

2021年度 総合化学院修士課程

入学試験問題

専門科目 A 群 (時間 13:30~16:00)

注意

科目記号	試験科目
A2-1	物理化学 1
A2-2	物理化学 2
A2-3	有機化学 1
A2-4	有機化学 2
A2-5	無機化学
A2-6	分析化学
A2-7	生物化学
A2-8	分子生物学

- (1) 上記の試験科目の中から **4科目** を選択して解答しなさい。
5科目以上解答した場合、全科目無効となる。
- (2) 配点は1科目 50点, 合計 200点である。
- (3) 解答は各試験科目につき1枚の答案用紙に書きなさい。
また, 各答案用紙には**科目記号**, **試験科目**および**受験番号**を必ず記入しなさい。解答を用紙の表面に書ききれない場合は, 同じ答案用紙の裏面に記入してもよい。ただしその場合は, 裏面に記入があることを明記すること。
- (4) 答案用紙は全部で4枚ある。**4枚ともすべて提出しなさい。**
- (5) 草案用紙は全部で2枚あり, 1枚にはマス目が印刷されている。
草案用紙は提出する必要はない。

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	A 2-1 (1/2)	試験科目	物理化学1
------	-------------	------	-------

(注) 解答は答案用紙に記入すること (答案用紙1枚)。

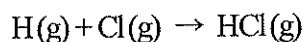
設問 次の文章を読み、問 (1) ~ (6) に答えなさい。

二原子分子の振動エネルギー準位 \tilde{E}_n を求めるために、モースポテンシャルエネルギーを用い、シュレーディンガー方程式を解くと次の式が得られる。

$$\tilde{E}_n = \left(n + \frac{1}{2}\right) \tilde{\nu} - \left(n + \frac{1}{2}\right)^2 \chi_e \tilde{\nu} \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

ここで、 n は量子数、 $\tilde{\nu}$ は基本振動数、 χ_e は非調和定数である。

- (1) \tilde{E}_0 , \tilde{E}_1 , \tilde{E}_2 を表す式を $\tilde{\nu}$, χ_e を用いてそれぞれ答えなさい。
- (2) 気体塩化水素 ($^1\text{H}^{35}\text{Cl}$) の赤外吸収スペクトルにおいて、基音 ($\tilde{E}_0 \rightarrow \tilde{E}_1$) と第一倍音 ($\tilde{E}_0 \rightarrow \tilde{E}_2$) はそれぞれ 2885.9 cm^{-1} と 5668.1 cm^{-1} に観測される。これらの値をもとに $\tilde{\nu}$ と χ_e の値をそれぞれ答えなさい。
- (3) モースポテンシャルには非調和性があるため、量子数が大きくなるにしたがい、一つ上のエネルギー準位とのエネルギー差が小さくなり、エネルギーの値は収束していく。隣り合うエネルギー準位間のエネルギー差 $\Delta\tilde{E}_n = \tilde{E}_{n+1} - \tilde{E}_n$ を表す式を $\tilde{\nu}$ と χ_e を用いて答えなさい。また、問 (2) の HCl 分子について、これ以上エネルギーが増加しなくなるエネルギー準位の量子数 n_{max} を答えなさい。
- (4) 量子数 n_{max} に対応するエネルギー準位 \tilde{E}_{max} はモースポテンシャルの井戸の深さであり、この値から零点エネルギーを差し引いた値がこの分子の解離エネルギーに相当する。HCl の零点エネルギーおよび解離エネルギーを答えなさい。単位は cm^{-1} を用いなさい。
- (5) 問 (4) では赤外吸収スペクトルから HCl の解離エネルギーを求めた。この値を熱力学的に得られた値と比較する。以下の反応式についての標準反応エンタルピーを答えなさい。



次に示す H, Cl, HCl の標準生成エンタルピーを用い、単位として kJ mol^{-1} を用いなさい。

H(g)	+218.0 kJ mol^{-1} ,	Cl(g)	+121.4 kJ mol^{-1}
HCl(g)	-92.3 kJ mol^{-1}		

(つづく)

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	A 2-1 (2/2)	試験科目	物理化学 1
------	-------------	------	--------

(注) 解答は答案用紙に記入すること (答案用紙1枚)。

- (6) 問(4)で求めた赤外吸収スペクトルから得られたHClの解離エネルギーを kJ mol^{-1} 単位に変換し, 問(5)で熱力学的に得られた標準反応エンタルピーの値との差を答えなさい。導出の過程も答えなさい。ただし, プランク定数 $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$, 光の速度 $c = 2.998 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$, アボガドロ定数 $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ である。

総合化学院 総合化学専攻

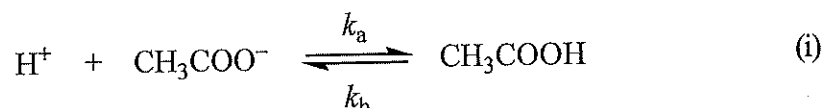
科目記号	A 2-2 (1/2)	試験科目	物理化学 2
------	-------------	------	--------

(注) 解答は答案用紙に記入すること (答案用紙 1 枚)。

設問 以下の文章を読み、問 (1) ~ (7) に答えなさい。

可逆反応の速度定数を調べる方法の 1 つとして緩和法と呼ばれるものがある。例えば、温度ジャンプ緩和法では、平衡にある系の温度を瞬間的に変化させた後、系が新しい平衡状態に緩和していく過程を追跡することで、速度定数を決定する。^(ア) 中和反応など非常に速い反応についても、温度ジャンプ緩和法によって速度定数を求めることが可能となる。

ここで、式 (i) で示される水溶液中の酢酸の平衡反応を考える。 k_a と k_b はそれぞれ正反応と逆反応の反応速度定数である。



式 (i) において、正反応と逆反応の反応速度がそれぞれの反応物について 1 次であるとき、 H^+ の濃度の時間変化は式 (ii) で表される。この平衡状態にある系の温度を瞬間的にある温度 T に変化させると、その直後から、 H^+ 、 CH_3COO^- および CH_3COOH の濃度は時間経過とともに変化し、温度 T における平衡状態の濃度 $[\text{H}^+]_{\text{eq}}$ 、 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\text{eq}}$ および $[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{eq}}$ に緩和していく。ここで、温度 T にジャンプした後の $[\text{H}^+]$ とその平衡濃度 $[\text{H}^+]_{\text{eq}}$ との差を x で表す ($x = [\text{H}^+] - [\text{H}^+]_{\text{eq}}$) と、^(イ) $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ および $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ についてもそれらの平衡濃度との差を x を用いて表すことができる。この x の時間変化は式 (iii) で表される。ここで、^(ウ) x がその初期値から $1/e$ までに減少するのにかかる時間 τ を反応の緩和時間と定義する。^(エ) 実験により温度 T における平衡定数と緩和時間を求めることで、速度定数 k_a および k_b がそれぞれ得られる。

$$\frac{d[\text{H}^+]}{dt} = \boxed{\text{あ}} \quad (\text{ii})$$

$$\frac{dx}{dt} = -\{k_a([\text{H}^+]_{\text{eq}} + [\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\text{eq}}) + k_b\}x \quad (\text{iii})$$

- (1) 下線部 (ア) について、一定温度で酸と塩基を混ぜ合わせ、中和反応の進行に伴う溶液の pH を追跡する方法では、速度定数の決定は難しい。その理由を答えなさい。
- (2) 空欄 にあてはまる式を答えなさい。
- (3) 下線部 (イ) について、 $([\text{CH}_3\text{COO}^-] - [\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\text{eq}})$ および $([\text{CH}_3\text{COOH}] - [\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{eq}})$ をそれぞれ x を用いて表しなさい。

(つづく)

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	A 2-2 (2/2)	試験科目	物理化学2
------	-------------	------	-------

(注) 解答は答案用紙に記入すること (答案用紙1枚)。

(4) 式 (ii) から式 (iii) を導く過程を答えなさい。ただし, x^2 の項は無視しなさい。

(5) 下線部 (ウ) について, 式 (iii) から緩和時間 τ を答えなさい。

(6) 下線部 (エ) について, $3.0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ の酢酸水溶液を用い, 293 K に温度ジャンプした。293 K におけるこの水溶液中の酢酸の電離度が 0.20 であるとき,

$$k_b = \boxed{\text{い}} \times k_a$$

の関係が成り立つ。空欄 $\boxed{\text{い}}$ にあてはまる数値を有効数字2桁で答え, それを求めた過程も答えなさい。

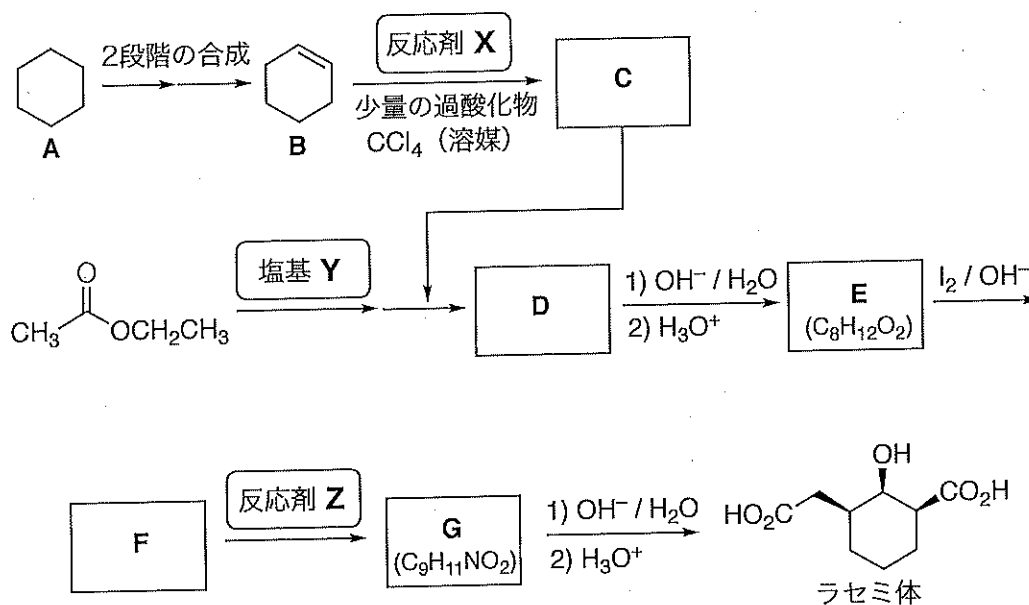
(7) 問 (6) の酢酸水溶液において, 293 K に温度ジャンプ後の緩和時間は $\tau = 1.4 \times 10^{-7} \text{ s}$ であった。この反応の 293 K における k_a および k_b をそれぞれ求め, 単位とともに答えなさい。数値は有効数字2桁で答え, それを求めた過程も答えなさい。

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	A 2-3 (1/1)	試験科目	有機化学 1
------	-------------	------	--------

(注) 解答は答案用紙に記入すること (答案用紙 1 枚)。

設問 次の反応スキームについて、以下の問 (1) ~ (6) に答えなさい。



- (1) 化合物 A から B を合成する方法を反応式で記しなさい。
- (2) 空欄 C~G にあてはまる有機化合物の化学構造式を記しなさい。なお、F と G については立体化学を明記すること。
- (3) 反応剤 X の化学構造式を記しなさい。
- (4) 塩基 Y を用いて酢酸エチルと化合物 C から D を合成する場合には、まず塩基 Y の共役酸のテトラヒドロフラン溶液にブチルリチウムのヘキサン溶液を加えて塩基 Y の溶液を調製し、そこに酢酸エチルを少しずつ加える。共役酸から塩基 Y が生成する反応式と、酢酸エチルを少しずつ加える理由を記しなさい。
- (5) 反応剤 Z としてふさわしい化合物の化学構造式を一つ記しなさい。
- (6) 反応剤 Z の反応性が最も高くなる反応溶媒を以下に示す (ア) ~ (コ) の中から選び、その記号を記すとともに、その溶媒による Z の活性化の仕組みを説明しなさい。必要に応じて図を用いてもよい。

(ア) (イ) (ウ) (エ) (オ)
 水 エタノール 酢酸 *N,N*-ジメチルホルムアミド ジエチルエーテル

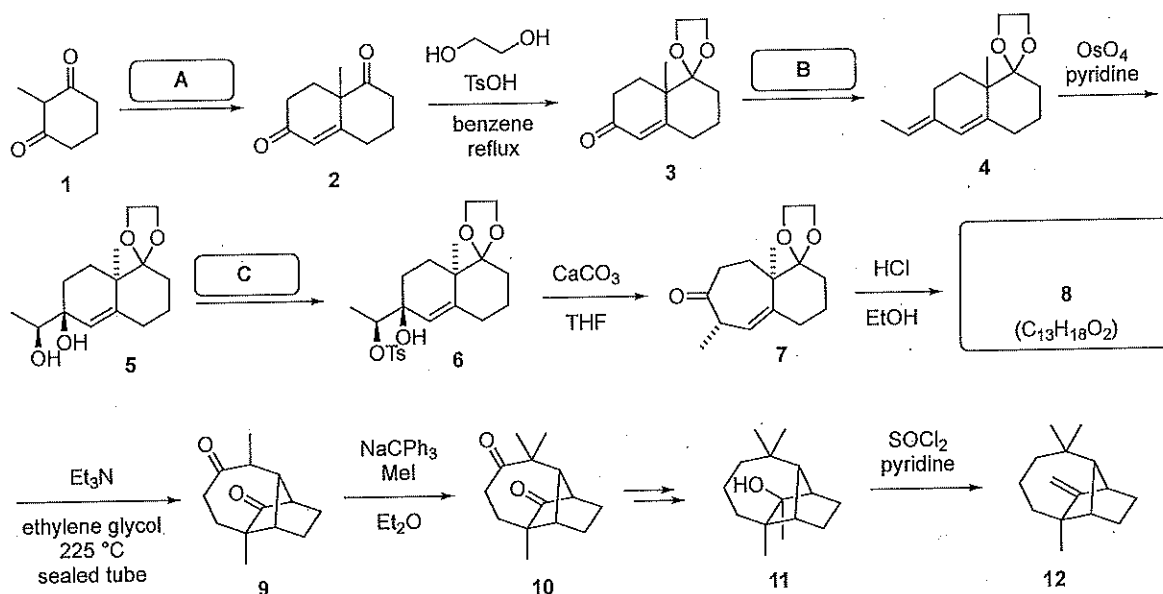
(カ) (キ) (ク) (ケ) (コ)
 テトラヒドロフラン クロロホルム トルエン アンモニア ピリジン

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	A2-4 (1/1)	試験科目	有機化学2
------	------------	------	-------

(注) 解答は答案用紙に記入すること (答案用紙1枚)。

設問 次の反応スキームについて、以下の問 (1) ~ (6) に答えなさい。



- (1) 空欄 **A**~**C** にあてはまる反応剤または反応剤の組み合わせを記しなさい。
- (2) 化合物 **2** から **3** が生成する反応の機構を電子の流れを表す曲がった矢印を用いて記しなさい。また、一方のケトンのみが選択的に反応している理由を簡潔に説明しなさい。
- (3) 化合物 **6** から **7** が生成する反応の機構を曲がった矢印を用いて記しなさい。
- (4) 化合物 **8** のIRスペクトルにおいては 1708, 1682 cm⁻¹ にケトンに由来する吸収が観測され、¹H NMR においては 6.35 ppm 付近に特徴的なピークが観測された。化合物 **8** の化学構造式を記しなさい。
- (5) 化合物 **8** から **9** への反応で新たに生じる炭素-炭素結合はどれか。**9** の構造式を用いて示しなさい。
- (6) 化合物 **11** から **12** が生成する反応の機構を曲がった矢印を用いて記しなさい。

総合化学院 総合化学専攻

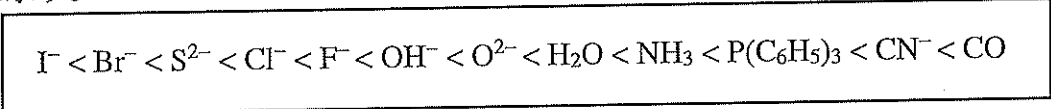
科目記号	A 2-5 (1 / 2)	試験科目	無機化学
------	---------------	------	------

(注) 解答は答案用紙に記入すること (答案用紙 1 枚)。

設問 以下の問 (1) ~ (3) に答えなさい。

(1) 以下の文章を読み、問 1) ~ 3) に答えなさい。

金属錯体は金属イオンと配位子の組み合わせにより様々な色を呈する。種々の d 金属錯体の配位子場遷移エネルギーに基づき、配位子場に与える配位子の傾向が見出だされている。これは 系列と呼ばれ、主な配位子について以下に示す。

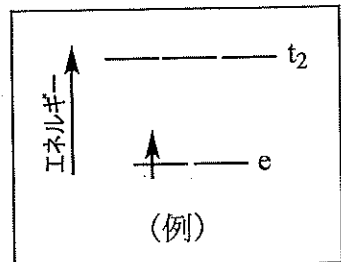


すなわち、 I^- や Br^- は弱い配位子場、 CO や CN^- は強い配位子場を与える。例えば、9 族元素であるコバルトの錯体、 $[Co(CN)_6]^{3-}$ は、強配位子場八面体錯体を形成するが、 $[CoF_6]^{3-}$ は弱配位子場八面体錯体を生じることが知られている。配位により d 軌道は分裂してエネルギーが異なる軌道を生じる。分裂した d 軌道のエネルギー差を パラメータと呼び、配位子場の強さの指標となる。八面体錯体における パラメータは Δ_0 で示される。また、配位子場理論によれば、配位子場分裂には金属と配位子間の σ 結合性に加えて、 π 結合性も重要で、弱配位子場の配位子は , 強配位子場の配位子は と分類することができる。

1) 空欄 (ア) ~ (エ) にあてはまる最も適切な語句を以下の枠内から選び、答えなさい。

電気化学, 分析化学, 光化学, 分光化学, 静電反発, 配位子場安定化, 配位子場分裂, 配位子場理論, σ 受容体, π 受容体, π 供与体, δ 供与体

2) コバルト錯体、 $[Co(CN)_6]^{3-}$ および $[CoF_6]^{3-}$ の基底状態 d 電子配置を例にならってそれぞれ図示しなさい。ただし、錯体の配位構造を正八面体とみなしてよい。



3) コバルト錯体、 $[Co(CN)_6]^{3-}$ と $[CoF_6]^{3-}$ の配位子場安定化エネルギーを Δ_0 の単位で答えなさい。ただし、安定化を負で示すこと。また、スピン対生成エネルギーを P として考慮すること。

(つづく)

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	A 2-5 (2/2)	試験科目	無機化学
------	-------------	------	------

(注) 解答は答案用紙に記入すること (答案用紙 1 枚)。

(2) 図 1 は、6 族元素であるモリブデンの錯体 $[\text{Mo}_2(\mu\text{-CH}_3\text{COO})_4]$ (通称, 酢酸モリブデン) の構造を示している。以下の問 1) ~ 4) にあてはまる数字または記号を答えなさい。

- 1) Mo の酸化数
- 2) 分子の点群の記号 (シェーンフリース記号)
- 3) 金属間結合に関わる d 電子数
- 4) Mo-Mo の結合次数

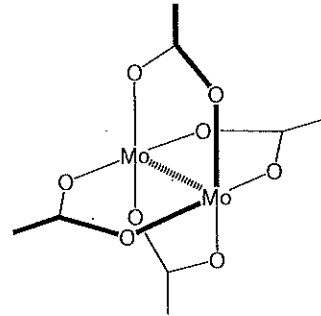


図 1. $[\text{Mo}_2(\mu\text{-CH}_3\text{COO})_4]$ の構造。

(3) 図 2 は、11 族元素 (銅, 銀, 金) のフロスト図を示している。以下の問 1) ~ 3) に答えなさい。

- 1) A-C はそれぞれ, どの元素のフロスト図か, 元素記号で答えなさい。
- 2) A-C のそれぞれの元素の酸化数+1 のイオンを含む水溶液に起こる変化を図 2 に基づいて簡潔に説明しなさい。変化が起こらない場合もその理由を説明すること。ただし, 暗所, 脱気下とする。
- 3) 右表に図 2 で用いたデータを示す。元素 A について, 酸化数+3 から+1 への還元電位を有効数字 2 桁で答えなさい。計算過程も記述すること。

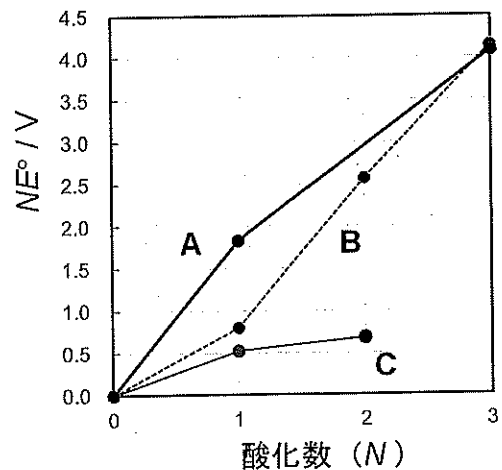


図 2. 銅, 銀, および金のフロスト図 (pH = 0)。

表. NE° (V) の数値データ

N =	1	2	3
A	1.83	-	4.08
B	0.80	2.57	4.14
C	0.52	0.68	-

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	A 2-6 (1 / 2)	試験科目	分析化学
------	---------------	------	------

(注) 全設問に解答すること。解答は答案用紙に記入すること (答案用紙1枚)。

設問1 酸塩基滴定とモル分率に関する以下の問(1), (2)に答えなさい。

(1) 弱酸である濃度 0.10 mol dm^{-3} の安息香酸 $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ 水溶液 50 mL を強塩基である濃度 0.10 mol dm^{-3} の水酸化ナトリウム NaOH 水溶液で滴定する。以下の問1)~3)に答えなさい。ただし、安息香酸の酸解離平衡定数 $K_a = 6.6 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$ 、水の自己プロトシス定数 $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$ とし、滴定の際 NaOH 水溶液を添加した場合の体積変化は単純和としてよい。

- 1) NaOH 水溶液を 50 mL 加えて平衡に到達したとき(当量点)の pH を有効数字2桁で答えなさい。
- 2) NaOH 水溶液を 25 mL 加えて平衡に到達した半当量点における pH が、 $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ の $\text{p}K_a$ に等しいことを理由を含めて答えなさい。
- 3) $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ のモル分率を α_0 、 $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$ のモル分率を α_1 とするとき、 $\text{pH} 5.0$ における α_1 を有効数字2桁で答えなさい。ただし、 $\alpha_0 + \alpha_1 = 1.0$ とする。

(2) 濃度 0.10 mol dm^{-3} のフタル酸 $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2$ 水溶液 50 mL を強塩基である濃度 0.10 mol dm^{-3} の水酸化ナトリウム NaOH 水溶液で滴定する。フタル酸は、二塩基酸であるため、ここでは H_2A と表記する。 H_2A の K_{a1} と K_{a2} を以下に示す。

$$K_{a1} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{HA}^-]}{[\text{H}_2\text{A}]} = 1.2 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$K_{a2} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^{2-}]}{[\text{HA}^-]} = 3.9 \times 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}$$

水の自己プロトシス定数 $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$ として、滴定の際 NaOH 水溶液を添加した場合の体積変化は単純和としてよい。以下の問1), 2)に答えなさい。

- 1) NaOH 水溶液を 50 mL 加えて平衡に到達したとき(第一当量点)の pH を有効数字2桁で答えなさい。
- 2) H_2A のモル分率を α_0 、 HA^- のモル分率を α_1 、 A^{2-} のモル分率を α_2 とするとき、 $\text{pH} 4.0$ における α_1 と $\text{pH} 7.0$ における α_2 をそれぞれ有効数字2桁で答えなさい。ただし、 $\alpha_0 + \alpha_1 + \alpha_2 = 1.0$ とする。

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	A2-6 (2/2)	試験科目	分析化学
------	------------	------	------

(注) 全設問に解答すること。解答は答案用紙に記入すること (答案用紙1枚)。

設問2 分配平衡に関する以下の文章を読み、問(1)~(3)に答えなさい。

溶媒抽出は最も一般的な分離法の1つであり、2つの混ざらない溶媒間での物質の分配平衡に基づいている。ここで、質量 G gの物質Aが体積 V_w mLの水相に溶解しているとする。物質Aが体積 V_o mLの油相に抽出される場合を考えると、物質Aの水相-油相間の分配係数 K_D は、分配平衡状態における物質Aの水相中の濃度 C_w と油相中の濃度 C_o を用いて $K_D = C_o/C_w$ と表される。この物質Aが油相へ抽出されることにより、水相および油相中に存在する物質Aの質量はそれぞれ $G'_w = C_w V_w$ と $G'_o = C_o V_o$ となる。したがって、 C_w と G'_w はそれぞれ K_D と V_o を含む式 $C_w = \boxed{\text{ア}}$ と $G'_w = \boxed{\text{イ}}$ で表される。また、溶媒抽出においては、与えられた抽出液の小容量による連続抽出が、大容量による1回の抽出よりも有効である。 G gの物質Aが V_w mLの水相に最初存在し、 V_o mLの油相に抽出されるとき、 n 回抽出後に水相に残る物質Aの量 G_n は $G_n = \boxed{\text{ウ}}$ で示される。

- (1) 空欄 $\boxed{\text{ア}}$ ~ $\boxed{\text{ウ}}$ に当てはまる右辺を答えて式を完成させなさい。
- (2) 水相-油相間の物質Aの分配係数 K_D は3.50である。75.0 mLのA水溶液が(a)100.0 mLの油相で1回抽出、および(b)20.0 mLの油相で5回抽出されるとき、それぞれの場合に抽出される物質Aの百分率を計算し、有効数字3桁で答えなさい。
- (3) 油相の溶媒を変えたところ、水相と油相間の物質Aの分配係数 K_D は9.00となった。このとき、0.0600 gの物質Aを含む水溶液6.00 mLから物質Aを99.9%以上抽出するためには6.00 mLの油相で少なくとも何回抽出する必要があるか答えなさい。

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	A 2-7 (1/2)	試験科目	生物化学
------	-------------	------	------

(注) 解答は答案用紙に記入すること (答案用紙1枚)。

設問 以下の脂質に関する文章を読み、問(1)～(6)に答えなさい。

脂肪酸とは、長い炭化水素鎖をもつカルボン酸である。ステアリン酸やパルミチン酸のような飽和脂肪酸は、直線状で、密に並ぶことが可能である。一方、リノール酸やオレイン酸のように脂肪酸に 結合が存在する (a) 脂肪酸は、分子に折れ曲がりができ、密に集合することができない。脂肪酸の二重結合はそのほとんどが 型である。

脂肪組織は体内の主要なエネルギー貯蔵部位であり、トリアシルグリセロールを貯蔵している。トリアシルグリセロールは、 と脂肪酸から合成されるトリエステルで、無極性、水に不溶である。脂肪組織においてトリアシルグリセロールの加水分解によって血液中に放出された遊離脂肪酸は、各組織の (b) 細胞質で によりアシルCoAへと変換される。図1に示すように、アシルCoAはミトコンドリアにおいてβ酸化により分解され、エネルギーを供給する。

リン脂質は、無極性の脂肪酸の炭化水素鎖と極性のリン酸基を持つ 性分子であり、生体膜の主な脂質成分である。生体膜は非対称であり、膜の細胞質側、細胞外側で脂質やタンパク質の組成が異なっている。

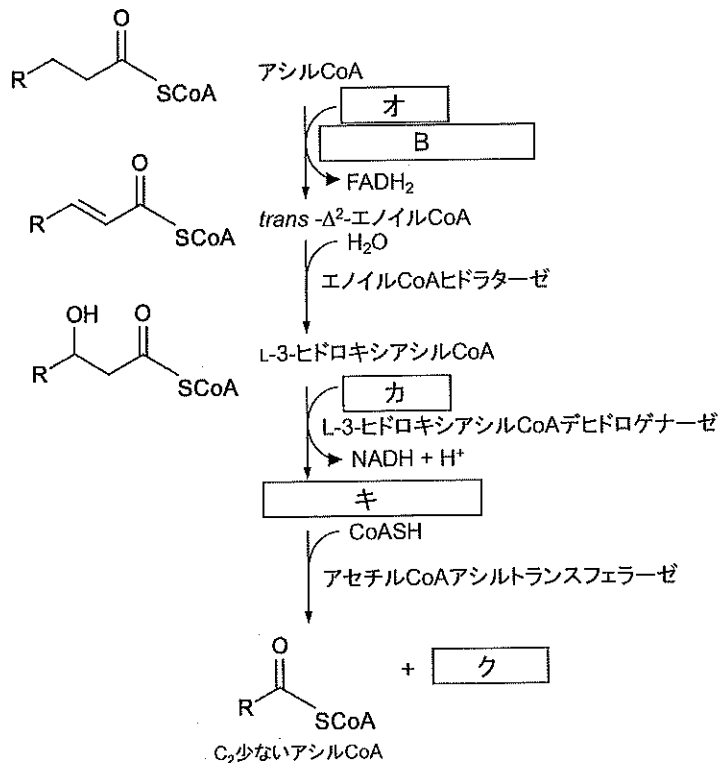


図1 アシルCoAのβ酸化経路

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	A 2-7 (2/2)	試験科目	生物化学
------	-------------	------	------

(注) 解答は答案用紙に記入すること (答案用紙1枚)。

- (1) 文章中の空欄 ~ に入る最も適切な語句, に入る最も適切な酵素名をそれぞれ答えなさい。
- (2) 下線部 (a)について, 脂肪酸は同じ炭素数の飽和脂肪酸と比較して融点が低くなる。この現象に関与する最も適切な相互作用を答えなさい。
- (3) 図1は脂肪酸を分解するβ酸化の過程を示している。これについて, 以下の問1), 2)に答えなさい。
- 1) 図1の空欄 ~ に入る最も適切な語句, に入る最も適切な酵素名をそれぞれ答えなさい。
また, , については構造式も書きなさい。なお, 補酵素 A は CoA, 脂肪酸の炭化水素鎖は R と略しても良い。
- 2) ステアリン酸は C18 (18:0) の脂肪酸である。1分子のステアリン酸のβ酸化により生成されるアセチル CoA の分子数を答えなさい。
- (4) 下線部 (b)について, アシル CoA はミトコンドリア内膜を通過できない。細胞質のアシル CoA がミトコンドリアに輸送されるメカニズムを 100 字程度で説明しなさい。
- (5) アミノ酸のセリンが結合したリン脂質であるホスファチジルセリンの構造式を書きなさい。ただし, 脂肪酸の炭化水素鎖は R, R' と表記しなさい。
- (6) ホスファチジルセリンに特異的に結合する蛍光標識したアネキシン V タンパク質を利用して, 哺乳細胞のアポトーシスを検出することができる。この手法の原理について, 100 字程度で説明しなさい。

総合化学院 総合化学専攻

科目記号	A 2-8 (1/1)	試験科目	分子生物学
------	-------------	------	-------

(注) 解答は答案用紙に記入すること (答案用紙1枚)。

設問 以下の文章を読み、問 (1) ~ (4) に答えなさい。

ヒトのからだを構成する細胞は、発生の初期には分裂および移動を活発に行うが、成長に伴い細胞は分化し、特定の組織や臓器においてそれぞれの役割を担当することになる。例えば、正常な細胞においては、増殖因子と呼ばれる様々なタンパク質が細胞膜上の受容体に結合して、その後、細胞内のシグナル伝達経路が活性化されることで、結果的にサイクリンの発現やサイクリン依存性キナーゼの活性が上昇し細胞周期が回り、DNA合成が誘導される。^(ア) ヒトの細胞は分裂できる回数 (分裂寿命) が限られており、一定の分裂回数ののちに増殖停止することが知られている。この現象は細胞の老化として認識されている。正常時は、細胞増殖のプログラムがバランス良く機能制御されているが、その制御が暴走することで、細胞のがん化を引き起こす場合が知られている。がんは、多くの場合、長期に渡って複数の^(イ) 遺伝子異常が引き起こされることによって多段階的に発生すると考えられている。

- (1) 下線部 (ア) の現象のメカニズムを以下の用語をすべて使って、分子生物学的な観点から150字程度で説明しなさい。(用語: テロメア, RNAプライマー, Gテール, 短縮)
- (2) 下線部 (イ) について、がん化の誘因となる遺伝子異常としては、遺伝子突然変異やエピジェネティックな異常がある。
 - (i) ヒトのがんで遺伝子変異が報告されている具体的な遺伝子名を2つ挙げ、各々の細胞増殖へ及ぼす機能をそれぞれ50字程度で説明しなさい。
 - (ii) この場合のエピジェネティックな異常とはどのようなものか、100字程度で説明しなさい。
- (3) がん細胞の特徴の1つとして限りなく分裂できる能力(不死化)が知られているが、この現象の分子機構についてテロメアとの関連性から100字程度で説明しなさい。
- (4) ヒトのがん細胞株であるHeLa細胞では、既知の増殖因子Aに対する細胞膜上の受容体であるチロシンリン酸化酵素Bをコードしている遺伝子に変異があり、増殖因子A非存在下でもBのリン酸化能が構成的に増強していることが見出された。実際に、HeLa細胞においてこのBの異常が細胞増殖へ影響しているか調べるためにどのような解析を行ったら良いか、2つの異なった解析アプローチを挙げてそれぞれ50字程度で説明しなさい。