

ヤシ殻およびトマト培養土を乳牛ふん尿の堆肥化で副資材として 利用した場合の発酵と臭気に対する特徴

星野佑太¹⁾・瀧澤秀明¹⁾・黒柳 悟¹⁾・三輪恒介¹⁾
・堤 公生²⁾・豊島浩一¹⁾・石代正義¹⁾

摘要： 乳牛ふん尿の堆肥化時に揮散するアンモニアを抑制するため、アンモニア吸着能のあるヤシ殻を副資材として利用した。アンモニア揮散濃度は、オガクズ利用時に比べると低かったが、堆積物品温を 60℃以上に維持する期間が短く、品質に問題の残る可能性があった。次に、ヤシ殻にかかるコストを抑制するため、ヤシ殻とオガクズを混合した副資材を利用し、アンモニア揮散濃度を調査した。アンモニア揮散濃度はヤシ殻混合割合が多いほど減少し、少なくとも 50%以上の混合が効果的と思われた。廃棄物となるヤシ殻で構成された使用済みトマト培養土はオガクズやもみ殻よりアンモニア吸着率が高く、水分率 25%の培養土を副資材利用した場合、オガクズ利用時に比べアンモニア揮散濃度が低くなった。

キーワード： 堆肥、副資材、アンモニア、ヤシ殻、トマト培養土

Characteristics of Fermentation and of Composting Odor with Coconut Husk or Culture Soils for Tomato Plants and Cattle Manure

HOSHINO Yuuta, TAKIZAWA Hideaki, KUROYANAGI Satoru, MIWA
Kousuke, TSUTSUMI Kousei, TOYOSHIMA Kouichi and ISHISHIRO Masayoshi

Abstract: We composted cattle manure using coconut husk as a subsidiary material to reduce ammonia volatilization. The rate of ammonia volatilization was lower with coconut husk than with sawdust as a subsidiary material. However, because the compost temperature did not reach 60°C, it was suggested to be careful about its quality. Subsequently, we considered the composition of the subsidiary material for coconut husk to reduce its cost. The rate of ammonia volatilization was reduced in proportion to the coconut husk as a subsidiary material, and it is adequate to compose subsidiary material with more than 50% of coconut husks. On the other hand, the waste of culture soils for tomato plants composed of coconut husks absorbed ammonia more efficiently than the subsidiary material containing sawdust or chaff. In addition, the soils with a moisture content of 25% were more effective for reducing ammonia volatilization.

Key Words: Compost, subsidiary material, Ammonia, Coconut husk, Culture soils for tomato plants

¹⁾畜産研究部 ²⁾畜産研究部(現農業大学校)

緒言

畜産に関する悪臭、害虫発生、水質汚濁等の苦情のうち、悪臭に関する苦情発生戸数は令和元年に全国で908戸¹⁾と全体の過半数を占めている。愛知県においても令和元年の畜産に関する苦情は、悪臭に関するものが48%と最も高い。本県のような都市近郊型の畜産業では悪臭対策は特に必要なものとなっている。

悪臭の主たる要因はふん尿処理由来の臭気であり、主なふん処理方法が堆肥化である。堆肥化過程では必ず悪臭物質の一種であるアンモニアが揮散する。一方、堆肥化を効率的に行うには、水分調整の役割を担う資材「堆肥化副資材」が利用される。そこで、堆肥化副資材に着目し特に堆肥化過程におけるアンモニア揮散の防止について検討することとした。アンモニアの吸着を観点に副資材を選択するにあたり、原田ら²⁾はヤシガラチップを生物脱臭槽の充填資材として、市川ら^{3, 4)}はヤシ殻を牛の敷料や副資材として利用し、それぞれアンモニア除去、吸着能力について言及している。ヤシガラチップとヤシ殻はどちらもアンモニアに対する抑制効果が見込めることから、本研究では園芸資材として入手しやすいヤシ殻を副資材利用することとした。ただし、園芸資材としてのヤシ殻は、主に副資材利用されているオガクズに比べ価格が高く、コスト抑制方法を検討する必要がある。そこで、ヤシ殻の利用量を抑えながらアンモニア抑制効果を発揮させる方法を検討した。さらに、ヤシ殻で構成されたトマト培養土の利用を検討し、実用面で活用の可能性にも言及した。

材料及び方法

試験1 ヤシ殻を利用した小規模堆肥舎における堆肥化

1 供試材料と試験区分

乳牛ふん尿の堆肥化副資材として園芸資材のヤシ殻、製材業者から排出されるオガクズを利用した。乳牛ふん尿1400 kgに対しヤシ殻を415 kg混合した場合と、乳牛ふん尿1620 kgに対しオガクズを120 kg混合した場合の2区を設定した。それぞれの副資材の混合量は、混合物の通気性が確保できる目安である容積重 0.7 kg L^{-1} 以下となるよう調整した。

2 堆肥化方法及び試験期間

堆肥化は、夏季に14週間、1区画が間口3 m×奥行5 m×高さ1.8 mの小規模な堆肥舎を用いて実施した。切り返し作業は堆肥化6週までは1週間に1回、それ以降は2週間に1回行った。

3 調査項目

調査項目は、品温、アンモニア揮散濃度、全窒素(T-N)、アンモニア態窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)、硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)とし

た。品温は温度データロガーおんどりRTR-52(株式会社ティアンドデイ、長野)を用いて1時間間隔で記録した。アンモニア揮散濃度は、通気が届く範囲とされる堆積物表面から30 cmの深さまで掘り起こし、そこへ30 cm×30 cm×40 cmのアクリル製ヘッドスペースを乗せ1分間静置した後、検知管で測定した。T-Nはケルダール法(ガンニング変法)で測定した⁵⁾。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は分析材料5 gへ 2 mol L^{-1} の塩化カリウム溶液50 mLを加え1時間振とうした後、ろ過により得た抽出液を用いて、前者はインドフェノールブルー法、後者はナフチルエチレンジアミン法で測定した⁶⁾。

試験2 ヤシ殻の副資材利用量がアンモニア揮散に及ぼす影響

1 供試材料と試験区分

堆肥化原料として乳牛ふん尿75 kgを使用した。堆肥化副資材にヤシ殻とオガクズを利用した。ヤシ殻は園芸資材を、オガクズは製材業者から排出されたものを利用した。試験区分はヤシ殻のみを利用した区(ヤシ殻区)、ヤシ殻とオガクズを混合し、混合割合を変えた2区(混合1区と2区)、およびオガクズのみを利用した区(オガクズ区)の4区設けた。混合区は、副資材に含まれるヤシ殻の容積の割合を混合1区ではヤシ殻50%・オガクズ50%、混合2区ではヤシ殻25%・オガクズ75%となるよう調整した。ふん尿へ混合する副資材量は混合物の通気性が確保できる目安である容積重 0.7 kg L^{-1} 以下となるよう調整した。本試験における副資材重量は、混合1区で15.8 kg、混合2区で17.3 kgであった。

2 堆肥化方法及び試験期間

堆肥化は150 L容積の試験装置(50 cm×50 cm×60 cm)へ材料を充填し、装置下部から堆肥化10週目まで 7.5 L min^{-1} で通気を行い、夏季から秋季にかけて18週間実施した。堆肥化開始から6週目までは毎週1回、7週目から18週目は2週間に1回の頻度で、充填物を装置から取り出し小型耕耘機で攪拌し再充填した。

3 調査項目

調査項目は、品温、アンモニア揮散濃度、水分率、全窒素(T-N)、アンモニア態窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)、硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)とした。品温は試験1と同様の方法で測定した。アンモニア揮散濃度は、通気が届く範囲とされる充填物表面から上部30 cmを取り出し、装置内に30 cm×30 cm×40 cmのアクリル製ヘッドスペースを乗せ1分間静置した後、検知管で測定した。充填物の攪拌作業後に一部採材し分析材料とし、堆肥等有機物分析法により⁵⁾、水分は乾熱法で測定した。その他の項目の測定方法は試験1と同様とした。

試験3 トマト培養土のアンモニア吸着効果

1 供試材料と試験区分

アンモニアの発生元として乳牛ふん尿200 gを用い

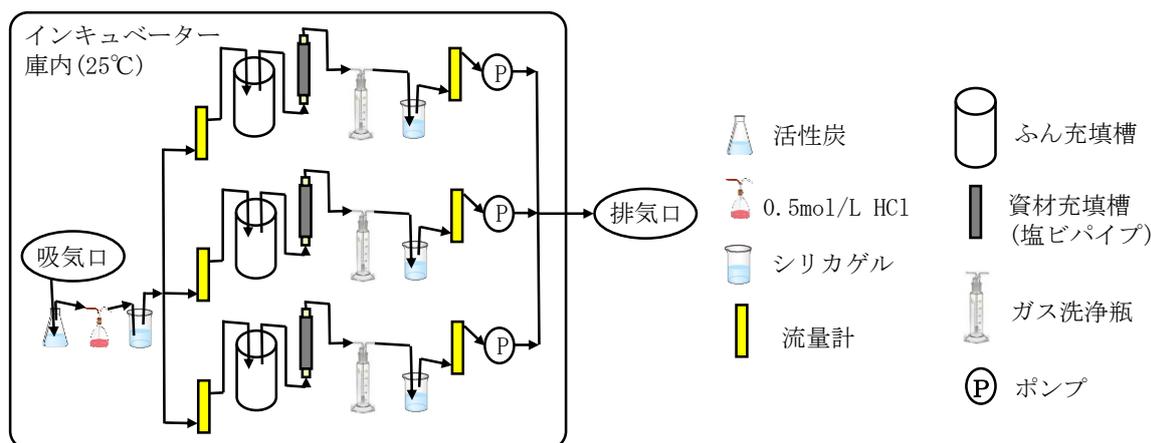


図1 トマト培養土のアンモニア吸着効果試験に用いた装置の概要

た。アンモニア吸着資材として、使用済みトマト培養土、オガクズ、もみ殻をそれぞれ50 mL容量使用して吸着率を調べた。

2 試験方法

乳牛ふん尿200 gをふん尿充填槽に入れ蓋をし、吸気口と排気口を作った。吸気口の先は外気に通じており、外気は活性炭及び0.5 mol/L塩酸を通過しシリカゲルで水分を除去した後、乳牛ふん尿入り容器へ到達する構造とした。排気口からは塩ビパイプに詰めた吸着資材、ガス洗浄瓶の順に空気を通させた。なお、排気口からは3方栓により分岐しており3種の吸着資材へ同時に空気が流れる構造で、3方への分岐後の位置に流量計を設置しそれぞれ0.5 L min⁻¹の流量となるよう調整した。以上の装置は25°Cに維持したインキュベーター内に収まるようにし、排気口だけインキュベーター外へ設置した(図1)。吸引は72時間行い、塩ビパイプにはその間吸着資材を入れたままにし、24時間及び72時間経過後にガス洗浄瓶に4%ホウ酸を入れ20分間吸引し、アンモニアを回収した。また、供試材料がない状態で各吸引ラインに流れるアンモニア量を測定するため、上述と同じ24時間及び72時間経過後に中身が空の塩ビパイプに交換し同様に4%ホウ酸で20分間吸引した。4%ホウ酸に含まれるアンモニア濃度はインドフェノールブルー法により測定した。

3 調査項目

各資材のアンモニア吸着率を調査した。

資材がない状態で流れたアンモニア濃度をA、資材を通した時のアンモニア濃度をBとし、 $(A-B)/A \times 100$ で各資材のアンモニア吸着率とした。

試験4 トマト培養土を利用した小型堆肥化装置における堆肥化

1 供試材料と試験区分

堆肥化原料として乳牛ふん尿75 kgを使用した。堆肥

化副資材には使用済みのトマト培養土とオガクズを利用した。培養土は愛知県農業総合試験場内で試験利用されたものを利用し、オガクズは製材業者から排出されたものを入手した。入手した使用済みトマト培養土を試験開始まで約10日間屋内で保管し予乾した。予乾後の使用済みトマト培養土の水分率は25%および60%であり、水分率25%のものを低水分培養土区、60%のものを高水分培養土区とし、オガクズのみを副資材利用した区をオガクズ区と設定した。ふん尿へ混合する副資材量は混合物の通気性が確保できる目安である容積重0.7 kg L⁻¹以下となるよう調整した。本試験における副資材重量は、低水分培養土区で10.3 kg、高水分培養土区で19.7 kg、オガクズ区で5.0 kgであった。

2 試験方法

堆肥化は試験2と同様の方法で行った。堆肥化は夏季に行い、堆肥化作業は18週間とした。

3 調査項目

調査項目は、品温、アンモニア揮散濃度、水分率、全窒素(T-N)、アンモニア態窒素(NH₄-N)、硝酸態窒素(NO₃-N)、C/Nとした。品温、アンモニア揮散濃度、T-N、NH₄-N、NO₃-Nは試験1と同様の方法で、水分率は試験2と同様の方法で測定した。C/Nは、分析材料の一部を乾燥、粉碎し、炭素分析装置JM1000(株式会社ジェイ・サイエンス・ラボ、京都)を用いて乾式燃焼法により全炭素(T-C)及びT-Nを測定し⁶⁾、算出した。

試験結果

試験1 ヤシ殻を利用した小規模堆肥舎における堆肥化

堆肥化過程で揮散するアンモニア濃度は、ヤシ殻区では堆肥化1週目で63 ppmであったが4週目に検知されなくなった。一方、オガクズ区は、堆肥化1週目で160 ppmだったが8週目で検知されなくなった。また常にヤシ殻区より高い濃度で検知された(表1)。

表1 ヤシ殻を利用した堆肥舎での堆肥化過程で堆積物から揮散するアンモニア濃度(ppm)

経過週→	1	2	3	4	5	6	8
ヤシ殻区	63	9	3	- ¹⁾	-	-	-
オガクズ区	160	134	92	76	44	6	-

1)-は検出限界以下を示す。

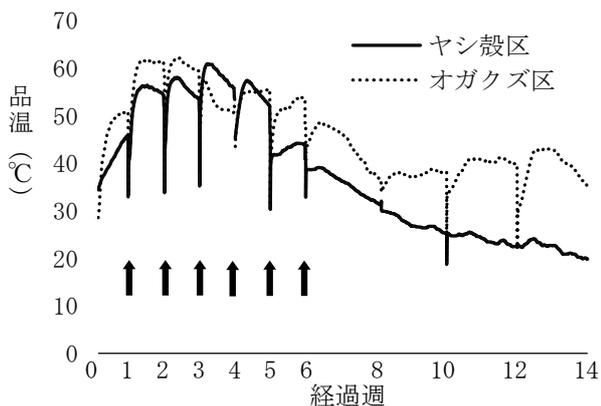


図2 堆肥舎でのヤシ殻を利用した堆肥化における品温推移
矢印はアンモニア揮散濃度計測時点

表2 堆肥舎におけるヤシ殻を利用した堆肥化の堆積物の各窒素成分

試験区	経過週	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N
		g g ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
乾物あたり				
ヤシ殻区	0週	2.0	989	4
	14週	1.9	8	763
オガクズ区	0週	1.7	416	0
	14週	2.3	14	389

品温は全体的にオガクズ区の方がやや高い傾向にあり、オガクズ区のみ8週目辺りから二次発酵と考えられる温度上昇がみられた(図2)。

堆積物中のNH₄-N濃度は開始時、ヤシ殻区で989 mg kg⁻¹、オガクズ区で416 mg kg⁻¹であったが、14週時にはほぼなくなった。NO₃-N濃度は14週時にはヤシ殻区で763 mg kg⁻¹、オガクズ区で389 mg kg⁻¹であった(表2)。

試験2 ヤシ殻の副資材利用量がアンモニア揮散に及ぼす影響

堆肥化1週目および2週目におけるアンモニア揮散濃度はヤシ殻区で26 ppm、23 ppm、混合1区で20 ppm、80 ppm、混合2区で55 ppm、40 ppm、オガクズ区で75 ppm、

表3 ヤシ殻及び混合副資材を利用した堆肥化装置での堆肥化過程で堆積物から揮散するアンモニア濃度(ppm)

経過週→	1	2	3
ヤシ殻区	26	23	- ¹⁾
混合1区	20	80	-
混合2区	55	40	-
オガクズ区	75	5	-

1)-は検出限界以下を示す。

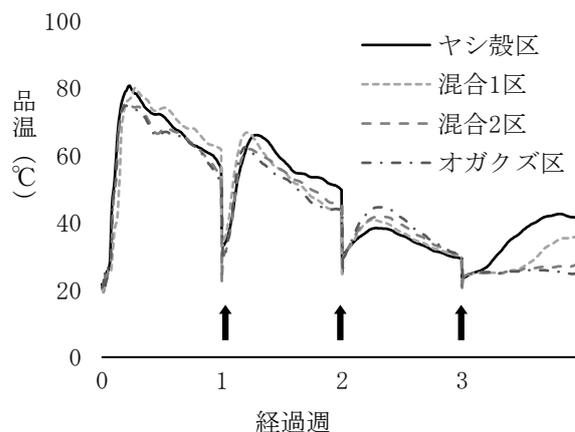


図3 堆肥化装置でのヤシ殻及び混合副資材を利用した堆肥化における品温推移
矢印はアンモニア揮散濃度計測時点

表4 堆肥化装置におけるヤシ殻及び混合副資材を利用した堆肥化の水分率と全窒素量

試験区	経過週	水分 %	T-N g g ⁻¹ 乾物あたり
ヤシ殻区	0週	79.6	359.8
	18週	72.8	222.7
混合1区	0週	73.9	352.6
	18週	64.3	199.9
混合2区	0週	71.9	343.3
	18週	59.9	182.6
オガクズ区	0週	69.3	334.1
	18週	55.7	181.3

5 ppmであり、3週目にはすべての区で検出限界以下となった(表3)。

品温はすべての区で堆肥化開始直後から60℃を超える高温に達し、その後温度ピークは緩やかに減少した(図3)。

水分率は、堆肥化開始はヤシ殻区が最も高く他3区もヤシ殻含有量に比例して高くなる傾向であった。経時的

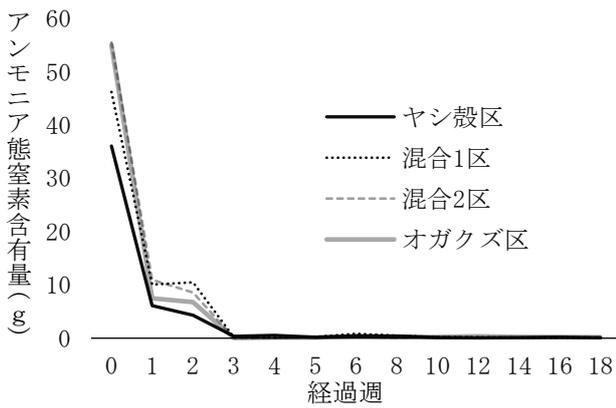


図 4 堆肥化装置でヤシ殻及び混合副資材を利用した堆肥化における堆積物のアンモニア態窒素含有量推移

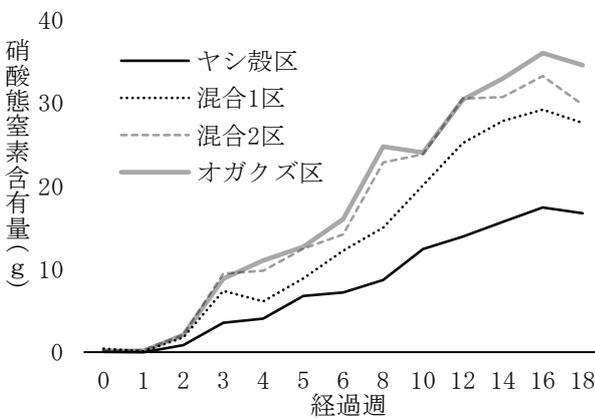


図 5 堆肥化装置でヤシ殻及び混合副資材を利用した堆肥化における堆積物の硝酸態窒素含有量推移

表 5 各資材のアンモニア吸着割合 (%)

経過時間→	0	24	72
培養土区	80.5	82.1	29.5
オガクズ区	34.4	-7.4	-14.0
もみ殻区	68.4	19.2	-19.3

にすべての区で水分率は減少したが、18週時はヤシ殻区が高く、他3区もヤシ殻含有割合が高いほど高かった(表4)。

窒素含有量は、堆肥化開始はヤシ殻区が最も多く、他3区もヤシ殻含有量に比例して多くなる傾向があった。18週経過時においてもヤシ殻区が高く、他3区もヤシ殻含有割合が高いほど全窒素量が多かった(表4)。NH₄-N量は全ての区で堆肥化1週目までに急激に減少した(図4)。一方、NO₃-Nは2週目以降で増加し、18週経過時では、オガクズ量に比例してNO₃-N量の多くなる傾向が見られた(図5)。

試験3 トマト培養土のアンモニア吸着効果

試験開始時のアンモニア吸着率はトマト培養土区で

表 6 培養土を利用した堆肥化装置での堆肥化過程で堆積物から揮散するアンモニア濃度 (ppm)

経過週→	1	2	3	4	5
低水分培養土区	4	30	15	- ¹⁾	-
高水分培養土区	400	80	120	17	-
オガクズ区	300	40	80	4	-

1)-は検出限界以下を示す。

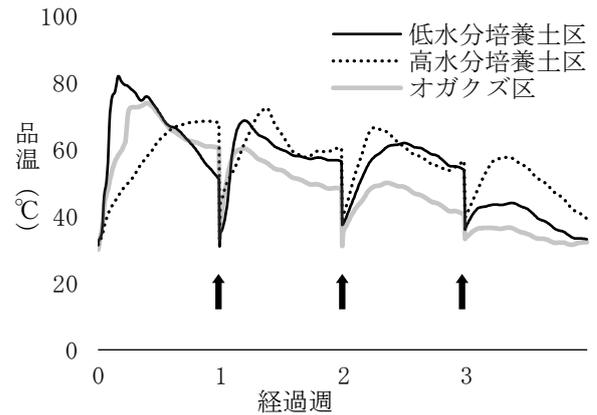


図 6 堆肥化装置での培養土を利用した堆肥化における品温推移

矢印はアンモニア揮散濃度計測時点

表 7 堆肥化装置における培養土を利用した堆肥化の堆積物の水分率、T-N、C/N

試験区	経過週	水分 %	T-N g g ⁻¹ 乾物当たり	C/N
低水分培養土区	0 週	78.5	370.3	23.4
	18 週	61.7	214.5	11.1
高水分培養土区	0 週	80.8	361.1	23.7
	18 週	74.9	214.5	10.5
オガクズ区	0 週	80.2	312.4	32.0
	18 週	65.5	109.9	19.4

80.5%、オガクズ区で34.4%、もみ殻区で68.4%であったが、24時間経過後にはオガクズ区、もみ殻区で大きく減少しそれぞれ-7.4%、-19.2%となった。一方、トマト培養土区では72時間経過時点で吸着率の低下はみられたものの29.5%残っていた(表5)。

試験4 トマト培養土を利用した小型堆肥化装置における堆肥化

堆肥化過程で揮散するアンモニア濃度は低水分培養土区では堆肥化2週目で30 ppmであり4週目には検知され

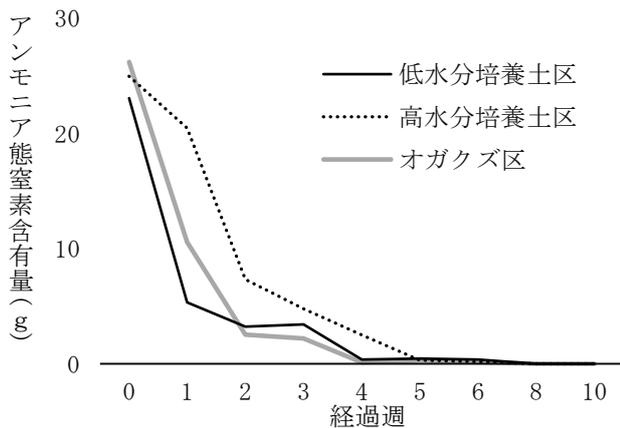


図7 堆肥化装置での培養土を利用した堆肥化における堆積物のアンモニア態窒素含有量推移

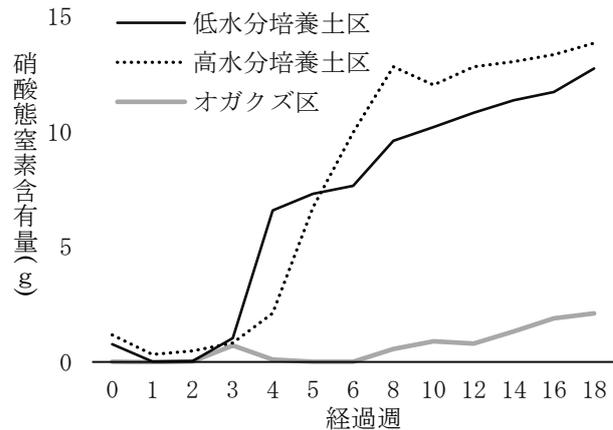


図8 堆肥化装置での培養土を利用した堆肥化における堆積物の硝酸態窒素含有量推移

なくなった。高水分培養土区では、1週目で400 ppmと高く5週目で検知されなくなった(表6)。

品温は低水分培養土区とオガクズ区で堆肥化開始直後から70℃を超える高温に達し継続的にピークが下がりつつ温度下降した。高水分培養土区では、開始直後の上昇は緩やかであったものの、1、2週目間で70℃を超え他2区より高いピークを示しながら、その後下降した(図6)。

水分率はすべての区で経時的に減少したが、高水分培養土区の水分率減少幅が最も小さかった(表7)。

堆積物のT-N量は開始時に低水分培養土区、高水分培養土区、オガクズ区の順に多く、18週にかけて量は減ったものの、量の多さは開始時と同じ順であった(表7)。

堆積物のNH₄-N量は開始時にオガクズ区、高水分培養土区、低水分培養土区の順で量が多かったが、継続的に減少し、堆肥化10週目で3区とも0になった(図7)。

堆積物のNO₃-N量は低水分培養土区、高水分培養土区で開始時に少量含まれていたが、その後いったん減少し再度急激に増加した。オガクズ区も2週目で増加したものの4週目で減少し6週目から再度増加した。18週経過時では高水分培養土区、低水分培養土区、オガクズ区の順番で多くなった(図8)。

C/Nは、0週では低水分培養土区で23.4、高水分培養土区で23.7と近い値となり、オガクズ区で32.0と高くなった。3区とも18週経過で減少し、順に11.1、10.5、19.4となった(表7)。

考 察

試験1 ヤシ殻を利用した小規模堆肥舎における堆肥化

ヤシ殻は生物脱臭用の資材として、アンモニアを除去する能力を有することが示されている¹⁾。また、アンモニアに対する物理的吸着やpH緩衝能力に起因する吸着能力の高さも示唆されている^{3,4)}。それらを踏まえ今回、ふん尿の堆肥化処理時に揮散するアンモニアを抑制

するためにヤシ殻を堆肥化副資材として利用した。

ヤシ殻を副資材利用した堆肥化は、小型の堆肥化装置において実績はあったものの、規模を大きくした施設での堆肥化はまだ行われていなかったため、本試験では実規模に近づけた場合にヤシ殻を副資材利用した堆肥化のアンモニア抑制効果を調査した。

ヤシ殻によるアンモニア揮散に対する抑制効果はオガクズの場合と比べて高くあらわれた。このことは、ヤシ殻によるアンモニア吸着能力について言及された市川ら^{3,4)}の報告を裏付ける結果となった。また、実規模に近い水準であってもアンモニア抑制効果が得られることも確認できた。

堆積物の品温は全体的にオガクズ区の方が高い傾向にあった。さらに両区ともに試験2の小型堆肥化装置と比べるとピーク温度が低い結果となった。ピーク温度が堆肥化装置より低くなる要因は通気が無いことによるものと考えられた。堆肥化の過程で、発酵温度を60℃以上に上昇させ、数時間から数日間維持すると、ふん尿中に含まれる病原菌や雑草種子を死滅させることができる⁷⁾。今回、オガクズ区は1週目から4週目にかけて品温が60℃を超えることがあったが、ヤシ殻区は3週から4週の間の3日間に満たない期間でしか60℃を超えなかった。品温の記録は堆積物の表層から30 cm深さ付近のものであるため、深部や壁際等を含め堆積物全体で見た時に60℃に達していない部分が存在する可能性が示唆された。このことからヤシ殻を副資材に利用した乳牛ふん尿の堆肥化で病原菌や雑草種子の死滅を確実にするには、通気を行う、油脂等の発酵補助を担うものを添加する等の処置が必要と考えられた。

窒素の動態を見ると、アンモニア揮散濃度はヤシ殻区でオガクズ区より低く抑えられ、かつNH₄-Nが酸化されNO₃-N濃度が上がり始めるのはヤシ殻区の方が早かった。市川らにより述べられている、ヤシ殻を利用した堆肥化においてNH₄-N濃度の減少は揮散より硝化へ進むことで起きているとする見解を裏付ける結果となった。ただ、堆積物から揮散するアンモニアをすべて回収してい

るわけではないため、この見解を立証するには新たな実験系を組み立て検証していく必要がある。

本試験で利用した副資材価格は、ヤシ殻は415 kg、38794円でkg単価93円、オガクズは120 kg、4730円でkg単価39円であった。このように、ヤシ殻を副資材として利用することは経済面で難しいと考えられるが、アンモニアの揮散を抑えたい場面、時期で一時的に利用する等、利用機会を考慮すれば有効活用できると考えられた。

試験2 ヤシ殻の副資材利用量がアンモニア揮散に及ぼす影響

ヤシ殻は園芸資材として購入できるが、一般的に堆肥化副資材や敷料に利用されるオガクズよりも高価であるため、日常的に多量に利用することが難しい。そこで、アンモニアに対する抑制効果を維持しながらヤシ殻の利用量を減らせないか検討した。

堆肥化1週目で揮散するアンモニア濃度はヤシ殻区と混合1区で同程度の値となり、混合2区はそれより高い値となった。このことから、ヤシ殻の混合割合によりアンモニア揮散濃度が増減すると思われたが、2週目には混合1、2区でヤシ殻区より高い値となった。さらに副資材中のヤシ殻含有割合が2番目に高い混合1区で最も高い数値となったことから、副資材の混合利用におけるヤシ殻の混合割合はアンモニア揮散濃度に対して影響しない結果となった。また、2週目のアンモニア揮散濃度を見るとヤシ殻区よりオガクズ区の方が低い値となっている。さらに、3週目にはオガクズ区のアンモニア揮散が落ち着いているため、今回利用したオガクズではアンモニアが発生しやすい堆肥化初期の発酵が早く終わったことが想定された。以上のことから、ヤシ殻の副資材利用量を50%以上減らしてしまうとアンモニア揮散に対する抑制効果を維持できないことが示唆された。

18週経過時における全窒素含有量はヤシ殻区が最も高かったが硝酸態窒素含有量は最も少なくなった。本試験においては、ヤシ殻は、アンモニア揮散は抑えられる傾向にあるものの硝化に対してはオガクズより効果的ではない結果となっており、市川ら⁴⁾の報告と逆の結果となっている。試験1の状況下では出来上がり堆肥中の硝酸態窒素はヤシ殻区の方が高くなり、試験2の状況下ではオガクズ区の方が高くなっている。アンモニア態窒素から硝酸態窒素へ酸化される反応はアンモニア酸化細菌、亜硝酸酸化細菌の存在及び酸素が必要であるが、特に酸素に関して試験1と試験2で比較すると、通気性の有無が主要因と考えられた。すなわち、試験2では通気により発酵が順調に進むことで水分率減少が大きくなり間隙が生じやすくなったことで、酸素供給がよく行われ硝酸態窒素量も増加したと考えられ、ヤシ殻区よりオガクズ区の方で酸化が進む条件が整ったと推測された。

試験3 トマト培養土のアンモニア吸着効果

試験1、2で利用したヤシ殻は園芸資材として入手可能な品物であるため、実際の使用量単価で見てもオガク

ズより高価であった。実用面を考えるとコスト抑制が必要であったことから、袋型のトマト培養土に着目した。このトマト培養土はヤシ殻で構成された既製品で、数年トマト農家で利用された後、幹を根元で切り培養土は廃棄される。植物体を枯らすために幹を切る前に水をやらずに放置している期間が長い程、廃棄される培養土の水分率は低いものになる。今回利用したものは農業総合試験場内で試験利用された培養土で、試験3、4実施前に予乾処理を行ったものである。なお、予乾後にトマトの根が張って塊状になった培養土をほぐす作業が伴われ、実際に副資材等で大量利用する際にはほぐす方法を工夫する必要があると考えられた。また、使用済みトマト培養土の特徴として枯れたトマトの根も混在しており、今回は現場利用を想定し、より現実的な根が混在したままの状態での試験利用することとした。

市川ら³⁾の報告によると、ヤシ殻は保水力もあるため、湿らせた上でアンモニアをさらに吸着させる手段も取れると考えられた。今回の試験は、24時間及び72時間ふん尿から発生した臭気を吸着資材に通し続けた後に20分間流れた空気をホウ酸で回収した。つまり、24時間時点での吸着率が使用済みトマト培養土においては80.5%であったことから、理論的には24時間分の流量である720 Lに含まれていたアンモニアを、培養土は少なくとも80%前後除去していたことが示唆された。使用済みトマト培養土以外の資材の結果で数値がマイナスになっている部分は、資材へ吸着したアンモニアが遊離し、その分がベースとなる濃度に上乘せられたものと考えられた。以上のことから、ヤシ殻はアンモニア吸着能力が高いことが明らかとなっているが、使用済み培養土もまたオガクズやもみ殻よりアンモニア吸着能力が高いことが示唆された。

今回は72時間の短期間における各資材のアンモニア吸着率を求めた。しかし、脱臭資材等を現実的に利用する場合、より長期間となることが想定される。すなわち脱臭装置等での設計には、アンモニアの総排出量、吸着資材容量とそのアンモニア吸着限界量等の情報が必要となってくる。一方、今回の試験では臭気元が乳牛ふん尿でありアンモニアが常時定量流れていたわけではないので、資材に吸着した総アンモニア量は不明である。そのため、資材容量当たりのアンモニア吸着限界量を正確に測るにはアンモニア水のように濃度が既知の物質を利用した試験方法を選択する必要があり、今後検討を要する。

試験4 トマト培養土を利用した小型堆肥化装置における堆肥化

試験3で使用済みトマト培養土はアンモニア吸着能力を有することが示唆されたためアンモニアの脱臭資材として有効活用できると考え、堆肥化副資材としての利用を検討した。実際に培養土を入手する際には水分率が様々であることを想定し、低水分、高水分の培養土を用意した。

今回、培養土を利用した2つの区ではアンモニア揮散

濃度は低くなると予想していたが、高水分培養土区でオガクズ区より高い濃度となった。前田、松田⁸⁾によればアンモニア揮散は品温が最高温度到達後から始まり、それ以降は高温時に揮散量が多く、品温が室温程度まで下がると収まると述べている。さらに、品温が55℃に到達した場合、堆積物のC/Nが低く通気量が多いことにより、アンモニア揮散量が多くなると口述している。本研究では、まず前者の条件へ照らしあわせて検討した。堆肥化1週目時点での品温は高水分培養土区、オガクズ区、低水分培養土区の順に高く、アンモニア揮散濃度も同じ順で高かった。同様に2週目時点では高水分培養土区、低水分培養土区、オガクズ区の順で品温が高く、アンモニア揮散濃度は高水分培養土区、オガクズ区、低水分培養土区の順で高かった。3週目時点の品温の高さは高水分培養土区、低水分培養土区、オガクズ区の順で高く、アンモニア揮散濃度は高水分培養土区、オガクズ区、低水分培養土区の順で高かった。これらのうち、2、3週目で品温がオガクズ区より低水分培養土区の方が高い一方、アンモニア揮散濃度は逆に低水分培養土区の方が低くなった。この点において、ヤシ殻によるアンモニア抑制効果が発揮された可能性が示唆された。一方、高水分培養土区は品温が最も高かったため、抑制効果を上回るようなアンモニア揮散量であったと推測された。次に3区とも品温が55℃を超えているため、前述の前田、松田⁸⁾の后者の条件に照らし合わせて検討したが、本試験ではC/Nを各週で分析していなかったため0週時のC/Nの値から推測した。0週時のC/Nは低水分培養土区と高水分培養土区がそれぞれ23.4、23.7とほぼ同じで、オガクズ区が32.0と高かった。通気量は3区同量であるため、C/Nが低い程アンモニア揮散濃度が高くなると推測された。この考え方によると、アンモニア揮散濃度は常にオガクズ区が低くなることになるが、オガクズ区より低水分培養土区の方が各週で低くなった。このことから低水分培養土区ではアンモニア抑制効果が発揮されたと示唆された。高水分培養土区ではアンモニア揮散濃度が高かったが、1週目ではアンモニア濃度計測時に品温が高い状態であり、2、3週目では品温が上昇し始めたタイミングであったためにアンモニア抑制効果を上回るような高い濃度が計測されたものと推測した。そのためアンモニア抑制効果が発揮されていたかどうかは明言できない結果となった。どちらの条件であっても、アンモニア抑制効果は低水分培養土区で示唆される結果となった。高水分培養土区でのアンモニア抑制効果を確認するには、アンモニア揮散濃度を計測する時の条件を一定の品温で統一する等、手法の改善を検討する必要があると考えられた。

窒素の動態は試験1と似たような結果となり、培養土の2区で18週経過時のNO₃-N量がオガクズ区より多くなった。3つの堆肥化試験を通して出来上がり堆肥のNO₃-Nの含有率もしくは含有量について着目すると、オガクズ区と比較した場合では一貫性を確認できないが、全ての試験で安定的にNO₃-Nへ酸化しているとも言えた。窒素動態については結論を見いだせないため、今後検討する場合は、慣行として使用しているオガクズも全く同じロットのものを利用する等、条件を徹底して揃える必要がある。

以上のことから、使用済みのトマト培養土を乳牛ふん尿の堆肥化副資材として利用した場合、培養土の水分率が25%であれば、堆肥化過程で揮散するアンモニアを抑えることが示唆された。これにより、使用済みの培養土を予乾する必要はあるものの、ヤシ殻のコスト面での実用性について改善できる可能性が示唆された。

引用文献

1. 農林水産省. 畜産環境問題の現状⑦苦情の発生状況(畜種・種類・規模別). 1. 畜産環境をめぐる情勢(令和2年4月)全体版.
<https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/pdf/2004kmegji.pdf>
2. 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)
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. 46, 73-79(2014).
4. 市川あゆみ, 畠山由香里, 柳澤淳二, 星野佑太, 堤公生. 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. 愛知農総試研報. 49, 57-66(2017)
5. 日本土壌協会. 堆肥等有機物分析法. 日本土壌協会. 東京. P.29-31, 35-41(2010)
6. 日本土壌協会. 水質及び植物体分析法. 日本土壌協会. 東京. P.39-43 (2001)
7. Nishida, T., Kurokawa, S., Shibata, S. and Kitahara, N. Effect of duration of heat exposure on upland weed seed viability. J. Weed Sci. Tech. 44(1), 59-66(1999)
8. 前田武己, 松田従三. 家畜糞の堆肥化におけるアンモニア揮散(第1報)アンモニア揮散の要因の検討. 農業機械学会誌60(6), 63-70(1998)