

家畜ふん尿のリサイクルに関する研究

吉尾卓宏, 井上雅美, 眞部幸子, 岡村英明¹, 羽成勤²

Studies on the recycle of the livestock manure

Takahiro YOSHIO, Masami INOUE, Sachiko MANABE, Hideaki OKAMURA, Tsutomu HANARI

要 約

県内で利用されている液状物の処理形態や成分について調査した結果は、ほとんどの農家で固液分離・曝気処理は行っていたが、成分や性状には幅があった。また、固液分離、曝気処理を行うほど全窒素濃度は減少するが、無機態窒素割合が増加した。曝気期間中の成分変化を調査した結果、1～2週間の間に有機態窒素、アンモニア態窒素の減少、硝酸態窒素の増加が起こり、その後は成分に大きな変動はなかった。リンとカリウムは曝気期間中大きな変動はなかった。成分の簡易推定に関しては、無機態窒素はEC値による推定が可能で、処理形態を限定することにより精度が増した。肥料成分以外の品質評価では、液状物中の銅・亜鉛はたい肥と比較して低濃度であった。また、酸化還元電位がアンモニア態窒素や発芽率と相関があり、評価項目として利用できる可能性が示唆された。

キーワード：液状物処理 肥料 処理形態 簡易推定 品質評価

緒 言

家畜排せつ物の管理の適正化と利用の促進を柱とする、いわゆる「家畜排せつ物法」の施行に伴い、家畜ふん尿の処理・利用方法についての改善が強く求められている。家畜ふん尿に関しては固形分はたい肥化、液状物は浄化・放流が基本である。しかし、液状物に関して茨城県では事情が異なる。茨城県には霞ヶ浦流域のような、水系への影響を特に考慮しなければならない地域が広く存在する。それらの地域では排水基準が低く設定されており、戸々の畜産農家による浄化・放流はコスト的、労力的に困難である。特に養豚に関していえば、霞ヶ浦流域内には県内飼養頭数の約半数が存在しており¹⁾、それらに対する環境への負荷を懸念する意見も多く、液状物に関して浄化・放流以外の適正な処理・利用方法が求められている。浄化・放流以外の処理・利用方法として考えられるものは、おが粉豚舎で汚水を出さない、肥料として畑に散布、蒸発散、浄化した後再利用と言った方法が挙げられる。これらの方法の中で、肥料と

しての利用は液状物が系外へ出ていく方法であり、資源の有効利用という面では良いが、適正な管理を行わなければ新たな環境負荷につながりかねない。そこで本試験では、家畜ふん尿の液状物を適正に利用していくために、性状・成分の把握、処理方法、評価方法の検討を行った。

材料および方法

1 液状物の処理形態と性状調査(試験1)

家畜ふん尿の液状物は“液肥”と称され圃場に散布されているものが多かった。しかし形状や成分に一定の基準がなく、耕種農家がイメージする液肥とは性状がかなりかけ離れているものもあった。液状物を肥料として利用するにはまず、その性状を把握する必要がある。そこで、実際に液状物の成分分析を行い、処理形態別に分類し、その特徴を調査した。

調査方法は茨城県内各地から液状物を採取し、処理形態・成分の調査を行った。サンプルの採取は平成14年度から17年度の間に行い、調査した農家戸数は67戸であった。

調査項目は規模頭数と処理形態で、処理形態は以下の4つの点について調査した。

1 現 茨城県農林振興公社

2 現 茨城県農林水産部畜産課

- (1) 処理施設への流入形態
ふん尿混合か分離か
- (2) 処理施設での固液分離
分離を行っているかいないか
- (3) 曝気処理形態
連続, 間欠, 無し

(4) 曝気期間

分析成分は電気伝導度(EC), 窒素(有機態, アンモニア態, 硝酸態), リン, カリウム, COD, pH, 浮遊物質(SS)である。分析方法は, 窒素, リン, カリウム, COD, SSは多目的迅速水質分析計(DR2010型, ハック社製)²⁾, ECとpHはポータブル測定器でそれぞれ行った。

2 曝気処理が液状物に与える影響 (試験 2)

液状物を肥料として利用する場合, 問題点として成分が不安定であることがあげられる。そこでまず, 曝気処理中に液状物の成分がどう変化するか調査し, 成分の把握, 安定させる手法を検討する基礎データとする。

試験は以下の3つの条件で行った。

1) 曝気濃度の違い

表 1 試験区分

	開始時成分濃度(mg/ℓ)	
	COD	全窒素
試験区 1 (低濃度区)	2,300	700
試験区 2 (高濃度区)	11,500	4,750

※供試資材は畜舎排水に乾燥豚ふんを混合した液状物

※処理量 1 m³, 曝気量 2.4 m³/h・m³

※試験期間 2 週間

2) 曝気方法の違い

表 2 試験区分

	曝気方法	曝気量(m ³ /h・m ³)
試験区 1	連続	1.8
試験区 2	間欠(1hおき)	1.8
試験区 3	連続	1.2
試験区 4	攪拌のみ	

※供試資材は畜舎排水に乾燥豚ふんを混合した液状物

※処理量 50 ℓ

※試験期間 1 ヶ月

3) 貯留期間中の曝気方法の違い

表 3 試験区分

	曝気方法	曝気量(m ³ /h・m ³)
試験区 1	連続	1.8
試験区 2	間欠(1hおき)	1.8
試験区 3	無処理	

※供試資材は畜舎排水に乾燥豚ふんを混合した液状物を 1 ヶ月曝気処理したもの

※処理量 50 ℓ

※試験期間 1 ヶ月

比較した分析項目は pH, EC, 窒素, リン, カリウムで, 分析方法は試験 1 と同様である。

3 液状物成分の簡易推定法(試験 3)

液状物を肥料として利用するには成分が安定することが望ましいが, 安定化には限界がある。一方で, 処理条件に大きな変更がなければ急激な変動は少ないと思われる。そこで散布直前に濃度を把握し, 施肥設計を行うことができれば, 変動の影響をより少なくすることができる。そのため成分を簡易に推定する方法を検討した。

方法は試験 1 で得られた液状物の分析結果を処理形態別に分類し, ECやSSと窒素, リン, カリウムの相関を比較した。

4 液状物の品質評価(試験 4)

液状物を肥料として利用するためには, 肥料成分の把握は当然のこととして, それ以外にも幾つかの問題点がある。まず, 圃場では重金属の蓄積が問題視されており, 液状物においても濃度を把握する必要がある。また, 衛生面や作物に与える影響など肥料成分以外の品質について客観的に評価できる基準が求められている。重金属については銅・亜鉛の濃度, また, 大腸菌群数, 発芽率, 酸化還元電位を調査し, 肥料成分以外の品質評価項目として検討した。

調査方法は, 銅・亜鉛は, 県内から採取したサンプルを H₂SO₄-H₂O₂ 分解後原子吸光光度法³⁾で測定した。

大腸菌群数は県内から採取したサンプルについて調査した。また, 試験 2 において曝気処理期間中の消長についても調査した。分析は大腸菌群試験紙を用いて行った。

発芽率は試験 2 において処理期間中の液状物の発芽状況について試験した。試験方法はポツ

トに芝の目土を140 g 入れ、そこへサンプル液状物50ml 入れる。次に水溶性の紙に小松菜の種を貼り付けたものをポットにセットして軽く土をかけ、水を約20ml 均一に散布する。このポットを培養器にセットして2～3日後の発芽の状況を調査した。対照として蒸留水でも同様の操作を行った。

酸化還元電位は試験2において、処理期間中の液状物の酸化還元電位について経時的に調査した。

結 果

1 液状物の処理形態と性状調査

まず、農家の処理状況を見ると、規模頭数では母豚200頭以下が3/4以上と大部分を占めていた。処理形態別にみると固液分離は全く行っていない農家が4戸あったが、大部分は畜舎内か、施設で固液分離を行っていた。曝気処理は行っていない農家が2戸有り、約3/4が連続曝気、残りが間欠曝気であった。曝気期間は2週間以上が最も多く、一方で処理期間が把握できなかった農家もあった(表4、図1～3)。

また分析値の結果は、濃度の幅が広く、形状もスラリーから浄化処理水まで様々であった

■ 100頭以下 ■ 100～199 □ 200～299
□ 300～399 ■ 400～499 ■ 500頭以上

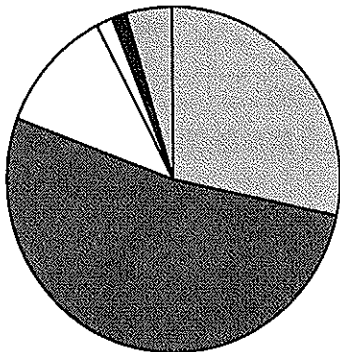


図1 母豚飼養規模頭数別割合

(表5)。これらの成分のうち肥料成分(窒素、リン、カリウム)を処理形態別に分類し、傾向を比較してみた。形態別の分類は、比較する処理以外の処理方法を統一して行った。

固液分離処理は、14日以上連続曝気を行ったサンプルで比較した。窒素は畜舎内で分離した液状物の方がふん尿混合で処理したものに比べ、全窒素濃度は減少し、無機態窒素の割合が増加した。また、固液分離が進むほど無機態窒素の割合が増加した(図4)。リンとカリウムは濃度、割合とも固液分離形態別で大きな差は見られなかった(図5)。

曝気処理別は、畜舎と施設で固液分離を行い14日以上曝気処理したサンプルで比較した。窒素とカリウムでは間欠曝気と連続曝気で大きな差は無かったが、リンは連続曝気の方が濃度が低くなった(図6,7)。

曝気期間別は、固液分離は畜舎でのみ、連続曝気を行ったサンプルで比較した。窒素は曝気期間が7日以上で有機態窒素の減少と、それに伴う無機態窒素割合の増加がみられた。リンとカリウムでは処理日数が長くなるとリンが減少した(図8,9)。

表4 固液分離の状況

		処理施設		合計
		分離機なし	分離機有り	
畜舎	混合	4	23	27
	分離	17	23	40
	合計	21	46	67

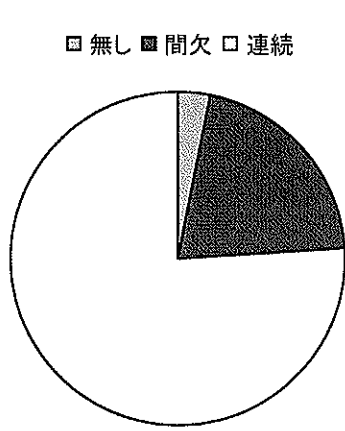


図2 曝気形態別割合

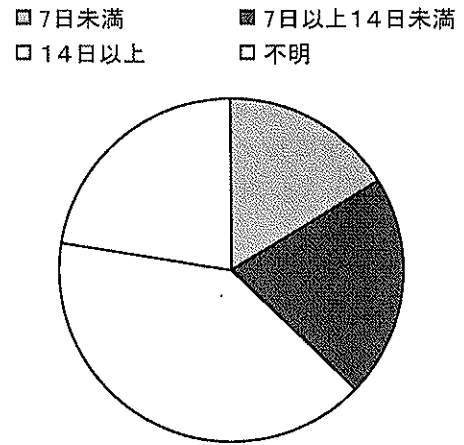


図3 曝気期間別割合

表5 採取サンプルの測定結果

	電気伝導度	有機態窒素	アンモニア態窒素	硝酸態窒素	P ₂ O ₅	K	COD	SS	pH
n = 167	mS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
平均	17.0	1,618	1,703	285	1,361	2,077	8,373	6,874	8.5
最大値	59.6	8,460	8,400	1,940	10,650	10,800	10,650	44,300	9.7
最小値	1.3	<100	<10	<10	16	100	100	<10	6.3

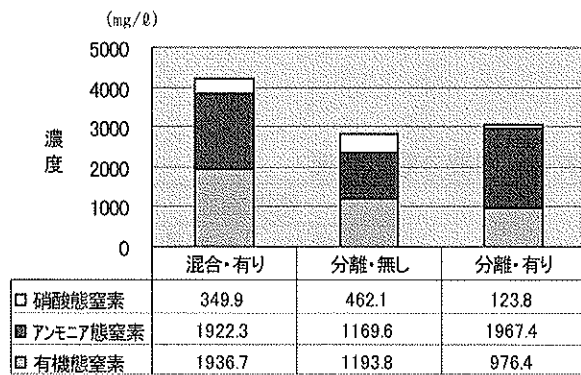


図4 固液分離形態別の窒素濃度

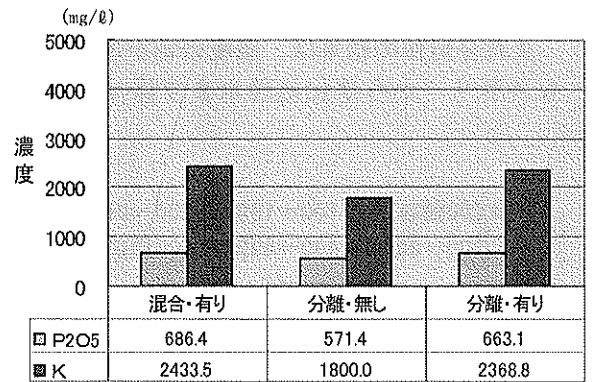


図5 固液分離形態別のリン・カリウム濃度

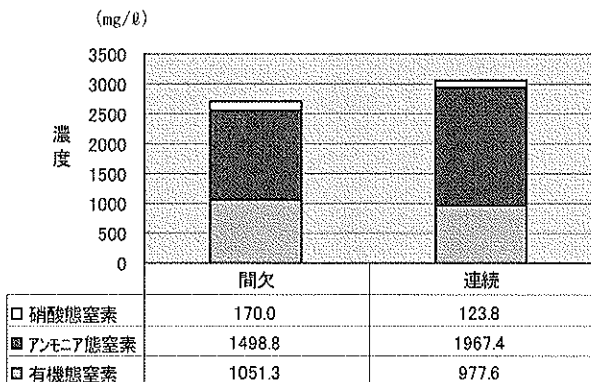


図6 曝気形態別の窒素濃度

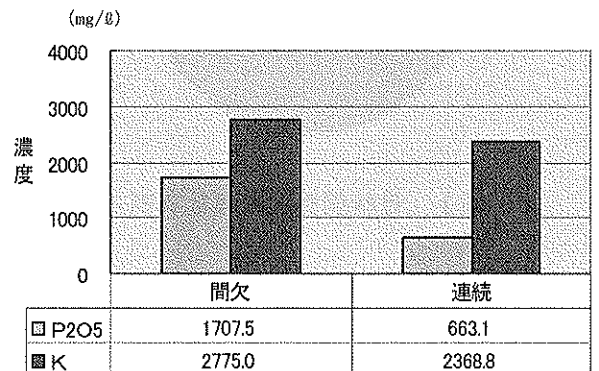


図7 曝気形態別のリン・カリウム濃度

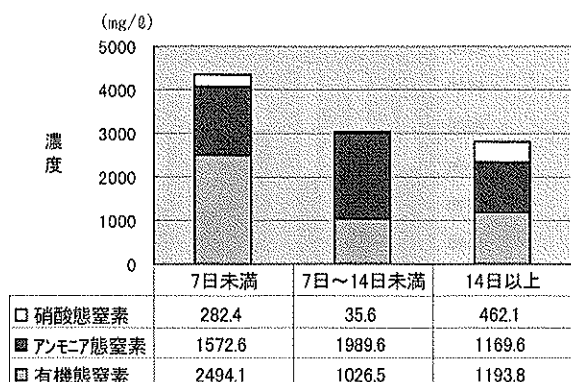


図8 処理期間別の窒素濃度

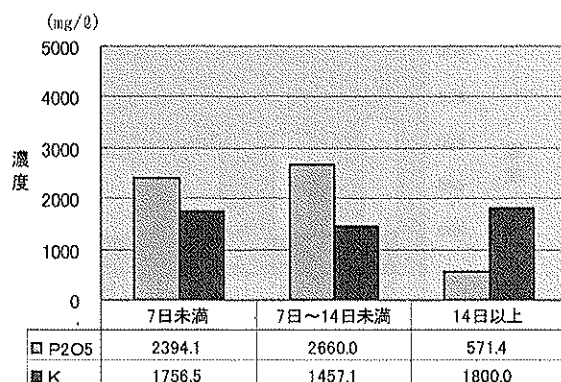


図9 処理期間別のリン・カリウム濃度

2 曝気処理が液状物に与える影響

1) 曝気濃度別に見ると、ECは試験区1では大きな変化はなかったが、試験区2では1週間目までは徐々に減少してき、その後大きな変化はなかった。pHは試験区1では3日目、試験区2では8日目まではアルカリだったが、それ以降中性付近に移行した(図10, 11)。

窒素では、試験区1では無機態窒素と有機態窒素の比率に大きな変化はなかったが、処理が進むにつれて、有機態窒素、アンモニア態窒素の減少、硝酸態窒素の増加が起こった。特に3日目以降急激に変化した。試験区2でも傾向としては試験区1とほぼ同様であったが、変化の開始時期が10日目であった(図12, 13)。リンとカリウムは試験期間中大きな変化はみられなかった(図14, 15)。

2) 曝気方法別の結果は、pHでは試験区1と2は一度上昇後若干下降した。試験区3と4は徐々に上昇した。ECは試験区1と2は1週間目に大きく減少しその後は大きな変化はなかった。試験区3は2週目以降減少した。試験

区4は大きな変化はなかった(図16, 17)。

窒素は無機態窒素と有機態窒素の割合はどの試験区も大きな変化はなかった。試験区1で硝酸態窒素が最も高くなった。また、試験区2で全窒素の減少がみられた(図18)。リンとカリウムでは試験区間、処理期間中、明確な一定の傾向は見られなかった(図19, 20)。

3) ある程度処理が進んだ後に曝気量を変えたところ、ECでは試験区1で若干上昇傾向にあったが、他の試験区は大きな差はなかった。pHはどの試験区も1週目に上昇しそれ以降大きな変化はなかった(図21, 22)。

窒素は試験区1は無機態窒素の割合、特に硝酸態窒素の割合が高かった。また、試験区2, 3は試験区1に比べ全窒素濃度が減少した(図23)。リンは試験区1, 2は試験期間中大きな変化はなかったが、試験区3は若干減少した。カリウムは試験区1は増加傾向にあったが、試験区2は大きな変化はなく、試験区3は減少した(図24, 25)。

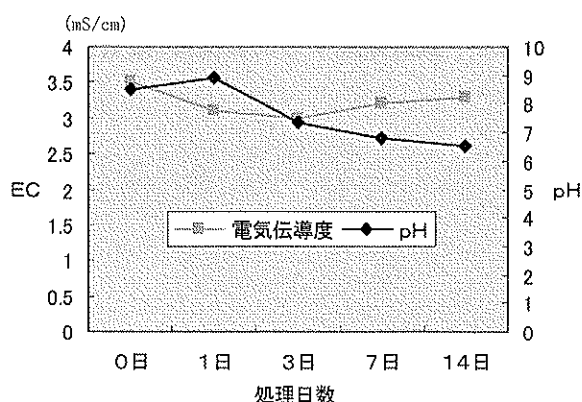


図10 試験期間中のEC・pHの推移(低濃度区)

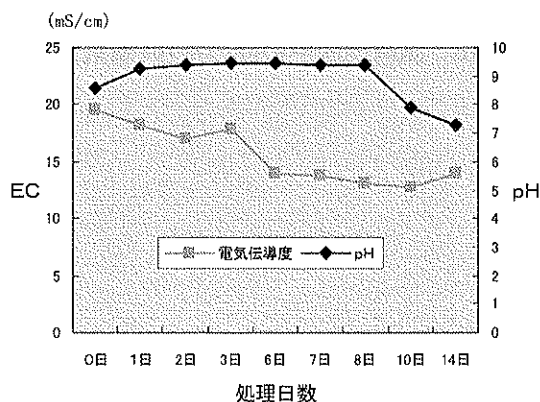


図11 試験期間中のEC・pHの推移(高濃度区)

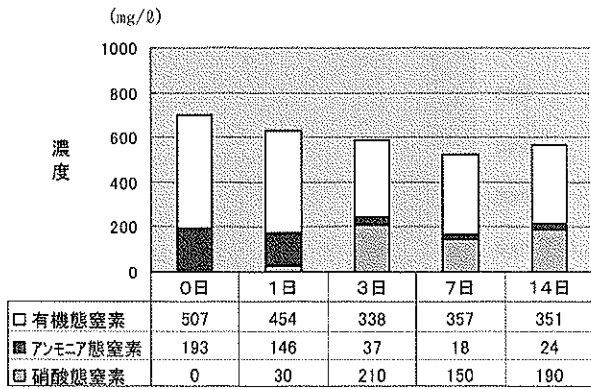


図12 試験期間中の窒素濃度の推移(低濃度区)

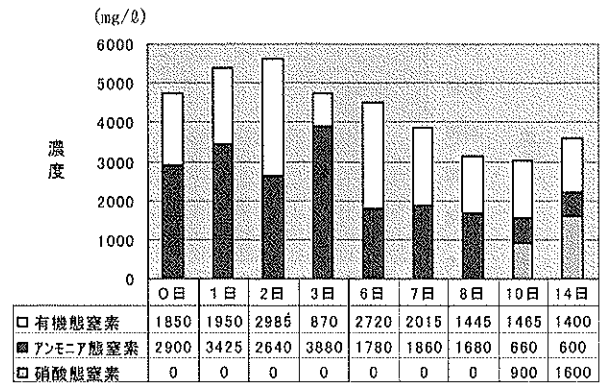


図13 試験期間中の窒素濃度の推移(高濃度区)

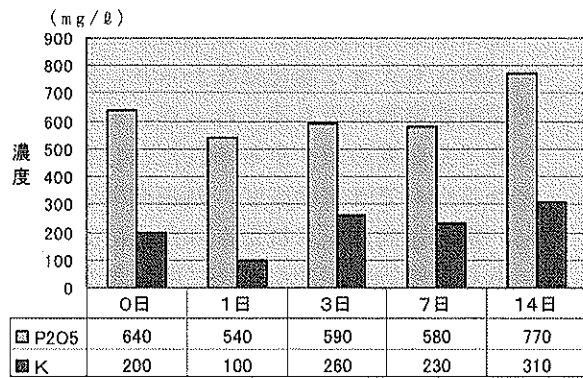


図14 試験期間中のリン・カリウム濃度の推移(低濃度区)

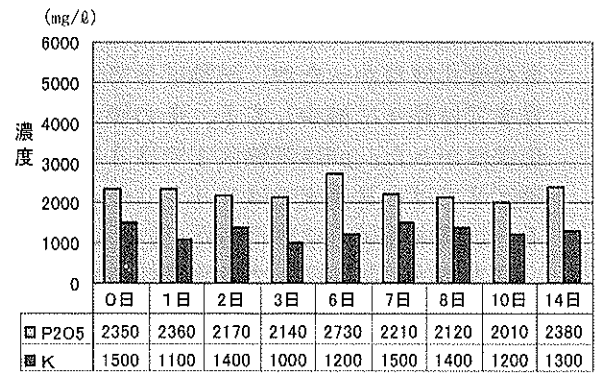


図15 試験期間中のリン・カリウム濃度の推移(高濃度区)

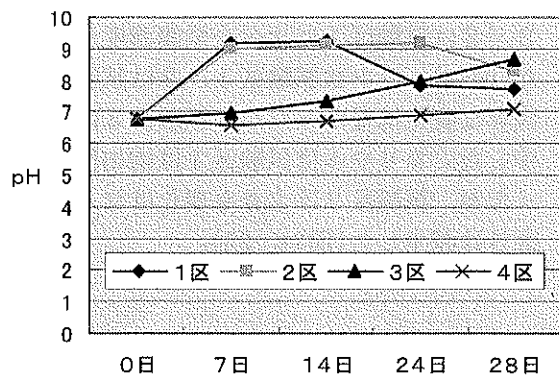


図16 試験期間中のpHの推移(曝気別)

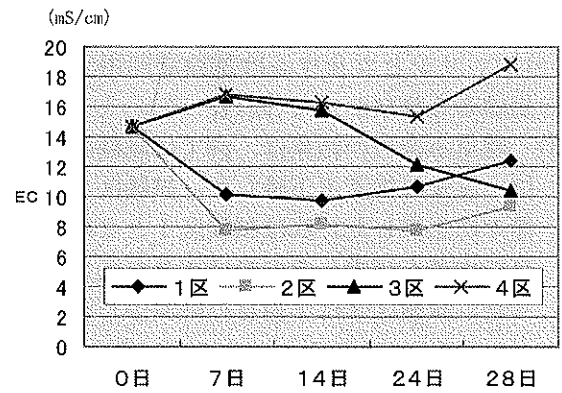


図17 試験期間中のECの推移(曝気別)

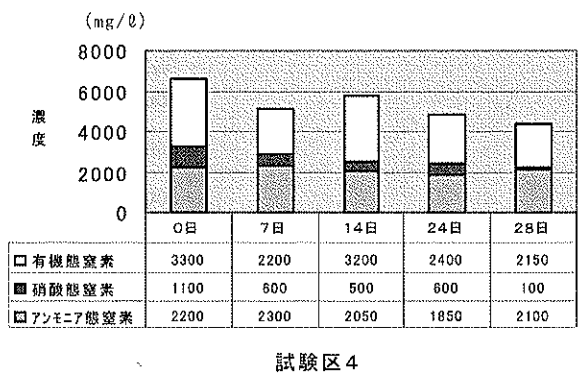
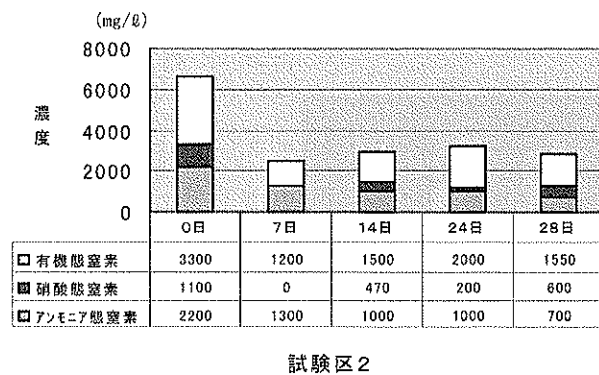
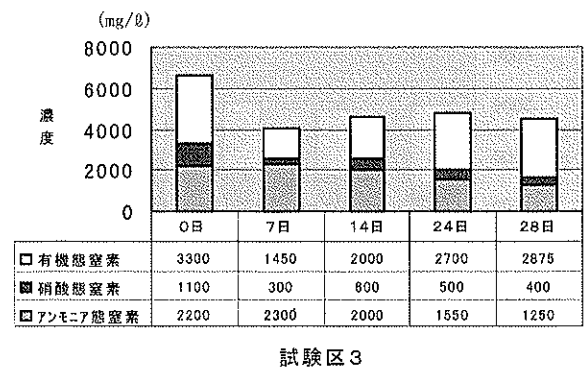
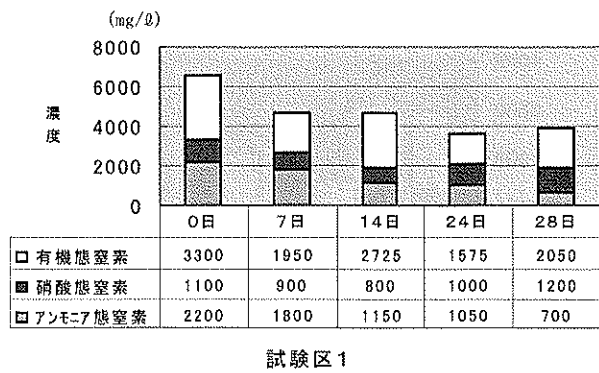


図18 試験期間中の窒素濃度の推移(曝気別)

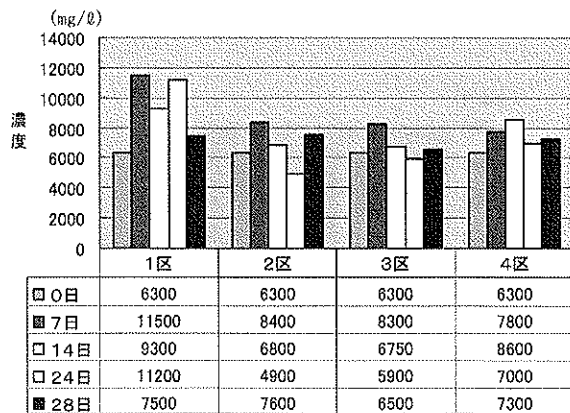


図19 試験期間中のリン濃度の推移(曝気別)

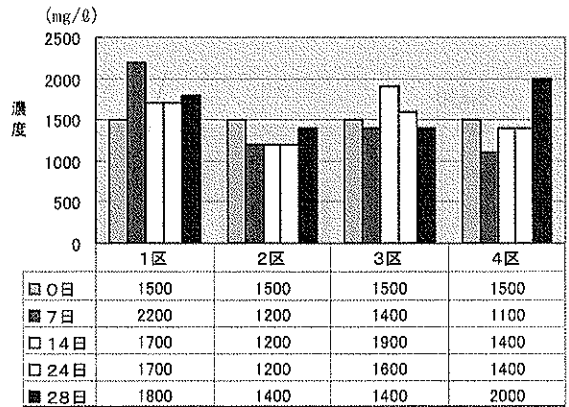


図20 試験期間中のカリウム濃度の推移(曝気別)

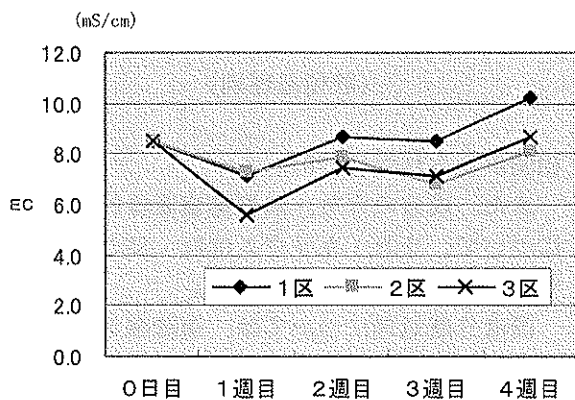


図21 試験期間中のECの推移(貯留処理別)

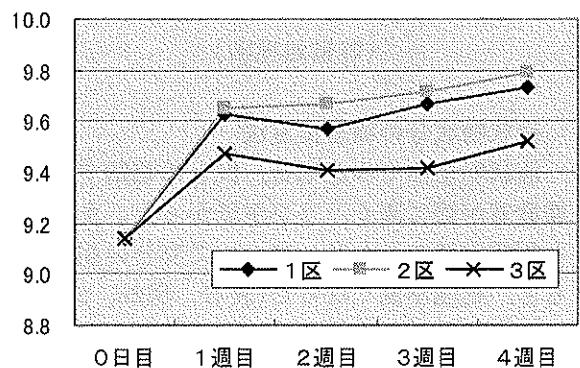
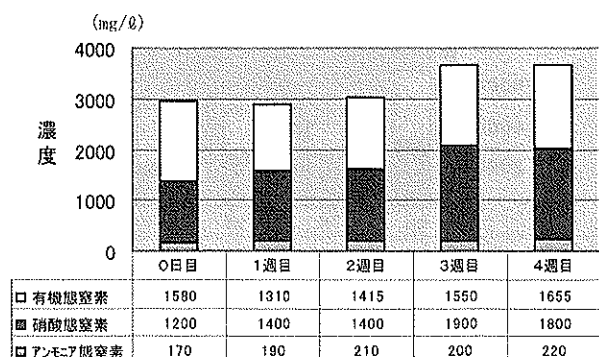
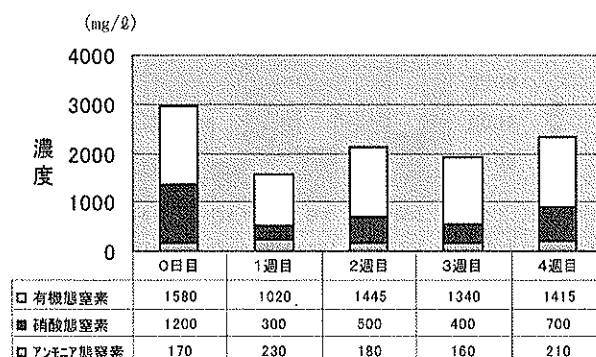


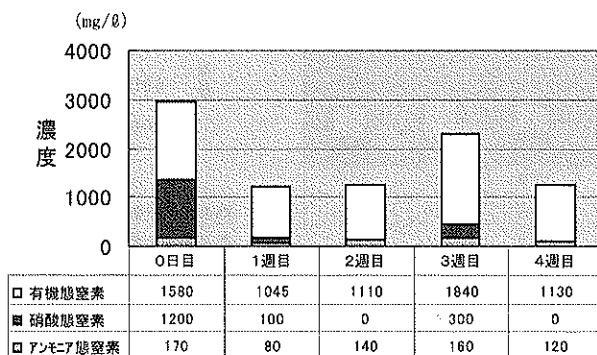
図22 試験期間中のpHの推移(貯留処理別)



試験区1



試験区2



試験区3

図23 試験期間中の窒素濃度の推移(貯留処理別)

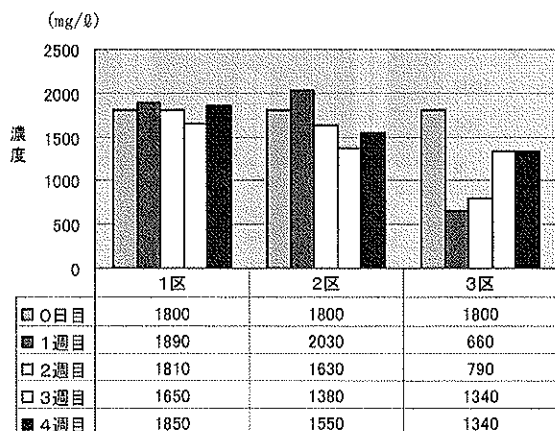


図24 試験期間中のリン濃度の推移
(貯留処理別)

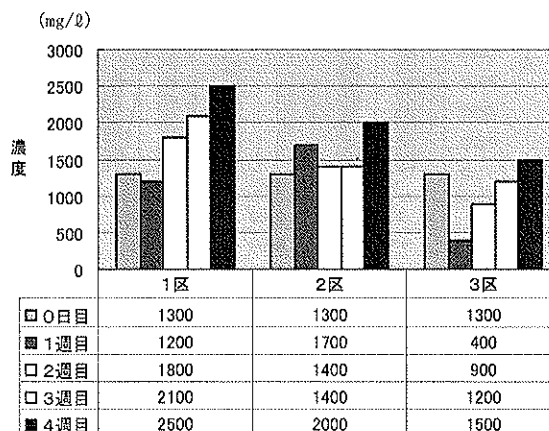


図25 試験期間中のカリウム濃度の推移
(貯留処理別)

3 液状物成分の簡易推定法

液状物全体でみた場合、ECとの相関では無機態窒素が特に高く、リンが低かった。また、ECと相関が低かったリンについてSSとの相関を見ると、相関が高くなった(表6, 図26, 27)。

SSは透視度を利用して推定することが出来るので⁴⁾、一部のサンプルで100倍に希釈したサンプルの透視度とリンの相関を見てみると高い

相関が見られた(図28)。

また、成分のうち、無機態窒素はECとの相関について、リン・カリウムはEC・SSとの相関について処理形態別に比較した。

固液分離処理については、連続曝気で14日以上処理したサンプルを、ふん尿混合流入・施設分離、ふん尿分離流入・施設分離無し、ふん尿分離流入・施設分離の3形態に分類した。無機

態窒素は処理方法を限定することで相関はあがったが、形態別で大きな差はなかった。リンはECではどの処理形態でも高い相関は見られなかった。SSでは分離・有りの区で高い相関が見られた。カリウムはECでは処理形態別で特に相関が高くなることはなかった。SSでは混合，有りの区で相関が高くなったが，それ以外は低くなった(表7，8，図29)。

曝気形態別では，畜舎分離，施設分離有りで14日以上処理したサンプルを，間欠曝気と連続曝気に分類して比較した。無機態窒素では間欠曝気で相関はあがった。リンはECとの相関は曝気形態別に見ても大きな変化はなく，SSとの相関は連続曝気で上がった。カリウムはECとの相

関は曝気形態別に見ても大きな変化はなく，SSとの相関は曝気形態別に分類することで下がった(表9，10，図30)。

曝気期間別では，畜舎分離・施設分離無しで連続曝気したサンプルを曝気期間別に7日未満，7～14日，14日以上に分類した。無機態窒素とECの相関は分類することにより相関係数は上がるが，曝気期間で大きな差はなかった。リンは，EC・SSとの相関は共に，処理期間別に分類しても上昇しなかった。カリウムについても処理期間別で相関が大きく上昇することはなかった(表11，12，図31)。

表6 EC, SSと成分の相関係数(全サンプル)

	EC	SS
EC	1	
SS	0.403	1
有機態窒素	0.649	0.655
アモニア態窒素	0.799	0.366
硝酸態窒素	-0.214	-0.197
無機態窒素	0.806	0.341
全窒素	0.829	0.578
P ₂ O ₅	0.161	0.686
K	0.628	0.358

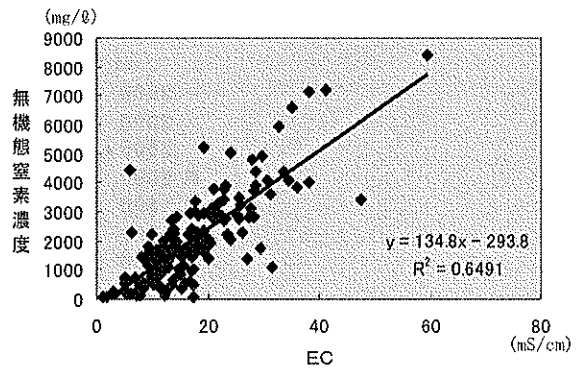


図26 ECと無機態窒素の相関(全体)

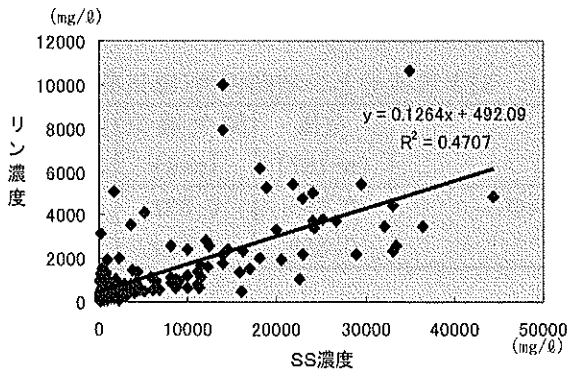


図27 SSとリンの相関(全体)

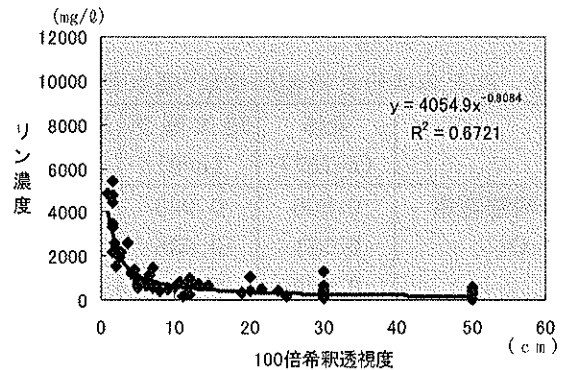


図28 透視度とリンの相関(全体)

表7 ECと各成分との相関係数(固液分離別)

	全体 (n=167)	混合・有り (n=23)	分離・無し (n=14)	分離・有り (n=12)
無機態窒素	0.806	0.879	0.928	0.905
P ₂ O ₅	0.161	0.307	0.078	0.263
K	0.628	0.686	0.490	0.475

表8 SSと各成分との相関係数(固液分離別)

	全体 (n=167)	混合・有り (n=23)	分離・無し (n=14)	分離・有り (n=12)
P ₂ O ₅	0.686	0.776	0.176	0.917
K	0.358	0.602	0.243	-0.196

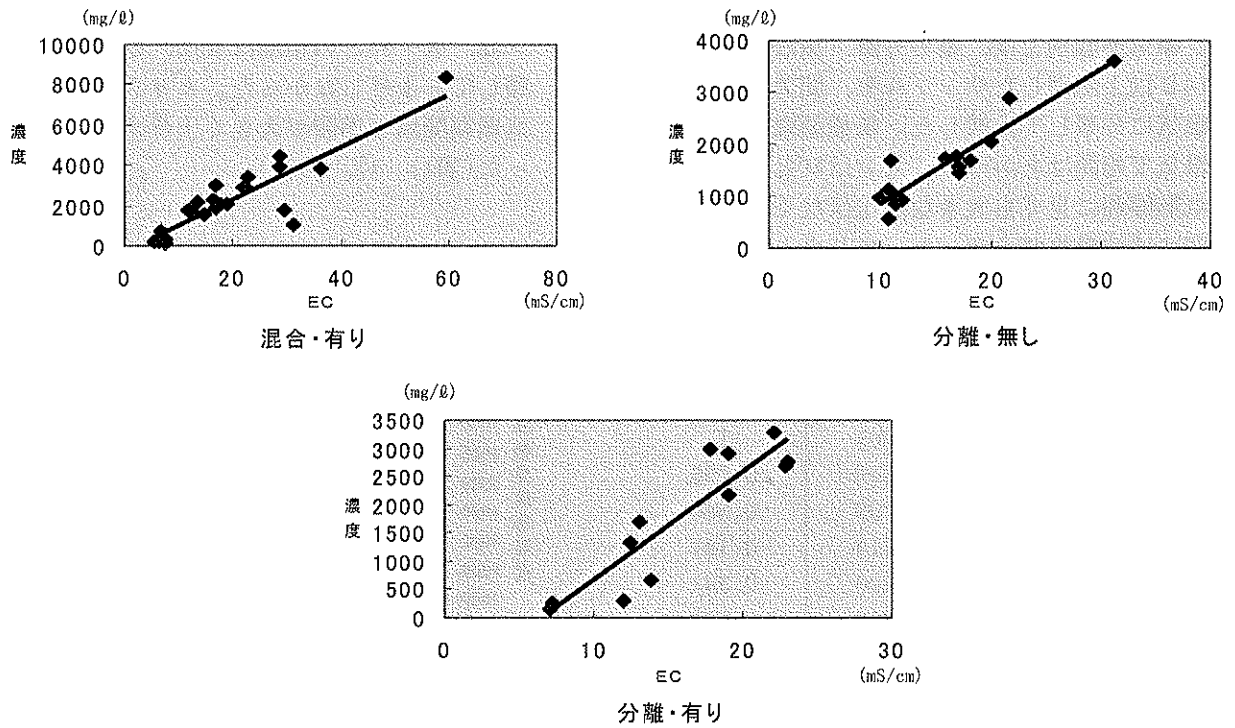


図29 ECと無機態窒素の相関(固液分離別)

表9 ECと各成分との相関係数(曝気形態別)

	全体 (n=167)	間欠曝気 (n=9)	連続曝気 (n=17)
無機態窒素	0.806	0.963	0.787
P ₂ O ₅	0.161	-0.088	0.214
K	0.628	0.613	0.672

表10 SSと各成分との相関係数(曝気形態別)

	全体 (n=167)	間欠曝気 (n=9)	連続曝気 (n=17)
P ₂ O ₅	0.686	0.387	0.925
K	0.358	0.234	-0.061

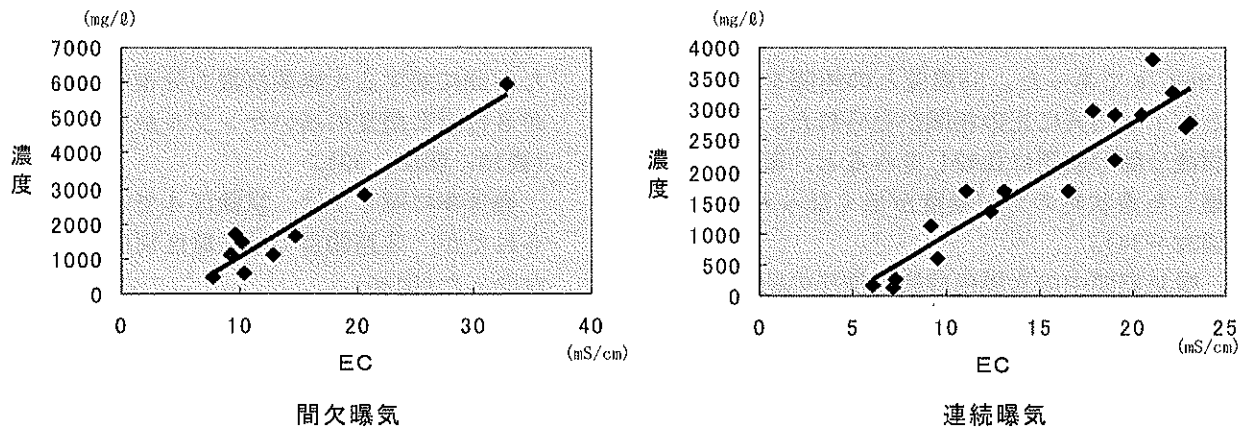


図30 ECと無機態窒素の相関(曝気形態別)

表11 ECと各成分との相関係数(曝気期間別)

	全体 (n=167)	7日未満 (n=23)	7~14日 (n=8)	14日以上 (n=14)
無機態窒素	0.806	0.894	0.889	0.928
P ₂ O ₅	0.161	-0.457	-0.429	0.078
K	0.628	0.506	0.756	0.490

表12 SSと各成分との相関係数(曝気期間別)

	全体 (n=167)	7日未満 (n=23)	7~14日 (n=8)	14日以上 (n=14)
P ₂ O ₅	0.686	0.443	0.615	0.176
K	0.358	0.517	-0.197	0.243

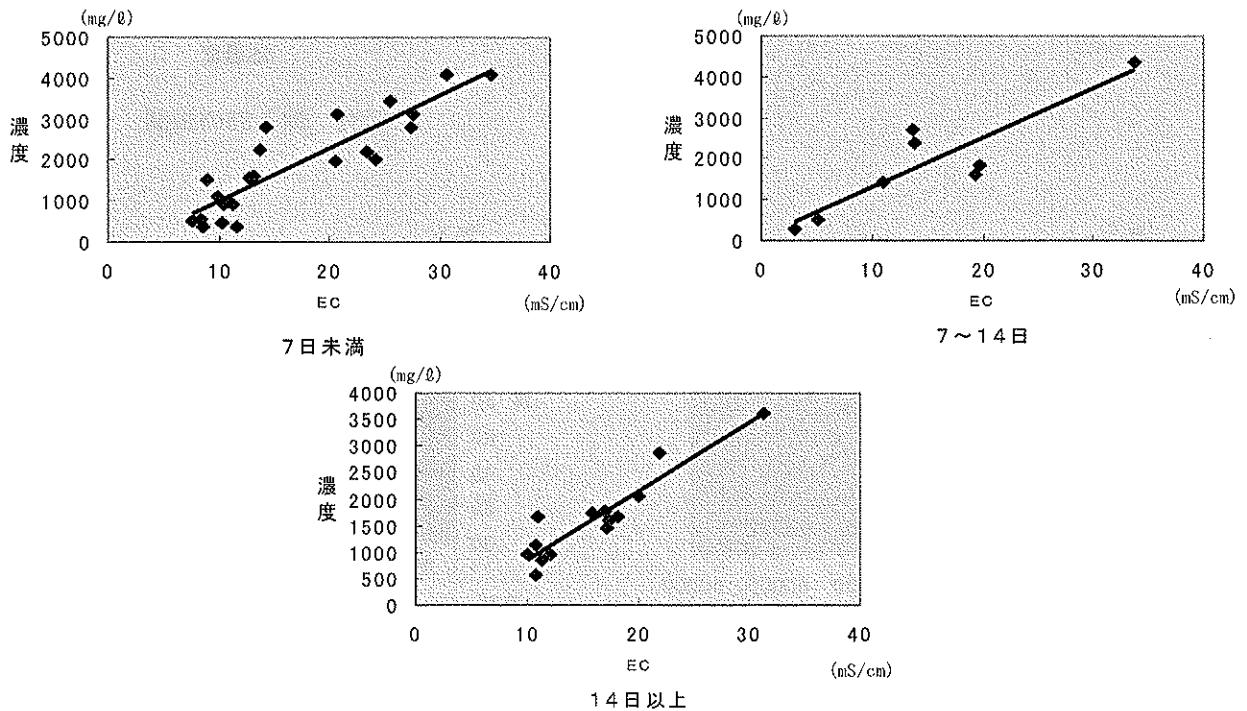


図31 ECと無機態窒素の相関(曝気期間別)

4 液状物の品質評価

銅・亜鉛の平均濃度はそれぞれ約10mg/ℓ、15mg/ℓであった。SS濃度との相関を見てみると銅・亜鉛共に正の相関が見られた。そこで、固液分離形態別に比較してみると、畜舎内で分離した液状物の方が濃度が低くなった(表13、図32~34)。

曝気期間中の大腸菌群数の推移の結果は、濃度別に見ると低濃度では1日で、高濃度でも7日目で低下した。曝気量・形態別では、曝気量が多いほど少ない日数で低下したが、どの試験区も2週間目にはほぼ同じ値となった。ただ、低濃度区において液温の推移を調査したところほとんど温度は上がらなかった(図35~37)。

採取したサンプルの測定結果では、大部分が低濃度であったが、濃度が高かったものもあっ

た(表14)。曝気期間との相関は見られず、また、他の分析成分とも相関は見られなかった。ただpHに対する大腸菌群数の分布を見ると、pHが8付近に濃度の高いサンプルが集中していた(表15、図38、39)。

発芽率に関しては、試験区4で若干低下が見られたが、3週間目では試験区別に大きな差はなかった(図40)。

酸化還元電位は、試験区1では1週間目に上昇した。試験区2は3週間目に上昇した。試験区3と試験区4は低い値のままだった。酸化還元電位の上昇が起こった試験区1と2においてアンモニア態窒素、発芽率の相関を見ると、アンモニア態窒素とは負の相関、発芽率とは正の相関があった(表16、図41)。

表13 サンプル液状物の銅・亜鉛濃度 (mg/ℓ)

	銅	亜鉛
平均	9.8	14.5
最大値	252.1	74.0
最小値	0.0	0.0

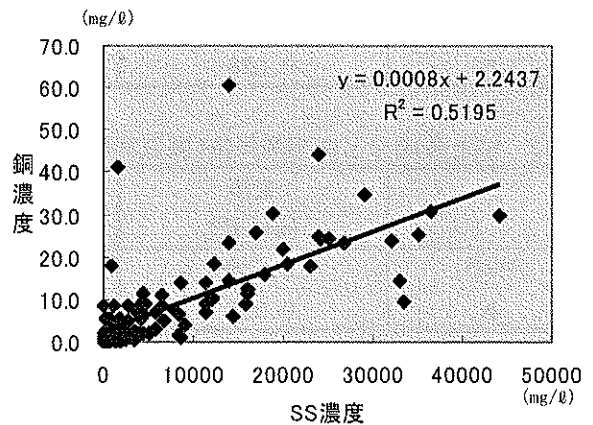


図32 銅とSSの相関

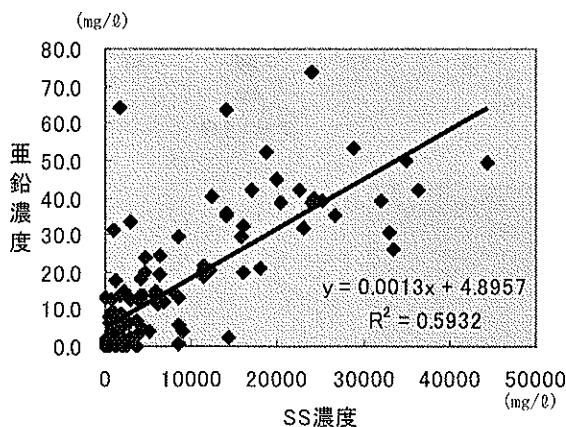


図33 亜鉛とSSの相関

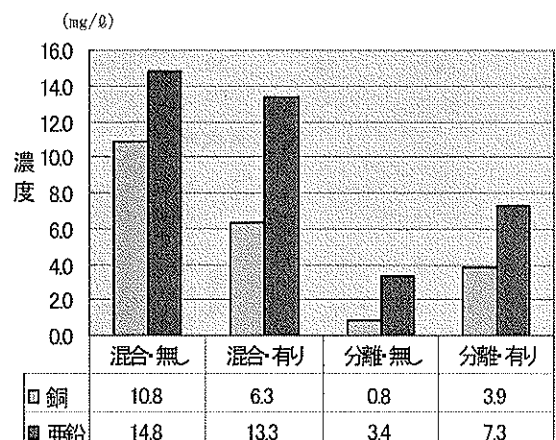


図34 固液分離形態別の銅・亜鉛濃度

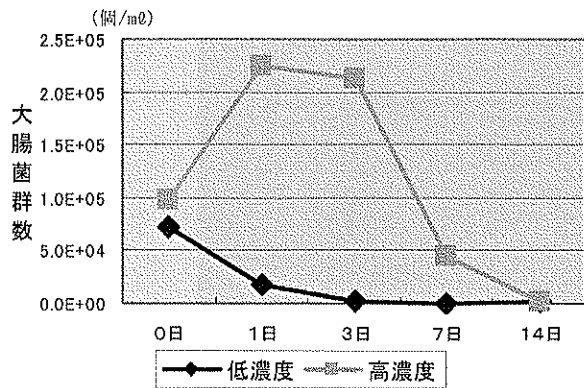


図35 試験期間中の大腸菌群数の推移
(濃度別)

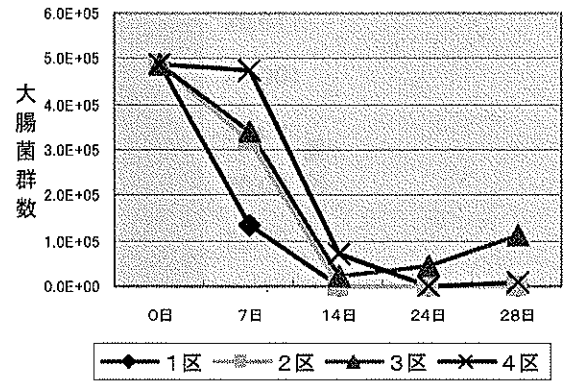


図36 試験期間中の大腸菌群数の推移
(曝気方法別)

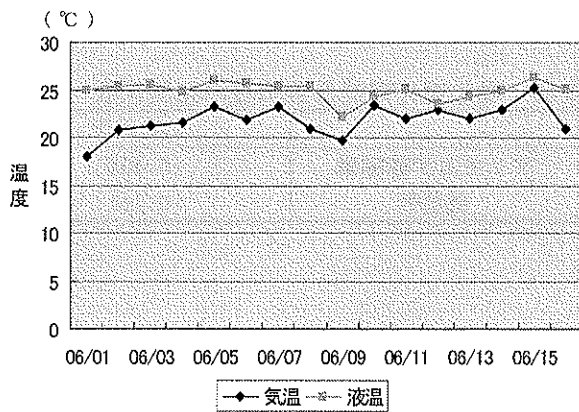


図37 試験期間中の液温の推移
(試験1 低濃度区)

表14 サンプル液状物の大腸菌群数(個/ml)

	大腸菌群数
平均	7,720
最大値	180,300
最小値	< 300

表15 大腸菌群数と各調査項目との相関係数

	相関係数
曝気日数	0.002
SS	0.124
pH	-0.158
電気伝導度	-0.038
有機態窒素	-0.052
アモニア態窒素	0.126
硝酸態窒素	0.004
P ₂ O ₅	0.029
K	-0.146

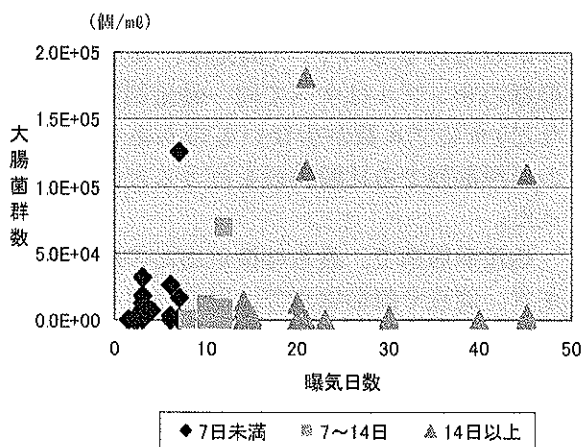


図38 曝気期間別の大腸菌群数の分布

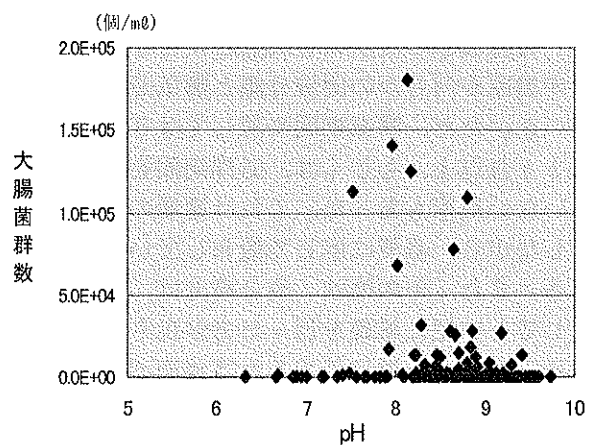


図39 pH別の大腸菌群数の分布

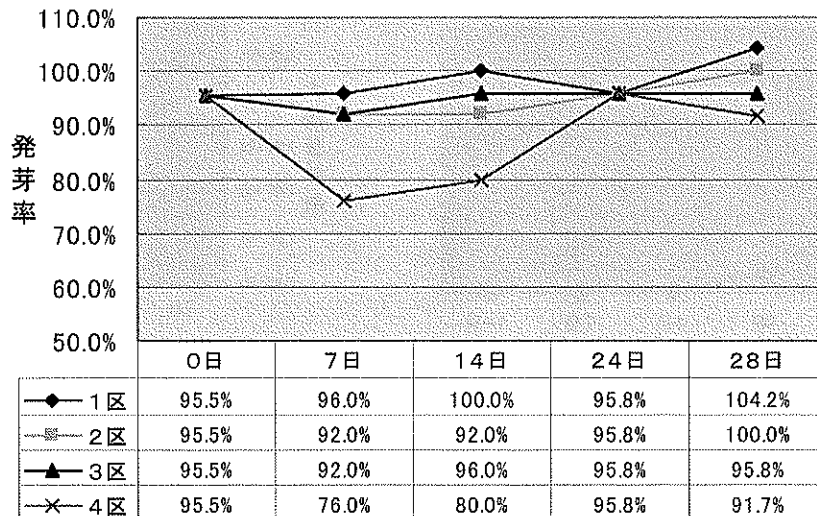


図40 試験期間中の発芽率の推移(曝気方法別)

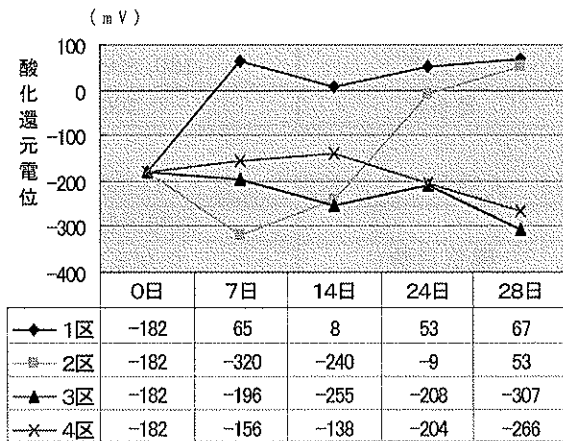


図41 試験期間中の酸化還元電位の推移(曝気方法別)

表16 酸化還元電位と各項目の相関係数

	相関係数
アンモニア態窒素	-0.404
発芽率	0.744

考 察

1 試験1:液状物の処理形態と性状調査

養豚農家の液状物を調査したところ、大部分の農家が何らかの固液分離と曝気処理を行っていた。ただ、曝気期間に関しては3日程度から1ヶ月以上、もしくは、処理期間を把握できていない農家もあった。これは圃場の状態を確認しながら、必要に応じて散布しているためである。また、その性状・成分濃度は、水分調整をしたい肥化処理を行った方が良さそうなものや、霞ヶ浦流域以外であれば放流できるものまで様々であった。このように、浄化・放流という手段を行っていない液状物の処理形態や性状にはかなり幅があった。

次に、処理形態別に液状物の性状、特に肥料

成分について特徴があるか比較した。なお、比較の際には、比較すべき条件以外の処理形態を統一して行ったが、分類した処理条件の中に偏りがみられるものや、(例えば、ある固液分離形態のサンプルはすべて同一曝気期間だった、など)サンプル数が少ないものもあり、すべての処理形態での比較検討を行うことはできなかった。

処理形態別で、最も特徴が出たのは窒素で、まず、固液分離形態別では固液分離をよく行った方が全窒素濃度は減少するが無機態窒素の割合は増加した。間欠曝気と連続曝気の間には大きな差はなかったが、曝気期間では曝気期間が長いほど全窒素濃度の減少、無機態窒素の割合の増加が起こった。これは結局、曝気量が十分なほど有機態窒素の分解が進んだと考えられ

る。カリウムはどの処理形態でも大きな変動はなかった。リンについては連続曝気で14日以上処理したサンプルで濃度の低下がみられた。長期間連続曝気を行った農家の中には、汚泥を分離した上澄みを散布しているものが見られる。そこで、SSを比較してみると連続曝気で14日以上処理したものが濃度が低くなっており、SS濃度が影響していると思われる(表17)。

今後は沈殿汚泥と上澄み間の成分の差についても検討する必要があると思われる。

表17 曝気別SS濃度 (mg/ℓ)

	間欠曝気	連続曝気 (14日未満)	連続曝気 (14日以上)
SS濃度	9,965	8,240	4,720

2 試験2：曝気処理が液状物に与える影響

曝気期間中の成分濃度に関しては、リン・カリウムは大きな変動はなく、窒素が最も変動が大きかった。濃度によって期間に差はあるが、具体的には有機態窒素・アンモニア態窒素の減少、硝酸態窒素の増加が起こる。それに伴いpHがアルカリ性から中性付近へ移行した。また、窒素の変動が起こった後は曝気方法を変えない限り、成分の大きな変動はなかった。

曝気方法別に見ると、無機態窒素と有機態窒素の割合で試験区間に差はないが、間欠曝気を行った試験区で、他の試験区よりも全窒素濃度の低下が見られた。これは脱窒によるものと考えられる。

液状物を肥料として調整するときの曝気量は $1\sim 5\text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^3$ とされている⁵⁾。今回の試験では、曝気量が減少すると無機態窒素全体の割合変わらないが、硝酸態窒素が減少した。また、貯留期間中に曝気量を減少させると全窒素濃度の減少、無機態窒素割合の減少が起こった。無機態窒素の減少は、液状物を肥料として見た場合あまり好ましくない。また、アンモニア態窒素の増加は散布時の臭気や、作物の生育に影響を与える可能性もある⁹⁾。一方で曝気量が多すぎると発泡によって周辺環境に影響を与える可能性がある。今回の試験でも試験1の高濃度区においてかなり大量の発泡が見られた。原水の濃度にもよるが、曝気量としては $2\text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^3$ 前後が適当だと思われる。

3 試験3：液状物成分の簡易推定法

ECを利用した液状物中の成分推定については幾つか報告されているが^{7), 8), 9)}、今回の試験では、無機態窒素に関してはECとの相関が高く、特に処理形態を限定することにより精度は高くなった。処理形態別では大きな差は見られなかった。そのため、事前に農家の処理状況を知ることによって、液状物のより正確な濃度が推定できると思われる。

リンに関してはSSと正の相関が見られた。SSは透視度から推定ができるため、透視度でリンを推定できる可能性が示唆された。

カリウムに関してはECと正の相関は見られたものの、相関係数は低く、濃度を推定できるほどではなかった。これは今回調査したサンプルでは、カリウムよりも無機態窒素濃度の方が高いサンプルが多く、EC値が窒素濃度の影響を大きく受けたためと思われる。

4 試験4：液状物の品質評価

畜産環境整備機構からの報告書¹⁰⁾によると、豚ふんたい肥中の銅・亜鉛濃度の平均はそれぞれ $226\text{ mg}/\ell$ 、 $606\text{ mg}/\ell$ であった。畜舎内でふん尿混合処理した液状物でもかなり低い濃度であり、液状物中の銅・亜鉛の圃場への影響は小さいと思われる。

大腸菌群数は、実験室レベルでは長くとも曝気期間2週間で急激に減少した。しかし発酵温度はそれほど高温にはなっておらず、減少した原因として他の原因が考えられる。可能性としては、試験2において、窒素濃度の変化時期と大腸菌群数の減少時期がほぼ同時期に見られたため、水質の変化が何らかの影響を与えたと考えられる。一方農家で採取したサンプルの分析結果では調査項目との相関は殆ど見られず、大腸菌群の消長に関しては未だ不明な点が多い。

発芽率に関しては、無処理でも大幅な減少は見られなかった。少なくとも曝気処理を行った液状物であれば圃場での植物への影響は少ないと思われる。

酸化還元電位は曝気量が多いほど早く上昇した。酸化還元電位に関しては、液状物の処理終了時期の判断の指針になるという報告¹¹⁾もあり、現場で迅速に測定できることから、曝気の状態を見ることで液状物の品質を判断する指標になる可能性がある。今回の結果でも酸化還元

電位とアンモニア態窒素は負の相関、発芽率とは正の相関が認められた。ただ、具体的に基準となる数値を決定するには、まだ多くのデータが必要である。

まとめ

今回の調査・分析の結果から、(1)固液分離を行い、連続曝気が続けた方が無機態窒素の割合が増加する。(2)おおむね1週間から2週間で急激な窒素の分解は終了しその後は安定する。といったことが確認された。液状物の利用性については、処理形態が一定であれば、窒素、特に無機態窒素についてはEC値で推定が可能であり、利用直前に成分が把握できる。結果として濃度の変動の影響を少なくすることができると思われ、利用性の向上につながる。

品質の評価に関しては、十分曝気を行ったかどうか、を判断する目安として、酸化還元電位を検討した。まだ多くのデータが必要であるが、判断材料として利用できる可能性はある。また、液状物中の銅・亜鉛の圃場への影響、液状物の植物体への影響は少ないと思われる。大腸菌群に関して調査項目との間に一定の傾向は見られず、今回その消長について原因を特定することはできなかったが、概ね2週間の曝気処理でほとんどの液状物の大腸菌群数は低減した。

液状物について、畜産環境対策大辞典では「積極的な混合攪拌によって好気発酵させ、臭気が無くなり、圃場に施要しても作物の発芽障害などになる有害物質もなくなっており、安全な肥料として利用できるように調整された液状取り扱い家畜ふん尿」を液状コンポストと定義⁵⁾している。今回の結果をふまえて、今後は、原水の濃度によって曝気量や期間は若干前後するが、固液分離を行い、連続曝気で2週間処理した液状物を液状コンポストと呼び、液状物処理の目安の一つとして考えていく。

今回の試験で、液状物の処理と、利用の可能性という面ではある程度の方向性を示せたと思う。今後は液状コンポストの利用法、利用性を高めるための処理について検討していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 茨城県環境政策課(2000) 第4期霞ヶ浦に係る湖沼水質保全計画
- 2) 脇屋ら(2000) 多目的迅速計を用いた家畜ふん尿汚水の簡易測定法の確立 佐賀畜試試験研究成績書 第37号 89-92
- 3) 柳井ら(2005) 簡易前処理法による各種有機物資材中の成分分析 日本土壤肥料学会誌 第76号 第2巻 183-186
- 4) 蔭山ら(1993) 畜産用水質推定尺の考案とその利用の検討 畜産の研究 第47巻 第5号 577-582
- 5) 畜産環境対策大辞典(1995) 液状コンポストの原理と方法 87-93
- 6) 花鳥ら アンモニウム濃度低減化によるメタン発酵脱離液の植物生育障害の改善 畜産草地研究成果情報 第4巻
- 7) 小柳歩(1998) 貯留牛尿の成分と簡易推定法新潟畜試研報 No.12 49-57
- 8) 北海道農業・畜産試験場家畜ふん尿プロジェクト研究チーム(1999) ふん尿処理物の肥料成分含有率の推定 家畜ふん尿処理利用の手引き 49-52
- 9) 松本ら(2002) 乳牛ふん尿処理物の肥料成分含量の簡易な推定法 日本土壤肥料学会誌 第73号 第2号 169-173
- 10) 畜産環境整備機構(2005) たい肥の品質実態調査報告書
- 11) 花鳥ら(2003) 酸化還元電位の変動から液肥化処理の終了時期を判断できる 畜産草地研究成果情報 第3巻