

平成28年度第1次募集（平成27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 問題冊子は、表紙を含めて全部で7ページある。
- 3 問題I～VIの6問すべてを解答すること。
- 4 一つの問題に対する解答をそれぞれに指定された一枚の解答用紙に記入すること。  
(解答を記入するスペースが不足した場合には、解答用紙の裏を使用してもよい。  
ただし、その場合には、「裏にも解答した」ことを解答用紙の表に明記すること。)
- 5 受験番号は、各解答用紙の指定された箇所に必ず記入すること。
- 6 解答時間は、120分である。
- 7 下書きは、問題冊子の余白を使用すること。

(1/7 頁)

[I] 反応式  $A \rightarrow B$  で表されるプロセスの流れ図を図 I に示す。気体の反応物質 A (モル分率  $y_{A0}$ ) と不活性ガス (モル分率  $y_{C0}$ ) を含む原料を一回通過转化率 0.4 で反応させた後、生成した気体 B のみを凝縮器に通している。また、A の未反応物 (モル分率  $y_{A1}$ ) と不活性ガス (モル分率  $y_{C1}$ ) は、一部をパーズした後、リサイクルして、反応器入口で原料と混合している。次の問①～⑤に答えよ。ただし、凝縮器周りの熱損失は無視できるものとする。

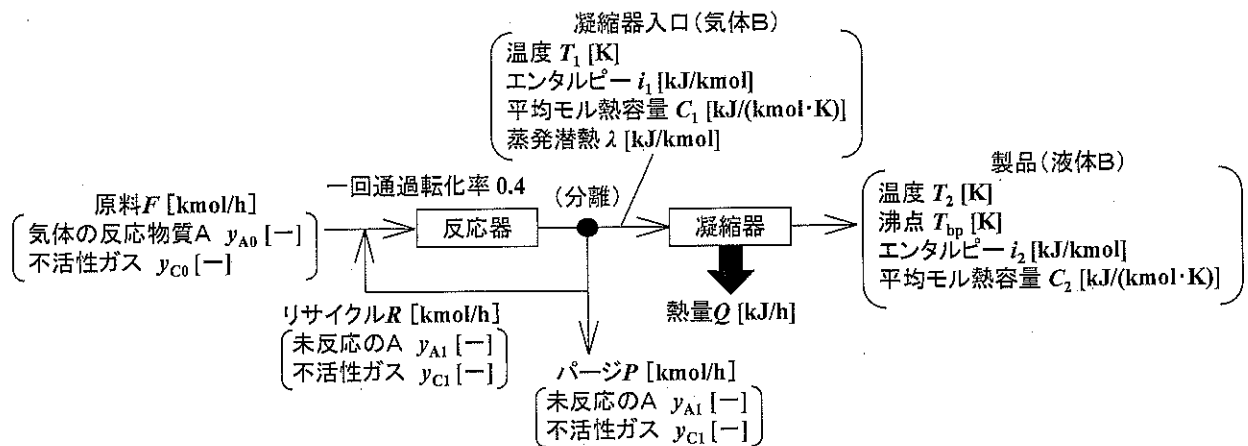


図 I 反応プロセスの流れ図

- ① 反応器周りの A の成分物質収支式を図中の記号で表せ。
- ② 反応器周りの不活性ガスに関する成分物質収支式を図中の記号で表せ。
- ③ 原料に対するリサイクルの流量比を  $y_{A0}$ ,  $y_{A1}$ ,  $y_{C0}$ ,  $y_{C1}$  で表せ。
- ④ 凝縮器周りの熱収支式を  $F$ ,  $P$ ,  $Q$ ,  $i_1$ ,  $i_2$  で表せ。
- ⑤ 凝縮器で除去すべき熱量  $Q$  を  $i_1$  と  $i_2$  を除く図中の記号で表せ。



[Ⅲ] 次の問(1)～(2)に答えよ。

(1) 内径60 mmの管Aと内径20 mmの管Bを水平につないで、管路を作り、その管路を通して密度が $1000 \text{ kg/m}^3$ である非圧縮性のニュートン流体を輸送する。流体は管Aに流速 $0.2 \text{ m/s}$ で流入し、管Bから流出する。以下の問①～③に答えよ。

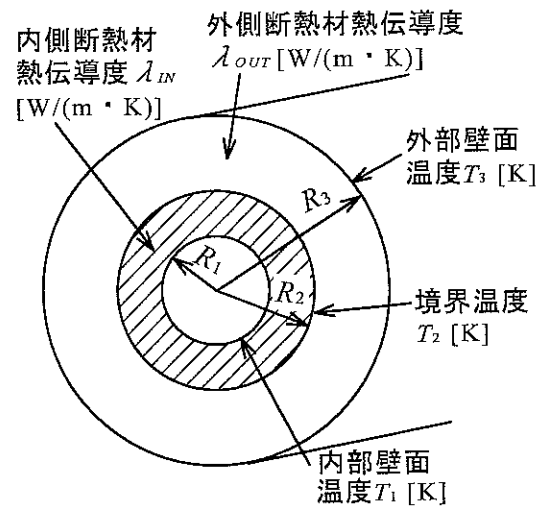
- ① 管Bでの流体の質量流量を求めよ。
- ② 流体の粘度が $0.01 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ であるとき、管B内の流れに対してレイノルズ数を計算し、流れが層流であるか、乱流であるかを判定せよ。
- ③ 管Aでの静圧が $10 \text{ kPa}$  (ゲージ圧) であるとき、管Bでの静圧を求めよ。ただし、全配管に対して流体と管壁面との摩擦エネルギー損失は無視できると仮定する。

(2) 垂直に立っている横と縦の幅が十分に広い固定平板の表面を非圧縮性、ニュートン流体が重力によって流れている(濡れ壁流れ)。液の流れ方向を $x$ 方向、液膜の厚みを $F$  [m]、厚み方向(液面から固定平板へ)の方向を $y$ 方向とすると、定常状態での、液表面からの距離 $y$  [m]における $x$ 方向速度 $u$  [m/s]を求めよ。

ただし、大気中に開放された流れは層流で、流体と固定平板の表面との間の滑りおよび流体と大気との流動抵抗は無視出来ると仮定する。また、以下の記号及び定義を用いてもよい。

せん断応力:  $\tau_{yx}$  [Pa,  $\text{N/m}^2$ ], 粘性係数:  $\mu$  [ $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ], 密度:  $\rho$  [ $\text{kg/m}^3$ ], 重力加速度:  $g$  [ $\text{m/s}^2$ ], 時間:  $t$  [s],  $x$ 方向流速:  $u$  [m/s],  $x$ 方向の距離:  $x$  [m],  $y$ 方向の距離:  $y$  [m], 横の幅:  $Z$  [m], 質量流量:  $M$  [kg/s]

[IV] 図IV-1 は半径  $R_1$  [m] の円管を、2重の円筒形断熱材で保温している状態の模式図である。内側断熱材は内側半径  $R_1$  [m] で外側半径  $R_2$  [m]、外側断熱材は内側半径  $R_2$  [m] で外側半径  $R_3$  [m] である。内側断熱材、外側断熱材の熱伝導度を、それぞれ  $\lambda_{IN}$ ,  $\lambda_{OUT}$  [W/(m·K)] と表す。定常状態での断熱材内部の熱伝導を考える。内側断熱材内部壁面温度を  $T_1$  [K]、内側断熱材と外側断熱材の境界の温度を  $T_2$  [K]、外側断熱材外部壁面温度を  $T_3$  [K] とする(ただし、 $T_1 > T_3$ )。ここでは、2種類の断熱材を用い、熱伝導度がそれぞれ  $\lambda_A$ ,  $\lambda_B$  (ただし、 $\lambda_A > \lambda_B$ ) である。 $R_2 = 2R_1$ ,  $R_3 = 4R_1$  の場合について、以下の問①～③に答えよ。



図IV-1 2重円筒形断熱材の模式図

なお、1重の円筒形断熱材(熱伝導度: $\lambda$  [W/(m·K)])で内側半径  $R_{IN}$  [m]、外側半径  $R_{OUT}$  [m] である場合では、定常状態での単位長さあたり内側から外側への熱損失  $q$  [W/m] は、断熱材内壁温度  $T_{IN}$  [K]、断熱材外壁温度  $T_{OUT}$  [K] のとき式IV-1 で与えられる。

$$q = \frac{2\pi\lambda(T_{IN} - T_{OUT})}{\ln\left(\frac{R_{OUT}}{R_{IN}}\right)} \quad (\text{式IV-1})$$

- ① 2重円筒形断熱材の場合での単位長さあたり内側から外側への熱損失  $Q$  [W/m] を、 $\lambda_{IN}$ ,  $\lambda_{OUT}$ ,  $T_1$ ,  $T_3$  と適切な数値を用いて表せ。 $Q$  の符号は熱が内側から外側へ流れる方向を正とする。
- ② 2重円筒形断熱材の場合で、内側に高熱伝導度断熱材を用いた場合( $\lambda_{IN} = \lambda_A$ ,  $\lambda_{OUT} = \lambda_B$ )での熱損失  $Q_A$  [W/m] と、内側に低熱伝導度断熱材を用いた場合( $\lambda_{IN} = \lambda_B$ ,  $\lambda_{OUT} = \lambda_A$ )での熱損失  $Q_B$  [W/m] を、それぞれ適当な記号・数値を用いて表し、 $Q_A$  と  $Q_B$  のどちらが大きくなるか、あるいは両者が等しくなるか、答えよ。
- ③ 2重円筒形断熱材の場合で、内側に高熱伝導度断熱材を用いた場合( $\lambda_{IN} = \lambda_A$ ,  $\lambda_{OUT} = \lambda_B$ )での内側断熱材と外側断熱材の境界の温度  $T_{2A}$  [K] と、内側に低熱伝導度断熱材を用いた場合( $\lambda_{IN} = \lambda_B$ ,  $\lambda_{OUT} = \lambda_A$ )での内側断熱材と外側断熱材の境界の温度  $T_{2B}$  [K] を比較し、 $T_{2A}$  と  $T_{2B}$  のどちらが高くなるか、あるいは両者が等しくなるか、答えよ。

[V] 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) 理想溶液系の精留に関して、次の問①および②に答えよ。ただし、原料、留出液、缶出液の低沸点成分のモル分率をそれぞれ  $x_F$ ,  $x_D$ ,  $x_W$  とする。

- ① 理想溶液系の  $x$ - $y$  線図を解答用紙の図 V-1 に描き、濃縮線を描き入れよ。また、濃縮線の  $y$  切片の値を留出液の低沸点成分モル分率  $x_D$  と還流比  $r$  を用いて表せ。
- ② 原料を供給段の沸点における蒸気で供給する場合の操作線（濃縮線、回収線、 $q$ 線）を解答用紙の図 V-2 に描き入れよ。

(2) 溶質ガスが易溶性の場合のガス吸収操作について、次の問①～③に答えよ。

- ① 物質移動抵抗は主にガス側に存在するか、液側に存在するか答えよ。
- ② 平衡論の観点から、気液接触装置はガス分散型、液分散型のどちらが好ましいか答えよ。また、その理由を説明せよ。
- ③ 速度論の観点から、気液接触装置はガス分散型、液分散型のどちらが好ましいか答えよ。また、その理由を説明せよ。

(3) 標準攪拌槽における動力数と攪拌レイノルズ数の関係に関して、次の問①～④に答えよ。

- ① 攪拌レイノルズ数  $Re$  の定義を書け。
- ② 層流域の上限に相当する攪拌レイノルズ数  $Re$  の値を答えよ。
- ③ 乱流が十分に発達したと見なせる最小の攪拌レイノルズ数  $Re$  の値を答えよ。
- ④ 邪魔板がある場合と無い場合について、動力数  $N_p$  と攪拌レイノルズ数  $Re$  の関係を解答用紙の図 V-3 に描き入れよ。ただし、図 V-3 の  $x$  軸,  $y$  軸はともに対数軸とする。さらに、層流域、遷移域、乱流域の範囲を図 V-3 に描き入れよ。

[VI] 図VI-1のように、シリンダー内に体積  $V_A$  の空間 A と体積  $V_B$  の空間 B があり、弁を備えた仕切りによって位置 1 で仕切られている。ピストンは位置 1 と位置 2 の間を滑らかに平行移動できる。

はじめ、弁は閉じられており、物質量  $n$  の理想気体が空間 A に封入されていた。気体の温度は  $T_0$ 、圧力は  $p_0$  だった。そこに次の過程 1～過程 4 を順に実施した。下の問①～③に答えよ。思考の過程も示せ。ただし、気体の内部エネルギーは  $\Delta U$ 、圧力は  $p$ 、熱は  $q$ 、仕事は  $w$  で表す。その他の記号については、この問題用紙に最初から与えられているもののみ使用できる。

過程 1 弁を開け、ピストンを位置 2 に可逆的に移動して気体を空間 B にも広げた。

その結果の気体の温度を  $T_1$ 、圧力を  $p_1$  とする。

過程 2 ピストンを位置 1 に可逆的に移動した。その結果の気体の温度を  $T_2$  とする。

過程 3 弁を閉じ、ピストンを位置 2 に移動して固定し、空間 B を真空にした。次に弁を開けて気体を空間 B にも広げた。その結果の気体の温度を  $T_3$  とする。

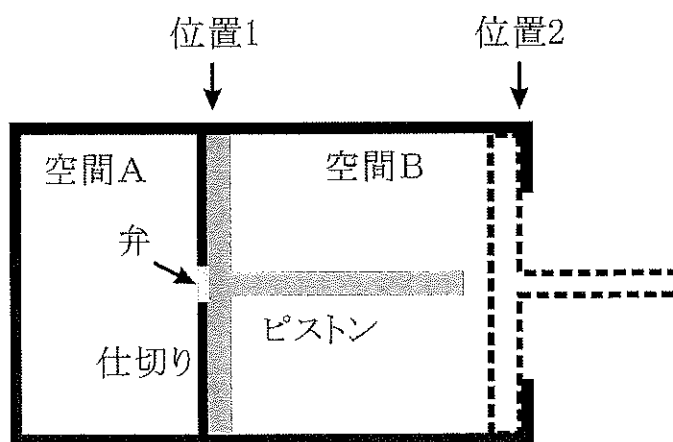
過程 4 ピストンを位置 1 に移動した。その結果の気体の温度を  $T_4$  とする。

また、次の条件(a)～(d)が成り立つものとする。

- (a) 部品はすべて熱を通さず、変形せず、漏れはない。
- (b) ピストン、仕切り、弁の体積は無視できる。
- (c) 気体の定容熱容量  $C_V$  および定圧熱容量  $C_p$  は温度によらない。
- (d) 化学変化は起こらない。

- ① 圧力  $p_1$  を他の記号を用いて表せ。
- ② 過程 2 でピストンが気体にした仕事  $w_2$  を他の記号を用いて表せ。
- ③  $T_0 \sim T_4$  のすべての温度を、次の例にならって等号(=)あるいは小なりの不等号(<)によって関係づけた 1 本の式を書け。

例  $T_3 < T_0 = T_2 < T_1 = T_4$



シリンダー

図VI-1