

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

武蔵工業大学	学生会員	○橋本	祥子
武蔵工業大学大学院	学生会員	菅原	充
武蔵工業大学	正会員	長岡	裕

1. 研究背景及び目的

高度下水処理法の一例として活性汚泥法が挙げられるが、中でも膜分離活性汚泥法が注目されている。膜分離活性汚泥法は、膜を生物反応槽に浸漬させ、吸引濾過を行い処理水を得る方法であり、最終沈澱池の省略による処理施設のコンパクト化や汚泥の維持管理が用意である、安定して良質な処理水が得られるなどのメリットがある。一方、デメリットとして、運転コストが高いことや膜目詰まり“ファウリング”の発生が挙げられる。ファウリング発生の主原因物質として、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る物理的洗浄があるが、完全に解決出来ないことから、更なる解決策として薬品洗浄が挙げられる。しかし、薬品洗浄は、膜の劣化を早めるためファウリングの予測・管理が必要である。また、物理的洗浄のみでファウリングが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考えられる。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。¹⁾しかし、膜面における EPS が吸着とせん断力により剥離するという物理的な現象の考慮のみであり、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が示唆されている。²⁾以上のことから、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、膜に堆積した EPS の状態変化に着目し EPS 分解作用を明確にし、EPS 挙動の解明を目的とする。本研究は、時間経過による炭素及び孔内濾過抵抗の変化により EPS の分解作用を検討する。濾過抵抗と初期濾過抵抗の差を孔内濾過抵抗とする。

2. 実験方法

2.1 サンプル実験

培養中の汚泥より EPS 溶液の抽出を行った。抽出した EPS 溶液の濾過を実験で使用した GC 膜を用いて行った。サンプル実験を行うことにより、GC 膜の主成分と汚泥に含まれる成分との比較を行い、炭素増加の指標となる成分を確認する。EPS の抽出を行う際、液相 EPS と付着 EPS に分けて抽出を行い、抽出した液相 EPS と

付着 EPS を併せて EPS 溶液とした。微生物の新陳代謝物が菌体に付着しているものを付着 EPS、菌体から剥離し液中を浮遊しているものを液相 EPS とした。

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 EPS 溶液とした。EPS 溶液濾過面積 5 mm に対し、EPS 溶液 1 ml・2.5ml の全量濾過をそれぞれ行った。膜の主成分の検討を行うため純水のための濾過も行った。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）により膜の分析を行った。

2.3 実験方法

孔径 0.45 μ m の GC 膜を用いて培養している汚泥の全量濾過を行った。汚泥は、ある程度の濾過性を維持するため 1500mg/L に希釈したものを使用した。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 枚のサンプルを作った。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 膜の上に塩素化ポリエチレン製 MF 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。全量濾過装置を図 1 に示す。



図1 全量濾過装置

3. 実験結果

3.1 サンプル実験分析結果

図1にGC膜を用いたブランク試験結果を、図2に抽出したEPS溶液濾過を行った後の分析結果を示す。

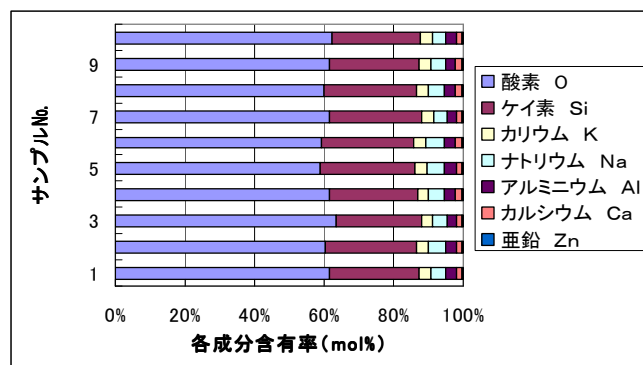


図2 GC膜ブランク試験分析結果

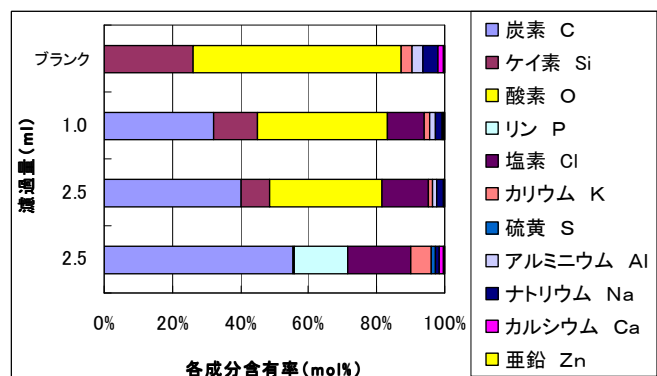


図3 GC膜EPS濾過後分析結果

図2に示すブランク試験分析結果より、GC膜の主成分は酸素・ケイ素・カリウムなどであることがわかった。図3よりEPS溶液濾過後ケイ素の含有率はすべてのサンプルにおいてブランク膜と比較すると減少し、EPS溶液濾過量と比較すると、炭素含有率は濾過量増加に伴い増加し、ケイ素含有率は減少していることがわかる。よって、ケイ素は汚泥中に含まれていないものと考え、GC膜によるケイ素を炭素増減の指標としEPS挙動の分析

を行うこととする。

3.2 実験結果

図4に時間経過させた膜の孔濾過抵抗を、図5にXRFによる分析結果を示す。

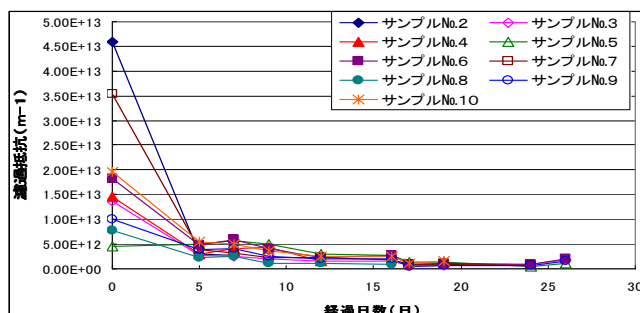


図4 孔内濾過抵抗

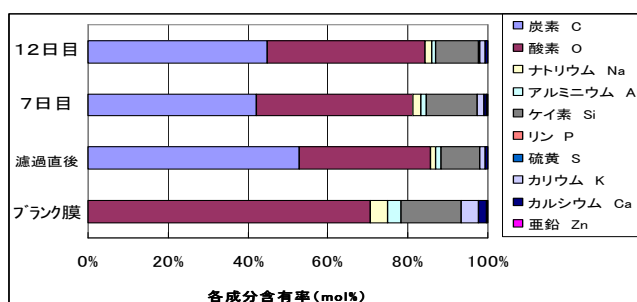


図5 XRF分析結果

図4より、孔内濾過抵抗は、時間経過に伴い減少傾向にあることがわかる。また、図5より、炭素の含有率は濾過直後と比較すると僅かではあるが、減少していることがわかる。

4. 考察

時間経過に伴い、孔内濾過抵抗が減少傾向にあることや、濾過直後と比較すると、炭素含有率が僅かではあるが減少していることから、EPSの膜面における分解作用があるのではないかと考える。

5. 参考文献

- 1) H.Nagaoka, S.Yamanashi, and A.Miya(1998): Modeling of biofouling by extracellular polymers in a membrane separation activated sludge system, Wat.Sci.Tech,Vol.38,No.4-5,pp.497-504,
- 2) H.Akoh et al. Change of molecular-weight distribution of EPS attached on membrane surface in MBR,1st IWA-ASPIRE Conference & Exhibition,2005.7