

家畜用浄化槽処理水中の環境汚染物質実態調査

田邊眞・川村英輔・倉田直亮

Studies on the Nitrogen and Phosphorus Load from Activated Sludge Treatment Water
in Dairy Farm and Pig Farm

Makoto TANABE, Eisuke KAWAMURA and Naosuke KURATA

家畜用浄化槽処理水に含まれる環境汚染物質を減らす技術を検討するため、県内の酪農家及び養豚農家で使用されている回分式ならびにユニット式浄化槽から排出される処理水の窒素及びリン含有量を調査した。

調査した処理水 39 検体は、平均含有量で全窒素が 120.7mg/l、硝酸性窒素・亜硝酸性窒素及びアンモニア性窒素が 34.4mg/l、全リンが 8.3mg/l であった。全窒素及びリン含有量は、ユニット式浄化槽より回分式浄化槽の方が、酪農より養豚の方が多い傾向であった。一部の処理水では、有機態窒素やアンモニア性窒素の割合が高く、浄化や硝化処理が十分に行われていないと思われる。

キーワード：家畜用浄化槽、処理水、環境汚染物質、窒素、リン

都市化の進んだ神奈川県では、家畜用浄化槽による畜舎尿汚水の処理を推進してきた。家畜保健衛生所の調査によると、2003年2月1日現在、畜舎排水処理が必要な県内畜産農家 713 戸のうち、259 戸 (36%) が家畜用浄化槽により処理を行っている。

社会的に環境への関心が高まる中、畜舎排水に含まれる窒素やリンが湖沼や河川の富栄養化や地下水の硝酸塩汚染を招く懸念が生じている。畜産経営から排出される環境負荷物質を減らすため、畜舎排水中の窒素やリンを減らす技術開発が行われている^{1) 2) 3) 4)}。

2001年6月に水質汚濁防止法施行令等の一部改正が行われ、水質汚濁防止法の有害物質に「アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物」(硝酸性窒素等)が指定され、排水基準として許容限度 100mg/l が設定された。畜産排水は3年間の暫定排水基準として許容限度 1500mg/l が設定され、2004年7月には暫定基準の見直しにより許容限度は 1500mg/l から 900mg/l に引き下げられた。硝酸性窒素等の暫定排水基準の許容限度は、今後さらに引き下げられると予想される。

本研究では、家畜用浄化槽処理水中の窒素及びリンの低減技術を導入ための基礎資料を得る目的で、県内酪農家及び養豚農家の活性汚泥法による家畜用浄化槽を対象に、処理水の窒素及びリンの含有量の実態を調査した。

材料及び方法

1. 調査対象

県内の酪農家及び養豚農家で使用している活性汚泥法による家畜用浄化槽 60 基 (47 戸) を調査対象とした (表 1)。

表 1 調査した家畜用浄化槽の内訳

種類\経営	酪農	養豚	計
回分式	25	10	35
連続式	15	10	25
計	40	20	60

2. 分析・測定方法

家畜用浄化槽の処理水は、2000年7月～9月に 38 基、2001年7月～9月に 22 基から採取した。家畜保健衛生所による処理水の水質検査で

は、いずれの処理水も水質汚濁防止法の排水の基準である BOD160mg/l 以下、COD160mg/l 以下、SS200mg/l 以下及び大腸菌群 3,000 個/cm³ 以下で排水基準の許容限界を超える処理水はなかった。

処理水の分析は、下水道試験法⁵⁾ に準じて全窒素 (T-N) は紫外線吸光度法で、アンモニア性窒素 (NH₄-N)、亜硝酸性窒素 (NO₂-N)、硝酸性窒素 (NO₃-N) はイオンクロマトグラフ法で行った。T-N から NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N の合計を引いたものを有機態窒素 (ORG-N) とした。また、水質汚濁防止法の有害物質に指定されている「アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物」(硝酸性窒素等) は、NH₄-N に 0.4 を乗じたもの、NO₂-N 及び NO₃-N の合計とした。

全リン (T-P) の分析は、ペルオキソ二硫酸カリウムによる分解法で行った。検体のうち、2001 年 7 月～9 月に採材した 22 検体は T-P のほか、溶解性全リン (S-T-P) リン酸イオン態リン (ion-P)、溶解性リン酸イオン態リン (S-ion-P) についても分析した。各データは分散分析及び t 検定により解析した。

結果及び考察

1. 窒素

(1) 全窒素 (T-N)

処理水の T-N 濃度は全体で 132.3±116.2mg/l (平均±標準偏差、表 2)、最高値は 777.2mg/l (連続式、酪農) であった。

浄化槽の種類別に T-N 濃度の平均値をみると、回分式が 121.87mg/l、連続式が 147.0mg/l で、連続式の方が高かったが有意な差は認められなかった。経営別についても、酪農と養豚の平均値の間に有意な差は認められなかった。

水質汚濁防止法に基づく排水基準の一般基準における窒素含有量の許容限界 120mg/l を超えたのは、60 検体中 27 検体 (45.0%) であった (図 1)。種類別では回分式が 35 検体中 16 検体 (45.7%) で連続式の 25 検体中 11 検体 (44.0%)、経営別では酪農が 40 検体中 17 検体 (42.5%)、養豚が 20 検体中 10 検体 (50.0%) であった。

現在、畜舎排水には一部の特定地域を除き窒素含有量の規制は適用になっていないが、一般基準が適応された場合、約半数の処理施設が許容限界を超えることとなる。環境負荷の低減を進めていく上で、窒素濃度削減に向けた取り組みが必要である。

表 2 処理水の全窒素濃度

単位：mg/l、平均±標準偏差

種類	経営	酪農	養豚	平均
回分式		122.9 ±78.0	119.1 ±81.0	121.8 ±77.7
連続式		140.6 ±182.6	156.7 ±112.1	147.0 ±155.7
平均		129.5 ±125.7	137.9 ±97.1	132.3 ±116.2

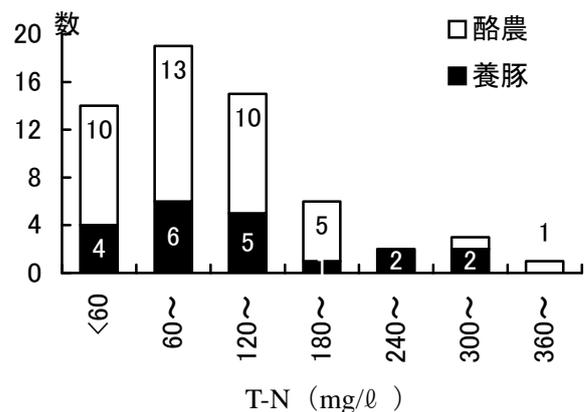


図 1 全窒素濃度の分布

(2) 硝酸性窒素等

処理水の硝酸性窒素等濃度は、全体で 40.7±38.5mg/l (表 3) で、最高値は 249.6mg/l (回分式、酪農) であった。

種類別では、回分式が 33.5mg/l、ユニット式が 41.4mg/l でユニット式の方が高かったが有意な差は認められなかった。酪農と養豚との間にも有意な差は認められなかった。

畜産排水の暫定基準 900mg/l を超える検体はなかったが、一般基準の許容限界 100mg/l を超えたのは、60 検体中 3 検体 (5.0%) で、すべて連続式で、酪農 2 検体、養豚 1 検体であった (図 2)。全窒素に比べて硝酸性窒素等では許容限界を超える施設は少なかった。

今後、硝酸性窒素等の暫定基準は見直され、将来的には一般基準の許容限界 100mg/l まで引き下げられる可能性がある。全窒素と同様に処理水中の硝酸性窒素等の削減に向けた技術導入を行う必要がある。

(3) 窒素の形態

汚水中の窒素成分は、好気性条件下で微生物の作用により ORG-N から NH₄-N に分解され、さらに硝化菌により NO₂-N、NO₃-N に酸化され

る。各窒素成分が検出された割合は、NH₄-N が 55 施設と最も高く、次に NO₃-N が 40 施設、NO₂-N が 17 施設の順であった（表 4）。

形態別窒素成分の T-N に対する割合を表 5 に示した。全体では ORG-N の割合は 36.7% と高く、浄化槽での浄化処理が十分に進んでいない、あるいは浄化槽に処理能力以上の負荷がかかっていると思われる。

表 6 にイオン態窒素の形態別割合を示した。処理水中の NH₄-N の割合は 71.7% と高いものの、NO₃-N の割合は 23.3% と低いことから、硝化反応の進行も十分でないと思われる。

種類別では、回分式は連続式に比べて ORG-N の割合は高く、NO₃-N の割合は低く、回分式浄化槽で浄化や硝化が十分に進んでいない傾向であることがわかった。

処理水の窒素含有量の削減にあたっては、浄化槽の処理能力に応じた適切な処理を行うことに加えて、浄化槽の維持管理や運転管理により効率的に浄化や硝化・脱窒を行うことが重要である。川村らは、回分式浄化槽で間欠曝気運転により処理中の窒素を低減することができることを報告した⁶⁾。本調査では、浄化や硝化が十分に進んでいない原因を明確にできなかったが、今後これらの原因を究明し、畜産農家における浄化槽の浄化や硝化・脱窒効率を高める検討を行う必要がある。

2. リン

(1) 全リン (T-P)

処理水の T-P 濃度は、10.4±13.4mg/l で、最高値は 65.5mg/l（回分式、養豚）であった（表 7）。

種類別の平均値では回分式と連続式の間には差はみられなかったが、経営別では酪農が 5.3mg/l、養豚が 20.7mg/l と養豚の平均値が有意に高かった（α=0.01）。

排水基準の一般基準であるリン含有量の許容限界 16mg/l を超えたのは、9 検体（15.0%）であった（図 4）。種類別では回分式が 4 検体（44.4%）、連続式が 5 検体（55.6%）であった。経営別では酪農が 1 検体（11.1%）に比べ、養豚が 8 検体（88.9%）であった。

リンの形態別濃度を表 8 に示した。全体の T-P 濃度は 14.0mg/l、S-T-P 濃度は 11.1mg/l、Ion-P 濃度が 10.4mg/l、S-ion-P 濃度が 10.0mg/l であった。T-P に対する S-T-P の割合は 68.0%、Ion-P に対する T-P の割合は 65.9%、S-ion-P に対する Ion-P の割合は 89.9% であった。種類別、経営別による割合の差はいずれの場合もみられなかった。T-P

表 3 処理水の硝酸性窒素等濃度

単位：mg/l、平均±標準偏差

種類	経営	酪農	養豚	平均
回分式		33.8 ±24.1	32.9 ±27.4	33.5 ±24.7
連続式		52.6 ±61.8	47.8 ±31.2	50.7 ±51.0
平均		40.8 ±42.6	40.4 ±29.6	40.7 ±38.5

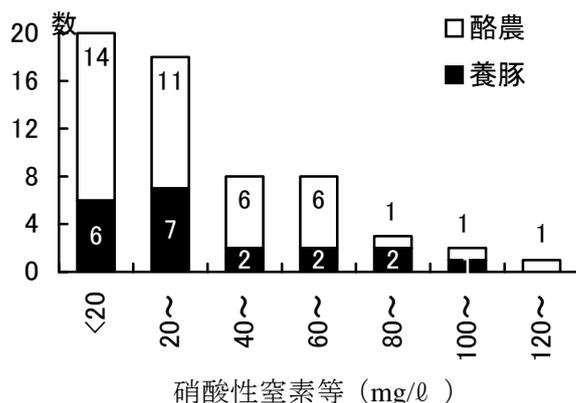


図 2 硝酸性窒素等濃度の分布

表 4 形態別窒素の検出数

	ORG-N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N
検出数	56	55	17	40
%	93.3	91.7	28.3	66.7

表 5 T-N に対する形態別窒素の割合 (%)

	ORG-N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N
全体	36.7	44.2	3.5	15.7
回分式	41.1	39.3	5.5	14.1
連続式	30.6	51.0	0.5	17.9
酪農	38.5	39.6	3.7	18.3
養豚	33.2	53.3	3.0	10.5

表 6 イオン態窒素濃度と形態別窒素の割合

	イオン態窒素濃度 mg/l	NH ₄ -N %	NO ₂ -N %	NO ₃ -N %
全体	82.0	71.7	5.0	23.3
回分式	65.3	70.3	8.0	21.7
連続式	105.4	73.7	0.8	25.5
酪農	79.0	67.5	4.9	27.6
養豚	88.2	80.1	5.2	14.7

のうち S-T-P が約 70% を占めることから、汚水中の SS 除去によるリン除去はあまり期待できないと考える。

豚は牛に比べて排せつ物中のリン濃度が高い⁷⁾。これが養豚経営の処理水にリン含有量が多い原因と考える。処理水のリンは窒素と違いガス化しない。一般に活性汚泥法のリン除去率はあまり高くないと言われている⁸⁾。

福本らはイオン交換膜を用いた通電透析法による処理水中からのリン回収を報告している¹⁾。T-P に対する Ion-P の割合は全体では 65.9%、養豚経営では 72.4% で、処理水中のリンはイオン化している。このことから、イオン交換膜による通電透析法は有効なリン除去法のひとつと考えるが、このような処理には新たな除去装置が必要となり、畜産農家への導入はコスト面で難しいと思われる。

一方、鈴木らは、簡易な施設を用いて MAP 反応による豚舎汚水中のリン除去技術を開発した²⁾。また、飼料の改善によるリン排せつ量の低減技術も報告されている^{9) 10)}。このように、家畜用浄化槽処理水のリン含有量を削減するには、低コストなリン除去装置の開発に加えて、リン給与量の削減や家畜の消化管内でのリンの吸収効率の向上など総合的な取り組みが必要であると考えられる。

引用文献

- 1) 福本泰之・羽賀清典・花島大・黒田和孝. 管状イオン交換膜を用いた豚舎排水の高度処理. 畜産草地研究成果情報, 1: 83-84. 2002.
- 2) 鈴木一好. 豚舎汚水からのリン回収技術. 関東畜産学会報, 54 (1): 11-19. 2004.
- 3) 脇本進行・白石誠・内田啓一・古川陽一・奥田宏健. 低コスト畜舎排水処理施設の開発. 岡山県総合畜産センター研究報告, 第 14 号: 77-81. 2003.
- 4) 長田隆・田中康男・和木美代子. 家畜尿汚水の高次処理に適応できる植物浄化システム. 畜産草地研究成果情報, 1: 85-86. 2002.
- 5) 下水道試験法. 日本下水道協会. 1997.
- 6) 川村英輔・青木稔・藤井八月. 神奈川県畜産研究所平成 14 年度試験研究成績書 (畜産環境・経営流通・企画調整), 25-29. 2002.
- 7) 羽賀清典. 畜産排水 尿汚水. 畜産環境対策大辞典. 農山漁村文化協会編, 17-20. 2004.
- 8) 竹内誠. 尿汚水処理における窒素、リンの除去技術. 畜産環境対策大辞典. 農山漁村文化協会編, 390-399. 2004.
- 9) 斉藤守・増田達明・生雲晴久・小出和之・伊

表 7 処理水の全リン濃度

単位: mg/l、平均±標準偏差

種類	経営	酪農	養豚	平均
回分式		6.5 ±5.0	19.4 ±21.2	10.2 ±13.1
連続式		3.2 ±2.1	22.1 ±17.0	10.8 ±14.1
平均		5.3 ±4.4	20.7 ±18.8	10.4 ±13.4

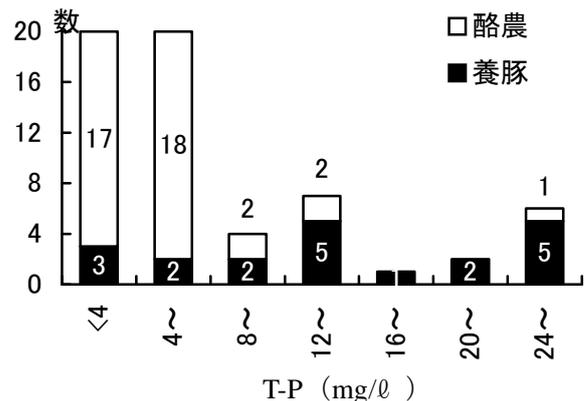


図 4 全リン濃度の分布

表 8 形態別リン濃度と割合

検体数	T-P mg/l	S-T-P mg/l	Ion-P mg/l	S-ion-P mg/l
全体	22	14.0	11.1	10.4
回分式	9	11.5	9.3	8.4
連続式	13	15.6	12.3	11.1
酪農	12	5.3	3.9	3.5
養豚	10	23.5	19.7	17.8
		S-T-P /T-P	Ion-P /T-P	Ion-P /S-ion-P
全体	22	68.0%	65.9%	89.9%
回分式	9	70.9%	65.3%	97.4%
連続式	13	66.0%	66.3%	84.7%
酪農	12	64.6%	60.5%	87.4%
養豚	10	72.0%	72.4%	92.9%

奈孝二三 (1996) 肥育豚に対するフィターゼ添加低リン飼料給与によるリン排泄量低減効果、日本養豚学会誌, 33、155.

10) 高田良三・市川隆久・山崎正史・甘利雅弘. 養豚飼料の粉碎、フィターゼ添加による窒素、リン及び糞排泄量の低減. 畜産草地研究成果情報, 1: 71-72. 2002.