

気泡流に伴って壁面近傍に発生するせん断応力の基礎的研究

武蔵工業大学 ○学生員 飯尾 尚弘
○正会員 長岡 裕

1. 研究の背景と目的

環境に対する感心が高まってきた近年、雨水、雑排水をトイレ用水に利用する等、水の再利用が注目されている。しかし、再利用する水処理施設は経済性や安全性の面からまだ普及していないのが現状である。維持管理が容易で、安全性が保障できる水処理システムが求められる中、膜分離活性汚泥法が注目されている。この方法は、従来の方法に比べ、所要敷地面積の縮小や維持管理が容易で、極めて良質な処理水を得る事ができる。また、濁度や細菌が確実に除去できるので、水源の汚染に対する安全性は高くなる。

膜分離活性汚泥法では、原水中の有機物、生物代謝成分など膜汚染物質と言われている、これらの堆積物が膜目詰まりの原因となる。そこで、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で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 × 40cm × 100 cm) の水槽に水溶液を満し、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 10mm のせん断力センサー (SSK 社製 S10W-1, レンジ ± 1.0gf) 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 3.2cm 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。その際に、水槽に試験水を満し静定な状態での電圧値をアンプで 0 に設定して (0 set) 測定を行っている。

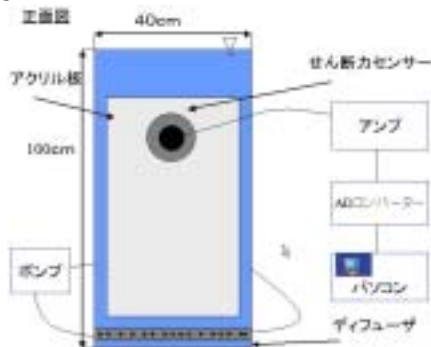


図1 実験装置概略図 (正面図)

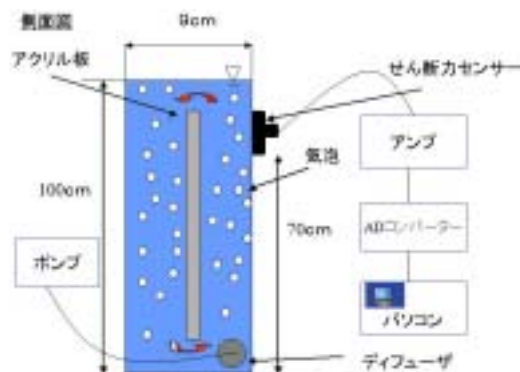


図2 実験装置概略図 (側面図)

2.2 AD コンバーター

AD 変換ボードとして、インターフェイス社製 PCI-3135 を用いる。温度条件 0 ~ 50 , 湿度条件 20 ~ 90% (非結露), レンジ ± 10V, サンプル件数 512 件 ~ 65535 件, サンプル周波数は, Hz 単位である。

2.3 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た。塩化ビニール管に穴 63 個を開けた。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。(管径 18.05mm 穴の直径 0.85mm)

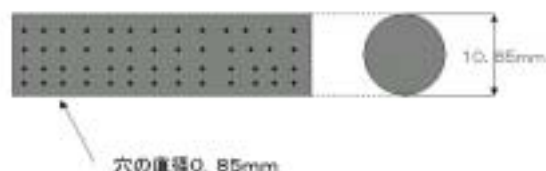


図3 気泡流発生ディフューザ

2.4 せん断応力センサー

図4にせん断応力センサーを示す。SSK 社製 S10W-1 を用いる。レンジ ± 1.0gf, 測定面積 0.785cm², 温度特性 0 ~ 40 , 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様製作されたもので、水の流体力学研究用などに用いられている。

2.5 せん断応力への変換方法

センサーによって測定したデータを、アンプ、AD コンバーターを用いてパソコンに取り込み波形ソフトに取り込む。取り込んだ、データは 16 進数なので、excel を用いて 10 進数に変換し、下記の式を用いて電圧値に変換する。

$$(\text{電圧値}) = (\text{レンジ幅}) \div (65536 \text{ 段階}) \times (\text{AD 変換値}) - (\text{レンジ幅の半分}) \cdots (1)$$

を用いる。(電圧値 1V) = (せん断応力 0.1kgf) の関係を用いてせん断応力を求める。

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)

2.6 溶液

汚泥を用いた実験を行った。汚泥は、MLSS3303(mg/L),粘度 3.3(mpa s),SVI190 のものと MLSS4197(mg/L),粘度 3.1(mpa s),SVI56 のものを用いた。

基質成分を,表 1 に示す。酢酸を炭素源,塩化アンモニウムを窒素源とした。

表 1 .人口基質(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		

3.1 実験結果

図 4.5 に粘度 3.3(mpa s) ,図 6.7 に粘度 3.1(mpa s) のせん断応力の経時変化を示した。図 8 にそれぞれのせん断応力の平均値を示した。図 9 は,せん断応力の「時間平均値 + 3 × 標準偏差」($\tau 3\sigma$)の値と空気流束との関係を示したものである。

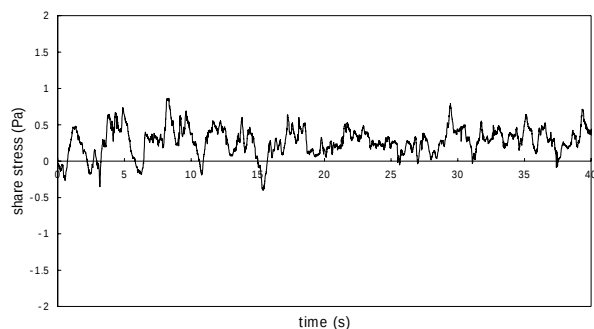


図 4 せん断応力図 空気流 0.6cm/s 粘度 3.3mpa s

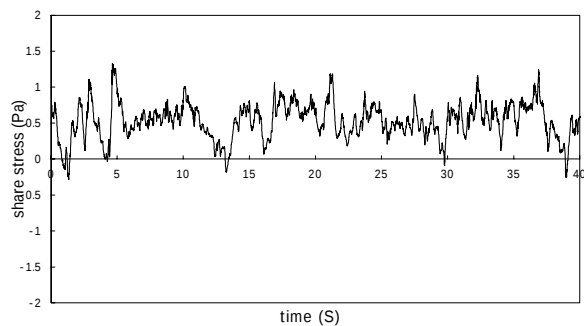


図 5 せん断応力図 空気流 1.0cm/s 粘度 3.3mpa s

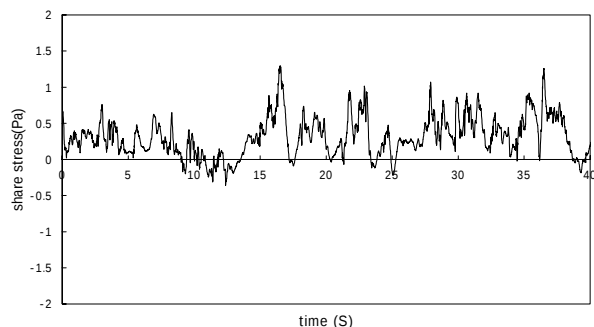


図 6 せん断応力図 空気流 0.6cm/s 粘度 3.1mpa s

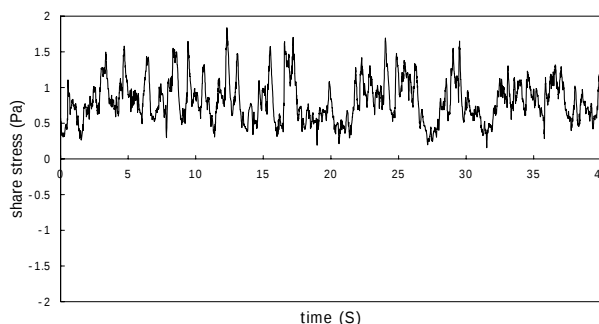


図 7 せん断応力図 空気流 1.0cm/s 粘度 3.1mpa s

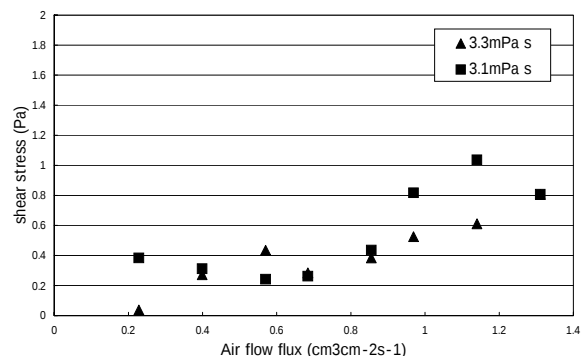


図 8 せん断応力図 平均値

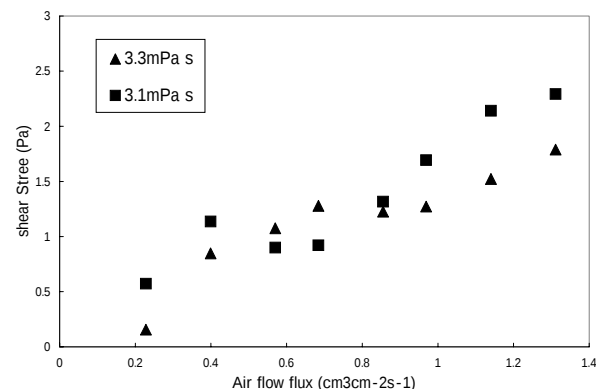


図 9 $\tau 3\sigma$ と空気流束の関係図

3.3 実験考察

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,せん断応力に増加傾向が見られた。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。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。そのため $\tau 3\sigma$ 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。

汚泥を入れアンプの電圧値 0 セットを行う際に汚泥が重力沈殿により沈んでしまうため,にせん断応力が発生してしまい,若干誤差が生じてしまっていると考えられる。今後これを改善し誤差をなくしていかなければならない。

4. 参考文献

- 1) 鳥居塚 安伸, 気泡流に伴って壁面近傍に発生するせん断応力に及ぼす粘性の影響, 武蔵工業大学工学部土木工学科, 卒業論文(平成 13 年度)
- 2) 流体力学, 日野 幹雄, 朝倉書店(1992 年)