

セラミック平膜を用いた膜分離活性汚泥法における膜間差圧上昇モデルの構築

東京都市大学 学生会員 ○丸林修
 東京都市大学 学生会員 劉融松
 東京都市大学 正会員 長岡裕

1. はじめに

膜分離活性汚泥法は、継続運転を行うことで発生する膜ファウリングが問題としあげられる。膜ファウリングの発生時期の判定は現場での経験がないと難しいとされている。そこで、膜ファウリングをモデル化することができれば、施設の管理が現在よりも容易になると考えた。膜ファウリングのモデルはすでに考案されているが¹⁾が、逆洗浄を考慮したモデルはまだ考案されていない。本研究では逆洗浄を考慮したモデルの構築を目指す。

2. 実験方法

図1に実験装置を、表1に実験条件、表2に基質の組成を示す。反応槽 1000×450×255mm の塩化ビニル製で有効容積は 75L となっている。セラミック平膜は 0.06μm、有効面積 0.1008m² である。反応槽内には RUN-1, RUN-2, RUN-3 の 3 系列の膜を浸漬させ異なる条件で運転を行った。運転条件は 9.5 分吸引、0.5 分逆洗あるいは停止を 1 サイクルとした。人工基質はポンプを用いて連続的に注入した。

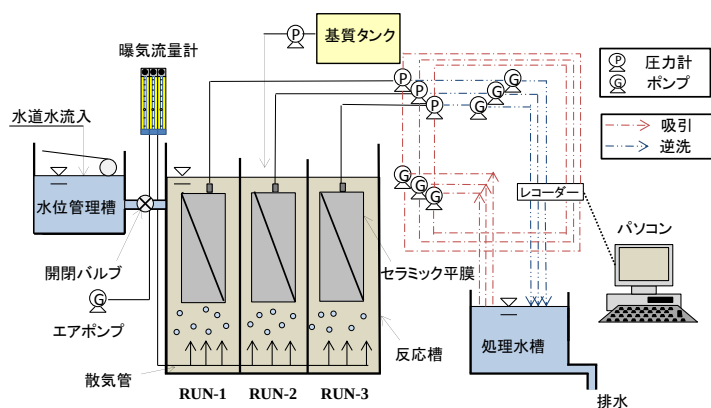


図1 実験装置概要図

表1 実験条件

系列		RUN-1	RUN-2	RUN-3
運転期間		1日~76日	1日~34日 35日~76日	1日~76日
開始MLSS (g/L)		7	7	7
TOC負荷量 (g/L/day)		0.6	0.6	0.6
DO (mg/l)		3~5	3~5	3~5
透過流量 (m/day)		0.5	0.5	0.5
逆洗流量 (m/day)		4	0	0
air flux (m/s)		0.016	0.016	0.016

表2 人工合成基質組成

基質成分表			
CH ₃ COONa	NH ₄ Cl	KCl	MgSO ₄ ·7H ₂ O
30.8	4.32	0.18	0.368
Peptone	FeCl ₃ ·6H ₂ O	CaCl ₂	KH ₂ PO ₄
8.12	0.09	0.18	1.25

3. 測定項目

測定項目は MLSS 濃度, 粘度, 溶存酸素, pH, 膜間差圧, 透過流量, 菌体外高分子ポリマー(Extracellular Substances:EPS)である。EPS は陽イオン交換樹脂を用いて抽出した。逆洗洗浄能力は、逆洗浄を行っている間の膜間差圧の差から算出した。

3. モデル式

- 膜面上 EPS 濃度に関するモデル式

$$\frac{dm}{dt} = J \cdot p - k_{dm} \cdot m - k_b \cdot m \quad (3.1)$$

$$k_{dm} = \gamma(\tau_m - \lambda_m \cdot \Delta p) \quad (3.2)$$

$$J = \frac{\Delta p}{\mu \cdot R} \quad (3.3)$$

$$R = \alpha_a \cdot m + R_{memb} \quad (3.4)$$

m : 膜面上の EPS 密度(kg/m²), J : フラックス (m³/m²/day), k_{dm} : EPS の剥離速度(kg/m²/day), γ :

キーワード: 膜分離活性汚泥法, ファウリング, 膜間差圧, モデル

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL:03-5707-2222(内線 3257) Email:g1018080@tcu.ac.jp

定数(Pa/day), τ_m : 膜面のせん断力(Pa), λ_m : 静止摩擦係数 (-), k_b : 逆洗浄による剥離速度(1/day), R : ろ過抵抗(1/m), α_a : 吸引 EPS 比抵抗(m/kg), R_{memb} : 膜のろ過抵抗(1/m), μ : 透過液の粘性係数 (Pa・s),

4. パラメータ値の決定方法

表3にモデル式に使用したパラメータを示す。Y, k_{dx} , k_{dp} は長岡ら¹⁾のデータを使用する。 β , γ , λ_m , ω , α はフィッティングを行った。逆洗浄効果 k_b は逆洗実験によって求められた値を用いることとする。せん断応力 τ_m は図2に示す佐々木ら²⁾の実験によって求められた近似曲線より求めた。

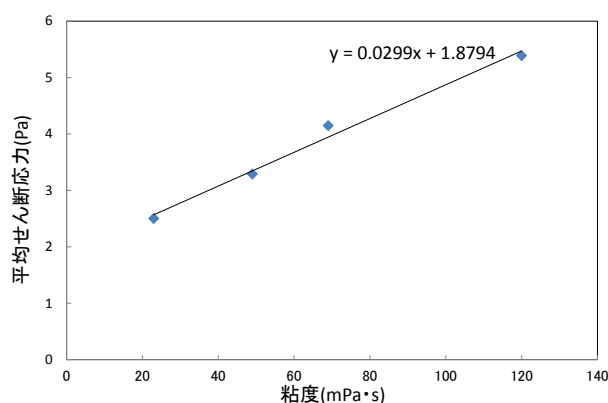


図2 平均せん断応力と粘度の関係

表3 モデル式のパラメータ値

Y	(g-MLSS/g-TOC)	0.6
k_{dx}	(1/day)	0.028
k_{dp}	(1/day)	0.012
β	(g-EPS/g-MLSS)	0.009
γ	(1/day/Pa)	0.09
λ_m	(-)	0.002
α_a	(m/kg)	1.00E+12
α_b	(m/kg)	2.30E+11
k	(1/day)	6.09E-01
k	(1/day)	4.52E-01

5. 実験結果

図3に逆洗浄を考慮した場合の実測値とシミュレーションを、図4に逆洗浄なしの実測値とシミュレーション結果を示す。逆洗浄を行う場合、RUN-1では1日～34日の期間で、実測値と似たような挙動をシミュレーションすることができた。しかし、35日以降は、実測値が35日以前と異なる挙動を描いており、シミュレートすることはできなかった。

RUN-2では、全ての期間で実測値と似たような挙動をシミュレーションすることができた。逆洗浄

なしの場合、まず45日～64日の期間で膜の破損が発覚した。1日～10日、18日～22日、30日以降に関しては実測値と似たような挙動をシミュレーションすることができた。しかし、上記以外の期間に関してはシミュレーションが上手くいかなかった。原因として、実測値に関して、膜が約1日でファウリングが発生しており、膜の薬品洗浄が適切に行えていなかった可能性が考えられる。

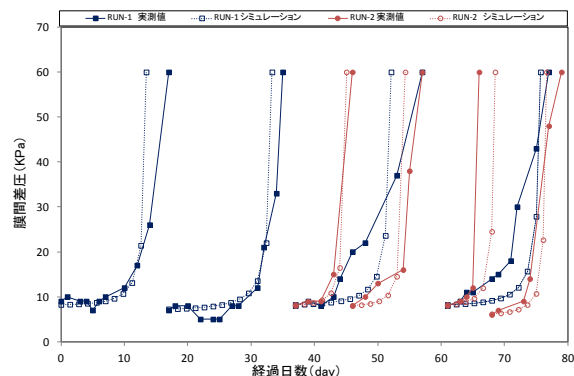


図3 逆洗浄ありのシミュレーション

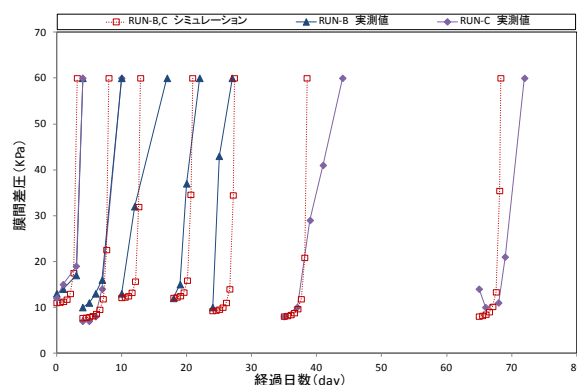


図4 逆洗浄なしのシミュレーション

6. まとめ

モデル式を用いてシミュレーションを行った結果、実測値と似たような挙動を再現することができたことから、モデルの整合性が確認された。

参考文献

- 1) H. Nagaoka, S. Yamanishi and A. Miya
Modeling of biofouling by extracellular activate sludge system Water Science and Technology Vol38 No4-5 pp497-504, 1998
- 2) 佐々木哲哉, 長岡裕, ZAW Hlwan Moe
平膜状浸漬型 MBR において膜面状せん断応力に及ぼす MLSS の影響 下水道研究発表会講演集 49th pp247-249