

ヤシ殻外皮を用いた牛ふん尿からのアンモニア発生量の低減

市川あゆみ¹⁾・畠山由香里²⁾・柳澤淳二³⁾・
星野佑太⁴⁾・堤 公生⁴⁾

摘要：悪臭吸着能力と吸水能力の高いヤシ殻外皮粉碎物を牛舎敷料として利用し、悪臭物質の発生と水分変化を調査した。また、敷料利用後に牛ふん尿が混合した資材を堆肥化し、悪臭物質の発生を調査した。ヤシ殻外皮を敷料利用した場合、敷料利用期間中及びその後の堆肥化過程では、いずれもアンモニアの発生が抑制された。さらに、同資材を牛ふん堆肥化の副資材として用いた場合においても、アンモニア発生量を抑制しており、牛ふん尿由来のアンモニアは速やかに硝化している可能性が示唆された。

キーワード：ヤシ殻外皮、悪臭、アンモニア、牛ふん尿、敷料、堆肥化副資材

Inhibitory Effect of Coconut Husk Flour on Ammoniacal Odor Emanating from Cattle Production

ICHIKAWA Ayumi, HATAKEYAMA Yukari, YANAGISAWA Junji,
HOSHINO Yuta and TSUTSUMI Kousei

Abstract : To examine the effects of coconut husk flour, which has a high ability of odor suppression and water absorption, on the unpleasant odors emanating from cattle production, we carried out some experiments. When it was used as bedding in the cattle barn, and was composted thereafter with manure, the emission of ammonia gas was found to be significantly lower. When coconut husk flour was composted along with fresh manure, ammonia gas emission was found to be reduced, too. In addition to this, in the compost, ammoniacal nitrogen was oxidized to nitrate nitrogen rapidly.

Key Words : Coconut Husk Flour, Unpleasant odors, Ammonia, Cattle Manure, Bedding in the Cattle Barn, Co-Composting material

本研究は産官学共同研究「ヤシ殻外皮による畜舎臭気低減技術の開発」により実施した。

¹⁾畜産研究部(現環境基盤研究部) ²⁾畜産研究部(現退職) ³⁾畜産研究部(現尾張農林水産事務所)

⁴⁾畜産研究部

(2017.9.13 受理)

緒言

畜産経営において、悪臭対策は避けて通れない課題であるが、本県は畜産地域が住宅地と混在しており、確実な対策の実施が求められる。密閉型の施設からの排気を脱臭装置等に誘導して行う対策は一定の効果を上げているが、開放型の畜舎や堆肥舎から発生する悪臭に対しては有効な手段がないのが現状である。

しかし、非生産分野である悪臭対策には、コストや手間をかけづらい側面もあるため、低コストで簡易な手法が求められている。

ココナツオイルの原料であるココヤシは固い殻の周囲を毛状の外皮が取り囲んでいる。この外皮のうち、繊維状の部分は産業利用が進んでいるが、繊維の隙間の組織は、一部園芸用土や土壌改良材として利用されている以外は、産地で未利用のまま廃棄されている。

この外皮部分は、多孔質で悪臭吸着能力に優れている^{1,2)}とされており、脱臭槽の脱臭資材としての利用も試みられている²⁾。筆者らも外皮部分がアンモニアの吸着に優れ、吸水性も高いことより敷料利用による悪臭低減効果が期待されることを報告している³⁾。

そこで、ヤシ殻外皮粉砕物を牛舎敷料及び堆肥化副資材として利用した場合の悪臭低減効果について検証した。

材料及び方法

1 畜舎敷料利用試験

ヤシ殻外皮粉砕物(以下ヤシガラ)は、園芸用として輸入されている資材(商品名 ココエコナツ、(株)KNKコーポレーション、田原)を利用した。

ヤシガラ(以下ヤシガラ区)またはオガクズ(以下オガクズ区)を1 m³敷設した3.3 m×1.7 mの牛房に乳用種育成牛を各2頭群飼した。飼養方法は、当場の慣行法とし、試験期間中に生じるふん尿量の差を少なくするために、両区の牛の体重を揃えて配置した。

試験は、2015年7月23日～8月13日(1回目)及び8月13日～9月3日(2回目)の各3週間2反復行った。1回目試験終了後、ふん尿を含む敷料全量を新しい敷料と交換した。供試牛房及び供試牛の交換は行わなかった。

2 悪臭物質及び敷料成分の測定

1回目及び2回目ともに1週ごとに悪臭物質濃度及び敷料の水分、pH、ECを測定した。

悪臭物質は、敷料の直上に300×300×400 mmのアクリル性ヘッドスペースを被せ、1分間静置後に検知管法により、アンモニア、硫化水素、メチルメルカプタン及び低級脂肪酸(酢酸検知管使用)の濃度を測定した(図1)。その後、小型耕耘機を用いて敷料全体を攪拌し、悪臭物



図1 検知管による悪臭物質の測定

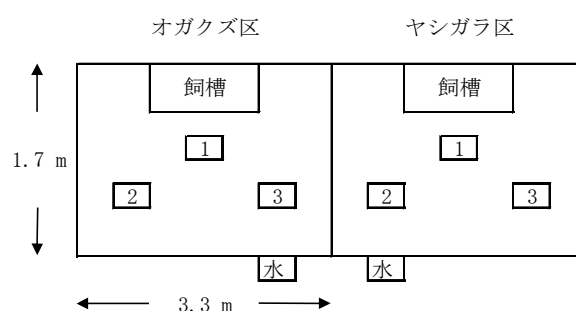


図2 牛房内配置の概略

注) 「1」「2」「3」：臭気及び敷料試料採取位置
「水」：給水器位置

質を同様に測定した。測定場所は、攪拌前は各区1か所(図2、試料採取位置「1」)、攪拌後は各区3か所(同、「1」「2」「3」)とした。さらに2回目試験の開始後1週経過時に、攪拌後のヘッドスペース内の空気を採取し、3か所分を混合して官能試験に供した。

水分は、攪拌後の敷料の一部を採取し、熱減量法により測定した。また、同様に採取した試料10 gに10倍量の蒸留水を加え30分振とうした後、pHおよびECを電極法により測定した。試料の採取場所は攪拌後の悪臭物質の測定場所とした。

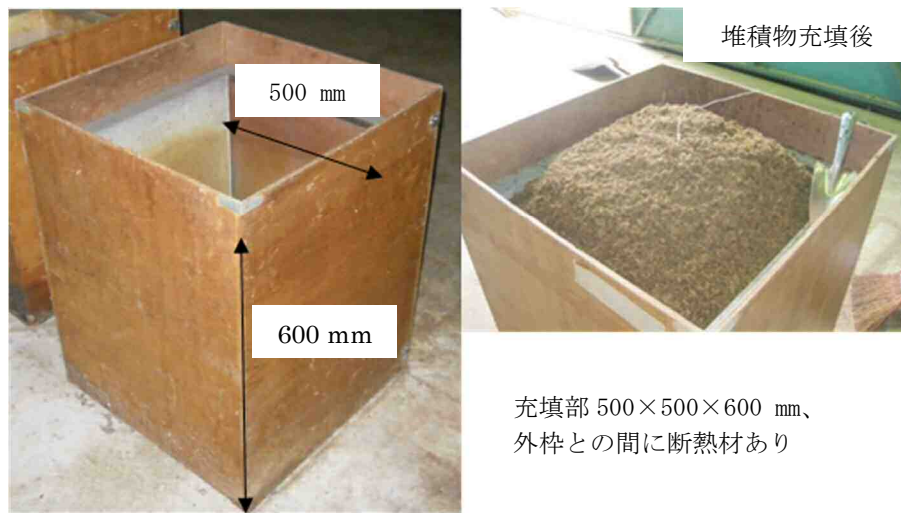
悪臭物質の測定、敷料攪拌、試料の採取は、牛を牛房外に一旦出して行った。

3 敷料利用後の堆肥化試験

牛舎敷料利用試験2回目の終了時に、ふん尿が混合した敷料全量(両区とも重量約1900 kg)を堆肥舎で高さ1 m程度に堆積し、14週間発酵させた。昇温発酵中(10週まで)は1週ごとに、その後12週後および試験終了時にホイールローダを用いた切返しを行った。切返し後に、悪臭物質の測定を敷料利用試験と同様の方法で、堆積物の直上で行うとともに、堆積物の一部を採取して成分分析に供した。



図3 40 L容堆肥化試験装置



充填部 500×500×600 mm、
外枠との間に断熱材あり

図4 150 L容堆肥化試験装置

表1 ニオイプロフィール項目

腐った卵・硫黄臭	かび	オガコにおいて
酸っぱいにおい(酸敗・腐敗臭)	豚の体臭	みそ・醤油のにおい
豚ふん臭	生臭い	雑草・草木
どぶ臭い	消毒臭	材木
蒸れた靴下において	生タマネギ臭	お茶
アンモニアの刺激臭	ほこりっぽい	さび
生ゴミ臭	乳臭い	機械油
牛ふん臭	わら	焦げたにおい
尿臭	飼料のにおい	魚っぽいにおい
汗くさい	土のにおい	

4 堆肥化副資材利用試験

ヤシガラを堆肥化副資材として乳牛ふん尿と混合し、2015年7月8日～9月29日の14週間堆積発酵させ、悪臭物質の発生量と堆積物の成分の推移を調査した。混合

割合は、ふん尿25 kgに対して、ヤシガラが体積比で1.2倍(資材重量：4 kg、以下、ヤシガラ1.2区)、または1.5倍(資材重量：5 kg、同ヤシガラ1.5区)、および対照区としてオガクズが1.2倍(資材重量：4 kg、同オガクズ区)になるように、容積重から求めた重量で調整した。

自作の40 L容の堆肥化試験装置(図3、充填部φ380×480 mm、以下、40 L容)にふん尿と副資材の混合物を充填し、ブローで底面から2 L/分通気した。

試験開始から4週間は毎週、以降は隔週で装置内の堆積物全量をプラスチック製トロ舟(容量100 L内寸890×540×200 mm、以下、プラ舟)に広げ、スコップで攪拌、悪臭物質の測定及び試料の採取を行った後に再充填した。

悪臭物質の測定を検知管による測定値が閾値以下になるまで1日1回行った。測定は、攪拌時は攪拌後にプラ舟に広げた状態で、それ以外の日には試験装置内の堆積物上で、1/5000 aワグネルポットを被せ、敷料利用試験と同様に測定を行った。

試験開始後1週および2週に、ヤシガラ1.2区およびオガクズ区の攪拌後の臭気を敷料利用試験と同様に採取し、官能試験に供した。

同様の試験を150 L容の堆肥化試験装置(図4、充填部500×500×600 mm、以下、150 L容)を用いて、2016年5月18日～9月20日の18週間行った。副資材量は、体積比でふん尿の1.2倍とし、攪拌は小型耕耘機を用いて行い、悪臭物質の測定は、堆肥化装置から内容物を一部取り出した後、装置内で敷料利用試験と同様にを行った。

5 堆肥化過程の成分の測定方法

堆肥化過程の水分、pHおよびECを敷料利用試験と同様に測定するとともに、採取した試料を用いて、ケルダール法(ガンニング変法)⁴⁾により全窒素(T-N)を測定した。

さらに、採取した試料を乾燥・粉砕した後、乾式燃焼法により全炭素(T-C)を、強熱法により灰分を測定した。灰分の測定値より灰分インデックス法⁵⁾を用いて乾物分解率および有機物分解率を、またT-CおよびT-Nより炭素窒素比(C/N)を算出した。

アンモニア態窒素(NH₄-N)及び硝酸態窒素(NO₃-N)は、現物試料10 gに10倍量の蒸留水で30分振とう抽出したる液を用い、前者はインドフェノール吸光光度法、後者はサリチル酸比色法(Cataldo法)あるいは銅・カドミウムカラム還元-ナフチルエチレンジアミン吸光光度法により分析した。各段階での乾物分解率を用いて、測定値より試験開始時の各材料1 kg当たりの存在量を算出した。

堆肥化過程の品温は、全期間、小型温度記録計おんどとり((株)ティーアンドデイ、東京)を用いて1時間間隔で計測した。

6 悪臭物質の官能試験法

採取した臭気は、臭気判定用パネルテストに合格した6名～8名のパネルによる三点比較式臭袋法により人間の感知限界までの希釈倍数である臭気濃度を求め、その対数値である臭気指数を算出した⁶⁾。また同時に無希釈の臭気について、表1に示した項目(プロフィール)へのあてはまり度を5段階評価(ニオイプロフィール法)し、パネルの感じるにおいを要因分析した。

試験結果

1 牛舎敷料利用時の悪臭物質発生量および官能試験

敷料攪拌前のアンモニア濃度の推移を図5に、攪拌後の濃度の推移を図6に示した。牛のいない静置状態での敷料上のアンモニア濃度は、各区、測定時ごとのばらつきが大きかったが、ヤシガラ区がオガクズ区より低い傾向にあった(図5)。敷料全体を攪拌した後の濃度は、オガクズ区が静置状態より増加したのに対し、ヤシガラ区では静置時と同等か低い傾向にあった(図6)。

硫化水素は3週後の両区(攪拌前後)で、メルカプタンは1回目の3週後のヤシガラ区の攪拌前のみ検出された。低級脂肪酸はいずれの区でも検出されなかった。

官能試験の結果、両区とも1週経過後の臭気指数は29.0、臭気濃度は733で、両区の間には差は見られなかった。ニオイプロフィールによるあてはまり度は、オガクズ区に比べヤシガラ区ではふん尿臭が低い傾向にあったが、アンモニア臭は高かった(表2)。

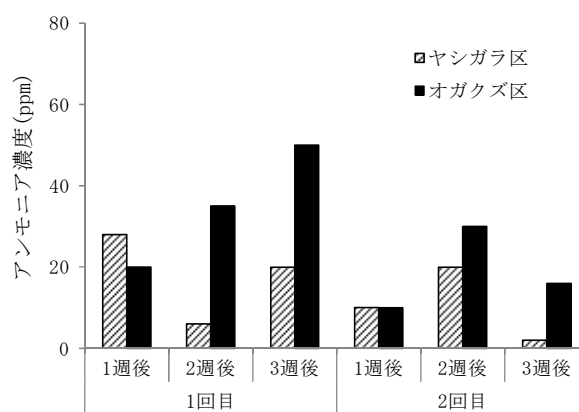


図5 敷料利用時、攪拌前のアンモニア発生量
注) 各区1か所測定

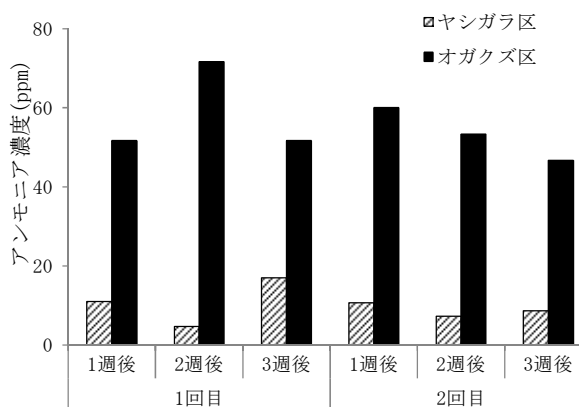


図6 敷料利用時、攪拌後のアンモニア発生量
注) 各区3か所の平均値

表2 敷料利用1週後のニオイプロフィール法によるあてはまり度

	オガクズ区	ヤシガラ区
牛ふん臭	11	7
硫黄臭	9	8
生ゴミ臭	8	3
土のにおい	7	6
どぶ臭い	6	5
尿臭	6	4
ほこりっぽい	6	3
蒸れた靴下	6	2
かび	6	1
わら	6	0
豚ふん臭	5	5
生臭い	4	0
酸敗・腐敗臭	3	3
魚っぽいにおい	3	0
アンモニア臭	2	4
消毒臭	1	3
汗くさい	1	1
豚の体臭	1	0
材木	1	0
飼料のにおい	0	4
雑草・草木	0	4
焦げたにおい	0	2
計	92	65

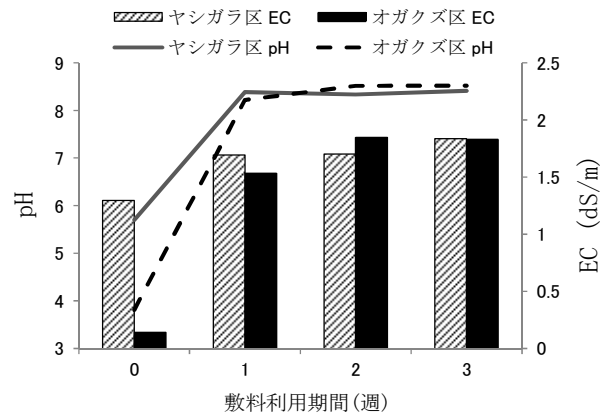


図8 敷料のpH及びECの推移

注) 2回目試験、攪拌後、各区3か所の平均値

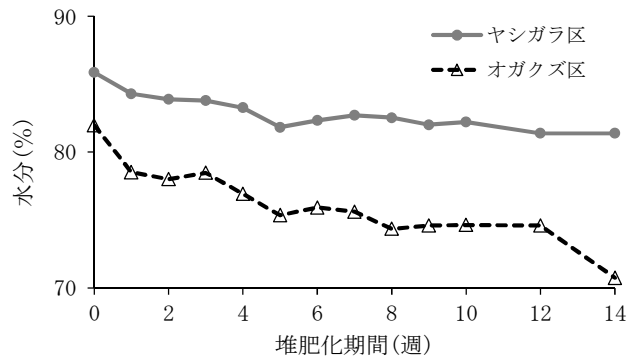


図9 敷料利用後堆肥化处理時の堆積物水分の推移

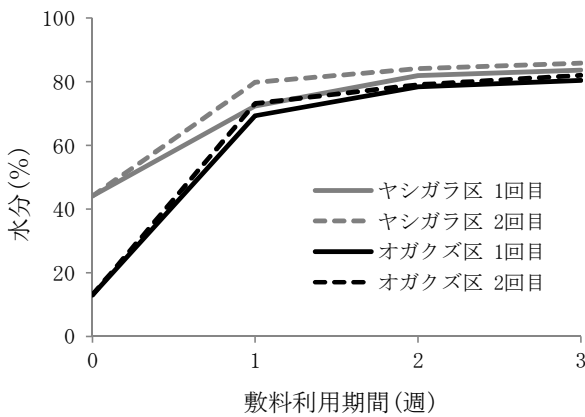


図7 敷料水分の推移

注) 攪拌後採材、各区3か所の平均値

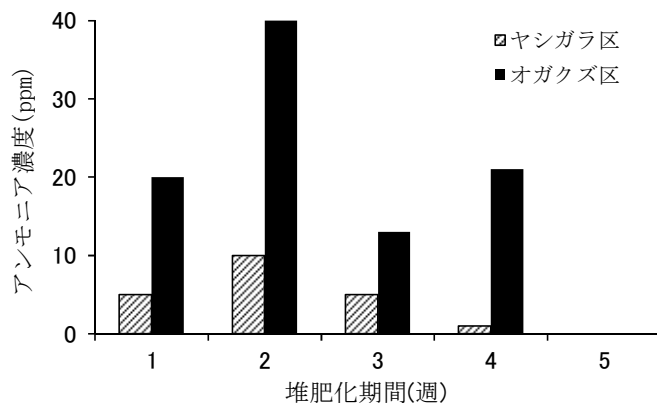


図10 敷料利用後堆肥化处理時のアンモニア発生量の推移

注) 5週後以降は両区とも非検出

2 敷料利用時の水分、pH 及び EC の推移

敷料の水分は、利用開始時に高かったヤシガラ区が3週経過時まで継続して高く推移した(図7)。開始時のpHは、ヤシガラ区で5.7、オガクズ区で3.8と酸性であったが、1週後には両区とも8.3程度に上昇した後、利用終了

時までほぼ一定であった。ECは、開始時はオガクズ区の0.14 dS/m に対し、ヤシガラ区が1.30 dS/mと高かったが、1週後にはそれぞれ1.53 dS/m、1.69 dS/mと差が小さくなり、以降は大きな変動は見られなかった(図8)。

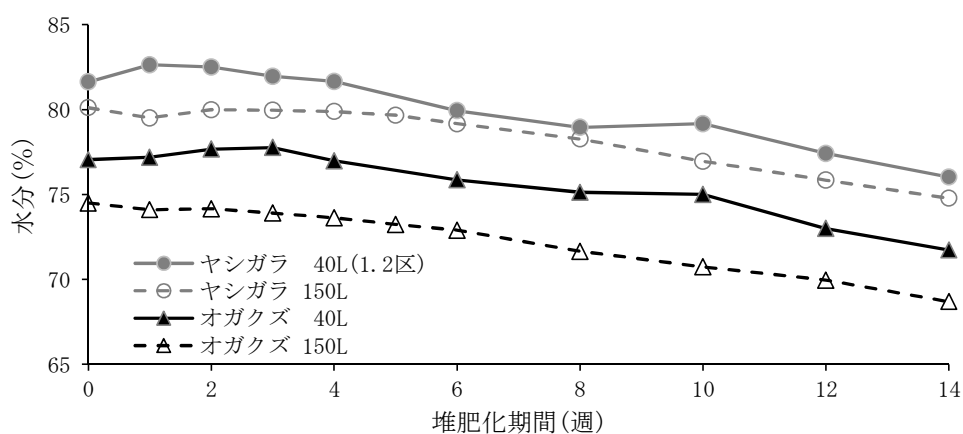


図11 堆肥化副資材利用時(14週まで)の堆積物水分の推移

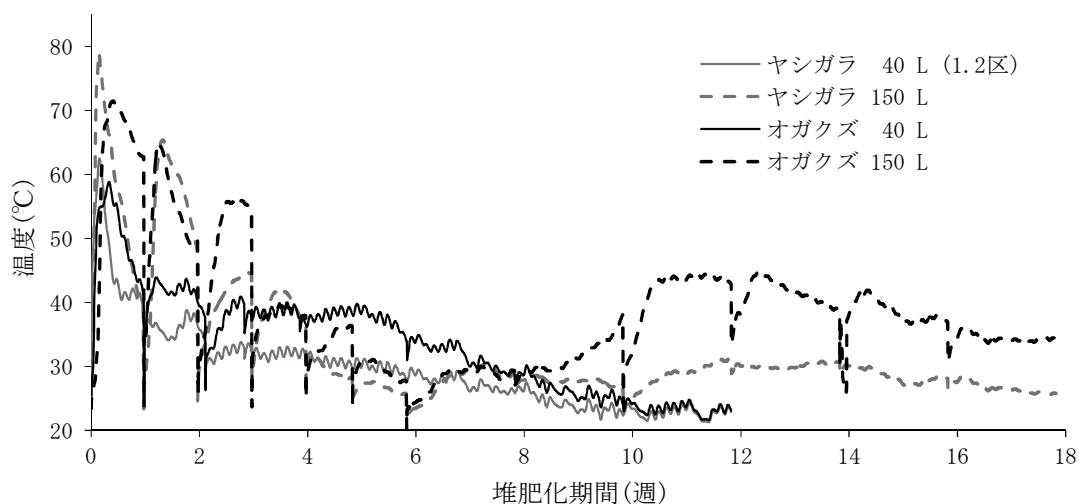


図12 堆肥化副資材利用時の堆積物品温の推移

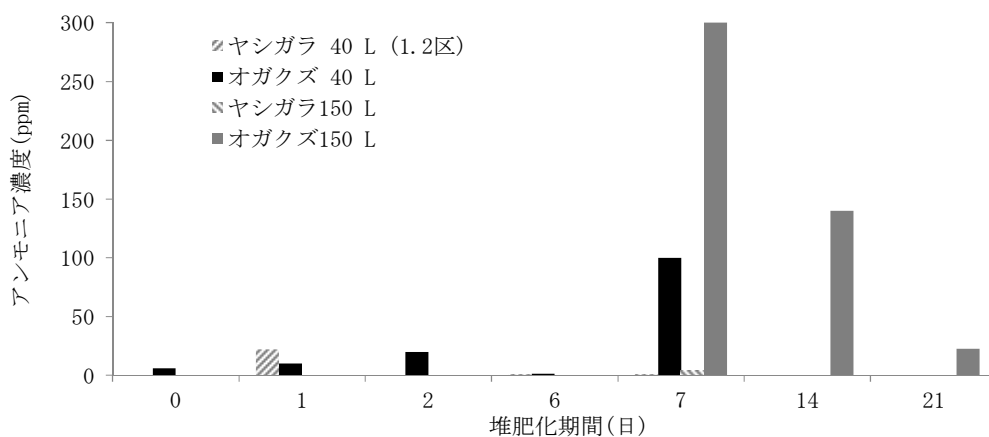


図13 堆肥化副資材利用時のアンモニア発生量の推移

注) 40 L容：0～6日静置状態、7日以降攪拌後に測定、14日以降非検出
 150 L容：0～6日未測定、7日以降攪拌後に測定、28日以降非検出

3 敷料利用後の堆肥化処理

敷料利用終了後の敷料とふん尿の混合物の水分は、ヤシガラ区が84.8%、オガクズ区が81.2%であったが、新たな副資材を追加せず堆積発酵を行ったところ、ヤシガラ区では堆積後速やかに発酵が開始され品温の上昇が見られたのに対し、オガクズ区では直後に底部からの漏汁が観察され、品温の上昇がやや遅れた。しかし、堆積物の水分は、ヤシガラ区が常に高く推移し、堆肥化終了時(14週)には、ヤシガラ区81.4%、オガクズ区70.8%であった(図9)。

悪臭物質では、堆肥化処理期間を通して、アンモニア発生量はオガクズ区がヤシガラ区より高く推移した。5週後以降はいずれの区でも検出されなくなった(図10)。硫化水素、メルカプタンおよび低級脂肪酸は両区ともいずれの時点でも検出されなかった。

4 堆肥化副資材利用試験

40 L容の堆肥化副資材利用試験では、ヤシガラ1.2区と1.5区の間に大きな差が見られなかったため、結果の値は1.2区のみ示した。

堆肥化期間の水分は40 L容、150 L容いずれも、ヤシガラ区がオガクズに比べ、開始時から終了時まで常に高く推移した(図11)。しかし、品温の上昇はオガクズ区より速やかで、良好な発酵状態が得られた。150 L容のオガクズ区のみ10週以降に二次発酵と考えられる品温の再上昇が見られた(図12)。

アンモニア発生量は、40 L容の開始後1週間では、堆積1日後以外はオガクズ区に比べヤシガラ区が低い値であった。以降の攪拌時では、40 L容では1回目(7日後)のオガクズ区のみで、150 L容ではオガクズ区は3回目(21日後)までアンモニアが測定されたが、ヤシガラ区は7日目にわずかに測定されたのみであった(図13)。

表3 副資材利用時(40 L容)の臭気指数および臭気濃度

	ヤシガラ区		オガクズ区	
	1週	2週	1週	2週
臭気指数 ¹⁾	29.1	23.4	24.9	26.4
臭気濃度 ²⁾	806.6	218.8	309.0	436.5

1) 三点比較式臭袋法による感知限界までの希釈濃度

2) 臭気指数：臭気濃度の対数値

表5 堆肥化副資材利用2週後(40 L容)のニオイプロファイル法によるあてはまり度

	オガクズ区	ヤシガラ区
かび	16	7
土のにおい	10	10
ほこりっぽい	9	7
汗くさい	8	5
雑草・草木	6	4
材木	5	4
わら	5	3
さび	3	5
アンモニア臭	3	1
飼料のにおい	2	2
酸敗・腐敗臭	2	0
どぶ臭い	2	0
焦げたにおい	2	0
豚ふん臭	1	1
オガコのにおい	1	1
機械油	0	4
豚の体臭	0	3
生タマネギ臭	0	1
計	75	58

表4 堆肥化副資材利用1週後(40 L容)のニオイプロファイル法によるあてはまり度

	オガクズ区	ヤシガラ区
豚ふん臭	13	4
かび	9	6
ほこりっぽい	9	2
土のにおい	8	9
尿臭	8	2
わら	7	6
牛ふん臭	7	3
生ゴミ臭	6	3
蒸れた靴下	6	1
酸敗・腐敗臭	6	0
みそ・醤油	6	0
材木	5	5
焦げたにおい	5	4
生臭い	5	3
雑草・草木	5	3
アンモニア臭	5	2
豚の体臭	5	0
硫黄臭	3	1
どぶ臭い	3	1
オガコのにおい	2	3
飼料のにおい	2	1
消毒臭	1	1
汗くさい	0	1
計	126	61

40 L容における発生臭気の官能検査結果では、臭気指数および臭気濃度は、試験開始後1週ではヤシガラ区が高く、2週ではオガクズ区が高かった(表3)。ニオイプロフィールの結果は、両区ともに1週に比べ2週ではふん尿臭のあてはまり度が低くなった。1週のオガクズ区では豚ふん臭のあてはまり度が最も高かったが、ヤシガラ区では土のにおいが最も高かった(表4、5)。

堆肥化期間のT-Nは、40 L容、150 L容ともにヤシガ

ラ区が高く推移しており、ヤシガラ区および150 L容のオガクズ区では期間を通してほぼ一定であったが、40 L容のオガクズ区では、開始から2週間に減少が見られた(図14)。

$\text{NH}_4\text{-N}$ は、40 L容と150 L容で初期の挙動に差が見られたものの、いずれも3週後までに大きく減少し、以降は低く推移した(図15)。

$\text{NO}_3\text{-N}$ は、40 L容では、オガクズ区は全期間を通して

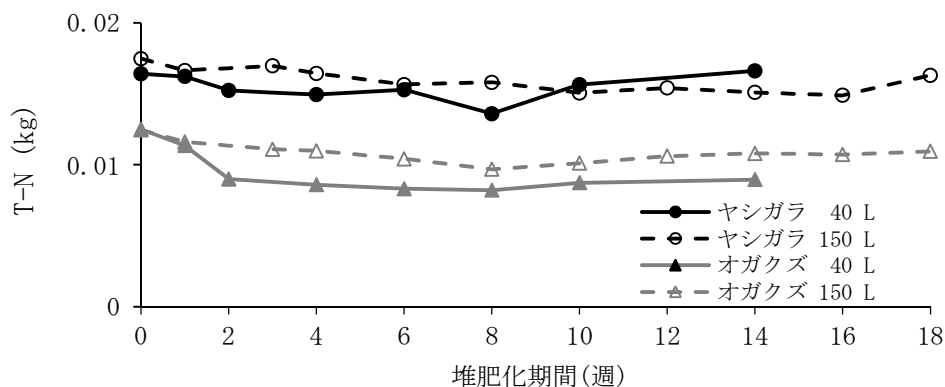


図14 堆肥化副資材利用時の堆肥化材料1kgあたりの全窒素量(T-N)の推移

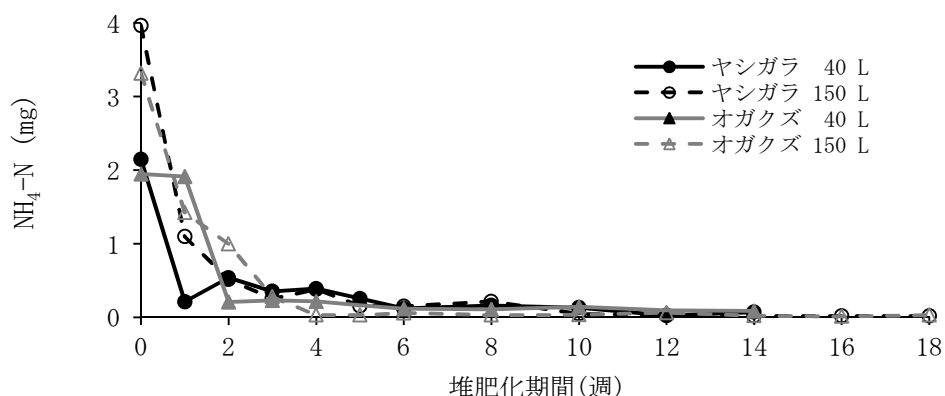


図15 堆肥化副資材利用時の堆肥化材料1kgあたりのアンモニア態窒素量($\text{NH}_4\text{-N}$)の推移

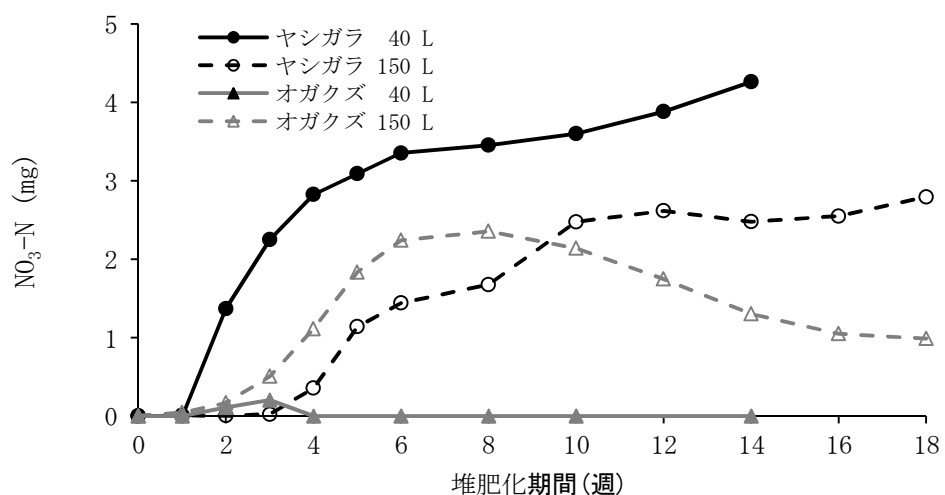


図16 堆肥化副資材利用時の堆肥化材料1kgあたりの硝酸態窒素量($\text{NO}_3\text{-N}$)の推移

表6 堆肥化副資材利用時の試験終了時(40 Lは14週、150 Lは18週)成分

	水分 (%)	灰分 (乾物%)	pH	EC (dS/m)	C/N	T-N (乾物%)	NH ₄ -N (mg/kg乾物)	NO ₃ -N
オガクズ 40 L	71.7	15.0	9.1	2.14	26.3	1.6	155.7	0
ヤシガラ 40 L	76.0	19.5	6.0	3.23	16.7	2.3	97.5	5924.8
オガクズ 150 L	66.4	13.5	7.7	2.46	22.8	2.0	59.3	1837.7
ヤシガラ 150 L	72.8	19.9	6.5	2.91	17.4	2.5	27.1	4231.8

低く推移したが、ヤシガラ区は2週後以降増加し、6週以降はほぼ一定であった。一方150 L容では、オガクズ区(3週後以降)がヤシガラ区(4週後以降)より早く増加した。10週以降は、オガクズ区では減少したが、ヤシガラ区はほぼ一定であった(図16)。

副資材利用試験終了時の堆肥成分を表6に示した。ヤシガラ区はいずれも、オガクズ区より水分が高く、T-N、NO₃-Nが多く、NH₄-Nが少なかった。NO₃-Nは、オガクズ区では、40 L容では検出されなかったが、150 L容では検出された。

また、pHは、ヤシガラ区はやや酸性側であったが、オガクズ区はアルカリ側であった。ECはヤシガラ区が高く、C/Nはオガクズ区が高かった。

考 察

1 敷料利用におけるアンモニア発生抑制効果

ヤシガラを牛舎敷料に用いた場合、静置状態ではアンモニアの発生量が抑制された。また、オガクズ区では敷料を攪拌した際に高濃度のアンモニアが発生したが、ヤシガラ区では攪拌前後で発生量に大きな違いは見られなかった(図5、6)。これは、オガクズ区ではアンモニアは強く吸着していない状態で敷料内部に含まれており、攪拌により揮散したのに対し、ヤシガラ区では攪拌されても放出しない吸着状態であったと考えられる。したがって、牛の移動により常に攪拌される牛舎敷料への利用においては、ヤシガラはオガクズに比べアンモニアの拡散抑制に効果的である。一方で、嫌気状態で発生する硫黄化合物(硫化水素、メルカプタン)は、利用期間が長くなった3週目のみ検出されたが、両区とも攪拌前のみ検出された。これらの物質は空気より重いため、攪拌後に揮散することはなかったと考えられた。

ヤシガラには高いpH緩衝能があり、アンモニア吸着能力と関係していると考えられる³⁾が、敷料利用時には、ふん尿が混ざることによりpHは大きく上昇し、1週後にはオガクズと差が見られなくなった。また、保水性に影響を与えると考えられるECも同様に1週後には差がなくなったが、ヤシガラのアンモニア発生抑制は1週後以降も効果があったため、これらによる影響は少ないものと考えられた。

敷料利用1週後の臭気試料を用い、官能試験による臭気指数、臭気濃度を算出したところ、両区に差は見られ

なかった。三点式臭袋法では、無臭空気との差が嗅ぎ分けられる濃度を測定するため、必ずしも悪臭を評価してはいない。臭気指数の数値には差はなかったが、パネルの感想として明らかにヤシガラ区の方が臭くないとの意見もあり、質の違うにおいがあるものと考えられる。今回、においの質を評価するためにニオイプロフィール法による要因解析を行ったが、パネル間に表現に差があったこともあり、明確な違いが現れなかった。今後は、快不快度による評価も併せて行う必要があると考えられた。

2 堆肥化時におけるアンモニア発生抑制効果

敷料利用後の水分は、ヤシガラ区が84.8%でオガクズ区の81.2%を上回っていたが、新たな副資材を加えずに堆積した場合、ヤシガラ区は速やかに発酵が開始したのに対し、オガクズ区では漏汁が観察され自然落下により適正水分になった後に発酵が開始した。このことは、ヤシガラはオガクズに比べ容水量が大きいこと、もともとの水分(含水率)が高くてより多くの水分を保持することができるという結果³⁾と符合しており、ヤシガラが同量のオガクズに比べ長期間敷料利用できること、または副資材としての利用量はオガクズより少量でよいということを示唆している。

敷料利用後の堆肥化時および副資材利用時いずれでもヤシガラ区はオガクズ区に比べ、アンモニア発生量が抑制された。副資材利用時の堆積物中の全窒素量を測定したところ、オガクズ区では減少したが、ヤシガラ区ではほぼ横ばいであった。これは、オガクズ区ではアンモニアガスとして揮散して減少するが、ヤシガラ区ではそのまま保持しているためと考えられた。

また、NH₄-N量およびNO₃-N量を測定したところ、40 L容の試験では、ヤシガラ区ではNH₄-Nが速やかに減少し、同時にNO₃-Nが増加したが、オガクズ区ではNH₄-Nは減少しているもののNO₃-Nの増加は見られなかった(図15、16)。このことから、オガクズ区では、アンモニアが揮散して減少しているのに対し、ヤシガラ区では揮散せずに速やかに硝化してNO₃-Nに変化することにより、NH₄-Nが減少していると考えられた。同様の傾向は敷料利用後の堆肥化時にも見られた(データ略)が、副資材利用時ほど顕著な差は見られなかった。これは、堆肥化開始前の敷料利用時に既に一部のアンモニアが揮散していたことや、有機物の分解が起こっていたことなどが影響したと考えられた。

一方で、150 L容の試験では、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 量は、オガクズ区でも増加しており、増加の時期はヤシガラ区より早かった(図16)。これは、150 L容では、堆積厚と装置上部の表面積の違いのため、40 L容よりアンモニアが揮散しにくいまたは、発生量が多く残存しやすいため、オガクズ区でも硝化が起こった可能性が考えられるが、ヤシガラ区より先に増加した理由は不明である。ヤシガラ区では、40 L容より増加時期が遅かったが、これは、硝化菌の至適温度を上回る高温が長く続いたためであると考えられる(図12)。

150 L容のオガクズ区では、40 L容では見られない10週以降の2回目の昇温期が見られた(図12)が、これは、難分解性有機物の一部が易分解性有機物に移行し分解が起こる二次発酵であると考えられる。このとき、有機物分解の結果発生した $\text{NH}_4\text{-N}$ から、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が生じると考えられるが、今回の結果では、その時期である10週以降にオガクズ区の $\text{NO}_3\text{-N}$ は減少している。通常の堆肥化では好気状態であり、また、脱窒菌の至適温度が 30°C 程度なため、硝酸からの脱窒は起こりにくいと考えられるが、宮竹ら⁷⁾は堆肥の切返し時に一酸化二窒素(N_2O)が多量に発生していることから、高温域での脱窒能力のある微生物叢の存在を示唆している。今回の試験でも 30°C 程度より高温な、二次発酵による昇温期のオガクズ区でのみ $\text{NO}_3\text{-N}$ の減少が見られており、このような微生物が活性化され脱窒が起こった可能性が考えられる。今回は、 N_2O の発生量を調査していないので、今後、これらの要因を検討する必要があると考えられた。

3 ヤシ殻外皮を用いた牛ふん尿からのアンモニア発生量の低減効果

敷料利用後、副資材利用時いずれの堆肥化においても、ヤシガラ自体が高水分であるため、堆積物の水分は高く推移し、試験終了時の堆肥もオガクズ区より水分が高かった。しかし、40 L容の完成堆肥の保水能力を調査したところ、ヤシガラは空隙率が高く、水分保持能力が優れている³⁾ため、完成堆肥でも空隙率(=最大容水量、24時間水没時含水量)が大きく、飽水度(=空隙の充足率、水分量/最大容水量)はオガクズ区の堆肥より低い結果となった(表7)。飽水度が低く、より多くの水分を加えることができるヤシガラ区の堆肥は、実際の手触りも乾いた感触であった。

以上より、ヤシガラを牛舎敷料に用いた場合、敷料利用時とその後の堆肥化時のアンモニア発生抑制効果があること、堆肥化副資材として用いた場合、アンモニア

表7 副資材利用(40 L)終了時堆肥の保水能力

	水分 ¹⁾	含水比 ²⁾	最大容水量 ³⁾	飽水度 ⁴⁾
				(%)
オガクズ1.2区	71.7	253.6	583.4	43.5
ヤシガラ1.2区	76.0	317.1	875.7	36.2
ヤシガラ1.5区	77.2	339.2	905.5	37.5

- 1) 水分重量/現物重量×100(=含水率)
- 2) 水分重量/乾物重量×100
- 3) (24時間水没後重量-乾物重量)/乾物重量×100
- 4) 含水比/最大容水量×100

発生量を抑制することに加え、できあがり堆肥の $\text{NO}_3\text{-N}$ 量が増加することがわかった。ただし、オガクズ区の挙動については、小規模試験と中規模試験で異なる結果を示しており、今後、現地規模の試験も含め検討が必要である。

引用文献

1. 原田泰弘, 道宗直昭, 古山隆司. 低濃度の悪臭ガスに対する生物脱臭技術の開発(第1報): 生物脱臭材料としてのヤシガラチップの特性とその基本性能. 農業施設. 36(3), 145-152(2005)
2. 村中謙昭, 酒井久明. ヤシ繊維くずを主体とした脱臭槽の開発. 広島畜産研報. 13, 85-89(2003)
3. 市川あゆみ, 日置雅之, 柳澤淳二. 敷料用資材のアンモニア吸着能力. 愛知農総試研報. 46, 81-87(2014)
4. 財団法人日本土壌協会. 堆肥等有機物分析法. 東京. p. 35-41(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. 日畜会報. 75(1), 53-60(2004)
6. 岩崎好陽. 臭気の嗅覚測定法—三点比較式臭袋法マニュアル. 東京. p. 1-146(1997)
7. 宮竹史仁, 寺井咲百合, 谷昌幸, 加藤拓, 小池正徳, 善太好昭, 前田武美, 岩淵和宣. 堆肥化初期過程で発生する一酸化二窒素(N_2O)の排出挙動. 廃棄物資源循環学会研究発表会講演集. 23, B11-4(2012)