

平成30年度第1次募集（平成29年10月入学含む）
新潟大学大学院自然科学研究科博士前期課程入学者選抜試験問題

一般入試

材料生産システム専攻
素材生産科学（化学工学系）
B4

専門科目（化学工学）

注意事項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 この問題冊子は、表紙を含めて全部で6ページある。
- 3 出題科目はⅠ.化学工学基礎、Ⅱ.反応工学、Ⅲ.単位操作、Ⅳ.移動現象である。これらのすべてに解答すること。
- 4 解答は、出題科目に対応する解答用紙に記入すること。解答スペースが足りない場合は、「(裏面に続く)」と明記した上で、その用紙の裏に続けて解答してよい。ただし、別の問題の解答用紙に記入した場合は無効となる。
- 5 受験番号は、すべての解答用紙および下書用紙の指定された箇所に記入すること。
- 6 解答時間は、120分である。
- 7 下書きには、下書用紙を使用すること。下書用紙は試験後に回収する。

[I. 化学工学基礎]

A→Bで表される反応のプロセスの流れ図を図Iに示す。反応ガスAと不活性ガスを含む混合ガスを粒子充填層型反応器内で反応させている。反応器出口の混合ガスと生成ガスBは、完全に分離される。未反応のAと不活性ガスを含む混合ガスは、一部をパージした後、リサイクルして原料と混合している。下の問①～⑥に答えよ。解答に必要な記号はすべて図中に与えてある。なお、反応器の形状は円柱であること、反応器周りの熱損失と反応熱は無視できること、混合ガスの平均モル熱容量はプロセス全体において一定であること、製品には反応ガスAと不活性ガスが含まれないこと、をそれぞれ仮定する。

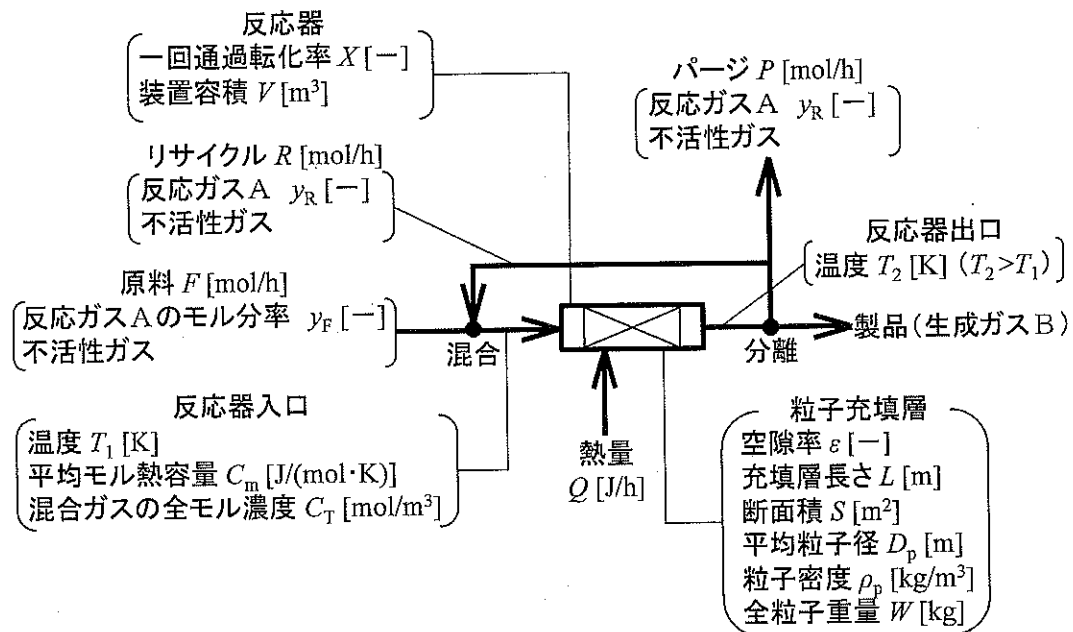


図 I 反応プロセスの流れ図

- ① 反応器周りのAに関する成分物質収支式を図中の記号で表せ。
- ② 反応器に与えるべき熱量 Q [J/h]を図中の記号で表せ。
- ③ 反応器入口における混合ガスの体積流量 U [m^3/h]を図中の記号で表せ。
- ④ 反応器の空間時間 τ [h]を図中の記号で表せ。
- ⑤ 充填層内粒子の体積形状係数 Ψ_v [-]を図中の記号で表せ。
- ⑥ 充填層内の空隙率 ϵ [-]を図中の記号で表せ。

[II.反応工学]

回分反応器を用いて、反応式 $A \rightarrow R$ で表される液相 1 次反応 ($-r_A = k C_A$) を、成分 A の初濃度 C_{A0} [mol/m³] にて行い、成分 R を生産する。次の問①および②に答えよ。ただし、 r_A [mol/(m³·s)] は成分 A の反応速度、 k [1/s] は反応速度定数、 C_A [mol/m³] は成分 A の濃度である。なお、反応に伴う反応混合物の体積変化は無視できるものとする。

- ① 成分 A の反応率 x_A [-] が 0 から x_{Af} になるまで行われる回分反応を繰り返し、成分 R を生産速度 P [mol/s] で生産する。このために必要な反応器の体積 V [m³] を C_{A0} , k , P , t_p , x_{Af} を用いて表せ。導出過程も示せ。ただし、 t_p [s] は、反応時間とは別に、反応器への原料供給等のために回分操作 1 回あたりに必要な時間である。

- ② 反応温度を T_1 [K] から T_2 [K] まで上げて、反応の初速度を m 倍にしたい。 T_2 を E , m , T_1 , 気体定数 R [J/(K·mol)] を用いて表せ。導出過程も示せ。ただし、 E [J/mol] はこの反応の活性化エネルギーであり、温度以外の反応条件は同じである。また、この反応にはアレニウスの式が適用できるとする。

[Ⅲ.単位操作]

次の問(1)～(3)に答えよ。ただし、与えられた記号以外の記号を使う場合には定義した上で用いること。

(1) ガス吸収に関して、次の問①～③に答えよ。

- ① ヘンリーの法則を説明せよ。また、ヘンリーの法則が成立する具体的な条件を説明せよ。
- ② 二重境膜説に基づいて、液側総括物質移動係数 K_L を液境膜物質移動係数 k_L 、ガス境膜物質移動係数 k_G 、ヘンリー定数 H を用いて表せ。
- ③ 充填塔を用いて反応吸収を行う場合、並流操作をしても向流操作をしてもガス吸収性能が等しくなる条件を説明せよ。

(2) 単蒸留に関して、次の問①～③に答えよ。

- ① 時間とともに留出液濃度がどのように変化するか説明せよ。
- ② 時刻 t における溶液量を n [mol]、低沸点成分 (A 成分) の液相モル分率を x 、気相モル分率を y とする。微小時間 dt で発生した蒸気量を dn [mol]、時刻 $t+dt$ における溶液量を $(n-dn)$ [mol]、液相モル分率を $(x-dx)$ とする。微小時間 dt における dn と dx の関係を表せ。
- ③ ②の結果を用いてレイリーの式を導け。ただし、単蒸留開始時の溶液量を F [mol]、A 成分モル分率を x_F とし、蒸留終了時の溶液量を W [mol]、A 成分モル分率を x_W とする。

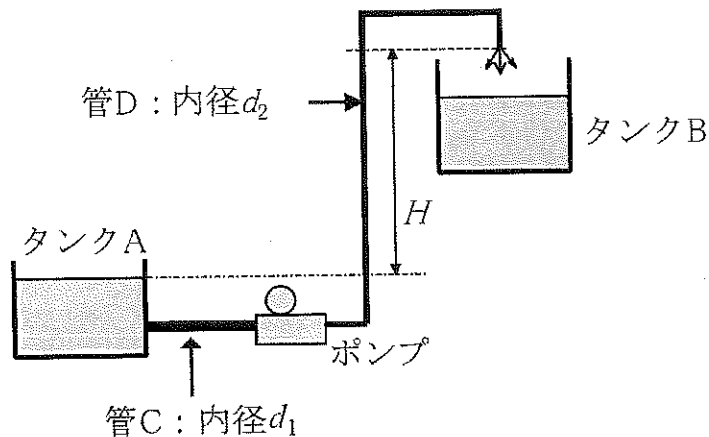
(3) 攪拌に関して、次の問①～④に答えよ。

- ① 高粘性液を攪拌するとき、混合時間を短くするために適切な攪拌翼の特徴を説明せよ。
- ② 攪拌レイノルズ数 Re の定義式を書け。
- ③ 低粘性液を攪拌する場合、攪拌槽に邪魔板を入れる理由を説明せよ。
- ④ 攪拌動力数 N_p の定義式を書け。

[IV.移動現象]

次の問(1)および(2)に答えよ。ただし、与えられた記号以外を用いる場合には定義した上で用いること。

(1) 下の図で示すように、非圧縮性ニュートン流体(以下、流体と呼ぶ)を、円管型管路を通してポンプによりタンクAからタンクBへ輸送する。タンクAとポンプの間は内径 d_1 [m] の管Cで、ポンプとタンクBの流体面より上にある放出口の間は内径 d_2 [m] の管Dでつながっている。タンクAの流体面とタンクBに流体を排出する放出口との高度差は H [m] である。ただし、タンクAの流体面の高さは一定に保たれると仮定する。管Cを流れる流体の流速は u_1 [m/s]、管Dを流れる流体の流速は u_2 [m/s]、ポンプの効率は η [-] である。タンクAとタンクBは大気に開放され、タンクAの流体面の断面積は配管の断面積に比べて大きいので、タンクAでの流速は無視できると仮定する。さらに、配管に関連するすべてのエネルギー損失は無視できると仮定する。ただし、流体の密度は ρ [kg/m³]、粘度は μ [kg/(m·s)] とする。下の問①~④に答えよ。



- ① 管Dを流れる流体の流速は管Cを流れる流体の流速の何倍であるかを適当な記号を用いて表せ。
- ② 単位質量当たり流体に伝達する必要がある仕事を適当な記号を用いて表せ。
- ③ 必要なポンプの動力を適当な記号を用いて表せ。
- ④ ポンプにより供給する圧力を適当な記号を用いて表せ。

([IV. 移動現象] のつづき)

(2) 流体Aと流体Bの間に熱伝導度 k [W/(m·K)], 厚さ δ [m]の平板があり, この平板を介して流体Aから流体Bへ熱が移動している。流体Aと平板の間の伝熱係数 h_A は 40 W/(m²·K), 平板と流体Bの間の伝熱係数 h_B は 20 W/(m²·K)である。また, 平板面積 S は 10 m², $k = 0.20$ W/(m·K), $\delta = 1.0 \times 10^{-3}$ mである。次の問①および②に答えよ。

- ① 流体Aと流体Bの間の総括伝熱係数 G [W/(m²·K)]を求めよ。
- ② 流体Aの温度が 200°C , 流体Bの温度が 100°C のとき, 平板を通過する全体の熱量 Q [W]を求めよ。計算の過程も示せ。