

中空糸膜状浸漬型 MBR において散気管位置が曝気によるモジュール内の流動特性に及ぼす影響

東京都市大学大学院 学生員 ○井上 美穂
東京都市大学大学院 学生員 遊佐 大介
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)において、膜表面の洗浄は、曝気の気泡流による膜面せん断応力が大きく寄与しており、膜面平均せん断応力は曝気による液相流速に依存すると報告されている。また、中空糸膜は曝気中における揺動性が洗浄に効果をもたらすが、液相流速が異なると中空糸膜の変動の大きさは変化するため、曝気による液相流速は、膜表面の洗浄に大きく関係する重要な因子の一つであると考えられる。

本研究では、膜表面の洗浄に効果的な曝気条件を検討するため、助走距離を変更し、モジュールの直上及び直下における液相流速の測定を行った。また、モジュールに入る直前の気泡とモジュールから放出された気泡の径及び体積を計測し、液相流速との関係から、中空糸膜モジュール内部の流動特性を明らかにした。

2. 実験概要

図-1 に実験装置概略図を示す。容積 1720mm×1000mm×600mm の水槽に 1380mm×665mm×163mm の中空糸膜モジュールを挿入し、水道水を満たした。モジュールは、外径 2.8mm、公称孔径 0.05 μ m の PVDF 製中空糸膜が弛緩率 1% で設置されたエレメントが 3 つ連なっており、膜間距離(中空糸膜が固定されたフレーム部分の距離)は 3mm 及び 15mm の 2 条件に設定した。散気管は、孔径 2mm の穴が 10 か所空いた塩ビ管を使用し、モジュールの下端から 250mm 及び 100mm の位置に設置して片側から曝気を行った。また、エアーフラックスは 0.007m/s, 0.013m/s, 0.017m/s, 0.021m/s の 4 段階に設定した。

水槽内には、比重 1.01、粒径 75~150 μ m のイオン交換樹脂(DIAION 三菱化学株式会社)を約 30g 投入し、膜間を両側からレーザーユニット(G2000 カトウ光研)で照射してモジュールの上部及び下部の左端から右端を正面から高速カメラ(K4 カトウ光研)で約 40 秒間、2 回の撮影を行った。撮影した動画はモジュールの直上及び直下約 20mm を PTV 解析し、個々のトレーサーの移動距離から算出した液相流速を座標点上に補間した。

また、モジュールの上部及び下部の撮影した動画から任意に選定した画像に対し、lenara222 を用いて気泡を線で囲み、基準長をもとに気泡の周長を計測した。測定した周長から、気泡を球体と仮定して気泡の径及び体積を計算した。

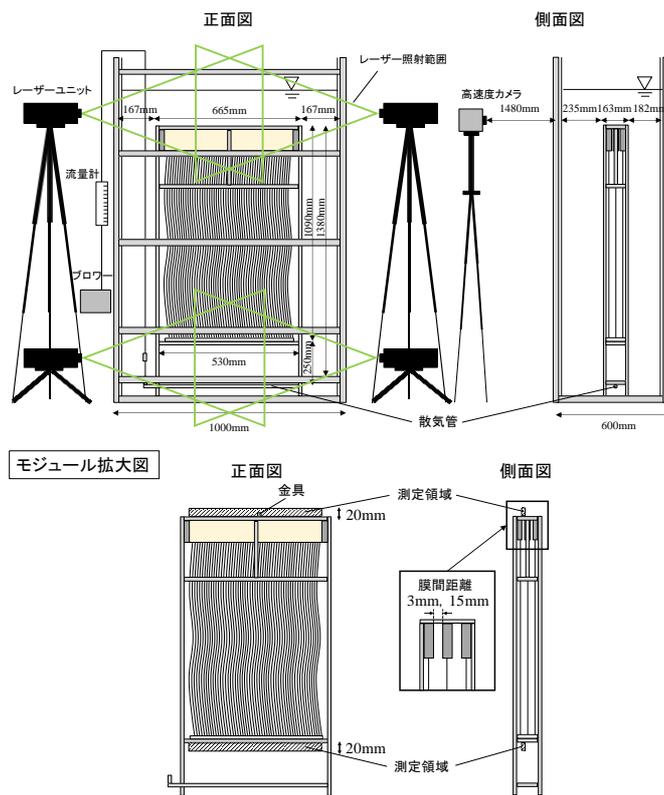


図-1 実験装置概略図

3. 実験結果

図-2 に助走距離 250mm における液相流速の空間分布図(エアーフラックス 0.013m/s)、図-3 に助走距離 100mm における液相流速の空間分布図(エアーフラックス 0.013m/s)を示す。モジュール上部において中央付近で液相流速が小さくなっているのは、モジュールの金具による影響である。

図-2 及び図-3 より、助走距離 250mm におけるモジュール下部の液相流速は、どちらの膜間距離においても、助走距離 100mm に比べ大きくなった。図-4 に示すように、助走距離 100mm では、気泡は散気管から放出された大きさのままエレメントに接触するが、助走距

キーワード : MBR 液相流速 助走距離

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

離 250mm では、気泡は結合や分裂を繰り返し拡散しながら上昇の様子が確認された。結合した粗大気泡が多数に存在したため、その気泡の周りの流体は速度を増し、助走距離 250mm の方がモジュールに入る直前の液相流速は大きくなっていったと考えられる。

それに対し、モジュール上部の液相流速は、助走距離 250mm の方が助走距離 100mm に比べ 0.05m/s 程度小さくなる傾向が見られた。助走距離が大きいとき、結合した粗大気泡がエレメントの底面や膜面に接触すると、接触面積が大きいため抵抗を受けやすいことから気泡が破碎し、それに伴い液相流速が大幅に低減したと考えられる。

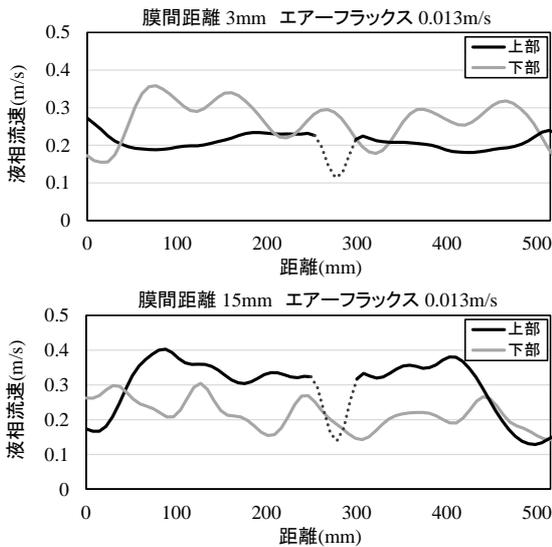


図-2 液相流速空間分布図(助走距離 250mm)

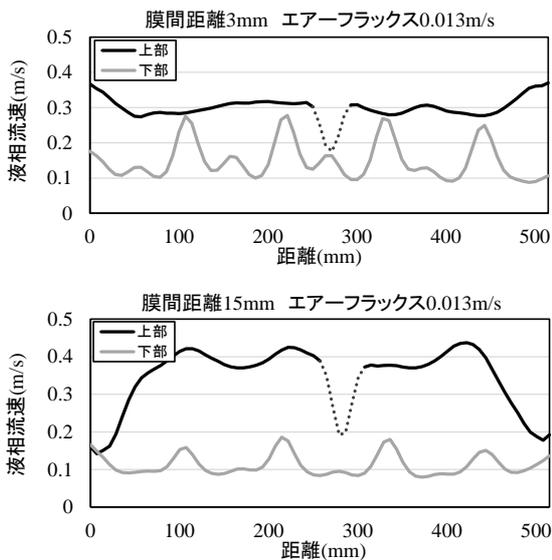


図-3 液相流速空間分布図(助走距離 100mm)

図-5 に助走距離 250mm 及び 100mm における気泡径の累積分布図(エアーフラックス 0.013m/s)を示す。なお、図-5 においてモジュール下部の気泡径は、膜間距離 15mm のデータを使用している。

モジュール下部において、助走距離 250mm では助走距離 100mm に比べ、1cm 程度大きい気泡が存在したことが確認され、モジュール下部において液相流速が大きくなった要因であると示唆された。また、モジュール上部における気泡は、膜間距離 3mm では助走距離による大きな違いが見られなかったが、膜間距離 15mm では助走距離 100mm の方が 2.5cm~3cm の大きな気泡の割合が多いことが示された。助走距離 100mm ではモジュール内に入るまでに結合した気泡が少ないため、膜間距離が大きいほどモジュールによる抵抗を受けにくく、モジュール内での気泡の分裂が少なかったことから、膜間距離 15mm では助走距離によってモジュール上部の気泡径に違いが表れたと考えられる。

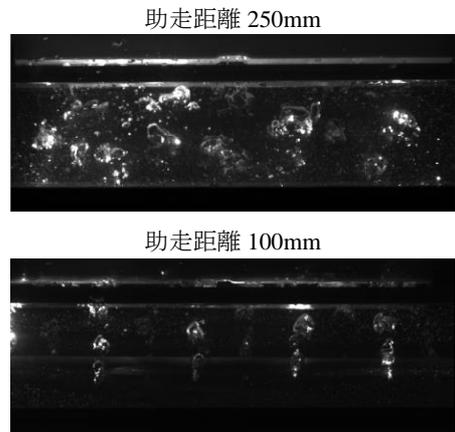


図-4 モジュール下部における気泡

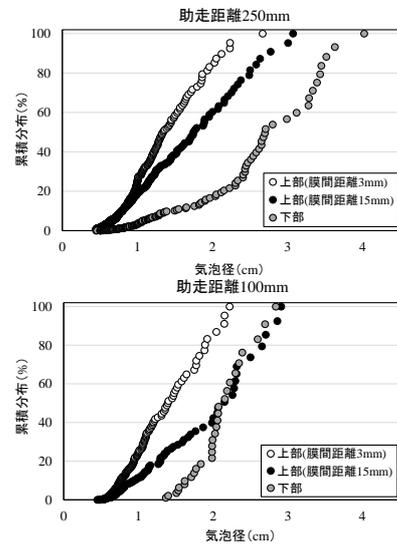


図-5 気泡径の累積分布図

4. 結論

中空糸膜状 MBR において、助走距離が大きいとき、気泡は結合や分裂を繰り返して拡散しながら上昇し、結合した粗大気泡によってモジュール下部の液相流速が大きくなったと示唆された。しかし、粗大気泡はエレメントの底面や膜面との接触面積が大きいため、抵抗を受け気泡が破碎することから、モジュール内で液相流速は低減したと考えられる。