

## 杏林大学医学部 化学

2025年 1月 23日実施

### I

問 1 (1) 二酸化炭素は分子式  $\text{CO}_2$  で表され分子結晶を形成するが、二酸化ケイ素は組成式  $\text{SiO}_2$  で表される共有結合の結晶である。

(答)ア:⑤ イ:③

(2) 二酸化ケイ素では、1個の Si 原子が 4 個の O 原子と共有結合を形成している。

(答)ウ:④

(3) 分子結晶は分子間力が比較的に弱いので融点が高いものも多く、昇華性を持つものも多い。また、分子結晶は電気伝導性を持たない。

(答)エ:①③⑥

問 2 (1) 異性体のうち、原子の結合順序が異なるものを構造異性体、原子の結合順序が同じで立体構造(原子の空間的配置)が異なる異性体を立体異性体という。立体異性体には、二重結合に起因して生じるシス-トランス異性体、不斉炭素原子の存在により生じる鏡像異性体がある。

(答)オ:② カ:④ キ:③ ク:①

(2) 2-ブテン ( $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$ )、フマル酸 ( $\text{HOOCCH}=\text{CHCOOH}$  のトランス体) にはシス-トランス異性体が存在する。

(答)ケ:⑤⑥

(3) 不斉炭素原子には、互いに異なる 4 つの原子または原子団が結合している。

(答)コ:③

問 3 ザイツェフ則より、アルコールの分子内脱水では、OH が結合した C 原子の隣の C 原子に結合している H 原子が少ない方から H 原子が引き抜かれて生成したアルケンが主生成物になる。①からは  $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ 、②と③からは  $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3$ 、④からは  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}=\text{CHCH}_3$ 、⑤からは  $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$  が主生成物として得られる。

(答)サ:④

Ⅱ

問 1 結晶  $1.0 \text{ cm}^3$  の物質から原子数を求め、面心立方格子に 4 原子存在することを考慮する。

$$\frac{1.0 \text{ cm}^3 \times 1.6 \text{ g/cm}^3}{40 \text{ g/mol}} \times 6.0 \times 10^{23} / \text{mol} \times \frac{1}{4} = 6.0 \times 10^{21}$$

(答)ア:⑥ イ:⑩ ウ:② エ:①

問 2 ①・③・⑤は電解質で、電離により溶質粒子がそれぞれ 3, 2, 2 倍になる。なお、⑤は水和水が溶媒の一部になることに注意する。①～⑤を溶かした水溶液における全溶質粒子の質量モル濃度は、順に次のようになる。

$$\textcircled{1} \quad 3 \times \frac{1.0 \text{ g}}{111 \text{ g/mol}} \times \frac{10^3 \text{ g/kg}}{100 \text{ g}} = \frac{10}{37} \text{ mol/kg}$$

$$\textcircled{2} \quad 1 \times \frac{1.0 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} \times \frac{10^3 \text{ g/kg}}{100 \text{ g}} = \frac{10}{180} \text{ mol/kg}$$

$$\textcircled{3} \quad 2 \times \frac{1.0 \text{ g}}{101 \text{ g/mol}} \times \frac{10^3 \text{ g/kg}}{100 \text{ g}} = \frac{10}{50.5} \text{ mol/kg}$$

$$\textcircled{4} \quad 1 \times \frac{1.0 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}} \times \frac{10^3 \text{ g/kg}}{100 \text{ g}} = \frac{10}{60} \text{ mol/kg}$$

$$\textcircled{5} \quad 2 \times \frac{1.0 \text{ g}}{250 \text{ g/mol}} \times \frac{10^3 \text{ g/kg}}{100 \text{ g} + 1.0 \text{ g} \times \frac{5 \times 18.0}{250}} = \frac{200}{2509} \text{ mol/kg} = \frac{10}{125.45} \text{ mol/kg}$$

分母の値が小さいものほど質量モル濃度は大きい。なお、最大と最小のものを選べばよいので、⑤は真面目に計算しなくてもどちらの解答にはならないことはすぐ分かる。

(答)オ:① カ:②

問 3 化学反応の量的関係は次表のようにまとめられる(単位は mmol)。

	CH <sub>4</sub>	+	2O <sub>2</sub>	→	CO <sub>2</sub>	+	2H <sub>2</sub> O	計
反応前	10		10		0		0	20
変化量	-5.0		-10		+5.0		+10	0
反応後	5.0		0		5.0		10	20

反応後の H<sub>2</sub>O が全て気体として存在していると仮定すると、状態方程式より分圧は

$$\frac{10 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \times 300 \text{ K}}{2.0 \text{ L}} = 1.24 \times 10^4 \text{ Pa}$$

となるが、これは飽和蒸気圧  $3.6 \times 10^3 \text{ Pa}$  を超えているので矛盾である。よって、反応後、H<sub>2</sub>O の一部は液体として存在する。

②この反応では反応前後で全物質量は変化しないが、液体の H<sub>2</sub>O の存在のため、反応により気体の全物質量は減少する。体積は一定なので、容器内の全圧は反応により減少する。

③反応前、気体の全物質量 20 mmol の 10 mmol (半分) がメタンである。反応後、気体の全物質量は (5.0 + 5.0) mmol = 10 mmol に水蒸気の物質量を加えたものになり、そのうちメタンの物質量は 5.0 mmol なので、メタンの分圧は反応により減少する。

⑥体積が一定なので、ヘリウムを加えてもメタンの分圧は変化しない。

(答)キ:①③

問 4 ①a のすぐ下の破線が凝固点である。

②溶質ではなく溶媒の一部が結晶化している。

③b1 や b2 で結晶化が始まるので、e では液体のみが存在する。

④純物質の凝固点は、その質量には依存しない。

⑤b2 から d2 に至る過程で溶媒が析出し続けるので、溶液の濃度が増加していく。

⑥冷却により奪われる熱量よりも、凝固により発生する熱量の方が多いため温度が上昇する。

⑦溶媒の種類を変えるとモル凝固点降下が変化するので、凝固点降下の大きさも変化する。

(答)ク:③⑥

Ⅲ

問 1 スルホン酸は強酸である。一方、カルボン酸とフェノール類は弱酸であるが、前者の方が酸として強い。

(答)ア:⑤

問 2 カルボン酸の OH とアルコールのヒドロキシ基の H が H<sub>2</sub>O として取れる。

(答)イ:④ ウ:⑥

問 3 (1) (a) マレイン酸②が該当する。

(b) エチレングリコールとテレフタル酸⑦が原料である。

(c) 滴定で標準物質として用いられるのはシュウ酸①(正確には二水和物)である。

(d) アジピン酸④が該当する。

(答)エ:② オ:⑦ カ:① キ:④

(2) 求める油脂の分子量を  $M$  とする。

$$\frac{878 \text{ mg}}{M \text{ g/mol}} \times 3 \times 56.0 \text{ g/mol} = 168 \text{ mg}, \quad \therefore M = 878$$

(答)ク:⑧ ケ:⑦ コ:⑧

(3) トリステアリンで分子量 890 であり,  $890 - 878 = 12$  より油脂 1 分子中に C=C が 6 個あるので, 構成脂肪酸は C=C を 2 個持つリノール酸である。

(答)サ:⑨

Ⅳ

問 1  $K_{sp} = [M^{n+}][OH^-]^n$

(答)ア: ③

問 2 (1)  $K_w = [H^+][OH^-]$  と  $K_{sp}$  の式から  $[OH^-]$  を消去して整理し、両辺の常用対数を取ると与式が得られる。

$$K_{sp} = [M^{n+}] \left( \frac{K_w}{[H^+]} \right)^n$$

$$[M^{n+}] = \frac{[H^+]^n K_{sp}}{K_w^n}$$

$$\log_{10}[M^{n+}] = n \cdot \log_{10}[H^+] + \log_{10} K_{sp} - n \cdot \log_{10} K_w$$

$$\therefore \log_{10}[M^{n+}] = -n \cdot \text{pH} + \log_{10} K_{sp} - n \cdot \log_{10} K_w$$

$Al^{3+}$  の場合,  $n = 3$ ,  $\log_{10} K_{sp} = \log_{10}(1.0 \times 10^{-33}) = -33.0$  であり,  $Zn^{2+}$  の場合,  $n = 2$ ,  $\log_{10} K_{sp} = \log_{10}(1.6 \times 10^{-17}) = 4 \log_{10} 2 - 18$  である。 $\log_{10} K_w = 14.0$  より

$$\log_{10}[Al^{3+}] = -3\text{pH} + (-33.0) - 3 \times (-14.0) = -3\text{pH} + 9.0$$

$$\log_{10}[Zn^{2+}] = -2\text{pH} + (4 \log_{10} 2 - 18) - 2 \times (-14.0) = -2\text{pH} + 11.2$$

の関係が得られる。 $\text{pH} = 5$  のときは  $\log_{10}[Al^{3+}] = -6.0$ ,  $\log_{10}[Zn^{2+}] = 1.2$  となる。すなわち,  $[Al^{3+}] = 10^{-6.0} \text{ mol/L}$ ,  $[Zn^{2+}] = 10^{1.2} \text{ mol/L}$  であるから,  $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  よりも小さい  $Al^{3+}$  は沈殿するが,  $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  よりも大きい  $Zn^{2+}$  は沈殿しない。

(答)イ: ①

(2)  $Cu^{2+}$  の場合,  $Zn^{2+}$  と同じ  $n = 2$  で, グラフの傾きは同じになる。 $Zn(OH)_2$  よりも  $Cu(OH)_2$  の方が溶けにくいので,  $Zn^{2+}$  の直線と平行で左側にある③が該当する。なお, 直線の式を求めると,  $\log_{10} K_{sp} = \log_{10}(8.0 \times 10^{-20}) = 3 \log_{10} 2 - 20.0$  であるから

$$\log_{10}[Cu^{2+}] = -2\text{pH} + (3 \log_{10} 2 - 20.0) - 2 \times (-14.0) = -2\text{pH} + 8.9$$

と分かる。 $\log_{10}[Cu^{2+}] = 0$  のとき  $\text{pH} = 4.5$  である。

(答)ウ: ③

(3)  $\log_{10}[Cu^{2+}] = \log_{10}(2.0 \times 10^{-3}) = \log_{10} 2 - 3$  を上式に代入して  $\text{pH} = 5.8$  を得る。

(答)エ: ⑤ オ: ⑧

問 3(1) 問題文より, Al は  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$  のいずれかの状態で存在するので,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  が最も多くなるのは,  $\text{Al}^{3+}$  と  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$  の物質量の合計が最も小さいときである。

(答)カ:⑥

(2) 縦軸は対数なので, 単純な合計で考えることはできないが, 2つの直線の交点付近で  $\text{Al}^{3+}$  と  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$  の物質量の合計が最も小さいと考えられる。厳密には,

$$A = \log_{10}[\text{Al}^{3+}], \quad B = \log_{10}[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$$

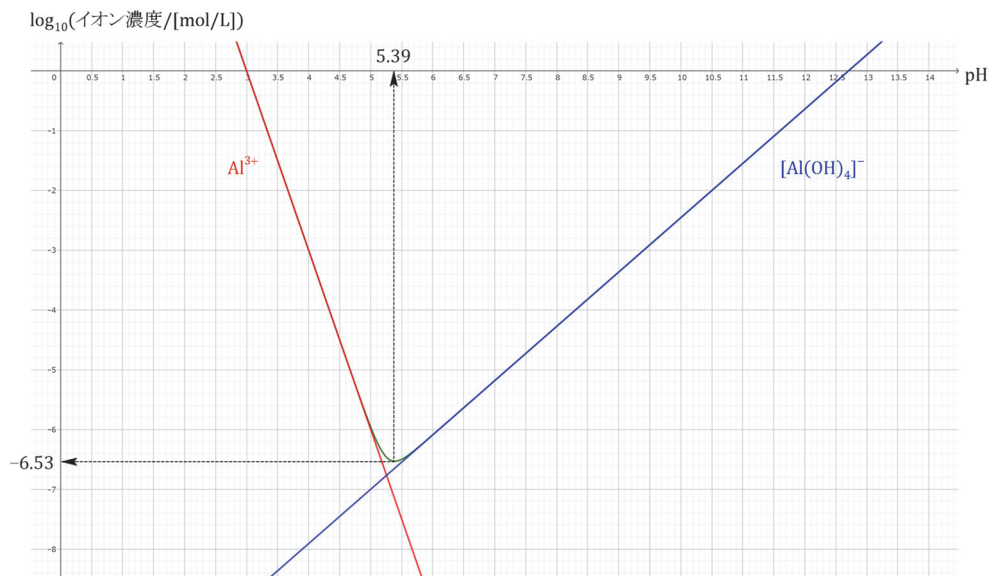
とすると,

$$A = -3.0\text{pH} + 9.0, \quad B = \frac{10}{11}\text{pH} - \frac{127}{11}$$

である。なお,  $B$  は与えられたグラフを読み取ったものである。ここで

$$[\text{Al}^{3+}] + [\text{Al}(\text{OH})_4]^- = 10^A + 10^B$$

の常用対数を取ったグラフが下図で緑の曲線である。極小値は  $-6.53$  で, それを与える pH は  $5.39$  である。



(答)キ:②

【注】直感的には pH が約 5 というのは酸性寄り過ぎる感じがある。実際には,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$  の他に  $[\text{Al}(\text{OH})]^{2+}$  や  $[\text{Al}(\text{OH})_2]^+$  のような化学種が存在するため, 最も多く  $\text{Al}(\text{OH})_3$  が存在する pH は約 6.5 であることが知られている。

### 【講評】

杏林大入試予想では冷却曲線を扱い, 大的中! **IV** はやりにくい問題で難化した。70% 程度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



医学部専門予備校  
**YMS**

☎ 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

