

日 揮(株) 正員 ○安 藤 裕
長岡技術科学大学 正員 原 田 秀 樹
長岡技術科学大学 正員 桃 井 清 至

1. はじめに 流動層型生物膜反応器を脱窒素プロセスに適
用し、実用化のための最適設計、操作方法の体系化を目的として、
本反応器の脱窒素処理性能を評価した。本研究では、反応器内の
性能を評価する数学的モデルを構築し、本反応器の定常状態基質
濃度分布及び非定常状態での反応器流出端の基質濃度変化とベッ
ト高の予測値と実測値とを比較することによって、本モデルの適
合性を検討した。

2. 実験装置および方法 実験装置の概要を図1に示す。高
さ400cm、内径3cmで装置上部には、担持数を一定にするために
生物膜粒子が流出しないような装置を取り付けてある。流入基質
温度は25℃とし、脱窒素を目的に空素曝気を行い、pHはリン
酸緩衝液により7に設定した。窒素源として NaNH_2 、有機炭素
源として CH_3OH を用い、 $(\text{CH}_3\text{OH}/\text{NO}_3\text{-N})$ 比は3に維持し、さら
に無機塩類を添加した。担体は、粒状活性炭(直径0.329mm、
湿潤密度1.316g/cm³)を用いた。非定常実験は、流入線速度
30.84 cm/min, 流入 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度46 mg/l_{NO₃-N}でベット高、
流出 $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, SSについて10日間にわたりその経時変化
を追う。0.47/10日目について反応器軸方向 $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$
濃度プロファイル測定した。また、回分実験より $\text{NO}_3\text{-N}$ から
 $\text{NO}_2\text{-N}$ へ還元される時の $\text{NO}_3\text{-N}$ 除去に伴う増殖収率 γ_1 , $\text{NO}_2\text{-N}$
から N_2 へ還元される時の $\text{NO}_2\text{-N}$ 除去に伴う増殖収率 γ_2 , 比反応定数 k_d を測定した。定常実験は、微生物の増殖
とバクテリアを無視する期間で行い、運転条件はRun 1, 2, 3において流入線速度一定で流入 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を変化させ
Run 2, 4, 5は流入 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度一定で流入線速度を変化させた。測定項目は、反応器軸方向 $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ 濃度プ
ロファイルである。

3. 実験結果及び考察

3-1. 非定常状態性能評価 図2に本反応器のモデル概念図を示し、このモデルに使用した非定常状態パ
ラメータを表1に示す。使用パラメータ値はすべて一連の本研究の過程で実測したものであり、文献値は一
切使用していない。強制的に判別した分散生物を用いた回分実験より $\gamma_3 = 0.34 (\text{mg-SS}/\text{mg-NO}_3\text{-N})$, $\gamma_2 = 0.38 (\text{mg-SS}/\text{mg-NO}_2\text{-N})$
 $k_d = 0.021 (\text{day}^{-1})$ と評価された。図3に非定常状態連続実験におけるベット高、流出 $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, SS, 流入
 $\text{NO}_3\text{-N}$ の経時変化を示す。図中の実線は、モデルより求めた流出 $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, ベット高の予測値である。流出
 $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ について0~4日図以降比較的挙動をとうえているが、5日目以降 $\text{NO}_3\text{-N}$ では予測値が実測値よ
り低く、また $\text{NO}_2\text{-N}$ では予測値より実測値の方が蓄積している。ベット高については、挙動をよくとうえてお
り生物の増殖量の把握が適切と考えられる。

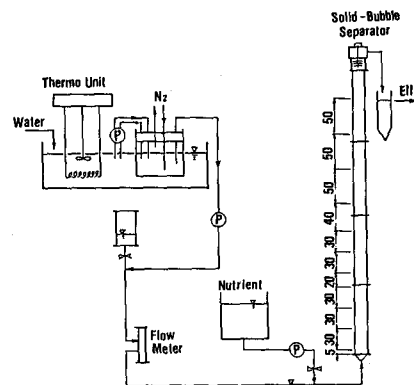


図1. 実験装置概要図

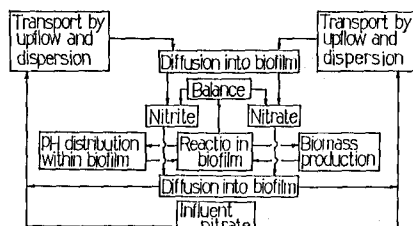


図2. モデル概念図

図4に、0, 7, 10日目の反応器軸方向 NO_3^- -N, NO_2^- -N 濃度プロファイルを示す。図中の実線は、モデルより求めた NO_3^- -N, NO_2^- -N の予測値である。図3の経時変化と同様に0日目と4日目のプロファイルは比較的予測値と実測値が一致しているが、7日目と10日目ではずれている。この理由としては、モデルに使用した各パラメータ値の不適当と考えられる。しかし、全窒素については一致している。

3-2. 定常状態性能評価 定常状態は、図2のモデルの概念図から生物増殖の項を除いたものである。表2に定常状態パラメータを示す。図5に NO_3^- -N, NO_2^- -N の反応器軸方向濃度プロファイルを示す。Run-1と5の NO_3^- -N については予測値が実測値より過小評価となり、 NO_2^- -N については予測値より実測値の方が著大している。しかし、全窒素の除去量は一致している。全窒素に対する容積負荷で2.73~5.23 ($\text{g}/\text{m}^3\text{day}$) を評価している。

4. まとめ 比較的長リタイムスケールの本反応器脱窒素性能プロセスのシミュレーションを行い、反応器プロセスの挙動傾向を予測するのに成功した。特にベツト高と全窒素に対して本モデルは有効と思われる。また、定常状態流動層型生物膜反応器の性能評価を行な

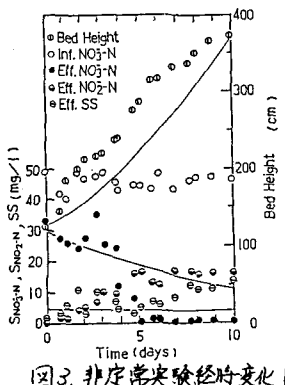


図3. 非定常実験経時変化

い、全窒素に対しては、本モデルは有効と思われる。

参考文献
① 菅原 純 井原 茂野
"流動層型生物膜反応器における脱窒素機構について"
第2回土木学会新学舎
研究調査発表会
論文発表 132X-29 (1992)

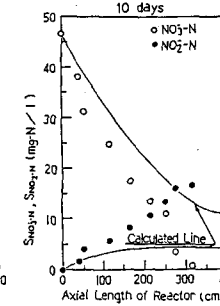
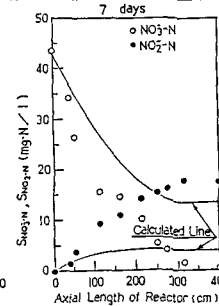
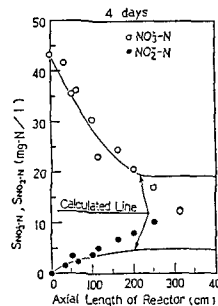
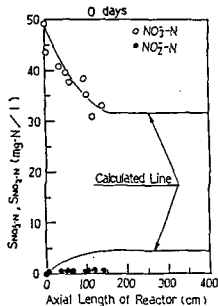


図4. 非定常実験 軸方向濃度プロファイル

表1. 非定常状態使用パラメーター表

S_b, NO_3^- -N, 0=46 (mg NO_3^- -N/l): Inflow NO_3^- -N concentration
S_b, NO_2^- -N, 0=0 (mg NO_2^- -N/l): Inflow NO_2^- -N concentration
$d_p=0.2024$ (cm): Diameter of bioparticle
$L=126$ (cm): Initial bed height
$U=30.84$ (cm/min): Linear velocity
$d_m=0.0329$ (cm): Diameter of supporting media
$\rho_m=1.316$ (g/cm ³): Media density
$D_r=3$ (cm): Reactor diameter
$\text{pH}=7$
$C^* \text{HCO}_3^- = 494.7$ (mg/l): Influent HCO_3^- concentration
$C^* \text{CO}_3^{2-} = 0.229$ (mg/l): Influent CO_3^{2-} concentration
$D_{s1}=9.53 \times 10^{-6}$ (cm ² /sec): Diffusion coefficient of nitrate within biofilm
$D_{s2}=9.53 \times 10^{-6}$ (cm ² /sec): Diffusion coefficient of nitrite within biofilm
$d_1=1.045$ (-): Ratio of diffusivity ($\text{HCO}_3^-/\text{NO}_3^-$)
$d_2=0.987$ (-): Ratio of diffusivity ($\text{CO}_3^{2-}/\text{NO}_3^-$)
$\rho_{bd}=1.3$ (g/cm ³): Dry biofilm density
$\rho_p=0.99793$ (g/cm ³): Liquid density
$\mu_p=9.065 \times 10^{-3}$ (g/cm ³ ·sec): Liquid viscosity
$K_{s1}=4.578$ (mg/l): Michaelis constant of nitrate
$K_{s2}=6.321$ (mg/l): Michaelis constant of nitrite
$K_{i1}=153.1$ (mg/l): Inhibition constant of nitrate
$K_{i2}=45.79$ (mg/l): Inhibition constant of nitrite
$V_{m1}=25.84$ (mg NO_3^- -N/g·vss·hr): Maximum rate of nitrate consumption
$V_{m2}=42.88$ (mg NO_2^- -N/g·vss·hr): Maximum rate of nitrite consumption
$Y_2=0.34$ (mg·ss/mg NO_3^- -N): Growth yield on nitrate
$Y_2=0.38$ (mg·ss/mg NO_2^- -N): Growth yield on nitrite
$k_d=0.021$ (day ⁻¹): auto-reduction coefficient
$\rho_d=1.72$ (mg·ss/l): Detached biomass

表2. 定常状態使用パラメーター表

$d_p=0.2024$ (cm): Diameter of bioparticle
$d_m=0.0329$ (cm): Diameter of supporting media
$\rho_m=1.316$ (g/cm ³): Media density
$D_r=3$ (cm): Reactor diameter
$\text{pH}=7$
$C^* \text{HCO}_3^- = 494.7$ (mg/l): Influent HCO_3^- concentration
$C^* \text{CO}_3^{2-} = 0.229$ (mg/l): Influent CO_3^{2-} concentration
$D_{s1}=9.53 \times 10^{-6}$ (cm ² /sec): Diffusion coefficient of nitrate within biofilm
$D_{s2}=9.53 \times 10^{-6}$ (cm ² /sec): Diffusion coefficient of nitrite within biofilm
$d_1=1.045$ (-): Ratio of diffusivity ($\text{HCO}_3^-/\text{NO}_3^-$)
$d_2=0.987$ (-): Ratio of diffusivity ($\text{CO}_3^{2-}/\text{NO}_3^-$)
$\rho_{bd}=1.3$ (g/cm ³): Dry biofilm density
$\rho_p=0.99793$ (g/cm ³): Liquid density
$\mu_p=9.065 \times 10^{-3}$ (g/cm ³ ·sec): Liquid viscosity
$K_{s1}=4.578$ (mg/l): Michaelis constant of nitrate
$K_{s2}=6.321$ (mg/l): Michaelis constant of nitrite
$K_{i1}=153.1$ (mg/l): Inhibition constant of nitrate
$K_{i2}=45.79$ (mg/l): Inhibition constant of nitrite
$V_{m1}=25.84$ (mg NO_3^- -N/g·vss·hr): Maximum rate of nitrate consumption
$V_{m2}=42.88$ (mg NO_2^- -N/g·vss·hr): Maximum rate of nitrite consumption

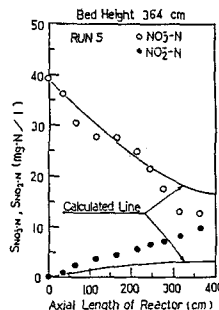
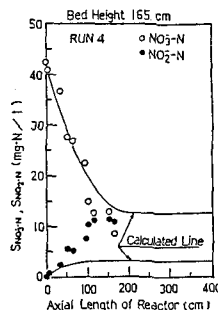
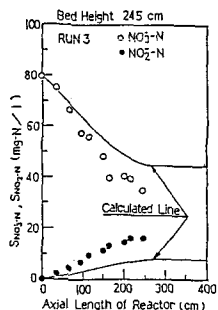
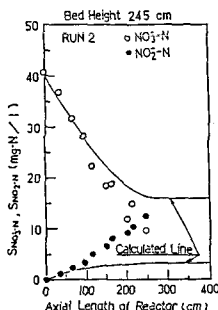
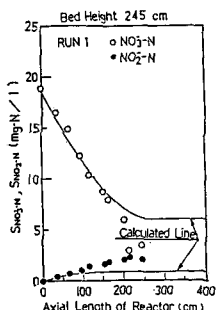


図5. 定常実験 軸方向濃度プロファイル