

19 養豚排水における硝酸性窒素等の低減に適した曝気槽運転方法の検討

担当部署名：畜産環境研究室

担当者名：○小堀優海、田崎稔、池田純子

研究期間：平成30年度～令和4年度（継続） 予算区分：県単

1 目的

水質汚濁防止法における硝酸性窒素等（硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、アンモニア態窒素）の規制は、畜産排水では暫定排水基準として500mg/L以下(2022年6月まで)と定められているが、いずれは一般排水基準値である100mg/Lまで引き下げられる可能性が高い。

回分式活性汚泥法においては間欠曝気を導入することによって硝酸性窒素等の低減ができるという報告がある。しかし、間欠時間等の設定が適切でなければ水質の悪化を招いてしまう。そこで、間欠曝気を取り入れて安定した養豚排水処理施設の運転管理を行うための簡易的な指標として、pHとORPが利用できるか検討を行った。

2 方法

- ・当センター内の養豚排水処理施設（回分式オキシデーションデッチ）で調査を実施。
- ・曝気槽内にORP計、pH計、水温計を設置し、15分ごとに連続測定・記録を行った。
- ・原水、曝気水、処理水はそれぞれ週1回サンプルを採取し、以下の項目を測定した。
- ・測定項目：原水：pH、BOD、SS、硝酸性窒素等
曝気水：pH、MLSS
処理水：pH、BOD、SS、硝酸性窒素等
- ・調査期間：令和2（2020）年7月21日～令和3（2021）年2月17日、
令和3（2021）年4月7日～12月22日

3 結果の概要

（1）ORPと処理水水質の関係

- ・調査期間中処理水のBODとSSは排水基準値以下で推移し、BOD・SSともにORP+100mV以上で低く、+100mV以下で高くなる傾向が見られた（図1、2）。
- ・処理水の硝酸態窒素は曝気終了時のORPが+100mV以上の時、一般排水基準値である100mg/Lを超過する場合があった（図3）。

（2）pHと曝気槽管理

- ・間欠曝気の時間を優先した曝気槽運転を行った令和2年度は、曝気終了時のpHが5.3～8.3と広範囲で推移し、発泡やスカム大量発生などの現象が起きた（図4）。
- ・pHの変動を6.5～7.5の範囲内に収めるよう曝気時間を調整した令和3年度は、発泡等の現象は起こらず比較的安定した運転を行うことができた（図4）。

4 今後の問題点と次年度以降の計画

排水処理施設から離れた事務室等における曝気槽ORP・pH遠隔モニタリング手法を検討する。

[具体的データ]

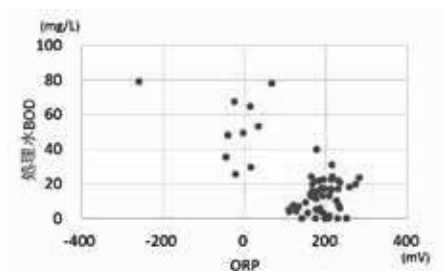


図1 曝気終了時の ORP と処理水 BOD

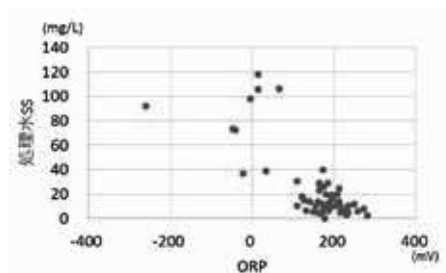


図2 曝気終了時の ORP と処理水 SS

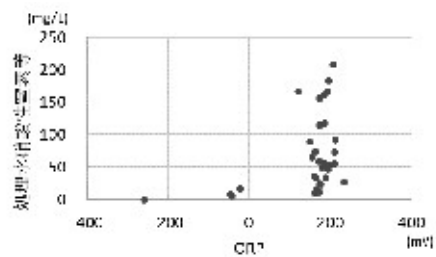


図3 曝気終了時の ORP と処理水の硝酸態窒素

	pH	曝気槽の状態
令和2年度	5.3~8.3	<ul style="list-style-type: none"> ・曝気槽から泡が越流 ・污泥が沈殿しない ・沈殿槽スカム大量発生
令和3年度 (pH6.5~7.5を優先)	6.3~7.9	異常なし

図4 曝気終了時の pH と曝気槽の状態

20 養豚排水における硫黄脱窒処理による硝酸性窒素等低減の検討

担当部署名：畜産環境研究室

担当者名：○小堀優海、田崎稔、池田純子

研究期間：平成30年度～令和3年度（完了） 予算区分：県単

1 目的

水質汚濁防止法における硝酸性窒素等（硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、アンモニア態窒素）の規制は、畜産排水では暫定排水基準として500mg/L以下(2022年6月まで)と定められているが、いずれは一般排水基準値である100mg/Lまで引き下げられる可能性が高い。

一方、当センターで2018年度から2019年度にかけて県内22戸の養豚農家の排水を調査したところ、季節変動はみられるものの2割超の農家で時期によっては処理水の硝酸性窒素等が100mg/Lを超過していた。

そこで、養豚排水の硝酸性窒素等を低減する技術として硫黄脱窒法があるが、年間を通して安定した窒素除去率の維持が課題となっていることから、窒素除去率を安定させるための条件について試験を行った。

2 方法

(1) 試験装置

資材層厚が硝酸態窒素除去率に与える影響の調査では、直径約10cm、長さ約3mの塩ビ管で作成した容積約24Lの上向流式装置内に、硫黄脱窒資材をそれぞれ1mと2mの厚さに充填した脱窒槽を用いた。通水量は資材層厚1mで9L/日、2mで18L/日（資材容積当たりの通水量は1.0L/L・日）とした。また、短絡流や資材の目詰まり対策として1週間に1回コンプレッサーによる資材の攪拌を行った。

低温条件での窒素負荷量と硝酸態窒素除去率の関係の調査では、資材層厚の試験結果から、処理可能量の多い硫黄脱窒資材を2mの厚さに充填した脱窒槽を用いた。冬季の低温対策として、この装置を養豚排水処理施設（回分式オキシデーションディッチ）の曝気槽内に設置した（写真1）。また、短絡流や資材の目詰まり対策として1週間に1回コンプレッサーによる資材の攪拌を行った。

(2) 原水

養豚排水処理施設（回分式オキシデーションディッチ）の処理水を原水として使用し、硝酸ナトリウムを添加して硝酸態窒素が220mg/L以上となるよう調整して使用した。

原水中のリン酸イオン濃度の不足により硫黄脱窒細菌の脱窒活性が低下していた可能性が考えられたため、低温条件での窒素負荷量と硝酸態窒素除去率の関係の調査では、原水のリン酸態リン濃度が10mg/Lとなるようリン酸水素カリウムを添加して使用した。

(3) 試験期間

資材層厚が硝酸態窒素除去率に与える影響：令和3(2021)年7月12日～11月22日

低温条件での窒素負荷量と硝酸態窒素除去率の関係：令和4(2022)年1月6日～3月4日

3 結果の概要

(1) 資材層厚が窒素除去率に与える影響

硫黄資材層厚1mと2mではどちらも20%前後の硝酸態窒素除去率であり、差はみられなかった。（図1）

試験期間を通して硝酸態窒素除去率が低く推移した要因として、原水中のリン酸態リン不足が考えられた。

(2) 低温条件での窒素負荷量と硝酸態窒素除去率の関係

試験期間中の硫黄脱窒槽内の水温は 11.5℃～17.1℃の範囲で推移し、硫黄酸化脱窒細菌の脱窒活性に必要な 10℃以上を確保できた (図 2)。

窒素負荷量 0.2～0.6 kg/m³・日の間で段階的に変更したところ、窒素負荷量 0.3kg/m³以下で 5%以上の硝酸態窒素除去率が得られる傾向がみられた。(図 3)

4 今後の問題点と次年度以降の計画
終了課題。

[具体的データ]



写真 1 曝気槽に設置した硫黄脱窒装置

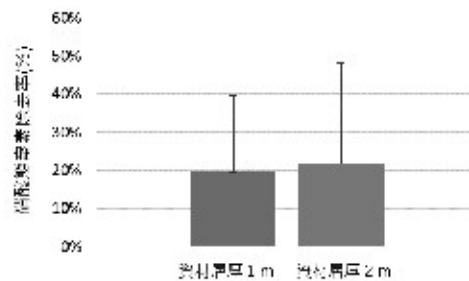


図 1 資材層厚と硝酸性窒素除去率

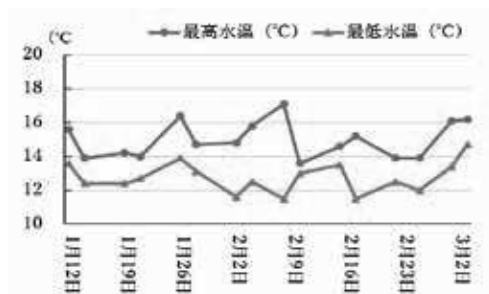


図 2 試験期間中の硫黄脱窒槽内水温の推移

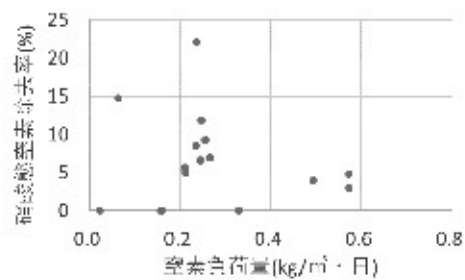


図 3 低温条件での窒素負荷量と硝酸態窒素除去率の関係

21 畜産農場からの臭気拡散に関する実態調査

担当部署名：畜産環境研究室

担当者名：○田崎稔、小堀優海、池田純子

研究期間：平成 29（2018）～令和 4（2022）年度 予算区分：受託（臭気プロ）

1 目的

栃木県内の畜産経営に起因する苦情のうち、約 6 割は悪臭に関連しており、畜産農場では対策に苦慮している。当センターでは、ニオイセンサと GPS を組み合わせた「臭気マッピング手法」を開発し、畜産農場で臭気対策のツールとして活用しているが、臭気は平面ではなく立体的に拡散することから、臭気モニタリング技術の改良が必要である。

また、悪臭と同様に視覚的に確認できない粉じんは、臭気を媒介するといわれていることから、畜産農場内における粉じんと悪臭の相関性を調査する必要がある。

そこで、令和 3（2021）年度は、農場上空や定点で長時間にわたる臭気モニタリングを実施した。

2 方法

(1) 農場高所及び上空を漂う臭気の検討

強制発酵施設は攪拌時に臭気が排出されており、畜環研式ニオイセンサと GPS ロガーを搭載したドローンで上空の臭気指数（相当値）を測定したところ、20～40 と高い値が確認されたことから、次の臭気対策を実施することにより臭気指数が低下するのかが調査した（図 1）。

【強制発酵施設からの臭気対策】

強制発酵施設の上部や下部など臭気が漏れる隙間を塞ぎ、臭気の排出口を 1 か所にして、臭気の拡散を少なくした。

【脱臭対策】

強制発酵施設から排出される臭気、散水式の脱臭槽を通じて放出していたが、井戸水が少なく散水量が少なかった。そこで、新たな井戸を掘削し、散水量を増やし脱臭能力が最大になるように改善した。

(2) 農場周辺の定点臭気モニタリング手法の検討

畜産農場周辺の民家の庭先に外付けデータロガーと接続した畜環研式ニオイセンサを設置し、次の臭気対策前後の臭気指数（相当値）を 1 分間隔で 19 日間測定し、指数相当値の積算値で比較した。

3 結果の概要

(1) 農場高所及び上空を漂う臭気の検討

強制発酵施設上空で高度 150m からドローンを垂直降下させ臭気を測定したところ、高度約 25m の臭気指数（相当値）が 2 地点で 20～40（凡例の赤丸）を示し、その後上昇に従い臭気指数は低下し、高度約 60m で 0 になった。

臭気対策を実施し、臭気指数相当値が高かった高度 25m で農場内上空を広域に調査したところ、臭気指数（相当値）は 0 を示していたことから臭気対策の効果が現れたと考えられた（図 2）。

(2) 農場周辺の定点臭気モニタリング手法の検討

臭気対策を講じる前の民家庭先における 19 日間の臭気指数（相当値）の積算値は、B が 87,998、

Cが2,609、Aは記録できなかった(表1)。臭気対策実施後は、Aが297、Bが27,123、Cが1,483で、対策後の臭気指数(相当値)の積算値は低下し、臭気対策の効果があったと考えられた。

4 今後の問題点と次年度以降の計画

農場上空の臭気については、測定時の気象条件(風速や風向等)が上空臭気の拡散状況に及ぼす影響等に関し継続調査を行い、その測定方法を安定化する。

農場周辺の定点臭気モニタリング手法については、畜環式ニオイセンサを用いた長期測定の留意点やその適性などについて検討し、その測定方法を安定化する。併せて、季節的な臭気拡散の状況も検討する。

[具体的データ]

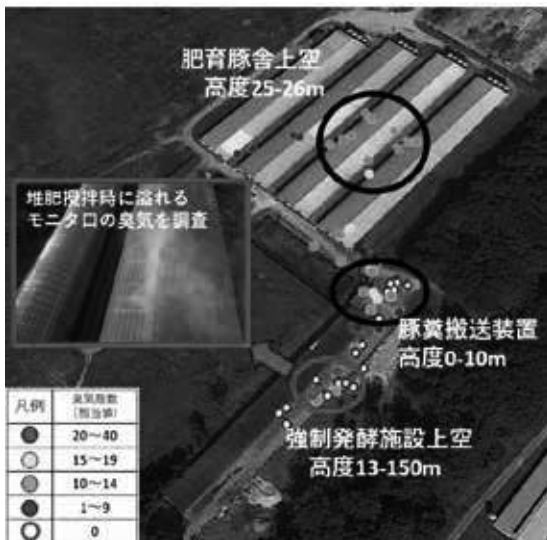


図1 対策前の上空臭気マップ(R2.12.28測定)

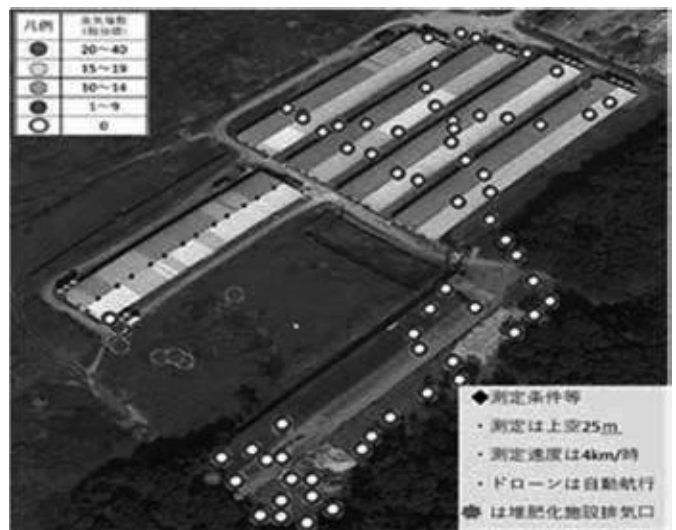


図2 対策後の上空臭気マップ(R4.2.3測定)

表1 対策前(R3.7.9~7.27)の臭気指数(相当値)

民家名	積算値	最大値	平均値
A	-	-	-
B	87,998	14	3.2
C	2,609	21	0.1

※Aは測定設置したが不具合のため記録できず

表2 対策後(R3.11.11~11.29)の臭気指数(相当値)

民家名	積算値	最大値	平均値
A	297	16	0
B	27,123	22	1.0
C	1,483	25	0.1

22 家畜ふん堆肥化時に発生する臭気拡散防止技術の開発

担当部署名：畜産環境研究室

担当者名：○田崎稔、小堀優海、池田純子

研究期間：平成 27（2016）～令和 3（2021）年度 予算区分：受託（気候変動緩和プロ）

1 目的

臭気問題は畜産経営の継続にかかる重要な課題であり、対策技術の開発が求められている。畜舎や家畜ふん堆肥化施設から施設外に拡散する臭気の多くは、原料である家畜ふん尿中に含まれる窒素や炭素化合物に由来する。

養豚業においては、アミノ酸バランス改善飼料を給与することで、アンモニア（NH₃）などの臭気物質を低減できることが確認されている。当センターでは 2018 年から 2020 年のセンター内試験で、ホルスタイン種去勢肥育牛に慣行よりも CP 含量を低減させた配合飼料を給与しても、生産性を損なうことなく、堆肥化時の NH₃ 及び温室効果ガス（GHG：メタン（CH₄）、一酸化二窒素（N₂O））の排出量が削減可能であることを確認した。そこで、肥育牛経営におけるアミノ酸バランス改善飼料の現地での普及を目指し、県内のホルスタイン去勢肥育農場で、出荷前の半年間の給与試験を実施した。

2 方法

約 370 日齢のホルスタイン去勢肥育牛 36 頭を供試し、18 頭ずつの 2 群に分け、アミノ酸バランス改善飼料（試験区）と慣行配合飼料（対照区）を給与した。供試牛は 2021 年 3～4 月に出荷した。

(1) 実施場所：栃木県内ホルスタイン去勢肥育牧場（約 2,500 頭飼養）

(2) 給与と実施期間：令和 2（2020）年 9 月～令和 3（2021）年 4 月

(3) 測定項目

配合飼料中 CP 含量、排せつ物中全窒素含量、試験牛体重（開始時、11 月、1 月、出荷時）、肥育成績

3 結果の概要

(1) 配合飼料中の成分含量を表 1 に、給与メニューを表 2 に示した。試験区の配合飼料にはリジン及びメチオニン（アミノ酸資材）を添加した結果、CP 含量が 1.5 ポイント低くなった。

(2) 試験開始時の日齢及び体重の推移等を表 3 に示した。試験期間中の増体や出荷時の体重等の肥育成績は、両区間に差はなかった。

(3) 枝肉格付け成績のまとめを表 4 に示した。枝肉重量や BMS 等の枝肉成績は、区間に差はなかった。

(4) ボロ（ふん尿と敷料の混合物）の成分を表 5 に示した。乾物中の窒素全量（デバルダ合金ーケルダール法）と灰分は、両区間に差はなかった。

4 今後の問題点と次年度以降の計画

ホルスタイン去勢肥育牛にアミノ酸バランス改善飼料を給与することで、牛の嗜好性、増体や肉質に影響なく、堆肥化過程における温室効果ガスの発生を削減できることを確認した。

今後は、肉用牛交雑種において、同様の飼料を用いた試験を実施する予定。

[具体的データ]

表1 配合飼料の成分含量（現物%）

区分	配合飼料成分	
	CP	TDN
試験区	10.5	75
対照区	12.0	75

表2 給与メニュー(kg/日)

区分	配合飼料	稲わら
試験区	10.5	2.0
対照区	10.5	2.0

表3 配合飼料の成分含量（現物%）と試験開始時の日齢及び体重の推移

区分	配合飼料成分		供試頭数	平均日齢	平均体重			
	CP	TDN			開始時	2ヶ月後	4ヶ月後	出荷時
試験区	10.5	75	18	374.4	529.7	606.4	693.9	762.5
対照区	12.0	75	18	371.2	529.4	610.6	705.3	776.1

表4 枝肉格付け成績のまとめ

区分	枝肉重量	胸最長筋面積	ばらの厚さ	皮下脂肪の厚さ	歩留基準値	BMS
	kg	cm ²	cm	cm	%	
試験区	426.6	40.8	5.2	1.8	69.2	2.0
対照区	433.6	40.8	5.2	2.1	68.9	2.1

表5 ポロ（ふん尿と敷料の混合物）の成分

区分	水分	乾物	窒素全量(DM%)	灰分
	%	%	デバルダ合金-ケルダール法	DM%
試験区	6.1	93.9	2.0	14.5
標準偏差	1.9	1.9	0.5	4.9
対照区	5.9	94.1	1.9	16.2
標準偏差	2.1	2.1	0.4	4.6