

5-4 化学プロセス【選択科目Ⅱ】

Ⅱ 次の2問題（Ⅱ-1、Ⅱ-2）について解答せよ。（問題ごとに答案用紙を替えること。）

Ⅱ-1 次の4設問（Ⅱ-1-1～Ⅱ-1-4）のうち1設問を選び解答せよ。（解答設問番号を明記し、答案用紙1枚以内にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 ベンゼンの水素化反応の標準反応エンタルピー ΔH_r^0 を問題の手順で求めよ。ガス状態のベンゼン、シクロヘキサン、水素が完全燃焼し、炭酸ガス、水になる燃焼反応の標準反応エンタルピー ΔH_r^0 は次のとおりである。

ベンゼン (g) -3302 [kJ/mol]

シクロヘキサン (g) -3953 [kJ/mol]

水素 (g) -286 [kJ/mol]

(1) 標準反応エンタルピー ΔH_r^0 を説明せよ。

(2) ベンゼンの水素化反応の標準反応エンタルピーを求めよ。

数値の導出には、次の法則のうち、関係する1つ以上を用いて説明し、法則の説明も加えよ。

- ・アレニウスの法則 ・ドルトンの法則 ・ヘスの法則
- ・フィックの法則 ・ルシャトリエの法則

(3) この水素化反応が、発熱反応か吸熱反応か判断せよ。

Ⅱ-1-2 水素35 [mol%]、一酸化炭素46 [mol%]、二酸化炭素19 [mol%] で構成される1000 [kmol/h] の乾燥乾留ガスを理論空気量の1.3倍の空気中で燃焼させた際の排出ガスを計算する。空気組成は窒素79 [mol%]、酸素21 [mol%] とし、窒素の反応は無視してよい。

(1) 完全燃焼に必要な酸素量 [kmol/h] を計算せよ。

(2) 実際に供給する空気量 [kmol/h] を計算せよ。

(3) 排出ガスの全流量 [kmol/h] と、この排出ガスの二酸化炭素排出量 [ton/h] を計算せよ。

II-1-3 AとBの2成分からなる系のフラッシュ蒸留を考える。以下の記載はすべてモル基準である。A成分の濃度が50%の原料をフラッシュ蒸留器に供給し、供給液の30%を留出液、残りの70%を缶出液として回収する。留出液、缶出液それぞれのA成分の濃度を求めよ。操作条件下での気液平衡を下式に示す。 x 、 y はそれぞれA成分の液相組成、気相組成である。

$$y = \frac{\alpha x}{1 + (\alpha - 1)x} \quad (\alpha = 2.5 \text{ 一定})$$

II-1-4 晶析装置のうち、溶液から結晶相を生じさせ、高純度の粒子群を製品として得る溶液晶析の装置を考える。本装置の設計段階で、操作法（連続又はバッチ）の選定に際し、両操作法それぞれについて、特徴及び重要となる操作条件を挙げ、制御すべき品質特性との関係性について述べよ。

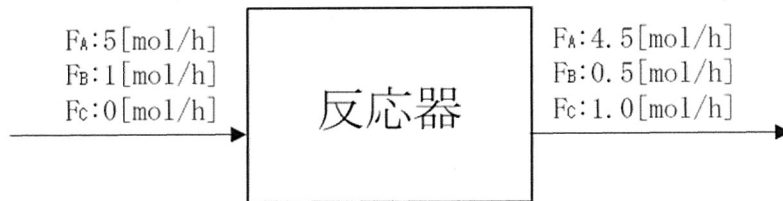
Ⅱ－２ 次の２設問（Ⅱ－２－１，Ⅱ－２－２）のうち１設問を選び解答せよ。（解答設問番号を明記し，答案用紙２枚以内にまとめよ。）

Ⅱ－２－１ 化学プラントでは，多くの粉体を取り扱われている。ある熱可塑性樹脂の粉体Aと添加剤Bを，昼夜を問わず常時A：10±1 ton/h，B：Aに対し0.5±0.05%で混合し，窒素シールの状態で5 mの高さにある常温常圧の押し出し機（ペレタイザー）入口に供給したい。粉体Aは，約60℃で窒素ガス輸送により常時供給される。1日の平均供給量は，240tonである。ガス輸送は，固体／ガス比＝3の低濃度輸送である。粉体Bは，1000kg入りのフレコンバッグと20kg入り紙袋で受け入れられる。

あなたが，この供給設備を計画，設計，建設する業務の担当責任者として業務を進めるに当たり，下記の内容について記述せよ。

- (1) 計画設計段階で，事前に調べるべき項目を3項目以上挙げよ。
- (2) 業務を進める手順について，留意すべき点，工夫を要する点を含めて述べよ。
 - (a) このプロセスをどのような設備の組み立てで設計するか，ブロック図で示せ。
 - (b) この装置を設計する上で配慮すべき点を2つ以上挙げて，内容を説明せよ。
 - (c) 事前テストを行うとした場合，どのような点に注意して，テストを行えばよいか。2つ以上挙げて，内容を説明せよ。
- (3) 業務を効率的，効果的に進めるための関係者との調整方法について述べよ。

II-2-2 原料AとBを使用して、 $A + B \rightarrow 2C$ という容積変化のない無触媒の液相反応のプロセスを設計する。反応温度は $135 [^{\circ}\text{C}]$ 、反応熱は製品C1モル当たり $0.084 [\text{MJ}/\text{mol}]$ の発熱反応とする。Bに対して5倍モルのAを供給することで副反応は無視でき、反応はBの1次反応で近似できると考える。ラボで反応容積 $20 [\text{ml}]$ の連続槽型反応器に、 $135 [^{\circ}\text{C}]$ の $5 [\text{mol}/\text{h}]$ のAと $135 [^{\circ}\text{C}]$ の $1 [\text{mol}/\text{h}]$ のBを供給し、反応温度は $135 [^{\circ}\text{C}]$ の条件で反応させたところ、 $4.5 [\text{mol}/\text{h}]$ のAと、 $0.5 [\text{mol}/\text{h}]$ のBと、 $1 [\text{mol}/\text{h}]$ のCが得られた。



反応後の液は、連続蒸留塔で未反応のAとBを分離回収して反応器にリサイクルする。蒸留塔では、塔頂からCを含まないAとBの混合物が得られ、塔底からはAとBを含まない純粋なCが得られると考える。

(1) 次の各設問に答えよ。

(a) Bが消失する反応速度式を示せ。使用する変数の定義を記載すること。

(b) 上記(a)の反応式の解析解(数式)を示せ。

(c) 供給量を同じ流量($5 [\text{mol}/\text{h}]$ のAと $1 [\text{mol}/\text{h}]$ のB)とし、同じ温度($135 [^{\circ}\text{C}]$)でBの転化率を $80 [\%]$ に上げた実験を行いたい。必要となる反応器の容積を計算せよ。

(d) 連続槽型反応器を使用して、反応温度は $135 [^{\circ}\text{C}]$ 、Bに対して5倍モルのAを供給する、Bの転化率は $80 [\%]$ という条件下で、製品Cを $80 [\text{kmol}/\text{h}]$ 製造する。蒸留塔を含めた全体プロセスのブロックフローを、問題文の図にならいモル基準の物質収支とともに記載せよ。

(e) 反応器内部に冷却コイルを設置して反応熱を除去する。冷却水入口温度を $30 [^{\circ}\text{C}]$ 、冷却水出口温度を $40 [^{\circ}\text{C}]$ とした場合の冷却水量を求めよ。冷却水の比熱として $4.2 [\text{J}/(\text{g}\cdot\text{K})]$ を使用せよ。

(f) 冷却水の代表平均温度として $35 [^{\circ}\text{C}]$ 、総括伝熱係数として $233 [\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})]$ を使用した場合の必要伝熱面積を計算せよ。

(2) 本業務がこれから設計・建設に進むとした場合、仕事の進め方の具体的な手順を述べよ。

(3) 業務を効率的、効果的に進めるための関係者との調整方法について述べよ。

5-4 化学プロセス【選択科目Ⅲ】

Ⅲ 次の2問題（Ⅲ-1，Ⅲ-2）のうち1問題を選び解答せよ。（解答問題番号を明記し，答案用紙3枚以内にまとめよ。）

Ⅲ-1 COP21パリ協定下では，日本はCO₂排出量を2013年を基点とし，2030年には26%減らし，2050年には80%減らす必要がある。CO₂排出量にして，2013年の12.5億ton/年に対し，2030年は9.5億ton/年，2050年では，2.5億ton/年である。

水素エネルギーの利用はCO₂排出量削減の有力な手段になり得るとして期待されており，その利用は，エネルギー基本計画等に盛り込まれて，国策として実用化と普及が進められている。水素エネルギーの大規模な普及を促進するためには，石油や天然ガスなどと同様に，水素を製造，輸送・貯蔵，利用できることが必須である。

- (1) 水素の製造，輸送・貯蔵，利用の分野において，開発中も含めて複数の技術事例を挙げて，技術者としての立場で多面的な観点から課題を抽出し分析せよ。
- (2) 水素の製造，輸送・貯蔵，利用の分野のうち，最も重要と考える分野を1つ挙げ，その分野の課題につき複数の解決策を示せ。
- (3) その上で，解決策に共通して新たに生じうるリスクとそれへの対策について，専門技術を踏まえた考えを示せ。

Ⅲ－２ 化学業界は、海外からの安価原材料、大型設備を生かした汎用石化製品の流入などの外部環境により、国内では、生産拠点の生き残りをかけて生産品目の機能製品化への転換、さらに海外への生産拠点拡大の取組みが続けられている。そのような背景の中、現在、経済産業省がSociety5.0（超スマート社会）の実現をめざし、生産領域においてもコネクテッド・インダストリーズなる概念を持ったスマート工場が描かれている。ここでは、AI、IoT、ビッグデータ解析及びサイバーフィジカルシステム（又はデジタルツイン）などのデジタル技術がスマート工場化推進のコア要素技術として位置づけられている。

- (1) 化学工場のスマート化を企画し推進する化学プロセスの技術者としての立場で、多面的な観点から課題を3つ抽出し分析せよ。
- (2) (1) で抽出した課題のうちあなたが最も重要と考える課題を1つ選択し、その課題に対する複数の解決策を示せ。
- (3) (2) で提示した解決策に共通して新たに生じうるリスクとそれへの対策について述べよ。