

令和3年度入学者選抜試験問題  
山形大学大学院理工学研究科博士前期課程  
(令和2年10月実施)

【化学・バイオ工学専攻】

専門科目  
(化学工学, 物理化学, 有機化学,  
無機化学・分析化学, 細胞生物学, 生化学)

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. この問題冊子の本文は1ページから22ページまでです。
3. 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの乱丁・落丁および解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
4. 監督者の指示に従って、解答用紙に受験番号を正しく記入してください。受験番号が正しく記入されていない場合は、採点できないことがあります。
5. 専門科目は、「化学工学」、「物理化学」、「有機化学」、「無機化学・分析化学」、「細胞生物学」、「生化学」の6科目から2科目を選択して解答してください。
6. 解答用紙は全部で8枚あります。1問につき1枚の解答用紙を使用してください。「化学工学」は、4枚、「物理化学」は3枚、「有機化学」は4枚、「無機化学・分析化学」は2枚、「細胞生物学」は3枚、「生化学」は4枚を使用します。必要に応じて裏面を使用しても構いません。どの科目に対する解答かわかるように、解答用紙の「受験科目」欄に科目名（「化学工学：1～4」、「物理化学1～3」、「有機化学1～4」、「無機化学・分析化学1, 2」、「細胞生物学1～3」、「生化学1～4」）を記入してください。白紙の場合でも8枚すべて提出して下さい。
7. 試験終了後、問題冊子および草案用紙は持ち帰ってください。



**(問題訂正)**

「無機化学・分析化学」

13ページ 大問2.(3).(c)

(誤)

…フッ化リチウムの密度を有効数字2桁で答えなさい。

(正)

…酸化リチウムの密度を有効数字2桁で答えなさい。

# 科目名：化学工学

次の問題1～4に答えなさい。解答用紙の受験科目欄に問題番号も含む形で「化学工学1」、「化学工学2」、「化学工学3」、「化学工学4」を記入してください。なお、計算問題については計算過程も示し、答えにはアンダーラインを引くこと。

【注意事項】・特に指示がない限り、数値の単位はSI単位を用いること

1. 次の問いに答えなさい。

- (1) 理想流体（粘性のない流体）の一次元流れにおけるベルヌーイの式は、圧力を  $p$ 、速度を  $V$ 、基準からの高さを  $z$  とすれば、流体の密度  $\rho$ 、重力加速度  $g$  を用いて次式で表される。

$$V^2/2 + p/\rho + gz = \text{一定}$$

この式の左辺第一項は流体の単位質量当たりの（①）エネルギーを、第二項は（②）エネルギーを、第三項は（③）エネルギーを表している。

(a) 文中の①，②，③に入る言葉を書きなさい。

(b) 式中の各項は全て  $[\text{m}^2/\text{s}^2]$  の単位を持っている。この単位を「単位質量当たりのエネルギー」を表す単位に変形しなさい。

- (2) 管内径  $d = 12.0 \text{ mm}$ 、長さ  $L = 80.0 \text{ m}$  の滑らかな水平円管路で、質量流量  $m = 0.308 \text{ kg/s}$  で油を輸送した場合、④体積流量  $Q$ 、⑤平均流速  $V$ 、⑥レイノルズ数  $Re$ 、⑦管の入口出口間の圧力損失  $\Delta p$ 、⑧管内の最大流速  $V_{\text{max}}$  を求めなさい。ただし、油の密度は  $880 \text{ kg/m}^3$ 、粘度は  $0.0880 \text{ Pa}\cdot\text{s}$  である。

2. 硫化水素を  $100 \text{ kmol/h}$  で反応器に供給し、空気（理論酸素量）で部分酸化（触媒反応）することで硫黄を  $88 \text{ kmol/h}$  合成した（二酸化硫黄の生成は無視できるものとする）。その後、硫黄とその他の物質は分離器にて分離された。以下の問いに答えなさい。なお、空気の組成は酸素  $21 \text{ mol}\%$ 、窒素  $79 \text{ mol}\%$  とする。

- (1) 反応式を記しなさい。
- (2) プロセスフロー図(PFD)を記しなさい。
- (3) 反応に必要な理論酸素量  $[\text{kmol/h}]$  を求めなさい。
- (4) 硫化水素の転化率が何%かを求めよ。
- (5) 反応器に供給される空気（酸素および窒素）の流量  $[\text{kmol/h}]$  を求めなさい。
- (6) 生成した硫黄以外の全ての物質の流量  $[\text{kmol/h}]$  を求めなさい。

3. 水のしみ込んだ布（表面積  $0.6 \text{ m}^2$ ）を  $25^\circ\text{C}$  の空气中で乾燥させた。布の重量変化速度を測定したところ  $-53.4 \text{ g/h}$  だった。この時間内で蒸発速度は一定であり、布表面は常に湿球温度に保たれているものと仮定して、以下の問いに答えなさい。
- (1) 布表面から空气中への水蒸気の移動流束  $N [\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}]$  を求めなさい。
  - (2) 水のモル蒸発エンタルピーを  $43.67 \text{ kJ/mol}$  として、周囲空気から布表面に流れ込んでくる熱流束  $q [\text{W}/\text{m}^2]$  を求めなさい。
  - (3) 布表面での熱伝達係数  $h$  を  $12.0 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$  として、布表面の温度を概算しなさい。
4. 液相反応  $A \rightarrow 2C$  の反応速度  $r$  が  $r = k C_A$  と表されるとする。ただし、 $k$  は反応速度定数、 $C_A$  は成分 A の濃度である。この反応を、A および C の初期濃度がそれぞれ  $C_{A0} = 2.0 \text{ kmol}/\text{m}^3$ 、 $C_{C0} = 0.2 \text{ kmol}/\text{m}^3$  という条件で行う。次の問いに答えなさい。ただし、必要であれば次の値を使うこと。

$$\text{気体定数 } R = 8.31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$$

- (1) 温度  $323 \text{ K}$  で回分反応器を用いてこの反応を行ったところ、反応開始後 1 時間経過したときの C の濃度が  $C_C = 2.2 \text{ kmol}/\text{m}^3$  であった。このときの反応速度定数  $k$  の値を求めなさい。
- (2) この反応を(1)と同じ条件で、体積が  $1 \text{ m}^3$  の管型反応器を用いて行う。反応率を 50%にするためには体積流量をいくらにすればよいか求めなさい。
- (3) 温度  $373 \text{ K}$  でこの反応の反応速度定数を求めたところ、 $323 \text{ K}$  のときの 90 倍の大きさであった。この反応の活性化エネルギーの値を推定しなさい。

# 物理化学

# 科目名：物理化学

次の問題1～3に答えなさい。解答用紙の受験科目欄に問題番号も含む形で「物理化学1」、「物理化学2」、「物理化学3」を記入してください。なお、計算問題については計算過程も示し、答えにはアンダーラインを引くこと。

1. 以下の問い(1)～(4)に答えなさい。

- (1) ある完全気体 1.0 mol から  $2.0 \times 10^5$  Pa の一定圧力の下で 2080 J の熱エネルギーを奪った。その結果、気体の温度は低下して、その体積が 14.5 L から 10.4 L に減少した。この過程におけるエンタルピー変化および内部エネルギー変化を求めなさい。
- (2) 完全気体 1 mol を状態 1 ( $V_1, T_1$ ) から状態 2 ( $V_2, T_2$ ) に変化させた。ここで、 $V, T$  はそれぞれ気体の体積と絶対温度である。この気体の定容モル熱容量は  $C_V$ 、気体定数を  $R$  とする。この状態変化の過程でのエントロピー変化  $\Delta S$  が 0 だったとして、 $T_2$  を  $T_1, V_1, V_2, C_V, R$  を用いて表しなさい。
- (3) 水の 290 K における飽和蒸気圧は 1.919 kPa であり、310 K では 6.228 kPa である。水の蒸発エンタルピー  $\Delta_{\text{vap}}H$  を求めなさい。なお、この温度域で蒸発エンタルピーは一定としてよい。
- (4) 溶液中で起こる  $2A \rightleftharpoons B + C$  なる反応がある。この反応の 25°C での標準反応ギブズエネルギーは  $-2.2 \text{ kJ mol}^{-1}$  である。初期状態で原料 A の濃度が  $1.0 \text{ mol L}^{-1}$  だったとき、25°C での溶液中の A, B, C の平衡濃度を求めなさい。

2. 以下の問い(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 気体分子の平均自由行程について説明しなさい。
- (2) 100°C の窒素分子の平均自由行程は 25 °C の窒素分子の何倍かを求めなさい。ただし、圧力は一定とする。
- (3) 窒素分子の温度 60 °C、圧力  $1.01 \times 10^5$  Pa における平均自由行程を求めなさい。ただし、ボルツマン定数は  $1.38 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$ 、衝突断面積は  $0.43 \text{ nm}^2$  である。

3. 以下の問い (1) ~ (4) に答えなさい。

- (1) 反応物 A から生成物 B が生じる一次反応における反応物 A の半減期は 4 時間である。4.0 mol の反応物が 0.25 mol に減少するのに必要な時間  $T$  を求めなさい。
- (2) 反応物 C から生成物 D が生じる反応  $C \rightleftharpoons D$  において、ある温度における平衡定数は 5.0 である。正反応の速度定数が  $1.0 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$  であるとき、逆反応の速度定数を求めよ。
- (3) アレニウスの式を記述せよ。
- (4) アレニウスの式に従うある反応の活性化エネルギーが 15 kJ である。温度が 280 K から 320 K に上昇するとこの反応の反応速度は何倍になるか。



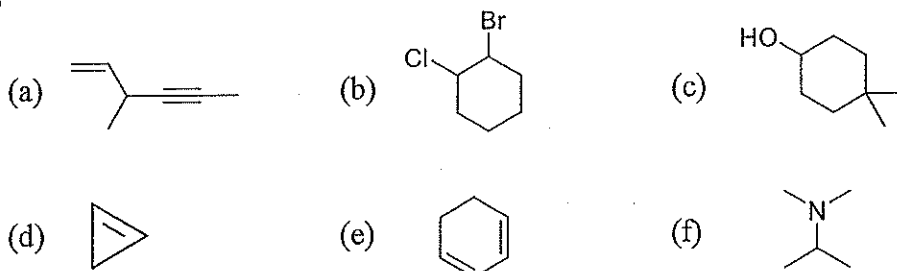
# 有機化学

# 科目名：有機化学

次の問題 1～4 に答えなさい。解答用紙の受験科目欄に問題番号も含む形で「有機化学 1」, 「有機化学 2」, 「有機化学 3」, 「有機化学 4」を記入してください。

1. 次の (1)～(4) の問いに答えなさい。

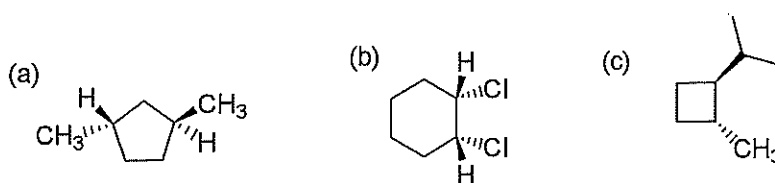
(1) 次の化合物に IUPAC 名をつけよ。なお、立体化学については考慮しないものとする。



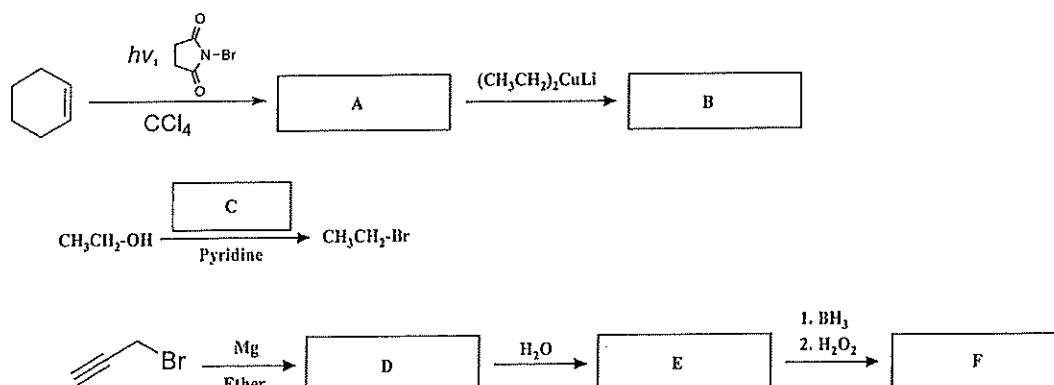
(2) 次の化合物の構造式を記せ。

- (a) 2,2,5,5-テトラメチル-3-ヘキシン (b) 3-sec-ブチル-1-ヘプチン  
 (c) 4-プロモ-4-エチル-2-メチルヘキサン  
 (d) 4-メチルペンタン酸  
 (e) 1-メチルシクロヘキサンカルボン酸メチル (f) 5-デシン

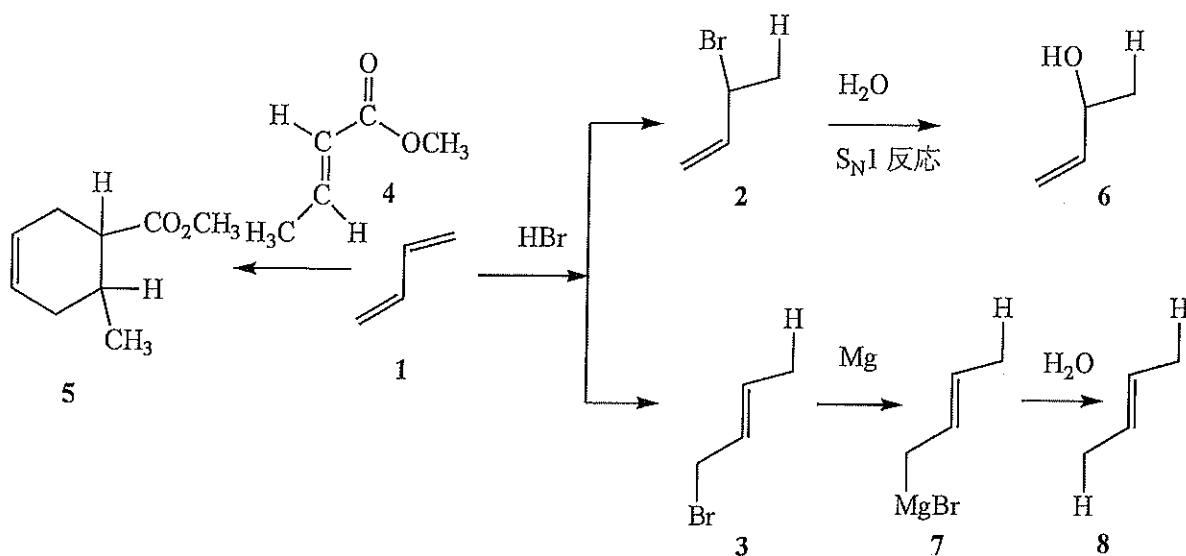
(3) 次の化合物をシス、トランスを明示して IUPAC 名をつけよ。



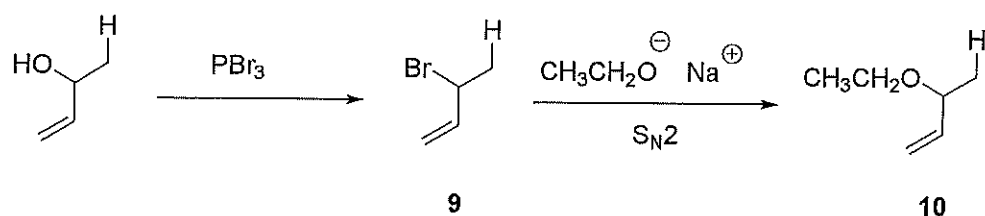
(4) 以下の反応の空欄を埋めなさい。



2. 有機化合物の以下の反応に関して答えなさい。



- (1) 1,3-ブタジエン 1 は臭化水素の付加反応において反応条件により 1,2-付加物 2 と 1,4-付加物 3 の両者を生成する。1,4-付加物が生成する反応機構を電子の流れを示す矢印 (→) を用いて書きなさい。また、反応温度が低い時は化合物 2 が、反応温度が高いときは化合物 3 が優先して生成する。このときの反応エネルギー図を示し、活性化エネルギー、中間体の構造式、生成物をそれぞれ示しなさい。
- (2) 化合物 1 は、ジエノフィル 4 存在下、加熱により化合物 5 を生成する。化合物 5 の構造を立体配置がわかるように書きなさい。
- (3) 化合物 2 に対して H<sub>2</sub>O を用いて、S<sub>N</sub>1 反応すると不斉炭素原子を有するアルコール 6 を生成する。このアルコールはラセミ体になるがその内、(R)-体に相当するものの構造を、立体配置がわかるように書きなさい。
- (4) 化合物 6 から以下の反応で生成する生成物 9, 10 の立体配置は、(R)-体、(S)-体のいずれになるか。それぞれ書きなさい。



- (5) 化合物 7 は Grignard 試薬と呼ばれ非常に活性の高い化合物であるが、その高い反応性のため同じ分子内に他の活性な官能基があると安定な Grignard 試薬は有機ハロゲン化物からつくることができない。以下の官能基で、同じ分子内にハロゲ

ンの他に存在すると安定な Grignard 試薬を合成できない官能基を全て選び記号 (a) ~ (d) で答えなさい。

(a)  $-\text{NO}_2$ , (b)  $-\text{Phenyl}$ , (c)  $-\text{SO}_2\text{R}$  (R はアルキル), (d) エポキシ

(6) *trans*-2-ブテン **8** と次の試薬との反応(a)~(d)の主生成物の構造式を立体配置がわかるように書きなさい。1), 2) は段階的に反応する際の試薬を加える順を示すものとする。

(a) 1)  $\text{OsO}_4$  2)  $\text{NaHSO}_3 / \text{H}_2\text{O}$

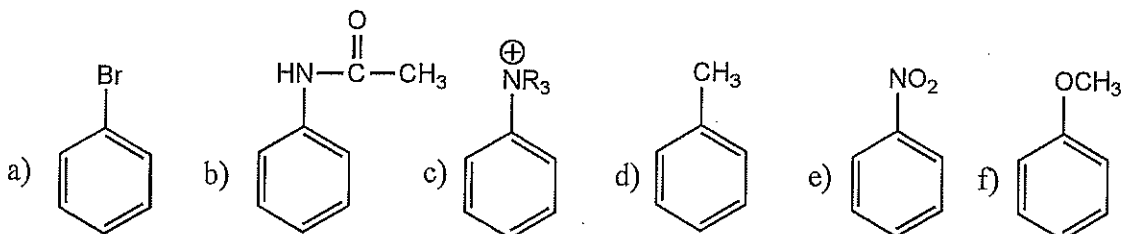
(b) 1)  $\text{Hg}(\text{OAc})_2$  2)  $\text{NaBH}_4 / \text{H}_2\text{O}$

(c) *m*-CPBA

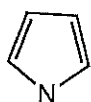
(d)  $\text{H}_2\text{SO}_4 / \text{CH}_3\text{OH}$

3. 芳香族化合物に関する以下の問いに答えなさい。

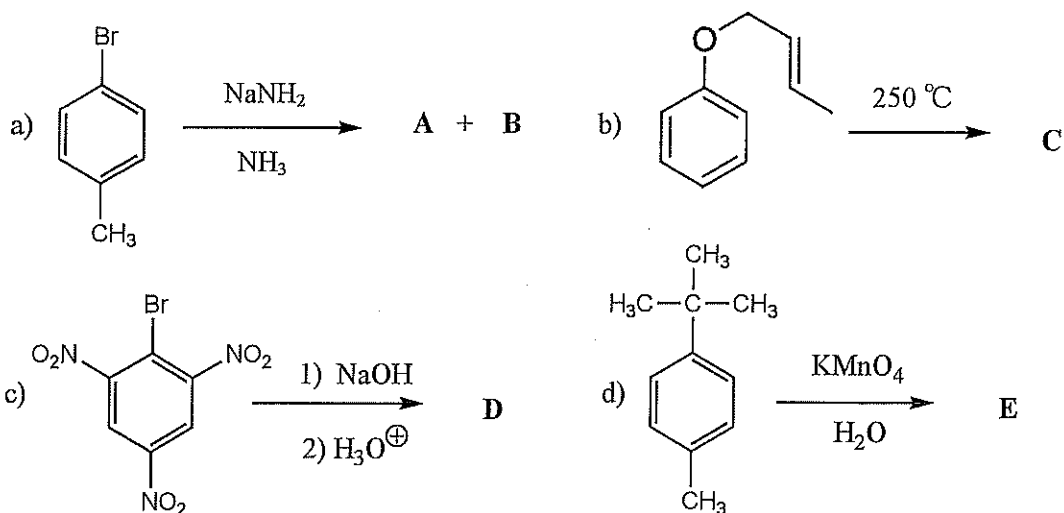
(1) 芳香族求電子置換反応において、ベンゼンより活性の高い化合物を全て選び記号 a)~f) で答えなさい。



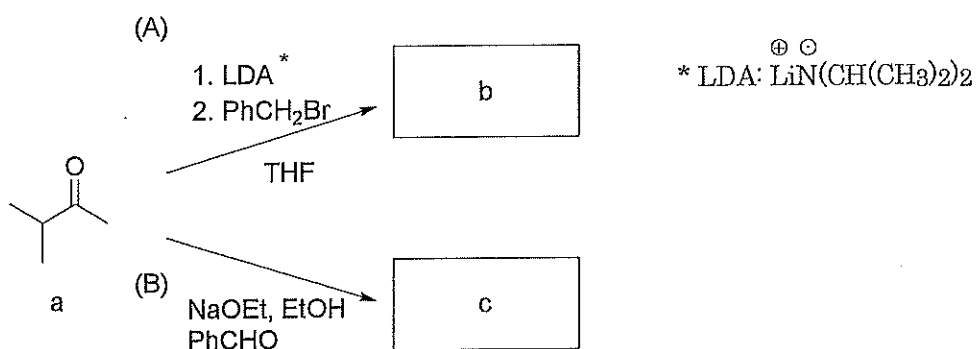
(2) ピロロールは分子内に窒素原子を有するにもかかわらず、塩基性 ( $H^+$  の受容性) を示さない。その理由を説明しなさい。



(3) つぎの反応の主生成物(A~E)の構造式を答えなさい。  
ただし、a)の反応では2種類の異性体の生成が考えられる。



4. 以下の反応に関する問い (1) ~ (4) に答えなさい。



(1) 反応 (A) および (B) において、PhCH<sub>2</sub>Br および PhCHO を化合物 **a** と等量反応させるために必要な塩基の量は、化合物 **a** に対して少なくともどの程度であるか、それぞれについて以下の選択群から選び、その理由を述べなさい。

選択群： 触媒量・等モル量・過剰量

(2) 反応 (A) に塩基として、NaOEt および *n*-BuLi は用いることができるか、できないか、NaOEt および *n*-BuLi についてそれぞれ答えなさい。できない場合はその理由も答えなさい。

(3) 化合物 **b**, **c** の構造をそれぞれ示しなさい。ただし反応 (B) では、最終生成物になる程度に十分加熱しているものとする。

(4) 反応 (A) の中間体となる化合物 **a** のエノラートイオンの2つの共鳴構造式を示しなさい。

# 無機化学・分析化学

## 科目名：無機化学・分析化学

次の問題 1, 2 に答えなさい。解答用紙の受験科目欄に問題番号も含む形で「無機化学・分析化学 1」, 「無機化学・分析化学 2」を記入してください。なお, 計算問題については計算過程も示し, 答えにはアンダーラインを引くこと。

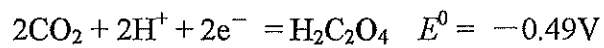
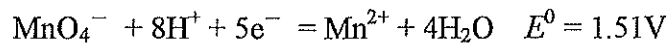
1. 次の (1) ~ (6) の問いに答えなさい。ただし, 解答の有効数字は 2 桁とする。各イオンの活量係数は 1 とする。水のイオン積は  $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14}$  ( $25^\circ\text{C}$ ) とする。

- (1) 10.0 ppm の  $\text{Pb}^{2+}$  を含む水溶液のモル濃度を求めなさい。ただし, Pb の原子量は 207.2 とする。
- (2) NaCl が 0.10 mol/L, KCl が 0.20 mol/L,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  が 0.20 mol/L 含まれている水溶液のイオン強度を求めなさい。
- (3) 0.100 mol/L ギ酸水溶液の pH を求めなさい。ただし,  $\text{HCOOH}$  の  $\text{p}K_a = 3.75$  とし,  $[\text{HCOOH}] \gg [\text{H}^+]$  とする。
- (4)  $1.0 \times 10^{-3}$  mol/L の  $\text{Fe}^{3+}$  を含む水溶液がある。 $\text{Fe}(\text{OH})_3$  の沈殿が生成し始める pH を求めなさい。ただし,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  の溶解度積は  $K_{sp} = [\text{Fe}^{3+}][\text{OH}^-]^3 = 10^{-37.2}$  とする。
- (5) 堆積岩ドロマイト (主成分:  $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ ) 中の Ca を以下の (ア) ~ (ウ) の手順で分析した。
  - (ア) 粉末試料を塩酸に溶解した。
  - (イ) (ア) の溶液にシュウ酸アンモニウム水溶液とアンモニア水を加えてシュウ酸カルシウムを沈殿させた。
  - (ウ) 沈殿をろ過により集め, 1 mol/L 硫酸に溶解し, 過マンガン酸カリウム標準溶液で滴定した。

次の (a) ~ (c) の問いに答えなさい。

- (a) 操作 (ア) で発生する気体は何か答えなさい。
- (b) 操作 (イ) について pH 4.0, シュウ酸アンモニウムの全濃度 0.2 mol/L でのシュウ酸カルシウムの溶解度積は  $K_{sp} = 6.8 \times 10^{-9}$ , シュウ酸マグネシウムの溶解度積は  $K_{sp} = 2.4 \times 10^{-4}$  だった。 $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  をそれぞれ  $6 \times 10^{-4}$  mol/L としたとき,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  を分離できる理由を説明しなさい。
- (c) 過マンガン酸イオンとシュウ酸イオンの半反応式は次式で表せる。





操作(ウ)の滴定でのイオン反応式を記しなさい。

また、終点までに加えられた過マンガン酸イオンの物質量が  $2.2 \times 10^{-4} \text{ mol}$  だったとき、試料中のカルシウムイオンの物質量を求めなさい。

(6) 次の (a) ~ (d) の語句を説明しなさい。

(a) 「系統誤差」と「偶然誤差」

(b) 電解質水溶液の活量

(c) pH 緩衝溶液

(d) 沈殿生成時の共通イオン効果

2. 次の (1) ~ (4) の間に答えなさい。

(1) 次の (a) ~ (b) の間に答えなさい。

(a) 次の (ア) ~ (コ) の元素記号で表される元素の名称を例にならってそれぞれ英語で答えなさい。

(例) Na sodium

(ア) Ag            (イ) Al            (ウ) Ar            (エ) As            (オ) Au  
(カ) S            (キ) Sb            (ク) Se            (ケ) Sr            (コ) Sn

(b) IUPAC 2005 年勧告に基づき、次の (ア) ~ (オ) の化学式で表される化合物またはイオンの名称を例にならってそれぞれ答えなさい。

(例)  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]_4^-$     ヘキサシアニド鉄(II)酸イオン

(ア)  $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{NO}_3$     (イ)  $\text{CrOOH}$     (ウ)  $\text{K}_2[\text{PtCl}_4]$     (エ)  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5(\text{OH}_2)]^{3+}$   
(オ)  $\text{K}(\text{NH}_4)_2\text{PO}_4$

(2) 次の (a) ~ (e) の間に答えなさい。

(a) ポピドンヨードを有効成分に含む市販のうがい薬の褐色は三ヨウ化物イオンによるものである。うがい薬が衣服などについた際の着色は、ハイポ(チオ硫酸ナトリウム)を用いると脱色することができる。チオ硫酸ナトリウムにより三ヨウ化物イオンの着色が消える反応を、化学反応式またはイオン反応式を用いて表しなさい。

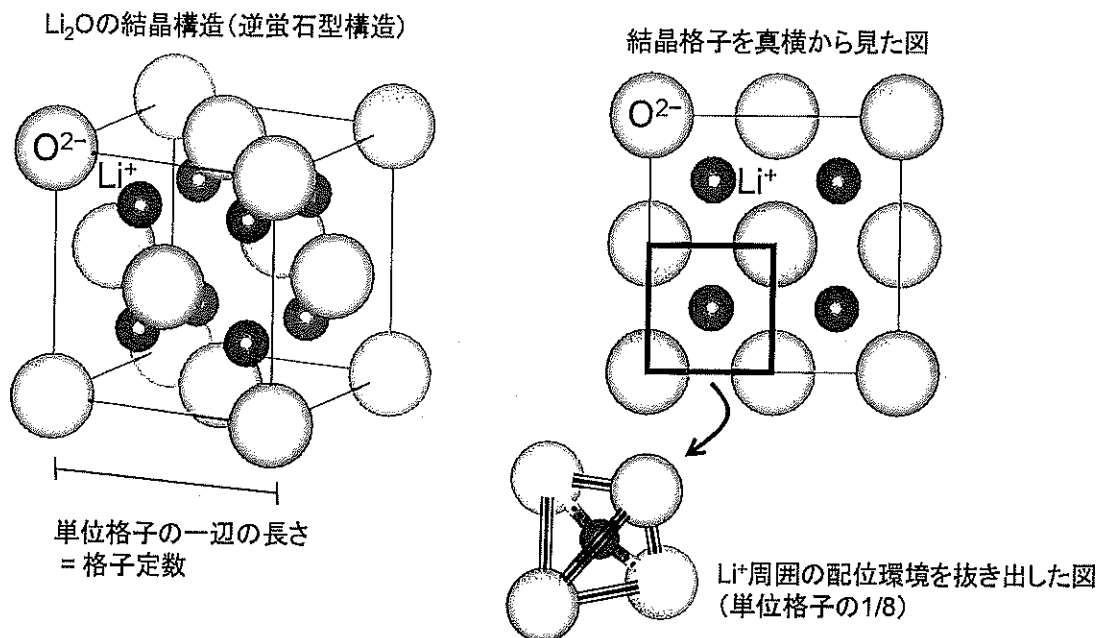
(b) 市販の漂白剤に「混ぜるな危険」の表示があるように、次亜塩素酸ナトリウムを有効成分とする塩素系漂白剤と、塩酸を成分に含む酸性洗剤を混ぜると塩素ガスが発生する。次亜塩素酸ナトリウムと塩酸を混合した際に塩素が発生する反応を、化学反応式またはイオン反応式を用いて表しなさい。

(c) 空気中で燃焼しているマグネシウムに適度の水が触れると、爆発的な燃焼が起こる。熱されたマグネシウムに水をかけた際に爆発的な燃焼が起こる理由を説明しなさい。

(d) 金属銅を希硫酸に入れ、過酸化水素水を加えると金属銅が溶解する。この反応を化学反応式で表しなさい。

(e) 青白色の水酸化銅(II)の粉末に過剰量の濃アンモニア水をかけると濃青色の水溶液となって溶解する。この反応を化学反応式で表しなさい。

(3) 酸化リチウムは次の図で示される逆蛍石型構造の結晶構造をもつ。陰イオンである酸化物イオンが面心立方格子を形成し、面心立方格子中の四面体位置にリチウムイオンが入っている。酸化物イオンどうしは互いに接しており、その隙間にリチウムイオンがちょうど内接しているものとする。下の (a) ~ (c) の問いに答えなさい。



- (a) 酸化物イオンの半径を 0.141 nm とするとき、酸化リチウム結晶の格子定数を計算し、有効数字 3 桁で答えなさい。なお、必要であれば、 $\sqrt{2} = 1.41$  を使用すること。
- (b) 逆蛍石型構造の酸化リチウムでは、リチウムは正四面体型に 4 個の酸素によって囲まれている。陽イオンおよび陰イオンのイオン半径をそれぞれ  $r_C$  および  $r_A$  で表すとき、正四面体型 4 配位における理想的な  $r_C/r_A$  が次式のように表されることを示しなさい。

$$r_C/r_A = \frac{\sqrt{6}}{2} - 1 \approx 0.225$$

- (c) リチウムおよび酸素の原子量がそれぞれ 7.0 および 16 であるとき、フッ化リチウムの密度を有効数字 2 桁で答えなさい。アボガドロ数を  $6.0 \times 10^{23}$  とする。

(4) 次の (a) ~ (c) の語句を説明しなさい。

- (a) 水素結合  
(b) 分光化学系列  
(c) ヤーン・テラー効果

# 細胞生物学

## 科目名：細胞生物学

細胞生物学の問題1～3に答えなさい。解答用紙の受験科目欄に問題番号を含む形で「細胞生物学1」、「細胞生物学2」のように記入すること。

1. 以下は細胞内における物質の輸送である細胞内輸送を説明した文章である。問い(1)～(5)に答えなさい。

遺伝子情報から翻訳され、リボゾームで合成されたタンパク質のうち、分泌経路に入るタンパク質は、小胞体内腔に取り込まれ、濃縮される。分泌経路に入る小胞体膜と水溶性の積み荷タンパク質は、それぞれ間接的に  被覆に結合して輸送小胞中に濃縮される。その後、濃縮されたタンパク質は、輸送小胞が集まってできた  によって微小管に沿って移動し、ゴルジ体へ輸送される。 では、小胞体からもれ出した小胞体タンパク質や小胞体で出芽反応に関わって回収される積み荷タンパク質などを小胞体に戻すために、 で覆われた小胞の出芽が起こり、小胞体への回収輸送が行われる。ゴルジ体は、膜で囲まれた偏平な囊が積み重なるような層状構造である。ゴルジ体に輸送されたタンパク質は、ゴルジ体内で①修飾を受け、ゴルジ体から輸送小胞が出芽し、細胞質内にくびりちぎられる。ゴルジ体から出芽した小胞はクラスリンに覆われており、その分泌小胞内では②分泌タンパク質が濃縮され、③リソソームなどの細胞小器官や細胞外へ輸送される。

- (1) 文章中の  ～  に入る適当な語句を答えなさい。
- (2) ゴルジ体には、小胞体から輸送小胞によってタンパク質が送り込まれる面と、ゴルジ体から輸送小胞によって運び出される面の網目構造がある。これらの構造を何と呼ぶか、それぞれの名称を答えなさい。
- (3) ゴルジ体での下線部①の修飾について具体的に説明しなさい。
- (4) 下線部②の機構を説明しなさい。
- (5) 下線部③について、リソソームで分解される物質は、3つの経路をたどって、リソソームに送られる。これら経路の名称を答え、それぞれの特徴を説明しなさい。

2. 真核生物の転写に関する問い(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 転写ではDNAの二重らせんの一部が開いてほどけ、DNAのそれぞれの鎖の塩基が露出することから始まる。DNAを鋳型としてRNA合成が行われるが、DNAのアデニンと塩基対を形成するRNAの塩基を答えなさい。
- (2) RNAポリメラーゼIIが転写開始時に必要とする因子の名称を答えなさい。
- (3) 核内に存在するRNAは細胞質内に運ばれる前にRNAプロセッシングといわれる3種類の加工処理を受ける。3種類の加工処理の名称を答え、それぞれの処理の方法について説明しなさい。

3. 以下の問い(1)～(3)に答えなさい。

(1) 膜タンパク (膜タンパク質) に関する次の文を読んで、問い (a) ～ (e) に答えなさい。

膜タンパクの多くは、細胞膜の脂質二重層を貫通して、両端を膜の両側に出している。このような膜貫通タンパクは両親媒性であり、疎水性領域は二重層内部にあって脂質分子の疎水性部分に寄り添い、親水性領域は膜の両側の水性環境に露出している。脂質二重層を通るポリペプチド鎖は $\alpha$ ヘリックスをもつものが多いが、膜貫通タンパクのなかには $\beta$ シートからなる $\beta$ バレルをつくっているものもある。

- (a) 細胞膜の脂質二重層を構成する脂質分子の1種にホスファチジルコリンがある。この分子は、2本の炭化水素鎖、コリン、グリセロール、リン酸の5つの部分から構成されている。これらの5つ部分から、電荷をもつ部分を選び記しなさい。また、それぞれの電荷の極性もあわせて記しなさい。
- (b)  $\alpha$ ヘリックスにおいて、アミノ酸残基18個分からなる部分はらせんの巻き数がおよそ何回転分に相当すると考えられるのかを整数値で記しなさい。
- (c)  $\beta$ シートにおいては、アミノ酸側鎖の配向に特徴がある。 $\beta$ シートのポリペプチド鎖において、隣接してペプチド結合している2つのアミノ酸それぞれのアミノ酸側鎖が、 $\beta$ シートのシート面に対してどのように配向するのかを記しなさい。
- (d)  $\beta$ バレル構造をとるタンパク質の例を1つ記しなさい。ただし、膜貫通タンパクでも、そうでなくてもよい。
- (e)  $\alpha$ ヘリックスや $\beta$ シートのようなタンパク質の部分的な構造を、タンパク質の「二次構造」と呼ぶ。タンパク質の「一次構造」、「三次構造」、「四次構造」とは何かをそれぞれ記しなさい。

- (2) 細胞間でのシグナル伝達に関する次の文を読んで、問い (a) ~ (c) に答えなさい。

動物細胞は細胞外シグナル分子を利用してさまざまな方法で相互に連絡する。そのシグナル伝達の方法には、内分泌型、パラクリン型、神経型、接触型が含まれる。これらの伝達方法においては、情報発信細胞がシグナル分子を提供し、標的細胞にある受容体がシグナル分子と結合することでシグナル伝達が行われる。

- (a) 内分泌型とパラクリン型の違いを説明しなさい。
- (b) 接触型シグナル伝達の例にはデルタとノッチがある。ハエの上皮細胞層で発達中の神経細胞に発現する膜貫通タンパクシグナル分子（デルタ）が周囲の上皮細胞にある受容体タンパク（ノッチ）に結合することで、ノッチをもつ上皮細胞に対してどのような作用があるかを記しなさい。
- (c) 神経型シグナル伝達においては、神経細胞の活動電位が軸索末端に到達すると神経伝達物質が標的細胞へ向けてシナプス間隙に放出される。神経末端の細胞膜が脱分極してから神経伝達物質がシナプス間隙へと放出されるまでの過程を、つぎの用語を全て用いて説明しなさい。

用語： 濃度      融合      流入      チャネル      シナプス前膜



(3) 細胞外シグナル分子には、細胞膜を透過してから細胞内の受容体などに作用するものがある。次の問い (a) と (b) に答えなさい。

(a) 以下の5つの物質のうち、細胞内受容体と結合して作用するシグナル分子を全て選び記しなさい。

コルチゾール    グルタミン酸    GABA    エストラジオール    セロトニン

(b) 次の文は、内皮細胞由来のシグナル分子が血管壁の平滑筋細胞を弛緩させる過程にかかわるシグナル伝達経路について説明したものである。

文中の  ～  に入る適切な語句を記しなさい。

神経伝達物質である  が血管内皮細胞表面の受容体に結合すると、その刺激により細胞内でアルギニンから気体分子である  が合成される。生成された  は細胞膜を自由に通過できるので、拡散により近傍の平滑筋細胞に到達し、細胞内で  によって活性化される標的タンパクである  が GTP から  を合成する。その作用により血管平滑筋が弛緩する。

# 生化学

## 科目名：生化学

生化学の問題 1～4 に答えなさい。解答用紙の受験科目欄に問題番号も含む形で「生化学 1」, 「生化学 2」, 「生化学 3」, 「生化学 4」のように記入すること。

1. タンパク質は、主に 20 種類の標準アミノ酸で構成されている。これらのアミノ酸に関して、以下の問い (1)～(4) に答えなさい。

(1) 次のアミノ酸のなかで含硫アミノ酸をすべて選びなさい。

メチオニン, トリプトファン, ヒスチジン,  
システイン, アスパラギン

(2) 次のアミノ酸のなかで分子量の最も小さいものを選び、その名前と構造を記しなさい。

バリン, ロイシン, アルギニン, イソロイシン, グルタミン

(3) アラニンの  $pK_1$  値と  $pK_2$  値は、それぞれ 2.34 と 9.63 である。次の (a)～(b) の問いに答えなさい。

(a) 等電点 ( $pI$ ) を求めなさい。計算過程も示すこと。

(b) アラニンを含む溶液の  $pH$  が 1, 12, あるいは (a) で求めた  $pI$  と同値の場合の、アラニンの構造をそれぞれ記しなさい。また、そのときの実効電荷を記しなさい。

(4) グリシンは、他の 19 種類のアミノ酸と構造的に異なる。その構造的な違いを説明しなさい。

2. 糖に関する以下の問い (1) ~ (3) に答えなさい。

(1) グルコースとフルクトースの構造的な違いを説明しなさい。

(2) 二糖であるラクトースとスクロースの分子量は同じであるが、構造的に異なる。次の (a) ~ (c) の問いに答えなさい。

(a) ラクトースとスクロースを構成する単糖の名前をすべて記しなさい。

(b) ベネディクト試薬で酸化されるものは、ラクトースとスクロースのどちらか記せ。また、その理由についても説明しなさい。

(c) ラクトースやスクロースと同じ分子量を持つ二糖を1つ挙げなさい。

(3) 以下の (a) ~ (f) のうち誤りを含むものをすべて選び、番号で答えよ。また、どの部分が誤りであるかそれぞれ説明しなさい。

(a) 多糖とは多種類の糖の混合物をいう。

(b) 分子量が最小の単糖の炭素数は、4である。

(c) 六炭糖をヘキソースという。

(d) D-グルコースとD-ガラクトースは、C-4位のヒドロキシ基の立体配置だけが異なるのでエピマーである。

(e) デンプンは植物細胞壁の主成分である。

(f) グルコースを酸化すると、ソルビトールとしても知られるグルシトールが生成する。

3. 代謝に関する以下の問い (1) ~ (3) に答えなさい。

(1) 解糖とはどのような代謝か答えなさい。

(2) 酵母が嫌気的条件下においてピルビン酸をエタノールに変換する過程の名称を答えなさい。

(3) 生体内で窒素代謝の結果として生成するアンモニアは毒性があるため、哺乳類ではどのような化合物に変換されて排出されるか、化合物の名称と分子式の両方を答えなさい。

4. 遺伝子に関する以下の問い (1) ~ (5) に答えなさい。

(1) 原核生物と真核生物のゲノムを比較して異なっている点を2つ述べなさい。

(2) メッセンジャーRNA, トランスファーRNA, リボソーム RNA それぞれの働きを答えなさい。

(3) DNA と RNA の化学構造の違いを答えなさい。

(4) DNA 配列の増幅技術について, 次の (a) ~ (c) の問いに答えなさい。

(a) DNA ポリメラーゼとプライマーを用いて, 目的の DNA 配列を増幅するために用いられる方法の名称を答えなさい。

(b) この方法では, 3つの温度ステップを繰り返して反応が進行する。それぞれの温度ステップでどのような反応が起こるか答えなさい。

(c) この増幅反応を 20 サイクル繰り返した場合, 反応効率が 100% の理想的な場合では, DNA 配列は何倍に増幅されるか計算しなさい。 $2^{10}$  を 1000 として計算すること。

(5) 遺伝子の発現制御に関わる, 大腸菌の *lac* オペロンについて下記の語句を用いて説明しなさい。

[グルコース, ラクトース, アロラクトース, *lac* リプレッサー]