

付着生物膜の構造に関する研究

鹿児島高専 学 ○新宮領 篤
鹿児島高専 正 西 留 清

1. はじめに

回転円板付着生物膜内の有機物酸化細菌・硝化菌の濃度分布は、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因子である空中部酸素分圧、および液本体基質(有機物、 $\text{NH}_4\text{-N}$)濃度で決まると考えられる。そこで、本報では付着生物濃度が生物膜深部ほど高い生物濃度分布を仮定し、コンピュータシミュレーションにより半水没型回転円板法の生物膜形成過程における液本体基質濃度と生物膜内有機物酸化細菌・硝化菌の濃度分布の関係等を求め、液本体BOD濃度が約 10mg/l 以上では硝化が起こりにくい原因と、生物膜内細菌群分布に検討を加える。

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の仮定

- ① 円板支持体面に平行な面内における微生物分布、生物反応速度、物質輸送速度等は、すべて一様で、一次元問題として扱える。
 - ② 液本体基質濃度は常に一定である。
 - ③ 初期及び剝離時には円板支持体表面に付着生物膜が所定の菌体の割合で、所定の膜厚が存在する。
 - ④ 初期および剝離時の円板支持体表面の $10\mu\text{m}$ 厚の付着生物膜内の初期の有機物濃度、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度およびDO濃度は液本体濃度と等しい。
 - ⑤ 生物膜の支持体に平行な面における空間平均生物濃度は、図-4のように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、ある深さからは、ほぼ一定の分布形となる。
 - ⑥ 生物増殖速度は 0.5 日毎に変化する。
 - ⑦ ある分割膜内で増殖した生物は、合計生物濃度が一定濃度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。
 - ⑧ 一定厚さ($1000\mu\text{m}$)以上増殖した生物膜表面の生物は剝離する。
 - ⑨ 空中での付着水膜の厚さ及び水中での濃度拡散層厚は一定とする。
 - ⑩ 簡単化のために脱窒は無視できるものとする。
 - ⑪ 死滅生物は分解せずに残存する。
 - ⑫ 水温等の温度変化はない。
- なお、計算方法は参考文献を参照のこと。

3. 結果と考察

図-1は液本体 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度を 10mg/l で固定し、液本体有機物濃度が $100\sim 1\text{mg/l}$ のときの定常流入運転開始後の生物膜厚のシミュレーションの結果である。液本体有機物濃度が 100mg/l のときの生物膜厚は経過時間約1週間で $1000\mu\text{m}$ に達する。液本体有機物濃度の低下にともない同経過時間での生物膜の厚さは薄くなる。図-2、3および4はそれぞれ液本体有機物濃度が 100 、 10 および 1mg/l のときの定常流入運転開始後の活性有機物酸化細菌と活性硝化菌濃度分布のシミュレーションの結果である。図-2では、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が液本体 $\text{NH}_4\text{-N}$

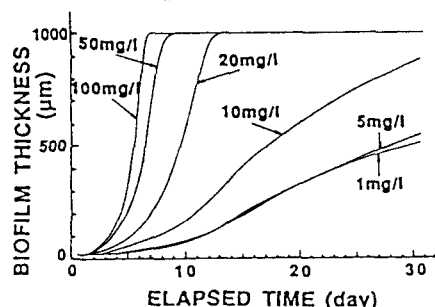


図-1 経過時間と生物膜厚の関係

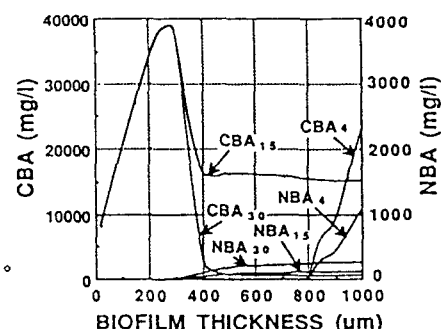


図-2 生物膜内の細菌濃度分布
(液本体有機物濃度= 100mg/l)

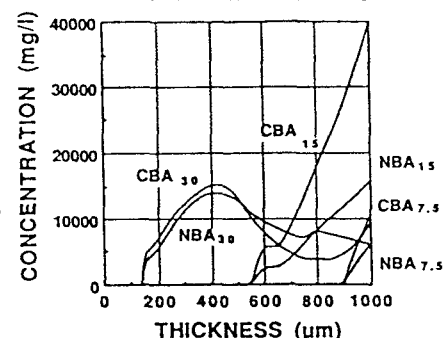


図-3 生物膜内の細菌濃度分布
(液本体有機物濃度= 10mg/l)

窒素濃度と硝化細菌最大比増殖速度に比較して高いため、膜表層部で高くなっている。また、活性硝化菌は液本体有機物濃度が高く、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度と硝化菌最大比増殖速度が低いため、膜深部に低濃度存在する。図-3は、液本体有機物濃度が 10mg/l と低下したものである。活性有機物酸化細菌と硝化菌が、ほぼ同じ濃度で生物膜表層部に存在していることが分かる。図-4は、液本体有機物濃度が 1mg/l とさらに低下したものである。活性硝化菌は膜表層部で高くなり、活性有機物酸化細菌は膜深部に低濃度存在する。図-5は液本体 $\text{NH}_4\text{-N}$ 窒素濃度が一定

(10mg/l)の時の定常流入運転開始30日経過後の膜表層部($100\sim 0\mu\text{m}$)の活性有機物酸化細菌濃度と液本体有機物濃度($100\sim 1\text{mg/l}$)との関係である。液本体有機物濃度の低下に伴い活性有機物酸化細菌濃度は低下する。液本体有機物濃度が 5mg/l 以下になると、膜内に活性有機物酸化細菌は殆ど存在しなくなることが分かる。また、図-6に示すように液本体有機物濃度の低下に伴い、液本体 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度(10mg/l)が一定の時、定常流入運転開始30日経過後の膜表層部の活性硝化菌濃度は高くなる。図-7は液本体有機物濃度と生物膜深さ $100\mu\text{m}$ における同上条件(図-5、6)下での活性有機物酸化細菌および硝化菌の濃度の関係である。液本体有機物濃度が 10mg/l 以上では活性有機物酸化細菌濃度が高くなり、液本体有機物濃度が 10mg/l 以下では活性硝化菌濃度が高くなる。図-2~7に示すように液本体有機物濃度が高い場合、生物膜表層部では有機物酸化細菌の割合が硝化細菌に比べて高いと言える益田等の実験結果(流入原水として都市下水を使用しているが、液本体水質濃度が明らかではない)の説明が可能である。また、生物膜表層部で有機物酸化細菌の割合が高いことは、膜表層部で溶存酸素が消費されるため膜深部に潜在的に活性をもつ硝化菌が存在しても硝化は起こらない。したがって、液本体BOD濃度が約 10mg/l 以上では、硝化が起こりにくい一因であるとも言える。

4. おわりに

付着生物膜内の反応シミュレーションにより液本体基質濃度および基質の構成に依存する生物膜内の細菌群分布構造が解明されると、この構造のもとでの基質除去速度の推定が可能となる。本研究では、付着生物膜の生物濃度が、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になるという条件のもとで半水没型回転円板法による有機物酸化細菌・硝化菌の増殖過程のシミュレーションを行った結果、次のような推定が可能となった。(1)液本体有機物濃度が高い場合、定常流入運転数週間経過後は、生物膜表層は活性硝化菌濃度より有機物酸化細菌濃度が高い細菌群分布となる。(2)液本体の有機物濃度の低下にともない生物膜内の活性有機物酸化細菌濃度は低下し、活性硝化菌濃度が高い細菌群分布となる。尚、脱窒、死滅細菌の分解過程を考慮したシミュレーションを現在検討中である。

参考文献

例えば、Nishidome K. and Kusuda T.: Mechanism and Simulation of Biofilm Formation in a Rotating Contactors, International Symposium ENVIRONMENTAL BIOTECHNOLOGY 22-25 April 1991, Ostend, Belgium

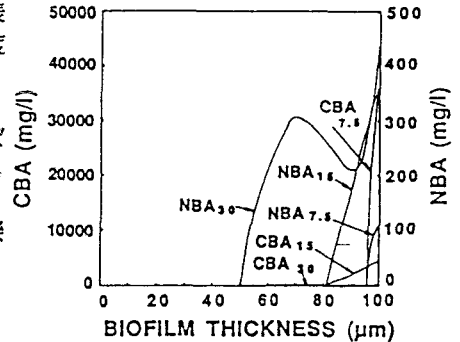


図-4 生物膜内の細菌濃度分布
(液本体有機物濃度= 10mg/l)

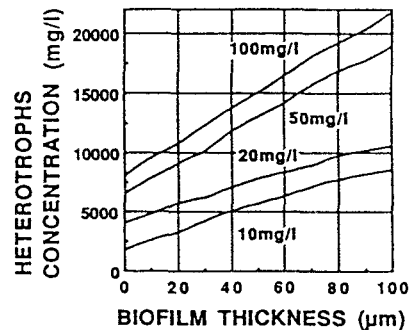


図-5 液本体有機物濃度と有機物酸化細菌濃度との関係

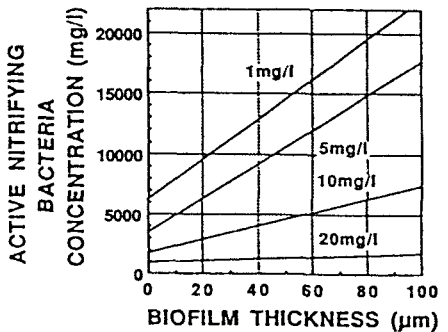


図-6 液本体有機物濃度と硝化細菌濃度との関係

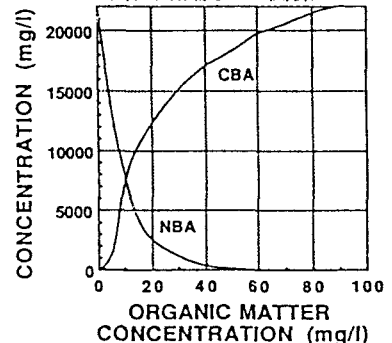


図-7 液本体有機物濃度と細菌濃度