

# YMS 2019年度 解答速報

## 埼玉医科大学 後期



### 【化学（解答）】

1

問 1 (1) 電子数は  $2 + 8 + 18 + 1 = 29$  なので  ${}_{29}\text{Cu}$  である。

(答)  ③

(2)  ${}_{29}\text{Cu}$  は 11 族元素で、同族元素には  ${}_{47}\text{Ag}$ ,  ${}_{79}\text{Au}$ ,  ${}_{111}\text{Rg}$  がある。

(答)  ①

(3)  ${}_{47}\text{Ag}$  は第 5 周期で、同周期の希ガス元素は  ${}_{54}\text{Xe}$  である。希ガスの最外殻電子数は  ${}_{2}\text{He}$  以外は 8 である。

(答)  ②

問 2 (1) Ar は単原子分子で、同周期の Cl の単体である  $\text{Cl}_2$  よりも分子量が小さいので、Ar 分子間に働く分子間力は  $\text{Cl}_2$  分子間に働く分子間力よりも弱くなり、融点・沸点が低い。同周期では原子番号が大きいほどイオン化エネルギーが大きくなる傾向があるので、アルゴンの方が塩素よりも大きくなる。

(答)  ③

(2) 「乾燥した空気から酸素と二酸化炭素を除いた残りの気体」は  $\text{N}_2$  と Ar から成り、そのモル比を  $(1-x):x$  とする。同温・同圧では密度と分子量が比例するので、

$$28(1-x) + 40x = 28 \times \left(1 + \frac{0.50}{100}\right)$$

$$\therefore x = \frac{7}{600}$$

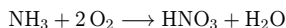
と求まる。よって、空気全体に対する Ar の体積比（モル比に等しい）は次のようになる。

$$\frac{7}{600} \times \frac{79}{100} \times 100\% = 0.92\%$$

(答)  ⑥

問 3 (1) (答)  ④  ⑤  ④  ⑥  
 ③  ①  ②  ①

(2) オストワルト法全体の化学反応式は



と表せるので、求める硝酸の質量は次のようになる。

$$\left. \frac{1.0 \times 10^3 \text{ g}}{17 \text{ g/mol}} \right]_{\text{NH}_3 \text{ (mol)}} \times \left. \frac{1}{1} \right]_{\text{HNO}_3 \text{ (mol)}} \times \left. 63 \text{ g/mol} \right]_{\text{HNO}_3 \text{ (g)}} \times \left. \frac{100}{70} \right]_{\text{HNO}_3\text{aq (g)}} = 5.3 \times 10^3 \text{ g}$$

(答)  ⑤  ③  ③

問 4 (1) ① 誤  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$  のように熱分解する。

② 誤 炎色反応により橙赤色を呈する。

③ 誤 塩素と反応してさらし粉になるのは  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  である。

④ 正  $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  などのように酸塩基反応する。ただし、希硫酸とは不溶性の塩を生じるので溶けにくい。

⑤ 誤 石灰水は  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  の飽和水溶液である。

⑥ 誤 セッコウは硫酸カルシウム二水合物  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  である。

⑦ 正  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  の酸塩基反応により生じる。

⑧ 誤 X 線の造影剤として用いられるのは硫酸バリウム  $\text{BaSO}_4$  である。

(答)  ④・⑦

(2) 溶解した  $\text{CaCO}_3$  の物質量を  $x \text{ mol}$  とすると,  $[\text{Ca}^{2+}] = [\text{CO}_3^{2-}] = \frac{x \text{ mol}}{0.100 \text{ L}} = 10x \text{ mol/L}$  である。溶解度積の定義より,

$$10x \text{ mol/L} \times 10x \text{ mol/L} = 6.4 \times 10^{-5} (\text{mol/L})^2$$

$$\therefore x \text{ mol} = 8.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

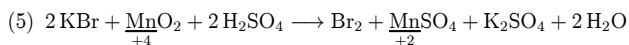
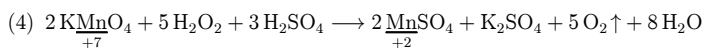
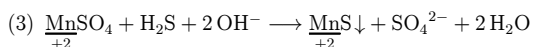
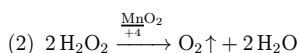
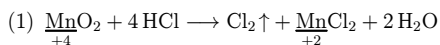
と求まるので, 溶解していない  $\text{CaCO}_3$  の質量は次のようになる。

$$0.25 \text{ g} - 8.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \times 100 \text{ g/mol} = 0.17 \text{ g}$$

(答)  ④

【注】与えられた溶解度積の値は大きすぎる。実際は  $10^{-8} (\text{mol/L})^2$  程度である。

問 5 (1) ~ (5) の各反応は次のようになる。酸化数を下線の下に示した。



(答)  ④  ⑤  ⑤  ②  ④

## 2

問 1 実験 1 より, 半透膜 X は水,  $\text{Na}^+$  と  $\text{Cl}^-$  を通過させることができ, 最終的に A と B のどちらも  $\text{NaCl}$  水溶液になっている。実験 2 より, 半透膜 Y は水を通過させるが,  $\text{Na}^+$  と  $\text{Cl}^-$  を通過させないことが分かる。実験 3 より, 半透膜 X はタンパク質 P を通過させないことが分かる。言及はないが, 半透膜 Y も同様と考えられる。

(答)  ①・②  ①

問 2 実験 2 の終了時における B の液体 ( $\text{NaCl}$  水溶液) の浸透圧を  $\Pi'_s$  とすると, 液面差から次のように求められる。

$$\Pi'_s = 20.4 \text{ cm aq} \times \frac{1.0 \text{ g/cm}^3}{13.6 \text{ g/cm}^3} \text{ cmHg/cm aq} \times \frac{1.0 \times 10^5 \text{ Pa}}{76.0 \text{ cmHg}} = 2.0 \times 10^3 \text{ Pa}$$

(答)  ②  ①  ③

問 3 液体 II の  $\text{NaCl}$  のモル濃度を  $C_s$ , 実験 2 の終了時における B の液体 ( $\text{NaCl}$  水溶液) のモル濃度を  $C'_s$  とする (水の浸透により濃度が低下することに注意すること)。ファントホッフの法則より,  $\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$  の電離に注意して ( $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ ,  $T = 300 \text{ K}$ ),

$$\Pi'_s = 2C'_s RT$$

$$\therefore C'_s = \frac{\Pi'_s}{2RT} = \frac{1.97 \times 10^3 \text{ Pa}}{2 \times 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \times 300 \text{ K}} = 3.95 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

と求まる。よって, 浸透前のモル濃度  $C_s$  は

$$C_s = \frac{500 \text{ cm}^3 + 3.0 \text{ cm}^2 \times \frac{20.4}{2} \text{ cm}}{500 \text{ cm}^3} C'_s = 4.18 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

と分かる。これを質量パーセント濃度に変換すると次のようになる。

$$\frac{4.18 \times 10^{-4} \text{ mol} \times 58.5 \text{ g/mol}}{10^3 \text{ mL} \times 1.0 \text{ g/mL}} \times 100 \% = 2.4 \times 10^{-3} \%$$

(答)  ②  ④  ③

問 4 液体Ⅲのタンパク質 P のモル濃度を  $C_P$ 、実験 3 の終了時における B の液体 (NaCl とタンパク質 P の混合水溶液) のモル濃度を、それぞれ  $C_s''$ 、 $C_P''$  とする。実験 3 の終了時において液面に差があるのはタンパク質 P の存在によるものであるから、それによる浸透圧を  $\Pi_P''$  とすると、液面差から 問 2 と同様にして

$$\Pi_P'' = 25.7 \text{ cm aq} \times \frac{1.0 \text{ g/cm}^3}{13.6 \text{ g/cm}^3} \text{ cmHg/cm aq} \times \frac{1.0 \times 10^5 \text{ Pa}}{76.0 \text{ cmHg}} = 2.48 \times 10^3 \text{ Pa}$$

と求まる。ファントホッフの法則より、

$$\Pi_P'' = C_P'' RT$$

$$\therefore C_P'' = \frac{\Pi_P''}{RT} = \frac{2.48 \times 10^3 \text{ Pa}}{8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \times 300 \text{ K}} = 9.95 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

となるので、浸透前のタンパク質 P のモル濃度  $C_P$  は

$$C_P = \frac{500 \text{ cm}^3 + 3.0 \text{ cm}^2 \times \frac{25.7}{2} \text{ cm}}{500 \text{ cm}^3} C_P'' = 1.07 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

と分かる。この質量パーセント濃度が 7.2 % であるから、求める分子量を  $x$  とすると、次の関係が成り立つ。

$$\frac{1.07 \times 10^{-3} \text{ mol} \times x \text{ g/mol}}{10^3 \text{ mL} \times 1.0 \text{ g/mL}} \times 100 \% = 7.2 \%$$

$$\therefore x = 6.7 \times 10^4$$

(答)  ⑥  ⑦  ④

問 5 (1) ファントホッフの法則より、温度が高くなると浸透圧は増加する。実験 1 では A と B の濃度はどちらも変化しないので、水位も変化しない。実験 2 と実験 3 では、どちらも B 側の浸透圧が増加するので水位が上昇する。

(答)  ⑤

(2) 外気圧を 2.0 倍にしているが、A と B の両液面にかかる圧力は等しいので、実験結果に影響を与えない。よって、どの実験でも水位に変化は見られない。

(答)  ①

- (3) ● 実験 1 の追加実験で液体Ⅱを A に加えたとき、A 側の濃度は  $C_s$ 、B 側の濃度は  $\frac{1}{2}C_s$  になっているが、半透膜 X は水、 $\text{Na}^+$  と  $\text{Cl}^-$  を通過させるので、最終的に A 側も B 側も  $\frac{3}{4}C_s$  になり、水位に変化はない。
- 実験 2 の追加実験で液体Ⅱを A に加えたとき、A 側の濃度は  $C_s$ 、B 側の濃度は  $C_s'$  になっているが、 $C_s > C_s'$  で半透膜 Y は水のみ通過させるので、B 側から A 側に水が浸透し、B の水位は下降する。
- 実験 3 の追加実験で液体Ⅱを A に加えたとき、A 側の濃度は  $C_s$ 、B 側の NaCl の濃度は  $C_s''$ 、B 側のタンパク質 P の濃度は  $C_P''$  になっているが、半透膜 X はタンパク質 P を通過させないので、A 側から B 側に水が浸透し、B の水位は上昇する。

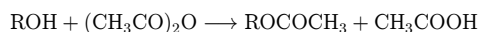
(答)  ⑦

### 3

問 1 サリチル酸と無水酢酸の反応 (濃硫酸は触媒) はアセチル化で、物質 A はアセチルサリチル酸である。また、サリチル酸とメタノールの反応 (濃硫酸は触媒) はエステル化で、物質 B はサリチル酸メチルである。サリチル酸の工業的製法ではナトリウムフェノキシドを高温・高圧下で二酸化炭素と反応させてサリチル酸ナトリウムとし、希硫酸を作用させて製造される。よって、物質 C はフェノールである。

(答)  ②  ④  ⑨

問 2 サリチル酸を ROH (OH はフェノール性ヒドロキシ基) と表すと、そのアセチル化は



と表せる。求める  $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$  の質量は次のようになる。

$$\frac{4.6 \text{ g}}{138 \text{ g/mol}} \times \frac{1}{1} \times 102 \text{ g/mol} = 3.4 \text{ g}$$

(答)  ③  ④

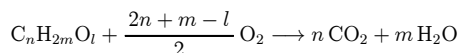
問 3 (1) 物質 D の分子量を  $x$  とすると、次の関係が成り立つ。

$$0.940 \text{ K} = 1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol} \times \frac{6.30 \text{ g}}{x \text{ g/mol} \cdot 0.100 \text{ kg}}$$

$$\therefore x = 124$$

(答)  ①  ②  ④

(2) 物質 D の分子式を  $C_nH_{2m}O_l$  とすると、完全燃焼の化学反応式は



と表せるので、次の関係が成り立つ。

$$\frac{37.2 \text{ mg}}{124 \text{ g/mol}} \times n = \frac{92.4 \text{ mg}}{44 \text{ g/mol}}$$

$$\frac{37.2 \text{ mg}}{124 \text{ g/mol}} \times m = \frac{21.6 \text{ mg}}{18 \text{ g/mol}}$$

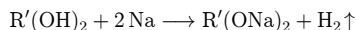
$$12n + 1.0 \times 2m + 16l = 124$$

$$\therefore n = 7, \quad m = 4, \quad l = 2$$

よって、物質 D の分子式は  $C_7H_8O_2$  であり、組成式も  $C_7H_8O_2$  である。

(答)  ⑦  ⑧  ②

(3) 物質 D 4.00 mmol と Na を過不足なく反応させて発生した水素が  $\frac{89.6 \text{ mL}}{22.4 \text{ L/mol}} = 4.00 \text{ mmol}$  なので、物質 D にヒドロキシ基は 2 つあることが分かる。物質 D の化学式を  $R'(OH)_2$  と表すと



となる。分子式を考慮すると、物質 D はベンゼン環に  $-CH_2OH$  と  $-OH$  がオルトの配置で結合している化合物であることが分かる。

(答)  ③

問 4 反応Ⅲでは  $-CH_2OH$  が  $-COOH$  に変化しているので、反応Ⅲは酸化である。

(答)  ⑤

問 5 物質 A ~ D に塩基性のものはないので、初めに希塩酸を加えても水層に移るものはない。次に、エーテル層に NaOH 水溶液を加えると、物質 A ~ D は全て酸性なので中和されて塩となり、全て塩の形で水層に移る。そこに  $CO_2$  を通じた後エーテルを加えると、炭酸よりも弱い酸であるフェノール類 (物質 B ~ D) が遊離し、エーテル層に得られる (物質 B ~ D がいずれもカルボキシ基を持たないことを確認すること)。炭酸よりも強い酸であるカルボン酸 (物質 A) は遊離せず、塩の形のまま水層にとどまる。

(答)  ②  ③  ③  ③

## 【化学 (講評)】

例年通り、大問 3 問構成であるが、マーク数が昨年度後期の 42 からかなり増加して 54 となった (なお、本年度前期のマーク数は 43 である)。設問の数としては 35 で、昨年度後期の 37 より減少している (本年度前期は 31)。マーク数の増加は、計算問題で桁ごとにマークする形式の問題が多かったことによる (7 題程度)。計算を要する問題は全体として 9 題程度で、少し多めであった。

① は 5 つのテーマから成る出題であった。基本的・標準的な問題が多いが、計算問題の出来で差が付いたと思われる。問 5 の酸化数変化に関する問題は、習熟度により解く時間に大きな違いが出る。

② は U 字管を用いた浸透圧の測定で、現象の理解は容易であろう。しかし、浸透による濃度変化を考慮しなければならない設問を含み、計算も煩雑なので、正答率は高くないと予想される。

③ はサリチル酸に関する基本的な問題であり、完答は必須である。物質 D (分子量 124) からサリチル酸 (分子量 138) が得られたことから、第 1 級アルコールが二段階酸化されたと気付いた人も多いだろう。埼玉医科大学の問題は時間がタイトなので、物質 D の分子式の特定も含め、要領よくやらないといけない。

時間配分が適切に行われ、解く問題の取捨選択を誤らなければよい。① は最低でも得点率 6 割、② は最低でも問 1 と問 2 を取って得点率 3 割、③ は完答で、全体 65 % 程度の得点は取っておきたい。