

# 2018年9月・2019年4月入学試験

## 大学院先進理工学研究科修士課程

### 化学・生命化学専攻

#### 問題表紙

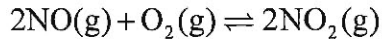
- ◎問題用紙が16ページあることを試験開始直後に確認しなさい。
- ◎解答用紙は物理化学が4枚綴り，有機化学が4枚綴り，無機・分析化学が3枚綴り，生命化学が3枚綴りであることを試験開始直後に確認しなさい。
- ◎物理化学，有機化学，無機・分析化学，生命化学のうち2科目を選択すること。  
選択した科目については、別紙の選択科目届け出用紙の科目選択欄に○をつけること。
- ◎数値計算のために関数電卓の使用を許可する。

2018年9月・2019年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程化学・生命化学専攻  
科目名： \_\_\_\_\_ 物理化学 \_\_\_\_\_

問題番号 1

1. 次の文章を読み、設問に答えなさい。

以下の反応を考える。



標準状態を 1 atm で定義する。非標準状態では、反応にともなう自由エネルギー変化  $\Delta G$  は次式で表される。

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$$

ここで、 $\Delta G^\circ$  はこの反応の 25 °C における標準自由エネルギー変化 (standard free energy change)、 $Q$  は反応商 (reaction quotient) である。

必要であれば、以下の数値を使いなさい。

25 °C における標準生成エンタルピー (standard enthalpy of formation)

$$\Delta H_f^\circ(\text{NO}(\text{g})) = 91.3 \text{ kJ/mol}, \Delta H_f^\circ(\text{O}_2(\text{g})) = 0 \text{ kJ/mol}, \Delta H_f^\circ(\text{NO}_2(\text{g})) = 33.2 \text{ kJ/mol}$$

25 °C における標準生成自由エネルギー (standard free energy of formation)

$$\Delta G_f^\circ(\text{NO}(\text{g})) = 87.6 \text{ kJ/mol}, \Delta G_f^\circ(\text{O}_2(\text{g})) = 0 \text{ kJ/mol}, \Delta G_f^\circ(\text{NO}_2(\text{g})) = 51.3 \text{ kJ/mol}$$

気体定数 (gas constant)  $R = 0.0821 \text{ L} \cdot \text{atm} / \text{mol} \cdot \text{K} = 8.31 \text{ J} / \text{mol} \cdot \text{K}$

- (1) 定温定圧過程で、平衡状態 (equilibrium) において  $\Delta G$  はどのような値をとるか、答えなさい。
- (2)  $\Delta G^\circ$  の値を求めなさい。
- (3) 25 °C において、NO, O<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> の分圧がそれぞれ 0.100, 0.100, 2.00 atm であるとき、 $\Delta G$  の値を求めなさい。
- (4) 25 °C における平衡定数 (equilibrium constant) の値を求めなさい。
- (5) この反応の 25 °C における標準エンタルピー変化 (standard enthalpy change)  $\Delta H^\circ$  の値を求めなさい。この反応は、発熱反応か吸熱反応か答えなさい。
- (6)  $\Delta G^\circ$  と  $\Delta H^\circ$  から、この反応の 25 °C における標準エントロピー変化 (standard entropy change)  $\Delta S^\circ$  の値を求めなさい。

2018年9月入学・2019年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程化学・生命化学専攻

科目名： \_\_\_\_\_ 物理化学 \_\_\_\_\_

問題番号 2

2. 次の文章を読み、設問に答えなさい。

メチルイソシアニドの異性化 ( $\text{CH}_3\text{NC} \rightarrow \text{CH}_3\text{CN}$ ) など、気相における1分子反応 ( $\text{A} \rightarrow \text{B}$ ) は、リンデマン機構 (Lindemann mechanism) を用いて説明することができる。この機構では、2分子過程により、

(a) 分子 A が別の分子 A と衝突してエネルギー的に活性な分子  $\text{A}^*$  を生成する。(b) 活性分子  $\text{A}^*$  は、別の分子 A と衝突して失活する。(c) 生成物である分子 B は、活性分子  $\text{A}^*$  の1分子過程により生成する。



ここで、 $k_1$ ,  $k_{-1}$  は2次の速度定数 (rate constant),  $k_2$  は1次の速度定数である。 $[\text{A}]$  は分子 A のモル濃度を表す。

(1)  $\text{A}^*$  の反応の速度式 (rate equation) を求めなさい。

(2)  $[\text{A}^*]$  が定常状態 ( $\frac{d[\text{A}^*]}{dt} = 0$ ) にあるとき、B の生成速度式を  $[\text{A}]$  と速度定数を用いて表しなさい。

(3) 高濃度極限 ( $k_1[\text{A}] \gg k_2$ ) における B の生成速度式の次数を求めなさい。

(4) 低濃度極限 ( $k_1[\text{A}] \ll k_2$ ) における B の生成速度式の次数を求めなさい。

2018年9月・2019年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程化学・生命化学専攻

科目名： \_\_\_\_\_ 物理化学 \_\_\_\_\_

問題番号 3

3. つぎの各問に答えよ。ただし、数値はすべて有効数字3桁で求めよ。

必要であれば、つぎの物理定数 (physical constant) を用いよ。

$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$  (プランク定数, Planck constant),  $c = 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$  (光速, speed of light),  
 $k_B = 1.381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$  (ボルツマン定数, Boltzmann constant)

- (1) 100 W の黄色電灯 (yellow light) から 10.0 秒間に放出される光子 (photon) の数を計算せよ。ただし、黄色の光の波長 (wavelength) を 560 nm とし、100%の効率で光が放出されるものと仮定する。
- (2) 2300 K に熱せられた白熱電球 (incandescent lamp) から放出される波長 450 nm の青色光 (blue light) と波長 700 nm の赤色光 (red light) のエネルギー出力の比 (energy output ratio) を計算せよ。ただし、温度 (temperature)  $T$  の物体から発せられる波長  $\lambda$  の光のエネルギー分布 (energy distribution) は、次のプランクの輻射式 (Planck's radiation formula) で計算される。

$$U(\lambda, T) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5 \{ \exp(hc/\lambda k_B T) - 1 \}}$$

- (3) 角運動量演算子 (angular momentum operator)  $\hat{L}_z$  および  $\hat{L}^2$  を極座標 (polar coordinate) で表すとそれぞれ次式で与えられる。

$$\hat{L}_z = \frac{\hbar}{i} \frac{\partial}{\partial \phi}, \quad \hat{L}^2 = -\hbar^2 \left[ \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \sin \theta \frac{\partial}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{\partial^2}{\partial \phi^2} \right]$$

次式で与えられる水素原子 (hydrogen atom) の波動関数 (wave function) に対する  $\hat{L}_z$  と  $\hat{L}^2$  の固有値 (eigen value) をそれぞれ求めよ。

$$\psi(r, \theta, \phi) = \frac{1}{8\sqrt{\pi}} \left( \frac{1}{a_0} \right)^{3/2} \left( \frac{r}{a_0} \right) \exp\left(-\frac{r}{2a_0}\right) \sin \theta \exp(-i\phi)$$

ここで、 $a_0$  はボーア半径 (Bohr radius) である。さらに、 $\hat{L}^2$  の固有値よりこの波動関数は、通常、何軌道と呼ばれるか答えよ。

- (4) 等核 2 原子分子 (homonuclear diatomic molecule)  $B_2$ ,  $N_2$ ,  $O_2$  を結合距離 (bond distance) が短い順に並べよ。また、その根拠を簡潔に答えよ。

2018年9月入学・2019年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程化学・生命化学専攻

科目名： \_\_\_\_\_ 物理化学 \_\_\_\_\_

問題番号

4

4. 次の文章を読み、設問に答えなさい。必要であれば、次の数値を用いなさい。 $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$  (プランク定数, Planck constant),  $c = 2.998 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$  (光速, speed of light),  $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  (アボガドロ定数, Avogadro constant)。1 eV =  $1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$ 。原子量 (atomic mass) は、次の値を用いなさい。 $^1\text{H} = 1.008$ ,  $^2\text{H} = 2.014$ ,  $^{81}\text{Br} = 80.916$ 。

$^1\text{H}^{81}\text{Br}$  の振動エネルギー準位 ( $v = 0, 1, 2, 3$ ) は、 $1313.183 \text{ cm}^{-1}$ ,  $3871.724 \text{ cm}^{-1}$ ,  $6339.831 \text{ cm}^{-1}$ ,  $8717.504 \text{ cm}^{-1}$  にある。振動項は、 $G(v) = \left(v + \frac{1}{2}\right)\tilde{\nu} - \left(v + \frac{1}{2}\right)^2 x_e \tilde{\nu}$  である。ここで、 $\tilde{\nu} = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{k}{\mu}}$ ,  $x_e$  は非調和定数である。また、 $\mu$  は換算質量 (reduced mass),  $k$  は分子の力の定数 (force constant) である。

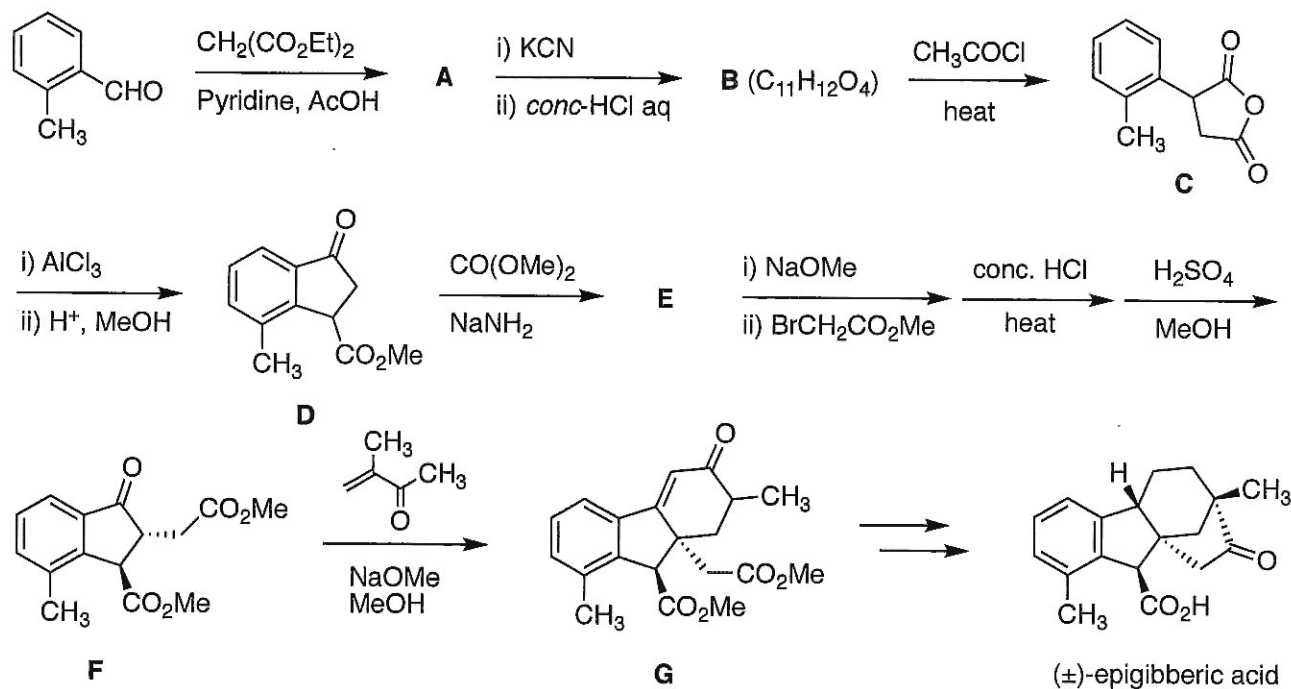
- (1)  $^1\text{H}^{81}\text{Br}$  の  $\tilde{\nu}$ ,  $x_e \tilde{\nu}$  の値をそれぞれ  $\text{cm}^{-1}$  単位で求めなさい。
- (2)  $^1\text{H}^{81}\text{Br}$  の力の定数を  $\text{Nm}^{-1}$  単位, 有効数字 3 桁まで求めなさい。
- (3)  $^1\text{H}^{81}\text{Br}$  の零点エネルギーを eV 単位で求めなさい。
- (4)  $^1\text{H}^{81}\text{Br}$  のポテンシャル極小の深さを、 $\tilde{\nu}$  と  $x_e$  を用いて表しなさい。
- (5)  $^2\text{H}^{81}\text{Br}$  の  $\tilde{\nu}$  の値を  $\text{cm}^{-1}$  単位で求めなさい。ただし、同位体置換により分子の力の定数は変化しないものとする。

2018年9月・2019年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程化学・生命化学専攻

科目名： \_\_\_\_\_ 有機化学 \_\_\_\_\_

問題番号 1

ジベレリンは、高等植物の発芽、生長、花芽の形成などの様々な生理現象にかかわるホルモンであり、エピジベル酸 (epigibberic acid) はその合成中間体 (synthetic intermediate) である。以下の設問に答えなさい。



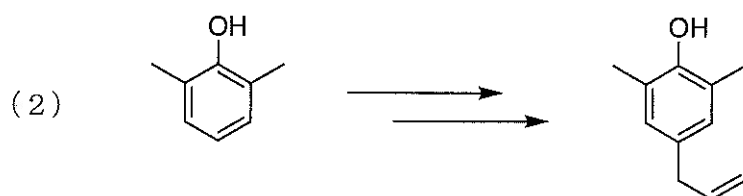
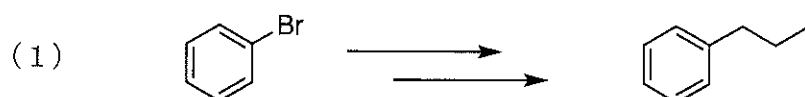
- (1) 化合物 **A** および **B** の構造式 (constitutional formula) を書きなさい。
- (2) 化合物 **C** から **D** を与える反応機構 (reaction mechanism) について説明しなさい。
- (3) 化合物 **E** の構造式を書きなさい。
- (4) 化合物 **E** から **F** の最初の反応に用いる塩基 (base) として、NaOMe の代わりに NaOH や NaOEt を用いた場合、どのような問題が生じると予測されるか。簡潔に説明しなさい。
- (5) 化合物 **F** から **G** の反応機構について説明しなさい。

2018年9月・2019年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程化学・生命化学専攻

科目名： \_\_\_\_\_ 有機化学 \_\_\_\_\_

問題番号 **2**

次の(1)～(5)に示した生成物 (product) を指定した原料 (starting material) から合成する方法について説明しなさい。必要に応じて試薬 (reagent) や、基質となる3炭素以下の有機化合物 (organic compound having three carbons or less) は自由に使用してよい。



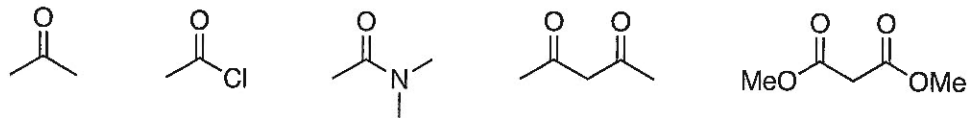
2018年9月・2019年4月入学試験問題  
 大学院先進理工学研究科修士課程化学・生命化学専攻

科目名： \_\_\_\_\_ 有機化学 \_\_\_\_\_

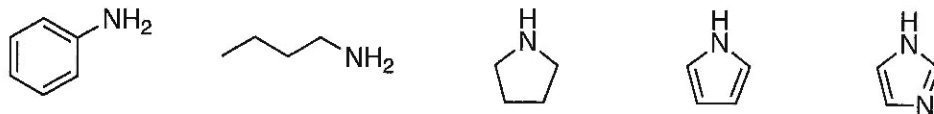
問題番号 3

次の(1)～(5)に示した化合物や試薬について、以下の設問に不等号(>)を用いて答えなさい。

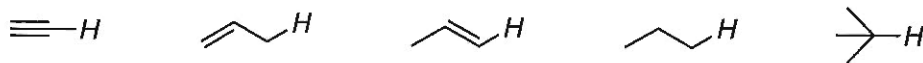
(1) エノール化(enolization)しやすい順に並べなさい。



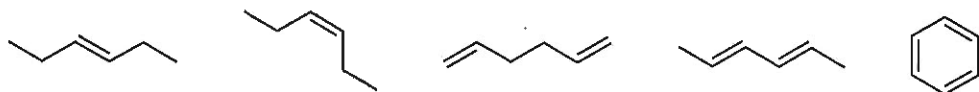
(2) 共役酸(conjugate acid)のpKaについて、値の大きい方から順に並べなさい。



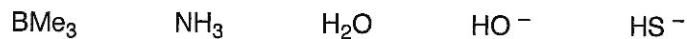
(3) イタリックで示したHが関係する炭素水素結合の結合エネルギー(bond dissociation energy)について、値の大きい方から順に並べなさい。



(4) 不飽和結合(unsaturated bond)一つ当たりの水素化熱(heat of hydrogenation)について、絶対値の大きい方から順に並べなさい。



(5) 求核試薬としての反応性(nucleophilicity)が高い方から順に並べなさい。





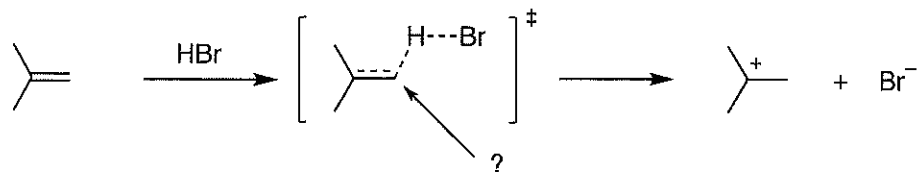
2018年9月・2019年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程化学・生命化学専攻

科目名： \_\_\_\_\_ 有機化学 \_\_\_\_\_

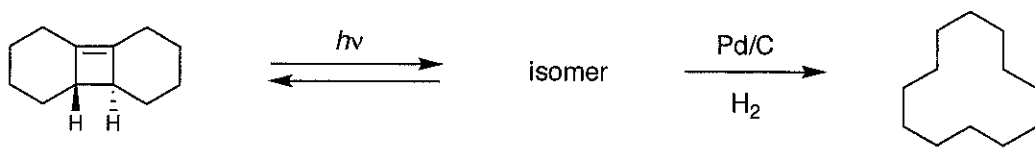
問題番号 4

以下の設問に答えなさい。

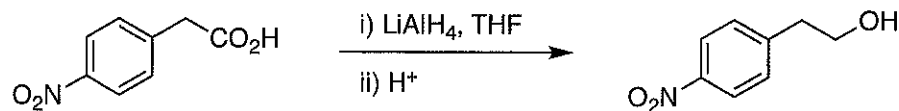
- (1) 2-Methylpropene の HBr 付加 (addition) は吸エルゴン反応 (endergonic reaction) であり、下図に示す遷移状態 (transition state) を経てカルボカチオン (carbocation) を与える。この反応の遷移状態において、矢印で示した炭素は  $sp$ ,  $sp^2$ ,  $sp^3$  のいずれの混成 (hybridization) に近いと考えられるか。ハモンドの仮説 (Hammond postulate) について簡潔に説明し、答えなさい。



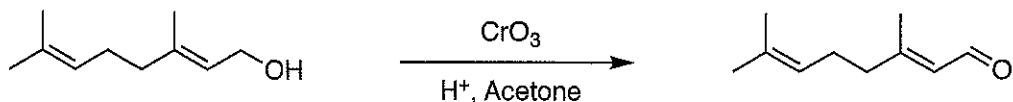
- (2) 下記の反応物 (reactant) は光反応により異性化 (photoisomerization) し、その生成物を水素化 (hydrogenation) すると cyclododecanone を与える。光反応で生じる異性体 (isomer) を構造式で示し、その立体化学を説明しなさい。



- (3) 下記の還元反応 (reduction) は試薬の選択に問題がある。どのような問題が生じるかを簡潔に説明し、より適切な試薬を提案しなさい。



- (4) 下記の酸化反応 (oxidation) は試薬の選択に問題がある。どのような問題が生じるかを簡潔に説明し、より適切な試薬を提案しなさい。



- (5) 次の反応で生成物を収率よく得るためには、基質または試薬のいずれかを過剰に用いて反応させる必要がある。どちらを過剰に用いるべきか、答えなさい。その理由も説明しなさい。



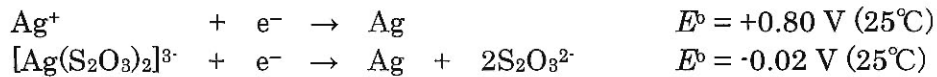
2018年9月・2019年4月入学試験問題  
 大学院先進理工学研究科修士課程化学・生命化学専攻

科目名： \_\_\_\_\_ 無機・分析化学 \_\_\_\_\_

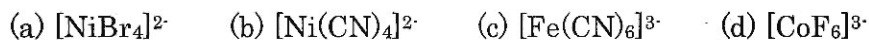
問題番号 1

1. 次の問いに答えなさい。ただし、 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$  mol/L とする。

- (1)  $\text{CH}_3\text{COONa}$  0.10 mol/L と  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0.05 mol/L を含む水溶液の pH を計算しなさい。ただし、 $K_a = 1.7 \times 10^{-5}$  mol/L である。
- (2)  $\text{Cr}^{3+}$  の水和イオンの配位水は酸解離を起こし、その一段目の  $\text{p}K_a$  は 3.95 である。この時生成する錯イオンは  $\text{Cr}^{3+}$  と  $\text{OH}^-$  との錯生成における一段目の反応の生成物と同じである。 $\text{Cr}^{3+}$  と  $\text{OH}^-$  との一段目の錯生成定数  $K_1$  を求めなさい。
- (3) 次の標準電極電位を用いて 25°C での  $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$  の全生成定数を求めなさい。ただし  $R = 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ,  $F = 96500 \text{ C mol}^{-1}$  として良い。



- (4) 次の各錯イオンの配位構造およびスピントリー式から予測される有効磁気モーメント (ボア磁子単位) を答えなさい。



2018年9月・2019年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程化学・生命化学専攻

科目名： \_\_\_\_\_ 無機・分析化学 \_\_\_\_\_

問題番号 2

2. 次の(a)~(d)の事柄について、キーワード欄から適切なキーワードを選択し、それを使って説明しなさい。解答の説明文中の当該キーワードに下線を引くこと。(キーワード欄から複数のキーワードを選んでもかまわない。)

<キーワード欄>

置換活性・置換不活性・VSEPR 則・18 電子則・HSAB 則・

ヤーン-テラー効果・トランス効果・酸化数・結合次数・配位子場安定化エネルギー

- (a) Irving-Williams の安定度系列について。
- (b)  $\text{SF}_4$  と  $\text{XeF}_4$  の構造の違い。
- (c)  $[\text{Cr}(\text{SCN})_6]^{3-}$  と  $[\text{Hg}(\text{SCN})_4]^{2-}$  における  $\text{SCN}^-$  イオンの配位原子の違い。
- (d) 配位子が全て  $\text{CO}$  からなる錯体について、 $\text{Cr}(0)$  錯体や  $\text{Fe}(0)$  錯体では単核錯体が存在するが、 $\text{Mn}(0)$  錯体には単核錯体が安定に存在しない理由。

2018年9月・2019年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程化学・生命化学専攻

科目名： \_\_\_\_\_ 無機・分析化学 \_\_\_\_\_

問題番号 

3
---

3. 配位子 HL は酸解離して L<sup>-</sup>となり、金属イオン M<sup>3+</sup>と 1:1 で錯形成し ML<sup>2+</sup>となる。HA の酸解離定数を  $K_a$ 、ML<sup>2+</sup>の錯生成定数を  $K_c$ とする。この錯生成定数  $K_c$ を求めるために以下の実験を行った。

- (a) 金属イオンに大過剰の配位子を加えた溶液の pH を調整する。この時の金属イオンの総濃度を  $C_M$ 、配位子の総濃度を  $C_L$ とする。
- (b) pH を変化させた複数の溶液について、ある波長での吸光度を測定する。
- (c) プロットを作成し、その解析から  $K_c$ を求める。

以下の問いに答えなさい。ただし、この測定波長では ML<sup>2+</sup>のみが吸収を示し、他の化学種は吸収を起こさないとする。また、HL の酸解離定数  $K_a$ は別の測定によって求まっているとする。

- (1) [L<sup>-</sup>]と  $C_L$ の比を  $\alpha$ とし、この  $\alpha$ を  $[H^+]$ 、 $K_a$ を用いて表せ。ただし  $C_L \gg C_M$ であることからこの計算においては ML<sup>2+</sup>の濃度を無視できるとしてかまわない。
- (2) [ML<sup>2+</sup>]を  $C_M$ 、 $K_c$ 、[L<sup>-</sup>]を用いて表せ。
- (3) 溶液の吸光度を  $A$ 、光路長を 1 cm とすると、見かけの吸光係数  $\varepsilon_{app}$  は  $A/C_M$ で表される。ML<sup>2+</sup>のモル吸光係数を  $\varepsilon$ とすると、 $\varepsilon_{app}$ を  $\varepsilon$ 、 $K_c$ 、 $C_L$ 、 $\alpha$ で表せ。
- (4) プロットが直線となるようにするにはどの量をどの量に対してプロットすれば良いか。(ただし、 $C_M$ 、 $C_L$ 、 $K_a$ 、 $\alpha$ 、 $\varepsilon_{app}$ およびその組み合わせの中から選べ)
- (5) 上記のプロットから  $K_c$ を求めるにはどうすれば良いか。

2018年9月・2019年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程化学・生命化学専攻

科目名： \_\_\_\_\_ 生命化学 \_\_\_\_\_

問題番号 

1
---

問題番号1は必ず答え、問題番号2, 3, 4のうち、2問を選択し答えなさい。

次の(1)～(10)の設問に対して簡潔に(2～3行程度)答えなさい。

- (1) DNA複製フォークにおけるラギング鎖側の複製の仕組み
- (2) 真核細胞のRNAポリメラーゼI, II, IIIのそれぞれの機能
- (3) ユークロマチンとヘテロクロマチンの構造の違い
- (4) SDSポリアクリルアミド(SDS-PAGE)電気泳動で、SDSを加える2つの理由
- (5) 解糖系(glycolysis)の10ステップのうち、ATPを産生する2つのステップ
- (6) クエン酸(TCA)回路で、クエン酸が生成される反応1のステップ
- (7) 非コード(Non-Coding) RNAの機能
- (8) 小胞体シグナル配列を持つ膜貫通タンパク質が小胞体膜に組み込まれる仕組み
- (9) 微小管の重合と脱重合のメカニズム
- (10) 姉妹染色分体が後期の開始とともに解離する分子機構

2018年9月・2019年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程化学・生命化学専攻

科目名： \_\_\_\_\_ 生命化学 \_\_\_\_\_

問題番号 **2**

主要な生体分子のひとつである脂質 (lipid) は、生物体から非極性溶媒 (non-polar solvent) で抽出される天然の分子と化学的には定義され、ろう (wax)、トリアシルグリセロール (triacylglycerol)、リン脂質 (phospholipid)、エイコサノイド (eicosanoid)、テルペノイド (terpenoid) などに分類される。リン脂質にはグリセロリン脂質 (glycerophospholipid) やスフィンゴリン脂質 (sphingophospholipid) が含まれる。

次の(1)~(4)の設問に答えなさい。

(1) ろうとトリアシルグリセロールについて、構造上の共通点と相違点について簡潔に説明しなさい。また、それぞれの生体における主な機能について簡潔に説明しなさい。

(2) トリアシルグリセロールとグリセロリン脂質について、構造上の共通点と相違点について簡潔に説明しなさい。また、グリセロリン脂質の生体における主な機能について簡潔に説明しなさい。

(3) エイコサノイドはリン脂質から (A) 加水分解によって切り出された構成成分である (B) が、(C) 酸化されることによって生じる。

- (a) 下線部 (A) の加水分解反応を触媒する酵素名を書きなさい。
- (b) 空欄 (B) に当てはまる化合物名を書きなさい。
- (c) 下線部 (C) には2通りの酸化反応経路があり、それぞれ生成物群が異なる。それぞれの酸化反応を触媒する酵素名と生成する化合物名を書きなさい。

(4) テルペノイドは多様な構造からなる化合物群であるが、いずれも共通の5炭素前駆体である (A) や3,3-ジメチルアリルニリン酸 (3,3-dimethylallyldiphosphate) から生合成される。

- (a) 空欄 (A) に当てはまる化合物名を書きなさい。
- (b) 化合物 (A) や3,3-ジメチルアリルニリン酸は、脂肪酸と共通の生合成前駆体から生合成されることが知られているが、この前駆体は何であるか書きなさい。
- (c) 化合物 (A) の生合成経路には中間体として (B) を経由する (B) 経路と、デオキシキシルロースリン酸 (deoxyxylulose phosphate : DXP) を経由する2つの異なる経路が知られている。(B) に最も適する言葉を書きなさい。

2018年9月・2019年4月入学試験問題  
 大学院先進理工学研究科修士課程化学・生命化学専攻

科目名： \_\_\_\_\_ 生命化学 \_\_\_\_\_

問題番号 **3**

次の(1)～(5)の設問に答えなさい。

(1) 上皮系の細胞に上皮系増殖因子(EGF)を加えると、2-3分で低分子GTPaseのRasが不活性型のGDP型から活性型のGTP型へ変換される。どのような経路を経て、Rasが活性化されるのか、受容体からRasの活性化に至るまでのプロセスを具体的に説明しなさい。

(2) Rasは情報伝達シグナルにおいて分子スイッチとして機能する。Rasの持つどのような特性があるため分子スイッチとして機能しているのかを説明しなさい。

(3) コレラ毒素はすべての細胞に作用して過剰なcAMPの生成を促進する。特に腸管粘膜の細胞における過剰なcAMPの生成はイオンチャネルを開放して、細胞内から水と電解質が漏出させる。具体的にコレラ毒素はどの部分のシグナル伝達を阻害し、過剰なcAMPの生成を誘導するのか説明しなさい。

(4) Gタンパク連結型受容体は7回膜貫通受容体タンパク質によって、シグナルを細胞内へ伝達するが、上記(1)と(2)のRasとの相違点を説明しなさい。

(5) 正常なヒト繊維芽細胞(Fibroblast)をシャーレで培養し、48時間、血清飢餓(serum starvation)を行った後、増殖因子の1つであるbFGF(basic Fibroblast Growth Factor)を添加すると、細胞はS期に進行しDNA合成をスタートした。増殖因子の添加後、継時的に細胞を回収し、細胞抽出液を電気泳動(SDS-PAGE)にて展開し、Rb(Retinoblastoma)抗体とMAP kinaseであるERK2の活性型を認識する抗体で、western blottingをそれぞれ行ったところ、図1の結果が得られた。



図1

次の(a)～(d)について答えなさい。

(a) bFGF添加後、20分程度でERK2が活性化するまでの細胞内情報伝達の分子機構を説明しなさい。

(b) 120kDaのRbタンパク質がbFGF添加後、8時間以降でバンドシフトが見られた。このバンドシフトの主な原因は何なのか？

(c) Rbタンパク質のバンドシフトを誘導する原因の酵素は何なのか？

(d) Rbタンパク質のバンドシフトが起きる細胞内反応によって、なぜ、DNA合成がスタートしたのか？

2018年9月・2019年4月入学試験問題  
 大学院先進理工学研究科修士課程化学・生命化学専攻

科目名： \_\_\_\_\_ 生命化学 \_\_\_\_\_

問題番号 **4**

マウスの細胞内に存在する代謝酵素（酵素 A）にかかわる一連の実験 1～8 についての(1)～(6)の設問に答えなさい。

**実験 1**：培養していたマウスの細胞を遠心分離により集め、適切な緩衝液に再懸濁したのち、氷冷下超音波により破碎した。これを遠心分離し、上清を採取した。

**実験 2**：上記上清の一部を、Sephadex を担体としたゲル濾過クロマトグラフィーにアプライした。直ちにカラムからの流出液を 1.5 mL ずつ採取し、順に画分 1～10 とした。

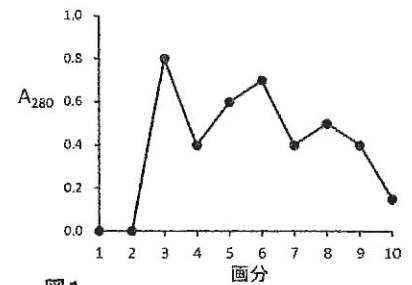


図1

**実験 3**：各画分の 280 nm における吸光度を測定し、グラフを作成した。結果を図 1 に示す。

**実験 4**：各画分を dithiothreitol (DTT) 非存在下 SDS-ポリアクリルアミド電気泳動(SDS-PAGE)にて分離し、タンパク質を Coomassie Brilliant Blue で染色した。結果を図 2 A, B, C, D のいずれかに示す（問題(3)参照）。

**実験 5**：上記実験 4 同様 SDS-PAGE を行った後、酵素 A を特異的に認識する抗体を用いて western blotting を行った。結果を図 3 に示す。

**実験 6**：画分 4 および 8 を DTT の存在下で SDS-PAGE にて分離し、実験 5 同様に western blotting した。結果を図 4 に示す。

**実験 7**：各画分の酵素 A 活性を調べたところ、画分 8 には活性が認められたが、画分 4 にはそれが検出されなかった。

**実験 8**：これら実験の再現性を確認するために、1 週間冷蔵庫内で保存していた実験 1 の上清をもちいて実験 2 と同じ実験を行ったが、図 1 の結果は再現されず、図 5 のような結果となった。

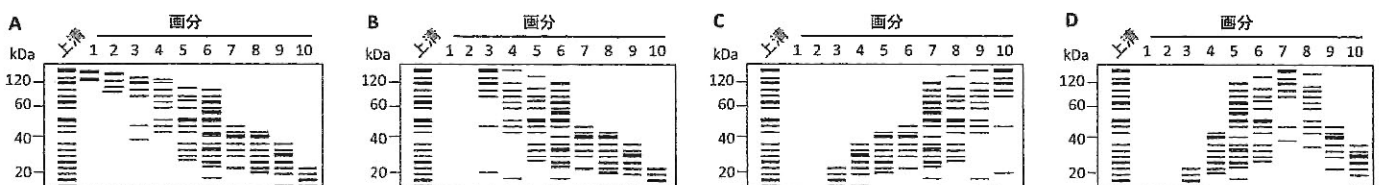


図2

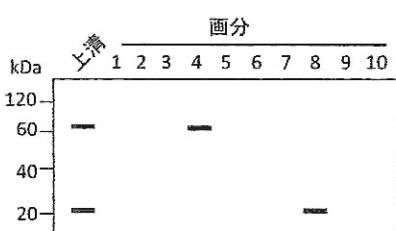


図3

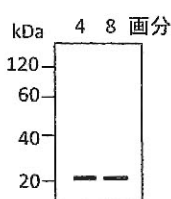


図4

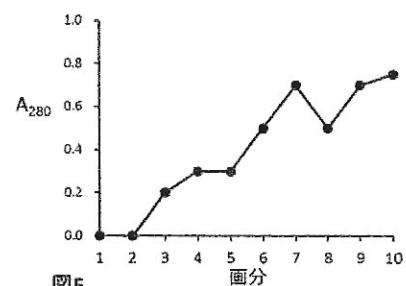


図5



2018年9月・2019年4月入学試験問題  
大学院先進理工学研究科修士課程化学・生命化学専攻

科目名: \_\_\_\_\_ 生命化学 \_\_\_\_\_

問題番号 

4
---

【問題】

- (1) 実験2について、ゲル濾過カラムの void volume とは何か説明しなさい。また、図1から、このゲル濾過カラムの void volume を見積もりなさい。
- (2) 実験3および図1について、タンパク質を構成しているアミノ酸のうち、280 nm のモル吸光係数が最も大きいもの、次いで大きいものの、名称と構造式をそれぞれ書きなさい。
- (3) 図2として妥当なものを、図2A, B, C およびDの中から選び記号で答えなさい。また、その理由も書きなさい。
- (4) 図3の結果が得られた時点において、図3の結果から読み取れることとしてもっとも妥当なものを以下の⑦~⑭からひとつ選び記号で答えなさい。
- ⑦ 画分4および8に、酵素Aが高純度で精製された。
  - ⑧ 画分4に、酵素Aが高純度で精製された。
  - ⑨ 画分8に、酵素Aが高純度で精製された。
  - ⑩ 画分4および8に、酵素A由来のポリペプチドが存在する。
  - ⑪ 画分4および8のバンドの濃さはほぼ同じなので、両画分はほぼ同量の酵素Aを含む。
  - ⑫ 画分8の酵素Aはリン酸化による翻訳後修飾を受けている。
- (5) 細胞内における酵素Aの存在状態および酵素活性の制御について、実験2~7により得られた結果から読み取ることができる情報をもとに推論しなさい。また、その推論を検証するためにどのような実験をさらに実施したらよいか計画を立てなさい。
- (6) 実験8について、なぜ結果が再現できなかったのか考察しなさい。