

乳牛ふん尿固液分離後固分の堆肥化特性

武田然也¹⁾・渡邊優奈²⁾・瀧澤秀明²⁾・星野佑太²⁾・時田葉里³⁾・日置雅之⁴⁾・土井将一⁵⁾

摘要: 乳牛ふん尿からスクュープレス式固液分離機を用いてメタン発酵原料を分離する際に発生する固分(搾りかす)の堆肥化を検討した。搾りかすを単独で堆積し堆肥化したところ、発酵熱により堆積物は70℃以上に上昇し、堆積後6週間後には有機物が50%以上分解したことから、搾りかすは副資材を用いずとも堆肥化が可能であると考えられた。また、切り返し回数と通気量による堆肥化条件を検討した結果、切り返し回数を減らしても試験開始から10週間後の有機物の分解率に差はなく、省力的な堆肥生産が可能であると考えられた。乳牛ふん尿にモミガラを混合して堆肥化する一般的な場合と比べ、有機物の分解の進行が速く、分解率が高かったことから、搾りかすの堆肥化は、短期間で良質な堆肥生産が可能であると考えられた。

キーワード: 堆肥、乳牛ふん尿、スクュープレス式固液分離後固分

Composting Characteristics of Solids Following Solid-liquid Separation of Dairy Cow Slurry

TAKEDA Zenya, WATANABE Yuna, TAKIZAWA Hideaki, HOSHINO Yuta,
TOKIDA Shiori, HIOKI Masayuki and DOI Syoichi

Abstract: We investigated the composting of solids separated from dairy cow slurry, a raw material source for methane fermentation, using a screw press solid-liquid separator. The compost fermentation heat caused the temperature of solids separated from dairy cow slurry to rise to over 70 °C without using any supplementary materials. More than 50% of the organic matter was decomposed, allowing the solids to be composted alone. Furthermore, after examining the composting conditions based on the number of times the compost was turned and the amount of aeration, there was no difference in the decomposition rate of organic matter 10 weeks after the start of the test, even if the number of turns was reduced, indicating that labor-saving compost production is possible. Compared with slurry mixed with rice husks, the decomposition of organic matter in the separated solids was faster, and the decomposition rate was higher. Composting solids separated from dairy cow slurry can yield high-quality compost in a short period.

Key Words: Compost, Dairy cow slurry, Solids after screw press solid-liquid separation

本研究の一部は令和4年度東海畜産学会研究発表会(2022年12月)、令和4年度愛知県農学系4機関による研究交流会(2022年12月)、第64回愛知県畜産技術業績発表会(2023年12月)において発表した。

¹⁾畜産研究部(現畜産課) ²⁾畜産研究部 ³⁾畜産研究部(現西部家畜保健衛生所) ⁴⁾畜産研究部(現環境基盤研究部) ⁵⁾株式会社アイシン

(2024.9.4受理)

緒言

愛知県農業総合試験場(以下、当場)では、株式会社アイシンとの共同研究において、中小規模酪農経営にも導入可能な小型メタン発酵システムの技術開発に取り組んでいる。このメタン発酵システムでは、乳牛ふん尿をスクリーブレス式固液分離機により液分(以下、搾汁液)と固分(以下、搾りかす)に分離し、搾汁液をメタン発酵の原料としている。メタン発酵システムを確立するためには、分離した搾りかす及びメタン発酵の後に排出される消化液を利用または減容化する技術の開発が必要である。このうち搾りかすについては堆肥化による利用が考えられる。

家畜排泄物の堆肥化処理においては、好氣的発酵を促すために通気性を確保する必要があり、一般的には副資材としてオガクズやモミガラが利用されている。しかし、搾りかすは、乳牛ふん尿を固液分離機により分離するため水分が低下しており容積重も小さいことから、副資材を用いなくても堆肥化することが可能と考えられる。副資材が不要であれば、低コストで省力的な堆肥生産が可能となる。また、搾りかすは通気性に優れており、堆肥化に必要な繰り返し作業の回数や通気量を減らすことで、省力化かつ低コスト化が図れる可能性がある。しかし、搾りかすを堆肥化した場合の堆肥化期間や成分構成等についての知見は少ない。そこで、本研究では、繰り返し回数や通気量が搾りかすの堆肥化へ与える影響を調査するとともに、副資材を用いて堆肥化する一般的な堆肥化との比較を行うことで、搾りかすの堆肥化特性を調査した。

さらに、デタージェント分析を用いて堆肥化過程における有機物の分解の特徴を評価する報告があることから、酸性デタージェント繊維(ADF)、中性デタージェント繊維(NDF)及び酸性デタージェントリグニン(ADL)を測定し、搾りかすの堆肥化過程における有機物の分解性について詳細に調査した。

材料及び方法

1 繰り返し頻度の違いが搾りかす堆肥化に及ぼす影響(試験1)

乳牛ふん尿は当場のフリーストール牛舎から搬出されたものを使用した。乳牛ふん尿をスクリーブレス式固液分離機(KJ-201M500 KUKJAE Environmental Technology Co., Ltd., 韓国)で分離して搾りかすを得た。

搾りかす67.6~68.1 kgを150 L容量(間口50 cm×奥行50 cm×高さ60 cm)の堆肥化装置に充填し、2022年5月10日から7月19日までの10週(70日)間堆積発酵させた。6週目まで装置底面から通風し、通気量は加藤ら²⁾の報告を参考として、堆積物容積の5%に設定し毎分7.5 Lとした。繰り返し作業は堆肥化装置から全量取り出し攪拌後、再充填した。試験開始時、繰り返し時及び試験終了時に堆積物の重量を測定し、一部を採材して分析に供した。

試験区は繰り返し回数の違いにより設定した。当場の堆肥

化装置試験における慣行的な繰り返し作業の頻度として4週目まで週に1回、以降2週間に1回実施した試験区を慣行区、4週目まで2週間に1回、以降3週間に1回実施した試験区を省力区、堆肥品温が40°C程度まで低下した際に実施した試験区を品温区とした。各試験区につき、それぞれ1点の堆肥化装置を用いて試験を実施した。

2 通気方法の違いが搾りかす堆肥化に及ぼす影響(試験2)

試料は試験1と同様にして得た。搾りかす63.3 kgを堆肥化装置に充填し、2022年7月26日から10月18日までの12週(84日)間堆積発酵させた。繰り返し作業の頻度は試験1の慣行区と同様とし、試験期間中7回実施した。通気方法により試験区を設定し、通気を実施した区は6週目まで通気した。当場の堆肥化装置試験における慣行的な通気量である毎分7.5 Lを通気した試験区を慣行区、毎分3.8 Lを通気した試験区を半量区、毎分7.5 Lを30分間通気し30分間休止を繰り返した試験区を間欠区、通気しない区を無通気区とした。各試験区につき、それぞれ1点の堆肥化装置を用いて試験を実施した。

3 搾りかす堆肥及び一般的な乳牛ふん尿堆肥の比較(試験3)

試料は試験1と同様にして得た。モミガラは愛知県内の複数のモミガラ集積場から入手した。容積比で乳牛ふん尿70.0 kgに対してモミガラを11.9 kg混合したもの(以下モミガラ混合区)、乾燥乳牛ふん尿54.6 kg(以下乾燥ふん尿区)及び搾りかす73.0 kg(以下搾りかす区)をそれぞれ堆肥化装置に充填して2023年4月25日から7月31日までの12週(85日)間堆積発酵させた。モミガラ混合区は堆肥化開始の水分の調整目安となる70%程度³⁾になるよう、容積比で乳牛ふん尿1.0に対してモミガラが1.5となるよう混合した。乾燥乳牛ふん尿区は乳牛ふん尿を乾燥ハウスで2023年4月14日から4月25日にかけて乾燥させたものを用いた。繰り返し作業の頻度及び通気方法は試験1の慣行区と同様とした。各試験区につき、それぞれ1点の堆肥化装置を用いて試験を実施した。

4 調査項目と測定方法

堆肥化過程の経時的変化を調査するため、堆積物品温及び成分を測定した。分析項目は、堆肥化の全期間堆積物品温を計測し、繰り返しごとに堆積物重量、容積重、水分、灰分、pH、電気伝導率(EC)、酸性デタージェント繊維(ADF)、中性デタージェント繊維(NDF)、試験開始時と終了時に全炭素、全窒素、酸性デタージェントリグニン(ADL)を測定した。

堆積物品温は、堆積物の表面から深さ20 cmの部位を温度データロガー(おんどりRTR-35、株式会社ティアンドイ、松本)により全期間1時間毎に自動計測した。容積重は、10 Lのバケツを用いて中村ら⁴⁾の方法に準じて求めた。成分分析は堆肥等有機物分析法⁵⁾に従い、水分率は乾熱滅菌器で105°C24時間乾燥して測定し、乾物率は100から水分率を差し引き求めた。灰分率は電気炉(FP311、ヤマト科学株式会社、東京)で550°C4時間加熱して測定し、さらに乾物率から灰分率を減じ有機物率を求めた。pH及びECは、現物10 g

に蒸留水100 mLを加え30分間振とうした後、マルチ水質計(MM-60R、東亜ディーケーケー株式会社、東京)を用いて測定した。全窒素はサリチル酸硫酸分解法(ガンニング変法)、全炭素はCNコーダ(JM1000CN、ジェイ・サイエンス・ラボ、京都)を用いて乾式燃焼法⁶⁾により測定し、炭素窒素比(CN比)を求めた。有機物分解率は張ら⁷⁾の方法に従い、灰分率から推定した。ADF、NDF及びADLは粗飼料の品質評価ガイドブック⁸⁾に従い分析した。また、有機物率からADF又はNDFを差し引くことで酸性デタージェント溶液可溶物(AD可溶物)及び中性デタージェント溶液可溶物(ND可溶物)を求めた。

堆肥化の過程で、粗灰分は系外からの流入や系外への流出が生じていないと仮定すると、灰分量は常に一定とする考え方に従い⁷⁾、次式により堆肥重量を補正した。

$$\text{補正堆肥重量}_{n週}(\text{kg}) = \text{堆肥重量}_{n週} \times (\text{乾物灰分}_{0週} / \text{乾物灰分}_{n週})$$

補正堆肥重量から堆肥中の水分重量を差し引くことで堆肥乾物重量を求め、乾物重量に有機物率、ADF(乾物%)、NDF(乾物%)、ADL(乾物%)及びAD可溶物(乾物%)を乗じることで有機物総重量、ADF総重量、NDF総重量、ADL総重量及びAD可溶物総重量を求めた。また、デタージェント分析による堆肥乾物の成分構成は図1に示すとおり、それぞれADF-ADLをセルロース、NDF-ADFをヘミセルロース、

乾物				
灰分	有機物			
	NDF			ND可溶物
	ADF(難分解性)		AD可溶物(易分解性)	
	リグニン	セルロース	ヘミセルロース	糖、脂質、有機酸等

図1 本研究におけるデタージェント分析による堆肥乾物の成分構成

ADLをリグニンとして近似的に総重量を算出した。セルロース、ヘミセルロース及びリグニンの試験経過時のそれぞれの分解率は、採材時における総重量及び試験開始時の総重量の値を用いて次式により算出した。

$$\text{セルロース・ヘミセルロース・リグニン分解率}_{n週}(\%) = (1 - \text{セルロース・ヘミセルロース・リグニン総重量}_{n週}(\text{kg}) / \text{セルロース・ヘミセルロース・リグニン総重量}_{0週}) \times 100$$

試験結果

1 切り返し頻度の違いが搾りかす堆肥化に及ぼす影響(試験1)

品温区の切り返しは1、2、5、8週目に実施した。切り返し回数は慣行区で6回、省力区で3回、品温区で4回と省力区が最も少なかった。堆肥品温の推移を図2に示した。60℃以上の累積時間は慣行区で109時間、省力区で136時間、品温区で135時間であった。pHは全ての試験区で8.9~9.4、ECは1.0~1.3 dS/mであり、試験期間を通して大きな変動は見られなかった(表1)。試験終了時の水分率は慣行区、省力

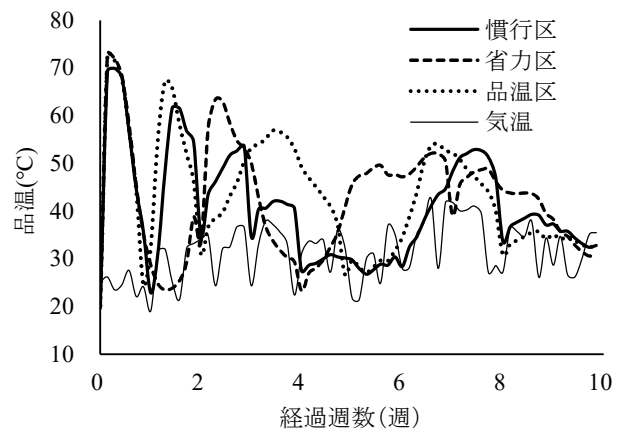


図2 堆肥品温の推移

表1 堆肥化開始時、終了時の組成等

	慣行区		省力区		品温区	
	開始時	終了時	開始時	終了時	開始時	終了時
総重量(kg)	67.6	25.9	68.1	27.4	68.1	26.9
容積重(kg/L)	0.43	0.39	0.43	0.38	0.42	0.38
水分率(%)	75.3	70.1	74.5	69.8	73.6	67.5
有機物総重量(kg)	14.5	5.6	15.1	6.0	15.4	6.2
ADF 総重量(kg)	7.3	3.6	7.6	3.8	7.9	3.7
有機物分解率(%)	0.0	61.7	0.0	60.3	0.0	60.0
pH	9.1	8.9	9.0	9.3	8.9	9.4
EC(dS/m)	1.0	1.2	1.0	1.3	1.2	1.3
全炭素(乾物%)	43.6	38.3	43.5	38.5	43.0	37.0
全窒素(乾物%)	1.1	2.2	1.1	2.3	1.2	2.4
C/N 比	38.6	17.6	38.8	17.0	36.5	15.6

区、品温区の順に低くなった(図3)。全ての試験区で水分率の低下は5%程度であり、試験終了時の水分率は70%程度であった。有機物分解率は7週目まで慣行区、品温区、省力区の順に高く推移したが、最終的には全ての試験区で60%近くまで分解した(図4)。ADF総重量は慣行区及び品温区では1週目から減少し、省力区では2週目から減少し始め、4週目では慣行区が他の試験区と大きく差を付けて減少したが、最終的には同程度まで減少した(図5)。CN比は試験開始時では40程度であったが、試験終了時には各試験区とも20以

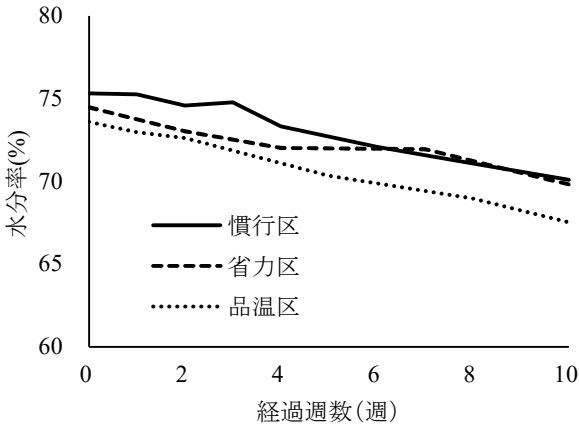


図3 水分率の推移

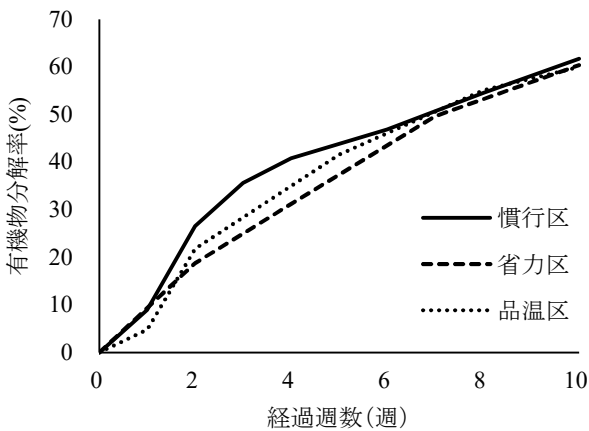


図4 有機物分解率の推移

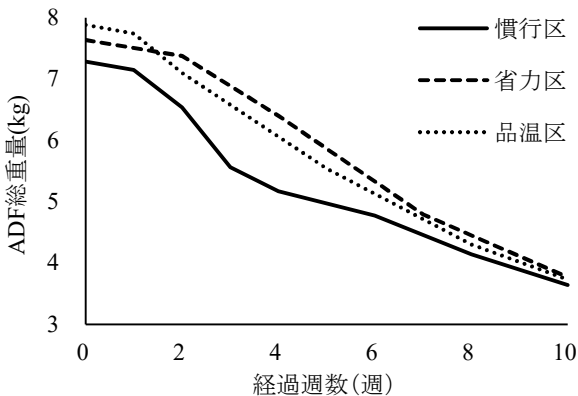


図5 水分率の推移

下まで低下した(表1)。

2 通気方法の違いが搾りかす堆肥化に及ぼす影響(試験2)

堆肥品温の推移を図6に示した。堆肥品温は慣行区では3週目まで、半量区及び間欠区では4週目まで、無通気区では6週目まで大きく上昇した。慣行区以外は8週以降大きな上昇は見られなかった。慣行区では9週目から11週目にかけて40°C近くまで上昇した。60°C以上の累積時間は慣行区で156時間、半量区で249時間、間欠区で238時間、無通気区で245時間であり、慣行区は他の試験区に比べ、品温の高温持続時間が短かった。70°C以上の累積時間は慣行区で27時間、半量区及び間欠区で89時間、無通気区では70°C以上の温度上昇はなかった。水分率は慣行区が最も低く、半量区と間欠区が同程度、無通気区が最も高く、通気量が多いほど低くなった(図7)。

有機物分解率は各試験区で試験終了時には50%程度まで分解し、ADF総重量の減少量にも大きな差はみられなかった(表2)。

3 搾りかす堆肥及び一般的な乳牛ふん尿堆肥の比較(試験3)

乾燥ふん尿区は堆肥化装置への充填時の水分率が低く、試験期間中に発酵が止まることが考えられたため、3週目に蒸留水を9.8 kg加えた。堆肥品温は、全試験区において4

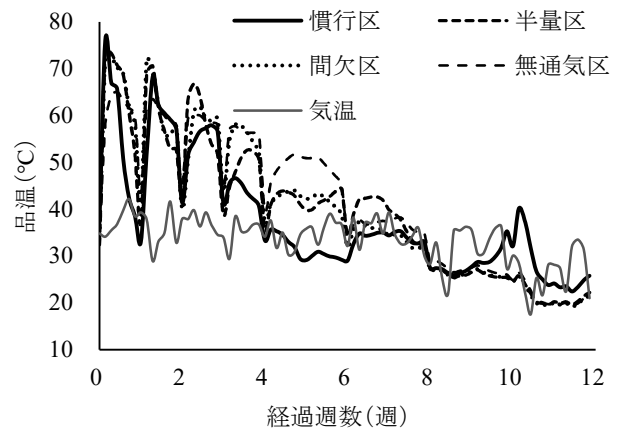


図6 堆肥品温の推移

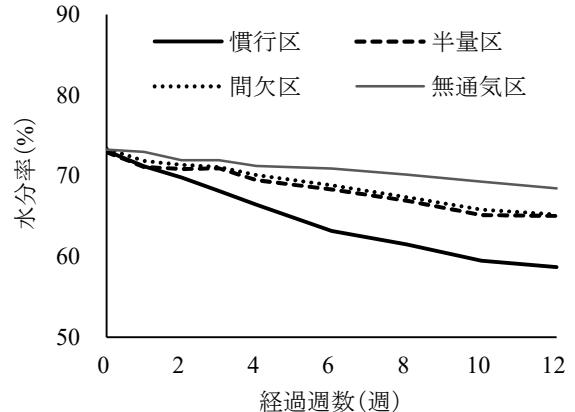


図7 水分率の推移

表2 堆肥化開始時、終了時の組成等

	慣行区		半量区		間欠区		無通気区	
	開始時	終了時	開始時	終了時	開始時	終了時	開始時	終了時
総重量(kg)	63.3	22.4	63.3	27.1	63.3	25.1	63.3	27.8
容積重(kg/L)	0.40	0.25	0.39	0.31	0.41	0.31	0.41	0.25
水分率(%)	73.1	58.9	72.9	65.2	73.4	65.2	73.2	68.4
有機物総重量(kg)	15.2	7.4	15.4	7.7	15.1	7.4	15.2	7.2
ADF 総重量(kg)	8.1	4.6	8.0	5.0	7.8	4.7	7.8	4.5
有機物分解率(%)	0.0	51.1	0.0	48.5	0.0	53.7	0.0	54.9
pH	8.1	8.9	8.1	9.0	8.1	9.3	8.0	9.4
EC(dS/m)	1.1	1.3	1.1	1.1	1.2	1.1	1.1	1.0
全炭素(乾物%)	45.0	42.1	45.2	42.7	45.2	42.3	45.1	42.0
全窒素(乾物%)	1.2	2.1	1.1	2.3	1.2	2.0	1.1	2.2
C/N 比	38.2	20.3	39.4	18.9	39.0	20.8	40.2	19.3

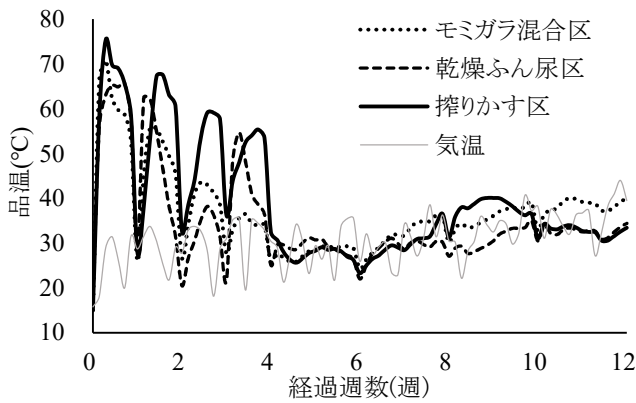


図8 堆肥品温の推移

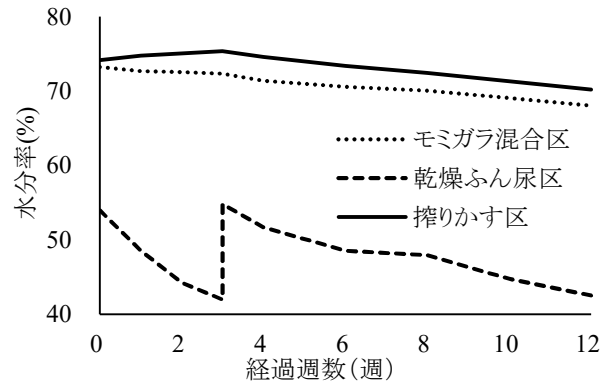


図9 水分率の推移

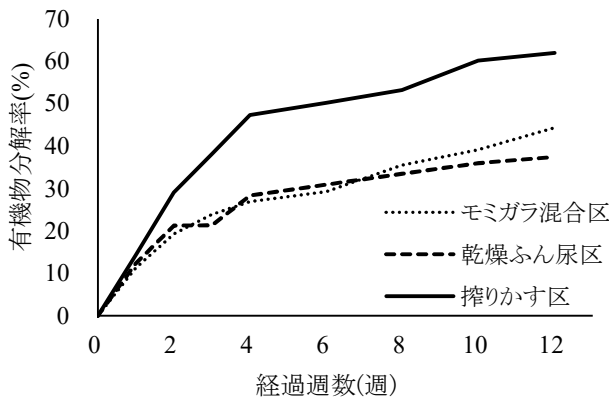


図10 有機物分解率の推移

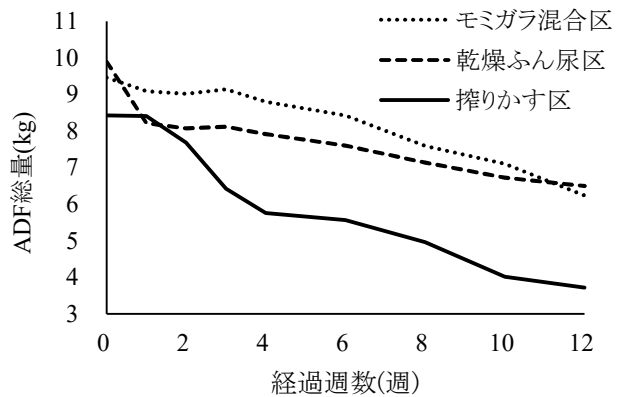


図11 ADF 総重量の推移

週目まで大きく上昇した(図8)。60°C以上の累積時間はモミガラ混合区では69時間、乾燥ふん尿区では154時間、搾りかす区では221時間であった。乾燥ふん尿区は2から3週目よりも3から4週目で品温が高く推移した。水分率は試験開始時から終了時までモミガラ混合区では5.2%、搾りかす区では4.0%、乾燥ふん尿区では加水後も10%以上低下した(図9)。

pHは全ての試験区で8.9~10.0の範囲で推移し、試験期間を通して大きな変動は見られなかった。ECは試験開始時には乳牛ふん尿区で2.4 dS/m、乾燥ふん尿区で3.7 dS/mに

対し搾りかすは1.4 dS/mと低かった。試験終了時には乾燥ふん尿区が5.2 dS/mまで上昇したが、他の試験区は大きな変動は見られなかった。

試験終了時の有機物分解率は、モミガラ混合区では44.4%、乾燥ふん尿区では37.5%であったが、搾りかす区では62.0%まで分解した(図10)。ADF総重量及びNDF総重量は、搾りかす区では試験開始時から減少し、最終的に他の試験区と比較して大きく減少した(図11,12)。難分解性有機物とされるリグニンはずべての試験区でほとんど分解しなか

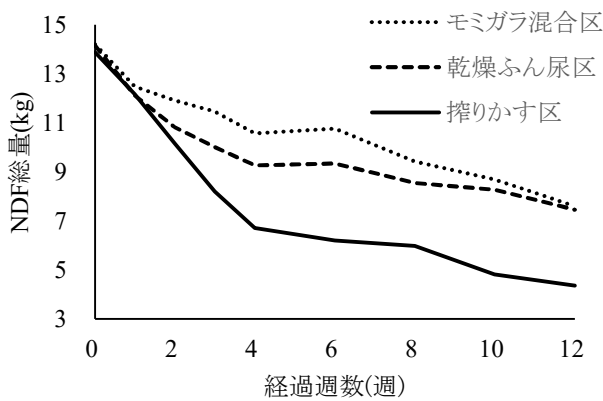


図12 NDF総重量の推移

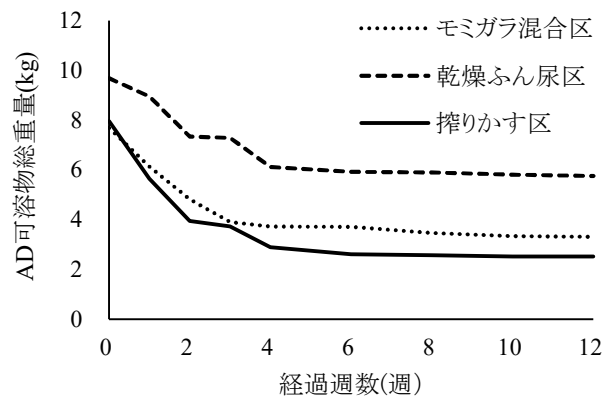


図13 AD可溶物総重量の推移

表3 堆肥化開始時、終了時の組成等

	モミガラ混合区		乾燥ふん尿区		搾りかす区	
	開始時	終了時	開始時	終了時	開始時	終了時
総重量(kg)	79.3	42.6	54.6	31.0※	73.0	29.2
容積重(kg/L)	0.50	0.40	0.33	0.28	0.42	0.41
水分率(%)	73.2	68.0	53.9	42.5※	74.1	70.2
有機物総重量(kg)	17.1	9.5	19.6	12.2	16.4	6.2
有機物分解率(%)	0.0	44.4	0.0	37.5	0.0	62.0
ADF 総重量(kg)	9.5	6.2	9.9	6.5	8.4	3.7
ADF 分解率(%)	0.0	34.1	0.0	34.4	0.0	55.9
NDF 総重量(kg)	14.2	7.6	14.2	7.5	13.9	4.4
NDF 分解率(%)	0.0	46.5	0.0	47.3	0.0	68.5
ヘミセルロース分解率(%)	0.0	71.1	0.0	77.3	0.0	87.6
セルロース分解率(%)	0.0	48.7	0.0	50.8	0.0	78.5
リグニン分解率(%)	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	5.6
pH	8.9	9.5	10.0	9.7	9.5	9.2
EC(dS/m)	2.4	2.2	3.7	5.2	1.4	1.7
全炭素(乾物%)	37.9	35.5	36.1	35.0	40.2	37.7
全窒素(乾物%)	1.6	1.4	2.2	2.3	1.2	2.4
C/N 比	24.4	25.0	17.0	15.4	35.1	15.5

※3週目に蒸留水を9.8kg追加

ったが、セルロースは試験終了時までモミガラ混合区で48.7%、乾燥ふん尿区で50.8%まで分解し、特に搾りかす区では78.5%で他の試験区に比べて高い分解率を示した(表3)。

易分解性有機物とされるAD可溶物総重量は、全試験区において4週目まで減少し、それ以降は横ばいとなった(図13)。AD可溶物はヘミセルロースを含む有機物であり、ヘミセルロースは試験終了時までモミガラ混合区で71.1%、乾燥ふん尿区で77.3%、搾りかす区で87.6%と高い分解率を示した(表3)。また、図14に示すとおり、搾りかす区では、セルロース及びヘミセルロースが試験開始から試験終了時まで他の試験区と比べて大きく減少したことで、乾物の総重量が大きく減少した。

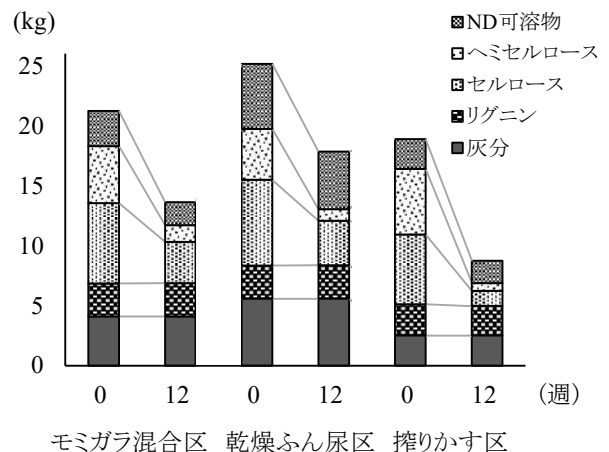


図14 試験開始時及び終了時の各成分重量

考察

牛ふんの適切な堆肥化による発酵を促す要因として、堆積物の容積重を0.65 kg/L以下に調整することが奨励されており⁹⁾、水分率は副資材無使用の場合65%以下、モミガラ混合の場合は75%以下とされている。なお、牛ふんの堆肥化時の副資材としてはオガクズやモミガラが広く利用されているが、季節的な供給量の変動や近年の価格高騰等の理由により入手が困難になりつつある。一方、搾りかすの水分率は70%程度と堆肥化開始時点としての水分率は高いが、形状が膨潤化でされていること、容積重は0.42 kg/L程度であることから(表1)、比重の調整をしなくても堆肥化発酵に必要な通気性は確保されると考えられた。そこで今回、副資材を用いずに搾りかすを単独で堆肥化する可能性を検討した。

1 繰り返し頻度の違いが搾りかす堆肥化に及ぼす影響

試験1では、堆肥化の条件として、繰り返し回数が与える影響を検討した。その結果、繰り返し作業回数は、有機物、特にADFの分解へ強く影響しており、繰り返し回数の最も多い慣行区で最も速く有機物が分解した。しかし、繰り返し回数の少ない省力区においても、6週目頃から有機物分解率は慣行区と同程度となり、試験終了時には大きな差はなかったことから、長い堆肥化期間があれば繰り返し回数を減らすことが可能であると考えられた。

2 通気方法の違いが搾りかす堆肥化に及ぼす影響

試験2では、通気量が堆肥化に与える影響を検討した。本試験における堆積物の水分減少の要因として、発酵熱による蒸散と通気による堆積物外への持ち出しが考えられた。よって、通気を行わない無通気区における水分の減少は、主に発酵熱による蒸散とみなせた。各試験区の水分率推移を比較すると、通気量の多い区ほど水分率の減少が大きかった。一方、通気量が最も多く、好気性発酵が最も活発であったと考えられる慣行区で、60°C以上の持続時間が最も短くなった要因として、通気で発酵による熱が堆積物外に持ち出されたためと考えられた。なお、慣行区以外は2週目まで腐敗臭が生じていた。嫌気性発酵では発酵熱の代わりにアンモニア、硫化水素、メチルメルカプタン等の悪臭の原因となる成分やフェノール類が発生することから、通気量を減らしたことにより、堆積物の一部で嫌気性発酵が進行したためと考えられた。有機物の分解性からみた通気の効果については明確な差はなかったが、水分率の低下には明らかな効果があり、嫌気性発酵による悪臭の発生が防止される副次的な効果も得られることを考慮すると、搾りかすの堆肥化においても通気量は堆積物容積の5%程度²⁾に設定することが妥当と考えられた。

3 搾りかす堆肥及び一般的な乳牛ふん尿堆肥の比較

試験3では、搾りかす単独による堆肥化の特性について、モミガラを混合した乳牛ふん尿や乾燥乳牛ふん尿の堆肥化と比較することにより検討した。乾燥ふん尿区において、2から3週目よりも3から4週目で品温が高く推移した要因として、

水分率低下防止のため3週目に加水したことにより発酵が進行したことが考えられた。堆肥品温の60°C以上の累積時間は搾りかす区が他の試験区と比べて長く、好気性微生物が最も活発に働いたと考えられた。有機物分解率も、搾りかす区は4週目でモミガラ混合区の試験終了時の44.4%を超えていたことから、搾りかすは有機物の分解が速く、短期間での堆肥生産が可能と考えられた。

4 搾りかすの堆肥化過程における有機物の分解性

ADFは主にセルロース及びリグニンを含み、微生物による分解を受けにくい有機物画分である⁹⁾。NDFはセルロース、ヘミセルロース及びリグニンの全繊維成分を含む⁸⁾。従って概ね、NDF-ADFはヘミセルロース、ADF-ADLはセルロース、AD可溶物はヘミセルロースを含むADF以外の有機物に相当する。本研究では、ADFを難分解性有機物の指標とし、AD可溶物を易分解性有機物の指標⁹⁾として、堆肥過程における有機物の分解性を検討した。

試験3での各試験区の有機物分解状況を検討すると、ヘミセルロースが70%以上分解したことから、易分解性有機物とされる有機物の大部分はヘミセルロースであることが示された。また、セルロースは、試験終了時にモミガラ混合区及び乾燥ふん尿区で50%程度、搾りかす区で80%近く分解した。リグニンは試験終了時までにはほとんど分解が認められず、ND可溶物の減少もわずかであったことから、デタージェント繊維分析によって分画される繊維成分のうち、分解する成分は主にヘミセルロースとセルロースであると考えられた。なお、AD可溶物総重量は、全ての試験区で4週目まで減少し、それ以降は横ばいとなったことから(図13)、4週目まではヘミセルロースの分解が進行し、それ以降は主にセルロース等の難分解性有機物が分解することが示唆された。

デタージェント分析による構成成分の比較をすると、他試験と比較して、搾りかす区の分解率が高かった(図14)。要因として、搾りかす区のヘミセルロース及びセルロースの比率が高いことが考えられた。要因として、固液分離によってふん尿内の繊維成分が固分に留まったこと、水に可溶なミネラル類が液分に流れ出るため灰分率が低くなったことが考えられた。さらに、搾りかすは、他の試験区と比べ難分解性有機物とされるセルロースの分解率も高かったことから、固液分離機により乳牛ふん尿の組織が壊され、空隙が増えること等により、発酵による有機物の分解が起こりやすい形状となったことが考えられた。

5 搾りかす堆肥の品質

適切な堆肥化処理を行うことで、発酵熱により堆肥品温が上昇し、60°C以上の高温が数日間続き、雑草種子や病原菌等が死滅するとされている¹⁰⁾。今回の研究では、全ての試験において搾りかすを堆肥化した試験区での品温60°C以上の累積時間は100時間以上であり、十分な高温期間を維持した。なお、試験終了時の搾りかす堆肥の水分率は58.9~70.2%と出来上がり堆肥としては高かったが、堆肥を握った際に水分が染み出ることもなく、手に付着する量も少ないことから、堆肥としての使いやすさに問題無いと考えられた。また、堆肥化後のCN比は各試験区とも施用の際、植物

体が窒素飢餓を起こす可能性が低いとされる20以下¹⁰⁾まで低下しており、堆肥としての品質に問題は無いと考えられた。

以上から、搾りかすの堆肥化は、発酵熱により十分に高温を維持したこと、十分に有機物が分解したことから、副資材を用いずとも堆肥化が可能であると考えられた。また、搾りかすの堆肥化は、乳牛ふん尿に副資材を混合して堆肥化する一般的な場合と比べ、副資材が不要であり、しかも短期間で省力的な堆肥生産が可能と考えられた。ただし、搾りかすの堆肥化は当場におけるメタン発酵システムの中の一部であり、消化液の処理等の課題が残されているため、実用化までには至っていない。固液分離による搾りかすの堆肥化は有利な点が多いが、分離された液分の処理も含め、家畜排せつ物の全体的な処理方法を構築する必要がある。

引用文献

1. 高橋正宏, 早川岩夫, 井戸豊, 沢田守男, 山川芳男, 森健治郎. 牛糞堆肥の腐熟過程における有機物分解のデタージェント分析による評価. 日本畜産学会報. 77(2), 259-267(2006)
2. 加藤博美, 早川岩夫, 井戸豊, 沢田守男, 山川芳男, 森健治郎. 家畜ふん尿のコンポストに関する研究(第10報): 家畜ふん堆肥化に対する強制通気の効果. 愛知農総試研報. 16, 376-382(1984)
3. 畜産環境整備機構. 家畜ふん尿処理施設の設計・審査技術. 畜産環境整備機構. 東京. 10-18(2004)
4. 中村和久, 瀧澤秀明, 柳澤淳二. 堆肥化副資材としての竹粉の特性. 愛知農総試研報. 48, 153-156(2016)
5. 日本土壌協会. 堆肥等有機物分析法. 日本土壌協会. 東京. 29-72(2010)
6. 日本土壌協会. 土壌、水質および植物体分析法. 日本土壌協会. 東京. 39-43(2001)
7. 張建国, 加茂幹男, 阿部佳之, 河本英憲, 青木康浩. 粗灰分含量を指標として堆肥化過程における乾物および有機物の分解率を推定する簡便な方法. 日本畜産学会報. 75(1), 61-66(2004)
8. 自給飼料品質評価研究会. 粗飼料の品質評価ガイドブック. 日本草地協会. 東京. 11-14(1994)
9. 小柳渉, 安藤義昭, 棚橋寿彦. 有機質資材の分解特性とその指標. 土肥誌. 78(4), 407-410(2007)
10. 中央畜産会. 堆肥化施設設計マニュアル. 中央畜産会. 東京. 7-25(2000)