

B-16 膜分離活性汚泥法における溶存酸素濃度が膜ファウリングに与える影響

○柳田 悟志^{1*}・李 泰日¹・長岡 裕²

¹武蔵工業大学大学院工学研究科都市基盤工学専攻 (〒158-8557東京都世田谷区玉堤1-28-1)

²武蔵工業大学工学部都市基盤工学科 (〒158-8557東京都世田谷区玉堤1-28-1)

* E-mail: hnagaoka@sc.musashi-tech.ac.jp

1. はじめに

膜分離活性汚泥法には、膜面付着層の形成によって膜透過流速が時間経過に伴い低下するという問題点がある。活性汚泥混合液中の微生物代謝物質菌体外高分子ポリマー(Extracellular Polymeric Substances: EPS)が膜透過流速に大きく関与することが報告されている¹⁾。

混合液中のEPSは、菌体に付着しているものと、菌体から剥離し液相に浮遊、溶解しているものが存在する。菌体から剥離したEPSは膜透過流速の低下に与える影響が大きいという報告がされている²⁾。反応槽内に蓄積するEPS及び膜面で付着層を形成するEPSは、時間経過とともに低分子化すると考えられる。低分子化挙動は膜目詰まりに影響を及ぼすと予想されるが、反応速度及び低分子化速度はDO値の影響を受けることも予想される。しかし、膜分離活性汚泥法における溶存酸素濃度と膜ファウリングとの関係に関する報告はほとんど見当たらない。

そこで、本研究では、膜透過流速の低下に対するDOの影響に関して、特にDOとEPSの関係に焦点をあて、以下のような内容について検討を行った。

①DO値の違いが膜透過抵抗、混合液の性状等に与える影響

②DOの挙動がEPS分子量変化に与える影響

2. 実験方法

(1) 実験装置

図-1に実験装置概略図を示す。有効容積30Lの反応槽を2槽用いた。膜モジュールは、MF中空糸膜(公称孔径0.4 μ m)を用いた。2組を1セット(有効膜面積0.4m²)とし、各反応槽に直接浸漬させた。膜モジュール直下に散気装置を設置し、気泡流が膜の間を通過することで、膜面からの剥離効果を狙った。

(2) 実験条件

表-1に運転条件を示す。実験は42日間行った。OC容積負荷は0.35(g/L/day)とし、連続的に投与した。フラックスは一定に保ち、設定したフラックスを維持できなくなったときに膜目詰まりとみなした。

人工基質は、炭素源として酢酸、窒素源として塩化アンモニウム、リン源としてリン酸水素二カリウムを使用した。また、pHの調整剤として炭酸水素ナトリウムを添加した。

種汚泥は、K水処理センターから採取した余剰汚泥を1ヶ月間反応槽で人工基質を与え、TOC容積負荷率1.0~1.6(g/L/day)で培養したものを用いた。

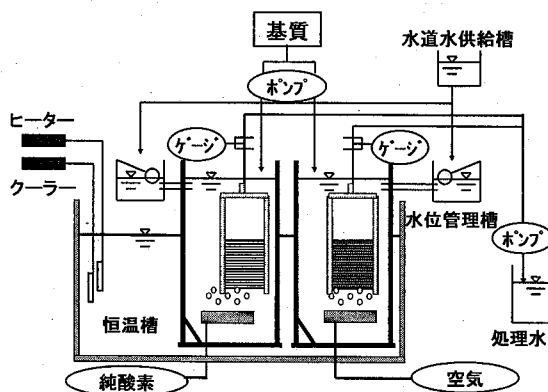


図-1 実験装置の概略図

表-1 運転条件

曝気条件	Case 1		Case 2	
空気曝気量(L/min)	3	0	3	0
酸素曝気量(L/min)	0	3	0	3
フラックス(m/day)	0.1		0.2	
HRT(hour)	17.9		8.9	
TOC容積負荷量(g/L/day)	0.3			

(3) 測定項目

通常測定項目は、MLSS、MLVSS、混合液粘度、吸引圧、260nm 紫外線吸光度、pH、フラックス、混合液上澄み液の TOC 濃度、膜透過水 TOC 濃度、混合液液相 EPS 濃度、菌体付着 EPS 濃度である。

EPS の抽出には陽イオン交換樹脂を用いた³⁾。混合液を 3000G で 10 分間遠心分離したときに得られる上澄み液から抽出したものを液相 EPS、沈殿物から抽出したものを付着 EPS とした。

実験終了後には、膜モジュールを引き上げ、膜に付着している EPS の分析を行った。膜に付着している汚泥は混合液の分析と同様に遠心分離を行い、上澄み液中の EPS を弱結合 EPS、沈殿物から抽出したものを強結合 EPS と定義した。膜面付着 EPS は、膜面に堆積した汚泥 20ml を精製水で 100ml に希釈したものをを用い抽出した。

分子量分画は Sephacryl TM S-300 のカラムを使用し行った。

3. 実験結果及び考察

(1) 混合液 DO 値と膜目詰まりの関係

図-2 に DO の時間変化を示す。時間経過に伴い DO は減少していった。これは、MLSS と粘度の上昇によるものであると考えられる。

図-3 に MLSS の時間変化を示す。Case 1 では、実験開始後に MLSS と MLVSS は徐々に上昇していたが、その後の Case 2 では若干の低下を見せた。

図-4 に膜ろ過抵抗の時間変化を示す。DO が低い条件で、膜ろ過抵抗の急激な上昇が確認された。DO が高い条件において、Flux=0.1 条件ではゆっくりと膜目詰まりを起こしたのに対し、Flux=0.2 においては急に目詰まってしまった。Flux が高い条件では DO の差による膜目詰まりの顕著な差が見られなかったが、高いフラックス下でも膜目詰まりの差は確認できた。

図-5 に EPS の TOC 濃度時間変化を示す。液相 EPS の TOC 濃度において、若干でありながら、DO が高いほうの TOC 濃度が低かった。液相 EPS が膜目詰まりに大きく関与すると思われるが、膜目詰まりの差が生じた原因を十分に説明できない。

付着 EPS は、高分子 EPS の蓄積により EPS 濃度の上昇が予想されたが、6 日目までは急に上昇したが、その後、徐々に減少していく傾向が見られた。このことから EPS が混合液で分解していることが推察される。

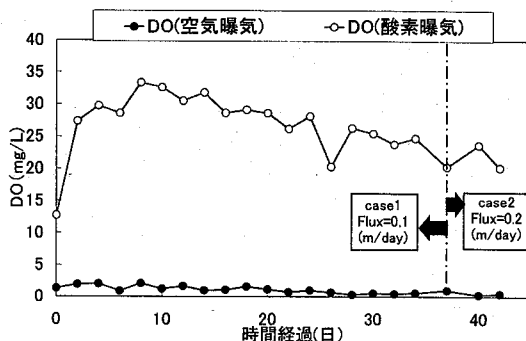


図-2 DO (溶存酸素) の時間変化

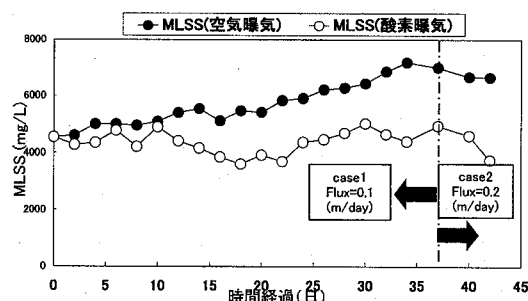


図-3 MLSS の時間変化

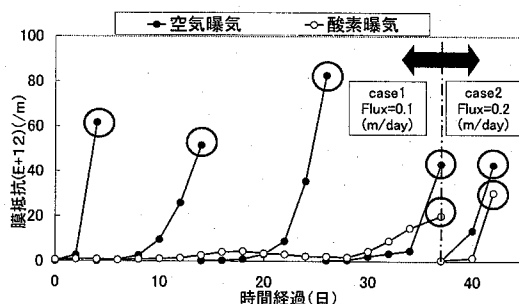


図-4 膜抵抗の時間変化

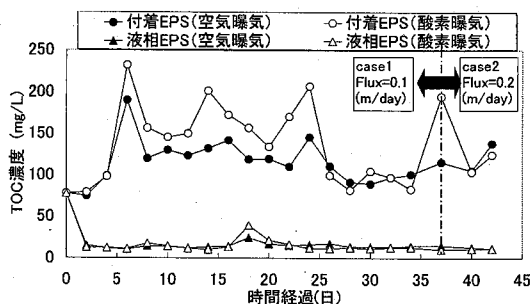


図-5 EPS の TOC 濃度時間変化

4. 菌体外高分子ポリマーの分子量変化が膜目詰まりに与える影響

図-6に37日目における膜面付着EPSの分子量分画を示す。強結合EPSにおいて、100,000Daと1,000,000Da付近、また、10,000Da以下の領域でピークを持った。弱結合のEPSの方は1,000,000Da付近しかピークを持っていなかった。これは、高分子のEPSの方が菌体との結合力が弱い成分が多いことを示唆している。

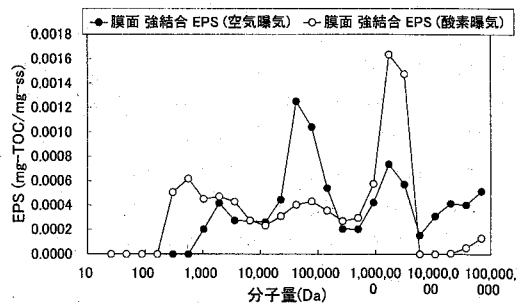
図-7に各分子量グループにおける単位SSあたりのEPS量を示す。DOが低い条件において、高分子の弱結合EPSの割合が多かったことから、混合液中の液相中に存在している高分子のEPSが、弱結合EPSとして膜面に存在し、膜ファウリングへ影響を与えたと推定された。

5. まとめ

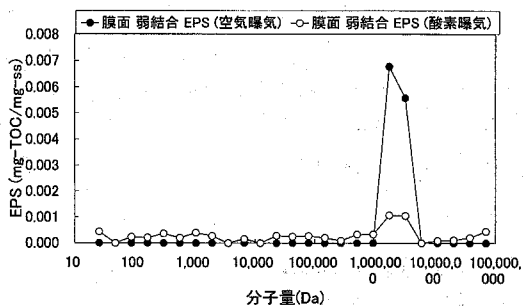
膜分離活性汚泥における混合液DOと膜目詰まりとの関係について検討を行った。酸素曝気により槽内DOを高めた系では、空気曝気の系と比較し、ファウリングの進行を抑制することができた。その原因は必ずしも明確ではないが、ファウリングが進行した空気曝気の系において膜面に付着している汚泥中に菌体との結合が弱い高分子のEPSが多かったことから、酸素曝気の系では、EPSの低分子化などのメカニズムによってファウリングの進行を抑制できたのではないかと推定された。

参考文献

- 1) Nagaoaka, H., Ueda, S., Miya, A.: Influence of Bacterial Extracellular Polymers on Membrane Separation Activated Sludge Process, *Water Science and Technology*, Vol.34, No.9, 165-172, 1996
- 2) Terminology for membranes and membrane processes: Membrane Science, Vol.120, No.2, 1996, pp149-159
- 3) Frolund B, R. Palmgren: Extraction of extracellular polymers from activated sludge using a cation exchange resin. *Wat. Res.* Vol.30, No.8, pp 1749-1758, 1996
- 4) Michel Dubois, K. A. Gilles: Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances, *ANALYTICAL CHEMISTRY*, Vol. 28, No.3, 350-356, 1956
- 5) J. Wingender, Thomas R. Neu, Hans-Curt Flemming: Microbial Extracellular Polymeric Substances, *Springer* Vol.5, No.-2, pp.59-62, 2000.
- 6) 柳根勇, 桃井清至: 膜分離活性汚泥法における膜透過性能に対する生物代謝成分の影響, *水環境学会誌* Vol.20 No.7, pp.473-480, 1997
- 7) Mukai, T., Takimoto, K., Kohno, T. and Okada, M. (2000) Ultrafiltration behaviour of extracellular and metabolic products in a activated sludge system with UF separation process. *Wat. Res.* Vol.34, pp.902-908

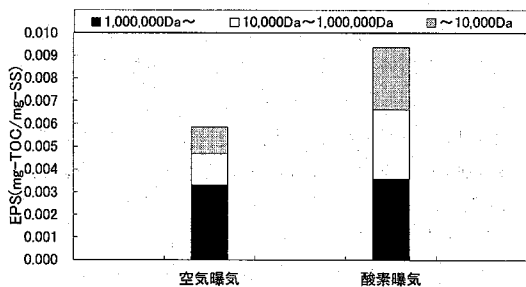


(A) 強結合 EPS

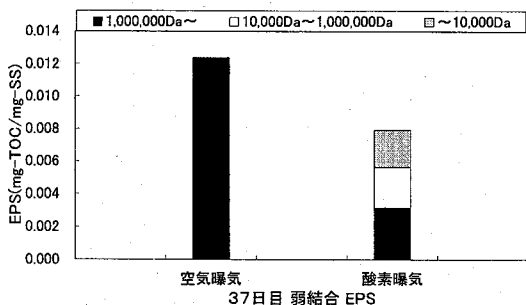


(B) 弱結合 EPS

図-6 37日目、膜面付着EPSの分子量分画



(A) 強結合 EPS



(B) 弱結合 EPS

図-7 37日目分子量グループにおける単位SSあたりのEPS量