

活性汚泥の微生物叢の変化が A/O-MBR の膜ファウリング発生に与える影響

長岡技科大 ○ (非)曾我徹, (学)鞍立大喜, (学)滝本祐也, (正)幡本将史, (正)渡利高大, (正)山口隆司

1. はじめに

膜分離活性汚泥法 (Membrane Bio Reactor : MBR) とは, 生物学的処理と膜ろ過を組み合わせ, 有機物分解と固液分離を同時に行う手法である. 微生物の高濃度保持が可能, 安定した処理性能, コンパクトな設備面積等の利点を有することから, 従来の活性汚泥法に代わる下水処理法として導入が進められている. しかしながら MBR の課題として運転に伴う膜閉塞 (膜ファウリング) により膜透過流束が低下する問題がある. これまでの研究で, MBR を低温かつ低有機物負荷で運転することで深刻な膜ファウリングが発生することを確認した. 一方で高温条件においては, 低有機物負荷条件における膜ファウリング発生過程に違いがみられた.

そこで本研究では異なる挙動を示したリアクターの活性汚泥を構成する細菌叢に着目し, MBR の処理能力への影響を調査した.

2. 実験方法

2.1. 運転条件

図 1 に本研究で使用した MBR の概略図を示す. 無酸素槽および好気槽の有効容積はそれぞれ 6 L で, 本装置を長岡中央浄化センターに 2 台 (R1, R2) 設置し実験を行った. 最初沈殿池越流水を流入水として使用し, 平均孔径 0.2 μm の塩素化ポリエチレン製平幕 (C-PVC 膜) を好気槽に浸漬させた. 本実験では定流量吸引濾過方式を採用し, 9 分間膜透過, 1 分間停止のサイクルで間欠濾過を行った. 運転時の汚泥濃度は 8000~10000 mg/L に調整し, SRT は 60 日, HRT を 8 時間 (膜透過流量 0.30 m³/d), 曝気風量は 5.0 L/min とした. 低有機物負荷状態の運転では, 膜透過水を無酸素槽に流入させた. 一回目の運転を S1, 二回目の運転を S2 と表記した. 平均水温, pH はそれぞれ, S1 で 26.3 \pm 0.9 $^{\circ}\text{C}$, 5.0 \pm 1.4, S2 で 25.8 \pm 1.0 $^{\circ}\text{C}$, 5.0 \pm 1.2 を記録した. また, 流入水の溶解性 COD は S1, S2 それぞれ 173 \pm 29 mg/L, 164 \pm 40 mg/L であった. 運転期間の初期を 0-10 日間, 中期を 11-22 日, 終期を 23-30 日とした.

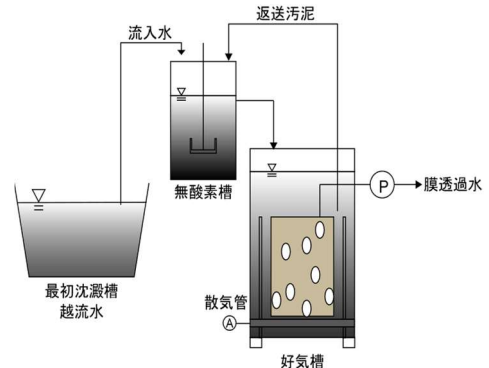


図 1 MBR 処理システムの概略図

2.2. 分析項目

流入水, 好気槽, 処理水の水質分析を行った. 膜ファウリングの指標となる膜間差圧 (Trans Membrane Pressure : TMP) の測定はデジタル圧カスイッチ (SMC, ZSE50F) を使用し, 活性汚泥浮遊物質 (Mixed Liquor Suspended Solids: MLSS) の測定は下水試験方法²⁾ に準拠した. 化学的酸素要求量 (COD) は, 吸光光度計 (DR2800, HACH 社) を使用しニクロム酸カリウム法で測定した. 全窒素 (TN) および全リン (TP) は過硫酸分解法によって測定した.

また, 16S rRNA 遺伝子解析用のサンプルは, 好気槽の活性汚泥から採取し, V4 領域を標的とした 515F-806R プライマーセットを用いて PCR を行い, MiSeq にてシーケンス解析を行った.

3. 実験結果・考察

図 2 に R1, R2 の平均膜透過性能 (permeability) の経時変化を示す. 膜透過性能とは, フラックスを膜間差圧で除した値である. S1 では R1, R2 共に顕著な低下は見られず, 実験期間中に膜ファウリングは発生しなかった. その一方で, S2 では, R1, R2 共に Permeability の著しい低下が運転開始から 10 日後に確認され, 膜ファウリングが発生した. しかしながら, MLSS 濃度の経時変化 (図 3), TN, TP の経時変化 (図 4) を見ると, S1, S2 とも類似した挙動を示し, 水質パラメータに大きな差は見られなかった. 一方で, 活性汚泥中の微生物多様性指数 (Chao1) は, S1

と比較して S2 では、運転の初期段階から低く、初期から中期にかけてさらに減少した。したがって、活性汚泥中の微生物多様性は膜ファウリング発生に寄与するパラメータである可能性が示唆された。表 1 に S1 中期活性汚泥中に特異的に検出された微生物種を示す。OTU レベルで検出頻度が極めて高い *Rudaea sp.* と *Chujaibacter sp.* は S1, S2 で共通して存在していたものの、*Candidatus Promineofilum* 属、*Lacibacter nakdongensis*, *Geothrix sp.* は S1 の中期汚泥内で特異的に優占していた。本研究ではこれらの微生物種が膜ファウリングを抑制した可能性が示唆された。

4. まとめ

MBR を 2 系、同一の運転条件で低有機物負荷運転を行った結果、顕著な Permeability の減少に伴う膜ファウリングが S1 では発生せず、S2 で発生した。両系の活性汚泥中の菌叢解析の結果から、活性汚泥中の高い多様性の維持が膜ファウリング抑制を促す可能性が示唆された。

参考文献

1. Membrane Bioreactor (MBR) Technology for Wastewater Treatment and Reclamation: Membrane Fouling ; Chemical Engineering Journal, Vol.225, pp.109-119 (2013)
2. 公益社団法人日本下水道協会, 下水試験方法上巻, 2012

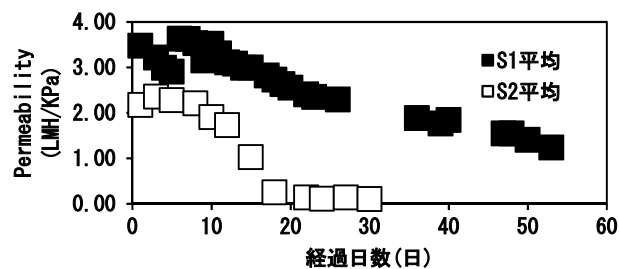


図 2 S1, S2 の Permeability 経時変化

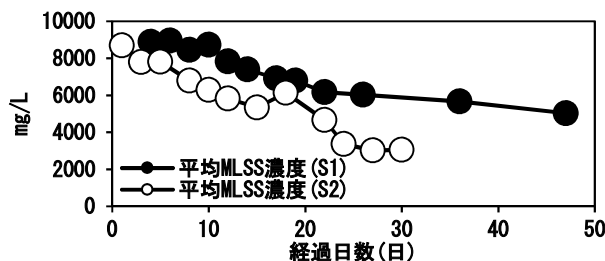


図 3 S1, S2 の平均 MLSS 濃度経時変化

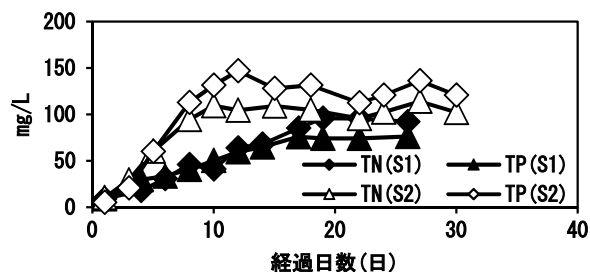


図 4 S1, S2 の TN, TP 経時変化

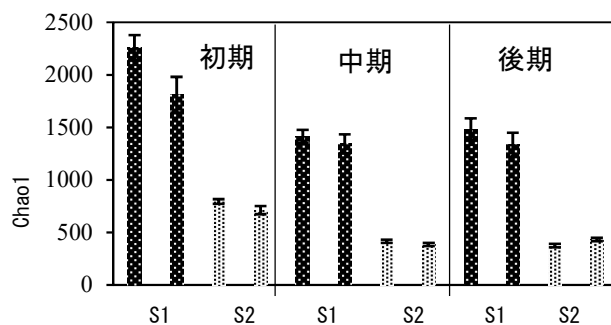


図 5 S1, S2 の活性汚泥中の微生物多指数

表 1 S1 中期汚泥において特異的に検出された上位 5 種

OTU ID	S1 中期汚泥存在割合 (%)	微生物の系統分類		相同性 (%)
		門・綱	属・種	
denovo8570	3.57	Chloroflexi	<i>Candidatus Promineofilum</i>	95
denovo5318	3.16	Bacteroidetes	<i>Lacibacter nakdongensis</i>	96
denovo8955	3.01	Acidobacteria	<i>Geothrix sp.</i>	99
denovo3548	2.16	Betaproteobacteria	<i>Thauera mechernichensis</i>	81
denovo3267	1.73	Bacteroidetes	<i>Mucilaginibacter gynuensis</i>	99