

B-14 膜分離活性汚泥法におけるエアレーションによる膜面せん断応力に関する基礎的研究

○武蔵工業大学 学生会員 宮本 祐介

武蔵工業大学 正会員 長岡 裕

武蔵工業大学 正会員 田中 厚至

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。¹⁾ 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壁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。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:25℃）、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。気泡はノズルを変えることにより大きさを変化させ、ノズル 1 は横向き状態で気泡径 6.6mm～15.1mm の単一気泡、ノズル 2 は斜め下向き状態で 27.8mm～58.3mm の単一気泡を発生させた。気泡流においては、ノズル 3、ノズル 4 は塩化ビニル管にスポンジを巻いた状態で気泡径 4.1mm～13.1mm、ノズル 5 は塩化ビニル管に穴をあけた状態で気泡径 17.0～28.7mm の気泡流を発生させるのに用いた。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。

Table1 に実験条件を示す。気泡流を発生させ、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、ボイド率（=気泡体積/気泡の流路体積）を変化させてせん断力を測定した。

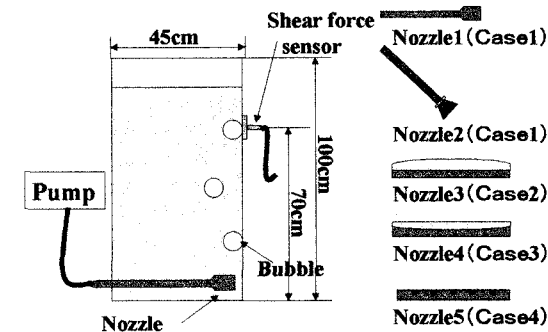


Fig.1 Experimental setup

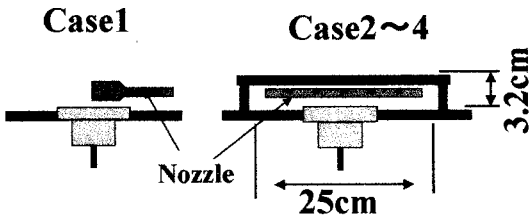


Fig.2 Bubble rise condition

Table1 Experimental condition

	regime	bubble area	diameter(mm)	void rate(%)
Case1	single bubbls	free	6.6~58.3	2.66~5.45
Case2	bubbly flow	limited	4.1	
Case3	bubbly flow	limited	10.1~13.1	
Case4	bubbly flow	limited	17.0~28.7	

3. 実験結果および考察

3.1 単一気泡、気泡流における流動状況

Photo1 に単一気泡 15.1mm, Photo2 に単一気泡 58.3mm, Photo3 に気泡流 4.1mm の流動状況を示す。単一気泡は大きくなるに連れ球状型から楕円型そして砲弾型へと変化した。気泡流においては気泡径の小さい時はほぼ球状で大きくなるに

連れ楕円型となり、気泡同士の結合が見られ変形しているものもあった。また、単一気泡、気泡流において気泡径の増大に伴い壁面からの距離が増す傾向があった。



Photo1 Single bubble (15.1mm)

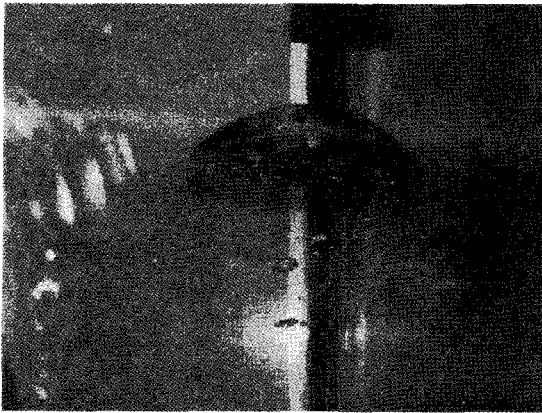


Photo2 Single bubble (58.3mm)



Photo3 Bubbly flow (4.1mm)

3.1 気泡のせん断応力

せん断応力の算出においては測定したせん断力をセンサーの面積で除して表した。

3.2 単一気泡におけるせん断応力

Fig.3 に気泡径 58.3mm におけるせん断応力の経時変化の一例を示す。グラフのピークをセンサー通過時とし、上昇方向を正に安定している部分との差をせん断応力として読み取った。気泡通過時の特徴はせん断応力が一度下向きに働いてからピークに達する傾向があり、他の気泡径においても同様の特徴がみられた。

Fig.4 にせん断応力と気泡径の関係を示す。気泡とセンサーの距離が一定でないためせん断力にばらつきが見られたので分散も合わせて示した。分散の上限は気泡がセンサーからの距離が近い状態であり、下限はセンサーから離れている状態である。気泡径 58.3mm を除いては分散の大きさに大きな違いが見られなかった。また気泡径増大に伴いせん断応力の増加が見られほぼ比例関係の傾向が得られた。

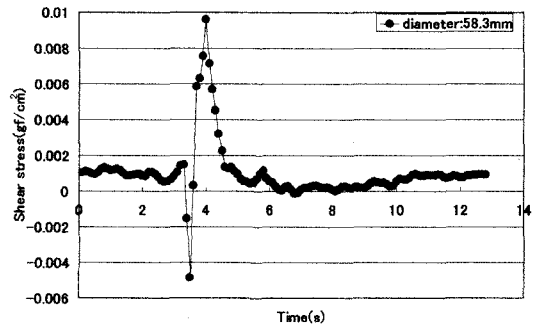


Fig.3 Variation of shear stress (Case1)

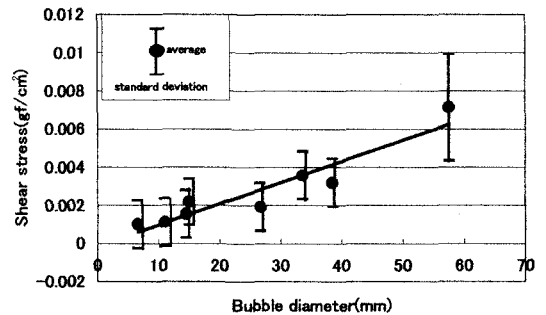


Fig.4 Relationship between shear stress and bubble diameter (Case1)

3.3 気泡流におけるせん断応力

Fig.5 に気泡流におけるせん断応力の経時変化の一例を示す。点線部分までを流れによる影響、波形部分を個々の気泡による影響とすると気泡流のせん断応力は流れと気泡の両方の要素が働いて

いると考えられる。

Fig.6 にボイド率とせん断応力の関係を示す。各気泡径においてボイド率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。また、気泡径ごとに比較するとせん断応力はセンサー径 10mm よりも小さい気泡径 Case2 の上昇傾向は強く一番大きな値を示し、センサー径よりも大きな Case3, Case4 に関しては上昇は緩やかでほぼ同じ値を示した。これは上昇挙動による影響で、気泡径の小さい方がより壁面に近い状態であると考えられる。

Fig.7 に異なるボイド率における気泡径とせん断応力の関係を示す。各ボイド率においてせん断応力は気泡径 10.0mm 以下の範囲で減少し、その後上昇する傾向を示した。せん断応力に与えるボイド率の影響は、気泡径の小さいものの方が大きいと考えられる。

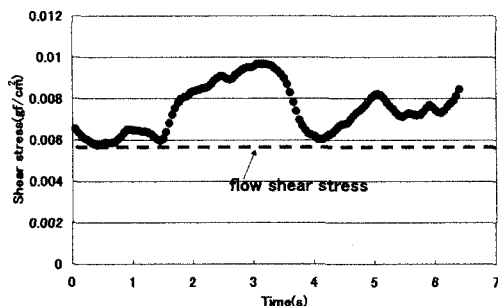


Fig5 Variation of shear stress
(Case3, Void rate 2.66%)

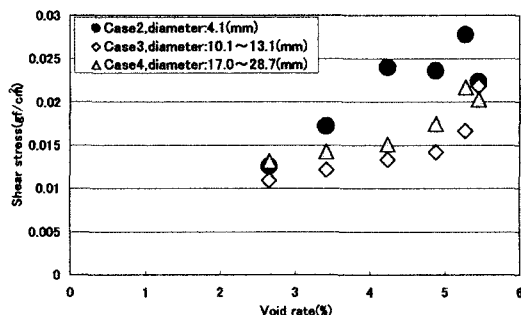


Fig.6 Relationship between Void rate and
shear stress (Case2~Case4)

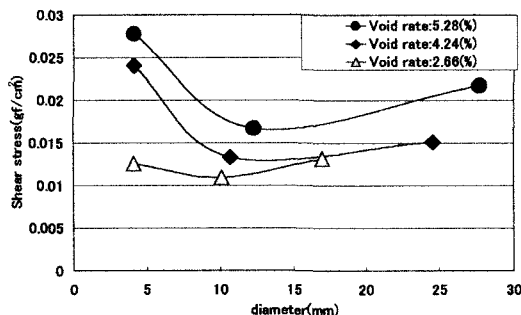


Fig.7 Relationship between bubble distance
and shear stress (Case2~Case4)

4. まとめ

単一気泡において気泡径とせん断応力はほぼ比例関係であることが定量的に示された。

気泡流においてボイド率の増加に伴いせん断応力は増大する事が定量的に示され、気泡径が小さいほどボイド率がせん断応力に与える影響は強くなった。

単一気泡、気泡流において気泡と壁面との距離は常に異なり、気泡径が大きくなるにしたがって壁面からの距離は大きくなった。

5. 参考文献

- 1) 河野 聖子：膜分離活性汚泥法における有機物の断続負荷が生物代謝物質の分子量に与える影響，第 27 回関東支部技術研究発表会講演概要集 p982 (平成 12 年 3 月)