

(株) 日本水道工カレント 正 ○ 豊田 泰久
 岩手大学 正 大沼 正徳
 同上 正 大村 達郎

1. まがま

散水戸床法に代表される固定生物膜反応器の浄化機構、特に有機物除去に関する動力學式を生物膜反応のモデル化を通して検討した。そして誘導した動力學式を用いて水量負荷変動による有機物除去への影響を検討した。

2. 実験装置と実験条件

実験装置を図-1に示した。戸床は、長さ150cmで3段から成り、各段戸床には、生物膜厚を制御するために六角網目状ネット(厚±0.8mm)をA戸床に1枚、B戸床に3枚(厚±2.4mm)張った。1日1回、基質交換時にアスチク7板で切削して膜厚制御を行った。膜厚制御によって戸床面上に一樣な生物膜を发育させた後に次の条件で実験を行った。

1週目を1期間として流入基質濃度を5期間に渡り変動させた。基質は、グルコースを唯一の炭素源として、栄養塩類を制限とばらばらに十分に与えた。基質のCNP比は、一定とした(100:25:10)。通常、流量は、25ml/分とし、各期間の終わりの2日間を流量変動による実験を行った。流量を変動する場合は、2時間ごとに、25→10→50→75→100ml/分と変化させて各流量に対して測定を行った。

3. 実験結果と考察

全実験期間における流量25ml/分に対する各段流出水のグルコース基質の残存率の経日変化をA戸床について、図-2に示した。各期間の平均値を実線で示した。基質濃度変動への生物膜反応の対応は早く、各期間で比較的稳定した結果が得られた。この結果を次のようにして解析した。

まず、KoinumaとAndrewsの理論に基づいて、主な反応を次のようにして固定生物膜反応モデル式を導いた。①液相からの基質除去は、生物膜内への基質の分子拡散と微生物の代謝作用による基質消費が、平衡に達した状態が起こる。この基質消費は、近似的に生物膜表面近くの活性層、すなわち有効膜厚内で均相的に起こる。②液相の基質濃度は、流量等の操作条件が一定であれば、基質除去を律速する。③生物膜内の単位微生物による基質消費速度は、Michaelis-Menten型の飽和関数として表わせる。①~③より、物質収支を取ると生物膜単位表面積当りの基質除去速度(J/A)は、

$$(J/A) = (J/A)_{max} \cdot S / (K_s + S) \quad \dots \dots (1)$$

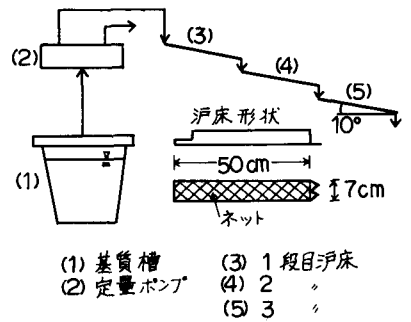


図-1 実験装置

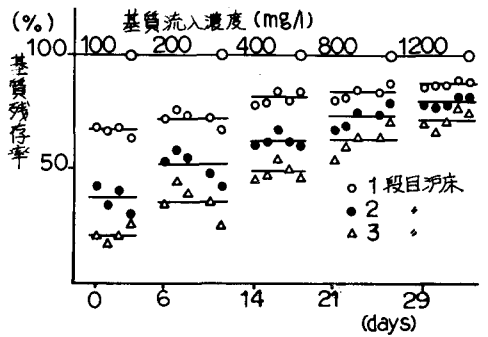


図-2 基質残存率の経日変化

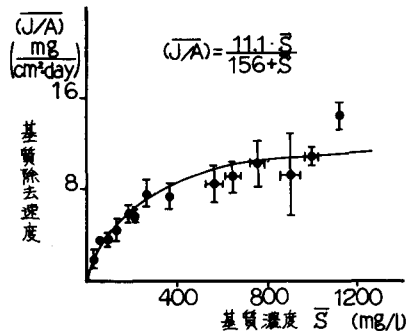


図-3 基質除去速度の変動

と表せる。ここで、 $(J/A)_{max} = L_e \cdot X_f \cdot \mu_{max}$ で単位表面積当りの基質除去速度の最大値を示す。又、 L_e ; 有効膜厚[L], X_f ; 生物濃度[ML⁻³], μ_{max} ; 最大比基質消費速度

図-2に示した実験結果より、各段汚床の平均基質除去速度(J/A)を平均基質濃度に対してプロットしたのが、図-3である。各段の汚床の平均値に対して(1)式が、近似的に成り立つとすると

$$(J/A)^{-1} = (K_s / (J/A)_{max}) \cdot \bar{S}^{-1} + (J/A)_{max}^{-1} \quad \dots\dots\dots (2)$$

となる。これより \bar{S}^{-1} に対して $(J/A)^{-1}$ をプロットすると図-4となり、明らかに線型関係がある。得られた直線の傾きと切片から $(J/A)_{max}$ と K_s 値を求め、(1)式を使って図-3に曲線を示した。膜厚の違うB汚床についても同様の傾向を示し、上記の固定生物膜反応モデルによる動力学式が、生物膜反応をとらえる上で有効であることがわかった。この動力学式を使って流量変動による $(J/A)_{max}$ と K_s の変動を調べた。図-5に流量変動を行って得られた結果を図-3と同じくプロットした。上記と同様の解析を行って、 $(J/A)_{max}$ と K_s の値を求め、図-6, 7に浸透長散水負荷に対してプロットした。図-6において $(J/A)_{max}$ は、A, B汚床とも負荷の増加と共に増え、10% cm day以上では、ほぼ一定にわたる。これは流量が小さい場合、汚膜の流動特性により、基質除去速度が、変動し、流量の増加と共にその影響を受けはくはると考えられる。このより、可能な基質除去速度の最大値は、A汚床で11.83 mg/cm² day、B汚床で12.65 mg/cm² dayと求められた。切片生物膜によって行った回分実験から $\mu_{max} = 8.4$ day⁻¹, 生物濃度測定により、 $X_{fa} = 12.65$, $X_{to} = 13.15$ mg/cm³である。

このより、有効膜厚を求めるとA汚床0.51mm, B汚床0.52mmと算定できた。よって、A, B汚床の膜厚の差(比=3)が、あきらかにかかからず、有効膜厚は、あまり変わらない(比=1.02)。従って基質除去に有効に働く生物膜は、比較的生物膜表面近くに存在し、その厚さは、今回の実験から、0.5mm程度であることがわかった。又図-7において、 K_s 値は負荷の増加と共に減少する。図の横線は、回分実験で得られた飽和定数の値を示したものであるが、 K_s 値は、これを横切らずに減少している。従って、(1)式中の K_s 値は、生物膜独自の定数値ではなく、流量の函数と考えられる。

4. おわりに
以上の結果をまとめると、[1] 固定生物膜反応における有機物除去に関する動力学式は、Michaelis-Menten型の飽和函数として表わせることがわかった。[2] 基質除去に有効に働く生物膜は、表面近くの0.5mm程度であり、可能な基質除去速度の最大値は、12 mg/cm² day程度である。[3] K_s 値は、流量の影響を大きく受けて、負荷の増加と共に減少する。

以上、今回の実験結果をまとめると、[1] 固定生物膜反応における有機物除去に関する動力学式は、Michaelis-Menten型の飽和函数として表わせることがわかった。[2] 基質除去に有効に働く生物膜は、表面近くの0.5mm程度であり、可能な基質除去速度の最大値は、12 mg/cm² day程度である。[3] K_s 値は、流量の影響を大きく受けて、負荷の増加と共に減少する。

以上、今回の実験結果をまとめると、[1] 固定生物膜反応における有機物除去に関する動力学式は、Michaelis-Menten型の飽和函数として表わせることがわかった。[2] 基質除去に有効に働く生物膜は、表面近くの0.5mm程度であり、可能な基質除去速度の最大値は、12 mg/cm² day程度である。[3] K_s 値は、流量の影響を大きく受けて、負荷の増加と共に減少する。

以上、今回の実験結果をまとめると、[1] 固定生物膜反応における有機物除去に関する動力学式は、Michaelis-Menten型の飽和函数として表わせることがわかった。[2] 基質除去に有効に働く生物膜は、表面近くの0.5mm程度であり、可能な基質除去速度の最大値は、12 mg/cm² day程度である。[3] K_s 値は、流量の影響を大きく受けて、負荷の増加と共に減少する。

以上、今回の実験結果をまとめると、[1] 固定生物膜反応における有機物除去に関する動力学式は、Michaelis-Menten型の飽和函数として表わせることがわかった。[2] 基質除去に有効に働く生物膜は、表面近くの0.5mm程度であり、可能な基質除去速度の最大値は、12 mg/cm² day程度である。[3] K_s 値は、流量の影響を大きく受けて、負荷の増加と共に減少する。

以上、今回の実験結果をまとめると、[1] 固定生物膜反応における有機物除去に関する動力学式は、Michaelis-Menten型の飽和函数として表わせることがわかった。[2] 基質除去に有効に働く生物膜は、表面近くの0.5mm程度であり、可能な基質除去速度の最大値は、12 mg/cm² day程度である。[3] K_s 値は、流量の影響を大きく受けて、負荷の増加と共に減少する。

以上、今回の実験結果をまとめると、[1] 固定生物膜反応における有機物除去に関する動力学式は、Michaelis-Menten型の飽和函数として表わせることがわかった。[2] 基質除去に有効に働く生物膜は、表面近くの0.5mm程度であり、可能な基質除去速度の最大値は、12 mg/cm² day程度である。[3] K_s 値は、流量の影響を大きく受けて、負荷の増加と共に減少する。

以上、今回の実験結果をまとめると、[1] 固定生物膜反応における有機物除去に関する動力学式は、Michaelis-Menten型の飽和函数として表わせることがわかった。[2] 基質除去に有効に働く生物膜は、表面近くの0.5mm程度であり、可能な基質除去速度の最大値は、12 mg/cm² day程度である。[3] K_s 値は、流量の影響を大きく受けて、負荷の増加と共に減少する。

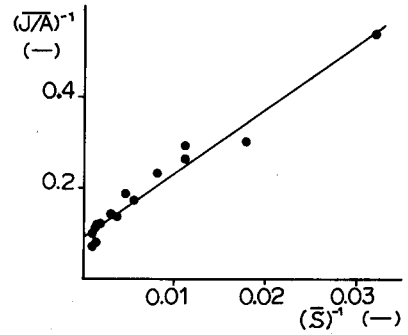


図-4 $(J/A)^{-1}$ vs. $(\bar{S})^{-1}$

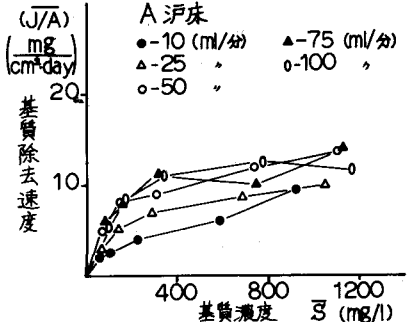


図-5 水量負荷による基質除去速度の変動

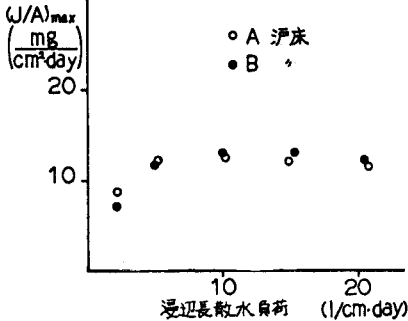


図-6 $(J/A)_{max}$ の流量負荷に対する変動

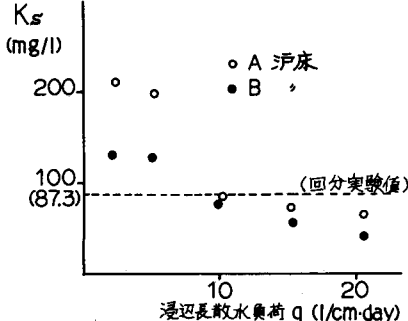


図-7 K_s 値の流量負荷に対する変動

(1) Horrogy, B.H. and Andrews, J.F. "Application of the Continuous Culture Theory to Trickling Filter Processes," Proc. 24th Ind. Wastes Conf., 1969

(2) Horrogy, B.H. and Andrews, J.F. "Kinetics of Fixed Film Biological Reactors," Proc. 22nd. Ind Wastes Conf., 1967