

立命館大学大学院
2025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~	
		2月	×	
9月				
2月				
9月				
2月				
6月				
2月			×	
社会人入学試験				
外国人留学生入学試験				
学内進学入学試験				
飛び級入学試験				

【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
2025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 (2025年9月入学)	×	
	9月	×	
	2月	×	
社会人入試	6月 (2025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 (2025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]

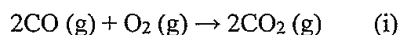
1. 物理化学

（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] 化学反応 (i) に関する以下の問い (1) ~ (5) に答えよ。ただし、気体はすべて理想気体としてふるまい、定圧モル熱容量は温度に依存せず、気体定数 R は $8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とする。

表1. CO、O₂、CO₂の熱力学データ

	CO (g)	O ₂ (g)	CO ₂ (g)
標準モル生成エンタルピー (kJ mol ⁻¹)	-110.5	0	-393.5
標準モルエントロピー (J K ⁻¹ mol ⁻¹)	197.9	205.0	213.6
定圧モル熱容量 (J K ⁻¹ mol ⁻¹)	29.14	29.36	37.14

- (1) CO (g)の標準モル生成エンタルピーに対応する化学反応式を書け。
- (2) 298 K、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ における化学反応 (i) のエンタルピー変化 ΔH (kJ) を有効数字3桁で求めよ。
- (3) (2) の条件から圧力一定で 350 K に変化させたときの化学反応 (i) の ΔH の変化量 (J) を有効数字3桁で求めよ。
- (4) 298 K、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ における化学反応 (i) のギブズエネルギー変化 ΔG (kJ) を有効数字3桁で求めよ。
- (5) (2) の条件から温度一定で圧力を $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ から $3.039 \times 10^5 \text{ Pa}$ に変化させたときの化学反応 (i) の ΔG の変化量 (kJ) を有効数字3桁で求めよ。

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]

1. 物理化学

(つづき 2 ページ目。)

[2] 電解質水溶液のイオン伝導に関する以下の問い (1) および (2) に答えよ。

(1) 電解質水溶液の当量伝導率 Λ は以下の式 (i) によって表される。

$$\Lambda = \frac{(1000 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1})\kappa}{c} \quad \text{ただし、} \kappa = CC' \quad \text{(i)}$$

ここで、 κ は伝導率、 c は濃度、 C はコンダクタンス、使用した伝導率測定セルのセル定数は C' である。このとき、以下の問い①および②に答えよ。

- ① 濃度 $0.0560 \text{ mol L}^{-1}$ のKCl水溶液について、 $\Lambda = 134.5 \text{ } \Omega^{-1} \text{ equiv}^{-1} \text{ cm}^2$ 、 $C = 0.0239 \text{ } \Omega^{-1}$ であった。このとき、 C' の値 (cm^{-1}) を求めよ。
- ② 同じ測定セルを用いて濃度 $0.0836 \text{ mol L}^{-1}$ のNaCl水溶液を測定したところ、 $C = 0.0285 \text{ } \Omega^{-1}$ であった。このNaCl水溶液の Λ の値 ($\Omega^{-1} \text{ equiv}^{-1} \text{ cm}^2$) を求めよ。

(2) ある特定の電解質水溶液では、当量伝導率 Λ と濃度 c の間に以下のような近似式 (ii) が成立する。

$$\Lambda = \Lambda_0 - B\sqrt{c} \quad \text{(ii)}$$

このとき、以下の問い①～④に答えよ。ただし、 Λ_0 は無限希釈時の当量伝導率であり、 B は正の定数である。

- ① 近似的に式 (ii) が成立するのはどのような溶液か、説明せよ。
- ② 電解質水溶液中のイオンに関するコールラウシュの法則とはどのような法則か、説明せよ。
- ③ KClとNaClの Λ_0 の差を求めると、以下のような値となった。

$$\Lambda_0^{\text{KCl}} - \Lambda_0^{\text{NaCl}} = 23.4 \text{ } \Omega^{-1} \text{ equiv}^{-1} \text{ cm}^2$$

この値と同じになる電解質の組合せを以下の (a) ~ (d) の中から選べ。

$$\text{(a) } \Lambda_0^{\text{LiCl}} - \Lambda_0^{\text{NaCl}} \quad \text{(b) } \Lambda_0^{\text{KNO}_3} - \Lambda_0^{\text{NaNO}_3} \quad \text{(c) } \Lambda_0^{\text{KCl}} - \Lambda_0^{\text{KNO}_3} \quad \text{(d) } \Lambda_0^{\text{CH}_3\text{COOH}} - \Lambda_0^{\text{CH}_3\text{COONa}}$$

④ 酢酸 CH_3COOH 水溶液について、 $\Lambda_0^{\text{CH}_3\text{COOH}}$ の値を求めよ。ただし、必要に応じて以下の値を用いよ。

$$\Lambda_0^{\text{HCl}} = 426 \text{ } \Omega^{-1} \text{ equiv}^{-1} \text{ cm}^2, \quad \Lambda_0^{\text{NaCl}} = 126 \text{ } \Omega^{-1} \text{ equiv}^{-1} \text{ cm}^2$$

$$\Lambda_0^{\text{KCl}} = 150 \text{ } \Omega^{-1} \text{ equiv}^{-1} \text{ cm}^2, \quad \Lambda_0^{\text{CH}_3\text{COONa}} = 91 \text{ } \Omega^{-1} \text{ equiv}^{-1} \text{ cm}^2$$

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] ペリレンのシクロヘキサン溶液の吸収スペクトル (図1) に関する以下の問い (1) ~ (4) に答えよ。ただし、プランク定数、真空中における光速をそれぞれ $6.63 \times 10^{-34} \text{ J s}$ 、 $3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ とする。

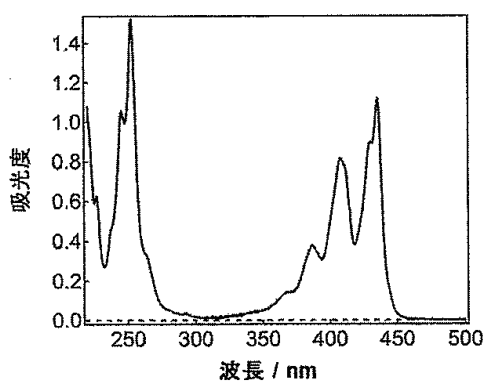


図1. ペリレンのシクロヘキサン溶液の吸収スペクトル

- (1) 電子遷移に関する重要な原理として、フランク-コンドン原理がある。この原理を説明せよ。
- (2) ペリレンのシクロヘキサン溶液を光路長 10 mm の石英セルに入れて吸収スペクトルを測定すると、435 nm における吸光度が 1.10 だった。この溶液のモル濃度 (M) を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、ペリレンのシクロヘキサン溶液の 435 nm のモル吸光係数は $3.85 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ とする。
- (3) 吸光度が 1.10 の溶液は、入射光の何%の光を吸収しているか。有効数字 2 桁で求めよ。
- (4) 435 nm の波長の光について、以下の値①~③を有効数字 2 桁で求めよ。
- ① 1 光子あたりのエネルギー (J)
 - ② 波数 (cm^{-1})
 - ③ 振動数 (Hz)

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

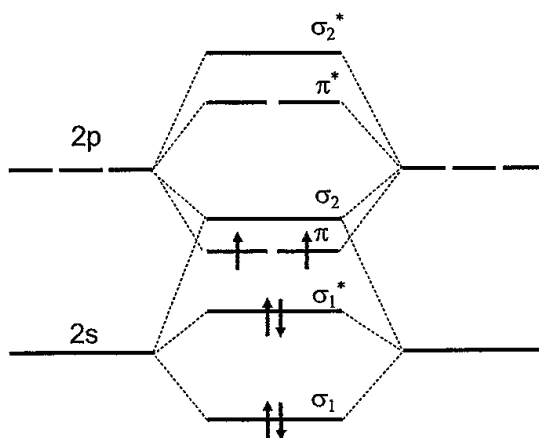
(無機化学の設問は3ページあります。すべてに解答してください。)

[1] 次の文章を読み、以下の問い(1)～(4)に答えよ。

(ア) は地殻の元素存在量(質量)の約50%を占める。海洋中には水として、地殻中には、酸化物、ケイ酸塩などとして存在する。(ア)の基底状態での電子配置は[He](イ)であり、2個の電子を受け取りイオンとなるか、他の原子と電子を共有して(ウ)結合をつくる。(ア)の電気陰性度は(エ)に次いで高く、金属酸化物の多くはイオン結合性が大きい。(ア)には、二種類の同素体が存在する。そのうち、(オ)は強力な酸化剤として働き、消毒、漂白、酸化に用いられる。紫外線による光化学反応では、大気中の(ア)分子が結合し、成層圏で(オ)層が生成している。

(1) 空欄(ア)～(オ)にあてはまるもっとも適切な語句または記号を答えよ。

(2) (ア)分子の分子軌道エネルギー準位図を以下の例にならって記せ。



記入例

(3) (ア)分子の結合次数について、導出過程を含めて答えよ。

(4) (ア)分子は常磁性か反磁性のどちらであるかを理由とともに答えよ。

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

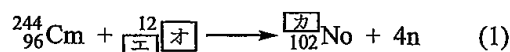
(つづき2 ページ目。すべてに解答してください。)

[2] アジ化ナトリウム NaN_3 は衝撃により分解し、窒素を放出することで体積が増加する性質をもつため、過去には自動車のエアバッグで利用されていた。以下の問い(1)～(3)に答えよ。なお、原子量は $\text{Na}=23$ 、 $\text{N}=14$ を用いよ。

- (1) アジ化ナトリウムが完全に分解して、窒素を放出する反応の化学反応式を答えよ。
- (2) 130 g のアジ化ナトリウムが完全に分解したときに発生する窒素の物質量を計算し、有効数字2桁で答えよ。
- (3) アジ化ナトリウムの密度を 1.85 g cm^{-3} 、窒素 1 mol の体積を $2.46 \times 10^4 \text{ cm}^3$ とし、これ以外の物質の体積を無視した場合、130 g のアジ化ナトリウムの分解により、体積は何倍になるか。整数値で答えよ。

[3] 次の文章を読み、空欄(ア)～(カ)にあてはまるもっとも適切な語句、数値または記号を答えよ。ただし、 n は中性子を表す。

原子番号が 89 から 103 までの元素を(ア)元素といい、その多くは部分的に占有された 5f 軌道をもつ。これらのうち、ウラン(原子番号 92)より原子番号が大きいネプツニウム以降の元素をとくに超ウラン元素と呼ぶ。超ウラン元素は自然界にはほぼ存在しないので、その多くは、(1)式のような(イ)反応によって合成される。また、イオンの大きさは原子番号の増大とともに小さくなる。これは核電荷に対する f 電子の(ウ)効果が十分でないためである。



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3ページ目。すべてに解答してください。)

[4] CuF_2 の結晶中の Cu には6個の F-イオンが配位している。以下の問い(1)～(3)に答えよ。

(1) CuF_2 の名称を答えよ。

(2) Cu 周りが正八面体構造であるとしたときの基底状態の d 電子配置を $(t_{2g})^x(e_g)^y$ の形で答えよ。
ただし Cu は 11 族の元素である。

(3) 実際には、6つの Cu-F 結合のうち z 軸方向の2つは 227 pm であるのに対して、残りの4つは 193 pm である。

① このようなひずみを引き起こす効果の名称を答えよ。

② このようにひずむことで、 e_g 軌道のエネルギーがどのように変化するか説明せよ。

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]

3. 分析化学

(分析化学の設問は3ページあります。すべてに解答してください。)

- [1] 弱酸 HA とその塩 NaA (NaOH と HA の中和生成物) の混合水溶液である pH 緩衝液に関する以下の問い (1) ~ (3) に答えよ。ただし、HA の総濃度を C_A 、NaA の総濃度を C_S 、水素イオン濃度を $[H^+]$ 、HA の酸解離定数を K_a とし、それらの関係は (1) 式で表されるとする。

$$K_a = \frac{[H^+][C_S]}{C_A} \quad (1)$$

なお、酢酸の pK_a は 4.77 とし、必要に応じて以下の値を用いよ。

原子量：H = 1.0、C = 12.0、N = 14.0、O = 16.0、Na = 23.0

- (1) 0.25 mol dm^{-3} の酢酸水溶液 50 cm^3 と 0.15 mol dm^{-3} の酢酸ナトリウム水溶液 50 cm^3 を混合して調製した pH 緩衝液の pH を求めよ。
- (2) 0.50 mol dm^{-3} の酢酸水溶液と 0.50 mol dm^{-3} の酢酸ナトリウム水溶液を用いて、pH が 4.17 の pH 緩衝液を 100 cm^3 調製する。それぞれの水溶液を何 cm^3 ずつ混合すればよいかを求めよ。また、この pH 緩衝液に含まれている酢酸ナトリウムは何 g かを求めよ。
- (3) $0.010 \text{ mol dm}^{-3}$ の酢酸水溶液 100 cm^3 と $0.040 \text{ mol dm}^{-3}$ の酢酸ナトリウム水溶液 15 cm^3 を混合して調製した pH 緩衝液に、 0.20 mol dm^{-3} の水酸化ナトリウム水溶液を 1.0 cm^3 加えた時の pH を求めよ。

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]

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。)

- [2] 以下の(1)～(8)の文には、誤った記述を含むものが5つある。それらの文の番号と、誤っている箇所を正しく修正した文を答えよ。
- (1) ある波長での吸光度の値がAの溶液について、光路長が2倍のセルを用いて同様に吸光度を測定すると吸光度は2倍になり、そのとき透過光強度は1/2倍になっている。
 - (2) 金属イオンMと配位子Lで錯体MLおよび錯体ML₂を生成する全生成定数をそれぞれ β_1 および β_2 とすると、MLとLでML₂を生成する逐次生成定数は β_2/β_1 である。
 - (3) モル濃度が0.25 mol dm⁻³の溶質について活量が0.20 mol dm⁻³であるとき、その溶質の活量係数は0.80である。
 - (4) クロマトグラフィーによる分析では、保持時間を基にした定量分析と検出ピーク強度を基にした定性分析を行うことができる。
 - (5) 4個のH⁺が解離したエチレンジアミン四酢酸イオン(edta⁴⁻)は、多くの金属イオンに対して、6個の5員環キレートをもつ六座配位子として錯形成する。
 - (6) 共役酸のpK_aが大きい塩基ほど、ブレンステッド塩基性が高い。
 - (7) 溶解度積が 1.7×10^{-10} mol² dm⁻⁶のAgClよりも、溶解度積が 4.3×10^{-13} mol² dm⁻⁶のAgBrの方が溶けにくい。
 - (8) ΔG° が負の値をもつ反応が平衡状態にあるとき、反応式の右辺の状態は反応式の左辺の状態より安定である。

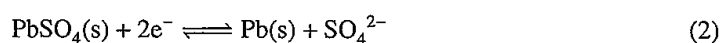
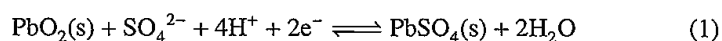
立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

3. 分析化学

(つづき3ページ目。すべてに解答してください。)

- [3] 溶液に含まれる全溶質の活量係数を1.0として、(1)式および(2)式の半電池反応に関する以下の問い(1)～(4)に答えよ。なお、気体定数は R 、熱力学温度は T 、ファラデー定数は F とする。



- (1) (1)式について、電極電位を E_1 、標準電極電位を E_1° として、関係する化学種の濃度を用いてネルンスト式を示せ。ただし、溶質 X の濃度は $[X]$ と表すこと。
- (2) (2)式について、電極電位を E_2 、標準電極電位を E_2° として、関係する化学種の濃度を用いてネルンスト式を示せ。ただし、溶質 X の濃度は $[X]$ と表すこと。
- (3) (1)式および(2)式の標準電極電位は、SHEに対してそれぞれ $E_1^\circ = 1.70 \text{ V}$ および $E_2^\circ = -0.35 \text{ V}$ であるとする。これらの値から、標準状態で進行することが予想される、(1)式と(2)式を組み合わせた酸化還元反応の反応式を答えよ。
- (4) 問い(3)に示した標準電極電位の値を用い、問い(3)で答えた酸化還元反応の平衡定数の値を 10^x の形で答えよ。なお、 $(RT/F)\ln A = 0.0592 \log A$ 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]

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)～(5)に答えよ。

- (1) ブタンの①アンチ形の構造と②ゴーシュ形の構造を Newman 投影式でそれぞれ示せ。複数考えられる場合はいずれも記載せよ。
- (2) シクロヘキセンを臭化水素で処理して得られる化合物に関して、安定な構造を立体配座が分かるように示せ。
- (3) 芳香族化合物に対するニトロ化反応に関して、ベンゼンよりも反応が遅く、オルト-パラ配向性を示す一置換ベンゼンを1つ示せ。
- (4) アセトン、アセトアルデヒド、ホルムアルデヒドに関して、水和反応の平衡定数が高い方から順に並べ、その理由として立体的要因以外のものを述べよ。
- (5) 2-ブタノンを D_2O 溶媒中で微量の塩基で処理した際に生成する化合物の構造を示せ。

[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) 質量分析に関して、以下の問い①～②に答えよ。
 - ① サッカーボール状分子フラーレン(分子式 C_{60}) では基準ピーク $m/z=720$ の他に、 $m/z=721$ のピークが65%の強度で観測される。この理由を説明せよ。
 - ② 高分解能質量分析によって分子イオンの正確な質量を測定することができる。このことから何が明らかになるかを示せ。
- (2) $CDCl_3$ 中で分子式 $C_{10}H_{10}O_4$ をもつ化合物 A の 1H NMR スペクトルを測定したところ、以下のシグナルが観測された。以下の問い①～③に答えよ。
 δ (ppm) = 8.69 (t, $J=1.7$ Hz, 1H), 8.23 (dd, $J=7.7, 1.7$ Hz, 2H), 7.53 (t, $J=7.7$ Hz, 1H), 3.95 (s, 6H)
 - ① 化合物 A の構造を示せ。
 - ② 1H NMR スペクトルの4つのシグナルがそれぞれ化合物 A のどの水素に対応するかを示せ。
 - ③ 化合物 A のデカップリングした ^{13}C NMR スペクトルで観測されるシグナルの本数を示せ。また最も低磁場に観測されるシグナルはどの炭素かを示せ。

立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

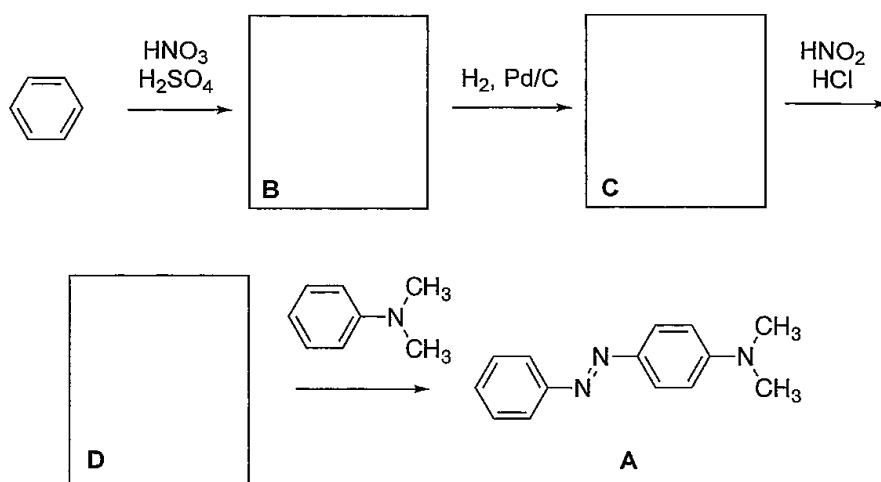
[専門科目]

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。)

[3] アゾ化合物に関する以下の問い(1)～(4)に答えよ。

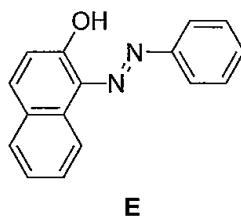
(1) 以下にアゾ化合物Aの合成スキームを示す。化合物 **B**～**D** の構造を示せ。



(2) 化合物 **C** から化合物 **D** への変換において、亜硝酸ナトリウムと塩酸から生じる中間体の共鳴構造式を示せ。

(3) アゾ化合物Aの水溶液は、 $\text{pH}=3.0$ 以下ではプロトン化され赤色となる。プロトン化されたアゾ化合物の共鳴構造式を示せ。

(4) アゾ化合物Eは、以下に示す構造からケト形に互変異性化することができる。ケト形の構造を示せ。



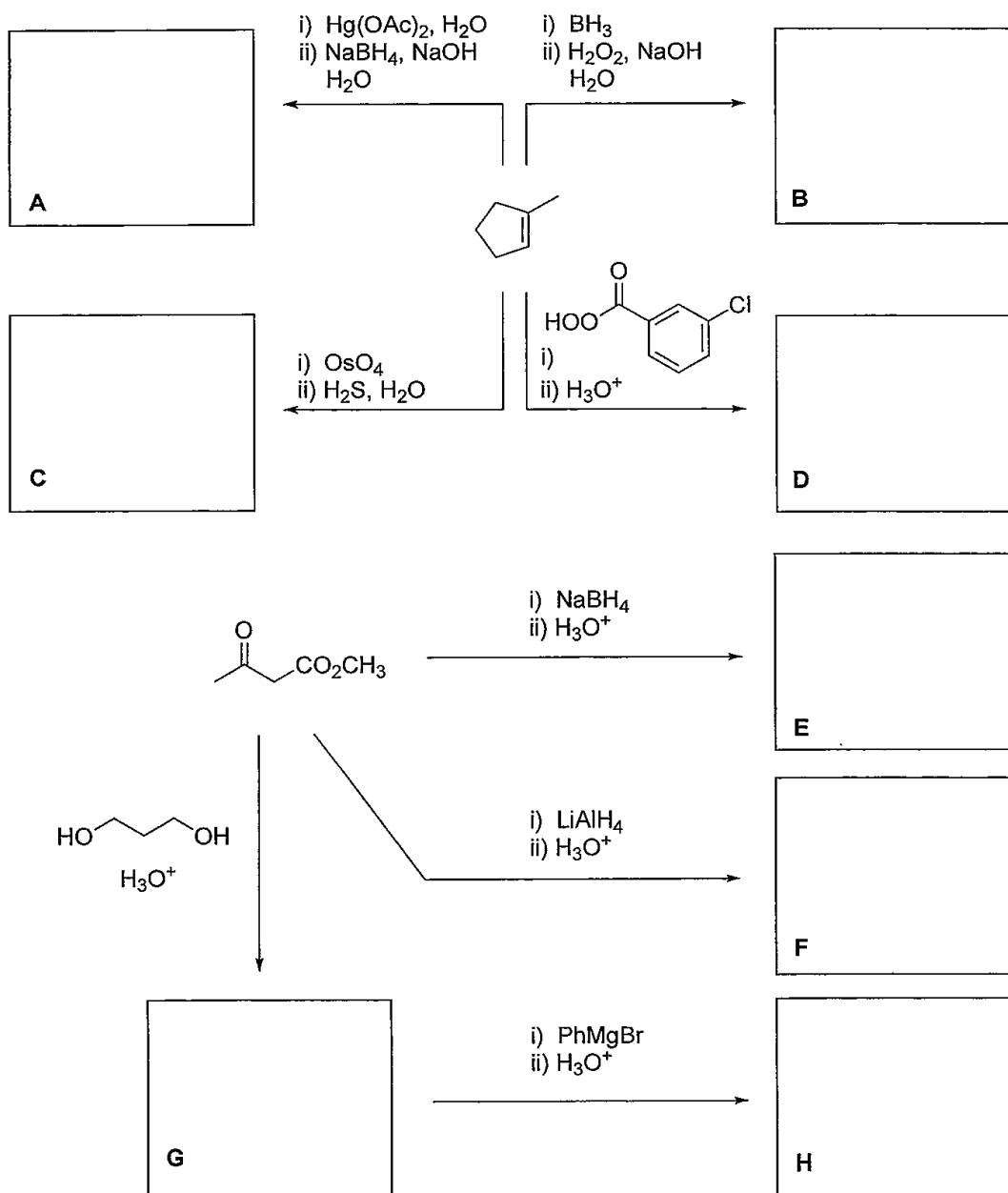
立命館大学大学院生命科学研究科（博士課程前期課程）

[専門科目]

4. 有機化学

(つづき3ページ目。すべてに解答してください。)

[4] 以下の反応において、得られる主生成物 **A** ~ **H** の構造を示せ。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。



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2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、以下の問い（1）～（7）に答えよ。

タンパク質の構造は、(a)一次構造、(b)二次構造、三次構造、(c)四次構造という4つの階層に分類される。多くの場合、タンパク質の機能はその(d)立体構造によって決定されるため、タンパク質の立体構造を解析することはその機能を解析する手段の1つともいえる。

タンパク質の構造と機能を解析するためには、多くの実験ステップが必要となる。なかでも、(e)タンパク質の生産および精製は重要なステップである。精製の際には、(f)イオン交換クロマトグラフィーや(g)アフィニティークロマトグラフィーなどを用いるのが一般的である。

- (1) 下線部(a)について、タンパク質は少なくとも標準的な生理的環境において、一次構造のみによってその立体構造が決まるという仮説が提案されている。その仮説名を答えよ。さらに、どういった実験の結果からその仮説が生まれたかを説明せよ。
- (2) 下線部(b)について、二次構造の1つに α ヘリックスがある。5つのアミノ酸残基からなるペプチド鎖の構造式を描き、 α ヘリックスの主鎖内で形成される水素結合を点線で示せ（1つの水素結合のみ点線で示せば良い）。このとき、5つのアミノ酸残基の側鎖をそれぞれ R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5 として、pH 7.0 の緩衝液中で最も多いと考えられるペプチド鎖の構造式を描くこと。
- (3) 下線部(c)の四次構造とはどういう構造かを説明せよ。また、四次構造の形成によってアロステリック効果が見られる場合がある。アロステリック効果について、具体的なタンパク質の例をあげて説明せよ。
- (4) 下線部(d)について、特定の立体構造を形成しないゆらぎの大きい領域をもつタンパク質が多く存在する。一般にそれらの領域は何領域と呼ばれるか答えよ（英語の呼び名でも可）。また、それらの領域をもつタンパク質には細胞内を区画化する現象を引き起こすものがある。その現象名を答えよ。
- (5) 下線部(e)のタンパク質の生産には、異種発現系が用いられることが多い。一般によく用いられる異種発現系である大腸菌を用いた発現系にはどのような利点と欠点があるか、1つずつ答えよ。
- (6) 下線部(f)について、目的タンパク質の等電点が4.0であり、pH 7.4の緩衝液を用いてそのタンパク質を精製するとき、一般に何イオン交換クロマトグラフィーを用いるかを答えよ。さらに、そのときの目的タンパク質の溶出方法について説明せよ。
- (7) 下線部(g)について、目的タンパク質を精製するために、遺伝子操作で目的タンパク質にアフィニティータグを付加する場合がある。アフィニティータグの例を1つ挙げ、そのタグを付加したタンパク質をアフィニティー精製する際の担体、溶出方法について説明せよ。

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]

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、以下の問い(1)～(5)に答えよ。

生体膜を構成する脂質分子は、(A)性と(B)性の両方の性質をもつ^(a)両親媒性分子であり、^(b)脂質二重層を形成する。真核生物の生体膜は、主にリン脂質、(C)、およびステロールによって形成される。リン脂質は、脂肪酸、脂肪酸が付く骨格、リン酸、およびリン酸に結合するアルコールから構成される。脂肪酸由来の部分は(B)性であるのに対し、その他の部分は(A)性である。リン脂質は3炭素アルコールの(D)を骨格とする(E)と、長鎖不飽和炭化水素鎖を含むアミノアルコールであるスフィンゴシンを骨格とするスフィンゴミエリンがある。スフィンゴミエリンではスフィンゴシン骨格のアミノ基は(F)結合によって脂肪酸と結合する。

ステロールは4個の炭化水素の環が結合した構造(ステロイド)をもち、その一端に炭化水素尾部が結合し、他の端には(G)基が付加している。膜中でステロールは、リン脂質の脂肪酸鎖と平行して配位し、(G)基がすぐ近くのリン脂質の頭部と水素結合する。

1972年にSingerとNicolsonは(H)モデルを提唱した。生体膜中で、多くの脂質とタンパク質は膜面を水平移動する^(c)側方拡散を行っている。一方、脂質の反対面への分子の回転移動は^(d)フリップ・フロップと呼ばれる。

- (1) 空欄(A)～(H)に当てはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部(a)について、リン脂質が水溶液中でとる形の1つにミセルがある。リン脂質の構造と特徴を踏まえて、ミセルを説明せよ。
- (3) 下線部(b)について、脂質二重層の保持には、特別な酵素やATPの加水分解は必要ない。その理由を以下の用語をすべて使って説明せよ。
「水素結合、ファンデルワールス力」
- (4) 下線部(c)の側方拡散について、以下の問いに答えよ。
 - ① 真核生物の膜脂質分子の側方拡散を決定する要因のうち、リン脂質の脂肪酸鎖のどのような特徴が重要か。2点挙げて、説明せよ。
 - ② 膜タンパク質の側方拡散の速度は、FRAP (fluorescence recovery after photobleaching、光退色後蛍光回復)法を用いて解析できる。FRAP法について説明せよ。
 - ③ 膜タンパク質の側方移動度は、個々のタンパク質によって様々であり、脂質と同程度の速度で移動するタンパク質もあれば、ほとんど動かないタンパク質もある。脂質の動態以外に、膜タンパク質の側方移動度を決定する要因を2点挙げ、説明せよ。
- (5) 下線部(d)について、フリッパーゼとフロッパーゼの機能を、それぞれ説明せよ。

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

(分子生物学の設問は4ページあります。すべてに解答してください。)

[1] 核酸の構造と性質に関する次の文章を読み、以下の問い(1)～(7)に答えよ。

DNAは、複数のデオキシリボヌクレオチドがホスホジエステル結合によって連結されたポリヌクレオチド鎖で構成されている。通常、DNAは逆平行の二本鎖構造をとって存在しており、一方の鎖の塩基は、他方の鎖の塩基と^(a)水素結合を介して塩基対を形成している。二本鎖DNAを加熱すると、一本鎖DNAへと変性する。この過程で、DNAの260nmにおける吸光度が増加する^(b)濃色効果が観察される。この現象はDNAの構造的特性と密接に関連しており、^(c)DNAの融解温度(T_m)を調べる際にも利用される。 T_m は、DNAの^(d)G+C含量が高いほど上昇する傾向があることが知られている。

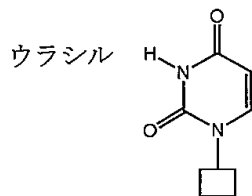
RNAはDNAと同じくポリヌクレオチド鎖であるが、構成する糖がデオキシリボースではなくリボースである点、さらに塩基としてチミンの代わりにウラシルが使われる点で、DNAとは大きく異なっている。また、RNAは通常は一本鎖で存在し、多様な高次構造を形成する。DNAとRNAの構造上の違いは、両者の^(e)安定性や細胞内での機能に大きく影響を及ぼしている。

分子生物学においては、環状二本鎖DNAであるプラスミドが遺伝子組換え実験に広く利用されている。大腸菌からプラスミドを精製する際によく用いられる^(f)アルカリ抽出法では、アルカリ条件下でDNAを一時的に変性させることで、^(g)プラスミドを選択的に回収する。このように、核酸の物理化学的性質や構造に基づく特性は、実験技術の発展とも密接に関わっている。

- (1) 下線部(a)に関して、DNAの二重らせん構造において一般的にみられる2種類のワトソン-クリック型塩基対を、構造式を用いて図示せよ。塩基間の水素結合は破線で示すこと。また、【構造式例】に示すように、ヌクレオチドの糖およびリン酸基部分の構造は四角形(□)で省略し、対応する塩基名を記せ。なお、DNAヌクレオチドに含まれる4種類の塩基部位の組成式は次の通りである。

【塩基部分の組成式】 $C_5H_4N_5$ 、 $C_5H_4N_5O$ 、 $C_5H_5N_2O_2$ 、 $C_4H_4N_3O$

【構造式例】



- (2) 下線部(b)に関して、濃色効果が現れる理由を説明せよ。
- (3) 下線部(c)に関して、ある二本鎖DNA溶液を様々な温度で加熱した際の260nmにおける吸光度の変化を測定したところ、図1に示すグラフが得られた。この二本鎖DNAの融解温度(T_m)を求めよ。

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]

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。)

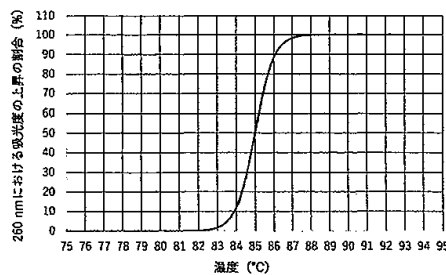


図1. 二本鎖 DNA の加熱に伴う吸光度の変化

- (4) 下線部(d)に関して、ある 5000 bp の二本鎖 DNA の G+C 含量は 45%であった。その一方の一本鎖 DNA の T と G の割合はいずれも 25%であった。これと相補的な他方の DNA 鎖の塩基組成 (A、T、G、C の各割合) を求めよ。
- (5) 下線部(e)に関して、RNA は DNA と比べて、どのような条件下で加水分解されやすいか答えよ。
- (6) 下線部(f)に関して、以下の問いに答えよ。
- ① アルカリ処理によって DNA が変性する理由を説明せよ。
 - ② アルカリ抽出法において、大腸菌の染色体 DNA とプラスミド DNA が効率的に分離される原理を説明せよ。
- (7) 下線部(g)に関して、以下の問いに答えよ。
- ① アルカリ抽出法により精製したプラスミドをアガロースゲル電気泳動で解析したところ、図2に示すように3本のバンド (A、B、C) が観察された。A、B、C は、それぞれどのような状態の DNA であると考えられるか説明せよ。
 - ② 図2の電気泳動結果において、電気泳動時の正極 (+極) は図2の上端と下端のいずれに位置すると考えられるかを答えよ。何故そのように考えたか説明せよ。

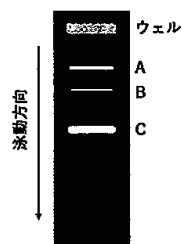


図2. プラスミドのアガロースゲル電気泳動

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。)

[2] 真核生物のセントラルドグマに関する次の文章を読み、以下の問い(1)～(9)に答えよ。

DNA上の遺伝情報がタンパク質に変換される過程をセントラルドグマと呼ぶ。真核生物のセントラルドグマでは、mRNAとは別に、(あ)、rRNA、tRNAの3種類のノンコーディングRNAが働く。

核内のゲノムDNA上の構造遺伝子では、(A)による転写によってPre-mRNAが合成される。その後、(い)という複合体によってPre-mRNAから(う)が除去される。(い)にはU1、U2、U4、U5、U6と名付けられた5種類の(あ)が含まれており、(a)これらの(あ)は、Pre-mRNAプロセッシングにおいて主要な役割を果たしている。このうちのU6は、(B)によって転写される。(う)の除去とほぼ同時に、5'末端に(b)Cap構造が形成され、3'末端に(え)が付加されることで、成熟mRNAができあがる。成熟したmRNAは核から細胞質に輸送される。

転写されたmRNA上の情報は、細胞質内に遊離しているリボソーム、または(お)上に結合したリボソームによって翻訳される。リボソームは多数のタンパク質と数本のrRNAから構成される複合体である。リボソームには、(C)によって1本のRNAとして転写される前駆体由来する28S rRNA、5.8S rRNA、18S rRNAと、(B)によって転写される5S rRNAが含まれている。リボソームの(ア)Sサブユニットには28S、5.8S、5Sの各rRNAが含まれており、(イ)Sサブユニットには18S rRNAが含まれている。(c)これらのrRNAは、翻訳において主要な役割を果たしている。翻訳開始因子の働きで、mRNAの5'末端付近に(イ)Sサブユニットが結合する。その後、(イ)Sサブユニットを含む開始複合体がmRNA上で開始コドンと出会うと、その場に(ア)Sサブユニットが結合し、(ウ)Sリボソームが形成される。この(ウ)Sリボソームが、mRNA上の(d)コドンに従ってRNA配列を特定のアミノ酸配列へと翻訳する。この際、mRNA上のコドンと相補的に塩基対を形成する(か)コドンを有するtRNAを(ウ)Sリボソーム内に順次適切に取り込んでいくことで翻訳を進行させる。tRNAは、(エ)塩基程度の短いノンコーディングRNAであり、(B)によって転写される。リボソームに取り込まれる各tRNAの3'末端には、(か)コドン配列に対応した(e)アミノ酸が付加されている。また、tRNA上には、(f)A、U、G、C以外の特殊な塩基がいくつか含まれているが、これらはtRNA分子が合成された後で、化学修飾を受けたものである。

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]

6. 分子生物学

(つづき4ページ目。すべてに解答してください。)

- (1) 文中の (あ) ~ (か) にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 文中の (A) ~ (C) にあてはまる適切な語句を以下の選択肢①~④から1つずつ選択せよ。
- ① RNA ポリメラーゼ I
 - ② RNA ポリメラーゼ II
 - ③ RNA ポリメラーゼ III
 - ④ T7 RNA ポリメラーゼ
- (3) 文中の (ア) ~ (ウ) にあてはまる適切な数字を答えよ。
- (4) 文中の (エ) にあてはまる適切な数字を以下の選択肢①~④から1つ選択せよ。
- ① 10 ② 100 ③ 1,000 ④ 10,000
- (5) 下線部(a)、(c)に関して、触媒としてはたらく RNA を総称して何と呼ぶか。その名称を答えよ。
- (6) 下線部(b)に関して、真核生物の大半の mRNA の 5'末端に付加されているヌクレオシド名を答えよ。また、Cap 構造の役割を1つ述べよ。
- (7) 下線部(d)に関して、コドンとは何かを簡潔に説明せよ。
- (8) 下線部(e)に関して、tRNA にアミノ酸を付加する酵素を総称して何と呼ぶか。その名称を答えよ。
- (9) 下線部(f)に関して、tRNA 中に含まれる修飾塩基のうちコロナウイルス用の mRNA ワクチンの生産に使用された修飾塩基名を以下の選択肢①~③から1つ選択せよ。また、なぜその修飾塩基が mRNA ワクチンの生産に利用されたかを説明せよ。
- ① シュードウリジン (Ψ)
 - ② ジヒドロウリジン (D)
 - ③ イノシン (I)

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. 人体の構造と機能

（人体の構造と機能の設問は3ページあります。すべてに解答してください。）

[1] 呼吸器系に関する以下の問い（1）～（3）に答えよ。

（1）ヒト肺の構造に関する次の文中の（あ）～（こ）にあてはまる語句や数字を答えよ。

肺は胸腔内に存在する臓器であり、（あ）と呼ばれる2層の漿膜に取り囲まれている。肺の下部には胸腔と腹腔を隔てる（い）と呼ばれる膜が存在し、（う）に必要な力を発生させるのに重要な働きを担う。ヒトの場合、右肺は（え）つ、左肺は（お）つの葉に分かれており、空気と血液との間でガス交換を行う肺内の組織を（う）領域と呼ぶ。

気管は1回の分枝を経ると（か）と呼ばれ、さらに細分化されていく。最終的に（き）と呼ばれる小袋に至る。（き）の壁は（く）細胞と（け）細胞からなり、（く）細胞がガス交換を行い、（け）細胞は（き）液を分泌する。（き）内に侵入した微生物や微粒子を（こ）が貪食することで、それらの侵入を防いでいる。

（2）ガス交換に関する以下の問い①～④に答えよ。

- ① 二酸化炭素が血液に取り込まれたときの反応によって生じるイオンを2つ答えよ。
- ② ①の反応によりアニオンが赤血球内から血漿へと移動する。そのアニオンを補うために、赤血球内に流入するアニオンを答えよ。
- ③ 血液中の酸素の運搬を担う細胞の名称を答えよ。
- ④ ③の細胞内で酸素と結合するタンパク質の名称を答えよ。

（3）以下の記述①～⑤が示すもっとも適切な語句を下枠の中から1つずつ選べ。

- ① 肺におけるガス交換
- ② 男性ホルモンの影響を受け、より成長する軟骨
- ③ 嗅覚受容体の存在部位
- ④ 呼吸リズムの発生に重要なニューロン群
- ⑤ 痙攣性吸息後に長い呼息をすること

延髄呼吸中枢、嗚咽、外呼吸、嗅上皮、橋呼吸ニューロン群、くしゃみ、甲状軟骨、喉頭蓋、細胞呼吸、吃逆、咳、溜息、内呼吸、鼻甲介、扁桃、輪状軟骨
--

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. 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] 消化器系に関する以下の問い(1)～(5)に答えよ。

(1) 消化管の管壁を構成する4層の名称を、内腔から表層に向かう順に答えよ。

(2) 胃に関する以下の問い①～②に答えよ。

① 胃粘膜を構成する外分泌細胞の名称と、その細胞が分泌する主要な分泌物を記した表1の(ア)～(オ)に適切な語句を記入せよ。

表1. 胃粘膜を構成する外分泌細胞と分泌物

細胞名	分泌する物質
表層粘液細胞	粘液
頸部粘液細胞(副細胞)	粘液
(ア)細胞	(イ)
(ウ)細胞	(エ)(オ)

② 胃粘膜には内分泌細胞も存在する。その細胞の名称と、分泌するホルモンの名称を答えよ。

(3) 膵臓に関する以下の問い①～⑤に答えよ。

① 膵外分泌部から分泌された膵液は、膵管を通して、消化管腔に分泌される。その消化管部位の名称を答えよ。

② 膵管は、消化管腔に開口する手前で、別の管と合流する。その管の名称を答えよ。

③ ②で合流した管の消化管腔への開口部の括約筋の名称を答えよ。

④ 膵臓の内分泌部を形成する細胞集団の名称を答えよ。

⑤ ④が分泌するホルモンの名称を2つ答えよ。

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]

7. 人体の構造と機能

（つづき3ページ目。すべてに解答してください。）

（4）肝臓に関する次の文中の（あ）～（こ）にあてはまる語句を答えよ。

肝細胞が産生した胆汁は、（あ）を通じて（い）、（う）へ運ばれ、それらが合流して左右の（え）になる。左右の（え）が合わさり（お）となり、肝臓を出る。

肝臓への血流は（か）の枝からの高酸素血と、（き）の枝からの高栄養血の2つあり、両者が肝細胞索の間にある（く）に注ぎ込む。（く）が集まって（け）に血液を運ぶ。

（け）の血液は肝静脈を介して、下大静脈に流入する。また（く）内には、貪食機能をもった（こ）細胞が常在している。

（5）小腸に関する以下の問い①～②に答えよ。

① 小腸粘膜上皮で粘液を産生する細胞の名称を答えよ。

② 小腸粘膜に存在する3種類の内分泌細胞の名称と、それぞれの細胞が分泌するホルモンの名称を答えよ。

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]

8. 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] 疫学的手法に関する次の文章を読み、以下の問い（1）～（3）に答えよ。

罹患率や死亡率を集団間で比較するときに、各集団で得た比率をそのまま比較しても意味がない。なぜなら、各集団の年齢構成が違えば比率は当然違って来るからである。このようなときは、年齢構成を同一にした場合に、各集団間で比率の高低を比較する方法が正しい。この処理を（あ）または標準化と呼び、（あ）を行った比率を（あ）率という。なお、（あ）を行わない比率を（い）率という。比率の年齢についての標準化の方法の1つとして（う）法がある。（う）法はある一定の年齢構成をもつ基準人口を選定し、調査人口の年齢構成がその基準人口に等しいと仮定したときに期待される年齢（あ）率を求めることである。表1に（う）法による計算例を示す。

表1.（う）法による計算例

年齢階級	基準人口	調査人口			期待死亡数
	人口数	人口数	死亡数	死亡率	
0~14	1,000	50	1	（ア）	（エ）
15~64	5,000	150	3	（イ）	（オ）
65~	4,000	200	20	（ウ）	（カ）
合計	10,000				（キ）

- （1）文章中の（あ）～（う）にあてはまる語句を述べよ。
- （2）表1の（ア）～（キ）にあてはまる数値を求めよ。
- （3）（い）死亡率と年齢（あ）死亡率を求めよ。

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]

8. 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] 緩和ケアに関する次の文章を読み、以下の問い（1）～（2）に答えよ。

緩和ケアにおいて、患者の精神的ケアを行う際、死の受容プロセスを理解することが重要となる。キューブラー＝ロスモデルは、人間が死を受容する心の動きを5段階で説明している。具体的には、第1に（あ）、第2に（い）、第3に（う）、第4に（え）、第5に（お）の段階で整理される。なお、在宅でのケアを担っている家族の疲労を癒すために、ケアを一時的に代替し、家族のリフレッシュを図る（ア）ケアが必要である。また、家族などの近しい人を亡くした人が死別にもなう苦痛や環境変化などを受け入れ乗り越える支援である（イ）ケアも重要である。終末期における患者の意思決定プロセスのことを（ウ）と呼んでいる。これは、将来の自己決定能力の低下に備えて、今後の治療・療養についての気付きや価値観を、患者・家族と医療従事者が共有し、ケアを計画する包括的なプロセスと定義されている。

（1）文章中の（あ）～（お）にあてはまる用語をそれぞれ下の枠の中から選べ。

怒り、恨み、希死念慮、興奮、受容、憎悪、取引、嫉み、破壊衝動、恥、否認、抑うつ

（2）文章中の（ア）～（ウ）にあてはまる用語を述べよ。

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. 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] 疫学研究のデザインに関する以下の問い（1）～（2）に答えよ。

- （1）症例対照研究と前向きコホート研究についての特徴および利点と欠点をそれぞれ述べよ。
- （2）代表的なバイアス要因である交絡の特徴と回避するための方法について述べよ。

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]

8. 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] 健康保険に関する次の文章を読み、以下の問い(1)～(2)に答えよ。

健康保険の(あ)が業務以外の事由により病気やけがをしたとき、健康保険で治療を受けることができるが、これを(い)の給付という。(い)の給付は、保険医療機関において行われる。保険医療機関は開設者の申請に基づき、(う)がその指定を行う。保険医療機関において保険診療に従事する医師は登録された(え)に限られている。個々の医療行為は(お)が定める(か)点数表で点数化され、実際に行った医療行為に対しては、それらの点数を一つ一つ積み重ねて医療費を算定する。これを(ア)払い方式と呼んでおり、日本ではこの支払い方式が基本となっている。しかし、(か)の改正により、2000年から高齢者や慢性疾患の治療に、どのような治療をしても(か)を一定額とする(イ)払いが段階的に導入されてきた。2003年からは、診断群分類に応じた患者1人1日当たりの(イ)評価を原則とした支払い方式である(ウ)が開始され、2022年では、全一般病床の約54%が(ウ)算定対象となっている。

(1) 文章中の(あ)～(か)にあてはまる用語をそれぞれ下の枠の中から選べ。

医療技術料、医療サービス、介入、カルテ、現金、厚生労働大臣、市区町村長、指導医、診療報酬、専門医、都道府県知事、認定医、被保険者、保険医、保険者、療養、レセプト
--

(2) 文章中の(ア)～(ウ)にあてはまる用語を述べよ。

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. 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] 次ページのプログラムは、線形リストを使って3行3列の行列を表現し、行列の積を計算するものである。線形リストは構造体 `struct cell` の配列として表現されており、構造体の各要素には、行列に含まれる0以外の要素の行番号、列番号、要素の数値と、次の登録要素の配列要素番号がそれぞれ、`row`, `col`, `val`, `next` というメンバ変数に登録されており、線形リストの最後の要素の `next` には `-1` が登録されている。このプログラムについて、以下の問い(1)～(5)に答えよ。

- (1) 構造体とはどのようなものか説明せよ。
- (2) 関数 `addElement()` は、構造体 `struct cell` を使った線形リストとして表現された行列に要素を追加する関数である。この関数は、引数で渡された構造体の配列の第0要素の `next` が `999` であった場合、最初の要素の登録を行うものとする。関数 `addElement()` を示せ。
- (3) 関数 `getElement()` は、構造体 `struct cell` を使った線形リストとして表現された行列の要素を取得する関数である。例えば、`struct cell matrix[10]` に対して、第 `i` 行、第 `j` 列の要素を取得する場合、`getElement(matrix, i, j)` として呼び出す。関数 `getElement()` を示せ。ただし、線形リストに要素が登録されていない場合については考慮しなくてよい。
- (4) 関数 `printMatrix()` は、引数で渡される線形リストとして表現された3行3列の行列を、1行に3要素ずつ表示する関数である。関数 `printElement()` を示せ。ただし、表示する線形リストに要素が登録されていない場合については考慮しなくてよく、また、その中で関数 `getElement()` を使用しても良いものとする。
- (5) このプログラムの実行結果を示せ。

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]

9. 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。)

```
#include <stdio.h>
struct cell {
    int row, col, val, next;
};
int main(void) {
    struct cell matrixA[10], matrixB[10], matrixC[10];
    matrixA[0].next = 999;
    matrixB[0].next = 999;
    matrixC[0].next = 999;
    addElement(matrixA, 0, 1, 1);
    addElement(matrixA, 1, 2, 1);
    addElement(matrixA, 2, 0, 1);
    addElement(matrixB, 0, 1, 1);
    addElement(matrixB, 1, 1, 2);
    addElement(matrixB, 2, 1, 3);
    printMatrix(matrixA);
    for (int j = 0; j < 3; j++) {
        for (int i = 0; i < 3; i++) {
            int sum = 0;
            for (int k = 0; k < 3; k++) {
                sum += getElement(matrixA, i, k) *
                    getElement(matrixB, k, j);
            }
            if (sum != 0) {
                addElement(matrixC, i, j, sum);
            }
        }
    }
    printMatrix(matrixC);
    return 0;
}
```

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. 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] 下記の図1は状態0から5に至る経路と、各状態間の経路の重みを表した状態遷移図である。次ページのプログラムは、状態0から5に至る経路の中で、経路の重みの和の最大値を出力するプログラムであり、実行すると7が出力される。このプログラムについて、以下の問い(1)～(5)に答えよ。

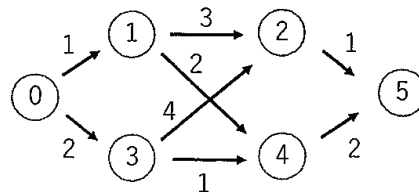


図1. 経路に重みがある状態遷移図

- (1) 関数 `mypush()` と `mypop()` は、変数 `stack[][]` をスタック領域として利用し、スタックに登録されている要素数を変数 `top` に格納することでスタックを実現している関数である。スタックとはどのような仕組みで動作するデータ構造か説明せよ。
- (2) 関数 `mypush(int state, int cost)` は、状態を表す引数 `state` を `stack[top][0]` に登録し、その状態までの経路の重みの和を表す引数 `cost` を `stack[top][1]` に登録するスタック登録関数である。関数 `mypush()` を示せ。ただし、スタックの容量を超える場合については考慮しなくてよい。
- (3) 関数 `mypop()` は、登録されているスタックの情報から、登録されている状態とその状態までの重みの和を、それぞれ、大域変数の `state` と `cost` に取り出す関数である。ただし、スタックに登録されているデータがない場合は `-1` を返し、それ以外の場合は `0` を返す。関数 `mypop()` を示せ。
- (4) 空欄

1

 に入るもっとも適切な関数の引数を示せ。
- (5) このプログラムの経路探索処理の中で、スタックはどのような機能の実現に使われているか説明せよ。

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]

9. 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。)

```
#include <stdio.h>
int connect[8][3] =
    {{0,1,1}, {1,2,3}, {2,5,1}, {1,4,2},
     {0,3,2}, {3,2,4}, {3,4,1}, {4,5,2}};
int stack[10][2];
int top = 0;
int state, cost;
int search(int from, int fromcost) {
    mypush(from, fromcost);
    int maxcost = 0;
    while (mypop() != -1) {
        if (state == 5) {
            if (maxcost < cost) {
                maxcost = cost;
            }
        } else {
            for (int entry = 0; entry < 8; entry++) {
                if (connect[entry][0] == state) {
                    mypush(  );
                }
            }
        }
    }
    return maxcost;
}
int main(void) {
    int cost = 0;
    cost = search(0, cost);
    printf("%d\n", cost);
    return 0;
}
```

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. バイオアルゴリズム

(バイオアルゴリズムの設問は3ページあります。すべてに解答してください。)

[1] ペアワイズアライメントに関して、以下の問いに答えよ。

下記の2つのアミノ酸配列（配列1と配列2）を、図1に書かれたアルゴリズムを用いてアライメントせよ。ここで $s(x, y)$ は、残基 x と残基 y の類似度を表わしており、文字が一致する場合は+1、不一致は-1とする。ギャップペナルティは $G(L) = G_0 + G_e \times (L - 1)$ を用いて計算する。ただし、 L をギャップ長、 $G_0 = 1.0$, $G_e = 0.1$ とする。なお、動的計画法で行なった計算の過程を残すこと。

配列1 ASQGKR

配列2 ASKT

input: seq a: a_1, a_2, \dots, a_m ; seq b: b_1, b_2, \dots, b_n

output: $D(i, j), 0 \leq i \leq m, 0 \leq j \leq n$

$D(0, 0) \leftarrow 0.0$

$D(i, 0) \leftarrow -G(i) (1 \leq i \leq m)$

$D(0, j) \leftarrow -G(j) (1 \leq j \leq n)$

for $i = 1$ to m {

 for $j = 1$ to n {

$D(i, j) \leftarrow \max\{D(i-1, j-1) + s(i, j),$

$\max\{D(i-q, j) - G(q), (1 \leq q \leq i)\},$

$\max\{D(i, j-r) - G(r), (1 \leq r \leq j)\}\}$

 }

}

図1. 動的計画法のスコア計算

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. 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。)

[2] 図2の状態遷移図のように、3つの状態 A, B, C の間を離散的かつ確率的に遷移する系（マルコフ連鎖）を考える。ただし、初めの状態は必ず A であるとする。このとき、状態遷移を、状態を順に並べた列で表すことにする。例えば、 $A \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C$ の順に状態遷移した場合は、状態列 AABC と表される。また、状態に対応して、記号 x, y, z のいずれかが、図2の枠内に示す確率で出力される。出力の列についても同様に、出力された記号を順に並べて、記号列 xyz のように表すことにする。このとき、以下の問い(1)～(5)に答えよ。

- (1) 初めから3つの状態列が ABC となる確率を求めよ。
- (2) 初めから2つの記号列が xx となる確率を求めよ。
- (3) 初めから6つの状態列が ABCABC であったとき、出力される記号列が $xyzxyz$ となる条件付き確率を求めよ。
- (4) 初めから6つの記号列が $xyzxyz$ であったとき、対応する状態列のうち、条件付き確率が最も高いものを答えよ。理由もしくは計算の過程もあわせて記せ。
- (5) 観測する記号列の長さを無限に長くしていったとき、観測される記号 x, y, z の比率はどのような値に収束すると考えられるか。理由とともに答えよ。

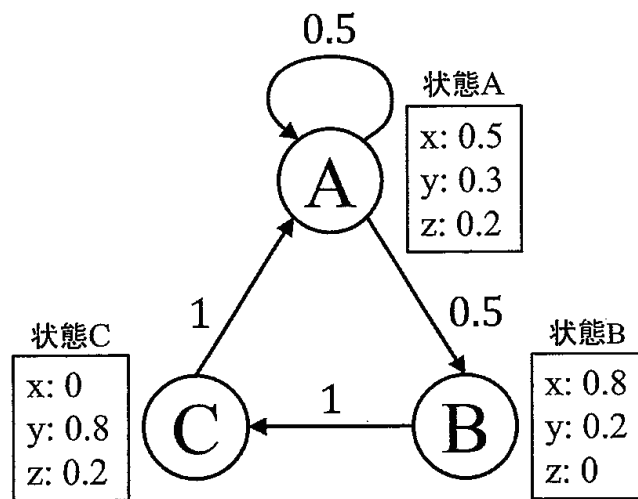


図2. 隠れマルコフモデル

状態遷移図の矢印に付した数値は遷移確率。枠内は各状態での記号の出力確率。

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. バイオアルゴリズム

(つづき3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)～(2)に答えよ。

- (1) 生物種が A, B, C の3種類である場合、同型でない有根系統樹は3通りある。以下の①・②の場合、同型でない有根系統樹は何通りあるか、理由とともに答えよ。図を用いてもよい。
- ① 生物種が A, B, C, D の4種類である場合。
 - ② 生物種が A, B, C, D, E, F の6種類である場合。
- (2) 一般に、解析の対象とする種に対して、近隣結合法などの距離行列法を用いると、無根系統樹が得られる。では、それらの種の共通祖先を根とする有根系統樹を得るにはどのようにすればよいか。「外群」という用語の意味を含めて、50字以上100字以下で説明せよ。