

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。（緑色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙1枚にまとめよ。）

Ⅱ-1-1 反応による体積変化がない $A \rightarrow R$ で示される液相一次反応がある。この反応をバッチ式反応器で行った場合，

(1) 反応速度式からAの濃度 C_A の経時変化式を導け。

時間を θ ，反応速度定数を k ， $\theta = 0$ でのAの濃度を C_{A0} とする。この経時変化式を反応率 $x = (C_{A0} - C_A) / C_{A0}$ ，と常用対数式 $\log Y (\log Y = \ln Y / 2.303)$ を用いて表せ。

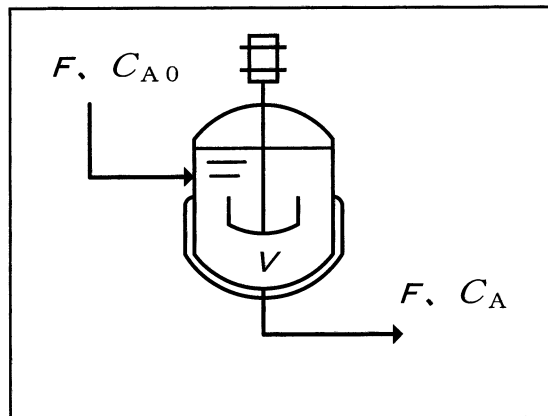
(2) Aの初濃度 1 mol/l の溶液を用いて，この反応を行ったところ，30分の間にその90%が反応した。反応速度定数 k を求めよ。

(3) さらに実験を続けて反応率を99%にするには，さらに何分を必要とするか。

この反応を下図のように原料供給量 F ，反応容積 V の連続式完全混合槽型反応器で行った場合，

(4) (2) 同様，反応率90%を得るには，反応器での平均滞留時間 θ_{Av} は，何分になるか。

(5) バッチ式で行っていた反応を連続式槽型反応器にするメリット，デメリットを記せ。



Ⅱ－１－２ 90[°C]，1,000[kg/h]の温水を50[°C]まで冷やしたい。20[°C]，2,000[kg/h]の冷媒（冷媒も水を使用）を用いる。向流式二重管型熱交換器を使用する場合における次の設問に答えよ。なお，（１）～（３）の計算値を導き出した計算過程も記せ。

注１：水の比熱は4.19[kJ/kg・°C]，熱交換器の総括伝熱係数は500[W/m²・°C]

２：必要ならば下記対数計算値を用いよ。

$$\ln(5/3)=0.51, \ln(2)=0.69, \ln(7/3)=0.85, \ln(7)=1.95$$

- （１）冷却に必要な除熱量[kJ/h]を計算せよ。
- （２）冷媒側の出口温度[°C]を計算せよ。
- （３）水を90[°C]から50[°C]まで冷やすために必要となる伝熱面積[m²]を計算せよ。
- （４）向流式熱交換器の使用が一般的であるが，並流式が用いられるのはどのような場合が考えられるか2つ以上記せ。

Ⅱ－１－３ 航空ガソリンはイソオクタン（C₈H₁₈）が使用されている。これを20[%]過剰空気で燃焼し，炭素の3[%]がCOになるとする。

- （１）考えられる燃焼反応式を記述せよ。
- （２）上記イソオクタン1.00[mol]を燃やした時の燃焼ガス量をmol量（乾き基準）で答えよ。また算出ステップも合わせて記述せよ。
- （３）燃焼ガス組成[%]を乾き基準で答えよ。

Ⅱ－１－４ 内径50[mm]の配管を使い，20[°C]の水を流速1.2[m/秒]で相当距離^{（注1）}200[m]を貯水タンクからプール迄ポンプ輸送したい。プール流出口は，貯水タンクの水面より20[m]高い。

（注1）相当距離：実際の管長と継手類の抵抗を直管の長さで表したものの。

- （１）レイノルズ数を算出する式を書き，レイノルズ数を求めよ。
また，これは乱流か層流か判定せよ。
- （２）Fanningの式を説明し，摩擦損失を求めよ。
なお，Fanningの摩擦係数を0.005とする。
- （３）ポンプの所要動力を求める式を説明し，動力を求めよ。

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。（青色の答案用紙に解答設問番号を明記し，答案用紙２枚を用いてまとめよ。）

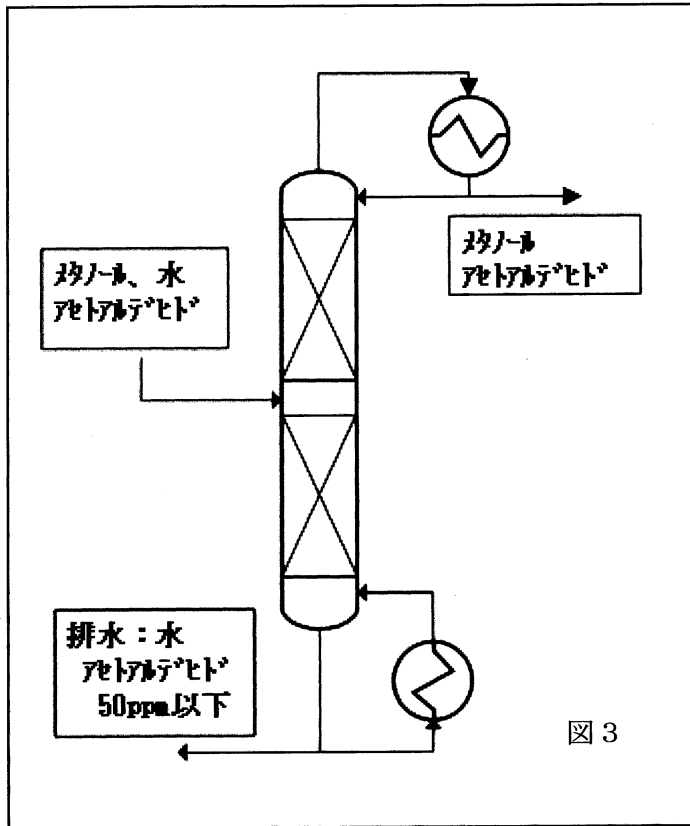
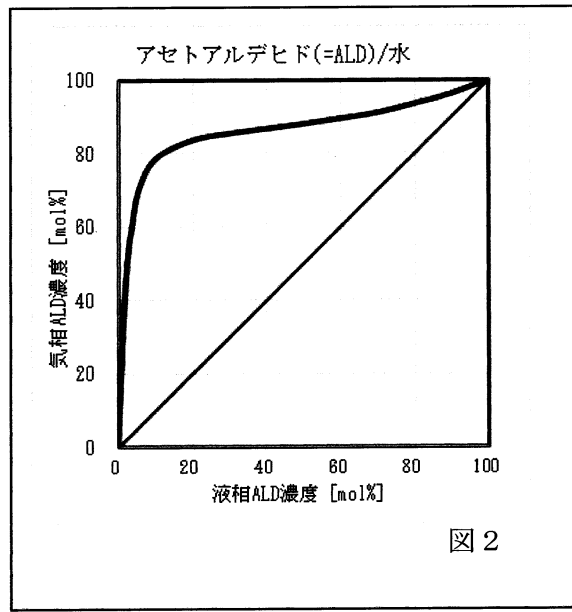
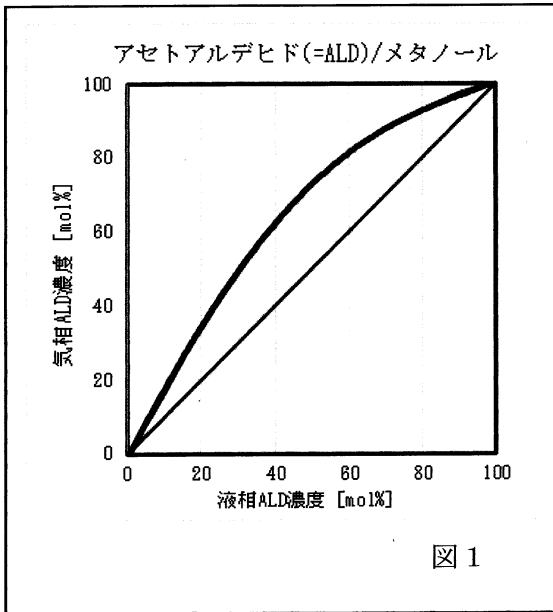
Ⅱ－２－１ あなたは，ある化学製品生産プラントの責任者である。マーケット需要が急増し、生産プラントの能力を至急20%増強して欲しいという依頼が販売部からあった。

- (1) 計画段階において，調査，検討すべき事項とその内容を説明せよ。
- (2) 実施段階において，あなたの行う業務を説明し，留意すべき点，工夫を要する点について述べよ。
- (3) 関係者との調整を含め，業務を効率的かつ効果的に進めるために責任者としてあなたが実施すべき事項を3項目挙げよ。

Ⅱ－２－２ 常圧の充填式蒸留塔で反応溶媒であるメタノールを回収したい。蒸留塔供給液には，約0.5%のアセトアルデヒドが含まれている。塔底の水は排水となるため，アセトアルデヒドを50ppm以下にしたい。各成分の沸点は，アセトアルデヒド20.2℃，メタノール64.7℃，水100℃であり，図1，2の気液平衡関係から容易に蒸留分離できると考えられ，簡単な蒸留計算で，2～3段でスペックを達成できると推定された。

そこで，既設蒸留塔を理論段8段の充填塔に改造転用し，図3の設備を作った。しかし，試運転を始めると，2週間運転しても，塔底の水には，アセトアルデヒドが100～1000ppm含まれ，1日2回のサンプリングのうち50ppmより下がることは，数回しかなかった。

- (1) 塔底のアセトアルデヒドが切れなかった技術的な原因を操作，装置，物質の各観点から1項目以上推定し，その内容を説明せよ。
- (2) どれが主原因であるか確認する手順を列挙し，その狙いとともにより工夫を要する点を説明せよ。
最も有力と考えられる原因は，どれか。その原因の場合，排水中のアセトアルデヒドを切るための技術的な対策を説明せよ。
- (3) 試運転で計画段階では予想できなかった現象が発生した。問題解決に向けた業務を効率的，効果的に進めるために行う関係者との調整について，技術責任者として計画段階での準備，現象が起こった段階での対応を述べよ。



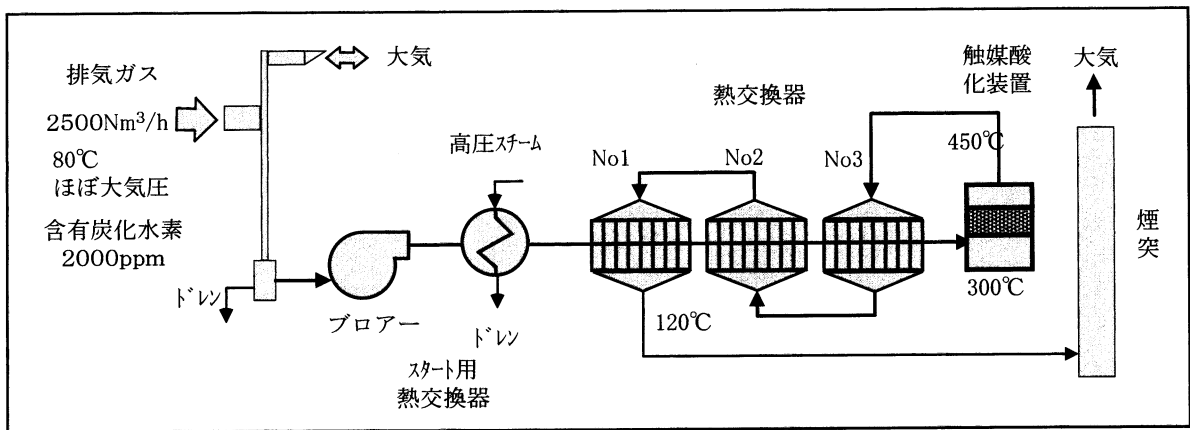
5-4 化学プロセス【選択科目Ⅲ】

Ⅲ 次の2問題（Ⅲ-1，Ⅲ-2）のうち1問題を選び解答せよ。（赤色の答案用紙に解答問題番号を明記し，答案用紙3枚を用いてまとめよ。）

Ⅲ-1 国内湾岸のコンビナート地区で約2000volppmの揮発性炭化水素と飽和水分を含んだ排気ガス（水分50%，窒素46%，酸素4%）が平均して2500Nm³/h 昼夜問わず発生しており，大気へ放出していた。この排気ガスは，ほぼ大気圧で，温度80℃であり，この温度で飽和の水分を含んでいる。この排気ガスを大気と混合して炭化水素を97%以上酸化処理して大気放出する。この設備を設置するに当たり，なるべく熱ロスの小さな設備とし，冷却水，蒸気の使用量は，極力減らしたい。

そこで，排気ガスの飽和水分は，そのままに下図のような触媒酸化装置による酸化処理設備を考案した。通常の反応，反応熱，伝熱係数，ヒートロスならば，シミュレーションでは，マテリアルバランスが成り立ち，発熱量は十分である。装置材質は，高温となる触媒酸化装置は，カーボンスチール（JIS表示SS400）である。他の部分は，排気ガスに腐食性はないが，水分があるのでステンレス製（JIS表示SUS304）としている。

このような状況を踏まえ，以下の問いに答えよ。



- (1) この装置が成り立つかどうかを検討するに当たり，事前に調べるべき項目を4項目以上書き出し，内容を説明せよ。また，事前テストを行うとした場合，どのようなテストを行えばよいか。1つ以上挙げて，内容・着眼点を説明せよ。
- (2) この装置を設計する上で触媒性能、制御性の観点から配慮・追加・変更すべき点を挙げて内容を説明せよ。必要ならば略図を描いて説明せよ。
- (3) 前問（2）で示した点を実行しても長期運転性における装置腐食についてリスクが残る。腐食対策について，専門技術を踏まえた考えを述べよ。

Ⅲ－２ 政府による「カーボンニュートラル戦略」において、実質的に二酸化炭素を排出しない電力源として、幅広く自然と調和し社会の持続的発展を可能にする観点から、「再生可能エネルギー（太陽光，風力，バイオマス発電等）」の普及が求められている。「再生可能エネルギー」は、多くの種類があり、それぞれにいろいろな側面がある。

- ①二酸化炭素の排出が少ない
- ②エネルギー資源を自給出来る
- ③発電量のコントロールが難しい

- (1) 化学プロセスの技術者としての立場で、上記①，②，③のそれぞれの側面を有する「再生可能エネルギー」をその側面から分析し、普及するための課題を抽出せよ。
- (2) 前問(1)で抽出した課題のうち、最も重要と考えるものを1つ挙げ、その問題点について複数の解決策を示せ。
- (3) 前問(2)で示した解決策の実施に際して、生じるリスクとその対策について専門技術を踏まえた考えを示せ。