

(VII-10) 膜分離活性汚泥法における膜目詰まり過程のモデル化

武蔵工業大学工学部 学生員 ○工藤 千里
 武蔵工業大学工学部 学生員 高安 陽介
 武蔵工業大学工学部 正 員 長岡 裕
 武蔵工業大学大学院 学生員 山西 忍

1. はじめに

膜分離活性汚泥法は膜によって固液分離を行うものであり、継続して運転すると反応槽内の微生物の増殖により、膜が汚染、閉塞し、ろ過抵抗が上昇する。本研究では、膜を汚染、閉塞させる物質を、微生物の代謝物質である菌体外ポリマーと考え、菌体の増殖による混合液粘度およびろ過抵抗の変化をモデル化し、実験結果と比較したものである。

2. 実験装置および運転条件

実験装置の概略図を Fig.1 に示す。有効容積 20L(200mm×200mm×700mm)のエアレーションタンクに、平膜モジュールを直接浸漬した。使用した膜は、孔径 0.2 μm のポリスルホン製 MF 平膜を 2 枚 1 組として 5 組設置した。総膜面積は 0.273m² である。酢酸を炭素源とした人工基質を連続的に投与し、TOC 容積負荷は 1.5g L⁻¹ day⁻¹ に設定した。膜を連続吸引ろ過し、膜透過流束は 0.15m day⁻¹ とした。膜モジュールは実験開始後 16,29,53,67,86,102 日に物理洗浄を行った。

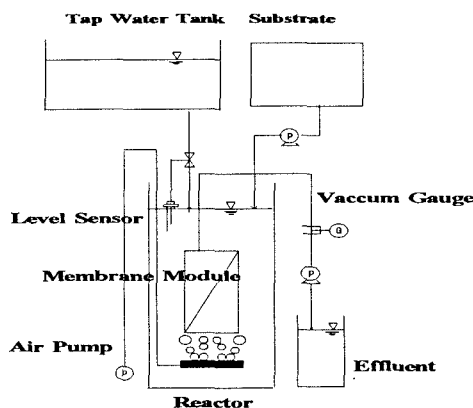


Fig.1 Experimental Setup.

3. ろ過抵抗のモデル化

反応槽内の細菌は基質を摂取し、エネルギー、新細胞の生成に用いる。また、自己分解して減少する。菌体の増殖速度式は以下の式を用いる。

$$\frac{dX}{dt} = Y \cdot L - K_d \cdot X \quad (1)$$

ここで、X:菌体濃度 (mg L⁻¹) , Y:収率, L:TOC 容積負荷 (g L⁻¹ day⁻¹), K_d:自己酸化速度 (day⁻¹) .

菌体外ポリマー量の増殖速度式は以下の式を用いる。

$$\frac{dp}{dt} = K_p \cdot Y \cdot L - K_{pd} \cdot p \quad (2)$$

ここで、p:菌体外ポリマー量 (mg/L) , K_p:MLSS 増殖に対する菌体外ポリマー生成量の比, K_{pd}:菌体外ポリマー自己酸化速度 (day⁻¹) .

また、混合液粘度の上昇は菌体外ポリマー量の増加に依存していると考ええる。

$$\mu = K_v \cdot p + \mu_{water} \quad (3)$$

ここで、μ:混合液粘度 (mPa·s) K_v:比例係数 μ_{water}:水の粘度 (20℃) (mPa·s) .

膜面に付着する物質が菌体外ポリマーのみと仮定し、以下の式を用いる、

$$\frac{dR}{dt} = \alpha \cdot p \cdot J - K_R \cdot R \quad (4)$$

ここで、R:ろ過抵抗 (m⁻¹) , α:菌体外ポリマーの比抵抗 (m kg⁻¹) , J:膜透過流束 (m day⁻¹) , K_R:比ろ過抵抗低下率 (day⁻¹) .

(1)~(4)式によりルンゲクッタ法を用いてシミュレーションを行った。シミュレーションに用いた値を Table1 に示す。

Table1 Parameters in the simulation.

Y	0.5	L	1.5
α (m/kg)	5×10^{16}	K_d (day ⁻¹)	0.025
K_v	0.25	K_p	0.02
$K_R^{(1)}$	$1 \times 10^{-11} R^{-1.07}$	K_{pd} (day ⁻¹)	0.006

また, MLSS, 菌体外ポリマー量, ろ過抵抗の初期値は, それぞれ $6060\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $100\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $1.83 \times 10^{12}\text{m}^{-1}$ とした. 膜洗浄によるろ過抵抗回復率は75%とした.

4. 実験結果および考察

Fig. 2 に MLSS, 菌体外ポリマー (EPS) の計算結果を示す. MLSS は計算値と実験値である程度一致した.

Fig. 3 に混合液粘度の計算結果を示す. 菌体の増殖に伴い, 菌体外ポリマー量は増加し, また菌体外ポリマーは難分解性であるため菌体外ポリマー自己酸化速度 (K_{pd}) が遅く, 槽内は菌体外ポリマーの濃度が高くなり, また膜の遮断効果により槽内に蓄積したため, 混合液粘度が上昇したものである.

Fig. 4 にろ過抵抗の計算結果を示す. 実験後半において, ろ過抵抗が計算値より高くなっているが, これは膜透過流束の低下を防ぐために膜吸引力を上昇させ, その結果, 膜に付着した菌体外ポリマーが圧密し, 上昇する空気泡とのせん断力による剥離が少なくなり, ろ過抵抗が高くなると考えられる.

5. まとめ

実験値とろ過抵抗上昇のシミュレーション結果の比較より, ろ過抵抗は, 菌体外ポリマーが膜面で圧密したため急激に上昇することを示した. 今後さらにモデル化を行うにあたり, 菌体外ポリマーの圧密によるろ過抵抗の上昇を考慮する必要があるといえる.

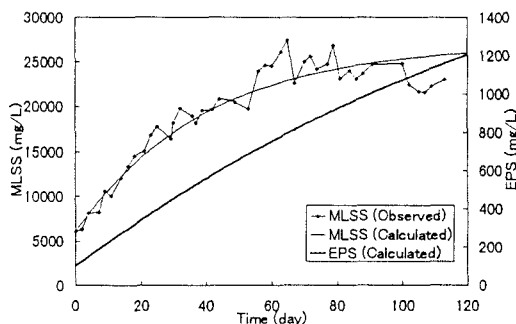


Fig. 2 Variation of MLSS and EPS.

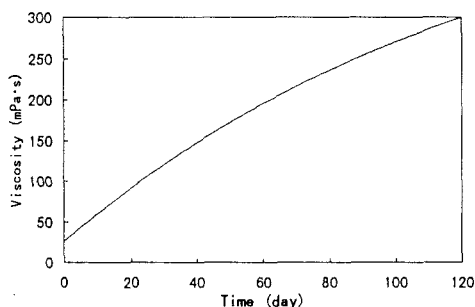


Fig. 3 Variation of Viscosity.

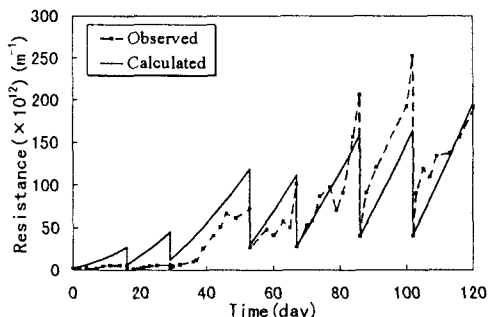


Fig. 4 Variation of Filtration Resistance.

参考文献

- 1) Nagaoka, H. et. al. (1996) Influence of Bacterial Extracellular Polymers on Membrane Separation Activated Sludge Process. Wat. Sci. Tech., 21, 165-172