

長岡技術科学大学 工 村井 清至
正 原田 秀雄
住友・都市整備公団 正 高橋 賢

1 はじめに; 本研究では、高濃度生物維持による高率脱窒素反応器として、多段槽型上向流スラッジベッド反応器を開発し、その流体混合特性を記述するモデルを提示し、そのパラメータ値におよぼす外部操作因子の影響を定量化した。また、自分実験より、上記モデルを組み込む反応器を評価した。さらに、本反応器の定常状態基質濃度分布および非定常状態での反応器流出端の基質濃度変化を予測値と実測値と比較することにより、本モデルの適合性を検討したので報告する。

2 実験装置および方法; 図-1に実験装置の概要を示す。反応器口高さ100cm、内径10cm、反応容積7.06ℓ、底部より9孔板(直径10cm、孔径6mm×25個、開孔率9%)が8枚10cm間隔に設置され多段槽化されており、各層は攪拌羽根(2rpm)によって連続攪拌されている。高さ85cmの位置に逆ドーナツ状沈降管が設置され、汚泥がガス分離・沈降とガス捕集が行なわれている。基質は窒素源として NaNH_2 、有機炭素源として CH_3OH が用いられ、 $(\text{CH}_3\text{OH}/\text{NO}_3\text{-N})$ 比は3に維持し、さらに無機塩類とリン酸緩衝液を添加した。また、反応器は20℃制御恒温室内に設置した。表-1に定常および非定常(スラッパ化)実験の流入基質濃度(水理学的滞留時間)と流入基質濃度の条件を示す。

3 実験結果と考察; 反応器内流体混合特性におよぼす流速 H_0 (cm)、流入流速 U (cm/min)、ガス生成速度 G (ℓ/hr)の影響を α -1次元モデルを適用し、さらに短絡流・バリエーション法や汚泥充填物の効果を考慮に入れたため、図-2のような循環流を有するモデル式(1)を提示した。

$$\frac{D}{(1+r)U} \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} - \frac{\partial C}{\partial z} - \left(\frac{L \cdot G \cdot X}{(1+r)U S_0} \right) = \frac{\partial C}{\partial \theta} \quad (1)$$

ここで、 C =無次元基質濃度(=ℓ/ℓ₀)、 z =無次元軸方向距離(=ℓ/ℓ₀)、 θ =無次元時間(=分、 $\tau = \ell / (H_0 U)$)、 D =混合振散係数(cm^2/min)、 U =線速度(cm/min)、 r =循環比(%)、 L =反応器長さ(cm)である。式(1)中の()内口反応器で、最口比脱窒速度($\text{mg}/\text{g ss} \cdot \text{min}$)

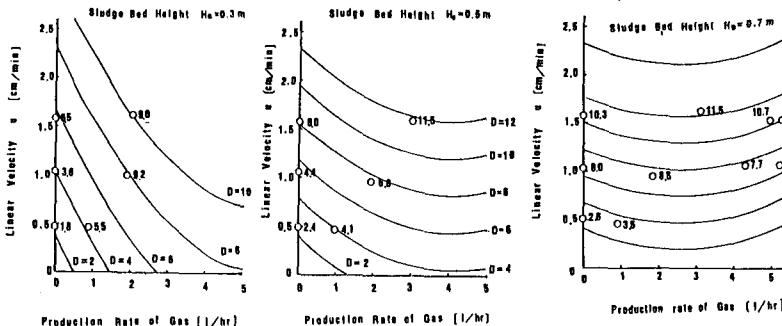


図3 混合振散係数におよぼすガス生成速度 G 、線速度 U 、汚泥高 H_0 の影響

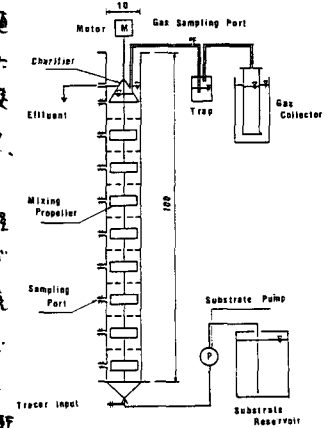


図1 実験装置概要図

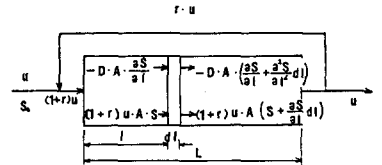


図2 流体混合モデル

表-1 実験条件

Exp. run No.	Linear Velocity u (cm/min)	Influent Substrate Concentration S_0 (mg $\text{NO}_3\text{-N}/\text{l}$)
1	1.53	848
2	1.53	1628
3	1.07	1031
4	2.18	1013
5	1.07 → 2.18	1031 → 1013
6	1.53	810 → 1620
7	1.07 → 2.16	2102 → 1055

Production Rate of Gas G (ℓ/hr)

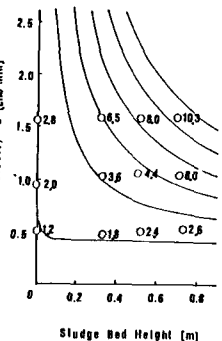


図4 ガス生成速度 G の影響の混合振散係数 D

Figure 1 is a scatter plot with a linear regression line. The y-axis is labeled "Recirculation Ratio r (—)" and ranges from -0.3 to 0.3. The x-axis is labeled "Sludge Bed Height H_0 (m)" and ranges from 0 to 0.7. There are 10 data points plotted as open circles. A solid line represents the linear fit, with the equation $r = 0.2367 \cdot H_0 - 0.496 H_0$ displayed at the top of the plot area.

$$r = 0.27 G + 0.49 H_8 - 0.38 G \cdot H_8 - 0.212$$

13) (9.10.14) 26, 答: 70%

Axial length of ramier (cm)	Run 1 (g dry wt / g fresh wt)	Run 2 (g dry wt / g fresh wt)	Run 3 (g dry wt / g fresh wt)
0	92	88	82
10	85	82	78
20	88	85	80
30	88	85	80
40	85	82	78
50	82	80	75
60	80	78	75

Figure 1 is a scatter plot with a fitted curve showing the relationship between Denitrification Rate k (mg-N/g-sub-hr) on the y-axis and Substrate Concentration $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg-N/l) on the x-axis. The y-axis ranges from 0 to 15, and the x-axis ranges from 0 to 1400. The data points are open circles, and a solid line represents the fitted curve. The curve shows a rapid increase in rate at low substrate concentrations, reaching a plateau around 11.3 mg-N/g-sub-hr. The equation $k = \frac{k_{\max} S}{K_s + S}$ is displayed at the top, with $k_{\max} = 11.3 \text{ mg-N/g-sub-hr}$ and $K_s = 7.0 \text{ mg-N/l}$.

非線形最小二乘法の決定
1~49 定常状態の反応器

Detailed description: The graph plots Reactor Temperature in degrees Celsius on the y-axis (ranging from 19 to 29) against the Axial Length of the Reactor in centimeters on the x-axis (ranging from 0 to 60). Four data series are shown: Run 1 (open circles), Run 2 (filled circles), Run 3 (open circles), and Run 4 (filled circles). Run 3 has the highest temperatures, starting at ~21.5°C and ending at ~28.5°C. Run 1 starts at ~21.5°C and ends at ~24.8°C. Run 4 starts at ~20.5°C and ends at ~23.8°C. Run 2 has the lowest temperatures, starting at ~20.5°C and ending at ~23.5°C. All runs show a general upward trend in temperature as axial length increases.

Axial Length (cm)	Run 1 Temp (°C)	Run 2 Temp (°C)	Run 3 Temp (°C)	Run 4 Temp (°C)
0	21.5	20.5	21.5	20.5
10	22.5	21.5	22.5	21.5
20	23.5	22.5	24.5	22.5
30	24.5	23.5	26.5	23.5
40	25.5	24.5	28.5	24.5
50	26.5	25.5	29.5	25.5
60	27.5	26.5	30.5	26.5

図9. 反応器内温度分布

Figure 7 consists of two side-by-side graphs. Both graphs plot 'Effluent Concentration of NO₂-N (mg-N/l)' on the y-axis (0 to 1600) against 'Axial Length of Reactor (cm)' on the x-axis (0 to 90). The left graph shows data for Run 1 and Run 2. Run 1 (open circles) shows a linear decrease from ~1500 mg-N/l at 0 cm to 0 mg-N/l at ~65 cm. Run 2 (open circles) shows a linear decrease from ~1500 mg-N/l at 0 cm to ~800 mg-N/l at 65 cm, then levels off. The right graph shows data for Run 3 and Run 4. Run 3 (open circles) shows a sharp linear decrease from ~1500 mg-N/l at 0 cm to 0 mg-N/l at ~45 cm. Run 4 (open circles) shows a sharp linear decrease from ~1500 mg-N/l at 0 cm to ~400 mg-N/l at 45 cm, then levels off.

Figure 7. 反应管轴方向亚硝酸盐浓度分布图

Figure 1 is a plot of the rate of polymerization (R_p) versus time (t). The y-axis is labeled $R_p \times 10^4 \text{ mole/l-hr}$ and ranges from 0 to 1200. The x-axis is labeled $t \text{ hr}$ and ranges from 0 to 5. The data points (open circles) show an initial induction period, followed by a rapid increase in R_p , peaking around 0.5 hours, and then a gradual decrease to a steady state. A solid line labeled "Calculated Line" fits the data points.

Fig. 7. Effect of the direction of the magnetic field on the concentration of the H_2O_2 solution.

Figure 1 is a line graph with 'Time (hr)' on the x-axis (0 to 5) and 'Effluent Concentration of $MnO_2 \cdot H_2O$ (mg-m/l)' on the y-axis (0 to 1000). The graph shows experimental data points (open circles) and a 'Calculated Line' (solid line). The experimental data points show a rapid increase in concentration, reaching a plateau of approximately 750 mg-m/l after 2 hours. The calculated line follows the initial rapid increase but then levels off at a lower concentration of approximately 250 mg-m/l after 2 hours.

Time (hr)	Effluent Concentration (mg-m/l)
0.0	0
0.2	0
0.4	0
0.6	0
0.8	0
1.0	100
1.2	350
1.4	550
1.6	650
1.8	720
2.0	750
2.2	750
2.4	750
2.6	750
2.8	750
3.0	750
3.2	750
3.4	750
3.6	750
3.8	750
4.0	750
4.2	750
4.4	750
4.6	750
4.8	750
5.0	750

图10. 非定常出口流量(上RUN5, 下RUN6)