

1 新技術情報
その1

パイプハウス利用型発酵乾燥処理施設における 乳牛ふん尿の堆肥化技術

長野県畜産試験場 岸本 剛

フリーストール牛舎への移行あるいは尿污水处理が困難なことからふん尿混合処理をおこなう酪農家が増加している。しかしながら、高水分で排せつ量の多い乳牛ふん尿の堆肥化は、多くの水分調整材を必要とし、ランニングコストを押し上げている。

一方、ロータリー攪拌機によるパイプハウス利用型発酵乾燥処理施設(発酵乾燥ハウス)は出口の低水分堆肥を水分調整材として利用すること(戻し堆肥)により、水分調整材の購入量と完成堆肥量が少なくできるリサイクルシステムとして長野県内でも増加傾向にある。

しかし、本県のような寒冷地における発酵乾燥ハウスの適切な運行方法は確立されていなく、とくに出来上がり堆肥の水分が高く、計画どおり施設を稼働できない事例がみられる。

長野県畜産試験場は(財)畜産環境整備機構からの委託を受けて、簡易低コスト処理施設の実証試験を行っている。今回、発酵乾燥ハウスにおける戻し堆肥の水分調整材としての有効利用技術について検討をおこなった。

材料および方法

1. 施設の概要

発酵乾燥処理施設は間口7.2m×奥行き65.0mのパイプハウスで搬出口には高さ1.5m、奥行き3.0mの落とし込み、両サイドに巻き上げカーテンを設置し、発酵乾燥床は不浸透性ビニールシートを敷設した(図1)。

熟成・保管施設は間口9.0m×奥行き11.0m、中心高4.5mのパイプハウス、床面はアスファルトを使用した。

ロータリー型攪拌移送機は堆肥攪拌幅5m、堆肥堆積高70cm、移動速度100cm/分、施設内移送距離60m(発酵床面積300m²)、自走式(側壁およびレール不要)、タイマーによる攪拌時間設定が可能で、攪拌回数を5回/日に設定した。投入口から出口までに達する日数は約25日となった。



図1 発酵乾燥ハウス

2. 調査期間

平成13年7月から平成14年6月(1年目)と平成14年7月から平成15年6月(2年目)の2年間とした。

3. ふん尿と水分調整材の投入量

1日当たりの牛舎からの排出量はふん尿(平均経産乳牛頭数45.0~47.5頭)の約2.5m³と主に敷料利用として加えたオガクズの約1.3m³(約0.03 m³/頭・日)とした。牛舎排出時のふん尿混合物の水分は約83%となる。これに発酵乾燥ハウスにおいて約3.6m³の戻し堆肥を加えた。

厳冬期(1~2月)に用いた戻し堆肥は、夏から秋期(7~11月)に生産した低水分堆肥の余剰分を熟成・保管施設に貯蔵したものとした。また、2年目の冬期に容積重を調整するためにもみ殻を投入した。

戻し堆肥は2年間連続使用し、年間の戻し堆肥の投入量は生産堆肥量の約3/4量となった(表1)。

表1 施設へのふん尿と水分調整材の投入量

投入量	1年目 (平均経産牛頭数 47.5頭)		2年目 (平均経産牛頭数 45.0頭)		備考
	1日(m ³)	年間(m ³)	1日(m ³)	年間(m ³)	
ふん尿	2.50	913	2.50	913	
オガクズ	1.30	482*	0.90	368	2年目の4月~6月は1.4m ³ /日
もみ殻	0.00	0	0.45	60	2年目の11月~2月
戻し堆肥	3.60	1,314	4.00	1,416	2年目は牛床の敷料として利用(4月~6月を除く)
圃場還元量		460		440	発酵床を入れ換えれば約125m ³ 増加する
生産堆肥量 (戻し堆肥投入量/生産堆肥量)		1,774 (74%)		1,856 (76%)	

* 稼働開始時(平成13年6月)の発酵床(60m)製造期間中のオガクズ投入量を除く

4. 調査項目

(1) 発酵床内の水分、容積重および中心温度

処理レーン内10mごとに3カ所のサンプリングを週1回行い、水分は105℃24時間乾燥法により、容積重は10Lのポリ容器を用い測定した。また、処理レーン内10m毎に中心部(深さ30cm)の温度を計測した。

(2) 発酵乾燥ハウス内の気温

処理レーン10m地点、高さ1.5mの位置に自記温度計を設置し、30分間隔で計測した。

(3) 堆肥の成分組成

搬出口の堆肥について電気伝導度の測定ならびに全窒素、カルシウム、マグネシウム、カリウムおよびリン酸の分析^{1, 2)}をおこなった。

(4) 作業時間およびランニングコスト

堆肥運搬や機械整備等に要した時間ならびに年間のオガクズ使用量、電気、燃料代、その他消耗品費等を調査した。

結果

1. 発酵床内の水分および容積重の季節変動

ふん尿と水分調整材が均一となる投入口から10m地点(以下10m地点)における水分および容積重は、夏から冬にかけて増加し、12月には各々70%、7Kg/10Lを超えた。

1月と2月に夏～秋期に生産貯蔵した低水分(水分55%以下)の余剰堆肥を水分調整材として再利用した結果、適正な発酵に必要な水分と容積重(戻し堆肥とふん尿混合時の条件:水分68%以下、容積重7Kg/10L以下)³⁾を概ね維持できた。

2年目の搬出堆肥(戻し堆肥)の容積重は7～9月にかけて水分が低下しても高く推移し、戻し堆肥の連続使用により粒子が微粉化しているものと推察された。しかし、11月からのもみ殻の投入により12月以降は1年目とほぼ同様の値まで低下した(図2、図3)。

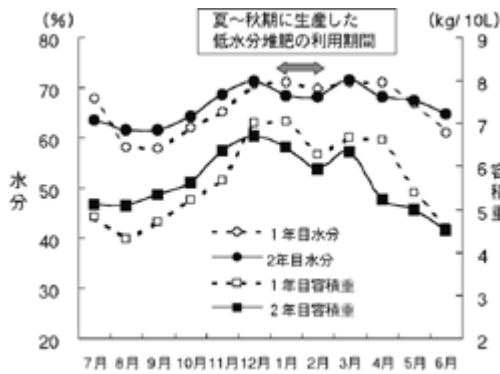


図2 10m地点における水分と容積重の季節変動

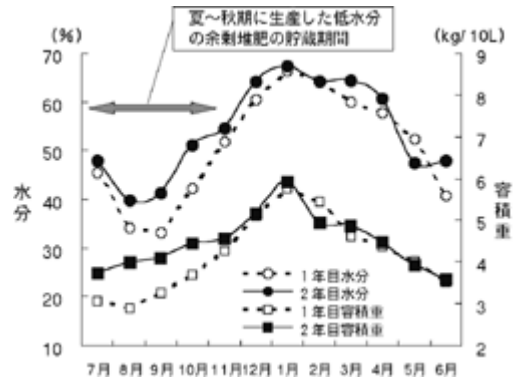


図3 搬出堆肥の水分と容積重の季節変動

2. 発酵床の中心温度と搬出堆肥の粒径の変化

1年目の10m地点における堆肥の中心温度は12月と1月を除いて65°C前後で安定していた。2年目は水分と容積重を適正に調整しても11月以降に十分上がらず60°C以下となった(図4)。

ふん尿と戻し堆肥の混合物は投入口において生ふんの周りに低水分の戻し堆肥が付着して団子状になる。この団子状になったものは、太陽エネルギーによる水分蒸散量の低下する冬期間においても1年目には搬出口に達するまでに消失した。しかし、2年目の11月からは搬出口に達しても粒径10mmより大きなものが見られた(図5)。

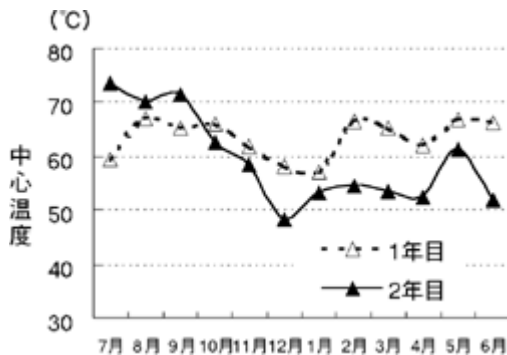


図4 発酵床10m地点の中心温度の季節変動

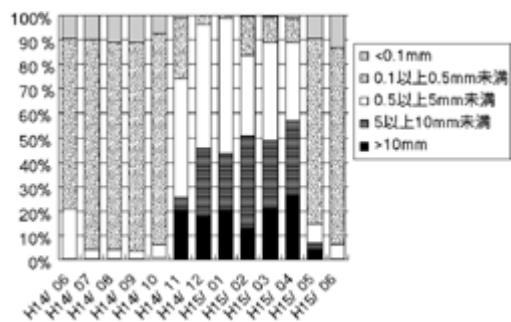


図5 搬出堆肥の粒径の季節変動

3. ハウス内の気温と搬出口堆肥の水分

堆肥投入から搬出まで(25日間)のハウス内積算気温と搬出口堆肥の水分との関係に高い負の相関が認められた(図6)。

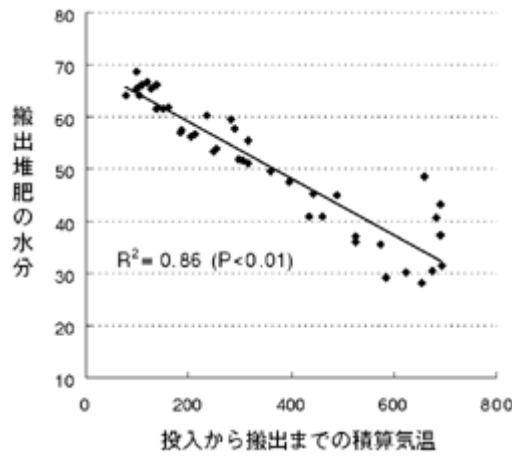


図6 投入から搬出までのハウス内積算気温と搬出堆肥の水分(1年目)

4. 搬出堆肥の成分組成の季節変動

全窒素、カルシウム、マグネシウム、カリウムおよびリン酸は戻し堆肥の利用開始直後から徐々に増加した。両年ともに1～2月は夏～秋期に生産・貯蔵した低水分堆肥を再利用したため濃度は一時減少したが、その後また増加した。

戻し堆肥利用開始直後と比較してカリウムの増加が著しく最大で約3倍の上昇がみられ、カルシウム、マグネシウム、およびリン酸は最大で約2.5倍、全窒素は約2倍の上昇がみられた(図7)。

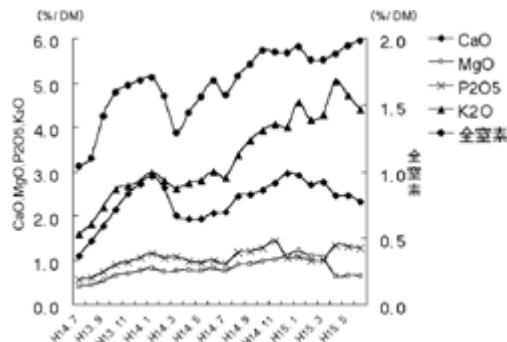


図7 生産堆肥の成分組成の推移

5. 作業時間およびランニングコスト

作業時間のほとんどが堆肥および戻し堆肥の搬入時間で、潤滑オイルの注入等機械整備時間はわずかであり、1日当たり54分であった(表2)。

年間のランニングコストは乳用牛1頭当たりの合計が38,461円であった。オガクズ購入費は、稼働時の発酵床作成時に必要なオガクズ購入費を含めて乳用牛1頭当たり30,880円で、全体の約8割をしめた(表3)。

表2 月当たりの延べ作業時間
(H13.7～H15.6)

作業内容	延べ作業時間
堆肥及び戻し堆肥の搬入	22時間45分
余剰堆肥の搬出	4時間4分
機械整備	32分

合 計	27時間21分 (1日当たり54分)
-----	-----------------------

表3 年間のランニングコスト

(H13.7~H15.6)

項 目	乳用牛1頭 当たりの費 用	年 間 使 用 量		内 容
		1年目	2年目	
電気料	3,100円	1,335kw	1,480kwh	中部電力料金規定により算出
オガクズ・もみ殻購入 費	30,880円	482m ³ 78m ³ *	428m ³	オガクズ:牛床の敷料 もみ殻:水分調整材
燃料費	2,060円	1,353L	1,329L	ローダー・ダンプ燃料費
その他	2,421円	61,800 円	134,793 円	農業用ポリフィルムグリース・給電コ ード
合 計	38,461円			

* 稼働開始時(平成13年6月)の発酵床(60m)製造期間中のオガクズ投入量

6. 戻し堆肥を利用しない場合の必要なオガクズ推定量

オガクズとふん尿の混合による発酵スタート時の適正な水分の上限値72%³⁾に基づき、投入するふん尿量から必要なオガクズ量を推定した結果、オガクズ使用量は年間1,392m³となり、戻し堆肥利用時と比較して約3倍の量となった。

考 察

堆肥投入から搬出までのハウス内積算気温と搬出口堆肥の水分に高い負の相関が認められた。また、寒冷地における発酵乾燥ハウスの発酵床からの水分蒸散量は夏期と比較して冬期は約1/3~1/5に減少する^{4, 5, 6)}。このため気温の低下する冬期の搬出堆肥の水分および容積重が高くなり、これを戻し堆肥として再利用した場合、適正な発酵に必要な水分および容積重に調整できなくなる可能性が認められた。

そこで、夏から秋期に生産した低水分堆肥を保存し、水分調整材として1月と2月の厳冬期に再利用することで、年間をとおして発酵スタート時の水分と容積重を調整することができた。また、戻し堆肥を水分調整材として年間生産堆肥の約3/4の量を利用することにより、水分調整材としてのオガクズの購入量を約1/3に節減できると考えられる。

本試験では水分調整材として戻し堆肥を2年間連続使用したところ、2年目の冬期以降に発酵温度が十分上がらなくなった。これは戻し堆肥の微粉化により粘性が発現し、発酵床全体に粒径の大きな団子状になったものの割合が増加し、水分が均一にならなくなったためと考えられる。そのため本システムにおいて水分調整材としての戻し堆肥の連続使用期間は1年程度がよいと考えられた。

秋場⁵⁾は、積雪寒冷地において水分調整材として戻し堆肥のみを使用した場合の発酵乾燥ハウスの必要面積を乳牛1頭当たり12m²と報告している。本システムの乳牛1頭当たり面積は6.3~6.5m²と1/2程度であるので、発酵床からの水分蒸散量の不足を補うため、水分調整材として戻し堆肥以外にオガクズ等を加える必要がある。施設設置にあたり、平地で広い面積が確保できるならば、本システムより発酵床を延長し面積を拡大すれば、オガクズ等の使用量を節減できる可能性がある。しかしながら、今回水分調整材として加えたオガクズは敷料利用したものであり、牛体の乾燥維持等の衛生対策にも必要なものとする。

搬出堆肥の成分組成は全窒素で約2倍、カリウムで約3倍、その他のミネラルで約2.5倍の上昇

がみられた。戻し堆肥の連続使用により無機塩類が集積し、種子発芽試験で生育障害の発生が報告されている^{5, 7)}。また、乳牛ふん尿堆肥は肥料としての窒素・リン酸・カリウムのバランスは植物にとって必ずしも最適となっていない⁸⁾。さらに、カリウム濃度の高い飼料を分娩前の乳牛に給与すると乳熱の発生が指摘されている⁹⁾。今後、戻し堆肥を活用した乳牛ふん尿堆肥の耕地還元にあたっては、生産堆肥のミネラルバランスを踏まえ化学肥料中のカリウム含量を減らす等の対策を講ずる必要がある。

作業時間は1日あたり54分と比較的短時間であった。しかし、作業内容のほとんどが堆肥および戻し堆肥の運搬時間であった。この成績から発酵乾燥ハウスの管理作業時間の長短は牛舎と発酵乾燥ハウスの移動距離に主として影響されるものと考えられる。

家畜ふん尿処理はランニングコストが安く、維持・運営管理が容易であることが求められており、発酵乾燥ハウスにおける戻し堆肥の利用は、家族経営の酪農家がふん尿処理施設を使い続けるための有効な方法と考える。

表4 戻し堆肥を利用しない場合の必要なオガクズ推定量

	1日の全量(Kg)	容積重(Kg/m ³)	水分(%)	年間容積(m ³)
ふん尿	2,375	950	88.7	913
オガクズ	763*	200	20.0	1,392
混合物	2,375		72.0	

$$* \text{水分調整材として必要なオガクズ重量} = \frac{\text{投入するふん尿の重量} \times \left(\begin{array}{l} \text{ふん尿の水分} \\ \text{発酵スタート時に} \\ \text{必要な水分}^{**} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{発酵スタート時に} \\ \text{必要な水分}^{**} \\ \text{オガクズの水分} \end{array} \right)}$$

** オガクズとふん尿混合時における発酵スタート時の適正な水分の上限値

【引用文献】

- 1) 堆肥等有機物分析法.22-23.(財)日本土壌協会.2000
- 2) 作物分析法委員会編:栽培植物分析測定法.69-86.1975
- 3) 畜産環境整備機構編:畜産環境アドバイザー要請研修会資料「堆肥化施設の設計・審査技術研修」.159.2001
- 4) 畜産環境整備機構編:畜産環境アドバイザー要請研修会資料「家畜ふん尿処理・利用の手引き」.26-29.2001
- 5) 秋場宏之:積雪地帯における家畜ふん尿の効率的処理技術の開発(完了).山形県農業研究研修センター畜産研究部研究報告.47.105-109.2000
- 6) 亀岡俊則:家畜ふん尿の乾燥処理施設と運用の実際.185-190.畜産の研究.第44巻.1号.1990
- 7) 亀岡俊則.古川智子.長峰孝文.伊藤稔.古谷修:戻し堆肥による低コスト処理技術の体系化.畜産環境技術研究所年報.58-62.2001
- 8) 山田明央:大家畜排泄物の処理過程における物質の動態.畜産技術.第587号.2-4.2004
- 9) 生産獣医療システム乳牛編2:57-63.(財)全国家畜畜産物衛生指導協会.1998