

長岡技術科学大学 正 原田 秀樹
正 桃井 満至
東京都 E O 行方 寛

1: はじめに 流動層型反応器のシステムパフォーマンスは、生物膜付着担体粒子の流動化現象と、それに伴う流体の内部混合や、生物膜内での基質の拡散移動と生物による基質消費等々が複合現象を含む複雑な構造により支配されている。

本研究では、流動層反応器を脱窒プロセスに適用し、(1)生物膜付着粒子の流動化現象 (2)反応器内の流体混合特性 (3)生物膜内基質除去機構 それぞれを記述定量化するサブモデルを構成して、相互パラメータを結合することにより、非定常状態の処理性能を予測する方法を開発し、実験値と比較し、その適合性を検討したものである。

2: 実験方法および条件 使用した反応器を図-1に示す。付着担体は、直径0.439mm、湿潤密度1.316g/cm³、均等係数

1.4の球形活性炭である。基質は水素供体として、メタノールを用い、(メタノール/NO₃-N)比は3に維持し、ほかにはリン酸緩衝液と無機塩類を添加した。非定常実験は3通分、基質(NO₃-N)濃度S₀あるいは線流速uを入り口で変化させた。RUN1は、S₀=40mgN/l一定とし、u=0.365cm/secから0.578cm/secに、同様に

RUN2では、S₀=40mgN/l一定とし、u=0.578cm/secから0.365cm/secにシフトダウンした。RUN3はu=0.578cm/sec一定とし、S₀=20mgN/lから80mgN/lにシフトアップした。生物膜厚は実体顕微鏡で測定した結果、平均884μmであった。

3: 結果と考察 (1)流動化モデルによる生物膜厚-線流速の予測; 前報¹⁾では、生物膜厚δと膜湿潤密度ρ_{bw}の関係を示す実験式(1)(図-4参照: 以下同様)を提示し、線流速uの操作範囲を規定する最小流動化速度u_{mf}、粒子沈降速度u_{st}に及ぼす膜厚δの影響を検討した。さらに、流動化状態での空率εを(10)式で表現できるとを示した。(18)式でのn値は(19)式のような、粒子沈降レイノルズ数Rep_{st}に依存し、それはヒバノパティクルの物理特性(密度ρ_{pw}と粒径D_p)のみに依存する。その結果、反応器内の

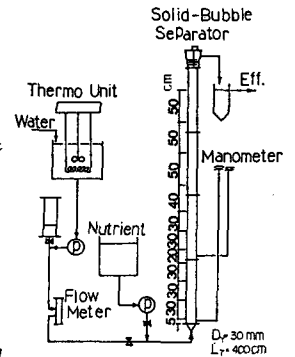


図-1. 実験装置概要図

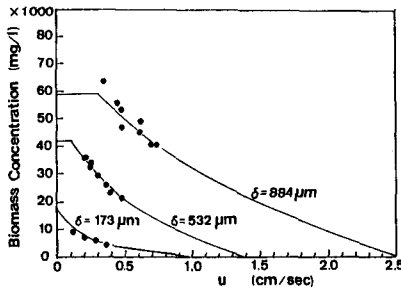


図2. 生物膜厚-線流速の予測

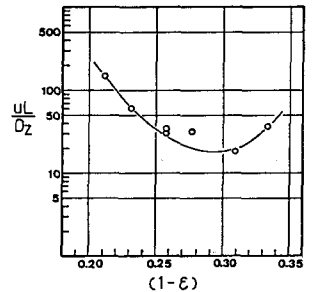


図3. 空率εと線流速の関係

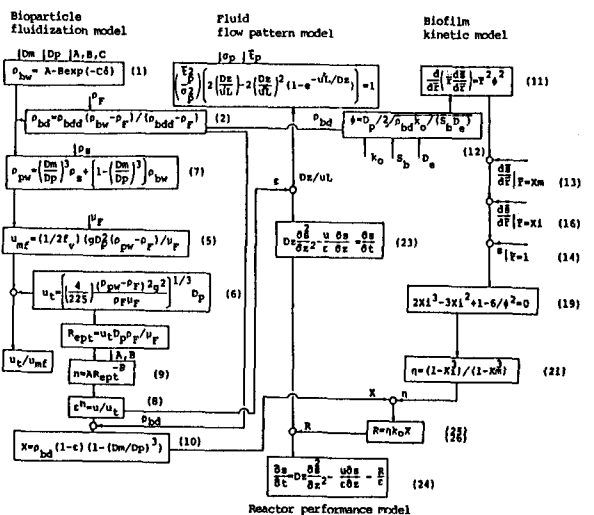


図4. モデル構成図

生物膜ホルドアップ量 X (MLSS 換算) は (10) 式で与えられ、 u は担体密度 P_s 、半径 D_m および膜厚 δ の関数である。図-2 は $\delta=173, 532, 884 \text{ mm}$ の場合の u と X の関係の実測値と計算値と比較したものであり、十分良好に合致する予測が可能である。(2) 流体混合モデル；反応器内の流体混合特性は、反応器形状、粒子物理特性(粒径と密度)とともに、流速 u と空隙率 ϵ に強く依存すると考えられる。

そこで、 U^{-1} イオントレーサーによるインパルス応答実験から、混合特性に及ぼす空隙率の影響を検討した。得られた滞留時間分布曲線群から、(23) 式の混合拡散モデルを用いて分散係数の逆数 u^2/D_e と (1- ϵ) の関係を求めると図-3 のようである。 $\epsilon=0.7$ 付近において粒子群の浮遊による内部混合の影響が最も大きくなっている。

(3) 生物膜基質除去モデル；生物膜内の基質の物質収支を無次元でとると、(11) 式のようなり、境界条件 (13), (14), (16) 式の下で解くこと、有効因子 η は (21) 式で記述でき、その結果、単位流動層容積当たりの基質除去速度 R は (26) 式のようなになる。ここで $\bar{P}, \bar{S}, X_m, X_d$ は無次元量でそれぞれ生物膜半径方向距離、膜内基質濃度、生物膜厚、基質浸透係数を表わしている。また、中は、シュレモツラで (12) 式に示すように D_p (生物膜粒径)、 ρ_d (生物膜乾燥密度) とともに、 k_0 (生物膜の固有反応速度係数)、 D_e (基質の膜内拡散係数)、 S_0 (液相基質濃度) の関数である。

(4) システム II のマクスモデルによる非常応答実験の予測；基質濃度の軸方向距離、時間に対する分布は (24) 式で記述できる。流入、流出端では、次式の境界条件を適用した。

$$D_e \left(\frac{dS}{dz} \right) \Big|_{z=0} = u(S|_{z=0} - 1), \quad D_e \left(\frac{dS}{dz} \right) \Big|_{z=L} = 0$$

(24) 式は Crank-Nicolson の差分表示による陰解法により解いた。使用パラメータは、前報²⁾の実測値 $k_0=2.285 \times 10^{-3} \text{ mg N/g vss} \cdot \text{sec}$ 、 $D_e=9.08 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{sec}$ を用いた。図-5, 6, 7 に、それぞれ RUN 1, 2, 3 の軸方向基質濃度 700 μm の実測値と計算値を表示した。RUN 1 では、流速 u のシフト F_0/F_1 により膨張層高 $L=240 \text{ cm}$ が、6 分後は $L=303 \text{ cm}$ になり平衡に達した。流動化モデルにより算出した生物膜ホルドアップ量は、 $t=0$ で 30900 mg/l が $t=6 \text{ min}$ 以後は 24400 mg/l で平衡した。シミュレーションに際しては、

経験的に L を測定し、空隙率 ϵ を計算して、ステッパ変換後の単位容積生物量 X 、分散係数 D_{eff} を求めた。図-8 は RUN 1, 2, 3 の反応器出口の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度変化の実測値と計算値の比較である。

以上、本モデルにより、非常応答の基質濃度、生物量等の推移を良好に予測しうることを示した。

なお、本研究は一部研究費(試

験研究(2))の補助を受けたことを付記する。

参考文献 1) 1982 土木年報、行方、林、原田、1982。
2) 1982 土木年報、原田、林、行方、1982。

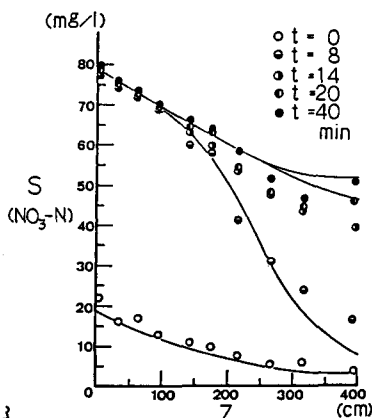


図7 RUN3 基質濃度700 μm

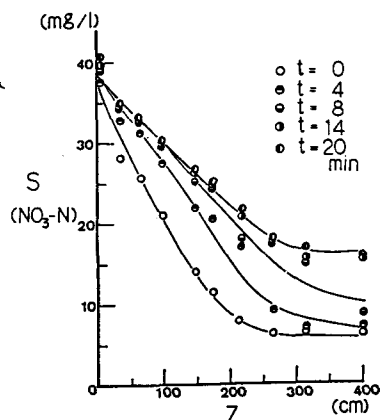


図5. RUN1 基質濃度700 μm

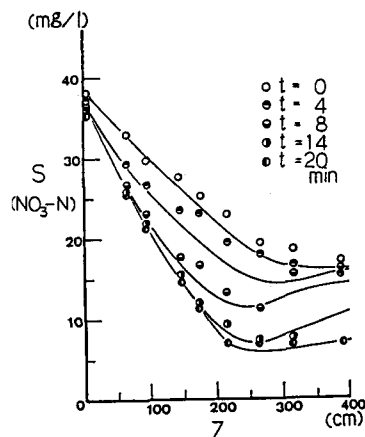


図6. RUN2 基質濃度700 μm

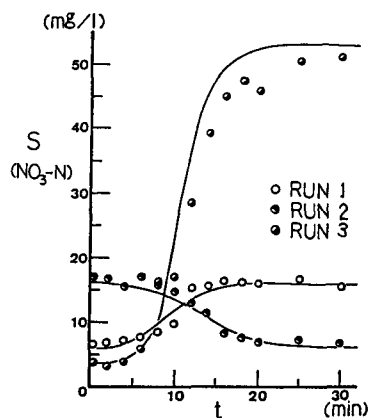


図8. RUN1,2,3の流出水基質濃度経時変化