

気泡流に伴って壁面近傍に発生するせん断応力に関する研究

武蔵工業大学 ○学生員 飯尾 尚弘
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。

そのため気泡が膜面近傍を通過したときに膜面に働くせん断応力について明らかにすることは重要である。

2. 実験装置及び条件

2.1 実験装置及び条件

有効容積 36L (9 cm × 40 cm × 100 cm) の水槽に汚泥を満たし、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。せん断応力の値は、直径 10 mm のせん断力センサー (SSK 社製 S10W-1, レンジ ± 1.0 gf) 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、水槽の壁面から 3.2 cm 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。その際に、水槽に試験水を満たし静定な状態での電圧値をアンプで 0 に設定して (0 set) 測定を行った。

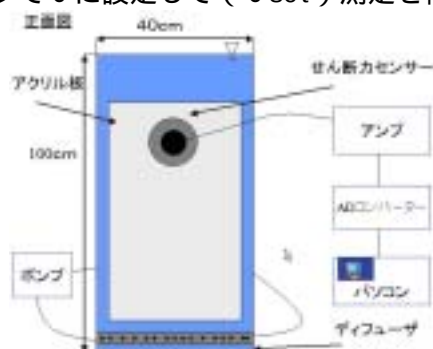


図1 実験装置概略図（正面図）

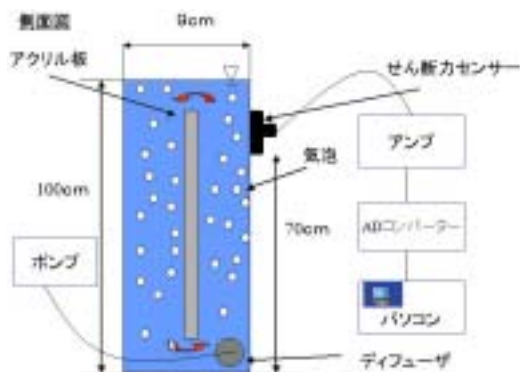


図2 実験装置概略図（側面図）

2.2 気泡流発生ディフューザ

図 3 に気泡流発生ディフューザを示す。ディフューザは塩化ビニール管を用い、管に穴 63 個を開けたものを使用した。

管にスポンジ等を巻きつけることにより、気泡径を調節することが可能である。(管径 18.05mm 穴の直径 0.85mm)

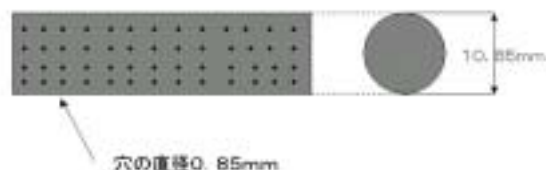


図3 気泡流発生ディフューザ

2.3 せん断力センサー

SSK 社製 S10W-1 を用いた。レンジ ± 1.0 gf, 測定面積 0.785 cm², 水用せん断力計は受感部に平行バネ構造を用いているため、せん断力のみ計測できるよう製作されたものである。

2.4 溶液

使用した汚泥と水道水を表 1 に、下水処理場から採取した汚泥を、表 2 に示す酢酸を炭素源、塩化アンモニウムを窒素源とした人工基質を用いて培養させた。

表 1. 実験に用いた水道水、汚泥

MLSS(mg/L)	粘度(mpa・s)	SVI
0	1.0	-
3303	3.3	196
4197	3.1	56

表 2. 人工基質

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		

3.1 実験結果・考察

図 4.5 に MLSS3303(mg/L), 粘度 3.3(mpa・s), MLSS4197(mg/L), 粘度 3.1(mpa・s) の空気流束 2.2 cm³cm⁻²s⁻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、気泡径が大きくなるためせん断応力も大きくなったと考えられる。

キーワード：膜分離活性汚泥法、膜目詰まり、気泡

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

標準偏差にも増加傾向が見られたのは、水槽内に気泡が満たされる状態になり、気泡とせん断応力センサーが近くなるためであると考えた。図6にMLSS3303(mg/L), 粘度 3.3(mpa・s)のヒストグラムを示す。図のように正規分布となった。MLSS3303(mg/L), MLSS4197(mg/L), それぞれの空気流束においても同様に正規分布を示した。図7にそれぞれのせん断応力の平均値を示す。図8に $\tau_{3\sigma}$ と空気流束の関係図を示す。それぞれが正規分布となったため指標として $\tau_{3\sigma}$ を用いた。せん断応力の

「時間平均値 + 3 × 標準偏差」($\tau_{3\sigma} = \bar{\tau} + 3\sigma$)の値と空気流束との関係を示したものである。せん断応力, 標準偏差共に増加傾向が見られたため, $\tau_{3\sigma}$ も同様に、空気流束が大きくなるにつれて大きな値を示した。MLSS がせん断応力に及ぼす影響を比較するため, 図9にMLSS と $\tau_{3\sigma}$ の関係図を示す。 $\tau_{3\sigma}$ の近似線の傾き k を縦軸に横軸にMLSSをとった。

以上の結果から, MLSS, 粘性, SVI がせん断応力, 標準偏差に影響を及ぼすことがわかった。MLSS (活性汚泥量) による影響が大きく, SVI 値による汚泥粒子の大きさ, 粘性による流れが影響していると考えられる。MLSS, 粘性, SVI 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。

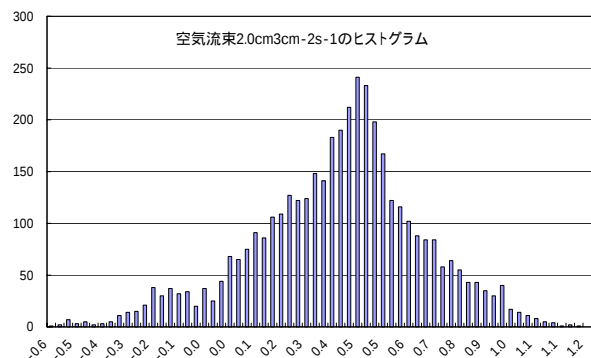


図6 MLSS3303(mg/L), 粘度 3.3(mpa・s)ヒストグラム

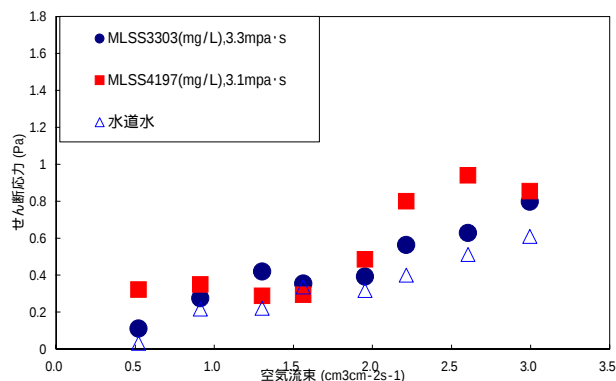


図7 せん断応力図 平均値

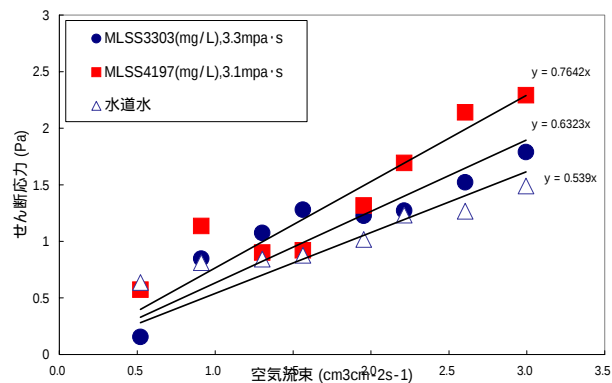


図8 $\tau_{3\sigma}$ と空気流束の関係図

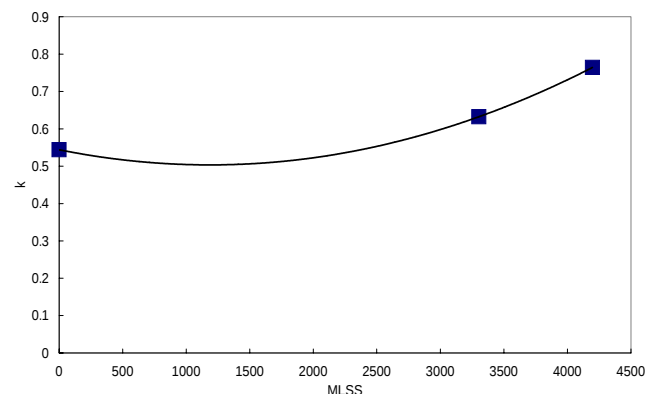


図9 MLSS と $\tau_{3\sigma}$ の関係図

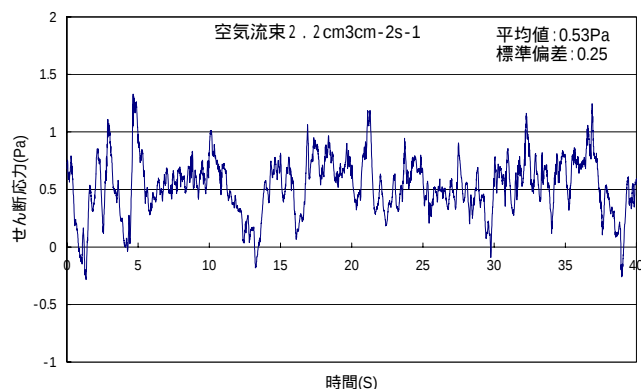


図4 せん断応力図空気流速 $2.2 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
粘度 3.3 mPa s

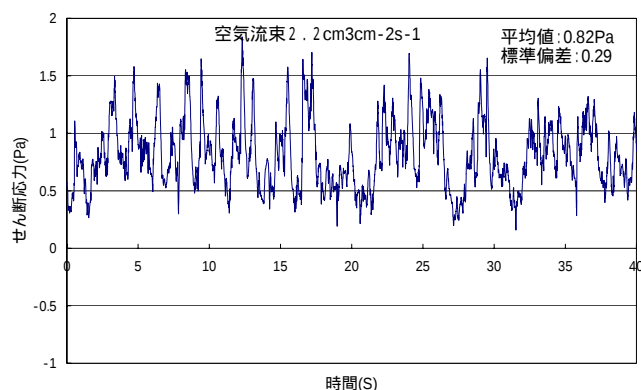


図5 せん断応力図空気流速 $2.2 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
粘度 3.1 mPa s

3.2 まとめ

空気流束が大きくなるにつれて、膜面に働くせん断応力, 標準偏差, $\tau_{3\sigma}$ が増加していくことがわかった。同様に MLSS, SVI, 粘性の値が大きいほど, せん断応力, 標準偏差が増加していくことがわかった。