

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適用

1. 目的

膜分離活性汚泥法では反応槽中のDO維持のためのエアレーションを利用して、膜面に乱れを起こし目詰まりを抑制している。しかし、過剰なエアレーションはランニングコストの高騰を引き起こしてしまうためエアレーションの量が膜間差圧の上昇に与える影響を定量的に示す必要がある。そこで、目詰まりの原因をEPS（菌体外高分子ポリマー）であると考え、EPSの堆積、圧密を考慮して長岡らによりモデル式が開発された¹⁾。本研究ではモデル式の妥当性を示すためせん断力と膜間差圧の上昇の関係について検討する。

(1)～(8)に本研究で使用したモデル式を示す。

$$\frac{dx}{dt} = Y \cdot L - k_{dx} \cdot x \quad (1)$$

$$\frac{dp}{dt} = \beta \cdot Y \cdot L - k_{dp} \cdot p \quad (2)$$

$$\frac{d\alpha}{dt} = k_{\alpha} (\alpha_{\infty} - \alpha) \quad (3)$$

$$\alpha_{\infty} = \alpha_0 + \alpha_p \cdot \Delta p \quad (4)$$

$$\frac{dm}{dt} = J \cdot p - k_{dm} \cdot m \quad (5)$$

$$k_{dm} = \gamma (\tau_m - \lambda_m \cdot \Delta p) \quad (k_{dm} \geq 0) \quad (6)$$

$$J = \frac{\Delta p}{\mu \cdot R} \quad (7)$$

$$R = \alpha \cdot m + R_{memb} \quad (8)$$

ここで $x(\text{g/L})$:MLSS 濃度, $Y(\text{g-MLSS/g-TOC})$:菌体収率, $L(\text{g/L/day})$:TOC 容積負荷, $k_{dx}(\text{1/day})$:MLSS 自己分解定数, $t(\text{day})$:時間, $p(\text{g/L})$:混合液中 EPS 濃度, $\beta(\text{g-EPS/g-MLSS})$:EPS 生成率, $k_{dp}(\text{1/day})$:EPS 自己分解定数, $\alpha(\text{m/kg})$:EPS の比抵抗, $k_{\alpha}(\text{1/day})$:圧密の関する速度定数, $\alpha_{\infty}(\text{m/kg})$:圧密後の比抵抗, $\alpha_0(\text{m/kg})$:圧密前の比抵抗, $\alpha_p(\text{m/kg/Pa})$:定数, $m(\text{kg/m}^2)$:膜面上

武蔵工業大学 学生会員 ○辻横 剛
武蔵工業大学大学院 学生会員 藤田 泰弥
武蔵工業大学 正会員 長岡 裕

の EPS 密度, $J(\text{m/d})$:フラックス, $k_{dm}(\text{1/day})$:EPS の剥離速度, $\gamma(\text{1/day/Pa})$:定数, $\tau_m(\text{Pa})$:膜面のせん断力, $\lambda_m(\cdot)$:静止摩擦係数, $\Delta P(\text{Pa})$ ($\Delta P < P_{\max}$):膜間差圧, $R(\text{1/m})$:ろ過抵抗, $\mu(\text{Pa} \cdot \text{s})$:透過液の粘性係数, $R_{memb}(\text{1/m})$:膜のろ過抵抗である。

2. 実験概要

2. 1 実験装置

実験装置における反応槽の概要を図1に示す。反応槽はアクリル製で有効容積 0.1037m^3 ($22.6\text{cm} \times 102\text{cm} \times 45\text{cm}$)、膜モジュールは有効膜面積(両面) 0.1m^2 、孔径 $0.4\mu\text{m}$ 、素材は塩素化ポリエチレンのMF平膜を用いた。散気管は直径 18mm の塩ビ管の上部に 19mm 間隔で 0.8mm の穴を開けて作ったものを用いた。この反応槽において4枚の膜を投入し、水位管理槽で水位を維持しながら膜分離活性汚泥法で連続吸引を行い実験を行った。

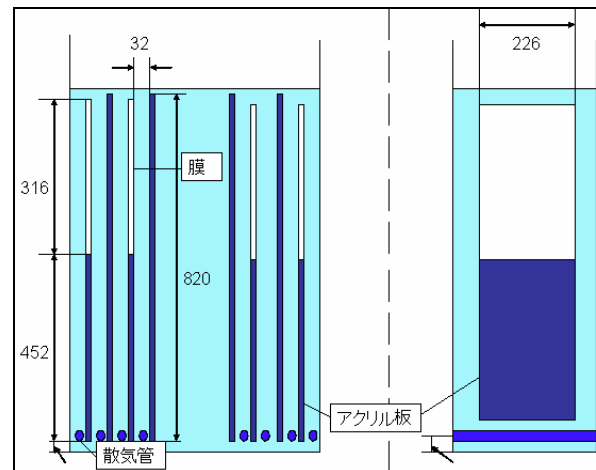


図1: 反応槽の概要

2. 2 実験条件

実験条件を表1に示す。また、反応槽中の粘度を調整するため、MLSS濃度を $6000 \sim 7000(\text{mg/L})$ になるように汚泥の引き抜きを行なった。

キーワード 膜間差圧上昇モデル EPS 空気流束

連絡先 〒158-8577 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学 TEL03-3703-3111 (内線 3257)

表 1 : 実験条件

膜 No.	Case1	Case2	Case3	Case4
供給空気量(L/min/枚)	5	10	20	40
空気流速(m/s)	0.0058	0.0115	0.023	0.0461
フラックス($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{day}$)	0.25			
TOC 容積負荷量(g/L/day)	0.5			
せん断力(Pa)	0.35	0.50	0.56	0.58
初期ろ過抵抗($\times 10^{11} \cdot \text{m}^{-1}$)	2.20	1.74	1.82	2.16

表 2: モデル式に用いた各パラメータ

項目	数値
Y^D (g-MLSS/g-TOC)	0.5
k_{dx} (1/day)	0.03
β (g-EPS/g-MLSS)	0.3
k_{dp} (1/day)	0.017
k_a (1/day)	0.005
α_0 (m/kg)	1×10^{13}
α_p (m/kg/Pa)	9×10^{10}
γ (1/day/Pa)	1
λ_m (-)	0.00007
μ (Pa·s)	0.0009

3. 実験結果

表 2 に示したパラメータ値によりシミュレーションを行い、実験結果とのフィッティングを行った。表 2 の値は文献 2) を参考にした。また、 τ_m は表 1 の空気流速から文献 3) の空気流速とせん断力の関係を用いて求めた。

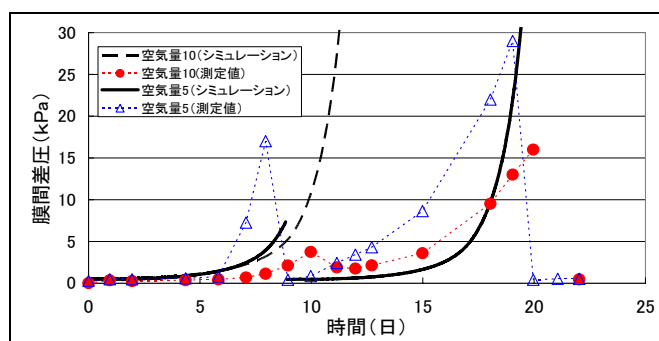


図 2 : 空気量 5 と 10 の膜間差圧

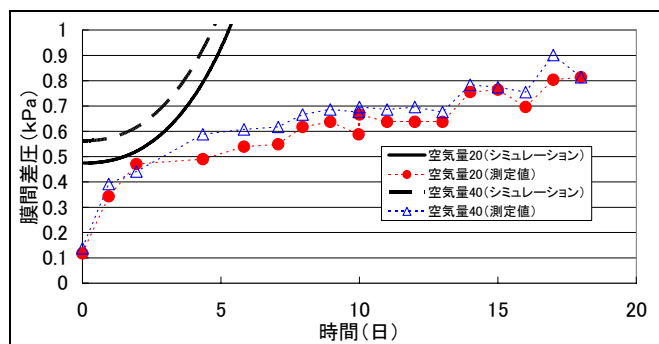


図 3 : 空気量 20 と 40 の膜間差圧

図 2, 図 3 に各空気量における膜間差圧を示した。測定値は空気量と膜間差圧の上昇速度が比例して大き

くなっており、空気量の変化が膜間差圧の上昇に影響を与えていると考えられる。しかし、シミュレーションは空気量が増加しても膜間差圧の上昇は同じような上昇を示している。水道水中における空気流速とせん断力の関係を用いていることから。

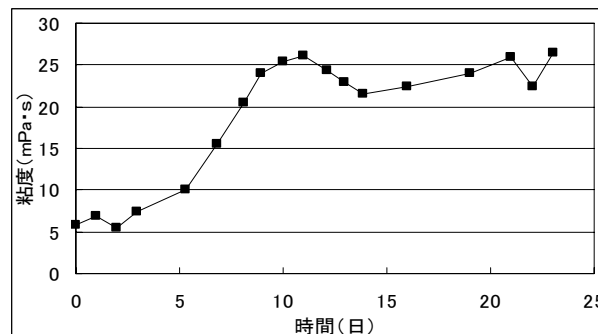


図 4 : 粘度の経日変化

図 4 に粘度の上昇を示した。図 2 の空気量 10 の測定値を見ると 10 日あたりに一度ピークを示し、その後減少を示している。粘度も 10 日あたりにピークを示していることから粘度の上昇がせん断力の減少に影響しているのではないかと考えられる。そして、モデル式中のせん断力に粘度について考慮した値を用いることで測定値をシミュレーションで予測することができないのではないかと考えた。

4. まとめ

汚泥を使った膜分離活性汚泥法に水道水を用いた空気流速とせん断力の関係を用いるべきではないと考えられる。今後、粘度の上昇がせん断力にどのような影響を与えるかについて調べる必要があると考える。

5. 参考文献

- 1) H.Nagaoka, S.yamanishi and A.Miya : MODELING OF BIOFOULING BY EXTRACELLULAR POLYMERS IN A MEMBRANE SEPARATION ACTIVATED SLUDGE SYSTEM, Wat.Sci.Tech.Vol38, No.4-5, pp. 497-504, 1998.
- 2) 藤田 泰弥 : 膜面せん断力を考慮した浸漬型膜分離活性汚泥法の膜間差圧上昇モデルの検討, 第 44 回下水道研究発表会講演集, pp154-156, 2007.7
- 3) 黒坂 正和 : 浸漬型膜モジュール近傍の流速が膜壁面応力に与える影響, 日本水環境学会年会講演集, Vol.40, pp362, 2006.