

異なる副資材の混合が乳牛ふん堆肥化の温度、酸素消費速度、アンモニアガス濃度および堆肥成分に及ぼす影響

誌名	農業施設
ISSN	03888517
著者名	宮竹,史仁 阿部,佳之 本田,善文 岩淵,和則 谷,昌幸 加藤,拓
発行元	農業施設学会
巻/号	41巻3号
掲載ページ	p. 9-15
発行年月	2010年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



異なる副資材の混合が乳牛ふん堆肥化の温度, 酸素消費速度, アンモニアガス濃度および堆肥成分に及ぼす影響

宮竹史仁^{*1}・阿部佳之^{*2}・本田善文^{*3}・岩淵和則^{*4}・谷 昌幸^{*1}・加藤 拓^{*1}^{*1} 帯広畜産大学地域環境学研究部門, 〒080-8555 帯広市^{*2} (独)農業・食品産業技術総合研究機構 畜産草地研究所, 〒329-2793 那須塩原市^{*3} (独)農業・食品産業技術総合研究機構, 〒305-8517 つくば市^{*4} 宇都宮大学農学部, 〒321-8505 宇都宮市

要 旨

異なる種類の副資材による乳牛ふん堆肥化の反応特性を調査するために, 石膏ボード紙, 鉛筆くず, スギの炭化物, ゼオライトを使用して堆肥化過程の材料温度, 酸素消費速度, アンモニアガス濃度および堆肥化終了時に堆肥成分を検討した。各々の副資材を用いて堆肥化した結果, 全ての試験区で24時間以内に60℃以上の温度にまで上昇し, 順調な堆肥化反応を示した。堆肥化過程の酸素消費速度は, ゼオライト試験区でどの試験区よりも最も高くなった。この高い酸素消費速度は, 微生物による酸素消費に加えてゼオライトが有しているガス吸着作用が原因であると推測された。アンモニアガス濃度は石膏ボード紙試験区において乳牛ふんのみ試験区(対照区)の約3.6倍も高い濃度であった。アンモニアガスの吸着効果が期待されたゼオライト試験区では, 実験開始から3日目まではその効果が見られたものの長期間の持続性は確認されなかった。14日間の1次発酵終了後の堆肥成分は副資材の種類により大きく影響され, とくに石膏ボード試験区は高い硫黄含有率を示した。堆肥化への副資材の適用は, 副資材自体の特性を把握した上で通気量などの堆肥化条件の設定を行う必要がある。また製造された堆肥を土壌へ施用する場合は, その化学成分を把握し適切な施用量に注意する必要がある。

キーワード: 肥化, 副資材, 材料温度, 酸素消費速度, アンモニアガス濃度, 堆肥成分

はじめに

堆肥化は好気性微生物による有機物分解反応である(Golueke, 1997)。好気性微生物へ空気が供給されることにより, 堆肥化がスムーズに進行し良好な反応が維持される。通常, 乳牛ふん等の家畜排せつ物の含水率は80% w.b. (wet basis) 以上であり, 堆肥材料としてそのまま使用するには水分過多の状態である。過剰な水分は堆肥材料内の空気の通気道を閉塞させ, 好気性微生物への酸素供給を妨げるため, 堆肥化反応が抑制されやすくなる(岩淵・木村, 1997)。そのため, 堆肥材料にモミガラやオガクズ, イナワラなどの農林業副産物を副資材として混合することで含水率を低下させたり, 通気性を確保させたりする。しかしながら農林業から発生する副資材については, その発生量の季節的変動が大きく, また地域的偏在の問題もあるので, 安定的な入手が困難である場合が多々見受けられる。さらに, 農林業副産物の供給量不足や他用途への利用増加などが, 副資材の不足や高騰を招いている。そのため, 従来の副資材の代替となる未利用資源の利用, 供給が強く望まれている。

代替副資材として, 廃ダンボールやシュレッダー裁断紙などの古紙類(磯部・大江, 1996; 小柳, 2001)や廃材や林地残材, 剪定枝などの木質系資材(大河内ら,

2005), ゼオライトや石炭灰などの無機質系資材(生田ら, 1991; 湊ら, 2007)などに関して, 堆肥化副資材としての利用可能性が報告されている。今後, このような資材を含めた新しい副資材利用は増加するものと考えられ, 副資材混合による堆肥化への影響を詳細に調査する必要がある。また従来の農林業副産物だけでなく, 工業副産物など鉱物や化学系物質を含んだ未利用資材も堆肥材料の副資材として利用されることが予測され, 生成された堆肥の品質なども検討することが求められる。

そこで本研究では, 建築資材である石膏ボードの紙部分や鉛筆製造工場で発生する削りくずといった工業副産物, 木材を炭化させた資材や鉱物の種類であるゼオライトを乳牛ふん堆肥化の副資材として使用し, 堆肥化過程における反応特性および堆肥化終了時の品質の違いを検討した。なお, 堆肥化はラボスケール堆肥化試験装置を用いて行い, その反応特性の指標として酸素消費速度や熱発生速度およびアンモニアガス濃度を調査した。

材料および方法

1. 実験材料

材料には畜産草地研究所(那須研究拠点)の牛舎より採取した乳牛ふん(敷料は含まない)を主原料とし, これに各種副資材を混合したものを実験に供試した。使用

原稿受理 2010年3月15日

照会先: 宮竹史仁 e-mail: miyaf@obihiro.ac.jp

した副資材は (1) 建築用石膏ボードの製造工程において廃棄された石膏ボードの紙部分を分別したもの。なお、紙部分には粉状の石膏が付着 (以下、石膏ボード紙と記す)、(2) 鉛筆製造工場で廃棄された鉛筆木材部の削りくずで、芯部分は含まないもの (以下、鉛筆くずと記す)、(3) スギ剪定枝の炭化物 (以下、炭化物と記す)、(4) 鉱物であるモルデナイト系天然ゼオライトであり、アンモニウムイオン等の陽イオン吸着作用があるもの (以下、ゼオライトと記す)、の 4 種類である。乳牛ふんとこれら副資材の混合率は、乳牛ふん:副資材が 1.0:0.8~0.9 (wt/wt:乾物割合) になるように混合した。また、乳牛ふんのみで堆肥化を行ったものを対照区とした。供試材料の含水率は約 60~68% w.b. であり、堆肥化が最適に行われる含水率になるよう設定した (宮竹ら, 2008)。

2. 実験装置

実験装置には、ラボスケールの吸引通気式堆肥化試験装置を使用した (図 1)。堆肥材料への通気は、反応槽の底部から送風機で空気を吸い込み、堆肥材料の表面から外気を導入する吸引通気式である。堆肥材料を通過した排気は、アンモニア除去用の硫酸溶液や水蒸気除去用の冷却管およびシリカゲルカラムを通過させた後、ガルバニ電池式酸素センサ (OS-3SD, 新コスモスガス電機株式会社) によって排気酸素濃度が測定された。反応槽は約 14 L の円柱ステンレス容器 (直径 25 cm, 高さ 28 cm) であり、そのうち反応槽底部に約 3L の空間が存在する。この空間に吸引配管を設置し、外気を吸引した。これをチャンバー内に設置し、チャンバー内温度が堆肥材料温度よりも常に 1°C 以内の低い温度で追従するように堆肥保温発酵装置 (HA-30110, 早坂理工株式会社) で制御した。なお材料温度および酸素濃度は 2 分毎にデータログ (NR-1000, 株式会社キーエンス) で測定した。

3. 実験方法

異なる副資材の混合による堆肥化反応特性を検討するために、堆肥化過程における材料温度、酸素消費速

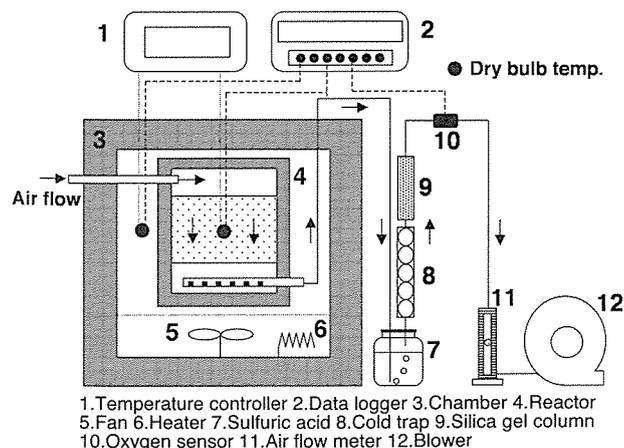


図 1 堆肥化試験装置の概略図

度、熱発生速度、アンモニアガス濃度を測定した。堆肥材料約 3.0~4.1 kg (湿潤質量) を反応槽に充填し実験を開始した。堆肥化期間は 14 日間とし、5 日目と 10 または 11 日目に切り返しを行い、堆肥材料を均一に混合した。堆肥材料への通気量は実験開始時から 1 回目の切り返し (1~5 日目) までは $550 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ ($0.54 \sim 0.70 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{vm}^{-1}$; $781 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^3$), 1 回目の切り返し後から 2 回目の切り返し時 (5~10 または 11 日目) までは $325 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ ($0.32 \sim 0.41 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{vm}^{-1}$; $461 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^3$), 2 回目の切り返し後から実験終了時 (10 または 11~14 日目) までは $225 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1}$ ($0.22 \sim 0.29 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{vm}^{-1}$; $321 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{m}^3$) とした。なお、括弧内の通気量は単位揮発性物質 (volatile matter: VM) 当たりと堆肥の単位体積当たりで換算した通気量である。酸素消費速度、熱発生速度は既報 (宮竹ら, 2008) に従い計算された。アンモニアガス濃度は、反応槽から排出されたガスから検知管 (No. 3M および No. 3L, 株式会社ガステック) を使用して測定された。14 日間の 1 次発酵終了後の堆肥については、pH、EC および全窒素、全炭素、硫黄の含有量ならびに C/N 比が分析された。pH と EC は堆肥 (湿潤質量): 蒸留水を 1:10 に混合したのち、pH-EC メータ (WM-22EP, 東亜ディーケーケー株式会社) で測定された。全窒素、全炭素、硫黄の含有率、C/N 比は全自動元素分析装置 (vario EL III, エレメンタル社) により測定された。また堆肥化前後における有機物分解率を調べるために、600°C - 3 時間の強熱減量により測定した (Miyatake · Iwabuchi, 2006)。

結果および考察

1. 材料温度、酸素消費速度、アンモニアガス濃度の変化

図 2 に各試験区における材料温度、酸素消費速度およびアンモニアガス濃度の変化を示した。材料温度は全ての試験区で 24 時間以内に 60°C 以上の温度に到達し、5 日目の切り返しが行われるまで高温が維持された。最初の切り返し後も全ての試験区で 60°C 以上に上昇したが、石膏ボード紙試験区およびゼオライト試験区では、他の試験区に比べて温度上昇が緩やかな傾向を示した。2 回目の切り返し後はどの試験区とも温度の上昇が見られなかった。これは易分解性有機物などの窒素分が微生物によって消費された結果であると考えられる。堆肥化過程の温度変化から判断すると、いずれの副資材においても順調な堆肥化の立ち上がりを示し、副資材の違いによる大きな影響は観測されなかった。

堆肥化過程における酸素消費速度の変化は、各試験区において若干異なる特性を示した (図 2)。酸素消費速度は好気性微生物の活性を示すものであり、酸素消費速度が高いほど堆肥化が活性化されていることを示す。通常、酸素消費速度は好気性微生物が活性化する温度の上昇時に高くなり、60°C を超えると急激に低下する (宮竹ら, 2008)。本研究の全ての試験区においても同様に堆肥化の立ち上がり時に最も高い酸素消費速度が観測され

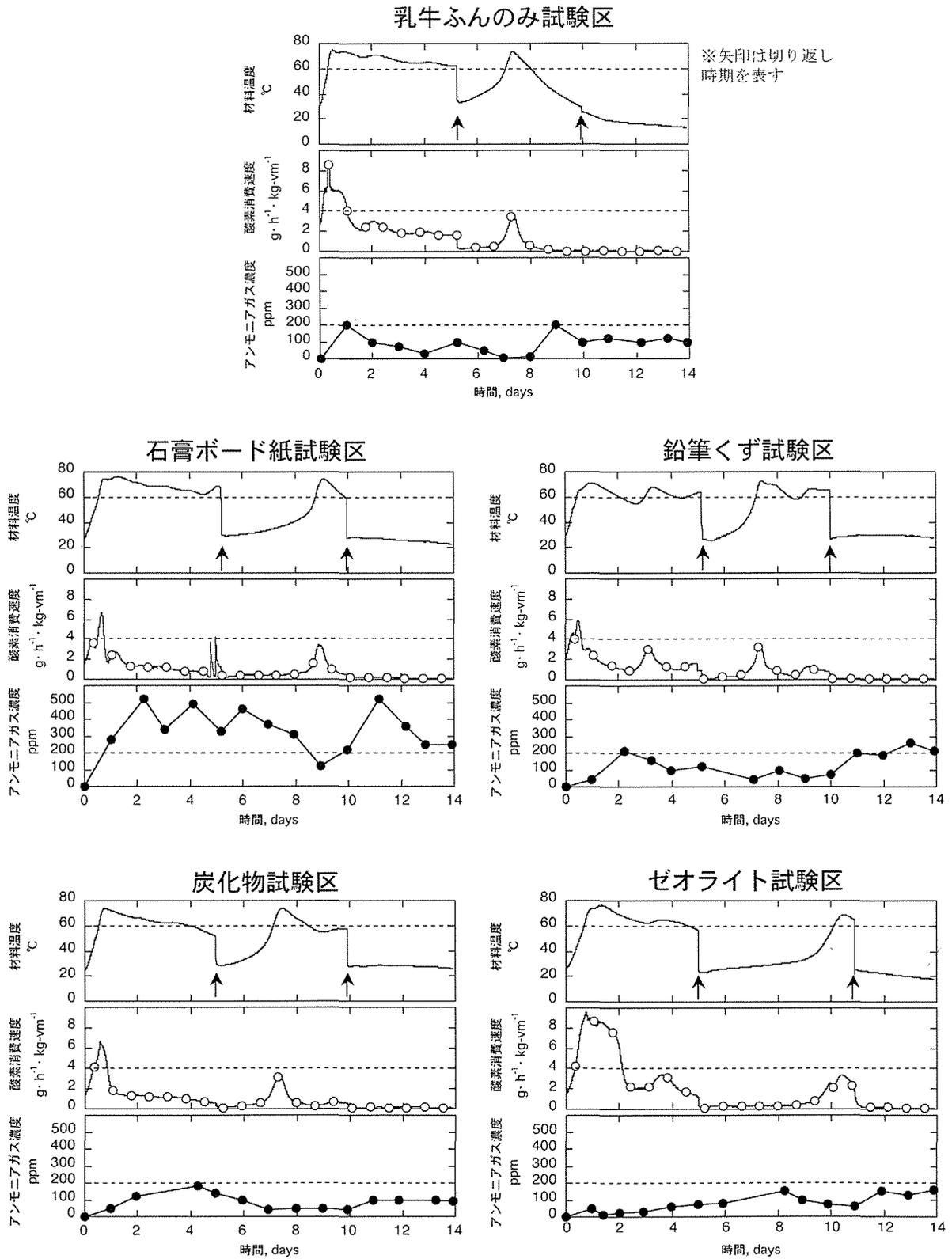


図2 材料温度，酸素消費速度，アンモニアガス濃度の変化

た。とくにゼオライト試験区においては、他試験区と比較して0～48時間に極めて高い酸素消費速度が観測された。

実験開始から48時間における酸素消費速度および熱

発生速度の変化を図3に示した。熱発生速度は酸素消費速度と同様に微生物活性を示す指標であり、同一の堆肥化では熱発生速度と酸素消費速度は同様のプロファイルを示す。つまり、熱発生速度や酸素消費速度は約40℃

と 60°C に中温性および高温性微生物の活性を顕す極大値が見られるのが一般的である (岩淵・木村, 1994)。本研究における熱発生速度のプロファイルはいずれの試験区においても約 40°C と 60°C に微生物活性による極大値が観測された。しかしながら酸素消費速度では、乳牛ふんのみ試験区、石膏ボード紙試験区、鉛筆くず試験区で約 40°C と 60°C の極大値をもつ二峰性のパターンが観測されたが、炭化物試験区やゼオライト試験区では異なる傾向を示した。とくにゼオライト試験区の酸素消費速度は、熱発生速度とは明らかに異なるパターンを示しており、これは通常の堆肥化では見られないことである。それ故、この高い酸素消費速度が微生物による酸素消費のみに由来しているとは考え難い。ゼオライトなどの多孔質資材は、堆肥化過程で発生する悪臭ガスの吸着資材としての利用が期待されている (生田ら, 1991; 佐藤ら, 2007)。このゼオライトの吸着作用が、堆肥材料に供給した酸素の一部を吸着することで、見かけ上、微生物による酸素消費速度が上昇したように見えたのかも知れない。ゼオライト副資材の高い酸素消費速度に関する詳細なメカニズムについては不明だが、堆肥化開始時の通気量を増やすことにより、酸素不足による堆肥化反応の抑制を回避する必要があると考えられる。従って、副資材の種類に応じて通気量などの堆肥化条件を個々に設定することが重要であると思われる。

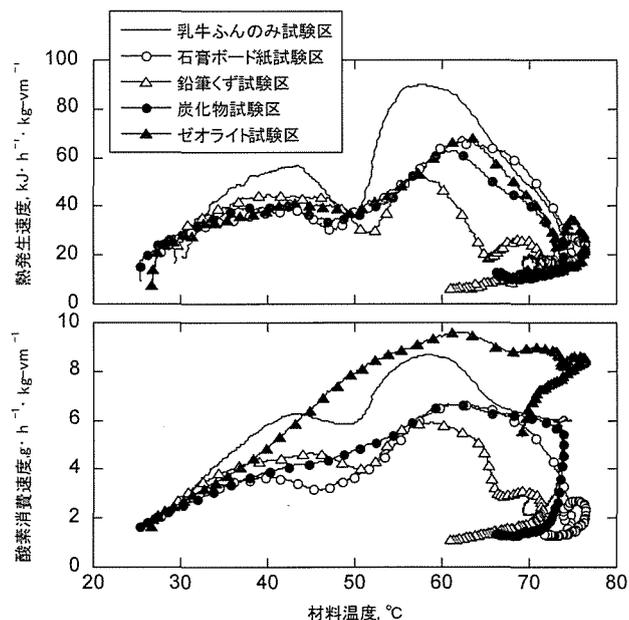


図3 熱発生速度および酸素消費速度の温度依存性

図2に堆肥化過程で発生するアンモニアガス濃度の変化を示した。本試験のアンモニアガス変化は、ガス検知管による定点測定のため途中経過については必ずしも精緻な測定とは言えないが、副資材の種類によるアンモニアガスの発生傾向は大きく異なっていると判断できる。とくに石膏ボード紙試験区では、他試験区と比較しても

非常に高いアンモニアガス濃度が認められた。Ronaldら (2008) は乳牛ふんと石膏ボード紙の混合物で吸引通気式堆肥化を行った場合、吸引配管内で測定されたアンモニアガス濃度は最大 8,000 ppm であったと報告している。阿部ら (2003) が同試験装置を用いて乳牛ふんのみで吸引通気式堆肥化を行った場合のアンモニアガス濃度は最大 1,900 ppm であった。Ronaldら (2008) により測定された濃度は、阿部ら (2003) の結果よりも約 4.2 倍も高い。本研究においても、石膏ボード紙試験区のアンモニアガス濃度は乳牛ふんのみ試験区における平均アンモニアガス濃度の約 3.6 倍も高く、明らかに石膏ボード紙の混合がアンモニアガス濃度を上昇させたと考えられる。前田・松田 (1998) は乳牛ふんと破碎初殻の混合物の堆肥化過程では、pH 値が 8.8 ~ 9.0 以上になると急激にアンモニア揮散が始まると報告しており、一般的にも pH 値が 8.0 以上でアンモニア揮散が多くなると理解されている (中崎ら, 1992)。本研究での堆肥化過程における pH 値は、石膏ボード紙試験区で約 8.0 ~ 8.4、他試験区では 8.6 ~ 9.8 で推移した (図4)。通説であれば、石膏ボード紙試験区よりもむしろ他試験区においてアンモニアガス濃度が高くなるはずだが、本試験では異なる結果となった。従来は農林業副産物を主体とした副資材による堆肥化が主であったが、石膏ボード紙の様な工業副産物を使用した堆肥化のアンモニア揮散に関する知見は少ない。石膏ボード紙は、紙と石膏粉末の少なくとも 2 種類以上の部材から構成されており、工業副産物では複数成分から構成される可能性がある。このような場合、堆肥化過程における生分解反応は複雑になり、従来とは異なるガス排出機構や反応を示すことが考えられる。

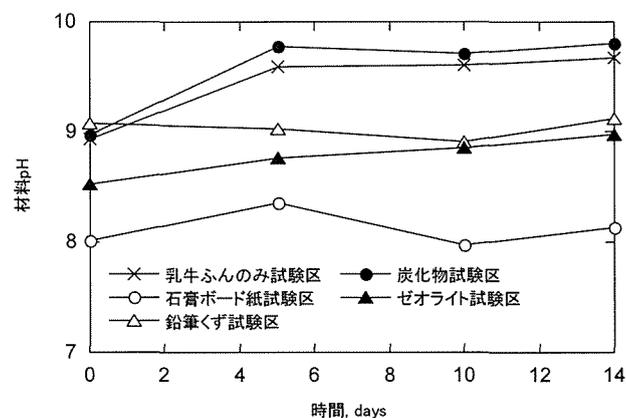


図4 材料 pH の変化

また、アンモニアガス濃度に関しては、実験初期にゼオライト試験区で他試験区よりも低い濃度で推移した (図2)。ゼオライトなどの無機質の多孔質系資材は、堆肥化から発生するアンモニアなどの悪臭ガスの吸着・脱臭資材としての効果が期待されている (生田ら, 1991)。本研究においても、実験開始時から 3 日目まではアンモニアガス濃度が 12 ~ 50 ppm と他試験区と比較して低

く、ゼオライトによる吸着効果が見られたものと考えられる。しかしながら、4日目以降に関しては、乳牛ふんのみ、鉛筆くず、炭化物試験区と同程度のアンモニアガス濃度を示しており、ゼオライト混合による特段の効果は観測されなかった。ゼオライトを副資材として用いた場合、そのアンモニア吸着効果は堆肥化開始時においては認められるものの、長期間の持続性はなく一過性の効果だと考えられる。なお、本試験で使用したゼオライトの価格は1kg当たり90円であり、一般的に副資材として使用されるオガクズ(20円程度/kg)よりも相当高い。そのため悪臭の吸着効果と価格のバランスを考慮した上で使用することが望ましいと思われる。

また、14日間の1次発酵終了後の有機物分解率(%)ならびに14日間に消費した酸素の消費量($g \cdot kg\text{-vm}^{-1}$)は乳牛ふんのみ試験区が19.1%, $433 g \cdot kg\text{-vm}^{-1}$; 石膏ボード紙17.2%, $319 g \cdot kg\text{-vm}^{-1}$; 炭化物10.6%, $312 g \cdot kg\text{-vm}^{-1}$; 鉛筆くず18.0%, $347 g \cdot kg\text{-vm}^{-1}$; ゼオライト15.8%, $642 g \cdot kg\text{-vm}^{-1}$ であった。乳牛ふん試験区では分解率、酸素消費量ともに高い傾向を示し、次いで鉛筆くずと石膏ボード紙の結果となった。炭化物試験区は有機物分解率、酸素消費量で最も低い結果となり、これら副資材においては分解率と酸素消費量との相関性が見られた。なおゼオライト試験区で酸素消費量が $642 g \cdot kg\text{-vm}^{-1}$ と最も高かったが、これはゼオライトの吸着作用が影響したものと思われる。そのため分解率と酸素消費量の関係性は見られなかったと判断される。

以上のように、各試験区において異なる副資材を用いた場合、材料温度の変化から判断すると、いずれの試験区でも堆肥化自体は順調に進行したと考えられる。しかしながら材料温度が同様の傾向であっても、酸素消費速度や堆肥化過程から発生するアンモニアガスの濃度には副資材の種類により大きく異なる点が認められた。従来は未利用であった資源を副資材として利用する場合は、その反応特性を理解し、適切な堆肥化条件を設定することが重要であると考えられる。

2. 堆肥の成分

表1に14日間の1次発酵終了後の堆肥成分を示した。窒素含有率は乳牛ふんのみ試験区で最も高く、これは副資材混合による希釈作用がないためである。鉛筆くず、炭化物、ゼオライト試験区の窒素含有率はほぼ同程度の

1.7~1.8%_{DM}であり、石膏ボード紙試験区では低い傾向となった。炭素含有率は副資材の違いにより大きく異なり、炭化物試験区で最も高い63.6%_{DM}であった。この高い炭素含有率はC/N比にも反映され、炭化物試験区では他試験区と比べて最も高い36.7であった。古谷(2005)によると全国各地で製造された乳用牛ふんを材料とした堆肥(319点)の平均C/N比は17.6であったと報告している。その調査から判断すると、炭化物混合堆肥のC/N比は平均乳用牛ふん堆肥の2倍以上の値であり、石膏ボード紙および鉛筆くず試験区も約1.5倍程度高い結果となる。いずれも木質系由来の副資材のため、堆肥材料に混合した場合はC/N比は上昇するが、とりわけ炭化物を副資材とした場合は、C/N比が過度に高くないよう注意が必要であると推測される。一方、硫黄含有率については石膏ボード試験区で3.6%_{DM}と他試験区と比較して明らかに高くなった。これは石膏の主成分である硫酸カルシウム・二水和物の粉末が、石膏ボード紙に付着しているためであり、硫黄分の多い副資材の使用が1次発酵終了時の硫黄含有率の高さに反映したと考えられる。それ故、石膏ボード紙を含む堆肥を大量に使用した場合、過度の硫黄が土壌中へ蓄積される可能性がある。硫黄は酸化されると硫酸に変化するため、土壌を酸性化させてしまう危険性がある。その一方で、石膏ボード紙由来の堆肥はカルシウム含有量が多く、肥料効果があるという報告がある(Ronaldら, 2008)。本実験の石膏ボード紙試験区ではEC値が最も高い結果となり、これは高いカルシウム含有量がEC値の上昇を引き起こしたものと思われる。なお、石膏ボード紙の単価は副資材として一般的に使用されるオガクズの約5分の1の価格と経済的であり、またカルシウムを多く含むことは肥料として作物生産に効果的と考えられる。しかしながら、石膏ボード紙を副資材とした堆肥を大量に施用する場合は、石膏による土壌の硬化化や硫黄含有量およびEC値が高くなりすぎないように細心の注意が必要であると思われる。

以上のように、異なる副資材を用いて堆肥化された堆肥の成分は副資材により大きく異なることが判明した。とくに石膏ボード紙のように複数の構成成分からなる様な工業副産物を副資材として使用する場合は、その資材成分の特性を把握した上で使用することが望ましい。

表1 実験終了時の堆肥成分

	窒素含有率 % _{DM}	炭素含有率 % _{DM}	硫黄含有率 % _{DM}	C/N比	pH	EC dS \cdot m ⁻¹
乳牛ふんのみ試験区	2.5	40.0	0.6	15.7	9.67	4.43
石膏ボード紙試験区	1.3	33.5	3.4	25.1	8.13	5.19
鉛筆くず試験区	1.8	46.7	0.4	25.6	9.12	2.42
炭化物試験区	1.7	63.6	0.4	36.7	9.80	2.48
ゼオライト試験区	1.8	20.6	0.3	11.5	8.97	1.85

DM; dry matter

結 論

本報は異なる副資材の混合が乳牛ふん堆肥化に及ぼす影響ならびに堆肥化終了時の品質の違いを検討し、以下3点について知見を得た。

1点目は、異なる副資材の混合により堆肥化過程の酸素消費速度が影響されることである。本研究では、乳牛ふんに混合された副資材全てにおいて良好な温度上昇が観測され、堆肥化反応自体は順調に進行した。しかしながら、堆肥化開始から48時間において、ゼオライト試験区の酸素消費速度は他試験区と比べて明らかに高い傾向を示した。この高い酸素消費速度は微生物による酸素消費に加え、ゼオライトが持つガス吸着作用が関係しているのかも知れない。ゼオライトの様な多孔質資材を堆肥材料の副資材として用いる場合は、堆肥化の立ち上がり時に酸素の供給量を通常よりも多くするなどの配慮が必要であると思われる。従来とは異なる副資材を使用する場合は、その反応特性を把握し、通気量などの堆肥化条件を適切に設定する必要があると考えられる。

2点目は、異なる副資材の混合により堆肥化過程のアンモニアガス濃度が変化することである。とくに石膏ボード紙試験区においては、他試験区と比較しても堆肥化期間中に極めて高い濃度のアンモニアガスが排出された。石膏ボード紙は複数種の原料から構成されており、堆肥化過程で発生するガス排出メカニズムが複雑になるものと思われる。またゼオライト試験区においては、堆肥化開始時から3日目程度まではアンモニアガス濃度が低く推移し、多孔質資材由来のガス吸着効果に依るものと考えられる。しかしながら、その効果には長期間の持続性が確認されず、一過性の反応であると推測される。堆肥化過程で発生する悪臭ガスなどの吸着効果を期待して副資材を使用する場合は、その効果を適正に理解し使用することが重要であると思われる。

3点目は、1次発酵終了後の堆肥の品質が副資材の種類により影響されることである。石膏ボード紙試験区では硫黄含有率やEC値が高くなり、このような堆肥を施用する際には土壌の酸性化等に注意する必要がある。炭化物、鉛筆くず、石膏ボード紙試験区などの木質系由来の副資材を用いた場合には、堆肥のC/N比が高くなる傾向があり、土壌に施用した場合の窒素飢餓等を引き起こさないよう注意しなければならない。

以上のように、堆肥材料に従来と異なる副資材を混合する場合はその資材特性を把握した上で用いることが重要であり、堆肥化条件ならびに堆肥品質に配慮する必要がある。

謝 辞

本研究の供試材料である石膏ボード紙の提供は翔瑛産業株式会社 岡田奉彦氏の御協力を、ゼオライトの提供は株式会社環境生物化学研究所 廣田実氏の御協力を得た。また本研究の実施にあたり研究補助として宮竹久氏にお手伝いを頂いた。ここに記して謝意を表します。

引用文献

- 阿部佳之・福重直輝・加茂幹男・伊藤信雄 (2003)：吸引通気式堆肥化処理技術の開発 (第1報), 農業施設, 33 (4), 39-45.
- 生田陸夫・田代安文・花井 忍 (1991)：ゲージ養鶏における鶏糞処理技術に関する試験, 山口県畜産試験場研究報告, 9, 57-72.
- 磯部武志・大江正温 (1996)：古紙, 集塵繊維等を副資材とした有機性廃棄物, 汚泥類の花き栽培への応用, 大阪府立農林技術センター研究報告, 32, 26-31.
- 岩淵和則・木村俊範 (1994)：家畜糞の好気性分解特性 (第1報), 農業機械学会誌, 56 (2), 67-74.
- 岩淵和則・木村俊範 (1997)：家畜糞の好気性分解特性 (第2報), 農業機械学会誌, 59 (5), 29-35.
- 大川内康郎・高橋理平・岡山清司 (2005)：家畜ふん堆肥化における未利用木質資源の副資材適性, 富山県農業技術センター研究報告, 22, 13-20.
- 小柳 渉 (2001)：シュレッター裁断紙を利用した乳牛ふんの堆肥化, 新潟県畜産研究センター研究報告, 13, 16-17.
- 佐藤信仁・宮下 徹・畑中康孝 (2007)：人工ゼオライトを利用したトマト収穫後の残渣の堆肥化と利用技術, 福井県農業試験場研究報告, 44, 21-30.
- 中崎清彦・渡辺 淳・末原憲一朗・久保田宏 (1992)：種菌がコンポスト化速度に与える影響の評価, 廃棄物学会論文誌, 3 (4), 78-85.
- 古谷 修 (2005)：全国の堆肥センターで生産された家畜ふん堆肥の実態調査 (1), 畜産の研究, 59 (10), 1048-1054.
- 前田武己・松田従三 (1998)：家畜糞の堆肥化におけるアンモニア揮散 (第1報), 農業機械学会誌, 60 (6), 63-70.
- 湊 啓子・渡部 敢・田村 忠・阿部英則 (2007)：石炭灰 (クリンカッシュ) の牛ふん堆肥化副資材としての利用性, 北海道立畜産試験場研究報告, 26, 24-30.
- 宮竹史仁・阿部佳之・本田善文・岩淵和則 (2008)：吸引通気式堆肥化の初期反応特性, 農業施設, 39 (1), 33-40.
- Golueke, G.C. (1977): Biological reclamation of solid wastes, Rodale Press, Emmaus, PA, USA, 2, 1977.
- Miyatake, F., Iwabuchi, K. (2006): Effect of compost temperature on oxygen uptake rate, specific growth rate and enzymatic activity of microorganisms in dairy cattle manure, *Bioresour. Technol.*, 97, 961-965.
- Ronaldo, B.S., Iwabuchi, K., Miyatake, F., Abe, Y., Honda, Y. (2008): Characterization of dairy cattle manure/wallboard paper compost mixture, *Bioresource Technology*, 99, 7285-7290.

Effects of Various Bulking Agents on Temperature, Oxygen Uptake Rate, Ammonium Gas Concentration and Compost Quality in Dairy Manure Composting

Fumihito MIYATAKE*¹, Yoshiyuki ABE*², Yoshifumi HONDA*³,
Kazunori IWABUCHI*⁴, Masayuki TANI*¹ and Taku KATO*¹

*¹ Department of Agro-Environmental Science, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro-shi, 080-8555, Japan

*² National Institute of Livestock and Grassland Science, National Agriculture and Food Research Organization, Nasushiobara-shi, 329-2793, Japan

*³ National Agriculture and Food Research Organization, Tsukuba-shi, 305-8517, Japan

*⁴ Faculty of Agriculture, Utsunomiya University, Utsunomiya-shi, 321-8505, Japan

Abstract

To clarify the characteristics of dairy cattle manure composting using various kinds of bulking agents, compost temperature, oxygen uptake rate, ammonia gas concentration and final compost quality were investigated during the composting process. Bulking agents used in this study is as follows: wallboard paper scraps, pencil shavings, carbonized cedar and zeolite. Compost temperatures in any experimental groups rose over 60 °C within 24 hours, showing that composting was carried out smoothly. Oxygen uptake rate of zeolite group showed the highest level of the experimental groups. This high oxygen uptake rate may result from the gas adsorption ability by zeolite in addition to oxygen consumption by microorganisms. Ammonia gas concentration of wallboard paper scraps group was about 3.6 times as high as that of dairy manure group as a control. Ammonia gas concentration of zeolite group, which was expected to show the ability of ammonia adsorption, was lower than those of the other groups until day 3 of the experiment, although the effect was not durable. Compositions of final composts depended on the kinds of bulking agents. The sulfuric content of wallboard paper scraps group was the highest of those of the others. The vital point for the utilization of bulking agents to composting is to set the composting condition such as ventilation based on the characteristics of bulking agents. In addition, it is important to comprehend the chemical composition of composts when the composts with bulking agents are applied to soil.

Keywords: Composting, Bulking agents, Temperature, Oxygen uptake rate, Ammonia gas concentration, Compost Quality