

科目 【化学工学Ⅱ】物質移動 (1枚)

問題1 [20点]

半径 R の球状多孔質粒子内において、物質 A (モル濃度 C_A) が粒子表面 (球中心からの距離 $r = R$ で $C_A = C_s$) から粒子内部に拡散し一次反応によって消失する。粒子を均一材料とみなした物質 A の有効拡散係数を D とする。また、 $r = 0$ において $\frac{dC_A}{dr} = 0$ とする。

- (1.1) 定常状態のとき、 C_A が従う拡散方程式を書け。
- (1.2) 前問の物質 A の拡散方程式から得られる無次元パラメータを答えよ。
- (1.3) 前問で同定した無次元パラメータが1よりはるかに小さいとき、または1よりはるかに大きいとき、それぞれ C_A の分布がどのようなになるか説明せよ。

問題2 [30点]

以下の文章の A1–A10 に入る適切な式や語句を答えよ。

空気中にアセトンを含む混合ガス（アセトンのモル分率 $y_1 = 0.015$ ）を、充填塔内において水と向流接触させることによりガス吸収操作を行う。排出ガス中のアセトンのモル分率を、供給ガスの1%まで低減させる。空気および水のモル流束は、それぞれ $G = 0.0345 \text{ kmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, $L = 0.0889 \text{ kmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ である。本系の気液平衡関係は Henry の法則 $y = 1.75x$ に従うものとする。ここで、 y および x はそれぞれ気相および液相中のアセトンのモル分率を表す。また、操作線は直線で近似できるものとし、系は十分に希薄とみなすことができる。塔頂における気相および液相中のアセトンモル分率を、それぞれ y_2, x_2 とする。このとき、 $y_2 = \boxed{\text{A1}}$, $x_2 = \boxed{\text{A2}}$ である。塔底における液相中のアセトンモル分率を x_1 とすると、アセトンに関する物質収支は所与の記号を用いて $\boxed{\text{A3}}$ と表される。これを解くことにより、 $x_1 = \boxed{\text{A4}}$ を得る。さらに、 x_1 および x_2 の液相と平衡関係にある気相中のアセトンモル分率をそれぞれ y_1^*, y_2^* とすると、 $y_1^* = \boxed{\text{A5}}$, $y_2^* = \boxed{\text{A6}}$ となる。これらの値を用いて、気相基準の総括移動単位数 N_{OG} を求めると、 $N_{\text{OG}} = \boxed{\text{A7}}$ を得る。また、 y_1 および y_2 の気相と平衡関係にある液相中のアセトンモル分率を、それぞれ x_1^*, x_2^* とすると、 $x_1^* = \boxed{\text{A8}}$, $x_2^* = \boxed{\text{A9}}$ である。これらの値から液相基準の総括移動単位数 N_{OL} を求めると、 $N_{\text{OL}} = \boxed{\text{A10}}$ となる。