

グリセリンと水道水の混合溶液を用いた中空糸膜モジュール内部の気泡分布の調査

東京都市大学 学生会員 ○栗野 浩史
東京都市大学 正会員 長岡 裕

東京都市大学 学生会員 秋山 侑介

1. はじめに

膜分離活性汚泥法は、汚泥沈降不良を防ぎ安定した良質な処理水を得られる利点がある一方、膜表面及び膜細孔内に難溶性成分が堆積するファウリングの発生により、安定して処理水を得られなくなる問題がある。この問題を抑制するため、曝気による物理洗浄や、薬液洗浄を行う必要があるが、ランニングコストの増大や膜の劣化を早める可能性がある。

解決方法として、揺動作用によりファウリングの抑制が可能とされている中空糸膜に注目が集まっている。しかし中空糸膜は長期間使用し続けると中空糸間に汚泥が堆積してしまう問題が存在することから、この問題を補う運用方法の検討が必要である。

遊佐らの研究¹⁾では実スケールの中空糸膜モジュールを用いた実験を行い、狭い空間で曝気を行い気泡流動を活発化させることで、膜同士の接触が頻繁に起こり、膜内部での気泡の拡散が促進され、また液相流速の平滑化と上昇の効果が得られた。

本研究では、遊佐らが実験を行った条件にグリセリンを投入し溶液の振動粘度を変化させることで、気泡の拡散に影響を与える溶液の粘性を変化させ、気泡径と体積の変化に着目して施設のコンパクト化に最適な曝気条件を模索する。

2. 実験概要

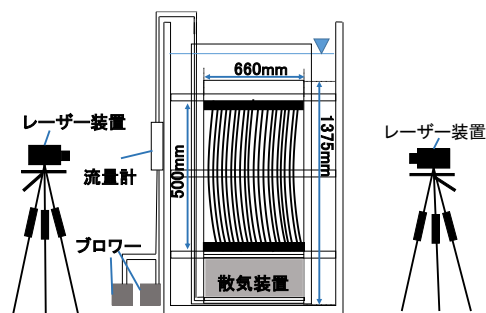
2. 1. 実験装置

実験装置を図1に、散気装置図を図2に示す。有効容積 1000W×1720H×600D(mm)の亚克力水槽に水道水を 800L 満たし、660W×1375H×170D(mm)の亚克力製の板を設置する。内部には中空糸膜モジュールを浸漬させ、膜モジュールが内部に入った亚克力の板の周辺に亚克力囲いを設置した。また、下部には散気管を浸漬させ、瞬間の曝気量を増やすため散気管の上部に散気装置を設置した。

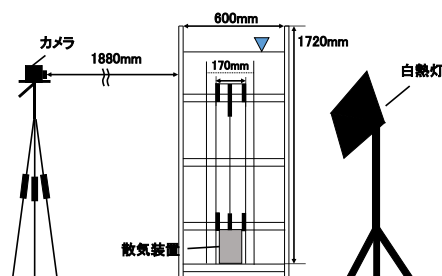
2. 2. 撮影方法

水槽の背面に白熱灯を設置し、正面から高速度カメラ(K4 カトウ光研社製)で約 20,000 フレーム(約 40 秒間)の撮影を行った。また、水槽の両側

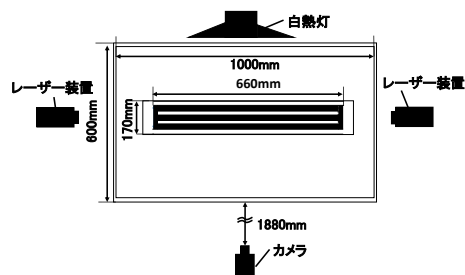
にレーザー装置(G2000:カトウ光研社製)を設置した。水槽内には振動粘度を変化させる為、グリセリンを振動粘度計(ビスコメイト VM-10A セコニック社製)で測りながら少量ずつ投入した。



(1-a) 正面図



(1-b) 側面図



(1-c) 上面図

図1 実験装置図

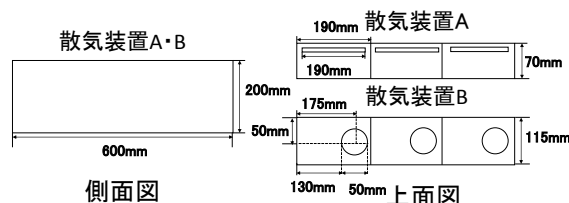


図2 散気装置図

2. 3. 撮影条件

粘性実験では、水道水とグリセリンの混合液より振動粘度を変化させ実験を行う。グリセリンを使用

することによって振動粘度の値を変化させ、気泡流動に生じる変化を確認する。参考とする振動粘度の値は野口らの研究²⁾から $1.6\text{mPa}\cdot\text{s}$, $2.3\text{mPa}\cdot\text{s}$ とする。これは野口らが、浮遊物質の指標である MLSS 濃度の値を $2,000\pm 500\text{mg/L}$, $4,000\pm 500\text{mg/L}$, として実験を行った際の、溶液中の液体を示す振動粘度の値を平均したものである。中空糸膜を設置した上での実験条件は井上らの研究³⁾を参考とする。

2. 4. 気泡径解析方法

気泡径解析では、高速度カメラで撮影した動画から任意に選定した画像に対して、長さ・面積計測ソフト(フリーソフト lenara222)を用いて気泡を線で囲み、基準長を元に気泡の周長及び面積を計測した。その際の気泡を線で囲む例を図3に示す。

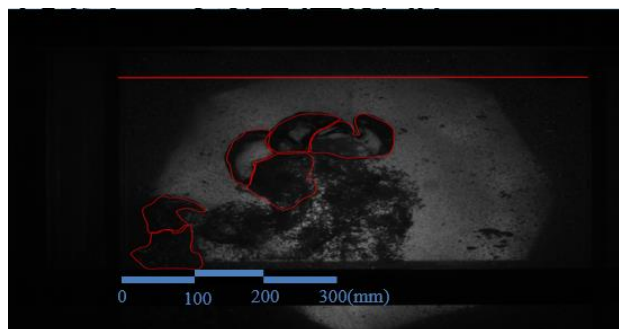


図3 気泡径解析

3. 実験結果と考察

振動粘度 1.0 , $1.6\text{mPa}\cdot\text{s}$ 時に、中空糸膜有り・アクリル囲い有り、曝気風量 100L/min で各散気装置を入れ替えた際の、気泡径と体積の累積分布の実験結果を以下の図4・図5に示す。振動粘度に関わらず単管では気泡径が小さく、大量の気泡が存在しているのに対し、散気装置を設置した場合では気泡の個数が少なく、気泡径も大きくなることが分かる。これは気泡を装置内に一定量貯めた後に放出するという散気装置の特性が影響していると考えられる。振動粘度 1.0 , $1.6\text{mPa}\cdot\text{s}$ の二つで比較した際に、気泡径の最大値には大きな違いが生じていないが、振動粘度 $1.6\text{mPa}\cdot\text{s}$ 時の気泡径の値 50mm 以降における散気装置 A・B では、気泡径の個数が大きく増えている。これは中空糸膜によって分断され拡散していた気泡が、粘度が上昇したことによって結合したと考えられる。また、単管の気泡径の最大値と 50mm 以降の気泡の個数に大きな変化は生じていないことから、単管では粘度の影響を受け難いと思われる。

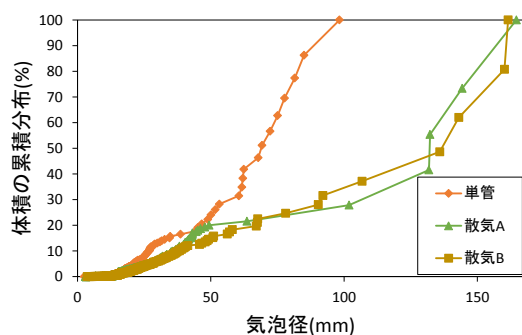


図4 粘度 $1.0\text{mPa}\cdot\text{s}$ 時の気泡径と体積の累積分布

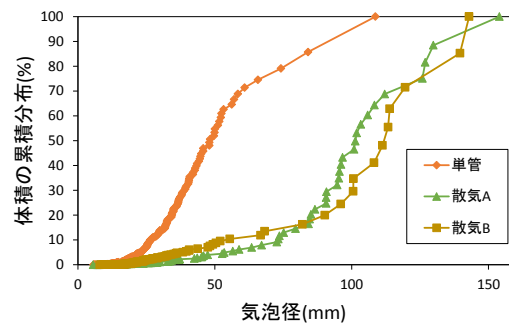


図5 粘度 $1.6\text{mPa}\cdot\text{s}$ 時の気泡径と体積の累積分布

4. まとめ

混合溶液を用いた、気泡径・体積の累積分布の比較を行った結果、以下の知見が得られた。

- (1) 単管の場合では、気泡径の値が散気装置を設置した場合に比べ小さく個数は多いが、散気装置を設置した場合では気泡径の値は大きく個数は少ない。これは曝気を連続して行うか、間欠して行うかの条件から生じている。
- (2) 振動粘度 $1.6\text{mPa}\cdot\text{s}$ 時の気泡径の値 50mm 以降における散気装置 A・B では、気泡径の個数が大きく増えている。これは中空糸膜によって分断され拡散していた気泡が、粘度が上昇したことによって結合したと考えられる。

5. 参考文献

- 1)遊佐 大介 長岡 裕:浸漬型中空糸膜モジュール周辺における気泡流の流れ場に関する研究, 日本下水道協会 第54回下水道研究発表会講演集, S-7-2-1, P209~211
- 2)野口 智代:MBRにおけるファウリング抑制効果的な山型邪魔板の設置方法の検討, 日本下水道協会 第54回下水道研究発表会講演集, S-7-1-6, P206~208
- 3)井上 美穂:中空糸膜状 MBR において曝気の気泡流が及ぼすモジュール内部の流動特性の検討, 日本下水道協会 第53回下水道研究発表会講演集, S-7-2-2, P223~225