

浸漬型 MBR の膜表面及び膜細孔内におけるファウリング物質の分析

東京都市大学大学院 学生会員 ○佐々木 敬成
東京都市大学 正会員 長岡 裕

1. はじめに

膜分離活性汚泥法(MBR)の運転には、菌体外高分子ポリマー(EPS)等の活性汚泥の代謝産物の付着により膜ファウリングが発生する。膜ファウリング機構解明することは、ファウリング発生時期予測や抑制対策を講じるために重要である。既往の研究では、膜ファウリングは膜特性、原水水質や運転条件等の因子によりファウリング機構が大きく変化し¹⁾、反応槽内の活性汚泥の性状や代謝産物との相関が高い²⁾ことが示唆されている。MBRにおける膜ファウリング発生機構の検討を行う際には膜表面と膜細孔内のそれぞれのファウリング物質の特性を把握することが望ましい。

本研究では、実験条件の異なる浸漬型 MBR のラボスケール実験を行い、膜表面と膜細孔内のファウリング物質の成分元素及び官能基の分析を実施し、それぞれのファウリング物質の特性調査を目的する。本報告では異なる膜孔径の PVDF 膜を用いたファウリング物質の FT-IR 分析結果について報告する。

2. 実験概要

2.1 実験装置

図 1 に実験装置図を示す。汚泥反応槽は縦 960mm、横 580mm、幅 332mm のアクリル水槽であり、混合液の有効容積は 121L である。汚泥反応槽内に膜装置を固定するため縦 585mm、横 80mm、幅 235mm のユニットを浸漬させた。またユニット下部に孔径 3mm の散気口を 5 つ設け、エアポンプから直接空気を送り膜面曝気を行った。膜装置は縦 220mm、横 220mm、幅 10mm のアクリル製装置であり、上面部に直径 60mm の穴を 4 つ設けた。それぞれの穴を覆うように直径 90mm の PVDF 膜を接着剤で貼り付け、装置上部の吸引口よりポンプに接続して吸引ろ過を行った。また適正な処理水量を確保するために、ダミー膜を用いて膜装置と同様に吸引ろ過を行った。人口基質の滴下は実験装置上部より行った。

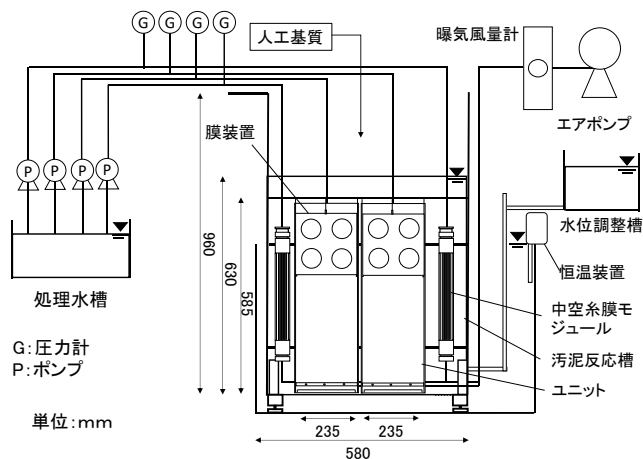


図1 実験装置図

2.2 実験方法

図 2 に本実験の実験フローを示す。MBR 運転を行いファウリングさせた膜は、カッターを用いて切り取りを行い、乾燥炉で 24 時間乾燥させた。事前に膜表面をスポンジで拭き取る膜と拭取らない膜の分析を行い、膜表面と膜細孔内のファウリング物質の区別を行った。FT-IR 分析は赤外吸収スペクトルより有機化合物の有効な情報を得ることが出来る。スペクトル波形の透過率が下がる点がピークであり、透過率が下がり始める前を基準とし、その下がり幅をピーク高さとする。

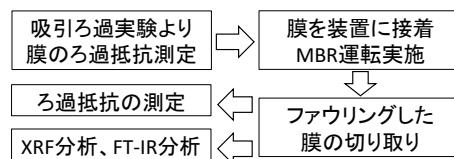


図2 実験フロー図

2.3 実験条件

表 1 に実験条件を示す. 運転サイクルや膜孔径が異なる Case1~Case3 の実験を実施した. 養生期間は測定や活性汚泥の引き抜きを行わずダミー膜のみの運転により養生を行った. 活性汚泥の引き抜きは SRT (汚泥滞留時間) により引き抜き量を決定し, 毎回の測定日に実施した.

キーワード MBR, ファウリング, FT-IR 分析

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 水圏環境・長岡研究室

TEL : 03-5707-0104 内線 3258 E:mail:g1881616@tcu.ac.jp

表 1 実験条件

	養生期間	Case1	Case2	Case3
運転期間	0日目～38日目	39日目～58日目	59日目～90日目	91日目～
運転サイクル	9分運転-1分停止	8分運転-2分停止		
膜孔径		0.45 μm	0.22 μm	
フラックス		0.05m ³ /day		
SRT		40日		
曝気風量		30L/min	40L/min	
汚泥水温		25 $^{\circ}\text{C}$		
TOC容積負荷	0.75kg/m ³ /day	0.50kg/m ³ /day	0.25kg/m ³ /day	

3. 実験結果

図 2, 図 3 に Case2, Case3 の FT-IR 分析より得られた膜表面と膜細孔内のファウリング物質の IR スペクトル, 図 4, 5 にそれらの拡大図を示す. いずれの膜表面のスペクトルにおいて, $1,650\text{cm}^{-1}$ 及び $1,540\text{cm}^{-1}$ 付近に顕著なピークが見られた. このピークはアミド結合に起因するピークであるため, タンパク質の存在が示唆された. また同様に 1080cm^{-1} と 1040cm^{-1} で顕著なピークが見られた. このピークは C-O 伸縮に起因するピークであり, $3,280\text{cm}^{-1}$ 付近にもピークが見られ O-H 伸縮に起因するピークである. これらのピークは多糖類物質に関連することが出来る. また各スペクトルで透過率 100%を超えるスペクトルが検出されている. これはファウリングした膜の透過率を算出した際に, ブランク値として膜のみの透過率を考慮したためである. 膜表面ファウリング物質の各条件においてスペクトルの概形がほとんど一致するが, 膜細孔内は特に $1,650\text{cm}^{-1}$ 及び $1,400\text{cm}^{-1}$ 付近においてスペクトル波形が異なることが示された. $1,300\text{--}1,500\text{cm}^{-1}$ のピークはフミン質物質に起因するピークである. また膜表面に堆積するファウリング物質は大きなスペクトルの違いは確認されなかったが, 膜細孔内に堆積するファウリング物質は運転条件や膜孔径により特性が異なることが示唆された.

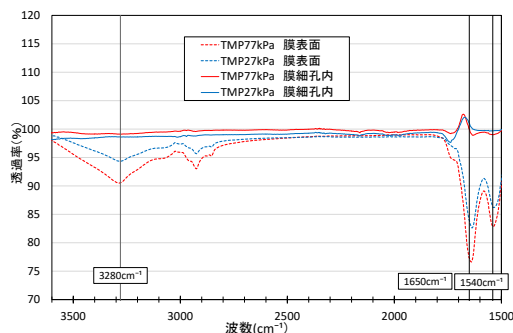


図 2 Case2 (61 日目)の膜表面及び膜細孔内のファウリング物質の FTIR スペクトル結果

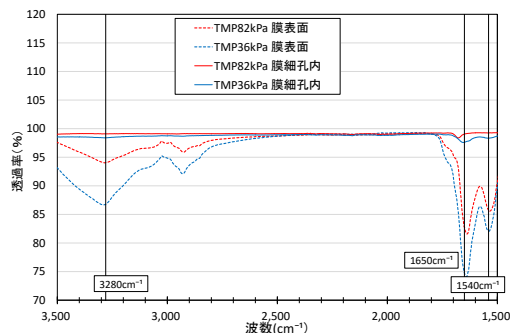


図 3 Case3 (93 日目)の膜表面及び膜細孔内のファウリング物質の FTIR スペクトル結果

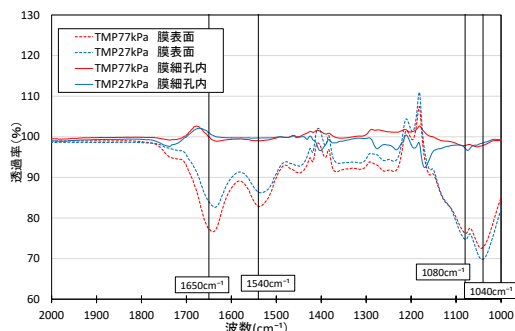


図 4 Case2 の FTIR スペクトル結果拡大図

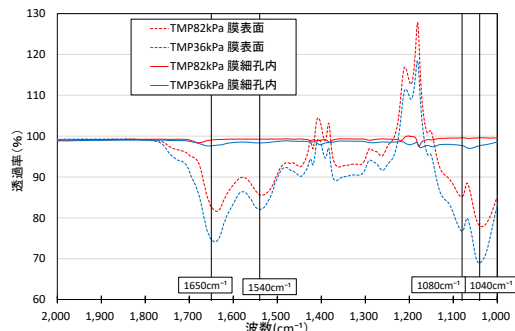


図 5 Case3 の FT-IR スペクトル結果拡大図

4. まとめ

本報告ではラボスケールの浸漬型 MBR 実験を行い膜表面及び膜細孔内のファウリング物質の FT-IR 分析を行った結果, タンパク質や多糖類の存在を確認した. また膜表面のファウリング物質は膜孔径が異なる場合の大きな差異は確認されなかったが膜細孔内のファウリング物質は, 運転条件や膜孔径により特性が異なることが示唆された.

参考文献

- 1) 渡辺義公, 山村寛ほか, ファウリングの原因と対策・抑制技術, S&T 出版株式会社, 2016, pp.3-19
- 2) Miyoshi, T., Tsuyuhara, T., Ogyu, R., Kimura, K., and Watanabe, Y. :Seasonal variation in membrane fouling in membrane bioreactors (MBRs) treating municipal wastewater .Water Research, 2009.43(20),pp.5109-5118.