

Report

財北海道開発協会
平成16年度研究助成論文サマリー

Complex Evaluation of the Biogas Use System
Introduction for the Hokkaido Dairy Continuation

北海道酪農持続のためのバイオガス 利用システム導入の複合的評価

市川 治

酪農学園大学教授



1 研究の目的と方法

先進国酪農は、大型機械・施設の導入による大規模・高投入集約型酪農の方向で展開してきた。それは生産性の増大をもたらしたが、今日生産病の増加や加工飼料の多投等による畜産物の安全性問題を引き起こし、生産者にも高品質の生産物管理のための高度技術管理が要求されている。先進国・欧米でも、低コスト化、省力化とともに環境保全に配慮した低投入持続型酪農が提唱され、EU諸国では実践されつつある。このようなことは、北海道酪農においても重要な課題となっている。つまり、環境に「負」の重荷を与えず、環境と調和のとれた酪農を追求する必要がある、そのためには資源循環システムの形成が必要である。このようなシステムの展開で、今日重要な課題として、糞尿活用システムとしてのバイオガス利用システムがある。これを経営内に導入することが重要であるが、その経営経済的な効果・評価が未だ不明確である。

本研究では、このような認識から資源循環システム形成のためのひとつとして取り入れられ、注目されつつある酪農経営におけるバイオガス利用システム導入の経営経済的、技術的評価の検討を行う。具体的には、道内を中心に道内外のバイオガス利用システム導入の個別型と集中・共同型の事例より考察した。

2 酪農経営内へのバイオガス利用システム導入の評価

(1)個別型バイオガス利用システム導入の複合的評価分析

この2～3年個別型のバイオガス利用システムが十勝管内で次々と建設されている。このなかでは士幌町鈴木牧場のバイオガスシステムが最も実践的で評価できる。これは町が事業主体であるが、実質的には鈴木家が補助事業を受け、リース料を払って、自分の農場で運営している。経営にとっては、リース料80万円を支払って電力の自家利用、及び熱利用によって200万円近い収入が予定されている。これから評価し、農家の経営採算で考えると、収支計算ではプラスとみられる。但し、初期投資費用7,300万円を農家が全額負担するとすれば、減価償却費等を考えると、経営採算をとる

ことはやや厳しいとみられる。ほかの例は、まだ試験的な例であり、経営経済的な評価はできない。また、個別型の優良事例としては、町村農場のバイオガス利用システムがある。これについても表1に添付したが、電力や堆肥・消化液、熱の自給的な利用等によって経営採算が可能になっている。

(2)集中・共同型バイオガス利用システム

集中・共同型バイオガス利用システムでは、北海道の草地型酪農地帯に建設された別海町のバイオガスプラント試験施設がある。このバイオガスプラントは建設費が極めて高額なため高率補助事業を前提にせざるを得ず、その場合でも運搬費やオペレータ賃金が運営費を押し上げる。他方、収入源である売電は単価が低く、利用農家が支払うふん尿処理料金には限度があることから、バイオガスプラントの損益を均衡させるためには、副資材（産業廃棄物）処理料金の収入や公共的な助成金に依存せざるを得ない。集中・共同型バイオガスプラントの先進国であるデンマークでは、売電、副資材処理料、バイオガスを三大収入源にしているのに対し、我が国ではバイオガスを直接販売することができず、売電単価も低いことから、副資材処理料への依存度が高まることに加え、ふん尿処理料へも依存せざるを得ない。このことは、ふん尿がバイオガスの原料である点はデンマークも日本も共通であるが、ふん尿の経済的性格はデンマークでは有価物であるのに対し、日本では廃棄物であることにも示されている。別海町の事例をもとに「共同利用型バイオガスプラントの経済的・エネルギー的評価」分析を行い、「家畜ふん尿のみのBGPでは、初期投資以上に運転経費が大きく、消化液の利用に関わらず、総投入金額の回収は現実的で」ない。また「副資材を投入したBGPでは、家畜ふん尿のみの場合に比べて、より現行の電力購入価格に近づき、将来的には副資材の処理費による収入によって総合的な経済収支をプラスに転じさせる可能性」があることを明確にした。

(3)酪農学園大学等の例

家畜ふん尿用バイオガスプラントの建設から運転までの総合的な視点に立った場合、そのエネルギー的、経済的評価から、排出される消化液の肥料としての有効利用が、電気および熱として産出

された代替エネルギーのみではなく、バイオガスプラントのエネルギー的、経済的な成立を大きく左右している。バイオガスプラントをふん尿処理施設としての良好な必要条件は、消化液を肥料として有効利用することである。この条件の下で、初期投資金額への補助や売電単価への措置が効果的に行われることで、電気および熱といった代替エネルギーの生産性が有効となる。その販売によって経済的に成り立つことで、バイオガスプラントを環境への負荷の少ないふん尿処理施設として、酪農現場に位置付けられることになると考えられる。このような認識から消化液利用の試験研究を行い、「消化液の飼料作物への利用では、2004年度は牧草（34ha）とサイレージ用のトウモロコシ（16ha）に散布した。消化液の肥料成分の特徴としては窒素とカリ含量が高く窒素はアンモニア態の割合が高いため、散布時に揮散による損失（20%程度）がある」。「消化液は、サイレージ用トウモロコシ、牧草の両作物において、アンモニア態窒素を基準に施肥標準に準じて施用するならば、基本的に化学肥料と同様に用いて差し支えないといえる」と評価・確認をしている（帯広畜産大学でも検討を進めている）。

3 研究総括と今後の展開

(1)バイオガス利用システム導入の経費・施設投資モデル

酪農等におけるふん尿活用システムとして、バイオガス利用システムが道内外、特に最近では道内・十勝に相当数の形成・建設が進行している。このバイオガス利用システムの基幹になっている発酵槽等バイオガスの施設及び発電機械等への投資は、現段階では依然として高額である。技術的には、ほぼ稼働できる水準に達しているとみられているが、経営・経済性との関連で妥当な技術水準に達しているのかなどの検討が必要である。

1)発酵層、発電施設等の経費

これまでの研究成果と実態から概算すると、システムにかかわる施設等の費用合計は、1頭当たり60万円（高価施設）から10万円位までの幅がある（表1～2）。従って、酪農家がこの施設を導入するとすれば、次のような範囲の施設投資モデルが成立する。

①酪農の飼養頭数100頭規模の個別型バイオガス施設費等の建設費としての適切な価格；6,000万円（1頭当り60万円）～1,000万円（1頭当たり10万円）

②酪農の飼養頭数200頭規模の共同型・個別型バイオガス施設費等の建設費として適切な価格：1.2億円（1頭当たり60万円）～2,000万円（1頭当たり10万円）

③酪農飼養頭数1,000頭規模の共同型バイオガス施設費の価格例：6億円～1億円

当然ながら試験研究のバイオガス施設費等の建設費はこれよりもはるかに高い。

2) 運搬費

集中・共同型の湧別町のバイオプラン調査によれば、ふん尿の運搬費はt当たりで300円、別海町ではt当たり700円である。これを計算すると、搾乳牛で $21.9 \times 700 \text{円} = 15,330 \text{円}$ ／年間となる。これらをもとに総括したものが、表1～3になる。

(2) 実例からの経営採算・経営経済的評価

1) 個別型バイオガス利用システムの経営採算

①士幌町鈴木牧場のバイオガスプラントの経営採算

このプラントの建設費・初期投資額は7,300万円である（国の補助50%、道の補助率25%、町が事業主体）。農家の投入費・負担費は全体の25%であり、これを15～20年間のリースで支払う（年間のリース料80万円）。これに年間の運転とメンテナンス120万円を加えると年間200万円ほどになる。補助金がないとすると、年間の減価償却費328.5万円が必要になり、年間費用は448.5万円になる。収益としては、バイオガス利用としての発電では自家使用分・節約分として約150万円、そして売電としては約36万円ほどである。さらに、夏に温水が余るので、ボイラーの灯油代に使用予定している（約60万円の節約）。そして堆肥・液肥の利用として、195万円ほどになる。とすれば、年間の収益が441万円となり、補助金がなくともほぼ採算がとれる。補助金があれば、堆肥・消化液の収益を換算しなくとも経営採算がとれることになる。

②町村牧場のバイオガスプラントの経営採算

町村牧場のバイオガスシステムの1セットは約1.3億円である。町村牧場は成牛換算で275頭がこ

れに関連している。これを1頭当りで計算すると、47万円の費用がかかっている。年間の減価償却費で考えると、トータルで400万円・1頭当り1.45万円ということになる。これ以外にかかる費用としては、運転等の管理経費である。これは年間120万円位・1頭当たり0.46万円である。その他労働費等を計算すると数十万円が加算される。仮に、施設規模からすれば、八木町の1割程度と考えれば、労務費の1年間105万円・1頭当たり0.38万円ほどかかる。こうして、年間1頭当たり2.3万円ほどの費用がかかり、合計526万円になる。これに対して収益は、売電4.2万円、自給480万円、堆肥の活用200万円の合計684.2万円となり、補助金なしで経営採算がとれているのである。

2) 共同型バイオガスシステムの経営採算

①別海町のバイオガス利用システム

小野学氏は、「バイオガス利用システムの経営・経済的な評価分析」（平成16年度日本農業経営学会大会の分科会報告）で、別海町の集中共同型バイオガスシステムを具体例として、「別海プラントのこれまでの稼働実績に基づき、施設の運営状況や利用農家への経営的効果を分析し、実用運転時」の経済性を検討し、そのシステムのプロトタイプ（最適普及型）を提案した。建設費の助成事業の利用を前提とした「農家からの利用料金と売電収入のみで採算がとれるシステム」としては、プラント運営の立場が優先される場合には、スラリーのみを処理対象として圃場散布までプラントが担う1,000頭規模のシステムが、また地域のふん尿処理の立場が優先される場合には、固形糞まで処理対象として圃場散布までプラントが担う2,000頭規模のシステムが、それぞれ挙げられるとした。また、石川志保、干場信司、森田茂氏らは個別型バイオガスシステムの検討を踏まえ、別海町の事例をもとに「共同利用型バイオガスプラントの経済的・エネルギー的評価」分析を行った。その結果、「家畜ふん尿のみのBGPでは、初期投資以上に運転経費が大きく、消化液の利用に関わらず、総投入金額の回収は現実的でない」とした。また「副資材を投入したBGPでは、家畜ふん尿のみの場合に比べて、より現行の電力購入価格に近づき、将来的には副資材の処理費による収入によって総合的な経済収支をプラスに転じさせる

可能性」があることを明確にした。

②八木町の共同型バイオガスシステム

表2によれば、これは初期投資が大きく町からの支援・町費の支出を含めないとセンターとしての経営採算はとれない。上手くいっても300万円、一般には3～5千万円近い赤字で町の負担となっている。しかし、これによって電力や製造堆肥利用が一定量確保され、流通・利活用が可能になっている。さらに町の支援・労働費等の負担により、このシステムが稼働しているのである。勿論、今後10～20年の間にこれだけの優良・「高価」な施設を継続的に維持させていくことは町の負担等や地域農業にとって容易なことではない。というのは、消化液の肥料化は可能性が高いが、売電が購入価格化する可能性は定かでないからである。この例は、集中型バイオガスシステムの全国最初の実践例であり、八木町の畜産農家にとって無くてはならないものであると考えられる。

(3)バイオガスシステムの経営経済的評価

これまでの事例を定量的な評価をすれば、鈴木牧場や町村牧場の個別型の実践にみられるように、成牛1頭当たり29万円から47万円程度の建設費（一般に10～60万円）で、運転経費等を含めて年間1頭当たり2万円程度の経営体の負担経費であってもバイオガスの発電利用と、ふん尿や消化液の肥料としての利用・収益のカウント等の自給部分があれば、システムの収支から「利益」が計上できる。勿論、バイオガス発生後のふん尿が活用できる農地があり、その投入による経済的な効果がある必要がある。特に、発電の自給部分があることや、ふん尿活用の農地があることが重要であり、必要条件である。

他方、集中・共同型バイオガスシステムについては、個別農家の経費負担が問題となる。事例では、施設経費については、いずれも国、県、町の負担となっている。この場合には、運搬費や散布費等の負担が農家に求められる。別海の例では、成牛1頭当たり2万円前後が必要とされている。個別型と異なり、ふん尿の処理・活用に費用がかかる。この施設の建設費・管理運営費等は、発生したガス・エネルギーの利用・売電（自給）や消化液、余剰堆肥・液肥の販売、農家への運搬・散布等による収益によって賄うことになる。この収支

は八木町の例をみると、経営採算がとれていない。不足部分は、当面は関係機関（町・国等）・団体（農協等）が援助・収支差の補填をする以外成立しない。このような諸条件の整備によって、漸く別海等の酪農地域に集中・共同型が導入・継続されていくものとする。加えて、この継続には、ふん尿等を供給する農家等とセンター経営体との間の地域内循環システムの形成が是非とも必要であるとする。

4 今後の方向

これまでの事例は、試験段階のものと実用化した優良事例で様々な条件が整備されている。このような条件が整備されて、初めて成立しているともいえる。このような条件がない場合には、現段階では建設費と運転費等を加算すると、費用と産出バイオガス等のエネルギー利用の収益との間に大きな開きがある。産出エネルギーは相当なコスト高であり、経営体の経営採算が自力ではとれない。海外の代表であるデンマークの例よりも建設コストが高く、売電価格が非常に安いなどがこの原因となっている。

京都府八木町のように町等が分担して差額部分を補填するという方法や、北海道開発土木研究所や酪農学園大学などのような試験研究・教育の一環という方法もあるが、これは例外といえることができる。いずれにしても、これらを継続的に町費や国費等で負担することは、いずれ限界がくる。やはり、これを維持・展開させるためには、地域全体の援助がえられるような地域循環システムづくりをすることと同時に、システムを担う経営体の経営採算がとれることが必要となる。現段階では個別型の成立・存続条件はクリアーできる可能性がある。しかし、これを補助もなく自力で展開させるには、大きな壁が横たわっている。また、集中・共同型バイオガスシステムの実用化の拡大には、消化液の一層の利用拡大と成果の明確化、及び売電価格の購入価格化、国・道などの補助・支援システムの整備が必要である。さらに、このシステム導入に際しては、経営経済的、及び技術的にも地域に導入することの有効性が判断できるような指導者が必要である。このような条件下のバイオガスシステムの導入によって、北海道酪農

の持続的展開の可能性を広げていくものとするのである（市川 治、中村稔、共同研究者）。

「付記」本稿を作成するに当たっては、日本農業経営学会2004年分科会「酪農におけるバイオガス利用システム導入の複合的評価に関する報告」などの共同研究・助成の成果を踏まえて整理したも

のである。なお、本研究の共同研究者は梅津一孝、石川志保、干場信司、中原准一、小糸健太郎、森田茂、堂地修、菱沼竜男、竹内良曜、菊地貞雄、石田哲也、長谷川晋、發地喜久治、家串哲生、中村稔らである。

表1 個別型バイオガス利用システムの事例

設置場所	江別市	士幌町	
牧場名	町村牧場	鈴木牧場	
稼働開始日	2000.2	2004.4	
プラント利用頭数(頭)	360	250	
耕地面積(ha)	160	65	
プラント発酵槽(?)	1次260 2次800	400	
貯留槽(?)	3,440	3,300	
発電量(kwh)	65	30	
ガス発生量(ℓ/日)	394.5	600	
設置の目的	悪臭対策	ふん尿処理・活用	
建設費負担者と負担額	全額自己負担	国:1/2 道:1/4	
糞尿投入量(t/日)	15.78	16	
メタン発酵槽(?)	1次260 2次800	400	
費用	建設費	1億3000万円 (1頭当たり47万円)	7,300万円
	減価償却費	約400万円(1頭当たり1.45万円)	328.5万円(1頭当たり1.3万円)
	運転諸経費	126万円(1頭当たり0.46万円)	120万円(最大)
	計	526万円(1頭当たり1.91万円)	448.5万円(1頭当たり1.79万円)
収益	売電	自給 480万円 売電 4.2万円	自給150万円・ 売電36万円
	堆肥の活用	200万円	195万円(推計)
計	684.2万円	441万円	
損益計算	158.2万円	△7.5万円(241)	
現在の問題点	熱利用	受入槽内での糞尿の攪拌・供給ポンプ	

資料:各バイオガスプラントの調査より作成

表2 集中・共同型バイオガスシステムの事例

設置場所	別荘町	八木町	
運転形態	共同施設(大規模集中型) 酪農家10戸(FS3戸ST戸)	共同施設(大規模集中型)	
費用負担者	国土交通省100%		
施設建設費用	約10億4千万円	11億円、6億円	
ふん尿投入量	乳牛1,000頭規模 メタン発酵槽 45.4%/日 堆肥発酵施設 3.4%/日	乳牛1,001頭、豚1,626 オカラ10t、メタン発酵槽 30/日、処理量63%/日、 堆肥・次79%/日、2次 49.6%/日	
	縦置円筒型発酵槽 1,500ℓ 中温(約35℃)で30日程度 兼高温発酵(約55℃)20日	縦置円筒型発酵槽 2,100ℓ 中温発酵(35℃)・33日 兼高温発酵(約55℃)25日	
メタン発酵方式	縦置円筒型発酵槽 1,500ℓ 中温(約35℃)で30日程度 兼高温発酵(約55℃)20日	縦置円筒型発酵槽 2,100ℓ 中温発酵(35℃)・33日 兼高温発酵(約55℃)25日	
エネルギー生成と利用	コージェネレーションシステムに電気と熱を生成し、 施設内利用発電機65kw ×3台	コージェネレーションシステム 発電機70kw×2台、80kw ×1台	
消化液貯留槽	2,500ℓ×3、1,000ℓ×2 基、約半年分の消化液を 貯留	消化液貯留300ℓ×1基	
堆肥処理	ホイールローダー切り返し 方式	ロータリー攪拌方式	
実験開始	2001年8月	1997年と2001年	
費用	建設費	7.2万円/m ³	約5,700万円
	減価償却費	約9,900万円	(町費約1,434万円)
	運転諸経費	約5,600万円	5,850万円 (1頭当たり4.6万円)
計	約1億5,500万円	1億1,550万円	
収益	売電	(域内自給)	自給(1,095万円) 売電33万円
	堆肥の活用	参加農家農地へ散布	2,819万円、2,687万
計	試験研究費と町助成金、 農家負担金	6,634(5,539)万円	
損益計算	0	-4,916(-311)万円	
課題	試験施設であり、農家が これを引き継ぐのは、運 転・管理コストが高額で あり、容易でない。	1. 収支差がまだかなりあ る。 2. 消化液の活用・効果 3. 新たな投資の効果 4. 継続が可能か。	

資料:北海道開発土木研究所等の関係資料と聞き取り調査より作成

注:この表は、市川治代表「酪農におけるバイオガス利用システム導入の経営経済的評価に関する研究」(平成14年度ノーステック財団研究開発助成事業補助金研究成果報告書)、及び道開発協会開発調査総合研究所の研究助成調査をもとに補正したものである。

表3 大学のバイオガスシステムの事例

設置場所	酪農学園大	帯広畜産大
運転形態	個別型	個別型
費用負担者	大学と約半額補助金 約1億5千万円	三井造船100% 約1億円
施設建設費用		
ふん尿投入量	処理量 10%/日 発酵量 280%/日	乳牛70頭規模 投入量 4.5t/d 処理量 4%/日 発酵量 150%/日
	水平円筒型発酵槽 250ℓ 中温発酵(35℃~37℃)	円筒型完全混合槽 高温55℃ 滞留日数13日
メタン発酵方式	水平円筒型発酵槽 250ℓ 中温発酵(35℃~37℃)	円筒型完全混合槽 高温55℃ 滞留日数13日
エネルギー生成と利用	コージェネレーションシステムによる電気と熱を生成し、施設内利用 発電機 30kw×2台	コージェネレーションシステム 電気と熱を生成し、施設内 で利用する発電機15kw
消化液貯留槽	2,100ℓ×1基	810m ³
堆肥処理		
実験開始	2001年4月	2001年9月
課題	1. 実験施設としては、順調に稼働している。 2. 脱硫装置 3. 余熱の利用、消化液の 施用方法の検討 4. 継続性	1. 実験施設としては、順調に稼働している。 2. 今後、消化液貯留槽 の屋根かけを検討 3. 消化液の肥料化の検討 継続

資料:大学の試験研究関係資料と聞き取り等より作成

注1) このでの運営経費は大学が負担している。

2) 本表の内容は前表と同じ。

profile

市川 治 いちかわ おさむ

1948年生まれ、新潟県寺泊町(現・長岡市)出身。1978年東京農工大学大学院農学研究科修士課程修了。80年(財)農村開発企画委員会(協力)研究員、89年酪農学園大学酪農学部助教授、94年北海道大学博士(農学)、同年酪農学園大学酪農学部教授(同大学院酪農学研究科博士課程指導教授)、現在に至る。

日本農業経営学会理事、日本農業経営学会常任理事、(社)北海道地域農業研究所幹事、北海道農村文化協会事務局長、循環型農業資源広域利用基盤整備事業推進調査検討委員(株)ドーコン・道開発局委託)、北海道庁21世紀型協業法人、及び農業生産法人育成指針検討委員(座長)等歴任。