

(Ⅶ-13) 気泡流に伴って壁面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 学生会員○ 鳥居塚 安伸
武蔵工業大学工学部 正会員 長岡 裕
武蔵工業大学工学部 正会員 田中 厚至

1. はじめに

近年、衛生面での安全性に答える水処理方法として膜分離活性汚泥法が注目されており、排水処理などに実用化されている。しかし、処理過程での膜目詰まりが問題とされている。この処理方法では、活性汚泥中の微生物に酸素を供給し曝気を行うが、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。気泡による膜面堆積物の剥離には様々な要素が考えられているが、その一つとして気泡の膜面通過時におけるせん断応力を明らかにすることは重要である。本研究ではせん断応力に及ぼす粘性の影響について明らかにする。

2. 実験装置及び実験条件

図1に気泡流実験装置を示す。有効容積 36L (40cm×9cm×100cm)の水槽に水溶液を満した。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。溶液としてメチルセルロースの添加量により水と水の粘性の4倍、8倍、15倍の水溶液を作成した。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)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)を通じてパソコンに取り込んだ。サンプル数4100、測定周波100Hzで測定を行った。ディフューザは塩化ビニール管(径18.05mm)に穴(径0.85mm)を63個開けたものである(図2)。また、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。表1に実験条件を示す。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。気泡径の大きさは粘性と空気流速の違いにより異なる値を示した。空気流速とは空気流入量を気泡上昇経路の断面積で除した値である。

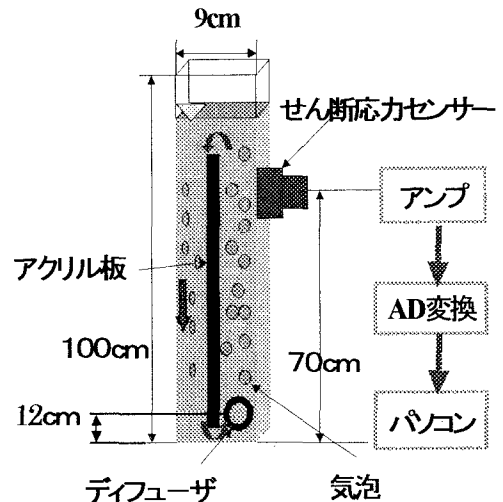


図1 実験装置の概略図



図2 ディフューザ 穴 63個

表1 実験条件

	気泡径(mm)	空気流速($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)
水	4.0~7.0	0.3~2.0
水の粘性4倍	4.7~6.7	0.3~2.0
水の粘性8倍	3.0~5.1	0.3~2.0
水の粘性15倍		0.3~2.0

3. 実験結果及び考察

(1) せん断応力の経時変化

図4に $1.5 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ のせん断応力経時変化を示す。せん断応力はセンサーに働くせん断力をセンサーの面積で除して求めた。溶液の粘性が高くなるにつれて標準偏差が大きくなることが示

キーワード：気泡、粘性、空気流速

連絡先：東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学工学部水工学研究室

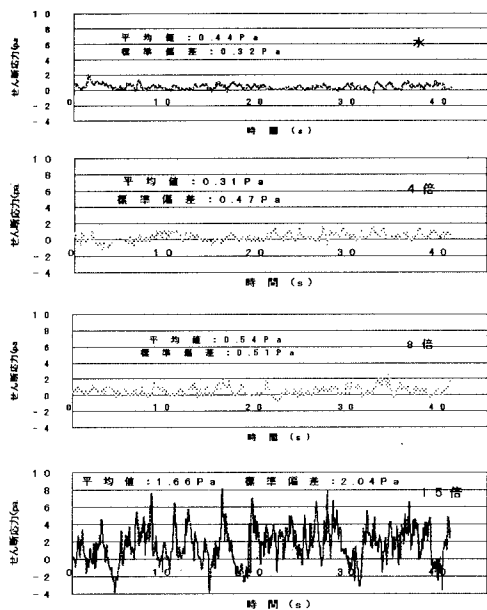


図4 $1.5 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ せん断応力の経時変化
されている。これは、粘性が高くなると共に境界層が厚くなり、気泡周りの流速変動がより速くまで伝わるためと考えられる。

図5に水の粘性の15倍の溶液の異なる空気流速におけるせん断応力経時変化を示す。空気流速が高くなるにつれ、標準偏差は大きくなるのがわかる。高い空気流速では低い空気流速に比べ水槽に気泡が満たされる状態となり、気泡とせん断応力センサーとの距離が近くなるためと考えられる。

(2) 空気流速とせん断応力の関係

図6に $\tau_{3\sigma}$ (式(1)に示す)と空気流速の関係を示す。頻度分布が正規分布となったため $\tau_{3\sigma}$ を最大値の指標とする。

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

ここで、 $\bar{\tau}$: せん断応力の平均値、 σ : せん断応力の標準偏差である。

空気流速が大きくなり、高い粘性になるほどせん断応力は大きな値を示した。これは図7に示すように粘性が高く、空気流速が大きくなるにつれて気泡の流速が上がったこと及び図4、図5に示すように高い粘性と大きな空気流速が標準偏差を大きくしたことが原因と考えられる。

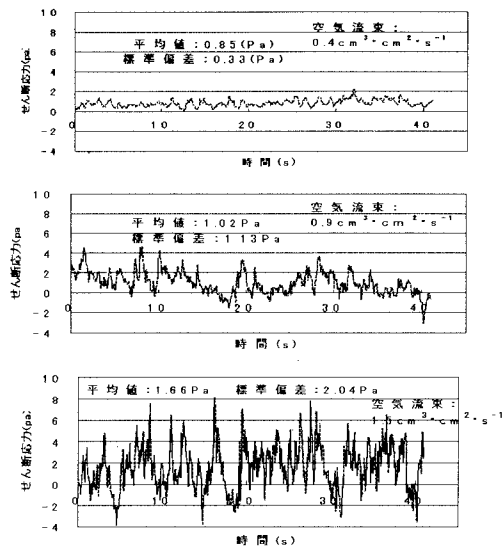


図5 15倍 せん断応力の経時変化

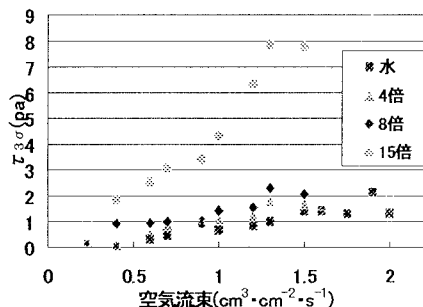


図6 $\tau_{3\sigma}$ と空気流速の関係

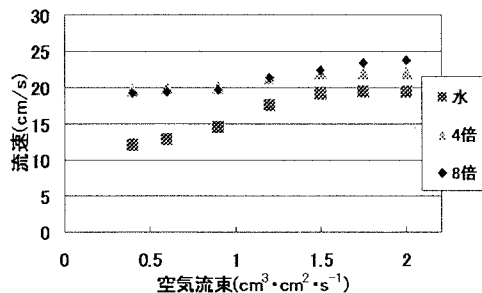


図7 流速と空気流速の関係

4. 結論

粘性と空気流速は膜面に働くせん断応力の平均値と標準偏差に影響を与えることを示した。