

もどし堆肥利用による環境負荷要因の解明

北條 享、神辺佳弘¹、斎藤忠史²、杉本俊昭³

¹栃木県農務部畜産振興課 ²栃木県酪農試験場 ³栃木県酪農試験場南那須育成牧場

要 約

試験Ⅰ：もどし利用による製品堆肥中の成分変動調査 牛ふんを主原料に実験室規模でもどし堆肥の製造を繰り返す、その過程における肥料成分の蓄積状況を段階的に調査した。

結果、モミガラ区、オガクズ区のいずれも 21 日間の堆肥化で pH の上昇がみられ、EC は下がる傾向にあった。堆肥化の開始時と終了時を比較すると、アンモニア態窒素は大幅に減少し、硝酸態窒素は増大した。また硝酸態窒素の占める割合（硝酸態窒素量/無機態窒素量）は両区とも一、二巡目が 90% 以上であるのに対し、三巡目はモミガラ区で 47.6%、オガクズ区で 67.2% とやや低い結果となった。二巡目および三巡目の終了時成分の結果から、もどし利用を繰り返すことで各肥料成分の濃度がわずかずつ上昇することが確認された。

試験Ⅱ：もどし利用による堆肥製造過程における悪臭濃度調査 牛ふんともどし堆肥の混合割合が異なる試験区を二区（生ふんともどし堆肥の乾物比 2:1 および 1:1）設け、もどし堆肥を混合しない区を対照区とし、小型堆肥化実験装置を用いて堆肥化過程に発生するアンモニアとイオウ化合物臭気の濃度を経時的に調査した。

結果、アンモニア臭気濃度は試験区が対照区よりも低く推移した。そこで発生したアンモニアを全量捕集し、支出した窒素量を試算したところ、堆肥化開始時の新鮮ふん窒素量を 100% とした場合、対照区が 4.9% の支出であったのに対し、2:1 区が 3.8%、1:1 区が 3.4% であった。このことから牛ふんへの堆肥のもどし利用はアンモニア臭気の低減効果があると考えられた。一方、イオウ化合物臭気の低減効果は確認されなかった。

試験Ⅲ：現地におけるもどし堆肥利用の実態調査 県内でもどし利用を導入している酪農家 13 戸について、利用状況、衛生状況、もどし堆肥を含む堆肥を施用している飼料畑の土壌等について調査した。

もどし堆肥を含まない堆肥に比べ、もどし堆肥は EC がやや高く、また乾物中%で窒素が低く加里が高い傾向にあった。大腸菌群数を調べた結果、ほとんどの牛床および堆肥化施設投入部のふん尿混合物からは、多くの大腸菌群が検出され、一方、もどし堆肥からは大半の酪農家で検出域未満であった。もどし堆肥が含まれる堆肥を施用し続けて数年経過した飼料畑について土壌成分の分析をした結果、圃場間のばらつきが大きく、加里濃度の高い圃場が散見された。

緒 言

近年、畜産経営の多頭化に伴うふん尿排出量の増加により、オガクズをはじめとする堆肥製造のための副資材の安定的な入手が困難になってきている。そのような中でコスト低減を図るとともに副資材を自らの経営の中に見いだすという視点から、発酵乾燥させた堆肥を副資材（敷料）として活用する事例（もどし堆肥）が増えている。

その一方で、堆肥を敷料なり水分調整材として繰り返し使用することによる堆肥中の無機塩類の集積を懸念する声や、堆肥を生産する畜産農家ばかりでなく、利用する耕種園芸農家サイドからも多くなってきている。

そこで、まず基礎実験として、牛ふんを主原料にもどし堆肥の製造を繰り返す、その過程における肥料成分の蓄積状況を段階的に調査（試験Ⅰ）し、また同様に堆肥化過程に発生する悪臭成分濃度を経時的に調査（試験Ⅱ）した。さらに、県内の酪農家で実際に利用しているもどし堆肥について、その成分的特徴や衛生効果、施用した飼料畑土壌の状況を調査（試験Ⅲ）し、これらの結果を、今後のもどし堆肥の適正利用に資することとした。

材料及び方法

【試験Ⅰ】

1. 試験方法

強制通気式密閉型の小型堆肥化実験装置（樹富士工業社製、以下「堆肥化装置」）を用いて、実験室規模で製造した堆肥を水分調整材として新鮮な牛ふんに混合し、再び同装置で堆肥化を行う行程を 2 回繰り返した（図-1）。堆肥化期間中の通気は 0.4L/分の連続通気とし、堆肥化期間は各巡とも 21 日間で 7 日目と 14 日目に切り返しを行った。

2. 試験区

副資材別にモミガラ区とオガクズ区とを設け、二巡目と三巡目におけるもどし堆肥の混合割合は乾物比で 生ふん：もどし堆肥=1:1 とし、さらに堆肥化開始時の水分が 65% となるよう、各副資材を添加した。

3. 試験場所及び試験期間

栃木県畜産試験場、平成 13 年 5 月～8 月

4. 供試材料

ホルスタイン種搾乳牛ふん（化学性を表-1 に示す）、モミガラ、オガクズ

5. 分析方法

(1)発酵温度

自己記録温度計により試料の発酵温度を1時間毎に測定した。

(2)堆肥の成分分析

- ①水分率：試料を105℃で12時間以上熱風乾燥し、その減重量から求めた。
- ②灰分率：①で得られた乾燥試料を粉碎し、マッフルで450℃ 5時間以上焼き、その減重量から求めた。
- ③pH およびEC：原物試料中の乾物と水との比が1：10となるよう加水し、30分振とう後、ガ

ラス電極及び電気伝導度計で測定した。

- ④アンモニア態窒素および硝酸態窒素：原物試料を2N-KClで抽出濾過した液を、蒸留法及びデバルタ合金法で測定した。
- ⑤全窒素：ケルダール法で測定した。
- ⑥リン酸：バナドモリブデン酸アンモニウム法で測定した。
- ⑦加里、石灰、苦土、ナトリウム：原子吸光度法により測定した。

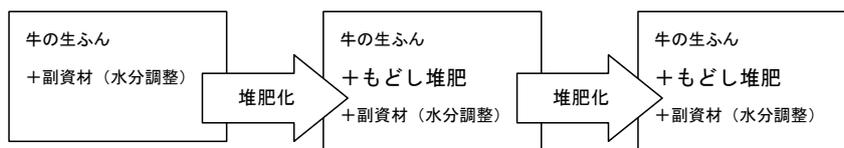


図-1 試験Ⅰのフローチャート

表-1 供試牛ふんの化学性(試験Ⅰ)

pH	EC ds/m	水分 %	NH ₄ -N mg/100g	NO ₃ -N mg/100g	灰分 %	全窒素 %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %
6.1	6.05	82.8	298.6	3.6	16.5	2.2	4.0	2.0	1.8	0.4	0.4

注) 水分は原物、他は乾物当たりの値。

【試験Ⅱ】

1. 試験方法

新鮮な搾乳牛ふんを主原料に、実験室規模で試験Ⅰと同じ堆肥化装置を用いて堆肥化を行い、アンモニアおよびイオウ化合物臭気の発生状況を経時的に調査した。

堆肥化期間中の通気は0.4L/分の連続通気とし、堆肥化期間は13日間で7日目に切り返しを行った。

2. 試験区

新鮮ふんともどし堆肥の混合割合が乾物比で2：1(H区)と、同様に1：1(S区)の二区を設定し、もどし堆肥を混合しない区を対照区とした。堆肥化開始時の水分率はほぼ一定とし、堆肥化装置へは生ふんとしての充填量が3.00kgとなる混合物相当量を充填した。

3. 試験場所及び試験期間

栃木県畜産試験場、平成14年4月～7月

4. 供試材料

ホルスタイン種搾乳牛ふん(化学性を表-2に示す)、モミガラ、オガクズ

5. 分析方法

- (1)、(2)

試験Ⅰと同じ。

(3)臭気分析

堆肥化装置からの排気ガスは、蒸気放冷用三角フラスコを経由し、ガスサンプル採取用三方管、さらにアンモニア捕集用に6N-H₂SO₄の入った捕集瓶2本を経て排出させた(図-2)。アンモニアは検知管法で、イオウ化合物(硫化水素、メチルメルカプタン、硫化メチル、二硫化メチル)はガスクロマトグラフで濃度測定をした。

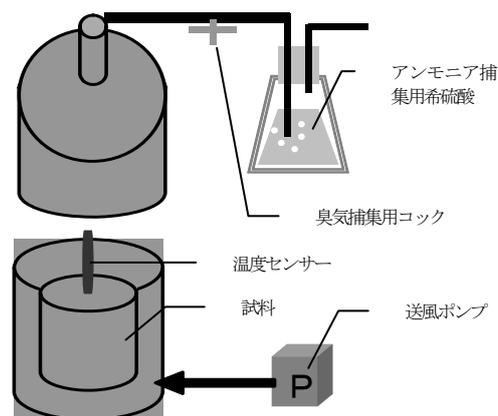


図-2 堆肥化装置とガス捕集の概略図

表-2 供試牛ふんの化学性(試験Ⅱ)

pH	EC ds/m	水分 %	NH ₄ -N mg/100g	NO ₃ -N mg/100g	灰分 %	全窒素 %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %
7.5	4.79	83.6	554.7	2.2	19.6	2.3	2.1	2.7	2.0	1.1	0.8

注) 水分は原物、他は乾物当たりの値。

【試験Ⅲ】

1. 調査方法

対象農家は畜舎がフリーストールまたはフリーバーンで、自家生産堆肥を牛床や通路にもどし利用している県内の酪農家13戸とした。調査はもどし堆肥の生産利用状況について聞き取りを中心に行うとともに、もどし堆肥・牛床のふん尿混合物・堆肥化施設投入物それぞれについて、成分および大腸菌群数を分析した。また、もどし堆肥を含む堆肥を連年施用している飼料畑5か所について、圃場の土壌成分を分析した。

なお、堆肥については平成14、15年度の栃木県堆肥共励会酪農部門に出品された堆肥のうち、敷き料や水分調整材にもどし堆肥を利用していない17点の堆肥（以下「非もどし」）の平均値を比較対照とした。

2. 調査期間

平成15年3月～6月

3. 分析方法

(1) 堆肥の成分分析

試験 I-5-(2)に同じ。

(2) 大腸菌群数

原物試料5gに滅菌水45mlを加え激しく振とう後、懸濁液を段階希釈調製した。細菌数の測定は希釈平板塗抹法により、大腸菌群選択培地で37℃、18時間培養後、赤橙色を示すコロニーを大腸菌群として計数した。

(3) 土壌分析

もどし堆肥を含む堆肥を連年施用して2年以上経過している飼料畑について、表層～30cm深の土壌を採取、混和した試料を分析に供した。

①pHおよびEC：原物試料中の乾物と水との比が1：5となるよう加水し、30分振とう後、ガラス電極及び電気伝導度計で測定した。

②アンモニア態窒素および硝酸態窒素：原物試料を2N-KClで抽出濾過した液を、蒸留法及びデバルタ合金法で測定した。

③全窒素：ケルダール法で測定した。

④可吸態リン酸：トルオーグ法による抽出後、モリブデンブルー法による比色定量で測定した。

⑤加里、石灰、苦土：酢酸アンモニウム液で抽出後、原子吸光度法により測定した。

結果及び考察

【試験Ⅰ】

1. 発酵温度

各巡の堆肥化過程における発酵温度の推移を図-3に示す。各巡とも品温はモミガラ区、オガクズ区ともに類似した推移であった。

一巡目は、いずれの区も堆肥化開始から約1日後に最高温度に達したが、両区とも最高温度は47℃程度と発酵温度としてはやや低く、また堆肥化開始から3日

後には30℃を下回った。7日目の切り返し後は再び緩慢な昇温を示したが、14日目の切り返し後は昇温がみられなかった。

二巡目は、両区とも堆肥化開始から約2日後に最高温度に達し、その温度はモミガラ区が47.6℃、オガクズ区が51.9℃であった。7日目及び21日目の切り返し後はいずれの区も昇温がみられなかった。

三巡目は、両区とも堆肥化開始から約1日後に最高温度に達し、いずれも67℃以上を示した。7日目の切り返し後、11日目から13日目に緩慢な昇温がみられたが、これは外気温の上昇が影響したためと考えられる。

各巡、各区とも、堆肥化期間中をとおして24時間毎に品温の昇降がみられたが、これは堆肥化装置を開放型の施設内に設置して試験を実施したため、外気温の変動の影響を受けたものと考えられる。

2. 試料の化学性

試験区別に、各巡毎の開始時と終了時の成分分析結果を表-3に、無機態窒素濃度の変化を図-4に、また各巡終了時の試料中における肥料成分濃度を比較したグラフを図-5に示す。

(1)モミガラ区、オガクズ区ともに各巡の開始時から終了時にかけてpH及び灰分が上昇した。一方ECはいずれの区、巡においても下がる傾向にあった。

(2)巡毎の開始時と終了時を比較すると、アンモニア態窒素量は大幅に減少し、硝酸態窒素量は上昇した。また、無機態窒素総量に占める硝酸態窒素量の割合は、両区とも一、二巡目が90%以上であったのに対し、三巡目はモミガラ区で47.6%、オガクズ区で67.2%とやや低い結果となった。

(3)各巡の終了時における成分を比較すると、各肥料成分の濃度がわずかずつ上昇していることが確認された。

理論上、もどし利用を繰り返すことにより塩類濃度が直線的に増大することはないと考えられる。通常の堆肥化でも、その過程で水分や窒素、炭素の一部は揮散するとともに、有機物は微生物の分解によって減少し、全体としての容積が減少することから、見かけ上、分解されないまま残った塩類は相対的に濃度が上昇していく、という現象がおきる。そこで腐熟が十分に進んだ堆肥に、新たに新鮮ふんを加えて堆肥化を行う（もどし利用と同じ）場合でも、全体としての容積が増えた中で堆肥化が進むことから、塩類の（絶対量は増えても）全体に占める割合（濃度）は、腐熟が進むにつれて同程度の域で落ち着くと推察できる。

本試験ではもどし堆肥の他にモミガラ、オガクズといった副資材も併せて添加しているが、現地の酪農家においても、もどし堆肥と他の副資材を併用する事例

がほとんどである（後述の試験Ⅲで紹介）ことから、実際にはミネラルなどの肥料成分濃度は副資材を添加することによって希釈されているともいえる。
 しかし、本試験の結果からも、もどし利用を繰り返した結果、塩類をはじめとする肥料成分濃度は若干上

昇していることが確認されたことから、今後はもどし堆肥や併用する他の副資材の添加割合、堆肥化期間やもどし利用の回数などの諸条件を精査し、塩類蓄積のメカニズムを解明することとする。

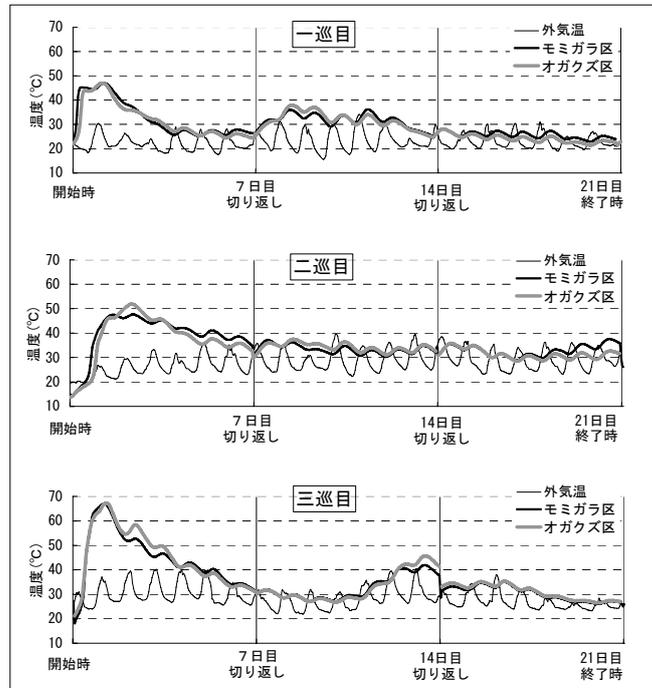


図-3 巡別にみた発酵温度の推移(試験Ⅰ)

表-3 試料の化学性(試験Ⅰ、左:モミガラ区 右:オガクズ区)

		pH	EC ds/m	水分 %	NH ₄ -N mg/100g	NO ₃ -N mg/100g	灰分 %
一巡目	開始時	6.6	3.49	65.6	103.1	10.1	23.2
	終了時	7.1	2.42	63.1	3.1	206.5	24.7
二巡目	開始時	6.5	3.33	66.9	73.8	10.4	22.4
	終了時	6.9	2.74	64.6	11.5	152.2	27.0
三巡目	開始時	6.4	4.31	62.9	154.0	49.0	25.5
	終了時	6.5	3.85	63.5	102.2	92.7	26.6

注) 水分は原物、他は乾物当たりの値。

		pH	EC ds/m	水分 %	NH ₄ -N mg/100g	NO ₃ -N mg/100g	灰分 %
一巡目	開始時	6.1	3.29	65.5	109.8	11.1	5.4
	終了時	6.8	2.04	62.1	8.2	251.0	6.7
二巡目	開始時	6.3	2.84	66.8	67.9	33.6	7.5
	終了時	6.9	1.61	65.3	3.5	34.0	9.6
三巡目	開始時	6.3	4.65	67.2	180.9	18.5	10.9
	終了時	7.7	2.51	67.8	21.0	43.1	12.7

注) 水分は原物、他は乾物当たりの値。

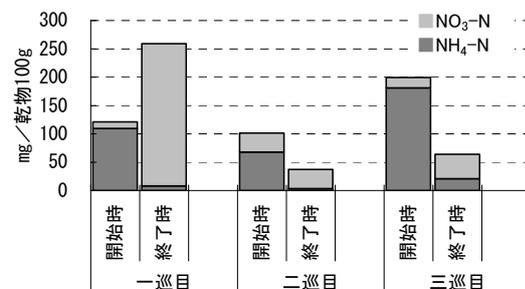
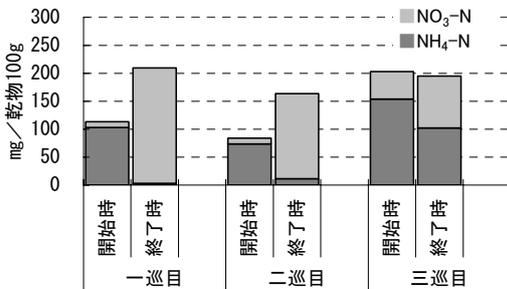


図-4 無機態窒素濃度の推移(試験Ⅰ、左:モミガラ区 右:オガクズ区)

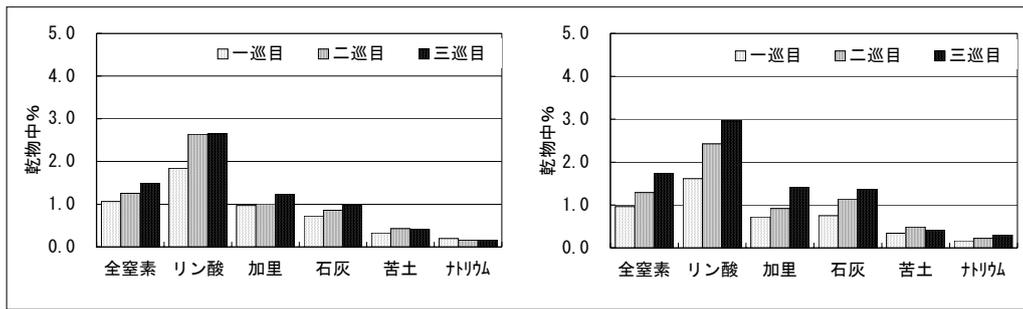


図-5 各巡終了時における肥料成分濃度 (左:モミガラ区 右:オガクズ区)

【試験Ⅱ】

1. 発酵温度

堆肥化期間における発酵温度の推移を図-6に示す。各区とも堆肥化開始から約24時間後に最高温度を示し、対照区は47.2℃、H区が53.1℃、S区が54.9℃であった。しかし、切り返し後はほとんど昇温がみられなかった。なお、期間中における温度の積算値はS区が最も大きく、対照区が最も小さかった。

2. 試料の化学性

(1) 各区の堆肥化開始時、と終了時の化学性を表-4に示す。pHはいずれの区も開始時が7.5前後であり、切り返し時は8.8程度まで上昇したが、終了時はいずれの区もやや下がり、もどし堆肥を添加したH区及びS区が約8.0であったのに対し、もどし堆肥を添加しない対照区は8.5であった。

また、灰分はいずれの区も若干上昇した。

(2) 堆肥化開始時と終了時の各区における乾物100g中のアンモニア態窒素および硝酸態窒素濃度および総無機態窒素に占める硝酸態窒素の割合を表-4、図-7に示す。いずれの区も堆肥化開始時においては、硝酸態窒素濃度および総無機態窒素に占める硝酸態窒素の割合は低かった。また終了時においては、H区とS区がアンモニア態窒素の減少と硝酸態窒素の増加が著しく、硝酸態窒素の占める割合も90%以上と高かった。これに対し、対照区は、終了時において硝酸態窒素の増加がみられたもののアンモニア態窒素の残存が多く、硝酸態窒素の占める割合は40%程度であった。

3. 臭気濃度の変化

(1) 堆肥化期間中におけるアンモニア濃度の推移を図-8に示す。堆肥化開始から対照区が3日後に、H区およびS区が2日後にそれぞれ最大濃度を示し、それぞれ150ppm、105ppm、150ppmであった。各区ともピーク後徐々に濃度は低下し、切り返し後も低下する傾向であったが、総じてH区およびS区の両試験区が対照区よりも低濃度で推移した。そこで、期間中におけるアンモニアガスとして発生し希硫酸液に捕集された窒素量、および開始時における堆肥化

装置内の新鮮ふん総窒素量に対する割合を算出した結果、対照区554.1mg(4.9%)、H区425.8mg(3.8%)、S区386.0mg(3.4%)であった。

以上から、完熟堆肥を副資材として添加するもどし利用は、牛ふんの堆肥化過程で発生するアンモニア臭気を抑制する効果があることが示唆された。これは、アンモニアガスがもどし堆肥に吸着されたこと、さらにはもどし堆肥に含まれる硝酸化成菌の働きにより試料中のアンモニア態窒素がすみやかに硝酸態窒素へ変化したため、アンモニアガスとしての放散が少なかったことなどが要因として考えられる。(2) 堆肥化期間中におけるイオウ化合物臭気濃度の推移を図-9に示す。

硫化水素は、H区とS区において低濃度で検出されたが、対照区では期間をとおして検出域未満であった。メチルメルカプタンは、全区とも堆肥化開始から2日後までは高濃度で検出されたが、3日目以降は検出域未満であった。硫化メチルは、全区とも堆肥化開始から24時間以内は高濃度で検出されたがその後すみやかに減少し、検出域未満のレベルで推移した。二硫化メチルは、全区ともに、堆肥化期間をとおして検出されないレベルで推移した。

以上から、もどし堆肥添加によるイオウ化合物臭気の低減効果は確認できなかった。

これまでも堆肥添加による臭気低減については、豚ふん堆肥では低級脂肪酸類などに対し臭気低減効果が確認されており^{1) 2)}、また牛ふん堆肥を豚ふんに表面散布することで低級脂肪酸に対する脱臭効果が認められたことも報告されている³⁾。さらに堆肥化初期の高濃度臭気を完熟堆肥槽へ通気、吸着させることでアンモニアやイオウ化合物、プロピオン酸などの多くを除去できる⁴⁾、といった報告がある。本試験からはイオウ化合物の低減効果は確認されなかったものの、アンモニアについては効果が認められたことから、もどし堆肥による悪臭低減の有効性に資するものである。

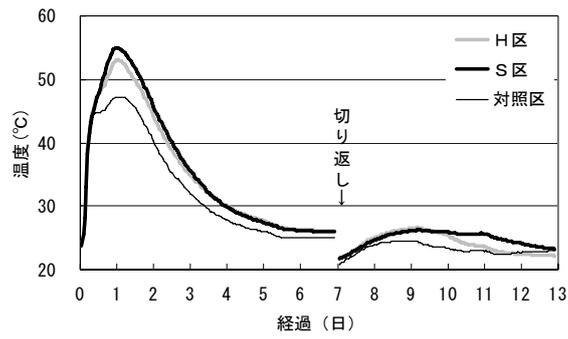


図-6 発酵温度の推移(試験Ⅱ)

表-4 試料の化学性(試験Ⅱ)

		pH	水分 %	灰分 %	NH ₄ -N mg/100g	NO ₃ -N mg/100g
H区	開始時	7.6	70.0	19.7	242.8	3.1
	終了時	8.0	71.0	21.4	7.3	106.4
S区	開始時	7.7	70.0	19.4	225.1	5.9
	終了時	7.9	72.1	22.0	8.1	129.8
対照区	開始時	7.3	70.6	19.2	273.0	1.7
	終了時	8.5	70.9	21.1	125.7	84.9

注) 水分は原物、他は乾物中の値。

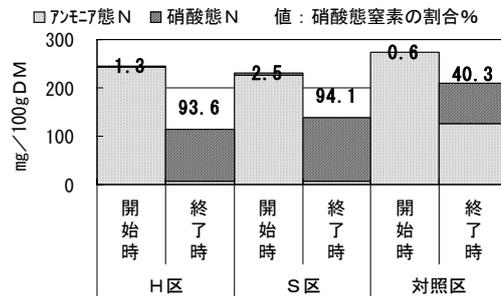


図-7 無機態窒素濃度の推移(試験Ⅱ)

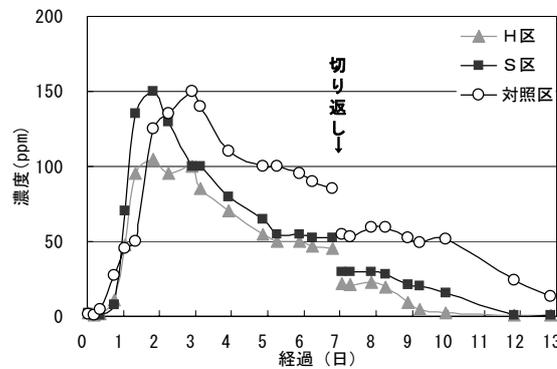


図-8 アンモニア濃度の推移

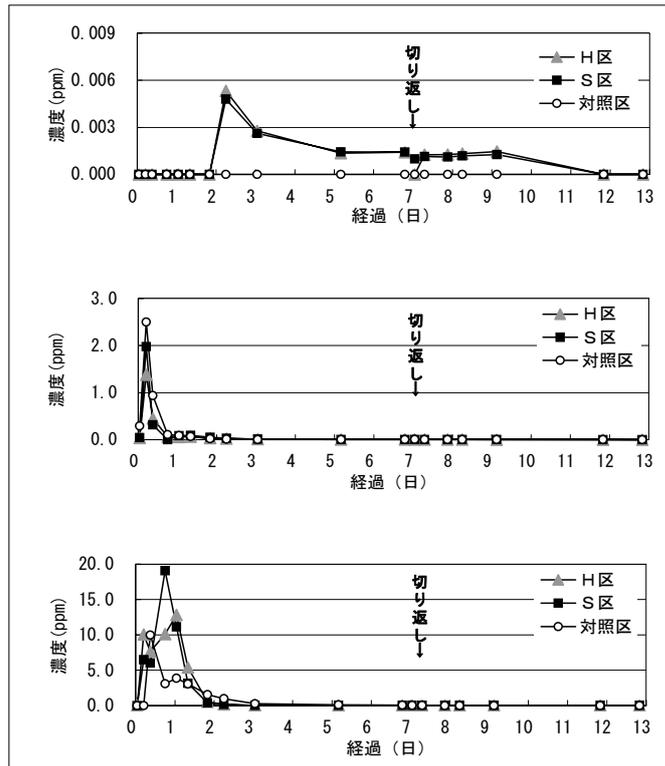


図-9 イオウ化合物濃度の推移
(上段：硫化水素 中段：メチルメルカプタン 下段：硫化メチル)

【試験Ⅲ】

1. 調査農家の概況

調査した13戸の酪農家の概況を表-5に示す。経営規模は経産牛頭数で70～140頭の範囲で、特に100頭前後の頭数が多く、畜舎はフリーストールまたはフリーバーン形態であった。

ふん尿処理方式はいずれもロータリ式の攪拌装置で一次処理を行い、堆肥舎で二次処理と堆積保管をする方法であった。

もどし利用の割合は経営毎に様々であったが、他の副資材を用いずにもどし堆肥のみでふん尿処理を行うという事例は調査した中にはなく、いずれの農家もオガクズやモミガラなどの副資材ともどし堆肥とを併用していた。

堆肥の施用については、特にもどし利用の頻度が高い農家において、できるだけ自己圃場へ還元し、堆肥を経営外への譲渡販売を控えている事例が散見された。

2. もどし堆肥の化学性

各農家でもどし利用に供している堆肥を採取し各成分を分析した結果を、非もどし堆肥と比較したものを表-6に示す。

総じて、もどし堆肥は非もどしと比べてECがやや高く、また乾物中%で窒素が低く加里が高い傾向にあった。またもどし堆肥はECを除くすべての項目で試

料毎(農家毎)のばらつきが小さく、特に全窒素、pHのばらつきは極めて小さかった。

農家はもどし利用に供することを念頭に、その取り扱い性や安全性を向上させようと、できるだけ時間をかけ腐熟を進行させた堆肥を製造していることから、易分解性有機物の分解がより進んでおり、窒素成分やpHが安定したものとなったためと考えられる。

もどし堆肥の加里濃度が高いことについては、サイレージや乾草などの粗飼料が主体であり、よってふん尿中の加里濃度が高い⁵⁾こと、さらに飼養形態と清掃作業などを考慮すると、ふんと多くの尿が一括して処理されていることから、乳牛の尿中に比較的多く含まれる加里が、もどし堆肥の成分値に反映されたためと考えられる。

非もどしに対してもどし堆肥のECは総じて高い傾向にある。これは経営内におけるもどし利用の割合や頻度、経過年数などの要因による可能性があるが、その傾向や特徴などは明確にできなかった。

3. 大腸菌群数

調査した酪農家13戸における、もどし堆肥、畜舎から堆肥化施設へ搬出されて間もないふん尿と副資材の混合物、牛床の敷き料について、それぞれの大腸菌群数調べた結果を図-10に示す。

多くの農家では牛床および堆肥化施設投入物で $10^3 \sim 10^7$ CFU/gの範囲で検出されており、その後堆肥化行程を経て検出域未満のまで減少する傾向にあった。

しかし、堆肥化後も比較的多くの大腸菌が残存している農家が散見され、特にF農家のもどし堆肥からは、 10^6 CFU/gを越える大腸菌群が検出された。

酪農経営のなかでも、特にフリーストールやフリーバーンのような飼養形態において、牛床や通路にもどし堆肥を敷き料として利用する場合は、クレブシエラ属細菌や大腸菌の増殖抑制効果^{6) 7)}を前提に、乳房炎などの疾病を予防する効果を期待している場合が多い。しかし、堆肥化過程で十分な高温発酵を経っていないなどの要因により、堆肥化処理後も多くの大腸菌群が残存している前述のような堆肥は、牛床の敷き料に用いることで逆に疾病発生を拡大させる危険性がある^{7) 8)}ことから、敷き料に利用することは避けるべきである。

4. 飼料畑土壌の化学性

もどし堆肥を含む堆肥を連年施用し続けて2年以上が経過している飼料畑土壌の分析結果を表-7に示す。

pHは圃場間のばらつき小さいものの、アルカリに偏った圃場が多かった。リン酸は圃場間のばらつきが大きく、基準値⁹⁾を下回る圃場が3点あった。加里は基準値を上回る圃場が3点あり、特にC圃場は上限値

の5倍以上と非常に高く、早急な施肥改善が必要と考えられる。石灰は基準値をわずかに下回る圃場が2点、わずかに上回る圃場は1点であった。苦土は基準値を下回る圃場が1点あった他は適正範囲内であった。これらミネラルのバランスをみると、Ca/Mg比が適正範囲を下回るものが2点、上回るものが1点あり、これらは石灰質肥料の過不足によるものと考えられる。またMg/K比は適正範囲に満たないものが2点あり、そのうちC圃場は加里過剰、D圃場は苦土不足による影響と考えられる。

施用する堆肥の成分や施用量は農家間で異なるが、特に牛ふん尿由来の堆肥やこれを繰り返しもどし利用しているもどし堆肥は、Kなどのミネラル含量が高い傾向にあり⁵⁾、これらの堆肥を連年施用し続けた土壌でもK蓄積量が増大する。さらに作物のK吸収量が過剰となり、作物中のミネラルバランスK/(Ca+Mg)比が高くなれば、摂食する家畜の低Mg症や乳熱症などの疾病を引き起こす要因となる¹⁰⁾可能性がある。飼料作物の種類やその要求率、さらに圃場土壌の分析結果を十分考慮し、堆肥と化学肥料増減肥する対策が必要である。

表-5 調査農家の概況

経産牛頭数	飼養形態	堆肥製造方法	全体の堆肥生産量に占めるもどし利用の割合	もどし堆肥の利用方法 (複数回答)	堆肥の施用
80頭未満(2)	フリーストール(11) フリーバーン(2)	開放型攪拌装置 +堆肥舎(全)	2割未満(3)	■牛床の敷き料に堆肥のみを利用(8)	■もどし堆肥を含む堆肥は優先的に自己圃場へ施用し経営外へ流通しない(3) ■もどし堆肥を含む堆肥を選別することなく自己圃場へ施用、あるいは経営外へ流通(10)
80~100(6)			2~5割(8)	■牛床の敷き料に堆肥と他の副資材を混合して利用(5)	
100~120(3)			5~8割(1)	■水分調整材に利用(4)	
120頭以上(2)			8割以上(1)		

注) カッコ内数値は戸数

表-6 試料の化学性(試験Ⅲ)

		pH	EC ds/m	水分 %	灰分 %	全窒素 %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %
もどし堆肥 n=13	農家A	8.1	4.88	59.8	19.5	1.9	1.6	2.8	1.5	0.9	0.9
	B	9.0	6.50	55.0	38.9	1.9	2.6	3.5	3.8	1.6	0.8
	C	9.2	10.12	47.3	33.3	2.1	3.1	6.3	4.8	1.9	1.2
	D	9.3	7.98	51.6	28.6	1.7	3.5	4.3	3.5	1.5	1.1
	E	9.2	8.34	52.6	25.7	1.8	2.3	4.4	2.8	1.3	1.1
	F	8.7	6.77	55.2	26.1	2.1	2.3	4.6	3.2	1.3	0.5
	G	8.3	8.25	37.7	27.9	2.2	3.9	4.1	3.5	1.5	0.7
	H	9.0	8.36	53.3	25.5	2.1	2.1	4.6	2.7	1.2	1.3
	I	8.5	5.03	52.2	19.8	1.6	1.7	2.8	2.4	0.9	0.7
	J	9.2	6.58	60.4	22.6	1.9	1.8	3.7	4.2	1.3	1.0
	K	8.8	4.65	49.2	20.0	1.4	1.5	3.1	2.6	1.0	0.6
	L	9.0	7.21	52.7	31.6	1.9	1.7	4.3	2.0	1.1	0.8
	M	8.5	5.90	27.3	23.0	2.2	2.6	3.8	4.6	1.7	0.7
	最大値	9.3	10.12	60.4	38.9	2.2	3.9	6.3	4.8	1.9	1.3
	最小値	8.1	4.65	27.3	19.5	1.4	1.5	2.8	1.5	0.9	0.5
	平均値	8.8	6.97	50.3	26.3	1.9	2.4	4.0	3.2	1.3	0.9
	標準偏差	0.38	1.62	8.96	5.76	0.23	0.75	0.94	0.99	0.31	0.24
非もどし n=17	最大値	9.6	8.31	77.1	53.9	3.4	4.1	5.3	6.2	2.2	1.2
	最小値	6.5	3.23	20.1	10.1	1.2	0.8	0.8	1.2	0.4	0.0
	平均値	8.5	6.04	47.8	30.3	2.3	2.2	3.0	3.4	1.2	0.5
	標準偏差	0.90	1.58	17.94	10.42	0.68	0.90	1.27	1.55	0.45	0.34

注) 水分は原物、他は乾物中の値。

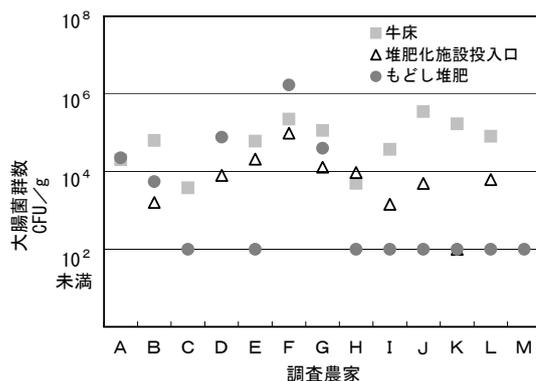


図-10 大腸菌群数の調査結果

表-7 飼料畑土壌の化学性

	pH	EC ds/m	アモニア態窒素 mg/DM100g	硝酸態窒素 mg/DM100g	全窒素 mg/DM100g	可給態リン酸 mg/DM100g	交換性加里 mg/DM100g	交換性石灰 mg/DM100g	交換性苦土 mg/DM100g	Ca/Mg 当量比	Mg/K 当量比
圃場A	7.2	0.16	0.96	0.47	281.9	23.2	124.8	569.7	110.5	3.7	2.1
圃場C	7.2	0.17	1.67	1.74	586.9	46.8	263.7	728.9	84.7	6.1	0.8
圃場D	6.2	0.20	1.40	6.05	413.0	3.0	61.9	357.6	30.4	8.4	1.2
圃場H	6.2	0.16	0.75	2.63	541.5	1.0	25.5	399.3	84.6	3.4	7.8
圃場J	6.9	0.11	0.87	1.73	301.6	2.9	47.7	422.6	61.3	4.9	3.0
基準値	6.0~6.5	—	—	—	—	10~30	15~50	420~670	40~120	4~8	2~8

注) 基準値は「関東東海地域飼料畑土壌診断基準値 (1988. 草地試)」火山灰土壌の値。

まとめ

近年は酪農の規模拡大に伴い、飼養形態は加速的にフリーストールやフリーバーンなどへ移行している。さらにもどし利用の有用性に関する研究がさらに進み、その効果が科学的に立証されれば、もどし利用技術を導入する経営はさらに増大するであろう。もどし堆肥の敷き料利用効果としては①敷き料費の節減②衛生環境の改善と疾病予防③臭気の低減、などがあげられるが、もどし利用は一つ間違えれば、特に疾病を拡大させる危険性を含んだ技術であることを忘れてはならない。特別な技術を必要としない代わりに、①十分な高温発酵と乾燥をさせるなど、堆肥化を適正に行う②敷き料の交換はこまめに行い、衛生環境を悪化させない、といった日常の管理、作業を励行することが最も重要である。

また、本試験からもどし利用を繰り返すことにより肥料成分濃度がわずかず上昇することが確認され、酪農家で実際に利用されているもどし堆肥の成分は、一部に偏重があることが分かった。しかし、もどし堆肥は一般の堆肥と同様、農家間のばらつきが非常に大きいものであることから、堆肥の施用にあたっては、まずは自分の堆肥の成分的特徴を把握するよう心掛け、堆肥を利用する耕種園芸農家などの利用者側に正確な情報を提供することにより、信頼の上に立った流通促進に貢献できるものと考えられる。

文献

- 1) 新田ら. 豚糞の堆肥化に伴う発生臭気に対する返送堆肥添加の影響. 沖縄県畜産試験場研究報告, 31:83-90. 1993
- 2) 渡部敢・阿部英則. 豚ふん堆肥・モミガラ混合物敷き料が豚ふん由来の悪臭成分と豚ふんの堆肥化に与える影響. 北海道立滝川畜産試験場研究報告, 31:27-34. 2000
- 3) TANAKA, H., K. KURODA and YONAGA. Biological Removal of VFA from Animal Wastes. 日本畜産学会報, 63(1):54-59. 1992
- 4) 堆肥吸着による脱臭システム. (独)農業・生物系特定産業技術研究機構九州沖縄農業研究センターホームページ,
http://www.knaes.affrc.go.jp/kyushu_seika/2002/2002125.html
- 5) 農文協編. 畜産環境対策大事典第2版:10-12
- 6) 伊吹ら. 自動切返し戻し利用を特徴とする牛ふん尿の堆肥化処理. 草地試験場研究報告, 58:38-56. 1999
- 7) 細田紀子. 乳房炎予防に有効—発酵堆肥の敷料利用. DAIRYMAN, 48(5):80-81. 1998
- 8) 仮屋喜弘. 戻し堆肥の敷料再利用技術. 畜産の研究, 57(1):101-105. 2003
- 9) 全国農業協同組合連合会畜産生産部自給飼料課. 自給飼料ザ・フォーレーJ&A:33-34
- 10) 中央畜産会. 日本飼養標準乳牛:14-15. 1999