

下水処理 MBR リアクターの水温の違いが処理性能に及ぼす影響

長岡技術科学大学 ○鞍立大喜, 滝本祐也, 幡本将史, 牧慎也, 渡利高大, 川上周司, 山口隆司

1.はじめに

膜分離活性汚泥法 (MBR) とは活性汚泥法の一つであり, 反応槽内に膜モジュールを浸漬させ, 膜ろ過により固液分離を行う手法である¹⁾. MBR が開発されて以降, 下水処理, し尿処理などの分野で適用され, その実用化も急速に進んでいる. MBR は, 従来の生物処理法と比較して反応槽内に微生物を高濃度に保持でき, 処理効率の向上と装置のコンパクト化が図れ, かつ完全な固液分離が可能となる等の利点がある.

しかしながら, MBR は継続運転に伴う膜面付着層の発生現象 (膜ファウリング) が未だに主要な課題である. 我々はこれまで, 10°C程度の低水温時に低負荷条件下で MBR を運転することで, 運転約 2 週間で膜間差圧 (Trans-membrane pressure: TMP) の急激な上昇と膜透過流束 (Flux) の低下が発生し, 深刻な膜ファウリングが発生することを確認した. 本研究では, 膜ファウリングの発生要因を明らかにするために, 低負荷条件下で MBR を運転し, 水温の違いが処理性能に及ぼす影響を調査した.

2.実験方法

2.1 運転条件

図 1 に示したラボスケール MBR を長岡中央浄化センターに 2 機設置し実験を行った. MBR の処理方式は無酸素・好気膜分離処理方式 (AO-MBR) で運転を行い, 流入水は最初沈殿池越流水を用いた. 分離膜は平均孔径 0.1 μm , 膜面積 0.11 m^2 の塩素化ポリエチレン製平膜 (C-PVC 膜) を用い, 膜分離槽に浸漬した. 本実験では定流量吸引濾過方式を採用し, 9分間膜濾過, 1分間停止というサイクルで間欠濾過を行った. 低負荷運転では, 膜透過水を無酸素槽に流入水として戻すことで, 低負荷状態にした. SRT は 60 日とし, 膜槽汚泥 200 ml を引き抜いた分だけ流入水 200 ml を毎日供給した. 従って, 低負荷運転時の COD 容積負荷は 0.002 $\text{kg-COD}/\text{m}^3/\text{day}$ であった. MLSS 濃度は 10000 mg/L 程度で運転した. 曝気風量は

は 5.0 L/min , Flux は 0.30 m^3/d (HRT 8.0 h) とした.

2.2 分析項目

MBR の膜槽汚泥及び膜透過水を水質分析に使用した. 膜分離槽の水温, pH, DO を測定し, 無酸素槽は ORP を測定した. TMP の測定には平膜と膜透過ポンプの間に設置したデジタル圧力スイッチを用いた. 膜槽汚泥の MLSS 濃度の測定は下水試験方法に準拠した²⁾. 流入水及び膜透過水の溶解性 COD_{Cr} (S-COD), TN, TP は吸光光度計を用いて測定した. 膜透過水及び膜槽汚泥上清の TOC 濃度は全有機炭素計を用いて測定した. 膜透過水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 濃度は HPLC を用いて分析した.

3.実験結果

3.1 MBR の運転結果

表 1 に低負荷運転期間の平均の各運転パラメータを示す. 本研究では水温 26.2°C を高温運転, 12.1°C を低温運転とした. 膜分離槽の pH はそれぞれ 4.6 及び 5.2 といずれも酸性であった. 膜分離槽の DO は低温運転で 10.0 mg/L と高温条件の 3.7 mg/L と比較して高かった²⁾.

表 1 運転期間の平均運転パラメータ

	高温 (N=30)	低温 (N=24)
水温 (°C)	26.2	12.1
pH (-)	4.6	5.2
DO (mg/L)	3.7	10.0
ORP (mV)	150	174

3.2 膜ファウリングの発生

図 2 に TMP, Flux の経日変化を示す. 高温条件では 53 日間の運転において TMP の上昇及び Flux の低下はみられず, 膜ファウリングは発生しなかった. しかしながら, 低温条件では運転開始から 10 日後に TMP の上昇, Flux の低下が確認され, 低負荷状態では低温下で膜ファウリング発生が誘発されることを確認した.

3.3 処理性能の評価

図 3 に膜槽汚泥の MLSS 濃度の経日変化, 図 4 に膜透過水の TN, TP の経日変化, 図 5 に膜透過水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 濃度の経日変化を示す. MLSS 濃度は両条件で低負荷運転開始後から徐々に減少し, それに伴い TN, TP 及び $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度は増加した. 本研究では極めて低負荷で運転したことにより汚泥の自己分解が促進された結果, 菌体成分由来の TN, TP 及び $\text{NH}_4^+\text{-N}$ が MBR 内に蓄積されたと考えられた.

図 6 に S-COD の経日変化を示す. 膜透過水の S-COD, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 濃度は低負荷運転開始後, 両条件で

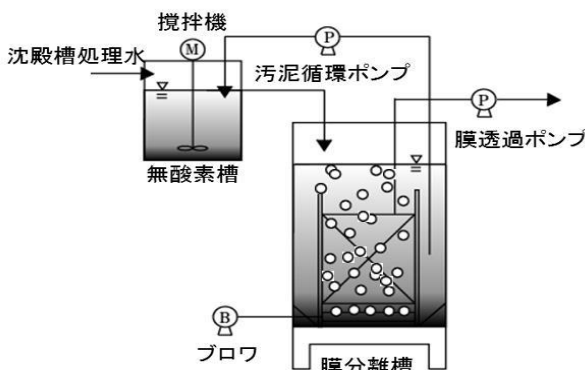


図 1 MBR の概要図

同様の増加傾向がみられた。低負荷運転に伴い菌体から溶出した溶菌産物が溶出したことで、S-CODが増加したと考えられる。NO₃-N濃度の増加は、硝化反応によるものである。膜透過水を無酸素槽に循環させており、無酸素槽では好気的な環境が維持され、脱窒反応が起こらなかったことから硝酸の蓄積及び、pHの低下が考えられた。

3.4 TOC濃度の経日変化

図7に膜透過水及び膜槽汚泥上清のTOC濃度の経日変化を示す。膜透過水のTOC濃度は低負荷運転開始10日後までは両条件とも変化はみられず、高温条件では増加傾向がみられたが、低温条件ではみられなかった。このことから高温条件では膜分離槽の溶菌由来の有機物が分解され、膜を透過できる大きさまで分解されたことが推察された。

4.まとめ

本研究では、低負荷運転で低温と高温の水温でそれぞれAO-MBRを運転した。高温条件ではFluxが0.24 m/d以上を維持し、膜ファウリング発生は確認されなかった。両条件で溶菌の発生が示唆され、菌体由来と考えられるTP、NH₄⁺-N、及びTOCがMBR中に蓄積した。高温条件下では、低温条件下と比較して菌体由来成分の蓄積の遅延が示唆された。このことから、高温条件では低温条件と比較して微生物の活性が保たれ、膜ファウリング発生を誘発する成分が分解されたことで、菌体由来成分の蓄積が遅延し、膜ファウリング発生が防がれたと考えられる。

謝辞

本研究にあたり、長岡中央浄化センターから研究場を提供して頂きました。記して謝意を表します。

5.参考文献

- 1) 三好太郎ら。"都市下水処理を行う MBR における膜ファウリング物質の起源。"水環境学会誌 31.9 (2008): 541-548.
- 2) 公益社団法人日本下水道協会, 下水試験方法上・下巻 2012

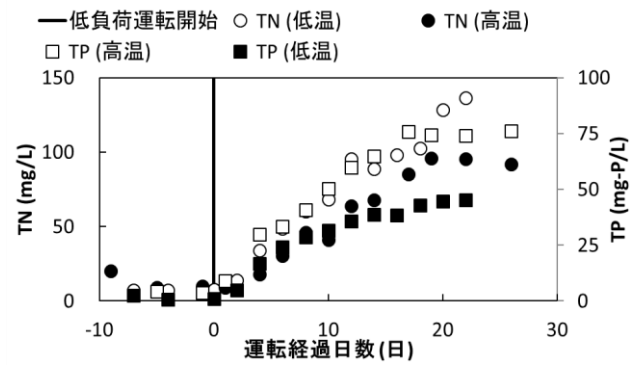


図4 TN及びTP（膜透過水）の経日変化

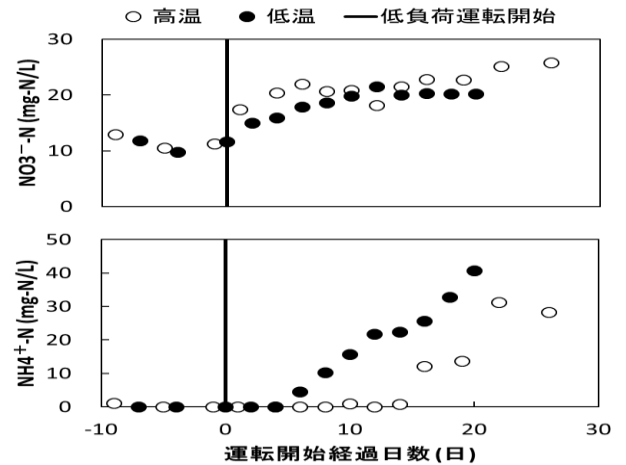


図5 NO₃-N及びNH₄⁺-N濃度（膜透過水）の経日変化

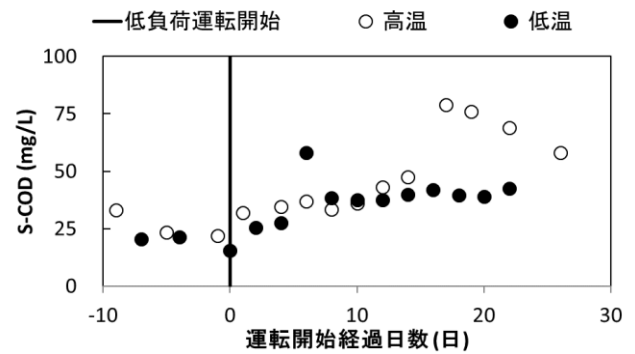


図6 S-COD（膜透過水）の経日変化

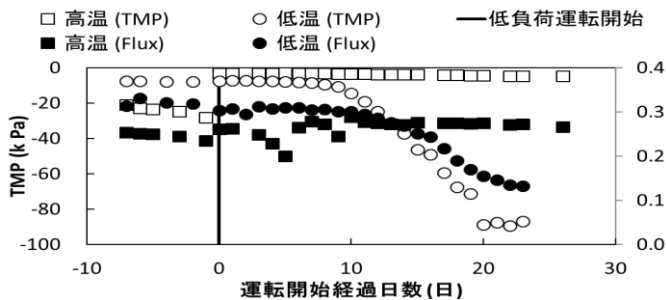


図2 TMP及びFluxの経日変化

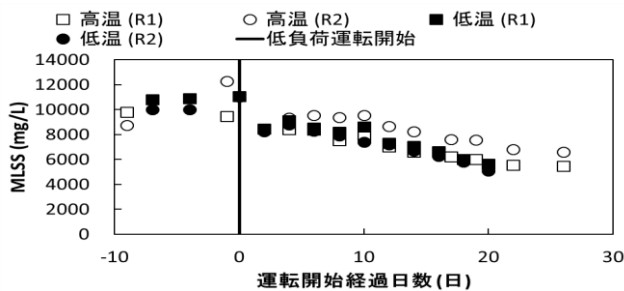


図3 MLSS濃度（膜槽汚泥）の経日変化

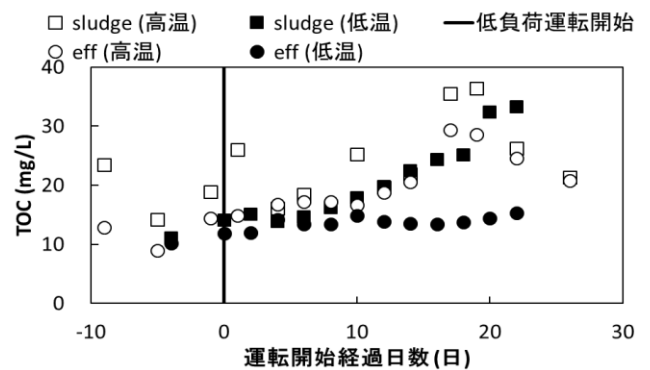


図7 TOC濃度（膜透過水及び膜槽汚泥上清）の経日変化