

順天堂大学医学部 化学

2025年 2月 3日実施

I

第 1 問

問 1 (a) 地殻中の元素の質量パーセントは、大きい方から順に O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, H となる。

(答) : ⑥

(b) 半減期を $T = 5.73 \times 10^3$ y, ^{14}C の初濃度を C_0 , ^{14}C の濃度が 8.0% になるまでにかかる時間を t_1 とすると

$$\frac{8.0}{100} C_0 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t_1}{T}} C_0$$

である。両辺の常用対数を取って整理する。

$$-2 + 3 \log_{10} 2 = \frac{t_1}{T} \log_{10} \frac{1}{2}$$

$$\therefore t_1 = \frac{-2 + 3 \log_{10} 2}{-\log_{10} 2} T$$

$$= \frac{-2 + 3 \times 0.30}{-0.30} \times 5.73 \times 10^3 \text{ y} = 2.10 \times 10^4 \text{ y}$$

(答) : ④

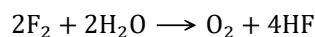
問 2 直流電圧をかけると陽極に移動したので、硫黄のコロイドは負に帯電している。よって、逆の符号で最も大きい電荷を持つ Al^{3+} が最も少ない物質質量で凝析させることができる。

(答) : ④

問 3 (a) とともに二原子分子であるが、フッ素 (F_2) は無極性分子であり、水と分子間の相互作用がほとんどないため、水に溶けにくい。一方、フッ化水素 (HF) は極性分子であり、水分子との間に水素結合を形成できるため、水に高い溶解度を示す。

: ③

【注】フッ素 (F_2) は非常に反応性が高く、水と激しく反応して酸素 (O_2) とフッ化水素 (HF) を生成する。



そのため、フッ素単体の厳密な「溶解度」を測定することは難しい。つまり、フッ素そのものは水にあまり溶けないが、反応によって消費され、結果として HF が水中に存在することになる。

- (b) 求める C=C 二重結合の数を x とすると、付加したヨウ素の質量について次式が成り立つ。なお、ヨウ素価は油脂 100 g に最大で付加するヨウ素の質量 [g] の値である。

$$\frac{100 \text{ g}}{884 \text{ g/mol}} \times x \times 1 \times 127 \text{ g/mol} = 86.2 \text{ g}$$

$$\therefore x = 3$$

(答) 5: ③

- 問 4 (a) 求める物質量を n [mol] とすると、次のように表せる。

$$n \text{ [mol]} = \frac{w \text{ [g]}}{M \text{ [g/mol]}} \times \frac{v \text{ [mL]}}{100 \text{ mL}} = \frac{vw}{100M} \text{ [mol]}$$

(答) 6: ①

- (b) 滴下したステアリン酸の分子数を N [個] とすると、次のように表せる。

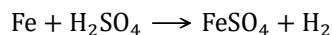
$$N \text{ [個]} = \frac{S_m \text{ [cm}^2\text{]}}{S_1 \text{ [cm}^2\text{/個]}} = \frac{S_m}{S_1} \text{ [個]}$$

よって、求めるアボガドロ定数 N_A [個/mol] は次のようになる。

$$N_A \text{ [個/mol]} = \frac{N \text{ [個]}}{n \text{ [mol]}} = \frac{100MS_m}{S_1vw} \text{ [個/mol]}$$

(答) 7: ③

- 問 5 (a) 鉄と希硫酸は次式のように反応し、淡緑色の Fe^{2+} を生じる。



(答) 8: ①

- (b) 発生した水素、用いた硫酸の物質量は、それぞれ

$$\frac{22.4 \text{ mL}}{22.4 \text{ L/mol}} = 1.00 \text{ mmol}, \quad 1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L} \times 150 \text{ mL} = 15 \text{ mmol}$$

なので、鉄は初め

$$1.00 \text{ mmol} \times \frac{1}{1} \times 56 \text{ g/mol} = 56 \text{ mg} = 5.6 \times 10^{-2} \text{ g}$$

存在したことが分かる。

(答) 9: ②

- (c) 酸化剤を加えると $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$ の反応が起こる。水酸化ナトリウム水溶液を加えて水酸化鉄(Ⅲ)が沈殿し始めた瞬間の Fe^{3+} のモル濃度は、混合による体積の増加に気を付けて

$$[\text{Fe}^{3+}] = \frac{1.00 \text{ mmol} \times \frac{1}{1}}{(150 + 50) \text{ mL}} = \frac{1}{200} \text{ mol/L}$$

である。 $K_{\text{sp}} = [\text{Fe}^{3+}][\text{OH}^-]^3$ より、次のように pH が求められる。

$$[\text{OH}^-] = \sqrt[3]{\frac{K_{\text{sp}}}{[\text{Fe}^{3+}]}} = \sqrt[3]{\frac{4.0 \times 10^{-38} (\text{mol/L})^4}{\frac{1}{200} \text{ mol/L}}} = 2.0 \times 10^{-12} \text{ mol/L}$$

$$\text{pOH} = 12 - \log_{10} 2$$

$$\therefore \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 2 + \log_{10} 2 = 2.30$$

(答) : ②

第 2 問

- 問 1 (a) ジペプチド I は図の(ハ)の左側の部分に由来する。アミノ酸 A には鏡像異性体がないのでグリシン (Gly) である。

(答) : ①

- (b) アミノ酸 B 1 分子中に窒素原子が n 個あるとし、アミノ酸 B の分子量を M_B とすると、窒素の質量について次式が成立する。

$$\frac{262 \text{ mg}}{M_B \text{ g/mol}} \times n \times 14 \text{ g/mol} = 28 \text{ mg}$$

$$\therefore M_B = 131n$$

よって、 $n = 1$ のイソロイシン (Ile) かロイシン (Leu) が該当し、分子量は 131 である。

(答) : ④

- 問 2 図の(ハ)の右側、(イ)・(ロ)の左側の部分からペプチド II が得られる。これはジスルフィド結合 S-S を含むので、水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると PbS の黒色沈殿を生じる。なお、構成アミノ酸はシステイン (Cys) とプロリン (Pro) である。

(答) : ①

- 問 3 (a) 図の(イ)・(ロ)の右側の部分からペプチド III が得られる。アミノ酸 E ~ H の側鎖がそれぞれ R1 ~ R4 に対応している。アミノ酸 E はフェノール性ヒドロキシ基を持つチロシン (Tyr) である。

(答) : ⑧

- (b) アミノ酸 H 1 分子中に炭素原子が m 個あるとし、アミノ酸 H の分子量を M_H とすると、完全燃焼の結果より次式が成立する。

$$\frac{0.99 \text{ g}}{M_H \text{ g/mol}} \times m = \frac{1.32 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}}$$

$$\therefore M_H = 33m$$

よって、 $m = 4$ のアスパラギン (Asn) が該当し、分子量は 132 である。

(答) 5: ⑥

- (c) アミノ酸 F は分子内に不斉炭素原子を 2 つ含んでいるので、イソロイシン (Ile) が該当する(側鎖には不斉炭素原子を 1 つ含む)。よって、問 1 (b) よりアミノ酸 B はロイシン (Leu) と決まる。残ったアミノ酸 G はこれまで出てきていないグルタミン (Gln) と分かる。以上より、テトラペプチド III は Tyr-Ile-Gln-Asn であり、不斉炭素原子は全部で $1 + 2 + 1 + 1 = 5$ 個存在する。分子内対称面は持たないので、テトラペプチド III として考えられる立体異性体は $2^5 = 32$ 種類となる。

(答) 6: ④

問 4 (答) R3 は Gln の側鎖, R5 は Leu の側鎖である。

7: ①

第 3 問

問 1 (a) 化学平衡の法則から $[\text{HX}^-]$ を消去する。

$$K_1 K_2 = \frac{[\text{HX}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{X}]} \times \frac{[\text{X}^{2-}][\text{H}^+]}{[\text{HX}^-]} = \frac{[\text{X}^{2-}][\text{H}^+]^2}{[\text{H}_2\text{X}]}$$

$$\therefore [\text{X}^{2-}] = \frac{K_1 K_2 [\text{H}_2\text{X}]}{[\text{H}^+]^2}$$

(答) 1: ⑦

- (b) 第 1 中和点では $[\text{HX}^-] \gg [\text{H}_2\text{X}] \approx [\text{X}^{2-}]$ となっている。

$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_1 K_2 [\text{H}_2\text{X}]}{[\text{X}^{2-}]}} \approx \sqrt{K_1 K_2} = 1.00 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

$$\therefore K_{\text{全}} = K_1 K_2 = (1.00 \times 10^{-6} \text{ mol/L})^2 = 1.00 \times 10^{-12} (\text{mol/L})^2$$

(答) 2: ⑧

- (c) $K_1 = [\text{H}^+] \times \frac{[\text{HX}^-]}{[\text{H}_2\text{X}]} = 1.00 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \times \frac{10^3}{1} = 1.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$

(答) 3: ②

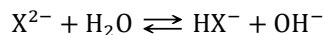
- (d) 第 2 中和点までに要する水酸化ナトリウム水溶液の体積は 200 mL であるから、 Na_2X のモル濃度を C とすると、混合による体積の増加に気を付けて

$$C = 3.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L} \times \frac{100 \text{ mL}}{(100 + 200) \text{ mL}} = 1.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$$

である。(b)と(c)の結果より

$$K_2 = \frac{K_{\text{全}}}{K_1} = \frac{1.00 \times 10^{-12} (\text{mol/L})^2}{1.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}} = 1.00 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$$

となり、 Na_2X の加水分解



において $[\text{OH}^-] \ll [\text{Na}^+]$ なので、加水分解する割合は 1 に比べて十分小さい。

$$[\text{OH}^-] \approx \sqrt{C \times \frac{K_w}{K_2}}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \sqrt{\frac{K_w K_2}{C}}$$

$$= \sqrt{\frac{1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2 \times 1.00 \times 10^{-8} \text{ mol/L}}{1.00 \times 10^{-1} \text{ mol/L}}} = 10^{-10.5} \text{ mol/L}$$

$$\therefore \text{pH} = 10.5$$

(答) 4: ③

問 2 (a) 等電点では $[\text{HZ}] \gg [\text{H}_2\text{Z}^+] = [\text{Z}^-]$ となっている。

$$K_I K_{II} = \frac{[\text{Z}^-][\text{H}^+]^2}{[\text{H}_2\text{Z}^+]} = [\text{H}^+]^2$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_I K_{II}} = \sqrt{5.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \times 2.00 \times 10^{-10} \text{ mol/L}} = 1.00 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

$$\therefore \text{pH} = 6.0$$

(答) 5: ③

- (b) 以下では、 ${}^+\text{H}_3\text{N}-\text{Y}-\text{COOH}$ を H_2Z^+ 、 ${}^+\text{H}_3\text{N}-\text{Y}-\text{COO}^-$ を HZ^\pm 、 $\text{H}_2\text{N}-\text{Y}-\text{COOH}$ を HZ^0 、 $\text{H}_2\text{N}-\text{Y}-\text{COO}^-$ を Z^- と表す。

$$K_{\text{II}} = \frac{[\text{Z}^-][\text{H}^+]}{[\text{HZ}]} = \frac{[\text{Z}^-][\text{H}^+]}{[\text{HZ}^\pm] + [\text{HZ}^0]}$$

$$\frac{1}{K_{\text{II}}} = \frac{[\text{HZ}^\pm] + [\text{HZ}^0]}{[\text{Z}^-][\text{H}^+]} = \frac{1}{K_{\text{V}}} + \frac{1}{K_{\text{VI}}}$$

$$\therefore K_{\text{II}} = \frac{K_{\text{V}}K_{\text{VI}}}{K_{\text{V}} + K_{\text{VI}}}$$

(答) 6: ⑦

【注】 K_{II} 、 K_{V} 、 K_{VI} の単位はいずれも mol/L であるから、この時点で正答は①・③・⑤・⑦のいずれかに絞られる。①や⑤のような単純和では表せないことは明らかなので、添え字の数字を考慮すれば⑦と分かってしまう。

- (c) (i) $K_{\text{IV}} \ll K_{\text{III}}$ より

$$[\text{HZ}^\pm] + [\text{HZ}^0] \approx [\text{HZ}^\pm]$$

と見なせるので $K_{\text{III}} \approx K_{\text{I}}$ と近似してよい。

$$\frac{[\text{HZ}^\pm]}{[\text{H}_2\text{Z}^+]} = \frac{K_{\text{III}}}{[\text{H}^+]} \approx \frac{K_{\text{I}}}{[\text{H}^+]} = \frac{5.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}}{1.00 \times 10^{-6} \text{ mol/L}} = 5.00 \times 10^3$$

(答) 7: ⑤

(ii) $\frac{[\text{H}_2\text{Z}^+]}{[\text{HZ}^0]} = 1.00 \times 10^2$

$$\therefore K_{\text{IV}} = \frac{[\text{HZ}^0][\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{Z}^+]} = \frac{[\text{H}^+]}{\frac{[\text{H}_2\text{Z}^+]}{[\text{HZ}^0]}} = \frac{1.00 \times 10^{-6} \text{ mol/L}}{1.00 \times 10^2} = 1.00 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$$

(答) 8: ①

(iii) $\frac{[\text{HZ}^\pm]}{[\text{HZ}^0]} = \frac{[\text{H}_2\text{Z}^+]}{[\text{HZ}^0]} \times \frac{[\text{HZ}^\pm]}{[\text{H}_2\text{Z}^+]} = 1.00 \times 10^2 \times 5.00 \times 10^3 = 5.00 \times 10^5$

(答) 9: ⑦

(iv) $K_{\text{IV}}K_{\text{VI}} = \frac{[\text{HZ}^0][\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{Z}^+]} \times \frac{[\text{Z}^-][\text{H}^+]}{[\text{HZ}^0]} = \frac{[\text{Z}^-][\text{H}^+]^2}{[\text{H}_2\text{Z}^+]} = K_{\text{I}}K_{\text{II}}$

$$\therefore K_{\text{VI}} = \frac{K_{\text{I}}K_{\text{II}}}{K_{\text{IV}}}$$

$$= \frac{5.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \times 2.00 \times 10^{-10} \text{ mol/L}}{1.00 \times 10^{-8} \text{ mol/L}} = 1.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

(答) 10: ③

Ⅱ

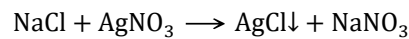
問 1 A^{m+} や B^{n-} を加えると、ルシャトリエの原理より(I)式の平衡が左向きに移動する。

(答) (イ) 小 さ (ロ) 共通イオン効果

問 2 AgCl は白色, Ag_2CrO_4 は赤褐色である。

(答) (ハ) AgCl (ニ) Ag_2CrO_4

問 3 モール法による滴定の化学反応式は



である。塩化ナトリウム水溶液 X のモル濃度を $x \text{ mol/L}$ とすると、次式が成立する。

$$x \text{ mol/L} \times 20 \text{ mL} = 1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L} \times 25 \text{ mL}$$

$$\therefore x \text{ mol/L} = \frac{1}{8} \text{ mol/L} = 0.125 \text{ mol/L}$$

滴定する前に希釈していることに気を付けて、求める pCl は次のようになる。

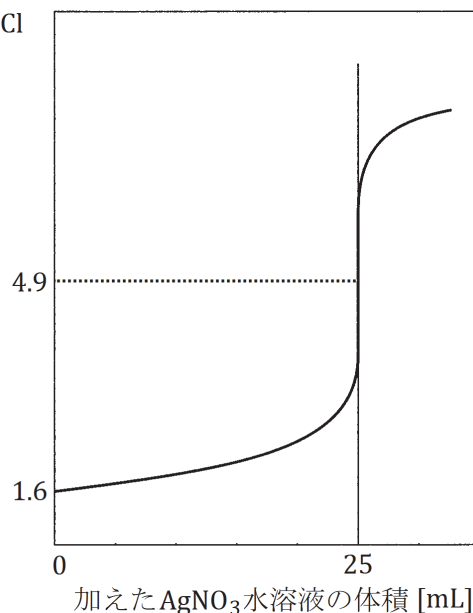
$$[\text{Cl}^-] = \frac{1}{8} \text{ mol/L} \times \frac{20 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} = \frac{1}{40} \text{ mol/L}$$

$$\therefore \text{pCl} = -\log_{10} \frac{1}{40} = 1 + 2 \log_{10} 2 = 1.60$$

(答) 1.6 (有効数字は 2 桁で、本来は小数部分が該当するので 1.60 も可。)

問 4 滴定していくと、 $[\text{Cl}^-]$ の変化は、強酸を強塩基で中和滴定していくときの $[\text{H}^+]$ と似た挙動になることを考えるとよい。次のような中和滴定曲線と似たグラフとなる。当量点における pCl については問 6 の解説を参照のこと。

(答) pCl



問 5 問 3 の解説の中で求めている。

(答) 0.13 mol/L

問 6 問題文に「終点と当量点は同じであった」とある。そのとき、 $[Ag^+] = [Cl^-]$ であるから、 $AgCl$ の溶解度積を $K_{sp}(AgCl)$ とすると

$$K_{sp}(AgCl) = [Ag^+][Cl^-] = [Ag^+]^2$$

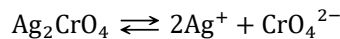
$$[Ag^+] = \sqrt{K_{sp}(AgCl)} = \sqrt{1.8 \times 10^{-10} \text{ (mol/L)}^2}$$

$$= \sqrt{1.8} \times 10^{-5} \text{ mol/L} = 1.3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

と求められる。なお、このとき

$$pCl = -\log_{10}[Cl^-] = -\log_{10}[Ag^+] = 5 - \log_{10} 1.3 = 4.9$$

である。 Ag_2CrO_4 の溶解度積を $K_{sp}(Ag_2CrO_4)$ とすると、当量点において



$$K_{sp}(Ag_2CrO_4) = [Ag^+]^2[CrO_4^{2-}]$$

$$\therefore [CrO_4^{2-}] = \frac{K_{sp}(Ag_2CrO_4)}{[Ag^+]^2} = \frac{3.6 \times 10^{-12} \text{ (mol/L)}^3}{(\sqrt{1.8} \times 10^{-5} \text{ mol/L})^2} = 2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

となっていることが分かる。求めるクロム酸カリウムのモル濃度を $y \text{ mol/L}$ とすると、混合により体積が増加することに気を付けて次のように計算できる。

$$y \text{ mol/L} \times \frac{100 \text{ mL}}{(100 + 25) \text{ mL}} = 2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$\therefore y \text{ mol/L} = 2.5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

(答) $2.5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$

問 7 (答) 塩基性条件下では銀イオンが酸化銀として沈殿し、クロム酸銀の生成による変色が確認できなくなるため。(48 字)

【講評】

I 第 2 問のペプチドはプロリンを含み、やや複雑な構造だったが、条件を丁寧に整理すれば解答にたどり着ける問題であった。第 3 問の問 2 では、一般的に電離平衡の考察が必要となるため、解法を見直した受験生もいたかもしれない。

II 典型的なモル法の問題で、取り組みやすかったと思われる。ただし、問 4 の滴定曲線の作成では、中和滴定における pH 変化との対比を意識すると理解しやすかっただろう。

順天堂大模試や入試予想では、半減期の問題を取り扱い、直前講習でも溶解度積、2 価の弱酸やアミノ酸の電離平衡、ペプチドを扱った。これらの講習に参加した受験生は、比較的余裕を持って解答できたと思われる。

やっかいな問題に時間を取られすぎず、70%の得点率を目指したい。

本解答速報の内容に関するお問合せは



☎ 03-3370-0410 <https://yms.ne.jp/>
東京都渋谷区代々木1-37-14

医学部進学予備校 **メビオ** ☎ 0120-146-156
<https://www.mebio.co.jp/>

医学部専門予備校 **英進館メビオ** 福岡校 ☎ 0120-192-215
<https://www.mebio-eishinkan.com/>

メルマガ登録または LINE 友だち追加で全科目を閲覧

メルマガ登録 ▶



LINE 登録 ▶

