

膜面堆積物質の剥離に対するエアレーションの効果に関する基礎的研究

○ 武蔵工業大学 正会員 田中 厚至
 武蔵工業大学 正会員 長岡 裕
 武蔵工業大学 学生会員 宮本 祐介

1. はじめに

直接浸漬型の膜分離活性汚泥法を用いた下水処理において、処理水を得る際吸引を行なうため処理過程での膜面への分離濁質の付着堆積（膜目詰まり）が課題とされている。この処理法は、活性汚泥中の微生物に酸素を供給するためにエアレーションを行なうが、同時に気泡を膜面に接触させること（エアスクラビング）により、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さまざまな要素が関係していると考えられるが、その1つとして気泡の膜面通過時におけるせん断力を明らかにすることは重要である。本研究では気泡上昇に伴う膜面近傍に働くせん断応力の測定および上昇挙動を把握することにより、気泡の力を定量的に示し剥離メカニズムを明らかにすることで、将来的に効率的な処理システムを構築することを目的とする。

2. 実験装置および実験方法

Fig.1, Fig.2 に実験装置の概略を示す。Fig.2 は実験装置の気泡上昇部を上から見た図である。有効容積 202.5L (45cm × 45cm × 100cm) の水槽を水道水で満たし（水深:85cm, 水温:15℃），下方の塩化ビニル管ノズルからポンプにより壁面に沿って気泡流を発生させた。測定は底面より上方70cmに直径10mmのせん断力センサーを設置し、サンプリング周波数 10Hz, サンプリング数 128 で測定した。前後左右を囲うこと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、気泡流量を変化させてせん断力を測定した。測定したせん断力をセンサーの面積で除して応力表示し時間平均した。気泡は塩化ビニル管に穴をあけ、穴の大きさ、数を変えることにより気泡径を変化させ、小さい気泡の発生にはさらにスポンジを巻いた状態で行った。気泡径はビデオカメラによる撮影により測定し、体積相当径に換算して表した。個々の気泡の大きさにはばらつきがあるため、代表的な大きさの気泡を選んで気泡径の測定を行った。

Table1 に実験条件を示す。気泡径 4.2mm ~ 20.1mm, 気泡流量 $0.67\text{cm}^3\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ~ $5.51\text{cm}^3\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ の間で実験を行った。

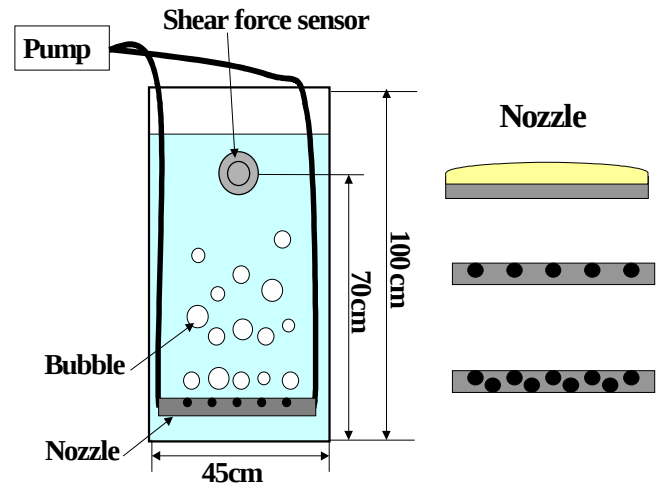


Fig.1 Experimental setup

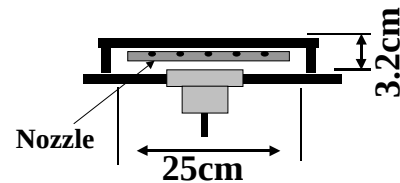


Fig.2 Bubble rise condition

Table1 Experimental condition

	Diameter(mm)	Air flow flux($\text{cm}^3\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$)
Case1	4.2	0.67 ~ 3.02
Case2	5.9	0.90 ~ 4.13
Case3	7.1	1.34 ~ 4.72
Case4	13.3	1.79 ~ 4.57
Case5	15.5	1.61 ~ 4.13
Case6	18.8	1.61 ~ 5.51
Case7	20.1	1.79 ~ 5.08

3. 実験結果および考察

Fig.3 は気泡流の様子1例を示す写真である。気泡は分裂、合体を繰り返す、大きさ、形ともに不規則である。したがって、気泡の挙動も不規則となり、非常に複雑な流れを呈した。気泡径 4.2mm の気泡流では気泡は球状もしくは楕円体状であり、気泡の分裂、合体もほとんど起こらなかったが、気泡の形状、挙動の不規則さは気泡径とともに増大し、流れも複雑なものとなった。

キーワード：膜分離活性汚泥法，せん断応力，気泡流量，気泡径，ボイド率

連絡先：〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学 TEL 03-3703-3111 (内線 3257)

Fig. 4 に気泡流量とせん断応力の関係を示す。センサーに働くせん断応力は時間的に変動するため、せん断応力の値は時間平均したものである。気泡流量が大きくなるにしたがってせん断応力が増加する傾向が得られた。これは、気泡流量の増大とともに気泡流の流速が大きくなるためである。また、気泡が存在しない水だけの流れに対するせん断応力の値が $0.1 \sim 0.3 \text{ Pa}$ 程度¹⁾であることを考えると、せん断応力に与える気泡の影響は非常に大きいことがわかる。

気泡径が小さい時の方がせん断応力は大きな値を示した。気泡径の大きな気泡は流路の中央を上昇する傾向があり、気泡径の小さな気泡はより壁面の近くを上昇する傾向があった。したがって、気泡径が小さい時の方がせん断応力が大きくなったと考えられる。また、気泡流量が大きくなるにしたがい気泡径の違いがせん断応力に与える影響は強くなった。これは、気泡流量が大きくなるとボイド率が増加し、その結果、壁面近傍を上昇する気泡が増加したためと考えられる。

Fig.5 に気泡径 20.1mm の気泡流に対するせん断応力の経時変化の一例を示す。センサーを気泡が通過する数、センサーと気泡の距離が常に一定ではないため、センサーに働くせん断応力の値に時間的な変動が生じている。したがって、膜面付着物質の剥離を考えると、せん断応力の平均値とともに、最大値が重要であると考えられる。

Fig.6 に気泡径 20.1mm の気泡流に対するせん断応力の最大値を示す。気泡流量が大きいときには、最大値は平均値の4倍程度にもなり、変動が非常に大きいことがわかる。したがって、せん断応力の変動は膜面付着物質の剥離機構に影響を与える重要な要因の1つと考えられる。

気泡流量の増大とともに平均値と最大値の差が大きくなった。これは、気泡流量が大きくなるとボイド率も増大し、よりセンサーの近くを気泡が通過する確率が大きくなるためと考えられる。

4. 結論

気泡径が小さい時の方が気泡はより膜面近くを上昇し、気泡流量が等しいときには、小さい気泡のほうが膜面に働くせん断応力が大きくなることがわかった。また、気泡が膜面に働くせん断応力に与える影響は非常に大きいことがわかった。

膜面の1点に働くせん断応力は時間的な変動が非常に大きく、せん断応力の最大値が重要であることを示した。

参考文献

- 1) 宮本祐介ら：膜分離活性汚泥法における気泡流が膜面に与えるせん断応力に関する実験的研究，第35回日本水環境学会年会講演集，p183，2001



Fig.3 Bubbly flow

(Air flow flux: $1.79 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, Diamater: 20.1mm)

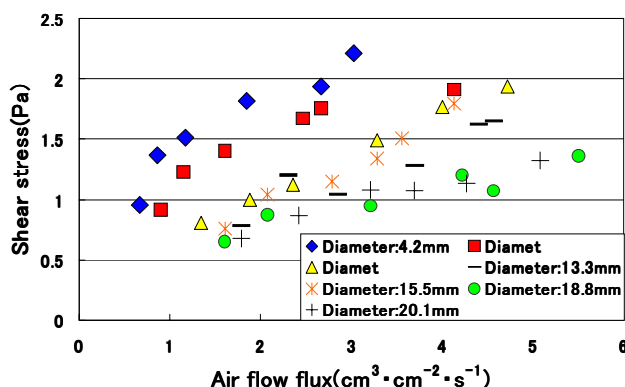


Fig.4 Relationship between air flow flux and shear stress

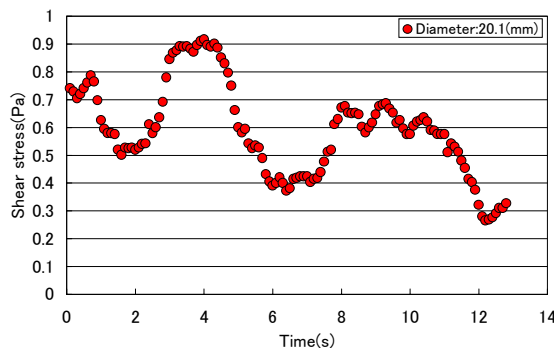


Fig.5 Variation of shear stress

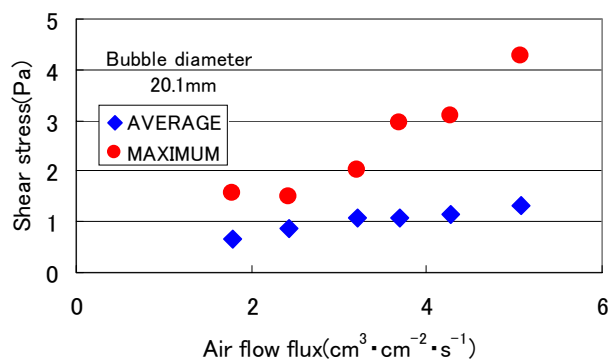


Fig.6 Maximum shear stress