

低温時における有機物負荷変動が実下水処理 MBR の膜ファウリングの発生挙動に与える影響

長岡技大・院 ○（学）曾我 徹、（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（MBR : Membrane bio reactor）は、生物学的処理と膜濾過を組み合わせ、有機物処理と固液分離を同時に行う手法で、活性汚泥法に代わる手法として導入が進められている。しかし、MBR の課題として、継続運転に伴う膜の閉塞（膜ファウリング）が挙げられている¹⁾。膜面上のバイオフィーム形成は膜ファウリングの主要な要因として考えられているが、その形成過程は未だ明瞭ではない。活性汚泥の組成、物理的性状はバイオフィーム形成に大きく影響を与えることから、活性汚泥の性状に変化を与える活性汚泥浮遊物質（MLSS）濃度、溶存酸素濃度、汚泥滞留時間（SRT）等の運転条件は、膜ファウリング制御のために考慮すべき重要な項目である²⁾。SRT の変更に伴う BOD-SS 負荷等の汚泥負荷の変動は、膜ファウリングの発生頻度や発生速度に影響を与えることがこれまでの研究により報告されている³⁾。そのため、本研究では曝気槽内の MLSS 濃度を段階的に減少させることで汚泥負荷を増加させ、膜ファウリングの発生挙動への影響を調査した。

2. 実験方法

本研究では、無酸素槽と好気槽からなる A/O-MBR（図 1）を下水処理場に 2 台（RT1、RT2）設置し実験を行った。第 1 系（RT1）を安定運転系、第 2 系（RT2）を負荷変動系とした。分離膜は平均孔径 0.2 μm の塩素化ポリエチレン製平膜（C-PVC 膜）を使用し、好気槽に浸漬させた。A/O-MBR の運転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い、都市下水の最初沈殿池越流水を流入水として使用した。水学的滞留時間（HRT）は 6 時間とした。運転期間を安定運転期、Period 1、Period 2、Period 3 に分け、RT2 では各 Period の初日に汚泥を引き抜くことで急激に汚泥負荷を増加させ、新膜との交換を行った（表 1）。また、適宜膜の物理洗浄または化学洗浄を行った。

流入水（Inf）、流出水（Eff）、好気槽内汚泥上澄み（Sludge）のサンプリングを行い、化学的酸素要求量（COD）、アンモニア性窒素、全糖濃度、タンパク質濃度、全有機炭素を測定した。

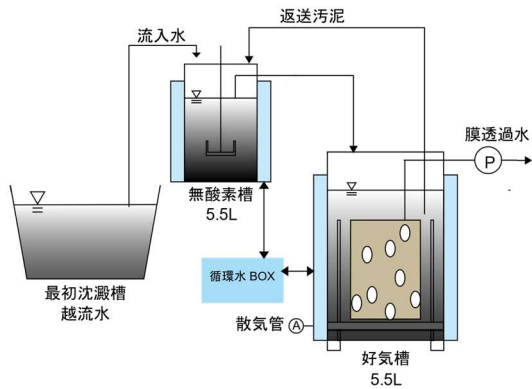


図 1 リアクター概略図

表 1 各運転期間の SRT と平均 MLSS 濃度

		Stable Operation	Period 1	Period 2	Period 3
SRT (day)	RT1	44			
	RT2	34	22	19	10
MLSS (mg/L)	RT1	11200			
	RT2	12700	9100	6800	4200
水温 (°C)	RT1	11.6±0.8			
	RT2	11.4±0.7			

3. 結果と考察

COD 除去率は RT1 で $89 \pm 3\%$ 、RT2 の安定運転期、Period 1、Period 2、Period 3、で $88 \pm 3\%$ 、 $91 \pm 3\%$ 、 $87 \pm 4\%$ 、 $90 \pm 1\%$ を記録し、両系の全ての Period で良好な COD 除去率を示した。さらに、アンモニア性窒素除去率は、RT1 で $95 \pm 13\%$ 、RT2 の安定運転期、Period 1、Period 2、Period 3 で $92 \pm 13\%$ 、 100% 、 100% 、 $98 \pm 4\%$ を示し、両リアクターは良好な処理性能を示した。

図 2 に RT1、RT2 の TMP、Flux の経時変化を示す。RT1 では各 Period で TMP 上昇は緩やか

であり、全運転期間を通じて急激な TMP 上昇（TMP ジャンプ）は見られず安定した運転性能を示した。一方で、RT2 では安定運転期、Period1 では TMP の上昇は緩やかであったが、汚泥負荷が増加するにつれ Period2、Period3 では TMP ジャンプが頻発する傾向にあった。従って、汚泥負荷の増加は膜ファウリングを誘発することが示された。

TMP ジャンプが発生した際の膜面状況は両系間で相違していた。緩やかな TMP の上昇が確認された RT1 では黒色の粒状物質が膜面に付着していた一方で、TMP ジャンプが頻発した RT2 の Period3 ではゲル状の物質が膜面一体に付着しており、黒色の粒状物質は確認されなかった。したがって安定運転系の RT1 と負荷変動系の RT2 で、膜面上で形成されたバイオフィルムの形成過程は異なる事が示唆された。

4. まとめ

本研究では、有機物負荷の増加が与える A/O-MBR の運転性能、膜ファウリングへの影響を評価した。安定運転系の RT1 では TMP の緩やかな上昇が確認された一方で、負荷変動系の RT2 では汚泥負荷が増加するにつれ TMP ジャンプが頻発した。両系で膜ファウリングの発生挙動に明確な差が見られたことから、汚泥負荷の増加が膜ファウリングの発生挙動に影響を与えたと考えられる。

参考文献

- 1) Meng F., Zhang S., Shin H.S., & Chae S. R. (2017). Fouling in membrane bioreactors: an update review. *Water Research*, 114, 151-180
- 2) Meng F., Chae S.R., Drews A., Kuraume M., Shin H.S & Yang F (2009). Recent advances in membrane bioreactors (MBRs): Membrane fouling and membrane material: *Water Research*, 43, 1489-1512
- 3) Zhang X., Yue X., Liu Z., Li Q., & Hua X. (2014) Impacts of sludge retention time on sludge characteristics and membrane fouling in a submerged anaerobic-oxic membrane bioreactor

謝辞 本研究の実施にあたって、長岡中央浄化センターには研究実施場所を提供頂いた。ここに感謝の意を記す。

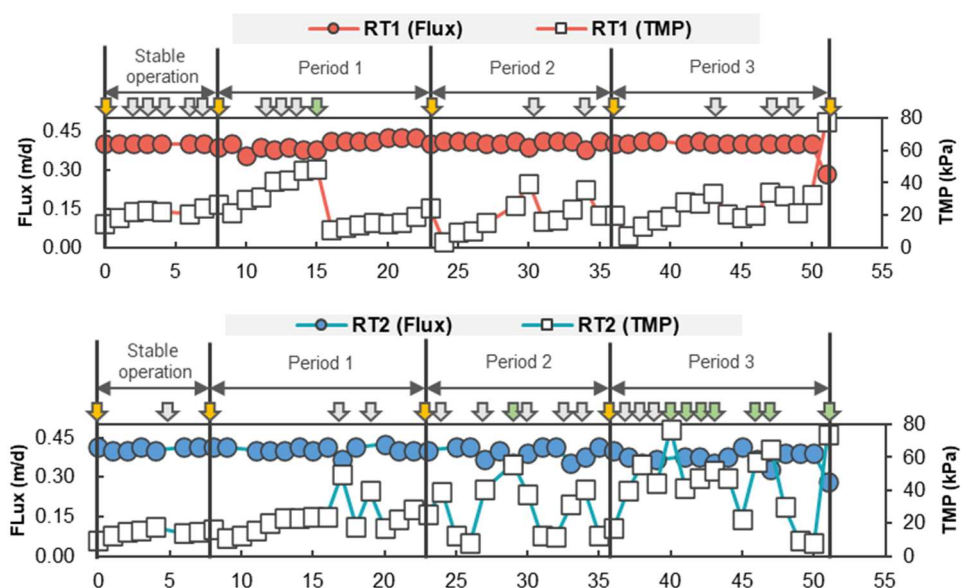


図 2 TMP、Flux の経時変化。図中の矢印は新膜への交換（黄）、膜の物理洗浄（白）、化学洗浄済み膜との交換（緑）を示す。