

膜分離活性汚泥法におけるファウリング要因物質 EPS の分解作用の検討

東京都市大学大学院 学生会員 ○橋本 祥子
東京都市大学 正会員 長岡 裕

1. 研究背景及び目的

膜分離活性汚泥法において、ファウリング発生の主な原因物質として、菌体外高分子ポリマー

(Extra-cellular Polymeric Substances : EPS) が挙げられる。解決策として、スポンジなどで膜面をこすなどの物理的洗浄が挙げられるが、完全に改善されないことから、膜孔内に膜堆積物侵入の可能性が示唆される。長岡らによりファウリング予測のモデル式が考案されている。しかし、膜面における EPS が吸着とせん断力による剥離という物理的現象のみの考慮であり、膜孔内への EPS の侵入が考慮されていない。更に、赤穂らにより EPS の時間経過に伴う低分子か示唆されている。以上のことより、EPS 挙動の解明はファウリング予測のモデル式の精度を高め、より正確な予測を行うことが可能になると言える。本研究は、堆積した EPS の状態変化に着目し EPS 分解作用の存在を明確にするための実験・分析方法の考案及び解明を目的とする。

2. 実験方法

2.1 サンプル実験

塩素化ポリエチレン製 MF 膜 (CPE 膜, 孔径 $0.4\mu\text{m}$) 及びガラス繊維膜 (GC 膜, 孔径 $0.5\mu\text{m}$) を用いて抽出した EPS 溶液の全量濾過を行った。膜の主成分と汚泥に含まれる成分との比較を行い、炭素量変化の指標となる成分の確認及び実験で使用する膜を決定した。

2.2 サンプル実験方法

120ml の汚泥を採取し、30ml ずつに分け 3000G で 10 分間、遠心分離を行った。上澄みに陽イオン交換樹脂 (CER) を加え、1 時間半攪拌し 10 分間の遠心分離を行った。CER を取除き、再度 14000G で 10 分間、遠心分離を行い液相 EPS を抽出した。再度遠心分離を 10 分間行い上澄みを捨て、20ml のバッファーと CER を加えたものを付着 EPS とした。その後、1 時間半攪拌し 10 分間の遠心分離を行った。CER を取除き、再度 14000G で 10 分間、遠心分離を行い付着 EPS を抽出した。抽出した液相 EPS と付着 EPS を併せて EPS 溶液とした。CPE 膜は、径 30mm の濾過範囲に対し EPS

溶液を 5ml~30ml までの EPS 溶液の濾過を行った。GC 膜は、径 5mm の濾過範囲に対し EPS 溶液 1 ml・2.5ml の全量濾過をそれぞれ行った。各膜の主成分の検討を行うため純水のみでの濾過も行った。濾過後膜を乾燥炉内に一日入れて乾燥させ、蛍光 X 線分析 (XRF) により膜表面の分析を行った。

2.3 実験方法

GC 膜を用いて、MLSS を 1500mg/L に希釈した培養汚泥の全量濾過を行った。膜の初期濾過抵抗を調べるため、初めに純水 50ml の濾過を行い、汚泥 25ml の濾過を行い、一旦、膜面に形成された汚泥層をキムワイプでふき取るという工程を 2 回繰り返した後、純水 50ml の濾過を行い、濾過後の濾過抵抗を調べた。同様の条件及び方法で、GC 膜を用いた濾過を行い 10 枚のサンプルを用意した。濾過直後の膜の状態を分析するため、サンプル 1 枚をデシケーターに入れ、自然乾燥させ、XRF による分析を行った。残りのサンプルは、水温 14.0°C の水を入れた槽に浸漬させ時間経過させた後、再び濾過抵抗を測り XRF にて分析を行った。浸漬させる際、GC 膜を固定するため、GC 膜の上に CPE 膜と金網、おもりの順に乗せた。また、GC 膜の状態を調べるため、ブランク試験も行った。表 1 に使用した汚泥の条件を、図 1 に GC 膜の浸漬状況を示す。

表 1 汚泥条件

	サンプル実験時	全量ろ過実験時
MLSS(mg/L)	13243.3	7093.3
EPS濃度(mg/L)	428.0	142.1

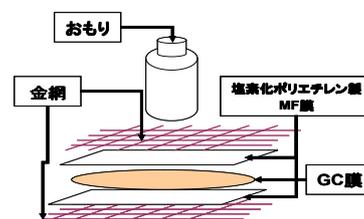


図1 GC 膜浸漬状況

3. 実験結果及び考察

3.1 サンプル実験分析結果及び考察

図 2 に CPE 膜のサンプル実験結果を図 3 に GC 膜サ

ンプル試験結果を示す。

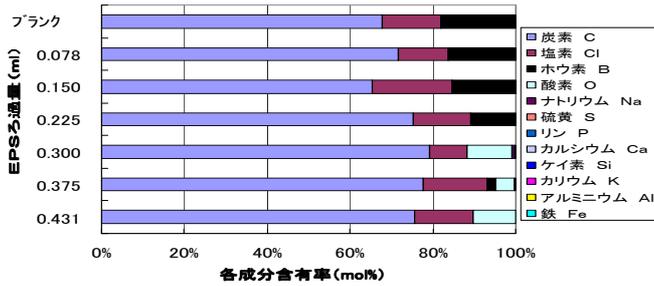


図2 サンプル実験結果(CPE膜)

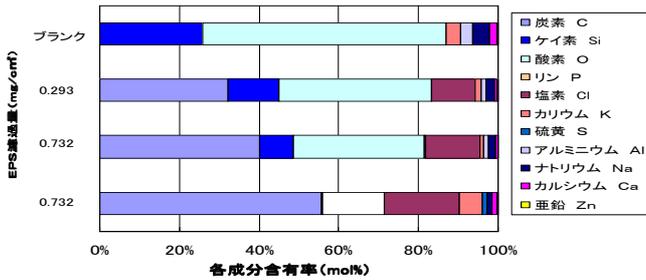


図3 サンプル実験結果(GC膜)

炭素含有量変化は、指標とする成分を基準とし比較するため、膜構成成分且つ汚泥中に含まれない成分でなければならない。図2に示すように、CPE膜の主成分はC・B・Clであることがわかった。B及びClは汚泥に含まれないものとし、炭素変化の指標になり得るが、BはXRFの精度上、検出されないことがあるうえ、EPS溶液濾過量と炭素含有率に相関が見られなかったことや、図3に示されるように汚泥にClの供給があることからCPE膜を使用した分析は困難であると判断した。一方、GC膜の主成分はO・Siであり、図3よりSi含有率はEPS溶液濾過量と比例することがわかる。Siの汚泥への供給はないものと考え、以上のことからSiを炭素変化の指標とし、GC膜を用いて分析を行っていくことが妥当であると判断した。

3.2 実験結果

図4に時間経過に伴う濾過抵抗を、図5に炭素量の変化を示す。

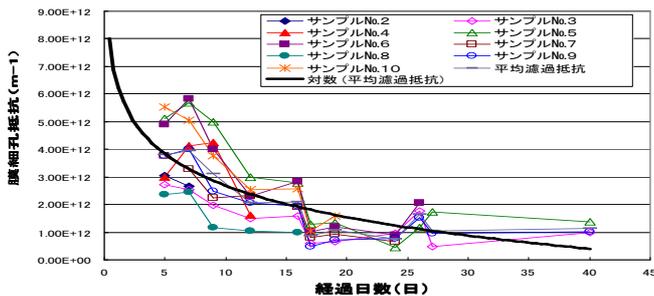


図4 5日以降の濾過抵抗

実測濾過抵抗と初期濾過抵抗の差を膜細孔抵抗と

した。キムワイブにより膜面に形成された汚泥層を除去したため汚泥層による濾過抵抗はないものとして、(1)式を用いて膜細孔抵抗を算出した。

$$R = R_m + R_c + R_p \dots (1)$$

R: 実測濾過抵抗(m⁻¹), R_m: 初期濾過抵抗(m⁻¹), R_c: 汚泥層濾過抵抗(m⁻¹), R_p: 膜細孔濾過抵抗(m⁻¹)

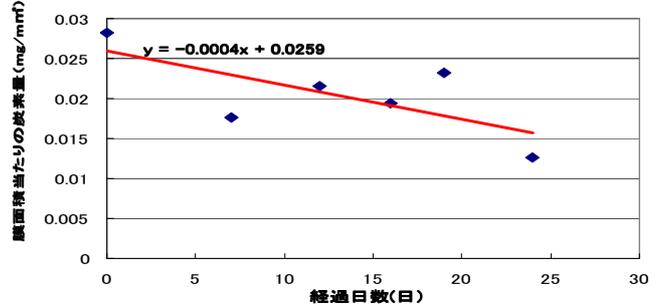


図5 時間経過に伴う炭素量

また、図6に図4と図5の炭素量及び膜細孔内抵抗を比較したものを示す。

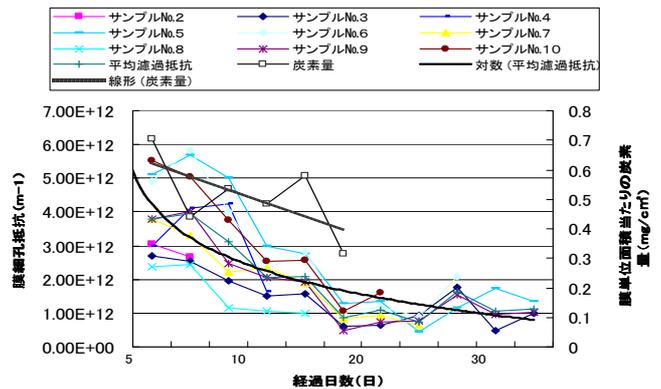


図6 炭素量と膜細孔抵抗の比較

濾過後5日目の急激な濾過抵抗の減少がみられたが、これは膜面に残留していた汚泥層の剥離によるものと判断し、5日目以降の濾過抵抗に着目した。図4より、若干ではあるが、減少傾向にあることがわかる。また、図5より炭素量は、時間経過に伴い減少傾向にあることが示唆される。更に、図6より炭素量の減少に伴う膜細孔抵抗の減少が見られた。

4. 考察・結論

MLSSが1500mg/Lの希釈汚泥の全量ろ過をGC膜により行い、膜主成分であるSiを指標として時間経過に伴う炭素量変化及び膜細孔抵抗変化に着目することを、EPS状態変化の分析方法とし採用した。また、時間経過に伴い炭素量・膜細孔内抵抗に減少傾向があることや、炭素量の減少と共に膜細孔抵抗が減少することから、EPSには分解作用が存在することが示唆された。