

## 2 8 畜産経営における臭気低減対策評価手法の確立

担当部署名：畜産環境研究室

担当者名：○高柳晃治、齋藤憲夫、岩渕守男

研究期間：平成 30(2018)年度～令和 2(2020)年度

予算区分：受託（悪臭プロ）

### 1. 目的

粉じん等の臭気媒介因子を農場地図に落とし込み、より効果的な臭気低減対策に資する臭気マッピング手法の検討を行った。また、悪臭発生農場の内外で臭気を連続記録して広域の臭気指数（相当値）を測定し、臭気拡散条件や農場における臭気低減対策が、臭気拡散を抑制する効果の検証を行う。

### 2. 方法

- (1) 光散乱式デジタル粉じん計、畜環研式ニオイセンサ及び GPS ロガーの記録時間を 10 秒/1 回と統一し農場内を巡回した。得られた粉じん量、臭気指数（相当値）及び位置情報を WEB 地図上で読み込み、農場内の粉じん量及び臭気指数（相当値）の分布を可視化した。
- (2) タイムラプスカメラで農場内作業を記録すると同時にニオイセンサで臭気の変動を記録し、臭気低減対策における農場作業毎に発生する臭気の変動を測定した。
- (3) 畜産農場の半径 2km 以内に複数のニオイセンサ、風向風速計、温湿度計を設置し、畜産農場からの臭気の拡散を数値でとらえることを試みた（図 1）。

### 3. 結果の概要

- (1) 農場内で得られた粉じん量、臭気指数（相当値）及び位置情報を国土地理院マップシートを活用して、WEB 地図上で表示した（図 2）。臭気指数（相当値）と粉じん量の分布が異なる箇所があった。
- (2) タイムラプスカメラの記録から農場内の堆肥切り返し等の臭気発生作業の時間を特定し、臭気指数（相当値）との関係を図 3 に示した。作業に関わらず、臭気は常に高く推移した。
- (3) 臭気が発生する農場の他、悪臭苦情を訴える地域住民 A～D の庭先で臭気指数（相当値）等の測定を実施した。農場から離れた場所で複数回の臭気の変動が確認された（図 4）。また、A 地点で観測された風向を図 5 のとおりスコア付けを行い、風向・風速と臭気指数（相当値）の関係を示した（図 6）。A 地点で臭気指数（相当値）がピークを示した際には、風速が 1.0m/s 以下の弱い風で、農場とは異なる方向の風である場合もあった。

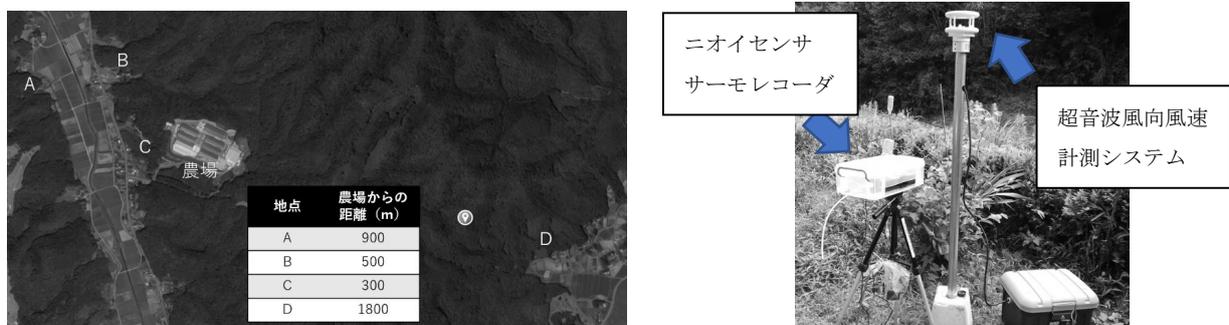


図 1 臭気拡散調査の場所と使用機材

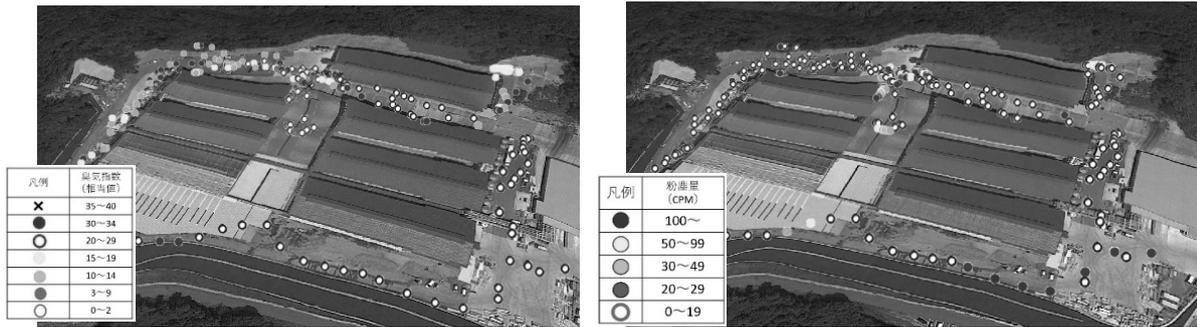


図2 臭気指数指数 (相当値) と粉じんの分布

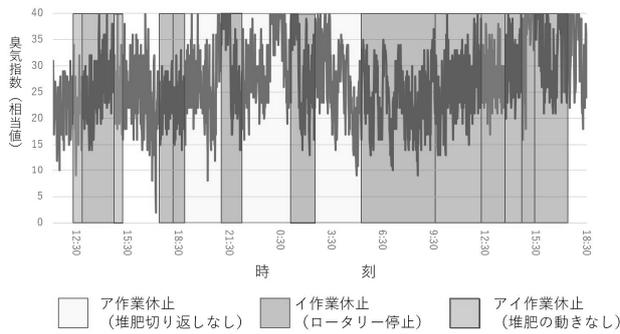


図3 堆肥切り返し等の臭気発生作業と臭気の変動

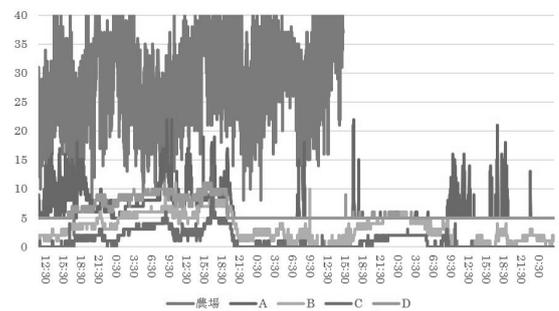


図4 悪臭発生農場周辺の臭気変動

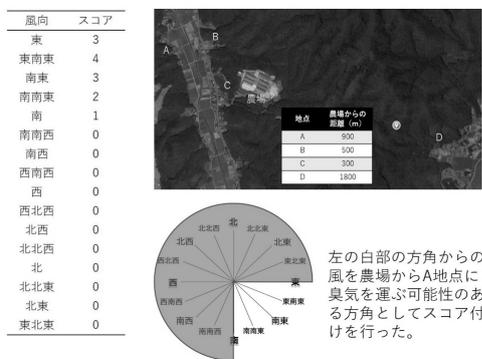


図5 A地点における風向のスコア付け

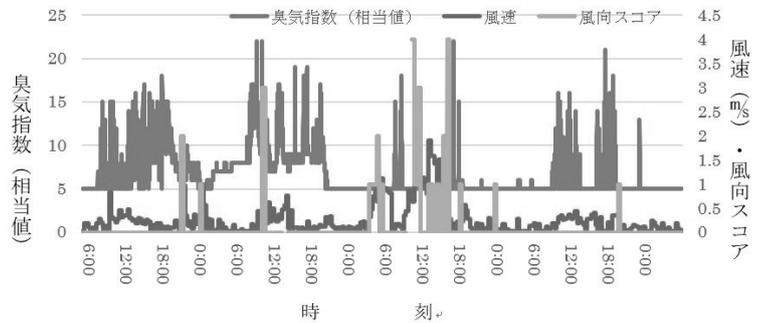


図6 A地点における臭気と風速及び風向の変動

#### 4. 今後の問題点と次年度以降の計画

粉じんのマッピング及び臭気の拡散調査は計測機械の改良を加え、継続調査を行う。

## 2.9 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、齋藤憲夫、岩渕守男

研究期間：平成27(2015)年度～令和元(2019)年度 予算区分：受託（気候変動緩和プロ）

### 1. 目的

臭気問題は畜産農家の死活問題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。

一方で、豚の給与飼料として低タンパクアミノ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、明らかになってきている。そこで肉用牛等の反芻動物における低タンパクアミノバランス改善飼料給与によるNH<sub>3</sub>等の臭気ガス発生低減効果を検証する。

### 2. 方法

約7ヶ月齢のホルスタイン去勢肥育牛8頭を4頭ずつの2群に分け、慣行飼料給与(対照区)と低タンパクアミノバランス改善飼料(試験区)の給与を実施した。両試験区の配合飼料の設計値及び試験期間中の給与メニューは表1、2のとおりである。飼料が完全に切り替わってから2週間経過後に両試験区の牛房に約300kgのオガ粉を敷き、18日後に家畜ふん尿を含んだオガ粉(ボロ)を牛舎から搬出した。搬出したボロは試験区ごとに均一に混合し、ハウス型チャンバー内に全重量の約80%を搬入し、マルチガスモニタを用いて平成31年1月28日から4月1日まで堆肥化中に発生するガス(NH<sub>3</sub>、一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、メタン(CH<sub>4</sub>)の測定を実施した(図1)。

表1 配合飼料のCP及びTDN含量設計値(現物%)

区分	CP	TDN
対照区	17.9	69.9
試験区	15.6	70.1

表2 飼料給与量プログラム(現物kg/日)

区分	配合飼料	チモシー乾草
対照区	6.0	2.0
試験区	6.0	2.0

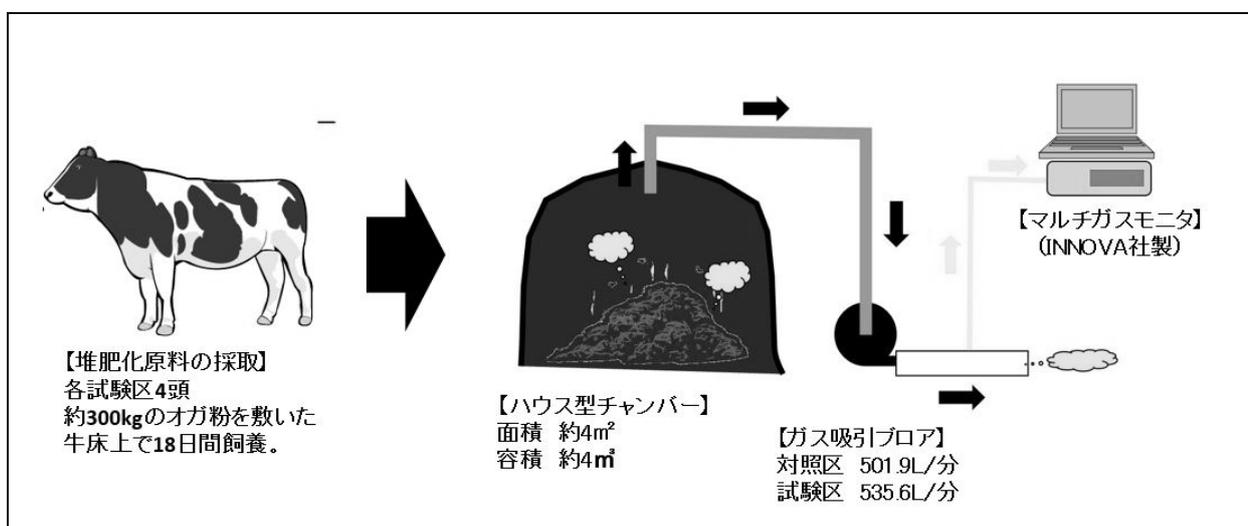


図1 試験の概要図

### 3. 結果の概要

堆肥化試験中のガス発生量について表 3 及び図 2 に示す。NH<sub>3</sub> 及び N<sub>2</sub>O は対照区の方が多量に発生した。CH<sub>4</sub> は試験区の方が多量に発生した。特定悪臭物質である NH<sub>3</sub> は堆肥化初期に大量に発生したが、**対照区に比べ**試験区では発生量が少なかった。堆肥化開始 20~40 日では対照区では N<sub>2</sub>O が試験区よりも多量に発生した。また、堆肥化期間をとおして CO<sub>2</sub> 及び CH<sub>4</sub> は試験区の方が多量に発生した。

表 3 堆肥化期間（64 日間）のガス発生量発生量（kg）

区分	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
対照区	0.24	1.52	89.92	0.03
試験区	0.08	0.58	115.92	0.36

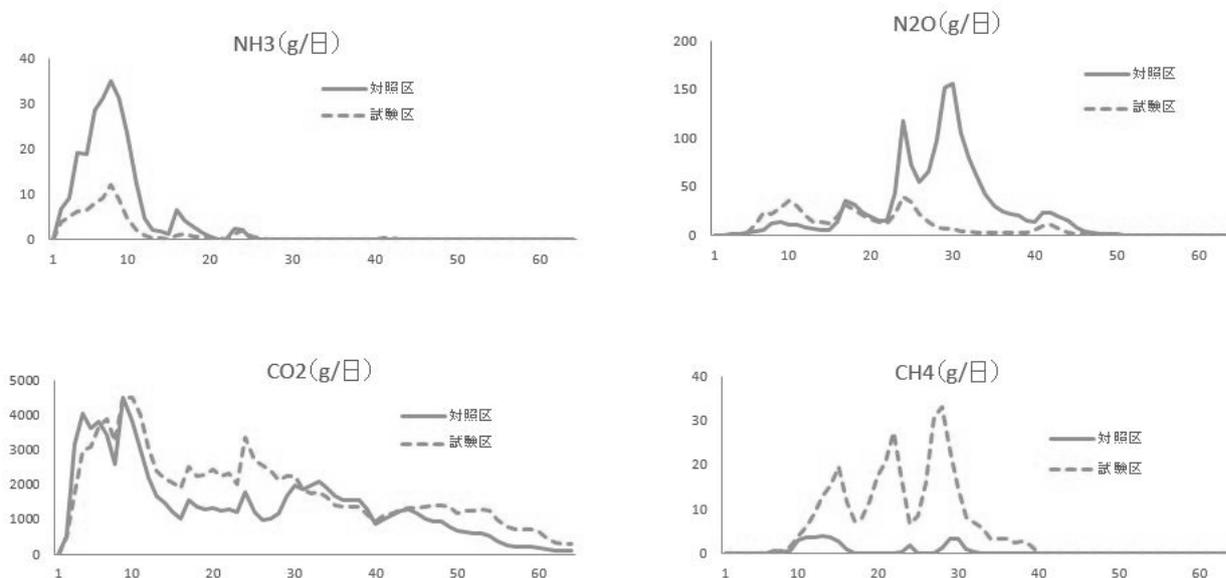


図 2 堆肥化期間中の各種ガスの発生量の変動  
縦軸：発生量（g/日） 横軸：堆肥化開始からの経過日数（日）

### 4. 今後の問題点と次年度以降の計画

未分析項目（堆肥中の窒素動態等）の整理及び肥育後期用配合飼料給与時の堆肥化試験を実施し、低タンパクアミノバランス改善飼料によるアンモニアガスの低減効果を明らかにする。併せて、低タンパクアミノバランス改善飼料の給与による GHG（N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub> 等の温室効果ガス）の低減効果を明らかにする。

### 30 養豚排水の現地調査および硝酸性窒素等の測定

担当部署名：畜産環境研究室

担当者名：○斎藤憲夫、高柳晃治、岩渕守男

研究期間：平成 29(2017)年度～平成 30(2018)年度 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の規制は、畜産排水では暫定排水基準(2019年6月まで)として600mg/L以下と定められているが、近年は厳格化の傾向にあり、いずれは一般排水基準値である100mg/Lまで漸減される可能性がある。特に養豚においては、尿汚水は浄化処理後に排出(放流)されるケースがほとんどであり、対応が必要である。

一方、養豚排水における硝酸性窒素等は処理施設によってばらつきが大きいと言われており、その濃度によって講じるべき対策が違ってくると考えられる。そこで、栃木県内の養豚排水処理施設における施設の概要及び各処理段階での硝酸性窒素等など、現状を把握するため調査・測定を行う。

#### 2. 方法

養豚農家を選定し(10戸)、施設についての聞き取り調査と養豚原汚水と処理水、曝気槽混合水の水質分析を行い、処理水の硝酸性窒素等濃度との関係性を調査した(1戸の農家に対して、夏季と冬季に2回)。

なお、処理水は施設の主となる曝気槽から排出されたものを採水した(その後に希釈などの処理を行っていた場合でも)。

##### (1) 聞き取り調査項目

飼養頭数、排水処理施設の概要(曝気槽の種類、施設規模、糞尿分離の有無等)、放流の有無

##### (2) 水質分析

原汚水：pH、BOD、SS、大腸菌群数、硝酸性窒素等、T-N、色度

曝気水：pH、MLSS、SV30、DO

処理水：pH、BOD、SS、大腸菌群数、硝酸性窒素等、T-N、色度、透視度

#### 3. 結果の概要

(1) 処理水の硝酸性窒素等の平均は108mg/Lであった。時季では、夏季が46mg/L、冬季が176mg/Lであり、冬に高い傾向が見られた。処理方式は、連続式が246mg/L、回分式が27mg/Lと、連続式が高い傾向であった(表)。

(2) 処理水の硝酸性窒素等について、夏季と冬季を併せ、暫定排水基準を超過した1件を除いて度数分布をとると、多くが50mg/L以下であった(図)。

(3) 今回調査した10戸の農家について、暫定排水基準(600mg/l)を超過していた農家が1戸、暫定排水基準を超過していないが一般排水基準(100mg/l)を超過していた農家が2戸であった。一般排水基準を超過していた3戸の農家のうち、冬期のみ超過が1戸、夏期冬期ともに超過が1戸であった。

(4) 今回調査した施設は連続式が4戸、回分式が6戸であり、連続式で2戸、回分式1戸の農家が一般基準を超過していた。

(5) 今回の調査では、処理水の硝酸性窒素等とpHの間に有意な負の相関が認められず、他にも硝酸性窒素等と有意な相関が確認できた項目はなかった。

(6) 今回調査した農家のすべてで糞尿分離を行っており、6戸の農家で放流を行っていた。

[具体的データ]

表 処理水の各種分析値の平均値と標準偏差

	pH (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	大腸菌群数 (個/cm <sup>2</sup> )	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>2</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	硝酸性窒素等 (mg/L)	T-N (mg/L)	色度	透視度
全体	7.2	49	75	278	139	2.8	49	108	168	383	11
	±0.7	±129	±126	±759	±568	±7.3	±73	±229	±432	±352	±9
夏季	7.3	74	68	90	5	0.2	44	46	56	307	14
	±0.5	±173	±145	±140	±9	±0.3	±64	±63	±56	±251	±8
冬季	7.1	22	82	514	288	5.6	55	176	291	467	8
	±0.9	±20	±99	±1,083	±800	±9.8	±82	±313	±602	±422	±9
処理方式 連続式	7.1	25	25	14	371	4.1	94	246	384	392	15
	±1.0	±15	±39	±9	±889	±9.6	±93	±330	±657	±476	±10
回分式	7.2	63	104	411	4	2.0	23	27	42	378	9
	±0.5	±160	±148	±901	±8	±5.4	±40	±45	±29	±253	±8

※上段:平均値、下段:標準偏差

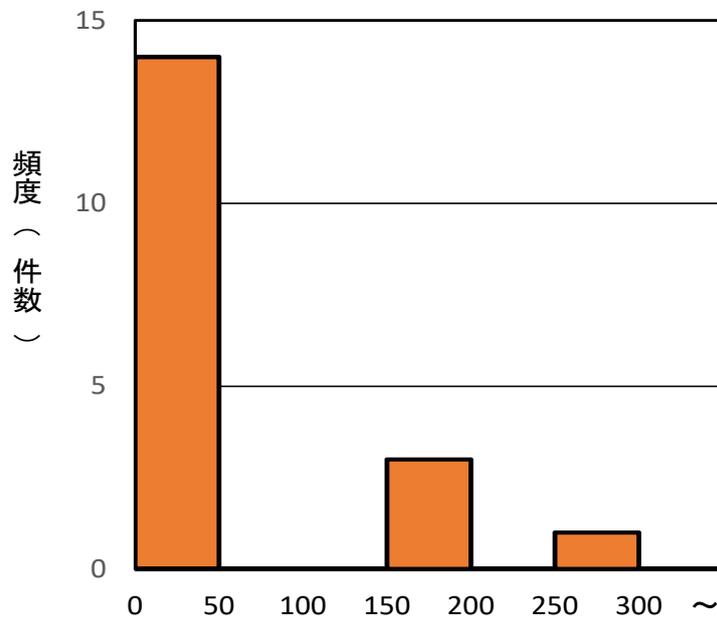


図 処理水の硝酸性窒素等の分布

4. 今後の問題点と次年度以降の計画  
終了課題

### 3 1 硝酸性窒素等の低減に適した曝気槽の運転方法の確立

担当部署名：畜産環境研究室

担当者名：○斎藤憲夫、高柳晃治、岩淵守男

研究期間：平成 30(2018)年度～令和元(2019)年度 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の規制は、畜産排水では暫定排水基準(2019年6月まで)として600mg/L以下と定められているが近年は厳格化の傾向にあり、いずれは一般排水基準値である100mg/Lまで漸減される可能性が高い。

硝酸性窒素等の低減対策として、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窒素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曝気を実施し、適切な運転を行うための簡易的な管理指標について検討を行う。

#### 2. 方法

センター内の養豚排水処理施設（オキシデーショントラック）において、曝気工程を変えることにより試験を実施した。

##### (1) 試験区

通常の1時間中15分間の曝気停止時間を設けた曝気工程を短停止区、最長4時間の停止時間を設けたものを長停止区とした（図1）。

##### (2) 試験年月日

長停止区：平成30年11月6日～11月29日

短停止区：平成30年12月3日～12月27日

##### (4) 調査項目

原水：投入槽から採取し、pH、BOD、SS及び硝酸性窒素等を分析した。

曝気水：曝気槽から曝気工程の終了直前に採取し、pH、MLSS及びMLVSSを分析した。

処理水：送水槽から採取し、pH、BOD、SS及び硝酸性窒素等を分析した。

なお、調査間隔は週に2回とした。

#### 3. 結果の概要

(1) 処理水について各分析値の推移は表1のとおりであり、硝酸性窒素等では長停止区と短停止区との間に明確な差はみられなかった。短停止区で極端な低値と高値があったが、これは畜舎から養豚排水浄化処理施設に投入された排水に乱高下があったためと考えられた。

また、窒素除去率では、長停止区がやや高い傾向であった。

(2) 曝気水については表2のとおりであり、MLSSが長停止区より短停止区が高い傾向であった。MLVSSは短停止区が高かったが、これはMLVSSが経時的に高くなっていったためと考えられた。

#### 4. 今後の問題点と次年度以降の計画

次年度も曝気方法が硝酸性窒素等に与える影響について試験を実施する。

[具体的データ]

試験区	曝気工程 (数字は時間)																				
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8
短停止区																					
長停止区																					

※ 黒色となっている時間帯に曝気停止

図 1 各試験区の曝気停止時間

表 1 処理水の各分析値の推移

	pH (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	硝酸性窒素等 (mg/L)	窒素除去率 <sup>1)</sup> (%)
11/6(火)	7.28	3	5	41	88
11/8(木)	7.31	2	0	43	90
長 停 止 区	11/12(月) 7.53	5	1	39	91
	11/15(木) 7.70	4	1	33	90
	11/19(月) 7.74	0	3	47	84
	11/23(金) 7.57	0	3	40	74
	11/26(月) 7.28	0	4	45	86
	11/29(木) 7.61	0	1	47	79
<hr/>					
	12/3(月) 7.26	0	5	51	82
	12/7(金) 7.06	7	3	43	80
短 停 止 区	12/10(月) 7.49	0	3	26	88
	12/13(木) 6.80	0	11	117	44
	12/17(月) 7.81	0	7	86	74
	12/20(木) 7.46	0	2	44	81
	12/24(月) 7.79	0	4	43	88
	12/27(木) 7.46	0	64	52	76
平 均	長停止区 7.50	2	2	42	85
	短停止区 7.39	1	12	58	76

1) 同日に採取された原水と比較して、処理水の窒素(アンモニア、亜硝酸及び硝酸の合計)がどれだけ減っているかの比

表 2 曝気水の各分析値

	pH (mg/L)	MLSS (mg/L)	MLVSS/MLSS (%)
長停止区	7.50	9,689	80.9
	±0.17	±793	0.4
短停止区	7.39	11,933	82.8
	±0.22	±1,460	0.5

※上段: 平均値、下段: 標準偏差

## 3.2 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：○斎藤憲夫、高柳晃治、岩淵守男

研究期間：平成30(2018)年度～令和2(2020)年度 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の規制は、畜産排水では暫定排水基準(2019年6月まで)として600mg/L以下と定められているが、近年は厳格化の傾向にあり、いずれは一般排水基準値である100mg/Lまで漸減される可能性がある。

養豚排水の窒素低減技術の1つとして硫黄脱窒資材法が挙げられるが、硫黄脱窒処理槽を整備し専用の硫黄資材を使用し続けるにはコストを要する。そこで、低コストで簡易的な硫黄脱窒法による窒素低減技術を開発するために、高性能硫黄資材の実用性を検証する。

### 2. 方法

#### (1) リアクター試験

ア 試験装置：水有効容積20Lの上向流式リアクター

イ 硫黄資材投入量：4.45kg

ウ 原水：センター内の養豚排水処理施設から排出された処理水に、硝酸ナトリウム水溶液を添加することで、硝酸態窒素濃度を目標220mgに調整

エ 原水投入速度：資材あたりの原水の1日分の窒素量(以下、窒素負荷量)が、0.30～0.45kg/t・日となるように、Run1～Run4の4水準を設定

オ 採材：原水及び処理水(1週間に2回採取)

カ 調査項目：pH、BOD、SS、NH<sub>3</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、T-N、SO<sub>4</sub>-S、水温

#### (2) ノッチタンク試験

ア 試験装置：水有効容積0.6m<sup>3</sup>の上向流改造型ノッチタンク

イ 硫黄資材投入量：79.4kg

ウ 原水投入速度：約80L/日(窒素負荷量：0.2kg/t・日程度)

エ 採材及び調査項目：リアクター試験と同様

### 3. 結果の概要

#### (1) リアクター試験

バラツキが大きいものの、平均69.2%と比較的高いNO<sub>3</sub>-N除去率を得ることができた。特に、試験期間終盤では平均96.3%と極めて高水準で安定していた(図1)。

また、NO<sub>3</sub>-N除去率に原水のpHが影響を与えている可能性が示唆された(図2)

#### (2) ノッチタンク試験

NO<sub>3</sub>-N除去率は平均で31.6%とリアクター試験と比較して低い値であった(図3)。また、試験開始直後が最も高く、徐々に低下したのち安定した。これは資材の中で通水しやすい部分が繋がり短絡流路となり、短絡流路に原水の多くが流れたためと考えられた。

### 4. 今後の問題点と次年度以降の計画

次年度も同様に試験を実施する。

[具体的データ]

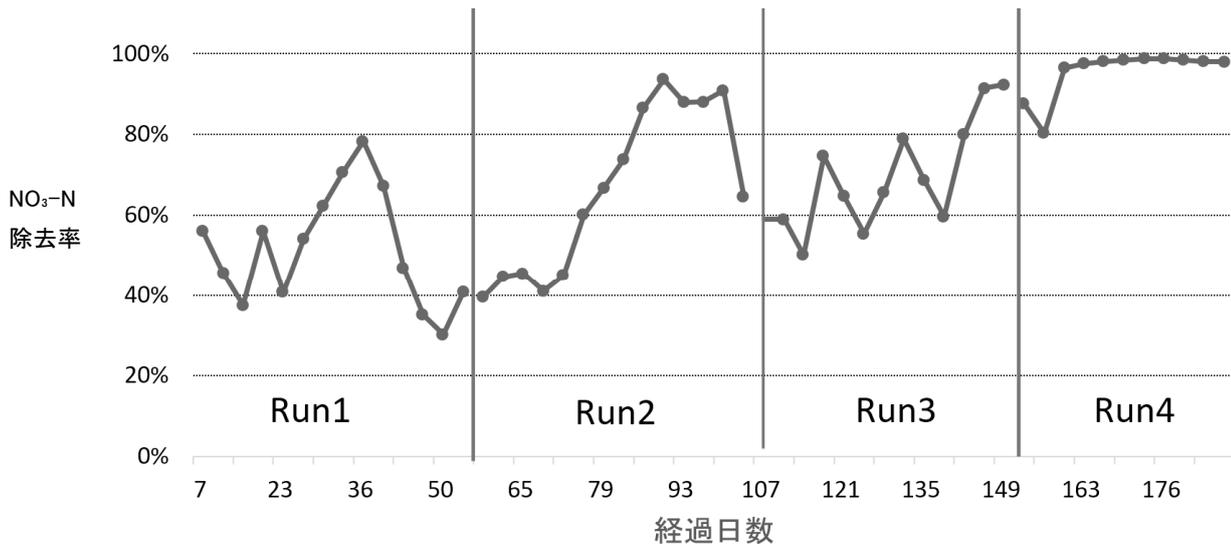


図1 リアクター試験の NO<sub>3</sub>-N 除去率の推移

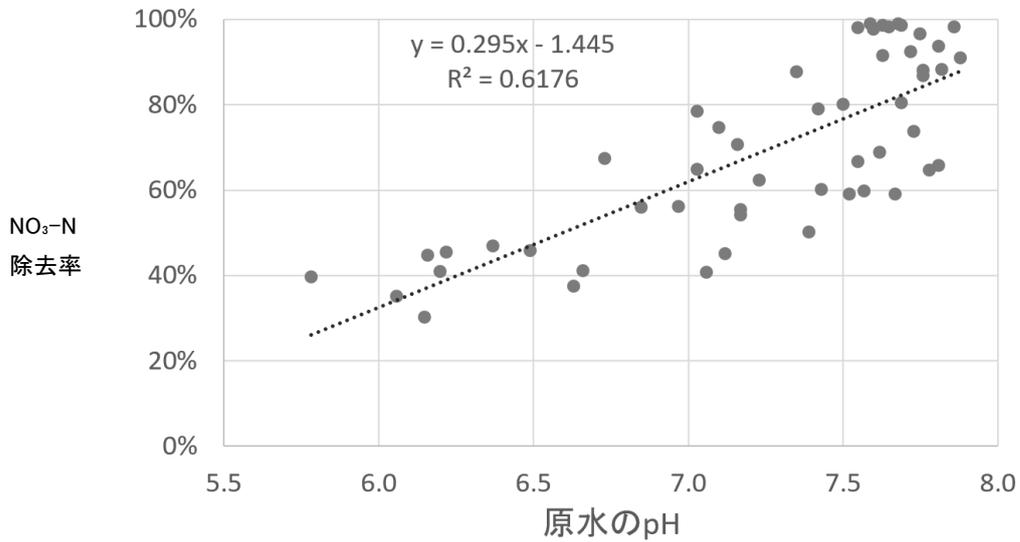


図2 リアクター試験の原水の pH と NO<sub>3</sub>-N 除去率の関係

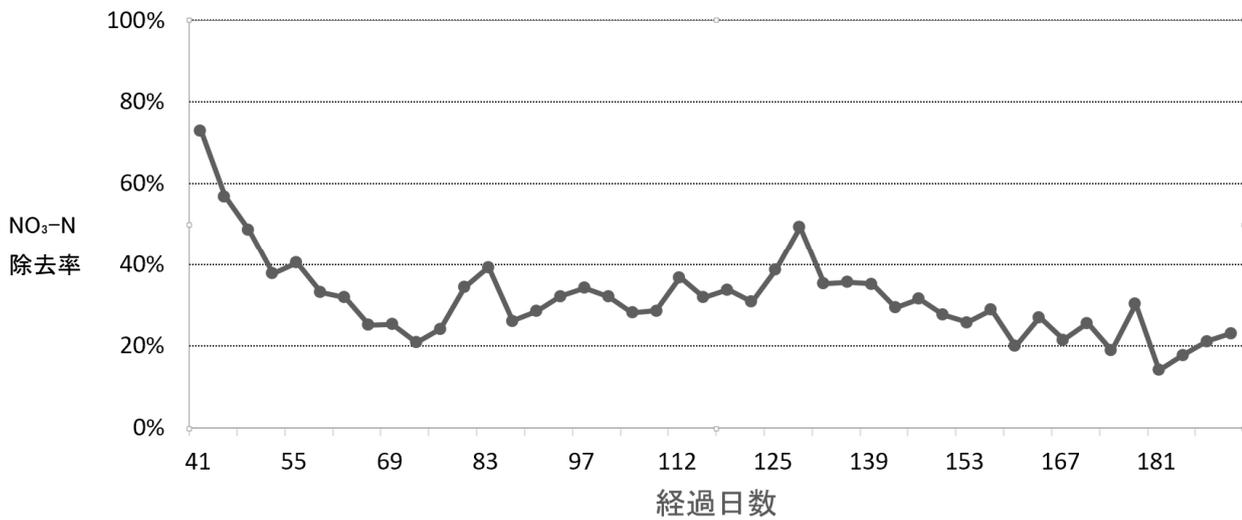


図3 ノッチタンク試験の NO<sub>3</sub>-N 除去率の推移