

地域特性と事業採算性を 考慮した集中型家畜糞尿 バイオガス化施設のシステム化の検討

矢萩 健太¹・古市 徹²・石井 一英³・翁 御棋⁴

¹非会員 北海道大学修士課程 大学院工学院(〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 7 丁目)

E-mail: yahagi@kanri-cr.Eng.hokudai.ac.jp

²会員 北海道大学教授 大学院工学研究院(〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 7 丁目)

E-mail: t-furu@eng.hokudai.ac.jp

³会員 北海道大学准教授 大学院工学研究院(〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 7 丁目)

E-mail: k-ishii@eng.Hokudai.ac.jp

⁴会員 北海道大学助教 大学院工学研究院(〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 7 丁目)

E-mail: weng@eng.hokudai.ac.jp

家畜糞尿のバイオガス化事業は、環境対策とエネルギー回収面で有効な事業である。複数の酪農家から家畜糞尿を収集しバイオガス化を行い、残渣である液肥を草地へ還元する集中型家畜糞尿バイオガス化施設(集中型システム)は、一般に事業運営が難しいとされているが、有機性廃棄物の有料受入や液肥の有料販売など地域特性を活かし継続して事業運営できているケースもある。今後、この集中型システムを普及させるためには、地域特性と事業採算性を考慮したシステム構築の一般的な考え方を示す必要がある。そこで本研究では、集中型システムを運営している事業者へのヒアリング調査の基づいた事業採算性の感度解析により地域特性と事業採算性を考慮したシステム化の検討を行った。

Key Words : cow manure biogas plant, systems analysis, regional conditions, financial feasibility

1. 研究背景と目的

家畜糞尿は現在、堆肥化としての利用行われているが、未成熟な堆肥を散布することや過剰施肥による水質汚染、酪農地帯の悪臭が問題となっている。このため、近年、家畜糞尿の適正処理が求められている。

家畜の内、特に乳用牛の飼養形式は大きく分けてスタンション方式とフリーストール方式に分けられる。スタンション方式では発生した糞尿をそのまま敷料と混ぜて堆肥とするため敷料が多い固形糞尿が発生し、フリーストール方式では、投入敷料が少ないため、液状糞尿(スラリー)が発生する。家畜糞尿の利活用については現在、堆肥化が主流であるが、堆肥製造過程にて切り返しが不十分で未成熟の堆肥を圃場散布することによる圃場の地下水汚染が問題となっている。また堆肥化による酪農地帯の悪臭も問題となっている。

これら課題の解決策として、家畜糞尿の堆肥化以外の利用法として、発生した液状糞尿(スラリー)をメタン発酵させ、発生したメタンガスをエネルギーとして用い

るバイオガス化がある。この家畜糞尿のバイオガス化は、西欧では普及が進んでおり、今後日本でもその普及が期待されている。家畜糞尿のバイオガス化は、発生した残渣を液肥として、酪農家や畑作農家の農地へ還元できることが、酪農地帯における家畜糞尿のバイオガス化の特徴である。家畜糞尿のバイオガス化事業により、家畜糞尿を嫌氣的に発酵させ臭いの少ない液肥ができることから、酪農地帯の臭気対策となる点、また発生したバイオガスをエネルギーとして用いる点で有効な事業である。このため、家畜糞尿のバイオガス化システムを取り入れる自治体や酪農家が増加傾向にある。

しかし、施設稼働にコストと手間がかかるため、個別式家畜糞尿バイオガス施設は現時点で機能していない場合が多い。一方、バイオガス化施設が、複数の酪農家から家畜糞尿を収集し、バイオガス化を行い、残渣である液肥を酪農家の草地へ還元する集中型家畜糞尿バイオガスプラント(以下、集中型システム)についても一般的に事業採算性は厳しいと言われているが、有機性廃棄物の有料受入、液肥有料販売など、地域特性を活かした他

の収入を得て、現在継続して事業運営できているケースもある。

Inaba¹⁾は、個別式バイオガス化システムと集中型バイオガス化システムの事業採算性を考慮しながらいくつかの運営方法を検討した。その結果、個別式システムより集中型システムの方が事業採算性を維持しつつ、事業運営が可能であることを示した。集中型家畜糞尿バイオガス化施設を新たに設置する際、施設を構成する要素（インプット、アウトプット、変換装置及び、地域特性および事業採算性）は要素間の相互影響を考慮しつつ計画しなければならない²⁾が、Inaba¹⁾らは地域特性によって生じるシステム要素の変更、例えば有機性廃棄物の受入や液肥の酪農家以外への販売などの検討までは行っていないかった。

よって今後さらに集中型システムを普及させるため、地域特性に応じて、事業採算性を考慮しながら、施設規模、液肥利用の可否、そしてバイオガス利用方法といった集中型システムを構成する上で必要な要素をどのように組み立てて集中型システムを構築していくか、その考え方を示さなければならない。

そこで本研究では、家畜糞尿のバイオガス化事業普及のために、特に集中型システムに焦点を当て、①現在継続して事業を運営している家畜糞尿バイオガス化事業者へのヒアリング調査を基に、事業採算性に大きく影響を及ぼす因子について感度解析を行うことで、地域特性と事業採算性を考慮したシステム化の考え方を示す。②特に液肥散布に制約のある地域特性を考慮し、事業採算性がとれるシステム構築を試みる。

2. 集中型家畜糞尿バイオガスシステム化の意義と事例調査

(1) システム化の意義

新たにバイオガス化施設を設置する際には、そのシステムの構成要素であるInput, Output, 変換装置, 地域特性及び事業採算性を考慮することが重要であり、それらのシステム化を行うことで始めて事業運営可能なバイオガス化施設の設計が可能となる³⁾。このような観点から、図-1に示すような枠組みで、現在運営されているバイオガス化システムの事例調査を行った。特に、事業採算に大きな影響を及ぼす地域特性として、有機性廃棄物の受入、液肥の販売、エネルギー利用方法に絞って解析を行った。

(2) 鹿追町集約型バイオガス化システム³⁾

図-2に示すように、本施設では、乳牛1000頭規模のサラリーを収集し、生成した液肥を処理に回さず酪農家の

草地または、畑作農家の畑地への販売として全量散布を行っている。またバイオガスはコージェネレーションシステムを用いた売電の他、試験段階としてボンベ利用や天然ガス自動車の燃料としての利用も今後の検討としている。バイオガスの発生量は、約110万 m³/年となっており、コージェネレーションで発生させた電力の内約半分を施設内利用し、他を売電している。

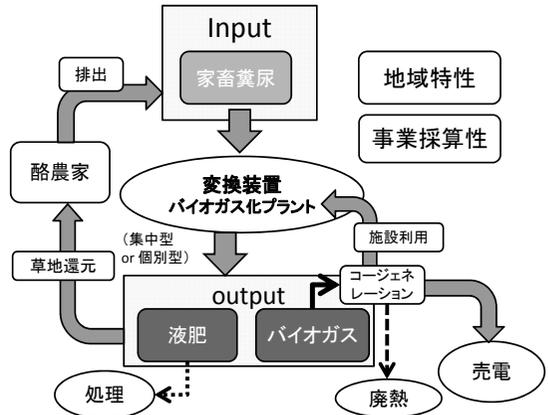


図-1 集中型バイオガスシステム（既存システム）

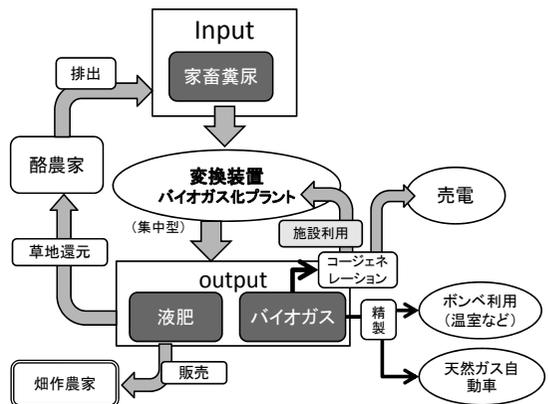


図-2 鹿追町集中型バイオガスシステム

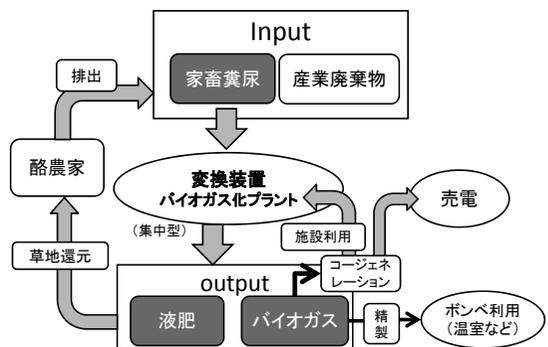


図-3 別海町集中型バイオガスシステム

(3) 別海町集中型バイオガスシステム⁴⁾

図-3のように別海町は、乳牛飼養1000頭規模の集中型システムを国の実証試験という形式でスタートさせた。しかし事業採算性が大幅な赤字となっていたため、平成18年度より家畜糞尿以外に有機性廃棄物を受け入れている。このことで事業採算性は大幅に改善し、現在ではプラントの収入のうち約7割を有機性廃棄物処理料金が占めている。言い換えると、別海町では、この有機性廃棄物の受け入れが可能であり、かつ液肥の全量散布が可能のように酪農家が納得できる有機性廃棄物の受入ができる地域特性があったことで事業を継続して運営できていると言える。

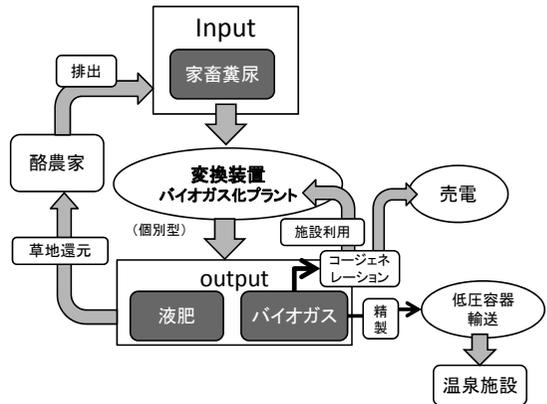


図-4 土幌町バイオガスシステム

(4) 土幌町個別式バイオガス化システム⁵⁾

図-4のように、土幌町にある550頭/年の家畜糞尿処理規模の個別式家畜糞尿バイオガス化システムでは、発生したバイオガスを無駄にしないために、バイオガスをバイオメタンとして精製した後、付近の温泉施設へバイオガスを低圧吸蔵容器にて輸送し、温泉施設にて熱利用を図っている。このようなバイオガスの利用法も、今後地域特性と事業採算性を考慮する上で重要な要素となる。

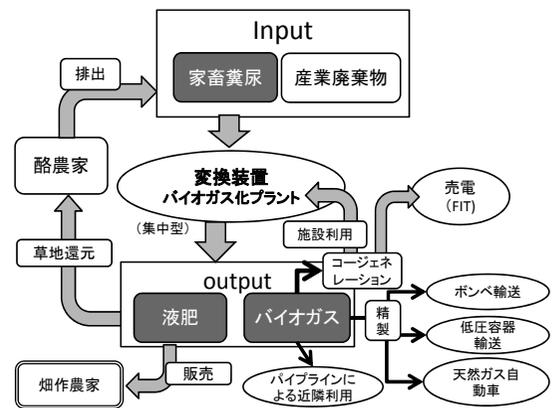


図-5 地域特性と事業採算を考慮した集中型バイオガスシステム

3. 集中型家畜糞尿バイオガス化施設のシステム化と感度解析

(1) 既存のバイオガス化施設

図-1に示した既存の一般的な集中型システムは、従来の集中型システムであり、事業が成立しない場合が多い。

(2) 地域特性と採算性を考慮したバイオガス化施設のシステム化

そこで、2章で示した現在継続して事業運営を行っている集中型家畜糞尿バイオガス化施設へのヒアリング調査を基に、地域特性と事業採算性を考慮し、新たに産業廃棄物の有料受入、畑作農家への液肥の販売、そして売電以外のバイオガスの利用方法を考慮に入れた、集中型システムの全体像を図-5に示す。

インプットでは別海町で行われている有機性廃棄物の有料受入を考慮した。アウトプットでは、既存のコージェネレーションによる売電のみではなく、電力固定買取制度を適用後の売電価格を考慮した（研究実施時においては売電価格が未決定であったため、想定価格として有望な値を使用した）。また、エネルギー効率の良いバイオガス利用方法として、バイオガスを直接近隣施設へパイプラインにより配送するシナリオ、またバイオガスをプラントにてメタン濃度90%以上のバイオメタンに精製した後、ポンベや低圧吸蔵容器にて輸送し利用する

シナリオ、そして天然ガスステーションを併設し、天然ガス自動車燃料として用いるシナリオを考慮した。

液肥に関しては、プラントにふん尿を提供する酪農家への散布を行うのみではなく、鹿追町を参考に、施設に家畜糞尿処理を委託していない別の酪農家や畑作農家への液肥の販売を考慮した。

(3) 感度解析のための諸条件の設定

a) システムフロー

図-6に本研究で想定したシステムフローを示す。家畜糞尿受入規模および単位面積当たりの飼養頭数を与条件として与え、ふん尿および有機廃棄物をバイオガス化する。液肥は契約酪農家が有する草地に必要量散布し、残りは非契約農家の畑地・草地に散布する。散布できなかった液肥は、水処理設備を設置し処理してから放流することにした。

一方、図-7に示すように、発生したバイオガスはコージェネレーションにより電気と熱に変換される。電気

の半分は施設利用し、残りの半分を売電することにした。一方、熱については施設利用した残りは廃熱することにした（今回は、コストの計算を目的にしているのので、廃熱量は計算していない）。また、売電以外のシナリオとして前述したように、バイオメタンにまで精製後、ポンプ輸送、低圧容器輸送により需要施設にまで配送するシナリオ、およびプロパンガスを混入し、12A相当の熱量まで調整した後、CNG車の燃料とするシナリオも考慮した。

b) 事業形態

本研究では、自治体によるサポートを考慮した組合運営方式を想定した。施設のイニシャルコストを半額補助となる国や自治体を含めた事業主体として固定して考える。

c) 地域特性

地域特性は、インプットに関しては、家畜糞尿の受入規模や有機性廃棄物受入に影響を及ぼす。また、アウトプットではバイオガスの利用方法（例：付近に熱需要施設がある場合は、熱需要施設との連携という形式でバイオガスの直接利用を行う）と、液肥の処理の有無に影響を及ぼす。

(4) 事業性の評価方法

事業採算性の評価として、事業の成立条件を事業開始から15年後の初期投資回収率（以下、B/Cとする）⁶⁾として $B/C \geq 1$ の時、事業の成立条件を満たすものとする。

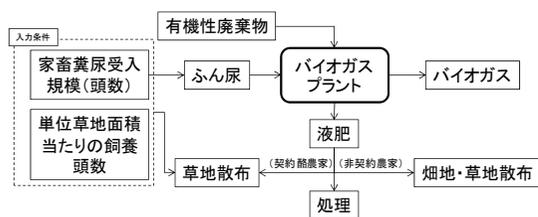


図-6 バイオガスシステムフロー

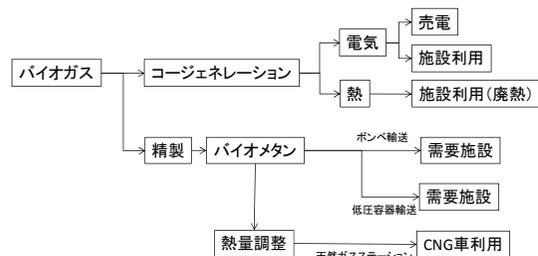


図-7 バイオガスの利用方法

(5) 事業採算性に対する感度解析

a) 感度解析の目的

事業採算性に影響を与える影響因子として本研究では、①家畜糞尿受入規模 ②液肥処理の有無 ③液肥販売価格 ④有機性廃棄物受入 ⑤バイオガス利用方法の計5つの因子を感度解析した。

これら5つの因子を選定した根拠は、①家畜糞尿受入規模は、バイオガス及び液肥の発生量に影響を及ぼすため、②液肥処理の有無は液肥の販売可能量に影響を及ぼすためである。③④⑤は現在継続して集中型家畜糞尿バイオガス化施設を運営する鹿追町、別海町、士幌町の地域特性に基づいてシステムに実際に組み込まれているものであるため、考慮した。

b) 計算条件

計算パラメータを表-1に示す。表-1は、インプット、変換装置、アウトプットそれぞれの設定項目および、計算に用いた算出式あるいは値を示している。感度解析の点から主要な部分のみ説明する。

まずインプットである家畜糞尿受入規模は、500～2000頭の範囲で行った。また、表には掲載していないが、個別酪農家によるバイオガスシステムの事業採算性も参考にするため100頭規模のプラントも想定した。単位草地面積当たりの飼養頭数（飼養頭数密度）は、北海道平均は2頭/ha、全国平均は約3頭/haである⁷⁾ので、1頭多く設定し2～4頭/haとした。この飼養頭数密度により、契約酪農家以外の畑地や草地への散布、あるいは液肥の処理を考慮することになる。

また、有機性廃棄物の受入を考慮するが、大量に受け入れるとそれだけ収入は増加するが、発酵阻害などの問題も生じる可能性があることから、15%を上限とした。また、このように15%以下での投入となること、有機性廃棄物はそのほとんどが水分であり分解率も牛ふんと比べて高いと予想されるので、液肥の発生に関しては有機廃棄物の投入は無視できるものと仮定した。

次に、液肥の販売価格であるが、一般的な液肥の窒素含有率から窒素単肥の価格換算⁸⁾で、液肥の販売価格を50～1500円/tと想定した。やや高めの設定ではあるが感度解析を行うという点から、やや広めに設定した。

さらに、売電価格については、単価上昇を考慮に入れるほか、先に説明したように発電以外のバイオガス利用方法も考慮することにした。

c) 初期投資回収率 (B/Cの計算)

表-2に、事業採算性を検討するためのパラメータの計算方法について示した。すべて2章で述べたバイオガス化事例、および参考文献⁹⁾に基づいており、事例数は

少ないが、現在入手できる最新かつ唯一のデータを用いている。イニシャルコストの中で規模の影響を受ける因子としては、プラント費、ガス精製設備費、ガス圧縮設備費、発酵残渣の処理設備費である。一方、ランニングコストとしては、人件費、ガス精製費用、液肥処理コスト、その他を考慮した。

収入については、家畜糞尿処理料金を契約酪農家から徴収し、さらに廃棄物受入収入、液肥散布手数料、および液肥そのものの販売料、そして売電を組み入れた。

以上より、最終的に事業開始から15年後の初期投資回収率 (BC) = 累計キャッシュフロー/減価償却費を算出する。

表-1 感度解析に用いたインプット、変換装置、アウトプット関連のパラメータ

分類	項目	記号	値	単位	参考文献
Input	家畜糞尿				
	家畜糞尿受入規模	F	500~2000	頭/年	
	ふん尿発生原単位	d	23	t/(頭・年)	
	飼養頭数密度	ρ	2~4	頭/ha	
	ふん尿処理料金	c_m	12000	円/頭	3,4)
	有機性廃棄物				
	受入量	w	家畜糞尿受入量の15%が上限	t/年	
	処理料金	c_w	10000	円/t	4)
	施設規模	C_{ap}	$= (F*d+w)/365$		
変換装置	バイオガス発生原単位				
	家畜糞尿	bc	34	m^3/t	6)
	有機性廃棄物	bw	58	m^3/t	6)
	バイオガス発生量	B'	$=F*d*bc+w*bw$	$m^3/年$	
	単位時間当たりのバイオガス発生量	B	$=B'/365/24$	m^3/h	
	液肥発生原単位	e_0	21.9	t/(頭・年)	3,4)
液肥発生量	E_1	$=e_0 \times F$ (有機性廃棄物由来考慮せず)	t/年		
Output	液肥				
	単位面積当たり草地還元量	e_h	35	t/ha/年	3)
	単位面積当たり畑地還元量	e_s	40	t/ha/年	3)
	液肥販売単価 (草地)	c_h	50~1500	円/t	
	液肥販売単価 (畑地)	c_s	100~1500	円/t	
	草地面積	A_h	$=F/\rho$	ha	
	畑地面積	A_s	任意に設定	ha	
	液肥散布量	E_h	$=e_h \times A_h + e_s \times A_s$	t/年	
	液肥処理量	E_2	$=E_1 - E_h$	t/年	
	バイオガス				
	メタンガス濃度	C_{CH_4}	60	%	
	バイオガス発熱量	H_{biogas}	22	MJ/m^3	
	精製後ガス (バイオメタン) メタン濃度	C'_{CH_4}	90	%	
	バイオメタン発熱量	H'_{biogas}	33	MJ/m^3	
	CNG燃料発熱量(12A相当)	H_{CNG}	41.9	MJ/m^3	
	プロパンガス混入率	Padd	0.15	-	
	コージェネレーション				
	発電効率	e_{EL}	40	%	
	熱回収効率	e_{Ht}	50	%	
	発電量	EL	$=B' \times H_{biogas} \times e_{EL} / 3.6$	kWh	
	売電価格 (現行法)	c_e	8	円/kWh	
	売電価格 (FIT適用)	c_{eFIT}	20	円/kWh	想定値
	パイプライン輸送				
パイプライン長	L	4	km		
バイオガス販売単価	c_p	45	円/ m^3		
バイオメタン (ボンベ輸送)					
バイオメタン販売単価	c_b	60	円/ m^3		
バイオメタン (低圧容器輸送)					
バイオメタン販売単価	c_v	60	円/ m^3		
バイオメタン (天然ガスステーション)					
CNG燃料販売単価	c_{CNG}	70	円/ m^3		

表-2 イニシャルコスト, ランニングコスト, 収入に関するパラメータ

イニシャルコスト		記号	数式 又は 値	単位	備考、参考文献
車両購入費用	搬出入 (アームローラー)	C_4	100000	千円/台	家畜糞尿処理規模1000頭以上で2台必要と仮定、3,4)
	ほ場散布 (スラッシュプレッダー)	C_5	62000	千円/台	
施設建設費	プラント費 (発電機有)	C_{plant}	$=C_6 \times (\text{Cap}/\text{Cap0})^{0.7}$	百万円	コージェネレーションをしない場合、発電機無の値を用いる。3)
	プラント費 (発電機無)	C'_{plant}	$=C_6 \times (\text{Cap}/\text{Cap0})^{0.7}$	百万円	
	基準規模	Cap0	85	kW	
	基準規模時のプラント費 (発電有)	C_6	835	百万円	
	基準規模時のプラント費 (発電無)	C'_6	821	百万円	
ガス精製設備	ガス精製設備 (熱量調整・付帯有)	C_{gas}	$=C_7 \times (B/Be)^{0.7}$	千円	3,4)
	基準規模	C_7	49300	千円	
	基準規模	Be	30	m ³ /h	
	ガス圧縮設備	C'_{gas}	$=C_7 \times (B/B0)^{0.7}$	千円	
	基準規模時の設備費	C'_7	32500	千円	
	基準規模	$B0$	50	m ³ /h	
	直接供給(非精製をバイプラインで輸送)	C_8	54×L	千円	
バイオガス輸送	ポンベ輸送	C_9	$=80 \times B \times 24/20 \times 8$	千円	ポンベ一本当たり8m ³ 注入可能、3)
	20本組みガードル	C_{10}	2000	千円	3)
	車庫・コンテナ	C_{11}	700	千円	3)
	低圧吸蔵容器輸送	C_{12}	$=17800 \times 2$	千円	1台当たり17800千円、5)
	天然ガスステーション	C_{13}	30000	千円	3)
発酵残渣処理設備	発酵残渣処理設備	C_{digest}	$=C_{d0} \times (E_2/E_0)^{0.7}$	千円	
	基準規模時の設備費	C_{d0}	48000	千円	
	基準規模	E_0	30000	t/年	

ランニングコスト		記号	数式	単位	備考
ガス精製費用	人件費	M_1	$=4000 \times 4$	千円/年	1人当たり400万円、4人想定
	脱硫剤追加費用	M_2	$=2 \times B'$	千円/年	2円/m ³ 、3,4)
	ガス精製設備維持管理費	M_3	$=107 \times B'$	千円/年	107千円/m ³ 、3,4)
	液肥処理コスト	M_4	$=2 \times E_1$	千円/年	2000円/t
	その他(薬務費、メンテナンス費、租税公課等)	M_5	$=109 \times \text{Cap}$	千円/年	単位規模(t/day)当たり109千円 ^{3,4)}
	収入	記号	数式	単位	備考
家畜ふん尿処理料金	I_a	$=F \times d \times c_a$	円/年		
廃棄物処理収入	I_b	$=W \times c_b$	円/年		
液肥散布手数料	I_c	$=500 \times E_2$	円/年	液肥t当たり500円の収入 ³⁾	
液肥売上	草地	I_d	$=c_3 \times c_4 \times A_3$	円/年	
	畑地	I_e	$=c_3 \times c_4 \times A_4$	円/年	
売ガス収入	ガス配管 (未精製)	I_g	$=c_5 \times B'$	円/年	
	バイオメタン (ポンベ)	I_h	$=c_5 \times B' \times 0.6 \times 9$	円/年	
	バイオメタン (低圧吸蔵)	I_i	$=c_5 \times B' \times 0.6 \times 9$	円/年	
	天然ガスステーション	I_j	$=c_{cs0} \times B' \times 0.6 \times 0.9 \times (1 + \text{Packd})$	円/年	

(3) 感度解析結果と考察

a) 家畜糞尿受入規模と液肥処理の有無

家畜糞尿受入規模に関して、B/Cの変化を図-8に示す。なお、飼養密度は3頭/ha、液肥は草地には50円/t、農地には100円/t、8円/kWhで売電し、液肥を全量散布可能な場合と処理が必要な場合とで計算した。また、前述したように100頭規模のケースは個別式家畜糞尿バイオガス化システムを想定して試算した。

この結果、個別式では、液肥を全量散布できたとしても、B/C=-1.09となり、事業採算性が全く合わない。

また集中型システムを想定して計算を行なった受入規模500頭規模から2000頭規模のB/Cも、想定通り極めて低い値となったが、家畜糞尿受入規模を500から2000頭/年へ増大することにより、B/Cは1.11増加することが分かり、かなり改善することが分かった。

次に、液肥処理が必要な地域については、液肥処理の有無によるB/Cの変化は、家畜糞尿受入規模2000頭/年時の時でも、-0.93と事業採算をとるのが困難であることが分かる。

b) 液肥販売価格と有機性廃棄物受入

次に液肥販売価格と、有機性廃棄物受入という2つの因子についての事業採算性に対する感度解析を行う。この場合は、飼養密度は3頭/ha、家畜糞尿受入規模は1000頭/年に固定し、8円/kWhで電気の買取を実施した場合を想定した。

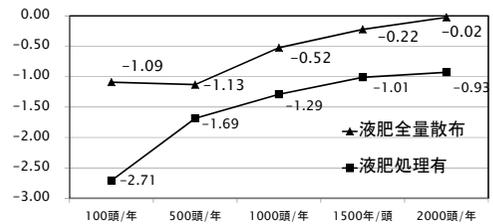


図-8 家畜糞尿受入規模と液肥処理の有無の感度解析

液肥価格は、前述したように、現在農家が購入している単肥(窒素)をベースとして窒素換算すると、最大1500円/tとして販売可能と考え、液肥価格を現状取引されている例があるi)草地50円/t畑地100円/t、そしてやや高めに設定できると想定して、ii)草地500円/t畑地1000円/t、さらに窒素ベースで考えた場合の最大値、iii)草地畑地共に1500円/t、の3つのパターンで設定した。また有機性廃棄物受入を考慮して、iv)液肥価格ゼロ、かつ有機性廃棄物を投入、v)液肥販売かつ有機性廃棄物受入としてシナリオの設定を行い、B/Cをそれぞれ試算した。収入のみの結果と併せてB/Cの結果を図-9に示す。B/Cの変化は、液肥の販売価格に関しては、i)の-0.52からiii)の0.59へと1.11の改善が見られた。一方、有機性廃棄物受け入れに関しては、ii)の-0.01からv)1.22の約1.23の改善が見られた。

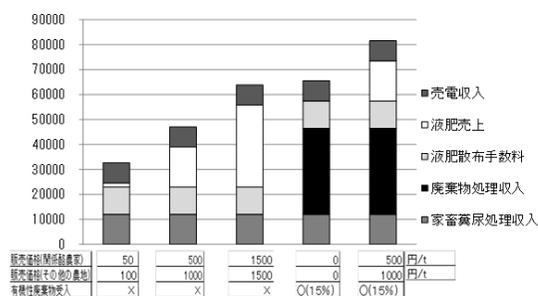


図-9 液肥販売価格と有機性廃棄物受入の感度解析

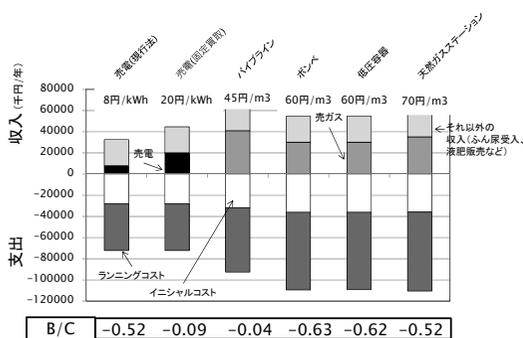


図-10 バイオガス利用方法の感度解析

c) バイオガス利用方法

家畜糞尿受入1000頭規模、飼養密度3頭/ha、そして液肥全量散布(草地50円/t、畑地100円/t)として、アウトプットであるバイオガス利用方法について、

- ①現行法によるコージェネレーションシステムによる売電
- ②電力固定買取制度(FIT)を利用したコージェネレーションシステムによる売電
- ③バイオガスをパイプラインにて輸送し直接利用
- ④バイオガスをバイオメタンとして精製後、ボンベ輸送
- ⑤バイオガスをバイオメタンとして精製後、低压吸蔵容器にて輸送
- ⑥バイオガスをバイオメタンとして精製後、BGプラントに併設した天然ガスステーションにて利用

の計6つのシナリオを設定し、B/Cの試算を行った。なお、研究実施時には買い取り価格が未決定であったため、想定値を利用した。

その結果を図-10に示す。売電よりも、売ガスの方が収入は大きいものの、ガス精製設備や圧縮設備のイニシャルコストや精製費などのランニングコスト、またボンベ容器費用や低压容器費、天然ガスステーション費もかかることから、②のFIT適用時および③パイプラインにてバイオガスをそのまま輸送する場合のB/Cが比較的高

い値であった。現行の売電価格である①の場合をベースとして考えると、-0.52から③のパイプラインの-0.04まで、の0.48程度改善することがわかる。

(3) システム構築の考え方

システムの構築手順は、事業採算性に対して影響の大きいものから考慮していく必要がある。これまでの検討を踏まえて、システムを構成する事業採算性に対する影響因子の影響の大きさは次のように分かった。

- ①家畜糞尿受入規模 (100頭から2000頭へ規模拡大することにより1.11の改善)
- ②液肥処理の有無 (0.91の差)
- ③液肥販売価格 (窒素ベースで決定される最大価格での販売により1.11の改善)
- ④有機性廃棄物受入 (最大15%の受入により1.23の改善)
- ⑤バイオガス利用方法 (パイプラインにより近隣移設でそのままバイオガスが利用になった時0.48の改善)

すなわち今回の感度解析の範囲内では、バイオガスの利用法については、相対的に感度は小さく、システム構築する際の優先順位は低いことが分かった。

従って、まず家畜糞尿の受入規模を決定し、次にできる限り全量を草地や畑地に散布する、そしてその際できる限り有料で液肥を販売することが重要である。さらに、液肥の散布や販売が無理な場合でも有機性廃棄物の受入により、一般論として事業採算性を大幅に改善できる可能性があることが、今回の感度解析で明らかになることができた。

5. 液肥散布が困難な地域での集中型バイオガス化施設のシステム化の検討

(1) 地域設定

液肥の処理は、単位草地面積当たりの家畜飼養頭数の低い北海道(2頭/ha)では、全量散布ができていたが、全国平均の家畜飼養頭数は3頭/haであり、そこで本研究では感度解析で行ったように当りの家畜飼養頭数を4頭/haとして、地域設定を行った。地域設定のベースを表-3に示す。本ケーススタディでは、前章で明らかにしたシステム構築の手順に基づき、このベースシナリオに、事業採算性を満足するためのオプションを追加していくことにした。

表-3 本ケーススタディーの計算条件と各シナリオのB/C

シナリオ	数値	単位	B/C
ベースシナリオ			
単位面積当たりの飼養頭数	4	頭/ha	-1.23
家畜飼養規模	1500	頭	
液肥			
草地散布量 (関係酪農家)	13125	t/年	
液肥処分量	19725	t/年	
販売価格 (関係酪農家)	50	円/t	
アウトプット			
売電 (現行法)	8	円/kWh	
ケース1：液肥全量散布可能な場合1			
液肥			1.01
草地散布量 (関係酪農家)	13125	t/年	
液肥処分量	0	t/年	
畑地散布量	19725	t/年	
販売価格 (関係酪農家)	1500	円/t	
販売価格 (畑地)	1500	円/t	
有機性廃棄物受入割合	1	%	
ケース2：液肥全量散布可能な場合2			
液肥			1.05
草地散布量 (関係酪農家)	13125	t/年	
液肥処分量	0	t/年	
畑地散布量	19725	t/年	
販売価格 (関係酪農家)	50	円/t	
販売価格 (畑地)	100	円/t	
有機性廃棄物受入割合	15	%	
ケース3：液肥処理が必要な場合			
液肥			1.01
草地散布量 (関係酪農家)	13125	t/年	
液肥処分量	19725	t/年	
畑地散布量	0	t/年	
販売価格 (関係酪農家)	1500	円/t	
有機性廃棄物受入割合	1	%	
バイオガス			
パイプラインにて販売	45	円/m ³	

(2) 地域特性に応じたシステム構築シナリオ

まず液肥処理の有無を考える。次に、液肥を新たに畑作農家の畑地や、本施設へ家畜糞尿の処理を委託していない酪農家への販売をまず考える。これにより、液肥の全量散布が可能であったケースと液肥の処理が必要となるケースの2つに分けて考えることができる。

その上で、事業採算性がとれるように、有機性廃棄物の受入やバイオガスの利用方法についてオプションを追加する。

a) 液肥全量散布が可能である場合 (ケース1と2)

ケース1として液肥の全量散布が可能な場合でかつ液肥の販売価格を、草地・畑地共に1500円/tにした場合を表-3に示す。この場合、B/C=1.01となり、事業の成立条件を満たす。すなわち、液肥の効果を、契約酪農家以外の農家にも理解してもらうことが重要である。

また、地域によっては、液肥の販売という形での酪農家への負担をこれ以上増やすことは難しい場合も考えられる。このような場合をケース2として同様に表-3に示す。液肥販売価格の引き上げではなく、有機性廃棄物の受入を考慮する。この場合、有機性廃棄物を最大量の

15%受け入れることでB/C=1.05となり、事業成立条件を満たすことが分かる。

b) 液肥の一部処理が必要な場合 (ケース3)

次に、液肥の処理が必要なケースについて考える。同様にケース3として表-3に示す。この場合、B/C=1.01となり、事業の成立条件を満たすことがわかる。つまり、全国レベルを想定した液肥の一部処理が必要な地域であっても、液肥の販売、有機性廃棄物の受入、バイオガス利用方法を工夫することで、事業成立条件であるB/C \geq 1を満たす可能性のあることが分かった。

6. 結論

①現在継続して集中型家畜糞尿バイオガス化施設を運営している事業者へのヒアリング調査に基づき、事業採算性へ影響を及ぼす因子に関する感度解析よりシステムの構築の考え方を示した。

②全国でのバイオガスプラント普及を目指して、液肥の全量散布が困難な地域を想定し、システムの構築を行った。そのような地域でも、液肥の販売、有機性廃棄物受入、バイオガス利用方法を考慮することで、バイオガス化システム構築は可能であることを示した。

また本研究を通して、バイオガス化施設の事業成立のためには、液肥の肥料価値の検討を行い、適正価格での販売が必要である事も分かった。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、鹿追町、別海町、士幌町の担当の方には情報提供等のご協力を得た。ここに感謝の意を表す。なお、本研究の一部はH23年度環境省環境研究総合推進費補助金により行われた。

参考文献

- 1) Rokuta Inaba, Tohru Funuchi, Toshihiro Komatsu, Noboru Tanikawa, Kazuei Ishii: Centralization of dairy farming facilities for improved economics and environmental quality, Waste Management Vol.29, No.1, pp. 214-223, 2009
- 2) 古市徹監修, 有機廃棄物資源循環システム研究会編著: 循環型社会の廃棄物系バイオマサー利活用事業成功のためのシステム化一, 環境新聞社, 2010
- 3) 鹿追町ヒアリングより
- 4) 別海町ヒアリングより
- 5) 士幌町ヒアリングより
- 6) 財団法人新エネルギー財団編: バイオマス技術ハンドブック〜導入と事業化のノウハウ〜, オーム社, 2008
- 7) 前田善夫: 家畜ふん尿の適正管理から利用促進へ, 畜産環境

情報, Vol. 33, pp. 3-7, 2006

8)財団法人肥料経済研究所：肥料の農家購入価格情報

http://www.hi-kei-ken.jp/hiryou/price/h_price.html

9) 五島典英, 古市徹, 石井一英, 谷川昇; 動脈系・静脈系連携

によるエネルギー循環のための廃棄物バイオガス化システム

の提案—石狩湾新港地域でのバイオガス直接利用システムの

検討—, 土木学会環境システム研究論文集, Vol. 38, pp. 389-400,

2010

(2012. 7. 18受付)

SYSTEMS ANALYSIS OF CENTRALIZED COW MANURE BIOGAS FACILITIES CONSIDERING REGIONAL CONDITIONS AND FINANCIAL FEASIBILITY

Kenta YAHAGI, Toru FURUICHI, Kazuei ISHII and Yu-Chi WENG

Biogas plants for cow manure are effective for environmental conservation and energy recovery. Although centralized cow manure biogas plants, where cow manure is collected from multiple farmers and the fermentation residue is applied to their own glass fields, are said to be facing financial difficulty, some biogas plants run well in business by taking advantages such as receiving food wastes and selling fermentation residue. In order to popularize centralized biogas plants, how to develop the biogas systems according to regional conditions and financial feasibility has to be clarified. This study clarified systemization of centralized cow manure biogas plants according to regional conditions and financial feasibility by sensitivity analysis based on actual data obtained by actual centralized biogas plants in business.