

令和2年度第1次募集（令和元年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
素材生産科学コース（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 問題冊子は，表紙を含めて全部で5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]

粉砕プロセスの流れ図を図 I に示す。原料粉体を粉砕機で粉砕した後、分級器で分離径以下の微粉と分離径以上の粗粉を完全に分離している。粗粉はリサイクルして原料粉体と混合している。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、図中の質量分率はすべて分離径以上の粉体に対する値である。また、プロセス中の粒子密度はすべて同じであるものとする。

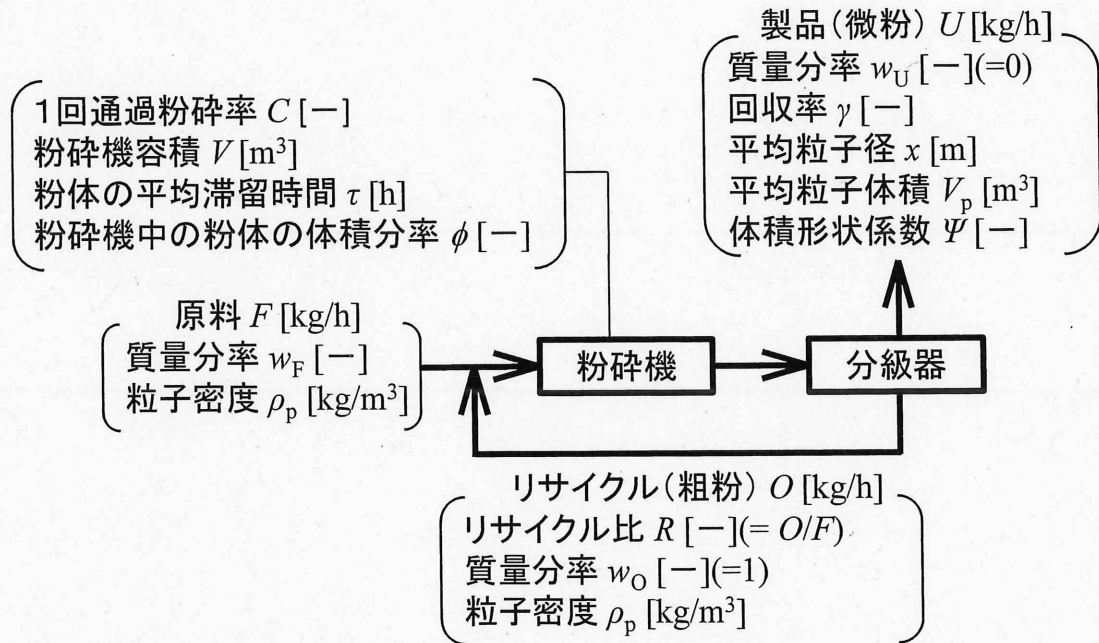


図 I 粉砕プロセスの流れ図

- ① 粉砕機周りの分離径以上の粉体に対する物質収支式を図中の記号で表せ。
- ② リサイクル比 R を C, w_F で表せ。
- ③ 分離径以下の粉体の回収率 γ (注 1) が 1 となることを示せ。
- ④ 粉砕機に入る単位時間あたりの粉体量 $[m^3/h]$ を図中の記号で表せ。
- ⑤ 粉砕機容積 V を図中の記号で表せ。
- ⑥ 製品の粉体粒子をすべて球と仮定するときの体積形状係数 Ψ を求めよ。求める過程も示せ。

(注 1) 原料に含まれる分離径以下の粉体重量に対する製品に含まれる分離径以下の粉体重量の比

[II. 反応工学]

反応式が式(II-1), 反応速度式が式(II-2)で表される液相系自触媒反応がある。



$$-r_A = kC_A C_R \quad (\text{II-2})$$

なお, 記号は次のとおりである。

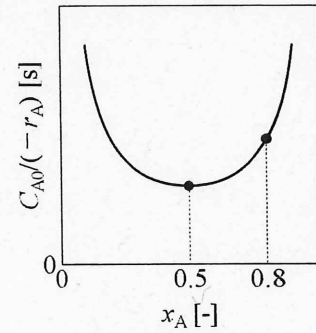
C_A : 成分 A の濃度 [mol/m³]

C_{A0} : 成分 A の初期濃度 [mol/m³]

C_R : 成分 R の濃度 [mol/m³]

k : 反応速度定数, $k = 1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^3/(\text{mol} \cdot \text{s})$

r_A : 成分 A の反応速度 [mol/(m³·s)]



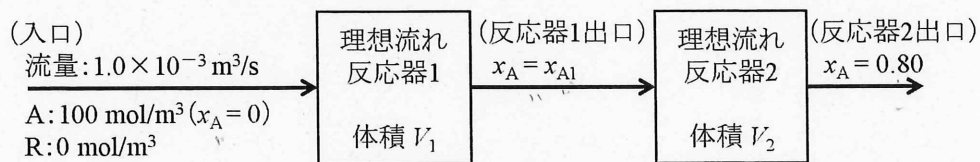
図II-1 x_A と $C_{A0}/(-r_A)$ の関係(概略図)

この反応を, 成分 R の初期濃度 $C_{R0} = 0 \text{ mol/m}^3$ の条件で, 回分反応器を用いて行った。その結果, 成分 A の反応率 x_A と $C_{A0}/(-r_A)$ との関係は図 II-1 のようであった。この反応操作について次の問(1)および(2)に答えよ。ただし, 反応温度はすべて一定であり, 反応に伴う体積変化は無視できるものとする。

(1) 次の問①および②に答えよ。

- ① $-r_A$ を C_{A0} , x_A を用いて表せ。導出過程も示せ。
- ② C_{A0} の値に関わらず, x_A が 0.5 のとき $C_{A0}/(-r_A)$ が最小となることを証明せよ。

(2) この反応を, 図 II-2 に示すように, 2 台の理想流れ反応器を直列に接続した連続式反応器を用いて行う。次の①~③に答えよ。ただし, 図 II-2 中の矢印内の体積は無視できるものとし, また, 反応は 2 台の理想流れ反応器の体積の和 $V_1 + V_2$ が最小となるように理想流れ反応器を組み合わせて行うものとする。なお, 反応条件は図 II-2 中に示してある。必要であれば, $\ln 4 = 1.4$ を使用してもよい。



図II-2 連続式反応器の概略図

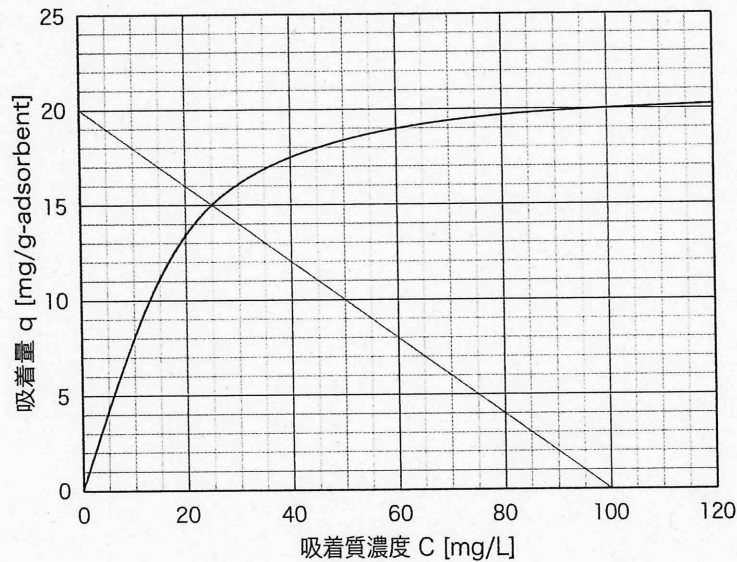
- ① 理想流れ反応器 1 の出口の成分 A の反応率 x_{A1} の値を答えよ。
- ② 理想流れ反応器 1 および 2 として用いる理想流れ反応器の名称をそれぞれ答えよ。
- ③ V_1 [m³] および V_2 [m³] の値をそれぞれ求めよ。計算過程も示せ。

[Ⅲ. 単位操作]

次の問(1)および(2)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) 初期吸着質濃度 C_0 [kg/m³]の水溶液 V [m³]に吸着剤 W [kg]を入れ、液相回分吸着実験を行った。次の問①～③に答えよ。

- ① 時刻 $t (> 0)$ における吸着量 q [kg/kg-吸着剤]と吸着質濃度 C [kg/m³]の関係を表す式を書け。
- ② 線形推進力を仮定して吸着剤単位体積あたりの吸着速度を表す式を書け。ただし、 t =時間 [s], a =体積基準の吸着剤比表面積 [m²/m³-吸着剤], K_F =総括物質移動係数 [m/s], $C^*=q$ に対応する平衡濃度 [kg/m³], ρ_P =吸着剤密度 [kg/m³]とする。
- ③ $C_0 = 100$ mg/L, $V = 400$ mL の条件で行った実験結果を下図に示す。(A)～(D)に答えよ。
 - (A) 操作線が図中の直線で表される場合、吸着剤質量 W [g]を求めよ。
 - (B) $C_0 = 100$ mg/Lに対応する吸着係数 β_0 の値を図から求めよ。単位も記せ。
 - (C) $C = 60$ mg/Lに対応する線形推進力の値を図から求めよ。単位も記せ。
 - (D) 平衡吸着量 q_e [mg/g-吸着剤]および平衡濃度 C_e [mg/L]の値を図から求めよ。



(2) 高さ H [m], 幅 W [m], 長さ L [m]の直方体状水平流型重力沈降槽を用いて粒子を沈降分離する。粒子の沈降速度はストークスの法則に従うと仮定する。ただし、 ρ_P =粒子密度 [kg/m³], D_P =粒子径 [m], Q =体積流量 [m³/s], ρ =流体密度 [kg/m³], μ =流体粘度 [Pa·s], g =重力加速度 [m/s²]とする。次の問①～③に答えよ。

- ① ストークス域における終末速度 u_t [m/s]を表す式を書け。
- ② 分離限界粒子について、終末速度 u_t と沈降槽面積 A [m²], 体積流量 Q の関係を表す式で表せ。
- ③ 分離限界粒子径 D_{PC} [m]よりも粒径 D_P が小さい粒子について、 D_{PC} と D_P を用いて部分分級効率 η を表す式を書け。

[IV. 移動現象]

次の問 (1) および (2) に答えよ。

(1) 図IV-1 で示したように、非圧縮性ニュートン流体を管径が変わる円管型管路を通して輸送する。管Aと管Bは水平につながっており、全配管の摩擦エネルギー損失は無視出来ると仮定する。次の問①および②に答えよ。

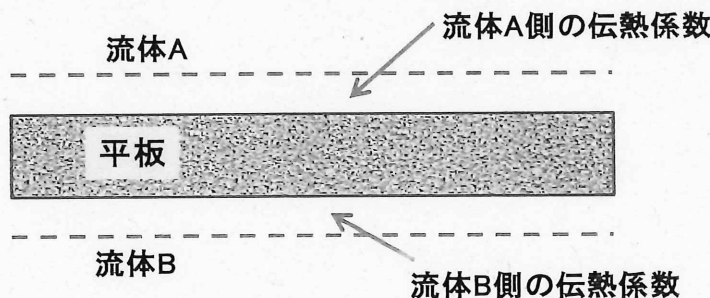
- ① 内径 40 mm の管 A に、粘度 $0.005 \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$ 、密度 $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ である流体が流速 $0.1 \text{ m}/\text{s}$ で流入し、内径 20 mm の管 B を通して流出する。管 B 内の流れに対してレイノルズ数を計算し、流れが層流であるか、乱流であるかを判定せよ。
- ② 問①の条件で、管 A に流入する流体のゲージ圧が $0.1 \text{ kN}/\text{m}^2$ であった。管 B の出口でのゲージ圧を求めよ。



図IV-1

(2) 図IV-2 で示したように、流体Aと流体Bの間に熱伝導度が $2 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ である厚さ 4 mm の平板があり、この平板を介して流体Aと流体Bの間で熱が移動している。平板は十分に広いものとする。流体Aと平板の間での伝熱係数は $1000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 、流体Bと平板の間での伝熱係数は $500 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ である。次の問①および②に答えよ。

- ① 流体Aと平板が接触する面の温度が $90 \text{ }^\circ\text{C}$ 、流体Bと平板が接触する面の温度が $20 \text{ }^\circ\text{C}$ のとき、熱流束を求めよ。
- ② 総括伝熱係数を求めよ。単位も書け。



図IV-2