

# 液状コンポストの成分特性及びその利用法

松浦 拓也・高橋 好範\*・折坂 光臣

## はじめに

岩手県は全国有数の畜産県であり、畜産農家から発生する畜産由来有機物の発生量も多く、その有効活用の必要性が高い。岩手県北部に位置する一戸町奥中山地域は、野菜・酪農・肉牛を基幹とする農業地帯であり、環境と調和した「地域資源循環型農業」の確立を目指している。現地では地域で発生する家畜排せつ物を液状コンポストとして利用する計画が立てられている<sup>1)</sup>。液状コンポストとは、家畜ふん尿の固液分離後の液体画分を曝気処理したものである<sup>2)</sup>。固体画分は生ふんに比較して水分が低下していることから、水分調整のための副資材を節減したい肥化が可能である<sup>1)</sup>。また、液体画分については全窒素に対する無機態窒素の割合が高いと想定されることから、肥料として利用することで化学肥料節減の可能性がある。しかし、その利用に当たっては、成分組成や成分含量の季節変動など不明な点も多い。そのため、液状コンポストの成分特性及びその利用法について、導入に当たって現地に建設されたモデル施設において検討を行った。

## 試験材料及び方法

### 1. 液状コンポスト施設における曝気運転方法

施設における液状コンポストの処理フローは図1のとおりである<sup>1)</sup>。液状コンポスト作成プラントの運転は、固液分離後の液体画分を曝気槽へ2~3日ごとの間隔で投入し、その際に投入する量だけ曝気槽から貯留槽に汲み上げた。曝気は15分運転15分休止(12時間/日)の間欠曝気を行った。貯留槽は屋根がない開放状態であり、雨水が入る構造となっている。施設は乳牛30頭規模の排せつ物を処理する能力を有し、厩舎から生じるおよそ150日分の液状コンポストの貯留が可能である。

### 2. 液状コンポストの成分特性及び成分変動調査

試料採取は、2002~2004年の4~10月に行った。2004年については、4月からほぼ1ヶ月おきにサンプリングを行った。貯留槽内で液状コンポストに混入している固形物が沈殿することが観察され、貯留槽内の上部と下部では成分含有率が異なることが予想された。このため成分変動調査のために、貯留槽の部位別濃度分布についても検討を行った。具体的には、サンプリングは貯留槽の表層から30cm程度(以後、上層と表記する)と、貯留槽底部から30cm程度(以後、下層と表記する)の部位から陶器製のカップを用いて行った。一部サンプルについては、雨水で希釈された条件を想定し、蒸留水で2倍に希釈して分析に供試した。分析項目は、乾物率、pH、EC、T-N、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、T-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、T-K<sub>2</sub>O、T-MgO、T-CaOである。乾物率は、恒温機中において105℃で24時間乾燥後に計測した。pHはガラス電極法、ECは電気伝導率を測定して求めた。NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>3</sub>-Nは液状コンポスト原液1mlを11%KCl 250mlで混合後ろ過し、ブランルーベ社オートアナライザーII(以下AAIIと表記する)で分析した。T-Nは、液状コンポスト原液を硫酸-過酸化水素分解後AAIIで分析した。T-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>及びT-K<sub>2</sub>Oは硫酸-過酸化水素分解液を用いて分析を行い、T-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>はアスコルビン酸還元法を用いた比色法で、T-K<sub>2</sub>Oは炎光法で分析した。T-MgO、T-CaOはサンプルを105℃の恒温機で乾固した後、マッフル炉で550℃・5時間で灰化後、1N-HClに溶解し、原子吸光法によって分析した。また、灰化前後の重量を測定し、強熱減量法により推定炭素量を算出し、C/N比を推定した<sup>3)</sup>。

### 3. 液状コンポストの窒素無機化特性調査

窒素無機化特性について把握するため、畑条件の培養試験を実施し、施用後の無機態窒素量の変動について調査し

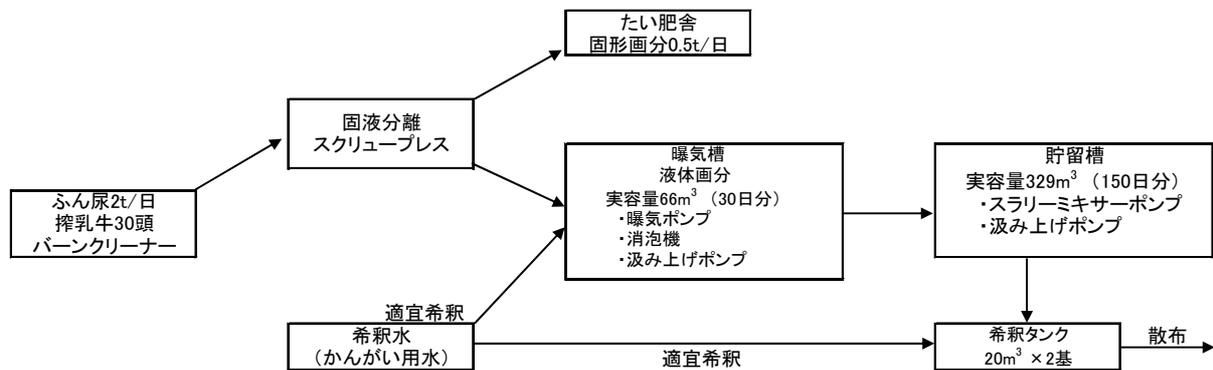


図1 液状コンポストの処理フロー図<sup>1)</sup>

表1 液状コンポストの培養試験における実施条件 (2004)

添加窒素種類	添加窒素量 (mg/100g乾土)	培養温度 (°C)
液状コンポスト	40	15
〃	40	28
〃	40	15
〃	40	28
硫安	40	15
〃	40	28
鶏ふん	40	15
〃	40	28
blank	0	15
〃	0	28

\*施用窒素量は全窒素で計算

表2 培養に使用した液状コンポスト及び発酵鶏ふん分析値

資材名	水分 (%)	無機態窒素 (mg/100g)		成分 (現物%)				
		NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	T-N	T-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	T-K <sub>2</sub> O	T-CaO	T-MgO
液状コンポスト	96.0	198	0.00	0.31	0.23	0.32	0.25	0.03
発酵鶏ふん	8.7	520	4.77	3.68	2.58	3.85	5.63	1.16

表3 培養に使用した土壌の無機態窒素量

無機態窒素 (mg/100g)	
NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N
1.67	1.04

た。培養試験の試験区構成を表1に示す。培養試験に供試した資材及び供試土壌の分析値は表2, 3に示す。供試土壌は県北農業研究所圃場(畑No. 11)の黒ボク土を使用した。資材の施用量は、乾土40gに全窒素で40mg/100g乾土となる量とした。一般的な有機質資材との無機化特性の違いを見るため対照として発酵鶏ふんについても同様に供試した。また、資材を添加しない区を設置し、この区の無機態窒素量を土壌由来の無機態窒素量として各区の分析値から差し引き、資材由来の無機態窒素量の推定を行った。施用翌日、1週間後、2週間後、4週間後、8週間後、12週間後に11%KCl 100mlにて無機態窒素の抽出を行い、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>3</sub>-NをAAIIにて分析した。温度条件は、28°Cと15°Cとした。土壌水分は最大容水量の60%となるように管理し、連数は3連で実施した。

表4 牧草に対する肥効試験 (2002)

区名	項目	施肥成分量 (kg/10a)			合計
		1番草	2番草	3番草	
慣行	窒素	10.4	6.5	6.5	23.4
	リン酸	13.6	8.5	8.5	30.6
	カリ	9.6	6	6	21.6
液状コンポスト	窒素	9.2	9.2	9.2	27.6
	リン酸	2.0	2.0	2.0	6.0
	カリ	5.2	5.2	5.2	15.6

\*スラリータンカーによる散布、液状コンポストの分析は1番草散布時の1回のみ

## 4. 液状コンポストの成分簡易推定法の検討

貯留槽は開放状態であり、降雨の影響などによる成分の変動が考えられる。また、固形物は沈降するため槽内に濃度勾配が生じることが考えられ、適正な施肥を行うにあたっては成分の推定を行う必要がある。このため、現地農家及び普及センター等で利用するに当たり、各成分を簡易に推定する方法について検討を行った。材料は、液状コンポストの成分特性及び成分変動調査において採取したものをを用いた。NH<sub>4</sub>-Nの簡易分析に当たっては、アンモニア試験紙(メルコクェントシリーズ アンモニウム分析用試験紙 10-30-60-100-200-400mg/L)及び簡易型反射式光度計(使用試験紙:アンモニウムイオン 20-180mg/L)についても検討を行った。

## 5. 牧草及び飼料用トウモロコシに対する肥効試験

試験区構成を表4~7に示す。牧草はリードカナリー単播の圃場において検討した。2002年は肥効確認の予備試験を行い、液状コンポスト区はスラリータンカー(スプラッシュプレート方式)で基肥及び追肥2回の計3回についてそれぞれ3t/10aを散布した。また、液状コンポストの分析は春の1回のみであったため、施肥成分量はその分析値を用いて算出した。2003年は、適正施用量の検討を行った。液状コンポストの施用量は、全窒素換算で慣行と同量から5割増まで3段階を設定し、各区2連で実施した。散布後実際に散布した液状コンポストについて分析を行い、実際の施肥成分量について算出した。2004年はスラリータンカーで散布を行い、施肥量は2段階について検討を行った。2004年の施肥量は直近の貯留槽の値を用いて算出した。

飼料用トウモロコシは、品種はパイオニア110日を用いた。液状コンポスト施用量については全窒素換算で窒素成分量が慣行と同量及び5割増の2段階について検討を行った。飼料用トウモロコシについては、土づくり用として、牛きゅう肥5t/10aを施用した。

表5 牧草に対する施用量試験 (2003)

区名	項目	施肥成分量(kg/10a)			合計
		1番草	2番草	3番草	
慣行	窒素	10.0	5.0	5.0	20.0
	リン酸	5.0	2.5	2.5	10.0
	カリ	5.0	5.0	5.0	15.0
液状コンポスト 標肥	窒素	7.3	4.9	8.3	20.5
	リン酸	1.9	2.2	8.1	12.2
	カリ	11.0	8.7	7.9	27.6
液状コンポスト 2割増施	窒素	8.8	5.9	9.9	24.6
	リン酸	2.3	2.6	9.7	14.6
	カリ	13.2	10.5	9.5	33.2
液状コンポスト 5割増施	窒素	11.0	7.3	12.4	30.7
	リン酸	2.9	3.3	12.1	18.3
	カリ	16.5	13.1	11.8	41.4

\*液状コンポストはポンプで圃場に散布した。

表6 牧草に対する施用量試験 (2004)

区名	項目	施肥成分量(kg/10a)			合計
		1番草	2番草	3番草	
慣行	窒素	10.0	5.0	5.0	20.0
	リン酸	5.0	2.5	2.5	10.0
	カリ	5.0	5.0	5.0	15.0
液状コンポスト 3 t	窒素	10.0	10.4	6.7	27.1
	リン酸	12.6	9.5	5.4	27.5
	カリ	10.1	10.9	9.9	30.9
液状コンポスト 4 t	窒素	13.3	13.8	8.9	36.0
	リン酸	16.8	12.6	7.2	36.6
	カリ	13.4	14.5	13.2	41.1

\*スラリータンカーによる散布、液状コンポスト分析値は直近の貯留槽下層データ

表7 飼料用トウモロコシに対する施用量試験 (2002~2004)

区名	化学肥料 施肥成分量(kg/10a)			液状コンポスト 由来窒素成分量 (kg/10a)	備考
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
無窒素	0	10	10	0	リン酸、カリは化学肥料で補正
慣行	10	10	10	0	化学肥料
液状コンポスト標肥	0	—	—	10	窒素成分量で慣行同量
液状コンポスト5割増	0	—	—	15	窒素成分が慣行対比5割増を目標として施肥

\*液状コンポストはポンプで圃場に散布した。

表8 液状コンポスト施用後の土壌中における硝酸態窒素の動向 (2002~2004)

区名	化学肥料 施肥成分量(kg/10a)			液状コンポスト由来 窒素成分量 (kg/10a)	備考
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
無窒素	0	10	10	0	リン酸、カリは化学肥料で補正
慣行	10	10	10	0	化学肥料
液状コンポスト標肥	0	—	—	10	窒素成分量で慣行同量

## 6. 液状コンポスト施用後の土壌中における硝酸態窒素の動向

液状コンポストを利用するにあたって、その性状が液体であるため、施用後早期に地下へ浸透・流亡する可能性が考えられたことから、土壌中における無機態窒素の動向について検討した。牧草に対する施用量試験を行った現地圃場において2002~2004年の3年間に渡り実施した。作付前、1番草刈取り後、2番草刈取り後、3番草刈取り後にルートオーガーを用いて表層から20cmごと100cmまで土壌

を採取し、硝酸態窒素の動向を調査した。飼料用トウモロコシについては現地試験圃場の下層土の採取が困難であったため、2004年に県北農業研究所圃場において表8の試験区構成で施用前、作付中、作付後の3回について、牧草と同様に層位別に土壌を採取し調査した。

試験結果

1. 液状コンポストの成分特性

(1) 肥料成分含有率の特徴

成分含有率の平均値は T-N (%) = 0.27、T-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (%) = 0.18、T-K<sub>2</sub>O (%) = 0.34、乾物率 (%、100-水分%) = 3.4 であった (表 9)。NH<sub>4</sub>-N (%) = 0.175 で全窒素のうち 60%程度がアンモニア態窒素であった。無機態窒素は、そのほとんどがアンモニア態窒素として存在しており、硝酸態窒素の濃度は低かった。液状コンポスト中の無機態窒素以外の画分の推定 C/N 比は 10 程度であった。固液分離をしていることから、スラリー (草地試データ<sup>2)</sup>) と比較し

て乾物率は低く、肥料成分は低い傾向にある。しかし、全窒素に対するアンモニア態窒素の割合はスラリーよりも高い傾向にあった<sup>2)</sup>。P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 濃度は窒素成分と比較して低く、K<sub>2</sub>O は窒素と同程度〜やや高い程度であった。

(2) 貯留槽中の液状コンポスト肥料成分の変動

貯留槽から採取した液状コンポストは採取時期によって、肥料成分の変動が見られた (図 2)。春に採取したサンプルは乾物率が高く、各肥料成分も高い。その後、降水量の増加に伴って乾物率の低下が見られ、それに従い各肥料成分の低下が見られる。また、降雨の影響を受けやすい貯留槽上部と、固形部の沈降が見られる貯留槽下部では乾物率が

表 9 ふん尿処理物の肥料成分含有率 (現物中%)

項目	液状コンポスト (N=22, 2003~2004)					スラリー* 発酵鶏ふん	
	平均	最大	最小	標準偏差	CV%		
pH(原液)	7.8	8.7	7.6	0.2	2.9	7.4	7.0**
EC(原液)	12.3	13.8	9.6	1.2	9.6	11.6	10.2**
乾物率 (%)	3.4	5.4	1.8	1.1	33.8	8.4	78.2
全窒素 (%)	0.274	0.374	0.162	0.06	22.5	0.43	2.99
NH <sub>4</sub> -N (%)	0.175	0.25	0.08	0.05	26.4	0.20	0.42
全窒素に対する NH <sub>4</sub> -N の割合 (%)	63.9	88.0	41.8	11.1	17.3	46.5	11.6
T-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	0.18	0.35	0.03	0.10	55.5	0.20	2.73
T-K <sub>2</sub> O (%)	0.34	0.41	0.26	0.03	9.9	0.41	2.39
T-CaO (%)	0.18	0.45	0.01	0.10	58.2	0.21	5.14
T-MgO (%)	0.03	0.10	0.00	0.02	69.5	0.08	0.71
推定 C/N 比	4.0	—	—	—	—	—	9.3
液状コンポスト中の固体画分の推定 C/N 比***	9.7	—	—	—	—	—	—

\*草地試データ<sup>2)</sup>

\*\*pHは現物50gに蒸留水50mlを加え懸濁後計測、ECは乾物2gに蒸留水20mlを加え30分振とう後計測

\*\*\*液状コンポストを105℃で蒸発乾固した際の固体画分

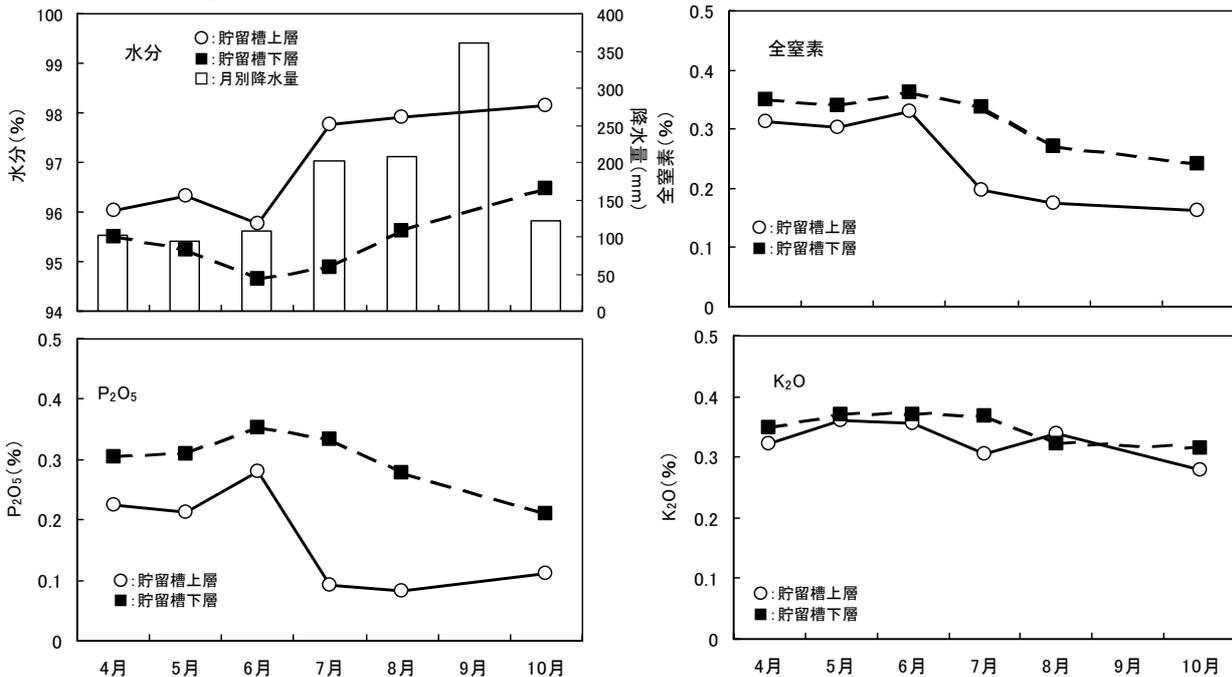


図 2 液状コンポストの成分変動 (2004)

\*成分は現物あたり

異なり、それに伴って肥料成分にも違いが認められる。P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>では、固形部の沈降等により乾物率が高い下部で濃度が高く、サンプル採取部位による違いが大きかった。K<sub>2</sub>Oでは乾物率が変化しても成分の変動は小さく、貯留槽の上部と下部で濃度の差は見られなかった。

## 2. 液状コンポストの無機化特性

液状コンポストは、培養土中の無機態窒素含量が発酵鶏ふんに比べて初期から多かった。これは、無機態窒素比率が発酵鶏ふんよりも高いためと考えられた。28℃培養では4週間で無機態窒素量が40mg/100gとなり施用窒素量のほぼ全量が無機化したと考えられた。15℃培養では、無機態窒素量が40mg/100gとなったのは8週間後であり、28℃培養のおよそ倍の期間を要した。発酵鶏ふんの無機態窒素量は28℃・8週間の培養でも20mg/100gと少なく、施用

窒素量の半分程度であった(図3, 4)。また、硫酸、液状コンポストとも28℃培養で4週目、15℃培養で8週目からはほぼ全量が硝酸態窒素となり、いずれも順調に硝化が行われた。

## 3. 肥料成分の簡易推定法の検討

### (1) 全窒素濃度の推定

液状コンポストの全窒素濃度と相関の高い項目について検討を行った結果、簡易推定に当たって利用可能であると考えられたものは、乾物率、アンモニア態窒素、ECであった。これらの項目と全窒素との関係を図5~7に示す。また、分析に当たって手順がやや煩雑となるが、乾物率とECの重回帰式から求められる推定式によって、より高い精度での推定が可能であった(図8)。以上から、簡易に推定が可能であるECによる推定式及びより精度の高い乾物率とEC

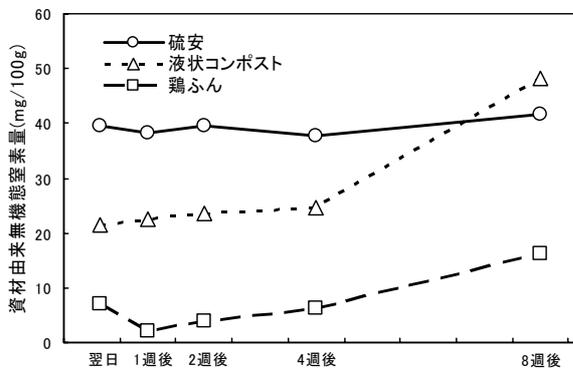


図3 各資材の無機態窒素量推移 (15℃培養)  
\*全窒素で40mg/100g 乾土相当を施用

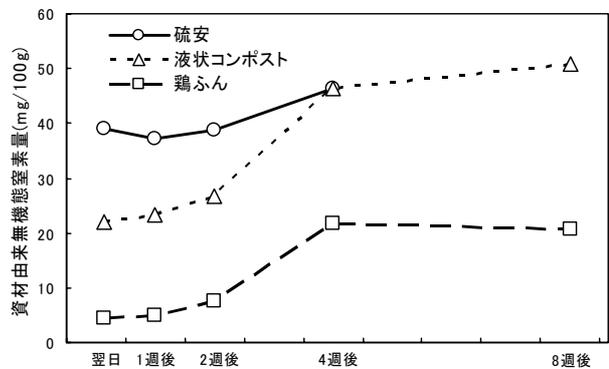


図4 各資材の無機態窒素量推移 (28℃培養)  
\*全窒素で40mg/100g 乾土相当を施用

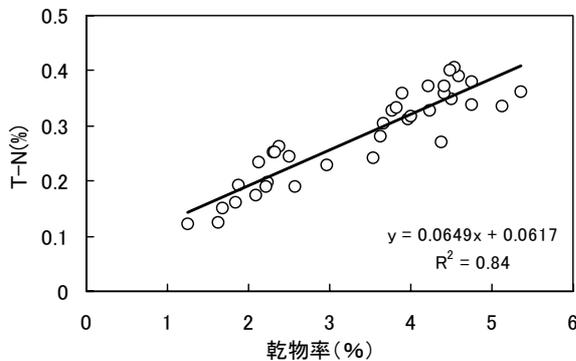


図5 乾物率と全窒素の関係

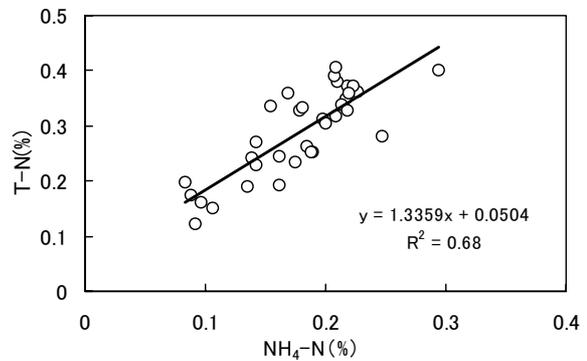


図6 アンモニア態窒素と全窒素の関係

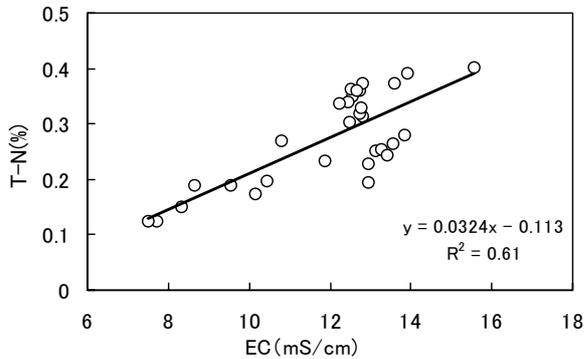


図7 ECと全窒素の関係

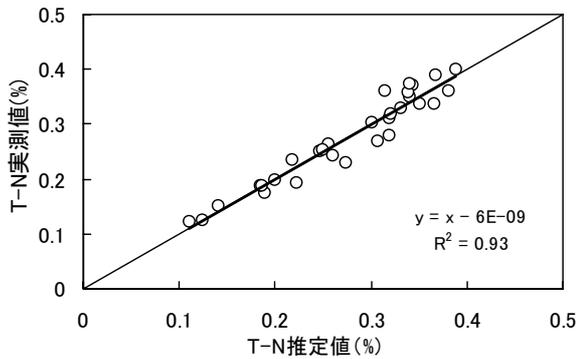


図8 全窒素推定式の精度 (EC、乾物)

$$*T-N (\%) = 0.0160 \times EC (mS/cm) + 0.0472 \text{ 乾物率 } (\%) - 0.07284$$

から求める推定式について以下に示す。

**○全窒素 (T-N) 推定式**  
 T-N (%)  
 $=0.0324 \times EC(\text{mS/cm}) - 0.113$  ( $R^2=0.61$ )  
 $=0.0160 \times EC(\text{mS/cm}) + 0.0472 \times \text{乾物率}(\%) - 0.07284$  ( $R^2=0.93$ )

\*操作手順: ECは原液を測定した数値を推定式に用いる。  
 乾物率は、105°C、24時間で乾燥後、測定を行う。

また、速効性の肥料成分である  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度の推定及び  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度からの全窒素の推定として、簡易反射式光度計とアンモニア態窒素用試験紙を用いての推定についても検討を行った。簡易反射式光度計及びアンモニア態窒素用試験紙と  $\text{NH}_4\text{-N}$  の関係、及び全窒素との関係については図9~12に示す。簡易反射式光度計及びアンモニア態窒素用試験紙を用いることによって使用現場において、成分の推定に利用できる程度の精度が確認された。簡易型反射式光度計及びアンモニア態窒素用試験紙を用いての分析手順については、図13に示す。

T-N (%)  
 $=0.0057 \times \text{アンモニア態窒素試験紙数値}(\text{mg/L}) + 0.1052$  ( $R^2=0.72$ )  
 $=0.0062 \times \text{簡易型反射式光度計数値} + 0.0827$  ( $R^2=0.66$ )

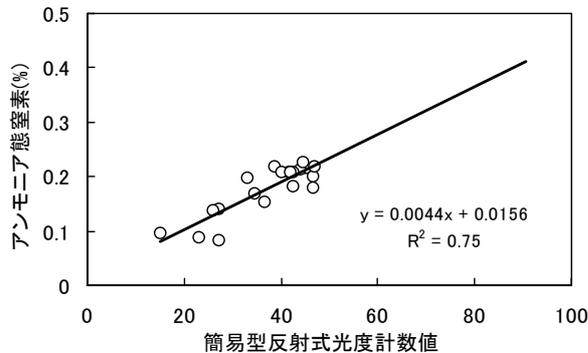


図9 簡易型反射式光度計指示値とアンモニア態窒素の関係  
 \*光度計数値は100倍希釈サンプルの値

(2) リン酸及びカリの推定

リン酸及びカリと各項目の相関を図14~17に示す。リン酸は全窒素以上に乾物率との相関が高かった。カリは、EC、乾物率と相関は認められたが、各項目単独で推定するには精度に問題があると考えられた。そのため、EC及び乾物率から重回帰式によって推定式を求めた。

**○リン酸 (T-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 及びカリ (T-K<sub>2</sub>O) 推定式**  
 T-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (%)  
 $=0.0804 \times \text{乾物率}(\%) - 0.0944$  ( $R^2=0.92$ )  
 T-K<sub>2</sub>O (%)  
 $=0.0187 \times EC(\text{mS/cm}) + 0.0131 \times \text{乾物率}(\%) + 0.0737$  ( $R^2=0.58$ )

\*操作手順: ECは原液を測定した数値を推定式に用いる。  
 乾物率は、105°C、24時間で乾燥後、測定を行う。

4. 作物栽培における利用法

(1) 牧草・飼料用トウモロコシに対する利用

牧草及び飼料用トウモロコシに対する液状コンポストの施用量と、乾物重・窒素吸収量の関係を図18、19に示す。液状コンポストの窒素施用量を慣行化学肥料の2割増施とすることによって、ほぼ慣行並の乾物収量及び窒素吸収量が得られた。牧草及び飼料用トウモロコシの乾物の分析結果を表10に示す。TDN収量は飼料用トウモロコシで慣行よりやや低かった。乾物中の成分は、慣行よりも  $\text{K}_2\text{O}$  成分がやや高い傾向にあったが、2割増施程度であれば  $\text{K}/\text{Ca}$

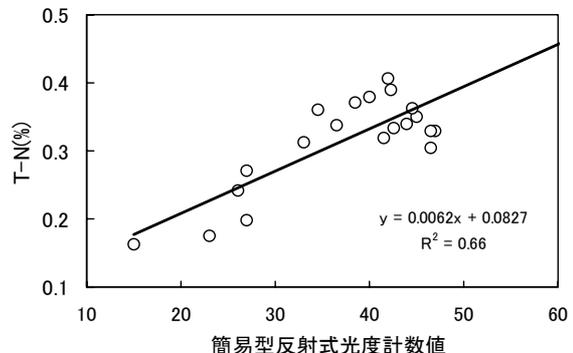


図10 簡易型反射式光度計指示値と全窒素の関係  
 \*光度計数値は100倍希釈サンプルの値

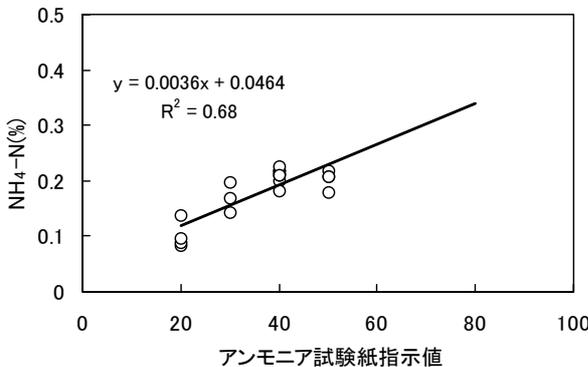


図11 アンモニア試験紙指示値と  $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度の関係  
 \*試験紙指示値は100倍希釈サンプルの値

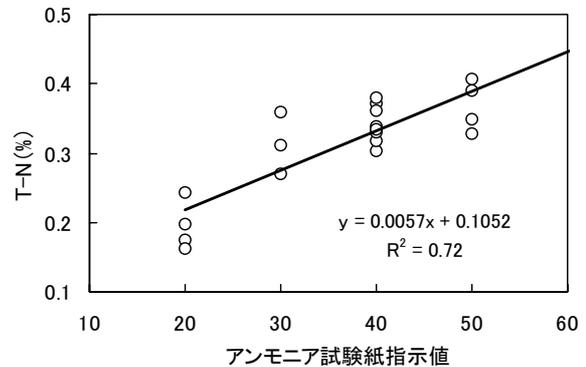


図12 アンモニア試験紙指示値と全窒素の関係  
 \*試験紙指示値は100倍希釈サンプルの値

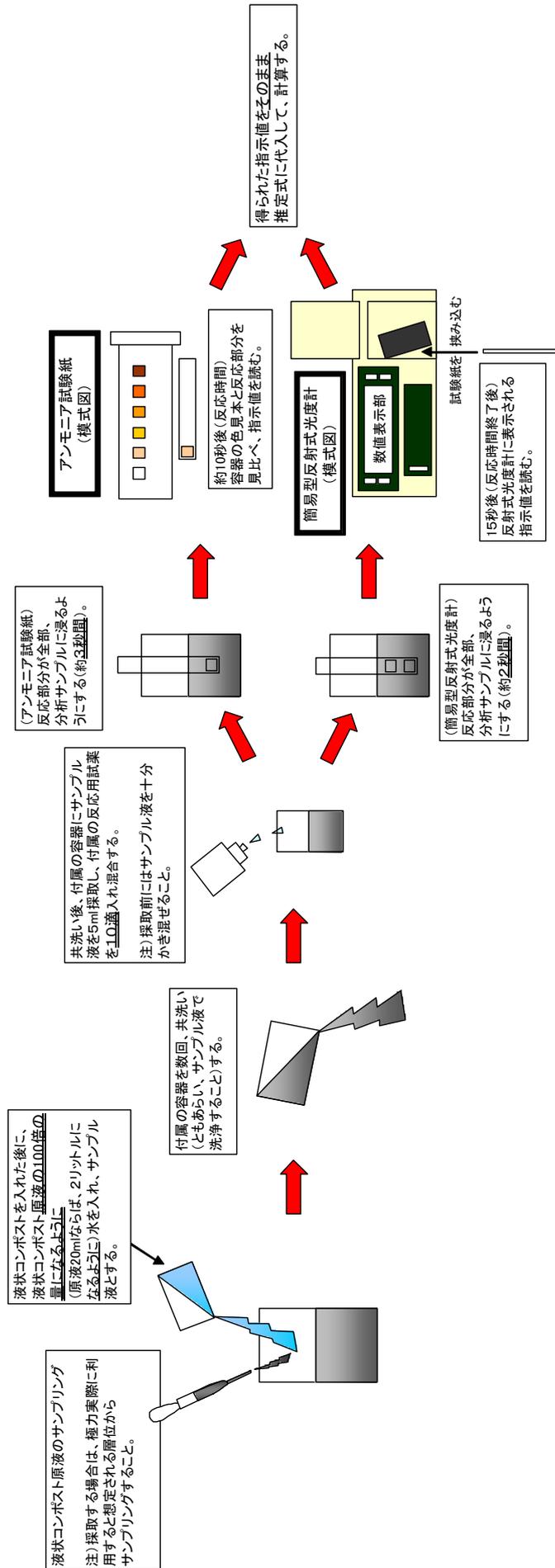


図13 簡易型反射式光度計及びアンモニア試験紙による簡易分析手順

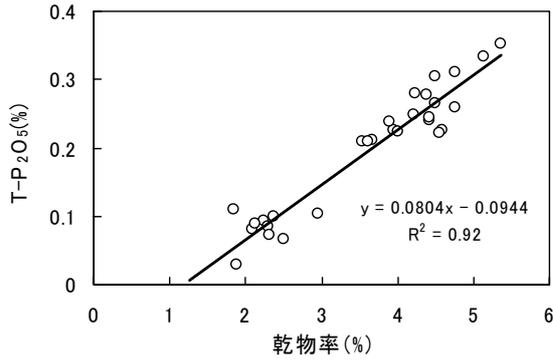


図14 乾物率とリン酸の関係

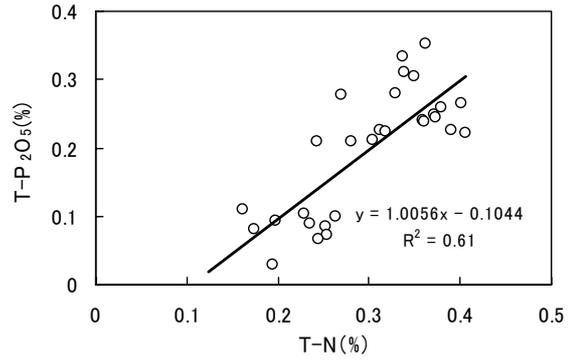


図15 全窒素とリン酸の関係

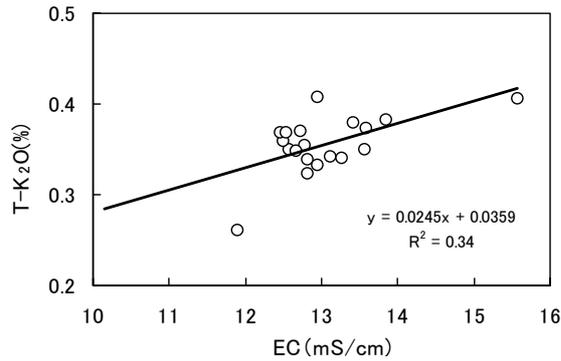


図16 ECとカリの関係

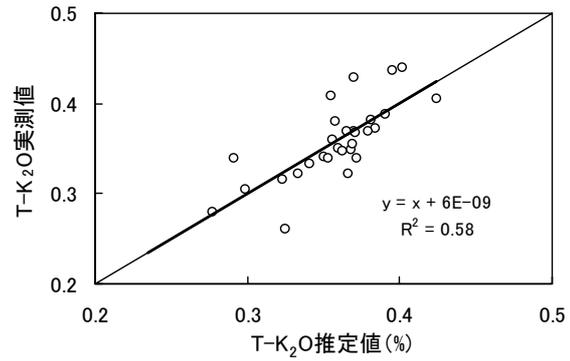


図17 K<sub>2</sub>O 推定式の精度 (EC、乾物率)

\*T-K<sub>2</sub>O (%) = 0.0187 × EC (mS/cm) + 0.0131 × 乾物率 (%) + 0.0737

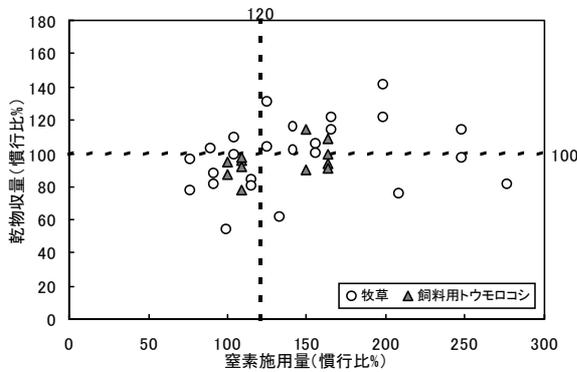


図18 牧草及び飼料用トウモロコシに対する窒素施用量と乾物収量の関係(H14~16)

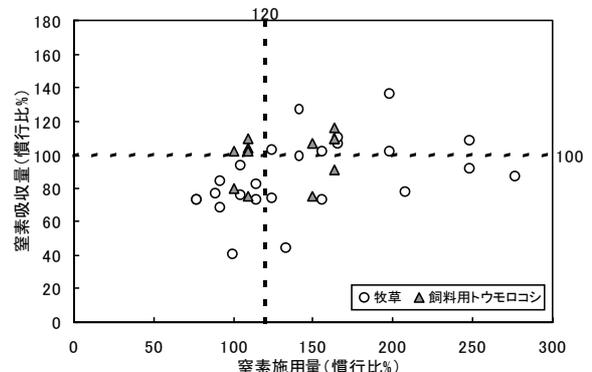


図19 牧草及び飼料用トウモロコシに対する窒素施用量と窒素吸収量の関係(H14~16)

表10 乾物中の各成分濃度及びTDN(H15)

	区名		乾物収量 (kg/10a)	TDN収量 (kg/10a)	乾物中濃度 (%)			K/(Ca+Mg)
					窒素	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
牧草	慣行	1番草	602	-	2.89	0.58	2.33	0.71
		2番草	398	170	1.7	0.67	2.81	1.49
		3番草	373	179	2.82	0.63	2.78	1.26
	液状コンポスト標準	1番草	529	-	2.45	0.58	1.99	0.58
		2番草	418	178	1.37	0.61	2.36	1.34
		3番草	441	204	2.6	0.76	2.73	1.48
	液状コンポスト2割増	1番草	529	-	2.59	0.59	2.41	0.84
		2番草	454	197	1.27	0.61	2.46	1.84
		3番草	442	202	2.54	0.73	2.99	2.06
飼料用トウモロコシ	化学肥料	全体	1710	1173	0.83	0.3	1.55	2.22
	液状コンポスト1割増	全体	1613	1093	0.93	0.37	1.7	1.99
	液状コンポスト6割増	全体	1658	1128	0.95	0.37	1.75	2.34

+Mg) 比は 2.2 以下であり問題は無いと考えられた。しかし、飼料用トウモロコシでは、5 割増施区が K / (Ca+Mg) 比が 2.2 以上となったため、5 割増以上の多施用は避けることが望ましい。

(2) 土壌中における硝酸態窒素の動向

牧草に対する利用では、5 割増施区においても化学肥料区と比べて硝酸態窒素の土壌下層への移行は少なかった。飼料用トウモロコシでは、化学肥料、液状コンポストともに土壌下層への硝酸態窒素の移行は認められなかった(図 20, 21)。

考 察

1. 液状コンポストの特性について

(1) 成分特性

今回検討した施設で調製された液状コンポストは、固液分離後の液体画分を曝気処理したものであるため、固液分離をしていないスラリーと比較して乾物率は低く、それに伴い全体的に肥料成分は低い傾向であった。乾物率は最大でも 5%程度であり土壌の物理性改善、土壌への有機質の供給等の効果は小さいものと考えられる。肥料成分としては、全窒素におけるアンモニア態窒素の割合が約 6 割と高く窒素肥効は高い。また、無機態窒素はアンモニア態窒素とし

て存在しており硝酸態窒素としてはほとんど存在していない。液状コンポストの無機態窒素以外の画分についても C / N 比が 10 前後と推定され、全体の見かけの C / N 比は 4 程度と低く、窒素肥効は発酵鶏ふん等と比較して高いと考えられる。K<sub>2</sub>O は貯留槽内の部位別による成分濃度勾配が小さい。これは、液状コンポスト中ではカリは水溶性の形で存在しているため、液状コンポスト中の固形部分の沈降による濃度勾配が生じなかったと考えられる。K<sub>2</sub>O は濃度が全窒素濃度と同程度～やや高いことから、液状コンポストの施用に当たってはカリの過剰施用が懸念される。リン酸は乾物率の高い下部で濃度が高く、サンプル採取部位による違いが大きかった。これは、リン酸はふんに偏在しており尿中にはほとんど含まれていない<sup>6)</sup>ことから、その大部分が沈降しやすい固体画分に存在するためと考えられる。また、固液分離時の固体画分にリン酸の多くが含まれると考えられることから、液状コンポスト中の P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>濃度は全窒素濃度に比較して低い傾向にある。同様に、CaO 及び MgO についてもそのほとんどが固液分離時の固体画分に存在していると考えられる。

(2) 成分変動

今回検討をした施設も貯留槽は開放状態であることから、貯留槽内の成分濃度は降水量の影響がみられる。また、貯留槽は時間経過による液状コンポスト中の固形部分の一部

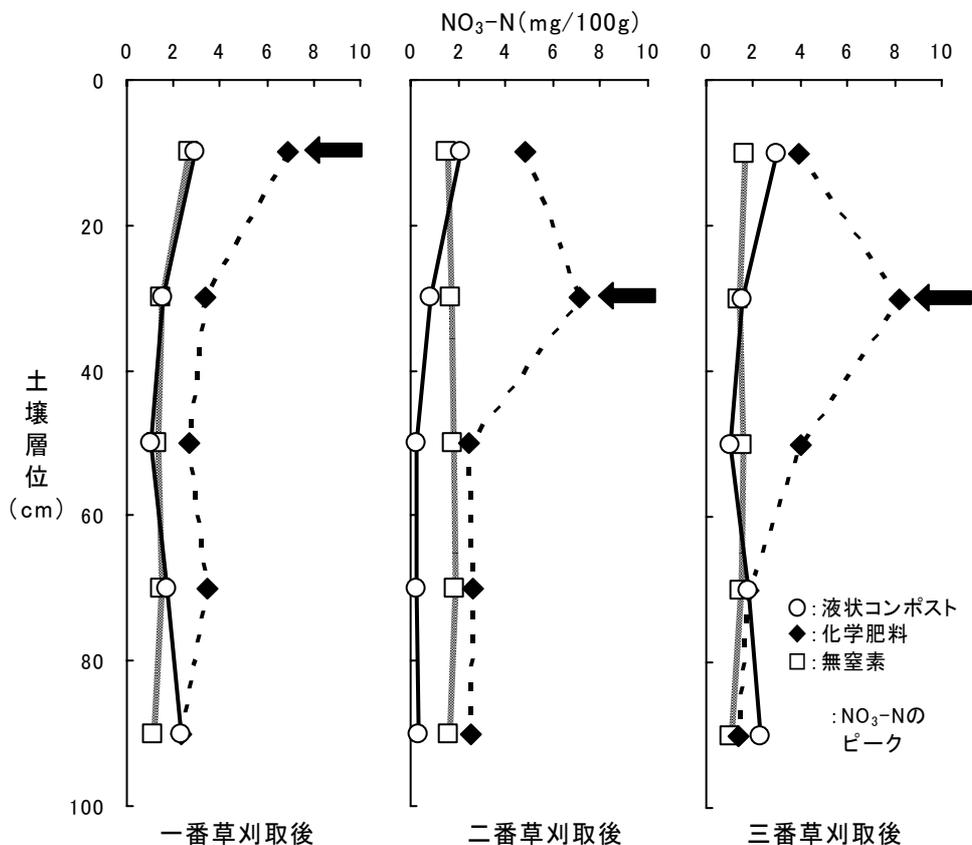


図 20 牧草地における硝酸態窒素の推移(H15)

慣行：施用N量 計20kg、液状コンポスト：施用N量 計31.6kg  
 液状コンポスト施用現物量 (kg/10a)：4, 870+3, 205+3, 205

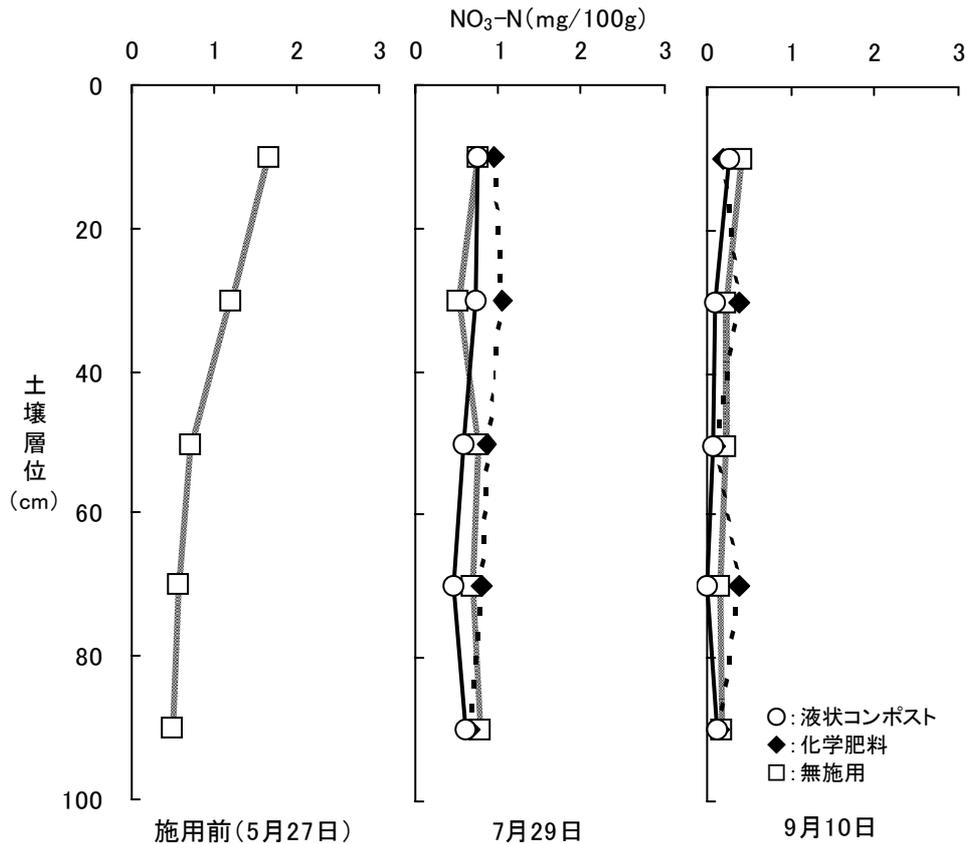


図21 飼料用トウモロコシ圃場における硝酸態窒素の推移

\*施肥:6月4日、播種:6月7日、施用窒素量 窒素成分10kg/10a(現物当たり3, 145kg/10a)

に沈降が起こる。そのため、貯留槽内に濃度勾配が生じ、これに起因して部位によって肥料成分の変動が見られ、上層よりも下層で肥料成分が高くなる傾向にある。年間に見られる変動としては、夏期には降水量が多く、希釈が起こりやすい。また、牧草の追肥などで利用して貯留槽内に液状コンポストが少なくなっているときに降雨があると、さらにその希釈の程度は大きくなる。冬期の場合は、液状コンポストの利用が出来ないため長期間貯留されることから、固体画分の下層への沈降が見られ、春に利用する際に貯留槽の上層と下層での成分の違いが大きくなる傾向にある。今回検討した施設の貯留槽に付属の攪拌機は、底面に固形物がこびりつかないように攪拌する程度のものであり、液状コンポストの濃度勾配をなくすほどの攪拌はできない。そのため、このような気象などの要因によって、利用する液状コンポストの含有成分にはムラが生じる。とくに散布量が多くほぼ貯留槽が空に近くなるような場合には、最初に散布したものと最後に散布したものでは大きく違うことが想定される。そのため利用に当たっては、肥料成分の簡易分析を行うなど、成分含有率の把握を行ってから使用すべきである。

## 2. 液状コンポスト中の窒素の無機化特性について

液状コンポスト中の窒素は、全窒素のうち既に半量以上が無機態であり、無機態窒素以外の画分についても推定 C/N 比が低いことから、窒素の無機化速度は発酵鶏ふん等

よりも早く、肥効は高いと思われる。圃場試験において、牧草・飼料用トウモロコシともに慣行窒素施肥の2割増程度で慣行並の収量を得ており、発酵鶏ふんよりも窒素肥効は高いと考えられた。培養試験でも、施用直後から無機態窒素量が多い状態で推移しているため、比較的速効性の発酵鶏ふんに比較しても窒素肥効が初期から高く、また、春の気温の低い時期でもある程度の窒素肥効が期待できる。

## 3. 肥料成分の簡易推定について

全窒素濃度は、乾物率、EC、アンモニア態窒素と相関が認められ、これらの値からの推定が可能である。また、簡易型反射式光度計及びアンモニア態窒素用試験紙を利用することで現地での全窒素の推定も可能である。しかし、今後建設されるプラントについて当てはまるかは、固液分離の方式などの違いによってプラントごとに得られるサンプルに違いのある可能性があり<sup>6)</sup>追って調査する必要があると考えられる。K<sub>2</sub>Oは水溶性成分が多いと考えられたため、ECで推定を検討したが、今回検討したサンプルについてはECのみでは十分な精度を得ることができなかった。EC、乾物率で重回帰式によってある程度精度の向上が見られたが、全窒素、リン酸と比較すると精度は低く、K<sub>2</sub>Oに関してはさらに検討を行う必要がある。CaO及びMgOについては、含有量が低く、別途施用すべきものと考えられる。推定の意味は、ほとんど無いため検討しなかった。

#### 4. 牧草・飼料用トウモロコシに対する利用

##### (1) 牧草・飼料用トウモロコシに対する施用法

牧草及び飼料用トウモロコシに対しては、窒素成分で慣行窒素施肥量の2割増施をすることで慣行並の収量、乾物重及び窒素吸収量が得られる。液状コンポストの窒素肥効は、アンモニア態窒素については化学肥料と同程度に高く、無機態窒素以外の画分についても推定C/N比は10以下と低いことから、窒素無機化量は多く窒素肥効は高いと考えられる。施肥量を決定する際には、固体画分からの窒素肥効についても考慮するために、アンモニア態窒素のみではなく全窒素換算で決定することとした。液状コンポストは肥料成分として、全窒素濃度に比較して $P_2O_5$ 濃度がやや低く、 $K_2O$ 濃度が全窒素と同程度～やや高い傾向にあり、特にカリについては過剰施用が懸念される。乾物中の成分については、液状コンポスト標準施用区よりも液状コンポスト2割増施区では、 $K/(Ca+Mg)$ 比が2.2を超えないものの、牧草・飼料用トウモロコシとも慣行よりも高くなる傾向にある。また、飼料用トウモロコシでは、液状コンポスト5割増区で $K/(Ca+Mg)$ 比が2.2を超えていたことから、施用量は窒素成分で慣行施用量の2割増を超える増施は $K_2O$ が過剰施肥となる可能性が高いと思われる。そのため、利用に当たっては土壌診断を行い、適正な施用を行うことが重要となる。 $K_2O$ の多い圃場ではカリで施用上限を決定し、不足する窒素については化学肥料で補正をする形での利用についても検討する必要がある<sup>3)</sup>。また、 $CaO \cdot MgO$ はほとんど含有していないことや有機物含量も低いことから、土壌改良資材やたい肥の投入については別途行う必要がある。

##### (2) 土壌中における硝酸態窒素の動向

土壌中における硝酸態窒素の動向に関しては、液状コンポスト中の窒素の大部分は、アンモニア態窒素及び有機態窒素であり、硝酸態窒素としてはほとんど存在していない。そのため、液状コンポストの窒素は土壌に吸着される部分が多いことが考えられる。また、液状コンポストによる牧草・飼料用トウモロコシへの適正施用量は、全窒素で化学肥料対比20%増程度であり、牧草・飼料用トウモロコシの窒素吸収量と比較しても少なく、施用した窒素が利用・吸収され、余分な窒素が少ないことから、溶脱が少ないと考えられる。さらに、成分組成から予想されたとおり、培養試験によっても硝化速度は化肥よりは小さいと考えられるため、化学肥料のよりも窒素の溶脱のリスクは小さいと考えられる。主として、以上にあげた要因によって液状コンポスト施用による硝酸態窒素溶脱量の増加は無いと予想される。このことは、牧草・飼料用トウモロコシどちらについても、圃場における硝酸態窒素の動向調査において下層への移行は少ない傾向にあることから確認された。そのため、液状コンポストは性状が液状であっても、化学肥料より系外へ流出しやすいという可能性は低い。

#### 摘 要

奥中山地域では家畜排せつ物の有効な活用を目的として、液状コンポスト化施設の導入が検討されている。液状コンポストは、家畜ふん尿の固液分離後の液分を曝気処理したものである。その利用に当たって必要となる、成分組成及び成分含量の季節変動などの解明を行った。液状コンポスト(貯留槽中)の成分含有率の平均値は $T-N(\%) - T-P_2O_5(\%) - T-K_2O(\%) = 0.27 - 0.18 - 0.34$ 、乾物率(%, 100-水分%) = 3.4であった。 $NH_4-N(\%) = 0.175$ で全窒素のうち60%程度がアンモニア態窒素として存在する。成分含量は、主に降雨による希釈が原因と思われる季節変動及び固形部分の沈降等による濃度勾配が見られる。肥料成分は、 $T-N$ 、 $T-P_2O_5$ 、 $T-K_2O$ についてEC、乾物率、簡易型反射式光度計数値、アンモニア態窒素試験紙指示値から簡易推定をすることができる。液状コンポスト中の窒素の無機化速度は速く、肥効はかかなり化学肥料に近い。液状コンポストを牧草及びデントコーンに利用する場合は、全窒素で慣行窒素施用量の2割増となるように施用することで、慣行並の収量を確保することが可能であり、化学肥料の節減が可能である。

#### 引用文献

- 1) 液状コンポスト調整システムにおいて曝気が臭気成分に及ぼす効果(岩手県農業研究センター研究報告 第5号)
- 2) 家畜ふん尿処理利用に関する試験研究とその現地適応について(草地試験場環境部土壌物質動態研究室 平成9年)
- 3) 家畜ふん尿処理・利用の手引き 1999(社団法人北海道尿業改良普及協会 刊)
- 4) 家畜ふん尿処理・利用の手引き 2004(社団法人北海道尿業改良普及協会 刊)
- 5) たい肥の全窒素、全炭素及びC/N比の現場で使用可能な測定法(平成12年度 研究成果情報(東北農業))
- 6) 畜産環境対策大事典(農山漁村文化協会 刊)

