

鶏ふん堆肥の窒素肥効特性に対する処理日数及び季節の影響

中谷 洋*・市川 明*・伊藤裕和*

摘要：愛知県の養鶏場で生産された鶏ふん堆肥を収集し窒素肥効特性に対する処理日数及び季節の影響を調査した。試料は25施設から夏季及び冬季に50点を採取し、湛水（水田）条件及び畑条件で培養した後に発現窒素を測定した。

- 1 処理日数が長くなるとともに、炭素率の上昇、尿酸態窒素の減少がみられ、畑地、湛水の培養条件にかかわらず、可給態窒素量は減少した。
 - 2 夏季と冬季で処理日数の差はなかったが、尿酸態窒素量は有意な差が認められた。窒素無機化率は畑条件では冬季の方が高く、水田条件では夏季の方が有意に高かった。
- 以上のことから、鶏ふん堆肥の窒素肥効は尿酸残存量に左右され、尿酸残存量は処理日数及び季節に影響を受けると推察された。

キーワード：鶏ふん堆肥、処理日数、窒素無機化率、可給態窒素、尿酸

Effect of Composting Period and Season on Nitrogen Mineralization in Poultry Manure

NAKATANI Hiroshi, ICHIKAWA Akira and ITO Hirokazu

Abstract : In this study, the effect of composting period and season on nitrogen mineralization in poultry manure was investigated. 50 samples were collected from 25 poultry farms in Aichi prefecture during the summer of 2000 and the winter of 2001. After the manure samples were incubated in the upland soil or paddy soil condition, the mineralized nitrogen was measured.

1. With the composting period, the CN ratio was increased and the uric acid nitrogen level was decreased. The available nitrogen level was reduced in spite of incubation conditions; upland soil or paddy soil.
2. The uric acid nitrogen level in winter samples was significantly higher than that in summer samples, though there were no significant difference on composting period between summer and winter samples. The nitrogen mineralization rate in winter samples incubated in upland soil was high in comparison with summer samples. On the other hand, the rate in winter samples incubated in paddy soil was significantly high compared with winter samples.

These results indicated that nitrogen mineralization in poultry manure would be influenced by the residual uric acid content and the uric acid content would be affected by composting period and season.

Key Words : Poultry manure, Composting period, Nitrogen mineralization rate, Available nitrogen, Uric acid

緒言

鶏排泄物から生産された堆肥等の資材（鶏ふん堆肥）は良質な有機質資材として耕地に施用されている。特に、鶏ふん堆肥は肥料効果を期待して施用されることが多いため、堆肥中の化学組成及び肥効特性を把握することが重要である。しかし、日置ら^{4,5)}は県内の家畜ふん堆肥の化学組成及び窒素肥効特性について検討した結果、同じ鶏ふん由来の堆肥であっても窒素含量及び窒素肥効の変動が大きかったことを報告し、鶏ふん堆肥の特性を一律に評価することは困難であることを示唆している。さらに変動の要因は堆肥の腐熟度の違いにあると推測している。

養鶏場で成鶏に給与されている飼料は粗蛋白質（CP）17から18%の配合飼料が大部分であり、排泄直後の鶏ふんの窒素含量は乾物で6%程度⁷⁾とほぼ一定しているため、窒素成分の変動は以降の処理工程に起因すると考えられる。処理には幾つかの方式があり、主流になりつつあるのは開放型及び密閉型攪拌発酵方式の施設である。施設に原料を投入後は自動で処理が進むが、発酵槽の種類、規模、投入量等により同様の施設を持つ養鶏場でも処理日数は一定でない。また、堆肥化は微生物活動によって進行するため、同じ養鶏場であっても季節による窒素成分の変動が予想される。

そこで、鶏ふん堆肥の窒素成分、窒素肥効特性に対する処理日数と季節の影響について調査し、あわせて鶏ふん堆肥の有機物分解と窒素肥効の変動について検討したので報告する。

材料及び方法

1 試料採取及び調整

県内養鶏場の鶏ふん処理施設で鶏排泄物のみを原料として生産された鶏ふん堆肥を、同じ養鶏場から夏季（7月）及び冬季（1月）に年2回採取した。調査した処理施設は、自動攪拌により堆肥化を促進する方式とし、25施設から50点の試料を採取した。試料は、現物を水分、無機態窒素の測定用に取り分けた後、残りを通風乾燥機内で65～48時間乾燥し、カッターミルで粉碎後、全窒素、全炭素、尿酸態窒素、可給態窒素の測定に供試した。

試料を採取する際、経営者若しくは処理担当者に、処理工程、処理日数の聞き取り調査を行った。処理日数は、主となる発酵処理日数に後発酵又は後乾燥の処理日数を加えたものとした。

2 成分分析

(1) 水分：105℃で5時間乾燥後に減少した水分を元重量に対する含水率とした⁴⁾。

(2) 無機態窒素：アンモニア態窒素は、10%塩化カリウム液で振とう後インドフェノール法により定量。硝酸態窒素は蒸留水で振とう後イオンクロマト法により定量した¹⁾。

(3) 全窒素及び全炭素：NCアナライザーを用いて乾式燃焼法により定量した^{1,4)}。

(4) 尿酸態窒素：試料1gを遠沈管にとり0.4%炭酸リチウム溶液40mLを加えて30℃で10分間振とうした。その後、遠心分離（3,000rpm、5min）し上澄み液を分離した。これを2回繰り返した後、水による抽出を同様に2回行い、各上澄み液を合わせて定容した。定量は市販の臨床検査試薬（WAKO 尿酸C-テストワコー）を用いてウリカーゼ・TOOS法²⁾により行った。

3 堆肥からの培養発現窒素量の測定

堆肥からの培養発現窒素量は、湛水条件及び畑条件下で30日又は4週間培養した後、無機化してくる窒素量とした。可給態窒素量は4週間培養発現窒素量とした。測定は、1回分のサンプル収集後に行った。

(1) 湛水（水田）条件の測定

風乾した灰色低地土20gに乾燥粉碎堆肥を乾土1kg当たり全窒素で100mg相当量を混合し、培養瓶（内径23mm、高さ90mm）に充填した。蒸留水を20mL入れた後、軽く攪拌し空気を抜き、ゴム栓で密閉後、30℃の恒温器内暗所に静置した。4週間後に取り出し、インドフェノール法により窒素発現量を測定し、堆肥を混合した場合のアンモニア態窒素量から堆肥のアンモニア窒素量及び土壌のみの窒素発現量を差し引いた値とした。培養は2連で行った⁵⁾。

(2) 畑地条件の測定

風乾した灰色低地土20gに乾燥粉碎堆肥を乾土1kg当たり全窒素で150mg相当量を混合し、100mL容インキュベート瓶に入れ、水分を最大容水量の60%に調整して、30℃の恒温器内暗所に静置した。4週間後に取り出し、インドフェノール法及びイオンクロマト法により窒素発現量を測定し、堆肥を混合した場合の窒素発現量から堆肥の無機態窒素量及び土壌のみの窒素発現量を差し引いた値とした。培養は2連で行った⁵⁾。

試験結果

処理日数と炭素率は相関関係が認められ、処理日数が長くなるほど炭素率が上昇する傾向にあった（図1）。

処理日数と可給態窒素は、培養条件にかかわらず処理日数が長くなると可給態窒素量が減少する傾向にあった。水田条件、畑条件とも値はばらついた（図2）。

堆肥の窒素無機化率と全窒素、炭素率、尿酸態窒素、処理日数の単相関は、季節、培養条件、培養期間にかかわらず正又は負の相関関係が認められた（表1）。

尿酸態窒素と培養発現窒素量（畑）の関係は、培養期間にかかわらず相関関係を示し、尿酸態窒素が増加すると培養窒素発現量も増加した。2週間培養発現窒素量の平均は2.7gNkg⁻¹、4週間培養発現窒素量の平均は4.6gNkg⁻¹であり、4週間発現量に対し2週間発現量は59%で培養開始後2週間で可給態窒素量の半分以上が発現した（図3）。

処理日数と尿酸態窒素の関係は、処理日数が長くなるほど尿酸態窒素が減少する傾向にあったが、値はばらついた（図4）。

処理日数については、夏季の平均値18.9日に対し冬季

では19.3日であり統計的な差はなかった。水田条件での窒素無機化率は冬季が9.0%夏季が12.4%であり、畑条件では冬季が17.2%夏季が13.8%であり有意な差が認められた。尿酸態窒素は冬季が1.42%夏季が0.85%と冬季が有意に高かった(表2)。

鶏ふん堆肥の全窒素は夏季の最大値が3.54%最小値が2.07%、冬季の最大値3.63%最小値2.40%と差が大きくばらつきがみられた。夏季の平均値は2.83%、冬季の平均値は2.94%で、季節間の平均値に有意差はなかった。窒素無機化率(全窒素含量に対する培養窒素発現量の割合)は水田条件、畑条件とも最大値と最小値の差が大き

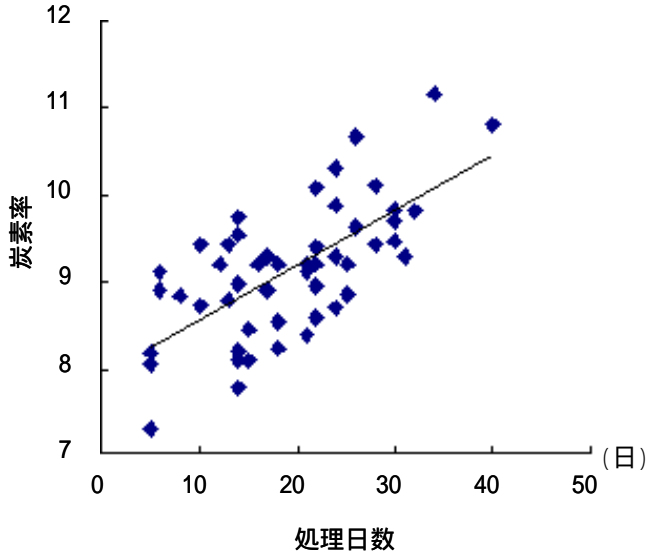


図1 処理日数と炭素率(C/N)の関係

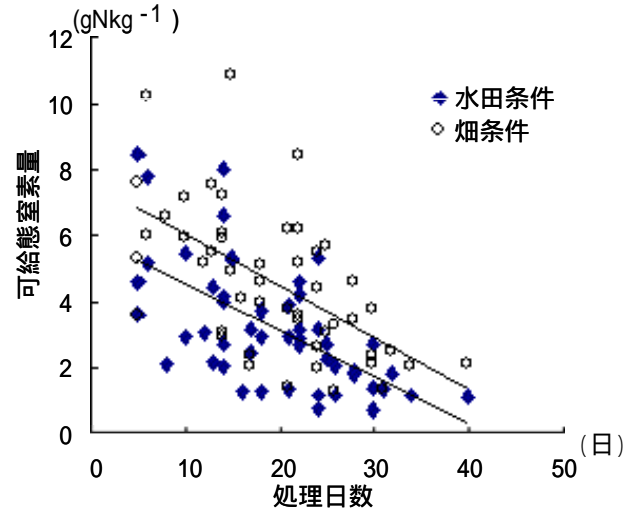


図2 処理日数と可給態窒素の関係

表1 堆肥の窒素無機化率と窒素含量(T-N)、炭素率(C/N)、尿酸態窒素、処理日数との単相関

培養条件	培養期間	T-N	C/N	尿素態窒素	処理日数	
夏季	水田	2週間	0.895**	-0.703**	0.648**	-0.484*
		4週間	0.865**	-0.636**	0.799**	-0.607**
	畑	2週間	0.503*	-0.651**	0.448*	-0.648**
		4週間	0.725**	-0.466*	0.651*	-0.416**
冬季	水田	2週間	0.696**	-0.538**	0.730**	-0.655**
		4週間	0.706**	-0.557**	0.715**	-0.632**
	畑	2週間	0.402**	-0.579**	0.801**	-0.693**
		4週間	0.689**	-0.463*	0.765**	-0.595**

注 ** : P < 0.01、* : P < 0.05

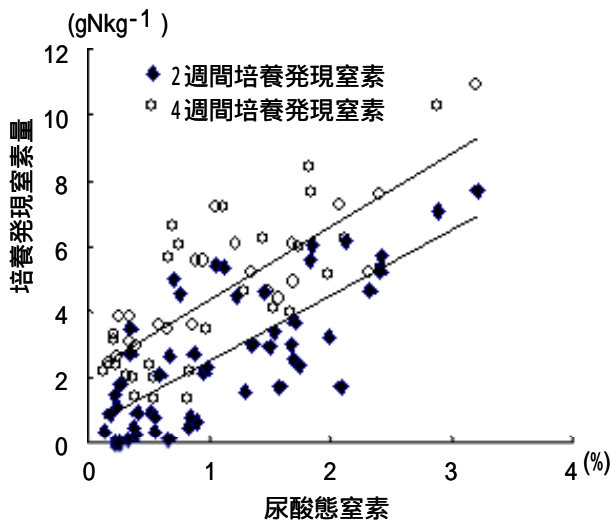


図3 尿酸態窒素と培養発現窒素(畑)の関係

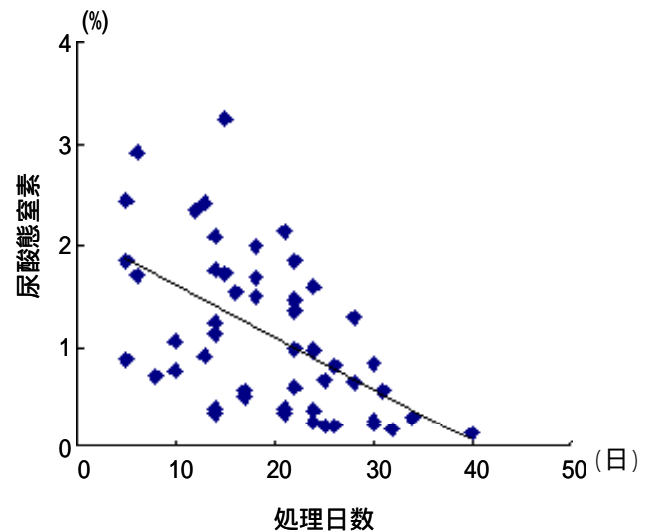


図4 処理日数と尿酸態窒素の関係

表2 尿酸態窒素及び窒素肥効の季節間の比較

項目		冬季	夏季	有意差
処理日数	日	19.3	18.9	
窒素無機化率(水田)	TN%	9.0	12.4	*
窒素無機化率(畑)	TN%	17.2	13.8	*
尿酸態窒素	%	1.42	0.85	**

注 ** : P < 0.01、* : P < 0.05

表3 季節別にみた鶏ふん堆肥の窒素肥効特性

	全窒素 (TN)	窒素無機化率 ¹⁾		可給態窒素量		可給態窒素量と無機態窒素量の和	
		水田	畑	水田	畑	水田	畑
	%	TN%	TN%	gN kg ⁻¹	gN kg ⁻¹	gN kg ⁻¹	gN kg ⁻¹
夏季 試料量	25	25	25	25	25	25	25
最大値	3.54	24.5	26.2	8.4	7.2	8.8	7.7
最小値	2.07	4.9	5.4	1.1	1.3	1.3	1.5
平均値	2.83	12.4	13.8	3.7	4.0	3.9	4.2
冬季 試料量	25	25	25	25	25	25	25
最大値	3.63	15.8	29.9	5.3	10.8	5.7	11.2
最小値	2.40	2.7	5.3	0.7	1.3	0.8	1.7
平均値	2.94	9.0	17.2	2.7	5.2	3.0	5.8

注 1) 全窒素量 (TN) に対する可給態窒素量の割合

くばらついた。水田条件の夏季における平均値12.4%に対し冬季の平均値は9.0%と少なく、畑条件では夏季の平均値13.8%に対し冬季の平均値は17.2%と反対の結果となった。また、可給態窒素量は、夏季の平均値が3.7~4.0 gN kg⁻¹ に対し、冬季の平均値は2.7~5.2 gN kg⁻¹ で幅が大きかった(表3)。

考 察

1 処理日数と窒素成分、窒素肥効の関係

本調査で供試した試料は、自動攪拌により堆肥化を促進する方式(攪拌方式)の施設から収集した。ハウス内で攪拌しながら乾燥する方式も、その過程で有機物分解するとの報告⁶⁾がされているためこれに含めた。攪拌方式は密閉型、開放型というように、さらにいくつかのタイプに分けられ、いずれも本県では数多く養鶏場に設置されている。それぞれのタイプは発酵槽の大きさや送気方法などに特徴がある⁷⁾ため、処理タイプ別に窒素肥効特性も区分けできると考えたが、密閉縦型発酵(通称縦型コンポスト)、開放攪拌発酵、ハウス攪拌乾燥の処理タイプ間に大きな差はみられなかった。

堆肥化は微生物による有機物分解の過程である。本調査では処理日数が長くなるほど炭素率(C/N)が上昇する傾向がみられたことから、処理日数が長くなるほど有機物分解が進行している⁸⁾と考えられる。一方、可給態窒素量は水田、畑の培養条件にかかわらず、処理日数が長くなるほど低下し、堆肥化の過程で有機物分解が進むほど施用後の窒素肥効が小さくなることが確認できた。また、原ら²⁾は鶏ふん堆肥に含まれる可給態窒素量は尿酸態窒素量と高い相関関係にあることを報告している。

今回の結果でも、尿酸態窒素と可給態窒素量は正の相関関係を示しその知見と一致した。畑条件における培養2週間後の発現窒素量は、培養4週間後の発現窒素量(可給態窒素量)の半分以上を占めることに加え、尿酸態窒素は処理日数とともに減少したことから、堆肥化過程で尿酸が分解されてしまうと施用後の窒素肥効が減少する、すなわち尿酸は鶏ふんに含まれる窒素の速効性画分であり量的にも多くを占めると考えられる。

施用後の窒素肥効は鶏ふん中の有機物分解量によって決まることは明確になったが、処理日数と尿酸態窒素量、可給態窒素量の関係はばらつきが大きかった。本調査の処理日数は主となる発酵処理に後乾燥の日数を加えて算出したが、実際の鶏ふん処理は鶏ふんの貯留や発酵処理の前に水分調整を行うなど工程が複雑であり、養鶏場によって処理状況は様々である。よって、本調査で使用した処理日数以外の工程でも有機物は分解していると推察され、ばらつきの一要因と考えられた。

2 窒素肥効と季節の関係

処理日数と可給態窒素量の関係について、気温の変化による分解速度の違いもばらつきの要因として考えられる。気温が低下する冬季では微生物活動が低下し堆肥化が遅延するため、夏季よりも処理日数が長いと予想したが、処理期間に差はなかった。養鶏場では年間通して飼養羽数はほぼ一定であり鶏ふん処理を遅滞させないように施設を運用するためであると推察された。しかし、夏季と冬季の尿酸態窒素量には有意な差が認められたことから、尿酸残存量が季節の影響を受けていると考えられた。

冬季に収集した堆肥を水田条件で培養すると夏季に収集したものと比較して可給態窒素量が有意に低くなり、

畑条件では冬季の方が高くなるという逆の現象を示した。窒素肥効を左右する尿酸態窒素含量は冬季の方が有意に高く、また水田条件における夏季の4週間培養発現窒素に対する2週間培養発現窒素の割合は約60%である一方、冬季では約22%にすぎなかった。培養条件の差として、酸素の供給がある畑条件の培養よりも水田条件の培養は微生物活性が低いため、微生物活性の高い畑条件では尿酸が多い冬季試料の方が、窒素肥効が高くなるが、微生物活性の低い水田条件では尿酸分解が遅延するため窒素の肥効が低くなると推察された。

以上のことから、鶏ふん堆肥の窒素肥効は有機物分解の程度により決まり、特に尿酸の残存量に大きく左右された。また攪拌方式の堆肥化施設の場合、処理タイプによって尿酸残存量及び窒素肥効を区分けすることはできず、有機物分解の程度にかかわる処理日数に影響されると推察された。この結果は、日置らが「堆肥の窒素肥効のばらつきは堆肥の腐熟度の違いにより生じている」とした推察に一致した。また、尿酸残存量は処理日数とともに季節にも影響され、周年同様の鶏ふん処理を行っても窒素肥効が一定である鶏ふん堆肥を作成することは困難であると推察された。日置ら³⁾は家畜ふん堆肥から窒素発現量を推定する式を報告しており、養鶏場は生産する堆肥成分を年間に数回測定し窒素肥効特性を把握しておく必要があると考えられた。

謝辞：鶏ふん堆肥の収集及び聞き取り調査に当たり御協力いただいた、各農林水産事務所農業改良普及課の畜産担当諸氏に深謝の意を表します。

引用文献

1. 土壌、水質及び植物体分析法．東京，日本土壌協会，2001，322p．
2. 原 正之，村上圭一，藤原孝之．鶏ふん堆肥の肥効評価と制御に関する研究（第1報）：尿酸分析による可給態窒素量の迅速推定法．日畜会講演要旨．100，92(2002)
3. 日置雅之，北村秀教．湛水条件における家畜ふん堆肥からの窒素発現量の推定．愛知農総試研報．32，81-86(2000)
4. 日置雅之，北村秀教，久野智香子，加藤 保．愛知県で生産される家畜ふん堆肥の化学組成．愛知農総試研報．33，237-244(2001)
5. 日置雅之，久野智香子，北村秀教，加藤 保．愛知県で生産される家畜ふん堆肥の窒素肥効特性．愛知農総試研報．33，245-250(2001)
6. 池田勝俊，小菅栄二，米持勝利，本多勝男，石川嘉彦．牛ふんの発酵乾燥試験．神奈川畜試研報．80，32-46(1990)
7. 家畜ふん尿処理・利用の手引き．東京，畜産環境整備機構，8，33(1998)
8. 堆肥化施設設計マニュアル．東京，中央畜産会，36，117(2000)