

## 18 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、高柳晃治、池田純子

研究期間：平成 30（2018）～令和 3（2021）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が、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、当センターの養豚排水処理施設において、間欠時間や曝気時間による処理水の水質への影響を調査した。

### 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）を用い調査した。

#### (1) 曝気槽内での硝酸性窒素等の経時的变化

間欠時間を曝気工程開始 1 時間後から 1 時間設ける好気条件区、曝気開始から 18 時間後 1 時間設ける嫌気条件区とし、1 時間の間欠前後での曝気水の硝酸性窒素等の変動と処理水の BOD・SS への影響について調査した。

・好気条件区 令和 2（2020）年 10 月 20 日～23 日

・嫌気条件区 令和 2（2020）年 11 月 2 日～6 日

#### (2) 曝気槽の水温の変動と処理水の水質の関連

令和 2（2020）年 7 月から 12 月の間にかけて曝気槽内の水温を連続測定し、処理水の水質との関連を調査した。

#### (3) pH を指標にした曝気時間の調整

曝気槽の pH を 7 付近で維持することを目標に曝気時間の増減を行い、処理水の BOD・SS・硝酸態窒素について調査した。

○測定項目

pH、BOD、SS、硝酸態窒素、曝気層内の pH、ORP（15 分毎に記録）。

### 3 結果の概要

#### (1) 曝気槽内での硝酸性窒素等の経時的变化

1 時間の間欠により曝気槽内の ORP は両試験区で低下した（図 1、2）が、硝酸性窒素等の変動は見られなかった（表 1）。処理水の硝酸性窒素等は一般排水基準値である 100mg/L 以下となった。

#### (2) 曝気槽水温の変動と処理水の水質の関連

水温が高くなるほど処理水の BOD が高くなり、SS は低くなる傾向が見られたが、基準値以下だった。硝酸態窒素に関して相関は見られなかったが、100mg/L 以下で推移した（図 3～5）。

#### (3) pH を指標にした曝気時間の調整

pH を 7 付近まで下げることが目標に、曝気時間を大幅に減らして運転した期間において、処理水の BOD・SS は排水基準値の範囲内で推移した。処理水の硝酸態窒素はほとんどの期間で 100mg/L 以下だったが、曝気時間 10 時間以上の期間で数回 100mg/L を超過した（図 6）。

4 今後の問題点と次年度以降の計画

1 時間の曝気停止のタイミングを変更した場合において、処理水の硝酸性窒素等に差は生じなかった。また、pH7 を目標に曝気量を調節して運転を行った期間において、安定した運転を行うことができたが、処理水の硝酸態窒素が 100mg/L を超過することがあった。

次年度はこれらの情報を生かして、硝酸性窒素等の 100mg/L 以下へ低減するための調査・とりまとめを行う。

[具体的データ]

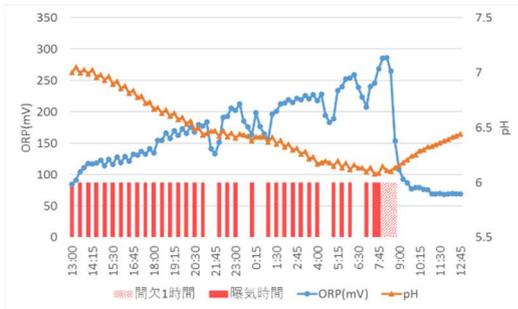


図1 好気条件区での曝気時間と ORP・pH の推移 (4 日間の平均)

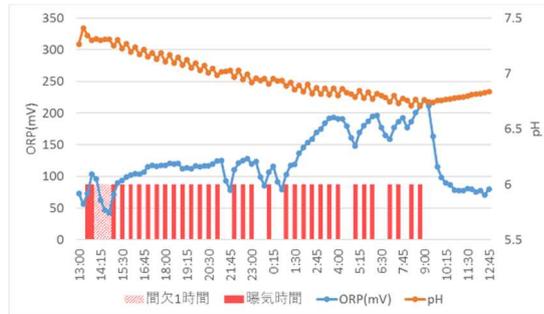


図2 嫌気条件区での曝気時間と ORP・pH の推移 (4 日間の)

表1 曝気停止前後の曝気水の ORP・pH、硝酸性窒素等

試験区	ORP(mV)	pH	硝酸態窒素(mg/L)	亜硝酸態窒素(mg/L)	アンモニア態窒素(mg/L)	
好気条件区	停止前	285 ± 16	6.1 ± 0.1	50 ± 25	0.2 ± 0.0	0.8 ± 0.0
	停止後	108 ± 14	6.2 ± 0.0	34 ± 31	0.5 ± 0.0	0.7 ± 0.0
	処理水	—	—	40 ± 29	0.0 ± 0.0	0.3 ± 0.0
嫌気条件区	停止前	96 ± 13	7.3 ± 0.1	47 ± 7	1.6 ± 0.8	32 ± 14
	停止後	72 ± 11	7.3 ± 0.1	46 ± 10	1.8 ± 1.0	33 ± 16
	処理水	—	—	65 ± 3	0.1 ± 0.0	0.0 ± 0.0

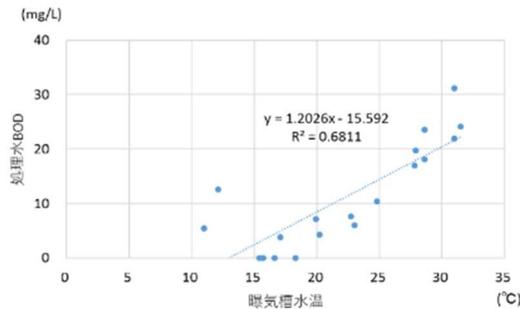


図3 曝気槽水温と処理水 BOD

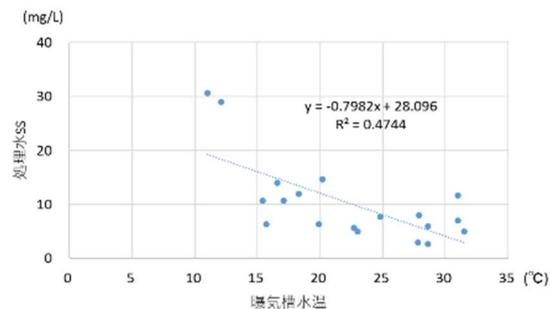


図4 曝気槽水温と処理水 SS

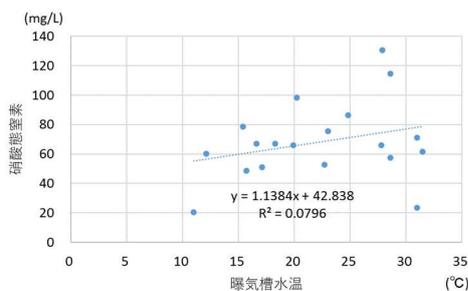


図5 曝気槽水温と処理水硝酸態窒素

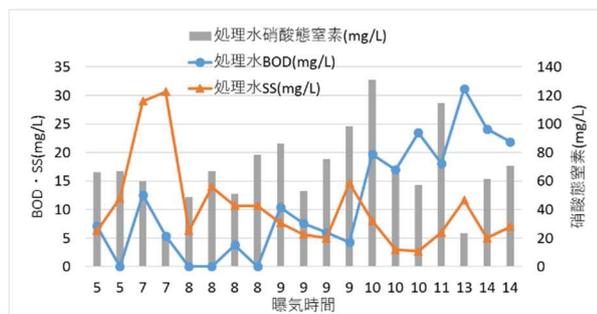


図6 曝気時間と処理水の BOD・SS・硝酸態窒素

## 19 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、高柳晃治、池田純子

研究期間：平成 30（2018）～令和 4（2022）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 2021 年 3 月現在暫定排水基準として 500mg/L 以下と定められているが、将来的には一般排水基準値である 100mg/L まで引き下げられることが予想される。

一方、当センターで 2018 年度から 2019 年度にかけて実施した養豚排水の調査では、調査した 22 戸の農場のうち時期によっては 2 割超で処理水の硝酸性窒素等が 100mg/L を超過しており、硝酸性窒素等の低減のための対策が必要とされている。

畜産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検討されているが、10℃以下で硝酸態窒素除去率が著しく低下するため、本試験では硫黄脱窒法による低コストで簡易的な硝酸態窒素低減技術の開発を目的に、冬期の低温下で除去率を維持する手法について検討を行った。

### 2 方法

#### (1) 試験装置

塩ビ管を用いて容積約 24L の上向流式装置を作成し、硫黄脱窒用資材 20 kg を充てんした。低温下での硝酸態窒素除去率低下対策として、この装置を養豚排水処理施設（回分式オキシレーションディッチ）の曝気槽内に設置した（写真 1）。また、短絡流による除去率の低下を防止するため、原水流入配管出口を原水が分散して流れる構造とした。さらに、短絡流や目詰まり対策として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 220g/L 以上となるよう調整して使用した。

#### (3) 試験期間

令和 2(2020)年 11 月 27 日～令和 3(2021)年 2 月 3 日

### 3 結果の概要

#### (1) 水温

試験期間中に気温が 0 度を下回ったが、曝気槽内水温は  $12.7 \pm 1.7^\circ\text{C}$ 、硫黄脱窒装置内の水温は  $11.8 \pm 1.7$  度で推移し、硫黄脱窒活性に必要な水温である  $10^\circ\text{C}$  付近を確保することができた（図 1）。

#### (2) 硝酸態窒素除去率

硝酸態窒素除去率は試験前半で低く、後半で高くなった（図 2）。

### 4 今後の問題点と次年度以降の計画

実用化に向け、曝気槽の水温を活用した硫黄脱窒装置の改良を行う。また、硫黄脱窒装置と曝気槽の運転管理による硝酸性窒素等の低減との両立に向けた検討を行う。

[具体的データ]



写真1 曝気槽に設置した硫黄脱窒装置

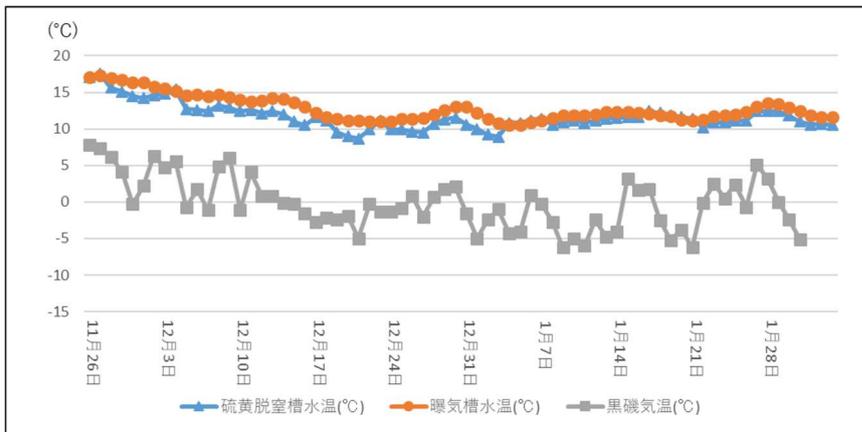


図1 曝気槽・硫黄脱窒装置内水温と気温（黒磯）（°C）

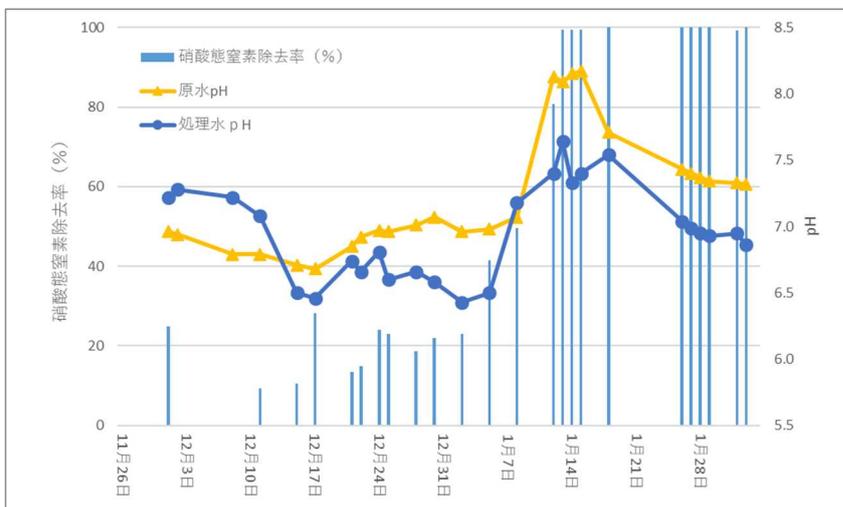


図2 硝酸態窒素除去率と原水・処理水 pH

## 20 臭気を媒介する粉じんの評価手法の確立と畜産農場からの臭気拡散に関する調査

担当部署名：畜産環境研究室

担当者名：○高柳晃治、小堀優海、池田純子

研究期間：平成30（2018）～令和4（2022）年度 予算区分：受託（悪臭プロ）

---

### 1 目的

臭気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。そこで畜産の臭気問題の解決のため、臭気マッピング技術の改良を行うとともに農場内における粉じんの分布を明らかにし、農場内における効果的な粉じんの除去・蓄積防止技術の開発に取り組む。

### 2 方法

#### (1) 農場における臭気モニタリングの活用方法の検討

畜産農場及びその周辺の定点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配置し、1分毎に臭気指数（相当値）の測定を実施した。11月23日から1月7日に計測された臭気指数（相当値）を前年度と比較した。

#### (2) 臭気警報発信システムの検討

畜環研式ニオイセンサにデータロガーを接続し、中継器、パソコンを経由し、計測した臭気指数（相当値）が15を超過した際に、Eメールで警報を発信するシステム（図1）を試作し、農場の臭気発生箇所から900m離れた場所で10日間の臭気連続測定を行った。

#### (3) 農場高所から発生する臭気及び粉じんの実態調査

ア 計測機器を搭載可能なアタッチメントを取り付けたドローンに畜環研式ニオイセンサ及びGPSロガーを搭載（図2）し、臭気苦情を受けている畜産農場の上空及び臭気発生が懸念される箇所の調査を実施した。なお、ドローンの移動速度は水平、垂直方向とも4km/h以下となるように手動操作とした。

イ 堆肥発酵施設の通気口に畜環研式ニオイセンサ及び光散乱式デジタル粉じん計を配置し、1分毎に測定を行い、臭気及び粉じんの変化を評価した。

### 3 結果の概要

#### (1) 農場における臭気モニタリングの活用方法の検討

図3に令和元年度及び令和2年度の11月23日～1月7日の間に畜産農場の周辺の定点で観測された臭気指数（相当値）の累積値を示した。A、B地点では大幅に減少し、C、D地点では半減していた。また、令和元年度を基準としたA～D地点の臭気指数（相当値）の変動では、各地点で臭気がほぼ感じられない「臭気指数（相当値）0～2」の割合が大幅に上昇し、C地点の「臭気指数（相当値）20以上」以外で前年よりも減少が確認された。これにより令和元年から2年にかけて農場で実施した臭気低減対策により、外部への臭気拡散が低減されたと示唆された。

#### (2) 臭気警報発信システムの検討

令和元年2月15日から24日までの10日間農場から900m離れた地点で1分置きに臭気連続測定を実施した。ニオイセンサと接続したRTR-505Vを屋外に、RTR-500Cを屋内に設置し、10日間の連続臭気モニタリングを実施した。10日間のうち4日間で臭気警報メールの送信が確認されたが（図4）、農場聞き取りでは臭気と農場内の作業との関連性は不明であった。

#### (3) 農場高所から発生する臭気及び粉じんの実態調査

ア 畜産農場においてドローンを使用して作成した上空の臭気マップを図5に示した。堆肥発酵施設のモニタ口付近（高度13～36m）、肥育豚舎上空（高度26m）で強い臭気が記録された。なお、計測時には堆肥発酵施設内では攪拌機が稼働しており、肥育豚舎では出荷に伴う豚の移動があった。

また、堆肥攪拌機稼働時に発酵施設上空を垂直方向にドローンを移動させたところ、上空 60m までニオイセンサの反応が確認された。

イ 堆肥発酵施設の内部の家畜ふん搬入、攪拌時間をタイムラプスカメラで確認(18時から6時までは闇のため確認不可)し、内部の装置稼働と発生した臭気、粉じんを調査した結果、堆肥舎から漏れる臭気指数(相当値)は常に一定であるが、粉じんは堆肥攪拌時に急上昇した。

- 4 今後の問題点と次年度以降の計画  
高所での臭気測定技術に改良を加え、継続実施を行う。

[具体的データ]



図1 臭気警報装置に使用した機材



図2 調査に使用したドローン

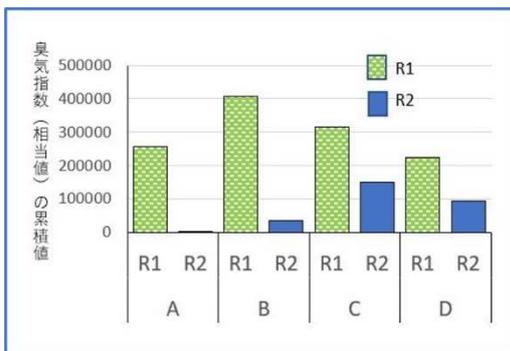


図3 臭気指数(相当値)累積値の年度比較

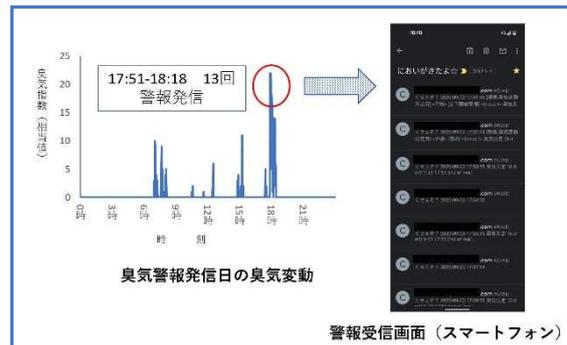


図4 臭気警報システムのメール配信

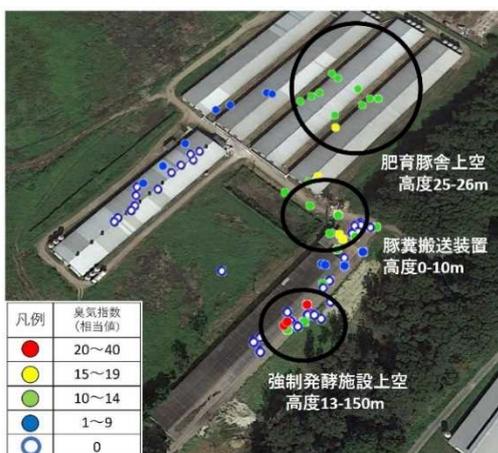


図5 畜舎上空の臭気マップ

## 21 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：○高柳晃治、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 (NH<sub>3</sub>) などの臭気物質を低減できることが確認されている。当センターでは平成 30 年から令和 2 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 NH<sub>3</sub> 及び温室効果ガス (GHG) (メタン (CH<sub>4</sub>)、一酸化二窒素 (N<sub>2</sub>O) 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) の給与を令和 2 年 9 月から令和 3 年 4 月まで実施した。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) 給与実施期間：令和 2 年 9 月～令和 3 年 4 月

(3) 測定項目

配合飼料中 CP 含量、排せつ物中窒素含量、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) 表 1 に給与配合飼料中の成分値を、表 2 に給与メニューを示した。

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) 表 3 に試験開始時の試験牛日齢及び 1 月までの試験牛体重の推移を示した。試験開始時の日齢及び体重は両区間で差は無く、1 月までの体重も同程度であった。

### 4 今後の問題点と次年度以降の計画

全頭の出荷が終了次第、試験飼料の評価を行う。

[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 試験開始時の日齢及び体重の推移

区分	供試頭数 (頭)	平均日齢 (日)	平均体重 (kg)		
			開始時	2ヶ月後	4ヶ月後
試験区	18	374.4	529.7	606.4	693.3
対照区	18	371.2	529.4	610.6	705.3