



2026年度

公立千歳科学技術大学 理工学部

一般選抜 前期日程 問題

化学基礎・化学

# 化学基礎・化学

1. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。 $K_2Cr_2O_7$ の式量は294、 $Na_2S_2O_3$ の式量は158とする。

不純物を含む二クロム酸カリウム ( $K_2Cr_2O_7$ ) の純度を調べるために、次に示す手順で実験を行った。実験の操作は、試料 (不純物を含む  $K_2Cr_2O_7$ ) 水溶液の調製とヨウ素 ( $I_2$ ) の生成、チオ硫酸ナトリウム ( $Na_2S_2O_3$ ) 水溶液の調製と  $I_2$  の定量からなる。なお、試料中の不純物は、操作 A での  $I_2$  の生成および操作 B での滴定のいずれにも関与しない。

操作 A 試料水溶液の調製と  $I_2$  の生成

- ① 試料 0.504 g をはかり取って水に溶解し、試料に含まれる  $K_2Cr_2O_7$  と十分反応する量のヨウ化カリウム (KI) と希硫酸を加えてよく振り混ぜ、 $I_2$  を生成させた。
- ② ①の溶液を水でうすめて 50.0 mL とし、試料水溶液を調製した。

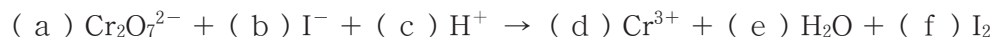
操作 B  $Na_2S_2O_3$  水溶液の調製と  $I_2$  の定量

- ① 0.800 mol/L の  $Na_2S_2O_3$  水溶液を調製した。
- ② 操作 A で調製した試料水溶液を 20.0 mL はかり取り、試料水溶液中の  $I_2$  を、①で調製した  $Na_2S_2O_3$  水溶液で滴定した。

この滴定における反応の化学反応式は、 $I_2 + 2Na_2S_2O_3 \rightarrow 2NaI + Na_2S_4O_6$  である。

- ③  $Na_2S_2O_3$  水溶液を 4.50 mL 滴下した時点で終点となったため、滴定を終了した。

(1) 操作 A ①で  $I_2$  が生成する反応は、次のイオン反応式で表される。このイオン反応式の係数 a ~ f を整数で答えなさい。ただし、係数が 1 である場合も省略せずに記入しなさい。



(2) 操作 A ①における  $K_2Cr_2O_7$  と KI のはたらきについて、次の A ~ D から適切な記述を一つ選択しなさい。

- A.  $K_2Cr_2O_7$  が還元剤、KI が酸化剤である。      B.  $K_2Cr_2O_7$  が酸化剤、KI が還元剤である。  
C. どちらも還元剤である。                      D. どちらも酸化剤である。

(3) 操作 B ②における  $Na_2S_2O_3$  と  $I_2$  のはたらきについて、次の A ~ D から適切な記述を一つ選択しなさい。

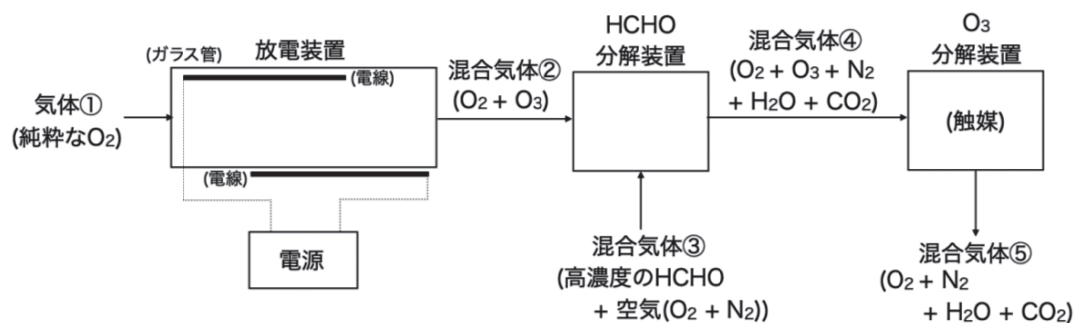
- A.  $Na_2S_2O_3$  が還元剤、 $I_2$  が酸化剤である。      B.  $Na_2S_2O_3$  が酸化剤、 $I_2$  が還元剤である。  
C. どちらも還元剤である。                      D. どちらも酸化剤である。

- (4) 操作 B ②・③において、溶液を滴下し、その体積を正確に読み取るための器具として、最も適切なものを次の A～D から一つ選択しなさい。
- A. コニカルビーカー                      B. ホールピペット  
C. ビュレット                                D. こまごめピペット
- (5) 操作 B ②における滴定で使用する指示薬として適切な物質を、次の A～D から一つ選択しなさい。なお、いずれも滴定のときは溶液の状態で用いられるものとする。
- A. フェノールフタレイン                B. プロモチモールブルー  
C. デンプン水溶液                         D. 過マンガン酸カリウム
- (6) 操作 B ②における滴定で (5) の指示薬を使用する場合、どの時点で指示薬を加えればよいか。最も適切な記述を次の A～D から一つ選択しなさい。なお、 $I_2$  の量の変化にともなう試料水溶液の色の変化は、肉眼で確認できるものとする。
- A. 操作 A ②で調製する試料水溶液に加えておく。  
B. 操作 B ①で調製する  $Na_2S_2O_3$  水溶液に加えておく。  
C. 操作 B ②の滴定の開始前に、はかり取った試料水溶液に加える。  
D. 操作 B ②の滴定が進行し、 $I_2$  による試料水溶液の着色が薄くなってから加える。
- (7) 操作 A と操作 B の全体において、反応に関与する  $K_2Cr_2O_7$  の質量と  $Na_2S_2O_3$  の質量の比の値 ( $K_2Cr_2O_7$  の質量 /  $Na_2S_2O_3$  の質量) を小数第 2 位まで求めなさい。
- (8) 試料中の  $K_2Cr_2O_7$  の量と純度について、次の問いに答えなさい。
- 1) 操作 B ③の結果を用いて、試料水溶液中の  $K_2Cr_2O_7$  のモル濃度 [mol/L] を小数第 2 位まで求めなさい。また、試料中の  $K_2Cr_2O_7$  の質量 [g] を小数第 3 位まで求めなさい。
  - 2) 1) で求めた  $K_2Cr_2O_7$  の質量を用いると、 $K_2Cr_2O_7$  の純度 (試料中の質量の割合) は何%か。小数第 1 位まで求めなさい。

# 化学基礎・化学

2. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

オゾン ( $O_3$ ) は、酸素 ( $O_2$ ) 中での放電によって生成させることができる。 $O_3$  は強い酸化作用を示すため、さまざまな有機化合物を酸化反応によって分解することができる。ここでは、 $O_2$  からの  $O_3$  の生成および  $O_3$  とホルムアルデヒド ( $HCHO$ ) との反応について考える。下図の装置のうち、放電装置と  $HCHO$  分解装置は可動部分を備えており、反応にともなう気体の体積変化に応じて容積を変えることができる。下図の装置での反応に関わる物質は、すべて理想気体であるとする。



(1)  $O_2$  と  $O_3$  は、互いにどのような関係にある物質か。次の A～D から適切な語句を一つ選択しなさい。

- A. 同位体    B. 同素体    C. 構造異性体    D. 立体異性体

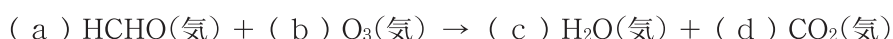
(2) 放電装置について、次の問いに答えなさい。

- 放電装置では、ガラス管の内外の電線に高電圧をかけることで、音が生じない放電をさせる。このような放電の名称を答えなさい。
- 温度  $273\text{ K}$ 、圧力  $1.013 \times 10^5\text{ Pa}$  のもとで気体①  $1.00\text{ mol}$  を放電装置に供給し、温度・圧力を変えない条件下で放電を行うと、供給した  $O_2$  のうち  $0.240\text{ mol}$  が  $O_3$  に変換され、残りは  $O_2$  のまま排出された。このとき、混合気体②の体積は、反応前の気体①の体積の何%になったか。整数で答えなさい。

(3)  $HCHO$  分解装置について、次の問いに答えなさい。必要があれば、次の生成エンタルピーの値を用いなさい。なお、 $O_3$  は単体であるが、 $O_3$  の生成エンタルピーは、 $25^\circ\text{C}$  で最も安定な単体である  $O_2$  から  $O_3$  が生成するときのエンタルピー変化より求められる。

$HCHO(\text{気})$ :  $-109\text{ kJ/mol}$ ,  $O_3(\text{気})$ :  $+143\text{ kJ/mol}$ ,  $H_2O(\text{気})$ :  $-242\text{ kJ/mol}$ ,  $CO_2(\text{気})$ :  $-394\text{ kJ/mol}$

- $HCHO$  分解装置での  $HCHO$  と  $O_3$  の反応の化学反応式 (次式) の係数  $a \sim d$  を答えなさい。ただし、係数は整数とし、1 である場合も省略せずに記入しなさい。また、 $HCHO$   $1\text{ mol}$  あたりの反応エンタルピー  $\Delta H$  [ $\text{kJ/mol}$ ] を整数で求めなさい。



- 2) 1) の反応は発熱反応，吸熱反応のどちらか，答えなさい。
- 3) 混合気体③を HCHO 分解装置に供給し，1) の反応で HCHO の分解処理を行った場合，処理後の混合気体④の体積は，処理前の混合気体③の体積の何倍になるか。小数第 1 位まで求めなさい。ただし，処理等に関する条件は次の (a)～(e) とする。
- (a) 混合気体③の組成は，HCHO 0.120 mol，O<sub>2</sub> 0.360 mol，N<sub>2</sub> 1.440 mol である。
- (b) 混合気体③は温度 273 K，圧力  $1.013 \times 10^5$  Pa のもとで供給され，放電装置からは問 (2) の条件で生成した混合気体②が供給される。
- (c) 装置での分解処理前後での気体の温度・圧力は変化しないものとする。また，処理後に排出される混合気体④の温度・圧力も同じであるとする。
- (d) 混合気体③に含まれる HCHO は完全に分解されて H<sub>2</sub>O と CO<sub>2</sub> になる一方，混合気体②により供給される O<sub>3</sub> は一部だけが反応し，残りは未反応のまま混合気体④に含まれ排出される。
- (e) 混合気体③に含まれる O<sub>2</sub> と N<sub>2</sub> および混合気体②に含まれる O<sub>2</sub> は反応に関与せず，そのまま混合気体④に含まれ排出される。
- (4) O<sub>3</sub> 分解装置について，次の問いに答えなさい。
- 1) この装置では，O<sub>3</sub> を分解して O<sub>2</sub> へと完全に変換するために触媒を用いる。触媒のはたらきとして適切な記述はどれか。次の A～D から一つ選択しなさい。
- A. O<sub>3</sub> の分解速度を大きくし，反応の平衡移動も生じさせる。
- B. O<sub>3</sub> の分解速度は変化させないが，反応の平衡移動は生じさせる。
- C. O<sub>3</sub> の分解速度を大きくするが，反応の平衡移動は生じさせない。
- D. 分解速度の変化や反応の平衡移動とは別のはたらきで反応を促進する。
- 2) 触媒を用いた場合の変化について，適切な記述はどれか。次の A～D から一つ選択しなさい。
- A. 反応の活性化エネルギーは変化しないが，反応エンタルピーは大きくなる。
- B. 反応の活性化エネルギーは変化しないが，反応エンタルピーは小さくなる。
- C. 反応の活性化エネルギーは大きくなるが，反応エンタルピーは変化しない。
- D. 反応の活性化エネルギーは小さくなるが，反応エンタルピーは変化しない。
- 3) 混合気体④により供給された O<sub>3</sub> は，すべて分解して O<sub>2</sub> へと完全に変換されたのち，混合気体⑤に含まれ排出された。混合気体⑤に含まれる気体全体の物質量は何 mol か。小数第 2 位まで求めなさい。

## 化学基礎・化学

3. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。気体定数は  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$  とする。  
必要があれば次の原子量を用いなさい。

H = 1.0, O = 16, S = 32, Mn = 55

元素の周期表の第4周期元素のうち、3~11族もしくは3~12族に属する元素を（ア）元素という。これらの元素は原子番号の増加に伴い、最外殻ではなく内側の（イ）殻に収容される（イ）の数が増加する。（ア）元素のイオンや化合物は有色のものが多く、原子は複数の（ウ）数をとることが多いなどの特徴をもつ。例えば、コバルト（A）のイオンは水溶液中で2価や3価の陽イオンとして安定に存在する。

テトラアンミン銅(II)イオンは中心金属イオンが銅（B）(II)イオンの錯イオンであり、水溶液は（エ）色を示す。この錯イオンの（オ）結合にはアンモニア分子の非共有電子対が寄与している。

a) 硫酸銅(II)五水和物を溶かした水溶液に水酸化ナトリウムを加えると青白色沈殿が生じる。また、  
b) この沈殿を加熱すると黒色の物質に変化する。 硬貨や楽器などに用いられる（カ）は銅と亜鉛（C）の合金である。

鉄（Fe）は湿った空気中で酸化されやすく、c) 赤褐色の酸化鉄(III)を含む赤さびを生じる。また、  
鉄にクロム（Cr）やニッケル（D）を混合した合金である（キ）鋼は酸化や腐食が起りにくく、台所用品や車両など幅広い用途で利用されている。

マンガン（Mn）の化合物である d) 酸化マンガン(IV) ( $\text{MnO}_2$ ) に濃塩酸を加えて加熱すると塩素 ( $\text{Cl}_2$ ) が発生する。 この反応において、 $\text{MnO}_2$  は酸化剤として作用する。

(1) 文章中の（ア）～（キ）に当てはまる適切な語句を答えなさい。

(2) 文章中の（A）～（D）に当てはまる適切な元素記号を答えなさい。

(3) 下線部 a) および c) について、これらの化合物を化学式で示しなさい。

(4) 下線部 b) について、次の問いに答えなさい。ただし、銅の原子量を 64 とする。

1) この反応を化学反応式で示しなさい。

2) この黒色の物質を 9.0 g 得るために必要な硫酸銅(II)五水和物の質量 [g] を、有効数字 2 桁で求めなさい。ただし、銅(II)イオンはすべて黒色の物質に変化するものとする。

(5) 次の A～E から鉄(II)イオンを含む化合物をすべて選び、記号で答えなさい。

A. FeS

B. FeO(OH)

C. FeCl<sub>2</sub>

D. K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]·3H<sub>2</sub>O

E. K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]

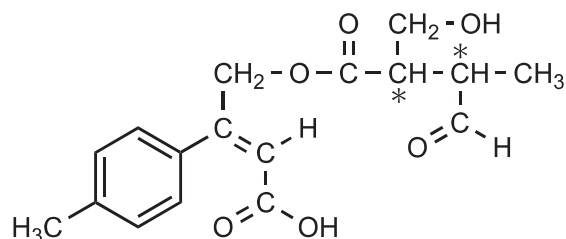
(6) 下線部 d) について、次の問いに答えなさい。

- 1) この反応を化学反応式で示しなさい。
- 2) 10.0 g の  $\text{MnO}_2$  に濃塩酸を加えたところ  $\text{Cl}_2$  が発生し、反応後に  $\text{MnO}_2$  が 2.0 g 残った。発生した  $\text{Cl}_2$  の、 $27^\circ\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  での体積 [L] を有効数字 2 桁で求めなさい。ただし、発生した  $\text{Cl}_2$  の水への溶解は無視する。
- 3) 2) の反応において、 $\text{MnO}_2$  と反応した塩化水素の物質質量 [mol] を有効数字 2 桁で求めなさい。

# 化学基礎・化学

4. アミンおよび関連化合物に関する次の(I), (II)の文章を読み、以下の問いに答えなさい。構造式は、下記の例にならって記しなさい。ただし、\*は不斉炭素原子を表す。必要があれば次の原子量を用いなさい。

H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0



例

(I)

アンモニアの水素原子を炭化水素基で置換した構造の化合物をアミンという。特に、ベンゼン環の炭素原子に (ア) 基が直接結合した構造を持つ化合物を (イ) アミンという。(イ) アミンの一種であるアニリンは、工業的にはニッケルや白金などの触媒を用いて、高温で (ウ) を (エ) で還元することで行われる。アニリンを硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液と反応させると、(オ) とよばれる物質が生成し、この物質は染料に用いられている。a) アニリンを無水酢酸と反応させると、(カ) 結合を持つ (キ) が生成する。

b) アニリンを冷やしながら、塩酸と亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると、(ク) が生成する。(ク) は分解しやすく、その水溶液を温めると、(ケ), (コ), 塩化水素を生じる。(ケ) は、塩化鉄(III)水溶液との反応で呈色する。また、(ケ) と水酸化ナトリウム水溶液から生じる(サ)の水溶液を(ク)の水溶液に加えると、(シ) と塩化ナトリウムが生成する。この反応を(ス)という。

単量体が(カ)結合で多数連なった高分子化合物を(セ)とよぶ。c) 代表的な(セ)には、(カ)結合による環状構造をもったε-カプロラクタムの(ソ)重合でつくられるナイロン6がある。また、α-アミノ酸どうしの(カ)結合を特に(タ)結合という。

(II)

炭素、水素、酸素、窒素からなり、(カ)結合をもつ化合物Aの構造決定を行った。化合物Aに含まれる成分元素の質量百分率は、炭素69.6%、水素8.3%、窒素6.7%であり、質量分析を行ったところ、化合物Aの分子量は207であった。化合物Aに塩化鉄(III)水溶液を加えても呈色反応を示さなかった。また、酸化剤を用いて化合物Aを酸化した後、得られた化合物に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると二酸化炭素が発生した。さらに、化合物Aを塩酸で加水分解すると、2つの置換基がそれぞれベンゼン環のパラ位に結合した化合物Bの塩酸塩と、化合物Cがそれぞれ得られた。

化合物 B にさらし粉 ( $\text{CaCl}(\text{ClO}) \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 水溶液を加えると、赤紫色に呈色した。化合物 C に炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると、二酸化炭素が発生した。また、10.2 mg の化合物 C を完全燃焼させると、二酸化炭素 22.0 mg と水 9.0 mg が得られた。さらに、質量分析を行ったところ、C の分子量は 102 であった。化合物 C は不斉炭素原子を一つもっていた。

- (1) 文章中の ( ア ) ~ ( タ ) に当てはまる適切な語句を答えなさい。ただし、同じ語句を二度使用しないこと。
- (2) 下線部 a) と b) の反応の化学反応式をそれぞれ示しなさい。
- (3) 下線部 c) について、ナイロン 6 を 1.0 kg 合成するのに必要な  $\epsilon$ -カプロラクタムの物質量 [mol] を、有効数字 2 桁で求めなさい。
- (4) ( セ ) の繊維が高い強度を示し、耐摩耗性や弾性にすぐれている理由を、分子間にはたらく力に着目し、句点・読点も含め 25 文字以内で述べなさい。
- (5) 化合物 A ~ C の構造式を示しなさい。ただし、不斉炭素原子をもつ化合物については、その不斉炭素原子を \* 印で示すこと。