

〔短報〕

共同利用型バイオガスプラントにおける家畜ふん尿の搬入・搬出作業能率*1

高橋 圭二*2 木村 義彰*3 吉田 邦彦*2

共同利用型バイオガスプラントにおいて、プラントへの家畜ふん尿の搬入方法と、消化液および処理ふん尿の搬出方法と作業能率を検討した。ふん尿はアームロール車にスラリー用タンクあるいは固形ふん尿用コンテナを搭載して搬入搬出する。スラリーの搬入能率は8.5m³の散布用タンクでは1.5~3.2台/h、重量では8.1~17.3t/hであった。固形ふん尿の搬入能率は15.4m³のコンテナでは2.9台/h、重量では10.8t/hであった。スラリーの搬出・散布時の作業能率は2.9台/h、マニュアルプレッダによる堆肥の搬出・散布作業能率は3.3台/hであった。

緒言

近年、酪農経営の大規模化の進行、労働力不足により、家畜ふん尿管理の不十分が原因となる環境汚染が懸念されるようになった。このような情勢の中で1999年7月に「家畜排泄物の管理の適正化と利用の促進に関する法律」が制定された。2004年11月より罰則の適用が開始され、家畜ふん尿の管理の適正化と資源としての有効利用が求められている。

家畜ふん尿処理技術のうち、メタン発酵システムは①発酵処理過程でのアンモニア揮散がない、②消化液の肥効性が高い、③発生したメタンガスをエネルギー利用できるなどの利点がある。

寒冷地での共同利用型処理の場合、原料ふん尿の搬入方法や搬出方法については凍結対策や作業能率について未検討の部分が多い。これらについて検討した結果のうち、各農家からプラントへの家畜ふん尿の搬入方法と、消化液および処理ふん尿の搬出・散布方法、および作業能率について取りまとめた。

試験方法

1. 搬入方法の検討

スラリーおよび固形ふん尿の搬入作業の実態を調査す

2005年7月21日受理

*1 本試験は「積雪寒冷地における環境・資源循環プロジェクト研究」として実施した試験のうち、「共同利用型バイオガスプラントにおける家畜ふん尿の搬入・搬出・散布法」を取りまとめたものである。

*2 北海道立根釧農業試験場, 086-1100 標津郡中標津町
E-mail:takahakj@agri.pref.hokkaido.jp

*3 同上 (現:北海道立中央農業試験場, 069-1395 夕張郡長沼町)

るとともに、その作業能率について調査した。

調査項目: 運搬車両, ふん尿搬入作業内容, 各作業時間, 運搬距離など

2. 搬出方法の検討

共同利用型バイオガスプラントから各農家へのふん尿搬出作業の実態と、その作業能率について調査した。また、圃場近傍の一時貯留施設(サテライト貯留施設)への搬出作業能率についても調査した。

調査項目: ふん尿搬出作業内容, 各作業時間, 運搬距離など

試験結果

1. 搬入方法調査結果

(1) ふん尿搬入方法

ふん尿の搬入に使用されている運搬車はアームロール車と呼ばれ、トラックの台車にスラリー運搬・散布用のタンクあるいは、固形ふん尿運搬用のコンテナが搭載できる(表1)。各農家のふん尿はプラント管理者が搬入する。

表1 ふん尿搬入・搬出用作業機械の主要諸元

アームロール車		スラリー運搬・散布用タンク		ふん尿運搬コンテナ	
全長(mm)	8,020	形状	円筒	荷台形状	舟底一方開
全高(mm)	3,160	積載容量(L)	8,500	全長(mm)	5,610
全幅(mm)	2,490	ポンプ	外部ポンプ	全幅(mm)	2,470
重量(t)	11.4	散布方法	衝突板	内法高(mm)	1,400
馬力(PS)	325	散布幅(m)	10~11	重量(kg)	1,900
最大積載量(kg)	8,100	吐出能力(L/min)	1,000~1,200(清水)	積載容量(m ³)	15.4

(2) ふん尿搬入作業の作業能率

1) スラリー

①搬入方法

搬入方法はプラントでアームロール車にスラリータンクを搭載して各農家に移動し、スラリーピットに備え付けられたポンプでスラリーを投入してプラントに戻る。バイオガスプラントの原料スラリー投入口にホースを接続してスラリーを排出した後、次の搬入農家に移動する。

②作業能率 (表2)

スラリー粘度は高い農家では11000mPa・s、低い農家では1800mPa・sと大きく異なった。ふん尿粘度が高い農家では積み込み直前に攪拌が必要なことから、移動以外の時間が1829秒と粘度の低い農家の2倍以上を要していた。移動も含めた作業能率は1.5台/hであった。粘度の低いスラリー搬入時の作業能率は3.2台/hとなり、搬入するスラリーはあらかじめ十分に攪拌して粘度を下げた方が作業性や作業能率が高い。

2) 固形ふん尿

①搬入方法

固形ふん尿の搬入は、プラントから最初の農家まではコンテナを搭載しない空のアームロール車で移動し、農家でふん尿を溜めたコンテナを搭載してプラントに戻り、固形ふん尿受け入れ口に排出する。空になったコンテナを再度農家のバーンクリーナ下部に設置した後、次の農家までコンテナなしで移動し農家に配置されたコンテナを回収する。最後の農家のコンテナを回収したあとは、

空になったコンテナを農家に搬送し帰りは空の状態でプラントに戻る工程となっている。

②作業能率 (表3)

5台の調査結果から、固形ふん尿の搬入時の作業時間は、コンテナの搭載が61秒、プラントでの排出が98秒であった。ふん尿を排出した後のコンテナ及び運搬用トラックの洗浄に135秒を要している。また、空になったコンテナを農家のバーンクリーナ下部に設置するのに100秒を要していた。移動距離が4kmでの作業能率は2.9台/hであった。1台あたりの運搬重量は最大で6200kgであることから、運搬重量での固形ふん尿の搬入作業能率は、搬入能率は18.0t/hとなる。

2. 搬出方法調査結果

(1) 消化液・堆肥の搬出方法

遠隔地圃場への散布のためプラントから約5.4kmの場所に消化液のサテライト貯留槽が設置されている。このサテライト貯留槽へはプラントの管理人が適宜、消化液を搬出・運搬しており、参加農家の庭先等への運搬作業はない。各農家はプラントまたはサテライトから各圃場へ消化液及び堆肥を搬出・散布している。

(2) ふん尿搬出作業の実態と作業能率

1) スラリー

①サテライト貯留槽への搬出

バイオガスプラントとサテライト貯留施設との距離は往復で約11kmであった (表4)。この移動に911秒を要

表2 スラリーの搬入作業能率

ふん尿 粘度 (mPa・s)	1台あたりの作業時間 (秒, カッコ内は分)					総時間 (分/台)	能率 (台/h)	能率 (t/h)	往復距離 (km)	
	移動	攪拌	投入 (農家)	排出 (プラント)	その他					
11,000	578	495	344	433	557	1,829 (30.5)	40.1	1.5	8.1	4.4
1,800	310	0	224	350	251	825 (13.8)	18.9	3.2	17.3	2.6

粘度高7台, 粘度低9台分の平均。ふん尿粘度の計測は2004/11/19。運搬重量は, 最大積載量から逆算し5.4t。

表3 固形ふん尿の搬入作業能率 (5台分の平均)

移動	搬入1台あたりの作業時間 (秒, カッコ内は分)					総時間 (分/台)	能率 (台/h)	能率 (t/h)	移動距離 (km)	
	コンテナ 搭載	ふん尿排出 (プラント)	洗浄	コンテナ 設置	その他					
514	61	98	135	100	329	723 (12.1)	20.6	2.9	18.0	4.0

注: プラントと農家間の往復距離は約2.7km。運搬重量は最大積載量から逆算し6.2t。

表4 消化液のサテライト貯留槽への搬出作業能率 (3台の平均)

移動	搬出1台あたりの作業時間 (秒, カッコ内は分)				総時間 (分/台)	能率 (台/h)	能率 (t/h)	往復距離 (km)
	消化液排出 (サテライト)	消化液投入 (プラント)	その他	移動以外の 作業時間				
911	464	175	326	965 (16.1)	31.3	1.9	10.3	10.8

運搬車: アームロール車にタンクを搭載。運搬重量は最大積載量から逆算し5.4t。

していた。消化液はプラント内の貯留槽のレセプションピットに設置されたポンプで運搬車に投入するが、その時間は175秒であった。サテライトでは運搬車のポンプで加圧してレセプションピットに464秒で排出した。

作業能率は1.9台/hであった。

②農家圃場への搬出・散布 (表5)

各農家への消化液の搬出・散布は、農家所有のスラリータンカを用いている。調査時のスラリータンカは14500Lの容量であった。

プラントでの消化液の積み込み時間は251秒であった。圃場への往復に627秒、圃場内の散布時間は260秒であった。消化液の搬出・散布能率はこの移動距離の場合約2.9台/hであった。

2) 堆肥

①農家圃場への搬出・散布 (表6)

プラントで発酵処理した堆肥の搬出・散布についても各農家所有のマニユアスプレッダを利用している。調査時のマニユアスプレッダはTMS7000 (スター農機製)であった。

圃場までの往復距離は2.7kmで、移動時間は308秒であった。散布作業時間は240秒で、堆肥の搬出・散布能率は約3.3台/hであった。

考 察

今回の調査対象であるバイオガスプラントでは処理可能なふん尿形態はスラリーのみである。参加戸数の6割はつなぎ飼い牛舎で敷料を多量に使用している。その固形ふん尿は固液分離をして液分をバイオガスプラントへ送り、固形分は堆肥化するという方法をとっている。このため、バイオガスプラントとして必要な人員の他に固液分離・堆肥処理過程に作業人員の追加が必要となる。また、運搬についてもスラリー体系と固形ふん尿体系という2系統を持つ必要がある。これは、プラント建設費およびランニングコスト増加の大きな要因となっている。

そのため、固液分離・堆肥化施設を不要とするためバイオガスプラントの発酵施設に敷料が多量に混入した原料でも対応できる方式の採用も考慮すべきである。

また、搬入農家のふん尿処理方式をスラリー処理に変更することで、往復の移動距離は10.1kmから5.2kmと半減し、搬入作業能率も1.8台/h (11.2t/h) から2.4台/h (13.0t/h) に向上できる (表7, 8)。

表5 消化液の搬出・散布作業能率 (3台の平均)

移動	搬出1台あたりの作業時間 (秒, カッコ内は分)				総時間 (分/台)	能率 (台/h)	能率 (t/h)	往復距離 (km)
	圃場散布	消化液積み込み (プラント)	その他	移動以外の 作業時間				
627	260	251	115	626 (10.4)	1,253	2.9	37.8	3.2

運搬・散布タンカ容量は14500L。運搬量は容量の90%とした。

表6 堆肥の搬出・散布作業能率 (2台の平均)

移動	搬出1台あたりの作業時間 (秒, カッコ内は分)				総時間 (分/台)	能率 (台/h)	往復距離 (km)
	圃場散布	堆肥積み込み (プラント)	その他	移動以外の 作業時間			
308	240	292	241	773 (12.9)	18.0	3.3	2.7

使用マニユアスプレッダ：TMS7000 (スター農機製)。重量は未計測のため不明。

表7 固形ふん尿の搬入作業シミュレーション

移動	搬入1台あたりの作業時間 (秒, カッコ内は分)						能率 (台/h)	能率 (t/h)	移動距離 (km)
	搭載 (農家)	排出 (プラント)	洗浄	設置 (農家)	その他	総作業時間			
1,058	116	166	274	91	305	2,010 (33.5)	1.8	11.2	10.1

注：プラントと農家間の距離は各1.3km、農家間は2.3km。運搬車の固形ふん尿の積載可能量は6.2 t/台。

表8 スラリーでの搬入作業シミュレーション

移動	1台あたりの作業時間 (秒, カッコ内は分)					能率 (台/h)	能率 (t/h)	移動距離 (km)
	攪拌	投入 (農家)	排出 (プラント)	その他	総作業時間			
637	0	224	350	305	1,516 (25.3)	2.4	13.0	5.2

注：プラントと農家間の距離は各1.3km、農家間は2.3km。運搬車のスラリーの積載可能量は5.4 t/台。

表9 スラリーでの搬入作業

運搬条件	運搬重量 (kg)	移動 距離 (km)	移動 時間 (秒)	走行 速度 (km/h)	投入 (秒)	排出 (秒)	その他 (秒)	総作業 時間 (秒)	能率 (t/h)
現状	5,400	5.2	637	29.4	151	236	305	1,329	14.6
改善	13,050	5.2	1,017	18.4	406	634	305	2,363	19.9

現状の運搬重量は、最大積載量から逆算。

改善はスラリータンカー（トラクタ牽引、14500L）で運搬した場合。運搬量は容量の90%とした。

プラントと農家間の距離は各1.3km、農家間は2.3km。走行速度などは現地調査を基に算定した。

さらに、全量スラリーとなった場合にはアームロール車を用いる必要はなく、各農家所有のスラリータンカーをトラクタで牽引する方式とすることができ、その時の運搬作業能率を検討した（表9）。

運搬速度は現状のアームロール車が29.4km/hで、改善区のトラクタ牽引時が18.4km/hと現状の方が約1.6倍高速であり投入・排出も短時間であるが、一回の運搬重量が約2.4倍と改善区の方が多くなることから、1時間あたりの搬入能率は現状の14.6t/hに対して、改善区では19.9t/hと約1.4倍の搬入能率となる。

このように共同利用型バイオガスプラントでは全量スラリー処理体系とすることで、搬入作業の高能率化の他に、固液分離・堆肥化のための作業の削減、および汚染箇所や搬入設備（コンテナ）、堆肥化処理施設等の削減が可能となり、コストや労力、衛生管理面でも非常に有利となる。

Investigation of Performance of Carry in and out Dairy manure at the Bio-gas Plant Center

Keiji TAKAHASHI^{*1}, Yoshiaki KIMURA^{*2} and Kunihiko YOSHIDA^{*1}

^{*1} Hokkaido Kosen Agricultural Experiment Station, Nakashibetu, Hokkaido, 086-1100 Japan
E-mail:takahakj@agri.pref.hokkaido.jp

^{*2} ibid., (Present; Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-1395 Japan)