

回転円板付着生物膜増殖過程のシミュレーション(第2報)

鹿兒島高専 ○学 島畑郁朗 池水清人
鹿兒島高専 正 西留 清 桑畑 満

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、硝化菌の増殖する主な環境条件は、空中部酸素分圧、および液本体基質(有機物、 $\text{NH}_4\text{-N}$)濃度等である。西留等^{1,2)}は液本体基質濃度が一定で、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ている。このシミュレーションは、全付着生物(活性のある有機物酸化細菌、硝化菌と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る。しかしながら、増田等³⁾が、回転円板付着生物膜を3層に分離し、各層の生物(付着物)濃度を明らかにした結果、付着生物濃度は生物膜表面は低く、膜深部ほど高い。そこで、付着生物濃度が生物膜深部ほど高いとした仮定のもとで、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。

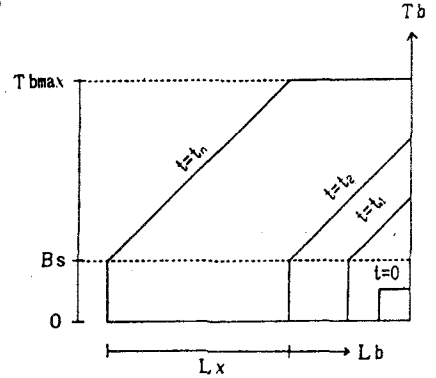


図-1 生物膜モデル

2. 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と濃度は、液本体からの s_s の付着量、生物膜の増殖と死滅速度および剥離量により決まる。しかし、本文では、数週間経過後の回転円板付着生物の濃度分布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、この薄膜の増殖過程をモデル化した。したがって、シミュレーションは図-1のような生物膜モデルにより行い、その他の仮定等は参考文献(1,2)を参照した。また、生物膜表面から最大生物濃度(T_{bmax})が存在する深さ(L_x)までの任意深さ(L_b)における全付着生物濃度(T_b)は式-(1)により表した。

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

B_s : 生物膜表面の生物濃度(mg/l)

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液本体側に移動し、移動量に応じ、膜厚が増加する。増加した膜厚で再び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非常に異なるので、各々の位置および微小分割時間(0.02sec)毎に求めねばならない。図-2.1と2.2は各々、図-3.1と3.2に示す40日経過後の生物濃度分布における基質濃度分布である。生物は微小分割時間内には殆ど増殖しないため0.5日毎に生物濃度分布を求めた。生物増殖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。生物増殖速度式^{1,2)}から、 DO 、基質濃度が高いほど生物増殖速度は速くなる。図-2の DO 濃度(OX1 , OX2)は円板が水中に入る寸前がもっとも高く、有機物濃度(CY1 , CY2)は円板が空中に出る寸前がもっとも高い。図-3.1と3.2は各々、40日経過後の図-2.1の円板が空中に出る瞬間での DO 、基質濃度(OY1 , CY1 , NY1)と、図-2.2の円板が水中に入る瞬間での DO 、基質濃度(OX2 , CX2 , NX2)分布における生物

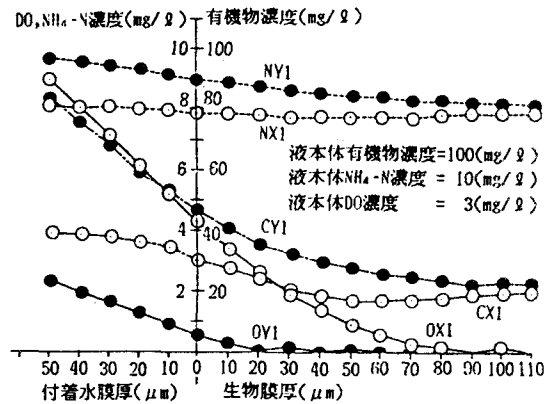


図-2.1 生物濃度分布(図-3.1)における生物膜内の DO 、基質濃度分布

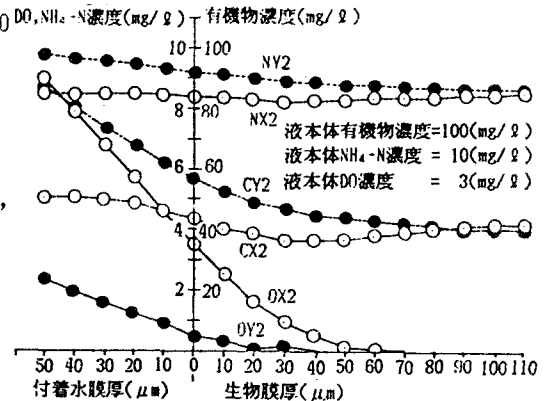


図-2.2 生物濃度分布(図-3.2)における生物膜内の DO 、基質濃度分布

濃度分布である。活性有機物酸化細菌の最大濃度は、有機物濃度(CY1)が高く、酸素濃度(OY1)が低い場合(図-3.1)、生物膜深さ約100 μm に存在し有機物濃度(CX2)が低く、酸素濃度(OX2)が高い場合(図-3.2)、生物膜深さ約40 μm に存在する。以下に示す図-4~7は、図中に示す条件以外は図-3.1と同じである。図-4は有機物酸化細菌最大比増殖速度定数(μ_{max})を一定(2.0 day^{-1})とした場合の、活性有機物酸化細菌濃度と有機物酸化細菌の自己分解速度定数(K_{dc} , day^{-1})の関係である。 K_{dc} が低いほど、膜内部の活性有機物酸化細菌濃度は高い。図-5は活性有機物酸化細菌濃度と生物膜表面(0~10 μm)の生物濃度(Bs)の関係である。Bsが高くなると、膜内部の活性有機物酸化細菌濃度は低くなる。図-6は活性有機物酸化細菌濃度と最大生物濃度が存在する深さ(Lx)の関係である。Lxが小さいほど、すなわち、付着生物濃度が生物膜表面近傍から膜深部まで一定になるほど、生物膜表面近傍の活性有機物酸化細菌濃度は高くなる。図-7は活性有機物酸化細菌濃度と最大生物濃度(Tbmax)の関係である。Tbmaxが低いほど、生物膜表面近傍の活性有機物酸化細菌濃度は膜深部より高くなる。

4. おわりに 本研究の結果、以下の結論を得た。(1)有機物酸化細菌の自己分解速度定数が低いほど、膜内部の活性有機物酸化細菌濃度は高い。(2)生物膜表面の生物濃度が高くなると、膜内部の活性有機物酸化細菌濃度は低くなる。(3)最大生物濃度が存在する深さが浅いほど、生物膜表面近傍の活性有機物酸化細菌濃度は高くなる。(4)最大生物濃度が低いほど、生物膜表面近傍の活性有機物酸化細菌濃度は膜深部より高くなる。

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)

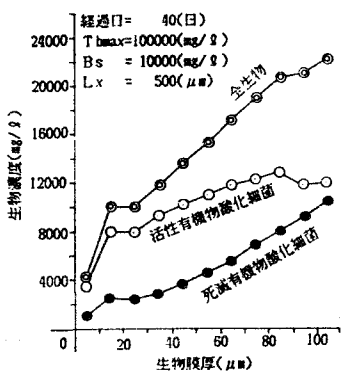


図-3.1 D0, 基質濃度分布(図-2.1のOY1, CY1, NY1)における生物濃度分布

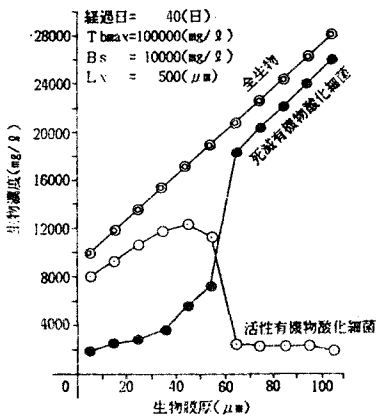


図-3.2 D0, 基質濃度分布(図-2.1のOX2, CX2, NX2)における生物濃度分布

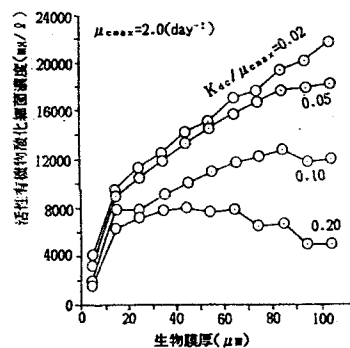


図-4 有機物酸化活性細菌濃度と死滅速度の関係

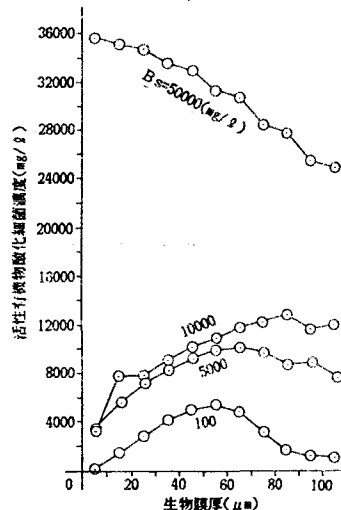


図-5 有機物酸化活性細菌濃度と生物膜表面生物濃度の関係

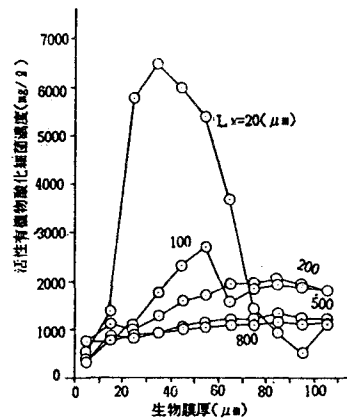


図-6 有機物酸化活性細菌濃度と最大生物濃度深さの関係

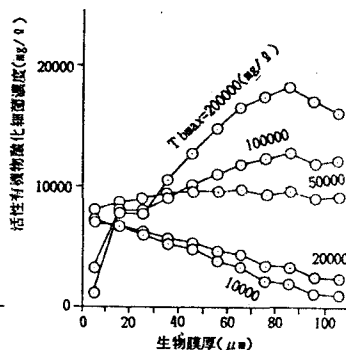


図-7 有機物酸化活性細菌濃度と最大生物濃度の関係