

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開発

武蔵工業大学 学生会員 渡邊 寛隆
 武蔵工業大学 正会員 長岡 裕

1. 目的

一般的な下水処理の標準活性汚泥法に変わる高度処理法の一つとして膜分離活性汚泥法が注目された。膜分離活性汚泥法は、重力沈殿ではなく、膜を用いた完全な固液分離を行うため、固液分離不良による影響を考慮する必要がなく、最終沈殿池が必要ないため、処理施設をコンパクトに設定でき、安定した処理水量を得るといった強みも持っている。しかし、膜が目詰まることで処理水量が低下し、膜の洗浄が必要となり、洗浄に費用がかかってしまうという問題がある。膜目詰まり発生時に行う膜の物理的洗浄と薬品洗浄のタイミングは経験的視点や膜間差圧のモニターにより行っているのが現状である。そこで、この膜間差圧の上昇をモデル化出来れば、目詰まりを予測でき、最適な時期の膜洗浄を行うことが可能になることや、運転管理に貢献が期待できる。

現在、膜間差圧上昇(膜目詰まり)の原因物質は、反応槽中の微生物代謝物である、菌体外高分子ポリマー(EPS)であるとされている²⁾。また、膜目詰まりの原因をEPSとし、膜面での物理挙動をモデル化したものが提案されている⁽²⁾。その中のパラメーターであるせん断力は、曝気による空気量とせん断力の関係¹⁾として実験的に明らかになっている。本研究では、モデル式のパラメーターとして、空気量とせん断力の関係が適応できるか、実験、シミュレーションから検討していく。

2. モデル式概要

本研究では以下の(1)~(8)のモデル式を使用した。

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

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): 時間である。

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

ここで、 p (g/L): 混合液中 EPS 濃度, β (g-EPS/g-MLSS): EPS 生成率, k_{dp} (1/day): EPS 自己分解定数である。

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

ここで、 α (m/kg): EPS の比抵抗, k_{α} (1/day): 圧密に関する速度定数, α_{∞} (m/kg): 圧密後の比抵抗である。

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

ここで、 α_0 (m/kg): 圧密前の比抵抗, α_p (m/kg/Pa): 定数, P (Pa) ($P < P_{max}$): 膜間差圧である。

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

ここで、 m (kg/m²): 膜面上 EPS 密度, J (m/day): フラックス, k_{dm} (1/day): EPS の剥離速度である。

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

ここで、 γ (1/day/Pa): 定数, τ_m (Pa): 膜面のせん断力, λ_m (-): 静止摩擦係数である。

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

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

ここで、 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. 実験装置および実験方法

実験に使用した反応槽は、アクリル製で有効容積 0.1037 m³ (22.6cm × 102cm × 45cm), 膜モジュールは有効膜面積(両面) 0.1 m², 孔径 0.4 μm, 塩素化ポリエチレン製の MF 平膜を用いる。散気管は直径 18mm の塩ビ管に 19mm 間隔で 0.8mm の穴を開けたものを用いた。膜目詰まりが発生したら膜を引き抜き、0.3%の次亜塩素ナトリウム水溶液に 2 ~ 3 日浸し洗浄を行った。反応槽の概略図を図 2 に示す。

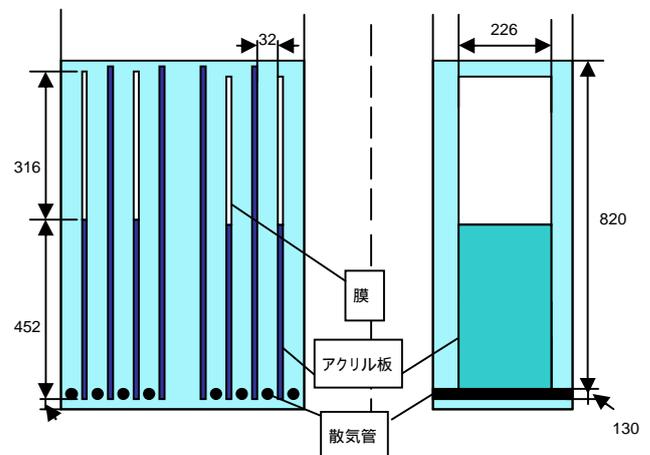


図 1: 反応槽の概略図

表 1 : 実験条件

膜No.	Case1	Case2	Case3	Case4
供給空気量(L/min/枚)	5	15	10	20
空気流速(m/s)	0.009	0.026	0.017	0.035
フラックス(m ³ /m ² /day)	0.15			
TOC容積負荷量(g/L/day)	0.7			
せん断力(Pa)	1.126	2.300	1.767	2.773
初期ろ過抵抗(1/m)	2.56	1.35	1.56	0.44

また、設定したパラメーター値²⁾を表 2 に示す。

表 2 : モデル式に用いた各パラメーター

項目	数値	項目	数値
Y(g-MLSS/g-TOC)	0.5	σ (m/kg)	1×10^{13}
kdx(1/day)	0.03	ρ (m/kg/Pa)	9×10^{10}
(g-EPS/g-MLSS)	0.03	(1/day/Pa)	0.1
k_{sp} (1/day)	0.017	m(-)	0.00007
k (1/day)	0.05	μ (Pa·s)	0.0009

4 . 結果

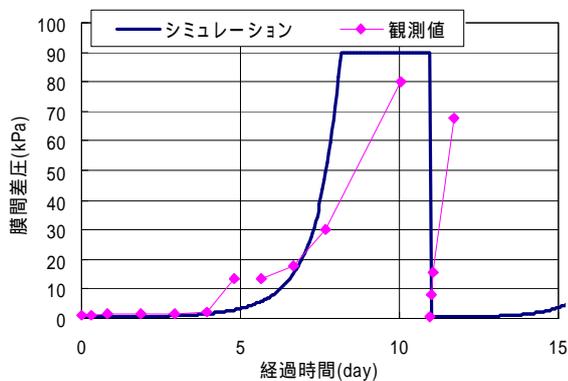


図 2 : 空気量 5 (L/min/枚)シミュレーション結果

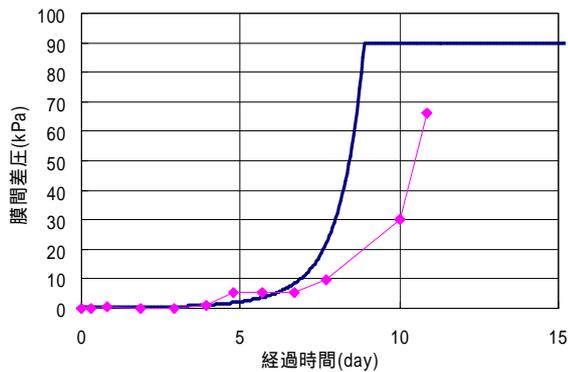


図 3 : 空気量 10 (L/min/枚)シミュレーション結果

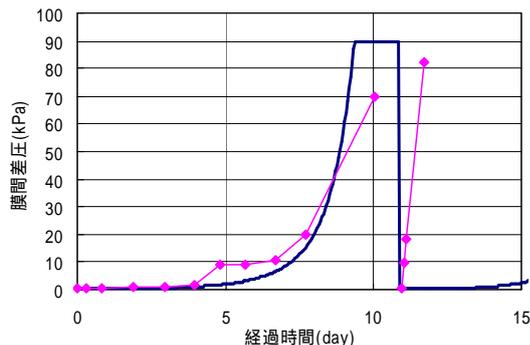


図 4 : 空気量 15 (L/min/枚)シミュレーション結果

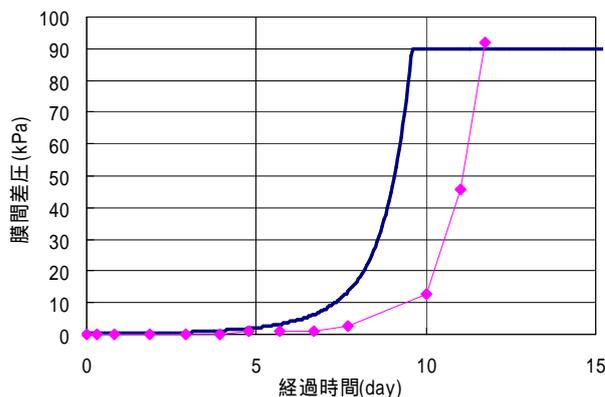


図 5 : 空気量 20(L/min/枚)シミュレーション結果

すべてのシミュレーション結果において、膜目詰まりの予測はできなかった。しかし、空気量 5(L/min/枚)、空気量 10(L/min/枚)、空気量 15(L/min/枚)については、予測できていないものの膜間差圧上昇の挙動はシミュレートできていた。

また、膜間差圧は一定の数値、1~2kPa を超えることで急激な上昇させていた。その数値については解析段階である。

5 . 考察・結論

シミュレーションによって膜間差圧上昇の挙動は示すことができたので、モデル式に実験前半部分での低い膜間差圧の数値のシミュレートと一定値を超えたときのモデル式の補正が必要であると考えます。

また、過去の空気量とせん断力の関係¹⁾は、水道水中の実験値であることから、反応槽内とは水道水中とは気泡が違う挙動をしめしている可能性があること、粘度の数値の違いなどから、モデル式に何らかの補正が必要であると考えます。

参考文献

- 1) 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
- 2) 辻横 剛：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, 土木学会関東支部講演集2008