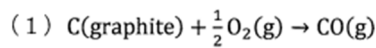


研究科 /Graduate School	生命科学研究科
課程 /Program	博士課程前期課程
専攻・コース等 /Major, Course	生命科学専攻
入試方式 /Admission Method	一般入試
試験科目 /Exam Subject	物理化学
実施年月日 (試験日) /Exam Date	2025年9月4日

解答又は解答例及び出題意図
 Answer or example of answer
 Intent of the question
 (試験問題自体を公開しない場合はその理由)
 (Reasons for not publishing exam questions)

【解答または解答例】

[1]



(2)

$$\Delta H = \sum \Delta_f H_{\text{final}} - \sum \Delta_f H_{\text{initial}} = -393.5 \times 2 - (-110.5 \times 2 + 0) = -566.0 \text{ kJ}$$

566 kJ

(3)

$$\int_{H_1}^{H_2} d\Delta H^\circ = \Delta H^\circ_2 - \Delta H^\circ_1 = \int_{T_1}^{T_2} \Delta C_p dT \sim \Delta C_p (T_2 - T_1)$$

$$\Delta C_p = 37.14 \times 2 - (29.14 \times 2 + 29.36) = -13.36 \text{ J K}^{-1}$$

$$\Delta H = -13.36 (350 - 298) = -694.72 \text{ J}$$

-695 J

(4)

$$\Delta S = \sum \Delta S_{\text{final}} - \sum \Delta S_{\text{initial}} = 213.6 \times 2 - (197.9 \times 2 + 205.0) = -173.6 \text{ J K}^{-1}$$

-174 J K⁻¹

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = -566.0 - 298 \times \left(-\frac{174}{1000}\right) = -514.1 \text{ kJ}$$

-514 kJ

(5)

$$\Delta(\Delta G) = \int_{P_1}^{P_2} \Delta V dP = \int_{P_1}^{P_2} \frac{\Delta n RT}{P} dP = \Delta n RT \ln \frac{P_2}{P_1}$$

$$= (-1) \times 8.314 \times 298 \times \ln \frac{3.039 \times 10^5}{1.013 \times 10^5} = -2722 \text{ J}$$

-2.72 kJ

[2]

(1)

① 1価のイオンなので、mol = equiv

$$\kappa = \frac{c}{(1000 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1})} \Lambda = \frac{0.0560 (\text{equiv L}^{-1})}{(1000 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1})} \times 134.5 (\Omega^{-1} \text{equiv}^{-1} \text{cm}^2) = 7.53 \times 10^{-3} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$$

$$C' = \frac{\kappa}{C} = \frac{7.53 \times 10^{-3} (\Omega^{-1} \text{cm}^{-1})}{0.0239 (\Omega^{-1})} = 0.315 \text{ cm}^{-1}$$

②

$$\begin{aligned} \kappa &= CC' = 0.0285 (\Omega^{-1}) \times 0.315 (\text{cm}^{-1}) = 8.98 \times 10^{-3} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1} \\ \Lambda &= \frac{(1000 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1})\kappa}{c} = \frac{(1000 \text{ cm}^3 \text{ L}^{-1}) \times 8.98 \times 10^{-3} (\Omega^{-1} \text{cm}^{-1})}{0.0836 (\text{equiv L}^{-1})} = 107 (\Omega^{-1} \text{equiv}^{-1} \text{cm}^2) \end{aligned}$$

(2)

① 強電解質の溶液について成立する。弱電解質では成立しない。

② 電解質のカチオンとアニオンはそれぞれ独立して動くので、無限希釈時の当量伝導率はアニオンとカチオンの寄与に分割できる。

③ (b) $\Lambda_0^{\text{KNO}_3} - \Lambda_0^{\text{NaNO}_3}$

④ $\Lambda_0^{\text{CH}_3\text{COOH}} = \Lambda_0^{\text{CH}_3\text{COONa}} + \Lambda_0^{\text{HCl}} - \Lambda_0^{\text{NaCl}} = 91 + 426 - 126 = 391 \Omega^{-1} \text{equiv}^{-1} \text{cm}^2$

[3]

(1)

分子にとって原子核の振動は電子遷移に対して極めて遅いため、電子遷移の間、原子核の位置はほとんど変化せず、核間距離の変化しない電子遷移が最も起こりやすい。

キーワード

原子核の振動は電子遷移に対して極めて遅い

電子遷移の間原子核の位置はほとんど変化しない

核間距離の変化しない電子遷移が最も起こりやすい

(2)

$$A = \epsilon cl$$

$$\therefore c = \frac{A}{\epsilon l} = \frac{1.10}{3.85 \times 10^4 [\text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}] \times 1.0 [\text{cm}]} = 2.9 \times 10^{-5} [\text{M}]$$

(3)

$$A = \epsilon cl = \log \frac{I_0}{I}$$

$$\frac{I_0}{I} = 10^A$$

$$I = I_0 10^{-A}$$

吸収された光は $I_0 - I$ ため、

$$\frac{I_0 - I}{I_0} = \frac{I_0(1 - 10^{-A})}{I_0} = 1 - 10^{-1.10} = 0.921\%$$

92%

(4)

①

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} [\text{J s}] \times 3.00 \times 10^8 [\text{m s}^{-1}]}{435 \times 10^{-9} [\text{m}]} = 4.57 \times 10^{-19} \text{ J}$$

4.6 × 10⁻¹⁹ J

②

$$\tilde{\nu} [\text{cm}^{-1}] = \frac{1}{\lambda [\text{nm}]} = \frac{1}{435 \times 10^{-9} [\text{m}]} \times \frac{1 [\text{m}]}{100 [\text{cm}]} = 22989 \text{ cm}^{-1}$$

2.3 × 10⁴ cm⁻¹

③

$$c = \nu\lambda$$

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00 \times 10^8 [\text{m s}^{-1}]}{435 \times 10^{-9} [\text{m}]} = 6.896 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

6.9 × 10¹⁴ Hz

【出題意図】

[1] 熱力学の基礎であるエンタルピーおよびギブズエネルギーについての理解度を測り、またそれらの温度、圧力依存性への理解度を測る。

[2] 電解質水溶液の性質について理解度を試す問題である。とくに、コールラウシュのイオン独立移動の法則を中心に、伝導率測定に関して取り上げた。

[3] 電子遷移に関する基礎的な分子分光化学の理解度を測り、またエネルギー、波長、振動数の交換性および Lambert-Beer 則を用いた定量的な解析方法への理解度を測る。

研究科 /Graduate School	生命科学研究所
課程 /Program	博士課程前期課程
専攻・コース等 /Major, Course	生命科学専攻
入試方式 /Admission Method	一般入試
試験科目 /Exam Subject	無機化学
実施年月日（試験日） /Exam Date	2025年9月4日

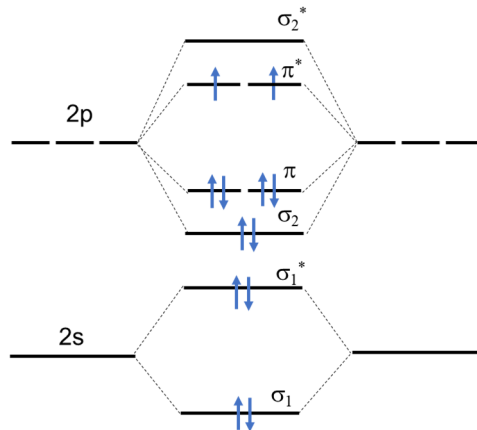
解答又は解答例及び出題意図
 Answer or example of answer
 Intent of the question
 (試験問題自体を公開しない場合はその理由)
 (Reasons for not publishing exam questions)

【解答または解答例】

[1]

(1) ア：酸素、イ： $2s^2 2p^4$ 、ウ：共有、エ：フッ素、オ：オゾン

(2)



(3) 結合次数 = $0.5(n_b - n_a)$

n_b, n_a はそれぞれ結合性軌道および反結合性軌道に入っている電子数。

したがって、 $0.5 \times (8 - 4) = 2$

(4) 最高被占軌道に不対電子があるため常磁性である。

[2]

(1) $2\text{NaN}_3 \rightarrow 2\text{Na} + 3\text{N}_2$

(2) $130 / 65 \times 3 / 2 = 3.0 \text{ mol}$

(3) NaN_3 : $130 / 1.85 \text{ cm}^3 \dots \dots \textcircled{1}$

N_2 : $3 \times 2.46 \times 10^4 \text{ cm}^3 \dots \dots \textcircled{2}$

$\textcircled{2} / \textcircled{1} = 1050.2$ よって 1050 倍

[3]

ア：アクチノイド、イ：核（原子核、核融合）、ウ：遮へい、エ：6、オ：C、カ：252

[4]

(1) ニフッ化銅（フッ化銅(II)、フッ化第二銅でも可)

(2) $(t_{2g})^6(e_g)^3$

(3) ①ヤーン・テラー効果

②二重縮重していた e_g 軌道が分裂し、 d_{22} 軌道が相対的に安定になる。

【出題意図】

[1] 典型元素の性質および化学結合に関する理解度を確認するための問題を出題した。

[2] 無機化合物の化学反応に関連する理解度を確認するための計算問題を出題した。

[3] 原子構造に関する理解度を確認するため、アクチノイド元素と核反応に関する問題を出題した。

[4] 錯体化学に関する理解度を確認するため、命名法と配位子場理論に関する問題を出題した。

研究科 /Graduate School	生命科学研究科
課程 /Program	博士課程前期課程
専攻・コース等 /Major, Course	生命科学専攻
入試方式 /Admission Method	一般入試
試験科目 /Exam Subject	分析化学
実施年月日 (試験日) /Exam Date	2025年9月4日

解答又は解答例及び出題意図
 Answer or example of answer
 Intent of the question
 (試験問題自体を公開しない場合はその理由)
 (Reasons for not publishing exam questions)

[1]

(1) $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ 、 $\text{p}K_a = -\log K_a$ より、(1) 式は (2) 式に変形できる。

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{C_S}{C_A} \quad (2)$$

混合した水溶液の C_A と C_S は (3) 式のように表されるため、(4) 式の計算から pH は 4.55 と求められる。

$$C_A = \frac{0.25 \times 50}{50 + 50}, \quad C_S = \frac{0.15 \times 50}{50 + 50} \quad (3)$$

$$\text{pH} = 4.77 + \log \frac{0.15}{0.25} = 4.77 - 0.2218 \dots = 4.5482 \dots \approx 4.55 \quad (4)$$

(2) (2) 式から、pH を 4.17 とするための条件は (5) 式となる。

$$4.17 = 4.77 + \log \frac{C_S}{C_A}, \quad \log \frac{C_S}{C_A} = -0.60, \quad \frac{C_S}{C_A} = 10^{-0.60} = 0.2512 \dots \quad (5)$$

酢酸水溶液と酢酸ナトリウム水溶液の濃度は 0.50 mol dm^{-3} で同じであることから、酢酸水溶液と酢酸ナトリウム水溶液を 4:1 の割合で混合すればよく、合計で 100 cm^3 なので、酢酸水溶液 80 cm^3 と酢酸ナトリウム水溶液 20 cm^3 を混合すればよいことがわかる。

用いる酢酸水溶液の体積を V_A 、酢酸ナトリウム水溶液の体積を $V_S = 100 - V_A$ としてより厳密に導出すると、以下のようになる。

$$C_A = \frac{0.50 \times V_A}{100}, \quad C_S = \frac{0.50 \times (100 - V_A)}{100}, \quad \frac{C_S}{C_A} = \frac{100 - V_A}{V_A} = 10^{-0.60}$$

$$V_A = 79.923 \dots \approx 80, \quad V_S = 20.076 \dots \approx 20$$

酢酸ナトリウムのモル質量は 82.0 g mol^{-1} であるので、調製した pH 緩衝液に含まれている酢酸ナトリウムは 0.82 g である。

$$0.50 \times \frac{20}{1000} \times 82.0 = 0.82$$

(3) 加えた水酸化ナトリウムは酢酸と反応して酢酸ナトリウムを生成すると考えればよいので、水酸化ナトリウムを加えた後の C_A と C_S はそれぞれ (6) 式と (7) 式のように表される。

$$C_A = \frac{0.010 \times 100 - 0.20 \times 1.0}{100 + 15 + 1.0} = \frac{0.80}{100 + 15 + 1.0} \quad (6)$$

$$C_S = \frac{0.040 \times 15 + 0.20 \times 1.0}{100 + 15 + 1.0} = \frac{0.80}{100 + 15 + 1.0} \quad (7)$$

$C_A = C_S$ となるので、(2) 式から、pH は 4.77 となる。

[2]

誤った記述を含む文は、(1)、(3)、(4)、(5)、(8) の 5 つである。それぞれ、正しい記述に修正した文の例は以下の通り。

(1) ある波長で吸光度の値が 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、透過光強度は $1/10^A$ 倍になる（この他にも、元の吸光度、光路長、吸光度、透過光強度の組み合わせが適切であれば正解）。

$$A_1 = \epsilon c l = \log \frac{I_0}{I_1} \quad I_1 = \frac{I_0}{10^A}$$

$$A_2 = \epsilon c (2l) = 2A_1 = \log \frac{I_0}{I_2} \quad I_2 = \frac{I_0}{10^{2A}} = \frac{I_0}{10^A} \times \frac{1}{10^A} = I_1 \times \frac{1}{10^A}$$

(3) モル濃度が 0.25 mol dm^{-3} の溶質について活量が 0.20 であるとき、その溶質の活量係数は 0.80 である（活量は単位なし）。

(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性分析と検出ピーク強度を基にした定量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 (edta^{4-}) は、多くの金属イオンに対して、5 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。

(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と反応式の左辺の状態のギブス自由エネルギーは同一である。または、 ΔG° が負の値をもつ反応が標準状態にあるとき、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。

以下は、記述が正しいことについての補足説明である。

(2)

$$\beta_1 = \frac{[\text{ML}]}{[\text{M}][\text{L}]} \quad \beta_2 = \frac{[\text{ML}_2]}{[\text{M}][\text{L}]^2} \quad K_2 = \frac{[\text{ML}_2]}{[\text{ML}][\text{L}]} = \frac{[\text{ML}_2]}{[\text{M}][\text{L}]^2} \times \frac{[\text{M}][\text{L}]}{[\text{ML}]} = \frac{\beta_2}{\beta_1}$$

(6) プレンステッド酸の pK_a が大 $\rightarrow K_a$ が小 (より弱いプレンステッド酸) \rightarrow 共役塩基がより強いプレンステッド塩基

(7) どちらの塩もその溶解度は $\sqrt{K_{sp}}$ なので、 K_{sp} が小さい AgBr の方が溶けにくい。

[3]

(1)

$$E_1 = E_1^\circ + \frac{RT}{2F} \ln[\text{SO}_4^{2-}][\text{H}^+]^4$$

(2)

$$E_2 = E_2^\circ + \frac{RT}{2F} \ln \frac{1}{[\text{SO}_4^{2-}]}$$

(3)

$E_1^\circ > E_2^\circ$ であるため、(i) 式と (ii) 式を組み合わせると、標準状態では (i) 式は右向きに、(ii) 式は左向きに進行する。したがって、次式の反応が右向きに進行する。



(4)

問い (3) の反応 (平衡定数を K とする) が平衡状態にあるとき、 $E_1 = E_2$ となる。

$$E_1^\circ + \frac{RT}{2F} \ln[\text{SO}_4^{2-}][\text{H}^+]^4 = E_2^\circ + \frac{RT}{2F} \ln \frac{1}{[\text{SO}_4^{2-}]}$$

$$E_1^\circ - E_2^\circ = \frac{RT}{2F} \left\{ \ln \frac{1}{[\text{SO}_4^{2-}]} - \ln[\text{SO}_4^{2-}][\text{H}^+]^4 \right\} = \frac{RT}{2F} \ln \frac{1}{[\text{SO}_4^{2-}]^2[\text{H}^+]^4} = \frac{0.0592}{2} \log K$$

$$\log K = \frac{2(E_1^\circ - E_2^\circ)}{0.0592} = \frac{2 \times (1.70 - (-0.35))}{0.0592} = \frac{4.10}{0.0592} = 69.256 \dots \approx 69.3$$

したがって、平衡定数 K の値は、 $10^{69.3} \text{ mol}^{-6} \text{ dm}^{18}$ と求められる。

【出題意図】

[1] は、酸塩基平衡に関わる基礎的理解を問う問題であり、化学実験において必要な濃度の具体的な計算についても、その理解度を評価する内容とした。[2] は、溶液平衡の基礎的知識、酸塩基平衡・錯形成平衡・沈殿平衡に関わる基礎的知識、機器分析法に関する知識についての理解度を評価する内容とした。[3] は、酸化還元平衡を理解する上で必要な基礎的事項の理解を問う内容とした。

研究科 /Graduate School	生命科学研究科
課程 /Program	博士課程前期課程
専攻・コース等 /Major, Course	生命科学専攻
入試方式 /Admission Method	一般入試
試験科目 /Exam Subject	有機化学
実施年月日（試験日） /Exam Date	2025年9月4日

解答又は解答例及び出題意図
 Answer or example of answer
 Intent of the question
 (試験問題自体を公開しない場合はその理由)
 (Reasons for not publishing exam questions)

【解答または解答例】

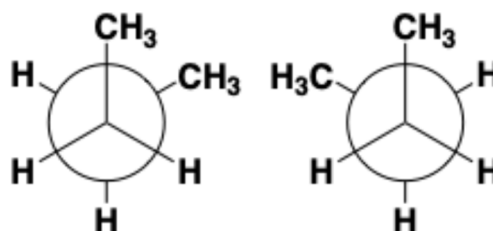
[1]

(1)

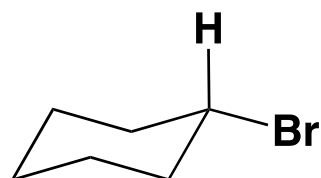
①



②

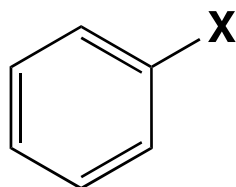


(2)



(アキシアル水素の記載は不要)

(3)



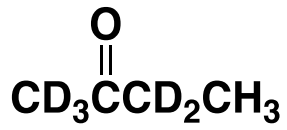
X = F, Cl, Br, I

(4)

ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、アセトン

カルボニル基に結合する電子供与基 (CH₃) がカルボニル炭素の正電荷を減少させ、求電子性が低下するため。

(5)



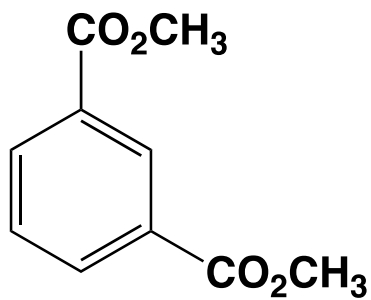
[2]

(1)

- ① フラーレンを構成する 60 個のうち ^{13}C (天然存在比 1.1%) が 1 つ含まれた分子が存在するため。
- ② 分子式

(2)

①



②

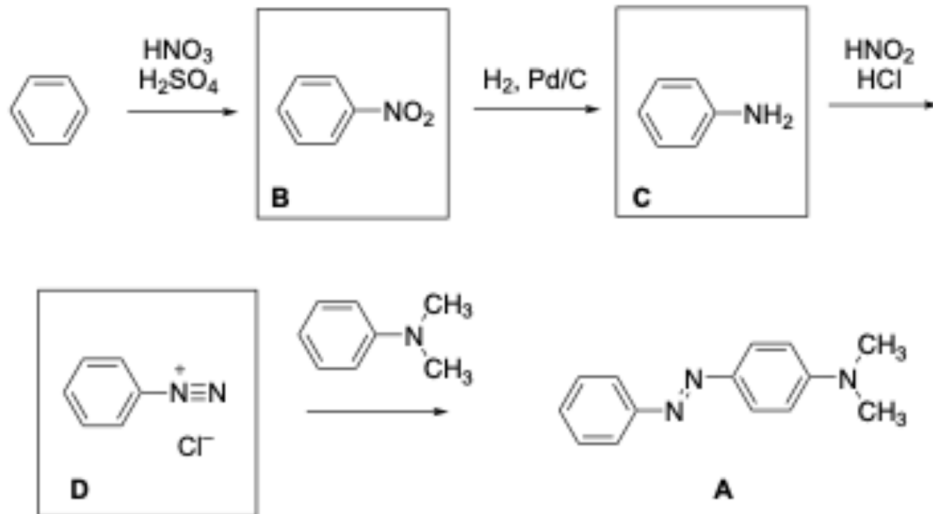
- 8.69 ppm : 2 つの CO_2CH_3 の間の芳香環 CH
- 8.23 ppm : CO_2CH_3 の隣 (上記の逆側) の芳香環 CH
- 7.53 ppm : CO_2CH_3 のメタ位の芳香環 CH
- 3.95 ppm : CH_3

③ 6 本

C=O の炭素 (166.2 ppm)

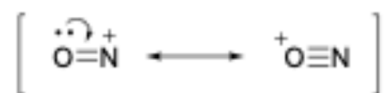
[3]

(1)



(2)

(角カッコ、両頭矢印、電子対、電子対の矢印は記載しなくてもよい。)

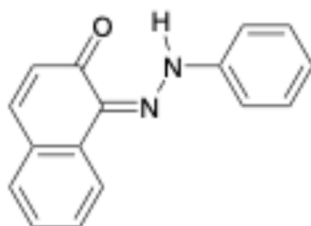


(3)

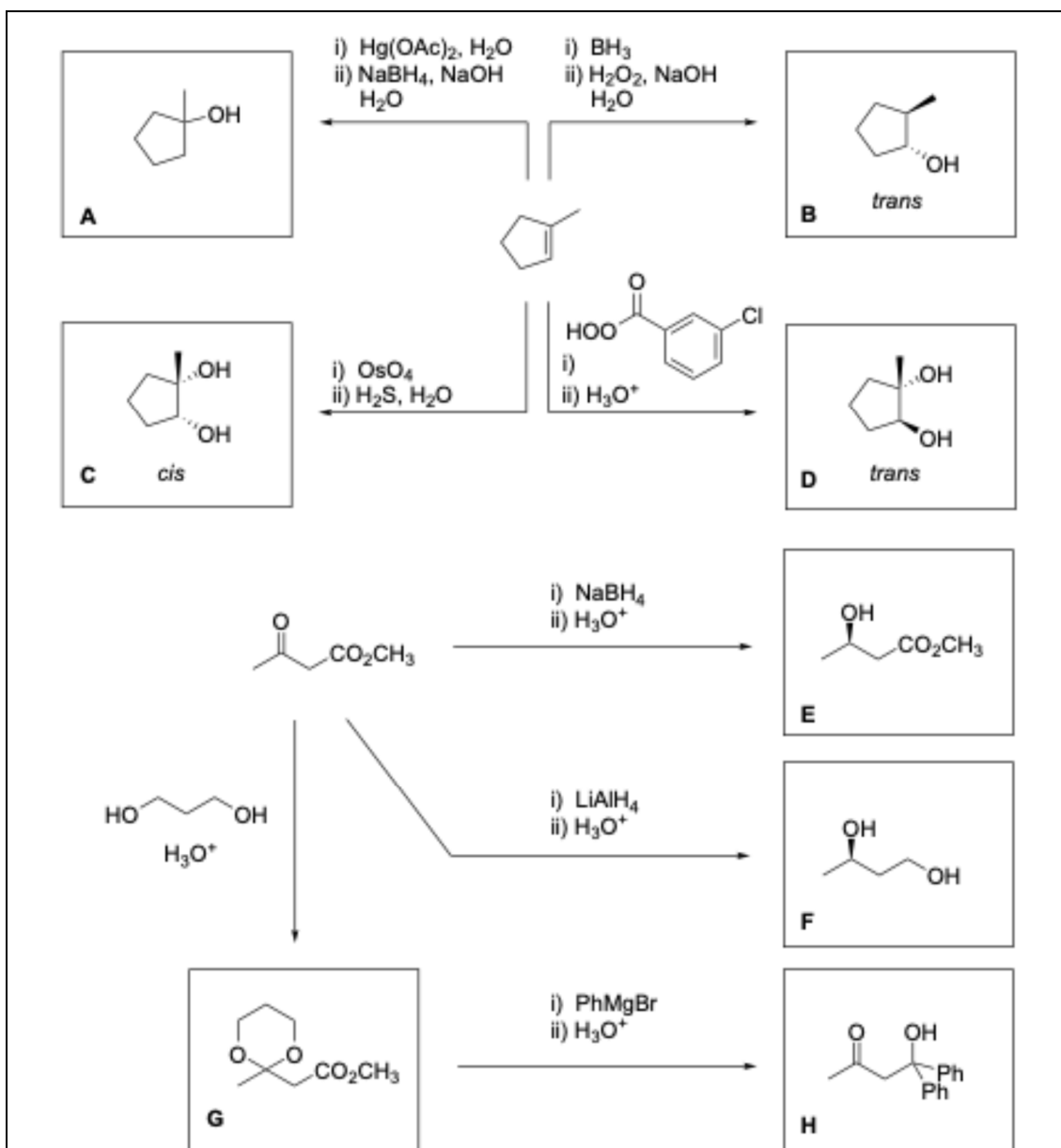
(角カッコ、両頭矢印、電子対、電子対の矢印は記載しなくてもよい。)



(4)



[4]



【出題意図】

有機化学の理解度を確認するため、有機化学 I-IV および有機分子解析法の授業で学ぶ内容の中から、有機化合物の基礎的事項、構造決定（分光法）、変換に関する記述問題を出題した。

研究科 /Graduate School	生命科学研究科
課程 /Program	博士課程前期課程
専攻・コース等 /Major, Course	生命科学専攻
入試方式 /Admission Method	一般入試
試験科目 /Exam Subject	生化学
実施年月日 (試験日) /Exam Date	2025年9月4日

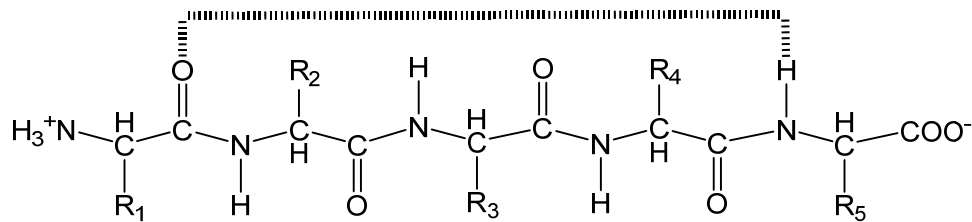
解答又は解答例及び出題意図
 Answer or example of answer
 Intent of the question
 (試験問題自体を公開しない場合はその理由)
 (Reasons for not publishing exam questions)

【解答または解答例】

[1]

(1) アンフィンセンのドグマ。還元剤存在下でリボスクレアーゼを尿素で変性させたあとに還元剤と尿素を取り除くと酵素の活性が復活し再びフォールディングされることを実験的に示した。

(2)



(3) 1つのポリペプチド鎖からなるサブユニットが集合した構造、アロステリック効果とは、ヘモグロビンを例にとると、あるサブユニットに酸素が結合することによって、他のサブユニットの酸素の親和性が上昇するという効果。

(4) 天然変性領域 (Intrinsically disordered region)、液液相分離

(5) 利点：コストが抑えられる、欠点：翻訳後修飾がおきない

(6) 陰イオン交換クロマトグラフィー、溶液中の塩濃度を上昇させることによって溶出する。

(7) アフィニティータグの例：His タグ、担体：ニッケルや銅を固定した担体 (Ni-NTA、HisTrap など可)、溶出方法：溶液中のイミダゾール濃度を上昇させる。

[2]

(1) A. 親水、B. 疎水、C. 糖脂質、D. グリセロール、E. グリセロリン脂質 (ホスホグリセリド)、F. アミド、G. 水酸 (ヒドロキシル、ヒドロキシ)、H. 流動モザイク

(2) リン脂質の極性頭部が水で囲まれ外側表面をつくり、炭化水素尾部 (脂肪酸) が内

側に隔離されて互いに相互作用する球形構造。

(3) 膜脂質の疎水性の炭化水素鎖（脂肪酸鎖、アシル鎖）が二重層の非極性の内部に潜り込み、水分子がはじかれる。炭化水素鎖間にはファンデルワールス力が働き、しっかりと中に詰め込まれる。一方、親水性の極性頭部と水分子の間には、水素結合が形成される。このようにして、脂質二重層は安定化される。

(4) ① 脂肪酸鎖（炭化水素鎖、アシル鎖）の長さ（炭素数）と、（シス型）二重結合の数（不飽和度）が重要である。脂肪酸鎖が長ければ、疎水結合により膜の流動性が低下する。一方、二重結合の数が増えれば、脂肪酸が曲がることにより、膜の流動性が高まる。

② 膜タンパク質を蛍光色素で特異的に標識し、蛍光顕微鏡下で観察する。その後観察領域の蛍光分子を、レーザーによる非常に強い光で退色させる。退色させた領域の蛍光の回復速度を時間を追って観察する。膜タンパク質が動くとなれば、退色した分子が去り、退色していない分子が移動してきて、蛍光強度の増加として観察される。

③ 膜貫通ドメインの数：膜貫通ドメインの数が多いほど、側方移動度は低下する
場合が多い。

他タンパク質との相互作用：側方移動度が低いタンパク質との相互作用により、移動度が下がる。

細胞骨格との相互作用：微小管やアクチン繊維によって側方移動が影響を受ける場合がある。

細胞壁（植物の場合）：膜タンパク質の細胞外側が細胞壁に固定され、側方移動が制限される場合がある。

(5) フリッパーゼは、細胞膜のリン脂質を、細胞外側から細胞内側に移動させる。フロッパーゼは、リン脂質を細胞内側から細胞外側に移動させる。

【出題意図】

[1] 生命現象を把握する上で最も重要なタンパク質に関する基本事項を問うた。具体的には、タンパク質の構造、生産、精製について理解しているかを総合的に問うた。

[2] 生体膜と脂質に関する基本的な理解を確認した。脂質に関する基本的な用語や、脂質が形成する生体膜の特徴、および生体膜に局在するタンパク質について問うた。

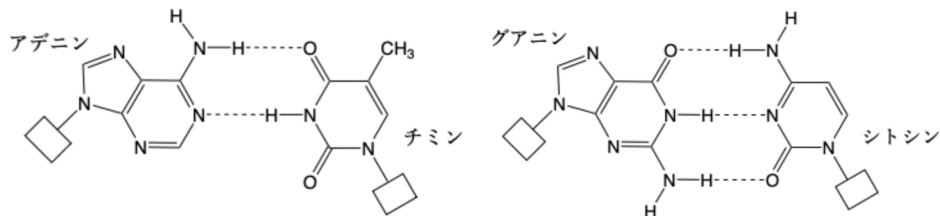
研究科 /Graduate School	生命科学研究科
課程 /Program	博士課程前期課程
専攻・コース等 /Major, Course	生命科学専攻
入試方式 /Admission Method	一般入試
試験科目 /Exam Subject	分子生物学
実施年月日（試験日） /Exam Date	2025年9月4日

解答又は解答例及び出題意図
 Answer or example of answer
 Intent of the question
 (試験問題自体を公開しない場合はその理由)
 (Reasons for not publishing exam questions)

【解答または解答例】

[1]

(1)



(2) DNA の二本鎖構造では、塩基間のスタッキング相互作用 (π - π 相互作用) によって塩基が規則正しく積み重なり、紫外線 (260 nm) の吸収が小さくなる。加熱やアルカリ処理によって DNA が変性し二本鎖が解離すると、塩基スタッキングが崩れ、各塩基が自由な状態となる。これにより塩基本来の紫外線吸収を示すようになり、吸光度が増加する。

(3) 85°C

(4) A : 25%、T : 30%、G : 20%、C : 25%

(5) アルカリ条件下、または RNase 存在下

(6)

① アルカリ処理下では、高 pH により塩基間の水素結合が切断され、二本鎖 DNA が一本鎖へと変性する。特に塩基のプロトン化状態が変化し、塩基対形成が阻害されるためである。

② プラスミド DNA は小さな環状 DNA であり、アルカリ処理後も構造的に切断されにくい。一方、染色体 DNA は長大で、アルカリ変性やこれに続く中和操作で容易に断片化

や DNA 結合タンパク質を巻き込んで沈殿しやすい。この差を利用して、プラスミド DNA のみを可溶性画分として選択的に回収する。

(7)

① A：開環状型 DNA（一本鎖切断が入り緩んだ構造、最も移動が遅い）、B：直鎖状プラスミド DNA（二本鎖切断され直線状、移動速度中間）、C：閉環状（スーパーコイル）型 DNA（最も緻密な構造で最も速く泳動される）

② DNA は含有する多くのリン酸基のために全体として負電荷をもつため、電気泳動時には正極（+極）に向かって移動する。したがって、泳動図において、サンプル投入側が上端で、正極は下端に位置すると考えられる。

[2]

(1)

- (あ) snRNA
- (い) スプライセオソーム (スプライソソーム)
- (う) イントロン
- (え) ポリ A (Poly A、A(n))
- (お) 小胞体膜 (小胞体)
- (か) アンチ

(2)

- (A) ② RNA ポリメラーゼ II
- (B) ③ RNA ポリメラーゼ III
- (C) ① RNA ポリメラーゼ I

(3)

- (ア) 60
- (イ) 40
- (ウ) 80

(4) ② 100

(5) リボザイム

(6) ヌクレオシド名：7-メチルグアノシン

役割（何か1つ）：mRNA を分解から保護すること。

翻訳の開始因子をリクルートし、翻訳を開始させること。

（7） 細胞内で mRNA 上の塩基配列がタンパク質のアミノ酸配列へと翻訳されるときの、各アミノ酸に対応する3つ組の塩基配列のこと。

（8） アミノアシル tRNA 合成酵素

（9） 修飾塩基名：① シュードウリジン（Ψ）

理由：mRNA 導入時の免疫による炎症反応を抑制するため

【出題意図】

[1] 核酸の構造と性質に関する基本事項を問うた。核酸の構造的特徴が物理化学的性質や実験技術にどのように結びついているのかを体系的に理解する力を試した。

[2] 真核生物のセントラルドグマに関する基本的な理解を確認した。特に、転写から翻訳に至る各過程で働くノンコーディング RNA である snRNA、rRNA、tRNA の生合成と機能に関する知識を問うた。

研究科 /Graduate School	生命科学研究科
課程 /Program	博士課程前期課程
専攻・コース等 /Major, Course	生命科学専攻
入試方式 /Admission Method	一般入試
試験科目 /Exam Subject	人体の構造と機能
実施年月日（試験日） /Exam Date	2025年9月4日
解答又は解答例及び出題意図 Answer or example of answer Intent of the question (試験問題自体を公開しない場合はその理由) (Reasons for not publishing exam questions)	
<p>【解答または解答例】</p> <p>[1]</p> <p>(1) あ：胸膜、い：横隔膜、う：呼吸、え：3、お：2、か：(主) 気管支、 き：肺胞、く：I型肺胞上皮、け：II型肺胞上皮、こ：肺胞マクロファージ</p> <p>(2) ① 水素イオン、炭酸水素イオン (H^+, HCO_3^-)、②塩化物イオン (Cl^-)、 ③赤血球、④ヘモグロビン</p> <p>(3) ①外呼吸、②甲状軟骨、③嗅上皮、④延髄呼吸中枢、⑤嗚咽</p> <p>[2]</p> <p>(1) 粘膜、粘膜下組織、筋層、漿膜</p> <p>(2) ①ア：主、イ：ペプシノゲン、ウ：壁、エ：塩酸、オ：内因子</p> <p>②G細胞：ガストリン、グレリン分泌細胞：グレリン など</p> <p>(3) ①十二指腸、②総胆管、③オッドイ括約筋、④ランゲルハンス島、⑤イ ンスリン、グルカゴン、(ソマトスタチン、膵ポリペプチド) など</p>	

(4) あ：毛細胆管、い：胆細管、う：小葉間胆管、え：肝管、お：総肝管、
か：(固有)肝動脈、き：門脈、く：肝類洞、け：中心静脈こ：クッパー

(5) ①杯細胞

②S細胞：セクレチン、CCK細胞：コレシストキニン、K細胞：GIP（グルコース依存性インスリン分泌刺激ペプチド）、L細胞：GLP-1（グルカゴン様ペプチド-1）

【出題意図】

[1] 呼吸器系に関わる各種細胞と分子に対する理解度を確認するために出題した。また、呼吸に関する身体の部位と機能についての理解度を確認するために、語句選択問題を出題した。

[2] 消化器系に関わる各種細胞と分泌物に対する理解度を確認するために出題した。また、消化器系の構造と機能に関する基礎的知識を確認するために、語句記述問題を出題した。

研究科 /Graduate School	生命科学研究科
課程 /Program	博士課程前期課程
専攻・コース等 /Major, Course	生命科学専攻
入試方式 /Admission Method	一般入試
試験科目 /Exam Subject	公衆衛生学
実施年月日（試験日） /Exam Date	2025年9月4日
解答又は解答例及び出題意図 Answer or example of answer Intent of the question (試験問題自体を公開しない場合はその理由) (Reasons for not publishing exam questions)	
<p>【解答または解答例】</p> <p>[1]</p> <p>(1)</p> <p>あ：調整 い：粗 う：直接</p> <p>(2)</p> <p>ア 0.02 (=1/50) イ 0.02 (=3/150) ウ 0.1 (=20/200) エ 20 (=0.02*1000) オ 100 (=0.02*5000) カ 400 (=0.1*4000) キ 520 (=20+100+400)</p> <p>(3)</p> <p>粗死亡率=(1+3+20)/(50+150+200)=0.06 年齢調整死亡率=520÷10000=0.052</p> <p>【出題意図】</p> <p>疫学・統計データを適切に解釈する上で必要となる調整・標準化の考え方や基本的な手法を確認することを目的とする。</p> <p>[2]</p> <p>(1)</p> <p>あ：否認</p>	

い：怒り
う：取引
え：抑うつ
お：受容

(2)

ア：レスパイト
イ：グリーフ
ウ：アドバンス・ケア・プランニング

【出題意図】

終末期医療における患者・家族の生活の質や意思決定を考えるうえで必要となる概念、考え方を確認することを目的とする。

[3]

(1)

例：

- 症例対照研究は、ある疾患の患者群と疾患に罹患していない群を特定し、過去にさかのぼって、各群のリスク因子への曝露の有無を調べることにより、要因と疾患との関連を調べる方法である。
- 前向きコホート研究は、特定の要因に曝露した集団と曝露していない集団を一定期間にわたり追跡・観察することにより、要因と疾患との関連を調べる方法である。
- 前者は費用、労力が小さい、まれな疾患の調査も比較的容易である利点がある一方、対照群の選定の偏りや曝露状況の確認における想起バイアスの懸念、罹患率（リスク）の計算ができないといった欠点がある。
- 後者は、罹患率（リスク）および関連する疫学指標を計算できる、前者に比して相対的にバイアスの制御がしやすい利点があるものの、長期間での追跡調査の場合、費用・労力が大きく、希少疾患の調査が困難といった欠点が挙げられる。

(2)

例：

- 交絡とは要因と疾患の両方に関連する別の因子により、因果推論が歪められる現象である。これにより、真実は、要因と疾患に因果関係があるにもかかわらず、それが認められないような結果が観察されたり、あるいは、要因と疾患に因果関係がないにもかかわらず、それが認められるような結果が観察される。例えば、飲酒と肺癌の因果関係を調べた結果、それが認められたとしても、喫煙と飲酒と関連があるとすれば、喫煙が交絡因子として働き、飲酒と肺癌との間に因果関係があるように

見えているだけかもしれない。

- 交絡を回避する方法としては、限られた特定をもつ対象者に限定して調査を行う、比較する群間で交絡因子と考えられる因子をマッチングする、交絡因子になりうる因子について層別化して解析する、基準集団を定めて、比較する観察集団の性、年齢について標準化するなどの方法が挙げられる。

【出題意図】

臨床・疫学研究の代表的なデザインについての知識を確認するとともに、リサーチクエスチョンに応じた使い分けができるかを確認することを目的とする。

[4]

(1)

あ：被保険者

い：療養

う：都道府県知事

え：保険医

お：厚生労働大臣

か：診療報酬

(2)

ア：出来高

イ：包括

ウ：DPC (Diagnosis Procedure Combination)：診断群分類包括評価制度でも可

【出題意図】

社会保障制度のうち医療保険についての基本的な知識を確認することを目的とする。

研究科 /Graduate School	生命科学研究科
課程 /Program	博士課程前期課程
専攻・コース等 /Major, Course	生命科学専攻
入試方式 /Admission Method	一般入試
試験科目 /Exam Subject	プログラム言語
実施年月日（試験日） /Exam Date	2025年9月4日
解答又は解答例及び出題意図 Answer or example of answer Intent of the question (試験問題自体を公開しない場合はその理由) (Reasons for not publishing exam questions)	
<p>【解答または解答例】</p> <p>[1]解答例</p> <p>(1)</p> <p>構造体とは、複数の変数の集合を一つの変数のように扱う方法であり、構造体変数にピリオドとメンバ変数名を接続することで、各メンバ変数を参照する。</p> <p>(2)</p> <pre>void addElement(struct cell *matrix, int row, int col, int val) { int now = 0; if (matrix[0].next != 999) { while (matrix[now].next != -1) { now = matrix[now].next; } matrix[now].next = now+1; } else { now = -1; } matrix[now+1].row = row; matrix[now+1].col = col; matrix[now+1].val = val; matrix[now+1].next = -1; }</pre>	

(3)

```
int getElement(struct cell *matrix, int row, int col) {
    int now = 0, result = 0;
    while (now != -1) {
        if (matrix[now].row == row && matrix[now].col == col)
        {
            result = matrix[now].val;
            break;
        }
        now = matrix[now].next;
    }
    return result;
}
```

(4)

```
void printMatrix(struct cell *matrix) {
    for (int j = 0; j < 3; j++) {
        for (int i = 0; i < 3; i++) {
            printf("%d ", getElement(matrix, j, i));
        }
        printf("¥n");
    }
    printf("¥n");
}
```

(5)

0 1 0

0 0 1

1 0 0

0 2 0

0 3 0

0 1 0

[2]解答例

(1)

データを登録する仕組みの一つで、最後に登録したデータが最初に取り出される仕組み。

(2)

```
void mypush(int newstate, int newcost) {  
    stack[top][0] = newstate;  
    stack[top][1] = newcost;  
    top++;  
}
```

(3)

```
int mypop() {  
    if (top == 0) {  
        return -1;  
    } else {  
        top--;  
        state = stack[top][0];  
        cost = stack[top][1];  
        return 0;  
    }  
}
```

(4)

```
mypush(connect[entry][1], cost + connect[entry][2]);
```

(5)

ある状態から遷移可能な状態と、その経路の重みの和の保存にスタックが使われている。

【出題意図】

C言語を用いたプログラムについて、関数、ポインタ、構造体について基本的な記述方法を理解し、繰り返し構造と探索に関する基本的なアルゴリズムを理解していることを確認する問題を出題した。

研究科 /Graduate School	生命科学研究科
課程 /Program	博士課程前期課程
専攻・コース等 /Major, Course	生命科学専攻
入試方式 /Admission Method	一般入試
試験科目 /Exam Subject	バイオアルゴリズム
実施年月日（試験日） /Exam Date	2025年9月4日

解答又は解答例及び出題意図
 Answer or example of answer
 Intent of the question
 (試験問題自体を公開しない場合はその理由)
 (Reasons for not publishing exam questions)

【解答または解答例】

[1]

		A	S	Q	G	K	R
	0.0	-1.0	-1.1	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5
A	-1.0	1.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4
S	-1.1	0.0	2.0	1.0	0.9	0.8	0.7
K	-1.2	-0.1	1.0	1.0	0.0	1.0	0.9
T	-1.3	-0.2	0.9	0.0	0.0	0.9	0.0

配列 1 ASQGKR

配列 2 AS--KT

[2]

- (1) 遷移確率の積として求められ、 $0.5 \times 1 = 0.5$
- (2) 初めから 2 つの状態列は AA もしくは AB で、確率はいずれも 0.5 である。
出力確率との積から、求める確率は、 $0.5 \times 0.5 \times 0.5 + 0.5 \times 0.5 \times 0.8 = 0.325$
- (3) 出力確率の積として求められ、 $(0.5 \times 0.2 \times 0.2)^2 = 0.0004$
- (4) 状態 A が連続する回数に注目すると、可能な状態列を全て書き下せる。
それぞれの状態列が生じ、かつ、出力記号列が xyzxyz となる確率は、
 AAAAAA: $0.5^5 \times 0.5 \times 0.3 \times 0.2 \times 0.5 \times 0.3 \times 0.2 = 900 / (2^5 \times 10^6)$
 AAAAAAB: $0.5^5 \times 0.5 \times 0.3 \times 0.2 \times 0.5 \times 0.3 \times 0 = 0$
 AAAABC: $0.5^4 \times 0.5 \times 0.3 \times 0.2 \times 0.5 \times 0.2 \times 0.2 = 1200 / (2^5 \times 10^6)$
 AAABCA: $0.5^3 \times 0.5 \times 0.3 \times 0.2 \times 0.8 \times 0.8 \times 0.2 = 15360 / (2^5 \times 10^6)$
 AABCAA: $0.5^3 \times 0.5 \times 0.3 \times 0 \times 0 \times 0.3 \times 0.2 = 0$
 AABCAB: $0.5^3 \times 0.5 \times 0.3 \times 0 \times 0 \times 0.3 \times 0 = 0$
 ABCAAA: $0.5^3 \times 0.5 \times 0.2 \times 0.2 \times 0.5 \times 0.3 \times 0.2 = 2400 / (2^5 \times 10^6)$

$$ABCAAB: 0.5^3 \times 0.5 \times 0.2 \times 0.2 \times 0.5 \times 0.3 \times 0 = 0$$

$$ABCABC: 0.5^2 \times 0.5 \times 0.2 \times 0.2 \times 0.5 \times 0.2 \times 0.2 = 3200/(2^5 \times 10^6)$$

これより（条件付き確率は上の確率をその総和で割ったものである）、求める状態列は確率が最大である AAABCA である。

- (5) 状態 A が 1 回以上、B が 1 回、C が 1 回を順に繰り返すことに注目する。状態 A が i 回連続する確率は 0.5^i であることから、状態 A が連続する回数の期待値は、

$$\sum_{i=1}^{\infty} i \cdot 0.5^i = \sum_{j=0}^{\infty} \left(\frac{1}{2}\right)^j \sum_{i=1}^{\infty} \left(\frac{1}{2}\right)^i = 2。従って、状態列を無限に長くすると、状態の$$

比率は A:B:C=2:1:1 に収束する。観測される記号の比率は、出力確率との積から、

$$x: \frac{1}{2} \times 0.5 + \frac{1}{4} \times 0.8 + \frac{1}{4} \times 0 = 0.45$$

$$y: \frac{1}{2} \times 0.3 + \frac{1}{4} \times 0.2 + \frac{1}{4} \times 0.8 = 0.4$$

$$z: \frac{1}{2} \times 0.2 + \frac{1}{4} \times 0 + \frac{1}{4} \times 0.2 = 0.15$$

に収束する。

[3]

- (1) 生物種が i 種類（葉の数が i ）の場合の有根系統樹の枝の数が $(2i - 2)$ 本であることに注目する。いま、このような有根系統樹の総数が N_i とする。これらの有根系統樹の枝の各々もしくは根に $(i + 1)$ 番目の葉を接続すると、新たな有根系統樹が得られ、それらはいずれも同型でない。よって、生物種が $(i + 1)$ 種類の場合の有根系統樹の総数 $N_{i+1} = (2i - 1)N_i$ である。 $N_3 = 3$ とから、 $N_i = (2i - 3)!!$ と求まる。

これを用いて、

① $N_4 = 5!! = 5 \times 3 \times 1 = 15$ 通り

② $N_6 = 9!! = 9 \times 7 \times 5 \times 3 \times 1 = 945$ 通り

- (2) 解析対象としている配列の間よりも遠縁である特定の配列を外群と呼ぶ。外群を仮定し、これを含めて系統樹解析を行うことにより、有根系統樹を得る（根の位置を特定する）ことができる。

【出題意図】

バイオインフォマティクスにおける解析アルゴリズムの基礎を理解しているかを確認することを意図した。

[1] ペアワイズアライメントの作成に関する問題である。

[2] 配列や時系列データの解析に用いられる隠れマルコフモデルに関する問題である。

[3] 系統樹解析に関する基本的な知識を確認する問題である。