

## 浸漬型 MBR において曝気の気泡流が平膜エレメントの振動に及ぼす影響

東京都市大学

学生員 ○浅見 拓志

東京都市大学大学院 学生員

酒井 駿治

東京都市大学

正会員 長岡 裕

(株)クボタ

森田優香子

## 1. はじめに

MBR の反応槽内には、膜と膜の間の流路ごとに曝気の気泡乱流によって流速差が生じ、膜に対する圧力変動でモジュールが振動する現象が発生する。

井上ら<sup>1)</sup>は平膜モジュールの剛性を3段階に変化させせん断応力計を用いたせん断応力の測定より、平膜モジュールの変位の変動が小さくなるにつれ液相流速が大きくなりせん断応力が大きくなると報告している。また酒井ら<sup>2)</sup>は平膜モジュールの剛性を3段階に変化させ、散気管の口径  $\Phi 4$  mm で行った人工活性汚泥を用いたろ過実験とレーザー変位計を用いた振動特性の検討から、ろ板の厚さが大きくなるにつれて振動の振幅が小さくなりファウリング抑制効果を促進させることを明らかにしている。また、既存のランムゾーら<sup>3)</sup>の研究から気泡径が大きくなると曝気槽内の液相流速が大きくなり膜面洗浄効果が大きくなると報告されている。しかしながら、平膜の振動は流れ(流速)に依存するため気泡径を変化させることで振動特性に影響を及ぼし、より高い洗浄力が得られることなどが予想される。

本研究では、散気管の口径を変化させ、気泡径が振動特性に及ぼす影響についてレーザー変位計によって平膜モジュールの変位を連続運転によって観測し、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 の塩化ビニル製水槽に MBR 実プラントで使用されている膜ユニットを浸漬させ、平膜モジュールに見立てた塩化ビニル製の膜カートリッジを両端にダミーの平膜モジュール2枚、中央に測定用平膜モジュールを6mm間隔で挿入し、その中に水道水を入れた。また膜は動かないようにゴム製の止め具で固定した。散気管は口径  $\Phi 10$  mm の散気口の開いた管を65mm間隔に6本設置した。レーザー変位測定計(LK-G150 KEYENCE 社製)は、測定用塩ビ膜の正面側と逆側の測定を行うために表面と裏面にそれぞれ1台ずつ水平にレーザーが照射されるように設置しPC上に出力した。実験条件として、厚さ4mm、6mm、8mmの平膜モジュールを使用した。測定点は平膜モジュールの下部から510mm地点、730mm地点、950mm地点の左右からの中心点の変位を測定した。エアーフラックスは0.011 m/s, 0.021 m/s, 0.043 m/s, 0.064 m/sの4段階の測定を

行った。サンプリング周期を100 Hzとした。基準点を曝気開始前の平均値とし曝気中の変位と基準点の差分を算出し、基準点を0 mmとした。

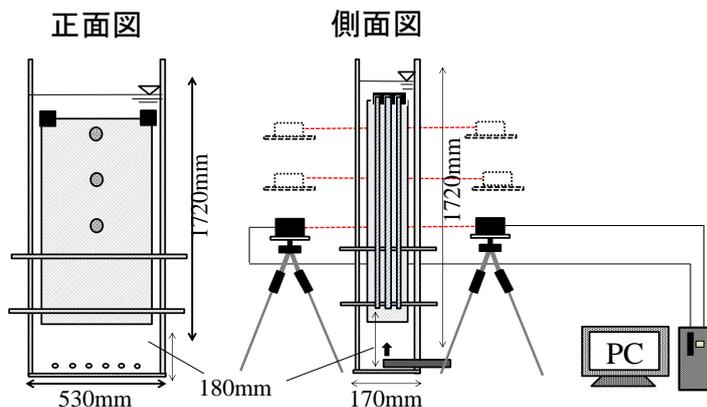


図-1 実験装置概要図

## 3. 実験結果

散気管の口径  $\Phi 4$  mm,  $\Phi 10$  mm での0~30 mmの気泡径に対する累積相対度数(90%以上)を図-2 に示す。散気管の口径を大きくするにつれて、気泡径が大きくなる傾向が観察された。

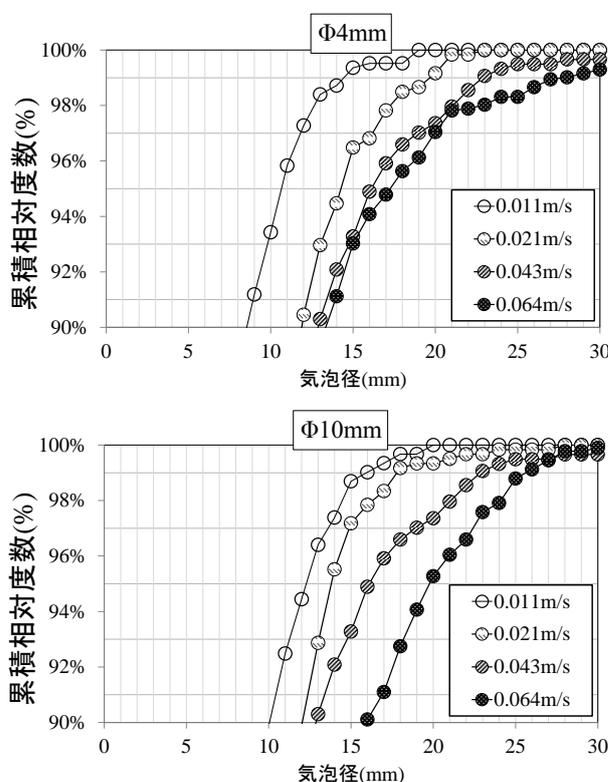


図-2 気泡径の累積相対度数分布の関係

キーワード 膜分離活性汚泥法 振動 ファウリング

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-3 に測定したエアーフลักスが平膜モジュールの振動の振幅に及ぼす影響の平膜モジュールのろ板の厚さごとの標準偏差の比較を示す。Φ4 mm の標準偏差は酒井ら<sup>2)</sup>の結果を引用した。標準偏差は測定点3地点での空間平均値とした。低曝気風量で、Φ10 mm で振動の振幅が大きくなった要因は、気泡径が大きくなったことによりΦ4 mm 時よりも曝気流路側と循環流路側の流速差が大きくなり振動の振幅が大きくなったと推察される。高曝気風量時では口径の違いによる振動の振幅の値に違いは見られなかった。これは膜間距離よりも気泡径が大きくなってしまい、曝気流路に気泡が侵入する際にダミーの平膜モジュールと測定用平膜モジュールに気泡が接触し、気泡が分散し流速が落ちてしまい、Φ4 mm の時よりも流路間で流速差が小さくなり、振動の振幅が小さくなったと推察される。

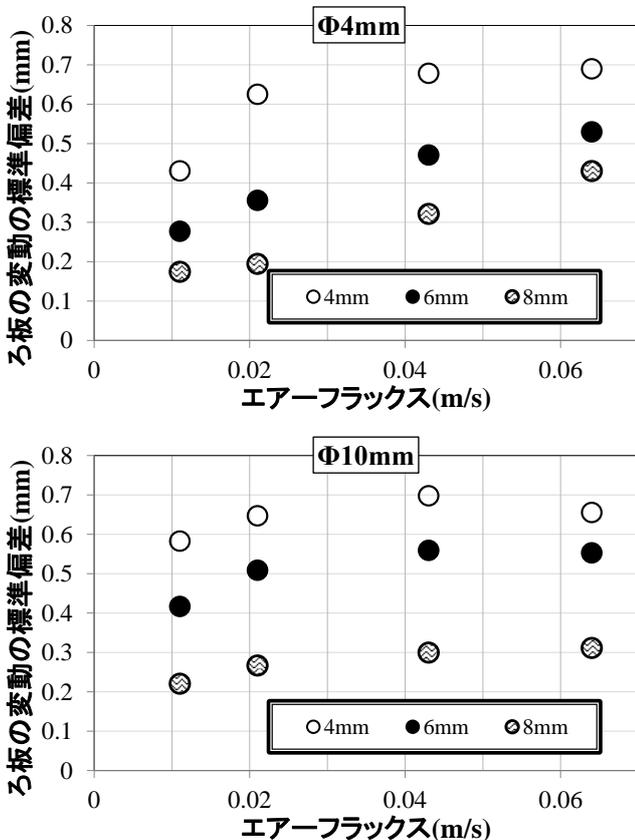


図-3 エアーフลักスが平膜モジュールの振動の振幅に及ぼす影響

散気管の口径 Φ4 mm, 測定点 510 mm 地点における膜モジュールの厚さ 4 mm の周波数に対するパワースペクトル<sup>2)</sup>を図-4 に示す。Φ10 mm での同条件での結果を図-5 に示す。Φ4 mm でのパワースペクトルのピークは 5.2 Hz, Φ10 mm では 5.8Hz と同様な結果を示した。全ろ板の厚さのパワースペクトルのピークも同様な結果であった。よって、気泡径の大きさを変化させても周波数に影響を及ぼさないことが示唆される。

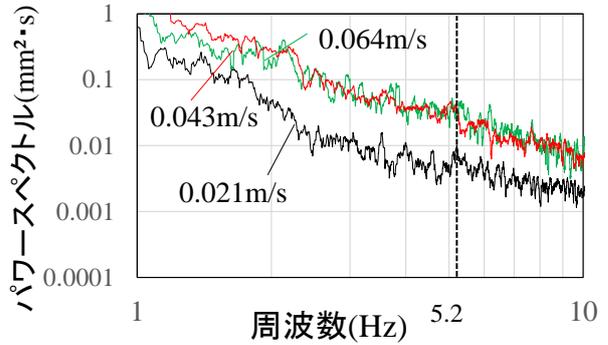


図-4 散気管の口径 4 mm ろ板の厚さ 4 mm のパワースペクトル<sup>2)</sup>

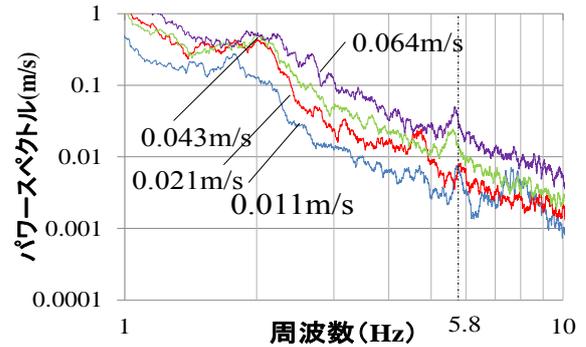


図-5 散気管の口径 10 mm ろ板の厚さ 4 mm のパワースペクトル

4. 結論

浸漬型 MBR において気泡径が平膜モジュールの振動特性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) エアーフลักスに対する口径の違いが及ぼすろ板の変動の振幅の関係から低曝気風量時では口径が大きいものの方が流速差による圧力変動が生じ、振動の振幅が大きくなり高曝気風量時では気泡が膜間距離よりも気泡径が大きくなったため、気泡が分散してしまい流速が落ち圧力変動が小さくなり振動の振幅が小さくなること得られた。
- 2) 散気管の口径 Φ4 mm, Φ10 mm における膜モジュールの厚さごとの周波数に対するろ板のパワースペクトルの関係から、気泡径の大きさを変化させても周波数に影響を及ぼさないことが示された。

参考文献

- 1) 井上美穂・長岡裕・酒井駿治・森田優香子：平膜状浸漬型 MBR によるモジュールの振動がファウリング抑制効果に与える影響.土木学会論文集 G(環境). Vol.71.No.7.Ⅲ\_437-Ⅲ\_446.2015
- 2) 酒井駿治・長岡裕・井上美穂：レーザー変位計を用いた浸漬型平膜モジュールの曝気による振動挙動に関する研究. 土木学会論文集 G(環境).Vol.70.No.7.Ⅲ\_165-Ⅲ\_173.2014
- 3) ランムゾー・長岡裕：MBR における気泡径が膜面せん断応力に与える影響,土木学会第 65 回年次学術講演会講演集,VII-042