

立命館大学大学院
2024年度実施 入学試験

博士課程前期課程

生命科学研究所
生命科学専攻

入試方式	コース	実施月	専門科目	
			ページ	備考
一般入学試験	応用科学 生物工学 生命情報学 生命医科学	9月	P.1~	「11.バイオアルゴリズム」のみ 受験者なしのため非公開
		2月	P.30~	「11.バイオアルゴリズム」のみ 公開
9月				
2月				
9月				
2月				
6月				
2月				
飛び級入学試験		2月	×	

【表紙の見方】

×・・・入学試験の実施がなかった等の理由で入学試験問題の作成がなかったもの、または、問題を公開しないもの
斜線・・・学科試験(筆記試験)を実施しないもの

立命館大学大学院
2024年度実施 入学試験

博士課程後期課程

生命科学研究所
生命科学専攻

入試方式	実施月	外国語(英語)	
		ページ	備考
一般入学試験	6月 (2024年9月入学)	×	
	9月	×	
	2月	×	
社会人入試	6月 (2024年9月入学)		
	9月		
	2月		
外国人留学生入学試験 (日本語基準)	6月 (2024年9月入学)		
	9月		
	2月		
学内進学入学試験	6月		

【表紙の見方】

×・・・入学試験の実施がなかった等の理由で入学試験問題の作成がなかったもの、または、問題を公開しないもの
斜線・・・学科試験(筆記試験)を実施しないもの

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

1. 物理化学

(物理化学の設問は3ページあります。

以下の問題 [1] から [3] のうち2題を選択して解答してください。

3題すべてに解答した場合、解答はすべて無効となります。)

[1] 以下の問い (1) および (2) に答えよ。ただし、 P 、 T 、 $\Delta\bar{V}$ 、 $\Delta\bar{H}$ はそれぞれ圧力、温度、相変化に伴うモル体積変化、モルエンタルピー変化を表すものとする。また、気体定数 $R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ 、 $0^\circ\text{C} = 273.2 \text{ K}$ 、気体は理想気体とみなせるものとする。

(1) クラペイロンの式、クラウジウス-クラペイロンの式はそれぞれ以下のように表される。

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta\bar{H}}{T\Delta\bar{V}} \quad (1)$$

$$\frac{d \ln P}{dT} = \frac{\Delta\bar{H}}{RT^2} \quad (2)$$

- ① クラウジウス-クラペイロンの式は、ある特定の相変化においてのみ成立する。その条件を答えよ。
- ② クラペイロンの式からクラウジウス-クラペイロンの式を導出せよ。
- ③ エタノールの1.00 atmにおける沸点は78.3 °C、モル蒸発エンタルピーは39.3 kJ mol⁻¹である。30.0 °Cにおける蒸気圧を有効数字3桁で求めよ。

(2) 容積可変の容器に T_i (K)、 P_i (Pa)、 V_i (m³)の状態に入っているアルゴンの温度を T_f (K)にしたとき、体積が V_f (m³)に変化した。エントロピーは状態量なので、この過程におけるエントロピー変化は、(a)体積が膨張する過程と、(b)温度が上昇する過程におけるエントロピー変化の和として考えることができる。

- ① 気体定数を R として、下線(a)のエントロピー変化 ΔS_a を表す式を導出せよ。
- ② アルゴンの定積熱容量を $\bar{C}_V = \frac{3}{2}R$ として、下線(b)のエントロピー変化 ΔS_b を表す式を導出せよ。

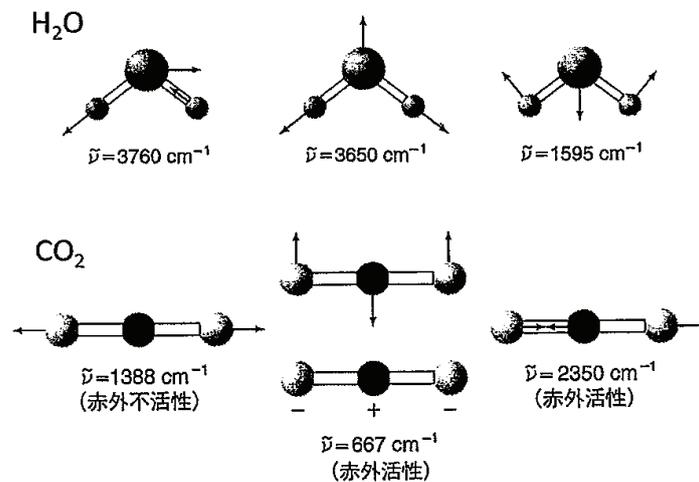
立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

1. 物理化学

(つづき2ページ目。)

[2] 下の図は、水 (H_2O) と二酸化炭素 (CO_2) の基準振動モードである。以下の問い (1) ~ (3) に答えよ。



- (1) 分子の振動の自由度について、以下の問いに答えよ。ただし、分子を構成する原子の数は N 個とする。
- ① H_2O のような非直線分子の振動の自由度の数を表す式を記せ。
 - ② CO_2 のような直線分子の振動の自由度の数は、非直線分子に比べて1つ多くなる。その理由を説明せよ。
- (2) CO_2 の4つの基準振動について、以下の問いに答えよ。
- ① 縮退している振動はどれか、その波数を答えよ。
 - ② 波数が 1388 cm^{-1} の振動のみ赤外不活性である。その理由を説明せよ。
- (3) 調和振動子と異なり、実際の分子の赤外吸収スペクトルには非調和性があるため、選択則がやぶれ、禁制であるはずの倍音が現れることがある。このことについて以下の問いに答えよ。ただし、振動量子数は ν とする。
- ① 実際の二原子分子において、ポテンシャルエネルギー曲線はどのような形状をしているか、このときの振動準位も合わせ、図を描いて説明せよ。
 - ② H_2O の 3760 cm^{-1} と 3650 cm^{-1} の振動に関しては、これらが合わさり 13300 cm^{-1} 付近に $\nu=0 \rightarrow 4$ の遷移による弱い吸収が出現し、 $\nu=0 \rightarrow 5$ の遷移によるさらに弱い吸収が 16700 cm^{-1} 付近に現れる。これらの倍音による弱い吸収が、水が青く見える原因と考えられている。なぜそのように考えることができるのか、説明せよ。

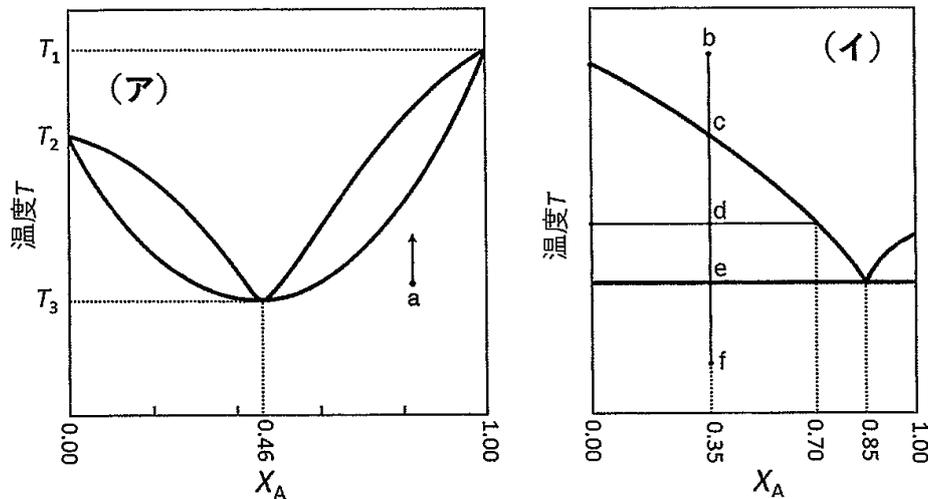
立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

1. 物理化学

(つづき3ページ目。)

[3] 二成分系の相平衡について、以下の問い(1)および(2)に答えよ。



(1) 上図(ア)は成分AとBからなる混合系の気-液平衡の相図であり、横軸は成分Aのモル分率 X_A 、縦軸は温度 T である。このとき、以下の問いに答えよ。

- ① 温度 T_1 、 T_2 、 T_3 のうち、成分Aの沸点はどれか、答えよ。
- ② この混合系液体をフラスコに入れ、点aから温度を上げて蒸留を始めた。このとき、フラスコの上に取り付けた分留カラムの中で、蒸留物の X_A の値はどのように変化していくか、説明せよ。

(2) 上図(イ)は成分AとBからなる混合系の固-液平衡の相図であり、横軸は成分Aのモル分率 X_A 、縦軸は温度 T である。圧力一定で、点bから温度を下げて点c、d、eを通過して最終的に点fに到達したとする。このとき、以下の問いに答えよ。

- ① 点cに到達したとき、何が起こるか、答えよ。
- ② 点dに到達したとき、液体中の X_A の値はいくらか、答えよ。
- ③ 点fに到達したとき、系はどのような状態にあるか、答えよ。
- ④ 成分AとBからなる共融混合物の X_A の値はいくらか、答えよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

2. 無機化学

(無機化学の設問は2ページあります。すべてに解答してください。)

[1] 以下の問い(1)～(4)に答えよ。

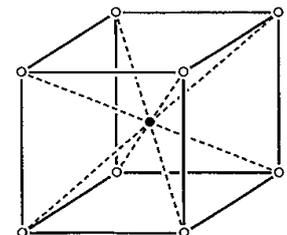
- (1) 1族元素を3つ選び、それぞれの元素名と元素記号を答えよ。
- (2) 2族元素が取りやすい酸化数について、電子配置の観点から説明せよ。
- (3) 18族元素は化学的に不活性である。この理由を電子配置の観点から説明せよ。
- (4) アスタチンを除く4つの17族元素について、原子半径が大きい順に並べよ。

[2] 以下の問い(1)～(2)に答えよ。

- (1) (a)銅は酸素と赤熱下で反応して、酸化銅(II)を生じる。これをさらに高温で加熱すると、(b)酸化銅(II)から酸化銅(I)を生じる。下線部(a)および(b)の化学反応式を記せ。なお、銅と酸素以外の元素は反応に寄与しないものとする。
- (2) 酸化銅(I)5.00 gを銅から合成したい。(1)で答えた化学反応式に基づいて、必要な銅の質量を有効数字3桁で答えよ。なお、原子量はO = 16.00、Cu = 63.55を用いよ。

[3] 右の結晶構造に関する以下の問い(1)～(4)に答えよ。

- (1) この構造の名称を答えよ。
- (2) 単位格子中に含まれる陽イオン、陰イオンの数をそれぞれ答えよ。
- (3) 陰イオンの配位数を答えよ。



● 陽イオン ○ 陰イオン

- (4) 次の文章を読み、空欄(ア)～(オ)にあてはまるもっとも適切な語句、数値、または式を答えよ。

単位格子の中心にある陽イオンから見て最近接の陰イオンは(ア)個である。この距離を d とする。第2近接のイオンは、中心の陽イオンから(イ)の距離だけ離れた(ウ)個の(エ)イオンである。したがって、中心にある陽イオンが、最近接のイオン、第2近接のイオンから受ける静電エネルギーはそれぞれ、 $-\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 d}$ 、(オ)となる。ただし、 e は電気素量、 ϵ_0 は真空中の誘電率とする。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

2. 無機化学

(つづき2ページ目。すべてに解答してください。)

[4] 次の文章を読み、以下の問い(1)～(3)に答えよ。

Zeise 塩 $K[PtCl_3(C_2H_4)]$ は10族元素である白金にエチレンが配位した陰イオン性の平面四配位錯体である。エチレン配位子の $C=C$ 結合の (ア) 軌道の電子が白金の空の d 軌道に供与されるとともに、白金の d 電子がエチレン配位子の (イ) 軌道に流れ込むことで、エチレンが白金に結合する。

(1) 空欄 (ア)、(イ) にあてはまる適切な記号を以下から選択して答えよ。

σ , σ^* , π , π^* , δ , δ^* , ϕ , ϕ^*

(2) 白金の形式酸化数を答えよ。

(3) 下線部について以下の問い①～②に答えよ。

① このような金属-配位子間の相互作用の名称を答えよ。

② 関係する原子軌道の形を、その位相を含めて描け。ただし、白金原子、およびエチレン配位子の炭素原子、水素原子の位置を明示すること。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

3. 分析化学

(分析化学の設問は2ページあります。すべてに解答してください。)

- [1] 総濃度 C_A が $1.0 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$ の塩酸の pH を小数第2位まで求めよ。ただし、HCl の酸解離定数は極めて大きく、HCl の状態で存在している化学種の存在は無視できる。 C_A を表す物質収支と溶存化学種についての電荷収支の関係式を明記した上で、計算の過程をできる限り詳しく記述せよ。なお、水の自己解離定数 K_w は $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$ とし、全ての活量係数は1としてよい。
- [2] 次の(1)から(5)の記述について、その内容の正誤を答えよ。誤の場合には、誤っている箇所を答え、正しい記述に修正せよ。
- (1) 錯体 ML および ML_2 の全生成定数がそれぞれ $\log \beta_1 = 3.0$ および $\log \beta_2 = 4.6$ であり、金属イオン M および配位子 L の総濃度がそれぞれ $C_M = 10^{-5.0} \text{ mol dm}^{-3}$ および $C_L = 10^{-2.0} \text{ mol dm}^{-3}$ であるとき、 $[ML] < [ML_2]$ の関係がある。
 - (2) 金属錯体の配位子となる物質はルイス塩基であると同時にブレンステッド塩基でもある。したがって、水溶液の pH を下げると、配位子にプロトン付加した化学種が増えるため、金属錯体の生成を阻害する。
 - (3) 遊離の金属イオン M と配位子 Y で錯体 MY が形成されるとき、 MY 以外の金属イオン化学種の全濃度を C_{nM} とし、副反応係数 α_M を $C_{nM} = \alpha_M[M]$ と定義したとき、 α_M が大きい条件であるほど MY の生成には有利である。
 - (4) F^- は水溶液中でプロトン付加した HF を生成し (HF の pK_a は 3.2)、難溶性である CaF_2 の溶解度は水溶液をより酸性にすると増大する。
 - (5) M^{2+} と X^- の塩 MX_2 の溶解度積 ($3.2 \times 10^{-8} \text{ M}^3$) は、 A^+ と B^- の塩 AB の溶解度積 ($6.4 \times 10^{-7} \text{ M}^2$) よりも小さく、 MX_2 の溶解度は AB よりも小さい。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

3. 分析化学

(つづき 2 ページ目。すべてに解答してください。)

- [3] 酸化還元電位に関する次の文章を読み、(ア)～(ク)の空欄に入るもっとも適切な式または数値を答えよ。ネルンスト式や溶解度積の定義式は関係化学種の活量を用いて記述し、化学種 X の活量は $a(X)$ と表すものとする。また、気体定数を R 、温度を T 、ファラデー定数を F 、 $(RT/F) \ln A = 0.059 \log A$ とする。なお、硫酸鉛の溶解度への pH の影響は考えないものとする。

難溶性塩である硫酸鉛 (PbSO_4) の溶解度積 $K_{\text{sp}}(\text{PbSO}_4)$ を、 $\text{PbSO}_4(\text{s})/\text{Pb}$ 対および Pb^{2+}/Pb 対の半電池反応の標準酸化還元電位を用いて求める。

$\text{PbSO}_4(\text{s})/\text{Pb}$ 対についての半電池反応式は (1) 式で表され、標準酸化還元電位を $E_{\text{PbSO}_4}^\circ$ とすると、酸化還元電位 E を記述するネルンスト式は (2) 式となる。



$$E = E_{\text{PbSO}_4}^\circ + \frac{RT}{(\text{イ})} \ln (\text{ウ}) \quad (2)$$

また、 Pb^{2+}/Pb 対についての半電池反応式は (3) 式で表され、標準酸化還元電位を $E_{\text{Pb}^{2+}}^\circ$ とすると、酸化還元電位 E を記述するネルンスト式は (4) 式となる。



$$E = E_{\text{Pb}^{2+}}^\circ + \frac{RT}{(\text{エ})} \ln (\text{オ}) \quad (4)$$

PbSO_4 の溶解平衡は (5) 式であり、 $K_{\text{sp}}(\text{PbSO}_4)$ は化学種の活量を用いて (6) 式で定義される。



$$K_{\text{sp}}(\text{PbSO}_4) = (\text{カ}) \quad (6)$$

(4) 式へ (6) 式を代入して $a(\text{Pb}^{2+})$ を消去すると (7) 式が得られる。

$$E = E_{\text{Pb}^{2+}}^\circ + \frac{RT}{(\text{キ})} \ln (\text{キ}) + \frac{RT}{(\text{ク})} \ln (\text{ウ}) \quad (7)$$

(2) 式と (7) 式を比較すると、 $E_{\text{PbSO}_4}^\circ$ と $E_{\text{Pb}^{2+}}^\circ$ は (8) 式の関係にある。

$$E_{\text{PbSO}_4}^\circ = E_{\text{Pb}^{2+}}^\circ + \frac{RT}{(\text{ク})} \ln (\text{キ}) \quad (8)$$

よって、 $E_{\text{PbSO}_4}^\circ = -0.35 \text{ V vs. SHE}$ 、 $E_{\text{Pb}^{2+}}^\circ = -0.13 \text{ V vs. SHE}$ とすると、 $K_{\text{sp}}(\text{PbSO}_4)$ は (ク) と求められる。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

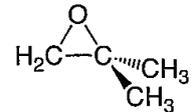
[専門科目]

4. 有機化学

(有機化学の設問は3ページあります。すべてに解答してください。)

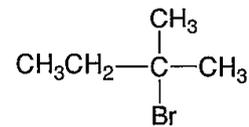
[1] 有機化合物に関する以下の問い(1)～(6)に答えよ。

(1) 右に示す2,2-ジメチルオキサシクロプロパンが以下の①および②の条件で反応する際の主生成物の構造をそれぞれ示せ。



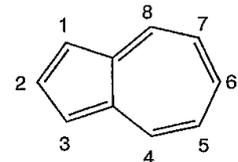
- ① $\text{CH}_3\text{O}^- \text{Na}^+$, CH_3OH
 ② H_2SO_4 , CH_3OH

(2) 右に示す2-ブロモ-2-メチルブタンが以下の①および②の条件で反応する際の主生成物の構造をそれぞれ示せ。



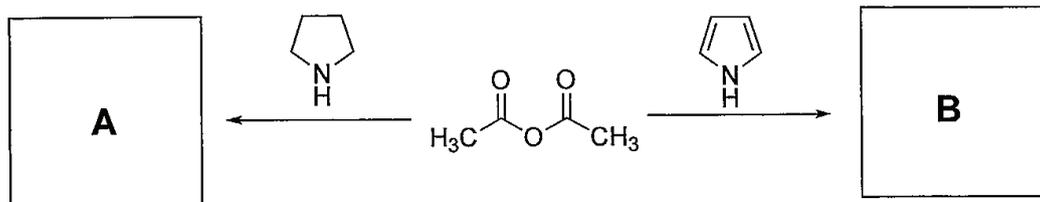
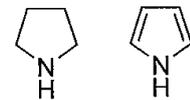
- ① $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}^- \text{Na}^+$, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, 70°C
 ② $(\text{CH}_3)_3\text{CO}^- \text{K}^+$, $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$

(3) ヘキサンと1-ヘキセンの1位炭素(C1)における酸性度はいずれが高いかを、理由とともに示せ。

(4) シクロヘキセンに臭素を反応させたときに得られる主生成物について、その構造を示せ。不斉炭素がある場合は、その絶対配置を*R,S*表記で示せ。なお、鏡像異性体が得られる場合は一方のみの記載でよい。(5) 右に示すアズレンに対して、求電子剤(E^+)はC1(C3と同一)を容易に攻撃するが、求核剤(Nu^-)はC8(C4と同一)を容易に攻撃する。この理由を説明せよ。

(6) 右に示すピロリジンとピロールについて以下の問い①～②に答えよ。

- ① 塩基性が強いのはいずれであることを示し、その理由を答えよ。
 ② 無水酢酸との反応で得られる生成物 **A** および **B** の構造を示せ。



立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

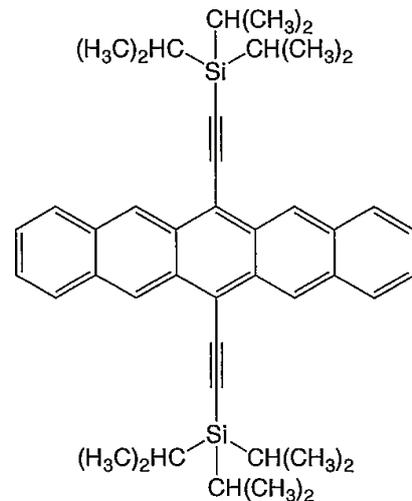
[専門科目]

4. 有機化学

(つづき 2 ページ目。すべてに解答してください。)

[2] 有機化合物の構造決定に関する以下の問い (1) ~ (2) に答えよ。

(1) 右に示す化合物 (通称 TIPS ペンタセン) は有機半導体材料であり、塗布型デバイスの作製が可能である。この化合物では、 ^1H NMR および ^{13}C NMR でそれぞれ何本のピークが観察されるか。ただし、単結合部位では NMR 時間スケールにおいて回転しているものとする。また、 ^1H NMR ではスピン-スピンカップリングで分裂した場合も 1 本のピークとみなし、 ^{13}C NMR はデカップリングしているものとする。



(2) 分子式 $\text{C}_4\text{H}_7\text{ClO}_2$ の化合物を CDCl_3 中で ^1H NMR を測定したところ、以下のシグナルが観測された。問い①~②に答えよ。

δ (ppm) = 4.26 (q, $J = 7.1$ Hz, 2H), 4.05 (s, 2H), 1.31 (t, $J = 7.1$ Hz, 3H)

① この化合物の構造を示せ。

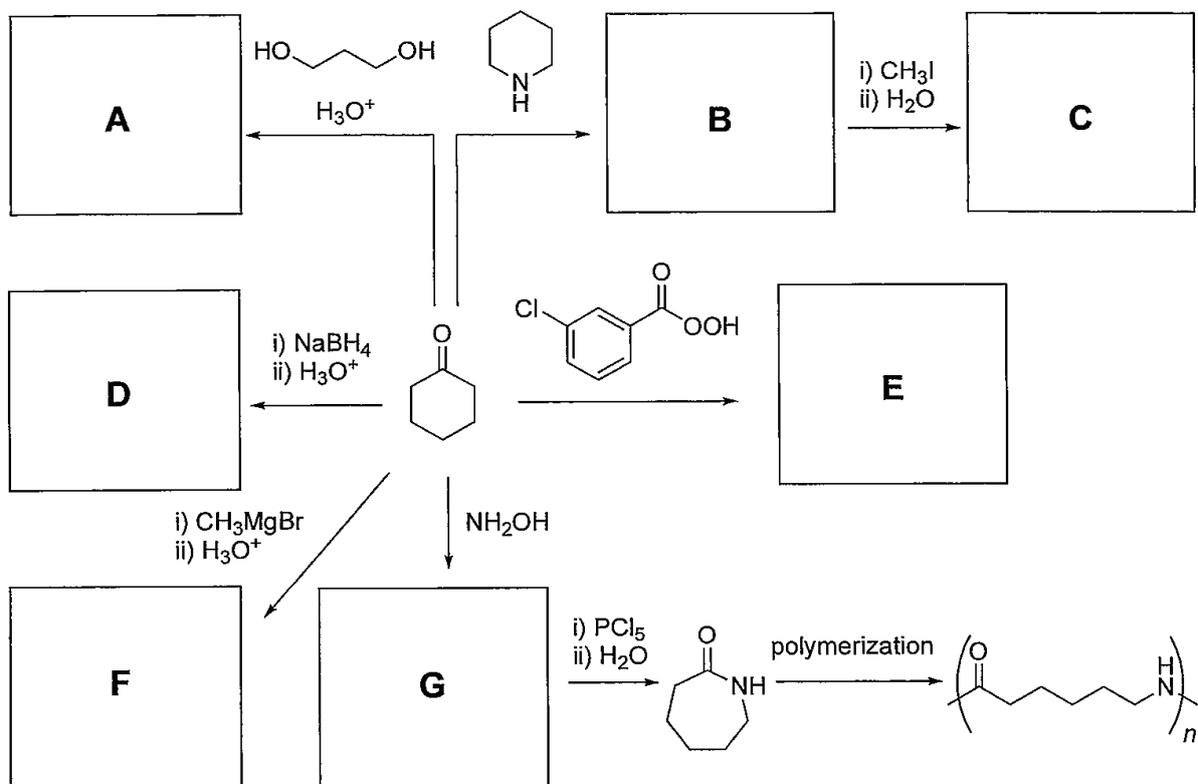
② 400 MHz ^1H NMR において、4.26 ppm および 1.31 ppm のシグナルは何 ppm の間隔で分裂しているか。小数第 3 位まで求めよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

4. 有機化学

(つづき3ページ目。すべてに解答してください。)

[3] シクロヘキサノン为原料とする以下の反応について、主生成物 **A** ~ **G** の構造を示せ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

5. 生化学

(生化学の設問は 3 ページあります。すべてに解答してください。)

[1] 次の文章を読み、問い (1) ~ (5) に答えよ。

細胞が、タンパク質、脂質、多糖からエネルギー源を得るためには (あ) と呼ばれる反応によって複雑な有機分子から簡単な有機分子に分解される必要がある。(あ) は 3 段階に分けられる。第 1 段階の消化では、タンパク質が (い) に、脂肪は (う) と (え) に、多糖はグルコースなどに分解される。第 2 段階の(a)解糖では、グルコース 1 分子が (お) 2 分子に変換される。この反応は細胞質で起こり、(お) の他に ATP と (か) が作られる。(b) (お) は (き) に能動的に取り込まれた後、酵素複合体によって (か) と CO_2 、アセチル CoA を生じる。第 3 段階は(c)クエン酸回路とそれに続く酸化リン酸化の一連の反応である。アセチル CoA から生じたクエン酸がクエン酸回路に入り、大量の (か) が生じる。(か) はミトコンドリア内膜にある電子伝達系によって酸化されることにより ATP を合成する。

動物は、常に食べ物を食べられる状況にはないため、食べ物を多く得られるときに貯蔵分子を合成し、エネルギー源が枯渇したときにエネルギーとして利用することができる。動物が大量のグルコースを必要とするときは、糖新生によって (お) からグルコースを合成する。糖新生で起こる多くの段階は解糖の逆であるが、3 つの段階では異なる酵素が用いられる。例えば(a)解糖におけるある反応では、フルクトース 6 リン酸がフルクトースリン酸キナーゼによってフルクトース 1,6 ビスリン酸に変化するが、糖新生では、フルクトース 1,6 ビスホスファターゼがリン酸基を取り除くことで逆の反応を起こす。

- (1) 空欄 (あ) ~ (き) に当てはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部(a)の解糖において、グルコースからグルコース 6 リン酸が生じる最初の反応を触媒する酵素名を述べよ。
- (3) 下線部(b)に関して、アセチル CoA が供給される、異なる経路を述べよ。
- (4) 下線部(c)に関して以下の問いに答えよ。
 - ① クレブスらによる実験ではマロン酸が使われることで、クエン酸回路の解明に役立てられた。実験にマロン酸が用いられた理由を述べよ。
 - ② 筋肉にマロン酸を加えた状態でクエン酸を添加すると、クエン酸回路はどのような影響を受けるか、その理由とともに述べよ。
 - ③ ②と同じ実験条件で、クエン酸の代わりにフマル酸を添加すると、クエン酸回路はどのような影響を受けるか、その理由とともに述べよ。
- (5) 下線部(d)に関して、細胞が糖を分解するか合成するかを、どのように決定しているか、以下の 2 つの単語を用いて述べよ。
 - ・フルクトースリン酸キナーゼ
 - ・フルクトース 1,6 ビスホスファターゼ

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

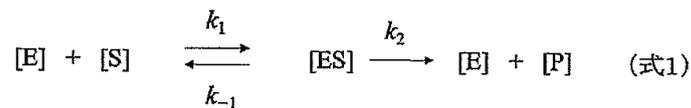
5. 生化学

(つづき2ページ目。すべてに解答してください。)

[2] 次の文章を読み、問い(1)～(6)に答えよ。

生体内で触媒として機能する酵素は主にタンパク質から構成され、(あ)を下げるが、反応の(い)には影響しない。酵素は反応機構や化学変化の特徴から(a)オキシドレダクターゼ、トランスフェラーゼ、ヒドロラーゼ、(b)リアーゼ、(c)イソメラーゼ、リガーゼ、トランスロカーゼに分類される。同一個体に存在し、酵素Aと同じ反応を触媒する酵素Bのことを(う)という。

一般的に酵素活性は(え)や(お)の影響を受け、反応速度は酵素の濃度[E]や基質の濃度[S]に依存する。一般的な酵素反応は以下の式で表される。Eは酵素、Sは基質、Pは生成物である。



酵素反応速度(v)は式1より誘導されたミカエリス・メンテンの式で示される。この式を、横軸を[S]、縦軸をvとしてプロットすると(ア)形のグラフとなる。一方、(d)アロステリック制御をうける酵素の反応はミカエリス・メンテンの式で近似することはできず、(イ)形のグラフとなる。(e)ミカエリス・メンテンの式を変形し、横軸を1/[S]、縦軸に1/vとしてプロット(ラインウエーバー・バークの逆数プロット)すると、グラフの切片からミカエリス定数(K_m)と最大反応速度(V_{max})を容易に求めることができる。

酵素に結合して酵素の活性を減少させる物質を阻害剤という。阻害剤が酵素の基質結合部位に対し直接結合し、基質と競合することを競合阻害といい、阻害剤が酵素-基質複合体に結合するが遊離の酵素には結合しない場合を反競合阻害という。また、酵素-基質複合体にも遊離の酵素にも結合する場合を混合阻害という。(f)それぞれの阻害形式はラインウエーバー・バークの逆数プロットによって区別できる。

- (1) 空欄(あ)～(お)に当てはまる適切な語句を記入せよ。
- (2) 空欄(ア)および(イ)に当てはまるもっとも適切な語句を下から選べ。
直線、らせん、双曲線、シグモイド
- (3) 下線部(a)～(c)に示されたそれぞれの酵素のはたらきを述べよ。
- (4) 下線部(d)に関して、酵素に対するアロステリック制御について100文字程度で説明せよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

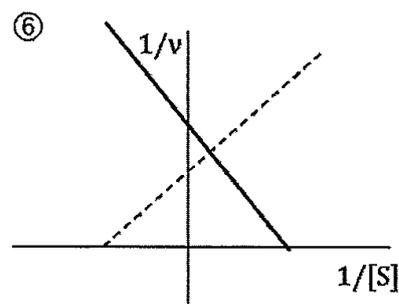
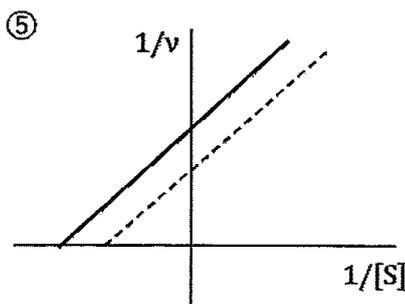
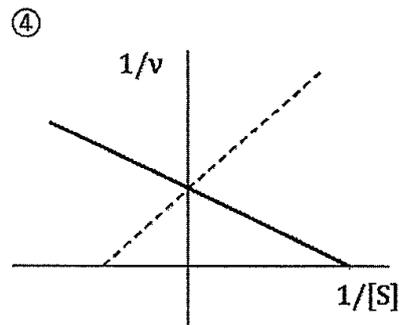
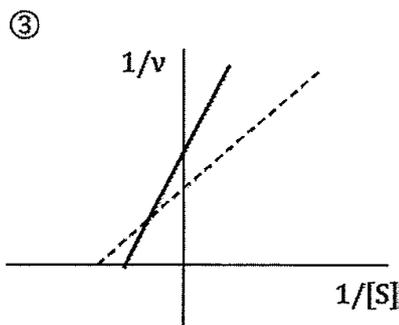
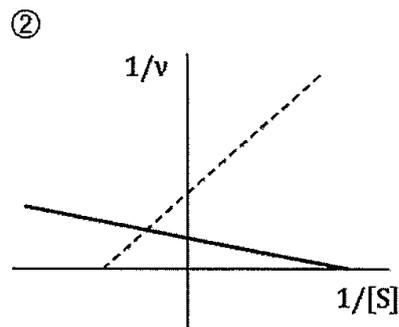
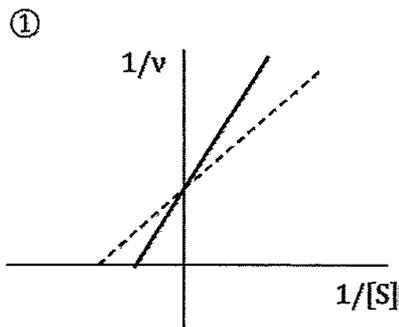
[専門科目]

5. 生化学

(つづき3ページ目。すべてに解答してください。)

(5) 下線部(e)に関して、速度を v 、最大反応速度を V_{\max} 、ミカエリス定数を $K_m = (k_{-1} + k_2)/k_1$ とするとミカエリス・メンテンの式 $v = V_{\max} [S]/(K_m + [S])$ が導かれる。 K_m の意味するところを述べよ。

(6) 下線部(d)に関して、以下のグラフの点線は一般的な酵素反応のラインウエーバー・バークの逆数プロットを示している。次の3つの阻害形式 (I. 競合阻害, II. 反競合阻害, III. 混合阻害) において、ラインウエーバー・バークの逆数プロットはそれぞれどのように変化するか、もっとも適切な実線が描かれたグラフを下の①～⑥から選べ。



立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

6. 分子生物学

（分子生物学の設問は3ページあります。すべてに解答してください。）

[1] 次の文章を読んで、問い（1）～（6）に答えよ。

DNAの複製は、複製開始点と呼ばれる特異的な配列をもつ短い領域から開始される。大腸菌のゲノムDNAは環状であり、複製開始点は1箇所存在する。ここにタンパク質が結合し、二本鎖DNAは一本鎖に巻き戻されて複製は始まる。DNA合成を行う酵素はDNAポリメラーゼであるが、実際の複製では、それ以外の多数のタンパク質が必要である。例えば、（あ）は二本鎖DNAの巻き戻しを行う酵素、（い）は二本鎖DNAの巻き戻しによりねじれがきつくなってできるひずみを緩和する酵素、（う）は一本鎖に巻き戻されたDNAが鋳型として使われるまで安定に保つタンパク質である。複製が進行している部分は（え）と呼ばれる。DNAは、二本の鎖が逆平行に対合しているため、（お）鎖ではDNAの合成は連続的であるが、（か）鎖ではDNAの合成は不連続となる。この不連続に合成された短いDNA鎖は、（き）と呼ばれる。（き）に含まれるプライマーはRNAであるため、DNAに置換して（き）どうしをつなぎ合わせる必要があり、以下のように行われる。DNAポリメラーゼIは、5'→3'エキソヌクレアーゼ活性によってRNAプライマーを分解、除去しつつ、DNAポリメラーゼ活性によりRNAプライマーを分解した部分を修復する。最後に残ったニックは連結され、（き）どうしはつなぎ合わされる。

- （1）文章中の（あ）～（き）にあてはまる適切な語句を答えよ。
- （2）文章中の下線部に関して、DNAポリメラーゼIは、5'→3'エキソヌクレアーゼ活性に加えて、3'→5'エキソヌクレアーゼ活性をもつ。3'→5'エキソヌクレアーゼ活性のはたらきを説明せよ。
- （3）大腸菌のゲノムDNAのサイズを 4.6×10^6 bp（塩基対）とし、DNAポリメラーゼのDNA合成速度を1秒あたり1000ヌクレオチドとするとき、大腸菌のゲノムDNAの複製にかかる時間を答えよ。計算式も示せ。
- （4）日光に含まれる紫外線の照射はDNAを損傷し、損傷部位でDNAの複製は正常に行われなくなる。
 - ① 紫外線照射によってDNAに形成される構造の名称を答えよ。
 - ② 大腸菌において、DNA複製を伴わずに迅速に①の構造を紫外線照射前の構造に戻す酵素の名称を答えよ。
- （5）真核生物のゲノムDNAは線状であり、複製のたびにDNA末端が短縮されていくと予想されるが、短縮を防ぐしくみがある。
 - ① 短縮を防ぐしくみの中心ではたらく酵素の名前を答えよ。
 - ② ①の酵素はRNAを分子内にもつ。このRNAのはたらきを説明せよ。
- （6）近年盛んなゲノム編集で用いられるCas9タンパク質はRNAを分子内にもつ。Cas9タンパク質におけるRNAのはたらきを説明せよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

6. 分子生物学

(つづき2ページ目。すべてに解答してください。)

[2] 次の文章を読んで、問い(1)～(6)に答えよ。

DNAは^(a)「切断」や「連結」といった加工が試験管内で簡便に行える生体高分子であり、これらの加工技術によって分子生物学が大きく発展したといっても過言ではない。DNAの「切断」や「連結」はタンパク質である酵素を用いて行われる。切断に用いる酵素は(あ)と総称され、100種類以上が市販されている。それぞれの(あ)は切断するDNAの塩基配列に特異性があるが、その切断配列の多くは(い)配列になっている。連結に用いる酵素はDNAリガーゼと呼ばれ、2つのDNA末端の間に(う)結合を作ることができる。一般にDNAリガーゼによる連結には2つのDNA末端が十分に近づくことが必要であり、お互いに(え)的な突出末端を持つDNA末端どうしの場合、塩基対を形成して(お)するので、効率的に連結される。

試験管内で簡便に行えるDNAの加工にはPCRによる「増幅」もある。^(b)鋳型となるDNAを、増幅したい部分の両側に(え)的な「プライマー」と呼ばれる短い一本鎖DNA(か)本と、^(c)DNAポリメラーゼと混合し、温度を変化させることで「変性→(お)→伸長」のサイクルを行わせる。このサイクルを20回繰り返せば、目的のDNA配列を(き)万倍にまで増幅することができる。この時、プライマーの5'側に任意の配列を付け加えることで、増幅されたDNA配列の両脇に任意の配列を付け加えることもできる。

DNAの混合物から目的のDNAをクローニングするために、図1に示したpBR322のような(く)を用いることがある。(く)とは、複製開始点を有し、大腸菌などの宿主において宿主のゲノムDNAとは物理的に独立して自律複製し、安定に遺伝することができるDNA分子である。pBR322は、(あ)であるEcoRIによって切断される配列を有しており、^(d)EcoRIで切断されたDNA断片を挿入するのに適している。またpBR322が導入された大腸菌を選択するための^(e)アンピシリン耐性遺伝子も有している。

- (1) (あ)～(く)にあてはまる適切な語句や数字を答えよ。
- (2) 下線部(a)に関して、生体内でRNAが「切断」「連結」される反応をあげ、その反応について説明せよ。
- (3) 下線部(b)に関して、「真核生物由来のタンパク質のアミノ酸配列をコードするDNA」を増幅するために、通常ゲノムDNAを鋳型として用いることはない。その場合、ゲノムDNAではなくどのようなDNAを鋳型とするべきか答えよ。
- (4) 下線部(c)に関して、DNAポリメラーゼのうちPCRに用いられるものがもつ特徴を答えよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

6. 分子生物学

(つづき3ページ目。すべてに解答してください。)

- (5) 下線部(d)に関して、図2に示した「ヒト由来インシュリンのアミノ酸配列をコードする DNA」を既に有している場合、どのような配列のプライマーを用いて PCR を行えば、増幅した DNA を EcoRI で切断した後に pBR322 に挿入することができるか。「A または T = 2 °C、G または C = 4 °C」として計算する Wallace 法に従って、図2に示した配列に対する融解温度 (T_m) が 56 °C になるようにプライマーを設計し、塩基配列を記せ。
- (6) 下線部(e)に関して、アンピシリンのように「微生物や他の生物により生産され、微生物の生育を阻止あるいは殺す活性を持つ化合物」を何と呼ぶか答えよ。

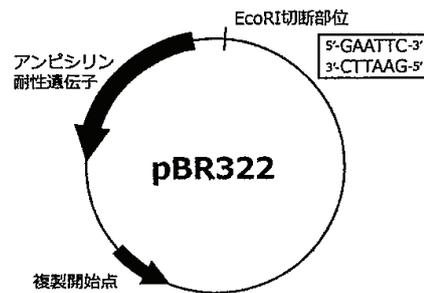


図1. pBR322 の模式図

```

5'- ATGGCCCTGTGGATGCGCCTCCTGCCCTGCTGGCGCTGCTGGCCCTCTGGGGACCTGAC -3'
3'- TACCGGGACACCTACGCGGAGGACGGGGACGACCCGCGACGACCCGGGAGACCCCTGGACTG -5'

5'- CCAGCCGCAGCCTTTGTGAACCAACACCTGTGCGGCTCACACCTGGTGGAGCTCTCTAC -3'
3'- GGTGGGCGTCGGAAACACTTGGTTGTGGACACGCCGAGTGTGGACCACCTTCGAGAGATG -5'

5'- CTAGTGTGCGGGGAACGAGGCTTCTTCTACACACCCAAGACCCGCGGGAGGCAGAGGAC -3'
3'- GATCACACGCCCTTGCTCCGAAGAAGATGTGTGGTCTGGGCGGCCCTCCGTCTCCTG -5'

5'- CTGCAGGTGGGGCAGGTGGAGCTGGGCGGGGCCCTGGTGCAGGCAGCCTGCAGCCCTTG -3'
3'- GACGTCCACCCCGTCCACCTCGACCCGCCCGGGACCACGTCGTCGGACGTGGGGAAC -5'

5'- GCCCTGGAGGGTCCCTGCAGAAGCGTGGCATTGTGGAACAATGCTGTACCAGCATCTGC -3'
3'- CGGGACCTCCCAGGGACGTCTTCGCACCCTAACACCTTGTACGACATGGTCGTAGACG -5'

5'- TCCCTTACCAGCTGGAGAACTACTGCAACTAG -3'
3'- AGGGAGATGGTCGACCTCTTGATGACGTTGATC -5'

```

図2. ヒト由来インシュリンのアミノ酸配列をコードする DNA

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

〔専門科目〕

7. 微生物学

（微生物学の設定は3ページあります。すべてに解答してください。）

[1] 微生物の分類および利用に関する次の文章を読み、以下の問い（1）～（7）に答えよ。

微生物には原核生物と真核生物が存在する。微生物のうち原核生物は（あ）および（い）にすべて含まれるため、原核生物はすべて微生物であるといえる。真核生物の微生物には酵母および糸状菌を含むすべての（う）と、珪藻や原虫などの多くの（え）が含まれる。

人類は原核生物、真核生物を問わず様々な微生物を利用して発酵食品を製造してきた。原核生物である乳酸菌を利用したヨーグルト製造では、乳に含まれるラクトースをグルコースとガラクトースに分解し、①グルコースを乳酸に変化させる乳酸発酵が用いられる。パンは真核生物である②酵母によるアルコール発酵を用いた発酵食品であり、3つの段階で発酵が進行する。まず、小麦粉中のアミラーゼによりデンプンがマルトースに分解される。つづいてマルトースがマルターゼによって2分子のグルコースに分解される。その後③グルコースから（お）によって二酸化炭素とエタノールが生成される。二酸化炭素が気泡を作り、エタノールが風味をつける。また、日本酒の醸造においては、酵母に加えて糸状菌である④麹菌が用いられる。日本酒やワインなどの醸造酒の製造では⑤腐敗や発酵の進行を防ぐため、⑥低温殺菌が行われる場合が多い。

（1）空欄（あ）～（お）に当てはまるもっとも適切な語句を以下から選べ。

アーキア、ウイルス、褐藻、菌類、原生生物、細菌、チマーゼ、 ラクターゼ、ラセマーゼ、ラン藻
--

（2）下線部(a)に関して、以下の問いに答えよ。

- ①乳酸発酵におけるホモ発酵、ヘテロ発酵の違いを説明せよ。
- ②乳酸の示性式もしくは分子式を示せ。

（3）下線部(b)に関して、以下の問いに答えよ。

- ①酵母の生物学的定義を説明せよ。
- ②パン製造に用いられる酵母の学名を答えよ。

（4）下線部(c)に関して、グルコース1分子から二酸化炭素およびエタノールがそれぞれ何分子生成するか答えよ。

（5）下線部(d)に関して、以下の問いに答えよ。

- ①日本酒製造に用いられる麹菌の学名を答えよ。
- ②日本酒製造における麹菌の主な役割を説明せよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

7. 微生物学

(つづき 2 ページ目。すべてに解答してください。)

(6) 下線部(e)に関して、両者の違いを説明せよ。

(7) 下線部(f)に関して、以下の問いに答えよ。

①醸造酒製造に低温殺菌が用いられる理由を説明せよ。

②醸造酒製造以外で用いられる一般的な殺菌もしくは滅菌法の例を1つ挙げ、その方法を説明せよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

7. 微生物学

（つづき3ページ目。すべてに解答してください。）

[2] 微生物の分離および培養に関する次の文章を読み、以下の問い（1）～（5）に答えよ。

環境中から炭化水素分解菌を分離するため、炭化水素を 0.1% (w/v) 入れた LB 寒天培地を準備した。LB 寒天培地の組成は、Trypton 1.0% (w/v)、Yeast Extract 0.5% (w/v)、NaCl 0.5% (w/v)、Agar 1.5% (w/v) である。

土壌懸濁液を作製し、適宜希釈した土壌懸濁液を(a)炭化水素含有 LB 寒天培地に塗布し、(b)30℃で 48 時間培養したところ、複数種のコロニーが出現した。これらのコロニーを(c)シングルコロニーアイソレーションし、炭化水素分解菌の候補株とした。

その後、各シングルコロニーの炭化水素分解能を有する菌株を選択するため、炭化水素を 0.1% (w/v) 入れた LB 液体培地を準備し、各シングルコロニーを植菌し、30℃で 48 時間振とう培養後の(d)濁度 (OD_{660}) を測定した。その結果、濁度 (OD_{660}) が 1.0 以上を示す複数の菌株が得られ、これらの菌株は炭化水素分解能を有する可能性が示唆された。

- (1) 下線部(a)に関して、LB 寒天培地になぜ炭化水素を入れたのか説明せよ。
- (2) 下線部(b)の操作を 37℃で行った場合、結果にどのような違いが出るか予想せよ。
- (3) 下線部(c)に関して、シングルコロニーアイソレーションする理由を説明せよ。
- (4) 下線部(d)に関して、濁度 (OD_{660}) は何を意味するか説明せよ。
- (5) 上記の実験に関して、さらに効率よく炭化水素分解菌を分離する手法を述べよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

8. 人体の構造と機能

（人体の構造と機能の設問は2ページあります。すべてに解答してください。）

[1] 免疫系について以下の問い（1）～（3）に答えよ。

（1）免疫グロブリンは5つの異なったクラスに分類され、IgG、IgA、IgM、IgD、IgE と呼ばれる。次の記述がそれぞれどのクラスに関する記述か、もっとも適切なクラスを1つずつ答えよ。

- ①細菌やウイルスに対する局所の粘膜防御を担う
- ②血中の全抗体の約0.2%を占める
- ③胎盤を介して母体から胎児に移行しうる
- ④抗原侵入の際に最初に分泌される
- ⑤アレルギー反応や過敏性反応に関与する

（2）リンパ器官についての次の文章中（あ）～（こ）にあてはまる語句を答えよ。

一次リンパ器官は幹細胞が分裂し、成熟したB細胞やT細胞に分化する場であり、（あ）と（い）からなる。二次リンパ器官・組織はほとんどの免疫反応が起こる場で、（う）、（え）、リンパ小節等を含む。（あ）は胸骨の後側の左右両肺に挟まれて心臓の上に存在する2葉性の器官である。未分化T細胞が（い）から（あ）に移住して、そこで増殖するとともに成熟し始める。（あ）に到達した未熟T細胞のうち、たった数%しか成熟T細胞として末梢へ移行することができない。（う）は濾過装置として働く。（お）を介して、外からの異物が（う）に流入すると（か）に捕らえられ、（き）がそれら異物の一部を貪食する。（え）は（く）と（け）からなる。（く）ではB細胞とT細胞が免疫反応を果たす。（け）の機能の1つに胎児期における（こ）の生成が挙げられる。

（3）次の記述が示す細胞名称を答えよ。

- ①B細胞から分化した、抗体を分泌する細胞
- ②グランザインやパーフォリンを分泌するT細胞
- ③T細胞やB細胞、ナチュラルキラー細胞の活性化や増殖を促すT細胞
- ④抗体を分泌せず、長期間生存できるB細胞

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

8. 人体の構造と機能

（つづき2ページ目。すべてに解答してください。）

[2] 腎臓の構造と機能について以下の問い（1）～（3）に答えよ。

（1）腎臓の構造について、次の文中（あ）～（く）にあてはまる語句を答えよ。

腎臓の正中側には、（あ）と呼ばれるくぼみがある。腎臓を出入りするリンパ管、神経、血管、（い）は、（あ）を出入りする。

腎臓外側の明赤色の領域は（う）と呼び、その内側の暗赤褐色の領域を（え）と呼ぶ。（え）内には数個の円錐形の（お）がある。（う）が内部へ伸びた部分を（か）と呼ぶ。

腎臓で作られた尿は大小の（き）を経て漏斗状の（く）に注ぎ込まれ、（い）に至る。

（2）ネフロン構造について簡単な図を描き、各部位の名称と尿産生における機能を記入せよ。

（3）血液量と血圧が低下した際にみられる、レニン-アンギオテンシン-アルドステロン経路の応答を、簡単な図を描いて説明せよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

9. 公衆衛生学

（公衆衛生学の設問は4ページあります。すべてに解答してください。）

[1] 主な精神疾患に関する次の文章を読み、以下の問い（1）～（2）に答えよ。

- （あ）：気分障害の1つであり、2週間以上持続するゆううつな気分、または興味や関心の減退に加えて、食欲や睡眠の変化、易疲労性、集中力の低下、自責感、自殺念慮などの関連症状が同時に出現する。
- （い）：急性期には、妄想や幻聴、脈絡のない解体した会話、つじつまが合わない緊張病性の行動などの「（ア）症状」があらわれる。また、慢性期に移行した後は、感情の平板化や思考の貧困、意欲の欠如などの「（イ）症状」があらわれる。
- （う）：災害、事故、犯罪など、死に瀕するまたは重傷を負うような（ウ）を経験した者、あるいは他人の生命の危機を経験・目撃した者に生じる。
- 発達障害：行動や情緒の発達に遅れがみられる疾患であり、小児期から子ども時代にかけて顕在化することが多い。親のしつけや教育の問題ではなく、脳機能の障害によるものである。発達障害のうち（え）は、とくにコミュニケーション能力や社会性に関連した障害を持つ疾患であり、自閉症、（お）などを含む。
- （お）：幼児期に言葉の発達の遅れがない広い意味での自閉症の1つで、①対人関係・コミュニケーションの障害、②行動・興味・活動の偏りを特徴とする。
- （か）：①不注意、②多動・多弁、③衝動的な行動を特徴とする疾患であり、多くは7歳以前にあらわれる。
- （き）：一般的な知能発達の遅れはないのにもかかわらず、聞く、話す、読む、書く、計算する、推論するなどの特定の能力を学んだり、行ったりすることに著しい困難を示す疾患である。

（1）（あ）～（き）にあてはまる疾患名を述べよ。

（2）（ア）～（ウ）にあてはまる語句を述べよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

9. 公衆衛生学

(つづき2ページ目。すべてに解答してください。)

[2] 公衆衛生の戦略的介入に関する以下の問い(1)～(2)に答えよ。

(1) ポピュレーションアプローチとハイリスクアプローチの考え方について述べよ。

(2) ポピュレーションアプローチとハイリスクアプローチの利点と欠点について述べよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

〔専門科目〕

9. 公衆衛生学

（つづき3ページ目。すべてに解答してください。）

〔3〕 臨床疫学の方法に関する次の文章を読み、以下の問い（1）～（3）に答えよ。

（あ）とは、「現時点で入手可能な最良の科学的根拠について、その信頼性や妥当性を批判的に吟味し、個々の経験や技術と統合させて、対象者の価値観や意向も考慮した上で、理にかなった医療意思決定を行うための一連の行動指針」である。

ある臨床上的の問題に関する知識は単一の研究から決定されるのではなく、その問題に関する多数の研究結果から決定されるのが一般的である。そのために集める研究論文の収集方法を明示し、論文中で報告されている結果を総合的に評価する方法を示し、客観的に総説を行う研究手法を（い）と呼ぶ。（う）は（い）と類似した意味であるが、論文の報告値を要約する過程で用いた統計解析のことをさす場合もある。（う）では、複数の研究で得られた生の対象者のデータを単に平均するのではなく、それぞれを独立した研究とみなしたまま結果を統計学的に統合する。（う）の結果は、図1のような（え）として要約される。図1は介入群が対照群と比べて心筋梗塞のリスクを減らすかどうかを検討した（う）の結果である。各研究結果の四角の大きさは（お）に比例し、横線の広がりには95%信頼区間を表す。統合された結果は、図の下部のひし形で表される。

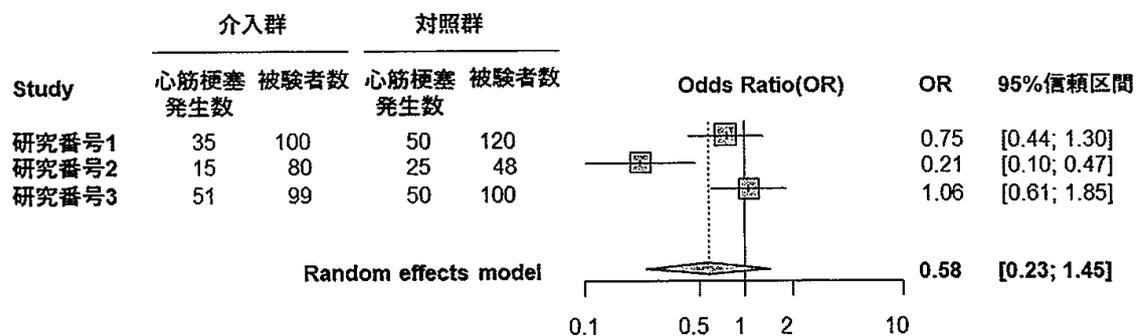


図1. 介入による心筋梗塞のリスク低下に関する統合解析の結果

（1）（あ）～（お）にあてはまる語句を述べよ。

（2）研究番号1～3のうち、介入群が対照群と比べて統計学的に有意に心筋梗塞の発生数が低いことを示したものをすべて答えよ。

（3）Random effects modelによる統合結果の解釈を述べよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

9. 公衆衛生学

(つづき4ページ目。すべてに解答してください。)

[4] 因果関係の判断基準に関する次の文章を読み、以下の問い(1)～(2)に答えよ。

医学領域において、要因と疾病との関連が示された場合に、それが因果関係であるかを判断する際の基準として1964年にアメリカ公衆衛生局が喫煙と健康に関する報告書の中で示した以下の5項目がある。

- (あ) : 要因と疾患の関係について、他の疫学研究でも同様の結果が得られ、その結果が普遍的であること。
- (い) : (a)相対危険度やオッズ比が大きいこと、あるいは、dose-response relationship があること。
- (う) : 疫学研究によって得られた事実が、既知の知見や生物学的研究で得られた事実と矛盾しないこと。
- (え) : 要因に曝露されてから疾患が発生すること。
- (お) : 要因と疾患の関係が必要十分条件であること。すなわち、要因があれば疾患が発生し、疾患があるところに必ずその要因が存在すること。

(1) (あ) ～ (お) にあてはまる用語をそれぞれ下の枠の中から選べ。

coherence、consistency、specificity、strength、temporality
--

(2) 10万人を対象としたコホート研究で、遺伝子Aの変異の有無と乳癌の年間新規発生数を調べた結果、乳癌の発生は遺伝子Aの変異ありの群で2万人中400人、遺伝子Aの変異なしの群では8万人中100人であった。この場合の下線部(a)の統計量を求めよ。計算過程を示したうえで、数値は四捨五入により小数点以下第1位までを答えよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

10. プログラム言語

(プログラム言語の設問は4ページあります。すべてに解答してください。)

- [1] 以下のプログラムは、配列 $x[3]$ の 3 つの要素のうち 2 つの要素を、配列 $seq[]$ の数値に応じて入れ替えるプログラムである。このプログラムについて、問い (1) ~ (5) に答えよ。

```
01: #include <stdio.h>
02:  swap(  ,  ) {
03:     int tmp = *x;
04:     *x = *y;
05:     *y = tmp;
06: }
07: int main(void) {
08:     int x[3] = {1, 2, 3};
09:     int seq[5] = {0, 1, 0, 0, 2};
10:     int seqlen = 5;
11:     printf("%d %d %d\n", x[0], x[1], x[2]);
12:     for (int i = seqlen - 1; i >= 0; i--) {
13:         switch (seq[i]) {
14:             case 0:
15:                 swap(&x[0], &x[1]);
16:                 break;
17:             case 1:
18:                 swap(&x[1], &x[2]);
19:                 break;
20:             case 2:
21:                 swap(&x[0], &x[2]);
22:                 break;
23:             default:
24:                 break;
25:         }
26:         printf("%d %d %d\n", x[0], x[1], x[2]);
27:     }
28:     return 0;
29: }
```

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

10. プログラム言語

（つづき2ページ目。すべてに解答してください。）

- (1) 第 15 行の変数 $x[0]$ の前にある $\&$ の意味を説明せよ。さらに、ポインタ型変数とはどのような変数が説明せよ。
- (2) 関数 $\text{swap}()$ は、引数で与えられた 2 つのポインタで示される 2 つの変数を入れ替える関数である。空欄 , , に入る、もっとも適切な変数の型と関数引数の宣言を示せ。
- (3) 前頁のプログラムを実行したときの出力を示せ。
- (4) 前頁のプログラムでは、 $\text{seq}[2]$ と $\text{seq}[3]$ が 0 になっているため、 $x[0]$ と $x[1]$ の交換が連続して生じるので、 $\text{seq}[2]$ と $\text{seq}[3]$ を配列 $\text{seq}[]$ から削除して seqlen を 3 としても最後に出力される結果は変わらない。このように、配列 $\text{seq}[]$ から連続する同じ数を削除し、 seqlen の値を減らす関数 $\text{shrink}()$ を考え、前ページのプログラムの第 10 行の直後にこの関数を呼び出す行を挿入することで、プログラムの最後の出力が、元のプログラムと同じ出力となるようにしたい。関数 $\text{shrink}()$ を示せ。
- (5) 前頁のプログラムで、第 15 行で関数 $\text{swap}()$ を用いて $x[0]$ と $x[1]$ を交換する代わりに、配列 $x[]$ を 3 要素の縦ベクトルと考え、このベクト

ルに左から行列 $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ を乗じても同じ結果が得られる。上記プロ

グラムの第 15 行を、配列 $x[]$ に行列 A を乗ずるプログラムとして書き換える場合、どのようなプログラムに書き換えれば良いか、プログラムを示せ。なお、プログラムの中では行列 A は $\text{int } A[9] = \{0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1\}$ として表現するものとし、変数 A の宣言も含め、必要な変数の宣言も含むプログラムを示せ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

10. プログラム言語

（つづき3ページ目。すべてに解答してください。）

[2] 以下のプログラムは、1, 2, 3 を重複なく使用して作られる3桁の整数を表示するものであり、関数 `alldiff()` は、配列変数 `x[3]` の要素が全て異なる場合に1を返し、そうでない場合に0を返す関数である。このプログラムについて、問い(1)～(5)に答えよ。

```
01: #include <stdio.h>
02: int alldiff( 1 ) {
03:     if (x[0] != x[1] && x[0] != x[2] && x[1] != x[2]) {
04:         return 1;
05:     } else {
06:         return 0;
07:     }
08: }
09: int main(void) {
10:     int x[3];
11:     for (x[0] = 1; x[0] <= 3; x[0]++) {
12:         for (x[1] = 1; x[1] <= 3; x[1]++) {
13:             for (x[2] = 1; x[2] <= 3; x[2]++) {
14:                 if (alldiff(x) == 1) {
15:                     printf("%d%d%d\n", x[0], x[1], x[2]);
16:                 }
17:             }
18:         }
19:     }
20:     return 0;
21: }
```

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

10. プログラム言語

(つづき4ページ目。すべてに解答してください。)

- (1) 空欄 に入る適切な関数引数を示せ。
- (2) このプログラムを実行したときの出力を示せ。
- (3) 関数 `alldiff()` は、配列変数 `x[3]` に含まれている整数が 1, 2, 3 以外の場合でも、全ての変数の値が異なれば 1 を返す関数となっている。関数 `alldiff()` の代わりに、`x[3]` に、1 から 3 のみが重複なく含まれている場合にのみ 1 を返すように動作する関数 `alldiff3()` を示せ。
- (4) 第 14 行で関数 `alldiff()` を呼び出す代わりに、関数 `dup3()` を呼び出すことで、配列変数 `x[3]` の中に、数字 3 は 2 つまで重複がある場合についてもプログラムの出力に含まれるようにしたい。つまり関数 `dup3()` は、1, 2, 3, 3 の 4 つの数から 3 つを選択した数が配列変数 `x[3]` に含まれている場合に 1 を返すようにすることで、前ページのプログラムが、133, 323 等も出力するようにしたい。関数 `dup3()` を示せ。
- (5) このプログラムでは、配列変数 `x[3]` を使って 3 桁の整数を表現しているが、その代わりに 3 桁の整数 123 等から 100 の位の数 1、10 の位の数 2、1 の位の数 3 を取り出すような関数を使うことが考えられる。3 桁の整数 `n` から 100 の位の数、10 の位の数、1 の位の数を取り出し、それぞれ `x[0]`, `x[1]`, `x[2]` に代入する関数 `get3()` を示せ。なお、整数 `n` および配列変数 `x[3]` は関数の引数として与えられるように関数を作ること。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

〔専門科目〕

1 1. バイオアルゴリズム

（バイオアルゴリズムの設問は2ページあります。すべてに解答してください。）

[1] 一般に、ショートリードシーケンサは、連続して数百塩基程度の DNA 断片の塩基配列しか解読できないが、非常に多くの断片の情報が高速かつ安価に得られる特徴がある。これに関する以下の問い（1）～（2）に答えよ。

- （1）このようなショートリードシーケンサを用いて、ある生物種について全ゲノム配列を決定しようとする場合、これら DNA 断片の塩基配列情報を得た後に、一般にどのような処理が必要となるか。100 字以内で述べよ。
- （2）一般に、このようにして全ゲノム配列を決定する手法には弱点があり、ゲノム配列の特徴によっては配列の正確な決定が困難になる場合がある。どのような場合か、1つ挙げ、理由とともに述べよ。

[2] ドットマトリックス法（ドットプロット）を用いた配列の比較に関する以下の問い（1）～（2）に答えよ。

- （1）近縁の種 X と Y で、対応する染色体を比較したとき、一部に逆位を示す領域があった。この場合の解析結果を端的に示すドットプロットの概形を描いて説明せよ。
- （2）近縁の種 X と Y で、ある遺伝子について比較した時、種 X と比べて種 Y では欠失している領域があった。この場合の解析結果を端的に示すドットプロットの概形を描いて説明せよ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

1 1. バイオアルゴリズム

（つづき2ページ目。すべてに解答してください。）

[3] 分子系統樹解析に関する以下の問い（1）～（3）に答えよ。

- （1）分子系統樹解析で用いられるマルチプルアライメント（多重配列アライメント）とはどのような手法か。100字以内で説明せよ。
- （2）4つの種 A～D がある場合、可能な無根系統樹は何通りあるか答えよ。また、それらを全て図示せよ。ただし、同型な系統樹はあわせて1通りとみなすものとする。
- （3）ある遺伝子について解析した結果、4つの種 A～D の間に表1のような遺伝的距離が得られた。この場合について、近隣結合法（NJ法）により無根系統樹を作成し、図示せよ。ただし、系統樹の各枝には長さ（距離の数値）も付記せよ。

表1. 距離行列

	A	B	C	D
A	0	14	8	6
B	14	0	8	16
C	8	8	0	10
D	6	16	10	0