

反応工学

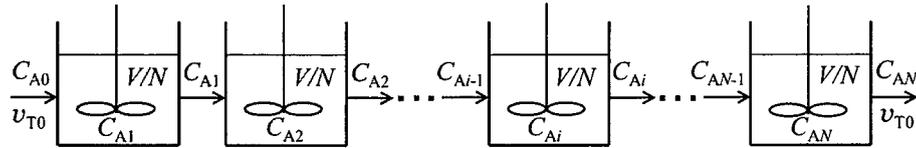
以下の文章を読み、設問に答えよ。なお、解答する際には導出過程を示し、数値に関して、特に指定がない場合は有効数字を3桁とせよ。

【問1】気相反応 $A + 3B \rightarrow R$ を、回分式の完全混合槽型反応器を用いて行う。反応開始時において、成分 B は量論比の3倍含まれており、成分 R は含まれていない。成分 A のモル分率 $y_A[-]$ が反応開始時のモル分率 $y_{A0}[-]$ の2分の1になった時点で反応を終了する。ただし、反応開始時の圧力 P_0 は $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、反応温度 T は 473 K であり、反応器は等温状態で保持される。また、すべての成分に理想気体を仮定できるとし、気体定数は $8.31 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ とする。

- 1) 定容反応系の場合、反応器の初期体積を $V_0 [\text{m}^3]$ とし、反応終了時における以下の値をそれぞれ求めよ。
 - a) 成分 A の反応率 x_A
 - b) 各成分 i のモル分率 y_i
 - c) 各成分 i の濃度 C_i
 - d) 反応器内の圧力 P

- 2) 定圧反応系の場合、反応器の初期体積を $V_0 [\text{m}^3]$ とし、反応終了時における以下の値をそれぞれ求めよ。
 - a) 成分 A の反応率 x_A
 - b) 各成分 i のモル分率 y_i
 - c) 各成分 i の濃度 C_i

【問2】実際の反応器の非理想的な流動状態を定量的に表現するため、1つの体積 V [m³]の反応器を仮想的に N 個の槽型反応器が直列に連結していると考え、混合の程度を N によって表わすモデルがある。反応器に成分 A を濃度 C_{A0} [mol·m⁻³]で含む原料を流量 v_{T0} [m³·min⁻¹]で供給し、等温下で体積変化を無視できる液相反応が反応速度 r_{Ai} [mol·m⁻³·min⁻¹]で進行している場合を考える。



1) 成分 A の第 i 槽の物質収支は次式で与えられる。

$$0 = v_{T0} C_{Ai-1} - \boxed{\text{ア}} + r_{Ai} \boxed{\text{イ}} \quad (1)$$

ここで、成分 A に関する不可逆一次反応を考えると、速度定数 k を用いて反応速度は $r_{Ai} = -k C_{Ai}$ となる。これを代入して、(1)式を変形すると次式を得る。

$$C_{Ai} = C_{Ai-1} \frac{1}{1 + \boxed{\text{ウ}}} \quad (2)$$

第 N 段まで考えると、成分 A の反応器出口濃度 C_{AN} は次式で表される。

$$C_{AN} = C_{A0} \frac{1}{\boxed{\text{エ}}} \quad (3)$$

上式中の空欄 $\boxed{\text{ア}}$ ~ $\boxed{\text{エ}}$ に入る適切な文字式を答えよ。

- 2) このモデルの名称を答えよ。
- 3) 理想的な完全混合流れ ($N=1$) となるように、反応器の攪拌を充分に行い、 $V/v_{T0} = 0.550$ min の流量条件で運転したところ、反応器出口の成分 A の反応率が 0.650 となった。この反応の速度定数 k を求めよ。
- 4) 上記の 3) と同じ流量条件で運転したまま、反応器の攪拌を弱めたところ、反応器出口の成分 A の反応率が 0.710 となった。この場合の混合の程度 (段数) N を(3)式に基づき小数点以下 1 桁まで四捨五入して求めよ。