

平成31年度編入学者・転入学者選抜学力検査  
専門試験問題

生命・応用化学科

平成30年6月22日（金）午前10時00分～12時00分

注意事項

- (1) 生命・物質化学、ソフトマテリアル、環境セラミックスに関する問題10問（A～J）のうち、4問を選択解答すること。
- (2) 選択した問題の解答を、解答冊子中の各問題に対応する解答用紙（A～J）に記入すること。
- (3) 解答冊子1冊を提出すること（問題用紙は持ち帰ること）。
- (4) 面接試験は、午後2時30分から下記にて行う。

試験場 1号館2階204B室

集合場所 1号館2階203B室

集合時間 午後2時15分

平成31年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

(生命・応用化学科)

問題 A

以下の設問すべてについて解答すること。計算問題は導出過程も記し、有効数字2桁で解答すること。なお、 $\log_{10} 2 = 0.30$ 、 $\log_{10} 3 = 0.48$ 、 $\log_{10} 5 = 0.70$  とする。

問題1 pH緩衝溶液に関する以下の問いに答えよ。

- (1)  $0.200 \text{ mol L}^{-1}$  の酢酸  $150 \text{ mL}$  と  $0.200 \text{ mol L}^{-1}$  の酢酸ナトリウム  $150 \text{ mL}$  を混合した溶液の pH を求めよ。ただし、酢酸の酸解離定数 ( $K_a$ ) は  $1.8 \times 10^{-5}$  と ( $\text{p}K_a = 4.4$ ) する。
- (2) 上記の混合溶液に、 $0.006 \text{ mol}$  の水酸化ナトリウムが完全に溶解した際の pH を求めよ。
- (3) pH 9.0 の緩衝溶液を調製したい。酢酸緩衝液とホウ酸緩衝液のどちらの緩衝液が望ましいか、理由とともに述べよ。なお、ホウ酸の  $K_a$  は  $6.3 \times 10^{-10}$  と ( $\text{p}K_a = 9.2$ ) する。

問題2 クロマトグラフィーに関する以下の問いに答えよ。

- (1) オクタデシルシラン (ODS) 修飾シリカゲルを充填したカラムを用いて、カラムに保持されない試料の液体クロマトグラフィー分析を行ったところ、保持時間  $75 \text{ s}$  に半値幅  $3.5 \text{ s}$  (ピーク幅  $6.0 \text{ s}$ ) のピークが得られた。化合物 A の分析を行ったところ保持時間  $250 \text{ s}$  に半値幅  $12.5 \text{ s}$  (ピーク幅  $21.3 \text{ s}$ ) のピークが得られた。この時化合物 A の保持係数と理論段数を求めよ。
- (2) 中空キャピラリーカラムの充填カラムに対する分離性能の優位点を van Deemter 式と関連させ説明せよ。

問題3 イオン交換樹脂に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 交換容量が  $3.51 \text{ mmol/g}$  の Cl 型強塩基性陰イオン交換樹脂  $0.10 \text{ mg}$  を  $1.02 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$  の硝酸ナトリウム溶液  $50 \text{ mL}$  に添加しよく攪拌した。平衡後の上澄みには  $2.0 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$  の硝酸イオンが検出された。塩化物に対する硝酸イオンの選択係数を算出せよ。
- (2) 上記のイオン交換樹脂における、硝酸イオンに対するヨウ化物イオンの選択係数は 4.2 であった。この交換樹脂の塩化物イオンに対するヨウ化物イオンの選択係数を求めよ。

平成31年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

(生命・応用化学科)

問題 B

問題1 定温下での化学ポテンシャル ( $\mu$ ) の圧力変化は次式で表される。ここで、 $V_m$ は物質のモル体積である。

$$\left(\frac{\partial\mu}{\partial p}\right)_T = V_m$$

次の(1)～(4)の問いについて答えよ。

- (1) 液体の水に 0 °C で圧力を 1.00 bar から 2.00 bar まで増加させた。このときに生じる化学ポテンシャル ( $\mu$ ) の変化量を有効数字 3 桁で示せ。水の密度とモル質量は 1.00 g cm<sup>-3</sup> と 18.0 g mol<sup>-1</sup> を用いよ。また、1.00 bar = 1.00 × 10<sup>5</sup> J m<sup>-3</sup> である。
- (2) 氷について(1)と同じ条件で化学ポテンシャル ( $\mu$ ) の変化量を有効数字 3 桁で示せ。ただし、氷の密度は 0.920 g cm<sup>-3</sup> を用いよ。
- (3) 水と氷が 1.00 bar で平衡状態にあるとき、2.00 bar にするとどの様な状態変化が起こるか理由とともに答えよ。
- (4) (3)の状態変化は水の特異性を示しているが、水分子のどのような性質を反映しているか答えよ。

問題2 純物質の相平衡において次の関係式が成り立つ。

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta_{\text{trs}}S}{\Delta_{\text{trs}}V}$$

次の(1)～(3)の問いについて答えよ。

- (1) この関係式の名前を答えよ。
- (2) 100 °C の水について、気化に伴う「圧力変化に対する温度変化 ( $dT/dp$ )」を有効数字 2 桁で示せ。ただし、標準転移モル体積は +30 dm<sup>3</sup> mol<sup>-1</sup>、標準転移エントロピーは +109 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup> である。また、1.0 bar = 1.0 × 10<sup>5</sup> J m<sup>-3</sup> である。
- (3) 圧力を 1.0 bar から 0.80 bar まで下げたとき、水の沸点はどのように変化するか答えよ。

平成31年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

(生命・応用化学科)

問題 C

以下の設問に全て解答すること。(導出過程も記すこと)

**問題 1** 2つのタンクの間をつなぐ内径  $D=5$  cm の直管内を水が体積流量  $Q=1.3 \times 10^3$  cm<sup>3</sup>/s で流れている。以下の問いに答えよ。

ただし、水の密度、粘度および管内壁の摩擦係数の値は一定と仮定する。

- (1) 体積流量だけを  $2.6 \times 10^3$  cm<sup>3</sup>/s に変更したとき、レイノルズ数と直管の圧力損失はそれぞれ変更前の何倍になるか答えよ。
- (2) 直管だけを内径 10 cm のものに変更したとき、レイノルズ数と直管の圧力損失はそれぞれ変更前の何倍になるか答えよ。

**問題 2** 装置から 50 kg/s で流出する 90°C の油を熱交換器を用いて 50°C まで冷却したい。冷却水の熱交換器入り口温度が 30°C のとき、以下の問いに答えよ。

ただし、油の比熱を 2.5 kJ/(kg·K)、水の比熱を 4.2 kJ/(kg·K) とし、熱交換器での熱損失は無いものとする。

- (1) 冷却水の出口温度を 40 °C にしたいとき、冷却水の質量流量 [kg/s] を求めよ。
- (2) 冷却水の質量流量が 50 kg/s の時、冷却水の出口温度 [°C] を求めよ。

平成31年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

(生命・応用化学科)

問題 D

**問題 1** 次の文章を読み、(1)～(3)の問いについて答えよ。

元素を原子番号順に並べるとその性質が周期的に変化するという法則を〔ア〕と呼ぶ。この〔ア〕に基づいて元素記号を並べ、作成した表が周期表である。周期表の縦の列を族と呼ぶ。周期表の横の列は周期と呼ばれる。元素は一般的に2種類に分類され、1、2、12-18族の元素を〔イ〕、第4周期以降に現れる3-11族の元素を〔ウ〕と呼ぶ。

元素の周期性の例の一つ挙げると、原子半径は周期表の右に行くほど小さく、また周期表の下に行くほど大きくなる。なお第6周期の〔ウ〕では、〔エ〕収縮の効果により、第5周期の〔ウ〕に対して、その原子半径はあまり大きくなっていない。

(1) 文中の(ア)～(エ)に適する語句を記せ。

(2) 12族の元素であるZn、Cd、Hgは第4周期以降に現れるため、過去には〔ウ〕に分類されることもあったが、現在は〔イ〕に分類されている。これらの元素は蒸気圧や揮発性が高く、実際に〔イ〕によく似た性質を示すが、その理由を原子の電子配置から説明せよ。

(3) 〔エ〕収縮とはどのような現象か説明せよ。

**問題 2** 原子には質量数が異なる同位体が存在する。例えば、塩素の原子量は35.453である。塩素の同位体である $^{35}\text{Cl}$ と $^{37}\text{Cl}$ の原子質量がそれぞれ34.969および36.966であるとき、各同位体の存在比(%)を小数点以下1桁まで求めよ。ただし、上記以外の塩素の同位体の存在は無視できるものとする。

**問題 3** 次の文章を読み、(1)～(2)の問いについて答えよ。

$\text{CH}_4$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ は、非共有電子対も含めると、いずれも中心のC原子、N原子、O原子が $\text{sp}^3$ 混成軌道を形成すると考えられる分子である。しかし、その結合角(中心原子と2つのH原子との結合間の角度)は、それぞれ $109.5^\circ$ 、 $106.7^\circ$ 、 $104.5^\circ$ と徐々に小さくなる。

(1)  $\text{CH}_4$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ が同じ $\text{sp}^3$ 混成軌道を形成すると考えられる分子でありながら、その結合角が異なる理由を説明せよ。

(2) 次の分子の中心原子(cの場合はC原子)がどのような混成軌道を形成するかを記せ。

(a)  $\text{BF}_3$     (b)  $\text{CO}_2$     (c)  $\text{C}_2\text{H}_6$     (d)  $\text{SF}_6$

平成31年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]  
— 専門試験 —  
(生命・応用化学科)  
問題 E

下の文を読み、設問全てに解答をすること。

蛋白質は、各アミノ酸の $\alpha$ -炭素についたアミノ基とカルボキシ基が( A )結合により縮合された高分子化合物であり、(B)どのアミノ酸がどの順番で縮合されるか(これを蛋白質のアミノ酸配列と呼ぶ)によって、どの立体構造を取るかが規定されるといわれている。蛋白質の立体構造は階層構造で分類され、アミノ酸配列を一次構造、ペプチド主鎖の( A )結合間の水素結合により形成される( C )や( D )を二次構造と呼ぶ。さらに、それら二次構造も含むペプチド鎖が、ペプチド主鎖や側鎖間での( E )結合や( F )結合、水素結合といった非共有結合、(G)S-S結合のような共有結合により寄り集まることで、蛋白質全体の立体構造は形成される。この立体構造を、三次構造と呼ぶ。

金属イオンの配位も、蛋白質が特定の立体構造を形成するのに寄与することが知られている。例えば、ジンクフィンガーと呼ばれる、DNAに対して結合活性を持つ蛋白質モチーフの三次構造を図1に示すが、(H)1本の( C )と2本の( D )が寄り集まった構造が、亜鉛イオン( $Zn^{2+}$ )の配位により安定化されている。蛋白質の持つ機能は立体構造と密接に関連することが知られているが、ジンクフィンガーがDNAに結合する場合には、ジンクフィンガー内の(I) ( C )部分がDNA二重らせんの主溝(メジャーグループ)とちょうどサイズがフィットするために、この溝にはまり込む形で結合することができる。このような例は、蛋白質の立体構造と機能の相関が非常にわかりやすい例として、とても興味深い。

上面から見たところ



側面から見たところ

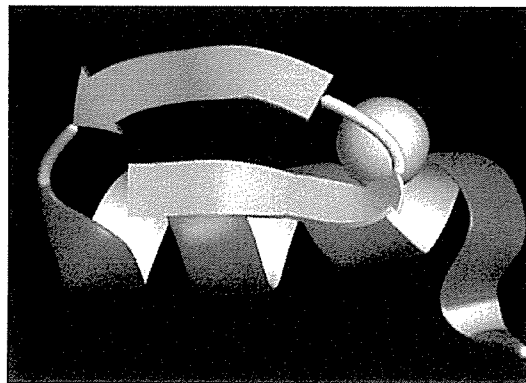
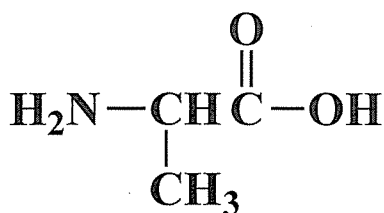


図1 ジンクフィンガー-Xfin-31 (PDBID: 1ZNF)の立体構造のリボンモデル図  
(白丸の部分が、亜鉛イオンを示す)

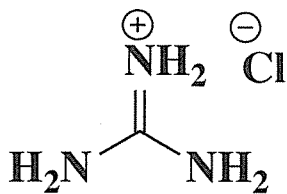
問題1 空欄A、C、D、E、Fに適切な語句を埋めよ。また、2分子のAlaが( A )結合により縮合された化学構造を、下記のAlaの化学構造を参考に描け。



Ala (アラニン)

問題2 下線(B)はアンフィンセンのドグマといわれる概念であり、この概念の証明には、ある蛋白質の立体構造を「変性剤」と呼ばれる試薬により一旦ほどもき(すなわち変性させ)、その後この変性剤をゆっくりと除いていった時に元の構造に戻るかどうかにより評価を行った。変性剤には、下記に示すグアニジン塩酸塩が有名であるが、この試薬が蛋白質の変性剤として働くのはなぜか?化学構造の特徴を元に、その理由を考えて100字以内で述べよ。

(変性剤は、蛋白質の水溶液に高濃度(グアニジン塩酸塩であれば6 mol/L程度)に加えることで、蛋白質を変性させる(立体構造を崩す)ことができる)

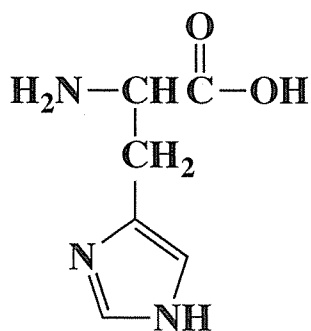


グアニジン塩酸塩の化学構造

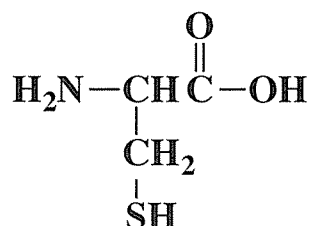
問題3 下線(G)に関連し、下記文章中の空欄あ、いを埋めよ。

S-S結合は、システイン側鎖のSH基間で( あ )反応が起こることで形成される。この結合を元の2つのSH基に戻すことは、( い )反応を行うことで可能である。

問題4 下線 (H) に関して、あるジンクフィンガーでは、2つのHisの側鎖と2つのCys側鎖が亜鉛イオン ( $Zn^{2+}$ ) と「正四面体型の4配位構造」で配位していることが知られている。亜鉛イオンまわりの配位子の配位構造を、下記に示したアミノ酸HisとCysの化学構造を参考に図示せよ。

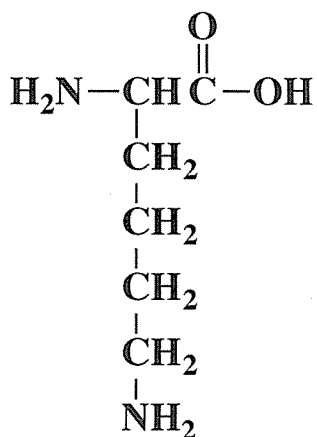


His (ヒスチジン)

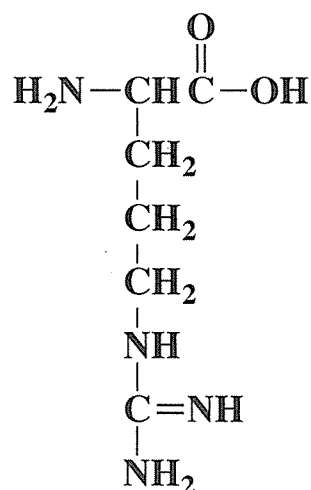


Cys (システイン)

問題5 ジンクフィンガーの( C )内には、Lys、Argといった塩基性アミノ酸が存在し、下線 (I) にあるようなDNAとの結合に大きく関与する。なぜこれらのアミノ酸が、DNAとの結合に対して大きな役割を果たすのか。下記に示した各アミノ酸の化学構造を参考に、50字以内で理由を述べよ。また逆に、どのようなアミノ酸をジンクフィンガーの( C )内に含む場合に、結合が抑制されると考えられるか？考えられるアミノ酸を、天然アミノ酸20種類の中から2つ選び、それらの理由を50字以内で述べよ。



Lys (リシン)



Arg (アルギニン)



平成31年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

(生命・応用化学科)

問題 F

設問すべてについて解答すること。

問題1 以下の化合物の構造式を示せ。

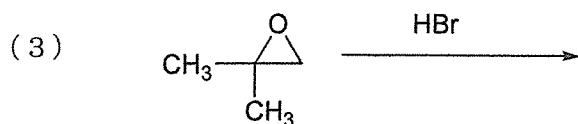
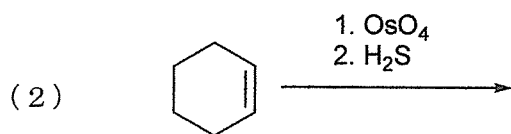
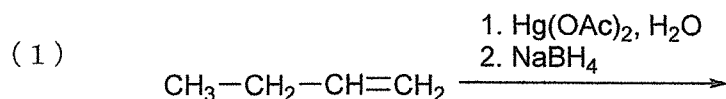
- (1) 3-クロロ-2-エチル-1-ペンテン
- (2) 2-シクロブチル-2-ブタノール

問題2 2-メチルペンタンのC3-C4結合まわりのアンチ形配座をC3から見たNewman投影式で示せ。

問題3  $C_4H_9Br$  の分子式を持つブromoアルカンの全ての異性体について、 $S_N2$  反応における反応性の高いものから順に、その構造式を並べて示せ。

問題4 2-ブロモペンタンをナトリウムメトキシドと反応させると化合物A(収率72%)および化合物B(収率28%)を生じる。一方、カリウム *tert*-ブトキシドと反応させると化合物A(収率20%)と化合物B(収率80%)を与える。化合物AおよびBの構造式をそれぞれ示せ。

問題5 以下の反応の主生成物の構造式を示せ。



— 専門試験 —

(生命・応用化学科)

問題 G

問題1 繰返し単位の化学構造が等しい高分子でも、分子量が異なると、その性質は大きく異なる。構造式が  $\text{H}-(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_n-\text{OH}$  で表される単分散ポリオキシエチレン (POE) について、(1)~(9)の問いに答えよ。なお「単分散」とは、分子量の分布が非常に狭いことを意味する。必要であれば次の値を用いよ。

気体定数  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$  原子量 H: 1.0 C: 12 O: 16

- (1) 質量  $w$  の POE が溶解している体積  $V$  の溶液について、絶対温度  $T$  で示す浸透圧  $\Pi$  の値から、POE の分子量  $M$  を求める。このときに使用する式を、これらの記号および気体定数  $R$  を用いて記せ。
- (2)  $M = 1.0 \times 10^4$  の POE を 0.10 g 溶解した 100 mL の水溶液の、温度 300 K での浸透圧 (Pa) を有効数字 3 桁で求めよ。
- (3) (2) の POE について、末端ヒドロキシ基の水素原子の物質量を 1.0 としたときの、繰返し単位中のメチレン基の水素原子の物質量を、有効数字 3 桁で求めよ。
- (4)  $M = 1.0 \times 10^4$  と  $1.0 \times 10^5$  の単分散 POE を、それぞれ同じ重量で混合した。得られた混合物 0.10 g を溶解した 100 mL の水溶液について、300 K で測定した時の浸透圧 (Pa) と、それから求められる分子量を、それぞれ有効数字 2 桁で記せ。
- (5) (4) の分子量は、(ア) 平均分子量とよばれる。(ア) に当てはまる語を記せ。
- (6) 半透膜を用いて得られる浸透圧から高分子の分子量を求める手法は、分子量が極端に低い場合と、極端に高い場合には、適用が困難である。その理由を各々 1 行以内で記せ。
- (7) POE は、規則正しく配列した結晶構造をとることが知られている。室温での POE は、 $M = 5.6 \times 10^2$  では液体状、 $M = 2.0 \times 10^3$  では粉末状、 $M = 1.0 \times 10^6$  ではフィルム状であった。このような違いが表れる理由を 5 行程度で記せ。
- (8)  $M = 5.6 \times 10^2$  の POE 1.0 g に、図 1 に示す化合物 A を加え、POE のすべてのヒドロキシ基と化合物 A のすべてのカルボキシ基とを反応させエステル結合とした。この時に要する化合物 A の質量 (g) を有効数字 2 桁で求めよ。途中の導出過程も示すこと。
- (9) (8) で得られた物質が室温で示す力学的性質は、以下の高分子材料のどれに一番近いのか、記号で記せ。また、その理由を 2 行以内で記せ。
  - (a) ラップフィルム (b) ポリエステル繊維 (c) 輪ゴム
  - (d) ペットボトル (e) シリコンオイル

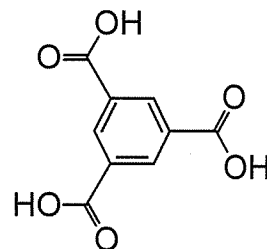


図 1 化合物 A の構造式

平成31年度 編入学者・転入学 者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

(生命・応用化学科)

問題 H

次の文章を読み、設問すべてについて解答すること。

合成高分子は、その合成法として大別して2種に分類でき、一つは縮合重合と呼ばれる。その縮合重合で得られる合成高分子の代表例としては、①ナイロン66などのポリアミドやポリエチレンテレフタレートなどのポリエステルがある。他の一つは [ア] と呼ばれ、こちらの合成高分子の代表例としては②ポリアクリロニトリルやポリ酢酸ビニルがある。また、直接的な合成が難しいポリビニルアルコールの場合は、ポリ酢酸ビニルを合成した後にメタノール中の水酸化ナトリウムを用いた [イ] による2段階合成法など様々な合成法が開発されてきた。

合成樹脂の中には、加熱すると [ウ] して形状を変えられるものがあり、熱可塑性樹脂と呼ばれる。一方、合成樹脂の中には加熱すると一層硬化する樹脂もあり、熱硬化性樹脂と呼ばれる。また、体内で各種の酵素の作用を受けて分解する [エ] 高分子や約500℃の高温にも耐える耐熱性高分子など様々な機能性高分子がこれまでに開発されている。

I 次の(1)～(5)の問いについて答えよ。

- (1) 空欄 [ア] から [エ] に当てはまる適当な語を記せ。
- (2) 下線①ナイロン66と下線②ポリアクリロニトリルの構造式をそれぞれ書け。
- (3) ポリビニルアルコール100(g)に対して、ホルムアルデヒドを用いて部分的にアセタール化したところ質量が6.8(g)増加した。この化合物は、用いたポリビニルアルコールの水酸基の何パーセントがアセタール化されたものか。計算式を示して有効数字2桁で答えよ。
- (4) 熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂の構造の違いについて説明せよ。
- (5) 耐熱性高分子を設計する上で重要な要因について、「化学結合」と「高分子主鎖」の語を使って説明せよ。

II 次の(1)～(3)の問いについて答えよ。

- (1) 2種類のモノマーから合成される共重合体の名称を3つ書け。
- (2) プロピレンオキシドの開環重合で $\alpha$ -開裂のみと $\beta$ -開裂のみが起こるそれぞれの場合に得られる高分子の構造を記せ。ただし、末端構造と立体化学は明記しなくて良い。
- (3) ポリプロピレンのイソタクチックポリマーとアタクチックポリマーの立体構造の差異について説明せよ。

平成31年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

(生命・応用化学科)

問題 I

問題 1 設問すべてについて解答すること。

I 状態量に関する次の文章を読み、(1)～(3)の問いについて答えよ。

系の状態だけで一意的に決まる物理量を状態量と呼ぶ。状態量は系の分量に比例する①性状態量と、系の分量に無関係な②性状態量の二つに分類される。①性状態量の例として③がある。

(1) ①にあてはまる適切な語を記せ。

(2) ②にあてはまる適切な語を記せ。

(3) 状態量の代表的な例として、質量や圧力、体積、温度、エントロピー、エンタルピー、密度、内部エネルギーがある。これらの状態量のなかで③にあてはまるものを全て記せ。

II 相律に関する次の(1)～(3)の問いについて答えよ。

(1) C個の成分を含む閉じた系において、P個の相が平衡状態にあるときの自由度(F)を表す式を記せ。

(2) ある圧力における単相の物質Aは、温度の上昇とともに固体から液体、気体へ相が変化した。これら3つの相が平衡に共存するとき、その温度と圧力が一意的に決定される理由を相律に基づいて説明せよ。

(3) 圧力が常に一定に保たれる場合の自由度(F')を表す式を記せ。

III 化合物Aと化合物Bから構成される二成分系の相平衡を常圧下で調べたところ、図1の相図が得られた。この相図に関する次の(1)～(3)の問いについて答えよ。

(1) 液相と固相の二相が共存する温度を指定すると、液相の組成と固相の組成が一意的に決定される。この理由を相律に基づいて説明せよ。

(2) 図1に示す組成 $x_2$ の均一な液相を温度 $T_2$ から冷却した。平衡状態が常に成立するとして、温度 $T_5$ まで冷却する過程で起こる変化を説明せよ。

(3) 温度  $T_1$  における固相と液相のギブスの自由エネルギーを、全ての組成範囲で求めたところ、図 2 に示す曲線が得られた。この曲線を自由エネルギー曲線と呼ぶ。図 2 を参考にして、温度  $T_2$  と  $T_3$  における固相と液相の自由エネルギー曲線を全ての組成範囲で描け。また、これらの自由エネルギー曲線に共通接線が存在する場合には、各接点の組成を明記せよ。

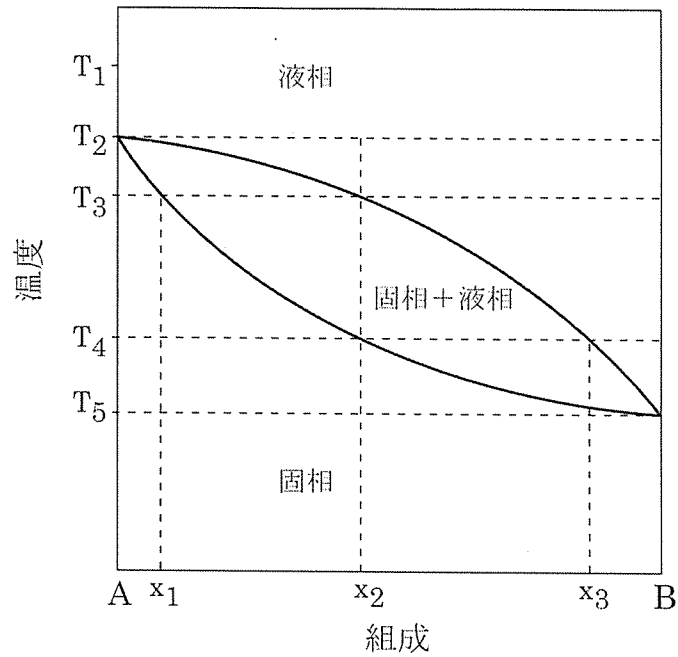


図 1 A-B 二成分系の相図

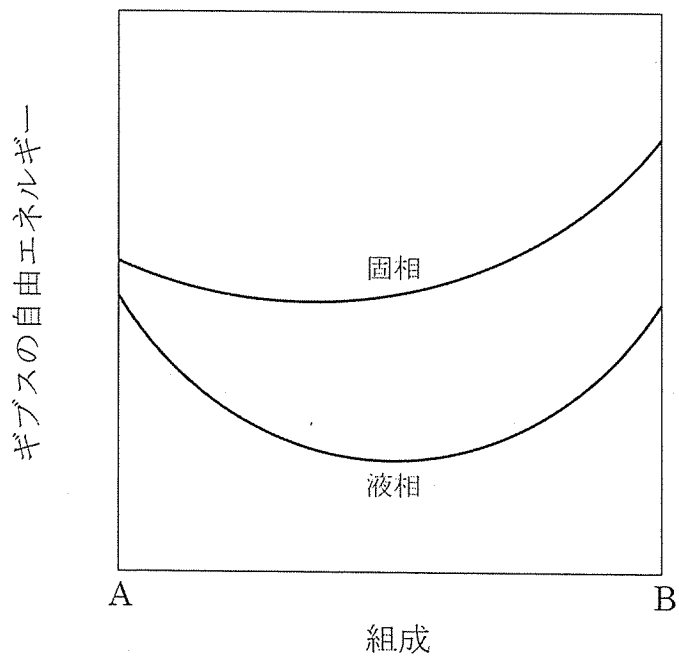


図 2 温度  $T_1$  における自由エネルギー曲線

平成31年度 編入学者・転入学者選抜学力検査 [問題]

— 専門試験 —

(生命・応用化学科)

問題 J

問題 設問すべてについて解答すること。

次の(1)～(7)の問いについて答えよ。

(1) 下記は結晶系と単位格子の形に関する表である。ここで、単位格子の形については、一般的なものを表しており、軸の取り方によっては、表記が異なる。なお、≠という記号は必ずしも等しくないという意味である。①～⑥の空欄を埋め、表を完成せよ。⑤には格子の辺の長さの関係を、⑥には角度の関係を他の結晶系での書き方に習って記せ。

結晶系	単位格子の形
( ① )	$a \neq b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma$
( ② )	$a \neq b \neq c, \alpha = \gamma = 90^\circ \beta \neq 90^\circ$
直方晶 (斜方晶)	( ⑤ ), ( ⑥ )
( ③ )	$a = b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
三方晶	$a = b \neq c, \alpha = \beta = 90^\circ \gamma = 120^\circ$ or $a = b = c, \alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$
六方晶	$a = b \neq c, \alpha = \beta = 90^\circ \gamma = 120^\circ$
( ④ )	$a = b = c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

(2) 直方晶系には4種類のブラベー格子がある。その4つ全てを答えよ。

(3) ブラベー格子が菱面体である結晶の晶系は何か、答えよ。

(4) 直方晶系を特徴付ける回転対称操作は何か、答えよ。

(5) 点群  $4/m\bar{m}m$  が属する結晶系は何か、答えよ。

(6) 立方晶系の結晶構造をもつ物質に対して、 $2\theta - \theta$ 法(ブラッグ-ブレンターノ光学系)で粉末 X 線回折測定を行った結果、指数 110 の回折ピークが  $\theta = 22.35^\circ$  に現れた。この物質の格子定数  $a$  を求め、答えよ。なお、X 線源の波長は  $\text{Cu } K\alpha : 0.15 \text{ nm}$  とし、 $\sin 22.35^\circ = 0.38$  と近似し計算せよ。また、 $\sqrt{2} = 1.41$  と  $\sqrt{3} = 1.73$  とし、必要に応じて適宜使用せよ。回答は導出過程も記載し、格子定数  $a$  は有効数字 2 桁で単位を nm で答えること。

(7) 元素 A と元素 B からなる化合物 AB は面心立方構造をもつ。この化合物の構造は B 原子を頂点とした正八面体の中心に A 原子が位置し、その  $\text{AB}_6$  八面体が稜共有して 3 次元ネットワークを形成していると表現することができる。B 原子が単位格子上の原点に位置するとき、A 原子の分率座標を全て回答せよ。