

浸漬型膜分離活性汚泥法における槽内にバッフルを設置することによる効果的な膜面洗浄効果の検討

東京都市大学 (院) 学生会員 ○丸林修
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, Membrane bioreactor) は、固液分離プロセスにより清澄な処理水を得ることができる水処理システムであり、下水処理分野での今後更なる導入が期待されている。MBR は従来の処理方法と比べて活性汚泥濃度を高く設定できることで省スペース化や処理水質の高度化等様々なメリットを生む反面、必要曝気量が大きいことが課題であり、更なるエネルギー削減に向けた努力が必要である。そこで本研究では、曝気動力の増加を生む原因の一つである膜ファウリングを低減させることでこれらの課題を解決できると考えた。ファウリングを低減するためには槽内での気泡径や液相流速といった流体条件の制御が重要である。バッフルを設置することでファウリング抑制に効果的な流体条件を膜面上で発生させ、ファウリング低減効果があるか検討した。

2. 実験装置及び実験方法

図1に実験装置の概略図を示す。容積 262mm×95mm×980mm のアクリル水槽に水道水を満たし、セラミック平膜を4枚浸漬させ、各々の膜エレメント間の距離が 15mm となるように設置した。曝気によるクロスフロー流速に起因する壁面近傍でのせん断応力を測定するため、壁面にせん断力センサー (SSK : S10W-1) を5個設置し、膜面中央部での時間平均せん断応力を測定した。測定条件は、サンプリング周期 100Hz, サンプリング数 8192Hz で実験を3回行った。散気管はφ3mmの穴を5箇所あけたものを用いた。また、散気管への空気供給方法は、すべての空気穴から均等に空気が発生するようにするためツーフロー方式とした。液相流速の測定には、PIV (カトウ光研社製) を使用した。水槽内に粒子径 60~150μm のトレーサー粒子を入れ曝気により攪拌させ、左右からレーザーを膜間に照射し、膜間での液相流速を測定した。測定条件は、シャッタースピード 200fps, サンプリング数 2048fps とし、実験を3回行った。図2にバッフルの概要を示す。散気管から平膜下部までの領域に、槽内で通常と異なる流体条件 (気泡径, 液相流速) を発生させるためバッフルを設置した。一つは、空気溜まりを作り、径の大きな気泡を発生させる効果があり、もう一つは、曝気による気泡がバッフルにより制御され、膜面上での気泡の乱れを解消させる効果を狙ったものである。気泡径は、デジタルカメラで撮影した動画から任意に画像を4枚抽出しエクセルのフリーソフト lenara222 を用いて解析した。

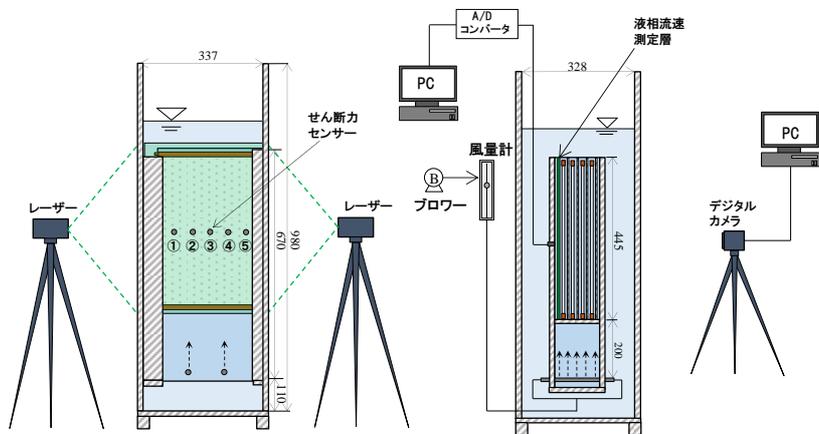


図1 実験装置概要

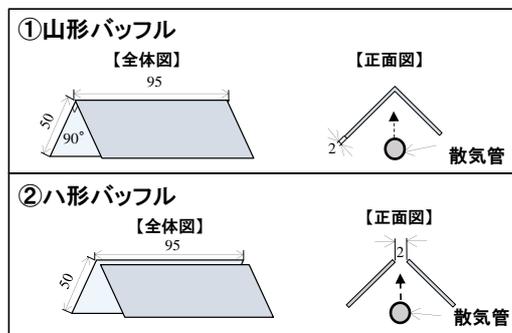


図2 バッフルの概要

キーワード バッフル、膜間差圧、気泡径、浸漬型膜分離活性汚泥法、ファウリング、液相流速

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 [TEL:03-5707-0104](tel:03-5707-0104)

3. 実験結果及び考察

(1) 気泡径の解析結果

図3にエアーフラックス 0.016m/s 時の気泡径の結果を示す。山形バブルを設置することで、径が 20mm を超える粗大な気泡が多く発生することが確認できる。気泡径 20mm 以下の発生頻度は、バブルを設置しても違いはほとんどなかった。

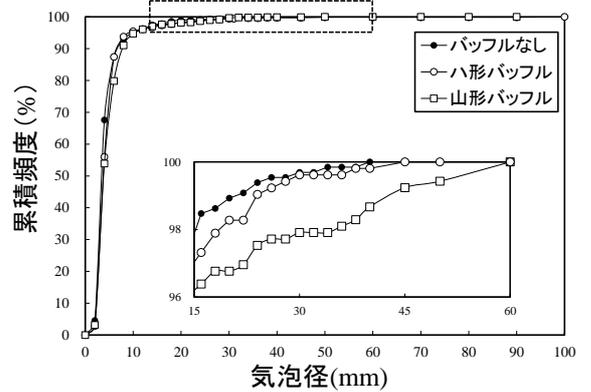


図3 エアーフラックス 0.016m/s 時の気泡径測定結果

(2) セン断応力測定結果

図4にせん断応力の測定結果を示す。エアースラックスは 0.016~0.033m/s 間で4条件測定した。エラーバーは3回の測定結果の標準偏差を示す。バブルなしの平均せん断応力が最も小さな値を示し、山形のバブルの平均せん断応力が大きくなるのがわかる。これは、粗大気泡は大きな浮力が作用することは知られており、それに伴い液相の流速も大きくなり、壁面近傍に大きなせん断応力が作用したことによると考えられる。

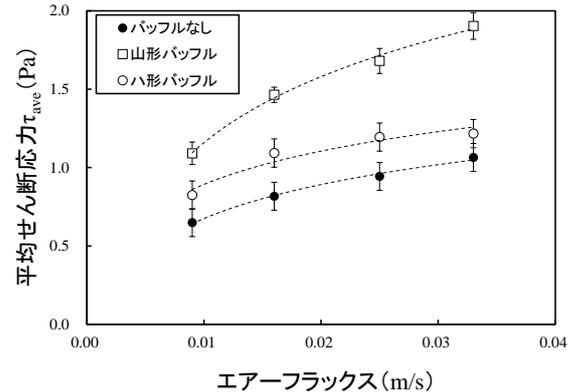


図4 エアーフラックスとせん断応力の測定結果

(3) 液相流速測定結果

図5に液相流速の測定結果を示す。山形バブルはエアーフラックス 0.016m/s の時、平均液相流速 0.37m/s と最も大きな値を示し、その後は減少した。ハ形バブルはエアーフラックスを上げると液相流速も大きくなる傾向が確認された。バブルなしでは、エアーフラックスを上げて液相流速は 0.25m/s 程度とあまり変化は見られなかった。図6にエアーフラックス 0.025m/s における膜面上での液相流速のベクトル分布を示す。気泡分布に着目すると、山形バブルの場合、気泡が膜面上で端に偏って分布していることが確認できる。また、山形バブルでは、粗大気泡が通過した箇所及びその周辺の液相流速が 0.9m/s 以上であることが確認できた。このことから粗大気泡は局所的に大きな液相流速を発生させることが確認できた。

4. まとめ

浸漬型膜分離活性汚泥法における、曝気流路にバブルを設置することによる、槽内の気泡径、せん断応力、液相流速等の膜面洗浄に直接関係がある水理学条件を測定した結果、以下の知見が得られた。

- ・槽内にバブルを設置することで、膜間の液相流速、及び膜面上でのせん断応力を大きくすることが可能であることから、MBR にバブルを設置する有用性が示唆された。

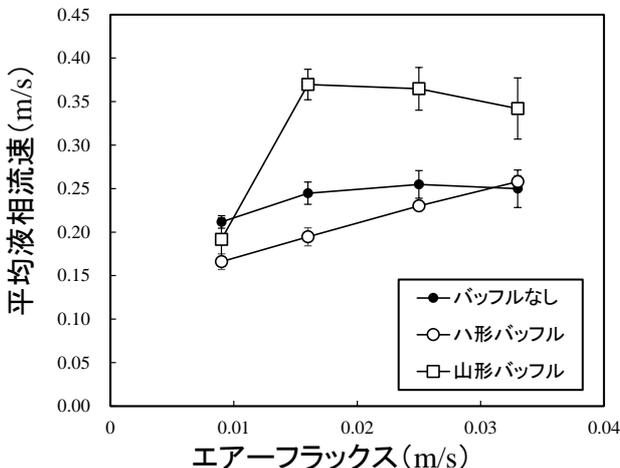


図5 エアーフラックスと液相流速の関係

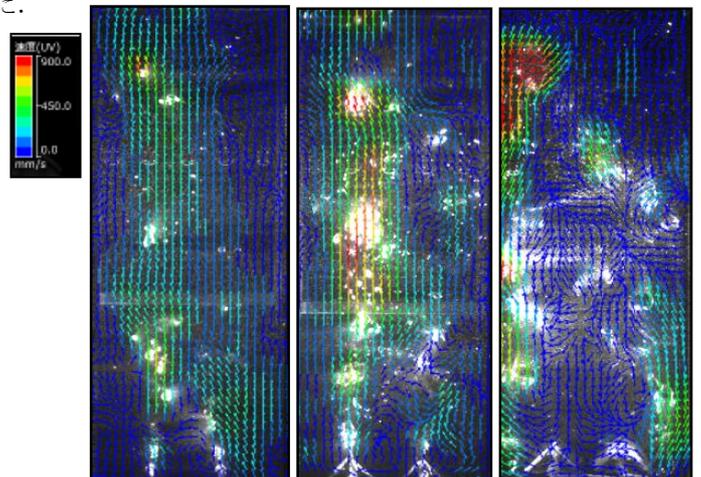


図6 膜面上での液相流速のベクトル分布 (左: バブルなし, 中央: ハ形バブル, 右: 山形バブル)