

II-571

嫌気性流動床における生物膜の剥離強度に関する実験的研究

山口大学工学部 正 員○今井 剛
九州大学工学部 正 員 楠田哲也

1. はじめに

嫌気性流動床法やUASB法に代表される付着生物膜型廃水処理において、生物膜内の活性菌体量、死滅菌体量、細胞外ポリマー等の濃度分布を把握することは、その処理水質を予測する際に重要である。この生物膜内の菌体量分布に大きな影響を与える要因の一つが生物膜の剥離強度である。つまり、剥離強度が小さく剥がれやすい生物膜の場合は生物膜内に各菌体量の分布はできにくく、反対に剥離強度が大きく剥がれにくい生物膜の場合は分布がしやすいことが予想されるからである。生物膜の剥離の原因は生物学的なものや物理的なもの等、様々なものが考えられるが、その中でも最も大きな影響を及ぼすものは、流動床においては物理的な流体力であると考えられる。そこで本研究では、嫌気性流動床において定常状態に達している生物膜の剥離強度を把握することを目的として、生物膜の剥離装置を製作し、様々な剥離強度における剥離量を実測した。この実験結果から本流動床における生物膜の限界剥離強度を推定した。

2. 実験方法

図-1に今回新規に作成した生物膜搅拌剥離装置の概要を示した。剥離装置は内寸が6cm×6cm×6cmの立方体で、装置内に設けた十文字形の搅拌翼により搅拌を行なう。この剥離装置は直径の異なるプーリーを組み合わせることで、搅拌翼の回転数を変更できるようになっている。また、剥離装置の下にトルク測定装置を設置し、任意の回転数に対するトルクを測定できるようにしてある。その搅拌強度としては以下の式で表わされるG値[s⁻¹]を用いた。

$$G = \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu}} \quad \dots (1)$$

ここに、 ϵ_0 ：流体の単位体積、単位時間あたりのエネルギー散逸率[Pa・s⁻¹]、 μ ：液体の分子粘性係数[Pa・s]である。

また、G値と剥離装置に作用するトルクは以下の式で表わされる。

$$G = \sqrt{\frac{2\pi \omega T}{\mu V}} \quad \dots (2)$$

ここに、 ω ：搅拌翼の各速度[s⁻¹]、T：トルク[N・m]、V：搅拌槽の容積[m³]である。

剥離装置内に水を満たした状態で、様々な回転数に対するトルクを実測し、回転数とトルクの関係を示したものが図-2である。この図からトルクは回転数の2乗に比例することがわかる。

この剥離装置の回転数を変化させ、搅拌継続時間と生物膜の剥離量の関係を調べるために、以下の実験を行なった。対象とした生物膜は約3カ月間負荷4kg-COD・m⁻³・day⁻¹で連続運転を行ない、膜厚がほぼ定常状態に達しているものを用いた。

まず、剥離装置内に生物膜付着担体を静かに沈降させ、空気が入らないように密封した後、所定の回転数で搅拌翼を回転させた。ある一定時間ごとにサンプリ

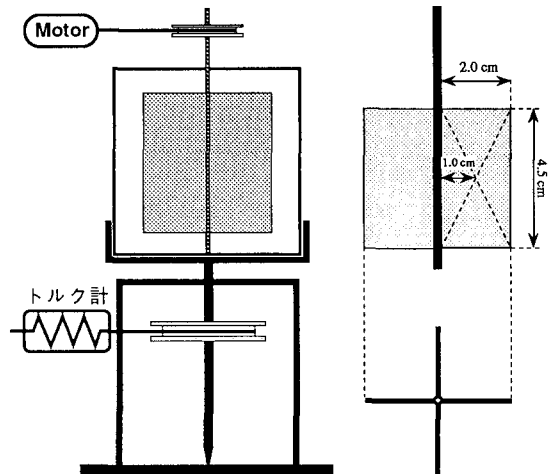


図-1 搅拌方式による生物膜剥離装置
およびその搅拌翼の模式図

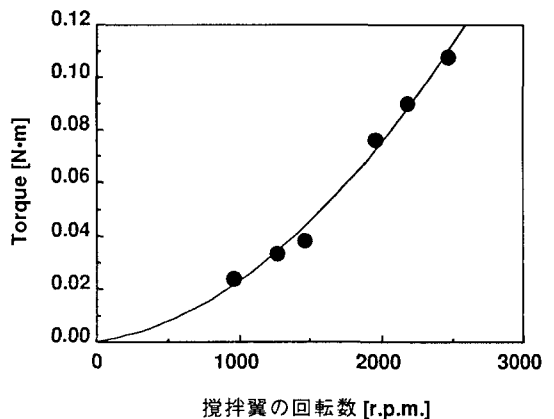


図-2 搅拌翼の回転数と装置に作用するトルクの関係

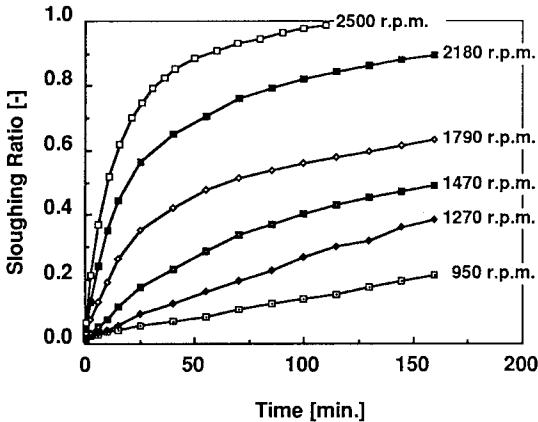


図-3 生物膜の剥離率と撹拌継続時間の関係

ングを行ない、SS、VSS、VSS中に含まれるタンパク質濃度を測定した。これらの一連の操作を回転数を変化させて合計6回行なった。

3. 結果および考察

図-3は、各回転数ごとの剥離率（初期付着生物膜に対する剥離生物膜の割合）と撹拌継続時間の関係を示したものである。この図から回転数が高い、つまり撹拌強度が大きいほど最終剥離量が多いことがわかる。特に2500r.p.m.の場合は撹拌継続時間が約60分で生物膜全体のほぼ90%が剥離し、110分ではほぼ全ての生物膜が剥離していることがわかる。また、撹拌強度が大きいほど初期剥離量が大きく、剥離量が定常状態に達する時間も短いことが実験的に確認された。図-4は剥離率とVSS/SSおよびVSS中に含まれるタンパク質濃度(Pro.)/VSSの関係を示したものである。剥離が表面から順序よく生じたと仮定すると、図から固形有機物の指標としてよく用いられるVSSのSSに対する割合は、生物膜表面付近が最も高く、反対に内層になるほど低くなり、生物膜内部において無機化が進行していることが予測される。また、菌体の指標としてよく用いられるタンパク濃度がVSSに占める割合は、VSSのSSに対する割合と同様に生物膜表面付近が最も高く、内層になるほど低くなるが、生物膜の中層部においてその割合が高くなっている。これは、底層部においては死滅菌体や細胞外ポリマーに代表される固形有機物の分解が進み無機化が進行しているが、中層部においては固形有機物の蓄積が分解にまざっているために生じたものと考えられる。また、生物膜付着担体が沈降したときの空隙率は、その形状を球と仮定して0.4の値を用いることにより、今回の付着生物膜の平均膜厚は約100 μ mと推定された。図-5は撹拌翼の回転数と剥離率の関係を示したものである。図から解かるように、撹拌継続時間が長いほど剥離率が高くなるが、剥離が生じはじめる限界回転数の予測値はほぼ一致しており、その限界回転数は約550r.p.m.と読み取れる。よって図-2の回転数と装置に作用するトルクの関係から、限界剥離強度は約40Paであると推定された。

4. おわりに

本研究では、嫌気性流動床における生物膜の剥離強度を推定するために、新規に作成した剥離装置を用いて様々な回転数における剥離量を測定した。この実験結果から限界剥離強度は約40Paであると推定された。今後はこの剥離装置を用いて生物膜内の活性菌体量、死滅菌体量、細胞外ポリマー等の膜厚方向の濃度分布を把握し、シミュレーション結果との比較データを得る予定である。

【参考文献】 1) 今井ら(1993)環境工学研究論文集、Vol.30、pp.209-217.

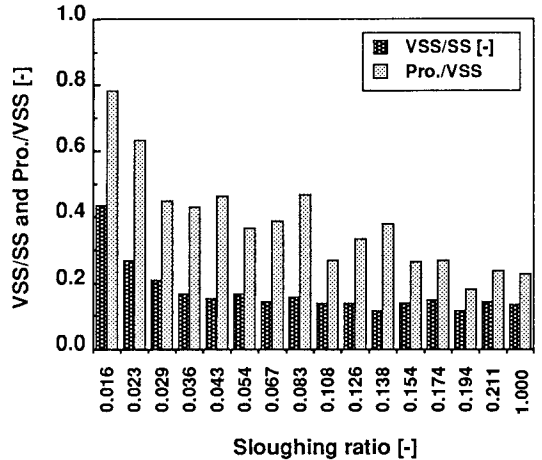


図-4 生物膜の剥離率とVSS/SSおよびPro./VSSの関係

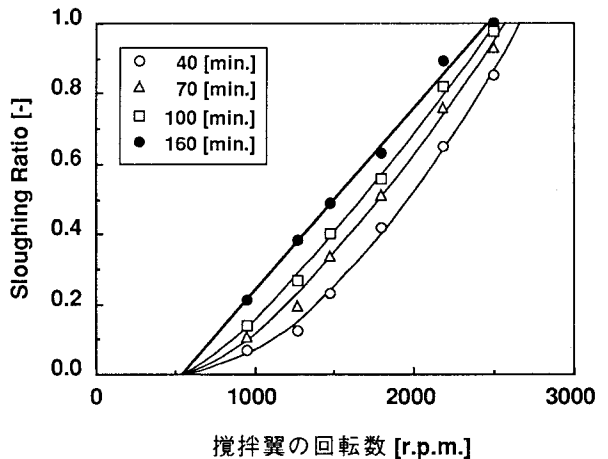


図-5 撹拌翼の回転数と生物膜の剥離率の関係