

浸漬型 MBR において平膜の振動がファウリングの抑制効果及び流体に及ぼす影響

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

1. 緒言

浸漬型 MBR は膜面の堆積物に対して、膜モジュールの下部より曝気を行うクロスフローろ過方式により対応している。しかし、曝気には膨大な消費電力を必要とするため、低曝気量で十分な洗浄が行える効率的な曝気制御方法の開発が重要となる。

MBR リアクター内において気泡が時空間的に不均一に存在し不規則な流れが発生するため、平膜が不規則に振動する現象が存在すると考えられている。異なる剛性の平膜を用いて、振動条件を変化させることで異なるファウリング抑制効果を得ることができれば曝気風量削減への打開策になると考えられる。

しかし、平膜の振動とファウリングへの関係及びそのメカニズムについての検討事例は極めて少ない。そこで、装置の設計や最適化にあたってはこれらを定量的に評価する必要がある。

本研究では異なる厚さの平膜を用いて平膜の振動がファウリング抑制効果に及ぼす影響及び粒子画像流速測定法(PIV)による流体解析による検討を行った。

2. 実験概要

実験装置概略図を図-1 に示す。容積 1720 mm×530 mm×170 mm の水槽に 3 枚の平膜が設置可能な平膜ユニットを浸漬させ、側面図よりユニットの両外側には模擬平膜として塩ビ板を使用し、中央にのみ平膜を設置した。膜間距離が 6 mm，曝気量域面積が 24 mm ×490 mm となっており、ユニット壁面から 6 mm 間隔に取り付けられたレールに塩ビ板を挿入し、レールの下端に設置した留め具と膜の上端のゴム製の留め具で固定した。平膜のろ板は厚さ 4 mm, 6 mm, 8 mm の 3 種類を使用した。

PIV に使用したレーザーユニット(G2000 カトウ光研社製)は水槽の側面両方向に 1 台ずつ設置した。レーザーシートは 1 mm のスリット状で縦方向に拡

散していく形状である。照射領域は側面図より左端と中央の塩ビ板の曝気流路の中間地点とした。高速度カメラ(K4 カトウ光研社製)は水槽正面方向に壁面から 1130 mm の位置で平膜の中心部の高さに設置し、撮影画格を 1024×768 ピクセルで撮影速度を 200 fps とした。マーカーとなるトレーサー粒子(DIAION SEPABEADS 三菱化学社製)は粒径 250 μm のものを 14 g 投入し、エアーフラックスを 0.021 m/s に設定し 10.24 sec の測定を 2 回ずつ行った。

図-2 に解析の概要図を示す。撮影した動画の解析は解析ソフト(Flow expert カトウ光研社製)を用いて行った。1024×768 ピクセルの撮影画像を 13×13 ピクセルのメッシュ状に区切り総格子点数 3950 点で解析を行い、その中から全厚さにおいて同地点となる代表点を 9 点選定した。平膜中心点近傍、そこから左右の方向に 195 ピクセルの 3 地点を基準とし、その 3 点から上方向に 195 ピクセルずつ 2 点をとった 9 点とした。

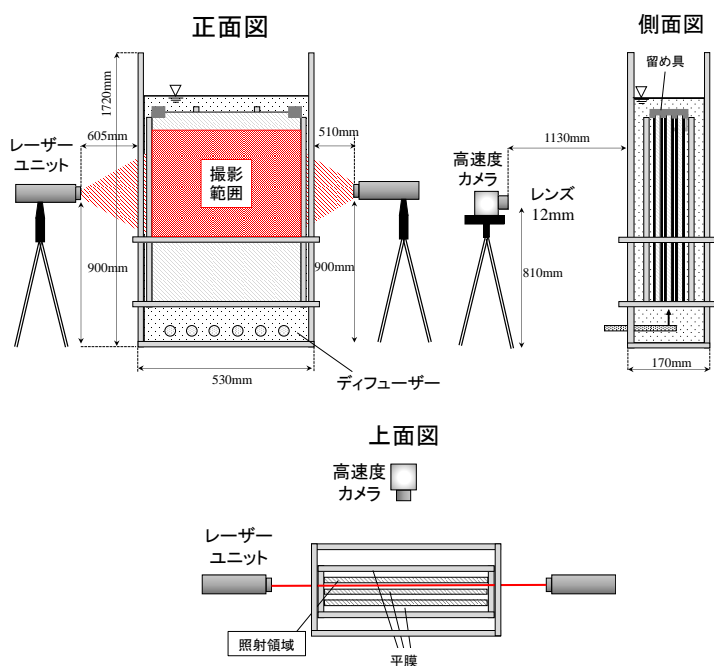


図-1 実験装置外略図

キーワード MBR ファウリング PIV

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL03-5707-0104(内線 3257)E-mail:g1481709@tcu.ac.jp

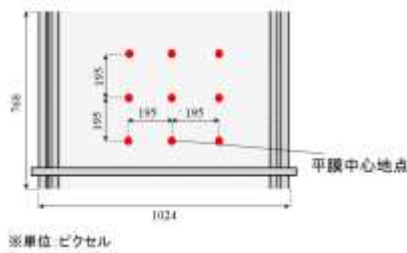


図-2 解析概要図

3. 実験結果

図-2 に膜間差圧の経時変化を示す。ユニット中央に平膜を設置し、試料にはペクチン(複合多糖類)とゼラチン(タンパク質)を 3 g ずつ 30L の水道水に投入しさらに 100 L までメスアップし作成した 0.03 %濃度の人工活性汚泥を用いた。また、9 min 吸引、1 min 停止というサイクルでの間欠吸引ろ過運転を行った。全厚さの平膜において膜間差圧が直線的な上昇とみなした場合、膜間差圧の上昇速度はそれぞれ厚さ 4 mm で 1.12×10^{-2} kPa/min, 6 mm で 2.8×10^{-3} kPa/min, 8 mm で 2.0×10^{-4} kPa/min となり、厚さが大きくなるにつれてファウリングの進行速度が抑制される傾向が観察された。

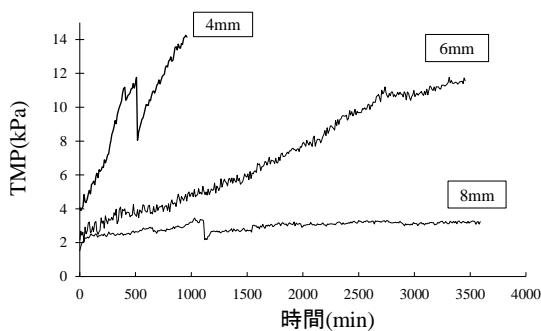


図-2 膜間差圧の上昇速度

図-3 に平膜の中心点近傍付近における液相流速の経時変化を示す。全厚さの各解析点において液相流速が時間と共に大きく変動している様子が観察された。これらが測定用の平膜モジュールを挟んだ両曝気流路に働いており、流速差が連続的に発生し、1枚の平膜に対して両面から働く圧力差が不規則かつ連続的に生じることによって、平膜モジュールが不規則に振動することが説明された。

図-4 に全格子点の平均液相流速と膜間差圧上昇速度の関係を示す。平均液相流速と差圧の上昇速度の関係には負の相関が見られた。通常膜面の洗浄には膜面に対して平行な方向に上昇する速度成分が大きい

く作用している。しかし、振動の振幅が大きい厚さ 4 mm の平膜では、大きく振動することにより振動する軸方向、つまり膜面に対して垂直な方向の速度成分が大きくなり、流速の上昇が阻害されたため、膜面の洗浄力が低下し膜間差圧の上昇速度が大きくなったことなどが要因として挙げられる。

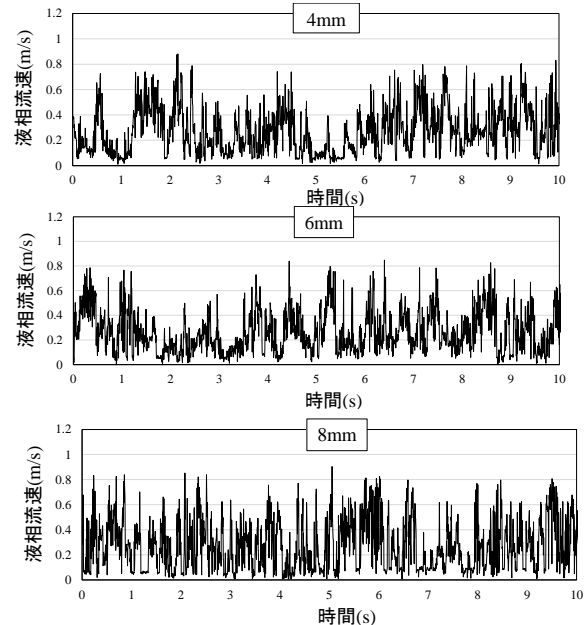


図-3 平膜中心地点における液相流速の経時変化

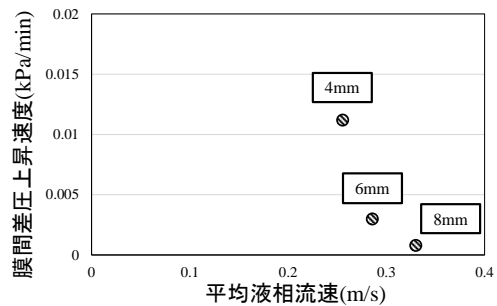


図-4 液相流速がファウリング抑制効果に及ぼす影響に及ぼす影響

4. 結論

平膜状浸漬型膜分離活性汚泥法において平膜の振動がファウリング抑制効果及び流体に及ぼす影響について検討した結果、以下の知見が得られた。

- 1) 平膜の厚さが小さくなるにつれて膜面に平行な方向の液相流速の速度成分が阻害され、流速が小さくなる傾向が観察された。
- 2) 平膜の厚さが大きくなるにつれて液相流速が大きくなるため、ファウリングの抑制効果が高くなることが示唆された。