

平成29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）（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。

平成29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

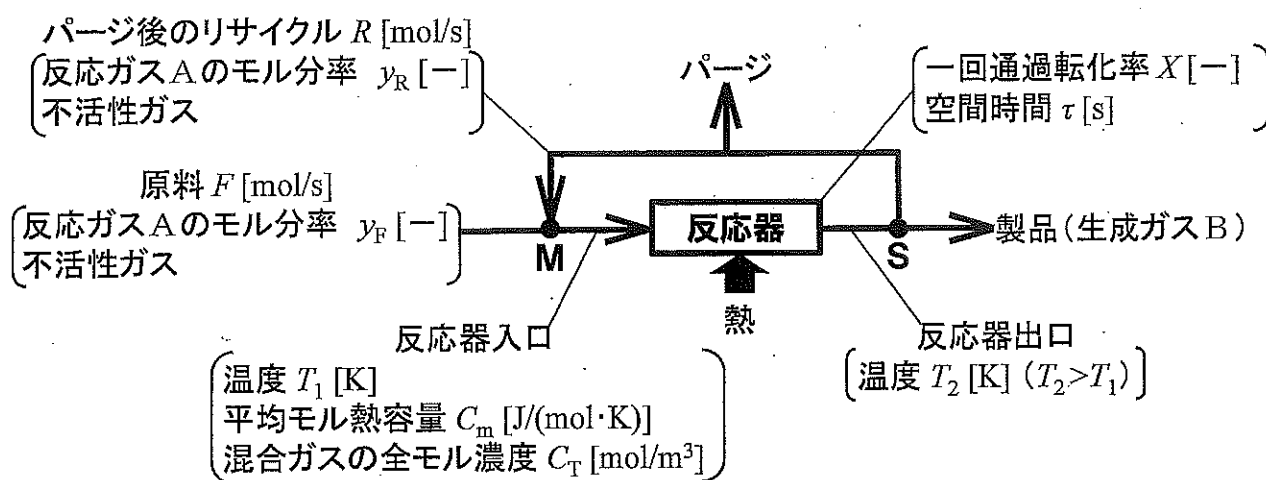
材料生産システム専攻
素材生産科学（化学工学系）

B4-

専門科目（化学工学）

(2/7頁)

[I] ある反応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一回通過転化率 X で反応させている。このときの反応式は、 $A \rightarrow B$ で表される。反応器出口の混合ガスと生成ガスBは、点Sで完全に分離される。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、リサイクルして点Mで原料と混合している。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。なお、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 C_m 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。



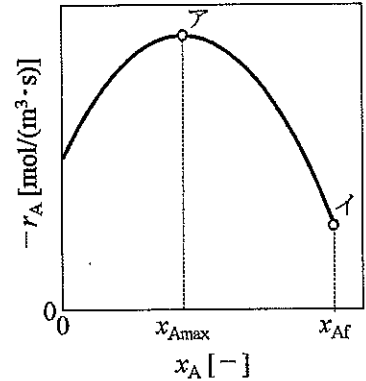
図I ある反応プロセスの流れ図

- ① リサイクル操作を行う理由を答えよ。
- ② 反応器に与えるべき単位時間あたりの熱量[J/s]を図中の記号で表せ。
- ③ 反応器出口における未反応のAの物質流量[mol/s]を図中の記号で表せ。
- ④ 反応器入口における混合ガスの体積流量[m³/s]を図中の記号で表せ。
- ⑤ 反応器の容積[m³]を図中の記号で表せ。

専門科目(化学工学)

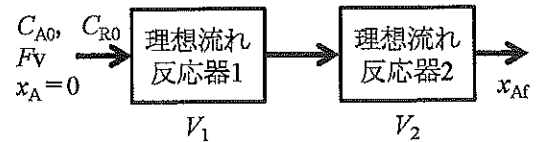
(3/7頁)

[II] 反応式 $A \rightarrow R$ で表される液相系自触媒反応を回分反応器で行い、成分 A の反応速度を求めた。その結果を図 II-1 に示す。このとき、成分 A および成分 R の初期濃度はそれぞれ C_{A0} [mol/m³] および C_{R0} [mol/m³] であった。



図II-1 回分反応の結果

この反応を流通式で行うために、図 II-1 の回分反応の結果をもとに流通反応器の設計を行う。設計する流通反応器は、図 II-2 のような体積 V_1 [m³] の理想流れ反応器 1 と体積 V_2 [m³] の理想流れ反応器 2 を直列に接続した反応器である。理想流れ反応器 1 の入口濃度は C_{A0} および C_{R0} であり、成分 A の反応率 $x_A=0$ ~ x_{Af} まで反応を行うこととする。反応流体の体積流量は F_V [m³/s] である。



図II-2 設計する流通反応器の模式図

下の問①~③に答えよ。ただし、記号は以下の通りであり、反応に伴う体積変化および図 II-2 の矢印内での反応は無視できるものとする。

- C_A : 成分 A の濃度 [mol/m³]
- C_R : 成分 R の濃度 [mol/m³]
- $E(t)$: 滞留時間分布関数 [1/s]
- k : 反応速度定数 [m³/(mol·s)]
- r_A : 成分 A の反応速度 [mol/(m³·s)]
- x_A : 成分 A の反応率 [-]
- x_{Amax} : 図 II-1 中の点アにおける成分 A の反応率 ($-r_A$ が最大) [-]
- x_{Af} : 図 II-1 中の点イにおける成分 A の反応率 [-]

- ① この反応の反応速度が $-r_A = k C_A C_R$ で表されるとき、図 II-1 の x_{Amax} を C_{A0} および C_{R0} を用いて表せ。
- ② 図 II-2 の $V_1 + V_2$ を最も小さくするためには、理想流れ反応器 1 および 2 として何を用いればよいか、理想流れ反応器の名称をそれぞれ答えよ。理由も述べよ。
- ③ ② の 2 台の理想流れ反応器を連結した流通反応器の滞留時間分布関数 $E(t)$ の概略図を描け。また、その特徴を説明せよ。

平成29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）

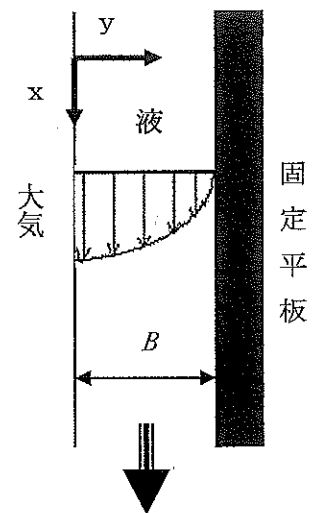
（4/7頁）

〔Ⅲ〕

下の図で示すように、大気の中で、垂直に立っている固定平板の表面を液が重力によって定常状態で流れている。流れは層流であり、液は非圧縮性、ニュートン流体である。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 方向とすると、以下の問①～④に答えよ。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、固定平板は横と縦の幅が十分に広い。必要であれば上記以外に、以下の記号及び定義を用いてもよい。

せん断応力: τ_{yx} [Pa, N/m²]、粘性係数: μ [Pa·s]、密度: ρ [kg/m³]、重力加速度: g [m/s²]、時間: t [s]、 x 方向の流速: 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]

- ① ニュートン流体の特徴をせん断応力と速度勾配を用いて簡潔に説明せよ。
- ② 液面からの距離 y [m] における x 方向の流速 u [m/s] を求める微分方程式を運動量収支から導け。
- ③ x 方向の最大流速 u [m/s] を求めよ。
- ④ 横の幅 Z は3 m、液膜の厚み B は4 mm、粘性係数 μ は0.1 Pa·s、密度 ρ は1000 kg/m³、重力加速度 g は9.8 m/s² の条件における液の質量流量 M [kg/s] を求めよ。



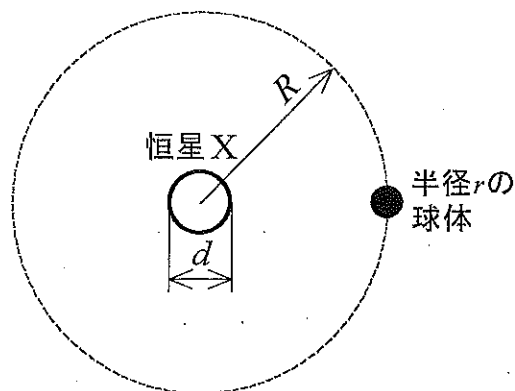
平成29年度第2次募集
新潟大学大学院自然科学研究科博士前期課程入学者選抜試験問題
一般入試

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）

(5/7頁)

[IV] 図IVは直径が d [m] である球形の恒星 X と、そこから真空を隔てて恒星 X の中心から距離 R [m] 離れた面(球面)とそこにある半径 r [m] の球体を表す模式図である。真空中では、熱は熱放射で伝わる。熱力学温度 T [K] の物体表面から単位面積あたり単位時間に放射される熱 q [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$] は、式(IV-1)で与えられる。



図IV 恒星 X と恒星中心から距離 R 離れたところにある球体

$$q = \varepsilon \sigma T^4 \quad (\text{IV}\cdot 1)$$

ここで、 ε は物体表面の放射率、 σ は Stefan-Boltzmann 定数である。 R は d と r のいずれよりも十分大きい。次の問①および②に答えよ。

①恒星 X からの熱放射は、すべての方向に向かって均等に放射されるものとし、恒星 X の表面の熱力学温度が T [K] のとき、X の中心から距離 R 離れた面に、単位面積、単位時間あたりに到達する放射熱 p [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$] を ε 、 σ 、 T 、 R 、 d を用いて表せ。

②恒星 X の中心から距離 R 離れたところにある半径 r の球体表面が完全黒体であるとする。次の仮定のもとで、定常状態でのこの球体の熱力学温度 θ [K] を p を用いて表せ。

仮定：球体内部に熱源はなく、球体の温度は恒星 X から受ける放射熱と、球体表面から周囲空間に放射される熱のバランスで決まる。恒星 X から来る放射は、平行光線として球体に到達する。周囲空間から球体に与えられる熱は無視できる。また、球体表面から周囲空間に放射される熱のうち恒星 X に到達する熱の割合は無視できるほど小さい。球体の温度は一様である。

平成29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)

(6/7頁)

[V] 次の問(1)および(2)に答えよ。

(1) 攪拌について、問①～④に答えよ。記号は下記の記号群の中から用いること。

- ① 攪拌に関するレイノルズ数 Re 、動力数 N_p を式で表せ。
- ② 攪拌槽に邪魔板を設置する目的を説明せよ。
- ③ 邪魔板付き攪拌槽で6枚平羽根タービン翼を用いた場合について、動力数とレイノルズ数の関係を図示し、層流域、遷移域、乱流域の範囲をレイノルズ数の値を用いて説明せよ。ただし、図の軸は横軸、縦軸とも対数目盛とする。
- ④ 固体粒子を懸濁させる場合について、「完全浮遊化状態」を説明せよ。

記号群：

槽径 D_T [m]、液深 H [m]、攪拌翼径 d [m]、攪拌速度 n [s^{-1}]、攪拌動力 P [$kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$]、
重力加速度 g [$m \cdot s^{-2}$]、遠心加速度 g_C [$m \cdot s^{-2}$]、流体密度 ρ [$kg \cdot m^{-3}$]、粒子密度 ρ_p [$kg \cdot m^{-3}$]、
流体粘度 μ [$kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$]

(2) 増湿について、問①～③に答えよ。ただし、温度の単位は $^{\circ}C$ 、絶対質量湿度の単位は $[kg\text{-水}/kg\text{-乾き空気}]$ とする。

- ① 湿度図表から湿球温度 t_w と乾球温度 t の湿り空気の絶対質量湿度 H と露点 t_d を求める方法を、必要な図を描いて説明せよ。
- ② 温度 t_a 、絶対質量湿度 H_a の湿り空気を温度 $t_d (>t_a)$ 、絶対質量湿度 $H_d (>H_a)$ に増湿する。増湿を断熱的に行う場合、湿り空気の温度と絶対質量湿度がどのように変化するか、必要な図を描いて説明せよ。
- ③ 断熱増湿操作において、増湿効率を低く設定する場合の利点と欠点を説明せよ。

平成29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

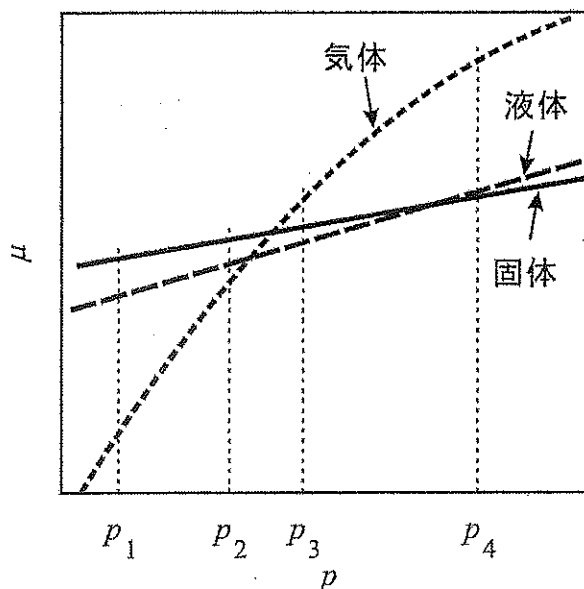
専門科目（化学工学）（7/7頁）

[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。気体定数は R とする。気体は理想気体とみなす。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。

(1) 次の図は、ある物質の温度 T 一定における化学ポテンシャル μ と圧力 p の関係を示す。下の問①～③に答えよ。ただし、 μ の変化は式(VI-1)で表される。

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

ここで、 V_m はモル体積、 S_m はモルエントロピーである。



- ① 圧力による化学ポテンシャルの変化は、気体においては曲線的であるのに対して、液体と固体においては直線的である理由を説明せよ。
- ② 圧力を p_1 から p_2 まで上げる過程における化学ポテンシャル変化 $\Delta\mu$ を適切な記号を用いて表せ。
- ③ 圧力を p_3 から p_4 まで上げる過程で起こる相変化について説明せよ。

(2) 式(VI-2)は熱力学第一法則の数学的表現である。ここで、 U : 内部エネルギー、 q : 熱、 w : 仕事である。それぞれの符号は系のエネルギーが増大する方向を正と定める。気体の定圧熱容量 C_p が定容熱容量 C_v よりも大きい理由をこの式に基づいて説明せよ。

$$\Delta U = q + w \quad (\text{VI-2})$$