

酸化・還元反応

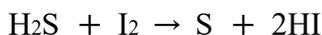
1. 硫酸酸性条件下で、ビュレットを用いて 0.50mol/L の KMnO_4 水溶液を、シュウ酸 1.8g を含む水溶液に滴下した。その結果【A】が標準状態に換算して【B】L 発生したところで、 MnO_4^- イオンの色が消えなくなった。このとき、滴下した KMnO_4 水溶液の体積は【C】mL であった。次の問いに答えよ。ただし、この滴定実験でシュウ酸は完全に酸化されたものとする。

- (i) このとき MnO_4^- イオンが示す反応を、電子(e^-)を含むイオン反応式で表せ。
- (ii) 【A】にあてはまる化合物を記せ。
- (iii) 【B】にあてはまる数値を有効数字 2 桁で求めよ。
- (iv) 【C】にあてはまる数値を有効数字 2 桁で求めよ。

(2012 筑波大学)

2. 酸化還元反応に関する以下の問いに答えよ。

問1 硫化水素 H_2S とヨウ素 I_2 の気体を反応させると次の反応が起こる。



どれが酸化剤であるか答えよ。

問2 カルシウム Ca とマグネシウム Mg を比べると、イオン化傾向が大きいのはカルシウム Ca である。一般にどちらの金属の還元力が強いかわか答えよ。

問3 還元剤としても酸化剤としても働く物質の例として過酸化水素 H_2O_2 があげられる。式(3)と式(4)それぞれにおいて、酸素と水素の酸化数が式の右辺と左辺でどのようになるかを例のように示せ。例 $\text{スズ} \quad +4 \rightarrow +2$

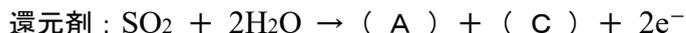


問4 金属の銅 Cu に濃硝酸を加えると、酸化還元反応が起こり、銅 Cu は溶けて二酸化窒素が発生する。その時の化学反応式は次のようになる。(a)~(e)に入る数字を求めよ。ただし、すべて整数であるとし、係数が 1 の場合は 1 と記せ。



(2013 県立広島大)

3. 二酸化硫黄は、反応する相手によって酸化剤、還元剤のどちらとしても働く。硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液に対しては還元剤として働き、(A)を生成する。一方、硫化水素に対しては、酸化剤として働き、(B)を生成する。以下に示すのは、酸化剤または還元剤として働く二酸化硫黄の、電子を含むイオン反応式である。



二酸化硫黄は、刺激臭のある無色の気体で、①亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加えると発生する。発生した二酸化硫黄の量は、濃度がわかった過マンガン酸カリウム水溶液に二酸化硫黄の気体を少しずつ通すことで測ることができる。そこで、実際に実験してみると、次のような結果が得られた。

《実験》

標準状態で、②発生した二酸化硫黄を硫酸酸性溶液中の 0.040 mol/L 過マンガン酸カリウム水溶液 100 mL に少しずつ通した。二酸化硫黄がすべて反応したことを確認した後、残った過マンガン酸カリウムの物質量を調べると 2.0×10^{-3} mol であった。

問1 空欄(A)から(D)にあてはまる適切な数字と化学式を記入しなさい。

問2 二酸化硫黄および生成物(A)と(B)の硫黄原子の酸化数を答えなさい。

問3 下線部①の化学反応式を答えなさい。

問4 硫酸酸性溶液中で過マンガン酸カリウムは酸化剤として働き、以下の電子を含むイオン反応式で表される。



二酸化硫黄と過マンガン酸カリウムの酸化還元反応をイオン反応式で表しなさい。

問5 下線部②で発生した二酸化硫黄の体積は何 L か計算しなさい。解答欄に計算式も書くこと。

(2013 和歌山大)

4. 消毒剤として使用されるオキシドール中の過酸化水素の質量パーセント濃度(%)を調べるため、次に示すような酸化還元滴定を行った。下の(1)~(5)に答えよ。

10倍に希釈されたオキシドール 10mL を [1] で正確にはかり取り、^ア硫酸を十分に加えて酸性にした後、0.040mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液を [2] から滴下した。^イ終点までに必要とした過マンガン酸カリウム水溶液の滴下量は、8.3mL であった。この酸化還元反応では、[3] が酸化剤として、[4] が還元剤としてはたらいている。

(1) [1], [2] に当てはまる器具として最も適切なものを、次の①~⑤のうちからそれぞれ1つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。

- ① メスシリンダー ② ホールピペット ③ ビュレット
④ メスフラスコ ⑤ メスピペット

(2) [3], [4] に当てはまる物質として最も適切なものを、次の①~③のうちからそれぞれ1つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。

- ① 過酸化水素 ② 過マンガン酸カリウム ③ 硫酸

(3) 下線部アについて、硫酸の代わりに塩酸または硝酸を用いて滴定することができるか、できないか。その組合せとして最も適切なものを、次の①~⑨の中から1つ選べ。

| | 塩 酸 | 硝 酸 |
|---|--------------------|--------------------|
| ① | できる | できる |
| ② | できる | 硝酸が酸化剤として働くので、できない |
| ③ | できる | 硝酸が還元剤として働くので、できない |
| ④ | 塩酸が酸化剤として働くので、できない | できる |
| ⑤ | 塩酸が酸化剤として働くので、できない | 硝酸が酸化剤として働くので、できない |
| ⑥ | 塩酸が酸化剤として働くので、できない | 硝酸が還元剤として働くので、できない |
| ⑦ | 塩酸が還元剤として働くので、できない | できる |
| ⑧ | 塩酸が還元剤として働くので、できない | 硝酸が酸化剤として働くので、できない |
| ⑨ | 塩酸が還元剤として働くので、できない | 硝酸が還元剤として働くので、できない |

(4) 下線部イについて、この滴定の終点はそのように判定するとよいか。最も適切なものを、次の①~⑤のうちから1つずつ選べ。

- ① 指示薬としてフェノールフタレインを用い、わずかに赤紫色に変色したところを終点とする。
② 酸素の発生が無くなったところを終点とする。
③ 二酸化マンガンの黒色が消えたところを終点とする。
④ 過マンガン酸イオンの赤紫色がわずかに残ったところを終点とする。
⑤ 硫酸マンガンによる白濁がわずかに残ったところを終点とする。

(5) 希釈前のオキシドール中に含まれる過酸化水素の質量パーセント(%)を小数第2位を四捨五入して求めよ。ただし、希釈前のオキシドールの密度は 1.0g/cm³ とする。

5. 以下の文章を読み、次の問いに答えよ。

貧血の治療薬として用いられる鉄剤中に含まれる鉄は、水溶液中で鉄(II)イオンとして存在し、この溶液を過マンガン酸カリウム水溶液で滴定することにより定量できる。いま、鉄剤 0.508g を完全に溶解した試料溶液に、酸性条件下で $1.50 \times 10^{-2} \text{mol/L}$ の過マンガン酸カリウム水溶液を滴下したところ、20.67mL 加えたところで過不足なく反応した。なお、鉄剤に含まれる鉄以外の物質は、過マンガン酸カリウムとは反応しないものとする。

問1 この滴定中に起こる反応を、2つのイオン反応式で示せ。

問2 下線部について、酸化還元滴定の際には希硝酸でなく希硫酸を用いる。この理由を説明せよ。

問3 滴下した過マンガン酸カリウムの物質量を求めよ。

問4 鉄剤 0.508g 中に含まれる鉄の含有率を、質量パーセントで求めよ。

(2018 福島大)

6. 相手の物質を酸化する物質を酸化剤といい、相手の物質を還元する物質を還元剤という。酸化剤や還元剤は身近な用途も広く、漂白剤の主成分に使われている^(a)次亜塩素酸ナトリウムは、酸化剤としてはたらく。パーマメントウェーブでは、毛髪のケラチンのジスルフィド結合を切る還元剤としてチオグリコール酸アンモニウムなどが使われ、ジスルフィド結合を再生する酸化剤として^(b)臭素酸ナトリウムや過酸化水素などが使われる。

^(c)濃度のわかっている酸化剤または還元剤の水溶液(標準液)を用いて、還元剤または酸化剤の水溶液の濃度を実験により求めることができる。^(d)過マンガン酸カリウムの酸性水溶液は、強い酸化作用を示し、反応の際の色の変化が明瞭なので、この実験によく使われる。^(e)過マンガン酸カリウムは、中性や塩基性水溶液中でも酸化剤としてはたらくが、酸化マンガン(IV)の黒色沈殿が生じる。

問1 下線部(a)について、次亜塩素酸イオンが酸化剤としてはたらく反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で示せ。

問2 次亜塩素酸は、4種類のオキソ酸の一つである。4種類の塩素のオキソ酸のうち、酸の強さが最も強い塩素のオキソ酸を、化学式で答えよ。また、そのオキソ酸の塩素の酸化数を答えよ。

問3 下線部(b)の臭素酸ナトリウムを、化学式で書け。また、臭素の酸化数を答えよ。

問4 下線部(c)の実験を何とよぶか答えよ。

問5 下線部(d)について、過マンガン酸カリウムの水溶液を酸性にする場合、一般に硫酸が用いられ、塩酸は用いられない。塩酸が用いられない理由を、25字以内で説明せよ。

問6 下線部(e)について、過マンガン酸イオンが酸化剤としてはたらく反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で示せ。

(2018 金沢大)

7. 以下の各問いに答えよ。

問1 酸化還元反応を電子の授受の立場からみてみよう。ある物質が[1]と化合したり、ある物質から[2]がうばわれたりしたとき、その物質は酸化されたという。しかしながら、[1]と[2]の授受が関わらない酸化還元反応も決してめずらしくはない。例えば、熱した銅 Cu は塩素 Cl_2 中で激しく反応して $CuCl_2$ を生じる。この反応で Cu 原子は[3]を失い、Cl 原子は[3]を受け取っている。

このように[1]や[2]が直接関係しない反応に対しても[3]の授受によって酸化・還元を統一的に説明することができる。

上の文章中の[1]～[3]の中に入る最も適切な語句をそれぞれ答えよ。

問2 次の(ア)～(オ)の中から酸化還元反応であるものを全て記号で選び、対応する化学反応式をかけ。

- (ア) 金属ナトリウムは水と激しく反応する。
- (イ) 炭酸カルシウムを高温に熱すると酸化カルシウムに変化する。
- (ウ) 炭酸カルシウムに塩酸を加えると激しく反応し、気体を発生する。
- (エ) 硝酸銀水溶液に食塩水を加えると白色沈殿を生じる。
- (オ) 金属アルミニウムは水酸化ナトリウム水溶液に溶ける。

問3 シュウ酸マグネシウム MgC_2O_4 に関して次の実験を行った。

操作1 2.0g の MgC_2O_4 を水 100mL に加えて充分攪拌したあと静置し、解けなかった MgC_2O_4 が全て沈殿するまで待った。

操作2 操作1の透明な上澄み水溶液 10mL を正確にはかりとり、これをコニカルビーカーに移し、(a)1.0mol/L 硫酸 20mL を加えた後 60°C程度に加熱した。

操作3 操作2の水溶液に対して M mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定し、 Y mL を滴下したところで(b)反応の完結を確認した。

(1) この反応における還元剤はなにか。下の(ア)~(カ)の中から選んで記号で答えよ。

(ア) $C_2O_4^{2-}$ (イ) Mg^{2+} (ウ) MnO_4^- (エ) K^+ (オ) SO_4^{2-} (カ) H^+

(2) 下線部(a)の操作に関し、1.0mol/L 硫酸 20mL ではなく 40mL を加えて実験を行った時、滴定量は何 mL になるか。次の(ア)~(オ)の中から選んで記号で答えよ。

(ア) $2Y$ (イ) $\frac{1}{2}Y$ (ウ) Y (エ) $\frac{3}{5}Y$ (オ) $\frac{5}{3}Y$

(3) 下線部(a)の操作に関し、硫酸ではなく 1.0mol/L 塩酸 20mL を加えて実験を行った。その時、滴定量は M よりも多くなるか、少なくなるか。もしくは変わらないか。その理由も含めて 30 字以内で答えよ。

(4) 下線部(b)の操作に関し、どのようにして反応の完結を知ることができるか。30 字以内で答えよ。

(2018 琉球大)

8. 医療用のオキシドールに含まれる過酸化水素水の濃度を次の操作で求めた。

[操作 1] まず、過マンガン酸カリウム水溶液の正確な濃度を次の操作で求めた。純粋なシュウ酸二水和物の結晶 ($H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$) 6.30g を純水に溶解し、メスフラスコを用いて 1L の水溶液を調製した。このシュウ酸水溶液 10.0mL を正確にホールピペットでコニカルビーカーにとり、純水を約 20mL 加え、①さらに希硫酸を加えて酸性とした。この混合溶液を約 70°C に加温した後、過マンガン酸カリウム水溶液を、ビュレットを用いて少しずつ滴下し、その都度よく振り混ぜた。10.00mL 加えたところで、②滴定は終点に達した。

[操作 2] 続いて[操作 1]で濃度が決定された過マンガン酸カリウム水溶液を用いて、オキシドールに含まれる過酸化水素水の濃度を求めるために、次の操作を行った。

100mL のメスフラスコにオキシドール 10.0mL を正確にホールピペットでとり、純水を加えて 100mL とした。この溶液 10.0mL を正確にホールピペットでとり、コニカルビーカーに入れて、希硫酸を適量加えた。この溶液に過マンガン酸カリウム水溶液を、ビュレットを用いて少しずつ滴下し、その都度よく振り混ぜた。20.0mL 加えたところで、滴定は終点に達した。

(1) [操作 1]における滴定の化学反応式を書け。

(2) シュウ酸二水和物は、なぜ標準物質として用いることができるか説明せよ。

(3) 下線部①において硫酸のかわりに塩酸を用いることはできない。この理由について化学反応式を用いて答えよ。

(4) 下線部②における滴定の終点は、どのような変化で判断できるか。簡潔に説明せよ。

- (5) 過マンガン酸カリウム水溶液のモル濃度を、計算過程を示して求めよ。
- (6) [操作 2]における滴定の化学反応式を書け。
- (7) オキシドールに含まれる過酸化水素水のモル濃度を有効数字 3 桁で、計算過程を示して求めよ。

(2014 信州大)

9. 河川や湖沼、海などの水質汚染の程度を表す指標の一つに COD (化学的酸素要求量) がある。家庭排水などに含まれる有機化合物は、河川の汚濁源の一つであり、この有機化合物を酸化剤で酸化分解したときに使われる酸化剤の消費量を、酸素を酸化剤として用いた場合の酸素の量[mg/L]に換算した値が COD である。COD を測定するために、過マンガン酸カリウムを用いて測定を行った。

操作 1 正確に濃度を求めた $5.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ シュウ酸 ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) 標準溶液 10mL をホールピペットを用いて正確に量り取り、水 10mL と、 3.00 mol/L 硫酸を 5mL 加えて 60°C に加熱し、ビュレットから濃度がおよそ $2 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の過マンガン酸カリウム溶液を滴下して、滴定を行った。そのときの過マンガン酸カリウム滴定の平均値は 10.96mL であった。

操作 2 試料水 50mL をホールピペットを用いて正確に量り取り、 3.00 mol/L 硫酸を 5mL 加えて、さらにビュレットから操作 1 で濃度を決定した過マンガン酸カリウム溶液を 10mL 加えて、 60°C に加熱し、十分に反応させた。

操作 3 正確に濃度を求めた $5.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ シュウ酸標準溶液 10mL を加えた。操作 1 で濃度を決定した過マンガン酸カリウムで滴定したところ、滴定の平均値は 4.22mL であった。

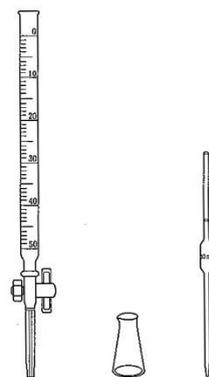
操作 4 試料水の代わりに蒸留水 50mL を用い、操作 2、3 を行ったところ、滴定の平均値は、1.69mL であった。

問 1 操作 1 において、過マンガン酸カリウムとシュウ酸の酸化還元反応の化学反応式を書きなさい。

問 2 滴定においては、右図に示した器具を使用する。このうち、水で濡れていても良いものはどれか。器具の名称を書きなさい。

問 3 操作 1 において、過マンガン酸カリウムの濃度がいくらになるか求めなさい。

問 4 操作 1 ~ 4 の結果に基づいてこの試料水の COD[mg/L] を求めなさい。



(2013 香川大)

10. 多くの典型元素や遷移元素は複数の酸化数を示す。たとえば、鉄には+2, +3などの酸化数の化合物が知られている。また、クロムには+6という高い酸化数の化合物① K_2CrO_4 や $K_2Cr_2O_7$ などが知られている。②酸性溶液中で二クロム酸イオン $Cr_2O_7^{2-}$ が Fe^{2+} と反応すると、クロムは電子を受け取って Cr^{3+} になり、鉄は電子を失って Fe^{3+} になる。

問1 下線部①の K_2CrO_4 と $K_2Cr_2O_7$ は水溶液中で平衡の関係にあり、水溶液の pH によって両者の割合が変わる。この平衡の化学反応式を記せ。

問2 下線部②の反応例として、硫酸で酸性にした濃度 $6.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の $FeSO_4$ 水溶液 50.0 mL に、硫酸で酸性にした濃度 $3.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の $K_2Cr_2O_7$ 水溶液を 50.0 mL 加えた場合を考える。この反応が終了したとき、水溶液中に存在する Cr^{3+} および Fe^{3+} の濃度を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、 K_2CrO_4 の生成は無視してよい。

(2015 大阪大改)

11. マンガンは多様な酸化数をとることができる。マンガンは鉄よりもイオン化傾向が大きく、(a)その単体は酸の水溶液に溶けてマンガン(II)イオンとなる。マンガンの代表的な酸化物として、(b)酸化マンガン(IV)が知られている。(c)酸化マンガン(IV)は、マンガン乾電池やリチウム電池などの実用電池の電極の活物質として用いられる(表)。過マンガン酸カリウムは黒紫色の結晶であり、水に溶けて過マンガン酸イオンを生じる。このイオンは、酸性水溶液中で強い酸化剤として働く。この性質を利用し、濃度未知の物質の濃度を決定することができる。例えば、(d)硫酸鉄(II)の水溶液は、空气中で徐々に鉄(II)が酸化されて鉄(III)を生じ、黄色に着色するが、この溶液を濃度既知の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定することにより、残存する鉄(II)イオンの濃度を知ることができる。

表 酸化マンガン(IV)を電極活物質として用いる実用電池の例

| 名称 | [X]極活物質 | 電解質 | [Y]極活物質 | 起電力 |
|-------------|------------|----------|-----------|------|
| マンガン乾電池 | 酸化マンガン(IV) | 塩化亜鉛(II) | 亜鉛 | 1.5V |
| アルカリマンガン乾電池 | 酸化マンガン(IV) | 水酸化カリウム | 亜鉛 | 1.5V |
| リチウム電池 | 酸化マンガン(IV) | 過塩素酸リチウム | リチウム | 3.0V |

問1 下線部(a)に関して。次の(1)および(2)に答えなさい。

- (1) この反応をイオン反応式で表しなさい。
- (2) マンガン(II)イオンに硫化水素を通じたところ、淡桃色の沈殿が生じた。この沈殿の化学式を記しなさい。

問2 下線部(b)の物質について、次の(1)および(2)の操作を行ったときに起こる反応を化学反応式で表しなさい。

- (1) 濃塩酸に加えて加熱する。
- (2) 過酸化水素水と混合する。

問3 下線部(c)に関して、次の(1)~(3)に答えなさい。

- (1) 表中の[X]および[Y]に当てはまる語句を答えなさい。
- (2) マンガン乾電池やアルカリマンガン乾電池に比べて、リチウム電池が高い起電力を示す理由を25字以内で説明しなさい。
- (3) リチウム電池の[Y]極で起こる反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で表しなさい。

問4 下線部(d)に関して、濃度 0.200mol/L の硫酸鉄(II)の硫酸酸性水溶液をしばらく空气中で放置した後、空気酸化で生じた鉄(III)イオンの割合を求める実験を行った。この溶液 10.0mL をとり、 0.0200mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定した。その結果、当量点までに要した過マンガン酸カリウム水溶液の体積は 12.6mL となった。次の(1)~(3)に答えなさい。

- (1) 硫酸酸性水溶液中で過マンガン酸イオンが酸化剤として働くとき、反応前後のマンガンの酸化数を答えなさい。
- (2) 1mol の過マンガン酸カリウムは何 mol の鉄(II)イオンを酸化できるか答えなさい。
- (3) 初めに溶かした鉄(II)イオンの物質質量に対して、空気酸化で生じた鉄(III)イオンの物質質量の割合は、百分率で何%になるか。有効数字2桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。

(2017 金沢大)

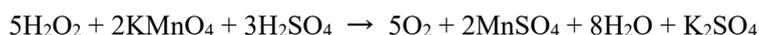
12. 過酸化水素に関する文章を読み、各問いに答えよ。

①過酸化水素 H_2O_2 は酸化剤として働くことが多いが、還元剤として働くこともある。過酸化水素のもつこのような性質のため、過酸化水素の水溶液は殺菌消毒剤などとして使われている。また②過酸化水素は不安定で分解しやすく、分解すると酸素が発生する。分解はさまざまな物質によって促進され、その過程では③分子内の $\text{O}-\text{O}$ 結合が切断されることもある。

問1 過酸化水素の電子式を記せ。

問2 下線①に関して、以下の2つの反応について、それぞれ酸化剤の化学式を記せ。また、還元される原子の反応前後の酸化数を記せ。

(1) 過酸化水素と過マンガン酸カリウムの硫酸酸性溶液中での反応



(2) 過酸化水素とビタミンC(アスコルビン酸, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$)の反応



問3 下線②の反応について、化学反応式を記せ。

問4 下線②の反応について、過酸化水素 1mol が分解するときの反応熱を求めよ。計算の過程を示し、答えは整数で求めよ。ただし、反応物および生成物は全て気体とする。過酸化水素(気体)の生成熱を 136kJ/mol とし、 H_2 (気)、 O_2 (気)、 $\text{O}-\text{H}$ の結合エネルギーを、それぞれ 436kJ/mol 、 498kJ/mol 、 463kJ/mol とする。 H_2O_2 と H_2O で $\text{O}-\text{H}$ の結合エネルギーは変わらないものとする。

問5 下線③に関して、過酸化水素の $\text{O}-\text{O}$ 結合の結合エネルギーを求めよ。計算の過程を示し、答えは整数で求めよ。なお、計算に必要なエネルギーは問4で与えられた値を用いること。

(2019 弘前大)

13. 次の文章を読み、以下の問い(問1～5)に答えなさい。

クロムは銀白色の光沢をもつ金属であり、主に酸化数が+3と+[ア]の化合物をつくる。クロムは空気中で表面に緻密な酸化被膜を作り、[イ]と呼ばれる状態になるため、酸化されにくい。鉄にクロムやニッケルを加えた合金は[ウ]と呼ばれており、汎用的な金属素材として広く利用されている。

アルミニウム粉末と酸化鉄(Ⅲ)を混合し点火することで、鉄の単体を生成する方法がある。この方法で用いられる反応は酸化還元反応であり、[エ]反応と呼ばれている。この方法と同様に、①アルミニウム末を利用して酸化クロム(Ⅲ)を還元するとクロムの単体が得られる。

クロム酸カリウム水溶液は[オ]色の溶液であるが、②クロム酸イオンを含む水溶液を硫酸で酸性にすると、二クロム酸イオンが生成し、水溶液は[カ]色に変色する。いま、0.10mol/Lのクロム酸カリウム水溶液 10.0mLに濃硫酸を加えて水溶液を酸性にし、その後、③0.10mol/Lのシュウ酸水溶液 20.0mLを加えたところ、二酸化炭素が生成した。

問1 [ア]～[カ]にあてはまる数字あるいは適切な語句を、それぞれかきなさい。

問2 下線部①の化学反応式をかきなさい。

問3 下線部②の化学反応をイオン反応式でかきなさい。

問4 下線部③の化学反応を、酸化剤および還元剤の反応にわけて、それぞれ電子 e^- を含むイオン反応式でかきなさい。

問5 下線部③の化学反応で生成する二酸化炭素は何gか。有効数字2けたで答えなさい。計算過程も示しなさい。ただし、加えた濃硫酸は十分量であり、下線部②の反応は完全に進行するものとする。

(2019 千葉大)

14. 塩素の実験的製法と、性質に関する以下の問
1～問7に答えよ。

問1 実験室では、塩素は酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加え、加熱して得られる。この反応の反応式を書け。

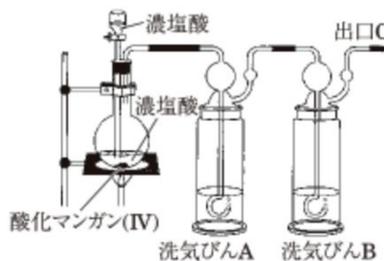


図1

問2 図1は、問1の反応に従って、塩素を発生させるときの実験装置の概略を示している。丸底フラスコ内で発生した塩素のみを捕集するには、発生した気体を洗気びんに通じて不純物を除く必要がある。洗気びんA、および洗気びんBに入れる純物質の液体の名称をそれぞれ書け。

問3 ゴム管の出口Cから出た塩素を捕集したい。Cから適当な形の管をつなぎ、気体を捕集するための装置の概略図をかけ。

問4 捕集した塩素の入った容器に、赤いバラの花を入れると、花びらが脱色された。これは花びらに含まれる水分と塩素とが反応し強い酸化力を持った物質が発生したためである。この物質の名称を書け。また、この物質が酸化剤として働くときの反応を、 e^- を含むイオン反応式で書け。

問5 塩素は、工業的には塩化ナトリウム水溶液を電気分解して得られる。このとき、陽極、陰極で生じる反応を、それぞれ e^- を含むイオン反応式で書け。

問6 問5の工業的製法において、71kgの塩素を発生させるためには、1000Aの電流を何秒間流す必要があるか。計算過程を示し、有効数字2ケタで答えよ。

問7 塩素と水素とを直接反応させると、塩化水素が得られる。塩化水素の水溶液が塩酸である。塩化水素が揮発するため、市販の濃塩酸のびんを開封すると白煙が生じる。このびんから濃塩酸をホールピペットで1.00mLはかりとり、すばやく重さをはかると1.18gであった。次に、この濃塩酸を蒸留水で100倍に希釈した。希釈した塩酸10.0mLを正確にコニカルビーカーにはかり取り、0.100mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定したところ、11.4mLが必要であった。このことから、元の市販の濃塩酸に含まれる塩化水素の濃度は、少なくとも何%以上と考えられるか。計算過程を示し、有効数字2ケタで答えよ。

15. 次亜塩素酸ナトリウム NaClO を主成分とする塩素系液体漂白剤の溶液 A がある。A に含まれる次亜塩素酸ナトリウムの濃度を求めるため、チオ硫酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ を用いた次の実験を行った。あとの各問いに答えよ。

まず、A を軽く振り混ぜビーカーに分散した。この分取した A を、[ア] を用いて正確に 10.0mL 計り取り、[イ] に入れ、蒸留水を加えて正確に 100mL とした。このうすめた液 10.0mL を 200mL コニカルビーカーにとり、蒸留水約 90mL を加えた。① この溶液にヨウ化カリウム約 2g および 6mol/L 酢酸約 6mL を加えて直ちに密栓し、静かに振り混ぜ、暗所に 5 分間静置した。この静置した溶液は、[ウ] 色となった。

②この静置した溶液に対して、0.100mol/L チオ硫酸ナトリウム水溶液を用いて滴定を開始した。滴定中における、この溶液の [ウ] 色が薄くなってからデンプン溶液を指示薬として加えた。その後、滴定中における、この溶液の [エ] 色が消えたところを滴定終点とした。滴定終点で滴下量は 10.0mL であった。

問 1 A と、塩酸を主成分とする酸性の洗浄剤を混ぜると、有毒な物質が発生するので、取扱いには注意が必要である。次亜塩素酸ナトリウム水溶液と塩酸を混合したときの、溶液中での反応を化学反応式で記せ。

問 2 [ア] ~ [エ] に当てはまる語句を答えよ。

問 3 下線部①について(1), (2)に答えよ。

(1) この操作での溶液中における反応をイオン反応式で記せ。

(2) ヨウ化カリウムの量は正確に計り取る必要がない。この理由を述べよ。

問 4 下線部②について、滴定中の反応をイオン反応式で記せ。

問 5 A に含まれる次亜塩素酸ナトリウムのモル濃度を計算過程とともに答えよ。

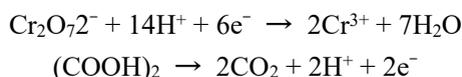
(2019 高知大)

16. 実験に関する(1)~(5)に答えなさい。

実験Ⅰ：シュウ酸二水和物 $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ の結晶[ア]gを水に溶かし、0.150mol/Lのシュウ酸水溶液200mLをつくった(A液)。

実験Ⅱ：A液20.0mLを硫酸酸性とし、濃度のわからないニクロム酸カリウム $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 水溶液(B液)を加えて酸化還元反応を行ったところ、シュウ酸がすべて反応するまでに10.0mLを要した。

この反応における $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ と $(\text{COOH})_2$ の働きは、下に示す電子を含むイオン反応式で表される。



(1) ニクロム酸イオン $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ の水溶液およびクロム(Ⅲ)イオン Cr^{3+} の水溶液の色の組合せとして正しいものをa~fから選びなさい。

| | ニクロム酸イオンの水溶液の色 | クロム(Ⅲ)イオンの水溶液の色 |
|---|----------------|-----------------|
| a | 黄 | 暗緑 |
| b | 黄 | 橙赤 |
| c | 橙赤 | 黄 |
| d | 橙赤 | 暗緑 |
| e | 暗緑 | 橙赤 |
| f | 暗緑 | 黄 |

(2) [ア]はいくらか。最も

近い数値をa~fから選びなさい。

a 1.68 b 2.70 c 3.78 d 6.75 e 9.45 f 10.8

(3) A液の質量パーセント濃度[%]はいくらか。最も近い数値をa~fから選びなさい。ただし、A液の密度は 1.00g/cm^3 とする。

a 1.35 b 1.89 c 2.38 d 3.33 e 5.95 f 8.33

(4) B液のモル濃度[mol/L]はいくらか。最も近い数値をa~fから選びなさい。

a 0.100 b 0.250 c 0.300 d 0.500 e 0.750 f 0.900

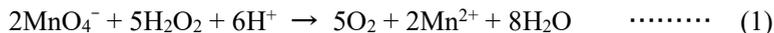
(5) 実験Ⅱの酸化還元反応で発生した二酸化炭素 CO_2 の物質質量[mol]はいくらか。最も近い数値をa~fから選びなさい。

a 1.50×10^{-3} b 2.00×10^{-3} c 3.00×10^{-3} d 4.50×10^{-3} e 6.00×10^{-3} f 7.50×10^{-3}

(2019 東京薬科大)

17. 次の文を読み、問(ア)～(オ)に答えよ。

多くのブリーチ剤(髪の毛の脱色剤)には、過酸化水素 H_2O_2 が含まれる。ブリーチ剤中の H_2O_2 の量は、次のような硫酸酸性条件下での過マンガン酸イオン MnO_4^- との反応を使って調べられる。



H_2O_2 濃度が不明のブリーチ剤(試料 A)がある。13.0g の試料 A について、(1)式の反応を完了させるまで、0.200mol/L の過マンガン酸カリウム(KMnO_4)水溶液 23.0mL を必要とした。試料 A 中には、 H_2O_2 以外に MnO_4^- と反応する化合物はなかった。

(ア) (1)式の反応における酸化剤と還元剤を、それぞれ化学式で示せ。

(イ) (1)式の反応を完了させるのに使われた MnO_4^- は何 mol か。有効数字 3 桁で答えよ。計算過程も記せ。

(ウ) 13.0g の試料 A 中に含まれていた H_2O_2 は何 mol か。有効数字 3 桁で答えよ。計算過程も記せ。必要なら問(イ)の答を用いてよい。

(エ) 13.0g の試料 A 中に含まれていた H_2O_2 は何 g か。有効数字 3 桁で答えよ。計算過程も記せ。必要なら問(イ)の答を用いてよい。

(オ) 13.0g の試料 A 中に含まれていた H_2O_2 の質量パーセント濃度はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。計算過程も記せ。必要なら問(イ)～(エ)の答を用いてよい。

(2019 日本女子大)

18. 次の文章を読んで、問 1～問 10 の答えを記しなさい。

先生：W さん、S さん、D さん、シュウ酸 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ について何か知っていますか。

W さん：パセリやホウレン草など、さまざまな野菜に含まれている(問 1)ジカルボン酸の 1 つです。

S さん：シュウ酸二水和物 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ は、(問 2)中和滴定の標準溶液の調製で使いました。

D さん：シュウ酸は、(問 3)酸化・還元のところ習いました。

先生：そうですね。またシュウ酸から水素イオンが電離して得られるシュウ酸イオン $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ は、さまざまな金属イオンと難溶性の塩を形成します。(問 4, 5)シュウ酸カルシウム CaC_2O_4 も難溶性塩の一つであり、その溶解度積 K_{sp} は、以下のとおり表されます。

$$K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = 1.3 \times 10^{-9} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

Dさん：シュウ酸イオンの物質量を求めるのに使えそうですね。

先生：その通りです。今日は、シュウ酸水溶液を水酸化ナトリウム水溶液で中和してシュウ酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 水溶液を調製し、それを用いてシュウ酸イオンの物質量を求めてみましょう。Wさんは、シュウ酸イオンをシュウ酸カルシウムとして沈殿させましょう(実験1)。いい機会なのでSさんとDさんには、別々の方法でシュウ酸カルシウム中のシュウ酸イオンの物質量を求めてもらいます。Wさんが沈殿させたシュウ酸カルシウムを2つに分けて実験してください。

Sさん：私とDさんの実験を詳しく教えてください。

先生：Sさんは、シュウ酸カルシウムを加熱して得られる化合物の質量から、シュウ酸カルシウム中のシュウ酸イオンの物質量を求めてみましょう(実験2)。

Dさんは、まずシュウ酸カルシウムを硫酸に溶解させてシュウ酸を完全に遊離させましょう。次に、この溶液に過マンガン酸カリウム水溶液を加えた後に、硫酸鉄(Ⅱ)水溶液で滴定し、その結果からシュウ酸カルシウム中のシュウ酸イオンの物質量を求めてみましょう(実験3)。この水溶液には硫酸イオンとカルシウムイオンが含まれますが、今回の条件では硫酸カルシウムは沈殿しないので心配はいりません。さあ、はじめましょう。

3人の行った実験の手順と結果は、以下のとおり。

実験1：シュウ酸ナトリウム水溶液に塩化カルシウム水溶液を沈殿が生成しなくなるまで加え、ろ過して得られた沈殿を適量の水で洗浄した後、加熱により沈殿から完全に水を除去し、シュウ酸カルシウムを得た。

実験2：シュウ酸カルシウムを500℃で質量が変化しなくなるまで加熱したところ、質量が21.9%減少し、9.81gの(問6)化合物Xが得られた。次に、Xを600℃で質量が変化しなくなるまで加熱したところ、質量が44.0%減少し、化合物Yが得られた。600℃で加熱したときに発生した気体を石灰水に通じたところ、石灰水が白濁した。

実験3：シュウ酸カルシウムを十分な量の濃硫酸中で加熱して溶解し、冷却後純水に加えて100.0mLとした。この水溶液から10.0mLを取り出し、0.200mol/Lの過マンガン酸カリウム水溶液10.0mLを加え加熱して十分に反応させたところ、過マンガン酸カリウム水溶液の赤紫色が消え無色透明となった。さらに、0.200mol/Lの過マンガン酸カリウム水溶液10.0mLを加え加熱して十分に反応させたところ、水溶液の赤紫色は消えなかった。そこでこの水溶液を温めながら、(問9)0.100mol/Lの硫酸鉄(Ⅱ)水溶液を用いて滴定したところ、過不足なく反応させるために22.00mL必要であった。

問1 シュウ酸と同じジカルボン酸に分類される物質を、以下の(イ)~(へ)の中からすべて選び、記号で答えなさい。

- (イ) アクリル酸 (ロ) アジピン酸 (ハ) ギ酸 (ニ) 炭酸 (ホ) フマル酸
(ヘ) プロピオン酸

問2 以下の(イ)~(ホ)の器具をすべて使い中和滴定の実験を行う。純水でぬれていた

場合、使用する溶液で複数回内部を洗浄してから使用する器具をすべて選び、記号で答えなさい。

- (イ) 中和反応を行うためのコニカルビーカー
- (ロ) 溶液を滴下するためのビュレット
- (ハ) 溶液を量り取るためのホールピペット
- (ニ) 正確な濃度の溶液を調製するためのメスフラスコ
- (ホ) ビュレットに溶液を移すために使うビーカー

問3 酸化剤としても還元剤としても用いられる物質を、以下の(イ)~(ホ)の中からすべて選び、記号で答えなさい。

- (イ) Cl₂ (ロ) HNO₃ (ハ) H₂O₂ (ニ) H₂S (ホ) SO₂

問4 0.10mol/L の塩化カルシウム水溶液 10mL と 0.10mol/L のシュウ酸ナトリウム水溶液 90mL を混合したところ、沈殿が生成した。水溶液の量を 100mL と仮定し、またカルシウムイオンがすべて沈殿したものとして、シュウ酸イオンのモル濃度を有効数字 2 桁で答えなさい。

問5 問4において、実際の沈殿生成後の水溶液では溶解平衡を考える必要がある。沈殿生成後の水溶液中には、混合前の 0.10mol/L 塩化カルシウム水溶液 10mL 中に存在していたカルシウムイオンの何%がイオンとして残っているか、有効数字 2 桁で答えなさい。なお、ここでは水溶液中に存在するシュウ酸イオンのモル濃度は、問4で求めたモル濃度で近似できるものとする。

問6 化合物 X の組成式を答えなさい。

問7 実験2に用いたシュウ酸カルシウム中のシュウ酸イオンの物質量を有効数字 3 桁で答えなさい。

問8 実験3にある硫酸酸性条件下でのシュウ酸と過マンガン酸カリウムの反応に対応する下記の化学反応式について、左辺の[]の中に係数を入れ、また右辺を記入して完成させなさい。



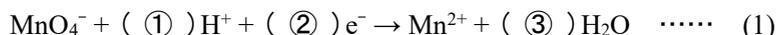
問9 鉄(II)イオンと反応した過マンガン酸イオンの物質量を有効数字 3 桁で答えなさい。

問10 実験3で用いたシュウ酸カルシウムのシュウ酸イオンの物質量を有効数字 3 桁で答えなさい。

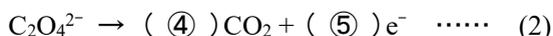
19. 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

酸化・還元は、電子 e^- の授受から定義できる。物質が電子を受け取ったとき、その物質は(あ)されたことになり、物質が電子を失ったとき、その物質は(い)されたことになる。

過マンガン酸カリウムが硫酸酸性条件下で、酸化剤として働くときの電子 e^- を含むイオン反応式は、次の式(1)のようになる。

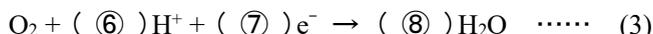


また、シュウ酸ナトリウムが還元剤として働くときの電子 e^- を含むイオン反応式は、次の式(2)のようになる。



河川水・湖沼水などの水質の汚染源の一つに、工業廃水や生活雑排水に含まれる還元性の有機化合物がある。これらの量が多いとその水の汚染度は高いことになる。水の汚染度を示す指標として、化学的酸素要求量(ChemicalOxygenDemand: COD)というものがある。CODは、試料水中の有機化合物を酸化分解するのに必要な酸化剤(過マンガン酸カリウムなど)の量を、酸素 O_2 の量に換算したものであり、その単位は mg/L (酸素の質量/試料水の体積)で表される。

なお、酸素が酸化剤として働くときの電子 e^- を含むイオン反応式は、次の式(3)のようになる。



ある試料水(湖沼水)のCODを測定するために、以下の実験操作1～3を行った。

【実験操作1】試料水50.0mLをコニカルビーカーにとり、硫酸を加えて酸性とした。次に $5.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の過マンガン酸カリウム水溶液10.0mLを加えて振り混ぜ、沸騰水浴中で30分間加熱した。加熱後、コニカルビーカー内の水溶液は赤紫色を示していた。これにより、試料水中の還元性の有機化合物を酸化分解するのに十分な量の過マンガン酸カリウムが加えられ、未反応の過マンガン酸カリウムが残留していることがわかった。

【実験操作2】コニカルビーカーを水浴から取り出し、これに $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ のシュウ酸ナトリウム水溶液15.0mLを加え、よく攪拌して反応させた。このとき、水溶液の赤紫色が消えて無色となった。

【実験操作3】コニカルビーカー内の水溶液を $50 \sim 60^\circ\text{C}$ に保ちながら、ガラス器具Aを用いて $5.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の過マンガン酸カリウム水溶液を少しずつ滴下した。その結果、水溶液の赤紫色が消えなくなるまでに要した滴下量は5.0mLであった。

なお、試料水中には、有機化合物以外に過マンガン酸カリウムを消費する物質は存在しないものとする。

問1 (あ)、(い)に入る適当な語句を記せ。

問2 (①)～(⑧)に入る係数を記せ。ただし係数が1である場合は、省略をせずに1と記せ。

問3 実験操作3において使用したガラス器具Aとして、最も適当なものは何か。名称を記せ。

問4 試料水 50.0mL 中の有機化合物と反応した $5.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の過マンガン酸カリウム水溶液の量は何 mL か。小数第1位まで答えよ。

問5 試料水 1.00L 中の有機化合物と反応する過マンガン酸カリウムの質承は何 mg か。小数第1位を四捨五入して、整数で答えよ。

問6 試料水の COD[mg]はいくらか。小数第1位を四捨五入して、整数で答えよ。

(2019 愛知医科大)

20. 次の文を読み、問い(1)～(4)の答えを記せ。

周期表の(あ)族に属するフッ素、塩素、臭素、(い)などの元素を総称してハロゲンと呼ぶ。ハロゲンはギリシャ語で「塩を与えるもの」という意味があり、多くの元素と反応してハロゲン化物をつくる。ハロゲンは蛍石 CaF_2 や岩塩 NaCl などの鉱物中の成分元素や、海水中の陰イオンとして広く自然界に存在する。ハロゲンの原子は(う)個の価電子を持ち、電子を得て(え)個の陰イオンになりやすい。ハロゲンの単体はいずれも酸化力が強い。

塩素の単体 Cl_2 は食塩水(塩化ナトリウム水溶液)からイオン交換膜法と呼ばれる電気分解法で工業的につくられる。 Cl_2 は刺激臭をもつ黄緑色の有毒な気体で、空気より密度が(お)。 Cl_2 と水素が反応すると塩化水素 HCl が生じる。塩化水素の水溶液は塩酸といい、代表的な強酸である。また、塩素の酸化物が水と反応するとオキシ酸を生じる。

表1に示すように、塩素を含む様々なオキシ酸が知られている。

塩素 Cl_2 は塩基性水溶液によく溶け、その一部が反応して Cl^- と ClO^- が生成する。



ClO^- は強い酸化作用をもつため、 NaClO 水溶液は消毒剤、洗浄剤、漂白剤などに用いられる。

表1 塩素のオキシ酸

| 記号 | 化学式 | 化合物名 |
|----|-----------------|------|
| ア | HClO | (C) |
| イ | (A) | 亜塩素酸 |
| ウ | HClO_3 | (D) |
| エ | (B) | 過塩素酸 |

(1) 文中の(あ)～(お)の空欄に最も適する語句あるいは数字を記入せよ。

(2) ハロゲンを含む酸に関して次の問い(i), (ii)に答えよ。

(i) 表1の空欄(A), (B)にあてはまる化学式を、また空欄(C), (D)にあてはまる化合物名を記せ。

(ii) 表1の4つのオキソ酸の中で最も強い酸, 最も弱い酸をそれぞれア～エの記号で示せ。

(3) 次の反応を化学反応式で示せ。

(i) 塩素酸化物 Cl_2O_7 が水と反応して、オキソ酸が生じる反応。

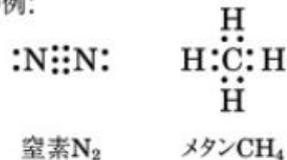
(ii) 固体の過マンガン酸カリウムと濃塩酸から、気体の Cl_2 を得る反応。ここで、Mn は酸化数が+2まで還元されることに注意せよ。

(iii) フッ化水素酸によりガラスの主成分である SiO_2 が溶解する反応。

(4) 文中の①式に関して次の問い(i)～(iv)に答えよ。

電子式の例:

(i) Cl_2 , Cl^- , ClO^- の塩素の酸化数を求めよ。



(ii) HCl および HClO の電子式を例にならって示せ。

(iii) この反応は酸化還元反応の一種であり、右向きの反応では Cl_2 が酸化剤,還元剤の両方の役割を持つ。

この反応における Cl_2 の酸化剤および還元剤としての働きを電子を含むイオン反応式でそれぞれ示せ。

(iv) NaClO を主成分とする市販の塩素系漂白剤は、 HCl を主成分とする酸性洗剤と混ぜて使うと危険なため、「まぜるな危険」という表示がされている。①式を使ってこの理由を述べよ。

(2019 同志社大)

解答

1. 2012 筑波大

(i) $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ (ii) 二酸化炭素 (iii) 0.90 (iv) 16

2. 2013 県立広島大

問1 I₂ 問2 Ca 問3 (3) 酸素 $-1 \rightarrow -2$ 水素 $+1 \rightarrow +1$

(4) 酸素 $-1 \rightarrow 0$ 水素 $+1 \rightarrow +1$ 問4 (a) 1 (b) 4 (c) 1 (d) 2 (e) 2

3. 2013 和歌山大

問1 (A) SO_4^{2-} (B) S (C) 4H^+ (D) 4H^+ 問2 $\text{SO}_2 : +4$ A : $+6$ B : 0

問3 $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$

問4 $2\text{MnO}_4^- + 5\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+$ 問5 0.11L

4. 2018 埼玉医科大

(1) 1. ② 2. ③ (2) 3. ② 4. ① (3) ⑧ (4) ④ (5) 2.8%

5. 2018 福島大

問1 $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{e}^-$ 問2 硝酸には酸化作用があるため、鉄を酸化してしまい、過マンガン酸カリウムによってどれだけ酸化されたかが分からないから 問3 $4.00 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 問4 22.0%

6. 2018 金沢大

問1 $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$ 問2 HClO_4 +7 問3 NaBrO_3 +5

問4 酸化還元滴定 問5 Cl^- が MnO_4^- によって酸化されてしまうから

問6 $\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$

7. 2018 琉球大

問1 1 酸素 2 水素 3 電子 問2 (ア) $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2$

(イ) $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2$ 問3 (1) ア (2) ウ

(3) Cl^- が MnO_4^- と反応するため、YmLよりも多くなる。 (4) 滴定の終点はこの赤紫色が消えてなくなるときである。 (5) $\frac{X^2Y^2}{16} (\text{mol/L})^2$

8. 2014 信州大

(1) $2\text{KMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 10\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$

(2) 大気中の物質と反応しないので正確に質量を秤量でき、正確な濃度の水溶液を調製できるから。

(3) 塩酸と過マンガン酸カリウムが酸化還元反応をしてしまい、正しい滴定のデータが得られないから。 $2\text{KMnO}_4 + 16\text{HCl} \rightarrow 2\text{MnCl}_2 + 2\text{KCl} + 5\text{Cl}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$

- (4) 過マンガン酸イオンの赤紫色が消えなくなる変化 (5) $2.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$
 (6) $2\text{KMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 5\text{O}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ (7) 1.00 mol/L

9. 2013 香川大

- 問1 $2\text{KMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 10\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$
 問2 コニカルビーカー 問3 $1.82 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 問4 3.69 mg/L

10. 2015 大阪大

- 問1 $2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ 問2 $\text{Cr}^{3+} : 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$
 $\text{Fe}^{3+} : 3.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$

11. 2017 金沢大

- 問1 (1) $\text{Mn} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + \text{H}_2$ (2) MnS
 問2 (1) $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (2) $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
 問3 (1) X : 正 Y : 負 (2) リチウムは亜鉛よりイオン化傾向が大きいから
 (3) $\text{Li} \rightarrow \text{Li}^+ + \text{e}^-$ 問4 (1) 前 : +7 後 : +2 (2) 5 mol (3) 37%

12. 2019 弘前大

- 問1 $\text{H} : \begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \\ \text{O} : \text{O} : \text{H} \\ \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \end{array}$ 問2 (1) $\text{KMnO}_4 + 7 \rightarrow +2$ (2) $\text{H}_2\text{O}_2 - 1 \rightarrow -2$
 問3 $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ 問4 105 kJ/mol 問5 144 kJ/mol

13. 2019 千葉大

- 問1 ア 6 イ 不働態 ウ ステンレス鋼 エ テルミット オ 黄 カ 赤橙
 問2 $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Cr}$ 問3 $2\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
 問4 酸化剤 : $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$
 還元剤 : $(\text{COOH})_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ 問5 0.13 g

14. 2019 奈良県立医科大

- 問1 $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 問2 A : 水 B : 濃硫酸
 問3 右図 問4 次亜塩素酸 $\text{ClO}^- + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$
 問5 陽極 : $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$ 陰極 : $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$
 問6 $1.9 \times 10^5 \text{ 秒}$ 問7 35% 以上



15. 2019 高知大

- 問1 $\text{NaClO} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 問2 ア ホールピペット
 イ メスフラスコ ウ 褐 エ 青紫 問3 (1) $\text{ClO}^- + 2\text{I}^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^-$
 (2) 全ての次亜塩素酸を還元すればよく、過剰量のヨウ化カリウムを加えればよいた
 め。 問4 $\text{I}_2 + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow 2\text{I}^- + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}$ 問5 0.500 mol/L

16. 2019 東京薬科大

(1) d (2) c (3) a (4) a (5) e

17. 2019 日本女子大

(ア) 酸化剤 : MnO_4^- 還元剤 : H_2O_2 (イ) $4.60 \times 10^{-3} \text{ mol}$ (ウ) $1.15 \times 10^{-2} \text{ mol}$

(エ) 0.391g (オ) 3.0%

18. 2019 早稲田大

問1 口,ホ 問2 口,ハ,ホ 問3 ハ,ホ 問4 $8.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$

問5 $1.6 \times 10^{-4} \%$ 問6 CaCO_3 問7 $9.8 \times 10^{-2} \text{ mol}$

問8 $[5] \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + [2] \text{KMnO}_4 + [3] \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 10\text{CO}_2 + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$

問9 $4.40 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 問10 $8.90 \times 10^{-2} \text{ mol}$

19. 2019 愛知医科大

問1 あ還元 い酸化 問2 ① 8 ② 5 ③ 4 ④ 2 ⑤ 2 ⑥ 4 ⑦ 4 ⑧ 2

問3 ビュレット 問4 3.0mL 問5 47mg 問6 12mg/L

20. 2019 同志社大

(1) あ 17 い ヨウ素 う 7 え 1 お 大きい (2) (i) A : HClO_2 B : HClO_4

C : 次亜塩素酸 D : 塩素酸 (ii) 強 : エ 弱 : ア

(2) (i) $\text{Cl}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HClO}_4$ (ii) $2\text{KMnO}_4 + 16\text{HCl} \rightarrow 5\text{Cl}_2 + 2\text{KCl} + 2\text{MnCl}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$

(iii) $\text{SiO}_2 + 6\text{HF} \rightarrow \text{H}_2\text{SiF}_6 + 2\text{H}_2\text{O}$ (4) (i) $\text{Cl}_2 : 0$ $\text{Cl}^- : -1$ $\text{ClO}^- : +1$

(ii) $\text{H}:\ddot{\text{Cl}}:$ $\text{H}:\ddot{\text{O}}:\ddot{\text{Cl}}:$