

武蔵工業大学 学生会員 山西 忍*

武蔵工業大学 正会員 長岡 裕**

荏原総合研究所 正会員 宮 晶子***

1. はじめに

膜分離活性汚泥法において、膜の目詰まりを引き起こす要因は、反応槽内の微生物の代謝物質である菌体外高分子ポリマー(EPS)であるといわれている¹⁾。本論は、長期運転における反応槽内の生物反応活動および膜の耐久性を予測することを目的として、EPS および混合液粘度によるろ過抵抗の上昇傾向を表すモデルを構築し、Nagaoka ら(1996)の実験結果との比較を試みたものである。

2. 実験装置¹⁾

Fig.1 に実験装置を示す。反応槽の有効容積は20L(200mm×200mm×700mm)である。膜は中空糸膜を使用し、ポリエチレン製MF膜で、孔径は0.1 μmである。膜モジュールは、中空糸膜 608 本ををループ状にし、末端を束ねたもので、膜面積は 0.3m²である。人工基質は酢酸を炭素源、塩化アンモニウムを窒素源としたものを使用し、TOC 容積負荷 1.0g L⁻¹ day⁻¹で連続投入した。10 分吸引 5 分休止の間欠吸引とし、エア量は 10L min⁻¹で、膜透過流束は 0.12m day⁻¹とした。なお、実験は 141 日間行い、実験開始 27, 47, 72 日後に膜モジュールの水洗浄およびアルカリ洗浄を行い、実験開始 47, 67 日後に汚泥を 6L, 2.3L づつ引き抜きを行った。菌体外高分子ポリマーの測定は、汚泥を高速遠心分離を行った後の上澄み液に 0.1N NaOH を加え抽出したものの TOC を測定したものである。

3. ろ過抵抗上昇のモデル化

EPS が膜面に付着するためろ過抵抗が上昇すると仮定したモデル化を試みた。右の(1)～(5)式を使用し、水温 20℃における MLSS、菌体外高分子ポリマー濃度(EPS)、混合液粘度の時間変化を計算した。また、ろ過抵抗の時間変化は、10 分の吸引時は(4)式を使用し、5 分の吸引停止時には(5)式を使用し、前進差分法を用いて繰返し計算を行った。

なお(1)～(5)式中の記号の意味および用いた値は次の通りである。Y:収率(=0.6), L:TOC 容積負荷(=1.0g L⁻¹ day⁻¹), k_d:菌体自己分解速度定数(=0.032day⁻¹), k_p:菌体増殖におけるポリマー濃度比(=0.02), k_{pd}:ポリマー自己速度分解定数(=0.005day⁻¹), k_μ:比例係数(=1.8×10⁻⁷ m⁵ g⁻¹ s⁻¹), μ_{water}:水の粘性(=1.002mPa·s), α:EPS の比抵抗(=9.0×10¹⁶ m kg⁻¹), k_R:比ろ過抵抗低下率(=3.0×10¹⁰ day⁻¹)である。なお、1 回の膜洗浄によるろ過抵抗回復率は 85%と

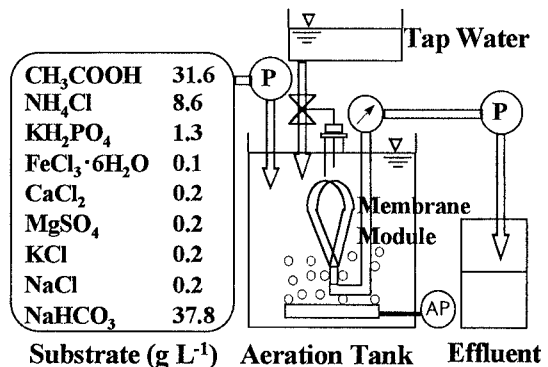


Fig.1 Schematic diagram of experimental setup.

$$MLSS(ng/L): \quad \frac{dx}{dt} = Y \cdot L - k_d \cdot x \quad (1)$$

$$EPS濃度(ng/L): \quad \frac{dp}{dt} = k_p \cdot Y \cdot L - k_{pd} \cdot p \quad (2)$$

$$混合液粘度(mPa·s): \quad \mu = k_{\mu} \cdot p^2 + \mu_{water} \quad (3)$$

$$ろ過抵抗(1/m): \quad \frac{dR}{dt} = \alpha \cdot J \cdot p - k_R \cdot R \quad (\text{吸引時}) \quad (4)$$

$$\frac{dR}{dt} = -k_R \cdot R \quad (\text{吸引停止時}) \quad (5)$$

* 武蔵工業大学工学部土木工学専攻 (〒158 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL 03-3703-3111)

** 工博 武蔵工業大学助教授 (同上)

*** 工博 (〒251 藤沢市本藤沢 4-2-1 TEL 0466-83-7741 FAX 0466-81-1680)

し、MLSS、EPS およびろ過抵抗の初期値は、それぞれ 6392mg L^{-1} 、 120mg L^{-1} 、 $2.57 \times 10^{12}\text{m}^{-1}$ とした。

4. 実験結果および考察

Fig.2 に MLSS、Fig.3 に混合液粘度の経日変化を示す。実験において、2 度目の汚泥引き抜き後、菌体増殖速度は低下し、その影響により、混合液粘度の上昇も抑制されていた。これは、空気供給量が 10L min^{-1} と少なかつたため、反応槽内が嫌氣的になり、菌体の増殖および粘度の上昇が抑制されたと考えられる。

Fig.4 に EPS 濃度の経日変化を示す。実験では、1 度目の汚泥引き抜き後、濃度が急激に上昇したため、計算結果との整合性が得られなかった。1 度目と2 度目の汚泥引き抜きの間で MLSS の増殖と比較して EPS の増殖が急激に大きくなった要因として、汚泥の引き抜きが適正に行われず、菌体から剥離し、反応槽内に浮遊していたポリマーが多く存在したためと考えられる。

Fig.5 にろ過抵抗の経日変化を示す。計算結果は直線的に上昇する傾向にあったが、実験結果は、指数増加的に上昇する傾向が見られた。これは、膜表面に EPS がケーキ層を形成し、その後、吸引により圧密が生じ、付着した EPS が剥離しにくく、ケーキ層抵抗の影響が大きくなったためであると考えられる。計算では、吸引による膜面での圧密による影響を考慮せずに行ったので、比較における誤差は、圧密による抵抗の影響であるといえる。

Fig.6 に膜付着 EPS 量の経日変化を示す。なお、計算による付着量はろ過抵抗 R を EPS 比抵抗 α で除したものである。実験が進むにつれ付着量が大きく、付着速度も速くなっていることがわかる。これは、圧密等により付着した EPS が剥離しにくくなったためと推測される。

5. まとめ

ろ過抵抗上昇のモデル化については、EPS の膜面への圧密によるケーキ層およびゲル層抵抗の影響。また、反応槽内の溶存酸素の減少による増殖律速の影響等の関係諸因子の要因を考慮に入れて、より一般的に適用できるようなモデル式を構築することが必要であるといえる。

参考文献

- 1) Nagaoka, H. et.al (1996) Influence of Bacterial Extracellular Polymers on Membrane Separation Activated Sludge Process. *Wat.Sci.Tech.*, 21, 165-172

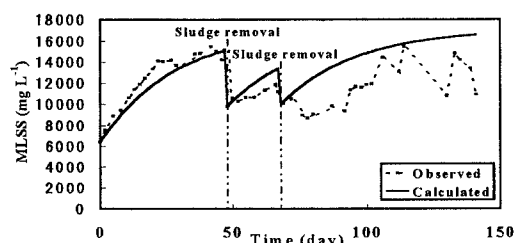


Fig.2 Variation of MLSS.

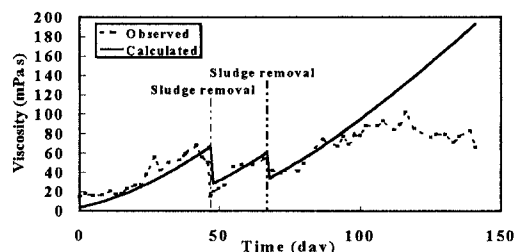


Fig.3 Variation of viscosity in mixed liquor.

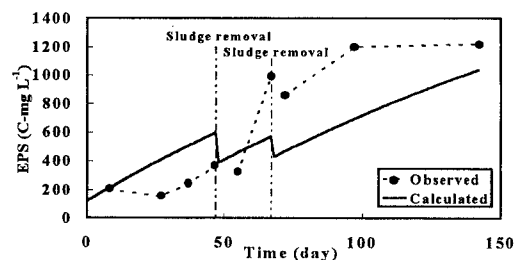


Fig.4 Variation of Extracellular polymers substances.

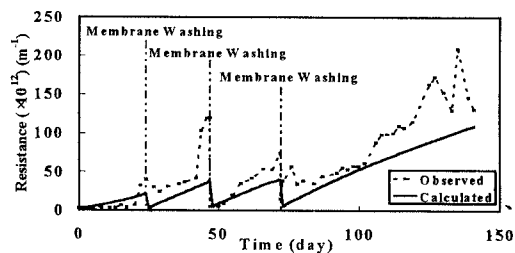


Fig.5 Variation of filtration resistance.

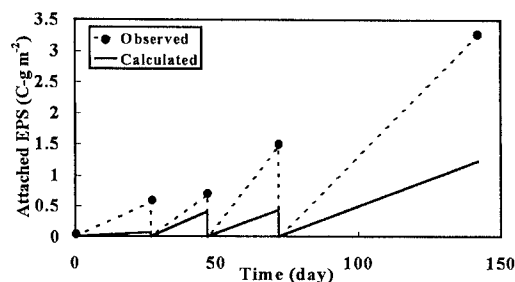


Fig.6 Variation of attached EPS on membrane.