

# 化 学

1. 監督者の指示があるまで開かないでください。
2. 試験開始後、解答用紙に受験番号・氏名を忘れないで記入してください。
3. 試験開始後、問題冊子に落丁や乱丁がないか確認し、落丁・乱丁があった場合は挙手してください。
4. 解答は解答用紙に記入してください。
5. 解答用紙は科目の試験終了後回収します。
6. 問題冊子は科目の試験終了後、持ち帰って結構です。

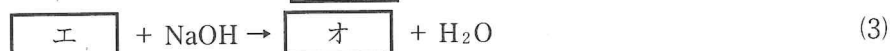
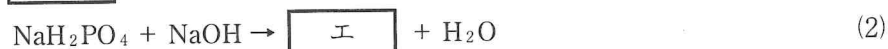
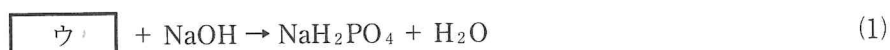
答えは、すべて解答用紙に記入せよ。複数の解答が必要な場合には、解答の順序は問わない。数値を解答する場合の有効数字の桁数は、問題文に示す条件をよく読んで適切な桁数で解答すること。特別に指示がなければ、次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, Al = 27.0, P = 31.0

1. 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

リン<sub>15</sub>Pは、元素の周期表で  族、第  周期に属し、窒素<sub>7</sub>Nの下に配置される。天然には、鉱物であるリン<sup>①</sup>鉱石の成分として存在する。

3価の酸であるリン酸の水溶液に、水酸化ナトリウムの水溶液を加えていくと、三段階の中和反応が、式(1)、式(2)、式(3)の順に起こる。



この中和反応では、pHが急激に変化する場所が、第1中和点(pH 4付近)と第2中和点(pH 9付近)の2か所にあるが、第3中和点ではpHは急激に変化しない。そこで、第2中和点を使って、リン酸水溶液の濃度を求めることが行われる。実験室にリン酸の試薬瓶があり、この試薬瓶中のリン酸水溶液の濃度を決定するために、以下のような中和滴定を行った。

[実験1] 試薬瓶中の液体 1.72 g を正確にはかり取り、コニカルビーカーに入れた後、純水 40.0 mL を加えた。この溶液に、1.00 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を  から少しずつ滴下し、振り混ぜる操作を繰り返した。第2中和点の判定は、 を用いて正確な pH を測定し、滴定曲線を作成することにより行った。

問1 空欄  ～  に適する数字や化学式を答えよ。また、空欄  ,  に最も適する語句を、それぞれ次の(a)～(k)のうちから一つずつ選び、記号で答えよ。

- |             |              |             |
|-------------|--------------|-------------|
| (a) メスフラスコ  | (b) ホールピペット  | (c) ビュレット   |
| (d) メスシリンダー | (e) こまごめピペット | (f) 安全ピペット  |
| (g) pH 試験紙  | (h) pH メーター  | (i) デンプン水溶液 |
| (j) 硝酸銀水溶液  | (k) 石灰水      |             |

問2 下線部①の例として、化学式が  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_x\text{F}_2$  で表される物質がある。x に適する数字を答えよ。

- 問 3 [実験 1]を行ったところ、第 2 中和点までに  $1.00 \text{ mol/L}$  水酸化ナトリウム水溶液を  $30.0 \text{ mL}$  要した。この試薬瓶中のリン酸水溶液の質量パーセント濃度を有効数字 3 桁で答えよ。ただし、水酸化ナトリウムは、式(1)、式(2)、式(3)に示す以外の反応には関与しないものとする。
- 問 4 水酸化ナトリウム水溶液によるリン酸水溶液の中和滴定を、キ を使わずに行う場合、第 1 中和点および第 2 中和点を知るために、適切な指示薬をそれぞれ一つずつ答えよ。
- 問 5 問 3 と同様の条件で実験をするとき、第 3 中和点は、水酸化ナトリウム水溶液を何  $\text{mL}$  滴下したときに相当するか答えよ。
- 問 6 中和滴定に用いられる次の器具(a)~(d)のうち、使用前に内部が水でぬれていてもよいものをすべて選び、記号で答えよ。また、その理由を説明せよ。
- (a) ホールピペット
  - (b) メスフラスコ
  - (c) ビュレット
  - (d) コニカルビーカー
- 問 7 次の記述(a)~(f)のうち、誤りを含むものをすべて選び、記号で答えよ。
- (a) 窒素およびリンの単体は、常温ではいずれも気体である。
  - (b)  ${}_{7}\text{N}$  と  ${}_{15}\text{P}$  の各電子殻にある電子のうち、それぞれの L 殻に収容されている電子の数は同じである。
  - (c) 電気陰性度は、窒素よりもリンの方が大きい。
  - (d)  ${}_{7}\text{N}$  と  ${}_{15}\text{P}$  の最外殻電子の数は同じである。
  - (e) 洗浄した白金線の先に硝酸銅(II)をつけ、バーナーの外炎に入れると、炎の色が青緑色になる。
  - (f) 硝酸とリン酸の比較から、1 価の酸は 3 価の酸よりも、強い酸であることがわかる。
- 問 8 次の記述(a)~(d)のうち、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。
- (a) 炭素の同素体の黒鉛(グラファイト)とダイヤモンドは、熱や電気の伝えやすさなどの性質が異なる。
  - (b) 黄リンは猛毒である。また、赤リンは空気中で自然発火するので水中に保存する。
  - (c) 単斜硫黄を放置すると安定な斜方硫黄になる。
  - (d) 酸素 O の同素体には、酸素  $\text{O}_2$  とオゾン  $\text{O}_3$  がある。下線部②の「酸素」は元素、下線部③の「酸素」は単体を表す。
- 問 9 (i) 硝酸カリウムは、 $40^\circ\text{C}$  のときには水  $100 \text{ g}$  に最大で  $64 \text{ g}$  溶ける。 $40^\circ\text{C}$  の硝酸カリウム飽和水溶液  $100 \text{ g}$  を  $25^\circ\text{C}$  まで冷却すると、 $16 \text{ g}$  の結晶が析出した。これをもとに、硝酸カリウムは、 $25^\circ\text{C}$  のときには水  $100 \text{ g}$  に最大で何  $\text{g}$  溶けるかを計算し、有効数字 2 桁で答えよ。
- (ii) 少量の不純物を含む固体物質を適当な溶媒に溶かし、温度などによる溶解度の変化を利用して、より純粋な物質を得る精製法を何というか答えよ。
- (iii) イオン結晶の物質は、水溶液になると電気を通す。この理由を 45 字以内で説明せよ。

2. 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

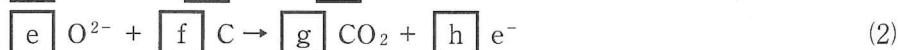
アルミニウムの原料は、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ を主成分とするボーキサイトである。ボーキサイトを精製して得られる純粋な $\text{Al}_2\text{O}_3$ を電気分解すると、アルミニウムの単体が得られる。一方、アルミニウムの単体を常温で空気中に放置すると、表面に $\text{Al}_2\text{O}_3$ の被膜を生じる。アルミニウムは **ア** が小さく、価電子を放出しやすい。そのため、アルミニウムの単体では、価電子は各原子から離れて単体全体を移動する。このような電子を **イ** 電子といい、**イ** 電子による原子間の結合を **ウ** 結合という。**ウ** 結合によって生じた結晶を **ウ** 結晶といい、**ウ** の単体は、常温では **エ** を除いてすべて固体である。アルミニウムは電気や熱を通しやすく、薄く広げたり線状に引き延ばしたりできる。また、アルミニウムに銅やマグネシウムなどを混ぜたものをジュラルミンといい、航空機の機体などに用いられる。

問 1 空欄 **ア** ～ **エ** に適する語句を答えよ。

問 2 元素の周期表でアルミニウムと同じ族に属し、かつ、原子番号がアルミニウムよりも小さい元素の元素名を答えよ。

問 3 下線部①について、以下の問いに答えよ。

(i)  $\text{Al}_2\text{O}_3$ の電気分解では、式(1)および式(2)に示す反応のみが起こるものとする。空欄 **a** ～ **h** に適する数字を答えよ。ただし、数字が1の場合は1と答えよ。



(ii) (i)を踏まえて、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ の電気分解の全体の反応の化学反応式を答えよ。

(iii) (ii)の化学反応式に従い $\text{Al}_2\text{O}_3$ が反応したとき、 $0^\circ\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で672 mLの二酸化炭素が生じたとする。このとき反応した $\text{Al}_2\text{O}_3$ は何gか答えよ。

(iv) 使い終わったアルミニウム製品を再生利用することの利点を述べよ。

(v) アルミニウムと同様に電気分解で精錬され、硬貨の主成分などに用いられる元素の元素記号を答えよ。

(vi) アルミニウムと同様に、製造の際に二酸化炭素が生じる、ステンレス鋼の主成分などに用いられる元素の元素記号を答えよ。

問 4 下線部②の変化を化学反応式で表せ。

問 5 下線部③について、(a)電気や、(b)熱を伝える性質をそれぞれ何というか答えよ。

問 6 下線部④について、(a)薄く広げたり、(b)線状に引き延ばしたりできる性質をそれぞれ何というか答えよ。

問 7 下線部⑤について、以下の問いに答えよ。

(i) ジュラルミンのように、複数の  , または  と非  を混ぜ合わせて融かし、固めたものを何というか答えよ。

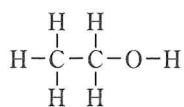
(ii) ジュラルミンの特徴を答えよ。

3. 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

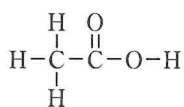
酸化数の決め方の規則によると、化合物中の水素原子の酸化数は ア である。そのため、分子式  $C_2H_6$  で表されるエタンの炭素原子 1 個あたりの酸化数は イ である。

図 1 に、エタノール、酢酸、エチレングリコールの構造式を示す。エタンと同様に、エタノールの 2 個の炭素原子のうち、3 個の水素原子と結合した炭素原子の酸化数は イ である。よって、エタノールの炭素原子のうち、酸素原子と結合した炭素原子の酸化数は ウ である。さらに、酢酸の 2 個の炭素原子のうち、3 個の水素原子と結合した炭素原子の酸化数も イ である。よって、酢酸の炭素原子のうち、2 個の酸素原子と結合した炭素原子の酸化数は エ である。このように、エタノールおよび酢酸における、酸素原子と結合した炭素原子の酸化数の違いに着目することで、エタノールから酢酸が生じる変化は オ、逆に、酢酸からエタノールが生じる変化は カ と捉えることができる。

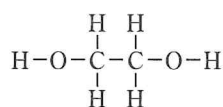
図 1 に示すエチレングリコールを オ したところ、分子式  $H_2C_2O_4$  で表されるシュウ酸<sup>②</sup>が生じた。シュウ酸は キ 価の弱酸である。また、シュウ酸二水和物 ( $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ ) は空气中で安定であり、正確な濃度のシュウ酸水溶液を調製することができる。そのため、シュウ酸水溶液は、中和滴定などの際の ク 溶液に用いられる。また、シュウ酸が カ 剤として<sup>④</sup>はたらくと、二酸化炭素が生じる。



エタノール



酢酸



エチレングリコール

図 1 エタノール、酢酸、エチレングリコールの構造式

問 1 空欄 ア ～ ク に適する数字や語句を、必要であれば正負の符号とともに答えよ。

問 2 下線部①について、エタンの構造式を記せ。

問 3 下線部②について、シュウ酸の構造式を記せ。

問 4 下線部③について、シュウ酸と水酸化ナトリウムが反応して生じる正塩の化学式を答えよ。

問 5 下線部④について，以下の問いに答えよ。

- (i) シュウ酸から二酸化炭素が生じる反応を，電子  $e^-$  を用いたイオン反応式で表せ。
- (ii) 化学式  $Cr_2O_7^{2-}$  で表されるイオンから  $Cr^{3+}$  と水が生じる反応を，電子  $e^-$  を用いたイオン反応式で表せ。
- (iii) シュウ酸二水和物 4.536 g を水に溶かして  $5.00 \times 10^2$  mL の溶液にした。この水溶液のモル濃度は何 mol/L か答えよ。
- (iv) (iii) の水溶液 50.0 mL に硫酸酸性の  $K_2Cr_2O_7$  水溶液を滴下したところ，24.0 mL 加えたところで終点に達した。この  $K_2Cr_2O_7$  水溶液のモル濃度は何 mol/L か答えよ。