

# 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技術の検討

小堀優海<sup>1)</sup>、齋藤憲夫、田崎稔<sup>1)</sup>、高柳晃治<sup>2)</sup>、池田純子、岩淵守男<sup>3)</sup>

1)現 河内農業振興事務所、2)現 那須農業振興事務所、3)現 農業大学校

## 要 約

養豚排水処理施設から排出される処理水に含まれる硝酸態窒素を、硫黄脱窒法を用いて低減する手法について検証を行った。容積20Lのリアクターにおいて、硝酸態窒素除去率は平均69.2%となった。一方、容積304Lのノッチタンクにおいては短絡流や水温低下の影響により硝酸態窒素除去率が低下した。水温維持のため硫黄脱窒槽を曝気層内に設置したところ水温は $11.8\pm 1.7^{\circ}\text{C}$ で推移した。

## 目 的

水質汚濁防止法における排水基準には pH、BOD、SS などの生活環境項目だけでなく、人の健康に係る被害を生じるおそれのある物質（有害物質）に関する項目があり、畜産においては「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（以下、硝酸性窒素等）」が該当する。

畜産排水では硝酸性窒素等の暫定排水基準が定められており、2001年は1,500mg/Lであったが、2022年には400mg/Lまで引き下げられており、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ことが想定される。

当センターで2018年度から2019年度に実施した調査では、2割の農家で一般排水基準値を超過しており、硝酸性窒素等の低減が必要となる。

養豚排水の硝酸性窒素等を低減する技術として硫黄酸化脱窒細菌を利用する硫黄脱窒法があるが、硫黄脱窒処理槽を整備し、専用の硫黄脱窒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確立するために、既存の槽や簡易的な設備を用いて、硝酸性窒素等低減技術の検討を行う。

## 試験Ⅰ 既存の槽を活用した硫黄脱窒資材の実用性検証

### 材料及び方法

#### 1 硫黄脱窒槽

##### ① リアクター試験

容積20Lの円筒型の槽に硫黄脱窒資材（以下、硫黄資材）を4.45kg充てんし、追加投入は行わなかった。当センターのバイオマス実験棟内に設置し、室温を28℃に設定した。硫黄資材の目詰まりを防ぐために、原水を脱窒槽の下部から送り硫黄資材を通過した処理水を上部から越流させる上向流式とした。

##### ② ノッチタンク試験

ノッチタンクと呼ばれる土砂分離用タンクを利用

し、容積304Lの硫黄脱窒槽を作成した。内部に網を設置して支持砂利を敷いた上に、79.4kgの硫黄資材を充てんし、試験開始から38日目の1回のみ硫黄資材2kgを追加投入した。ノッチタンクは当センターの養豚排水処理施設の上（屋外）に設置した。原水の流入方法はリアクター試験と同様に上向流式とした。

#### 2 原水

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）から排出された処理水に、硝酸態窒素が220mg/Lとなるよう硝酸ナトリウムを添加したものを原水として利用した。リアクター試験では5.76～11.52L/日、ノッチタンク試験では約86L/日で流入するように定量ポンプを用いて設定した。

#### 3 調査項目

硝酸態窒素、亜硝酸態窒素、アンモニア態窒素、硫酸イオン、pH、BOD、SS、水温

## 結果及び考察

リアクター試験ではばらつきが大きいものの、平均69.2%の硝酸態窒素除去率となった。特に、運転開始から150日以降では平均96.3%と高い水準で安定した運転を行うことができた（図1）。pH、BOD、SSについては排水基準値内で推移した（表2）。

ノッチタンク試験においては、平均31.6%とリアクター試験と比較して低い除去率となった。また、運転開始直後が最も高く、徐々に低下したのちに安定した（図2）。pH、BOD、SSについては排水基準値内で推移していた（表3）。

運転開始から38日目硫黄脱窒槽の内部に充てんした硫黄資材を上部から目視で確認したところ、硫黄資材層の一部に水の抜け道（以下、短絡流）（図3）ができており、硝酸態窒素除去率は15.3%であった。短絡流を埋めるように硫黄資材2kgを追加投

入したところ、その直後の 41 日目は硝酸態窒素除去率が 66%に上昇した。このことから、短絡流により原水が硫黄資材層を通過せず越流したため、硝酸態窒素除去率が低下したと考えられた。

さらに、硫黄脱窒細菌は 10~40℃の間で活性を発現し、10℃以下で顕著に低下する<sup>1)</sup>ことが報告されている。試験開始から 171 日目以降は水温が 10℃を下回っており、水温による影響があったと考えられた。

硫黄脱窒槽の規模を拡大すると短絡流が形成されたため、短絡流による硝酸態窒素除去率低下を防ぐ手法の確立が必要である。また、硫黄脱窒槽は年間を通して屋外に設置することが想定されるため、水温を硫黄脱窒細菌の活性が発現する範囲に維持するための工夫が必要となると考えられた。

表 1 各硫黄脱窒槽について

	リアクター	ノッチタンク
硫黄資材投入量(kg)	開始時	4.45
	追加	2
硫黄脱窒槽容積(L)	20	304
流量(L/日)	8.5±1.6	73.5±12.0
硫黄脱窒槽水温(℃)	20.4~28.1	5.7~35.9
	(24.8±2.2)	(22.2±8.4)

※平均±標準偏差

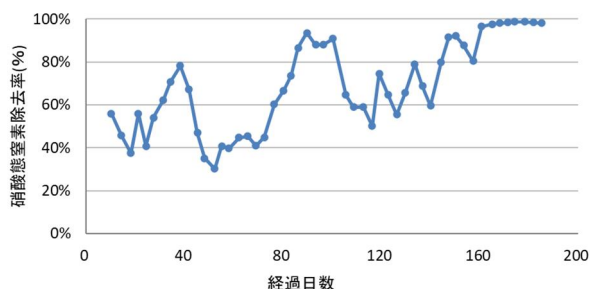


図 1 リアクターでの硝酸態窒素除去率の推移

表 2 リアクターでの原水と処理水の水質性状

	原水	処理水
pH	5.8~7.9	5.8~7.1
BOD(mg/L)	13.1±7.8	16.1±11.7
SS(mg/L)	25.6±20.1	33.7±49.0
硝酸態窒素(mg/L)	204.0±22.8	64.1±44.8

※平均±標準偏差

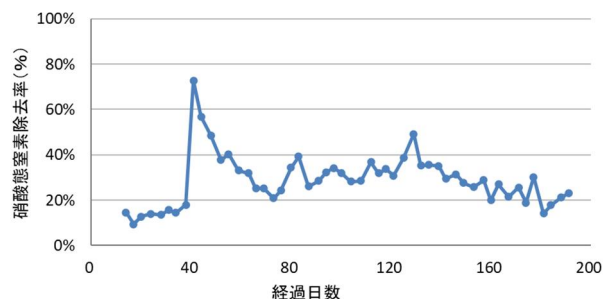


図 2 ノッチタンクでの硝酸態窒素除去率の推移

表 3 ノッチタンクでの原水と処理水の水質性状

	原水	処理水
pH	5.8~8.1	6.3~7.4
BOD(mg/L)	17.1±18.2	7.7±7.7
SS(mg/L)	10.1±9.6	15.0±16.0
硝酸態窒素(mg/L)	207.2±22.0	145.1±32.0

※平均±標準偏差



図 3 ノッチタンク試験における短絡流の様子

## 試験 II 硫黄脱窒槽の低コスト保温方法の検討

### 材料及び方法

#### 1 硫黄脱窒槽

塩ビ管を用いた容積 24L の円筒型の槽に、硫黄資材を 20kg 充てんし、上向流式の装置を作成した。

硫黄脱窒槽の水温低下を防ぐため、年間を通して水温が 10℃以上あった当センターの養豚排水処理施設の曝気槽に設置した(図 4)。

短絡流による硝酸態窒素除去率の低下を防止するため、定期的にコンプレッサーを用いて瞬間的に空気を送り込むことで硫黄資材の攪拌<sup>2)</sup>を行った。

#### 2 原水

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）から排出された処理水に、硝酸態窒素が220mg/Lとなるよう硝酸ナトリウムを添加したものを原水として利用した。定量ポンプを用いて14.4L/日で通水した。

### 3 調査項目

硝酸態窒素、pH、水温

#### 結果及び考察

試験期間中に気温が 0℃を下回ることがあったが、曝気槽内の水温は 12.7℃±1.7℃、硫黄脱窒槽内の水温は 11.8±1.7℃で推移し、曝気槽内の水温を脱窒槽の保温に利用することができたと考えられた（図5）。

硝酸態窒素除去率は徐々に上昇していたが、42日目から急上昇し、試験47日目から連続して100%となった（図6）。試験開始から42日以降、養豚排水処理施設の不調により、原水BODの急上昇がみられており（図7）、BODが脱窒に使われたことが硝酸態窒素除去率の急上昇の要因の一つと考えられた。



図4 曝気槽内に設置した硫黄脱窒装置

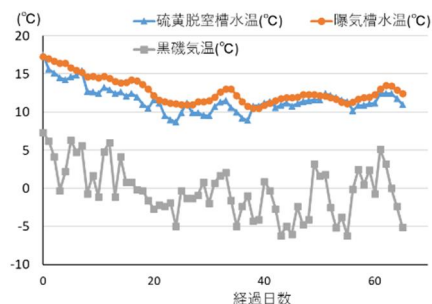


図5 曝気槽・硫黄脱窒装置内水温と気温(°C)

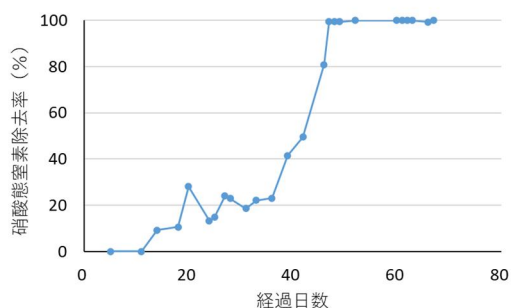


図6 硝酸態窒素除去率の推移

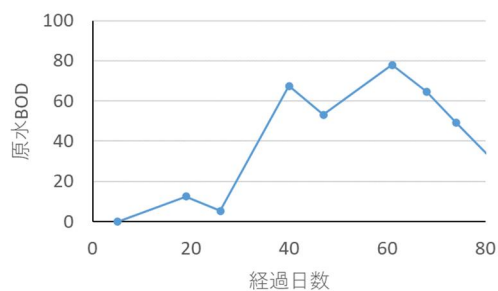


図7 原水BODの推移

#### 参考文献

- 1) 新日鐵化学(株)技術開発本部開発企画部編, 2004, 硫黄カルシウム剤による脱窒法
- 2) 一般財団法人畜産環境整備機構, 2018, 畜産汚水の処理技術マニュアル-処理の基本から高度処理まで-