

2017 年度化学工学技士試験問題

第一部試験 11:00~12:30

問題 1 次の文中の空欄にあてはまる適切な答えを，それぞれ解答用紙の該当欄に記入しなさい。

~ にはあてはまる最も適切な答えを候補群から選びその番号を， には図を， には文章を記入すること。（配点 20 点）

内半径 R ，長さが L の円管内を $25\text{ }^\circ\text{C}$ の水が流量 Q で流れている。流れは定常で，完全発達しており，入口圧力は P_0 ，出口圧力は P_L である。円管に対して図 1-1 のように円筒座標を設定し，入口からの軸方向距離を z ，中心軸からの半径方向距離を r とすると，水の線速 u およびせん断応力 τ は z に依存せず， r の関数となる。なお， $25\text{ }^\circ\text{C}$ における水の粘度 μ を $0.89\text{ mPa}\cdot\text{s}$ ，密度 ρ を $1.00\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ とする。

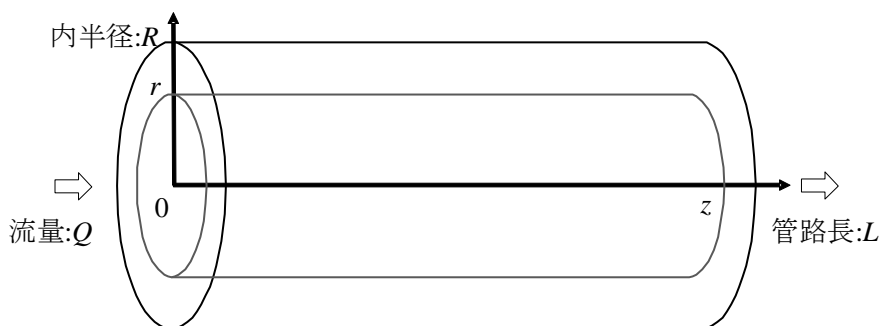


図 1-1

1) $Q = 1.00\text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$ ， $R = 0.125\text{ mm}$ のとき，断面平均速度 \bar{u} を用いて，円管内流れのレイノルズ数 Re は と求まる。したがって流れは となる。

2) 次に管内の半径 r ，長さ L の円筒領域を考える。半径 r におけるせん断応力 τ は式(1)で定義される。

$$\tau = \mu \frac{du}{dr} \quad (1)$$

この円筒領域にかかる力のつり合いの式を r ， L ， P_0 ， P_L ， τ を用いて表すと，式(2)が導かれる。

$$\tau = \text{c} \quad (2)$$

両式を連立して得られる微分方程式を積分すると管内の速度分布は式(3)のように求まる。

$$u = \text{d} \quad (3)$$

したがって，管内の速度分布は管の中心速度 u_{\max} を用いて式(4)で表される。

$$\frac{u}{u_{\max}} = 1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2 \quad (4)$$

3) また式(4)から断面平均速度 \bar{u} を求めると，式(5)が成り立つ。

$$u_{\max} = \text{e} \times \bar{u} \quad (5)$$

4) このときの速度分布の概略を，解答用紙 の図中に実線で描きなさい。

5) Q が 10^6 倍に, R が 10^3 倍になったときの速度分布の概略を, 解答用紙 f の図中に点線で描き加え, 3)と 5)の速度分布の違いについて簡潔に説明しなさい. ただし文章は解答欄 g に記入すること.

[候補群]

- | | | | | | |
|---|--|---|--|--------------------------------|----------------------------------|
| a | (1) 0.48 | (2) 4.8 | (3) 9.6 | (4) 48 | (5) 96 |
| b | (1) 乱流 | (2) 気液二相流 | (3) クエット流 | (4) 層流 | (5) すべり流 |
| c | (1) $-\frac{P_0 - P_L}{L} r$ | (2) $-\frac{P_0 - P_L}{2L} r$ | (3) $-\frac{P_0 - P_L}{4L} r$ | (4) $-\frac{P_0 - P_L}{L} r^2$ | (5) $-\frac{P_0 - P_L}{L^2} r^2$ |
| d | (1) $\frac{(P_0 - P_L)}{L\mu}(R^2 - r^2)$ | (2) $\frac{(P_0 - P_L)}{2L\mu}(R^2 - r^2)$ | (3) $\frac{(P_0 - P_L)}{4L\mu}(R^2 - r^2)$ | | |
| | (4) $\frac{(P_0 - P_L)}{8L\mu}(R^2 - r^2)$ | (5) $\frac{(P_0 - P_L)}{16L\mu}(R^2 - r^2)$ | | | |
| e | (1) $\frac{3}{2}$ | (2) $\sqrt{3}$ | (3) 2 | (4) 3 | (5) 4 |

問題 2 次の文中の空欄にあてはまる最も適切な答えを候補群から選び、その番号を解答用紙の該当欄に記入しなさい。(配点 20 点)

一様流中に直交して置かれた円柱の平均熱伝達係数は、次式によって計算できる。

$$Nu_D = (0.35 + 0.47Re_D^{0.52})Pr^{0.3} \quad (0.1 < Re_D < 1000) \quad (1)$$

ここで、 Nu_D および Re_D は長さとして円柱直径 D を用いたときの Nusselt 数および Reynolds 数、 Pr は Prandtl 数である。

円柱は直径 $D = 0.5 \text{ mm}$ の電線であり、その密度は $\rho = 2.15 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 、比熱容量は $c = 134 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ である。また、温度による電気抵抗の変化、および円柱内部の温度分布は無視してよいものとする。空気の温度は $20 \text{ }^\circ\text{C}$ で、動粘度 $\nu = 0.156 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ 、熱伝導率 $k = 0.0257 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 、 $Pr = 0.71$ とする。

1) 熱伝達係数 h は式(1)と Nusselt 数の定義より

$$h = \boxed{\text{a}} (0.35 + 0.47Re_D^{0.52})Pr^{0.3} \quad (2)$$

で表される。

2) 円柱が速度 $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ および $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ の空気の一様流に直交して置かれたときの熱伝達係数 h_1 および h_2 は、それぞれ $\boxed{\text{b}}$ および $454 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ である。

3) 円柱の単位体積あたりの発熱量を Q_V 、空気の温度を θ_0 とし、ある時刻 t での円柱表面温度を θ_w とすると、円柱軸方向の単位長さについて次式が成り立つ。

$$\rho c \boxed{\text{c}} \frac{d\theta_w}{dt} = \frac{\pi d^2}{4} Q_V - \boxed{\text{d}} h(\theta_w - \theta_0) \quad (3)$$

空気の速度がステップ状に変化したとき、速度変化前の円柱表面温度を θ_{w1} 、速度変化後の定常状態での円柱表面温度を θ_{w2} とし、熱伝達係数 h は速度変化後の値 h_2 で一定とすると、式(3)の一階常微分方程式を解いて次式が得られる。

$$\theta_w = \theta_{w2} - (\theta_{w2} - \theta_{w1}) \exp\left[-t / \left(\frac{\rho c D}{4h_2}\right)\right] \quad (4)$$

4) 円柱に電流を流し、その単位体積あたりの発熱量が $Q_V = 1.0 \times 10^8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3}$ のとき、速度 $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ および $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ の一様流に直交して置かれた円柱の定常表面温度 θ_{w1} および θ_{w2} は、それぞれ $\boxed{\text{e}}$ $^\circ\text{C}$ および $47.5 \text{ }^\circ\text{C}$ となる。

5) $Q_V = 1.0 \times 10^8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3}$ 一定で、空気の速度が $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ から $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ までステップ状に変化したと仮定すると、 $\frac{\theta_{w2} - \theta_w}{\theta_{w2} - \theta_{w1}} = 0.1$ になるまでの時間は $\boxed{\text{f}}$ 秒となる。

[候補群]

a	(1) $\frac{k}{D}$	(2) $\frac{D}{k}$	(3) kD	(4) $\frac{1}{kD}$	(5) kD^2
b	(1) 301	(2) 357	(3) 644	(4) 1010	(5) 1290
c	(1) πD	(2) $2\pi D$	(3) πD^2	(4) $\frac{\pi D^2}{2}$	(5) $\frac{\pi D^2}{4}$
d	(1) πD	(2) $2\pi D$	(3) πD^2	(4) $\frac{\pi D^2}{2}$	(5) $\frac{\pi D^2}{4}$
e	(1) 19.4	(2) 26.4	(3) 32.4	(4) 39.4	(5) 46.4
f	(1) 0.9	(2) 1.3	(3) 1.8	(4) 2.6	(5) 3.6

問題 3 次の文中の空欄にあてはまる最も適切な答えを候補群から選び、その番号を解答用紙の該当欄に記入しなさい。（配点 20 点）

有機物を含んだ排水（質量濃度 C_{A0} ）を体積流量 F_0 で曝気槽に流入させる。曝気槽では十分な空気が気泡として底部から供給され、有機物は槽内の汚泥中の微生物により消費されて汚泥へと変化する。

曝気槽から体積流量 F で沈殿槽へと送られた汚泥を含む処理水（有機物質量濃度 C_A 、汚泥質量濃度 C_S ）は、自然沈降により汚泥と上澄み水に分離される。沈殿槽から上澄み水（有機物質量濃度 C_{A1} 、汚泥質量濃度 C_{S1} ）を体積流量 F_1 で排出する。下部にたまる高濃度の汚泥水（有機物質量濃度 C_{A2} 、汚泥質量濃度 C_{S2} ）は、有益な微生物を含むため、一部を体積流量 F_R で曝気槽へと循環させ、残りを体積流量 F_2 で系外に排出する。

このプロセスの定常運転時の体積流量や質量濃度の関係を、以下の仮定のもとに求めたい。

- ① 曝気槽や沈殿槽での水の蒸発や飛散流出は無視できる。
- ② 汚泥や排水の密度は水と同等と見なせる。
- ③ 沈殿槽での上澄み水には活性汚泥が含まれない ($C_{S1} = 0$)。
- ④ 高濃度汚泥水中には有機物が含まれない ($C_{A2} = 0$)。
- ⑤ 空気の収支を考えなくてよい。

プロセス全体での収支をとると、 $F_0 = \boxed{a}$ が成り立つ。また、曝気槽から排出される汚泥を含む排水について、 $F = \boxed{b}$ が成り立つ。したがって、汚泥の体積流量比 F_R / F_2 は、 \boxed{c} である。曝気槽中の汚泥生成速度は、 \boxed{d} であり、曝気槽を出た後の汚泥の収支から、 $C_S = \boxed{e}$ と求まる。一方で、 \boxed{d} が曝気槽中での有機物の分解速度に等しいとすれば、曝気槽周りでの有機物の収支は、 $F_0 C_{A0} = \boxed{f}$ である。したがって、 $C_A = \boxed{g}$ である。

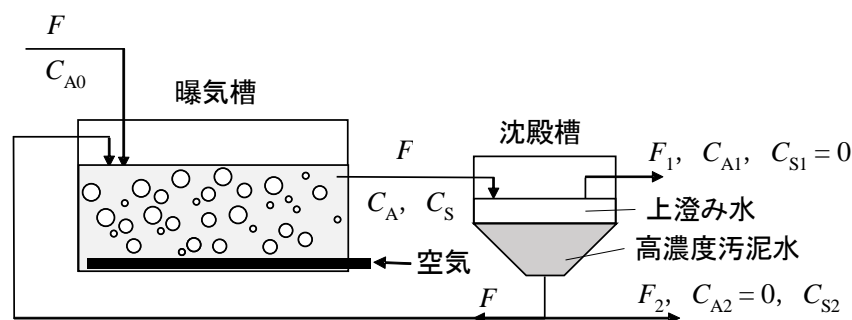


図 3-1

【候補群】

- | | | | | | |
|---|---|--|---|-------------------------------|---------------------------------|
| a | (1) $F_R + F_2$ | (2) $F_1 - F_2$ | (3) $F + F_R$ | (4) $F - F_2$ | (5) $F_1 + F_2$ |
| b | (1) $F_0 - F_R$ | (2) $F_1 + F_2$ | (3) $F_0 + F_R$ | (4) $F_R + F_2$ | (5) F_0 |
| c | (1) $\frac{F - F_0}{F_0 - F_1}$ | (2) $\frac{F_0}{F_0 - F_1}$ | (3) $\frac{F}{F_0 - F_1}$ | (4) $\frac{F_0}{F_1}$ | (5) $\frac{F_0 - F_1}{F_0 - F}$ |
| d | (1) $F_1 C_{A1} + F_R C_{S2}$ | (2) $F_2 C_{S2}$ | (3) $(F - F_R) C_S$ | (4) $(F - F_2) C_S$ | (5) $F_1 C_{A1} + F_2 C_{S2}$ |
| e | (1) $\frac{(F_R + F_2) C_{S2}}{F_0 + F_R}$ | (2) $\frac{(F_R + F_2) C_{S2}}{F_R}$ | (3) $\frac{(F_R - F_2) C_{S2}}{F_0}$ | | |
| | (4) $\frac{(F_R + F_2) C_{S2}}{F_0 - F_R}$ | (5) $\frac{(F_1 + F_2) C_{S2}}{F_0 + F_R}$ | | | |
| f | (1) $F(C_A + C_S)$ | (2) $F_R C_{S2} + F C_A$ | (3) $F C_A - F_2 C_{S2}$ | (4) $F_2 C_{S2} - F_1 C_{A1}$ | (5) $F C_A + F_2 C_{S2}$ |
| g | (1) $\frac{F_0 C_{A0} - F_2 C_{S2}}{F_0 + F_R}$ | (2) $\frac{F_2 C_{S2}}{F_R}$ | (3) $\frac{F_0 C_{A0} + F_2 C_{S2}}{F_0 + F_R}$ | | |
| | (4) $\frac{F_0 C_{A0}}{F_0 - F_R}$ | (5) $\frac{F_0 C_{A0}}{F_0 + F_R}$ | | | |

問題 4-1 次の(a)から(e)の記述について、正しいものには○を、誤っているものには×を、解答用紙の該当欄に記入しなさい。（配点 5 点）

- (a) モル蒸発エンタルピーが大きい物質ほど、蒸気圧の温度変化が小さい。
- (b) 吸着する成分の濃度や分圧と、吸着量の関係を示す曲線を破過曲線という。
- (c) 共晶系（共融系）の晶析では、理論上単一成分（純成分）が析出する。
- (d) ガスの膜分離では、分子径が大きい成分が小さい成分よりも速く透過する場合がある。
- (e) 同一量の抽出溶媒を使う回分抽出操作では、複数回に分けて抽出するよりも一回で抽出した方が抽出率が高くなる。

問題 4-2 次の文中の空欄にあてはまる最も適切な答えを候補群から選び、その番号を解答用紙の該当欄に記入しなさい。（配点 15 点）

ヘキサン(1)とヘプタン(2)とオクタン(3)の 50 °C から 90 °C での蒸気圧 [kPa] は下表の通りである。

温度 [°C]	50	60	70	80	90
ヘキサンの蒸気圧 [kPa]	54.3	76.5	105.4	142.1	187.9
ヘプタンの蒸気圧 [kPa]	18.8	28.0	40.4	57.0	78.6
オクタンの蒸気圧 [kPa]	6.70	10.5	15.8	23.3	33.4

ヘキサンとヘプタンとオクタンの混合物が気液平衡になっているとき、この 3 成分の気液平衡が Raoult (ラウール) の法則に従うとすると、80 °C において $x_1 = 0.3$, $x_2 = 0.4$ であれば、 $y_1 =$ で、 $y_2 =$ であり、圧力は kPa である。

また、 $x_1 = 0.4$, $x_2 = 0.3$ のときに、 $y_1 = 0.714$, $y_2 = 0.205$ となるのは °C で、 kPa のときである。

[候補群]

<input type="text" value="a"/>	(1) 0.096	(2) 0.315	(3) 0.589	(4) 0.615	(5) 0.712
<input type="text" value="b"/>	(1) 0.096	(2) 0.315	(3) 0.589	(4) 0.615	(5) 0.712
<input type="text" value="c"/>	(1) 26	(2) 37	(3) 53	(4) 72	(5) 98
<input type="text" value="d"/>	(1) 50	(2) 60	(3) 70	(4) 80	(5) 90
<input type="text" value="e"/>	(1) 34	(2) 48	(3) 59	(4) 71	(5) 82

問題 5 次の文中の空欄にあてはまる最も適切な答えを候補群から選び、その番号を解答用紙の該当欄に記入しなさい。(配点 20 点)

気相系触媒反応 ($A+3B \rightarrow 2C$) について、物質 A が消失される速度 ($-r_A$) が下記の式で与えられている。

$$-r_A = k p_A^{1.0} p_B^{-0.5} \quad (1)$$

ここで、 k は反応速度定数、 p_A と p_B はそれぞれ物質 A と物質 B の分圧を表す。

ごく少量の固体触媒を充填した反応管 (以下、「微分反応器」と呼ぶ) を用いて、反応速度定数 k を求める。なお、A と B を化学量論比で微分反応器に供給し、等温定圧条件下で反応を行うものとする。

- 1) 反応器出口の A の転化率を X_A とする。反応器に供給する A のモル数を n_0 とすると、反応器出口における A, B, C の総モル数は X_A を用いて \boxed{a} 、A のモル分率は \boxed{b} と表される。したがって、反応器の操作圧力を P とすると、反応器出口における A の分圧 p_A は $p_A = \boxed{b} \times P$ と表されるので、物質 A の消失速度 ($-r_A$) について次式が導かれる。

$$-r_A = \boxed{c} \times (\boxed{b} \times P)^{0.5} \quad (2)$$

- 2) 反応器への A の供給モル流量を $4.00 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{s}^{-1}$ とし、100 kPa の圧力条件下で反応を行ったところ、反応器出口の A の転化率が 10% であった。式(2)より、A の消失速度 ($-r_A$) は、触媒層単位体積あたりの反応速度定数 k [$\text{mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{kPa}^{-0.5}$] を用いて、 \boxed{d} と表せる。微分反応器を連続槽型反応器 (CSTR) として解析すると、充填された触媒層の体積が 0.4 ml である場合、 k の値は $\boxed{e} \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{kPa}^{-0.5}$ と求められる。

【候補群】

\boxed{a}	(1) $(2-3X_A)n_0$	(2) $(2-6X_A)n_0$	(3) $(4-2X_A)n_0$	(4) $(4-3X_A)n_0$	(5) $(4-6X_A)n_0$
\boxed{b}	(1) $\frac{1-X_A}{4-2X_A}$	(2) $\frac{1-X_A}{4-3X_A}$	(3) $\frac{1-X_A}{4-6X_A}$	(4) $\frac{1-X_A}{2-3X_A}$	(5) $\frac{1-X_A}{2-6X_A}$
\boxed{c}	(1) $0.577k$	(2) $0.707k$	(3) $1.41k$	(4) $1.73k$	(5) $3.00k$
\boxed{d}	(1) $2.81k$	(2) $3.44k$	(3) $6.88k$	(4) $8.43k$	(5) $14.6k$
\boxed{e}	(1) 1.19×10^{-3}	(2) 3.56×10^{-3}	(3) 6.85×10^{-1}	(4) 1.19	(5) 3.56

2017 年度化学工学技士試験問題
第二部試験 13:45～16:45

1. 課題解決問題 (配点 50 点)

問題 1A 次の問いに解答しなさい。 解答用紙 1A を用い、2 枚以内に記しなさい。(配点 20 点)

エタノールと水は、1 気圧 (101.3 kPa) でエタノールが約 89 mol% (約 95 wt%) で最低共沸組成となり、通常の蒸留ではこの共沸組成よりも水分濃度を低下させることは不可能である。ほとんど水分を含まない、いわゆる無水エタノールを製造する方法として共沸蒸留法がある。ここでは、図 1A に示すシクロヘキサンを共沸剤とする共沸蒸留操作を考える。

原料はエタノール水溶液、塔頂蒸気は沸点が最も低いシクロヘキサン/エタノール/水の 3 成分共沸混合物であり、凝縮して上層のシクロヘキサン相と下層の水相に分離するので、水相は留出液として抜き出す。また、塔底液 (缶出液) は無水エタノールである。

塔頂蒸気が 3 成分共沸組成の場合、シクロヘキサンのモル分率は 0.544 であり、塔頂蒸気を全縮したシクロヘキサン相と水相の組成 (モル分率) は液液平衡関係から以下のようになる。

	シクロヘキサン	エタノール	水
シクロヘキサン相	0.918	0.076	0.006
水相	0.022	0.426	0.552

このように、共沸蒸留 (3 成分不均一共沸蒸留) では、塔頂蒸気組成と留出液組成が異なるということが通常の蒸留操作と異なる。したがって、共沸蒸留の操作設計においては、図 1A の実線内の蒸留塔全体の物質収支だけでなく、塔頂蒸気为目标組成 (3 成分共沸組成) にするために、図 1A の破線内の物質収支も考慮しなければならない。

まず、設計の基礎計算として、85.0 mol%のエタノール水溶液を原料とし、図 1A に示すように、コンデンサーで凝縮し分液した水相を留出液 (流量 D) として抜き出し、シクロヘキサン相を流量 R で還流する場合を検討した。水相に含まれて留出するシクロヘキサンは、流量 E で共沸蒸留塔に補給する。(実際の共沸蒸留操作では、共沸蒸留塔から留出する水相を蒸留し、水相に含まれているエタノールと共沸剤を共沸蒸留塔に循環する「共沸剤回収塔」が設置されるが、ここでは共沸蒸留塔の単独の操作とし、留出する共沸剤 (シクロヘキサン) のみを補給するものとした。)

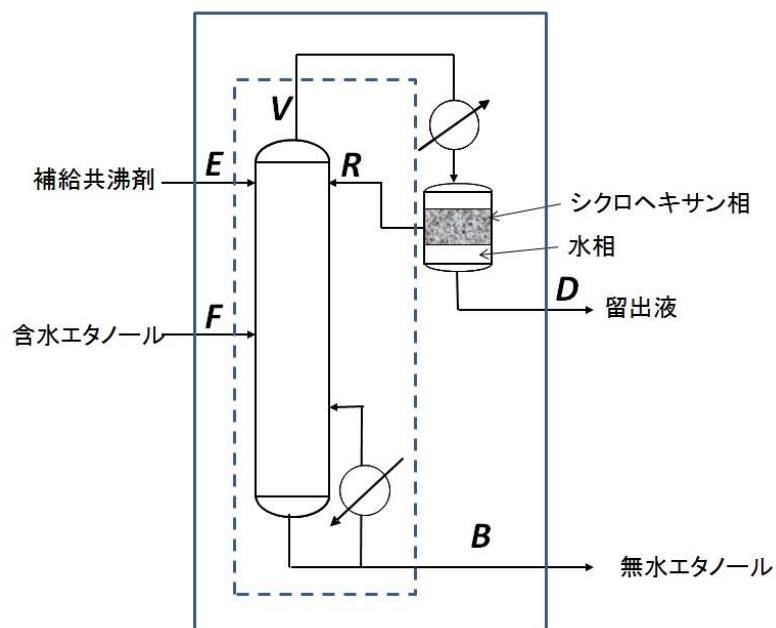


図 1A

上に示したシクロヘキサン相と水相の平衡組成を目標組成として共沸蒸留分離を行うとき、原料の流量を $F = 100 \text{ kmol} \cdot \text{h}^{-1}$ とすると

- (1) 塔底から回収されるエタノールの流量 $B \text{ [kmol} \cdot \text{h}^{-1}]$ ， 留出液量 $D \text{ [kmol} \cdot \text{h}^{-1}]$ ， シクロヘキサンの補給量 $E \text{ [kmol} \cdot \text{h}^{-1}]$ はそれぞれいくらになるか。
- (2) また， 還流比（還流液流量／留出液流量のモル比）は 1.4 になることを示しなさい。

ところが， 共沸蒸留塔の理論段数を設定して詳細に検討したところ， (2) で求めた還流比は最小還流比より小さく， 実際には(2)で求めた還流比の 10 倍の還流比 14 が必要であることが分かった。

- (3) シクロヘキサン相の還流比を 14 としたとすると， 上と同じ組成の留出液を同一流量で得るための塔頂蒸気はどのような組成になるか。このとき， 塔頂蒸気組成を 3 成分共沸組成にしたいという設計目標を満足するかどうかを示しなさい。

この結果と， 共沸蒸留塔の塔頂蒸気と塔底液の目標組成を維持するためには， 図 1A に示した二つの物質収支を満足しなければならないということを考慮して，

- (4) 還流比 14 の共沸蒸留操作をどのように行えばよいか。あなたの考える方法をその理由とともに述べなさい。また， 還流量の計算値も示しなさい。

問題 1B 次の問題 1B-1～1B-5 の 5 問の中から 2 問を選び解答しなさい。解答用紙 1B を用い、
 選択した問題番号を記入し、1 問 300 字以内に記しなさい。（配点各 15 点）

問題 1B-1 植物原料から健康機能成分を熱水で固液抽出したい。バッチ型攪拌抽出槽またはカラム型連続抽出器の利用が考えられる。バッチ型攪拌抽出槽に比べてカラム型連続抽出器を用いる場合のメリットとデメリットをそれぞれ 2 つ以上述べなさい。また、小型のカラム型抽出器を用いて実機へのスケールアップ検討を行う際に一定に保つべき設計変数を挙げてその理由を述べなさい。

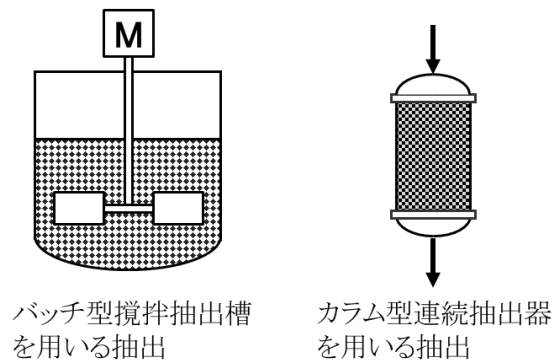


図 1B-1

問題 1B-2 図 1B-2 に示す PID 制御系で運転を行っていたところ、気液分離槽内の液面高さ
 と槽下部からの液流出量に変動し、なかなか安定しない現象が発生した。不安定な現象が生じた
 要因として、槽に流入する液量の増加や気液比の変動等の外乱が考えられ、液レベル制御の PID
 パラメータを再調整したところ、前述の振動挙動を抑制することができたとする。しかし、PID
 パラメータの調整によって、定常状態間の遷移に非常に時間がかかるようになってしまう場合、
 制御系の改善策を 2 つ、理由とともに述べなさい。

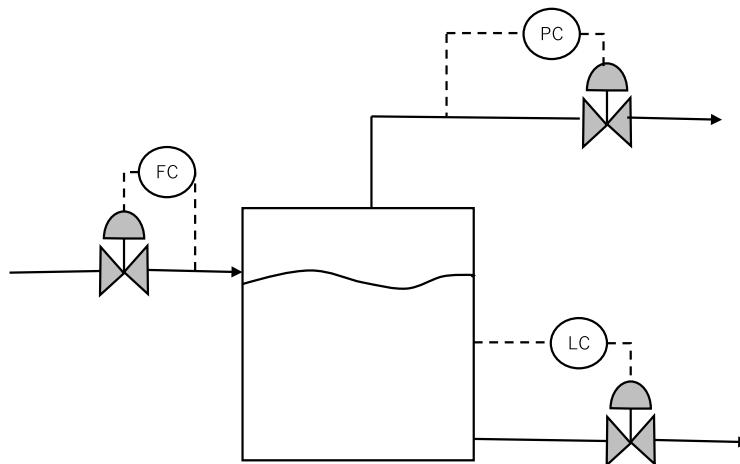


図 1B-2

問題 1B-3 現在、重質油の水素化脱硫やハイドロクラッキング（水素化分解）、接触水素化など石油精製、石油化学の分野で、気液固の三相が関与する気液下向並流方式のトリクルベッド（trickle-bed）反応器が広く採用されている。この反応器を設計するにあたり注意しなければならない点を1つ挙げ、その対応策を述べなさい。

問題 1B-4 食品、医薬品、ファインケミカルの分野などでは、製造工程において異物混入トラブルを防止することが特に重要である。異物混入の原因を3つ挙げ、それぞれに対して取るべき対策を述べなさい。

問題 1B-5 可燃ごみ焼却灰をリサイクル資源化する方法として、図 1B-5 のような主灰をセメント原料用に処理するプロセスがある。

受け入れられた主灰は磁性物と粗大物を除去され、湿式粉砕機にかけられて灰スラリーとなる。主灰中にはアルミニウムなどの非鉄金属が含まれており、粉砕工程でこれらの金属が主灰中に元々含まれている水分及び湿式粉砕用に加える水と反応して、水素が発生する。水素の一部は大気中に放散され、残った水素により焼却灰スラリーが発泡する。粉砕機から出た灰スラリーはタンクに溜められた後、ポンプで次の脱水工程に送られる。

粉砕工程で発生する泡により、どのような問題が発生する恐れがあるか、想定される問題を3つ挙げその対策を述べなさい。

ただし、全ての工程は建屋内において常温常圧で換気し、屋内の平均水素濃度が1 vol%未満になるように運転されている。また、取り扱う原料はごみ由来であるため、非鉄金属を完全に除去することは不可能であり、したがって、発泡を防ぐことはできない。かつ、この泡は非常に消えにくい性質を持っている。

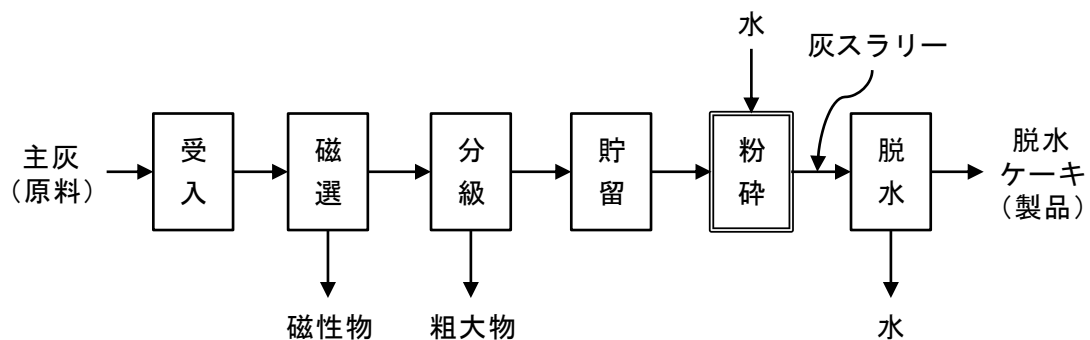


図 1B-5

2. 用語説明問題 (配点 25 点)

次の用語から **5 問を選び** 解答しなさい。 **解答用紙 2 を用い**、選択した問題番号と用語を記入し、1 問 300 字以内に記しなさい。

- (1) IoT (Internet of Things)
- (2) NPSH (Net Positive Suction Head)
- (3) PSA (Pressure Swing Adsorption)
- (4) Space Velocity (空間速度)
- (5) ボールミル
- (6) ヒートポンプ
- (7) フィードフォワード制御
- (8) FPSO (Floating Production Storage and Offloading)
- (9) 用役設備 (ユーティリティー設備)
- (10) スマートコミュニティ
- (11) COP21 (パリ協定)
- (12) 凍結乾燥
- (13) 孔食とすきま腐食

3. 最近の技術課題と技術動向 (配点 25 点)

次の問題 3-1～3-5 の 5 問の中から 1 問を選び解答しなさい。解答用紙 3 を用い、選択した問題番号を記入し、1,200 字以内に記しなさい。

問題 3-1 大気中の二酸化炭素などの温室効果ガスの濃度上昇が、世界的な緊急課題となっている。二酸化炭素の排出削減技術として、CCS (Carbon dioxide Capture and Storage)、あるいは CCUS (Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage) とよばれる技術が注目されている。これらの技術内容について述べ、開発の課題についてあなたの考えを述べなさい。

問題 3-2 食糧と競合しないバイオマス由来資源として微細藻類が注目されている。燃料およびケミカル原料生産への有効利用が検討されており、最新のプロセス技術を駆使する化学工学の担う役割は大きい。期待される有効利用例を 2 つ以上挙げて説明しなさい。また、本技術を社会実装するためのプロセス課題を 2 つ以上挙げ、課題を解決するための方法と取り組み方について、あなたの考えを述べなさい。

問題 3-3 近年、日本の化学産業では海外、特に東南アジアでの工場立地が増加しつつある。それに伴って、現地での化学工場の完成時安全監査の必要性も増している。完成時安全監査にあたって、どのような体系的な考え方・枠組みが必要か述べなさい。

問題 3-4 近年話題になっているリン回収についてなぜ話題になっているのか、その背景と意義を 2 項目以上説明し、その回収技術例を説明するとともにこの回収技術をどのように普及させたらいと思うかあなたの考えを述べなさい。

問題 3-5 現在、世界各国で地球環境に対して負荷の少ない再生可能エネルギーの導入が推進されている。エネルギーの特性を評価する際、経済性、安全性、安定性 (資源面、供給面)、及び環境性の側面から評価することが重要である。再生可能エネルギーの利用例として、日本における太陽光発電を考え、化石資源を使用しての発電との比較において、これらの 4 側面からのあなたの評価を記述しなさい。また、現状の日本における太陽光発電の問題点を 1 つ挙げ、あなたの考える改善策を述べなさい。