

膜分離活性汚泥法(MBR)における膜細孔内 EPS の分析手法の検討

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 (MBR) におけるファウリング物質である菌体外高分子ポリマー (Extra-cellular-Polymeric Substances : EPS) は、膜細孔内へ侵入し、不可逆的ファウリングを引起すと考えられる。膜細孔内 EPS を分析するには、通常、抽出操作が必要となるが、抽出に伴う回収率の問題や組成の変化などが問題となることがある。

本研究では、抽出作業をすることなく、直接膜細孔内 EPS の定性分析及び定量分析を行う手法の開発を目的とし、ファウリングの生じた膜を直接、蛍光 X 線分析 (X-Ray Fluorescence analysis : XRF) 及び赤外分光装置 (Fourier-transform infrared : FT-IR) により分析する手法の検討を行った。

2. MBR 運転状況

室内実験で使用した実験装置は、有効容積 0.0387 m³ のアクリル製の槽である。汚泥をいれ MBR として使用した反応槽に用意した膜モジュール A・B (公称孔径 : 0.4µm, 塩素ポリエチレン製 MF 膜 : CPE 膜) を浸漬させ吸引濾過を行った。TMP が 60 kPa 付近に達したときファウリング発生と判断し膜を引抜き、スポンジによる膜面の物理洗浄を行った。物理洗浄直後の TMP が改善されなくなった室内実験開始 21 日目に膜細孔内へ侵入物が存在すると判断し、膜の切り取り XRF 及び FT-IR 分析を行った。

現場実験は、有効容積 50L の塩化ビニル製の槽に汚泥を入れ、下水を原水として MBR として 40~50 日間の連続運転を行った。その後、膜を引抜きスポンジによる膜面洗浄を行い、XRF 及び FT-IR による分析を行った。TMP が 8~10kPa に達したとき TMP 上昇僅かとし、TMP が 20~30 kPa に達したとき TMP 上昇とした。

C は膜素材である塩素化ポリエチレンの構成元素となってしまうことから、その定量には、同じく構成元素である Cl を基準として、C 量を求めた。構成元素に B も含まれていたが、B は XRF の精度上検出

されないことがあるため、Cl を基準とした。

C 量算出は(1)式を用いて行った。

$$Cl \times \frac{C_{wt\%}}{Cl_{wt\%}} = C \dots (1)$$

ろ過膜固有成分量 (mg), wt% : ろ過後ろ過膜固有成分含有率 (wt%), C : ろ過後炭素量 (mg), C_{wt%} : ろ過後炭素含有率 (wt%)

3. 分析結果及び考察

3.1 XRF 分析結果

図 1 に室内実験, 図 2 に現場実験における XRF 分析結果を示す。

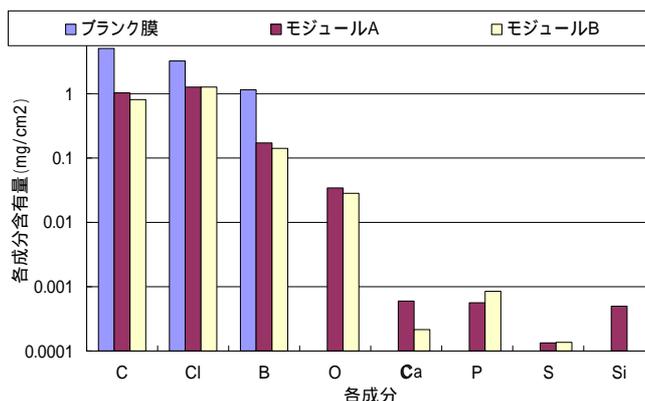


図 1 各成分含有量変化(室内実験)

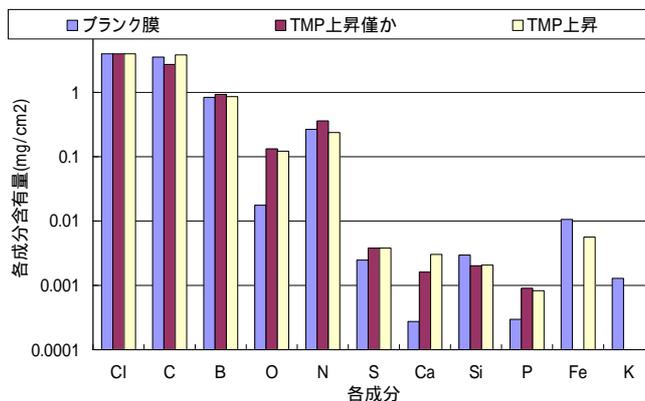


図 2 各成分含有量(現場実験)

図1より、室内実験おいてろ過後の膜にろ過前には検出されなかった O, Ca, P, Si, S が検出されているこ

キーワード 膜分離活性汚泥法 ファウリング EPS

連絡先 〒158-8857 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL03-5707-0104 (内線 3257)

とがわかった。また、図 2 より、現場実験においてろ過後の膜で O, S, Ca, P が増加していることがわかった。室内・現場実験共に Cl 量はあまり変化しなかった。

上記の XRF 分析結果より、汚泥ろ過後、膜細孔内に侵入した物質の成分には O, Ca, P, Si, S が含まれることが示唆される。

また、室内・現場実験共にろ過後の膜において増加量がマイナスになってしまっている成分が見受けられる。これは、膜そのものの元素組成にばらつきがあるため生じてしまったものと推察される。

3.2 FT-IR 分析結果

図 3 に室内実験、図 4 に現場実験における FT-IR 分析結果を示す。



図 3 IR スペクトル(室内実験)

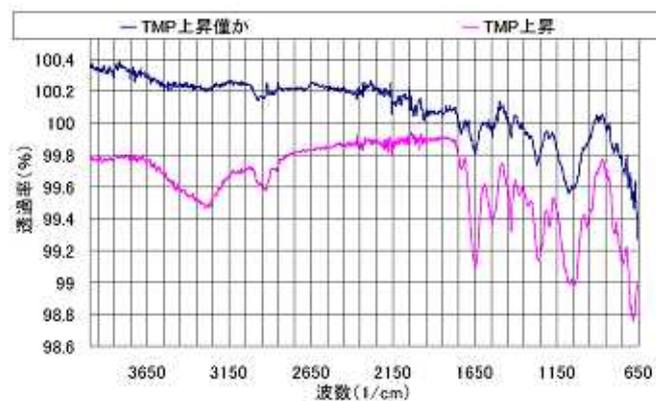


図 4 IR スペクトル(現場実験)

波数 3300 cm^{-1} 前後及び 1650 cm^{-1} 前後、 1540 cm^{-1} 前後に見られるピークはタンパク質第二級アミドに特有のピークでありそれぞれ N-H 結合(伸縮)、C=O 結合(伸縮)、N-H 結合(変角)を示す^{1), 2)}。室内・現場実験の全てのサンプルにおいてタンパク質に特有の波数 3300 cm^{-1} 前後及び 1650 cm^{-1} 前後、 1540 cm^{-1} 前後にピー

クが見られるため、膜細孔内 EPS の存在が示唆される。

上記の FT-IR 分析結果より、全てのサンプルが EPS の主成分であるタンパク質第二級アミドである波数 3300 cm^{-1} 前後(N-H 結合-伸縮)及び 1650 cm^{-1} 前後(C=O 結合-伸縮)、 1540 cm^{-1} 前後(N-H 結合-変角)のピークを有していることから、膜細孔内物質は EPS であると推察される。

また、現場実験において、TMP 上昇が激しい程、透過率は低くなっていることがわかる。このことから、吸引ろ過を続ける程、膜細孔内へ EPS が侵入していることを定量的に確認した。

4. まとめ

本研究は MBR における膜細孔内 EPS の分析手法の検討を目的とし、ファウリング前後の膜の成分変化及びファウリング発生後の膜において、EPS 主成分であるタンパク質に特有の官能基の IR スペクトルピークを観察した。

以下に本研究のまとめを示す。

(1) XRF 分析より、膜細孔内に侵入した物質の成分には O, Ca, P, Si, S が含まれることが示唆された。

更に、膜固有成分そのものにばらつきがあるため、マイナスとなってしまった成分が生じたと推察される。

(2) FT-IR 分析より、室内・現場実験における全ての IR ピークにおいて、タンパク質第二級アミドに特有である波数 3300 cm^{-1} 前後(N-H 結合-伸縮)及び 1650 cm^{-1} 前後(C=O 結合-伸縮)、 1540 cm^{-1} 前後(N-H 結合-変角)のピークが観察された。よって、膜細孔内侵入物質は EPS であると示唆された。

(3) TMP 上昇が高く、汚泥吸引量が多い IR スペクトルにおける透過率が低いことから、吸引ろ過を続けるほど膜細孔内に EPS が侵入することが示唆された。

尚、この研究は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務として実施したものです。

- 参考文献 -

- 1) 新津 隆志：有機スペクトル解析 P92～104
- 2) Zhiwei Wang, Zhichao Wu and Shujuan Tang(2009): Extracellular polymeric substances (EPS) properties and their effects on membrane fouling in a submerged membrane bioreactor P2508