

静岡県内における養豚排水の水質特性

誌名	静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター研究報告=Bulletin of Shizuoka prifectural research institiute of animal indaustry swine & poultry research center
ISSN	18826415
著者名	白岩,佑美子 中村,茂和 杉山,典
発行元	静岡県畜産技術研究所中小家畜研究センター
巻/号	6号
掲載ページ	p. 38-42
発行年月	2013年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



静岡県内における養豚排水の水質特性

Influent Characterization of swine wastewater in Shizuoka Prefecture

白岩佑美子・中村茂和・杉山 典

要約：養豚排水の特性を把握するため、2011年4月から2012年8月にかけて、静岡県内の養豚場13戸について、汚水処理施設に流入する原汚水を採水し、水質分析を行った。調査した養豚場における原汚水の水質の平均値は、pH 7.9、SS 1,431 mg/L、BOD 3,432 mg/L、COD_{Cr} 5,807 mg/L、T-N 1,499 mg/L、NH₄⁺-N 1,128 mg/L、T-P 150 mg/Lであった。BOD/COD_{Cr}比は平均0.7であったことから、原汚水は活性汚泥法などの生物処理に適していると考えられたが、BODや窒素濃度が高いこと、BODに対する全窒素の割合が高いことから、安定的に排水基準を満たすためには、生物処理の前処理工程として凝集処理等の負荷低減処理や、窒素成分の除去処理が必要であると考えられた。

(静岡畜技研中小研セ研報6, 38~42, 2013)

はじめに

養豚排水の浄化処理には主に活性汚泥法が用いられているが、汚水処理施設の維持管理には専門的知識が求められ、家族経営が主体である養豚業では安定した処理水質を確保することが難しい場合があり、排水処理にかかる労力も大きな負担となっている。さらに、今後、水質汚濁防止法にかかる窒素規制の強化が予想され、これらに対応できる新たな排水処理法の開発が求められている。

これらの課題を解決するため、当センターでは、従来法より安定的な処理能力があり、簡易かつ省力的な排水処理法の開発を試みている。

新たな処理法の開発にあたり、養豚排水の水質特性を把握することが重要であるが、調査の例は少ない。本研究では、養豚排水の汚濁物質の性状や濃度に応じた効率的な処理法を検討するため、養豚場において汚水処理施設に流入する原汚水の水質調査を行った。

材料および方法

1 調査概要

2011年4月から2012年8月までの間に、静岡県内の養豚場13戸について、汚水処理施設に流入する原汚水（以下「原汚水」とする。）の採水を行った。調査農場の概要を表1に示した。

表1 調査農場の概要

農場	汚水処理方法	飼養頭数(頭)	採水日
A	活性汚泥法(標準型)	2,000	2011/6/1
B	活性汚泥法(標準型)	2,000	2012/4/26
C	活性汚泥法(標準型)	2,200	2011/5/19
D	活性汚泥法(標準型)	2,400	2011/6/29
E	活性汚泥法(標準型)	2,500	2011/5/19
F	活性汚泥法(標準型)	3,300	2011/6/29
G	活性汚泥法(標準型)	4,200	2011/6/29
H	活性汚泥法(標準型)	3,500	2012/8/2
I	活性汚泥法(膜浸漬型)	1,000	2011/6/8
J	活性汚泥法(膜浸漬型)	1,400	2011/4/12
K	活性汚泥法(ラグーン型)	2,000	2012/8/2
L	活性汚泥法(酸化溝法)	3,000	2011/4/15
M	簡易沈降法	1,500	2011/4/19

2 水質分析

原污水の水質分析項目は、pH、浮遊物質 (SS)、生物化学的酸素要求量 (BOD)、化学的酸素要求量 (COD)、全窒素 (T-N)、アンモニア性窒素

(NH_4^+-N) および全リン (T-P) であり、表2に示す方法で分析を行った。各水質項目間について単回帰分析を行い、相関係数値を求めた。

表2 分析方法

測定項目	単位	測定方法
pH	-	下水試験法(ガラス電極法)
SS	mg/L	下水試験法(ガラス繊維ろ紙法)
T-BOD	mg/L	下水試験法(ウインクラーアジ化ナトリウム変法)
S-BOD	mg/L	ガラスろ紙法にてろ過したろ液を溶解性 BOD とした。
T-CODcr	mg/L	ニクロム酸カリウムによる分解。吸光光度法
S-CODcr	mg/L	ガラスろ紙法にてろ過したろ液を溶解性 BOD とした。
T-N	mg/L	下水試験法(紫外線吸光光度法)
NH_4^+-N	mg/L	下水試験法(イオンクロマトグラフ法)
T-P	mg/L	下水試験法(ペルオキシニ硫酸カリウムによる分解法)

結 果

1 調査農場の概要

飼養頭数は、1,000頭から4,200頭であり、2,000頭前後の養豚場が最も多かった。浄化方式は、活性汚泥法が12戸、簡易処理法が1戸であり、活性汚泥法の内訳は、標準型が最も多く8戸、膜浸漬型が2戸、ラグーン型が1戸、酸化溝法が1戸であった。

2 水質結果

原污水の水質結果を表3に示した。pHは、平均7.9であり、中性よりやや高めであった。SSは、平均1,431 mg/Lであった。T-BOD、S-BODは、それぞれ、平均3,432 mg/L、2,683 mg/Lであった。T-COD、S-CODは、それぞれ、平均5,807 mg/L、3,961 mg/Lであった。全窒素は、平均1,499 mg/L、アンモニア態窒素は、平均1,128 mg/Lであった。全リンは、平均150 mg/Lであった。

表3 原污水の水質調査結果

測定項目 (単位)	pH	SS mg/L	T-BOD* ¹ mg/L	S-BOD* ² mg/L	T-CODcr* ³ mg/L	S-CODcr* ⁴ mg/L	T-N mg/L	NH_4^+-N mg/L	T-P mg/L
検体数	13	10	12	9	13	12	7	9	5
平均値	7.9	1,431	3,432	2,683	5,807	3,961	1,499	1,128	150
標準偏差	0.6	1,236	2,536	2,470	3,771	2,640	932	241	72
最大値	8.9	4,600	8,393	8,720	13,090	9,400	2,932	1,490	272
最小値	6.8	60	192	221	485	1,010	634	820	94

*1 全BODを示す *2 溶解性BODを示す *3 全CODを示す *4 溶解性CODを示す

3 水質項目間の関連性

養豚排水の水質の各項目間の相関関係を表4に、水質項目間で相関の高かった項目の回帰グラフを図1に示した。

相関係数が0.7以上の関係は、SSとT-COD ($r=0.862$)、SSと全リン ($r=0.949$)、T-BODとT-COD ($r=0.776$)、T-BODと全窒素 ($r=0.987$)、T-CODと全窒素 ($r=0.939$)、T-CODと全リン ($r=0.835$)、全窒素とアンモニア態窒素 ($r=0.778$) との計7項目間であり、いずれも正の相関がみられた。

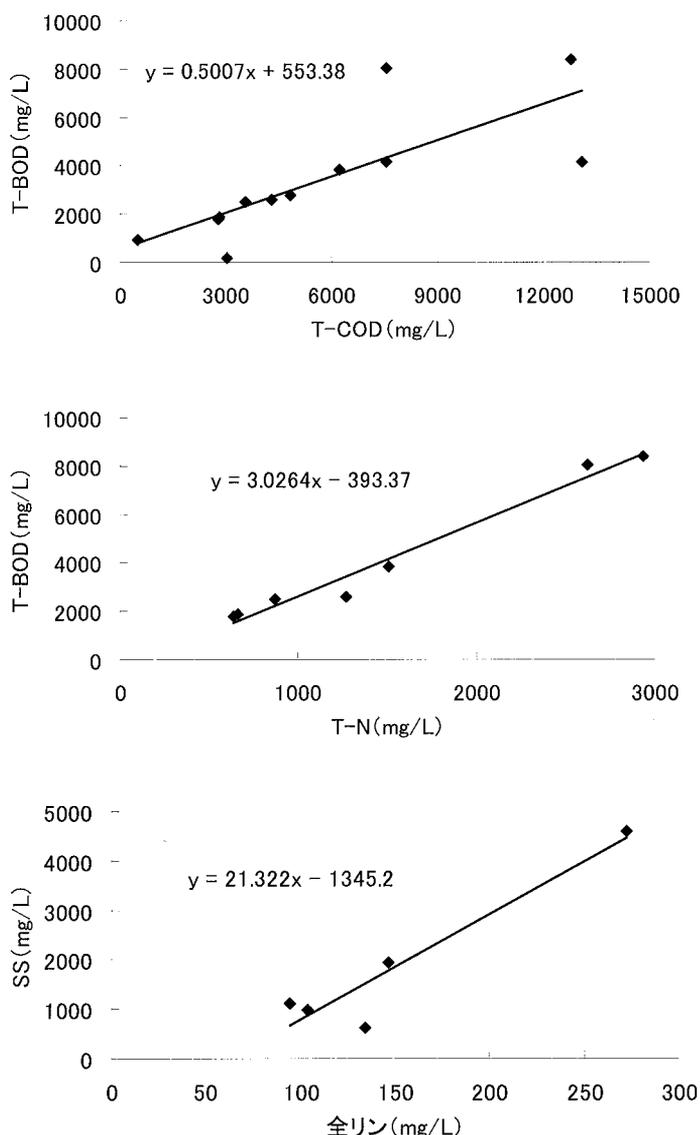


図1 水質項目間の回帰グラフ

表4 養豚排水の水質項目間の相関関係

	SS	T-BOD	T-COD	T-N	NH ₄ ⁺ -N	T-P
pH	-0.230	-0.135	-0.186	0.081	-0.032	0.110
SS	—	0.683	0.862	0.665	-0.119	0.949
T-BOD	—	—	0.776	0.987	0.093	0.546
T-COD	—	—	—	0.939	0.030	0.835
T-N	—	—	—	—	0.778	0.598

* 数値は、相関係数(r)

考 察

養豚排水の処理に一般的に用いられているのは、活性汚泥法等の生物処理である。しかし、その維持管理にはある程度の専門的知識が要求され、かつ手間もかかることから、その能力を十分発揮させていないのが実情である(除ら1997)。

当センターでは、安定的な処理能力があり、養豚農場でも実施可能な簡易かつ省力的排水処理法の開発を目指して、負荷濃度低減のための凝集沈殿法、高い窒素成分への対応としてアンモニアストリッピング等の窒素除去法、より安定性の高い生物処理法を組み合わせた処理法を検討している。今回調査した養豚排水の原汚水の性状および濃度等から各処理工程の必要性を検討する。

1 汚濁物質の特性

畜産排水は、SS濃度が高く、有機物の濃度も高い(杉山2012)。主として活性汚泥法による生物処理が行われている他産業の有機性排水と比較すると、下水はBOD濃度300 mg/L以下(羽賀1995)であるのに対し、養豚排水のBODは平床式豚舎の場合6,386 mg/L、スノコ式豚舎の場合10,853 mg/L(除ら1997)と高い。今回調査した原汚水についても、T-BODは平均3,432 mg/Lと高い濃度であった。

養豚排水の浄化処理は、排水濃度が著しく高いため、一次処理としてスクリーン、振動ふるい、沈殿分離槽などにより固液分離を十分に行ったのち、希釈してBODを1,000 mg/L前後に調整してから曝気槽に導入する(除ら1998)とされている。一次処理による除去効果は、小規模事業場排水処理対策全科(2002)

によると、豚ふん尿混合汚水の事例で、ふり分け、沈殿槽において、BODは20～60%、CODは25～60%、SSは33～90%、全窒素は12～45%、全リンは10～35%の除去率である。

調査した原汚水のBODは平均3,432 mg/Lであり、適切に一次処理を行い60%が除去されたと仮定しても1,373 mg/Lとなり、目安とされている1,000 mg/Lを超えているため、希釈や凝集沈殿等の前処理が必要と考えられた。

また、畜産排水は栄養塩類が顕著に多いため、一次処理による除去率が高くとも排水の窒素・リンは高い（除ら1998）。除ら（1997）の報告によると、養豚排水の全窒素は、平床式豚舎の場合995 mg/L、スノコ式豚舎の場合3,114 mg/Lであり、全リンは、平床式豚舎の場合215 mg/L、スノコ式豚舎の場合163 mg/Lである。原汚水の栄養塩類濃度の平均は、全窒素1,499 mg/L、全リンは150 mg/Lと高く、安定的に窒素除去を行うためには、アンモニアストリッピング等の処理を組み込む必要があると考えられた。

全リンについては、調査した原汚水におけるSSと全リンの相関が高いことから（ $r=0.949$ ）（図1）、凝集沈殿によるSS成分の除去に伴い、全リンも低減されると考えられた。

2 生物分解性の検討

家畜尿汚水中の多量のBODを処理するためには、生物処理が必須といえる（除ら1997）。生物分解性の難易度の指標の一つとしてBOD/COD比が用いられ、BOD/COD_{Cr}>0.6の場合、生物処理に適しているとされる（高橋ら1992）。調査した原汚水のBOD/COD_{Cr}比は平均0.7であり（図2）、この条件を満たしていたことから、生物処理に適した排水と考えられた。

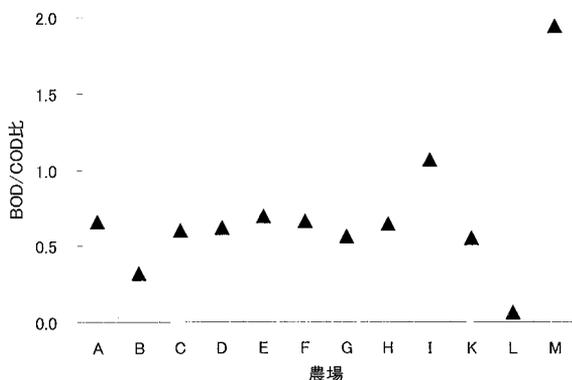


図2 各農場の原汚水におけるBOD/COD比

3 BODと全窒素比の検討

活性汚泥処理において十分に水質改善効果を得るためには、排水のBODと全窒素比が影響する。生物処理に適した排水の組成は、BOD : N=100 : 5とされ、BOD : N=100 : 15程度までは浄化が可能であるが、それ以上に窒素の割合が高いと生物処理の効率が低下し、処理が困難といわれている（除ら1997）。

調査した原汚水のBODに対する全窒素の比を図3に示した。BODを100とした場合、全窒素は平均37となり、処理に適した組成より大幅に窒素の比率が高く、このままでは生物処理による浄化が難しい排水であると考えられた。

また、和木ら（2010）の報告によると、養豚排水のケルダール窒素は全窒素濃度とほぼ等しく、ケルダール窒素に占めるアンモニア態窒素の割合は、平均72%である。調査した原汚水における全窒素に占めるアンモニア態窒素の割合は報告と同様の結果を示し、約70%と高かった。

これらの結果から、生物処理において有機物や窒素を安定的に除去するためには、処理に適した比率まで窒素を低減する必要があり、原汚水のアンモニア態窒素の割合が高いことから、その方法にはアンモニアストリッピング法等の窒素除去工程が有効であると考えられた。

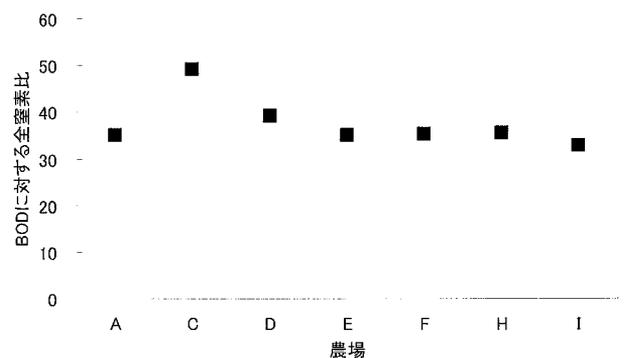


図3 各農場の原汚水におけるBODに対する全窒素比*

*BODを100とした場合の窒素の値

4 水質汚濁防止法の排水基準

畜舎排水には、水質汚濁防止法に基づき一律の排水基準が定められ、静岡県では、さらに条例により上乘せ排水基準が課せられている。「海域及び湖沼以外の公共用水域に排出される排水」の基準値は、日排水量50m³未満（7.5m³未満

は除く)の場合、BOD 160 mg/L (日間平均120 mg/L)、SS 200 mg/L (日間平均150 mg/L)である。

環境省の実態調査によれば、活性汚泥法の生物処理による除去率は、BOD 75.5%、COD 65.7%、SS 62.1%、全窒素45.7%、全リン46.1%であり(小規模事業場排水処理対策全科2002)、調査した排水においては、一次処理及び生物処理を適切に行った場合でも、放流水質基準を満たすことが難しい場合があると予想された。

5 複合的排水処理法の必要性

原汚水の水質結果から、調査した養豚排水は、汚濁物質濃度や窒素濃度が高いが、生物処理に適している排水であると考えられ、これまでの報告による全国の家畜尿汚水の特徴と一致した。

SSやBODが高濃度で汚水処理施設に流入していることから、生物処理におけるBODの酸化分解能を向上させるためには、前処理工程として凝集処理等により負荷濃度を低減する方法は妥当であり、また、全窒素濃度に対するアンモニア濃度が高いことやBODと全窒素の比率から、アンモニアストリッピング等の窒素成分の除去処理は妥当であると考えられた。

参考文献

- 羽賀清典. 1995. 畜産系排水処理と負荷削減. 用水と排水, 37: 44-49
- 徐開欽・全恵玉・須藤隆一. 1997. 畜産排水の性状と原単位. 用水と排水, 39: 13-21
- 徐開欽・Chan-Woo Lee・全恵玉・須藤隆一. 1998. 畜産排水の処理対策とその高度化. 用水と排水, 40: 25-33
- 環境省水環境部閉鎖性海域対策室監修. 2002. 小規模事業場排水処理対策全科-小規模事業場排水対策マニュアル普及版-. 環境コミュニケーションズ. 東京. pp.135-138
- 杉山典. 2012. 畜産排水の複合的処理法の開発. 京都大学博士論文: 6, 25-26
- 高橋信行・中井敏博・加藤義重. 1992. 有機化合物のオゾン酸化による生物分解性の変化. 水処理技術, 33: 325-335
- 和木美代子・安田知子・福本泰之・黒田和孝・坂井隆宏・鈴木直人・鈴木良地・松葉賢次・鈴木一好. 2010. 養豚廃水の活性汚泥処理施設から排出される窒素の特性. 水環境学会誌, 33: 33-39