

平成29年度第1次募集（平成28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）

（1／7頁）

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のすべてに解答すること。
- 4 解答は、問題番号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。

専門科目（化学工学）

（2 / 7 頁）

[ I ] 原料食塩水から食塩の粗結晶を生産する工程の流れ図を図 I に示す。晶析器を加熱して食塩の蒸発晶析を行い、食塩結晶を含む懸濁液を得た後、点 S で母液（注 1）と食塩結晶を完全に分離する。母液はリサイクルし、点 M で原料食塩水と混合する。食塩結晶は、分級器で分離径以上の粗結晶と分離径以下の微結晶にふるい分ける。下の問①～⑤に答えよ。解答に必要な記号は、すべて図中に与えてある。ただし、食塩結晶の純度は 100% であるものと仮定する。

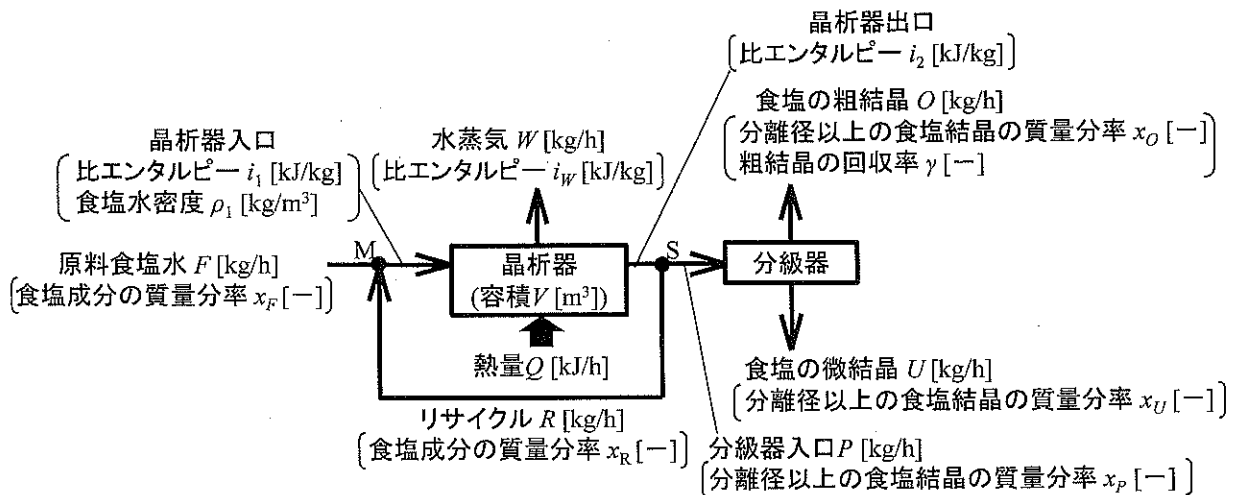


図 I 食塩の粗結晶を生産する工程の流れ図

- ① 晶析器周りにおける食塩成分の物質収支式を図中の記号で表せ。ただし、解答には  $P$  を用いること。
- ② 晶析器周りにおける熱収支式を図中の記号で表せ。ただし、解答には  $P$  を用いること。また、結晶化に伴う発熱量は無視できるものとする。
- ③ 晶析器の空間時間を図中の記号で表せ。
- ④ 分級器周りにおける分離径以上の結晶の収支式を図中の記号で表せ。
- ⑤ 粗結晶の回収率（注 2） $\gamma$  を  $x_o, x_p, x_U$  で表せ。導出過程も記すこと。

（注 1） 晶析器で得られた懸濁液から結晶を取り除いた後に残る溶液

（注 2） 分級器入口の結晶に含まれる分離径以上の結晶質量に対する粗結晶に含まれる分離径以上の結晶質量の比

専門科目（化学工学）

(3/7頁)

[II] 次の反応式 (II-1) および (II-2) で表される液相並列反応について、下の問①～⑤に答えよ。ただし、記号は下のとおりであり、また、反応に伴う体積変化はないものとする。



$a$ : 図 II-1 の直線の傾き [1/s]

$C_{A0}$ : 成分 A の入口濃度 [mol/m<sup>3</sup>]

$C_R$ : 成分 R の濃度 [mol/m<sup>3</sup>]

$k_1$ : 式 (II-1) の反応速度定数 [1/s]

$r_1$ : 式 (II-1) の反応速度 [mol/(m<sup>3</sup>·s)]

$r_A$ : 成分 A の反応速度 [mol/(m<sup>3</sup>·s)]

$r_S$ : 成分 S の反応速度 [mol/(m<sup>3</sup>·s)]

$t$ : 反応時間 [s]

$b$ : 図 II-2 の直線の傾き [-]

$C_A$ : 成分 A の濃度 [mol/m<sup>3</sup>]

$C_S$ : 成分 S の濃度 [mol/m<sup>3</sup>]

$k_2$ : 式 (II-2) の反応速度定数 [1/s]

$r_2$ : 式 (II-2) の反応速度 [mol/(m<sup>3</sup>·s)]

$r_R$ : 成分 R の反応速度 [mol/(m<sup>3</sup>·s)]

$S_{AR}$ : 成分 R の選択率 [-]

$\tau$ : 空間時間 [s]

①成分 A の反応速度  $r_A$  を  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $C_A$  を用いて表せ。導出過程も示せ。

②この反応の反応温度を高くしたところ生成速度の比  $r_R/r_S$  が大きくなった。式 (II-1) および (II-2) の反応のうち、活性化エネルギーがより大きい反応はどちらか、式の番号で答えよ。

③回分反応器に成分 A のみを入れて一定温度でこの反応を行い、反応器内の各成分の濃度の経時変化を測定した。その結果を図 II-1 および II-2 のように整理した。反応速度定数  $k_1$  および  $k_2$  をそれぞれ  $a$ ,  $b$  を用いて表せ。導出過程も示せ。

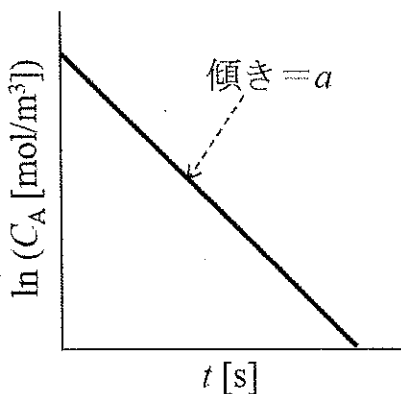


図 II-1

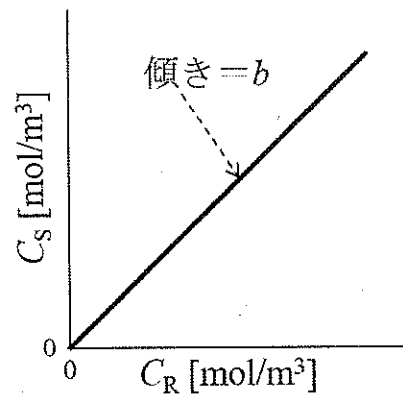


図 II-2

④完全混合流れ反応器の入口に濃度  $C_{A0}$  で成分 A のみを入れ、一定温度でこの反応を行った。成分 A の相対濃度  $C_A/C_{A0}$  を  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $\tau$  を用いて表せ。導出過程も示せ。

⑤問④において、成分 R の選択率  $S_{AR}$  を  $k_1$ ,  $k_2$  を用いて表せ。導出過程も示せ。

専門科目（化学工学）

（4 / 7 頁）

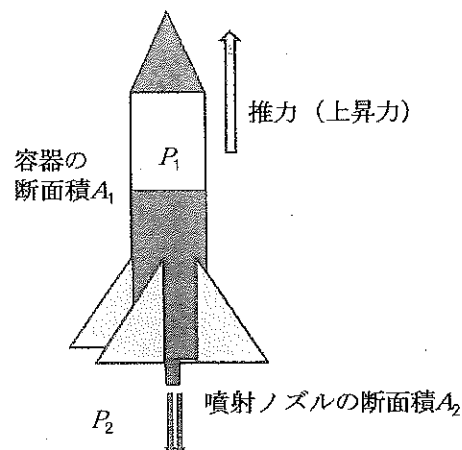
[Ⅲ] 次の問（1）および（2）に答えよ。

（1） 内径20 mmの管Aと内径40 mmの管Bをつないで、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高いところに輸送する。流体は低い位置にある管Aに流速 $0.4 \text{ m/s}$ で流入し、高いところにある管Bから流出する。流体の粘度が $0.01 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ であるとき、次の問①～③に答えよ。

- ① 流体の質量流量を求めよ。
- ② 管Bでの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に流体が流入するときの静圧は $50 \text{ kPa}$ （ゲージ圧）で、管Bから流体が出る時の静圧は $1000 \text{ Pa}$ （ゲージ圧）であった。流体が管Aに流入する高さと同様に管Bから流出する高さの差を求めよ。ただし、全配管に対してエネルギー損失は無視できると仮定する。

（2） 図Ⅲで示すように、容器内の圧力により、水を噴射して発射される円筒型ペットボトルロケットに対して次の問①および②に答えよ。ただし、容器内の圧力  $P_1$  は $301 \text{ kPa}$ 、大気圧  $P_2$  は $101 \text{ kPa}$ 、円筒型噴射ノズル断面積  $A_2$  は $0.0002 \text{ m}^2$ 、水の密度  $\rho$  は $1000 \text{ kg/m}^3$ である。ただし、容器の断面積  $A_1$  は噴射ノズル断面積  $A_2$  より十分に広い面積であり、水の高さによる圧力は無視できると仮定する。また、流体のエネルギー損失も無視できると仮定する。

- ① ペットボトルロケットを発射した直後、すなわち、容器内の圧力  $P_1$  が $301 \text{ kPa}$ である時、噴射ノズルでの水噴出速度を求めよ。
- ② 問①の噴出速度で得られる推力（上昇力）を求めよ。



図Ⅲ

一般入試

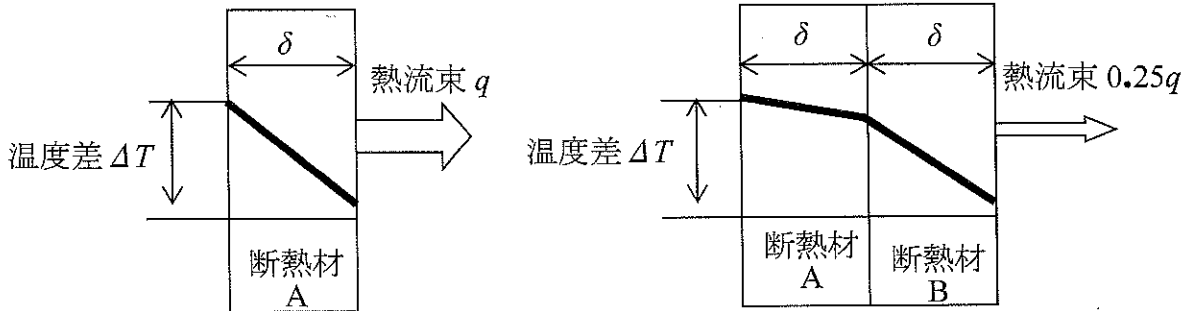
材料生産システム専攻  
 素材生産科学（化学工学系）  
 B4

専門科目（化学工学）

(5/7頁)

[IV]次の問(1)および(2)に答えよ。

(1)2種類の平板状断熱材A,Bがあり、厚さはいずれも $\delta$  [m]である。熱伝導度はそれぞれ $\lambda_A, \lambda_B$  [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]である。図IV-1に示すように、断熱材Aを1枚用いた場合で両面の温度差を $\Delta T$  [K]としたとき、定常状態での熱流束は $q$  [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ]であった。図IV-2に示すように断熱材AとBを1枚ずつ重ねて密着させた場合では、この2重の断熱材の両面が同じ温度差 $\Delta T$ になったときの定常状態での熱流束は $0.25q$  [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ]であった。 $\frac{\lambda_A}{\lambda_B}$ の値を求めよ。熱伝導度は温度に依存せず、一定であるとする。



図IV-1 断熱材Aのみを用いた場合の  
断熱材内の温度分布の模式図

図IV-2 断熱材AとBを重ねて用いた場合の  
断熱材内の温度分布の模式図

(2)直径 $d=1.00\times 10^{-3}$  mの球が速度 $U=6.0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ で流れている流体中に置かれている。流体の物性値は、表IVに与えられている。この場合での、周囲流体から球表面への対流伝熱の伝熱係数 $h$  [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ]を求め、有効数字2桁で答えよ。ただし、ヌセルト数 $Nu$ はレイノルズ数 $Re$ とプラントル数 $Pr$ から、式(IV-1)のランツ・マーシャル式で与えられるものとする。

$$Nu = 2.0 + 0.60 Re^{1/2} Pr^{1/3} \quad (\text{IV-1})$$

レイノルズ数とヌセルト数に用いる代表長さは、いずれも球の直径である。 $729=9^3$ である。

表IV 流体の物性値

密度 $\rho$	粘度 $\mu$	熱伝導度 $\lambda$	プラントル数 $Pr$
$1.20\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$	$1.80\times 10^{-5}\text{ Pa}\cdot\text{s}$	$2.50\times 10^{-2}\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	0.729

専門科目（化学工学）

（6 / 7 頁）

[V] 次の問（1）および（2）に答えよ。

（1）水平流型重力沈降槽について、問①～④に答えよ。ただし、沈降槽内の流れは理想的水平流とする。また、沈降槽内で粒子は自由沈降し、その速度はストークスの法則に従うと仮定する。

- ① 自由沈降速度  $u_t$  を式で表せ。ただし、次の記号を用いること：粒子密度  $\rho_p$ ，粒子径  $D_p$ ，流体密度  $\rho$ ，流体粘度  $\mu$ ，重力加速度  $g$
- ② 分離限界粒子の沈降速度  $u_{tc}$  と沈降槽の底面積  $A$ ，沈降槽に流入する懸濁液の体積流量  $Q$  の関係を式で表せ。
- ③ 部分分級効率と粒子径の関係を図に示せ。
- ④ 沈降槽の形状（高さ，幅，長さ）と懸濁液の体積流量  $Q$  を変えずに分離限界粒子径を小さくする方策を説明せよ。

（2）次の問①～③に答えよ。

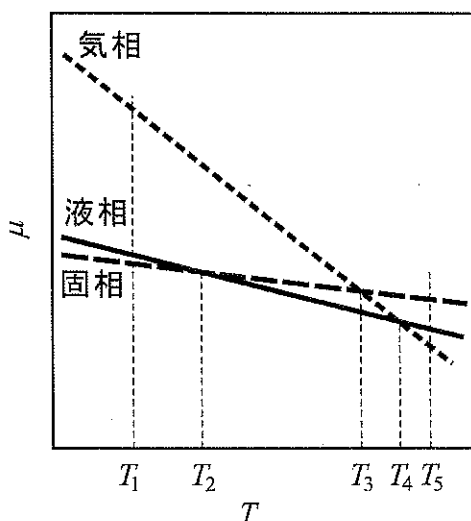
- ① フラッシュ蒸留の操作線を式で示せ。ただし、次の記号を用いること：原料モル流量  $F$ ，原料中の低沸点成分モル分率  $x_F$ ，留出液モル流量  $D$ ，留出液の低沸点成分モル分率  $y_D$ ，缶出液モル流量  $W$ ，缶出液の低沸点成分モル分率  $x_W$
- ② ガス吸収操作で液境膜抵抗支配の場合，ガスを分散相にする方法と連続相にする方法とどちらがガス吸収に有利か答えよ。また，その理由を説明せよ。
- ③ 並流型熱風乾燥操作の利点と欠点を説明せよ。

専門科目（化学工学）

(7/7頁)

[VI] 次の問(1)および(2)に答えよ。ただし、記号はこの問題用紙に与えられているもののみ使用できる。

(1) 図VIは、ある物質の一定圧力下における各相の化学ポテンシャル $\mu$ と温度 $T$ の関係を示す。下の問①～③に答えよ。ただし、系は閉鎖系で、化学変化は起こらず、非膨張仕事をしないものとする。



図VI

① この場合の $\mu$ の変化は式(VI-1)で表される。ここで、 $V_m$ はモル体積、 $p$ は圧力、 $S_m$ はモルエントロピーである。グラフの傾きが表す物理量を導け。

$$d\mu = V_m dp - S_m dT \quad (\text{VI-1})$$

② 温度 $T_1$ において最も安定に存在する相はどれか。その理由も説明せよ。

③ 温度を $T_1$ から上げていくとき、温度 $T_5$ までの間に起こる相変化について説明せよ。

(2) ある気体のモル定圧熱容量 $C_{p,m}$ が式(VI-2)で表されるものとする。ここで、 $a$ と $b$ は温度 $T$ によらない定数である。物質質量 $n$ のこの気体を圧力一定の下で温度 $T_L$ から $T_H$ に上げる過程におけるエントロピー変化 $\Delta S$ を $a$ および $b$ を用いて表せ。導出の過程も示せ。

$$C_{p,m} = a + bT \quad (\text{VI-2})$$