

乳牛ふん尿堆肥化におけるモミガラ利用技術の開発

高橋比呂¹⁾・三輪恒介²⁾・瀧澤秀明²⁾・石代正義³⁾

摘要:モミガラを乳牛ふん尿堆肥化副資材として活用するため、繰り返し回数、その形状や混合容積が堆肥化に及ぼす影響を調査した。

容積比で乳牛ふん尿1.0に対してモミガラを1.5混合し、繰り返し回数について検討した。その結果、繰り返し回数が少ないほど水分率の低下が遅く堆肥化は遅れたが、品温の高温持続時間と3か月後の最終的な有機物分解率等に差は認められず、繰り返し回数を減らした省力的な堆肥生産の可能性が示された。

また、モミガラは粉砕することで吸水性が向上し、乳牛ふん尿に対して少ない混合割合で通気性が確認され、堆肥化が進行した。しかし、粉砕することによりモミガラの容積重と混合重量が増加しCN比が高くなることから、施用の際に注意が必要であると考えられた。

キーワード:堆肥化、乳牛ふん尿、モミガラ、繰り返し、省力化

緒言

乳牛ふん尿堆肥化時の水分調整にはオガクズが副資材として広く利用されている。しかし、オガクズは国内製材量の減少に伴い供給量が不足し¹⁾、価格が高騰する等の理由により入手が困難になりつつある。そのため、オガクズに代わり、安定して供給できる副資材が必要になっている。

モミガラは稲作の生産残渣として扱われるため、ほとんどが廃棄されている。その量は多大で、活用できればオガクズに代わる副資材として利用が可能である。しかし、吸水性が低いこと、堆肥化後形状がそのまま残ることから副資材としての利用は進んでいない。なお、モミガラは、①空隙保持能力が高く²⁾、堆肥内部に空気を長期間供給でき、堆肥化上必要となる繰り返し回数を少なくできる可能性があること、②粉砕することで吸水性の向上が可能であることが考えられる。

そこで本研究では、モミガラを堆肥化副資材としての可能性把握を目的に、繰り返し回数やモミガラの形状が乳牛ふん尿の堆肥化へ与える影響を調査したので報告する。

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。使用重量は乳牛ふん尿が75.0 kg、モミガラが12.4 kgであった。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、2020年5月20日から8月12日までの12週(84日)間堆積発酵させた。

試験区は繰り返し回数の違いにより設定した。当場での堆肥化実施法である繰り返し作業を4週目まで7日毎に1回、以降14日毎に1回、合計7回を慣行区、4週目まで14日毎に1回、以降21日毎に1回、合計4回を省力区、堆肥品温が40°C程度まで低下した際に実施を品温区の3区とした。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デイ、長野)により全期間1時間毎に自動計測した。

6週目まで装置底面から毎分7.5 L³⁾を通風し、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。試験開始時と繰り返し時、試験終了時に堆積物の一部を採材し、分析に供した。採集したサンプルは堆肥等有機物分析法⁴⁾に従い、水分率は105°C24時間乾熱滅菌器で乾燥、灰分は550°C4時間マッフル炉FP311で加熱して測定した。有機物分解率は張ら⁵⁾の方法に従い、粗灰分含量から推定した。

材料及び方法

1 モミガラを副資材とした乳牛ふん尿の堆肥化に繰り返し回数が及ぼす影響(試験1)

供試したモミガラは、県内の複数のモミガラ集積場から入手した。乳牛ふん尿は愛知県農業総合試験場(以下、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(表1)。

堆肥化開始の水分の調整目安となる70%程度²⁾になるよ

表1 原料の組成(試験1)

	乳牛ふん尿	モミガラ
水分率(現物%)	82.3	9.9
有機物率(乾物%)	83.0	84.6
灰分率(乾物%)	17.0	15.4
容積重(kg/L)	1.00	0.11

¹⁾畜産研究部(現尾張農林水産事務所) ²⁾畜産研究部 ³⁾畜産研究部(現西三河農林水産事務所)

pH及び電気伝導率(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。容積重は、中村ら⁶⁾の方法に従い求めた。通気性は、直径10 cmの資材充填管にサンプルを高さ75 cmまで投入し300 mL/分で送風したときの差圧で表した⁷⁾。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⁸⁾により測定し、炭素窒素比(CN比)を求めた。

2 粉碎モミガラの堆肥化特性調査(試験2)

モミガラと乳牛ふん尿は試験1と同様に入手したものを使用した(表2)。なお、粉碎モミガラは、モミガラを破砕機WALD-30A(明和工業株式会社、金沢)により粉碎後4 mmメッシュを通過し作成した。

容積比で、乳牛ふん尿1.0に対して粉碎モミガラを0.9、1.2、1.5混合(粉碎0.9区、粉碎1.2区、粉碎1.5区)し、試験1と同様に通気性を測定した。また、モミガラについても同様の容積比で乳牛ふん尿1.0に対して混合(通常0.9区、通常1.2区、通常1.5区)し、差圧を測定した。なお、上記の6区のうち堆積高75 cmで通気が確保される目安である0.2 hPa以下⁷⁾の試験区についてのみ堆肥化装置に充填し、2021年5月19日から8月24日までの14週(98日)間堆積発酵させた。繰り返し作業は試験1の慣行区と同様とし、試験期間中8回実施した。使用した装置、採材及び分析方法は試験1と同様で、分析項目に各モミガラの吸水率を追加した。吸水率は中川ら⁹⁾の方法に従い、不織布に各モミガラを詰め込み水没させ24時間経過後に引き上げ、吊り下げて自然落下水がなくなっ

表2 原料の組成(試験2)

	乳牛ふん尿	通常モミガラ	粉碎モミガラ
水分率(現物%)	86.4	11.5	9.4
有機物率(乾物%)	83.3	84.6	81.8
灰分率(乾物%)	16.7	15.4	18.2
容積重(kg/L)	1.00	0.12	0.23
吸水率(現物%)	—	228	107

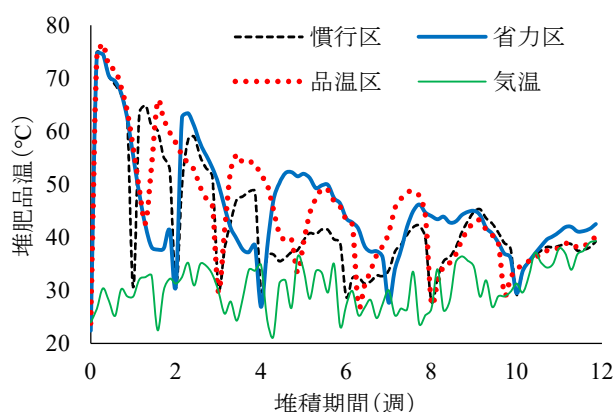


図1 堆肥品温の推移(試験1)

たところで秤量し、増加重量を詰込資材重量で除して2反復の平均を算出した。

結果及び考察

1 モミガラを副資材とした乳牛ふん尿の堆肥化に繰り返し回数が及ぼす影響(試験1)

品温区の繰り返しは9、21、33、44、56、68日目の計6回実施した。

試験期間中の外気温は21.2~39.3°Cの間で推移し、堆肥化に好適な条件であったと考えられた。慣行区の繰り返し作業(以下、作業)を行った7日目まで堆肥品温は3区とも同様の推移を示した(図1)。3区とも1回目の作業後に品温は上昇し、最高品温は60°C以上となった。堆肥中の病原菌や雑草種子を殺滅するためには60°C以上の品温が2日間程度続くことが必要であるが²⁾、慣行区で227時間、省力区で201時間、品温区で208時間と、全ての区で十分に持続した。

水分率は繰り返し回数が多い順に低くなった(表3)。水分率が50%を下回る場合、微生物の活動が抑制されるとされているが、3区とも堆積期間中に50%を下回らなかったことから発酵への影響はなかったと考えられた。

有機物分解率は十分に分解されたとする指標である40%¹⁰⁾に到達した順番が品温区、慣行区、省力区の順であったが、最終的には全ての区で60%程度まで分解が進んだ(図2)。品温区の分解が慣行区よりも早く進んだ理由として、

表3 試験開始時及び終了時の組成(試験1)

	慣行区		省力区		品温区	
	0週	12週	0週	12週	0週	12週
水分率(現物%)	71.9	62.6	71.9	64.9	71.9	63.3
CN比	29.0	18.0	29.0	17.8	29.0	19.8
差圧値(hPa)	0.06	0.03	0.06	0.07	0.06	0.05
容積重(kg/L)	0.49	0.38	0.49	0.41	0.49	0.42
pH	8.2	9.2	8.2	9.2	8.2	9.1
EC(dS/m)	1.76	2.13	1.76	1.91	1.76	2.05

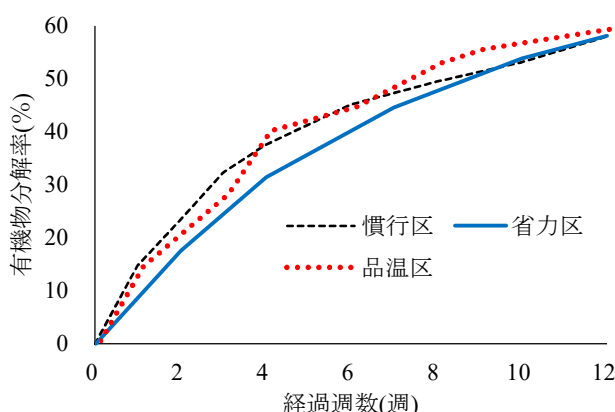


図2 有機物分解率の推移(試験1)

作業時の放熱による品温のロスが少なく微生物の活性に好影響をもたらしたことに加え、慣行区は作業頻度が4週目以降から少なくなるのに対して、品温区は概ね一定の間隔で作業が行われたことも要因の1つであると考えられた。CN比は各試験区とも施用の際に窒素飢餓を起こす危険性が低いとされる20以下²⁾になった(表3)。また、3区とも全試験期間の差圧値が、0.2 hPa以下であったことから通気は常に確保されていたと考えられた(表3)。

以上のことから、モミガラを副資材として利用して繰り返し作業を少なくすると、水分率低下が遅く、堆肥化進行はやや遅れる。しかし、堆肥化に必要な3か月程度²⁾の時間を要すれば繰り返し回数に関係なく、同程度の発酵状態となることから、繰り返し回数を減らした省力的な堆肥生産が可能ながことが示唆された。作業回数について見ると、品温区は慣行区より1回少ないのみであった。一方で、省力区では3回減らすことができ堆肥製造時の省力化が可能であると考えられた。ただし、本試験は外気温が堆肥化にとって好適条件であり、省力化可能性については、他条件でも検討する必要があると考えられた。

2 粉碎モミガラの堆肥化特性調査(試験2)

粉碎モミガラ(以下、粉碎)と通常モミガラ(以下、通常)について、乳牛ふん尿への混合容積比が、通気性、水分率、堆肥品温の推移および堆肥の品質に与える影響を検討した。

一般に、副資材を混合する目的は、堆肥材料の水分や容積重を調整し、通気性を改善することである²⁾。通気性を確認した結果、堆積高75 cmでは粉碎0.9区、通常0.9区、通常1.2区で差圧が0.2 hPaを上回り、必要な通気性が確保されないと判断した(表4)。従って堆肥化装置による試験は、上記の3区を除外した粉碎1.2区、粉碎1.5区、通常1.5区について実施した(表5)。吸水率について比較すると、粉碎が228%、通常が107%で、粉碎は通常に比較して約2倍の吸水率であった。容積重も粉碎は通常の約2倍であり(表2)、副資材の混合容積が同等の粉碎1.2区と通常1.2区を比較した場合、混合重量は粉碎1.2区の方が重くなった。同じ容積比であるにも関わらず、粉碎1.2区で通気が確保された理由として、通常1.2区よりも水分率が低く、また混合物の容積重が小さくなったことが考えられた(表4)。

一方、中川⁹⁾によれば堆肥化開始時における容積重の調整目安は0.65 kg/Lとされているが、粉碎1.2区は0.68 kg/Lで通気が確保された。理由として、粉碎の混合量が増えることにより空隙保持能力が確保されたことと、吸水性が向上したことが考えられた。

品温について、最高品温は粉碎1.2区で80.1°C、粉碎1.5区で80.3°C、通常1.5区で76.1°Cであった(表6)。また、60°C以上の品温持続時間は粉碎1.2区で201時間、粉碎1.5区で143時間、通常1.5区で195時間であった。各試験区は充填物が150 L容量になるように設定しており(表5)、易分解性有機物が多く含まれている乳牛ふん尿混合量の少ない粉碎1.5区で60°C以上の品温持続時間が他の2区と比較して短かったが、病原菌や雑草種子を殺滅するために十分な2日間以上は持続した。試験開始時から終了時までの水分率は、乳牛ふん尿重量に対するモミガラ重量比が少ないほど高く

なった(表5、6)。有機物分解率は通常1.5区、次いで粉碎1.2区、粉碎1.5区の順で高く推移した(表6)。理由として、モミガラは難分解性有機物が多く、重量比率が多い順に低くなったと考えられた。試験終了時のCN比については粉碎1.5区、粉碎1.2区、通常1.5区の順に高かった(表6)。特に粉碎を利用した両粉碎区はCN比が30前後と高いままであった。十分な堆肥化により易分解性有機物を分解したものについては、CN比が高くても窒素飢餓を起こす危険性はほとんどないとされており²⁾、モミガラのように難分解性有機物が多いものについては急激に分解が進みにくいことから窒素飢餓を起こす危険性が少ないと考えられるが、施用時期や量、方法に注意する必要があると考えられた。粉碎区間で比較すると、粉碎1.5区は粉碎を粉碎1.2区よりも多く混合することになり、結果として出来上がり堆肥のCN比が高くなるため、副資材の

表4 通気性確認のための差圧値と性状(試験2)

	粉碎 0.9区	粉碎 1.2区	粉碎 1.5区	通常 0.9区	通常 1.2区	通常 1.5区
差圧値 (hPa)	— ¹⁾	0.13	0.08	— ¹⁾	1.40	0.02
水分率 (現物%)	73.1	71.9	67.1	79.9	78.0	74.0
容積重 (kg/L)	0.70	0.68	0.55	0.85	0.72	0.55

1) 差圧計の測定限界を超え、測定不能であることを表す

表5 試験区の原料(試験2)

	粉碎1.2区	粉碎1.5区	通常1.5区
総重量(kg)	92.5	77.5	78.6
乳牛ふん尿(kg)	72.5	57.6	66.3
通常モミガラ(kg)	—	—	12.3
粉碎モミガラ(kg)	20.0	19.9	—
乳牛ふん尿に対する モミガラ重量比(%)	27.6	34.5	18.6

表6 試験開始時及び終了時の組成(試験2)

	粉碎1.2区		粉碎1.5区		通常1.5区	
	0週	14週	0週	14週	0週	14週
最高品温(°C)	80.1		80.3		76.1	
60°C以上品温 持続時間(時間)	201		143		195	
水分率(現物%)	71.9	62.4	67.1	51.5	74.0	66.6
有機物分解率 (乾物%)	0.0	47.7	0.0	42.9	0.0	58.8
CN比	33.5	29.9	41.3	32.2	32.9	21.4
容積重(kg/L)	0.68	0.46	0.55	0.34	0.55	0.43
pH	8.4	9.5	8.4	9.5	8.5	9.5
EC(dS/m)	1.90	1.72	1.74	1.70	1.54	1.85

混合容積が少ない粉碎1.2区の方が実用的であると考えられた。

以上のことから、モミガラを粉碎することで、モミガラを副資材利用する際の欠点である低い吸水率を改善でき、水分率を低くすることでハンドリングが向上した。また、観察結果ではあるが、堆肥にモミガラがそのまま残る状況も改善できた。一方、CN比は高くなるため、施用の際に注意が必要であると考えられた。混合割合は、乳牛ふん尿1.0に対して容積比で粉碎モミガラは1.2が最適であると考えられ、粉碎することにより乳牛ふん尿との混合割合を減らせた。なお、愛知県内ではモミガラを粉碎して貯蔵しているライスセンターが複数箇所存在しており、粉碎モミガラを普及利用する上での利便性も高いと考えられた。

今回、小規模試験ではあるが、堆肥化の副資材としてモミガラを利用できることは示せた。今後、普及に向けて、実用規模や生産現場における実証試験や農作物への施用について検討する必要がある。

引用文献

1. 林野庁. 「令和2年木材需給表」の公表について. 令和2年(2020年)木材需給表.
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/press/kikaku/attach/pdf/210930-2.pdf> (2022年4月18日参照)
2. 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)
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. 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)
5. 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)
6. 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)
7. 大泉長治, 岡崎好子. 木質系有機材添加による家畜ふんの物性改良効果. 千葉県畜セ研報. 5, 29-35
8. 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)
9. 中川一樹. 竹粉を利用した家畜敷料の生産技術の開発(第1報). 京都府農林水産技術センター畜産センター試験研究成績. 11, 40-43(2015)
10. 家畜改良センター. 家畜排せつ物処理研修[堆肥化処理・利用技術]. 家畜改良センター. 福島. 4-17(2014)