

# 化学

酸化・還元と電池・電  
気分解

[大阪工大]

ア ～ ケ にあてはまる語句、あるいは数値を解答群より選べ。

一般に、酸化とは ア を受け取る反応、または、イ を失う反応を意味し、還元とは イ を受け取る反応、または、ア を失う反応を意味する。

原子やイオンが電子を失い、ウ が増加すれば、その原子やイオンは エ されたといい、逆に電子を受け取りウ が減少すれば、その原子やイオンは オ されたという。たとえば、硫酸銅(II)の水溶液に亜鉛板を浸すと、銅イオンは オ されて、そのウ は カ から キ に変化する。

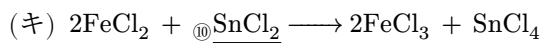
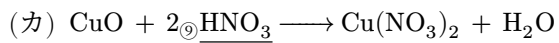
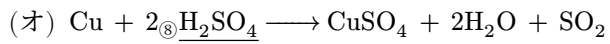
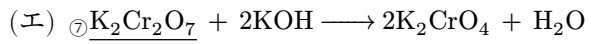
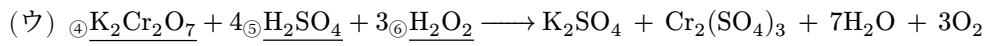
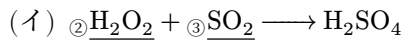
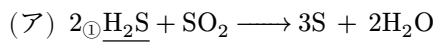
酸化還元反応において、ク は電子を受け取り オ される物質であり、ケ は電子を相手に与えて エ される物質である。過酸化水素は、おもに ク として作用するが、過マンガン酸カリウムとの反応ではケ として作用する。

- 〈解答群〉
- |       |        |      |      |      |      |
|-------|--------|------|------|------|------|
| ① 酸化剤 | ② 中性子  | ③ 酸素 | ④ 酸化 | ⑤ 還元 | ⑥ 0  |
| ⑦ 還元剤 | ⑧ 物質質量 | ⑨ 水素 | ⑩ 窒素 | ⑪ +1 | ⑫ +2 |
| ⑬ 酸化数 | ⑭ 電子   | ⑮ 陽子 | ⑯ 炭素 | ⑰ -1 | ⑱ -2 |

[防衛大]

次の(ア)～(キ)の反応において、酸化還元反応ではないものをすべて選べ、また、下線部①～⑩の物質を次のように分類し、記号を書け。

酸化剤・・・○　還元剤・・・Ⓐ　酸化剤・還元剤を含まない・・・×



[芝浦工大][明治薬大]

(1) 次の物質の組み合わせのうち、混合した後、常温で放置すると反応が起こるものをすべて選べ。

(ア) KBr 水溶液と  $I_2$  (イ) KCl 水溶液と  $Br_2$

(ウ) KBr 水溶液と  $Cl_2$  (エ) KI 水溶液と  $Cl_2$

(2) 次の反応(ア)～(ウ)を参考に、酸化剤  $Fe^{3+}$ ,  $I_2$ ,  $Br_2$ ,  $Zn^{2+}$  を酸化作用の強い順に並べよ。

(ア)  $2Fe^{3+} + 2I^- \longrightarrow 2Fe^{2+} + I_2$

(イ)  $2Fe^{2+} + Br_2 \longrightarrow 2Fe^{3+} + 2Br^-$

(ウ)  $I_2 + Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2I^-$

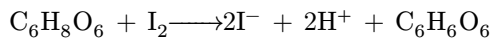
[甲南大][九州大]

- (1) 過酸化水素水の濃度を滴定によって求めたい。濃度が未知の過酸化水素水 A をコニカルフラスコに 10.0 mL 入れ、硫酸を加えて酸性にした。この水溶液に  $2.00 \times 10^{-2}$  mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液をビュレットを用いて滴下したところ、終点までに 12.0 mL の過マンガン酸カリウム水溶液を要した。(H=1.00, O=16.0)
- ① 滴定の終点を決定する方法を 40 字程度で記せ。
  - ② 下線部で、硫酸の代わりに塩酸あるいは硝酸を用いることはできない。その理由を書け。
  - ③ 硫酸酸性水溶液中における過酸化水素と過マンガン酸カリウムとの反応の化学反応式を記せ。
  - ④ 過酸化水素水 A の濃度は何 mol/L か。有効数字 3 桁で求め、数値を記せ。
  - ⑤ 過酸化水素水 A の濃度は何 g/L か。ただし、ここでの濃度は溶液 1L あたりの溶質の質量 [g] とする。有効数字 3 桁で求め、数値を記せ。
- (2) 濃度 2.20 mol/L の過酸化水素水 5.00 mL を希硫酸の添加により酸性にして、濃度  $8.00 \times 10^{-3}$  mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液を加える反応において、過酸化水素がすべて消費されるために必要な過マンガン酸カリウム水溶液の体積(mL)を有効数字 2 桁で求めよ。
- (3) 硫酸酸性水溶液中における過酸化水素とヨウ化カリウムとの反応の化学反応式を示せ。

[早稲田大]

次の文中の (A) には語句、(B) には選択肢(ア)~(オ)、(C) には有効数字 2 桁の数値を記せ。

ビタミン C (アスコルビン酸、 $C_6H_8O_6$ ) は次の化学反応式に示すようにヨウ素と反応する。



この反応は (A) 反応であり、この性質を利用してビタミン C は (B) に用いられている。この反応はビタミン C の定量に用いることができるが、過マンガン酸カリウムを用いてもビタミン C の定量はできる。(C) mol/L のビタミン C 水溶液 10 mL を硫酸で酸性にした 0.010 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、反応の終点に達するまでに 20 mL 要した。

(ア) 酸化剤として還元防止剤 (イ) 還元剤として酸化防止剤 (ウ) 酸として pH 調整剤

(エ) 塩基として pH 調整剤 (オ) 脱水剤として乾燥剤

[防衛大][静岡大]

6種類の金属 A～F は、ナトリウム、銅、亜鉛、銀、アルミニウム、白金のいずれかである。これらの金属について、次のような実験結果(ア)～(カ)を得た。

(ア) A は常温の水と反応して水素を発生したが、他の金属では発生しなかった。

(イ) B と C は、いずれも希塩酸に溶解しなかったが、希硝酸には溶解した。

(ウ) D は希塩酸および希硝酸に溶解しなかったが、王水には溶解した。

(エ) C のイオンを含む水溶液に B を入れたところ、C が析出した。

(オ) B と E を電極として希硫酸に入れて電池をつくると、E が負極となった。

(カ) F は濃硝酸には溶解しなかったが、希硫酸には溶解した。

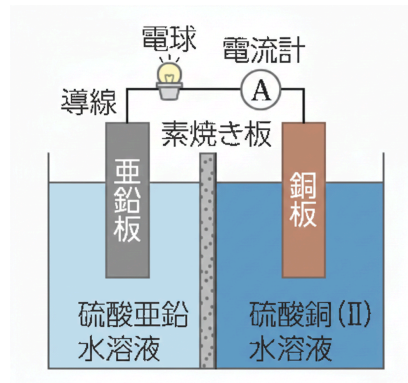
(1) 金属 A～F に該当する金属を元素記号で書け。

(2) 金属 F はなぜ濃硝酸に溶解しないのか。その理由を書け。

(3) 鋼板 (Fe) は空気中の酸素や水と反応して腐食される。鋼板の腐食を防ぐためにスズで表面を覆ったブリキや亜鉛で覆ったトタンが利用されている。トタンの表面に傷がつき、内部の鋼板が露出しても、鋼板そのものに比べて腐食は進みにくい。この理由を簡潔に説明せよ。

[関西大][大分大]

図に示すように、素焼き板で仕切った容器に硫酸亜鉛水溶液と硫酸銅(II)水溶液を入れ、亜鉛板と銅板をそれぞれの水溶液に浸し、電池とした。



- (1) 電流は導線中をどのように流れるか。「亜鉛板」「銅板」を用いて説明せよ。
- (2) 負極と正極で起こる反応を、電子  $e^-$  を用いた反応式で示せ。
- (3) 図の電池（ダニエル電池）の起電力は 1.10 V であった。銅電極と銀電極で電池をつくると起電力は 0.46 V であった。亜鉛電極と銀電極で電池をつくった場合の負極はどちらか。また、起電力を求めよ。
- (4) ボルタ電池はダニエル電池と同じ電極の組合せでつくられる電池である。ボルタ電池の負極と正極で起こる反応を、電子  $e^-$  を用いた反応式で示せ。

[防衛大][岡山大]

電解液である希硫酸に負極として鉛を、正極として酸化鉛(IV)を浸した電池を鉛蓄電池という。密度  $1.3 \text{ g/cm}^3$ 、質量パーセント濃度 32% の希硫酸 400 mL を用いた鉛蓄電池を放電し、10.0 A の電流を 48 分 15 秒流した。次の問いに答えよ。計算結果は有効数字 2 桁で示せ。(H=1.00, O=16.0, S=32.0, Pb=207,  $F=9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ )

- (1) 正極と負極における放電時の反応を、電子  $e^-$  を含むイオン反応式でそれぞれ示せ。
- (2) 放電後の鉛蓄電池中の希硫酸の質量パーセント濃度は何 % か。
- (3) 別の鉛蓄電池を放電後、鉛蓄電池の正極板の質量が 16 g 増加した。このとき、負極板の質量は放電前と比べてどのように変化したか。変化した質量 [g] とともに答えよ。
- (4) 次の文章中の  ~  に適切な語句を入れよ。

負極および正極をそれぞれ外部の直流電源の  極および  極に接続して逆向きに電流を流すと、放電のときと逆向きの反応が起こり、 力が回復する。この操作を  という。

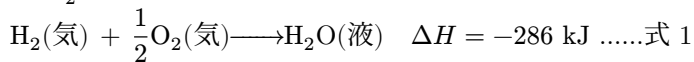
[センター試験]

身のまわりの電池に関する記述として下線部に誤りを含むものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① アルカリマンガン乾電池は、正極に  $\text{MnO}_2$ 、負極に Zn を用いた電池であり、日常的に広く使用されている。
- ② 鉛蓄電池は、電解液に希硫酸を用いた電池であり、自動車のバッテリーに使用されている。
- ③ 酸化銀電池（銀電池）は、正極に  $\text{Ag}_2\text{O}$ を用いた電池であり、一定の電圧が長く持続するので、腕時計などに使用されている。
- ④ リチウムイオン電池は、負極に Li を含む黒鉛を用いた一次電池であり、軽量であるため、ノート型パソコンや携帯電話などの電子機器に使用されている。

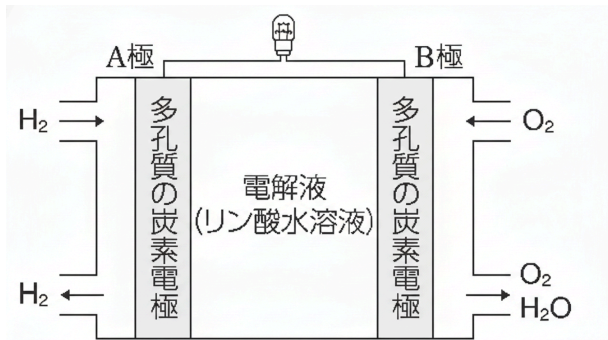
[京都産業大]

水素  $H_2$  を完全燃焼させたときのエンタルピー変化を付した反応式は、以下の式で表される。



この燃焼による熱エネルギーを得るかわりに、水素  $H_2$  と酸素  $O_2$  の反応から電気エネルギーを取り出すようにつくられた電池が水素-酸素燃料電池である。

図は、白金触媒を含む多孔質の炭素電極、電解液にリン酸水溶液を用いた水素-酸素燃料電池の構造を示す。A 極には水素  $H_2$  を、B 極には酸素  $O_2$  を一定の割合で供給する。電極 A と B を外部導線でつなぐと、A 極では、水素  $H_2$  が酸化されて水素イオンになる (式 2)。A 極で生じた水素イオンは電解液中を移動し、B 極では、酸素  $O_2$  が水素イオンと反応して水になる (式 3)。(式 2)と(式 3)をまとめると、燃料電池全体の化学反応式が得られる。



- (1) (式 2)と(式 3)を電子  $e^-$  を含むイオン反応式でそれぞれ記せ。
- (2) 図の燃料電池において、負極は A 極と B 極のうちどちらか。
- (3) 下線部に関して、図の燃料電池全体の化学反応式を記せ。
- (4) 図の燃料電池を 1 時間放電させたところ、90.0 g の水が生じた。このときの電池の平均電圧は 0.800 V であった。以下の問いに答えよ。ただし、原子量は  $H = 1.00$ ,  $O = 16.0$ , ファラデー定数  $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$  とする。
  - ① この電池から 1 時間あたりに得られる電気エネルギーは何 J か、有効数字 3 桁で答えよ。ただし、電気エネルギー  $[J] = \text{電気量 [C]} \times \text{電圧 [V]}$  とする。
  - ② 図の燃料電池を放電し、ある物質質量の水素  $H_2$  を消費したときに得られる電気エネルギー  $[J]$  は、同じ物質質量の水素  $H_2$  を完全燃焼させて液体の水が生じるときに得られる熱エネルギー  $[J]$  の何 % にあたるか、有効数字 3 桁で答えよ。

[佐賀大]

白金電極を用いた二つの電気分解槽を直列に接続し、各槽で水酸化ナトリウム水溶液 A と硝酸銀水溶液 B の電気分解を 5.0 A の電流で行ったところ、ある電極の質量が 10.8 g 増加した。(H = 1.0, O = 16, S = 32, Ag = 108,  $F = 9.65 \times 10^4$  C/mol)

- (1) 電気分解槽 A と B の両極で起きている反応を、電子  $e^-$  を含むイオン反応式で示せ。
- (2) 通電時間は何秒か。有効数字 2 桁で答えよ。
- (3) A の陽極から発生する気体の体積は、標準状態で何 L か。有効数字 2 桁で答えよ。

[東北大]

水酸化ナトリウムは工業的には、図1に示す陽イオン交換膜を用いたイオン交換膜法によって製造されている。反応開始時には、陽極室には塩化ナトリウム飽和水溶液を、陰極室には希薄水酸化ナトリウム水溶液を充填しておく。  
 (H = 1.0, O = 16.0, Na = 23.0, F =  $9.65 \times 10^4$  C/mol)

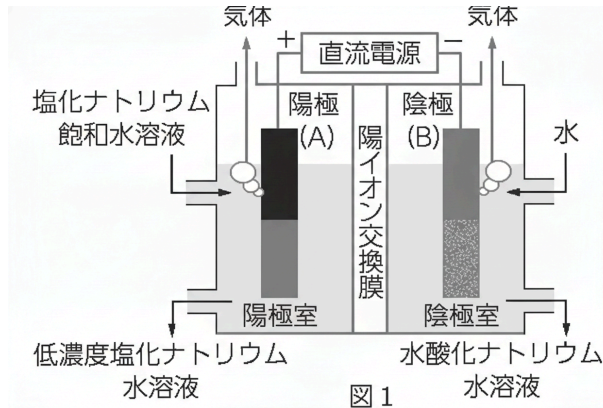


図1

- (1) 下線部に関して、反応開始時には、陰極室に水ではなく希薄水酸化ナトリウム水溶液を充填しておく理由を、20字以内で書け。
- (2) 図1の陽極(A)および陰極(B)で生じる反応を、電子  $e^-$  を含むイオン反応式でそれぞれ書け。また、塩化ナトリウム飽和水溶液から水酸化ナトリウムが生成する全体の反応を、イオンを含まない化学反応式で書け。
- (3) 図1の陽極(A)と陰極(B)の間に直流電圧を加えて、500 A の一定電流を 2.0 時間流した。このとき、新たに製造される水酸化ナトリウムの質量 [kg] を、有効数字 2 桁で書け。なお、流した電流はすべて水酸化ナトリウムの生成反応に使用されたものとする。
- (4) 図2に示すように、陽極側から順番に陰イオン交換膜と陽イオン交換膜を交互に設置し、すべての槽に同濃度の塩化ナトリウム水溶液（食塩水）を充填した装置を組んだ（初期状態）。その後、直流電流を流した。このときの (ア) 第2槽、(イ) 第3槽、(ウ) 第4槽における (i) 陽イオン および (ii) 陰イオンの物質量は、初期状態と比べてどのように変化したか。「増加」、「変わらない」、「減少」のいずれかでそれぞれ答えよ。

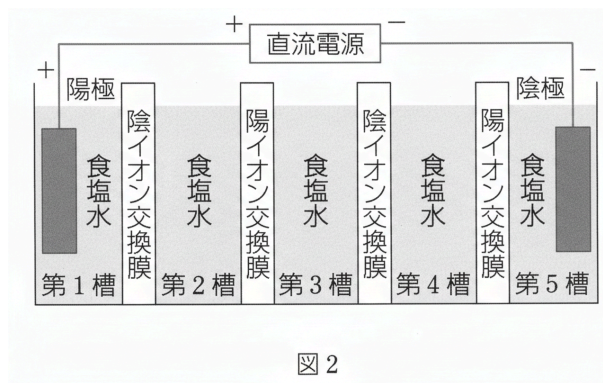


図2

[摂南大]

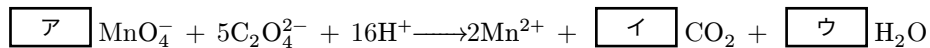
湖沼の水や海水などの有機物による汚染の指標として、COD(化学的酸素要求量)が用いられる。CODとは、試料1L中に存在する有機物を酸化して分解するのに必要な酸化剤の質量を酸素の質量(mg)に換算して表したものである。そこで、ある試料水のCODを簡易的に測定するため、以下の操作を行った。

(H=1.0, C=12.0, O=16.0, Mn=54.9)

操作Ⅰ：ビーカーに試料水を100mL入れ、硫酸酸性の $5.00 \times 10^{-3} \text{mol/L}$ の過マンガン酸カリウム水溶液を10.0mL加え、湯浴中で加熱して試料中の有機物を完全に酸化した。このとき、水溶液は赤紫色だった。

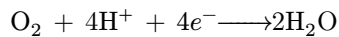
操作Ⅱ：操作Ⅰで得た水溶液に $5.00 \times 10^{-3} \text{mol/L}$ のシュウ酸ナトリウム水溶液7.50mLを加えると、過不足なく反応した。

(1) 操作Ⅱのイオン反応式は、下式のように表される。  ア  ~  ウ  に該当する数字を書け。



(2) 有機物の酸化により消費された過マンガン酸カリウムの物質量を有効数字3桁で示せ。

(3) CODを計算するため、酸化に要した過マンガン酸カリウムの物質量を酸素の物質量に置き換えることを考える。酸素が酸化剤としてはたらく際のイオン反応式は、下式で表される。



この試料水100mLに含まれる有機物の酸化に必要な酸素の物質量を有効数字3桁で示せ。

(4) この試料水1.00L中に存在する有機物の酸化に必要な酸素の質量(COD)を有効数字3桁で示せ。

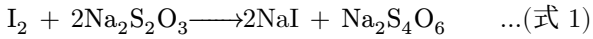
## [長崎大]

次のように酸化還元滴定の実験 1 と実験 2 を行った。

実験 1 0.080 mol/L のヨウ素溶液 (ヨウ化カリウムを含む) 100 mL に、①ある一定量の二酸化硫黄をゆっくりと通し反応させた。この反応溶液中に残ったヨウ素を定量するため、デンプンを指示薬として加え、0.080 mol/L のチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定した。25 mL を加えたときに、②溶液の色が変化した。

実験 2 ③濃度不明の過酸化水素水 50 mL に、過剰量のヨウ化カリウムの硫酸酸性水溶液を加えたところ、ヨウ素が遊離した。この反応溶液中に、デンプンを指示薬として加え、0.080 mol/L のチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定したところ、20 mL を加えたときに溶液の色が変化した。

ただし、実験 1 および実験 2 において、ヨウ素とチオ硫酸ナトリウムとは、式 1 のように反応する。



(1) 次の化学式(a)~(c)について、( )内の原子の酸化数を答えよ。

(a)  $\text{SO}_2$  (S) (b)  $\text{SO}_4^{2-}$  (S) (c)  $\text{NH}_3$  (N)

(2) 下線部①の二酸化硫黄の反応を、電子  $e^-$  を含むイオン反応式で示せ。

(3) 下線部①で反応した二酸化硫黄の物質質量 [mol] を求め、有効数字 2 桁で示せ。

(4) 下線部②の溶液の色の変化を答えよ。ただし、色の名称は次の表記を用いよ。

無色 橙赤色 青紫色 黄緑色

(5) 下線部③の過酸化水素水の濃度 [mol/L] を求め、有効数字 2 桁で示せ。

## [東京大]

次の文章を読み、各問いに答えよ。必要があれば以下の値を用いよ。原子量  $H = 1.0$ ,  $O = 16.0$ ,  $S = 32.1$ ,  $K = 39.1$ ,  $Mn = 54.9$ ,  $Fe = 55.8$

硫化鉄(II)と書かれた試薬瓶に入っている試薬中の硫化鉄(II)の純度を求めるために以下の実験を行った。

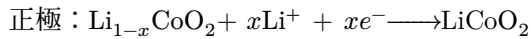
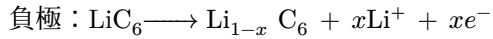
過マンガン酸カリウム 1.6 g を希硫酸 20 mL に溶かし、水を用いて 25 mL に希釈した。瓶の中の試薬 1.0 g を希硫酸 100 mL に加えると、気体が発生し、試薬はすべて溶解した。①この溶液を十分に煮沸した後、②調製した過マンガン酸カリウム溶液で滴定したところ、5.4 mL 滴下したところで終点に達した。

- (1) 下線部①に関して、溶液を煮沸せずに滴定すると、硫化鉄(II)の純度の実験値が 100% (質量パーセント) を超えてしまった。この理由を 40~60 字程度で説明せよ。
- (2) 実験結果から、試薬中の硫化鉄(II)の純度 (質量パーセント) を有効数字 2 桁で求めよ。なお、下線部②の反応の化学反応式も記すこと。ただし、試薬に含まれる不純物は、過マンガン酸カリウムとは反応しないものとする。

[早稲田大]

次の(1)~(3)について有効数字 3 桁で答えよ。(Li = 6.9, C = 12.0, O = 16.0, S = 32.1, Co = 58.9, Pb = 207.2,  $F = 9.65 \times 10^4$  C/mol)

- (1) 起電力  $E$  [V] の電池に外部回路をつないで  $n$  [mol] の電子を流したとき、外部に取り出せる電気エネルギーはファラデー定数  $F$  [C/mol] を用いて  $nFE$  [J] で表される。鉛蓄電池で負極の Pb 1.00 mol が反応したとき、得られるエネルギーは何 J か。ただし、鉛蓄電池の起電力は 2.00 V である。
- (2) 電池のエネルギー密度 [J/g] は、電池全体の反応式における活物質の合計 1 g に対して得られる電池のエネルギーとして定義される。鉛蓄電池のエネルギー密度を答えよ。
- (3) リチウムイオン電池は、負極に黒鉛とリチウムが形成する  $\text{LiC}_6$ 、正極に  $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2$  ( $0 < x \leq 1$ ) を用いた二次電池であり、放電させると次の反応が起こる。



$x = 1$  として、リチウムイオン電池のエネルギー密度 [J/g] を答えよ。

ただし、リチウムイオン電池の起電力は 3.60 V である。

[慶応大]

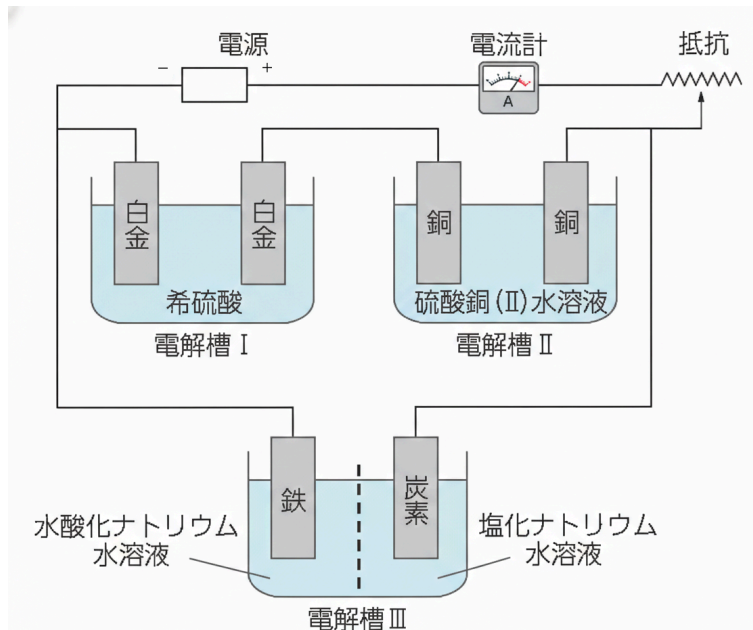
次の文章を読み、には化学反応式を、 には有効数字 3 桁の数値を入れよ。(H = 1.00, O = 16.0, Ni = 58.7, Cd = 112,  $F = 9.65 \times 10^4$  C/mol)

電極として、18.4 g のオキシ水酸化ニッケル(III) NiO(OH) と 11.2 g のカドミウム Cd を用い、5.00 mol/L の水酸化カリウム KOH 水溶液 80.0 mL を電解液として用いた蓄電池を作製した。この蓄電池では、放電の過程で、NiO(OH) 電極が水と反応して水酸化ニッケル(II) と水酸化物イオンが生成し、Cd 電極が水酸化物イオンと反応して水酸化カドミウム(II) となる。この放電の過程を、一つの化学反応式でまとめて表すと  となる。この蓄電池にモーターをつないで、0.600 A の電流を 8 時間 2 分 30 秒流したとき、電解液の質量は  g、正極の質量は  g となった。ただし、5.00 mol/L の KOH 水溶液の密度は 1.21 g/mL とする。また、この過程で気体は発生せず、NiO(OH)、Cd、水酸化ニッケル(II)、水酸化カドミウム(II) は、それぞれ溶液中に溶解しないものとし、電解液の蒸発は考えないものとする。

[京都府医大]

$(F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}, K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ (mol/L)}^2, \log_{10} 2 = 0.30, \log_{10} 3 = 0.48)$

図のように、電解槽 I, II, III を接続して電気分解した。電解槽 I には 0.200 mol/L の希硫酸が 2.00 L、電解槽 II には硫酸銅(II)水溶液が入れている。電解槽 III は中央が陽イオン交換膜で仕切っており、陰極側には 0.200 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液が 1.00 L、陽極側には 2.00 mol/L の塩化ナトリウム水溶液が 1.00 L 入れている。1.80 A の一定電流で 5 時間 21 分 40 秒電気分解したところ、電解槽 I で発生した気体の総体積は標準状態で 1.344 L であった。ただし、発生した気体は電解液に溶けない理想気体とする。また、電気分解による液量の変化はないものとする。



- (1) 図に示す電解槽 II の陽極を白金に変えて同様に電気分解すると、電解槽 II の水溶液の pH はどのように変化するか、理由とともに述べよ。
- (2) 図に示す電解槽 III の陽極と陰極で発生した気体を反応させて生じた物質を、水に溶かして得られる水溶液は、酸性、中性、アルカリ性のいずれを示すか。
- (3) 図における電気分解後の電解槽 I の水溶液と電解槽 III の陰極室の水溶液を体積で等量ずつ混合した。この混合水溶液の pH を求めよ (小数第 1 位まで)。