

メタン発酵処理技術と具体的取組事例

—バイオガスを組み込んだ小規模家畜排せつ物処理システムの概要—

(社)群馬県畜産協会

経営支援部 塩原 広之

1. はじめに

生産者段階における家畜排せつ物の処理では、毎日発生するふんや尿汚水を安定的かつ効率的に経営外に運び出すことが求められており、一般的には前者は堆肥化、後者は浄化処理が行われている。一方、家畜ふん尿にいわゆる「バイオマス」としての価値をより積極的に見い出して、それを利用する技術、一般的にはバイオガスの生産とそのエネルギーの利用技術は、すでに確立されてはいるものの、ふん尿処理の効率性という点では、産業的に取り入れるにはまだ高いハードルがあると言わざるを得ない。その理由の一つには、ふん尿を嫌気発酵させてバイオガスを得たあとの残さ、つまり消化液の処理を含め、システム全体の効率性の低いことが挙げられる。特に飼料基盤を持たない養豚では、現実的には液肥としての利用を想定することは難しいから、トータルのふん尿処理システムとしては、すでに経営にとってコスト負担の大きい堆肥化、浄化の施設のほかに、ガス発生・利用施設を備えなければならない。しかし経営全体の効率を考えた場合、

ガスの利用で得られるエネルギーは、それが電気にしても熱にしても、外部から購入した方が安価となることは現状の社会経済情勢では明らかであり、投資コストに見合うだけのリターンを見いだしにくいからである。

これらの点から、現在の家畜ふん尿のエネルギーとしての利用は、社会的な意義の観点が強調されて共同利用施設などにより行われているものが多いが、その広がりには限定的である。また、施設の安全確保のためのコントロールシステムやそのための人員配置などで高コスト構造となることは否めないし、設置後の維持経費を安定的に確保することが難しくなっている昨今の情勢から、運営の点で見直しを迫られている施設もある。

しかしながら、化石燃料価格の高止まりあるいは今後の一層の上昇が避けられない中では、バイオエネルギーの利用は社会的な要請であり、農業というバイオ産業の雄である畜産業は、これに積極的に取り組むべき役割を担っていると見える。そのためには、確立された技術をさらに確固としたものにするとともに、生産者段階で設置が可能な簡易・低コストのシステムの開発が急務である。

本稿で紹介する「バイオガスを組み込んだ小規模家畜排せつ物処理システム」は、中規模以下の養豚農場で採用することを意識したものであり、既存のふん尿処理システムとバイオガス発生・利用施設を組み合わせたトータルシステムであることに意味がある。まだ上記の問題を十分に解決したとは言えないものの、すでに実用段階にあるシステムとして期待されるものである。

なお、本システムは、財団法人畜

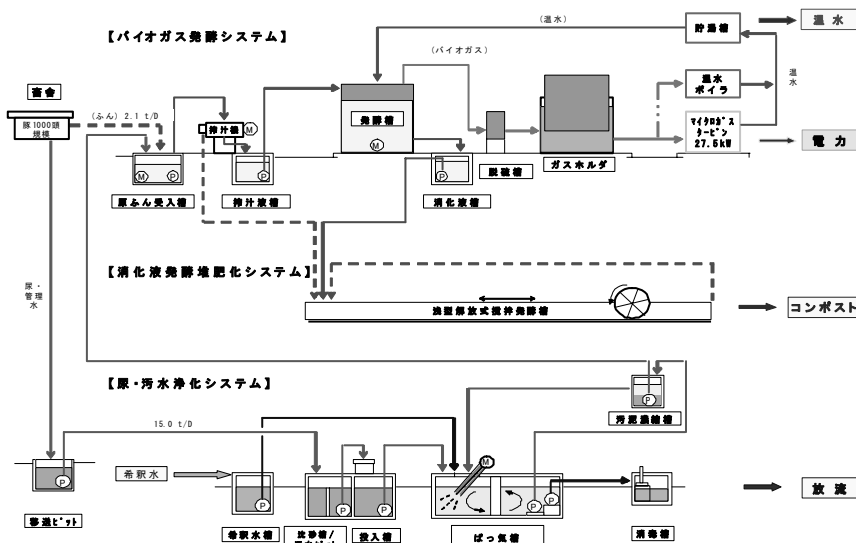


図1 処理システムのフロー図

産環境整備機構が「家畜排せつ物処理コスト低減等技術開発推進事業」により設置したものであり、平成13年4月より平成16年3月まで実証試験をM社及びMP社が行った後、現在も継続して稼動している。

2. システムの概要

設備は、群馬県前橋市にある種雌豚100頭（肥育豚1,000頭）規模の一貫経営の養豚場に設置している。豚舎は一部を除くとすのこ式のふん尿分離型の構造である。本システムは主に次の3つから構成されている（図1および表1）。

① バイオガス発酵システム

受入供給設備と嫌気性発酵処理設備およびバイオガス利用設備からなる。ふん尿分離豚舎から得られたふんに尿汚水浄化システムで発生した汚泥を加えて受入槽に貯留し、それをスクリーブレスで搾汁し、搾汁液を攪拌しながら貯留した後、嫌気性発酵槽に投入する。嫌気性発酵処理設備では、投入した液を嫌気性状態で約25日間、35℃に保温しながら発酵処理し、バイオガスを発生させる。固液分離を行ってその搾汁液を投入しているため、発酵に関係ない夾雑物の混入がなく、処理施設の小型化とバイオガス発生効率の向上が可能となっている。スクリーブレスからの固形分は堆肥化施設に搬出する。バイオガス利用設備では、発生したガスを気液分離、脱硫処理してガスホルダーに貯蔵する。貯蔵したガスは、30kwマイクロガスター

投入量	肥育豚換算1,000頭規模（ふん2,100kg/日 尿汚水 15m ³ /日）			
機器の仕様	バイオガス発酵システム	受入供給設備	混合槽	RC製5m ³ 、攪拌機付
			搾汁機	容量5t/時間
			搾汁液槽	RC製5m ³
	嫌気性発酵処理設備	発酵槽	RC製49m ³ （有効）	ガス発生量93.5m ³ /日
			脱硫機	乾式脱硫
	バイオガス利用設備	ガスホルダー	水封式、40m ³	
		マイクロガスタービン発電機	容量30kw	
		ガスボイラ	小型貫流温水ボイラ	
	尿汚水処理システム	ばっき槽	回分式活性汚泥法	
	消化液堆肥化システム	開放攪拌型		

表1 システムの仕様

ビン発電機による発電に用い、電気およびタービンからの排熱を回収する。得られた電気と熱交換により得た温水は発酵システム、浄化システム、堆肥化システムの運転に必要な電力および熱として施設内で利用されるとともに、余剰電力が発生すれば豚舎等にも使用可能である。また、設置者と電力会社との間で「マイクロガスタービン発電設備の低圧配電線連系に関する運用申合書」を取り交わしている。発酵槽から排出される消化液は、受入供給設備より分離した固形分を堆肥化する過程において、堆肥上に散布して処理される。施設の設置面積は付属施設を含めて約180m²である。

② 尿汚水浄化システム

オキシデーションディッチによる回分式活性汚泥法汚水処理施設である。ふん尿分離豚舎から導入される尿汚水は、夾雑物を振動フルイで分離した後、井戸水で希釈して活性汚泥による処理を行い、処理水は消毒後河川へ放流する。発生する余剰汚泥は、汚泥濃縮槽からバイオガス発酵システムの受入供給設備に移送される。運転サイクルはばっき20時間、静置3時間、排水および導入1時間に設定してある。施設の設置面積



写真1 発電施設全景



写真2 ガスホルダーと発酵槽



写真3 マイログスタービン



写真5 汚水処理施設全景

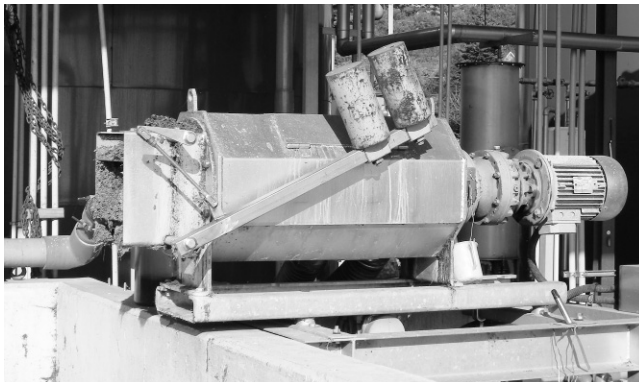


写真4 スクリュープレス

は約140㎡である。

③消化液堆肥化発酵システム

バイオガス発酵システムの受入供給設備で分離された固形物を、浅型発酵槽の開放直線型堆肥化施設に投入して堆肥化するとともに、嫌気性発酵処理設備から排出された消化液を堆肥上に撒布し、発酵熱および太陽熱により水分を蒸散させて処理する。設置面積は発酵槽の面積約850㎡、全体の面積1,887㎡である。

なおシステムは、プログラムコントローラ等によりプロセスの集中監視と自動制御が行われている。

3. システムの稼働状況

①バイオガス発酵システム

バイオガス発酵システムの全景を写真1、2に、マイクロガスタービン発電機を写真3に、スクリュープレスを写真4に示す。

実証試験で得られた投入量と発生ガス量、発電量の成績を図2に示す。設計では約2,000 /日の発酵槽投入量で110m³/日程度の発生量であるが、実証試験では平均93.5m³/日であり、比較的安定してバイオガスを

	BOD	SS	T-N	T-P
原水 (平均)	7,570	1,800	3,340	81
処理水 (平均)	15	74	91	12
除去率 (%)	99.8	95.9	97.3	85.2
群馬県排水基準	80	120	120	16

表2 処理水の水質分析値 (単位: mg/)

発生している。なお平成17年度の総発生量は39万m³となっている。またメタンガス濃度は平均63%である。現在は、投入有機物当りのガス発生量は600 -CH₄/kg-VS程度に安定し、ほぼ設計値以上 (500 -CH₄/kg-VS) の運転を行っている。マイクロガスタービン発電機による発電量は100~120kwh/日であり、ガス発生量に対応して、安定した発電が行なわれている。

②尿・汚水浄化システム

尿・汚水浄化システムの施設全景を写真5に、処理水の水質分析値を表2に示す。安定的な運転をしており、放流基準を満たす水質となっている。

③消化液堆肥化発酵システム

消化液堆肥化発酵システムの全景と内部について写真6、7に示す。堆肥分析結果においても、堆肥品質基準を満足する測定結果を示している (表3)。

④電力収支

各システムの稼働に必要な電力量は、バイオガス発酵システム20kwh、尿汚水浄化システム80kwh、消化液堆肥化発酵システム20kwhであり、現在の発電量は100~120kwh/日で、必要量に対して若干の不足が生じていることから、収支はマイナスである。不足量については商用電力を利用して補っている。

⑤運転に必要な労力

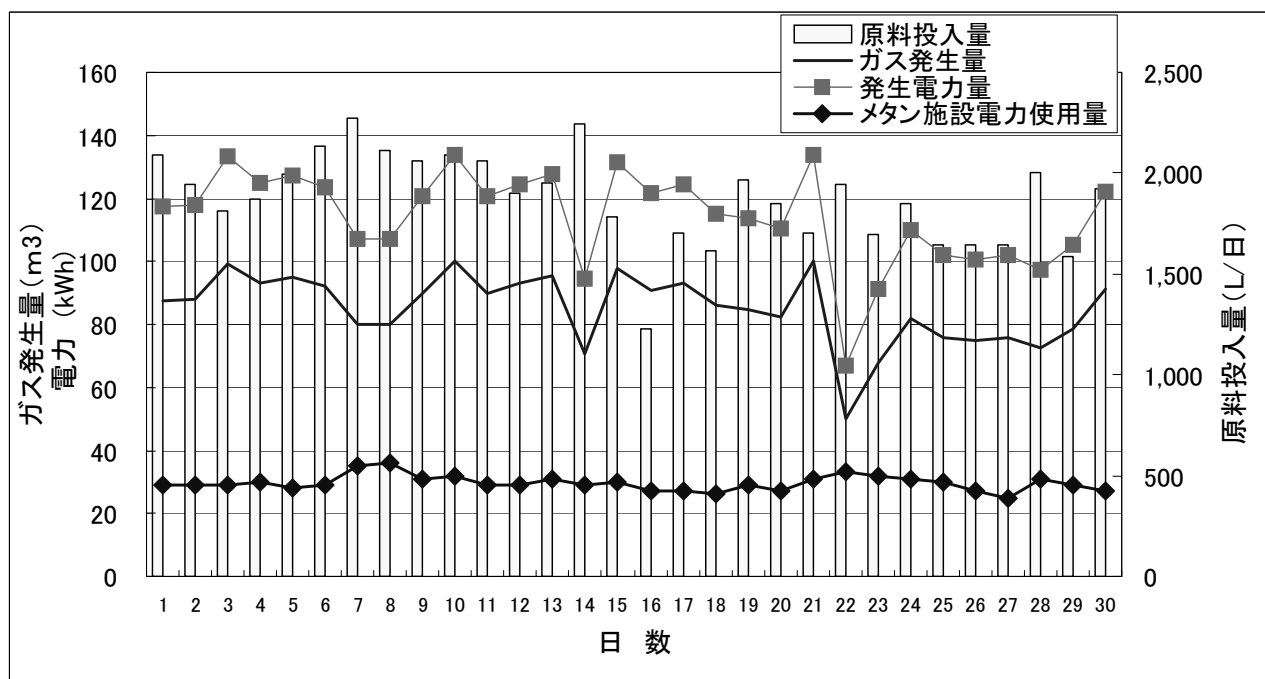


図2 原料投入量とガス発生量の動き

それぞれのシステムの運転行程はほぼ自動化されているため、特に労力が多くかかるということはないが、現在の1日当たり労働時間は約3時間である。その内訳は、バイオガス発生システム1時間程度、消化液堆肥化発酵システム1.5時間程度、その他0.5時間程度である。バイオガス発酵システムでは、原料の投入に必要なとする労力のほかにガスメーター付近の管路からの水の除去に時間がかかっている。これは、バイオガスと同時に発生している水蒸気が結露して管路を閉塞するため、これを防止するために水抜きを必要とするものである。設置者は密閉縦型堆肥化施設を別に所有しており、本システム稼働以前の必要な管理時間は1日あたり1時間程度であったことから、それに比べると

管理に必要とする労力は多くなっている。

4. システムの経済性と評価

本システムの設置費用は、概算であるが、土地造成費用を含めて全体で約7,000万円、うちバイオガス発酵システムは約3,000万円である。

現状では本システムが養豚経営にもたらす直接的な経済効果は、システム全体への必要電力の供給コストの節減である。発電量が120kwh/日となれば電力収支はほぼ均衡するから、養豚のふん尿処理に対する直接的なコスト低減効果としては、浄化処理に必要な80kwh/日、堆肥化処理に必要な20kwh/日、合計100kwh/日を購入するコストである。1kwhあたり購



写真6 堆肥化施設全景



写真7 堆肥化施設内部

	pH	導電率	水分	T-N	全リン酸	全カリウム	石灰	炭素	銅	亜鉛
測定結果	7.9	6.5	41.93	3.53	6.77	3.56	5.14	30.03	270	850
品質基準	—	5.0<	70<	<1	<1	<1	—	—	600<	1,800<

表3 堆肥分析結果

入価格を12円とすれば、年間438千円程度のコスト低減効果となる。しかしこれは、たとえばバイオガス発電システムを10年で減価償却した場合の年間償却額270万円には遠く及ばない。バイオガス発電システムの維持費は発生する電力で賄えるとしても、現状ではシステム設置の直接的な経済効果は、必要とする経費に比べてかなり小さいことになる。さらに発電システムであるから、定期的なメンテナンスは欠かせないのであり、これに要する経費も計上しなければならないであろう。

一方、間接的なメリットを考えてみると、一般的には二酸化炭素排出量の低減が挙げられる。電気の二酸化炭素排出量は電気使用量に係数0.37を掛けて求められるから、この場合は年間約13,500kgの低減となる。これをどのように評価すればいいのかは、筆者は専門外でよくわからないが、二酸化炭素排出低減量をガソリン消費量に逆換算（ガソリンの係数2.32として計算）すると約5,800 になることを考えると、決して小さな効果ではない。しかしこれを養豚経営における経済的メリットとして、設置者が直接享受する仕組みがないことには、システムの導入にはあまり大きなインセンティブが働かないであろう。

このように考えると、従来のシステムと同様に本システムにおいても、ガスの発生効率や発電効率を高く保って、可能な限りシステム以外への発電システム導入による波及効果を高めるとともに、システムの初期費用を低減することが重要であることは言を俟たないが、それとともにそれだけではカバーできないコスト

負担をどのように軽減するかが普及の鍵となろう。

5. おわりに

本システムは、

1. 中規模以下の養豚で利用可能である。
 2. 安定的な処理が期待できる既存のふん尿処理システムをベースに、小型で比較的管理のしやすいマイクロガスタービン発電システムからの電気・熱供給を組み合わせることで、より安定したふん尿処理を可能としている。
 3. 発生した電気と熱はシステム全体へ供給され、トータルコストの低減に寄与できる。また余剰電力が生じる場合は、畜舎の動力源や温源などに利用可能なほか、系統連系により電力会社への供給も考えられる。
 4. バイオガス発生時に生じる消化液の処理が比較的容易である。
- などの利点がある。

しかしながら、発電システムの設置コスト等を考えると、現状では養豚経営にとって現実的で納得のできるメリットを見いだすことは難しい。システム全体の効率化、低コスト化はもちろん、環境負荷を軽減する畜産経営に対する積極的な負担軽減措置など、バイオガスを利用するメリットを生かす方策をさらに検討する必要があるだろう。

最後に、データを提供していただいたM社及びMP社に深謝します。