

反応工学

【問】以下の文章を読み、設問1)～3)に答えよ。なお、解答する際には導出過程を示し、数値の場合は有効数字を3桁とせよ。

体積 V [m^3]の完全混合槽型反応器を2つ直列に連結させて、以下の体積変化を無視できる液相逐次反応



を定温下で行う。各反応の反応速度を r_1, r_2 [$\text{mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}^{-1}$]、速度定数を k_1, k_2 [h^{-1}]、成分 A, R, S の濃度をそれぞれ C_A, C_R, C_S [$\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$]とする。このとき、各成分の濃度変化速度 r_A, r_R, r_S は、 r_1, r_2 を用いて、以下の式で表される。

$$r_A = \frac{dC_A}{dt} = \boxed{\text{ア}} \quad (3)$$

$$r_R = \frac{dC_R}{dt} = \boxed{\text{イ}} \quad (4)$$

$$r_S = \frac{dC_S}{dt} = r_2 \quad (5)$$

成分 A のみを濃度 C_{A0} [$\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$]で含む原料を、体積流量 v_{T0} [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]で反応器に供給する。1つめの反応器出口での成分 A, R の濃度を C_{A1}, C_{R1} [$\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$]、2つめの反応器出口での成分 A, R の濃度を C_{Af}, C_{Rf} [$\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$]とする。1つめの反応器における定常状態での成分 A の物質収支として、次式を得る。

$$v_{T0} C_{A0} - \boxed{\text{ウ}} + r_A V = 0 \quad (6)$$

式(6)に、式(3)と式(1),(2)を代入して変形すると、次式が得られる。

$$C_{A1} = \frac{C_{A0}}{1 + \boxed{\text{エ}}} \quad (7)$$

2つめの反応器についても、同様に、成分Aの物質収支を考え、出口濃度 C_{Af} について変形すると、次式が得られる。

$$C_{Af} = \frac{C_{A0}}{\boxed{\text{オ}}} \quad (8)$$

また、成分Rについても、1つめの反応器における物質収支を考えると、次式を得る。

$$0 - \boxed{\text{カ}} + r_R V = 0 \quad (9)$$

式(9)に、式(4)、式(7)を代入して変形すると、次式が得られる。

$$C_{R1} = \frac{k_1 C_{A0} \tau}{\boxed{\text{キ}}} \quad (10)$$

ここで、 τ は各槽あたりの空間時間 ($\tau = V/v_{T0}$) である。速度定数 k_1, k_2 の値が等しい条件で、2つめの反応器についても、同様に、成分 R の物質収支を考え変形すると、出口濃度 C_{Rf} は次式となる。

$$C_{Rf} = \frac{2k_1 C_{A0} \tau}{(1+k_1 \tau)^3} \quad (11)$$

この濃度を最大とする空間時間 τ_m は、式(11)を τ について微分し、

$$\frac{dC_{Rf}}{d\tau} = \boxed{\text{ク}} = 0 \quad (12)$$

式(12)の解として与えられる。

- 1) 空欄 $\boxed{\text{ア}} \sim \boxed{\text{ク}}$ に入る適切な文字式を記せ。
- 2) 1つめの反応器に供給される原料の成分 A の濃度 $C_{A0} = 1.50 \times 10^4 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-3}$ 、供給流量 $v_{T0} = 0.150 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ の条件で、 $k_1 = k_2 = 0.250 \text{ h}^{-1}$ の場合、2つめの反応器の出口濃度 C_{Rf} を最大とするための空間時間 τ_m とそのときの反応器体積 V_m を求めよ。
- 3) 設問 2) の C_{Rf} を最大とする条件での成分 A の反応率 x_{Af} 、成分 R の収率 Y_R と選択率 S_R を求めよ。