

## 県内産家畜ふん堆肥の窒素無機化特性

荒巻幸一郎\*・山本富三・小山太<sup>1)</sup>・渡邊敏朗<sup>2)</sup>・荒木雅登・満田幸恵

福岡県内で生産された家畜ふん堆肥の有効利用を促進するため、家畜ふん堆肥の窒素無機化率を種類別に明らかにした。

- 1 培養開始時の窒素無機化率は、同畜種でも試料ごとで大きく異なった。また、培養終了時の窒素無機化率は、畜種ごとの平均と比較すると、牛ふん堆肥は鶏ふん堆肥や豚ふん堆肥よりも小さかった。また、牛ふん堆肥の中には、分解に伴い無機態窒素の有機化が生じ、無機化率が低下するものもあった。
- 2 窒素無機化率の経時変化について、その増加および低下の程度、開始時期から5つのパターンに類別した。このパターン化は、作物への効率的な堆肥施用を行う上での根拠となるが、窒素無機化率のパターンは、副資材の種類のみでは決まることはなかった。
- 3 肉牛およびオガクズ乳牛ふん堆肥では、培養期間中の無機化率はC/N比と負の相関が高く、C/N比が20を超えると無機態窒素の有機化によりマイナスとなるものが生じ、25以上は全てマイナスとなった。このことよりC/N比25以上では肥料的効果はほとんどないと考えられた。

[キーワード：窒素無機化率、家畜ふん堆肥、副資材、C/N比]

### Characteristics of Nitrogen Mineralization in Livestock Feces Composts in Fukuoka Prefecture

ARAMAKI Koichiro, Tomizou YAMAMOTO, Futoshi KOYAMA, Toshiro WATANABE, Masato ARAKI and Yukie MIZDA (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 26: 35 -40 (2007)

In order to promote the effective use of livestock feces composts in Fukuoka Prefecture, we examined the rate of nitrogen mineralization in livestock feces composts and classified nitrogen mineralization rates according to the type of livestock for which the compost is used. The results found were as follows:

1. In the early stages of the compost incubation experiment, it was found that nitrogen mineralization rates varied even when using the same livestock compost. In the final stages of the incubation experiment, the average nitrogen mineralization rate of the cattle feces composts was smaller than those of other livestock composts. In some cases, the nitrogen mineralization rates of the cattle feces composts decreased. This may be attributed to the organization of nitrogen as well as to the decomposition of the compost.

2. The process of nitrogen mineralization was categorized into five patterns according to the change in the mineralization rate we observed over time and the extent of the rise and fall of the mineralization rate from the early stages of the experiment. These patterns may be helpful for farmers hoping to use effectively livestock feces composts for their crops. It was found that patterns in nitrogen mineralization rates are not determined by the type of water-adjusting material incorporated in the composts.

3. In the case of beef cattle feces composts and dairy cattle feces composts mixed with sawdust, the nitrogen mineralization rate found during compost incubation tended to show a negative correlation with the C/N ratio. If the C/N ratio was over 20, there were cases in which the nitrogen mineralization rate was negative because inorganic nitrogen was fixed according to compost decomposition. If the C/N ratio was larger than 25, all values were negative. Thus, it was found that composts with C/N ratios larger than 25 have few fertilizing functions.

[Keywords: nitrogen mineralization rate, livestock feces composts, water adjustment-material, C/N ratio]

## 緒 言

従来、家畜ふん堆肥は地力の維持や土壌改良を目的として施用されてきた。近年、安全・安心な農産物や環境問題に対する消費者の関心が高まる中、有効な肥料成分を含む家畜ふん堆肥への期待は大きく、化学肥料の代替としての活用が求められている。そのためには、家畜ふん堆肥中に含まれる肥料成分含量と肥効を把握した上での施用が必要となる。特に窒素成分については、作物への影響が大きいため、堆肥中の有効な窒素成分を活用できないか検討<sup>12) 15)</sup>がなされている。

しかし、家畜ふん堆肥の副資材や製造方法が様々であることから、窒素肥効のばらつきは大きく<sup>11)</sup>、肥料的効果を期待しての利用を困難にしている。

そこで、県内で生産された家畜ふん堆肥の効率的な利用を促進するため、堆肥の種類別の窒素無機化特性について明らかにするとともに、窒素無機化率<sup>14)</sup>の経時変化を基にパターン化を試みたので、報告する。

## 材料および方法

試験には、良質な堆肥生産への意欲が高い、ふくおか良質堆肥コンクール出展者の家畜ふん堆肥（肉牛13点、乳牛26点、鶏6点、豚11点の合計56点）を用いた（第1表）。供試堆肥には副資材の無いものから、副資材としてオガクズやモミガラ、刈草、キノコ菌床、バーク、コーヒー粕、米ぬか、腐葉土等が単独あるいは複数で使われ

\*連絡責任者（土壌・環境部）

1) 畜産環境部

2) 現豊前分場

第1表 供試家畜ふん堆肥の副資材

畜種	副資材
肉牛 (13)	オガクズ(3)、パーク(2)、オガクズ+腐菌床(2)、樹枝・樹皮(1)、 オガクズ+古紙(1)、オガクズ+鶏ふん(1)、オガクズ+パーク(1)、 オガクズ+ワラ+籾殻(1)、オガクズ+籾殻+腐菌床(1)
乳牛 (26)	オガクズ(12)、オガクズ+モミガラ+チップ(2)、 オガクズ+戻し堆肥+コーヒー粕(2)、刈草(1)、戻し堆肥(1)、無し(1)、 オガクズ+もみ殻(1)、刈草+オガクズ(1)、刈草+籾殻(1)、 籾殻+腐菌床(1)、オガクズ+戻し堆肥(1)、オガクズ+戻し堆肥+腐葉土(1)、 戻し堆肥+腐白土+コーヒー粕(1)
鶏 (6)	無し(4)、オガクズ(2)
豚 (11)	無し(2)、オガクズ(2)、籾殻+腐菌床(2)、籾殻+オガクズ(2)、 モミガラ(1)、チップ粕(1)、オガクズ+米ぬか(1)

注) 括弧内の数値は供試試料の点数

第2表 畜種別家畜ふん堆肥の窒素、炭素含量及びC/N比

畜種	全窒素	全炭素	C/N比	アンモニア態窒素	硝酸態窒素
	%	%		%	%
肉牛 (13点)	2.10 <sup>a b</sup> 1.39~3.41	37.1 <sup>b</sup> 26.6~44.1	19.0 <sup>b</sup> 11.3~29.2	0.13 <sup>a b</sup> 0.00~0.52	0.10 0.00~0.28
乳牛 (26点)	1.87 <sup>a</sup> 0.96~2.54	35.4 <sup>b</sup> 13.4~44.3	19.5 <sup>b</sup> 11.2~32.8	0.03 <sup>a</sup> 0.00~0.25	0.13 0.00~0.40
鶏 (6点)	2.80 <sup>b c</sup> 2.00~3.48	26.5 <sup>a</sup> 19.7~34.0	9.9 <sup>a</sup> 7.4~17.0	0.06 <sup>a b</sup> 0.00~0.20	0.23 0.00~0.50
豚 (11点)	3.19 <sup>c</sup> 2.04~4.81	32.5 <sup>a b</sup> 26.0~40.0	11.0 <sup>a</sup> 6.5~16.0	0.22 <sup>b</sup> 0.00~0.88	0.13 0.00~0.65

1) 全て乾物当たりの濃度

2) 表の数値：上段は平均値、下段は最小~最大値(第3表もおなじ)

3) 縦列異符号間に5%水準で有意差有り (Scheffe's F Test)

ているものまで、多様であった。

全窒素含量は堆肥を硫酸で分解し、セミマイクロ蒸留法により定量した。アンモニア態窒素、硝酸態窒素含量は10%KCl抽出後、プレムナー法<sup>4)</sup>で定量した。全炭素含量は、小坂・本田・井蹟法<sup>5)</sup>により定量した。

窒素無機化率は、恒温器内で培養試験を行うことにより算出した。培養試験は、ポリ容器内に窒素で25mg相当の堆肥を土壌60gと混合し、畑状態(随時、水分が土壌の最大容水量の60%となるよう調製)として30℃の恒温器内で最大6ヶ月間行った。この間、培養開始時からほぼ一ヶ月ごとに取り出して、10%KCl液で浸出後、水蒸気蒸留法により無機態窒素含量を定量した。窒素無機化率は、以下の式により算出した。

窒素無機化率(%) = (堆肥混和土壌の無機態窒素量 - 土壌のみの無機態窒素量) / 堆肥の全窒素量 × 100

なお、培養前の堆肥中に含まれていた無機態窒素量の全窒素量に占める割合を算出し、それを培養開始時の窒素無機化率とした。また、培養終了時の窒素無機化率から培養開始時の窒素無機化率を差し引いた値を培養期間中の窒素無機化率とした。

## 結果および考察

### 1 窒素、炭素含量及びC/N比

家畜ふん堆肥の畜種別の窒素、炭素含量及びC/N比

を第2表に示した。畜種ごとの平均で比較すると、全窒素含量は、豚ふん堆肥が3.19%と最も高く、次いで鶏ふん堆肥2.80%、肉牛ふん堆肥2.10%、乳牛ふん堆肥1.87%の順に低くなった。一般的に全窒素含量は鶏ふん堆肥が最も高く、豚ふん堆肥から牛ふん堆肥の順に低い<sup>11)</sup>が、本研究では供試した鶏ふん堆肥が、全て比較的全窒素含量が低い発酵ふん<sup>6)</sup>であったためこのような結果になったと考えられる。

全炭素含量は、肉牛ふん堆肥と乳牛ふん堆肥がそれぞれ37.1%と35.4%と高く、次いで豚ふん堆肥が32.5%、鶏ふん堆肥は26.5%と低かった。C/N比は、乳牛ふん堆肥と肉牛ふん堆肥がそれぞれ19.5と19.0と高く、豚ふん堆肥と鶏ふん堆肥はそれぞれ11.0と9.9と低かった。この結果は、一般的に全炭素含量やC/N比は牛ふん堆肥が最も高く、豚ふん堆肥から鶏ふん堆肥の順に低くなる<sup>11)</sup>ことと一致した。

アンモニア態窒素含量は、豚ふん堆肥が0.22%と高く、次いで肉牛ふん堆肥と鶏ふん堆肥がそれぞれ0.13%と0.06%で、乳牛ふん堆肥が0.03%と低かった。硝酸態窒素含量は、鶏ふん堆肥が0.23%と他の家畜ふん堆肥と比較すると高い傾向が見られたが、有意な差がなかった。

ただし、同一畜種でも、個々の試料により成分含量の変動は大きく、全窒素含量では肉牛ふん堆肥で3.41%の試料もあり、豚ふん堆肥の平均値を上回る場合もあった。

第3表 畜種別家畜ふん堆肥の培養時期別の窒素無機化率

畜種	培養開始時 %	1ヶ月後 %	2ヶ月後 %	終了時 %	培養期間中 %
肉牛 (13点)	10.7 1.7~20.4	17.2 <sup>ab</sup> 3.9~35.6	16.3 <sup>ab</sup> 2.1~35.7	17.6 <sup>ab</sup> -8.6~48.6	6.9 -10.3~29.8
乳牛 (26点)	9.0 2.6~22.2	11.4 <sup>a</sup> 0.5~26.4	10.6 <sup>a</sup> -7.5~32.2	12.4 <sup>a</sup> 0.9~38.8	3.4 -13.2~27.2
鶏 (6点)	11.2 2.0~21.1	23.7 <sup>b</sup> 19.4~34.0	23.2 <sup>b</sup> 18.6~31.2	27.3 <sup>b</sup> 17.1~35.9	16.1 -0.7~32.4
豚 (11点)	11.8 2.9~27.6	22.6 <sup>b</sup> 10.2~40.6	23.9 <sup>b</sup> 11.9~43.0	25.4 <sup>b</sup> 9.6~42.9	13.2 0.2~20.7

- 1) 培養開始時の無機化率：堆肥中の全窒素量に占める無機態窒素(アンモニア態窒素+硝酸態窒素)量の割合
- 2) 培養期間中の無機化率：培養終了時の無機化率から培養開始時の無機化率を差し引いた値
- 3) 縦列異符号間に5%水準で有意差有り(Sheffe's F Test)

このことから、窒素無機化率についても個々の試料により変動が大きいことが予測された。

## 2 培養時期別の窒素無機化率

家畜ふん堆肥の畜種別の培養時期別窒素無機化率を第3表に示した。畜種ごとの平均値で比較すると、培養開始時の窒素無機化率は、乳牛ふん堆肥が9.0%と他の畜種と比べやや低い傾向が見られたが、有意な差はなかった。1ヶ月後の窒素無機化率は、鶏ふん堆肥と豚ふん堆肥がそれぞれ23.7%と22.6%で高く、次いで肉牛ふん堆肥が17.2%、乳牛ふん堆肥は11.4%と低かった。2ヶ月後の窒素無機化率は、豚ふん堆肥と鶏ふん堆肥がそれぞれ23.9%と23.2%で高く、次いで肉牛ふん堆肥が16.3%で、乳牛ふん堆肥は10.6%と低かった。培養終了時の窒素無機化率は、鶏ふん堆肥と豚ふん堆肥がそれぞれ27.3%と25.4%で高く、次いで肉牛ふん堆肥が17.6%で、乳牛ふん堆肥は12.4%と低かった。

家畜ふん堆肥については、化学肥料に対する窒素肥効率(以下窒素肥効率)が設定されており<sup>6)</sup>、牛ふん30%、鶏ふん70%、豚ふん70%とされてきた。しかし、最近これらの窒素肥効率に適合しない事例が報告<sup>13) 14) 15)</sup>されており、肥効率の見直しが検討されている。本研究で行った窒素無機化率は、堆肥中の全窒素量のうち培養期間経過後に無機化した窒素量の割合を示すのに対し、窒素肥効率は堆肥を施用して作物を栽培する場合に化学肥料と同等の肥効を示す窒素量の割合の目安となるもので、両者は一致するとは言えないが、近い値を示すと考えてよい。しかし、本研究で得られた畜種ごとの窒素無機化率は、窒素肥効率より著しく低かったことから、家畜ふん堆肥の肥効率について減じる必要があると考えられた。

培養期間中の窒素無機化率は、鶏ふん堆肥が16.1%、豚ふん堆肥が13.2%に対して、肉牛ふん堆肥が6.9%で乳牛ふん堆肥が3.4%と低い傾向が見られたが、有意な差はなかった。

また、畜種毎に培養時期別の窒素無機化率を見ると、いずれの時期でも個々の試料により窒素無機化率の変動は大きかった。この要因として、既報告でも述べられているが、堆肥に混合しているオガクズ等の各種副資材の

種類<sup>14)</sup>や量、堆積期間<sup>14)</sup>、腐熟度の差などの影響が考えられた。

## 3 窒素無機化率の経時変化のパターン化

各種有機質肥料の窒素無機化率の経時変化については、原料や成分組成、発酵過程等で異なることが報告<sup>1) 2) 8) 10) 13) 14)</sup>されている。そこで、今回家畜ふん堆肥の畜種ごとの窒素無機化率の経時変化について検討し、そのパターン化を試みた。なお、経時変化の大きなものに注目するため、窒素無機化率の増減が10%以内の値のものは変動なしとして類別を行った。家畜ふん堆肥の窒素無機化率の経時変化のパターンについては、培養中をとおして窒素無機化率がほぼ一定のもの(パターンA)、培養開始後7日目までに窒素無機化率が急速に増加した後ほぼ一定になるもの(パターンB)、窒素無機化率が次第に低下していくもの(パターンC)、窒素無機化率が次第に増加するもの(パターンD)、培養期間中増減はあるが、培養終了時には初期無機化率より低下するもの(パターンE)の5つに類別できた。

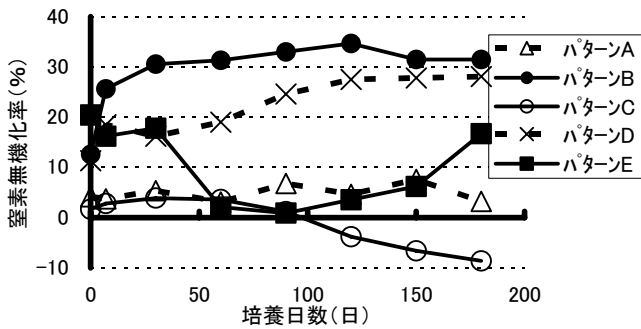
畜種別の窒素無機化率の各パターン代表例を第1~4図に示した。肉牛ふん堆肥ではA、B、C、D、Eの5パターン、乳牛ふん堆肥ではA、B、D、Eの4パターン、鶏ふん堆肥ではA、B、D、Eの4パターン、豚ふん堆肥ではA、B、Dの3パターンが認められた。

窒素無機化率のパターンについては、畜種別だけでなく、同一畜種間でも試料ごとで多様なことが明らかとなった。

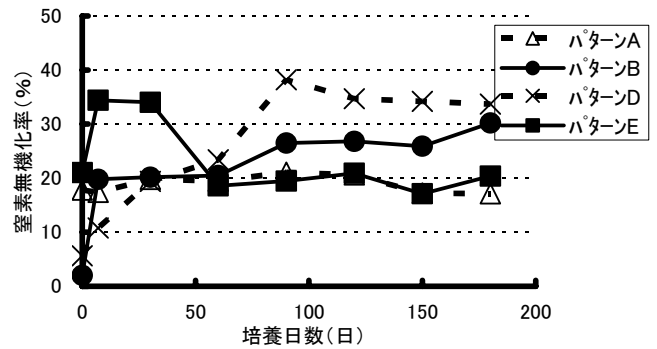
肉牛・乳牛ふん堆肥の一部の試料では窒素無機化率が減少するパターンCおよびEが認められた(第1, 2図)。このことは、試料によっては窒素無機化率が初期より減少するものがあるもあるという徳橋<sup>14)</sup>の報告と一致し、これらパターンを示すものは堆肥の分解に伴い無機態窒素の有機化を生じていると考えられた。

鶏ふん堆肥では窒素無機化率が減少するパターンEが認められたが、このようなパターンを示したのは1試料であり、その要因については不明である(第3図)。

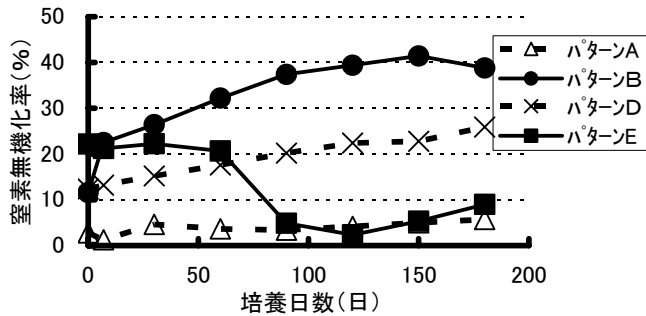
豚ふん堆肥では窒素無機化率が減少するパターンが認められなかった(第4図)。このことは、末吉ら<sup>12)</sup>や徳



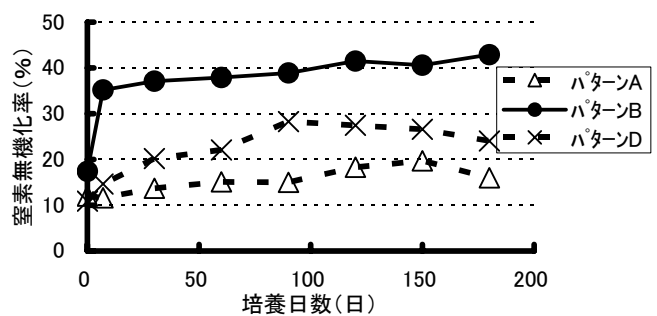
第1図 肉牛ふん堆肥の窒素無機化率の経時変化



第3図 鶏ふん堆肥の窒素無機化率の経時変化



第2図 乳牛ふん堆肥の窒素無機化率の経時変化



第4図 豚ふん堆肥の窒素無機化率の経時変化

第4表 副資材別家畜ふん堆肥の窒素無機化率の経時変化パターン

副資材	畜種	パターンA	パターンB	パターンC	パターンD	パターンE
オガクズのみ	肉牛	1	1			1
	乳牛	4	1		3	4
	鶏	2				
	豚	2				
なし	乳牛	1				
	鶏		2		1	1
	豚		2			
腐菌床入り	乳牛		3			
	鶏					1
	豚		2			
籾殻入り	肉牛	1	1			
	乳牛	3			1	1
	豚		5		1	

1) 数値は試料点数

2) パターンCについては副資材がオガクズ+パークのため、この表では記載されない

橋<sup>14)</sup>の報告と同様な傾向であった。

各パターンについては、作物への効率的な堆肥施用を行う上での根拠となりうる。パターンBやDは窒素肥効が期待できるが、パターンAやC、Eでは窒素肥効の期待が難しい。

家畜ふん堆肥の肥効特性は、畜種とそれに混合する副資材の性質に大きく由来すると考えられる。そこで、副資材別に分けて家畜ふん堆肥の窒素無機化率の経時変化パターンを検討した。その結果を第4表に示すが、各副資材で相反するB、DとEパターンが認められ、窒素無機化率のパターンが副資材の種類のみで決まるとは言え

なかった。

このことから、家畜ふん堆肥の窒素無機化率の経時変化にも副資材の混入割合や堆積期間、腐熟度の差などが関与すると考えられた。

#### 4 C/N比と培養期間中の窒素無機化率

土壌中における有機態窒素の分解速度は、温度・水分等の環境条件に影響されるとともに、その有機物の成分組成によって大きく異なる。中でもC/N比は、有機物を施用した場合の有機態窒素の分解と放出の特性を示す目安になることが報告<sup>3) 7)</sup>されている。そこで、家畜

第5表 各種家畜ふん堆肥のC/N比と培養期間中の窒素無機化率との相関係数

堆肥の種類	個数	培養期間中の窒素無機化率
肉牛ふん堆肥	12	-0.71*
乳牛ふん堆肥	26	-0.45*
オガクズ入り乳牛ふん堆肥	12	-0.70*
鶏ふん堆肥	6	-0.77
豚ふん堆肥	11	-0.05

注) \* 5%水準で有意。

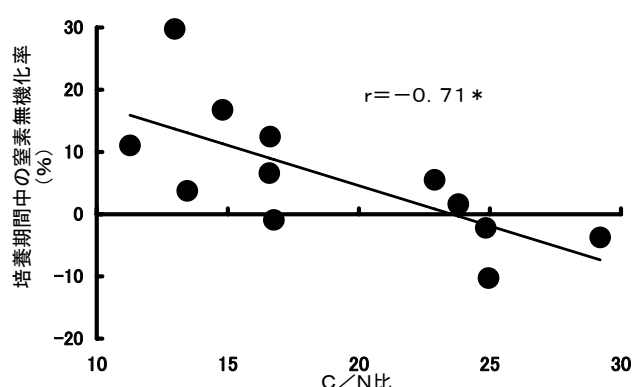
ふん堆肥のC/N比と培養期間中の窒素無機化率との関係について検討した。

各種家畜ふん堆肥のC/N比と培養期間中の窒素無機化率との相関係数を第5表に示した。肉牛ふん堆肥、乳牛ふん堆肥、オガクズ入り乳牛ふんについては5%水準で有意な相関が認められた。とくに、肉牛ふん堆肥とオガクズ入り乳牛ふん堆肥については、相関係数が-0.7と高い相関が認められた。そこで、肉牛ふん堆肥のC/N比と培養期間中の窒素無機化率との関係を第5図に、オガクズ入り乳牛ふん堆肥のC/N比と培養期間中の窒素無機化率との関係を第6図に示した。肉牛及びオガクズ入り乳牛ふん堆肥のC/N比と培養期間中の窒素無機化率との間には高い負の相関があり、C/N比が20を超えると窒素無機化率がマイナスとなるものが生じ、25以上ではすべてマイナスとなることが明らかとなった。C/N比が20以下のものでは微生物が酵素により有機物を分解し、タンパク質や核酸などの有機態窒素をアンモニア態窒素としてすみやかに放出すること、またC/N比が高い有機質資材では微生物の菌体合成に無機態窒素が使われ、いわゆる窒素の取り込みが生じることが知られている<sup>9)</sup>。本研究でも、C/N比20が窒素無機化率の挙動を考える上で、一つの目安になることが示唆された。

またC/N比25以上で窒素無機化率が全てマイナスとなる要因として、第一に牛ふん堆肥に混入している副資材の影響が考えられる。オガクズ混入の有無により牛ふん堆肥の窒素無機化率の推移が異なることを、徳橋<sup>14)</sup>が指摘している。また、オガクズのC/N比は200以上と高いため、土壌中での分解に伴い窒素の有機化が生じ、土壌中の無機態窒素が減少するとされている<sup>9)</sup>。したがって、本試験においても、培養期間の経過とともに、牛ふん堆肥中のオガクズの分解が進み、窒素無機化率が低下したと考えられる。このことから、オガクズの混入割合が多い堆肥ほどC/N比が高く、培養期間中の窒素無機化率が低かったと推察される。

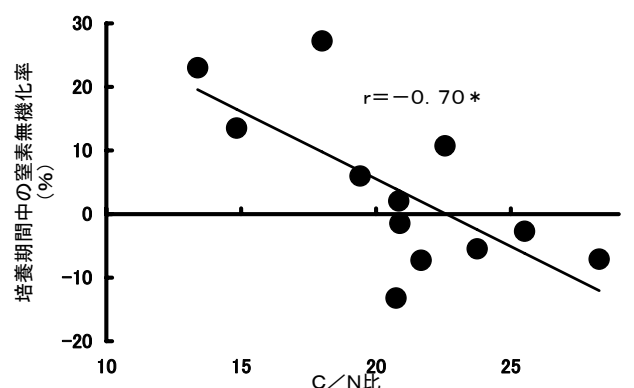
また、オガクズ以外の乳牛ふん堆肥では、C/N比と窒素無機化率との相関がなかったが、乳牛ふん堆肥にはオガクズ以外に、キノコ菌床や刈草、腐葉土、廃白土、コーヒ粕等の副資材が使用されている。このため、これらの混入資材が窒素無機化率に影響を及ぼしたことが考えられるが、当該資材の土壌中での分解過程や窒素無機化については殆ど解明されておらず、今後明らかにする必要がある。

以上のように、家畜ふん堆肥のC/N比と培養期間中の窒素無機化率との関係について、肉牛ふんとオガクズ



第5図 肉牛ふん堆肥のC/N比と培養期間中の窒素無機化率との関係

注) \* : 5%水準で有意



第6図 オガクズ入り乳牛ふん堆肥のC/N比と培養期間中の窒素無機化率との関係

注) \* : 5%水準で有意

入り乳牛ふん堆肥ではC/N比20が培養期間中の窒素無機化率の挙動の目安となること、C/N比25以上では窒素無機化率がマイナスとなることが明らかとなった。このことから、C/N比20以下であれば肥料的効果はあるが、C/N比25以上であると肥料的効果はほとんどないと考えられた。今後は、他の畜種や副資材がオガクズ以外の乳牛ふん堆肥について検討が必要である。

### 引用文献

- 1) 荒木雅登・井上恵子・山本富三(2001)ぼかし肥料の原料の違いが窒素無機化及びアンモニアガス発生に及ぼす影響. 福岡農総試研報 20 : 31-36.
- 2) 板橋直・山田和義・木村龍介(2002)有機質肥料中窒素の無機化に対する粒子サイズの影響. 土肥誌

- 73(4) : 411-415
- 3) 伊達昇・都田紘志・浅海哲夫(1984)東京都ごみコンポストの炭素率と黒ぼく土野菜畑への施用効果. 土肥誌 55(3) : 206-212
- 4) 土壤環境分析法編集委員会編(1997)土壤環境分析法. 博友社 : 241-249
- 5) 土壤養分測定法委員会編 (1970) 土壤養分分析法. 養賢堂 : 127-134.
- 6) 福岡県農政部 (1997) 有機質資材等の利用上の手引 : 7-8 11-26.
- 7) 原田靖生・井ノ子昭夫・菅原和夫・宮松一夫・伊澤敏彦(1982)都市ゴミコンポストの有機成分組成の特徴と腐熟土の判定. 土肥誌 53(2) : 116-122
- 8) 広瀬春朗(1973)各種植物遺体の有機態窒素の畑状態土壤における無機化について. 土肥誌 44(5) : 157-163
- 9) J A 全農 肥料農薬部(2000)有機肥料推進ハンドブック : 59-65
- 10) 橘田安正・茂角正延・水落勁美(2002)採卵鶏由来鶏糞の窒素成分と窒素無機化率との関係. 土肥誌 73(3) : 263-269
- 11) 農林水産技術会議事務局 農業・生物系特定産業技術研究機構(2004)家畜ふん堆肥の品質評価・利用マニュアル : 17-21, 65-69.
- 12) 末吉孝行・藤富慎一・平野稔彦・荒木雅登(2004)福岡県内産豚ふん堆肥の成分特性およびリーフレタス栽培における施用方法. 福岡農総試研報 23 : 42-47.
- 13) 棚橋寿彦・矢野秀治(2004)鶏ふん堆肥の窒素含量に基づく肥効推定法. 土肥誌 75(2) : 257-260
- 14) 徳橋伸 (1978) オガクズ入り家畜ふん堆肥窒素の肥効に関する研究. 高知農林研報 10 : 5-10
- 15) 牛尾進吾・吉村直美・斉藤研二・中島信夫 (2000) 家畜ふん堆肥および乾燥ふんの夏期における施用後 141 日間の窒素分解率とその推定. 土肥誌 71(2) : 249-253.