

アンモニア低減細菌の添加が家畜ふん堆肥化時の臭気に及ぼす影響

秋田 勉*

要 約

家畜ふんの堆肥化時に発生するアンモニアを低減する微生物を土壌および堆肥から検索するとともに、分離した微生物を乳牛ふん及び豚ふんに添加して堆肥化試験を行いアンモニア等の悪臭発生に及ぼす影響を検討した。

- 1 乳牛ふん投入土壌からアンモニア同化率74%以上の細菌を分離した。
- 2 細菌添加は乳牛ふん堆肥化時の発酵温度を約4℃高めた。
- 3 家畜ふん堆肥化時のアンモニア排出量は細菌添加により牛ふんで約16%、豚ふんで約36%低かった。

Effects of Addition of Bacterium Reducing Ammonia on Odour in Fermentation of Animal Feces

Tutomu AKITA

Summary

These experiments were conducted to evaluate the separations of micro-organism reducing ammoniacal nitrogen from soil and compost, and the effects of the addition of bacterium on the production of ammonia gas in fermentation of dairy cow and pig feces.

- (1) The ammonia assimilation rate of bacterium separated from soil was more than 74%.
- (2) The fermentation temperature of the compost, when bacterium was added to dairy cow feces was about 4°C higher than without the addition of bacterium.
- (3) The exhausted ammonia volumes of compost from dairy cow and pig feces decreased about 16% and 36% with the addition of bacterium, respectively.

キーワード：アンモニア低減細菌，乳牛ふん，豚ふん，臭気

緒 言

今日、畜舎及びふんの堆肥化の際に発生する臭気は周辺住民からは悪臭公害として取り上げられ問題となっている。そのため、畜産農家では畜舎の臭気対策としてふんの早期搬出、微生物資材の給与及び舎内散布を行っている。ふん発酵時の臭気対策として薬液処理法、土壌脱臭法、オゾン酸化法が行われている。しかし、薬液処理法やオゾン酸化法及び土壌脱臭法は施設費や維持管理費が高価、管理が難しい等の問題がある。また市販の微生物資材を家畜に給与したり、畜舎内に散布、あるいは堆肥舎内で生ふんに振りかけて悪臭の発生を抑制し同時に堆肥化を促進する試みが多く行われているが、その多くは効果が不明である。近年、大田ら⁵⁾は養豚農家が経験

的な発酵法で無臭化した豚ふんを種堆肥として生豚ふんに添加した結果、短時間(8時間)でアンモニア以外のイオウ系悪臭物質及び低級脂肪酸が著しく低下したと、また阿部ら¹⁾は堆肥、土壌から分離した菌群で種堆肥を作り、豚ふんに添加した結果、悪臭度及び低級脂肪酸が低下したと報告している。そこで、筆者はアンモニアの発生を抑制する目的で土壌や堆肥からアンモニアを低減する微生物の検索を行うとともに分離したアンモニア低減細菌を用いて家畜ふんの堆肥化過程で発生するアンモニア等臭気の発生抑制効果について調査したので報告する。

材料及び方法

1 試験期間

1998年8月～1999年10月

2 アンモニア低減細菌の検索と分離

微生物の検索は当センター近辺の乳牛ふんを投入して

2000年8月30日受理

* 中央農業技術センター

表1 堆肥化試験の処理概要

区分	家畜ふん (kg)	モミガラ (kg)	米ぬか (kg)	培養液 (ml)	水分 (%)
牛ふん					
対照区	10	4.6	0.1	1400	66
試験区	10	4.6	0.1	1400	66
豚ふん					
対照区	10	3.6	0	1400	58
試験区	10	3.6	0	1400	58

注：培養液は対照区が細菌無添加液，試験区が細菌添加液である。

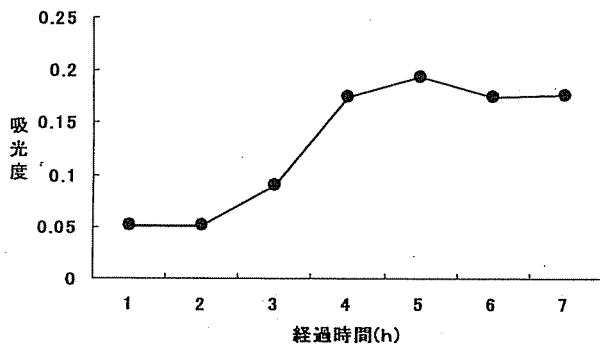


図1 菌株A29の吸光度曲線

いる畑土壌及び乳牛ふん堆肥から行った。採取した材料1に対して生理食塩水を9の割合(重量比)で加えて混合し懸濁液を作成，上澄み液を段階的に希釈し，一定量を取って牛ふん抽出液平板培地(新鮮ふんに4倍量の水を加えて攪拌混合後ガーゼでろ過，ろ液に希水酸化ナトリウム溶液を添加してpH9に調整後寒天を加え121°Cで15分間滅菌した)に塗布し52°C(高温菌)で培養した。培地上に生育したコロニーは牛ふん抽出液斜面培地で純粋培養した。分離した菌のアンモニア同化率は分離した菌株を牛ふん抽出液に一白金耳入れ，55°Cで24時間振とう培養後遠心分離し，上澄み液中のアンモニア態窒素濃度を水蒸気蒸留法で測定して求めた。

3 堆肥化試験

堆肥化処理の概要を表1に示した。供試した家畜ふんは乳牛ふん及び豚ふんである。表1に示したように乳牛ふんではふん，モミガラ，米ぬか及び培養液(対照区は細菌無添加液，試験区は細菌添加液)の4種を，豚ふんではふん，モミガラ及び培養液の3種をそれぞれコンテナに入れ混合して素材とした。素材は実験用小型発酵槽(コンパネからなる縦41cm×横45cm×深さ45cmの底に5mm目の金網を敷いた箱)に詰め込みビニールシートで上部を密封後，これを断熱用発泡スチロール箱の中に入れ

て蓋をした。通気は発酵槽及び断熱用発泡スチロール箱の下部側壁に開けた穴からビニール管を挿入し小型ブローで連続送風した。通気量は1.3 l/min(材料1 m³当たり32 l/minに相当)とした。なお堆肥発酵期間は乳牛ふんで悪臭の発生が高い初期の1週間，豚ふんで28日間とし，切り返しは詰め込み1週間後に1回行った。一般に有用細菌を用いて堆肥化試験を行う場合の添加量は材料1 g当たり10⁷ CFU以上の菌数が必要であるといわれている。そこで大量に増殖させるための培養時間を決定するため，牛ふん抽出液に菌株A29を一白金耳入れ，55°Cで振とう培養を行い，1時間毎に吸光度(660

表2 分離菌のアンモニア同化効果(%)

菌株	同化率
A03	27.5
A10	37.8
A21	48.2
A22	53.4
A23	58.5
A27	63.7
A29*	74.1
A30	68.9
A35	68.9

*：アンモニア同化率の高い菌株

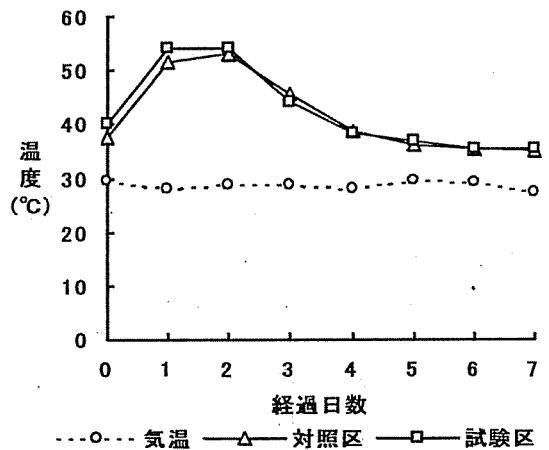


図2 気温及び発酵温度(牛ふん)

nm)及び細菌数を調査した。その結果，図1に示すように吸光度は振とう開始5時間後に最も高くなり，その時の細菌数は 27×10^6 CFU/gであった。そこで堆肥化試験における試験区の培養液調整方法は当該のふん抽出液に分離したアンモニア低減細菌を一白金耳植種し55°Cで5時間培養とした。臭気成分はアンモニア及びイオウ

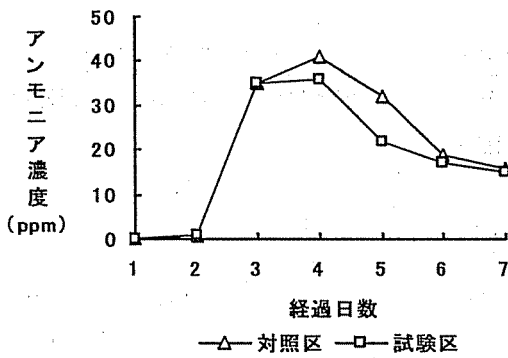


図3 アンモニア濃度の推移 (牛ふん)

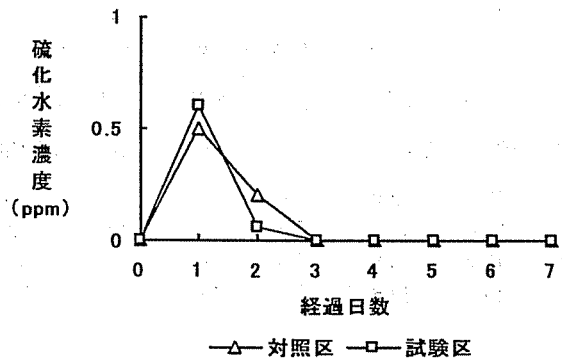


図4 硫化水素濃度の推移 (牛ふん)

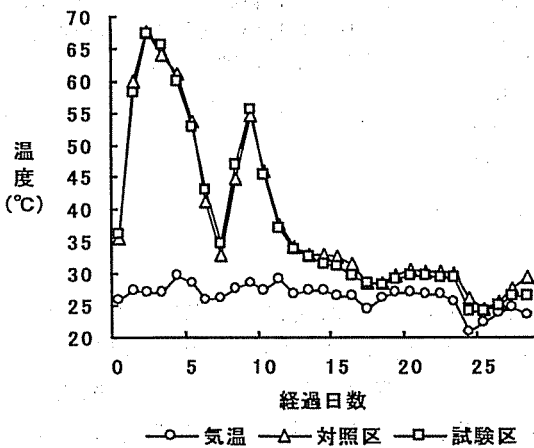


図5 気温及び発酵温度の推移 (豚ふん)

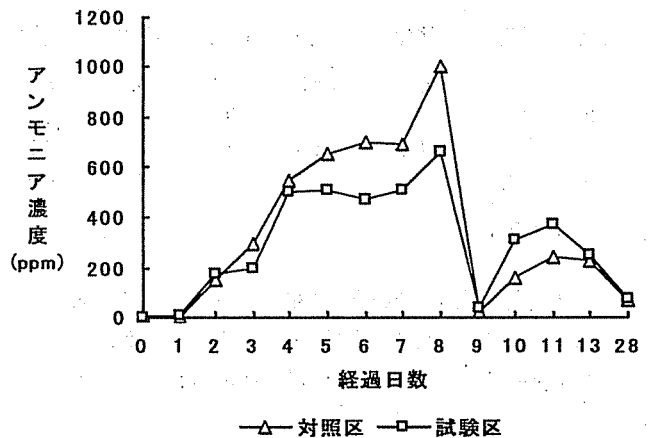


図6 排気中アンモニア濃度の推移 (豚ふん)

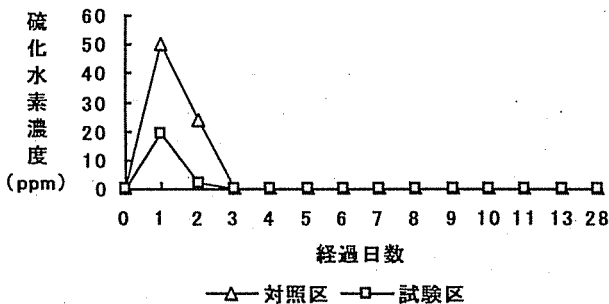


図7 硫化水素濃度の推移 (豚ふん)

系物質を北川式検知管，低級脂肪酸をガスクロマトグラフ法で測定した。また，発酵温度（一時間毎の平均）及び悪臭度を調査した。アンモニアの排出量測定は発酵槽内の素材上方に設置した容器の凝縮水及び発酵槽及び断熱用発泡スチロール箱の上部側壁に開けた穴からビニール管によって導かれた5規定硫酸溶液に捕捉されたアンモニアを水蒸気蒸留法で測定して求めた。臭気成分採取は5規定硫酸溶液に捕捉される直前にバイパスを設けて行った。

結果

1 アンモニア低減細菌の検索と分離

牛ふん抽出液平板培地を用いて分離した微生物数は139株であった。表2には主なこれら微生物のアンモニア同化率を示した。その内アンモニア同化率60%以上の菌株は4株であり，その内A29は74.1%で最も高かった。

2 堆肥化試験

(1) 乳牛ふん

①発酵温度の推移を図2に示した。発酵温度は試験開始22時間後には両区とも最高温度となり，対照区の56℃に対し試験区は60℃で，試験区が対照区より4℃高かった。その後徐々に低下し，1週間後には両区とも34℃となった。

②排気中のアンモニア濃度を図3に示した。アンモニア濃度は試験開始後2日間は両区とも1 ppm以下であったが，4日目には対照区41 ppm，試験区36 ppmの最高濃度になった後徐々に低下し，7日目にはそれぞれ16 ppm，15 ppmとなった。アンモニア濃度は試験区が対照区より0.1%～31.3%低く推移した。7日間でのアンモニア排出量は対照区が22.6 mgに対して試験区が18.9 mgであり，試験区が約16%低かった。

表3 低級脂肪酸の変化(牛ふん) (ppb)

経過 日数	プロピオン酸		ノルマル酪酸		ノルマル吉草酸		イソ吉草酸	
	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区
1	12.5	12.9	9.0	8.7	5.9	3.1	3.5	2.9
2	37.0	17.1	17.8	9.3	12.4	7.0	4.4	3.9
3	12.2	10.8	9.6	9.5	5.0	3.9	2.2	2.0
7	15.0	13.6	10.6	10.1	9.1	6.1	3.3	1.3

表5 低級脂肪酸の変化(豚ふん) (ppb)

経過 日数	プロピオン酸		ノルマル酪酸		ノルマル吉草酸		イソ吉草酸	
	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区	対照区	試験区
2	4.5	28.8	587.9	25.2	3.7	8.7	15.9	14.6
3	10.8	13.1	13.7	9.4	1.9	3.1	1.3	1.8
4	10.2	8.6	8.8	7.4	3.5	4.9	1.7	nd
5	10.3	7.6	9.2	6.7	2.1	6.8	6.7	1.2

nd:不検出

③硫化水素及び低級脂肪酸をそれぞれ図4、表3に示した。硫化水素は2日目まで検出されたが、両区とも1ppm以下であった。低級脂肪酸は全て対照区が試験区より高く推移した。

④官能試験法(パネラーは4~5名)による悪臭度を表4に示した。悪臭度は試験区が対照区より常に低かった。

(2) 豚ふん

①発酵温度の推移を図5に示した。発酵温度は試験開始後急激に上昇し、2日目には対照区67.5℃、試験区67.3℃の最高になり、その後徐々に低下した。また、切り返し後2日目には対照区54.6℃、試験区55.6℃の最高温度になり、その後徐々に低下し、24日以降30℃以下で推移した。

②排気中のアンモニア濃度を図6に示した。アンモニア濃度は切り返しを行った8日目までは対照区が試験区より高く推移し、最高濃度は対照区1000ppm、試験区660ppmであった。しかし、切り返し後は試験区が対照区より高く推移し、切り返し2日目には対照区240ppmに対して試験区370ppmとなり、その後徐々に低下し、開始後28日目にはそれぞれ70ppm、75ppmとなった。堆積28日間に排出されたアンモニア量は対照区1075mgに対し試験区が690mgであり、約36%少なかった。

③硫化水素の推移を図7に示した。硫化水素は開始後1日目には対照区50ppm、試験区19ppmとなり、試験区が対照区より低く推移した。開始2日から5日までの低級脂肪酸の推移を表5に示した。プロピオン

表4 悪臭度の変化

経過日数	対照区	試験区
1	2.5	1.8
2	2.5	1.5
3	—	—
4	—	—
5	1.8	1.0
6	1.6	1.2
7	1.5	1.0

悪臭度は新鮮ふんの臭いを3、これより臭い時4、5、薄いとき2、1、堆肥臭を0とする。

酸は試験区で2日目28.8ppbから減少したのに対し、対照区は2日目4.5ppb、3日以降10ppb以上で推移し、4日以降は対照区が高かった。ノルマル酪酸は2日目の対照区587.9ppbに対し試験区は25.2ppbで最も高く、その後対照区が高く推移した。またノルマル吉草酸は試験区が高く、イソ吉草酸は対照区が高く推移した。

考 察

牛ふんと豚ふんの臭気成分は前者は主にアンモニアと弱酸性成分(フェノール類)、後者はアンモニアと強酸性成分(低級脂肪酸類)からなる。家畜ふんの堆肥化は初期段階にタンパク質、アミノ酸、糖質等の易分解性物質が微生物の分解を受け、次いで難分解性有機物のセルロース、ヘミセルロースの分解が起こり、最後にリグニン分解へと進行する。臭気発生は主として堆肥化初期の易分解期に起こり、タンパク質、アミノ酸等の分解によりアンモニアや低級脂肪酸及び硫化水素等のイオウ系物質が発生することが知られており、この時期は好気性微生物の細菌、糸状菌が活動する。この発酵初期の段階のアンモニアの発生を抑制するためにアンモニア同化率の高い細菌の検索が各地で行われ、その結果、白石ら⁷⁾は発酵中の豚ふんから80%以上の同化率を持つ放線菌の分離に成功している。今回、筆者は乳牛ふん堆肥化時のアンモニア発生を抑制する目的で乳牛ふんを多施用している土壌からアンモニアの同化率が74%以上の細菌を分離した。本試験では乳牛ふん及び豚ふんにこのアンモニア低減細菌を添加して堆肥化を行った結果、いずれのふん

でも発酵初期の段階で試験区が対照区に比べてアンモニア濃度が低くなった。これは微生物の分解を受けて発生するアンモニアを添加細菌が菌体タンパク質として利用した結果と考えられる。しかし、豚ふんでは1週間後に切り返しをした結果、その後のアンモニア濃度は反対に試験区が対照区より高く推移した。このことは切り返し前は発酵槽内でアンモニア低減細菌相に都合のよい一定の生育条件が安定保持されていたが切り返しにより細菌の生育条件が変化した結果と考えられるので、今後切り返し前後の微生物の種類、数及び活性度の推移等を検討する必要がある。黒田ら⁴⁾は *Bacillus* 属のアンモニア低減細菌を用いて豚ふん堆肥化時の臭気を調査し、試験区の排気中のアンモニア濃度は対照区に比して低く、窒素損失は8%少なかったとしている。同様に白石ら^{6, 7, 8)}は発酵中の豚ふんから分離した *Bacillus* 属のアンモニア低減細菌を豚ふん全体に混合あるいは上部に混合して堆肥化試験を行いアンモニアの排出量が8~12%少なくなったと報告している。本試験では乳牛ふんで約16%、豚ふんで約36%のアンモニア排出低減効果を認めている。このように微生物添加によるアンモニアの排出低減効果が認められているが、いずれも材料10kg程度の小規模実験である。原ら^{2, 3)}は大田ら⁵⁾が用いた種堆肥をもとに10~1000kg規模で試験を行った結果、10kgの小規模では悪臭の低減効果を認めたが、100kg以上では効果が低下したと報告しており、今後100kg以上での検討が必要である。

一方低級脂肪酸についてみると、阿部¹⁾らは低級脂肪酸固定能が高い菌群で調製した種堆肥添加による豚ふんの堆肥化試験の結果、低級脂肪酸類は無添加区に比べて低くなったと報告している。本試験の結果では低級脂肪酸固定能菌の添加の有無に関係なく牛ふんでは試験区が

対照区に比べて低い傾向を示したが、変動が大きく一定の傾向は認められなかった。豚ふんではノルマル酪酸を除いて試験区が対照区より低く、時間の経過と共に低下する傾向を示した。このように牛ふんと豚ふんでは異なる傾向を示したが、これについては畜ふんに由来する菌群の影響が考えられ、今後検討する必要がある。

引用文献

- (1) 阿部英則・井内浩幸・山川正明 (1998) : 豚糞の腐熟促進, 悪臭低減をはかる菌群の検索と小規模堆肥化時におけるその効果: 滝川畜試研報. 30, 31-38
- (2) 原正之・広瀬和久・大田欽幸 (1989) : 無臭化微生物による家畜排泄物の処理に関する研究: 三重農技セ研報. 17, 47-54
- (3) 原正之・石川裕一 (1993) : 無臭化微生物による家畜排泄物の処理に関する試験: 三重農技セ研報. 21, 51-59
- (4) 黒田和孝・長田隆・森下惟一・西村弘 (1996) : 第91回日本畜産学会講演要旨: 63
- (5) 大田欽幸・池田貢 (1979) : 微生物による豚ふんの急速無臭化法: *Nippon Nogeikagaku Kaishi* 53(9), 277-284
- (6) 白石誠・森下惟一・黒田和孝 (1996) : 第91回日本畜産学会講演要旨: 64
- (7) 白石誠・田原鈴子・古川陽一・日野靖興 (1998) : 微生物による堆肥化処理技術の開発 (II) 岡山総畜セ研報. 9, 53-60
- (8) 白石誠・脇本進行・田原鈴子・古川陽一・日野靖興 (1999) : 微生物による堆肥化処理技術の開発 (III) 岡山総畜セ研報. 10, 53-56