

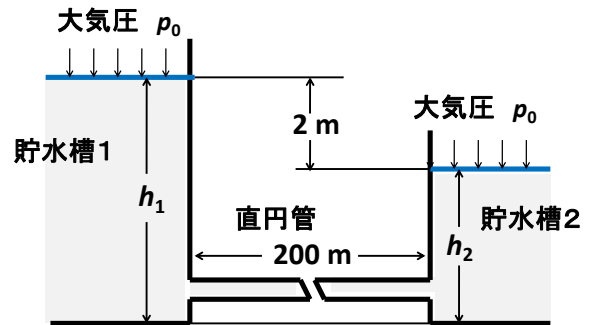
2015 年度化学工学技士試験問題
第一部 13:00～14:30

1. 計算問題 (配点 25 点)

次の 5 問すべてに解答せよ。解答用紙 1 を用い、3 枚以内に記せ。

問題 1. 図のように、大きな二つの貯水槽を内径 $D=93.2$ mm, 全長 $L=200$ m の平滑直円管で連結して、一方の貯水槽 1 から貯水槽 2 へと水を移動させるとき、直円管内を流れる水の平均速度 u および流量 V を求めたい。

両貯水槽の水面の高さの差は 2 m, 水の密度および粘度はそれぞれ $\rho=1000$ kg \cdot m $^{-3}$ および $\mu=0.001$ Pa \cdot s とする。また両貯水槽の断面積は非常に大きく水面の高さは変わらないとし、直円管部以外の摩擦損失は無視してよい。



- (1) 直円管部の摩擦損失 F は、圧力の単位でいくらか。
- (2) 摩擦損失 F を直円管の摩擦係数 f を用いた式で表わせ。必要な記号は問題文中のそれらを用いよ。
- (3) $f = \frac{0.0791}{Re^{1/4}}$ として、管内を流れる水の平均速度 u および流量 V を求めよ。 Re はレイノルズ数である。
- (4) レイノルズ数 Re の値を求めよ。

問題 2. ステンレス製平板 (厚さ 3.00 mm) を用いた熱交換器で、 1200 kg \cdot h $^{-1}$ の油 (比熱容量: 2.2 kJ \cdot kg $^{-1}\cdot$ K $^{-1}$) を 20°C から 65°C まで加熱したい。加熱には温度 90°C , 流量 1000 kg \cdot h $^{-1}$ の水 (比熱容量: 4.2 kJ \cdot kg $^{-1}\cdot$ K $^{-1}$) を向流で使用する。外部への熱損失はないものとして答えよ。

- (1) 油側の熱伝達係数 h_1 が 600 W \cdot m $^{-2}\cdot$ K $^{-1}$, 水側の熱伝達係数 h_2 が 1200 W \cdot m $^{-2}\cdot$ K $^{-1}$, ステンレス板の熱伝導率が 18.0 W \cdot m $^{-1}\cdot$ K $^{-1}$ のときの総括熱伝達係数 U の値を求めよ。
- (2) 水の出口温度を求めよ。
- (3) 熱交換器の入口, 出口の対数平均温度差を求めよ。
- (4) 熱交換器に必要な伝熱面積を求めよ。

問題 3. 体積 1.0 m^3 ，色素濃度 $40 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ の着色液に吸着剤を投入し，回分吸着によって脱色を行った．着色液に 0.6 kg の吸着剤を加えた場合，色素濃度はもとの 40% まで減少した．また 1.8 kg の吸着剤を加えた場合は，色素濃度はもとの濃度の 10% まで低下した．以下の問に答えよ．

(1) この系の等温吸着線は Freundlich 式

$$x = kC^{1/n}$$

ただし x : 単位重量あたりの吸着剤に吸着した色素量 [$\text{g-色素} \cdot (\text{kg-吸着剤})^{-1}$]

C : 処理液中の色素濃度 [$\text{g-色素} \cdot \text{m}^{-3}$]

k, n : 定数

に従うとして，定数 k, n を求めよ．

- (2) 残留色素濃度をもとの濃度の 1.6% まで減少させたい．着色液 1.0 m^3 当りに必要な吸着剤の重量を求めよ．
- (3) 体積 1.0 m^3 ，色素濃度 $40 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ の着色液に， 1.0 kg の吸着剤を加えた場合の吸着操作線の方程式，および $x-C$ 線図を示せ．なお，図には，吸着等温線および操作線の両方を記入すること．

問題 4. 等温回分反応器を用いて液相系反応 $A \rightarrow R$ の反応速度解析を行い，その結果に基づいて流通式等温完全混合槽型反応器（等温 CSTR）のプロセス計算を行う．ある温度における反応速度解析実験から A の濃度 C_A の経時変化について下記のデータが得られた．以下の問に答えよ．

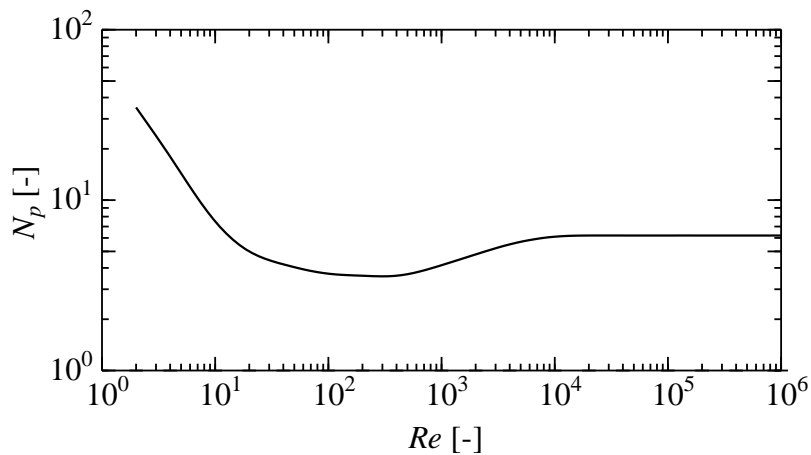
t [min]	0	10	20	30	40
C_A [$\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$]	10.0	5.00	3.33	2.50	2.00

- (1) この反応は A についての一次反応と二次反応のどちらであるか，反応速度定数の値とともに答えよ．なお，反応速度定数の単位も明記すること．
- (2) 原料 A の流量を $250 \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$ ，供給濃度 $500 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$ とし，反応速度解析と同じ温度で CSTR を定常操作するとき， 80% の転化率を得るために必要な反応器の容積 V [m^3] を求めよ．

問題 5. 化学プロセスの汎用装置である攪拌槽の所要動力 P の推算は, 通常, 動力数 $N_p = \frac{P}{\rho n^3 d^5}$

と攪拌レイノルズ数 $Re = \frac{\rho n d^2}{\mu}$ の相関関係を表す式や線図を用いて行われる. ただし, d : 攪拌翼径, n : 翼の回転数 (攪拌速度), ρ : 処理液の密度, μ : 処理液の粘度である. また, 翼や槽の形状, 寸法比, 邪魔板の有無などは, 相関式や線図のパラメータとして扱われている.

ある反応の特性をベンチスケールの邪魔板付攪拌槽 (容量 30 L) を用いて検討した. 用いた翼は径 15 cm の 6 枚平羽根タービン翼であり, 回転数 240 rpm 以上の条件では総括的な反応の進行は攪拌速度に依存しないことが分かった. 反応液の密度は $880 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 粘度は $0.0032 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ であり, 下図は 6 枚平羽根タービン翼を邪魔板付攪拌槽で用いるときの動力線図である. 以下の問いに答えよ.



- (1) 上に説明した動力数 N_p が無次元数であることを示せ.
- (2) 翼回転数が 240 rpm のときのベンチスケール槽の攪拌所要動力を求めよ.
- (3) ベンチスケール槽と幾何学的に相似な大型反応槽 (容積 5 m^3) を用い, 液単位体積当りに投入する攪拌動力が同一となる条件で反応を行いたい. ベンチスケール槽の攪拌速度 240 rpm に相当する大型槽の攪拌速度を求めよ. なお, 攪拌速度以外の反応条件はベンチスケールの実験と同じとする.

2015年度化学工学技士試験問題
第二部 14:55～16:55

2. 課題解決問題 (配点 20 点)

次の**5問から2問を選び**解答せよ。解答用紙2を用い、選択した問題番号を記入し、1問300字以内に記せ。

問題1. アンモニア、メタノール、クリーン燃料 (Gas To Liquid)、水素などの製造プロセスは、一般的に炭化水素のスチームリフォーミング法等による合成ガス製造装置を備えている。COや炭化水素を含有する合成ガスに接する装置材料においては、メタルダスティング (浸炭) と呼ばれる材料腐食が生じることがある。メタルダスティングとはどのような現象か、またこれを防止するためにはどのような対策が有効か述べてよ。

問題2. あなたは、ある化学製品を製造するプロセスの開発を担当している。この開発に当たってどのような点を最適化すべきか、3つの項目を挙げその理由を述べてよ。なお、ここでいう「プロセスの開発」には、「既存プロセスの改良」および「新規プロセスの開発」の両方の意味を含むものとする。

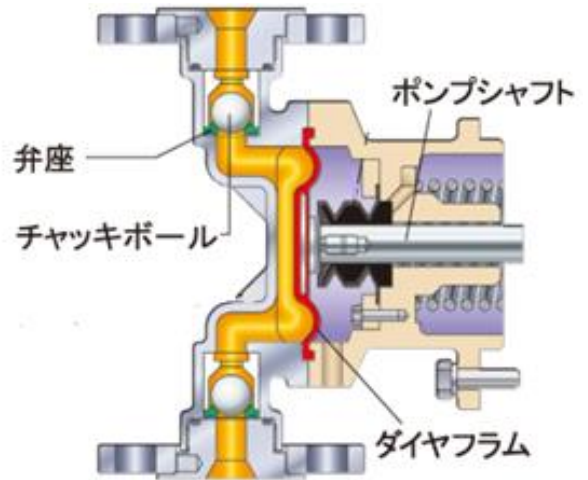
問題3. 工場の施設配置 (以下レイアウトと称す) の業務担当として仕事を進めたい。レイアウト業務の経験の少ない当該担当者は、レイアウトに関する法律を調査することから始め、「工場立地法」、「石油コンビナート等災害防止法 (略称: 石災法)」等いくつかの法律を調査した。その中でも高圧ガス処理量と危険物取扱量が一定の基準を超える大規模工場に適用される石災法が利用できることがわかり、中規模工場のレイアウトにも参考になりそうであった。更に調査したところ、その法律が別名「レイアウト法」と言われていることを知り、それに基づいて仕事を進めることにした。石災法が「レイアウト法」と言われる理由を述べてよ。

問題4. プロセス概念設計を行う際は、プロセスシミュレータを用いて、PFD、物質および熱エネルギーの定常収支における複数案を作成し、その時点の原料コスト、製品価格、使用エネルギー、そして大まかな装置サイズから、最適な案を選択することが主に行われている。しかしながら、この他に設計上留意すべきポイントがいくつかある。それらを2つ挙げ、検討手法について述べてよ。

問題 5. ある新設化学プラントの試運転立ち上げ時に、図に示すダイヤフラム型容積式ポンプ（注1）において、設計流量がはず定量性が低下するトラブルが発生している。ポンプは不良品でなく、また新しいため構成部品類の劣化や損傷がないことを確認している。

このポンプが配置されている揚液設備や取り扱う流体の組成、運転条件などを含めたプロセス的観点から考えられる原因を2つ挙げ、それぞれの原因について対策を述べよ。

（注1） ポンプの揚液機構：モーターの回転がクランク機構により往復運動としてポンプシャフトに伝えられ、それに連結されたダイヤフラムが往復運動をする。ダイヤフラムが図の右方向に動く際、下側のチャッキボールが上向きに上がって流体がポンプヘッド内に吸い込まれ、ダイヤフラムが図の左方向に動く際、上側のチャッキボールが上向きに上がって流体が吐き出される。この動作の繰り返しにより、流体が揚液される。



ダイヤフラム型容積式ポンプ ポンプヘッド
株式会社タクミナ HP から引用

3. 用語説明 (配点 30 点)

次の用語の中から**5問を選び**説明せよ。解答用紙3を用い、選択した問題番号を記入し、1問300字以内に記せ。

- (1) レスポンシブル・ケア
- (2) 非ニュートン流体
- (3) 相対揮発度
- (4) Thiele 数
- (5) バグフィルター
- (6) ハーバー・ボッシュ法
- (7) ダウンカマーフラッディング
- (8) 高度プロセス制御
- (9) TBM (Time Based Maintenance)
- (10) コジェネレーション
- (11) HAZOP (Hazard and Operability Analysis)
- (12) グラフエン
- (13) 応力腐食割れ

4. 最近の技術課題と技術動向（配点 25 点）

次の 5 問から 1 問を選び解答せよ。解答用紙 4 を用い、選択した問題番号を記入し、1,200 字以内に記せ。

問題 1. 近年に相次いで発生した国内化学プラントでの重大事故が契機となり、プロセス安全に関する取り組みが産官学で活発に行われている。プロセス安全に関する取り組みの最近の動向について解説せよ。また、今後のプロセス安全がどうあるべきかについて、あなたの考えを述べよ。

問題 2. 技術者は業務を遂行するに当たっては、その業務の結果がもたらす負の側面も考慮しなければならない。科学技術は人々の生活を快適にする一方でそれ自身が災いとなって人々の安全を脅かし不安にさせることがあるからである。例えば、化学製品の中には利便性・安全性などのメリットとともに環境に対して有害なものもある。また、化学プラントは事故により周囲に悪影響を与えることもある。このような負の側面を克服するためにどのようにすべきか、技術者倫理の観点からあなたの考えを述べよ。

問題 3. 水素社会実現に向けて、昨今、水素エネルギーの輸送・貯蔵のための担体となる化学物質が注目され、それら化学物質は「エネルギーキャリア」という名称で広く知られている。水素を含有するエネルギーキャリアを一つ以上挙げ、その特徴を述べよ。また、エネルギーキャリア技術の開発が二酸化炭素の正味排出量の削減にもたらす可能性について述べ、この技術の発展に化学工学がどのように貢献できるか、あなたの考えを述べよ。

問題 4. 現状の成熟した工業を再活性化することを目的に、「第四次産業革命」を目指し、多種多量なデータ（ビッグデータ）を活用した新しい取り組みがドイツ、米国、インドを中心に進められている。これらの具体的な取り組みに関して例を挙げて説明せよ。また、このビッグデータを利用して新しいシステムを構築する際の課題を述べよ。

問題 5. 食品工業において、今後化学工学が果たすべき役割について、あなたの考えを述べよ。