている）。ガスも発生しており、余剰分の売電や余熱の利用も始まっている。ガスの発生と、稼働状況は表3の通りである。

原料槽から発酵槽までのポンプならびに管路は、原料の閉塞によるトラブルが多いことからパイプシステムを2系統としている。また、同様に、冬期間に凍結した原料が搬入されることから、原料槽も2槽に設定している。原料槽にはオーガーを設置し凍結した原料を破碎し、温水管（70℃）による加温で融解し流動化させている。さらに、原料の流動化調整のために消化液を戻したものを箱型発酵槽で処理し、車両洗浄水を入れたものを円柱型発酵槽で処理するというシステムをとっている。

箱型発酵槽では、加水分解、酸発酵、メタン発酵の順に発酵させる特徴を持ち、発酵効率は高い。円柱型発酵槽は簡便な構造でガスホルダーを施設上部に併せ持っている。

(3) 鹿追町のバイオガスシステムの評価

1) 経済的評価

鹿追町のバイオガスプラントは、今日、日本で有数の経済的にも存続が可能になりつつある集中型バイオガスプラントである。

具体的に、この経済性をみると、表4のとおりである（バイオガスの建設費等から減価償却費を計算している）。

これまでの収支計算でいうと、減価償却費Ⅰ及びⅡをいれないとほぼ黒字になる。これに、「減価償却費Ⅰ」をいれた場合には、2012年度までは基本的には赤字になる。また、圧縮計算の減価償却Ⅱの場合でも、ほぼ赤字で2011年度のみが黒字である。

これに対して、2013年度については、固定価格買取制度が導入されて、収支がほぼトントンになる。実際の町の負担があれば、約2,015万円の黒字になる。ただし、ここではそのほかの堆肥施設等も併設をしている。しかし、これらの施設の減価償却費などは計上されていない。

表3 バイオガスプラントの稼働状況

	処理量 (t)	ガス発生量 (m ³)	総発電量 (kwh)	消費量 (kwh)	売電量 (kwh)	熱量 (Gcal)
2007年度	24,312	1,031,300	1,202,532	745,715	456,817	2,688
2008年度	23,834	1,063,200	1,364,226	738,779	625,447	3,050
2009年度	29,565	1,108,274	1,673,156	803,164	869,992	3,741
2010年度	31,172	1,213,177	1,332,555	813,319	519,236	2,976
2011年度	33,914	1,302,684	2,157,267	987,780	1,169,487	4,824
2012年度	35,325	1,255,906	1,902,230	988,294	913,936	4,253

資料：鹿追町「鹿追町環境保全センターの取組み」より作成

表4 鹿追町環境保全センターの収支

収入								(千円)
科目	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度	
利用料金	8,500	8,753	12,040	11,906	14,597	18,161	15,375	
消化液散布	4,503	9,077	11,338	14,810	14,007	14,115	15,156	
消化液製品				2,158	2,037	2,008	2,102	
下水汚泥	3,888	4,566	4,047	3,789	3,619	4,536	4,653	
売電料金	3,540	4,945	6,489	3,560	8,499	6,572	46,350	
グリーン電力				435	798	0	100	
動植物残さ			2,414	5,366	24,064	2,813	3,399	
生ゴミ処理			2,062	2,027	2,023	2,067	1,934	
合計	20,431	27,341	38,390	44,051	69,644	50,272	89,069	
支出								
科目	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度	
人件費	8,860	9,514	12,556	12,847	13,161	13,511	15,156	
需要費	7,793	12,777	19,944	23,778	28,801	32,638	42,446	
委託料	280	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,575	
その他	860	800	965	883	1,579	11,724	2,289	
減価償却Ⅰ	29,001	29,001	29,001	29,001	29,001	29,001	29,001	
減価償却Ⅱ	6,074	6,074	6,074	6,074	6,074	6,074	6,074	
合計Ⅰ	46,794	53,592	63,966	68,009	74,042	88,374	90,467	
合計Ⅱ	23,867	30,665	41,039	45,082	51,115	65,447	67,540	
収支差引Ⅰ	-26,363	-26,251	-25,576	-23,958	-4,398	-38,102	-1,398	
収支差引Ⅱ	-3,436	-3,324	-2,649	-1,031	18,529	-15,175	21,529	

注1：売電料金について2007年5月～2013年7月はRPS(1kW7～10円)、2013年4月～はFITによる売電(14年10ヶ月間、1kW40.95円)

注2：2013年度の値は見込の数値である。

注3：減価償却Ⅰは中村稔「酪農バイオガスシステムにおけるメタン発酵由来消化液の活用の効果」酪農学園大学紀要、人文・社会科学編36(2)、77-122、2012。の試算、耐用年数10年で算出。

注4：減価償却Ⅱは過疎債、交付税使用の試算(吉田文和他「バイオガスプラントの環境経済学的評価」廃棄物資源循環学会論文誌、25、Vol.57-67、2014.5による)。

資料：鹿追町「鹿追町環境保全センターの取組み」より作成

2) 直接的効果

①消化液の利用

鹿追町では、このような売電による経済的な成果が見込まれるだけでなく、消化液の活用も検討され

ている。中村[4]によれば、仮に消化液を販売すれば、年間約227万円になる。これによっても収支の改善になると考える。



図2 鹿追バイオガスプラント
消化液貯留槽



図3 鹿追バイオガスプラント
堆肥製造施設

②余熱の利用

加えて、最近では、ハウスの建設によってイチゴやさつまいも、マンゴの栽培を行っている。さらに、チョウザメの養殖も行っている。

3) 二酸化炭素の削減等、環境保全、公益的機能

先の吉田他 [8] によれば、プラントの公益的機能で年間約 3497 万円の外部効果があるといわれる。これらを加味すると、収支黒字がもたらされ、「20 年間の累積償却後利益で初期投資額」を上回ることが可能になるといわれる。

4) 評価の要因

このような大規模なバイオガスプラントを建設し、なんとか継続できたのは、建設、その後の運営をしてきた人たちの 10 年以上をかけた情報収集と研究、そして実際の経営管理への努力であると思われる。

2. 技術的評価と今後の課題

ほぼ順調であるが、課題はいくつかある。これまでの課題としては、①冬季のふん尿凍結防止、②発酵温度の確保、③ガスホルダー積雪及び保温などが挙げられている。

これらの課題の対策として、①には毎日のふん尿回収、オーガーによる凍結したふん尿の破碎、原料槽内に温水管を設置する、戻し消化液による融解、攪拌機による熱伝導の効率化、油圧式ピストンポンプの設置などを行っている。また②の対策では、発酵槽内に温水管を設置している。③では屋根を作って積雪と保温の対策に努めている。

技術的な課題としては①ふん尿以外のものを投入してしまうことによるパイプの目詰まりと、②消化液の利用拡大である。

①の対策では、センターとしては農家指導と協力を行っている。具体的にはふん尿以外の物が誤って投入されることが無いように予防することや、敷量などは 20 cm 幅に切斷すること、そしてコンテナの設置場所の周辺整備などを行っている。②では、今後も耕種農家に対して消化液の肥料効果などについて実証圃場、講習会などを通して普及を行っている。

3. 今後の課題

環境保全センターの収支の改善としては、売電価格がいまの制度で安定していくかということと、消化液の活用と、余熱の利用の拡大、効果が明確になるかどうか課題となっている。しかし、鹿追町役場としては、今日の環境保全を進めることが、町の住民ニーズとして、また、町の活性化、観光の発展ということなどから収支が多少赤字であっても、これを続ける意義は十分にあると考えている。

IV. 大規模稲作・畜産地帯の大分県日田市バイオマス資源化センターの事例

1. 日田市バイオマス資源化センター建設の背景と目的

日田市は、2005 年にバイオマスタウン構想を策定した。そのもとで、2006 年 4 月に日田市バイオマス資源化センターを設立し、養豚のふん尿と生ごみの受入れを主としたバイオガスプラントの運転を開始した。

バイオマス資源化センターの設立目的は、第一に、ゴミ焼却場建設費の削減であり、第二に、廃棄物の最終処分場の延命をはかることであり、第三に、特に重要な養豚農家の経営安定などである。日田市において、養豚 17,700 頭 (11 戸)、乳用牛 6,600 頭 (38 戸)、肉用牛 7,900 頭 (87 戸) の家畜ふん尿のうち、乳用牛および肉用牛については、9 施設堆肥化センターで対応しているが、これだけでは、家畜排せつ物法に対応できるだけの処理が困難であったことから、養豚農家の経営安定を目的に家畜ふん尿の処理を必要としていた。

2. 日田市バイオマス資源化センターの施設概要

このセンターの建設費は、総事業費：約 9 億 5,000 万円であり、処理能力としては、80 t/日で、発電能力は 340 kW である。

主な施設としてのメタン発酵槽 (1,900 t：約 25 日分の処理能力) がある。この発酵槽投入前に原料の混合攪拌層があり、固形濃度を 8% として投入する設計となっているが、現在は 5~6% と水分が多い状態で投入。発酵槽への投入は発酵を安定させるため 20 回に分けている。また、バイオガスの硫化水素濃度は計画では 3,000 ppm であったが、実際は 1,500 ppm 程度で乾式脱硫により 0 ppm となっている。ガス発電はドイツ製の発電機で 170 kW のもの 2 台使っている。1,600 h の運転でオーバーホールする必要があり、オーバーホールは 1,000 万円程度かかる。これらのプラントの維持管理費用は、年間 9 千万円~1 億円かかる。

なお、この間のふん尿の受け入れ状況は、表 5 に示される通りである。2006 年度から 2012 年度の間に事業系ごみ、食品加工残さの受入が増加してきた。2012 年度では、37% 豚ふん尿、25% 食品加工残さ (主に焼酎粕)、16% 家庭系ごみ、14% 事業系ごみ、8% 農業排水汚泥となっている。なお、食品加工残さは発酵時にアンモニアが多量発生して発酵障害が起きるので希釈して投入している。

また、受け入れの金額としては、豚のふん尿 600 円/100 kg、事業系ごみ 400 円/100 kg、食品加工残渣 900 円/100 kg としている。

ここで特徴的なのは、家庭系生ごみの受入である。バイオガスプラントに投入にあたり、生ごみの分別はバイオガスプラントにとって非常に重要である。日田市では、生ごみの分別を 2006 年 4 月のセンター設立の 2 年前から周知徹底している。可燃ごみは有料袋、生ごみは無料の袋になっており、ごみステーションの数は 2500 か所程度あるなかで回収を行っている。この際、分別についてペナルティはなく、ごみステーションでおかしいと回収しないという方法でリスクを回避している。これとは別途、農家には生ゴミの直接持ち込みを認めている。聞き取りの 2013 年 12 月時点において、生ごみに金属等の混入は無く分別は良好とのことである。準備段階における市民への理解および分別への意識により、分別が上手くいっていると考えられる。なお、問題点としては、暑い日は分解が開始する点、水分がたまる点やバイオマス資源の受け入れ量がなかなか安定しないことなどである。これは食品加工残さによって、調整しようと考えていたとのことである。

3. 固定価格買取制度への対応とその効果

日田市バイオマス資源化センターは、2013 年 5 月より固定価格買取制度 (FIT) に適応した。この固定価格買取制度の適用を受けるためには、「発電エリア」を特定する必要があり、バイオガス発生装置から発電機までの区画を囲った。このための工事費用が 4,500 万円程度を要した。しかし、固定価格買取制度の適用による効果は、大きいと考えられる。固定価格買取制度の適応前であるが、2012 年度の発電量は、表 6 に示されるように、年間約 176 万 kWh である。このうち、売電量は約 34 万 kWh とわずかであり、施設の電力使用量は 164 万 kWh もある。金額にすると、概算で電力販売額は 400 万円弱で、電力購入 200 万円程度であった。固定価格買取

表 5 バイオマス資源の受入状況

(t)

種類/年度	2006 年度	2007 年度	2008 年度	2009 年度	2010 年度	2011 年度	2012 年度
家庭系生ごみ	2,964	3,512	3,462	3,386	3,111	3,125	3,082
事業系ごみ	1,820	2,172	2,482	2,830	2,601	2,852	2,732
豚ふん尿	8,078	7,346	7,667	7,685	7,530	7,470	7,047
農業集落排水汚泥	1,166	1,287	1,331	1,357	1,381	1,436	1,491
食品加工残さ	679	2,160	4,351	4,621	5,128	4,632	4,887
計	14,707	16,477	19,293	19,879	19,751	19,515	19,239

資料：中央畜産会「畜産環境保全指導事例集」および日田市バイオマス資源化センター資料より作成

表6 発電量および電力使用量 (kWh)

項目/年度	2006年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度
総発電量	1,141,355	1,682,991	1,812,058	1,785,188	1,926,219	1,708,563	1,762,959
施設使用量	1,871,074	2,082,625	2,128,580	1,643,712	1,689,884	1,688,901	1,643,318
売電力量	18,564	115,308	184,632	284,532	362,616	248,041	335,268
グリーン電力証書販売	0	0	0	957,072	924,347	1,116,466	1,082,505

資料：中央畜産会「畜産環境保全指導事例集」および日田市バイオマス資源化センター資料より作成

制度の適用の効果として、概算で総発電量のうち20%が消費電力とし、150万kWh程度を販売すると約6,000万円の売上げで、購入電力は2,400万円程度となる見込みである。電力の売買による利益は、200万円程度から3,600万円程度に大きく増加する。日田市バイオマス資源化センターの運営において、施設の維持で市の手数料支出が4,500万円程度必要だったことから、固定価格買取制度の適用によりその負担が相当軽減でき、運営においても非常に大きな効果であることが示唆できる。

4. 日田市バイオマス資源化センターにおける課題

日田市バイオマス資源化センターにおいて、聞き取り時点（2013年12月）での課題を以下の3点であった。第一に、処理した消化液の利用の問題である。消化液は、年間20,000t発生しているが、このうち当初は2,500tを液肥として利用する計画であった。実際は液肥としての利用が少なく、わずか300t程度にすぎない。そのため、2,200t程度を浄化処理して下水へ放流している。消化液の利用において、3年間の試行により配布を行ったところ、運搬に1tあたり1,500円の費用がかかった。一方で下水処理では1tあたり230~240円程度であるとのことである。液肥は無償で配布しており水田、畑、茶畑に散布している。散布のためのバキューム車をセンターでは貸しているが、燃料は自費負担となっている。液肥を農家まで持って行けば使ってくれるようになったが春秋のみで、年間500~600人程度である。堆肥の方は需要があり、50円/1俵で、年間300tが利用されている。以上から、消化液の利用については、需要創出と運搬費用の問題の2つの面で、ネックになっていると言える。

第二に、施設および液肥の臭気の問題である。生物系処理で脱臭をしているが、焼酎粕は独特の臭いが取れないため、周辺からの苦情は無いものの臭気は気になっているとのことである。食品加工残さを多く受け入れていることは、地域資源の利用の観点からの貢献がある一方で、様々な素材が含まれるが

故の課題があることが示唆される。

第三に、バイオマス・ガスの量・質の安定性の問題である。生ごみと養豚のふん尿の処理施設であるが故の課題であると言えるが、受入物の量と内容物の変動は、避けられないこととなる。量と質の変動への対応は大きなコストであるとも言える。

最後に、施設の更新時の問題・運営費の負担の問題についてであるが、2013年度から整備基金を積み立てているとのことであった。しかし、維持管理費用のうち、市の手数料支出の負担が相当軽減できる状況であったことからすると、施設更新も含めた持続的な利用において、地域の経済支援は、固定価格買取制度の適用後においても費用であることが伺える。

V. ま と め

2012年7月より、固定価格買取制度がスタートして、バイオガスシステムを取り巻く環境は大きく変化した。また、家畜ふん尿用のバイオガスシステムが注目されて10数年が経過した。こうした中で、本論文では、バイオガスによる売電価格の引き上げの中におけるバイオガスシステムの経営的側面の変化を明らかにすること、更新時期が近づく中での持続的利用可能における課題を明らかにすることを目的とした。

まず、バイオガスによる売電価格の引き上げの中での共同利用型バイオガスプラントの採算について、鹿追町のバイオガスシステムと、日田市バイオセンターは、大きく収支が改善したことが示唆された。この二つは、地域の酪農家や畜産農家からの糞尿を集め、これを発酵し、発生したガスを発電や熱に利用し、消化液や堆肥の利用などの有効利用している。これによって、従来、町と市からの助成金を賄うに近い収益を上げている。しかし、売電のための工事費、売電のための手続き時間も要した。そして、消化液利用の問題は依然、問題になっている。加えて、今後の更新となると、厳しい側面が浮上ると考えられる。

一方で、南丹市八木町の事例では、売電の施設設

備ための費用が大きく固定価格買取制度に対応できずに、申請していないし、今後も取り入れる予定はないという。さらに、施設更新について非常に負担が大きいのことが問題となっていた。

これまでみてきたように、既存のバイオガスシステムのうち、その制度に対応できた場合は、固定価格買取制度による売電価格の上昇によって、収支改善を可能にし、新たな展開を可能にしつつある。ただし、制度の対応に多大な費用を要するため、売電価格の上昇だけを以って持続的な利用を可能とするわけではないことは明らかである。事例を通じて、持続的利用において次の2つの課題が挙げられる。第1に、地域の支援が依然として必要である。施設更新には多大な費用がかかる。とりわけ固定価格買取制度に対応できなかった施設は、一層重要な課題である。それゆえ、持続的利用において、エネルギー・産業廃棄物処理としての地域への外部性による貢献を一層アピールし、地域の支援と理解を得ることが重要であろう。第2に、持続的利用に不可欠な課題として、今なお、消化液の有効利用とバイオマスの質・量の安定化が課題として残っている。以上から、バイオガスシステムの持続的利用において、固定価格買取制度のスタート後も、これらの課題の解決が重要であると考えられる。

【引用・参考文献】

- [1] 中央畜産会「畜産環境保全指導事例集」2012.6
<http://jliadb.lin.gr.jp/kankyo/jirei.php>
- [2] 中村 稔, 市川 治「酪農バイオガスシステム導入の経営経済的評価に関する一考察：宮崎県高千穂牧場を対象に」酪農学園大学紀要. 人文・社会科学編 32(2), pp.89-96, 2008.
- [3] 中村 稔, 市川 治, 肉絲坦木 買買提「酪農共同利用型バイオガスシステムにおける消化液利用の課題」農業経営研究 48(2), pp. 60-64, 2010.
- [4] 中村 稔「酪農バイオガスシステムにおけるメタン発酵由来消化液の活用の効果」酪農学園大学紀要. 人文・社会科学編 36(2), 77-122, 2012.
- [5] 南丹市『南丹市八木バイオエコロジーセンター家畜ふん尿等再利用施設のご紹介』.
- [6] 農林水産省近畿農政局『南丹市バイオマスタウン構想』, 2008年.
- [7] 小野 学, 鷓川 洋樹「共同利用型バイオガスシステムの経済性に影響を与える諸条件の改善効果」農業経営研究 44(1), pp.105-110, 2006.
- [8] 吉田 文和, 村上 正俊, 石井 努, 吉田 晴代「バイオガスプラントの環境経済学的評価」廃棄物資源循環学会論文誌, 25, Vol.57-67. 2014.
- [付記] 本稿は、2013年度酪農学園大学共同研究の助成を受けたものである。

