

気泡流が浸漬型膜分離モジュールの壁面に与えるせん断応力に関する研究

武蔵工業大学大学院 ○学生会員 飯尾 尚弘
 武蔵工業大学 学生会員 黒坂 正和
 武蔵工業大学 正会員 長岡 裕

1. 研究の目的

活性汚泥中の微生物に酸素を供給し曝気を行う際、気泡を膜面に接触させることにより、膜分離活性汚泥法において問題点とされている膜目詰まりを効果的に抑制できると考えられる。本研究では、気泡が膜面近傍を通過した際に膜面に働くせん断応力を測定し、膜目詰まりの抑制のメカニズムを明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

2.1 実験装置

図1に実験装置概略図、図2に気泡発生ディフューザを示す。有効容積 28.8L (7.2 cm × 40cm × 100 cm) の水槽に溶液を満たし、ディフューザから気泡流を発生させ循環するように設置した。ディフューザには管径 18.05mm の塩化ビニル管を用い、直径 0.85mm の穴を 63 個開けたものを使用した。せん断応力の値は、直径 10mm のせん断力センサー（SSK 社製 S10W-1、レンジ ±1.0gf）を用いた。また、水槽の壁面から 3.2cm の奥行きで並行にアクリル板を設置し、気泡流を循環させた。気泡流を発生させ、前後左右を囲う事で気泡の上昇挙動に制限を与え、実際に平膜を浸漬させた状態に見立てた。

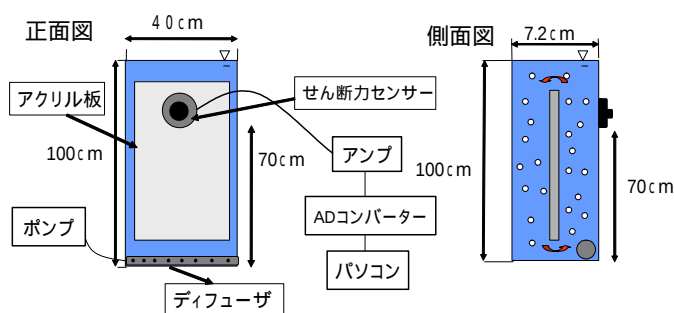


図1 実験装置概略図

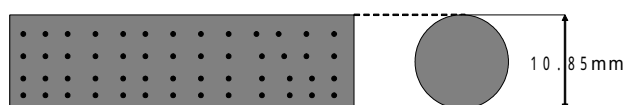


図2 気泡流発生ディフューザ

2.2 溶液

表1に実験に使用した汚泥の測定条件を、表2に人工基質を示す。酢酸を炭素源、塩化アンモニウムを窒素源とした人工基質を用いて汚泥を培養させた。

表1 測定条件

	MLSS(mg/l)	粘度(mpa・s)	SVI
Case1	3300	3.1	196
Case2	4200	3.3	56
Case3	5100	5.4	122
Case4	9100	6.4	108
Case5	10800	6.7	89

表2 人工基質(g/L)

酢酸	31.5	硫酸マグネシウム	0.18
酸化アンモニウム	8.63	塩化カリウム	0.18
リン酸二水素	1.25	塩化ナトリウム	0.18
塩化鉄6水和物	0.09	炭酸水素ナトリウム	49.8
塩化カルシウム	0.18		

2.3 実験方法

有効容積 28.8L (7.2 cm × 40cm × 100 cm) の水槽に約 26L の溶液を満たし、下方のディフューザからポンプにより気泡流を発生させた。溶液には、汚泥と水道水を用いた。せん断応力の値は、せん断力センサー（SSK 社製 S10W-1）により測定し、アンプ、AD 変換ボード（PCI-3135 インターフェイス社製）を用いてパソコンに取り込んだ。また、空気流束を $0.52 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ から $2.5 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ まで変化させ測定を行った。空気流束は、ディフューザから放たれた空気量を、水槽壁面から 3.2cm の位置に設置しているアクリル板までの断面積 ($3.2 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$) で除すことにより求めている。

測定された結果にはドリフト現象（測定値が一方方向に徐々にずれていく現象）がみられた。そのため、測定を開始する前の状態を溶液が静止していると仮定し、測定結果から回帰直線を求め、気泡流を発生させて測定した値から差し引くことにより 0 セットとした。

キーワード：膜分離活性汚泥法、膜目詰まり、気泡、せん断

連絡先 〒158-0087 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 03-3703-3111(3257)

3. 実験結果・考察

図3, 図4にCase3の空気流束 $0.52 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ と $2.1 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ におけるそれぞれのせん断応力の経時変化を示す。多少の誤差, ばらつきがみられるものの, 空気流束が大きくなるにつれて, せん断応力, 標準偏差ともに増加傾向が見られた。これは, 空気流束が大きくなるにつれて, 気泡径, 流れの速度が大きくなるためせん断応力も大きくなったためであると考えられる。

図5にCase3の空気流束 $2.2 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ におけるヒストグラムを示す。図に示すようにほぼ正規分布となった。その他の条件のいずれの空気流束においても同様に正規分布を示した。正規分布に従うものは, 平均値の ± 3 倍の標準偏差の範囲に入る確立が約99.7%とされている。これより, 測定結果の評価方法として $\tau_{3\sigma}$ を指標として用いた。 $\tau_{3\sigma}$ は, せん断応力の「時間平均値 + 3 × 標準偏差」

$$\tau_{3\sigma} = \bar{\tau} + 3\sigma \quad (1)$$

によって表される。

図6にそれぞれのせん断応力の平均値を, 図7に $\tau_{3\sigma}$ と空気流束の関係図を示す。せん断応力, 標準偏差共に増加傾向が見られたため, $\tau_{3\sigma}$ も, 空気流束が大きくなるにつれ増加傾向を示した。同様にMLSS, 粘性がせん断応力, 標準偏差に影響を及ぼすことがわかった。特にMLSS(活性汚泥量)による影響が大きく, 粘性による流れも影響していると考えられる。MLSS, 粘性が大きくなるほど, せん断応力, 標準偏差の増加傾向が見られた。なお, 空気流束 $2.5 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$ 以上でせん断応力の値が小さくなってしまっているのは, 水面からの反射波の影響を受けていると考えられ, 装置上の問題である。

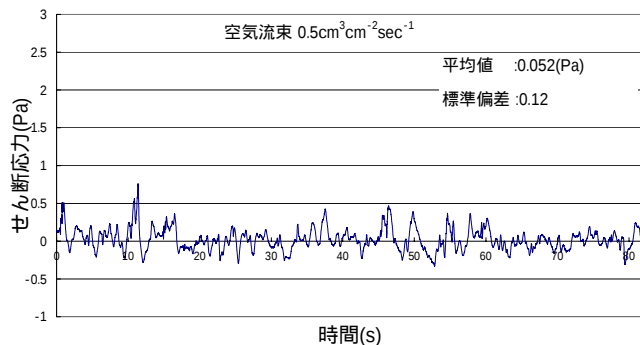


図3 せん断応力図経時変化(Case3)

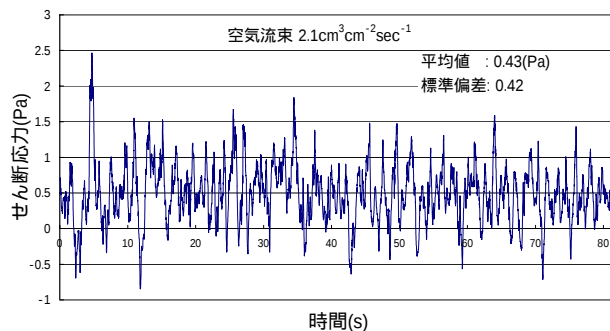


図4 せん断応力経時変化(Case3)

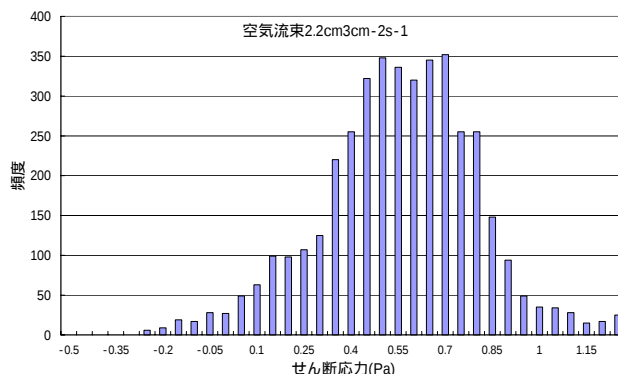


図5 Case1, 空気流束 $2.2 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ヒストグラム

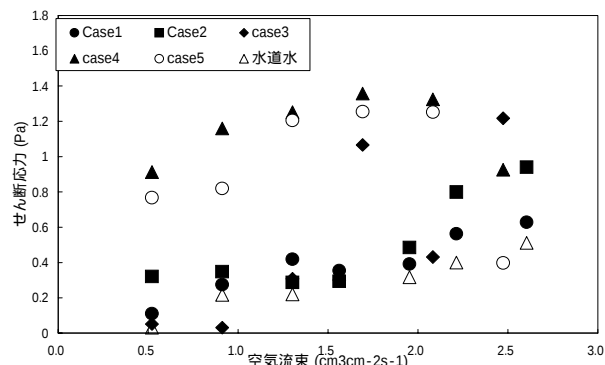


図6 せん断応力図 平均値

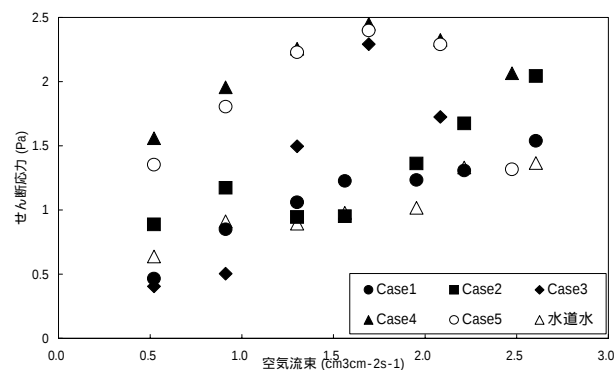


図7 $\tau_{3\sigma}$ と空気流束の関係図

3.2 まとめ

空気流束, MLSS, 粘性の値が大きくなるにつれて, 膜面に働くせん断応力, 標準偏差が増加していくことがわかった。MLSS, 粘性, SVIなどの汚泥の性質がそれぞれの程度影響を及ぼすのか解明することを今後の課題としている。