

〔短報〕

固液分離・密閉型曝気装置による長わら混入ふん尿の処理性能

大越 安吾^{*1} 高橋 圭二^{*1}

つなぎ牛舎から排出される敷料が混入したふん尿を、スクリュース式固液分離機により固形分と液分に分離し、固形分は堆肥化、液分は2槽式曝気槽により液肥化する固液分離・密閉型曝気装置の処理性能について検討した。固液分離機により、敷料の混入した水分80～85%のふん尿の水分は70%程度まで低下し、その処理量は0.5～0.8t/hであった。分離後の液分は処理量5t/日で滞留日数6日の2槽式曝気槽に投入され、1日18時間の間欠曝気処理を行った。液分の粘度、pH、ORPおよび排出ガス濃度から好気発酵処理が進んでいると考えられた。また曝気処理で発生する急激な発泡は曝気槽内の消泡と曝気時間により制御されていた。

緒 言

乳牛のふん尿は高水分で取扱性が悪く、堆肥化には多量の水分調整材を必要とする。堆肥化のための水分調整は稲わら・麦稈等の低水分の資材を混合する方法と、固液分離処理がある。これまでは、牛床の敷料に使用している麦稈・乾草・おが粉・パーク等を水分調整材として利用するケースが多いが、敷料が少ないときにはふん尿水分の低下が不十分のため、円滑な堆肥化が進まず、熟度の低い未熟堆肥となる。一方、液状のふん尿はスラリーとして圃場散布しているが、嫌気状態での長期間貯留は散布時のアンモニア揮散や悪臭が問題となっている。

本施設は固液分離機、曝気装置、液分移送ポンプなどを一体化したふん尿処理施設で、固液分離後の固形分は堆肥化、液分は曝気処理による液肥化のそれぞれの処理を行なう。この固液分離機および曝気装置の性能並びに取扱性などを明らかにした。

試験方法

1. 試験期日・場所および農家概要

調査は2003年9～10月に室蘭市のM牧場とU牧場において実施した。乳牛飼養頭数はM牧場45頭、U牧場は42頭であり、ふん尿はパーンクリーナで搬出している。使用している敷料は麦稈、乾草、鉋屑である。

2. 供試機

1) 施設の概要

本施設は固液分離機（下部に液分貯留槽）、有効容積15m³の第1および第2曝気槽、180日貯留の貯留槽（曝

気処理液投入部に調整槽）および固液分離後の液分を各槽へ移送するパイプライン、固形分を搬出するベルトコンベアとこれらを集中制御する制御盤から構成されている（図1）。制御内容は固液分離機の始動・停止と運転時間および分離固形分排出用のベルトコンベアの稼動、曝気槽の始動・停止と運転時間および曝気方法とサイクル、貯留槽（及び調整槽）の間欠曝気の始動・停止、運転時間と回数、液分貯留槽から曝気槽への液分の移送である。

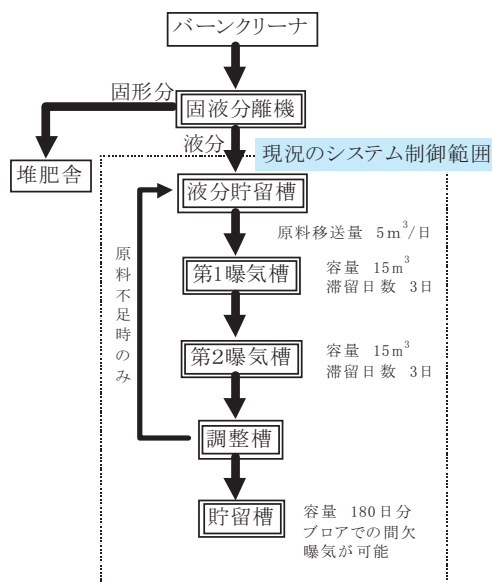


図1 システムフロー図

2) 固液分離機

供試したスクリュース式固液分離機（SD-300A）は長わらが混入したふん尿の固液分離が可能である（表1）。牛舎からパーンクリーナにより搬出されたふん尿

2004年8月9日受理

^{*1} 北海道立根釧農業試験場, 086-1100 標津郡中標津町

は、直接、供試機上部の受入ホッパへ投入され、ホッパ直下にあるステンレス製スクリーオーガへ供給される。スクリーンはステンレス製パンチングメタルで、直径3 mmの丸穴が8 mmピッチで千鳥状に配置され、開口率は約12%である。分離固形分の水分や処理量の調整は排出口の圧力調節板をスプリングで加圧する方式である。排出された分離固形分はベルトコンベアで堆肥舎へ搬送され、分離液分は供試機下部に設置した液分貯留槽に貯留する。

表1 固液分離機の主要諸元

型 式	SD-300A		
本 体	全 長	(mm)	3,200
	全 幅	(mm)	1,420
	全 高	(mm)	920
	重 量	(kg)	2,250
動 力	駆動動力源		モータ
	入力電力	(V)	200
	定格出力	(kW)	3.7
スクリーン	形状	円筒状パンチングメタル	
	直径	(mm)	306
	有効長	(mm)	2,000
	孔径	(mm)	3
	開口率	(%)	11.7
	材質	SUS304	
スクリー オーガ	直径	(mm)	300
	有効長	(mm)	2,000
	回転数	(rpm)	4.5
	材質	SUS304	

3) 2槽式曝気槽

2槽式曝気槽は有効容積15m³の第1・第2曝気槽(A100-MRC-M01・M02)、循環ポンプや消泡装置などで構成されている(表2)。液分は1日1回フローセンサにより5m³ずつ移送され、移送順序は第2曝気槽→調整槽、第1曝気槽→第2曝気槽、液分貯留槽→第1曝気槽の順である。固液分離機からの分離液分が不足している場合は調整槽から不足分が液分貯留槽へ移送される。液分の移送および曝気装置は、制御盤に設定したプログラムによって稼動する。

表2 2槽式曝気槽の主要諸元

		第1曝気槽	第2曝気槽
型 式		A100-MRC-M01	A100-MRC-M02
全 長	(mm)	6,004	6,004
全 幅	(mm)	2,310	2,310
全 高	(mm)	2,695	2,695
有効容積	(m ³)	15	15
曝気用動力	曝気レータ (kW)	2.2	1.5
	送気プロア (kW)	1.5	1.5
循環用動力	循環ポンプ (kW)	1.5と0.75	1.5と0.75
	攪拌機 (kW)	0.4	0.4
消泡用動力	シャワー (kW)	1.5	1.5
	消泡機2台 (kW)	0.2	0.2
移送用動力	ポンプ (kW)	1.5	1.5

3. 固液分離機の性能調査

調査は各牧場から排出される敷料(麦稈、乾草、鉋屑)が混入したふん尿を用いて、固液分離精度と処理量および分離前後のふん尿水分を計測した。牛舎からのふん尿の搬出は午前8時と午後4時の2回である。

4. 2槽式曝気槽の性能調査

総括酸素移動容量係数はU牧場の第1曝気槽に無酸素水15tを投入して、各曝気装置ごとに計測した。溶存酸素の計測位置は水面下1mである。M牧場ではふん尿の分離液分の曝気試験を行い、槽内の温度、液分性状(pH、ORP、粘度など)の分析、発生ガス(アンモニア、炭酸ガスなど)の測定を行なった。ガスは曝気槽上部の排気管と同時刻の液分貯留槽内、および両曝気槽から5m離れた市道地点で採取し、検知管で測定した。

結 果

1. 固液分離機の性能

敷料が混入したふん尿の水分は80~85%、固液分離後の固形分の平均水分は、麦稈や乾草が混入したふん尿では約70%、鉋屑が混入したふん尿では76%であった。単位時間当たりの処理量は、乾草混入ふん尿0.57t/h、鉋屑混入ふん尿0.73t/h、麦稈混入ふん尿は朝作業0.77t/h、夕作業0.54t/hであった(表3)。

表3 固液分離機の分離精度と作業能率

牧場名	U	M		
試験日	9.17朝	9.18朝	9.18夕	10.14朝
原料量 (t)	1.789	1.541	0.543	1.842
収容頭数 (頭)	42	45	45	45
敷料	鉋屑	麦稈	麦稈	乾草
使用量 (/日)	3m ³	0.1t	0.1t	0.1t
平均水分	原料 (%)	84.2	84.3	80.5
	固形分 (%)	75.9	68.7	69.6
	液分 (%)	97.1	93.5	93.2
処理量	固形分 (t)	1.081	0.570	0.295
	液分 (t)	0.708	0.971	0.248
	計 (t)	1.789	1.541	0.543
	処理量 (t/h)	0.73	0.77	0.54
分離比 (固/液)	61:39	37:63	54:46	44:56
	回転数 (rpm)	4.5	4.5	4.5

2. 2槽式曝気槽の性能

1) 総括酸素移動容量係数(Kla)

装置全体のKlaは2.38h⁻¹と高い数値を示したが、曝気レータ単独0.98h⁻¹、送気プロア単独0.95h⁻¹であった。また、Klaは消泡用シャワーにも0.45h⁻¹の低い値で認められた(表4)。

表4 第1曝気槽の総括酸素移動容量係数 (Kla)

曝気装置	送気量又は 循環量 (m^3/h)	総括酸素移動容量 係数 (Kla) (h^{-1})	Kla割合 (%)
送気ブロー	378	0.95	40
曝気レータ	36	0.98	41
消泡シャワー	30	0.45	19
小計	—	2.38	100

2) 分離液分の性状変化

曝気は制御盤に設定されている曝気プログラムによって稼動し、M牧場では6:00~23:30の時間帯で稼動するように設定した。液分移送は貯留槽内の分離液分の粘度に影響され、1~2時間程度を要した。曝気は液分移送後に開始されるようにプログラムが設定されており、同牧場では45分/1サイクル、1日当たり20~21サイクルによる間欠曝気運転を採用した(図2)。

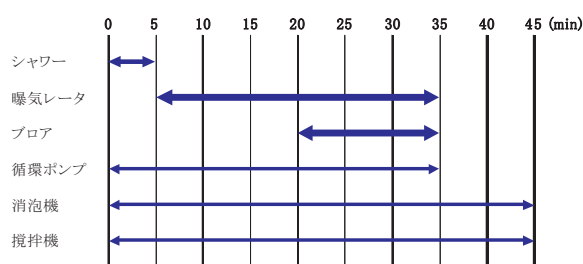


図2 曝気装置の稼動時間設定

第2槽の処理液のpHは、分離液分の平均値6.9に対し8.2まで上昇した。液分移送時には第1曝気槽で0.5ポイント、第2曝気槽で0.2ポイント程度低下したが、12時間程度の曝気処理でpHの回復が認められた。

表5 分離液分の性状変化

		液分貯留槽			第1曝気槽		第2曝気槽	
		1日目	2日目	3日目	1日目	3日目	1日目	3日目
pH	—	6.83	6.95	6.88	7.53	7.99	8.00	8.21
ORP	(mV)	-364	-386	-369	-404	-436	-431	-452
粘度	($\text{mPa} \cdot \text{s}$)	1190	880	960	400	270	300	220
TS	(%)	6.83	7.08	6.97	6.31	6.23	6.11	6.04
SS	(mg/kg)	34,300	30,900	23,200	19,500	32,800	31,700	24,600
COD	(mg/kg)	25,600	25,600	25,100	25,500	23,400	17,300	19,800
T-N	(原物%)	0.63	0.64	0.63	0.57	0.54	0.60	0.54
P ₂ O ₅	(原物%)	0.22	0.20	0.20	0.19	0.20	0.18	0.18
K ₂ O	(原物%)	0.61	0.57	0.54	0.56	0.55	0.57	0.56
CaO	(原物%)	0.19	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	0.17
MgO	(原物%)	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11

ORPは分離液分の平均値-385mVに対し-450mVまで低下した。投入原料に対し各槽とも還元が進んでおり、測定期間中は酸化に転ずる兆候はなかった。粘度は分離液分の平均値1000 $\text{mPa} \cdot \text{s}$ に対し220 $\text{mPa} \cdot \text{s}$ まで低下した。経時測定から第2曝気槽内では220 $\text{mPa} \cdot \text{s}$ 前後の平衡状態が維持されていた。

TSは分離液分の7%程度から6%に低下した。SSは分離液分の平均値29,500 mg/kg に対し、第1曝気槽では32,800 mg/kg まで増加し、第2曝気槽では処理経過46時間まで32,000 mg/kg 前後で推移し、60時間目に25,000 mg/kg まで低下した。

CODは分離液分の平均値25,400 mg/kg に対し、暫時低下の傾向を示した。T-Nは15%程度低下したが、他の成分はほとんど変化しなかった(表5)。

間欠曝気運転時における曝気槽内の液温は、曝気時は一定勾配で上昇し、曝気停止後の低下は僅かであった。外気温の影響はほとんど受けなかったが、原料投入時に5℃前後の低下が確認された(図3)。

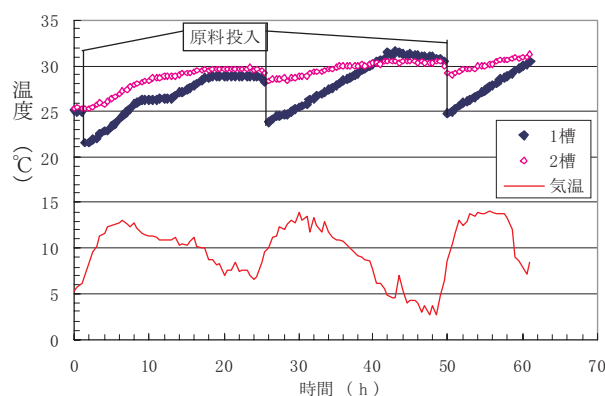


図3 曝気槽内の液温と外気温 (2003/10/15~17)

硫化水素は液分貯留槽内で検知されなかった。第1曝気槽で140ppmであるのに対し第2曝気槽では濃度が1.4ppmと約1/100まで低下した。アンモニアは貯留槽で20ppm、両曝気槽でほぼ80ppmであった。二酸化炭素は第1曝気槽が15000ppmであるのに対し第2曝気槽では12000ppmと濃度が80%まで低下した(表6)。試験期間中は急激な発泡は確認されなかった。

表6 発生ガスの成分濃度

	硫化水素 (ppm)	アンモニア (ppm)	二酸化炭素 (ppm)
液分貯留槽	0	0	—
第1曝気槽	140	78	15,000
第2曝気槽	1.4	80	12,000
5m地点	0	0	400

測定月日 2003/10/17

考 察

本施設は固液分離機と2槽式曝気槽、長期貯留槽、そして各装置を繋ぐパイプラインおよび制御盤を一体化したふん尿処理施設で、全体の運転はプログラムにより制御する。

固液分離機の分離精度および処理量は、ふん尿に混入する敷料の種類と量によって変動し、敷料として未切断の牧草が多く混入する場合は、乾草の飲み込み状況に合わせてバーンクリーナを断続運転したため、処理量は低かった。これに対し、短い麦稈や鉋屑では乾草より処理量が高かった。分離固形分の水分は乾草・麦稈で約70%と堆肥化に適した水分に低下するのに対し、鉋屑で76%と高かった。これらのことから、供試機では短い麦稈が混入したふん尿の処理時に固形分の水分が低下しやすいと考えられた。

M牧場で調査した処理量を基に、固液分離機の稼働割合を朝作業は2/3、夕作業は1/3、搾乳牛1頭あたりのふん量を50kgと仮定した場合、1時間あたりのふん尿処理量は約700kg/h、搾乳牛頭数換算では14頭/hと推定される。

総括酸素移動容量係数は、根釧農業試験場の貯留容量30m³の曝気槽に設置されたエジェクタポンプ(2.2kW 送気量24m³/h) 1.80h⁻¹、遠心吸引式ポンプ(1.5kW 送気量30m³/h) 1.13h⁻¹であった¹⁾。これと比較すると、本施設に設置された曝気装置の単位送気量あたりのKla効率やkW当たりのKla効率は低かった。また、曝気レータと送気ブローアのKlaはほぼ同じであるが、単位時間当たりの送気量は曝気レータ36m³/h、送気ブローア378m³/hと後者が10倍以上であることから、単位送気量当たりのKla効率は曝気レータが高く、kW当たりのKla効率は送

気ブローアが高かった。また、消泡用シャワーにも約20%のKlaの割合があることが確認された。

処理液は、pHの上昇、粘度・TSの低下、硫化水素と二酸化炭素の濃度低下から、曝気による好気発酵が促進していると考えられた。また、ORPが酸化側へ遷移する兆候がないことから、処理液は急激な発泡が発生する前段階と推察される。

曝気槽への分離液分の投入量は5t/日であり、麦稈が混入したふん尿の固液分離処理量から換算すると、2槽式曝気槽の処理能力は搾乳牛頭数170頭規模と推定されるが、施設全体の処理量は、固液分離機の稼働時間、敷料の種類や混入割合に影響されることが明らかになった。

引用文献

- 1) 道立根釧農試酪農施設科. “乳牛糞尿の曝気処理技術の確立”. 平成10年度酪農施設機械試験成績書. (1998).

Performance of Separating and Closed Type Aerating System with Straw Mixing Manure

Ango OHKOSHI* and Keiji TAKAHASHI

* Hokkaido Konsen Agricultural Experiment Station,
Nakasibetsu, Hokkaido, 086-1100 Japan
E-mail: angook@agri.pref.Hokkaido.jp