

浸漬型膜分離活性汚泥法における膜面せん断力を考慮した膜間差圧上昇モデルの検討

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

1.はじめに

産業排水や下水処理において一般に普及している標準活性汚泥法に代わる高度処理法として膜分離活性汚泥法が導入されてきている。この方法は最終沈殿池が不要になり処理場の省スペース化が可能なるなどメリットが多い。しかし、反応タンク内の浮遊物質や微生物代謝成分などが膜面に堆積し目詰まりを起こし十分な処理水量が得られないなどがある。

膜間差圧の上昇(膜目詰まり)をモデル化すれば、目詰まりを予測でき、最適な時期に洗浄を行うことが可能になる。現在、膜間差圧上昇(膜目詰まり)の原因物質は、反応液中の菌体が生物代謝活動で生成する、菌体外高分子ポリマー(EPS: Extra-cellular Polymeric Substances)であるといわれている¹⁾。

Fig.1に膜目詰まり過程の概略を示す。膜目詰まりの過程はEPSが吸引により膜面に堆積し、その堆積したEPSがさらに吸引により圧密されると同時に曝気により膜面に働くせん断力により剥離、この剥離に対する摩擦力が発生するとされている。

この膜目詰まりの過程は既にモデル化²⁾されている。また、黒坂ら³⁾が空気流束とせん断力の関係を明らかにした。本研究ではこのモデル式を用いシミュレーションを行い、既に開発されているモデルに適用するかどうかを検討することを目的とする。

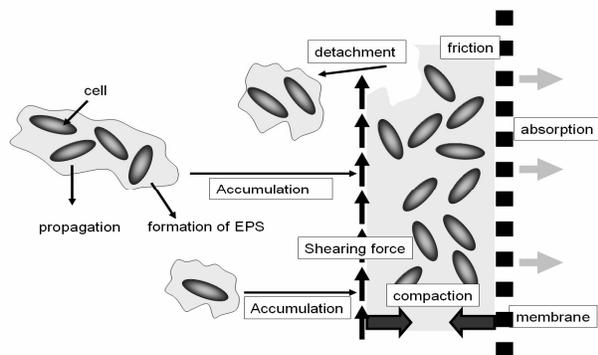


Fig.1: A fouling model of membrane.

2.膜目詰まりモデル

以下に膜目詰まりのモデル式²⁾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 (g/L):MLSS 濃度、 Y (g-MLSS/g-TOC):菌体収率、 L (g/L/day):TOC 容積負荷、 k_{dx} (1/day):MLSS 自己分解定数、 t (day):時間、 p (g/L):混合液中 EPS 濃度、 β (g-EPS/g-MLSS):EPS 生成率、 k_{dp} (1/day):EPS 自己分解定数、 α (m/kg):EPS の比抵抗、 k_{α} (1/day):圧密の関する速度定数、 α_{∞} (m/kg):圧密後の比抵抗、 α_0 (m/kg):圧密前の比抵抗、 α_p (m/kg/Pa):定数、 m (kg/m²):膜面上の EPS 密度、 J (m/d):フラックス、 k_{dm} (1/day):EPS の剥離速度、 γ (1/day/Pa):定数、 τ_m (Pa):膜面のせん断力、 λ_m (-):静止摩擦係数、 ΔP (pa)($\Delta P < P_{max}$):膜間差圧、 R (1/m):ろ過抵抗、 μ (Pa·s):透過液の粘性係数、 R_{memb} (1/m):膜のろ過抵抗、である。

3.実験装置・条件・方法

実験装置を Fig.3 に示す。膜モジュールは孔径 0.4 μm、膜材質はポリオレフィン、有効膜面積(両面)0.1m²の MF 膜(株式会社コボタ)を 2 枚使用した。実験装置はアクリル製。有効容積 0.0696m³(30.2cm×102cm×22.6cm)。水位を一定に保つため水位管理槽を、水温を一定に保つため恒温槽の中に反応槽を設置。散気管には直径 0.8mm の穴を開けた塩ビ管(直径 18mm)を使用し、膜 1 枚に対し、膜中心より下方 580mm の位置に 2 本、合計 4 本設置した。なお、それぞれの膜に対する散気管は空気量の調節が可能である。

実験条件を Table.1 に示す。濾過方法は吸引濾過で連続運転し、人工基質の投与(TOC 負荷)も連続で行った。

また、本実験における測定項目は 1.膜透過流量、2.水温、3.膜間差圧、4.粘度、5.MLSS・MLVSS、6.EPS の抽出、7.全有機炭素量(TOC)、である。なお、空気流束²⁾

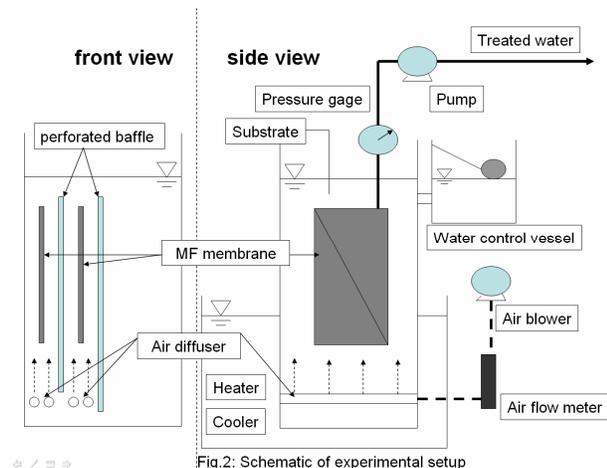
キーワード: EPS, 空気流束, 膜面せん断力, 膜間差圧上昇モデル

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 3257)

(Air flux) とは供給空気量を流路面積で除した値である。それぞれの流路面積は 0.0160m^2 である。

Table.1: condition of experiments

No. membrane	I	II
Air supply rate(L/min/sheet)	10	5
Air flux(m/s)	0.01	0.005
Flux:J(m ³ /m ² /day) case: A/B	0.2/0.15	
TOC loading rate:L(g/L/day)	0.5	



4.シミュレーション結果

膜間差圧のシミュレーション結果と観測値 (flux 0.15m/s ・air flux 0.005m/s) を Fig.3 に、モデル式の各パラメータを table.3 に示す。

table.3: Model parameters and values

parameters	values
$Y^{1)}$	$0.5(\text{g-MLSS/g-TOC})$
$k_{dx}^{1)}$	$0.022(1/\text{day})$
$\beta^{1)}$	$0.015(\text{g-EPS/g-MLSS})$
$k_{dp}^{1)}$	$0.017(1/\text{day})$
k_a	$0.005(1/\text{day})$
α_0	$1 \times 10^{13}(\text{m/kg})$
$\alpha_p^{1)}$	$9 \times 10^{10}(\text{m/kg/Pa})$
$\lambda_m^{1)}$	$0.00007(-)$
μ	$0.0009(\text{Pa}\cdot\text{s})$
$\gamma^{3)}$	$0.0184(1/\text{day/Pa})$
τ_m	$11(\text{Pa})$ (Air flux 0.005m/s)
	$30(\text{pa})$ (Air flux 0.01m/s)

k_a , α_0 に関しては観測値とシミュレーションを比較してフィッティングするように決定した。また、せん断力 (τ_m) の値についてもフィッティングするように決定し、この値と文献 2) の関係を Fig.4 に示す。

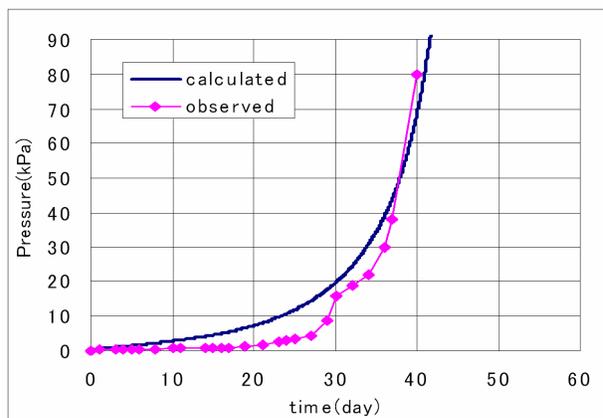
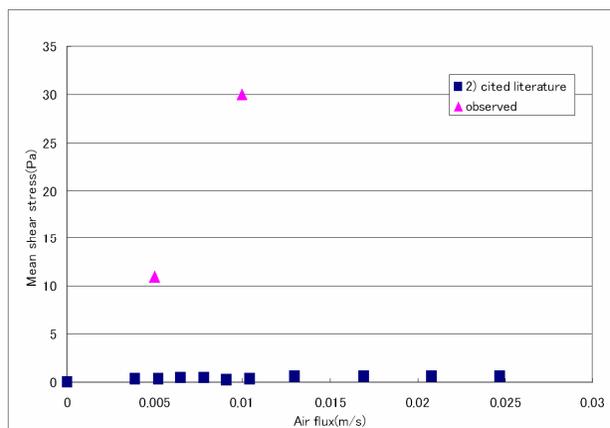
Fig.3: change of transmembrane pressure (Flux 0.15m/s Air flux 0.005m/s)

Fig.4: Relationship between Air flux and time-averaged wall shear stress.

5.考察・結論

Fig.4 より文献 2) の関係と本実験におけるせん断力は大きく違うものとなった。式(5)において剥離係数が文献 2) によるせん断力を用いると値が小さくなる事や時間経過に伴い早い段階で 0 になってしまうことが、本実験でせん断力の値が大きくなってしまふことにつながったと考えられる。よって、文献 2) によるせん断力と空気流速の関係を再検証する必要がある。

検証方法として単相流(流速)のみによるせん断力をもとに、ばっ気した状態のせん断力の妥当性を評価することを検討している。

参考文献

- 1) 浜谷慎一郎: 負荷が変動する条件での膜分離活性汚泥法において菌体外高分子ポリマーの生成と分解を考慮した膜目詰まりシミュレーション, 第 56 回土木学会年次学術講演会講演概要集 (CD-R), 2001.9
- 2) 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.
- 3) 岡本一成: 浸漬型膜分離活性汚泥法の気泡流に起因する膜堆積物の剥離効果, 第 34 回関東支部技術研究発表会講演概要集 (CD-R), 2007.3