

## 豚尿由来液状物の高度処理・利用技術の検討（第2報）

吉尾卓宏、井上雅美、眞部幸子

Examination of the advanced processing use technology of the urine sewage of a pig

Takahiro Yoshio, Masami Inoue, Sachiko Manabe

## 要 約

汚水を毎日投入する処理施設で、長期の連続稼働による液状コンポストの成分変動を調査したところ、季節変動は無機態窒素割合に変化が見られ、冬期の方がアンモニア態窒素の割合が高くなかった。投入された汚水の影響は、曝気槽の容積が小さいと影響を強く受け、液状コンポストの品質が低下する可能性がある。汚泥の沈殿分離によってSSを除去させた上澄みは、窒素成分などは曝気槽とほぼ同様の傾向を示しており、汚泥の沈殿分離は液状コンポストの利用性の向上につながる。

キーワード 液状コンポスト 曝気処理 アンモニア態窒素 SS除去

## 緒 言

家畜ふん尿液状物の処理に関して、水系への影響を特に考慮しなければならない地域では、浄化・放流以外の適正な処理・利用方法が求められている。その一つが液状コンポストとしての利用である。これまでの成果から2週間の連続曝気によって、より利用しやすい性状になることが確かめられているが、季節による成分変動や、液状コンポストは曝気槽から直接くみ出して利用することが多く、毎日投入される汚水が液状コンポストに与える影響等、成分の安定性について懸念する意見がいくつかある。そこで、汚水を毎日投入する処理形態で長期的に稼働し、液状コンポストの成分調査を行った。また、液状コンポストのSSの除去は、機械装置の利用が可能となり、散布の省力化や施設園芸への利用など、液状コンポストの利用性の向上につながる。そこで曝気槽に沈殿槽を追加し、汚泥の沈殿分離によるSSの除去後の成分についても検討した。

## 材料および方法

実験施設は原水槽、第一曝気槽、第二曝気槽、沈殿槽からなり、それぞれの容量は1m<sup>3</sup>である。（図1）汚水の流入量は1日1回140Lで、第一曝気槽にポンプで投入された後、それ以降の槽にはそれぞれオーバーフローで移行する。曝気槽の

容積は投入量1週間分に当たり、第一曝気槽、第二曝気槽それぞれ1週間、全体で2週間の曝気期間となる。曝気量は約1.5m<sup>3</sup>/m・日とした。施設は畜産センター養豚研究所に設置した。

サンプルは原水と第一曝気槽、第二曝気槽、沈殿槽の上澄みを、概ね週1回、汚水流入直後に採取した。

調査項目はSS、pH、EC、酸化還元電位、窒素（有機態、アンモニア態、亜硝酸・硝酸態）、リン酸、カリウム、銅、亜鉛、大腸菌群数、水温、発芽率である。SS、窒素、リン酸、カリウムは多目的迅速水質分析計（DR2010型、ハック社製）<sup>1)</sup>、pH、EC、酸化還元電位はポータブル測定器で測定した。銅・亜鉛は硫酸一過酸化水素分解後<sup>2)</sup>、原子吸光光度法で測定した。大腸菌群は大腸菌群試験紙を利用した。発芽率は濾紙にコマツナの種をセットし、10倍希釀したサンプルを加え、30°Cで3日間後に発芽数を測定した。

調査は2007年8月から2008年1月まで行った。

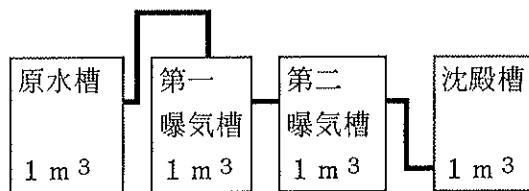


図1 実験施設

## 結果

試験期間中の各試験区の月別平均値は表1の通りである。

表1 試験期間中の各試験区の月別平均値

測定項目	試験区分	8月	9月	10月	11月	12月	1月
S S m g / L	原水	837	768	2827	1867	1613	1670
	第一曝気槽	327	223	300	853	1313	663
	第二曝気槽	233	215	203	650	1057	1010
	上澄み	63	63	73	100	120	53
p H	原水	7.8	7.9	7.9	7.9	8.1	7.9
	第一曝気槽	7.2	7.2	7.1	7.9	8.6	8.7
	第二曝気槽	6.7	6.4	5.8	7.3	8.6	8.9
	上澄み	6.9	7.2	6.9	7.1	8.4	8.8
電気伝導度 m S / c m	原水	11.5	8.6	11.3	11.4	12.3	12.1
	第一曝気槽	8.1	6.4	6.7	8.3	9.8	10.4
	第二曝気槽	8.2	7.0	5.9	7.0	8.4	8.7
	上澄み	8.3	6.5	5.6	6.4	7.3	8.0
酸化還元電位 m V	原水	-326.7	-312.5	-314.3	-297.0	-324.0	-283.7
	第一曝気槽	-60.7	-59.0	-20.7	-128.0	-107.7	7.7
	第二曝気槽	27.3	4.0	15.7	-49.3	-21.7	15.7
	上澄み	23.7	-10.3	-0.7	-42.0	-19.3	-23
有機態窒素 m g / L	原水	1420	871	1163	787	418	937
	第一曝気槽	348	294	114	181	594	636
	第二曝気槽	314	215	75	90	220	464
	上澄み	363	219	61	22	14	308
アンモニア態窒素 m g / L	原水	1097	795	1320	1380	1540	1380
	第一曝気槽	407	300	440	640	1077	1327
	第二曝気槽	407	310	300	410	730	1040
	上澄み	417	288	327	353	607	930
亜硝酸・硝酸態窒素 m g / L	原水	33	40	50	147	43	50
	第一曝気槽	997	803	1000	837	390	65
	第二曝気槽	1067	948	917	950	777	360
	上澄み	1047	858	890	810	743	390
全窒素 m g / L	原水	2550	1706	2533	2313	2002	2367
	第一曝気槽	1751	1396	1554	1658	2061	2028
	第二曝気槽	1788	1473	1292	1450	1727	1864
	上澄み	1826	1364	1278	1185	1364	1628
P205 m g / L	原水	277	665	1247	613	547	373
	第一曝気槽	270	120	353	350	547	339
	第二曝気槽	293	135	317	390	543	377
	上澄み	253	95	200	310	110	70

測定項目	試験区分	8月	9月	10月	11月	12月	1月
K20 m g / L	原水	663	599	763	642	763	402
	第一曝気槽	562	316	442	442	522	562
	第二曝気槽	602	316	361	442	442	522
	上澄み	642	286	361	442	482	562
銅 m g / L	原水	0.26	0.69	1.77	0.73	0.51	0.36
	第一曝気槽	0.16	0.33	0.32	0.43	0.67	0.52
	第二曝気槽	0.18	0.40	0.30	0.38	0.46	0.67
	上澄み	0.18	0.39	0.27	0.00	0.00	0.00
亜鉛 m g / L	原水	0.71	2.11	7.17	0.73	3.60	2.54
	第一曝気槽	0.25	0.58	1.00	0.43	4.46	3.05
	第二曝気槽	0.28	0.70	0.93	0.38	3.61	3.72
	上澄み	0.03	0.23	0.57	0.00	0.42	0.28
大腸菌群数 個 / ml	原水	$4.3 \times 10^4$	$5.9 \times 10^3$	$6.2 \times 10^4$	$4.9 \times 10^4$	$5.1 \times 10^3$	$7.0 \times 10^3$
	第一曝気槽	$2.0 \times 10^3$	$1.1 \times 10^3$	$5.6 \times 10^2$	$1.0 \times 10^4$	$2.0 \times 10^2$	<30
	第二曝気槽	$1.0 \times 10^2$	<30	$3.3 \times 10^1$	$6.5 \times 10^2$	<30	<30
	上澄み	<30	$4.1 \times 10^2$	$4.3 \times 10^1$	$3.0 \times 10^2$	<30	<30
発芽率	原水	57.0%	79.8%	83.0%	85.0%	70.5%	60.5%
	第一曝気槽	94.3%	94.8%	91.5%	94.0%	67.0%	63.7%
	第二曝気槽	95.0%	94.3%	89.0%	92.0%	70.0%	65.7%
	上澄み	95.0%	96.0%	95.5%	86.0%	75.5%	68.0%

## 1 季節による成分の変動

第二曝気槽の液状コンポストの分析結果から、季節間の変動について検討した。

試験期間中に一定の傾向が見られた分析項目をグラフに示すと、まず、窒素成分の割合が11月までは亞硝酸・硝酸態窒素の割合が約60%を占めていたのに対して、12月以降アンモニア態窒素の割合が高くなかった。(図2)

SSについては、10月までは500 mg/L以下で推移したが、11月以降は1000 mg/L前後で推移した。(図3) pHは10月までは若干酸性側で推移したがそれ以降は上昇し、8以上となった。(図4)

銅と亜鉛は元々低濃度ではあるが、12月以降濃度が上昇した。(図5, 6)

水温に関しては第二曝気槽では、外気温と比較して若干高い温度で推移した。(図7)

大腸菌群数は季節により一定の傾向は見られず、曝気処理によって大幅に減少した。(図8)

発芽率は、11月までは90%前後で推移したが、12月と1月には60%近くまで低くなかった。(図9)

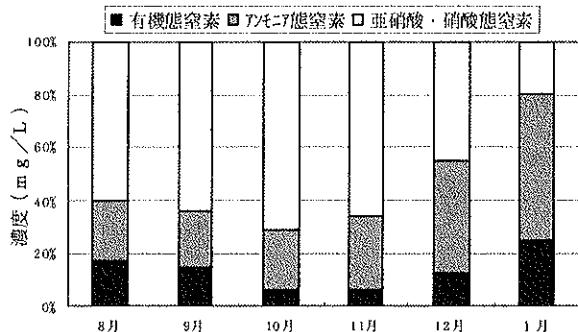


図2 試験期間中の第二曝気槽の窒素割合の推移

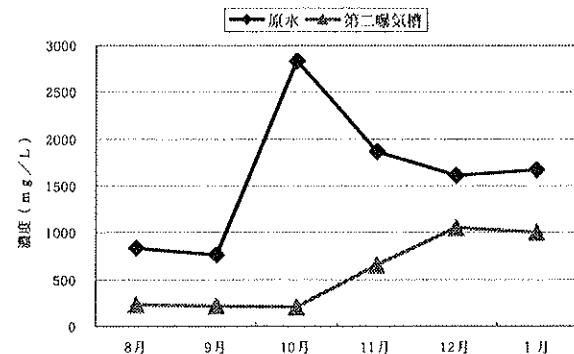


図3 試験機関中のSS濃度の推移

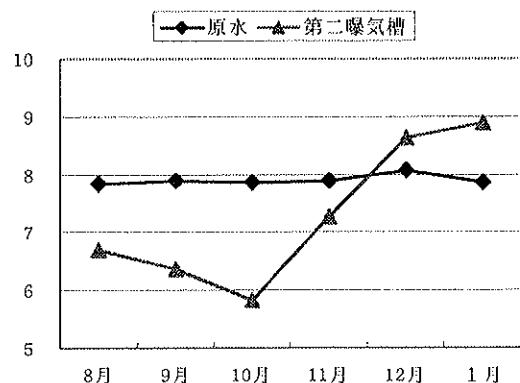


図4 試験期間中のpH濃度の推移



図7 試験期間中の水温の推移

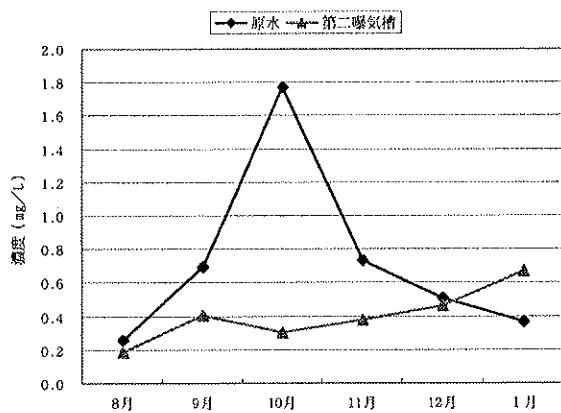


図5 試験期間中の銅濃度の推移

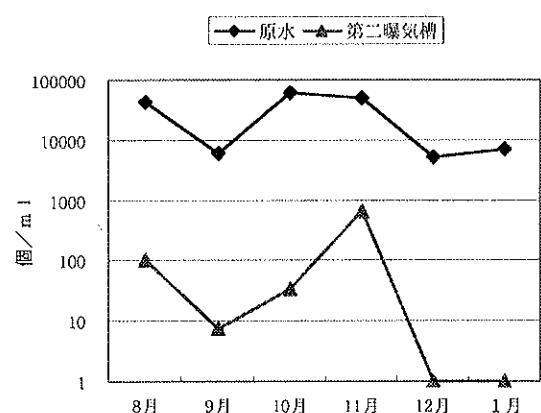


図8 試験期間中の大腸菌数の推移

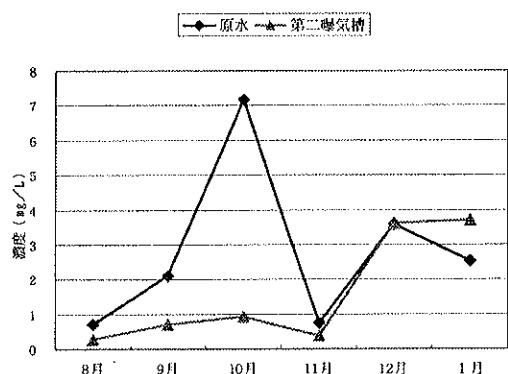


図6 試験期間中の亜鉛濃度の推移

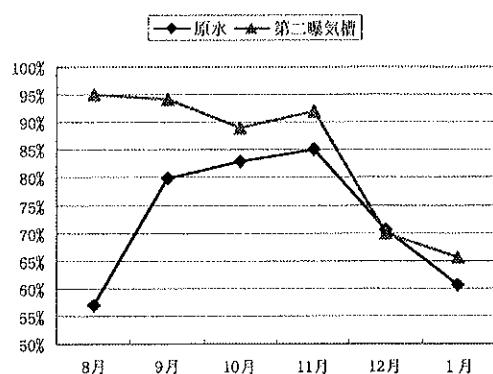


図9 試験期間中の発芽率の推移

また、季節間の変動を見ると夏期と冬期で成分に特徴が見られたため、8～9月と12～1月のそれぞれ4サンプルについて曝気期間中のSSと窒素の変動を詳しく比較した。

SSについては夏期では第一曝気槽で急激に減少し、以後徐々に減少したのに対して、冬期では第二曝気槽まで濃度はほぼ一定であった。

(図10, 11) 窒素でもほぼ同様の傾向を示しており、夏期では第一曝気槽で大きく減少し以後一定だったのに対して、冬期では第一曝気槽以降徐々に減少していった。(図12, 13)

表2 サンプリング日

サンプリング日	原水	第一曝気槽	第二曝気槽	上澄み
夏期1	H19.8.13	H19.8.20	H19.8.28	H19.8.28
夏期2	H19.8.20	H19.8.28	H19.9.4	H19.9.4
夏期3	H19.8.28	H19.9.4	H19.9.11	H19.9.11
夏期4	H19.9.4	H19.9.11	H19.9.18	H19.9.18
冬期1	H19.12.11	H19.12.18	H19.12.25	H19.12.25
冬期2	H19.12.18	H19.12.25	H20.1.15	H20.1.15
冬期3	H20.1.9	H20.1.15	H20.1.22	H20.1.22
冬期4	H20.1.15	H20.1.22	H20.1.29	H20.1.29

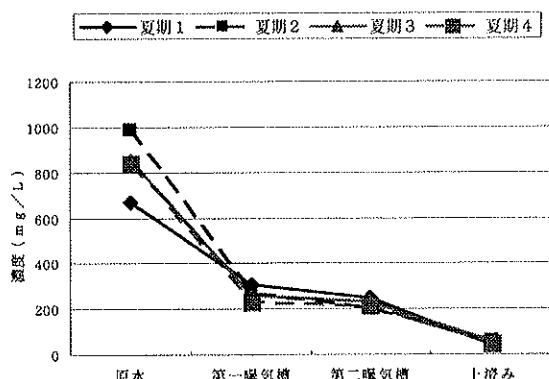


図10 SSの経時的变化(夏期)

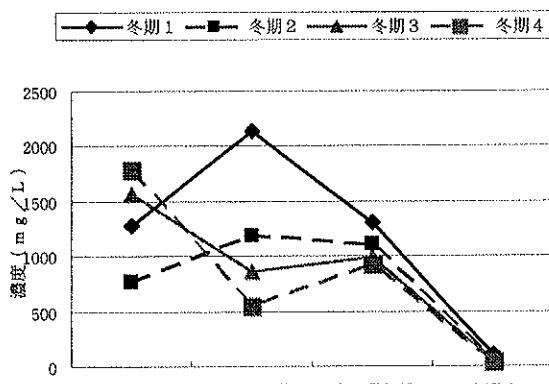


図11 SSの経時的变化(冬期)

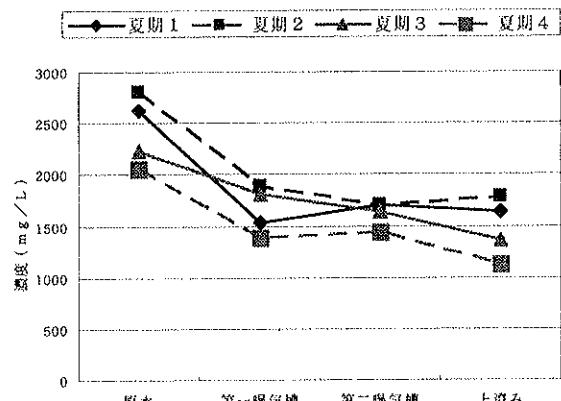


図12 全窒素の経時的变化(夏期)

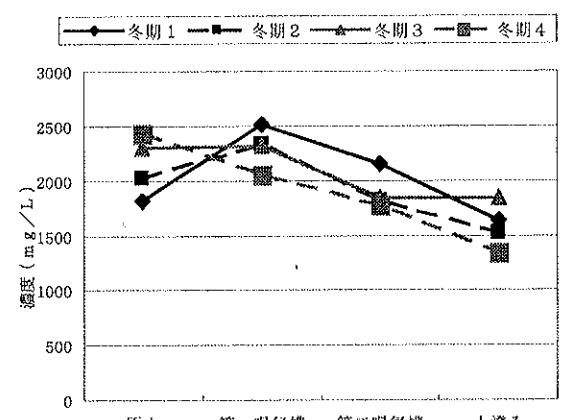


図13 全窒素の経時的变化(冬期)

## 2 投入された汚水の影響

汚水投入直後の第一曝気槽と第二曝気槽で比較し、投入された汚水の影響を調査した。

まず、試験期間を通じて第一曝気槽と第二曝気槽の間で差がみられた測定項目を比較すると、窒素の割合では、第一曝気槽の方が特に11月以降アンモニア態窒素の割合が高くなっている。(図14, 15) 酸化還元電位は試験期間を通じて第一曝気槽の方が数値は低く(図16)、試験期間中の平均をみると、第一曝気槽は-61 mVに対して第二曝気槽は-1.4 mVであった。大腸菌群は試験期間を通じて第一曝気槽が多く(図17)、試験期間中の平均は、第一曝気槽では約2300個/m<sup>3</sup>に対して、第二曝気槽は132個/m<sup>3</sup>であった。

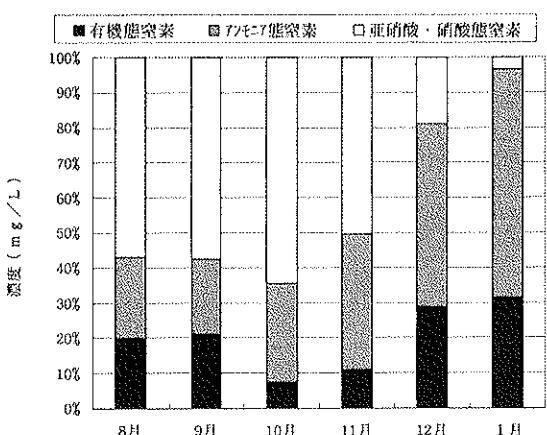


図14 試験期間中の第一曝気槽の窒素割合の推移

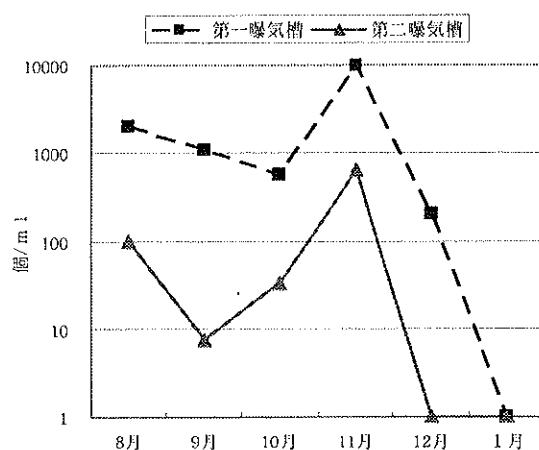


図17 試験期間中の大腸菌群数の推移

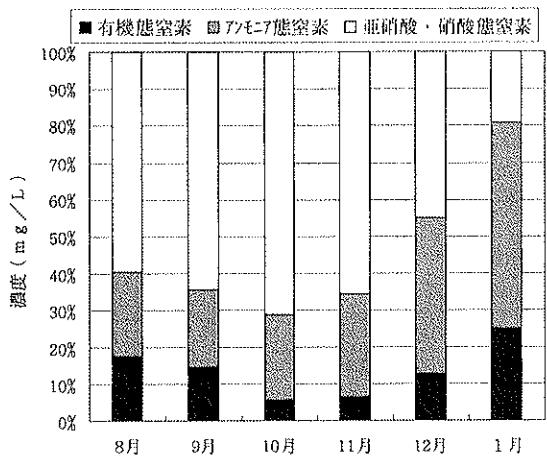


図15 試験期間中の第二曝気槽の窒素割合の推移

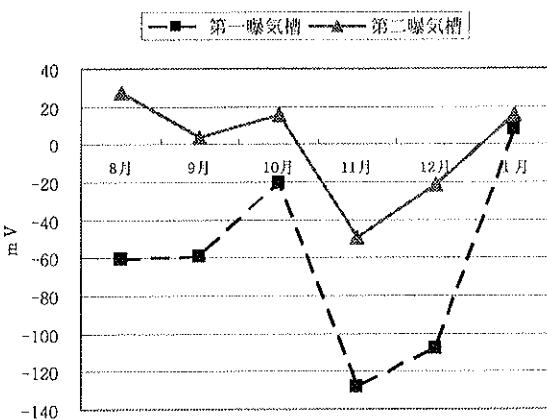


図16 試験期間中の酸化還元電位の推移

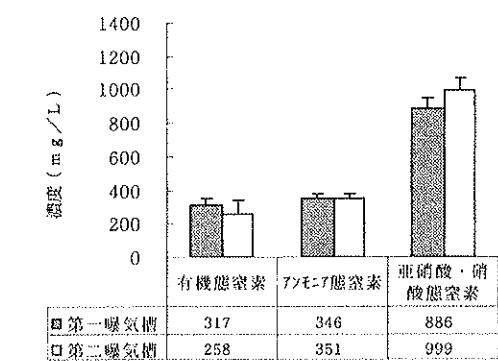


図18 夏期における試験区別の窒素濃度

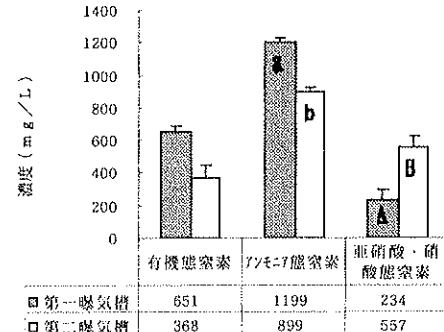
異符号間に有意差有り：a,b ( $p<0.01$ ) A,B( $p<0.05$ )

図19 冬期における試験区別の窒素濃度

### 3 SSを沈殿分離した上澄みの成分

第二曝気槽と上澄みの試験期間中の成分値は表1のとおりである。試験期間中のSSの平均濃度は第二曝気槽が約560mg/Lで、上澄みが約80mg/Lであったが、試験期間を通してみた場合、特に後半の3ヶ月で上澄みの濃度が低かった。(図20) そのほかリンや銅、亜鉛も同様の傾向を示していた。それ以外の成分は施肥設計に必要な窒素成分(図21,22)を含めて濃度の差はほとんどなかった。

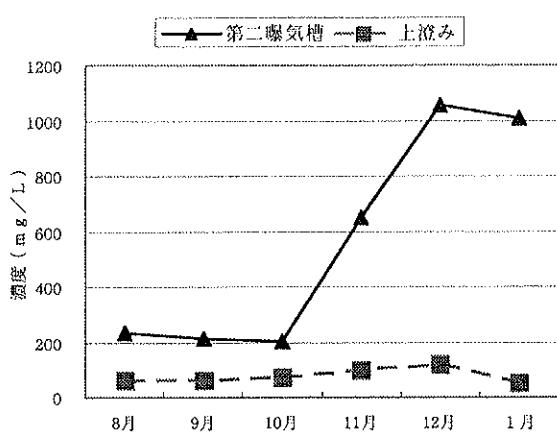


図20 試験期間中のSS濃度の推移

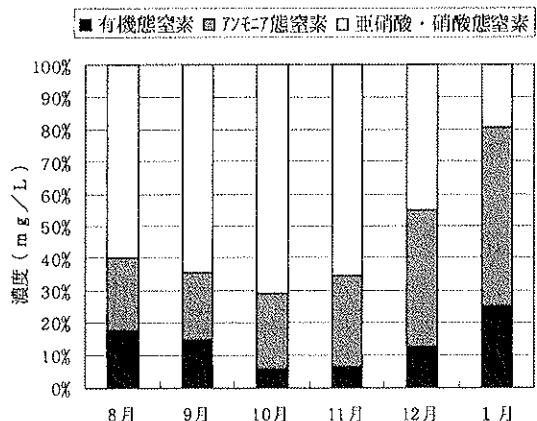


図21 試験期間中の第二曝気槽の窒素割合の推移

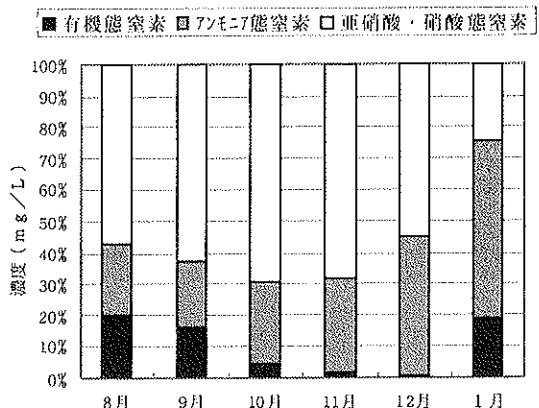


図22 試験期間中の上澄みの窒素割合の推移

### 考 察

液状コンポストの成分の安定性に関しては、季節によって大きく変動するのではないか、また、毎日流入する汚水が影響を与えるのではないかという懸念から、汚水を毎日投入する処理施設で、長期の連続稼働による液状コンポストの品質について調査した。季節による変動では、まず肥料成分はリンやカリウムは季節間に一定の傾向は見られず、窒素で変化がみられた。無機態窒素の割合で、夏季は亜硝酸・硝酸態窒素の割合が高く、冬期はアンモニア態窒素の割合が高くなつた。これは水温の低下によって硝化反応が抑えられたためと思われる。また、発芽率も冬期に低下しているが、アンモニア態窒素の増加が影響していると思われる<sup>3)</sup>。ただ、アンモニア態窒素は土壤中では土壤への吸着、速やかな硝酸態窒素への移行により影響は少なくなるという結果がメタン発酵処理残渣液で報告されているので<sup>4)</sup>、実際、圃場での影響は少ないと思われる。

流入する汚水は曝気槽の中で混ざり、薄まっていくので、液状コンポストの品質への影響は少ないとと思われるが、今回、汚水流入直後の第一曝気槽と第二曝気槽の成分を比較してみると、成分濃度に大きな差はないが、第一曝気槽の方がアンモニア態窒素の割合が高く、酸化還元電位も低く、嫌気的な状態が強くなつたと思われる。また大腸菌群数も多くなつており、第一曝気槽で若干の品質低下がみられた。特に窒素成分では冬期における成分の差が大きく、曝気期間中の成分変動を見ても、夏期では1週間で濃度が安定していたが、冬期では、1週間から2週間の間に濃度の変動が起つた、1週間では処理が不十分である可能性が高く、一定の液状コンポストの品質を得るために

は2週間の曝気期間が必要となる。

汚泥の沈殿分離によるSSの除去は、特に施肥設計の際の基準となる無機態窒素で見たところ、SSを除去することによる大きな変化は見られなかった。一方で銅・亜鉛濃度はSS濃度に比例して低くなる傾向にあり<sup>5)</sup>、汚泥の沈殿によるSS除去は液状コンポストの利用性の向上に有効である。

#### 参考文献

- 1) 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
- 2) 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、土肥誌、第76巻(第2号)、183-186
- 3) 花島ら、2005、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、59-60
- 4) 宮田尚穂・池田英男、2005、メタン発酵消化液を液肥として利用した場合の培土中の窒素挙動、土肥誌、第76巻(第6号)、859-863
- 5) 吉尾ら、2006、家畜ふん尿のリサイクルに関する研究、茨城畜セ研報、39、1-16