

1. はじめに

近年、高度処理である膜分離活性汚泥法は、生活排水処理に広範に普及しつつある。しかし、新しい処理技術のため不明な点が残されており、特に膜の目詰まりの防止と適正な維持管理が最大の課題とされている。膜の目詰まりと活性汚泥の粘度との間には関連性が指摘されており、曝気槽混合液の粘度は運転管理指標として有用と考えられる。そのため、膜分離活性汚泥法の曝気槽混合液の粘度測定値の報告事例もいくつかみられる。しかしながら、非ニュートン流体の高濃度活性汚泥の粘度測定においては測定条件が大きく影響すると考えられ、用いる粘度または流動特性値については検討を要する。また、目詰まりに関連する粘性物質を効果的に測定するためには、どのような前処理が適当であるかも検討課題といえる。ここでは、従来から活性汚泥の粘度測定に用いられてきた共軸二重円筒式回転粘度計を用いて流動特性を得ながら、膜分離活性汚泥法の混合液に適した測定方法を検討することとした。

2. 実験方法

試料には、膜分離活性汚泥法を用いている集合住宅浄化槽（342 人槽）の曝気槽混合液を使用した。粘度計には、内筒回転型の共軸二重円筒回転粘度計（東機産業製 B 形粘度計）を使用した。内筒には BL ロータ、No.1 ロータ、No.2 ロータの 3 種を、外筒には BL スリーブ（BL ロータに使用）および 500mL ビーカー（No.1 ロータ、No.2 ロータに使用）を用いた。

外筒に試料を入れ内筒を付けた粘度計にセットした後、まずロータを 60rpm で 5 分間回転させエージングを行った。その後回転速度を 60, 30, 12, 6rpm に順次下降させ、それぞれの安定した指示値を読み取った。さらに、ロータを止めたままクランプを外して 5 分間静置させ、その指示値を降伏点とした。各指示値にずり応力常数を乗じてずり応力（降伏点の場合は降伏値）を求めた。また、そのときの回転数にずり速度常数を乗じてずり速度を求めた。さらに、指示値に応力常数を乗じてみかけの粘度とした。1 回の測定において、上記操作を 3 回ずつ繰り返した。測定は 25℃恒温室内か又は外筒を恒温水槽内に入れて行った。

試料を 3000rpm で 10 分間遠心分離した上澄液について、また沈殿した MLSS に除去した上澄液と等量の蒸留水で懸濁させた試料についても上記の測定を行い、それぞれの流動特性を検討した。また、測定条件を揃えた場合のみかけの粘度について、温度の影響、蒸留水による希釈の影響を調べた。

3. 結果と考察

(1) 流動曲線

異なる日に採取した 3 試料（A, B, C ; MLSS はそれぞれ 2800mg/L, 6100mg/L, 8700mg/L）について、BL ロータと BL スリーブを用いて 25℃条件下で求めた流動曲線は図 1 のとおりであり、各条件における 3 回繰り返し測定の再現性は良好であった。ずり速度が 0 以外の点は各試料ともほぼ直線上に乗り、ビンガム塑性流体とみなすことができた。(1) 式を用いてビンガム粘度 η_{p1} を求めたところ、表 1 に示したように試料 A, B, C でそれぞれ 1.57, 3.50, 13.0mPa・s で、MLSS が大きいほど高い粘度が得られた。

$$s - s_0 = \eta_{p1} D \quad (1)$$

ただし、D : ずり速度 (1/s), s : ずり応力 (mPa), s_0 : 降伏値 (mPa)

他方、同じ流動曲線を仮に擬塑性流体とみなして求めた非ニュートン粘性係数および回転数 60rpm の時のみかけの粘度は表 1 のとおりで、流体特性の扱いによって得られる粘度が大きく異なることが分かる。一般に活性汚泥はビンガム塑性流体として扱われており、本研究においても流動曲線がその傾向を示したことから、ビンガ

Yu TANAKA, Jun NAKAJIMA

ム粘度を使用することが適当と判断される。しかしながら、さらに高濃度の汚泥についても検討を加える必要がある。

(2) 内筒と外筒の選択

外筒に 500mL ビーカ、内筒に No.1 ロータまたは No.2 ロータを用いた流動曲線例（試料 D；25℃）を図 2 に示した。内筒の違いによって流動曲線が変化しており、これから求めたビンガム粘度は No.1 ロータ、No.2 ロータでそれぞれ 182、43mPa・s と大きく異なった。内筒と外筒の選択が、粘度測定値に大きく影響するといえる。

(3) 温度の影響

測定温度条件を変化させてみかけの粘度（試料 E）を測定した（BL アダプター、BL スリーブ使用）。1/絶対温度と粘度の対数とは図 3 のような関係で、二つの直線が組み合わさったようになり、温度による流動特性の違いを示唆している。

(4) MLSS の影響

試料 A、B、C を遠心分離した上澄液のビンガム粘度は蒸留水とほぼ変わらないが、降伏値は 5～10mPa 程度を示した。一方、沈殿させた MLSS の蒸留水による懸濁液について遠心分離前と比較すると、ビンガム粘度は大差なかったが降伏値には減少傾向がみられた。

これらから、粘度を決定している成分は主に沈殿した MLSS 成分であり、また上澄液には降伏値を増加させる働きがあるといえる。

他の試料（F、G）を蒸留水で希釈したときのみかけの粘度（BL アダプター、BL スリーブ使用、25℃）は、希釈後の MLSS 濃度と図 4 の関係が得られ、MLSS 増加に対して粘度は指数関数的に増加しており、粘度は非線形に MLSS の影響を受けるといえる。

4. まとめ

共軸二重円筒回転粘度計を用いた高濃度活性汚泥の粘度測定においては、ビンガム粘度を用いるのが適当と考えられるが、適切な内筒および外筒や温度条件の選択が必要である。また、粘度は MLSS の影響を非線形に受けている。これらを踏まえて膜分離活性汚泥法の運転管理指標に適した粘度測定方法の検討が課題である。

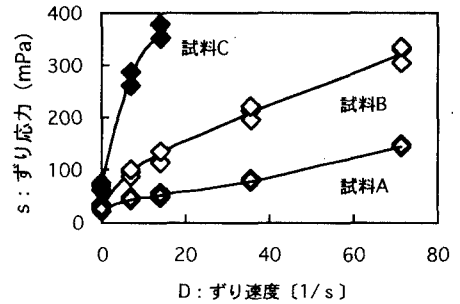


図1 流動曲線

表 1 粘度および降伏値

	ビンガム塑性流体		擬塑性流体（仮定）	みかけの粘度 (60rpm) mPa・s
	ビンガム粘度 mPa・s	降伏値 mPa	非ニュートン粘性係数 mPa・s	
試料A	1.57	23.1	4.38	2.03
試料B	3.50	31.7	16.6	4.52
試料C	13.0	68.7	73.1	測定不能

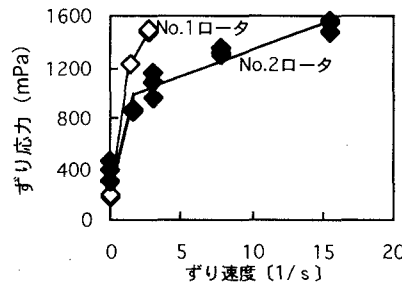


図2 内筒の違いと流動曲線

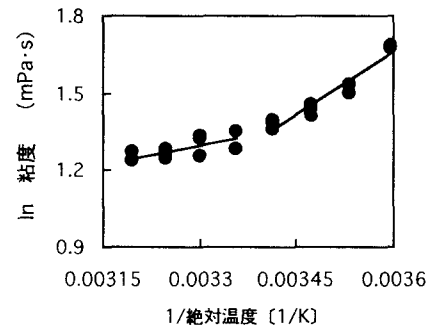


図3 ln粘度と1/絶対温度の関係

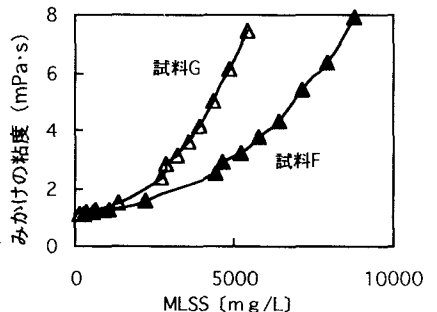


図4 粘度とMLSSの関係