

回転円板付着生物膜増殖過程のシミュレーション

鹿児島高専 ○学 井 秀樹 正 西留 清
宮崎大学 正 渡辺義公
九州大学 正 楠田哲也

1. はじめに 回転円板付着生物膜内の基質濃度分布は、渡辺、西留等¹⁾が硝化過程のシミュレーションにより、また、Nishidome, Kusuda²⁾が実測により明らかにしている。しかしながら、これらの解析は付着生物膜内の有機物酸化細菌、硝化菌の濃度分布は推定のもとに行われている。付着生物膜内の有機物酸化細菌、硝化菌の濃度分布は主に定常状態の液本体DO、基質(有機物、 $\text{NH}_4\text{-N}$)濃度等により決まると考えられる。そこで、本文ではコンピューターシミュレーションにより反水没型回転円板法における生物膜内有機物酸化細菌、硝化菌の増殖過程の濃度分布を明らかにする。

2. シミュレーションモデル 回転円板付着生物膜内の基質濃度分布は、渡辺、西留等¹⁾の硝化過程のシミュレーションモデルを用いて求めた。生物増殖シミュレーションの基礎式は式-1、2で表される。

$$dX_o/dt = X_o(\mu_{o\max}(C/K_o + C)(O/K_{o0} + O) - K_{do}) \quad (1) \quad dX_n/dt = X_n(\mu_{n\max}(N/K_n + N)(O/K_{on} + O) - K_{dn}) \quad (2)$$

ここに、 X_o : 活性有機物酸化細菌濃度(mg/l) t : 時間(day) $\mu_{o\max}$: 有機物酸化細菌最大比増殖速度定数(day^{-1}) C : 有機物濃度(mg/l) K_o : 有機物濃度に関する飽和定数(mg/l) O : DO濃度(mg/l) K_{o0} : 有機物濃度に関するDOの飽和定数(mg/l) K_{do} : 有機物酸化細菌の自己分解速度定数(day^{-1}) X_n : 活性硝化菌濃度(mg/l) $\mu_{n\max}$: 硝化菌最大比増殖速度定数(day^{-1}) N : $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度(mg/l) K_n : $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度に関する飽和定数(mg/l) K_{on} : $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度に関するDOの飽和定数(mg/l) K_{dn} : 硝化菌の自己分解速度定数(day^{-1})

液本体濃度は一定とし、微小時間(0.02sec)微小膜厚(10 μm)での基質濃度分布を求め、この基質濃度分布と式-1、2を用いて生物の増殖を計算した。増殖した生物は一定濃度以上になると液本体側に膜厚が増加するものとし、増加した膜厚で再び 表-1 シミュレーションの条件 表-2 図-1に用いたシミュレーションの条件

基質濃度分布を求めた。一定厚さ	最大生物膜厚	1000(μm)	ユレーションの条件
(1mm)以上増殖した生物膜表面の生物	付着水膜厚	50(μm)	液本体有機物濃度 100(mg/l)
は剝離すると仮定した。	拡散層厚	60(μm)	液本体 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度 10(mg/l)
3. シミュレーションに用いた定数	硝化反応速度定数	1.12(day^{-1})	初期条件 X_o 5000(mg/l)
値と初期条件 表-1にシミュレーションに用いた定数値を示す。その他の定数値は渡辺、西留等 ¹⁾ の硝化過程のシミュレーションモデルを参考にした。円板付着生物膜増殖の初期条件として、(1)有機物酸化細菌、硝化菌およびこれらの死滅細菌がある一定割合の濃度で10 μm 厚円板支持体に付着する、	有機物酸化速度定数	2.59(day^{-1})	K_o 20(mg/l)
	円板回転速度	8.3(rpm)	K_{o0} 0.1(mg/l)
	$\text{NH}_4\text{-N}$ の分子拡散係数	1.8(cm^2/day)	K_{do} 0.1 $\mu_{o\max}$ (day^{-1})
	O ₂ の分子拡散係数	2.1(cm^2/day)	初期条件 X_n 2000(mg/l)
	有機物の分子拡散係数	0.6(cm^2/day)	K_n 0.2(mg/l)
	$\mu_{o\max}$	2.0(day^{-1})	K_{on} 1.0(mg/l)
	$\mu_{n\max}$	0.5(day^{-1})	K_{dn} 0.1 $\mu_{n\max}$ (day^{-1})

(2)付着している10 μm 厚の生物膜に液本体基質、DO濃度の基質、DOが侵入している。

4. 結果と考察 半水没型回転円板法の基質、DO濃度は空中、水中の各々の位置によって異なるので生物増殖は厳密には微小分割時間ごとに求めねばならない。しかし、計算に長時間を要するため、後述する結果(図-1)から生物濃度分布は円板か空中に出る寸前の基質、DO濃度を用いて計算した。DO濃度は円板が水中に入る寸前かもっとも高く、基質濃度は円板が空中に出る寸前かもっとも高い。したがって、式-1、2より明らかなように生物増殖速度は、DOに関しては円板が水中に入る寸前かもっとも高いが、基質に関しては円板が空中に出る寸前かもっとも高い。図-1は初期付着活性有機物酸化細菌、活性硝化菌、死滅有機物酸化

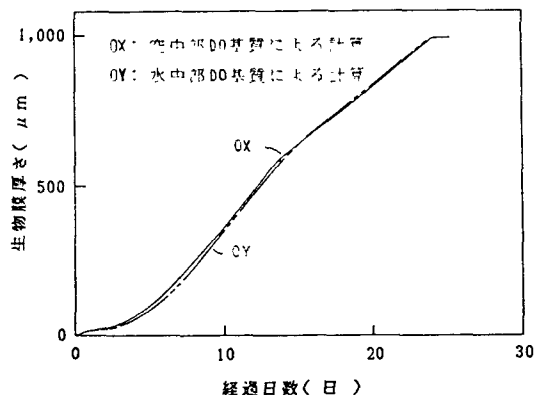


図-1 付着生物膜厚と経過日数の関係

細菌および死滅硝化菌濃度がそれぞれ5000, 2000, 33000, 10000(全付着物濃度50000)mg/lで、円板が水中に入る寸前と空中に出る寸前のDO、基質濃度で計算した全付着生物膜厚と経過日数の関係である。表-2は表-1以外の図-1に用いたシミュレーションの条件である。円板が水中に入る寸前と空中に出る寸前のDO、基質濃度で計算した全付着生物膜厚(生物増殖速度)に殆ど差はないと言える。すなわち、これらの条件下では、空中、水中の微小分割時間ごとの生物増殖を求める必要はないと言える。また、この条件では液本体有機物濃度が高いため数日経過後は硝化菌の増殖は殆ど生じなかった。図-2は生物膜深さ10~20 μ m間の活性有機物酸化細菌濃度と経過日数である。図-1で明らかにした全付着生物膜厚と同様、円板が水中に入る寸前と空中に出る寸前のDO、基質濃度で計算した生物膜深さ10~20 μ m間の活性有機物酸化細菌濃度も殆ど差は生じない。初期付着活性有機物酸化細菌濃度が低いと経過日数数日間はこの差があるが、数日経過後は生物膜表面近傍の活性有機物酸化細菌濃度は変わらない。

図-3は生物膜深さと活性有機物酸化細菌濃度の関係である。経過日数が経つほど膜厚は厚くなり、膜深部DO濃度は低下し、活性有機物酸化細菌濃度は減少する。その後、定常活性有機物酸化細菌濃度分布となる。図-4は液本体NH₄-N濃度が10mg/l、有機物濃度が10、5、1mg/lでの、生物膜深さと活性硝化菌濃度(経過日数40日)の関係である。液本体有機物濃度がNH₄-N濃度に比較して小さいほど生物膜内の活性硝化菌濃度は高くなる。

5. おわりに 本研究は回転円板法の生物膜内有機物酸化細菌、硝化菌の増殖過程を明らかにした結果、以下の結論を得られた。

(1)円板が水中に入る寸前と空中に出る寸前のDO、基質濃度で計算した生物増殖速度に差は殆ど生じない。(2)初期付着活性有機物酸化細菌濃度が低い程経過日数数日間は生物膜表面近傍の活性有機物酸化細菌濃度は低い、数日経過後は初期付着活性有機物酸化細菌濃度が高い活性有機物酸化細菌濃度と変わらない。(3)経過日数が数十日は活性有機物酸化細菌の膜厚は厚くなり、活性有機物酸化細菌濃度は減少するが、その後一定となる。(4)液本体有機物濃度がNH₄-N濃度に比較して小さいほど生物膜内の活性硝化菌濃度は高くなる。

参考文献 (1)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) (2)K. Nishidome and T. Kusuda: Measurements of dissolved oxygen in attached microbial films of rotating biological contactor by oxygen microelectrode, Proceedings of Second IAWPRC Asian Conference on Water pollution control held in Bangkok, pp. 305-312, November, 1988

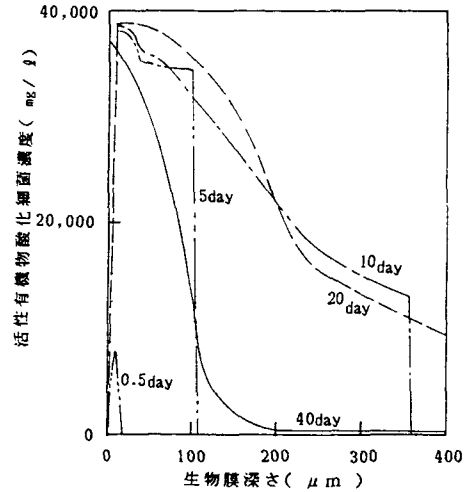


図-3 有機物酸化細菌濃度と生物膜深さ

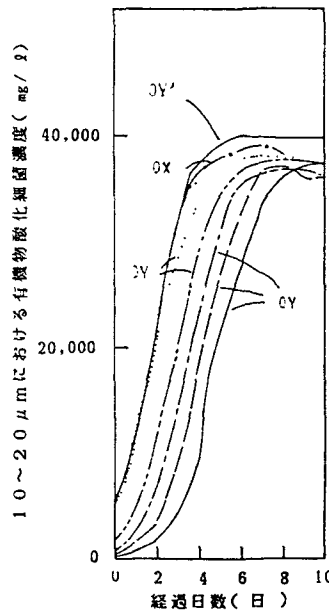


図-2 生物膜表面近傍の有機物酸化細菌濃度

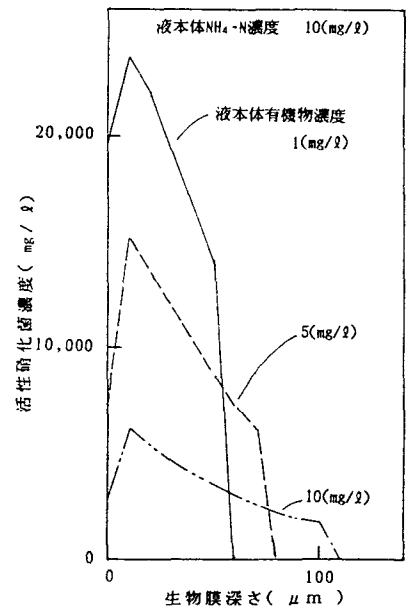


図-4 硝化菌濃度と生物膜深さの関係