

堆肥化副資材としての竹粉の特性

中村和久¹⁾・瀧澤秀明¹⁾・柳澤淳二¹⁾

摘要：竹の粉碎物である竹粉を家畜ふん尿の堆肥化副資材として活用するため、竹粉の特性が堆肥化に及ぼす影響について検討した。

- 1 竹粉は、オガクズに比べ易分解性有機物の含量が高く、容積重は大きかった。
- 2 乳牛ふん尿と副資材を容積比1：1.2で混合して堆肥化したところ、竹粉を副資材とした区は、オガクズ区より堆積物は高温となったが、堆肥の炭素窒素比(CN比)は高くなった。
- 3 乳牛ふん尿に対し竹粉の混合容積比を1：0.8～1.4として堆肥化したところ、竹粉の容積比が少ない区ほど、堆肥のCN比は低くなった。しかし、容積比0.8では、他区と比較して堆積物品温の上昇が低い傾向が認められ、混合容積比は1.0が適していると考えられた。
- 4 竹粉とオガクズを混合した副資材を用い、乳牛ふん尿と1：1の混合容積比で堆肥化したところ、竹粉の比率が少ない区のCN比が低くなった。また、膨潤処理によりオガクズと同等まで容積重を小さくした竹粉を用いると、堆肥のCN比は20を下回った。

キーワード：竹粉、容積重、CN比、易分解性有機物、膨潤処理

緒言

現在、家畜ふん尿堆肥化時の水分調整に用いられる副資材には、主にオガクズが利用されている。畜産に起因する臭気等の苦情を未然に防止し、良質な堆肥を生産するためには、潤沢な副資材の確保が不可欠である。しかし、住宅需要の低迷や国外で製材した木材の輸入増などによりオガクズの流通量が減少し、入手が困難になりつつある。一方、国産竹の需要減少に伴って放置される竹林は増加し、竹の利用促進が社会的要請になっている。こうしたことから、堆肥化副資材を安定的に確保する一つ的手段として、これまで、オガクズを竹粉で代替するための研究が行われ、竹粉による代替利用は可能である^{1) 2)}と報告されている。ただし、竹粉を堆肥化副資材として用いた場合に、発酵時に微生物の栄養源となる有機物、特に易分解性有機物の含量がどのように変化するかについては明らかにされていない。そこで本研究では、竹粉とオガクズの堆肥化副資材としての特性の相違が堆肥化に及ぼす影響を明らかにするとともに、竹粉の特性を踏まえたより好適な堆肥化の条件を検討した。

材料及び方法

1 竹粉、オガクズを副資材とした堆肥化(試験1)

竹粉とオガクズをそれぞれ単体で副資材とし、特性

の違いが堆肥化に及ぼす影響を検討した。

(1) 供試材料と試験区分

竹粉は、伐採し枝葉を払った生竹を樹木粉碎機GS220G(株式会社大橋、佐賀)で粉碎後、5.6 mmのふるいを通したものを3週間自然乾燥させた。オガクズは市販のものを使用した。愛知県農業総合試験場フリーストール牛舎から搬出された新鮮乳牛ふん尿と、竹粉あるいはオガクズを容積重調整目安である0.7 kg/L³⁾を下回るように1：1.2の容積比で混合し竹粉区、オガクズ区とした。

(2) 堆肥化方法

2014年5月7日から9月9日までの16週間、150 L容量の堆肥化装置(間口50 cm×奥行50 cm×高さ60 cm)に供試材料を充填し堆積発酵させた。試験開始後6週まで装置底面から7.5 L/分を常時送風した。試験開始1、2、3、4、6、8、10、12週後に、切り返し作業として装置から堆積物を全て取り出し、かく拌後再充填を実施した。

(3) 調査項目と測定方法

堆積開始時と終了時に堆積物の一部を採材し分析に供した。堆肥等有機物分析法⁴⁾に従って、水分は105℃で24時間乾燥、灰分は550℃で4時間加熱して測定した。全窒素はサリチル酸硫酸分解法(ガンニング変法)で全炭素は乾式燃焼法で測定し炭素窒素比(CN比)を求めた。酸性デタージェント繊維(ADF)は飼料分析基準注釈⁵⁾に従って測定した。有機物率は100から灰分率を減じて求め、さらにADF率を減じて酸性デタージェント溶液可溶有機物率(以下「易分解性有機物率」)を求めた。有機

本研究は、家畜ふん尿資源化利用推進事業(平成25～27年度)により実施した。

¹⁾畜産研究部

(2016.10.12 受理)

物分解率は、試験終了時有機物総量を開始時有機物総量で除した値を100から減じて求めた。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RTR-52(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。堆積物容積重は10 Lのバケツに堆積物を加重せず山盛りに入れ、床上5 cmから10回落下鎮圧させ、この作業を2回繰り返してバケツにすり切れとなるよう調整後、重量測定して求めた。

2 竹粉を異なる容積比で混合した堆肥化(試験2)

乳牛ふん尿に対する竹粉の混合割合の相違が堆肥化に及ぼす影響を検討した。

(1) 供試材料と試験区分

試験1と同様に得た新鮮乳牛ふん尿と竹粉を、1:0.8、1:1.0、1:1.2、1:1.4の容積比になるように混合し、0.8区、1.0区、1.2区、1.4区を設定した。

(2) 堆肥化方法

2014年9月3日から12月9日までの14週を試験期間とした。試験1と同じ方法により堆積開始1、2、3、4、6、8、10週後に切り返しを実施した。

(3) 調査項目と測定方法

調査項目と測定方法は試験1と同じとした。

3 竹粉・オガクズ混合利用と処理方法の違う竹での堆肥化(試験3)

竹粉の容積重が大きい特性を補正するため、オガクズとの混合および膨潤処理の効果を検討した。

(1) 供試材料と試験区分

試験1と同様に得た新鮮乳牛ふん尿と、副資材として竹粉全量(竹全量区)、竹粉とオガクズの容積比2:1(竹2/3区)と1:1(竹1/2区)の混合物、全量膨潤処理した竹(膨潤区)を用いて試験区分とした。副資材はふん尿に対し1:1の容積比になるように混合し、膨潤処理は、生竹を粉碎後、植織機SM-23-55S(神鋼造機株式会社、岐阜)で行った。ただし、膨潤処理竹を副資材とした区では堆積直後に漏汁の発生を確認したため、試験開始1日経過時に1:1.5の容積比になるよう膨潤処理竹を追加した。

(2) 堆肥化方法

2015年5月20日から11月4日までの24週を試験期間とした。試験1と同じ方法により堆積開始1、2、3、4、6、8、10、12、16、20週後に切り返しを実施した。

(3) 調査項目と測定方法

試験1の項目を試験開始時と16、20週経過時、試験終了時に測定した。加えて使用した副資材について、水分、灰分、ADFを測定した。

結果及び考察

1 竹粉、オガクズを副資材とした堆肥化(試験1)

副資材の容積重は竹粉がオガクズの2倍で、竹粉区はオガクズ区に比べ試験開始時の容積重が大きくなった。総重量、有機物総量、易分解性有機物総量はすべて竹粉

区が高かった(表1)。堆肥化過程の品温は竹粉区がオガクズ区より高く推移し(図1)、70℃以上の累積時間は竹粉区152時間、オガクズ区66時間、最高品温は竹粉区79.8℃、オガクズ区77.2℃であった。堆肥化の過程で60℃以上の高温が数日間続くと、病原菌、寄生虫や雑草の種子は死滅する⁶⁾が、生野菜の生産に用いる家畜ふん堆肥については、70℃以上の発酵が数日間続くようにすることが望ましいとされている⁷⁾。堆肥化時に微生物の主たる栄養源となる易分解性有機物の総量が、試験開始時において竹粉区はオガクズ区に比べ7割程度多く、一次発酵がより促進されたため、竹粉区は速やかに品温が上昇し、高温が持続したと考えられた。

竹粉区、オガクズ区とも二次発酵が起こり、竹粉区で堆肥化終期の12週経過以降にも品温が上昇した。これは、多く残存していた分解しづらい有機物の一部も分解されたためと思われる。試験終了時までには、竹粉区ではオガクズ区に比べ約1.6倍の有機物が減少したが、開始時の量に対する分解率は両区ともほぼ同じで、竹粉区の方が残存した有機物総量は多かった。その結果、CN比も竹粉区がオガクズ区に比べ高くなった(表1)。

作物栽培現場ではCN比は作物障害との関連で関心が持たれる指標である。一般に、ワラ類などの繊維質資材では、微生物に利用されやすい形態の炭水化物の含量が高く、出来上がり堆肥がCN比20以上の場合、窒素飢餓を起こす危険性があり⁶⁾、施用時期や量を検討する必要がある。一方、オガクズのような木質資材にはかなりの量セルロースが含まれ、リグニンと強固に結合しているため微生物に分解されにくく、CN比が多くても窒素飢餓を起こす危険性がほとんどない⁶⁾と考えられている。

今回の結果、有機物総量の多い竹粉区でも、有機物が多く消費され、オガクズ区と同等の有機物分解率となったことから、竹粉が、オガクズよりも微生物に利用されやすい形態の有機物を多く含むことが示唆された。

2 竹粉を異なる容積比で混合した堆肥化(試験2)

乳牛ふん尿に対する竹粉の混合割合の異なる4つの試験区では、混合容積比が小さい区ほど、試験開始時、終了時ともに、有機物総量、易分解性有機物量は少なくなり、CN比は小さくなった(表2)。堆肥化過程における品温の70℃以上累積時間は、0.8区18時間、1.0区99時間、1.2区76時間、1.4区83時間、最高品温は、0.8区70.9℃、1.0区76.8℃、1.2区76.9℃、1.4区74.8℃であった(図2)。品温の推移は、4~6週で区による差が認められ、1.0区、1.2区、1.4区、0.8区の順に高く、特に、1.0区と0.8区では、常に10℃前後の差が認められた。また、6週以降は各区とも品温の著しい上昇はなく、明確な二次発酵は認められなかった。堆肥化過程での有機物と易分解性有機物の減少量は、開始時の量に関わらず各区間に大きな差はなかったが、有機物分解率は堆肥化終了の目安である40%³⁾を下回り、0.8区で32.2%、1.0区で31.3%、その他の区では20%台前半となった。今回の試験では、6週以降外気温が20℃を下回ったことが、二次発酵を抑制し有機物分解率を低くした要因と考えられ

表1 堆肥化物組成(試験1)

試験区	竹粉区		オガクズ区	
	開始時	終了時	開始時	終了時
総重量(kg)	104.0	41.2	89.0	39.9
(内訳)				
乳牛ふん尿(kg)	75.0	-	75.0	-
副資材(kg)	29.0	-	14.0	-
副資材容積重(kg/L)	0.32		0.16	
水分(現物%)	64.8	47.4	75.5	67.9
有機物総量(kg)	34.9	19.9	21.0	11.4
うち易分解性(kg)	11.5	4.4	6.6	2.2
混合物容積重(kg/L)	0.67	0.39	0.62	0.45
有機物分解率(%)	-	43.0	-	45.7
炭素窒素比	62.4	38.0	40.5	24.9

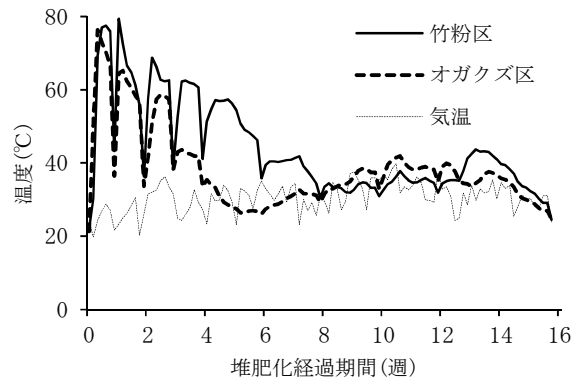


図1 堆積物品温の推移(試験1)

表2 堆肥化物組成(試験2)

試験区	0.8区		1.0区		1.2区		1.4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)	95.0	55.0	100.0	57.4	105.0	65.7	110.0	71.7
(内訳)								
乳牛ふん尿(kg)	75.0	-	75.0	-	75.0	-	75.0	-
竹粉量(kg)	20.0	-	25.0	-	30.0	-	35.0	-
副資材容積重(kg/L)	0.34		0.34		0.34		0.34	
水分(現物%)	71.0	65.1	67.7	60.3	65.9	57.6	63.6	55.0
有機物総量(kg/L)	25.8	17.5	30.4	20.9	34.0	26.0	38.2	30.4
うち易分解性(kg/L)	10.0	4.6	11.2	5.4	11.6	6.2	13.0	7.3
混合物容積重(kg/L)	0.88	0.58	0.77	0.53	0.73	0.52	0.69	0.50
有機物分解率(%)	-	32.2	-	31.3	-	23.5	-	20.4
炭素窒素比	52.0	38.3	58.8	40.9	61.5	46.9	68.6	53.7

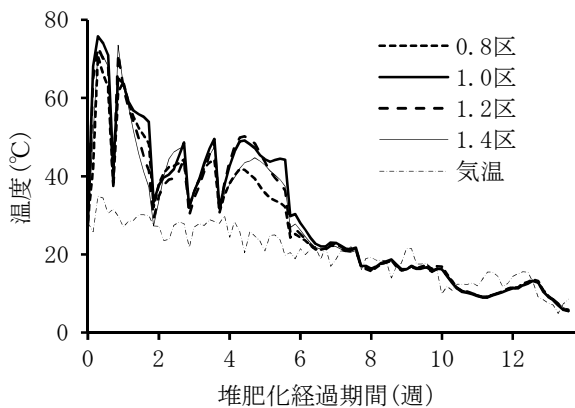


図2 堆積物品温の推移(試験2)

表3 原料組成(試験3)

	竹粉	膨潤処理竹	オガクズ
水分(現物%)	10.2	9.8	10.2
有機物率(乾物%)	98.7	98.6	99.9
うち易分解性有機物率(乾物%)	24.6	29.9	18.0
灰分率(乾物%)	1.3	1.4	0.1
容積重(kg/L)	0.35	0.14	0.15

表4 堆肥化物組成(試験3)

試験区	竹全量区		竹2/3区		竹1/2区		膨潤区	
	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)	101.0	40.3	96.1	34.6	93.5	33.8	90.8	28.4
(内訳)								
乳牛ふん尿(kg)	75.0		75.0		75.0		75.0	
竹量(kg)	26.2		17.5		13.1		15.8	
オガクズ量(kg)			3.6		5.4			
水分(現物%)	66.0	44.8	68.9	48.2	71.0	55.4	73.1	55.1
有機物総量(kg)	32.2	19.9	27.8	15.6	25.1	12.9	22.2	10.2
うち易分解性(kg)	11.2	4.8	9.4	4.1	8.6	3.3	8.8	3.4
混合物容積重(kg)	0.73	0.39	0.72	0.41	0.71	0.36	0.70	0.45
有機物分解率(%)	-	38.2	-	43.9	-	48.6	-	54.1
炭素窒素比	開始時	57.7	開始時	50.5	開始時	44.7	開始時	38.0
	16週	42.0	16週	33.8	16週	29.1	16週	18.5
	20週	37.3	20週	31.4	20週	26.1	20週	18.0
	24週	33.5	24週	28.0	24週	25.3	24週	16.5

注) 膨潤区は、試験開始1日経過時に容積比を再調整した堆積物を開始時とした。

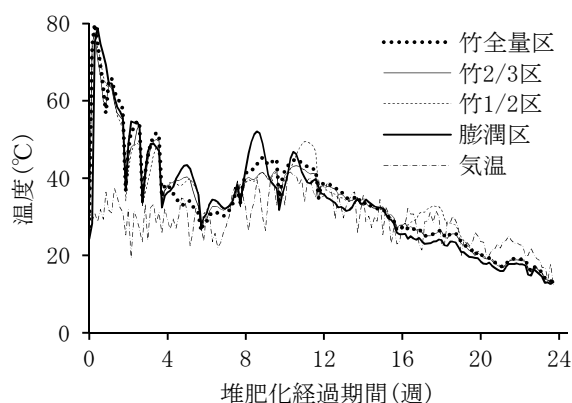


図3 堆積物品温の推移(試験3)

た。この結果、有機物、特に難分解性有機物が多く残存し出来上がり堆肥のCN比が高くなったと考えられた。

1.0区は4つの試験区のうちで有機物の分解量が最も多く、品温上昇は良好であった。試験開始時の容積重は0.77 kg/Lで、調整目安の0.7 kg/L³)を上回ったが、これは、竹粉自体の容積重が重いことで、竹粉の固さ、粒度の荒さにより、ふん尿との混合時に空隙は確保できていたものと考えられる。

今回の試験条件下で、0.8区については堆積物品温の上昇、高温持続性は明らかに劣った。これは、容積重が0.88 kg/Lと重く通気性が不十分で、好気性微生物の活動にとって適した環境ではなかったため、悪臭発生を抑制し良質な堆肥を生産するためには、竹粉はふん尿に対し容積比で1.0以上が必要と思われた。

3 竹粉・オガクズ混合利用と処理方法の違う竹での堆肥化(試験3)

副資材である竹粉、膨潤処理竹、オガクズの組成を表3に示した。竹粉は坂井らの報告⁸⁾のとおりオガクズに比べ易分解性有機物率が高かったが、膨潤処理で粉に比べ易分解性有機物率がさらに高くなった。これは、植繊機による膨潤処理工程において行われる加圧・混練で、竹の繊維が解繊されたことによるものと考えられる。膨潤処理竹の容積重は、オガクズと同等まで小さくなり、容積重が大きい竹粉の特性を改善することができた。

堆肥化過程における品温の70°C以上累積時間は、竹全量区69時間、竹2/3区72時間、竹1/2区82時間、膨潤区103時間であった。最高品温は、竹全量区80.0°C、竹2/3区80.5°C、竹1/2区79.6°C、膨潤区79.7°Cで、いずれの区も6週でおおむね1次発酵を終了した(図3)ことから、竹粉とオガクズとの混合資材や膨潤処理竹を副資材としても発酵温度は上昇することがわかった。なお、すべての区で8週以降に二次発酵が認められた。堆肥化過程での有機物と易分解性有機物の減少量は、開始時の量に関わらず各区分での差はわずかであった。その結果、有機物分解率は開始時の有機物総量の少ない区ほど高くなり、竹粉とオガクズの混合区の比較では、オガクズの混合割合が高く有機物総量の少ない竹1/2

区の分解率が竹2/3区より高かった(表4)。CN比は、開始時の有機物総量が少ない区ほど低く、膨潤区では堆肥化16週経過時には20を下回った(表4)。

膨潤区は1:1.0の容積比では漏汁が発生した。重量ベースで竹全量区の約4割となった当初の副資材量では、十分な保水性が確保できなかったためと思われる。試験開始後1日目に1:1.5で再調整したところ漏汁は認められず、良好に堆肥化が進行した。混合容積比が高くてもふん尿との混合時の有機物総量は4区の中で最小となり、有機物の分解量が他区とほぼ同等であったことから、堆肥のCN比を最も低くすることができた。

4 まとめ

竹粉は、容積重は大きい易分解性有機物率が高く、オガクズの代替副資材として、乳牛ふん尿の堆肥化に利用できることが確認できた。乳牛ふん尿に対する竹粉の混合割合は、容積比で1:1.0程度が適当と考えられた。

また、堆肥の施用の観点から、窒素飢餓の危険性を排除することが必要であるが、竹粉とオガクズとの混合利用や膨潤処理が有効であることが明らかになった。これらの方法により、容積重が大きい竹粉の特性を補正して有機物総量を減らし、堆肥のCN比を低下させ、オガクズを使用した場合と同等以下にできることが示唆された。

竹粉については、乳牛ふん尿と副資材の容積比を1:1.0とする場合、オガクズを半量以上混合するのが望ましいと考えられた。膨潤処理竹は、竹粉の欠点を補完し単体でオガクズを代替できるが、容積比は1.0では不足し、1.5では十分であった。

引用文献

1. 坂井隆宏, 脇屋裕一郎, 式町秀明. キノコ廃菌床および竹チップを副資材として利用した乳牛ふんの堆肥化. 西日本畜産学会報. 48, 57-63(2005)
2. 竹下美保子, 小山太. 乳牛ふん堆肥化における副資材としての竹粉砕物の利用. 福岡県農業総合試験場研究報告. 33, 34-38(2014)
3. 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. p. 4-17(2014)
4. 日本土壌協会. 堆肥等有機物分析法. 日本土壌協会. 東京. p. 29, 39-41, 71-72(2010)
5. 飼料分析基準研究会. 飼料分析基準注釈(第三版). 日本科学飼料協会. 東京. p. 27-28(1998)
6. 中央畜産会. 堆肥化施設設計マニュアル. 中央畜産会. 東京. p. 12-20(2000)
7. 農林水産省消費・安全局農産安全管理課. 栽培から出荷までの野菜の衛生管理指針. 農林水産省. p. 5-7(2011)
8. 坂井隆宏, 脇屋裕一郎, 岩永致悦. 竹チップを副資材として利用した乳牛ふんの堆肥化. 佐賀県畜産試験場試験研究成績書. 40, 115-120(2004)