

畜産公害対策試験

(12)回分式活性汚泥浄化処理における間欠曝気の窒素低減効果

伊禮判 鈴木直人 太田克之 大城まどか
渡久地政康

I 要 約

回分式活性汚泥浄化処理における間欠曝気の窒素低減効果を検討するため、浄化処理試験用装置を用い、汚水投入後21時間連続曝気を行なう区を連続区、汚水投入直後に曝気を始め2時間ごとに間欠的な曝気を行う区を間欠A区、および汚水投入2時間後から曝気を始める区を間欠B区と設定した。間欠曝気はそれぞれ、20時間行ない、その後1時間は両区とも曝気を行った。また、各区とも汚水投入後21時間から24時間まで3時間沈殿させた。これらの試験区における窒素低減効果を比較したところ以下のとおりであった。

1. 連続区では、アンモニア性窒素 ($\text{NH}_3\text{-N}$) の低下にともない、硝酸性窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) および亜硝酸性窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$) の増加がみられ、その後、 $\text{NO}_2\text{-N}$ は低下したが、 $\text{NO}_3\text{-N}$ は持続的に高い値を示した。
2. 間欠A区およびB区では、 $\text{NH}_3\text{-N}$ の曝気時の低下にともない $\text{NO}_3\text{-N}$ および $\text{NO}_2\text{-N}$ の増加がみられ、その後 $\text{NO}_2\text{-N}$ は低下したが $\text{NO}_3\text{-N}$ は増加低減をくり返す硝化・脱窒反応がみられた。
3. 生物化学的酸素要求量 (BOD) 除去率は、3区とも98.7~99.2%であり高い除去率であった。
4. 全窒素 (TN) 除去率は、連続区77.5%、間欠A区88.1%、間欠B区90.5%で連続区に比べ間欠AおよびB区が高く、間欠曝気の影響が認められた。また、間欠A区に比べB区が若干高い値であった。

II 緒 言

近年、畜産に起因する環境汚染問題に対する関心が高まる中、1999年施行された「家畜排泄物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律」は、2004年には罰則規定の適用が開始するなど畜産農家にとっては大変厳しい状況となっており、家畜ふん尿の適正な処理技術の開発に対する要望が高まっている。

前報¹⁾で、低コストで簡易な家畜ふん尿処理技術に関する報告をしたが、家畜ふん尿汚水中窒素等の低減についてもさらに検討する必要がある。

そこで今回、嫌気条件と好気条件を交互にくり返す間欠曝気法²⁾を利用した回分式活性汚泥法における効率的な窒素除去法を検討したので報告する。

III 材料および方法

1. 浄化処理試験用装置

浄化処理試験用装置の概図を図1に示した。

浄化処理試験用装置は、24時間タイマーで曝気時間を制御し、エアレーション用ポンプからの空気量は流量調節機能付き流量計で調整した。浄化用水槽は直径15cmの円筒形で有効容量は6lである。また、水槽中の活性汚泥を均一にするためマグネチックスターラーで活性汚泥が沈殿しない程度にゆっくりと攪拌し、水面からの酸素の溶解を防ぐため、発泡スチロールを水面に浮かべた。

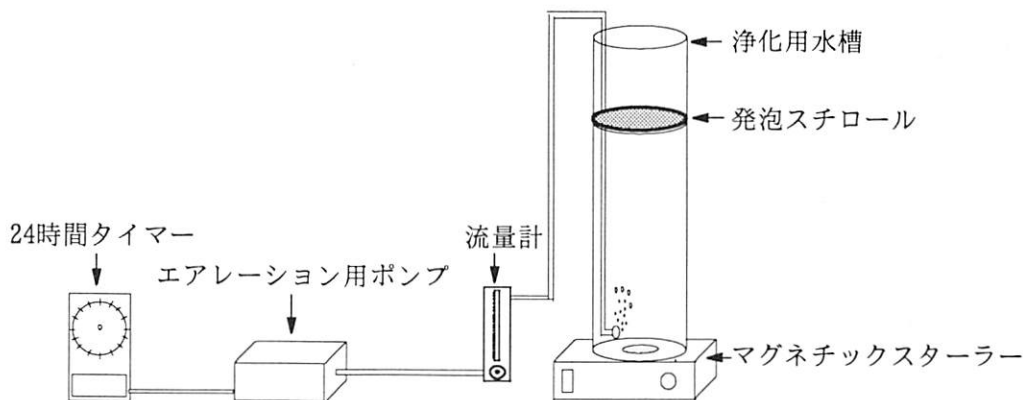


図1 浄化処理試験用装置の概図

2. 供試汚水

供試汚水は、沖縄県畜産試験場の代謝試験用ケージで飼養した肥育豚（体重約80kg）のふんおよび尿を採取し、重量比でふん1に対し尿2の割合で混合したものを用いた。浄化用水槽への投入汚水はBODが2000mg/l程度になるように水道水で希釈した。

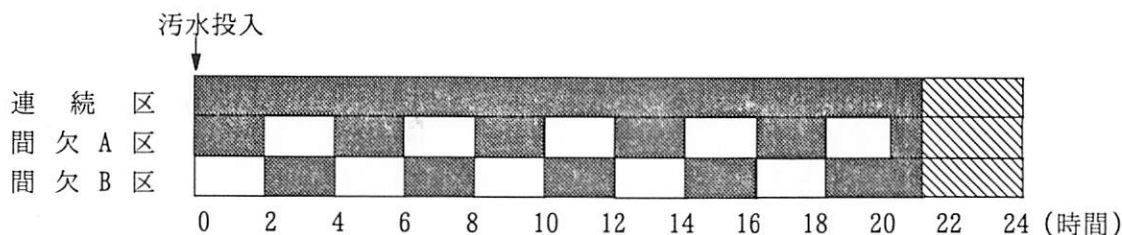
3. 試験区分および試験方法

試験区分を表1に、各試験区における曝気運転方式のタイムチャートを図2に示した。

汚水投入後21時間連続曝気を行なう区を連続区、汚水投入直後に曝気を始め2時間ごとに間欠的な曝気を行う区を間欠A区、および汚水投入2時間後から間欠的な曝気を始める区を間欠B区と設定した。間欠曝気はそれぞれ、20時間行ない、その後1時間は両区とも曝気を行った。また、各区とも汚水投入後21時間から24時間まで3時間の沈殿時間を設けた。曝気量、活性汚泥浮遊物（MLSS）濃度およびBOD容積負荷は、3区とも同様に1.0 l/min, 6000mg/l, 0.4kg/m³·dayとした。試験は、各試験区2反復で行ない、当场で採取した活性汚泥を馴致期間として3日間連続曝気後開始した。

表1 試験区分

	連続区	間欠A区	間欠B区
曝気時間 (hr)	21	11	11
曝気停止時間 (hr)	0	10	10
沈殿時間 (hr)	3	3	3
曝気量 (l/min)	1.0	1.0	1.0
M L S S (mg/l)	6000	6000	6000
BOD容積負荷 (kg/m ³ ·day)	0.4	0.4	0.4



注) 図中の ■ は曝気, □ は停止, ▨ は沈殿を示す。

図2 各試験区における曝気運転方式のタイムチャート

1. 調査項目および分析方法

1) 各試験区におけるNH₃-N, NO₃-N, NO₂-Nの推移

窒素の処理過程を確認するため、各試験区におけるNH₃-N, NO₃-N, NO₂-Nの推移を調査した。原水投入時を0時間とし、24時間後まで2時間おきに各試験区の活性汚泥混合液を採取し、遠心分離後、0.2μmのメ

ンブランフィルターでろ過を行い分析用試料とした。NH₃-Nはアンモニア性窒素メーター (MT-1型) で、NO₃-NおよびNO₂-Nは多項目迅速水質分析計 (DR/2010) で分析した。

2) 投入汚水および24時間後処理水 (処理水) の性状

投入汚水および処理水の性状を比較するため、各試験区の投入汚水および処理水のBODとTNを調査した。BODは、BOD自動測定機 (BODTrak) で測定し、TNはNO₃-N、NO₂-Nおよびケルダール窒素 (TKN) を多項目迅速水質分析計で分析し、その総和とした。

IV 結果および考察

1. 各試験区におけるNH₃-N、NO₃-N、NO₂-Nの推移

各試験区におけるNH₃-N、NO₃-N、NO₂-Nの推移を図3に示した。

連続区では、NH₃-Nの低下にともない、NO₃-NおよびNO₂-Nの増加がみられ、その後NO₂-Nは低下したが、NO₃-Nは持続的に高い値を示した。

間欠A区およびB区では、NH₃-Nの曝気時の低下にともないNO₃-NおよびNO₂-Nの増加がみられ、その後NO₂-Nは低下したがNO₃-Nは増加低減をくり返す傾向がみられた。一般に³⁾ 活性汚泥法において、窒素は好気的環境では有機性窒素がNH₃-N、NO₂-Nを経てNO₃-Nまで酸化し (硝化反応)、嫌気的環境ではNO₃-Nを還元しN₂ガスとして大気中に脱窒素する (脱窒反応) といわれている。今回の試験では間欠AおよびB区において硝化・脱窒反応が交互に認められた。

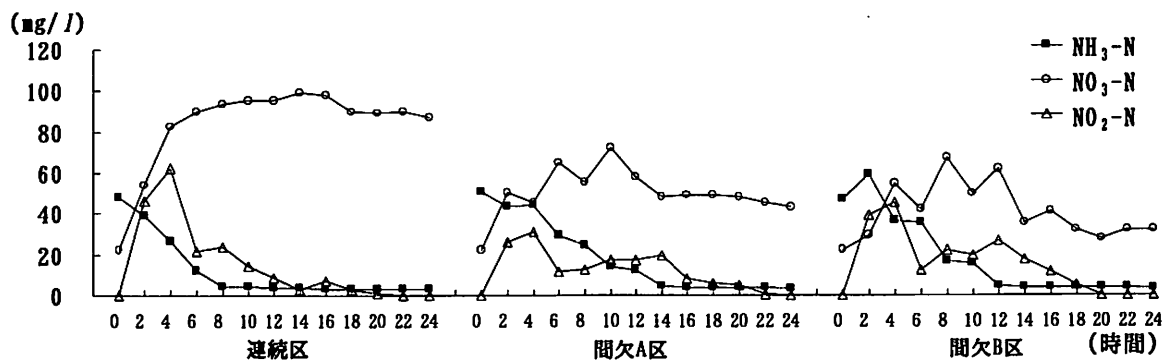


図3 各試験区におけるNH₃-N、NO₃-N、NO₂-Nの推移

2. 投入汚水および処理水の性状

投入汚水および処理水の性状を表2に示した。

BODは、投入汚水が2150mg/lであったのに対し、連続区、間欠A区、間欠B区の処理水はそれぞれ28.0、22.0、18.0mg/lであり、BOD除去率は、98.7、99.0、99.2%で3区とも高い除去率であった。

TNは、投入汚水が415mg/lであったのに対し、連続区、間欠A区、間欠B区の処理水はそれぞれ93.4、49.4、39.6mg/lであり、TN除去率は、77.5%、88.1%、90.5%で、連続区に比べ間欠AおよびB区の除去率が高く、間欠曝気効果が認められた。また、間欠A区に比べB区が若干高い値であった。脱窒菌は酸素存在下では硝酸があっても酸素を優先的に利用するので低酸素条件が必要で、電子供与体として有機物を利用するので有機物が多いほど脱窒は進む⁵⁾とされ、今回の試験において間欠A区に比べB区のTN除去率が若干高かったことは、汚水投入後に曝気が停止しているため、低酸素条件で有機物が多量に存在することから、汚水投入以前より残存するNO₃-Nの脱窒を促進したためであると考えられる。

また、家畜尿汚水は窒素濃度が高く、TN/BOD比が0.2~0.4の範囲であり、0.15程度までは浄化処理が可能であるが、それ以上では、容易ではない⁴⁾とされている。今回用いた投入汚水は、TN/BOD比が0.19であり、一般的には難しい条件であったが、間欠区において硝化・脱窒反応も認められ、効率的な窒素の処理が行われた。今後はTN/BOD比をさらに高くした場合の検討や、BOD容積負荷およびMLSS濃度の違いによる検討も必要である。

表2 投入汚水および処理水の性状

	投入汚水	処 理 水		
		連続区	間欠A区	間欠B区
BOD (mg/l)	2150	28.0 (98.7)	22.0 (99.0)	18.0 (99.2)
T N (mg/l)	415	93.4 (77.5)	49.4 (88.1)	39.6 (90.5)

注) () 内数値は除去率を示し、単位は%である。

V 引 用 文 献

- 1) 伊禮判・宇地原務・山城倫子・仲宗根實，1999，(6)酸化溝型回分式活性汚泥法による高濃度豚舎汚水の低コスト処理試験，37，78-83
- 2) 環境保全対策研究会編，1997，水質汚濁対策の基礎知識，96，社団法人産業環境管理協会
- 3) 羽賀清典，1998，廃棄物と資源，押田敏雄編，養賢堂，畜産環境保全論，82-83
- 4) 羽賀清典，1998，廃棄物と資源，押田敏雄編，養賢堂，畜産環境保全論，33
- 5) 財団法人畜産環境整備機構編，1998，家畜ふん尿処理・利用の手引き，185

研究補助：仲程正巳，又吉博樹