

B-1 小規模処理場向け高速窒素除去システム

三機工業(株) ○有川 悦朗
同上 長野 晃弘

1. はじめに

窒素やリンの環境基準の達成が難しい東京湾、伊勢湾、瀬戸内海などの閉鎖性水域では、窒素やリンの総量規制の導入が検討されている。新設の下水処理場では既設処理場に比べて一段と厳しい排水基準が適用されることが予想される。また、平成 11 年度末の下水道普及率は全国平均で約 60%に達しているものの、5万人未満の小規模都市では 24%未満と低く、小規模下水処理場の新設が急務であり窒素・リン等の高度処理の導入を併せて進めていく必要がある。

そこで、小規模処理場を対象にした窒素除去システムの開発を目的にパイロット試験装置（処理量 6m³/日および8m³/日）による実証実験を行った。この窒素除去システムは前段に脱窒用流動床、後段に移動床式好気性ろ床を組み合わせたシステムである。4.5 時間～6 時間以内の高速処理が可能で、コンパクト性と維持管理容易性の特徴とする小規模に適したシステムである。実証実験は実際の小規模処理場（計画処理下水量 2000m³/日）のイムホフタンク越流水を原水として、処理水全窒素濃度 10mg/L 以下を目標に行った。

2. 実験方法

2. 1 実験装置

窒素除去実験装置を図 1 に、実験装置の仕様を表 1 示す。原水には下水処理場イムホフタンクの越流水を使用し、実験装置に一定流量で供給した。脱窒流動床では、担体に珪砂を用い、これを原水と硝化液の混合液による上向流で流動させ、担体のまわりに生成した生物膜により脱窒素処理を行う。イムホフタンク越流水では下水中の溶解性有機物濃度が極めて少なくなる。そこで、脱窒に必要な有機物の不足分を補うため流動床入口にメタノールを添加する。また、硝化槽には移動床式好気性ろ床を用い、流動床流出液中の BOD および S S の除去と硝化を行う。

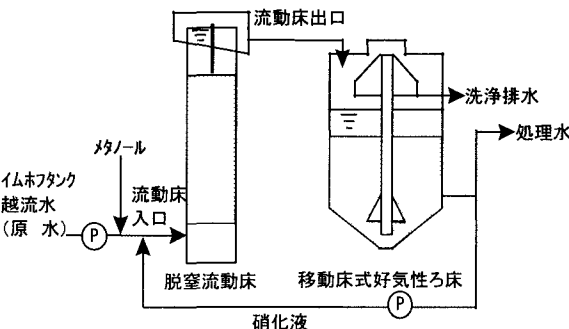


図1 窒素除去実験装置

表1 実験装置の仕様

	脱窒流動床	移動床式好気性ろ床
寸 法	0.25mφ×5mH	0.8mφ×3.5mH
有効高さ	3.8m	2.0m
有効容積	0.186m ³	1.0m ³
滞留時間	0.7, 1.0時間	3.8, 5.0時間
使用担体	珪砂 (有効径0.3mm)	アンスラサイト (有効径4.0mm)

2. 2 実験条件

実験条件を表2に示す。原水流量、硝化液循環流量を変更して、流動床通水速度 360m/日, 480m/日, 640m/日の3条件で実験を行った。メタノールは原水に対する濃度で 24.1mg/L~28.5mg/L 添加した。水温は調査日における 24 時間平均値である。また、水質分析用の試料には、オートサンプラーにより 1 時間間隔で採取した 24 本の試料を、等量ずつ混合したものを用いた。

表2 実験条件

NO.	流動床 通水速度 (m/日)	原水量 (m ³ /日)	硝化液 循環量 (m ³ /日)	循環比	メタノール 添加濃度 (mg/L)	水温 (°C)	実験期間
1	360	6	12	2	26.6	12.4~26.4	'00.08.03~11.07,'01.01.19~01.31
2	480	8	16	2	24.1	14.6~18.5	'00.11.08~11.21,12.21~'01.01.18
3	640	8	24	3	28.5	16.5~17.3	'00.11.22~12.06

3. 結果および考察

3. 1 脱窒性能

脱窒流動床における各通水速度での NO_x (NO_2 と NO_3 の合計) 負荷と流動床入口および出口 NO_x 濃度を図2に示す。流動床入口 NO_x 濃度は 2.8mgN/L~3.9mgN/L であった。360m/日, 480m/日では NO_x 負荷がそれぞれ 0.38kgN/m³/日, 0.37kgN/m³/日であり、流動床出口においては NO_x は検出されなかった。640m/日では NO_x 負荷 0.62kgN/m³/日と高い値であったが、流動床出口 NO_x 濃度 0.2mgN/L と良好な脱窒が行われていた。また、流動床内生物の脱窒能力を把握するために、下水試験方法に準拠して脱窒の活性試験を行った。基質には、流動床入口の液に 10mg/L 相当の $\text{NO}_3\text{-N}$ を添加したものを使用した。480m/日で運転時の流動床内生物(SS)について、水温を変化させて単位 SS 当たりの脱窒速度を測定した結果を図3に示す。活性汚泥循環変法の文献値¹⁾を併せて示す。この値と比較して 15℃において 1.8 倍の 1.5mgN/gSS/時、25℃において 2.3 倍の 3.9mgN/gSS/時と高い活性があることがわかる。また、流動床内では生物濃度(VSS)が 18,200mg/L と高濃度に維持されているため、流動床の脱窒能力は 15℃において 0.72kgN/m³/日、25℃において 1.8kgN/m³/日であることが計算により求まる。

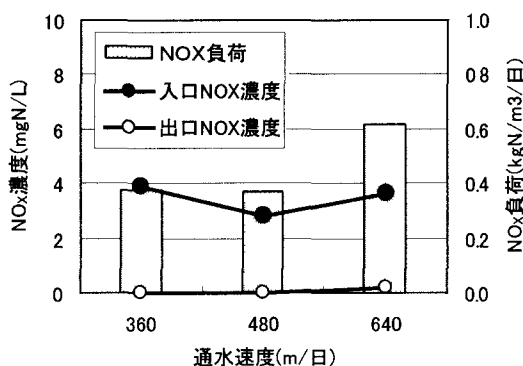


図2 脱窒流動床における各通水速度での NO_x 負荷と流動床入口・出口 NO_x 濃度

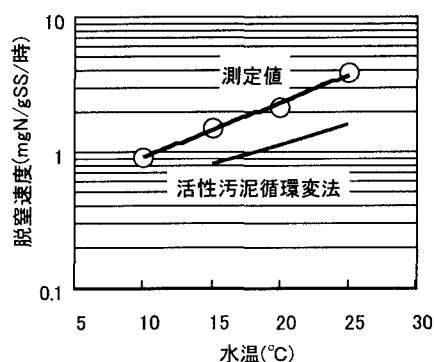


図3 水温と単位 SS 当たりの脱窒速度の関係 (480m/日 時の活性試験測定結果)

3. 2 硝化および全窒素除去性能

水温と硝化率の関係を図4に示す。硝化率には、原水および処理水のK-N濃度から算出したK-N除去率を用いた。水温が15℃より高い時は、硝化率90%以上であり、15℃より低い時は硝化率80%以下となった。

水温と処理水T-N濃度の関係を図5に示す。T-N濃度は概ね7mg/Lを保持しており目標とする10mg/Lを満足している。水温が15℃より低くなるとわずかに増加し11mg/Lまで上昇した。各条件における原水・流動床出口・処理水質平均値とT-N除去率を表3に示す。流動床の通水速度を360m/日から640m/日まで変化させたが、処理水のT-N濃度は10mg/L以下であり、SSおよびBOD濃度ともに20mg/L以下で良好な水質を得ることができた。

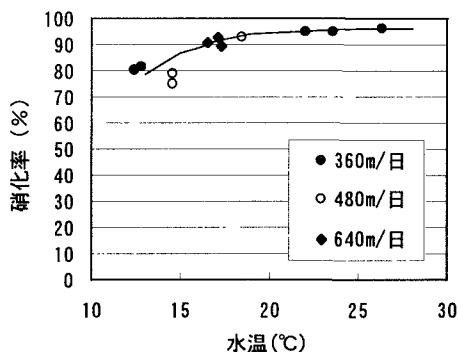


図4 水温と硝化率の関係

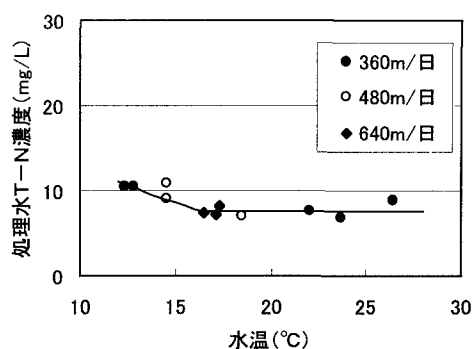


図5 水温と処理水T-N濃度の関係

表3 各条件における原水・流動床出口・処理水質平均値とT-N除去率

流動床通水速度		360m/日			480m/日			640m/日		
項目	単位	原水	流動床出口	処理水	原水	流動床出口	処理水	原水	流動床出口	処理水
SS	mg/L	117	53	6	110	66	9	143	46	6
BOD	mg/L	119	51	8	143	60	13	137	55	10
S-BOD	mg/L	17	6	3	21	12	6	22	7	3
K-N	mg/L	27.6	12.8	2.9	25.3	13.7	4.6	30.4	11.6	2.8
NH ₄ -N	mg/L	16.1	6.9	1.7	13.7	7.1	2.7	17.8	6.0	1.3
NO ₂ -N	mg/L	0.02	<0.02	0.08	<0.02	<0.02	0.17	<0.02	0.1	0.1
NO ₃ -N	mg/L	<0.1	<0.1	5.8	<0.1	<0.1	4.1	<0.1	0.1	4.7
T-N(計算値)	mg/L	27.6	12.8	8.8	25.3	13.7	8.9	30.4	11.7	7.6
T-N除去率	%	—	—	68.2	—	—	65.0	—	—	75.1

4. おわりに

脱窒流動床と移動床式好気性ろ床とを組合せた窒素除去システムの以下に記す性能が確認できた。

- (1) 脱窒流動床では通水速度を360m/日～640m/日と変化させても良好な脱窒が行える。
- (2) 脱窒流動床内には高活性の菌を高濃度に保持可能で、その脱窒速度は15℃で1.5mgN/gSS/時、25℃で3.9mgN/gSS/時である。
- (3) 全体システムでは、滞留時間4.5時間～6時間（流動床0.7時間～1.0時間、好気性ろ床3.8時間～5時間）でT-N10mg/L以下の処理水が得られた。ただし、水温が15℃を下回った場合は、T-Nはわずかに増加し11mg/Lとなった。

参考文献：1)Christense, M. H. et al (1972) “Biological Denitrification in Wastewater Treatment,” Report 2 - 72, Dept.of San.eng., Tech. Univ. of Denmark