

## 反応工学

以下の文章を読み、設問に答えよ。なお、数値の場合は有効数字を3桁とせよ。

【問】図のように、等温等圧で操作される体積  $V[\text{m}^3]$  の流通式完全混合槽型反応器を用いて、気相不可逆二次反応  $A \rightarrow R+S$  を行う。濃度  $C_{A0}[\text{mol}/\text{m}^3]$  の反応成分 A を含む原料を体積流量  $v_{T0}[\text{m}^3/\text{s}]$  で反応器に供給する場合を考える。ただし、反応の進行に伴い体積が変化するため、反応器出口での体積流量は  $v_T[\text{m}^3/\text{s}]$  となる。出口での成分 A の濃度を  $C_A[\text{mol}/\text{m}^3]$ 、反応速度を  $r_A(=-k \cdot C_A^2) [\text{mol}/(\text{m}^3 \cdot \text{s})]$  とすると、定常状態での成分 A の物質収支として次式を得る。

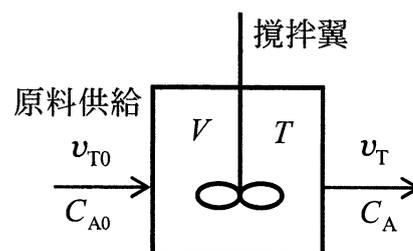


図 完全混合槽型反応器

$$v_{T0} \cdot C_{A0} - v_T \cdot C_A + r_A \cdot \boxed{\text{ア}} = 0 \quad (1)$$

一方、流通式反応器における成分 A の反応率  $x_A [-]$  は、単位時間あたりの供給モル数  $F_{A0}[\text{mol}/\text{s}]$  と流出モル数  $F_A[\text{mol}/\text{s}]$  を用いて、次式で表される。

$$x_A = \frac{(F_{A0} - F_A)}{F_{A0}} \quad (2)$$

式(2)を変形し、流出モル数を濃度と体積流量を用いて表すと、次式となる。

$$F_A = v_T \cdot C_A = v_{T0} \cdot C_{A0} \cdot \boxed{\text{イ}} \quad (3)$$

これを式(1)に代入して整理すると、次式を得る。

$$v_{T0} \cdot C_{A0} \cdot \boxed{\text{ウ}} + r_A \cdot \boxed{\text{ア}} = 0 \quad (4)$$

ここで、反応速度  $r_A$  を反応による体積増加率  $\varepsilon_A [-]$  を用いて表すと、次式となる。

$$r_A = -k \cdot C_A^2 = -k \cdot C_{A0}^2 \cdot \frac{\boxed{\text{エ}}}{(1 + \varepsilon_A \cdot x_A)^2} \quad (5)$$

これを式(4)に代入して整理することで、次の本反応器の設計方程式を得る。

$$\frac{V}{v_{T0}} = \frac{x_A \cdot (1 + \varepsilon_A \cdot x_A)^2}{k \cdot \boxed{\text{オ}}} \quad (6)$$

- 1) 空欄  ~  に当てはまる適切な文字式を記せ。
- 2) 具体的な気相不可逆二次反応として、アセトアルデヒド ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ) が所定の高温高圧条件で熱分解し、メタン ( $\text{CH}_4$ ) と一酸化炭素 ( $\text{CO}$ ) が生成することを考える。原料として、純粋成分のアセトアルデヒドを  $0.145 \text{ kg/s}$ , 体積流量  $v_{T0} = 4.15 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$  で供給する。また、槽型反応器の体積  $V$  は  $1.50 \text{ m}^3$ , 反応速度定数は  $k = 3.75 \times 10^{-3} \text{ m}^3/(\text{mol}\cdot\text{s})$  である。アセトアルデヒドの入口濃度  $C_{A0}$  と体積増加率  $\varepsilon_A$  を求めよ。また、反応器出口での反応率  $x_A$  を求めよ。なお、原子量は  $\text{H} = 1.00$ ,  $\text{C} = 12.0$ ,  $\text{O} = 16.0$  を用いよ。