

酸素曝気を用いた膜分離活性汚泥法におけるファウリング挙動のモデル化の試み

武蔵工業大学大学院 学生会員 ○菅原 充
 武蔵工業大学大学院 学生会員 柳田 悟志
 武蔵工業大学大学院 李 泰日
 武蔵工業大学 正会員 長岡 裕

1. 研究目的及び背景

膜分離活性汚泥法は、現在主流である標準活性汚泥法と比較して、敷地面積の縮小などの利点から注目されている技術である。しかし、この技術には時間経過によって、混合液中のコロイド等が膜面や膜細孔内に吸着、堆積することによるファウリングが問題視されている。その原因として微生物の代謝物である菌体外高分子ポリマー(Extracellular Polymeric Substances : EPS)が大きく影響していると報告されている。また、ファウリングの過程はモデル化されているが、このモデル式にはDO濃度に関する項目がない。本研究は空気曝気と純酸素曝気による対照実験を行い、酸素曝気による影響としてEPS生成率 β に着目し、DO濃度の違いによる変化のモデルへの適応を検討した。

2. 膜間差圧上昇モデル

以下に膜目詰まりのモデル式¹⁾を示す。

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

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

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

$$\alpha_{\infty} = \alpha_0 + \alpha_p \cdot \Delta p \quad \dots \textcircled{4}$$

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

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

$$J = \frac{\Delta p}{\mu \cdot R} \quad \dots \textcircled{7}$$

$$R = \alpha \cdot m + R_{memb} \quad \dots \textcircled{8}$$

x : MLSS 濃度(g/L), Y : 菌体収率(g-MLSS/g-TOC), L : TOC 容積負荷(g/L/day), k_{dx} : MLSS 自己分解定数(1/day), t : 時間(day), p : 混合液中 EPS 濃度(g/L), β : EPS 生成率(g-EPS/g-MLSS), k_{dp} : EPS 自己分解

定数(1/day), α : EPS の比抵抗(m/kg), k_{α} : 圧密の関する速度定数(1/day), α_{∞} : 圧密後の比抵抗(m/kg), α_0 : 圧密前の比抵抗(m/kg), α_p : 定数(m/kg/Pa), m : 膜面上の EPS 密度(kg/m²), J : フラックス(m/d), k_{dm} : EPS の剥離速度(1/day), γ : 定数(1/day/Pa), τ_m : 膜面のせん断力(Pa), λ_m : 静止摩擦係数(-), ΔP : 膜間差圧(pa)($\Delta P < P_{max}$), R : ろ過抵抗(1/m), μ : 透過液の粘性係数(Pa·s), R_{memb} : 膜のろ過抵抗(1/m)

3. 実験設備および実験方法

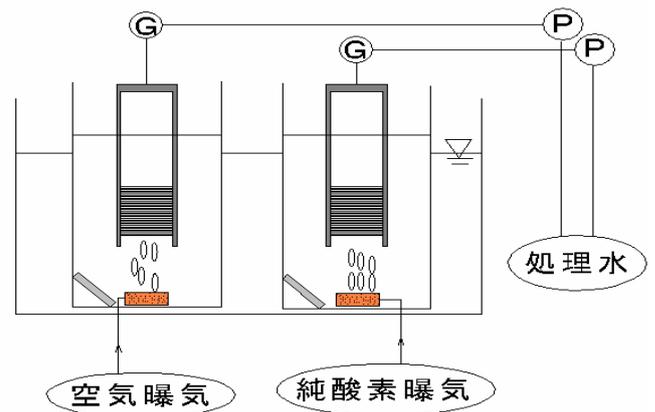


図1 実験装置概略図

図1に実験装置概略図を示した。実験を行う反応槽は塩化ビニル製(250mm×250mm×700mm, 30L)を2つ使用した。サイフォン式の水位管理槽で水位を一定に保った。反応槽の外側に恒温槽を設け、ヒーターとクーラーによって温度管理を行うことで水温を一定に保った。膜モジュールは、ポリエチレン製MF膜中空糸膜(三菱レイヨン製 公称口径0.4 μ m, 膜面積0.2 m²)を用いた。反応槽に2組1セットで浸漬させ、吸引ポンプにより膜透過水を得た。また、モジュールの下部にディフューザーを設置し空気曝気、酸素曝気をそれぞれ行った。活性汚泥は人工基質を用いて約1ヶ月間、TOC容積負荷率1.0~1.6(g/L/day)で培養し

キーワード 膜分離活性汚泥法, 酸素曝気, ファウリング, 膜間差圧上昇モデル, EPS 生成率

連絡先 〒158-8857 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL03-3703-3111(内線 3257) E-mail:g0781607@sc.musashi-tech.ac.jp

たものを用いた。EPSの抽出には陽イオン交換樹脂(cation exchange resin : CER)を用いた。以下の表1に実験条件, 表2にモデル式に使用するパラメータを示す。実験は同じ条件で2回行った。そして, ファウリングを起こした区間別にEPS生成率 β を推定した。

表1 実験条件

曝気条件	空気曝気	酸素曝気
空気曝気 (L/min)	3	0
酸素曝気 (L/min)	0	3
フラックス (m/day)	0.1	0.1
TOC容積負荷量 (g/L/day)	0.3	0.3
HRT (h)	17.4	17.4

表2 パラメータとその数値¹⁾

パラメータ	数値
Y	0.5 (g-MLSS / g-TOC)
k_{dp}	0.017 (1/day)
k_{dx}	0.022 (1/day)
γ	0.0184 (1/day/Pa)
k_{α}	0.005 (1/day)
α_0	1.0×10^{13} (m/kg)
α_p	9.0×10^{13} (m/kg/Pa)

4. 実験結果

酸素曝気を行った反応槽のDO濃度は2回とも26.8(mg/L)程度, 空気曝気を行った反応槽では1回目が1.11(mg/L)程度, 2回目が3.39(mg/L)程度であった。以下の図2に1回目実験時の膜間差圧経過日数変化, 図3に2回目実験時の膜間差圧経過日数を示す。この図から, 2回とも空気曝気を行った反応槽が先にファウリングを起こすことが確認された。そして, ファウリングの期間について, 空気曝気を6区間, 酸素曝気を2区間に分けてシミュレーションを行い, β を推定した。 β の推定結果を図5に示す。この結果から, 空気曝気が酸素曝気より β が高くなる事が確認された。

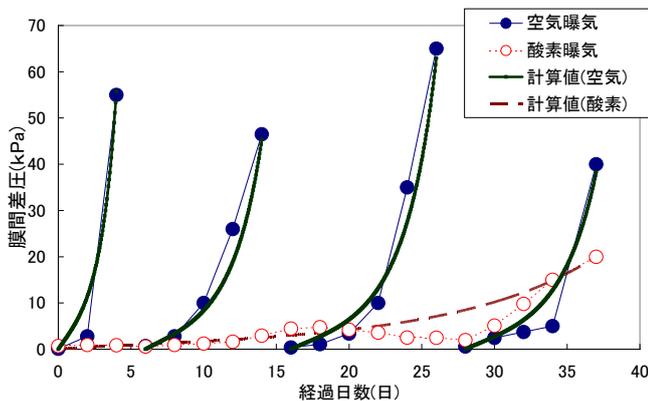


図2 1回目実験時の膜間差圧経過日数変化

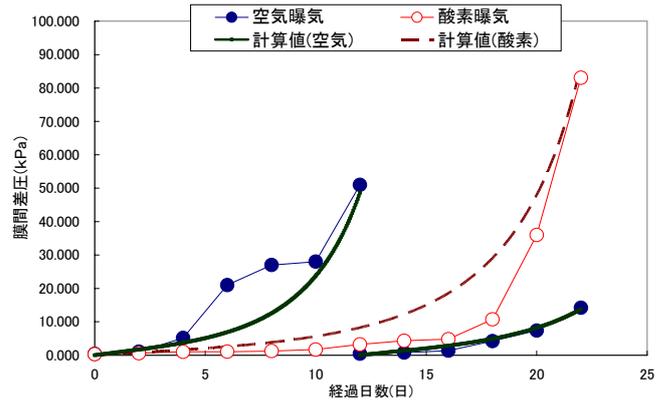


図3 2回目実験時の膜間差圧経過日数変化

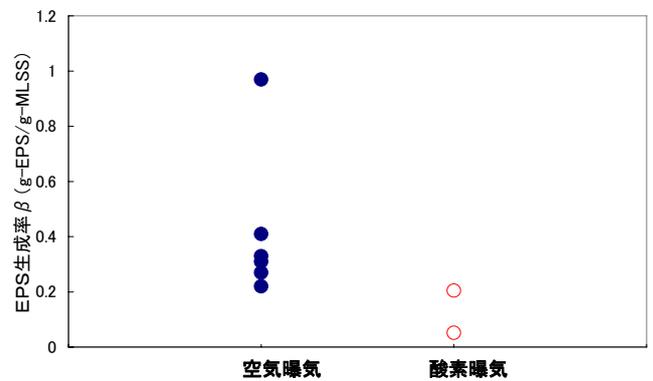


図4 各ファウリング時の β 推定結果

4. 考察

2回の実験の結果と膜間差圧上昇モデルから推定したEPS生成率 β は, 酸素曝気を行った方が小さくなる事が確認された。これは, 混合液中のDO濃度を高めることによって, EPSの分解速度が上昇したためだと考えられる。この結果より, DO濃度の違いをEPS生成率 β としてモデルに適応可能であると考えられる。

<参考文献>

1) 藤田泰弥: 浸漬型膜分離活性汚泥法における膜間差圧上昇モデルの検討, 第34回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集 (CD-R)