

浸漬型平膜モジュールにおいて曝気による振動がファウリング抑制に与える影響

東京都市大学 学生員 ○井上 美穂
 東京都市大学大学院 学生員 酒井 駿治
 東京都市大学 正会員 長岡 裕

1. はじめに

膜分離活性汚泥法は、膜ファウリングを抑制するため曝気による膜表面の物理洗浄が行われているが、エネルギーコストが大きいことが課題であり、曝気風量の削減が求められている。MBR 反応槽内では、曝気の気泡が不均一なため膜を挟む両曝気流路には不規則に速度差が生じ、それにより連続的かつ不規則的に圧力差が発生するため平膜は振動する。

谷田ら¹⁾により、膜が振動すると振動振幅及び振動周波数に比例してせん断速度が上昇するため、ファウリング抑制に作用すると報告されている。そこで、ファウリング抑制に効果的な条件を解明するため、本研究ではレーザー変位計を用いて平膜の振動について検討を行った。

2. 実験概要

2-1. 実験装置

図1に実験装置の概略図を示す。容積 1720mm×530mm×170mm の塩化ビニル製の水槽に実スケールの膜ユニットを浸漬させ、膜モジュールを3枚設置し、動かないようゴム製の留め具で固定した。両外側に挿入した膜モジュールはダミーとし、中央の膜モジュールのみ変位及び膜間差圧の測定を行った。測定用膜モジュールにはスペーサー、その上に膜シートを貼り付け、裏面に取り付けしたノズルにチューブを接続し透過水を排出した。散気管は、孔径 4mm の散気口が開いた管を 65mm 間隔に 6 か所取り付け、測定用膜モジュールの直下に設置した。

透過水は循環槽へ流入し、循環槽の水は装置内へ戻して循環させ、越流水は循環槽に排出した。レーザー変位計(LK-G150 KEYENCE)は、測定用膜モジュールの膜シートを貼り付けた表面とろ板のみの裏面の2方向から測定を行うため1台ずつ設置し、圧力計(AP-C35 KEYENCE)は、ノズルと吸引ポンプ間の水面高さに設置した。

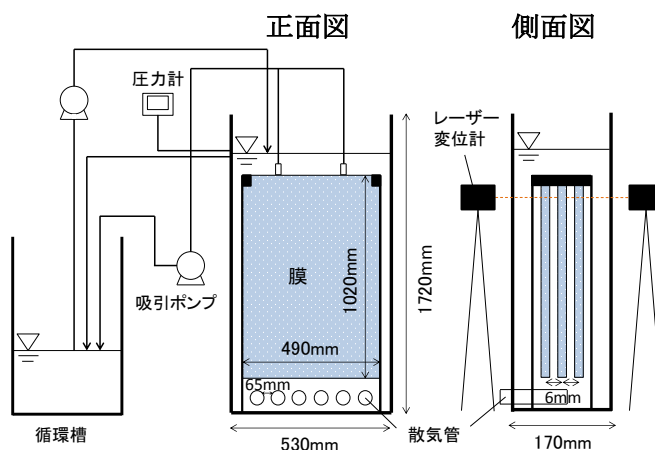


図1 実験装置概略図

2-2. 実験条件

30L の水道水を約 60℃に加熱し、ペクチン 3g、ゼラチン 3g を溶解させ、0.03%濃度の人工試料を作成した後水槽に投入し、100L まで水道水を満たした。

厚さ 4mm、6mm の平膜を用いて、それぞれ左右から 245mm、下から 950mm の点の変位を測定した。膜透過フラックスは 0.6m/d、曝気量は 15L/min、サンプリング周期は 100Hz(0.01 秒おき)に設定した。

図2に測定サイクルを示す。今回、実運転でも多く用いられている間欠吸引での運転を行った。レーザー変位計は、基準点を定めるため停止状態を 20 秒、水槽内を攪拌させるため曝気のみを 1 分、その後間欠吸引を開始させ、曝気しながら吸引 9 分、吸引停止 1 分の 10 分間を 2 サイクル測定した。その後、間欠吸引を続けながら圧力計で膜間差圧を測定し、膜間差圧上昇後、上昇前と同様に変位の測定を行った。

また、膜シートを貼っている表面とろ板のみの裏面の変位の差分をとり、膜シートのみの変位とした。

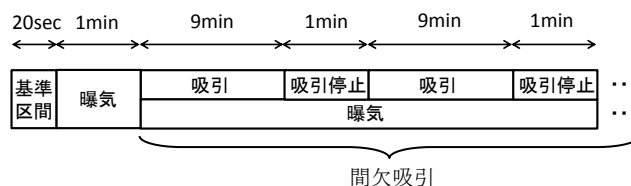


図2 測定サイクル

キーワード 膜分離活性汚泥法 振動 振幅 周波数

連絡先〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学都市工学科 TEL 03-5307-0104

3. 測定結果及び考察

図3にろ板の厚さ4mm, 6mmにおける膜間差圧の経時変化を示す。間欠吸引のため、吸引停止の1分間で膜間差圧が約0kPaとなる値を削除してグラフを作成した。また、測定値に対して近似線を引き、その傾きを膜間差圧の上昇速度として表した。4mmのろ板では0.7604kPa/h, 6mmのろ板では0.1665kPa/hとなり、厚さの薄い4mmのろ板が6mmのろ板に比べ約4.5倍の上昇速度となった。

図4に曝気条件下におけるろ板の変位の標準偏差と膜間差圧の上昇速度の関係を示す。厚さ6mmのろ板は4mmのろ板と比べ、標準偏差が小さくなったが、ろ板の標準偏差が小さい方が膜間差圧の上昇速度は小さくなった。ろ板の変動が大きいと、曝気による気泡と膜面の摩擦や流速によるせん断力が働く方向が分散し、膜面に働く力が小さくなるため洗浄効果が低くなったと考えられる。

図5に曝気中のろ板のパワースペクトル、図6に吸引停止中(620秒～680秒)の膜シート(ろ板からの相対変位)のパワースペクトルを示す。

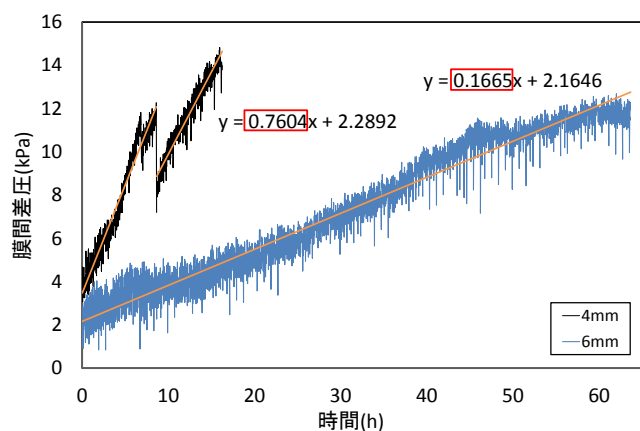


図3 膜間差圧の経時変化

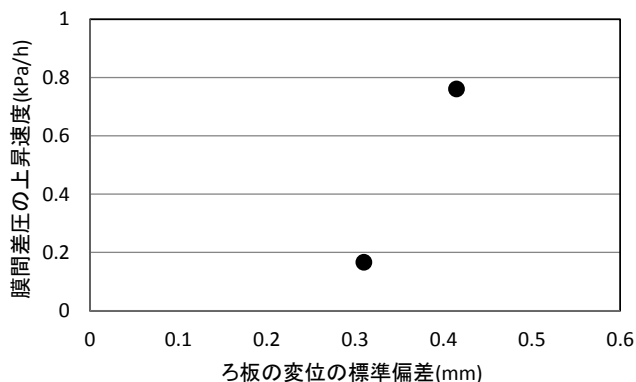


図4 ろ板の標準偏差と膜間差圧の上昇速度の関係

図5より、6mmのろ板では約5Hzでピークが見られたが、4mmのろ板ではピークが見られなかった。薄いろ板は振動が乱れやすいため、振動周期が得られなかったと考えられる。図6より、膜シートはピークが見られず、ろ板と違い剛性を持たない材質であるため不規則な振動をしたと考えられる。また、図5、図6より、ろ板は膜シートと比べ、低周波成分が大きくなった。

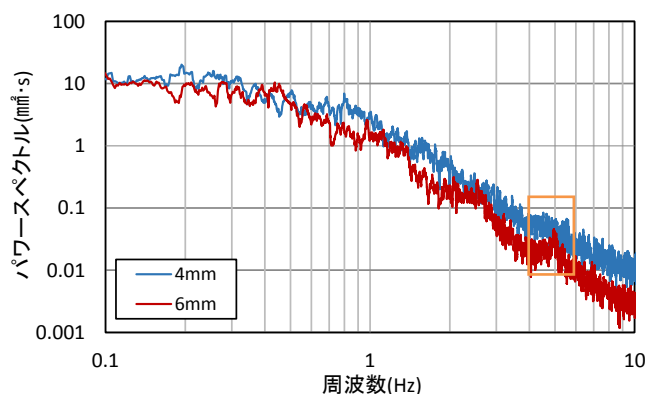


図5 曝気中のろ板のパワースペクトル

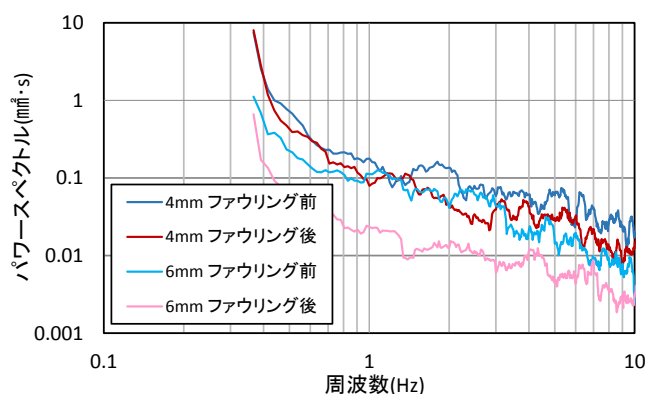


図6 吸引停止中の膜シートのパワースペクトル

4. まとめ

レーザー変位計、圧力計を用いた変位及び膜間差圧の測定により、以下の知見が得られた。

- 1) ろ板の厚さが薄い膜は変動が大きいため、概ね膜面に働く摩擦やせん断力は小さくなり、膜間差圧の上昇速度が大きくなることが説明された。
- 2) パワースペクトルから、厚さが薄いろ板は振動周期が見られず、膜シートは剛性を持たない材質であるため不規則な振動をする。

5. 参考文献

- 1) 谷田克義, 高田一貴, 小森悟: 膜の分離特性に及ぼす振動の影響, 化学工学論文集, Vol.27, No.3, pp379-385, 2001