

平成31年度第1次募集（平成30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
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、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]

多量の水分を含む湿り固体を原料として、設定した含水率まで減湿した製品を製造する。設定した含水率まで一段の乾燥操作で精度よく減湿させるのは難しかったので、一度設定より小さい含水率の中間製品とした後、設定した含水率まで増湿することにした。図 I にそのプロセスを示す。乾燥器では、遠赤外線によって加熱して水を蒸発させ、中間製品を得る。蒸発した水は凝縮水として排出する。中間製品は増湿器に送られ、乾燥器からの凝縮水の一部を加えて増湿する。図 I 中の F 、 D 、 P は、それぞれ原料、中間製品、製品の質量流量であり、 x は水の質量流量である。下の問①～⑥に答えよ。

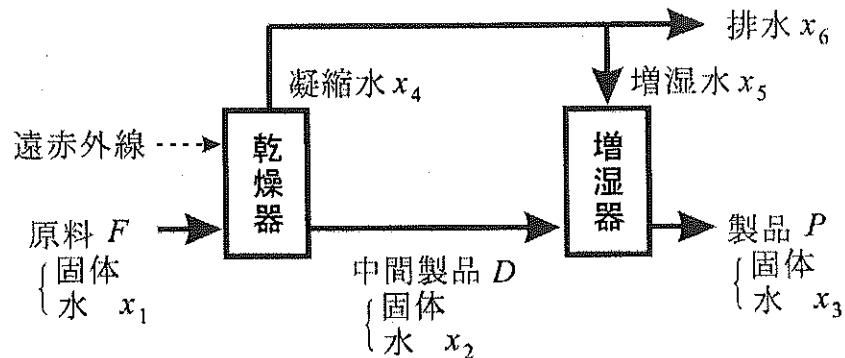


図 I 乾燥プロセスの流れ図

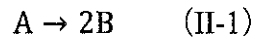
- ① プロセス全体の物質収支式を、図 I 中の記号を用いて表せ。
- ② プロセス全体の水の成分物質収支式を、図 I 中の記号を用いて表せ。
- ③ 乾燥器周りの水の成分物質収支式を、図 I 中の記号を用いて表せ。
- ④ 製品の乾量基準の含水率を、図 I 中の記号を用いて表せ。
- ⑤ 原料の質量流量は $F = 100 \text{ kg/h}$ 、含水率は湿量基準で 80% である。乾燥器においては、原料に含まれる水の 0.12% が中間製品に残るまで乾燥させる。製品の乾量基準の含水率が 10% に設定されるとき、製品の質量流量 P を求めよ。計算の過程も示せ。
- ⑥ 加熱方式として、遠赤外線の代わりに熱風を採用することを考える。初期の乾燥速度を大きくできるのは、熱風を原料に対して向流あるいは並流のどちらで供給するときか。理由も答えよ。

[II. 反応工学]

次の問(1)および(2)に答えよ。

(1)非理想流れを表現する槽列モデルを簡潔に説明せよ。

(2)量論式が式(II-1)で表される液相反応を回分反応器で行い、反応率 x_A と $C_{A0}/(-r_A)$ との関係求めた。



その結果を、図II-1に示す。このとき、反応温度 300 K、成分 A の初期濃度は $C_{A0}=1.0 \text{ kmol/m}^3$ 、成分 B の初期濃度は 0 kmol/m^3 であった。なお、成分 A の反応速度は $r_A [\text{kmol}/(\text{m}^3 \cdot \text{s})]$ であり、反応に伴う体積変化はなかった。

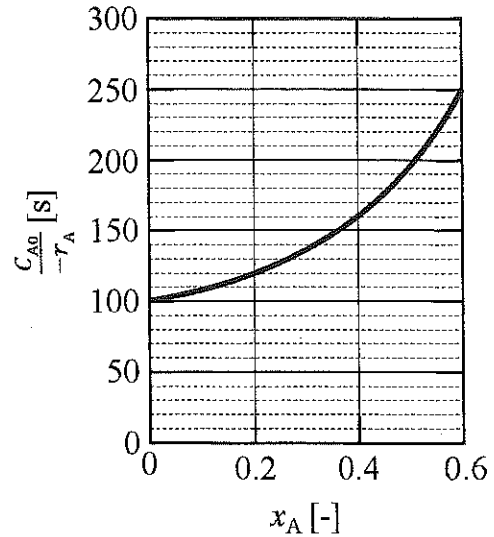


図 II-1 x_A と $C_{A0}/(-r_A)$ との関係

回分反応の結果をもとに、成分 B を $2.4 \times 10^{-3} \text{ kmol/s}$ で連続生産するための押し出し流れ反応器の設計を行う。次の問①および②に答えよ。ただし、運転は次に示した操作条件で行うものとする。

(操作条件)

反応温度：300 K

反応器入口の成分 A の濃度： 1.0 kmol/m^3

反応器入口の成分 B の濃度： 0 kmol/m^3

反応器出口の成分 A の反応率：0.60

- ①反応器入口に供給する液体の体積流量 $[\text{m}^3/\text{s}]$ を求めよ。計算の過程も示せ。
- ②押し出し流れ反応器の体積 $[\text{m}^3]$ のおおよその値を求めよ。計算の過程も示せ。

[III.単位操作]

次の問(1)および(2)に答えよ。

(1) 図 III は精留塔塔頂から n 段目の物質の流れを表した模式図である。塔頂で全縮器により蒸気を全て凝縮する。凝縮液の一部を還流液として塔へ戻し、残りは留出液として取り出す。 R, D, V, L は還流液, 留出液, 蒸気および流下液のモル流量を表しており, y, x はそれぞれの蒸気および液の低沸点成分のモル分率を表している。次の問①～③に答えよ。

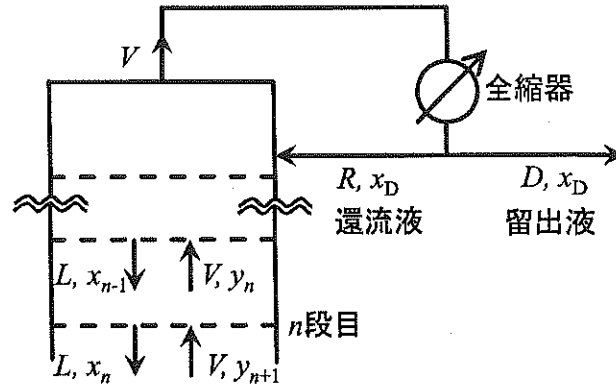


図 III. 精留塔塔頂から n 段目の模式図

- ① 還流比 r を図中の記号を用いて表せ。
- ② n 段目下から流入する蒸気の高沸点成分モル分率 y_{n+1} を r, x_n, x_D で表せ。導出の過程も示せ。
- ③ 製品となる留出液を多くするには還流比 r をどうするべきか, またそのとき必要な設備コストや操作コストはどのようになるか説明せよ。

(2) 水平流型沈降槽 (長さ L 30.0 m, 幅 W 10.0 m, 高さ H 3.0 m) を用いて, 希薄スラリー (粒子密度 3400 kg/m^3) を処理する。希薄スラリーはこの槽断面内を水平に一様な流速 (1.96 cm/min) で流動しているとする。次の問①～③に答えよ。

- ① 溢流量 Q_c を m^3/s 単位で求めよ。また, この沈降槽の沈降面積 A を m^2 単位で求めよ。
- ② 分離限界粒子径 x_{pc} を μm 単位で求めよ。ただし, 沈降速度はストークスの法則に従うとし, 液体粘度 $1.0 \text{ mPa}\cdot\text{s}$, 液体密度 1000 kg/m^3 , 重力加速度 9.8 m/s^2 とする。
- ③ $4.0 \mu\text{m}$ の粒子に対する捕集効率 E を % 単位で求めよ。

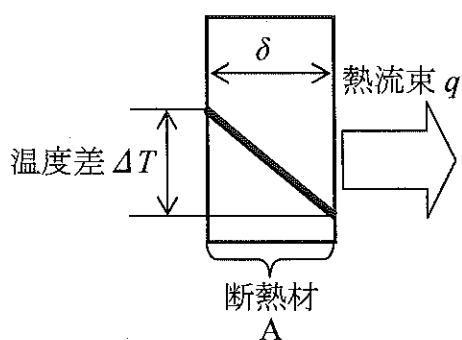
[IV. 移動現象]

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。解答にあたっては、導出の過程を簡潔に述べよ。

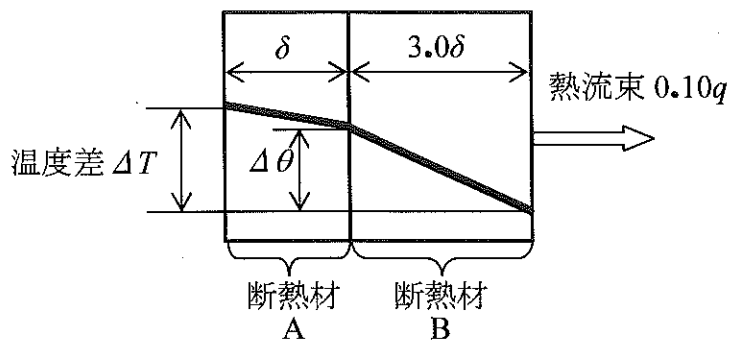
(1)平板状断熱材 A, B があり、それぞれの熱伝導度は λ_A, λ_B [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$] であり、温度に依存せず一定であるとする。断熱材 A の厚さは δ [m], 断熱材 B の厚さは断熱材 A の厚さの 3.0 倍である。断熱材内部の温度は断熱材厚さ方向にのみ変化し、それと鉛直な方向には一様であるものとする。図IV-1 に示すように、断熱材 A を 1 枚用いた場合で両面の温度差を ΔT [K] としたとき、定常状態での熱流束は q [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$] であった。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 重の断熱材の両面の温度差を同じ ΔT にしたときの定常状態での熱流束は $0.10q$ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$] となり、断熱材 B の両面間の温度差は $\Delta\theta$ [K] であった。次の問①および②に答えよ。

① $\frac{\Delta\theta}{\Delta T}$ の値を有効数字 2 桁で求めよ。

② $\frac{\lambda_A}{\lambda_B}$ の値を有効数字 2 桁で求めよ。



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
(図中の太線は温度を表す。)



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
(図中の太線は温度を表す。)

(2)半径 R [m] の円管内を流体が層流で定常的に流れている場合を考える。円管中心における流体の流れ方向の速度を U_{\max} [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$] とする。圧力損失 ΔP [Pa] と管の長さ L [m] の比である $\Delta P/L$ [$\text{Pa}\cdot\text{m}^{-1}$] を、 U_{\max} と R 、および流体の粘度(粘性係数) μ [$\text{Pa}\cdot\text{s}$] を用いて表せ。