

平成30年度第2次募集  
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，各解答用紙と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]

食塩製造工程の流れ図を図 I に示す。原料食塩水を晶析器で蒸発濃縮して食塩結晶を製造している。点 S で食塩結晶を完全に分離した食塩水はリサイクルして点 M で原料食塩水と混合している。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食塩に対して与えてある。また、得られる食塩結晶の純度は 100% であるとする。

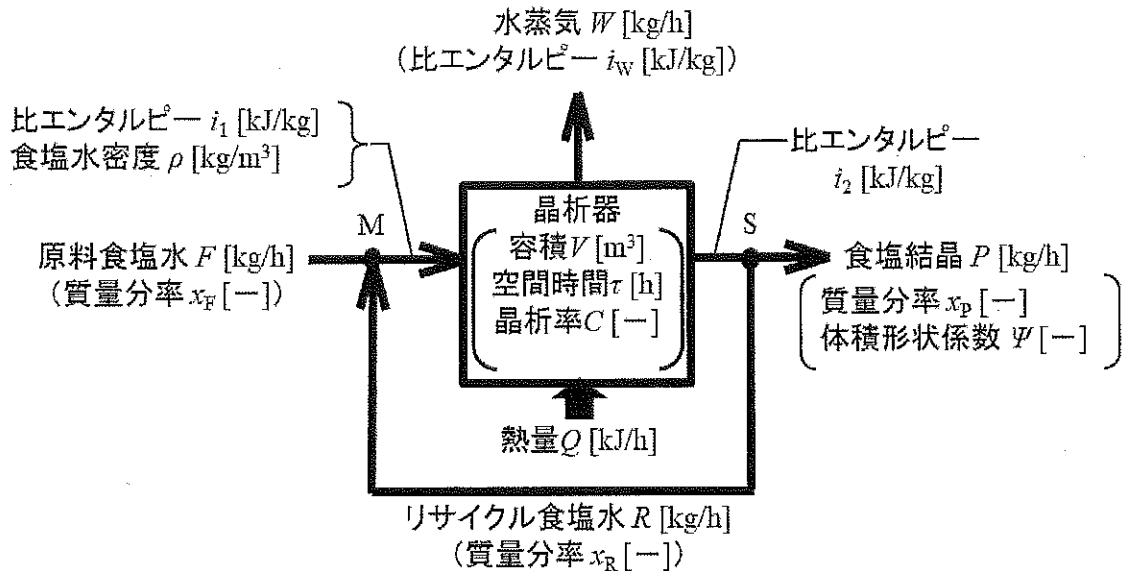


図 I 食塩製造工程の流れ図

- ① 水蒸気の流量  $W$  を  $F$  と  $x_F$  を用いて表せ。
- ② 晶析率 (注 1)  $C$  を  $F$ ,  $R$ ,  $x_F$ ,  $x_R$  を用いて表せ。
- ③ リサイクル比  $R/F$  を  $C$ ,  $x_F$ ,  $x_R$  を用いて表せ。
- ④ 晶析器の空間時間  $\tau$  を図中の記号を用いて表せ。
- ⑤ 晶析器に導入される熱量  $Q$  を図中の記号を用いて表せ。ただし、結晶化に伴う発熱量は無視できるものとする。
- ⑥ 食塩結晶の形状が立方体であるときの体積形状係数  $\psi$  を求めよ。

(注 1) 晶析前の食塩水に含まれる食塩の質量に対する晶析後の結晶に含まれる食塩の質量の比

[II.反応工学]

次の問(1)~(3)に答えよ。

(1)流通反応器で非理想流れを表現するモデルを二つ挙げ、それぞれの名称を答えよ。また、それぞれのモデルの特徴を簡潔に説明せよ。

(2)反応式  $A \rightarrow R$  の液相反応 ( $-r_A = 1.0 \times 10^{-2} C_A$ ) を図 II-1 のような完全混合流れ反応器で行う。流量は  $5.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ 、反応器入口での成分 A の濃度は  $2.0 \text{ kmol}/\text{m}^3$ 、成分 R は  $0 \text{ kmol}/\text{m}^3$  である。反応器出口での成分 A の反応率を 0.80 にするために必要な反応器の体積  $V [\text{m}^3]$  を求めよ。計算過程も示せ。ただし、 $r_A [\text{kmol}/(\text{m}^3 \cdot \text{s})]$  は成分 A の反応速度、 $C_A [\text{kmol}/\text{m}^3]$  は成分 A の濃度である。また、反応温度は一定で、かつ、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。

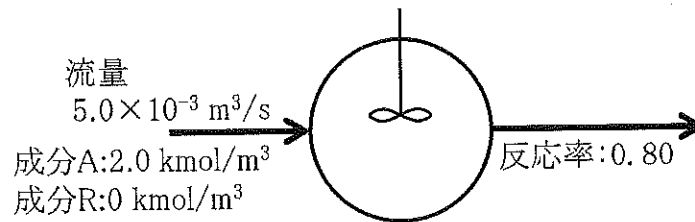


図 II-1 完全混合流れ反応器の模式図

(3)体積  $2.0 \text{ m}^3$  の押し出し流れ反応器 (反応器 1)、体積  $4.0 \text{ m}^3$  の完全混合流れ反応器 (反応器 2)、体積  $1.0 \text{ m}^3$  の押し出し流れ反応器 (反応器 3) を、図 II-2 のように接続した流通反応器がある。流量が  $1.0 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$  のときの滞留時間分布関数  $E(t)$  の概略図を描け。また、 $E(t)$  が最大となるときの時間と  $E(t)$  の最大値を求めよ。ただし、流体の体積変化はなく、図 II-2 の矢印部の体積は無視できるものとする。

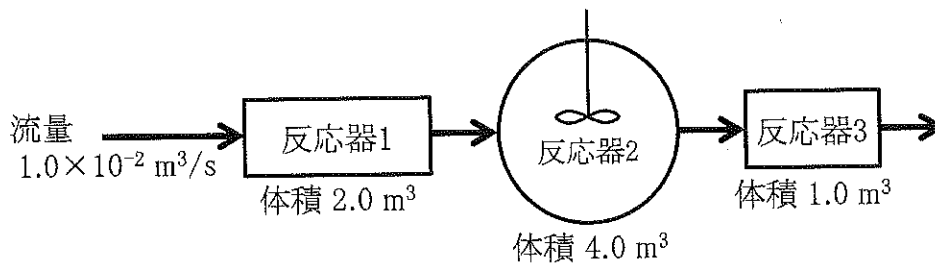


図 II-2 流通反応器の模式図

### [Ⅲ. 単位操作]

次の問(1)～(3)に答えよ。

(1) ストークス域における重力沈降による球状粒子の分離に関して、次の問①～③に答えよ。

- ① 粒子径  $D_p$  [m], 密度  $\rho_p$  [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]の単一粒子が密度  $\rho$  [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ], 粘度  $\mu$  [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ]の流体中を重力により沈降する場合の終末沈降速度  $u_t$  [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]を与えられた記号を用いて表せ。ただし、重力加速度を  $g$  [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ]とする。
- ② 水平流型重力沈降槽 (幅  $B$  [m], 高さ  $H$  [m], 長さ  $L$  [m]) に体積流量  $Q$  [ $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ]で粒子径  $D_p$  [m], 密度  $\rho_p$  [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]の粒子を含む密度  $\rho$  [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ], 粘度  $\mu$  [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ]の流体中が流入する場合、分離限界粒子径  $D_{p,\text{min}}$ を適切な記号を用いて表せ。ただし、沈降槽内の流体の流れは理想的水平流であると仮定する。
- ③ 粒子濃度が高く粒子の沈降速度がストークスの法則に従わない場合には、どのような補正が必要になるか説明せよ。

(2) 段塔を用いた精留操作に関して、次の問①～③に答えよ

- ① 段数が無限大となる条件を説明せよ。
- ② 段数が最小となる条件を説明せよ。
- ③ 精留塔の設備費および運転費に及ぼす還流比の影響を説明せよ。

(3) 充填塔によるガス吸収操作に関して、次の問①～③に答えよ。

- ① 充填塔は液分散型ガス吸収装置である。液分散型装置が好ましいのは、易溶性ガスの吸収か難溶性ガスの吸収のどちらか、理由をあげて答えよ。
- ② 充填塔の所要高さは HTU と NTU の積で表される。HTU と NTU を説明せよ。
- ③ ローディングとフラッディングについて説明せよ。

[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、垂直に立っている固定平板の表面を液が重力によって流れている。液は非圧縮性、ニュートン流体 (Newtonian Fluid) である。液の流れ方向を  $x$  方向、液膜の厚みを  $B$  [m]、厚み方向 (液面から固定平板へ) を  $y$  方向とする。ただし、固定平板と液との間は滑りが無く、液と大気との流動抵抗は無視出来ると仮定する。また、固定平板は十分に広く、液の流れは層流である。下の問①～③に答えよ。必要であれば、以下の記号を用いてもよい。

せん断応力:  $\tau$  [Pa], 粘性係数:  $\mu$  [Pa · s], 密度:  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>], 重力加速度:  $g$  [m/s<sup>2</sup>], 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]

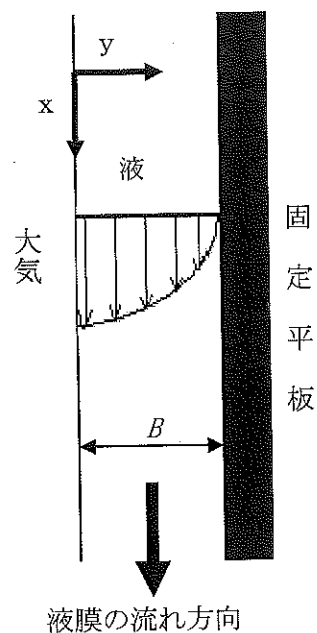


図 重力による濡れ壁流れ

- ① 層流と乱流の特徴を簡潔に記述せよ。
- ② ニュートンの粘性法則の式を書け。
- ③ 定常状態のとき、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。

- (2) 液体Aと気体Bの間に熱伝導度  $k$  [W/(m · K)], 厚さ  $\delta$  [m] の平板を断熱のために設置した。この平板を介して液体Aから気体Bへ熱が移動している。液体Aと平板の間の伝熱係数  $h_A$  は  $50 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ , 平板と気体Bの間の伝熱係数  $h_B$  は  $10 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ , 熱伝導度  $k$  は  $1.0 \times 10^{-2} \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$  である。また、平板面積  $S$  は  $100 \text{ m}^2$ , 厚さ  $\delta$  は  $3.8 \times 10^{-3} \text{ m}$  である。次の問①および②に答えよ。

- ① 液体Aと気体Bの間の総括伝熱係数  $G$  [W/(m<sup>2</sup> · K)] を求めよ。
- ② 液体Aの温度が  $700 \text{ K}$ , 気体Bの温度が  $300 \text{ K}$  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。