

日本大学 ○金永魯 齊藤利晃 田中和博
日立プラント建設(株) 美川一洋 江森弘祥

1. はじめに

近年、下水道事業はその重点が中小の市町村に移りつつある。これに伴い、高度な処理と簡易な維持管理性を有する小規模下水処理施設が求められている。筆者らはこのような観点から、小規模下水処理施設に適した嫌気・好気性ろ床法を開発した。これまでの実験においてはパイロットプラントを用いて負荷変動を与えた連続処理運転を行い、安定した高い窒素除去性能が得られることを既に確認している¹⁾。特に本プロセスの嫌気性ろ床は最初沈殿池と脱窒槽の複合機能を有しており、高いSS保持性能と脱窒性能を有することが明らかになっている。

そこで本報では、嫌気性ろ床内のろ材付着汚泥、ろ材補足汚泥及びろ床下部の堆積汚泥の性質を調査し、嫌気性ろ床におけるろ過特性及び脱窒特性を明らかにしたので報告する。

2. 実験方法

2. 1 実験装置及び運転条件

図1に実験装置のフローシート、表1に装置仕様を示す。装置は嫌気性ろ床、硝化槽及び好気性ろ床で構成されており、沈殿池は設けていない。原水はT浄化センターの沈砂池流出水を目開き2.5mmのスクリーンに通したものをを用いた。嫌気性ろ床には浮上ろ材を2m充填し、ろ床の下部より原水と硝化循環液を流入させ上向流で処理を行った。ろ床には高さ40cmおきに7カ所のサンプリング口を設け、水質の挙動を調査できるようにした。硝化槽にはポリエチレングリコール製の包括固定化担体を投入し、好気性ろ床にはアンスラサイトを2m充填した。

表2に嫌気性ろ床の運転条件を示す。硝化液循環比は一定流量とし流入原水量に対し3倍とした。逆洗はろ過抵抗が約100cmに達したところで行った。

2. 2 脱窒回分実験方法

(1) ろ材付着汚泥量測定

ろ材付着汚泥量は、逆洗直後のろ床から取り出したろ材をまず水で洗い表面の付着物を洗い流した(水洗ろ材)後、0.1NのNaOH水溶液に1時間浸透させ攪拌し生物膜を剥離させる作業を2回繰り返し、剥離前後のろ材重量の差より求めた²⁾。また、ろ層捕捉汚泥及び汚泥堆積ゾーン汚泥は逆洗排水中の汚泥濃度を直接測定することにより求めた。

(2) 脱窒回分実験

ろ材付着汚泥、ろ層捕捉汚泥及び汚泥堆積ゾーン汚泥各々の脱窒性能を測定するため回分実験を行った。ろ材は水洗ろ材をそのまま用いた。ろ層捕捉汚泥及び汚泥堆積ゾーン汚泥は、汚泥に付着している有機物を洗い出すために逆洗により排出した汚泥を遠心分離した後蒸留水で洗浄する作業を2回行ったものをを用いた。各々の試料(ろ材はかさ体積で300ml、汚泥は200ml)に、ろ過原水(BOD=38mg/l)700mlとNO₃-N(濃度200mg/l)を100ml

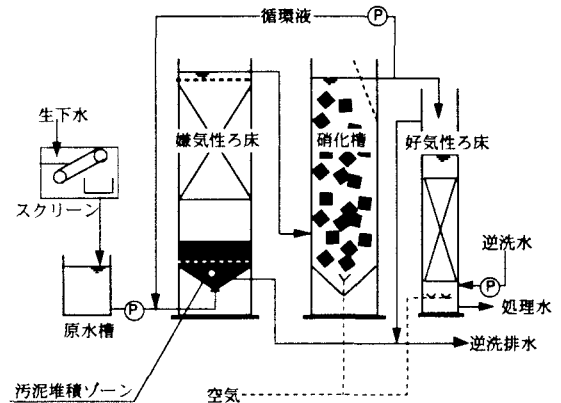


図1 実験装置フローシート

表1 装置仕様

	嫌気性ろ床	硝化槽	好気性ろ床
装置有効寸法 (mm)	300φ×3500H	214φ×3300H	150φ×3300H
使用ろ材又は 担体	発泡ポリプロピレン 製円筒型(10φ× 10Lmm)	包括固定化担体 (3mm角)	アンスラサイト (有効径2.0mm)
ろ層高又は担 体添加率	2m	20%	2m
槽内実容積 (l)	238	119	58

添加し、攪拌しながら窒素ガスにて嫌気雰囲気を保ち、NO_x-Nの経時変化を測定した。脱窒速度はろ材及び汚泥とも容積当たりで算出した。

なお、本実験における水質分析は、下水試験方法またはJISに従った。

3. 結果及び考察

3. 1 SSの処理特性

図2にろ層内のろ過抵抗の分布を示す。ろ層下部から1mの部分に80%以上のろ過抵抗が分布しているのがわかる。従って、大半のSSがろ層高1m以内に捕捉されていると考えられるが、実験中ろ過継続時間が増加しても急激にろ過抵抗が上昇することは認められなかった。図3にろ過抵抗が異なる2つの場合について、ろ床高さ毎のSS除去量を示す。逆洗直後のろ過抵抗が0.1mの場合には、ろ層の入口部分（ろ床高1.2m点）で多くのSSが除去されていることがわかる。一方、ろ過が進みろ過抵抗が0.4mになると、ろ層入口部でのSS除去量が著しく少なくなっており、流入SSの多くがろ層内まで進入せず下部の汚泥堆積ゾーンで除去されることが確認された。これはろ過の進行と共に汚泥堆積ゾーンに堆積するSS量が増え、汚泥堆積ゾーンにおける流入下水中のSS捕捉能が向上したためであると考えられる。ろ床本体で急激なろ過抵抗の上昇が生じないのはこのためであると考えられる。

3. 2 嫌気性ろ床におけるDOの脱窒への影響

図4にろ床内のDO及びNO_x-N濃度の変化の一例を示す。図に示されるように、硝化循環液中のDOの影響でろ床入口のDOは4.6mg/lもあるが、汚泥堆積ゾーン通過後は2.0mg/lまで低下し、更にろ層下部から約1mの範囲内でほぼ完全に消費されている。一方、NO_x-Nは、汚泥堆積ゾーンで脱窒が起きないためにろ層の入口まで変化しないが、ろ層内ではほぼ直線的に減少している。このように、ろ層下部から1mの範囲内でDOの消費と良好な脱窒が同時に進行しているのは、この部分の捕捉SS量が多いことと、予め汚泥堆積ゾーンのDOが消費されていることにより、ろ層下部においても嫌気的条件が形成され易いためであると考えられる。またこのことは、汚泥堆積ゾーンが流入DOを消費することにより、嫌気性ろ床の脱窒性能の向上に寄与していることを示している。

3. 3 ろ層高さ毎の脱窒特性

ろ層容積当たりの脱窒速度の分布を図5に示す。これは、ろ過速度100m/dと200m/dの条件で実験を行い、ろ層の高さ方向におけるNO_x-N濃度の変化からろ層容積当たりの脱窒速度を求め、ろ層の上部、中部、下部ごとに分けてプロットしたものである。ろ層の位置による脱窒速度の差はあまり認められず、ろ層上部においても十分な脱窒能を有していることがわかる。図2の結果から、ろ層上部では捕捉汚泥がほとんど存在しないと考えられるので、ろ材付着汚泥がこの部分の脱窒能に寄与していると思われる。ろ層全体での最大脱窒速度は0.4kg-N/(m³・d)が得られており、これは、活性汚泥循環変法の一般的な脱窒速度と比較すると約4倍の値である³⁾。

3. 4 脱窒回分実験による脱窒能の検討

前述の結果から、ろ層内においてろ材付着汚泥と捕捉汚泥の両方が脱窒に関与していることがある程度明らかになったので、各々をろ床から取り出して回分実験により脱窒速度を測定し、ろ層内脱窒速度との関係を検討した。

表2 嫌気性ろ床の運転条件

ろ過速度 (m/d)*	100	200
流入下水量 (m ³ /d)	1.75	3.50
硝化液循環比 (-)	3.0	
反応槽実滞留時間 (h)	0.83	0.42
ろ層内実滞留時間 (h)	0.48	0.24
逆洗開始ろ過抵抗 (cm)	100	

*循環比を含む

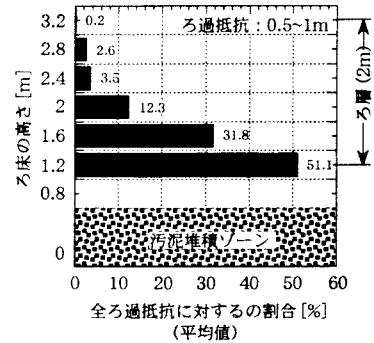


図2 ろ層内のろ過抵抗の分布

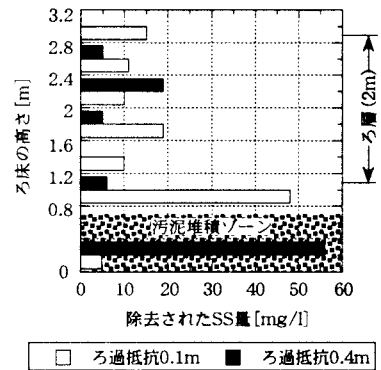


図3 ろ過抵抗の上昇によるろ床高さごとのSS除去量

また、同時に汚泥堆積ゾーンの汚泥を採取し、その脱窒能力を調べた。

各々の回分試験による脱窒速度(ろ層容積及び汚泥堆積ゾーンあたりに換算)を図6に示す。ろ材付着汚泥及び捕捉汚泥のろ層内濃度はそれぞれ6,500mg/l(ろ材かさあたり)と11,420mg/lで、容積当たりの脱窒速度は0.49及び0.83kg-N/(m³・d)であった。ろ材付着汚泥の脱窒速度は図5で示したろ床内の脱窒速度の値に近い値であったが、捕捉汚泥では回分実験の脱窒速度が高い値を示した。実験装置のろ床では、硝化循環液からもたらされるDOや、ろ層下部に高濃度に存在する捕捉汚泥の物質移動への影響などの因子が脱窒速度に複雑に影響していると考えられる。

汚泥堆積ゾーン汚泥の容積当たりの脱窒速度は約0.2 kg-N/(m³・h)であった。また、汚泥量はろ過抵抗1mの時にろ床内全汚泥量の約30%に相当する量が蓄積されており、硝化循環液によってろ床へ持ち込まれるDOをできるだけ低く抑えることと汚泥堆積ゾーンの汚泥を常にある程度の量に保つことができれば、嫌気性ろ床においてより高い脱窒能を得ることが可能であると考えられる。

4. まとめ

本実験により以下の結果が得られた。

- (1) 嫌気性ろ床ではろ過抵抗が上昇すると流入SSがろ床下部に堆積するため急激なる過抵抗の上昇は発生しないことがわかった。
- (2) ろ床下部に形成される汚泥堆積ゾーンは、循環液により持ち込まれるDOを消費することにより、ろ床での高い脱窒速度に寄与している。また、循環液のDOを制御することと、汚泥量をある程度に保つことでより高い脱窒能を得ることが可能であると考えられる。
- (3) ろ層高さごとの容積当たりの脱窒速度は最大で0.6kg-N/(m³・d)であった。また、ろ層高さに関係なく高い脱窒速度を得ていることから、捕捉汚泥が少ない場合においても、ろ材付着汚泥によりろ床での高い脱窒速度が得られることがわかった。
- (4) ろ材付着汚泥濃度は6500mg/l(ろ材かさあたり)であり、容積当たりの脱窒速度はろ材付着汚泥で0.49、ろ層捕捉汚泥で0.83kg-N/(m³・d)であった。

参考文献

- 1) 金永魯ら：嫌気・好気性ろ床法による窒素処理プロセス，第33回環境工学研究フォーラム講演集，p21~23 (1996)
- 2) 佐竹純一郎ら：生物ろ床法における上向流および下向流方式の排水処理特性の比較、下水道協会誌論文集 Vol.33 No.407、p83
- 3) 建設省土木研究所：活性汚泥変法による窒素除去に関する調査報告書、(1986)

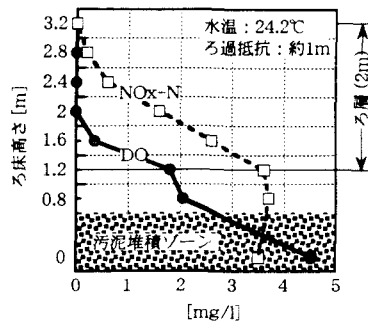


図4 ろ床内のDO及びNOx-N濃度の変化

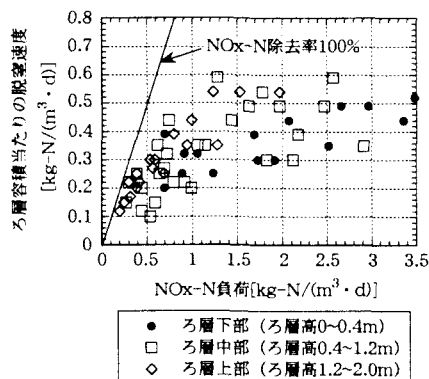


図5 ろ層容積当たりの脱窒速度の分布

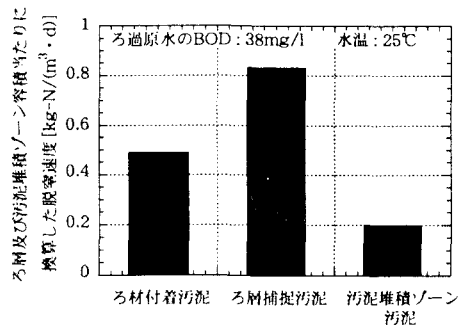


図6 脱窒回分実験結果