メッシュ担体を用いた回転ろ床法による都市下水処理

長岡技科大院・工 ○(学)髙木稜太, (正)幡本将史, 渕上俊次, (正)渡利高大, (正)川上周司, (正)山口隆司

1. はじめに

回転円盤接触法 (Rotating Biological Contactor：RBC) とは, 低速で回転する円盤上に付着した微生物を用いて廃水処理を行う方法である. 本法は, 曝気を必要としないため省エネルギーであることや余剰汚泥が少ない, 操作が容易である等の利点があり, 小規模の廃水処理や活性汚泥法の前段処理として利用されている [1]. しかし従来の RBC は, 表面積が小さいためバイオマス保持量が少なく, また, 保持汚泥の剥離が発生しやすく, 汚泥の沈降性が悪いといった欠点がある. そこで, メッシュ担体を回転体として用いることによりバイオマス保持量を増加させることで, 前述した欠点を克服した新たな Mesh Rotating Biological Reactor (MRBR) が開発され, 研究が行われている. しかしながら, MRBR を用いた都市下水処理の報告は少なく, 微生物叢の解析は行われていない. 本研究では, MRBR を用いた都市下水の処理性能の調査及び微生物叢の解析を行った. また, メッシュ担体の保持汚泥量の報告はこれまでに無いため, 小型 MRBR を作成し, 全汚泥量を抽出することで保持汚泥の定量を行った.

2 実験方法

2.1 実験装置

都市下水処理に用いた MRBR を図 1 に示す. MRBR は, 長岡中央浄化センターに 2 基設置し, リアクター容積は 40 L とした. 尚 MRBR は, 本実験開始前に約半年間運転した. メッシュ担体は, 直径 50 cm 厚さ 5 cm の塩化ビニリデン系合成繊維製 (空間率 96 %, 比表面積 170 m^2 m^{-3}, 繊維の直径 656.5 μm) を用い, メッシュ担体の高さ 40 %を浸没させ, 回転速度 5 rpm, HRT 4 時間の条件で運転を行った. 植種汚泥は都市下水処理標準活性汚泥 (R1) 及び脱窒型膜分離活性汚泥方式のし尿処理場の汚泥 (R2) を用いた. MRBR にはスクリーン及び沈殿槽通過後の都市下水を供給した.

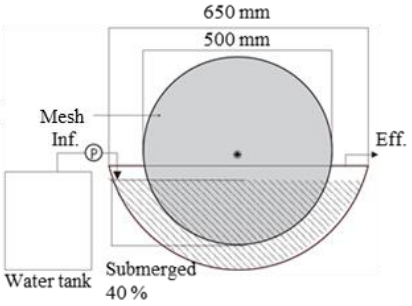

図-1 MRBR 装置概略

メッシュ担体中の保持汚泥の定量を行うために用いた小型 MRBR を図 2 に示す. 小型 MRBR は 2 基設置し (r1, r2), リアクター容積は 7 L とした. メッシュ担体の素材及び小型 MRBR の運転条件は, 図 1 に示す MRBR と同一の条件で行った. 植種汚泥は, R2 と同じ汚泥を用いた.

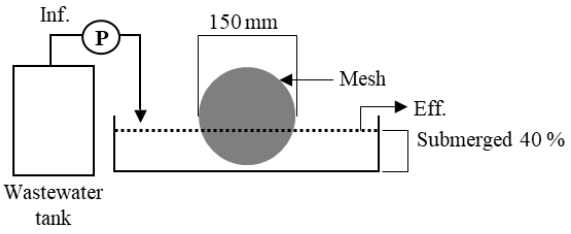

図-2 小型 MRBR 装置概略

2.2 化学分析

各 MRBR の流入及び流出からサンプルを採取し, DO, pH を測定した. 採取したサンプルは溶解性 COD (sCOD) , NH_4^+-N, NO_3^--N, NO_2^--N 濃度を測定した. sCOD 濃度の測定は, ニクロム酸法及び吸光光度計 (HACH) を用いた. NH_4^+-N, NO_2^--N, NO_3^--N 濃度の測定は, 高速液体クロマトグラフィー (Shimadzu) を用いた.

2.3 微生物叢解析

汚泥サンプルはメッシュ担体の流入側 (Inf) 外周部及び流出側 (Eff) 外周部から採取した. 採取したサンプルは, 1×PBS を用いて基質洗浄を行った後に, DNA 抽出を行った. 抽出した DNA を鋳型に細菌および古細菌を標的とした Universal primer 515F, 806R を用いて PCR を行い, 16S rRNA を増幅後, Miseq (illumina) を用いてシーケンスした.

キーワード 回転円盤法, 都市下水処理, 同時硝化脱窒, メッシュ担体
連絡先 〒954-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 TEL 0258-47-1611-6646

© Japan Society of Civil Engineers

2.4 保持汚泥定量

微生物の増殖は，小型 MRBR のメッシュ担体の湿潤重量を測定することで確認した．湿潤重量が一定の値を示した運転 55 日目にメッシュ担体を取り外した．取り外したメッシュ担体中の汚泥を超純水に全量剥離させ，液体の TS, TVS を測定することで保持汚泥の定量を行った．

3. 実験結果及び考察

3.1 処理性能

MRBR は平均温度 24℃で 67 日間運転を行った．sCOD 表面積負荷は平均で 27 g-COD m^{-2} day^{-1} であり，sCOD 除去率は，R1: 64 %, R2: 69 %と両リアクターとも同程度であった．NH_4^+-N 表面積負荷は平均で 3.6 g-NH_4^+-N m^{-2} day^{-1} であり，NH_4^+-N 除去率は，R1: 37 %, R2: 45 %であった．NO_3^--N 濃度は R1: 2.2 mg-N L^{-1}, R2: 5.0 mg-N L^{-1} であった．また，流出水に NO_2^--N は蓄積しておらず，硝化は滞りなく進行した．NH_4^+-N, NO_2^--N , NO_3^--N 濃度を合計した流出水の全窒素濃度は流入水と比較して減少しており，硝化と脱窒が同時に進行していたと考えられる．

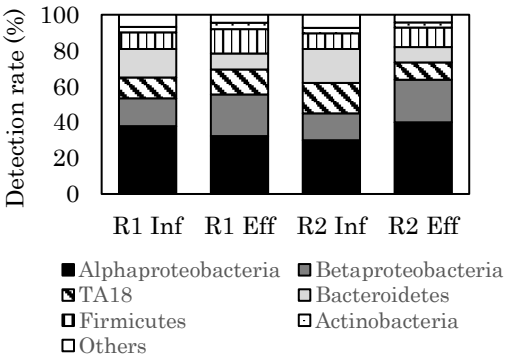

図-3 門綱レベルの微生物叢解析結果

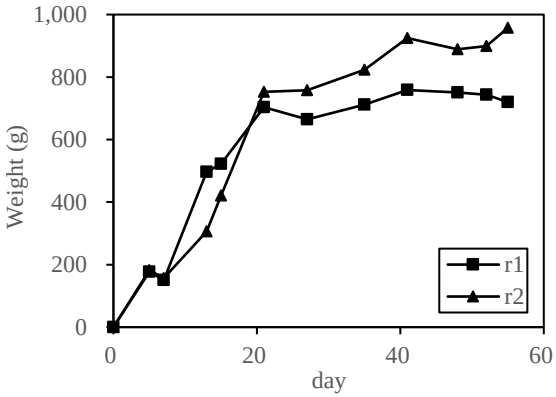

図-4 小型 MRBR のメッシュ担体の重量推移

3.2 微生物叢解析

メッシュ担体保持汚泥の微生物叢の解析結果を図 3 に示す． R1 及び R2 の微生物叢は類似しており，長期間の運転により，流入下水に応じて種汚泥の菌叢が変化したと考えられる．窒素除去に関連する微生物を科レベルで解析した結果，独立栄養性のアンモニア酸化細菌が属する *Nitrosomonadaceae* 科の存在比は，R1Inf: 0.34 %, R1Eff: 0.08 %, R2Inf: 0.10 %, R2Eff: 0.01 %であり，亜硝酸酸化細菌の *Nitrospiraceae* 科の存在比は，R1Inf: 0.11 %, R1Eff: 0.30 %, R2Inf: 0.03 %, R2Eff: 0.58 %であった．従属栄養脱窒細菌である *Comamonadaceae* 科の存在比は，R1Inf: 30.12 %, R1Eff: 27.57 %, R2Inf: 19.07 %, R2Eff: 35.62 %であり優占していた．*Nitrosomonadaceae* 科の存在比は，R1, R2 共に流入側に多く，*Nitrospiraceae* 科の存在比は，流出側に多く見られ，MRBR の流路流れに沿って，微生物叢が最適化されていた．

3.3 保持汚泥定量

小型 MRBR の湿潤重量の推移を図 4 に示す．メッシュ担体は運転 21 日目まで急激に重量が増加し，運転 41 日目以降重量はほぼ一定となった．そこで，運転 55 日目にメッシュ担体の TS, TVS を計測した．メッシュ担体中の TS は 19000 g-TS m^{-3}, TVS は 18000 g-TVS m^{-3} であった．標準活性汚泥の MLSS は，2000 mg L^{-1} 程度であり，メッシュ担体は活性汚泥法と比べて約 9 倍の微生物を保持することができた．本実験で観測された高い sCOD 及び NH_4^+-N 除去性能は，高い保持汚泥によるものだと考えられた．

4 まとめ

sCOD 表面積負荷は平均で 27 g-COD m^{-2} day^{-1}, sCOD 除去率は，R1: 64 %, R2: 69 %であった．NH_4^+-N 表面積負荷は平均で 3.6 g-NH_4^+-N m^{-2} day^{-1} であり，NH_4^+-N 除去率は，R1: 37 %, R2: 45 %であった．また，硝化と脱窒が同時に進行していた．本実験で得られた MRBR の高い sCOD および NH_4^+-N 除去性能は 18000 g-TVS m^{-3} に及ぶ高い保持汚泥によるものだと考えられた．

5. 謝辞

本研究に渡り，長岡中央浄化センターから研究場所を提供して頂きました．記して謝意を表します．

6. 参考文献

1) Gupta AB, Gupta SK; Water Research, Vol. 33(2), pp. 555-561 (1999).

© Japan Society of Civil Engineers