

II-414 セン断力を受ける廃水処理生物膜の付着特性

興工業高等専門学校 正員 ○ 大橋 晶良
 長岡技術科学大学 正員 原田 秀樹
 長岡技術科学大学 正員 桃井 清至
 広島市 嘉村 真二

1. はじめに

生物膜法は、高濃度の生物が維持でき汚泥発生量が少ない等の利点を有しており、回転円板法・流動層型反応器・浸漬ろ床法などの下・廃水処理方式が近年適用されつつある。これらの反応器内では、付着支持体面上に細菌が付着増殖し、生物膜を形成する。生物膜は流体せん断力を受け、付着・剝離を繰り返しながら絶えず変化しているが、処理性能を予測・評価する場合には、生物量を把握しておく必要がある。しかしながら、生物膜の付着・剝離機構に関する研究は数少なく、長期的な予測・定量化までには至っていない。本研究は、生物膜を脱着プロセスに適用した場合、生物膜の付着特性(膜厚・膜密度等)が流体せん断力によってどのように影響するかを、管壁面に付着させた生物膜の挙動を観察し、付着・剝離機構の検討を行ったものであり、その結果、若干の知見が得られたのでここに報告する。

2. 実験装置および方法

実験装置の概略を図-1に示す。支持体としてシリコンチューブを使用し、管径15, 12, 10, 8, 6mmの5種類を各2本ずつ設置した。長さは100cmでチューブが曲がったりして生物が剝離ないようにチューブをアクリル管で覆った。また両端には、コネクタを取り付けて、脱着が容易で水頭が測定できるようにになっている。基質は、水素受容体として硝酸ナトリウム(100 mg-N/l)、水素供与体としてメタノール(300 mg/l)と若干の無機塩類およびりん酸緩衝液から成っており、pHを7に制御してある。水温もサーモスタットにより25℃に制御した。運転は、都市下水道処理場の活性汚泥を接種し、25日間は流量を小さく(80 ml/min)、その後流量を上げて、基質タンクから60 ml/min、循環タンクから190 ml/minをポンプで送り100日間行った。

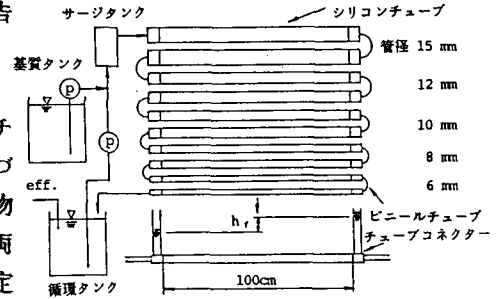


図-1 実験装置概略図

図-1 実験装置概略図

3. 測定項目および分析方法

生物膜厚 δ ・生物膜湿潤密度 ρ_{bw} ・損失水頭 h_r を経過62日から1週間置きに、細胞・細胞外炭水化物含有量・無機成分組成を運転終了時に測定した。生物膜厚 δ ・生物膜湿潤密度 ρ_{bw} は、シリコンチューブの重量及び内容積(水で充填させた時の水の体積)と生物膜が付着したシリコンチューブを取り外し、5分間傾斜させ水を切った状態での重量及び内容積を測定し、この差から算出した。損失水頭 h_r は、チューブ両端の水頭を水準器を使用して求めた。細胞外炭水化物含有量は、滝口¹⁾の方法によって0.1N NaOHで抽出した液をアンスロン法²⁾による還元糖として定量した。

4. 実験結果

セン断応力 τ に対する粗度係数 n を図-2に示した。管壁面に働くせん断応力 τ は、 $\tau = \lambda \cdot w \cdot v^2 / 8g$ で表される。ここに、 λ は摩擦抵抗係数、 w は流体の単位体積重量、 v は平均流速、 g は重力加速度で、本実験内ではレイノルズ数 R_e が2000以下と層流であり、 $\lambda = 64/Re$ となる。また粗度係数 n は、マンニングの式より次式で求められる。

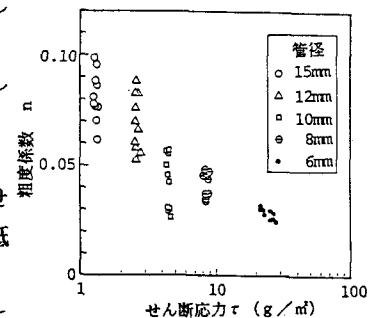


図-2 粗度係数 n

$n = (D/4)^{2/3} \cdot (h_f/L)^{1/2} / v$ ここに、Dは管径、Lはチューブの長さである。粗度係数nは、管径が大きいとバラツキが目立つものの、せん断力の増加と共に小さくなっており、生物膜の表面が滑らかになると推察される。値は全般的に高く、これはジョイント部の損失が考慮されていないためで、実際はもっと低い値であると思われる。

図-3に生物膜厚 δ を示した。これも各管径ともかなりの変動が見られるが、せん断応力が10g/cm以下では、せん断力の増加と共に生物膜厚が減少する傾向が見られ、せん断力によって生物膜が剥離させられやすいことが推測される。しかし管径6mmでは、せん断応力が一番高いにもかかわらず、膜厚は最も大きく成長しており、せん断力以外の因子が作用していると考えられる。すなわち、管径6mmは付着面積が小さいため、膜形成距離が短く、剥離と言うよりは脱落が少ないために、せん断力が大きくなっても膜厚が増大したものと思われる。

図-4には生物膜湿潤密度 ρ_{bw} を示した。かなりのバラツキがあり、せん断力の影響があるのかどうか全くわからない。本測定方法では、生物膜厚が小さいとかなりの誤差を生じる欠点があり、1mm以上の膜厚に成長すれば膜密度も精度よく測定できると思われる。

粗度係数nと生物膜厚 δ の関係を図-5に示す。各管径とも、生物膜厚が増加すると粗度係数が減少する傾向が見られる。これは、生物膜が成長すると管壁面に均等に付着していき、膜表面よりも壁面の凹凸が小さくなるために起こったものと思われる。

実験終了時の生物膜とビニールチューブに付着した生物膜及び剥離生物・種汚泥の成分組成を図-6に示す。種汚泥以外は、ほぼ同じような形状をしており、成分組成はせん断力には影響を受けないようである。また、支持体がシリコンとビニールでも差はなく、剥離をした生物とでも同じような成分組成をしている。ただし、観察だけではあるが、シリコンよりもビニールの方が生物が多く付着していたように思われる。細胞・細胞外炭水化物・Caの含有量は、浮遊性の生物と比較して、生物膜が形成されると約2倍にもなっており、生物膜の形成に炭水化物等が強く関与していると考えられる。

5. おわりに

管壁面に付着した生物膜は、流体せん断力の作用によって、膜厚の成長に影響を及ぼされ、また判明できなかったが、膜密度にも影響するものと予想される。しかし、支持体の材質や付着面積に関与するところが大きいと思われる。なお、本研究の一分は文部省科学研究費(奨励研究A)の補助を受けたものであることを付記する。

参考文献: 1) 滝口 洋; 用水と廃水, Vol 13(1971) 2) Morris, D.L.; Science, 1948

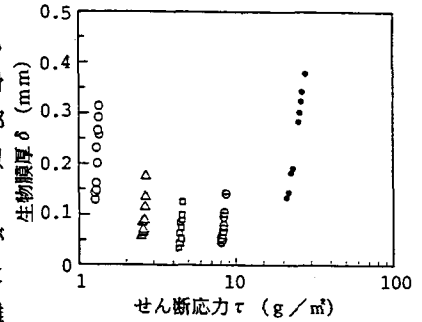


図-3 生物膜厚 δ

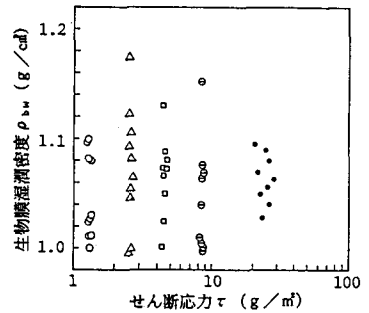


図-4 生物膜湿潤密度 ρ_{bw}

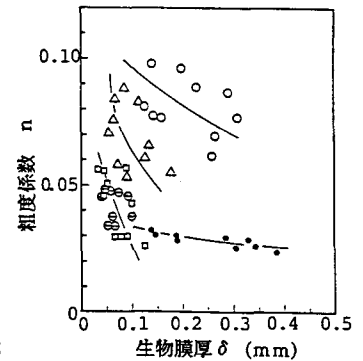


図-5 粗度係数と膜厚の関係

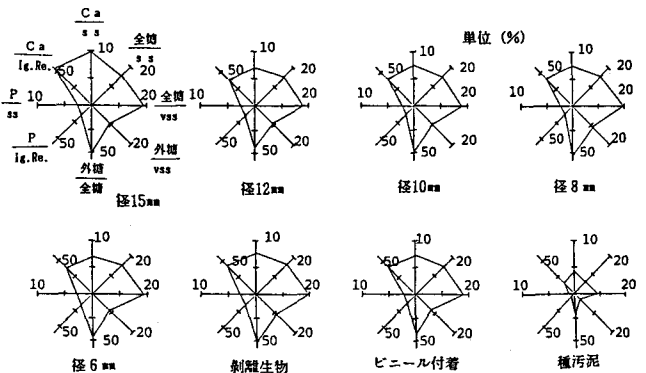


図-6 生物膜の成分組成