

浸漬型中空糸膜モジュールの内部における気泡の拡散メカニズム

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

1. はじめに

MBR における膜モジュールの一種である中空糸膜は MBR の課題であったファウリングを膜同士の揺動作用により抑制できる上に、膜面積が広いため同じ敷地面積でより多くの汚水を処理できる。しかし、平膜と違い内部での気泡と膜の接触がどのようにして発生しているかが予測しにくく膜面の洗浄力やファウリング抑制効果を評価することは難しいことから中空糸膜モジュール内部の流体の挙動を検討した事例は少ない。

本研究では、実スケールの浸漬型中空糸膜モジュールを使用し、膜内部における気泡の流路が変わると気泡と膜の接触の頻度が変化し気泡の拡散具合が変わることが考えられるため膜モジュールの膜間距離を変化させ粒子画像流速測定法(PIV)による液相流速で検討した上で、内部における気泡の挙動の解明を行い、効率的な運用方法の指標を確立させることを目的とする。

2. 実験方法

実験装置概略図を図-1 に示す。容積 1720mm×1000mm×600mm のアクリル水槽に膜ユニットが中心位置になるよう設置し、浸漬させた。膜間距離は 3mm と 15mm に設定して、中空糸のたわみ具合の指標となる弛緩率は 1%とした。膜エレメント下端から 250mm の位置に Φ2.0mm の孔が 10 個空いた塩ビ管を設置して片側からのみ空気の供給を行い、エアーフラックスは 0.007m/s, 0.013m/s, 0.017m/s, 0.021m/s

の 4 段階に設定して高速度カメラで 40 秒間撮影を行った。シャッタースピードは 500fps に設定し、撮影範囲は膜モジュール上部、下部の横 500mm×縦 100mm の液相流速を高速度カメラで撮影した。

粒子画像追跡流速測定法 (PTV, Particle Tracking Velocimetry) と粒子画像流速測定 (PIV, Particle Image Velocimetry) を用いて液相流速を算出した。解析する際の解析点は膜モジュール直上と直下に 72 点格子点を設定したあと、撮影範囲の図を図-2 に示す。

気泡径の測定には長さ・面積測定ソフト lenara222 (古河勝/furu) を用いて測定を行った。

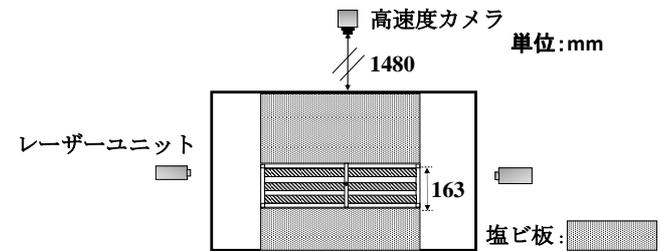
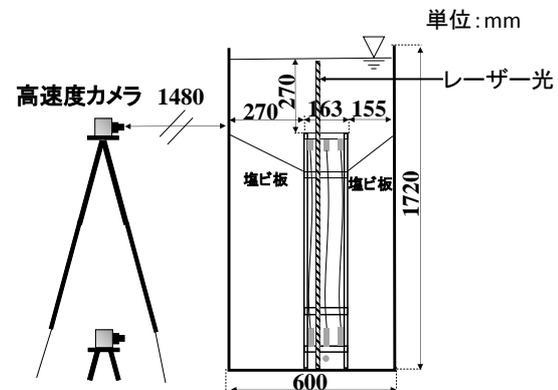
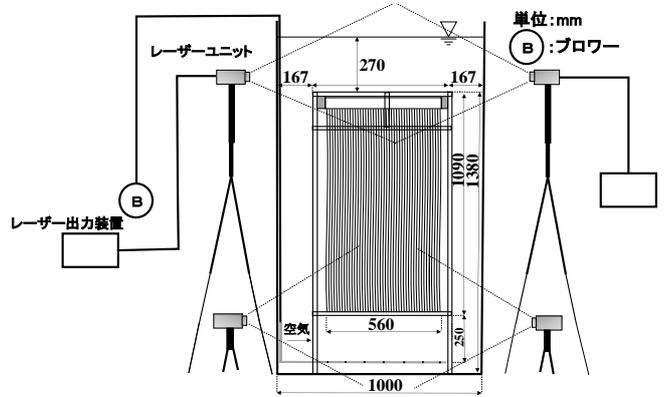
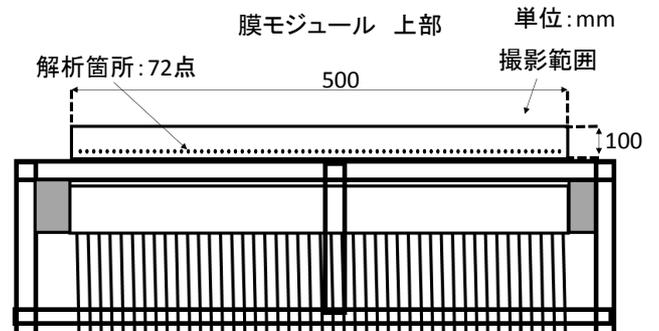


図-1 実験装置



キーワード 中空糸膜, 膜間距離, ボイド率

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

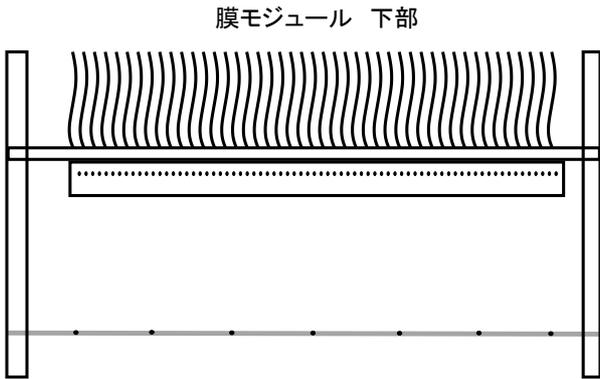


図-2 撮影範囲

### 3. 実験結果

気泡が画像内を通過する際にはレーザー光が気泡に接触し、速度ベクトルを算出しない。各格子点における算出しない時間を撮影した時間で除した値をボイド率として分布で表した。

膜モジュールの膜間距離 3mm と 15mm の上部、下部の液相流速とボイド率の分布を図-3、図-4 に表した。エレメントの影響により平均液相流速が中央で急激に減少が見られたため省略した。

膜間距離で比較すると液相流速、ボイド率ともに膜間距離 15mm の空間変動が大きい。上部、下部において膜間距離 3mm ではボイド率に大きな変動がないことから膜内部においても同程度の割合で気泡が通過していることが考えられる。

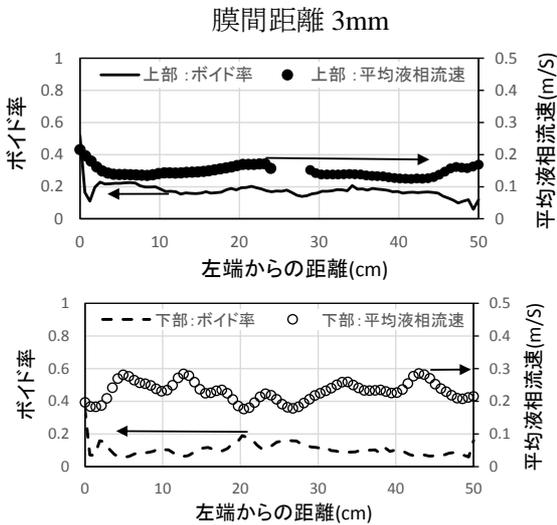


図-3 膜モジュールのボイド率と平均液相流速の分布 (膜間距離 3mm, エアーフラックス 0.007m/s)

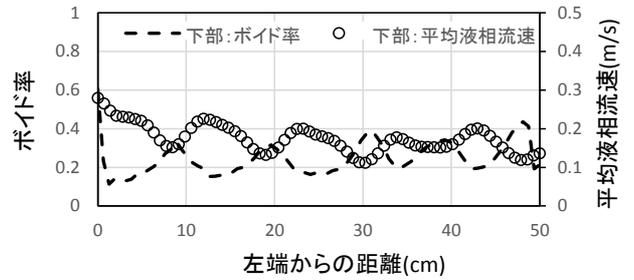
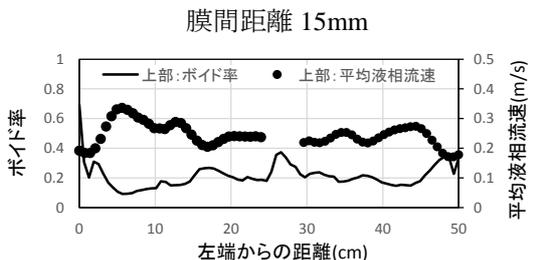


図-4 膜モジュールのボイド率と平均液相流速の分布 (膜間距離 15mm, エアーフラックス 0.007m/s)

図-5 にエアーフラックス 0.007m/s の時の気泡径の累積相対度数分布を示す。度数は撮影範囲を通過した気泡の体積の占める割合とした。累積相対度数とは相対度数を気泡径の低い方から加算した値を示したもので傾きが大きいほどプロットの間にある気泡の数が多くなる。

膜間距離 3mm の上部では 90%の気泡が 2.5cm 以下の気泡径で占められており、膜間距離 15mm では 4.0cm 以下の気泡が占めている。膜間距離が小さいことにより膜間距離 3mm では気泡が膜に頻りに接触して小さな気泡が大きな割合を占めていると考えられる。

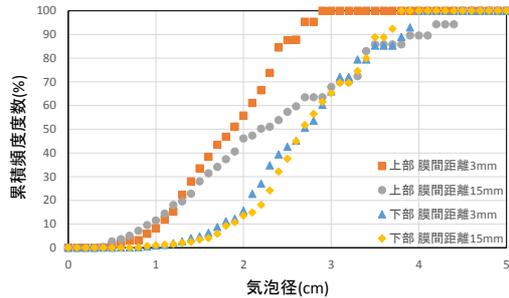


図-5 気泡径の累積相対度数分布 (エアーフラックス 0.007m/s)

### 4. まとめ

浸漬型中空糸膜モジュールの内部における気泡の拡散メカニズムについて検討を行った結果、以下の知見が得られた。

- (1) 膜間距離を小さくすると上部へ気泡が均等に放出され、膜間距離が気泡の拡散に影響する。
  - (2) 膜間距離 3mm の方が上部から放出される気泡径が小さく、膜間距離と気泡の拡散には膜間距離を縮めるほど気泡が膜に接触し細くなる関係にある。
- 参考文献

1) PIV ハンドブック, 著者 森北 肇, 2002年7月 20日発行, 森北出版株式会社