

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

武蔵工業大学 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。この方法はバルキング等の固液分離不良の影響を受けず、浮遊物(SS)を完全に除去でき最終沈殿地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。

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。

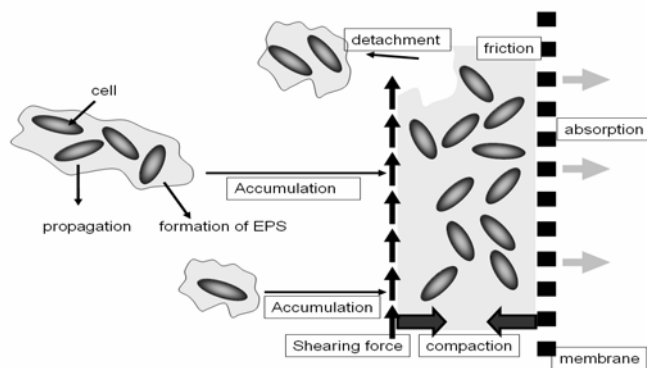


Fig.1: A fouling model of membrane.

この膜目詰まりの過程は既にモデル化されている。本研究ではこのモデル式をルンゲ・クッタ法によりシミュレーションを行い、黒坂ら²⁾が明らかにした空気流束とせん断力の関係が、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。なお、空気流束(Air flux)とは供給空気量を流路面積で除した値である。

2.モデル式

以下にモデル式を示す。

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

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

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

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

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

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

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

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

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、 $p(\text{g/L})$:液相 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、 $\alpha_0(=5 \cdot 10^{11} \text{m/kg})$:圧密前の比抵抗、 $\alpha_p(=9 \cdot 10^{10} \text{m/kg/Pa})$:定数、 $m(\text{kg/m}^2)$:膜面上の 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。

3.実験装置・条件・方法

実験装置を Fig.2 に示す。膜モジュールは孔径 $0.4 \mu\text{m}$ 、膜材質はポリオレフィン、有効膜面積(両面) 0.1m^2 の MF 膜(株式会社クボタ)を 2 枚使用した。実験装置はアクリル製。有効容積 0.0696m^3 。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.2 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.

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(内線3257)

膜間差圧,4.粘度,5.MLSS・MLVSS,6.EPS の抽出, である。

Table.2: condition of experiments

membrane No.	A	B
Air supply rate(L/min/sheet)	10	5
Air flux(m/s)	0.01	0.005
shear stress (pa)	0.5	0.36
Flux(m ³ /m ² /day)	0.2	
TOC loding rate(g/L/day)	0.5	

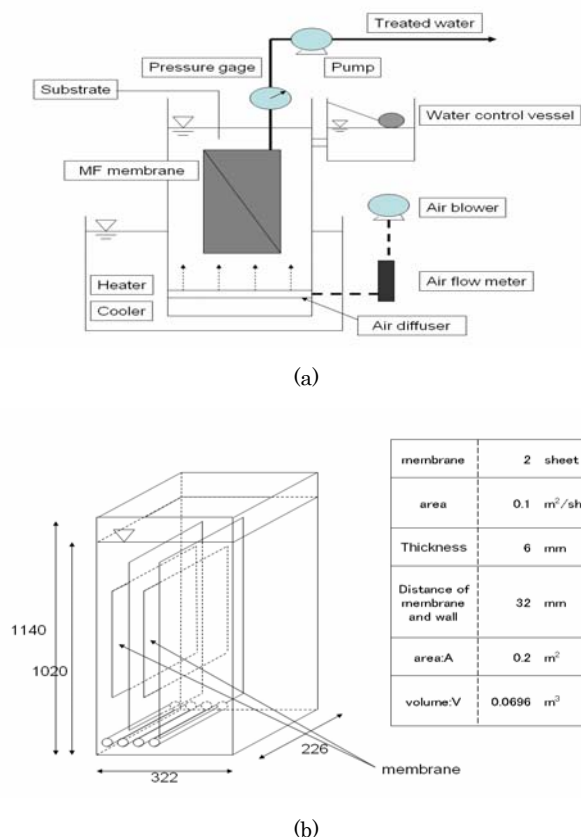


Fig.2: Schematic of experimental setup

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を Fig.3,4 に, モデル式の各パラメータを table.3 に示す. k_{dp} に関しては観測値とシミュレーションを比較しフィッティングするように決定し, 各空気流速に対する γ は岡本 4) による実験から算出した。

table.3: Model parameters and values

parameter	values
$Y^{1)}$	0.5(g-MLSS/g-TOC)
$k_{dx}^{1)}$	0.022(1/day)
$\beta^{1)}$	0.015(g-EPS/g-MLSS)
k_{dp}	0.15(1/day)
$k_{\alpha}^{1)}$	0.04(1/day)
μ	0.0009(Pa·s)
$\gamma_{0.005}$	0.00074(1/day/Pa)
$\gamma_{0.01}$	0.0010(1/day/Pa)

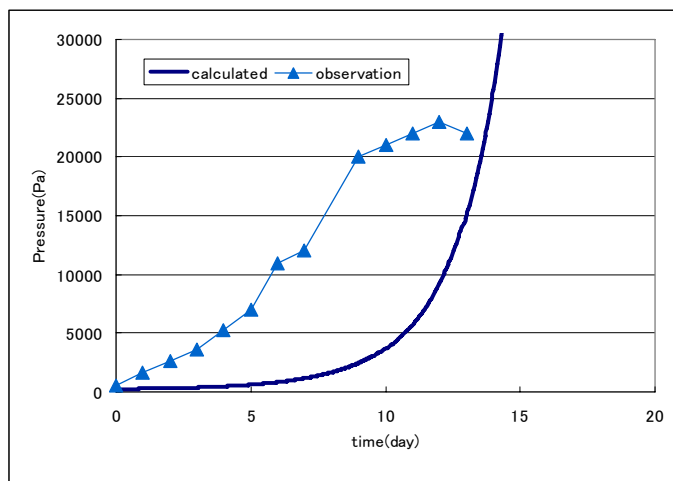


Fig.3: change of transmembrane pressure(Air flux 0.005)

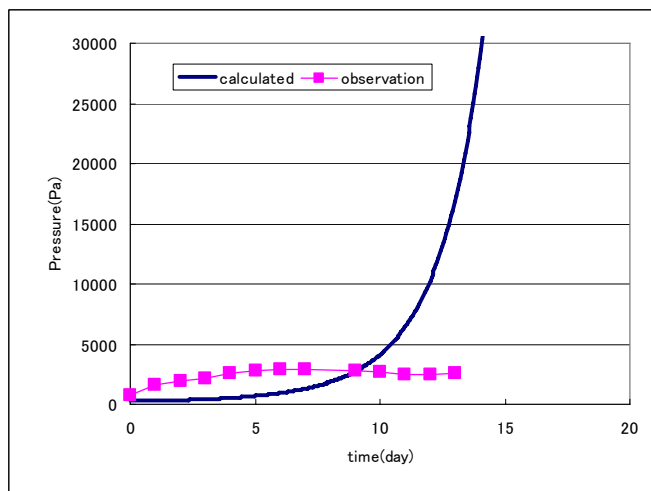


Fig.4: change of transmembrane pressure(Air flux 0.01)

5.結論

空気流速 0.005(m/s)においては経過日数のずれはあるが挙動をシミュレートできている。しかし, 空気流速 0.01(m/s)においてはうまく挙動をシミュレートできなかった。よって, 空気流速とせん断力の関係の値を直接用いるのは妥当ではない。この原因として黒坂らの実験では水道水を用いた場合の空気流速とせん断力の関係であったことが考えられる。

しかし,0.01(m/s)では挙動をシミュレートできている事から, 水道水を用いた場合の空気流速とせん断力の関係に何らかの修正を加えたのち, モデルに適応できるか検討することが今後の課題である。

参考文献

- 1) 長岡裕:膜分離活性汚泥法における膜間差圧上昇モデル化について,月刊「水」,No.47(8),pp28-32 ,2004.6
- 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における気泡流に起因する膜堆積物剥離効果,第 34 回関東支部技術研究発表会 (発表予定)