

## II-522 回転円板法における有機物酸化細菌・硝化菌の増殖過程（第2報）

鹿児島工業高専  
九州大学工学部

○正員 西留 清  
正員 楠田哲也

1. はじめに 半水没型回転円板付着生物膜内の有機物酸化細菌、硝化菌の増殖を支配する主な因子は、空中部酸素分圧、および液本体基質（有機物、 $\text{NH}_4\text{-N}$ ）濃度である。西留、楠田等<sup>1,2)</sup>は一定の液本体基質濃度のもとで、数週間経過後の生物膜内の有機物酸化細菌、硝化菌の濃度分布をシミュレーションにより求めた。このシミュレーションでは、全付着生物（活性のある有機物酸化細菌、硝化菌とこれらの死滅した細菌の総和）濃度が、生物膜表面から深部まで一定濃度とした仮定のもとで行われていた。しかしながら、増田等<sup>3)</sup>が、回転円板付着生物膜を3層に分離し、各層の付着物濃度を明らかにした結果によると、付着物濃度は膜表面では低く、膜深部ほど高くなっている。そこで、付着物濃度が生物膜深部ほど高い生物膜モデルにより、半水没型回転円板付着生物膜内の有機物酸化細菌・硝化菌の濃度分布をシミュレーションにより求める。

2. 回転円板付着生物膜内の生物濃度分布形と回転円板付着生物膜増殖過程のシミュレーションモデル 定常運転（流入水量および基質濃度が一定）開始後の半水没型回転円板付着生物膜の厚さは、液本体からのSSの付着量、生物膜の増殖・死滅量および剝離量により決まる。一般的な付着生物膜厚と定常運転開始後の経過時間との関係を図-1に示す。SSの付着による生物膜厚は、見かけの生物膜がある厚さになるまで徐々に増加し、ある厚さ以上になると一定となり、剝離による生物膜厚減少は、見かけの生物膜厚が一定になるまで徐々に増加すると考えられる。したがって、付着生物膜内の生物増殖過程はSSの付着および生物膜剝離量も考慮する必要がある。しかしながら、本報では、数週間経過後の回転円板付着生物膜内の生物濃度分布とDO、基質濃度分布（基質除去速度）を明らかにするため、定常運転中の半水没型回転円板付着生物膜の一部が微小膜厚を残して剝離し、この薄膜が増殖していく過程と有機物酸化・硝化過程を合わせてモデル化した。図-2は増田等<sup>3)</sup>の実験結果を用いて生物濃度と膜表面からの深さ方向との関係をスプライン関数で表したものである。生物膜表面は凹凸が存在するので膜表層部（0～400 $\mu\text{m}$ ）の平均厚さを75%（300 $\mu\text{m}$ ）と仮定すると、膜表面平均生物濃度は約17,000（ $\text{mg}/\ell$ ）と算定される。したがって、生物膜の生物濃度は、生物膜表面では低濃度で、生物膜表面から深部方向に高くなり、ある深さからほぼ一定の分布形となる。これらの実験結果をもとにした生物膜モデルを図-3に示す。本生物膜モデルによりシミュレーションを行い、その他の仮定等は参考文献（1, 2）を参照した。また、生物膜が定常厚になるまでは、生物膜表面から最大生物濃度が存在する深さまでの全付着生物濃度は、生物膜の定常分布形にほぼ相似形になる式-(1)により表した。最大生物濃度が存在する層に深の全付着生物濃度は最大生物濃度と等しいとした。

$$T_b = B_s + (T_{b\max} - B_s) L_b / L_x \quad (1)$$

$T_b$ : 任意深さ( $L_b$ )における全付着生物濃度( $\text{mg}/\ell$ )、 $B_s$ : 生物膜表面の生物濃度( $\text{mg}/\ell$ )、 $T_{b\max}$ : 最大生物濃度( $\text{mg}/\ell$ )、 $L_b$ : 求める全付着生物濃度( $T_b$ )における深さ( $\mu\text{m}$ )、 $L_x$ : 最大生物濃度が存在する生物膜深さ( $\mu\text{m}$ )

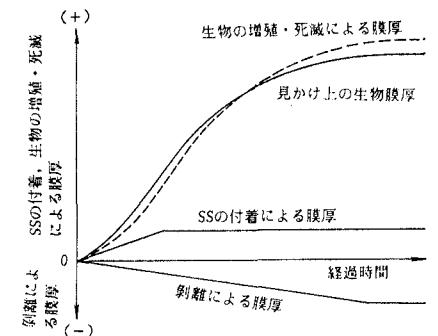


図-1 一般的な付着生物膜の膜厚

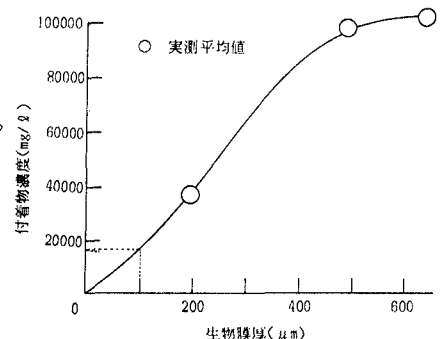


図-2 付着生物膜内の付着物濃度分布<sup>3)</sup>

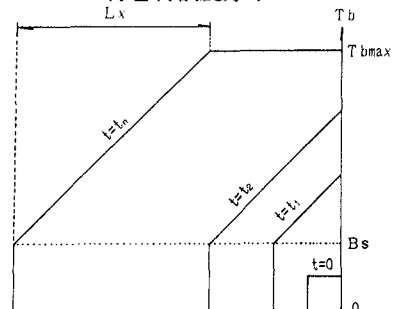


図-3 生物膜モデル

各層で増殖あるいは死滅した生物は、一定濃度( $T_b$ )以上になると各層に存在していた割合で膜厚を増加させることにする。増加した膜の条件で繰り返し基質濃度分布を計算する。一定厚さ(1mm)以上増殖した生物膜表面の生物は剝離すると仮定した。

**3. 結果と考察** 半水没型回転円板付着生物膜内の基質、 $DO$ 濃度は、円板が空中に出る瞬間と、水中に入る瞬間では異なるので、付着生物膜内の生物増殖速度は生物の位置および深さにより異なる。したがって、生物増殖を求めるのに必要な基質濃度は、円板が空中に出る瞬間から水中に入る瞬間までと、水中に入る瞬間から空中に出る瞬間までの全円板付着生物膜内で必要である。そこで、微小分割時間(0.02sec)毎に付着生物膜内の生物の増殖死滅量を求め円板の1サイクル(7.2sec)間の増殖死滅量を基礎にして0.25日毎の生物濃度分布の変化を求めた。図-4, 5はそれぞれ定常運転開始経過後の活性有機物酸化細菌と硝化菌濃度分布の計算結果である。活性有機物酸化細菌は液本体有機物濃度(100mg/l)と有機物酸化細菌最大比増殖速度( $0.000024\text{sec}^{-1}$ )が高いため、1週間経過後は膜全体で高くなっている。一方、活性硝化菌は液本体有機物濃度が高く、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度(10mg/l)と硝化菌最大比増殖速度( $0.000006\text{sec}^{-1}$ )が低いいため、1週間経過後は膜内に若干存在し、50日経過後は膜深部に微濃度(約10mg/l)存在するだけである。図-6は50日経過後における生物膜内外の $DO$ 、基質濃度分布の計算結果である。渡辺、西留<sup>4)</sup>等は従来の研究において付着生物膜内の生物濃度を均一と仮定していたため、 $DO$ 濃度は生物膜内の約100 $\mu\text{m}$ までしか存在しえなかった。しかし、本研究においては生物濃度が均一でない生物膜モデルにより生物の増殖死滅と $DO$ 、基質濃度分布を同時にシミュレーションしたため、 $DO$ 濃度は生物膜が水中から空中に出る瞬間でさえ微濃度(0.01mg/l)ながら500 $\mu\text{m}$ まで存在する可能性があることが示された。

**4. おわりに** 付着生物膜の生物濃度は、生物膜表面では低濃度で、生物膜表面から深部方向に高くなり、ある深さからほぼ一定の分布形となる生物膜モデルを用いた回転円板法による有機物酸化細菌・硝化菌の増殖過程を明らかにした本研究の結果、液本体基質の存在割合およびこれらの濃度等により生物膜内細菌群分布構造の解明が可能となった。

**参考文献** (1)井秀樹,西留清,渡辺義公,楠田哲也:回転円板付着生物膜増殖過程のシミュレーション,

昭和63年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集,pp.308-309,1989(3) (2)西留清,渡辺義公,楠田哲也:回転円板法における有機物酸化細菌・硝化菌の増殖過程,土木学会第44回年次学術講演会講演概要集第2部,pp.1062-1063,1989(10) (3)増田純雄,渡辺義公,石黒政儀:回転円板付着生物膜内の細菌に関する研究,下水道協会誌,Vol.24, No.278, pp.19-31,1987(7) (4)渡辺義公,西留清,石黒政儀:回転円板法による硝化過程のシミュレーション,下水道協会誌,Vol.19, No.223, pp.30-39,1982(12)

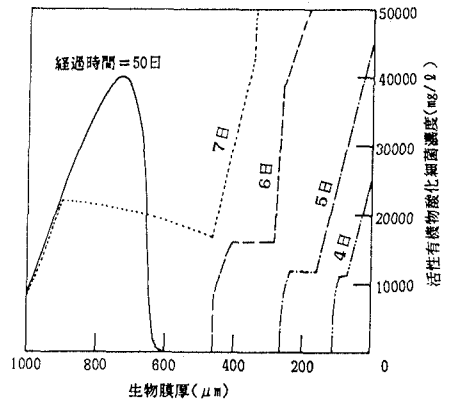


図-4 活性有機物酸化細菌濃度分布(計算結果)

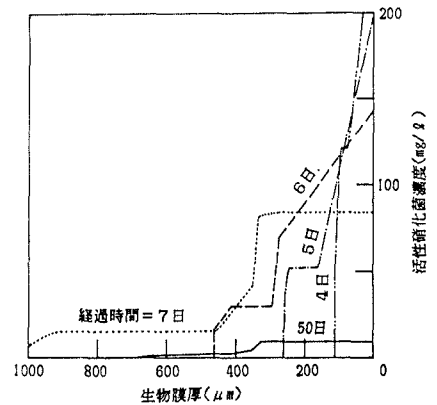


図-5 活性硝化細菌濃度分布(計算結果)

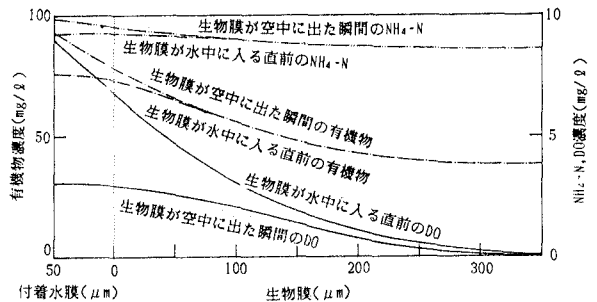


図-6 生物膜内外の $DO$ 、基質濃度分布(計算結果)