

# YMS 解答速報

## 2019年度 昭和大学医学部 I期

YMS HPにも  
掲載中!  
  
<https://yms.ne.jp/>

### 【化学（解答）】

①

問 1 ② のリノレン酸は 9, 12, 15 位に不飽和結合があるが、正式には  $\alpha$ -リノレン酸という。6, 9, 12 位に不飽和結合がある  $\gamma$ -リノレン酸という異性体がある。

(答) ① ステアリン酸 ② ( $\alpha$ -) リノレン酸 ③ オレイン酸 ④ パルミチン酸 ⑤ リノール酸

問 2 飽和脂肪酸の融点は室温よりも高く、不飽和脂肪酸の融点は室温よりも低い。炭素数が少ないほど、また不飽和結合が多いほど分子間力が弱くなり融点が下がる。

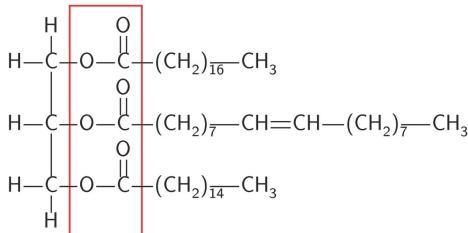
(答) ①・④・③・⑤・②

問 3 『ヒトは C=C を 1 個含む不飽和脂肪酸は生合成できるが、C=C を 2 個以上含む不飽和脂肪酸を生合成することはできないため、食物から摂取したリノール酸やリノレン酸を基にしてアラキドン酸などの不飽和脂肪酸を合成する。そのため、リノール酸やリノレン酸を必須脂肪酸という。』 【直前講習テキストより】

(答) ②・⑤

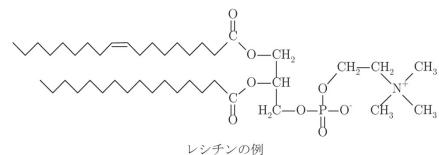
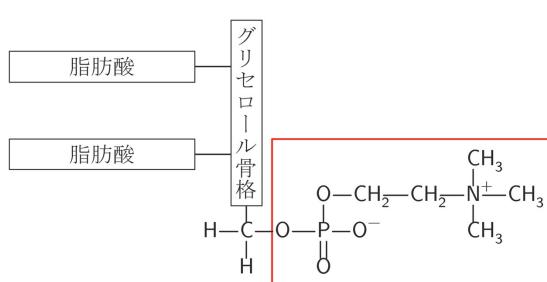
問 4 トリアシルグリセロールは油脂のことである。エステル結合を入れればよい。

(答) 下図の赤枠内参照。



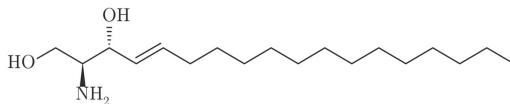
問 5 下線部 a より、グリセロールの 3 位に結合している  $-\text{OH}$  とコリンの  $-\text{OH}$  が、リン酸を介してエ斯特ル結合しているのがホスファチジルコリンと分かる。生体内は中性付近なのでリン酸は電離して示した。直前講習ではレシチンなどのリン脂質を扱った（右下側の図）。

(答) 下図の赤枠内参照。



レシチンの例

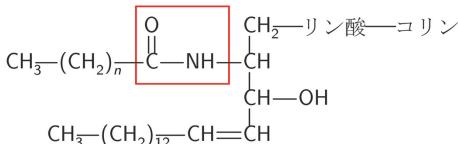
問 6 スフィンゴシンやセラミドも直前講習で扱っている。スフィンゴシンのアミノ基に脂肪酸がアミド結合したもののがセラミドである。1 位の炭素原子に結合している  $-\text{OH}$  とコリンの  $-\text{OH}$  が、リン酸を介してエ斯特ル結合しているのがスフィンゴミエリンである。



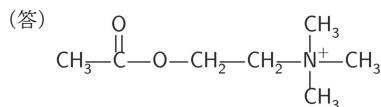
スフィンゴシン

(直前講習テキストより)

(答) 下図の赤枠内参照。



問 7 コリンの -OH をアセチル化すればよい。



問 8 問 4 のトリアシルグリセロールを構成する脂肪酸は、ステアリン酸、オレイン酸、パルミチン酸なので、分子量は  $890 - 2 - 28 = 860$  となる。不飽和結合は 1 個である。けん化価を  $S$ 、ヨウ素価を  $I$  とすると、次のように計算できる。

$$S \text{ mg} = \frac{1000 \text{ mg}}{860 \text{ g/mol}} \times 3 \times 56.0 \text{ g/mol} = 195.3 \text{ mg}$$

$$I \text{ g} = \frac{100 \text{ g}}{860 \text{ g/mol}} \times 1 \times 254 \text{ g/mol} = 29.5 \text{ g}$$

(答) けん化価 : 195.3 ヨウ素価 : 29.5

## 2

問 1 生理的条件の血しょう中で、 $[\text{CO}_2]$  は問題文より

$$[\text{CO}_2] = 0.225 \text{ mmol/(L} \cdot \text{kPa}) \times P_{\text{CO}_2} \text{ kPa} = 0.225 \times 10^{-3} P_{\text{CO}_2} \text{ [mol/L]}$$

と表せる。与えられた  $K$  の式より、次のように表せる。

$$[\text{H}^+] = K \times \frac{[\text{CO}_2]}{[\text{HCO}_3^-]} = K \times \frac{0.225 \times 10^{-3} P_{\text{CO}_2}}{[\text{HCO}_3^-]}$$

$$(答) \frac{0.225 \times 10^{-3} P_{\text{CO}_2}}{[\text{HCO}_3^-]}$$

問 2 上式の両辺の常用対数を取って  $(-1)$  をかけると、次のようになる。

$$\text{pH} = -\log_{10} K - \log_{10} \frac{0.225 \times 10^{-3} P_{\text{CO}_2}}{[\text{HCO}_3^-]} = 6.10 + \log_{10} \frac{[\text{HCO}_3^-]}{0.225 \times 10^{-3} P_{\text{CO}_2}}$$

$$(答) 順に, 6.10, \frac{[\text{HCO}_3^-]}{0.225 \times 10^{-3} P_{\text{CO}_2}}$$

問 3 上式に代入して求められる。

$$\text{患者 A)} \quad \text{pH} = 6.10 + \log_{10} \frac{8.10 \times 10^{-3} \text{ mol/L}}{0.225 \times 10^{-3} \times 2.40 \text{ mol/L}} = 6.10 + \log_{10} 15 = 7.28 \quad \cdots (\text{答})$$

$$\text{患者 B)} \quad \text{pH} = 6.10 + \log_{10} \frac{32.4 \times 10^{-3} \text{ mol/L}}{0.225 \times 10^{-3} \times 4.00 \text{ mol/L}} = 6.10 + \log_{10} 36 = 7.66 \quad \cdots (\text{答})$$

問 4  $[\text{H}^+]$  の値が  $K_2$  と同程度であるので、第 2 段階の電離に関わる  $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$  と  $\text{HPO}_4^{2-}$  が主に存在し、 $\text{H}_3\text{PO}_4$  と  $\text{PO}_4^{3-}$  は極微量で無視できる。

$$K_2 = \frac{[\text{HPO}_4^{2-}][\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$$

$$\therefore \frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = \frac{K_2}{[\text{H}^+]} = \frac{6.3 \times 10^{-8} \text{ mol/L}}{5.0 \times 10^{-8} \text{ mol/L}} = \frac{63}{50}$$

$[\text{H}_3\text{PO}_4] + [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + [\text{HPO}_4^{2-}] + [\text{PO}_4^{3-}] \approx [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + [\text{HPO}_4^{2-}] = 7.5 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  より、多い順に次のような値となる。

$$[\text{HPO}_4^{2-}] = 7.5 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \times \frac{63}{50 + 63} = 4.2 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 7.5 \times 10^{-2} \text{ mol/L} \times \frac{50}{50 + 63} = 3.3 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

(答) 1 番目 :  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $4.2 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$  2 番目 :  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $3.3 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$

問 5 1) HA が電離していないと仮定したときのモル濃度を  $C$  とすると,

$$C = \frac{64.8 \text{ mg}}{180 \text{ g/mol}} \times \frac{1}{100 \text{ mg}} = 3.60 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

である。オストワルトの希釈律より,

$$\begin{aligned} K &= \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} \iff C\alpha^2 + K\alpha - K = 0 \\ 3.60 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \times \alpha^2 + 3.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L} \times \alpha - 3.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L} &= 0 \\ 12\alpha^2 + \alpha - 1 &= 0 \quad (0 < \alpha < 1) \\ \therefore \alpha &= 0.25 \quad \cdots (\text{答}) \end{aligned}$$

を得る。また、pH は次のようになる。

$$\begin{aligned} [\text{H}^+] &= C\alpha = 3.60 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \times 0.25 = 9.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L} \\ \therefore \text{pH} &= 4 - \log_{10} 9 = 3.05 \quad \cdots (\text{答}) \end{aligned}$$

2)  $K$  に関する質量保存の法則より求められる。

$$\begin{aligned} K &= \frac{[\text{A}^-][\text{H}^+]}{[\text{HA}]} \\ \therefore \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} &= \frac{[\text{H}^+]}{K} = \frac{10^{-2.0} \text{ mol/L}}{3.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}} = 33.3 \quad \cdots (\text{答}) \end{aligned}$$

### 3

問 1 60 °C の飽和水溶液 250 g 中に、CuSO<sub>4</sub> は  $40 \text{ g} \times \frac{250 \text{ g}}{140 \text{ g}} = \frac{500}{7} \text{ g}$ 、水は  $100 \text{ g} \times \frac{250 \text{ g}}{140 \text{ g}} = \frac{1250}{7} \text{ g}$  含まれる。

求める質量を  $x \text{ g}$  とすると、20 °C での飽和水溶液の溶質と溶媒の質量比について、次の関係が成り立つ。

$$\begin{aligned} \frac{\left(\frac{500}{7} - \frac{160}{250}x\right) \text{ g}}{\left(\frac{1250}{7} - \frac{90}{250}x\right) \text{ g}} &= \frac{20 \text{ g}}{100 \text{ g}} \\ \therefore x \text{ g} &= 62.9 \text{ g} \quad \cdots (\text{答}) \end{aligned}$$

問 2 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> と NaOH の物質量は、それぞれ

$$0.20 \text{ mol/L} \times 30 \text{ mL} = 6.0 \text{ mmol}, \quad 0.30 \text{ mol/L} \times 30 \text{ mL} = 9.0 \text{ mmol}$$

なので、NaOH の中和に必要な塩酸の体積は  $\frac{9.0 \text{ mmol}}{0.30 \text{ mol/L}} = 30 \text{ mL}$  と分かり、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> の第 1 中和に必要な塩酸の体積は  $30 \text{ mL} \times \frac{6.0 \text{ mmol}}{9.0 \text{ mmol}} = 20 \text{ mL}$ 、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> の第 2 中和 (NaHCO<sub>3</sub> の中和) に必要な塩酸の体積も 20 mL である。よって、第 1 中和点の滴下量は (30 + 20) mL = 50 mL、第 2 中和点の滴下量は (50 + 20) mL = 70 mL となる。

(答) a : 50 b : 70

問 3 メタノールとエタノールの完全燃焼は、それぞれ次の化学反応式で表される。



メタノールとエタノールの物質量をそれぞれ  $a \text{ mol}$ ,  $b \text{ mol}$  とすると、CO<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>O の物質量について、それぞれ次の関係が成り立つ。

$$\left( \frac{2}{2}a + \frac{2}{1}b \right) \text{ mol} = \frac{9.24 \text{ g}}{44.0 \text{ g/mol}} = 0.210 \text{ mol} \quad (1)$$

$$\left( \frac{4}{2}a + \frac{3}{1}b \right) \text{ mol} = \frac{7.02 \text{ g}}{18.0 \text{ g/mol}} = 0.390 \text{ mol} \quad (2)$$

$$\therefore a \text{ mol} = 0.150 \text{ mol}, \quad b \text{ mol} = 0.0300 \text{ mol}$$

よって、求める O<sub>2</sub> の体積は次のようになる。

$$\begin{aligned} \left( \frac{3}{2}a + \frac{3}{1}b \right) \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} &= \frac{3}{2}(a + 2b) \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = \frac{3}{2} \times 0.210 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} \\ &= 7.06 \text{ L} \quad \cdots (\text{答}) \end{aligned}$$

【注】本問では  $\frac{3}{2}(a + 2b) \text{ mol}$  が分かれればよいので、(2) 式を用いず (1) 式のみで解答できてしまう。

問 4 質量保存の法則より、モル濃度比がモル比に等しいことを用いると、次のように求められる。

$$[\text{H}^+] = K_a \times \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = 1.80 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \times \frac{0.40 \text{ mol/L} \times 0.30 \text{ L}}{0.20 \text{ mol/L} \times 0.60 \text{ L}} = 1.80 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$\therefore \text{pH} = 6 - \log_{10} 18 = 4.74 \quad \dots (\text{答})$$

問 5 陰極では  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$  の反応が起こる。求める時間は次のようにになる。

$$\frac{0.157 \text{ g}}{64.0 \text{ g/mol}} \times \frac{2}{1} \times 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol} \times \frac{1}{1.30 \text{ A}} = 364 \text{ s} \quad \dots (\text{答})$$

問 6 状態方程式より、求める圧力は次のようにになる。

$$\frac{\frac{13.2 \text{ g}}{44.0 \text{ g/mol}} \times 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \times 300 \text{ K}}{2.8 \text{ L}} = 2.7 \times 10^5 \text{ Pa} \quad \dots (\text{答})$$

問 7 求める体積を  $x \text{ mL}$  とすると、次の関係が成り立つ。

$$1.20 \text{ mol/L} \times 600 \text{ mL} \times 1 \text{ 値} = \frac{14.8 \times 10^3 \text{ mg}}{74.0 \text{ g/mol}} \times 2 \text{ 値} + 0.40 \text{ mol/L} \times x \text{ mL} \times 1 \text{ 値}$$

$$\therefore x \text{ mL} = 800 \text{ mL} \quad \dots (\text{答})$$

問 8 求める分子量を  $x$  とすると、次の関係が成り立つ。

$$0.31 \text{ K} = 1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol} \times \frac{1.0 \text{ g}}{x \text{ g/mol}} \times \frac{1}{0.100 \text{ kg}}$$

$$\therefore x = 60 \quad \dots (\text{答})$$

問 9 HCl は  $0.20 \text{ mol/L} \times 0.300 \text{ L} = 0.060 \text{ mol}$ , KOH は  $0.15 \text{ mol/L} \times 0.300 \text{ L} = 0.045 \text{ mol}$  で、HCl が過剰であり、KOH が全て反応するので、生成する  $\text{H}_2\text{O}$  は  $0.045 \text{ mol}$  である。よって、求める熱量は次のようにになる。

$$56.5 \text{ kJ/mol} \times 0.045 \text{ mol} = 2.54 \text{ kJ} \quad \dots (\text{答})$$

問 10 質量作用の法則より、

$$\frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{[\text{H}^+]}{K_a} = \frac{10^{-4.0} \text{ mol/L}}{1.80 \times 10^{-5} \text{ mol/L}} = \frac{50}{9}$$

となるので、 $\text{CH}_3\text{COOH}$  と  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  のモル比が  $50 : 9$  となるようにすればよい。

$$\frac{0.30 \text{ mol/L} \times X \text{ L}}{0.27 \text{ mol/L} \times 1 \text{ L}} = \frac{50}{9}$$

$$\therefore X = 5 \quad \dots (\text{答})$$

**4**

A. 問 1 図 1 は面心立方格子で、単位格子中に  $\frac{1}{8} \times 8 + \frac{1}{2} \times 6 = 4$  個の原子が含まれる。  
(答) 4 個

問 2 求める密度は次のようにになる。

$$\frac{4 \text{ 個} \times 27 \text{ g/mol}}{6.0 \times 10^{23} \text{ 個/mol} \times (4.0 \times 10^{-8} \text{ cm})^3} = 2.8 \text{ g/cm}^3 \quad \dots (\text{答})$$

問 3 半径を  $r$ 、単位格子の 1 辺の長さを  $a$  とすると次の関係がある。

$$4r = \sqrt{2}a$$

$$\therefore r = \frac{\sqrt{2}}{4}a = \frac{1.41}{4} \times 4.0 \times 10^{-8} \text{ cm} = 1.4 \times 10^{-8} \text{ cm} \quad \dots (\text{答})$$

問 4 面心立方格子になるのは 11 族元素とアルミニウムなどである。なお、アルカリ金属は体心立方格子である。  
また、亜鉛、コバルトは六方最密構造、マンガンは体心立方格子である。  
(答) Cu, Ag, Al

B. 問 1 図 2 は体心立方格子であり、格子の中心から頂点までの距離を  $D$ 、求める格子の 1 辺の長さを  $a$  とすると次の関係がある。

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = D$$

$$\therefore a = \frac{2}{\sqrt{3}}D = \frac{2\sqrt{3}}{3}D = \frac{2 \times 1.73}{3} \times 4.50 \times 10^{-8} \text{ cm} = 5.2 \times 10^{-8} \text{ cm} \quad \dots (\text{答})$$

問 2 (答) a : 配位数 b : 8

問 3 空間充填率は、原子半径を  $r$  とすると  $4r = \sqrt{3}a$  の関係から、次のように計算できる。

$$\frac{\frac{4}{3}\pi r^3 \times 2}{a^3} = \frac{8}{3}\pi \left(\frac{r}{a}\right)^3 = \frac{8}{3} \left(\frac{\sqrt{3}}{4}\right)^3 \pi = \frac{\sqrt{3}}{8}\pi = \frac{1.73}{8} \times 3.14 = 0.679$$

(答) c : 空間充填率 (または空間占有率) d : 67.9 %

C. 問 1 (答) 六方最密構造

## 【化学（講評）】

昨年は有機化学の大問が 2 つ出題され、しかも生化学に関する問題で受験生にはなじみのない題材であったが、本年は 1 題に減少し、有機化学の比率が減少した。そのため、理論化学からの出題が非常に多くなった。特に、電離平衡はこのところずっと重視されている。過去問と似た問題がいくつか見られた。

① は昨年に続き生化学に関する問題である。問題文が長いが、問題を解くのに直接関係のない情報が多い。真面目に読んでいって理解しようとすると時間がなくなってしまう。設問自体は答えやすいように工夫されており、問題文中の必要な部分を抽出していけば、解答にたどり着ける。YMS の直前講習でさんざんやった論点が出題された。

② は炭酸やリン酸の電離平衡に関する問題で、緩衝液が主体となっている。血液や細胞の話にはなっているが、問題を解くのに直接必要でない情報が多く、この点は ① と同じである。この問題では単位に注意したい。また、各化学種の存在比率と pH との関係は重要な内容であり、その習熟度がものをいう出題であった。

その他の ③ は最近定着している計算小問であり、内容自体は平易である。しかし、計算が煩雑なものを含んでいたり、桁数の指定が問題ごとに細かく指定されていたりするので、ぼろぼろ失点している人が多いのではないか。

その他の ④ は 2015 年 I 期、2016 年 II 期以来となる金属結晶格子の問題が出たが、問われていることは A. 問 4 を除いて基本的であり、ミスは許されない。

全体的に見ると、③ は解答の方針が立っても計算が煩雑な部分があることで時間が不足し、① と ② をやる時間が削られてしまうと大変である。① は問題文をよく読めばできる問題であったので、② の出来で大きな差が出るだろう。全体で何とか 7 割は取りたい。