

YMS 解答速報

2018年度 日本医科大学



解答速報はYMS HP <http://www.yms.ne.jp/> にも掲載しています

【化学（解答）】

[I]

問 1 AgCl と Ag_2CrO_4 の溶解度積を、それぞれ $K_{\text{sp}}(\text{AgCl})$, $K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)$ とすると、グラフで右下がりになっている部分の任意の点の値から求められる。

$$K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 10^{-7.7} \text{ mol/L} \times 10^{-2.0} \text{ mol/L} = 10^{-9.7} (\text{mol/L})^2 \\ = 10^{0.3-10} (\text{mol/L})^2 = 2.0 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2 \quad \dots \text{(答)}$$

$$K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = [\text{Ag}^+]^2[\text{CrO}_4^{2-}] = (10^{-4.2} \text{ mol/L})^2 \times 10^{-3.0} \text{ mol/L} = 10^{-11.4} (\text{mol/L})^3 \\ = 10^{2 \times 0.3-12} (\text{mol/L})^3 = 4.0 \times 10^{-12} (\text{mol/L})^3 \quad \dots \text{(答)}$$

問 2 $[\text{Ag}^+] = 10^{-4.2} \text{ mol/L}$ のとき $[\text{Cl}^-] = 10^{-5.5} \text{ mol/L}$ なので、求める割合は次のようになる。

$$\frac{10^{-5.5} \text{ mol/L}}{10^{-2.0} \text{ mol/L}} \times 100 \% = 10^{-1.5} \% = 10^{0.5-2} \% = \frac{\sqrt{10}}{100} \% = 0.032 \% \quad \dots \text{(答)}$$

問 3 $[\text{Ag}^+] = [\text{Cl}^-]$ より、次のように計算できる。

$$[\text{Ag}^+] = \sqrt{K_{\text{sp}}(\text{AgCl})} = \sqrt{2.0 \times 10^{-10} (\text{mol/L})^2} = 1.4 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \quad \dots \text{(答)}$$

問 4 Ag_2CrO_4 が飽和となるので、 $K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)$ の値から求まる。

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = \frac{K_{\text{sp}}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4)}{[\text{Ag}^+]^2} = \frac{4.0 \times 10^{-12} (\text{mol/L})^3}{(\sqrt{2.0} \times 10^{-5} \text{ mol/L})^2} = 2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \quad \dots \text{(答)}$$

問 5 (答) 硝酸銀には感光性があり、光が当たると分解してしまうため。

問 6 (答) 白色から暗赤色（赤褐色）

問 7 生理食塩水 5.0 mL 中に含まれる Cl^- の物質量は

$$\frac{9.00 \text{ g/L}}{58.4 \text{ g/mol}} \times 5.0 \text{ mL} = 0.770 \text{ mmol}$$

なので、当量点に達するまでに必要な AgNO_3 水溶液の体積は

$$\frac{0.770 \text{ mmol}}{0.020 \text{ mol/L}} = 38.5 \text{ mL}$$

と分かる。問 4 の結果より、当量点において $[\text{CrO}_4^{2-}] = 2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ となればよい。

$$\frac{0.50 \text{ mol/L} \times x \text{ mL}}{(5.0 + x + 20.0 + 38.5) \text{ mL}} = 2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \\ \therefore x \text{ mL} = 2.6 \text{ mL} \quad \dots \text{(答)}$$

問 8 (1) (答) HNO_3 により Cl^- が酸化されてしまうため。

【注】強酸性では CrO_4^{2-} が脱水縮合して $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ を生成して、指示薬としての感度が落ちてしまう点も挙げられる。

- (2) (答) Ag^+ が Ag_2O として沈殿してしまうため。
 (3) (答) Ag^+ から $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ が生成して Ag^+ が沈殿しなくなるため。

[II]

解離平衡時, $[\text{N}_2\text{O}_4] = C_0(1 - \alpha)$, $[\text{NO}_2] = 2C_0\alpha$ となっているので,

$$C = C_0(1 - \alpha) + 2C_0\alpha = C_0(1 + \alpha) \quad (2)$$

となる。よって、質量作用の法則より,

$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} = \frac{(2C_0\alpha)^2}{C_0(1 - \alpha)} = \frac{4\alpha^2}{1 - \alpha} C_0 = \frac{4\alpha^2}{1 - \alpha} \cdot \frac{C}{1 + \alpha} = \frac{4\alpha^2}{1 - \alpha^2} C \quad (3)$$

と表せる。 α について解くと,

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_c}{4C + K_c}} \quad (4)$$

となるので, $C \rightarrow 0$ のとき $\alpha \rightarrow 1$ と分かる。また,

$$C_0 = \frac{n}{V} \quad (5)$$

であり, (2) 式より解離平衡時の全物質量は $n(1 + \alpha)$ となるので, 状態方程式 $PV = n(1 + \alpha)RT$ より

$$\frac{n}{V} = \frac{P}{(1 + \alpha)RT} \quad (6)$$

が得られる。【以下改変】なお、以後、低圧領域を考えるので理想気体と見なせるとした。圧縮率因子 Z は、実在気体の圧力を P_r 、実在気体の体積を v_r として

$$Z = \frac{P_r V_r}{n(1 + \alpha)RT} = \frac{P_r v_r}{RT} \quad (7)$$

で表される。ただし、 v_r は実在気体のモル体積である。ここではファンデルワールスの状態方程式

$$\left(P_r + \frac{a}{v_r^2} \right) (v_r - b) = RT \quad (8)$$

を用いて議論することにする。ただし、 a と b は正の定数である。(8) 式より,

$$P_r v_r = RT + bP_r - \frac{a}{v_r} + \frac{ab}{v_r^2} \quad (9)$$

となるが、低圧領域においては $v_r = \frac{RT}{P_r}$ と見なせるので、(7) 式と (9) 式より

$$\begin{aligned} P_r v_r &= RT + bP_r - \frac{a}{RT} P_r + \frac{ab}{(RT)^2} P_r^2 \\ \therefore Z &= 1 - \left(\frac{a}{RT} - b \right) \frac{P_r}{RT} + \frac{abP_r^2}{(RT)^3} \end{aligned} \quad (10)$$

のように圧縮率因子 Z の圧力 P_r 依存性が表せる。よって、(10) 式より一般に $P_r \rightarrow 0$ のとき $Z \rightarrow 1$ となることが分かる。以上の議論は N_2O_4 の場合にも成立するので、やはり $P_r \rightarrow 0$ のとき $Z \rightarrow 1$ となる。

(答) ア : $1 + \alpha$ イ : $1 - \alpha^2$ ウ : $\frac{K_c}{4C + K_c}$ エ : 1 オ : n カ : $\frac{1}{(1 + \alpha)RT}$ キ : ※解答不能 ク : 1 ケ : 1

【注】問題文では理想気体と実在気体の場合の文字を区別していないために、圧縮率因子 Z を与えられた文字で表現することができない。文脈から出題者の意図を推測すると、次のような解答となる。なお、(7) 式以降を示している。

$$Z = \frac{PV}{n(1 + \alpha)RT} \quad (7')$$

で表され、 $P \rightarrow 0$ のとき実在気体は理想気体の振る舞いに近付くので $Z \rightarrow 1$ となるが、 N_2O_4 の場合、 $P \rightarrow 0$ のとき $C \rightarrow 0$ より $\alpha \rightarrow 1$ になるので、 Z の極限値は (6) 式と (7') 式より次のようになる。

$$Z = 1 + \alpha \rightarrow 2$$

$$(答) キ : \frac{PV}{n(1 + \alpha)RT} \quad ク : 1 \quad ケ : 2$$

[III]

問 1 (答) A : (う) B : (さ) C : (え) D : (き)

【注】D は CO_2 を吸収するための物質なので、(お) 水酸化ナトリウムや (く) 酸化カルシウムも当てはまるが、(き) ソーダ石灰の方が吸湿しにくいので扱いやすい。

問 2 (答) 試料を完全燃焼させるため。(13 字)

問 3 完全燃焼で生じた H_2O が $\frac{54.0 \text{ mg}}{18.0 \text{ g/mol}} = 3.00 \text{ mmol}$, CO_2 が $\frac{132 \text{ mg}}{44.0 \text{ g/mol}} = 3.00 \text{ mmol}$ なので、試料中の O の物質量は

$$\frac{90.0 \text{ mg} - (3.00 \text{ mmol} \times 1 \times 12.0 \text{ g/mol} + 3.00 \text{ mmol} \times 2 \times 1.00 \text{ g/mol})}{16 \text{ g/mol}} = 3.00 \text{ mmol}$$

となる。よって、組成式は CH_2O である。

(答) CH_2O

問 4 分子式を $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_n$ とすると、分子量が 100 以下なので $n = 1, 2, 3$ のいずれかであるが、化合物 X が不斉炭素原子を持つことや、後の重合体に関する記述も参考にすると $n = 3$ の乳酸と分かる。

(答) 構造式: $\begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{O} \\ | \quad \parallel \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$ 名称: 乳酸

【注】炭酸水素ナトリウム水溶液に溶解するとあるが、二酸化炭素が発生したとは書いておらず、また芳香族化合物ではないので、ここから化合物 X がカルボン酸とは断定できない。

問 5 (答) 生分解性高分子化合物 (または生分解性プラスチック)

問 6 (答) CO_2 , H_2O

[IV]

問 1 (1), (3), (7) の記述より、油脂 1 ~ 4 はすべて炭素数 18 の高級脂肪酸から構成され、油脂 1 分子当たり 4 個の $\text{C}=\text{C}$ を持ち、互いに構造異性体であることが分かる。(13) より、油脂 2 に含まれ、油脂 1, 3, 4 には含まれない脂肪酸は、3 個の $\text{C}=\text{C}$ を持つリノレン酸である(問 2 参照)。(11) より、油脂 2, 3 には飽和脂肪酸のステアリン酸が含まれ、油脂 1, 4 には含まれない。よって、油脂 2 はステアリン酸、リノレン酸、およびオレイン酸(1 個の $\text{C}=\text{C}$ を持つ)から成ることが分かる。(6) と (13) より、オレイン酸は次式のようになる。

(答) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

問 2 油脂 1, 3, 4 にリノレン酸が含まれると、油脂 1 分子当たりの $\text{C}=\text{C}$ が 4 個を超えるので、該当する脂肪酸はリノレン酸である。(13) および炭素数 18 という条件から、油脂 2 の酸化生成物 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$, $\text{HOOCCH}_2\text{COOH}$, $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ のモル比は 1 : 2 : 1 と分かる。(6) の条件を考慮すると、リノレン酸は次式のようになる。なお、これは α -リノレン酸と呼ばれるもので、 $\text{C}=\text{C}$ の位置が異なる γ -リノレン酸もある。

(答) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

問 3 油脂 1 にはステアリン酸とリノレン酸が含まれないので、オレイン酸 2 個、リノール酸(2 個の $\text{C}=\text{C}$ を持つ)1 個から構成されていると分かる。(6) と (12) の条件、および問 1 で求めたオレイン酸の構造を考慮すると、リノール酸は $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ となる。(4) より油脂 1 は不斉炭素原子を持たないので、対称な構造をしている。

(答)

$$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_2-\text{O}-\text{C}-(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}-\text{O}-\text{C}-(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2-\text{O}-\text{C}-(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3 \end{array}$$

問 4 油脂 3 はステアリン酸 1 個、リノール酸 2 個から構成されている。(4) より不斉炭素原子を持つので、非対称な構造をしている。

(答)

$$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_2-\text{O}-\text{C}-(\text{CH}_2)_{16}\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}-\text{O}-\text{C}-(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2-\text{O}-\text{C}-(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3 \end{array}$$

問 5 (答) 構造と融点の関係：脂肪酸にシス形の C=C 結合が多く存在するほど融点が下がる。

理由：シス形の C=C で分子鎖が折れ曲がって分子どうしが密集しにくくなり、分子間力が弱くなるため。

【化学（講評）】

昨年度と同様に題意を読み取りやすくて取り組みやすい問題が多かった。設問によって難易度に差があるのが日本医科大の特徴の 1 つである。[I] はモール法であり、両対数グラフが与えられて戸惑ったかもしれないが、内容は難しくない。YMS ではモール法について授業でさんざんやっており、上級化学演習では両対数グラフも扱っているので、何の問題もなかっただろう。[II] は解離平衡を圧縮率因子と関連付けているところは目新しいが、不適切な出題を含んでおり、どのような対応がなされるか見守りたい。[III] は極めて平易であり落とせない。ポリ乳酸に生分解性があることは常識といえるだろう。[IV] は油脂の構造決定であるが、13 個もの条件を整理して考察するのが大変である。実は、油脂の C=C 結合数が 4 個となる油脂の組み合わせを先に考えてから特定した方が早かった。類題演習をよくやった人には取り組みやすい試験なので、85 % の得点率はほしい。

各大学の二次試験の要点解説と面接対策

二次試験対策

過去の受験生からの貴重な情報をもとに、各大学の二次試験の要点解説、本番に即した面接演習を行います。

高い合格実績を誇るYMSがあなたを合格へと導きます。



認定合格＆特待制度

認定合格制度

医学部一次合格 + 面接試験

特待制度につきましては、YMSまでお問い合わせください。または、YMS入学説明会でもご説明します。

詳しくはYMS入学説明会で！



申し込み受付中です。詳細はYMSホームページをご覧いただくな、お電話にてお問い合わせください。

YMS 〒151-0053 東京都渋谷区代々木1-37-14
<http://yms.ne.jp/> **TEL** 03-3370-0410