

透過性支持体付着生物膜増殖過程のシミュレーション

国立鹿児島高専 学 ○大浜孝子 学 平 和弘
 国立鹿児島高専 正 西留 清 学 岩永武士

1. はじめに

生物膜支持体が非透過性の場合、剥離した面から新たな生物膜が形成され、片面膜最深部から剥離すると剥離直後の基質除去速度は半減する。金網等の透過性支持体両面に付着生物膜が形成され、膜最深部から付着生物膜が剥離した場合、付着している対面最深部の生物膜面が剥離表面となる。対面最深部の生物膜は潜在的に活性をもつ細菌で形成されており、片面剥離直後の基質除去速度は低減しないと考えられる。そこで、本報では筆者等がこれまでに提示している回転円板付着生物膜の動的変化の数値計算法¹⁾により、①剥離前の生物膜内細菌濃度と基質濃度分布、②円板片面剥離後の生物膜内細菌濃度と基質濃度分布、③円板片面剥離前後の基質Flux、④液本体有機物濃度が高い場合の円板片面剥離直後の生物膜内細菌濃度と剥離前後の基質Fluxを提示し、これに検討を加えた。

2. 仮定と計算方法

2-1 仮定

図-1に透過性支持体生物膜モデルを示す。図-1(A)は支持体両面に生物膜が形成された場合、(B)は支持体片面の生物膜が剥離した場合の生物膜モデルである。仮定として、①液本体基質濃度は常に一定である；②片面最深部の生物膜剥離直後は対面最深部の生物膜面が表面となり、対面生物膜の半量が基質除去に関与する；③支持体の厚さは無視し、完全に透過性になっている；生物膜についての計算を行う。その他の仮定については参考文献1を参照されたい。

2-2 計算方法

①初発付着生物濃度と厚さを仮定し、動力学モデルに基づいて回転円板付着生物膜内の基質濃度分布を求める。②前記仮定の初期条件で $\Delta t(0.02\text{sec})$ ずつ円板を回転させ、基質濃度分布を求めつつ、生物増殖式を用いて Δt 秒後の生物濃度を求める。③1サイクル($T=7.2\text{sec}$)間の増殖速度が0.5日変化しないものとして、0.5日後の生物濃度を求める。④生物膜方向に計算上分割された生物膜(最小厚さ $20\mu\text{m}$ 、最大厚さ $40\mu\text{m}$)が所定の生物濃度以上になると膜厚が増大し、分割最大厚さ以上になると2分割する。⑤死滅細菌は一定速度で分解し、生物膜中で各々溶解性有機炭素およびアンモニア性窒素に変換される。分解にともない分割生物膜が最小厚さ以下になったら、分割膜を隣の分割膜と合成する。⑥増減させた膜厚で①～⑤を繰り返し、再び生物および基質濃度分布を計算する。詳細な計算方法については参考文献1を参照されたい。

3. 計算結果と考察

3-1 剥離前の生物膜内細菌濃度と基質濃度分布(計算1)

図-2は液本体有機性炭素濃度と $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度がともに 10mg/l の運転開始25日経過後の生物膜内細菌濃度分布である。図-3は円板が空中に出る直前の同生物膜内外の基質濃度分布である。生物膜は約 $200\mu\text{m}$ まで成長する。溶存酸素が存在する生物膜表層部(約 $100\mu\text{m}$ 以下)では、活性を持つ有機酸化細菌と硝化菌は多く存在する。溶存酸

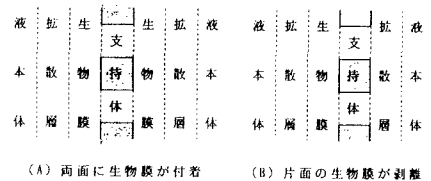


図-1 透過性支持体生物膜モデル

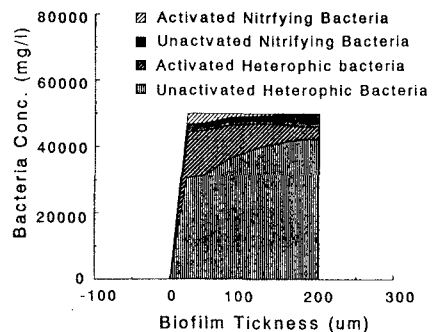


図-2 計算結果(計算1)

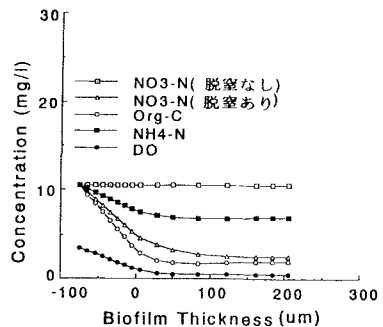


図-3 計算結果(計算1)

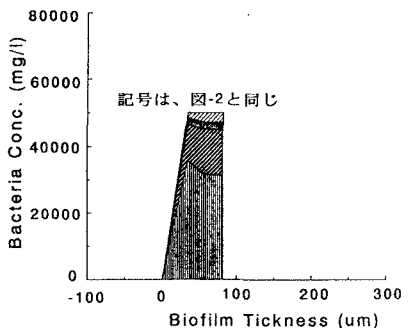


図-4 計算結果(計算2)

素がほとんど存在しない膜深部(約100 μm 以上)では、有機物酸化細菌の8割が脱窒菌として関与すると仮定した脱窒が生じ、活性を持つ有機物酸化細菌も増殖する。また、潜在的に活性を持つ有機物酸化細菌と硝化菌も存在している。

3-2 透過性支持体片面剥離後の生物膜内細菌濃度、基質濃度分布(計算2)

図-4は図-2に於ける支持体片面が最深部から剥離し、対面最深部の生物膜面が表面となり、対面生物膜の約半分が基質除去に関与した0.5日経過後の生物膜内細菌濃度分布である。図-5は円板が空中に出る直前の同生物膜内外の基質濃度分布である。生物膜表層部は剥離直後に好気性となり、活性を持つ有機物酸化細菌と硝化菌が増殖している。生物膜内外の基質濃度分布は運転開始25日経過後のこれらの分布とほとんど変わらない。

3-3 透過性支持体片面剥離前後の基質Flux(計算1,2)

図-6は運転開始から25日および剥離0.5日(25.5日経過)後の生物膜表面における全円板面積当たりの基質Fluxである。生物膜の形成に伴い、基質Fluxは経過日数1週間までは増加し、その後生物厚は徐々に増大しても、基質Fluxはほぼ一定の値となる。経過日数25日後に支持体片面を最深部から剥離させ、対面生物膜の約半分が基質除去に関与した0.5日経過後の生物膜表面における全円板面積当たりの基質Fluxは変わらない。このことは、透過性支持体を用いた片面剥離実験でも実証されている²⁾。

3-4 液本体有機物濃度が高い場合の透過性支持体片面剥離直後の生物膜内細菌濃度と基質Flux(計算3)

図-7は液本体有機性炭素濃度100mg/lと $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度がともに10mg/lの運転開始25日経過後に支持体片面が最深部から剥離し、対面最深部の生物膜面が表面となり、対面生物膜の約半分が基質除去に関与した0.5日経過後の生物膜内細菌濃度分布である。図-8は同条件に於ける生物膜表面における全円板面積当たりの基質Fluxである。生物膜表層は活性のある有機物参加細菌が増殖している。また、基質Fluxは剥離後0.5日で若干低下しているが、1.5日経過後は剥離前基質Fluxと変わらなくなる。

4. おわりに

本研究では、透過性支持体回転円板付着生物膜の剥離前後の動的変化のシミュレーションを行った。本シミュレーションにより以下の結論を得た。

- (1) 生物膜表層部には活性を持つ細菌が多く存在し、膜深部にも潜在的に活性を持つ細菌が存在する。
- (2) 透過性支持体片面が膜最深部から剥離すると、対面の深部の生物膜が基質除去に関与し、活性を持つ細菌が剥離直後から増殖する。
- (3) 透過性支持体円板を用いると剥離前後の生物膜表面における基質Fluxはほとんど変わらない。

参考文献

- 1) 西留他：半水没型付着生物膜の動的変化のシミュレーション, 1992, 環境技術, Vol. 21, No2(89-93)
- 2) 岩永他：透過性支持体を用いた回転円板法による下水処理, 平成6年度土木学会西部支部研究発表会第2部門

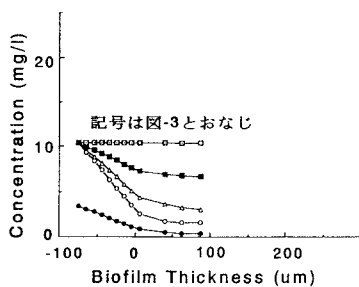


図-5 計算結果(計算2)

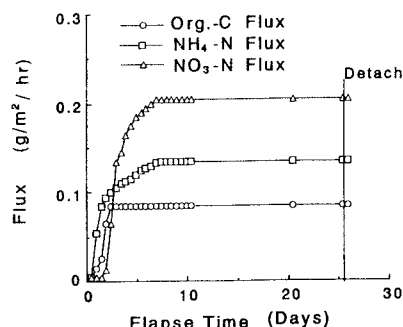


図-6 計算結果(計算1, 2)

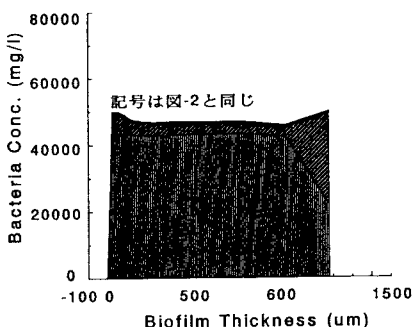


図-7 計算結果(計算3)

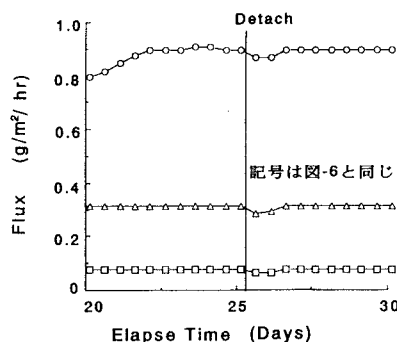


図-8 計算結果(計算3)