

# 令和5年度入学試験問題（後期日程）

## 化学

### 出題意図及び正答例

問題 1

出題意図

電気分解や電解精錬に関する基礎的知識をはじめとして、電気分解反応に関する理解度を問うた。また、並列回路の電気分解を題材とした計算問題により、酸化還元等の化学反応に関する総合的な理解度を問うた。

正答例

|     |     |   |         |   |   |                   |
|-----|-----|---|---------|---|---|-------------------|
| (1) | (a) | ア<br>電解精錬   | イ<br>粗銅 | ウ<br>小さい  | エ<br>陽極泥  |                   |
|     | (b) | イオン反応式：<br>$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-}$ |         | 物質が受けた変化：<br>酸化   |   |                   |
| (2) | (a) | 579 C   | (b)     | 陰極：<br>$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}$ | 陽極：<br>$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^{+} + 4\text{e}^{-}$ |                   |
|     | (c) | 計算過程：略  |         |   |   | 答： <u>386 C</u>   |
|     | (d) | 陰極：<br>$2\text{H}^{+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{H}_2$     |         | (e)   | $2.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$   |                   |
|     | (f) | 計算過程：略  |         |   |   | 答： <u>22.4 mL</u> |
|     | (g) | 略   |         |   |   |                   |

※記述問題の正答例は開示していません。

※計算問題については 計算過程が妥当であり、正しく計算されていれば、計算で生じる誤差に配慮する。

問題 2

出題意図

無機物質の分野から、銀とその化合物についての基礎的な知識を問うた。また、銀化合物の沈殿反応を用いた定量分析法を取り上げ、溶解度や溶解平衡についての定性的・定量的な理解度を問うた。

|     |  |  |   |
|-----|--|--|---|
| (1) | ア 電気 (熱)   | イ 熱 (電気)   | ウ 展 (延)   |
|     | エ 延 (展)  | オ 褐  | カ フッ化物イオン (フッ素)   |
| (2) | A H <sub>2</sub> S   | B Ag <sub>2</sub> S  | C Ag <sub>2</sub> O   |
| (3) | ① $\text{Ag} + 2\text{HNO}_3 \rightarrow \text{AgNO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{NO}_2$                           |  |   |
|     | ② $\text{Ag}_2\text{O} + 4\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + 2\text{OH}^-$ |  |   |
| (4) | 略  |  |   |
| (5) | (a)  | 塩化銀 : $\text{AgCl} \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + \text{Cl}^-$ | クロム酸銀 : $\text{Ag}_2\text{CrO}_4 \rightleftharpoons 2\text{Ag}^+ + \text{CrO}_4^{2-}$ |
|     | (b)  | 塩化銀の溶解度積 $K_{\text{sp}1} : x^2$                                  | クロム酸銀の溶解度積 $K_{\text{sp}2} : 4y^3$  |
|     | (c)  | 計算過程 : 略 答 : 0.14 倍  |   |
| (6) | 計算過程 : 略 答 : 11.7 %  |  |   |
| (7) | 反応式 : $2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$                 |  |   |
|     | 理由 : 略   |  |   |

正答例

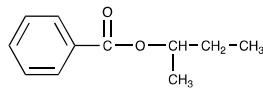
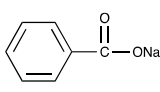
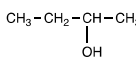
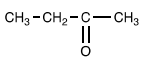
※記述問題の正答例は開示していません。

問題 3

出題意図

酸素原子を含む有機化合物の名称や性質，反応についての理解力を問うた。具体的には，物質群の名称や加水分解反応の名称などの基本知識，燃焼により生じる  $\text{CO}_2$  および  $\text{H}_2\text{O}$  の量からの分子式の推測，様々な化学反応と分子内構造との対応，などに対する理解を問うた。

正答例

|     |  |       |     |  |     |       |
|-----|--|-------|-----|--|-----|-------|
| (1) | (ア)  | アルコール | (イ) | カルボニル  | (ウ) | アルデヒド |
|     | (エ)  | カルボン酸 | (オ) | エステル   |     |       |
| (2) | けん化  |       |     |  |     |       |
| (3) | (計算の過程は省略)   |       |     |  |     |       |
|     | 化合物 C の分子式： <u>          <math>\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}</math>          </u>  |       |     |  |     |       |
| (4) | 化合物 A  |       |     | 化合物 B  |     |       |
|     |   |       |     |  |     |       |
|     | 化合物 C  |       |     | 化合物 D  |     |       |
|     |   |       |     |   |     |       |
| (5) | 正しい選択肢： <u>          (c)          </u>   |       |     |  |     |       |
|     | 化学反応式：<br>$2\text{C}_4\text{H}_9\text{OH} + 2\text{Na} \rightarrow 2\text{C}_4\text{H}_9\text{ONa} + \text{H}_2$<br>(または、 $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH} + \text{Na} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_9\text{ONa} + \frac{1}{2}\text{H}_2$ ) |       |     |  |     |       |

※記述問題の正答例は開示していません。

問題 4

出題意図

天然高分子と合成高分子を含む高分子化合物について、これらの化合物が有する化学的な性質や構造的特徴に関する理解度を問うた。理解度を評価するため、基礎的な用語を問うとともに、実験操作によって生じる現象を正しく理解し、それを計算に反映させる力と、言葉で説明する力を試した。

|     |   |   |   |                                |                                |   |   |    |
|-----|---|---|---|--------------------------------|--------------------------------|---|---|----|
| (1) | ア   | 脱水縮合  | イ | レーヨン (銅アンモニアレーヨン, ビスコースレーヨンも可) |                                |   |   |    |
|     | ウ   | 半合成   | エ | ケラチン                           | オ                              | ポリアミド   | カ | 開環 |
|     | キ   | ナイロン6   | ク | 熱可塑性                           |                                |   |   |    |
| (2) | (a)   | 沈殿の色： 赤色  |   |                                | 沈殿物の化学式： $\text{Cu}_2\text{O}$ |   |   |    |
|     | (b)   | 略   |   |                                |                                |   |   |    |
| (3) | (a)   | 3 個   |   |                                | (b)                            | $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{ONO}_2)_x(\text{OH})_{3-x}]_n$ |   |    |
|     | 計算過程：略  |   |   |                                | 答 2.3 個                        |   |   |    |
| (4) | 沈殿物の化学式： $\text{PbS}$   |   |   |                                |                                |   |   |    |
| (5) | (a)   | 略   |   |                                |                                |   |   |    |
|     | (b)   | $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$ |   |                                | (c)                            | 陰極側   |   |    |
| (6) | 反応式： いずれも可<br>$n \begin{array}{c} \text{H}-\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{N}-\text{H} \\   \qquad \qquad   \\ \text{H} \qquad \qquad \text{H} \end{array} + n \begin{array}{c} \text{HO}-\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}-\text{OH} \\ \parallel \qquad \qquad \parallel \\ \text{O} \qquad \qquad \text{O} \end{array} \longrightarrow \left[ \begin{array}{c} \text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{N}-\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C} \\   \qquad \qquad   \qquad \qquad   \qquad \qquad   \\ \text{H} \qquad \qquad \text{H} \qquad \text{O} \qquad \qquad \text{O} \end{array} \right]_n + 2n \text{H}_2\text{O}$ $n \begin{array}{c} \text{HO}-\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}-\text{OH} \\ \parallel \qquad \qquad \parallel \\ \text{O} \qquad \qquad \text{O} \end{array} + n \begin{array}{c} \text{H}-\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{N}-\text{H} \\   \qquad \qquad   \\ \text{H} \qquad \qquad \text{H} \end{array} \longrightarrow \left[ \begin{array}{c} \text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}-\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{N} \\   \qquad \qquad   \qquad \qquad   \qquad \qquad   \\ \text{O} \qquad \qquad \text{O} \qquad \text{H} \qquad \qquad \text{H} \end{array} \right]_n + 2n \text{H}_2\text{O}$ |   |   |                                |                                |   |   |    |

正答例

※記述問題の正答例は開示していません。

令和5年度 入学試験問題（後期日程）  
補足説明  
「化学」

【問題冊子】

- 補足説明

4 ページ 1 (2)

電解槽 I には、電気分解終了後にも銅(II)イオンが溶解していた。

令和5年度 入学試験問題（後期日程）  
問題訂正  
「化学」

【問題冊子】

7 ページ 2 (5)

問題文 (c) を削除し、以下のように訂正する。

〔訂正後〕： $x$  は  $y$  の何倍であるか、有効数字2桁で答えよ。  
計算過程も示せ。

11 ページ 4 (5) 問題文 (a)

〔原文〕：・・・グリシンの位置を確認するために、  
グリシンを発色させたい。

〔訂正後〕：・・・グリシンの位置を確認するために、  
発色により検出させたい。

## 令和5年度入学試験問題

## 化学

## 注意事項

1. この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっています。解答は解答用紙の指定されたところに記入しなさい。それ以外の場所に記入された解答は、採点の対象となりません。解答用紙は4枚あります。
3. 本学の受験番号をすべての解答用紙の指定されたところへ正しく記入しなさい。氏名を書いてはいけません。
4. この問題冊子は、表紙を含めて16ページあります。問題は4ページから11ページにあります。ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、監督者に申し出なさい。
5. 問題冊子の余白等は適宜利用しても構いませんが、どのページも切り離してはいけません。
6. この問題冊子は持ち帰りなさい。

問題の解答に必要なならば、以下の数値を用いなさい。

原子量 H : 1.0 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0 Na : 23.0 Cl : 35.5 Cu : 63.5

気体定数  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

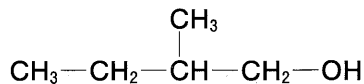
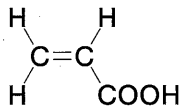
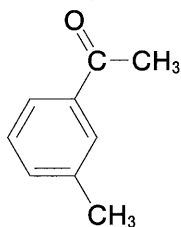
標準状態(圧力  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ , 温度  $273 \text{ K}$ )の気体のモル体積  $22.4 \text{ L/mol}$

ファラデー定数  $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

$\sqrt{2} = 1.41$   $\sqrt{3} = 1.73$

化合物の構造式を答える場合には、記入例にならって示しなさい。

(記入例)



1 以下の設問(1)と(2)に答えよ。

(1) 次の文章を読み、以下の問い(a)と(b)に答えよ。

電気分解を利用して、不純物を含んだ金属から純粋な金属を取り出すことを(ア)という。黄銅鉱から得られる銅は、不純物を1%程度含み、(イ)とよばれる。その(イ)板を陽極、純銅板を陰極として、硫酸酸性にした硫酸銅(Ⅱ)水溶液中に入れ、両電極間に電圧を加えて電気分解を行うことにより、純度の高い銅が得られる。金や銀などの銅よりもイオン化傾向の(ウ)金属は、単体のまま陽極の下に沈殿する。これを(エ)という。

(a) 空欄(ア)～(エ)にあてはまる適切な語句を答えよ。

(b) 陽極では、主にどのような反応が起こるか、電子 $e^-$ を含むイオン反応式で答えよ。また、この際、陽極の物質が受けた変化は、酸化または還元のどちらか答えよ。

(2) 図1の実験装置を用いて、0.200 Aの一定の電流で、2895秒間電気分解したところ、電解槽Ⅰの陰極の質量が0.127 g増加した。次の問い(a)～(g)に答えよ。なお、電解槽Ⅱでは、発生した気体を容器に捕集できるようになっている。

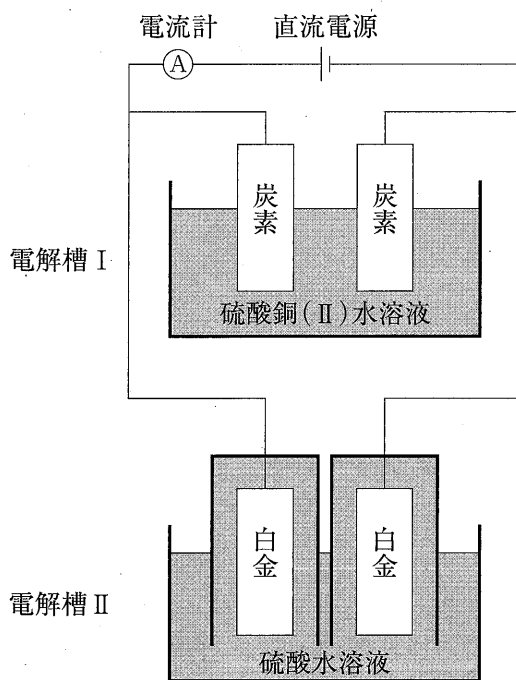


図1 実験装置



- (a) 回路全体に流れた全電気量は何 C か、有効数字 3 桁で答えよ。
- (b) 電解槽 I の陰極および陽極での反応を電子  $e^-$  を含むイオン反応式でそれぞれ答えよ。
- (c) 電解槽 I に流れた電気量は何 C か、有効数字 3 桁で答えよ。計算過程も示せ。
- (d) 電解槽 II の陰極での反応を電子  $e^-$  を含むイオン反応式で答えよ。
- (e) 電解槽 II に流れた電子の物質量は何 mol か、有効数字 3 桁で答えよ。
- (f) 電解槽 II の陰極で発生した気体の標準状態(圧力  $1.013 \times 10^5$  Pa, 温度 273 K)での体積は何 mL か、有効数字 3 桁で答えよ。計算過程も示せ。ただし、発生した気体は理想気体として扱い、水溶液への溶解は無視してよい。
- (g) 電気分解の後、気体が容器にたまった状態で、電解槽 II を回路から切り離し、図 2 のように電子オルゴールに接続したところ音楽が鳴った。電流が流れた理由を 30 字以内で説明せよ。

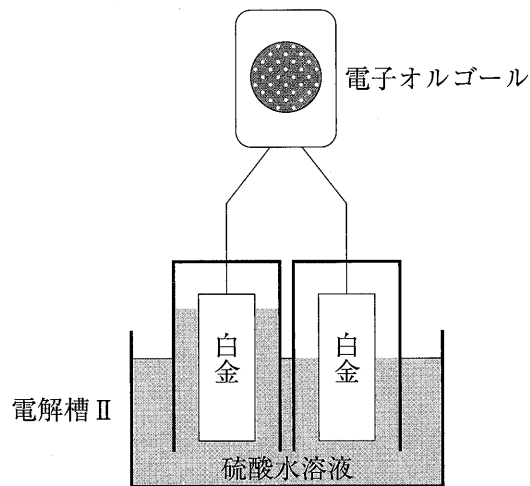


図 2 実験装置

2 次の文章を読み、設問(1)～(7)に答えよ。

銀の単体は、(ア)や(イ)の伝導性はすべての金属の中で最も大きく、(ウ)性と(エ)性は金の次に大きい。また、空気中では酸化されにくいですが、湿った空気中で化合物Aと反応させると、容易に黒色の化合物Bを生じる。

①銀の単体を濃硝酸と反応させると、硝酸銀が生じる。硝酸銀水溶液に、少量のアンモニア水を加えると、(オ)色の化合物Cが沈殿するが、②アンモニア水を加え続けると、沈殿が溶解して、再び無色透明の水溶液となる。また、硝酸銀水溶液に(カ)以外のハロゲン化物イオンを加えるとハロゲン化銀の沈殿が生じる。

塩化銀の沈殿反応は、沈殿滴定による塩化物イオンの定量に用いられ、特に、クロム酸カリウムを指示薬に用いた塩化物イオンの定量法はモール法とよばれる。

モール法により、みそに含まれる塩分量を求めるため、以下の実験を行った。よく混ぜて均質化したみそ10.0 gを蒸発皿にはかりとり、適切な条件で加熱して、みそに含まれる有機物を分解させた。自然放冷後、塩化物イオンを含む灰を水とよく混ぜて、③ろ過した。このろ液を250 mLのメスフラスコを用いて希釈し、これを試料溶液とした。

続いて、試料溶液を、10 mLのホールピペットを用いてコニカルビーカーに入れ、④適切な量のクロム酸カリウム水溶液を指示薬として加えた。そこに、褐色ビュレットから、0.125 mol/Lの硝酸銀水溶液を滴下し、⑤クロム酸銀の赤褐色沈殿がわずかに生じたところを滴定の終点とした。

- (1) 空欄(ア)～(カ)にあてはまる適切な語句を答えよ。ただし、(ア)と(イ)および(ウ)と(エ)の順序は問わない。
- (2) 化合物A～Cを化学式で示せ。
- (3) 下線部①および②の反応式を示せ。
- (4) 図3には、下線部③のろ過の操作として適切でない点が2つある。正しい操作をそれぞれ説明せよ。

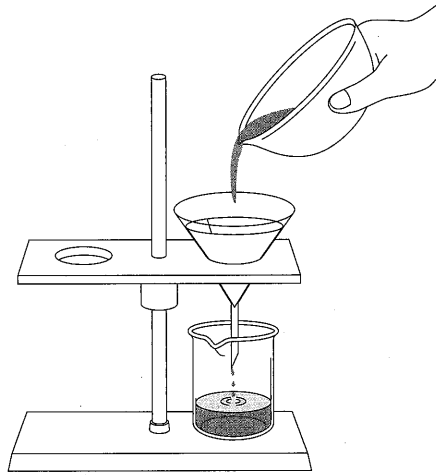


図3 ろ過の様子

- (5) 下線部④のように、クロム酸カリウムを指示薬として用いることができるのは、塩化銀とクロム酸銀の溶解度に大きな差があるためである。これについて以下の問い(a)~(c)に答えよ。ただし、塩化銀とクロム酸銀の溶解度積の値をそれぞれ、 $K_{sp1} = 2.0 \times 10^{-10}(\text{mol/L})^2$ 、 $K_{sp2} = 4.0 \times 10^{-12}(\text{mol/L})^3$ とする。
- (a) 塩化銀とクロム酸銀の溶解平衡を表す反応式を示せ。
- (b) 塩化銀とクロム酸銀の飽和水溶液のモル濃度を、それぞれ、 $x[\text{mol/L}]$ と $y[\text{mol/L}]$ とする。塩化銀とクロム酸銀の溶解度積、 $K_{sp1}$ と $K_{sp2}$ をそれぞれ $x$ 、 $y$ を用いて示せ。
- (c) 塩化銀の水に対する溶解度は、クロム酸銀の溶解度の何倍であるか、有効数字2桁で答えよ。計算過程も示せ。
- (6) 下線部⑤において、終点までに要した硝酸銀水溶液は、6.40 mLであった。みそには塩化ナトリウムとして何%の塩分が含まれるか、有効数字3桁で答えよ。計算過程も示せ。ただし、試料溶液の調製過程における塩化物イオンの減少は無視できるものとし、試料中の塩化物イオンはすべて塩化ナトリウムとしてみそに含まれているものとする。また、滴定に要した硝酸銀と塩化物イオンは過不足なく反応したものとする。
- (7) モール法による塩化物イオンの定量では、試料溶液のpHが6~10の間である必要がある。試料溶液が、この適正pH範囲よりも酸性であったとすると、指示薬として加えられたクロム酸イオンはどのように変化するか、 $\text{H}^+$ を含むイオン反応式を示せ。また、酸性の試料溶液の塩化物イオン濃度をモール法で求めた場合、実際の塩化物イオン濃度よりも高く見積られる。その理由を50字以内で説明せよ。

3 次の文章を読み、設問(1)~(5)に答えよ。

有機化合物の中には、炭素原子と水素原子のみでなく酸素原子を含む物質も存在する。脂肪族炭化水素分子の水素原子がヒドロキシ基と置き換わった化合物を(ア)とよぶ。また、 $\text{C}=\text{O}$ の構造を含む化合物を(イ)化合物とよび、特に $\text{C}=\text{O}$ の炭素原子に水素原子が1個結合した官能基をもつ化合物を(ウ)、ヒドロキシ基が1個結合した官能基をもつ化合物を(エ)とよぶ。ほかに $\text{C}=\text{O}$ を含む結合として、酸や塩基の作用により加水分解されるエステル結合があげられる。

有機化合物 A は分子式  $\text{C}_{11}\text{H}_{14}\text{O}_2$  で表され、エステル結合を含む。①十分な量の水酸化ナトリウム水溶液を用いて化合物 A を加水分解したところ、ベンゼン環をもつ化合物 B および不斉炭素原子をもつ化合物 C が得られた。②7.40 mg の化合物 C を完全燃焼させると、 $\text{CO}_2$  17.6 mg と  $\text{H}_2\text{O}$  9.00 mg を生じた。化合物 C を酸化すると化合物 D が得られた。化合物 D にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を反応させると、特有の臭気をもつ黄色沈殿を生じた。

- (1) 空欄(ア)~(エ)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) 下線部①について、塩基によるエステル結合の加水分解反応を、特に何とよぶか答えよ。
- (3) 下線部②の結果を用いて、化合物 C の分子式を求めよ。計算過程も示せ。
- (4) 化合物 A ~ D の構造式を示せ。
- (5) 化合物 A ~ D について書かれた以下の選択肢(あ)~(え)のうち、正しいものを一つ選び、化学反応式を用いてその反応を記述せよ。
  - (あ) 化合物 A に塩化ベンゼンジアゾニウムを加えると、赤橙色の色素を生成した。
  - (い) アンモニア性硝酸銀水溶液に化合物 B を加えて静かに温めると、器壁に銀が析出して鏡のようになった。
  - (う) 化合物 C に単体のナトリウムを加えたところ、水素を発生した。
  - (え) 化合物 D にオゾンを作用させたのち、亜鉛とともに加水分解すると2分子に開裂した。

4 次の文章を読み、設問(1)~(6)に答えよ。

セルロースは天然高分子化合物の1つで、植物細胞壁の主成分である。セルロースは連続する $\beta$ -グルコースの1位と4位の炭素原子に結合したヒドロキシ基で(ア)して形成されるグリコシド結合によって重合した多糖である。セルロース繊維はそのまま利用されることも多いが、セルロースを適切な溶媒に溶かしたのち繊維として再生させることで、(イ)とよばれる光沢をもつ再生繊維となる。また、セルロースは、ヒドロキシ基の一部を化学処理により変化させた(ウ)繊維としても利用される。一方で、動物や昆虫などによって生産される繊維もある。例えば、毛髪の主成分は(エ)とよばれる繊維状タンパク質である。(エ)には、システインやグルタミン、アルギニン、グリシンなどのアミノ酸が含まれる。合成高分子化合物の中にも、タンパク質に含まれるペプチド結合と同じ結合で重合したものがあり(オ)とよばれる。 $\epsilon$ -カプロラクタムに少量の水を加えて加熱すると、(カ)重合により(キ)とよばれる高分子化合物が得られる。(キ)は(ク)樹脂であり、繊維状にも加工することが可能で、衣料品や釣り糸などの原料としても使用されている。

- (1) 空欄(ア)~(ク)にあてはまる適切な語句を答えよ。
- (2) セルロースを含む水溶液が入った試験管に、セルロースを加水分解する酵素であるセルラーゼを加えたものと、セルラーゼの代わりに水を加えたものをそれぞれ用意した。両者をしばらくセルラーゼが作用する温度で反応させた後、フェーリング液を加えて加熱する実験を行った。以下の問い(a)と(b)に答えよ。
  - (a) セルラーゼを加えた試験管にのみ、加熱後に沈殿が生じた。この沈殿の色と、沈殿物の化学式を示せ。
  - (b) (a)のような結果が起こる理由を、セルラーゼが作用することによってセルロースに生じる変化に着目して、40字以内で説明せよ。
- (3) セルロースに濃硝酸と濃硫酸の混合物を加え反応させると、硝酸エステルであるニトロセルロースが得られる。この際、反応条件によってセルロースを構成するグルコース単位中のヒドロキシ基が硝酸エステル化される割合は異なることが知られている。以下の問い(a)~(c)に答えよ。
  - (a) セルロースを構成するグルコース1単位中には、エステル化可能なヒドロキシ基は何個あるか答えよ。ただし、セルロースの両末端を構成するグルコース単位については考えなくてよい。
  - (b) グルコース1単位あたり平均 $X$ 個のヒドロキシ基が硝酸エステル化されている場合、このニトロセルロースの示性式を $X$ を用いて示せ。セルロースの重合度は $n$ として示せ。
  - (c) あるニトロセルロース試料の元素分析を行った結果、含まれる窒素の質量の割合は12%であった。このニトロセルロースでは、グルコース1単位あたり平均何個のヒドロキシ基が硝酸エステル化されているかを計算過程を示して、有効数字2桁で答えよ。なお、末端の分子構造は考えなくてよい。

- (4) (エ)を含む溶液に濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したのちに、酢酸鉛(II)水溶液を加えると黒色の沈殿を生じた。この沈殿物の化学式を示せ。
- (5) 図4のようにグリシン(等電点 6.0)水溶液を pH 2.0 の緩衝液で湿らせたろ紙の中心(点 A)につけたあと、直流電圧をかけ電気泳動を行った。以下の問い(a)~(c)に答えよ。

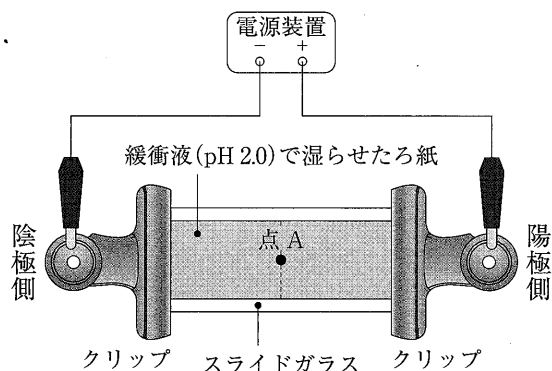


図4 電気泳動装置

- (a) 電気泳動後にグリシンの位置を確認するために、グリシンを発色させたい。どのような方法が考えられるか。方法と結果が分かるように 40 字以内で説明せよ。
- (b) 電気泳動時のグリシンの構造を、イオンの状態が分かるように構造式で示せ。
- (c) 電気泳動後にグリシンの位置は点 A に対して、陰極側、陽極側、または移動しない、のいずれであるか答えよ。
- (6) ヘキサメチレンジアミンとアジピン酸を原料として、(オ)の1つである高分子を得ることができる。このときの反応式を、重合度を  $n$  として示せ。