無機化学の復習問題

-----【問 1}------

次の操作で起こる反応の化学反応式を示せ.また,それぞれの反応が酸化還元反応であるか,弱酸・弱塩基遊離反応であるかを答えよ.

- (1) 硫酸アンモニウムに水酸化カルシウムを加える.
- (2) 鉄に塩酸を加える.
- (3) 石灰水に二酸化炭素を吹き込む.
- (4) 銅に熱濃硫酸を加える.
- (5) スクロースに濃硫酸を加える.
- (6) 銅に希硝酸を加える.
- (7) 銅に濃硝酸を加える.
- (8) 酢酸ナトリウムに塩酸を加える.

ハロゲンに関する次の問に答えよ.下に記した気体のうち,次の記述に該当する ものをすべて選び、分子式で答えよ.

[一酸化炭素, 二酸化炭素, 窒素, アンモニア, 硫化水素, 一酸化窒素, 二酸化窒素]

- (1) 水上置換法で捕集できる.
- (2) 有色である.
- (3) 水で湿らせた赤色リトマス紙を青く変色させる.
- (4) 石灰水に通じると、白色の沈殿を生じる.
- (5) Ag⁺ を含む酸性の水溶液に加えると、黒色の沈殿を生じる.

ア, イ, ウ, エ, アスタチンの5元素 (原子番号順) は, 周期表の オ族に属し、ハロゲンと呼ばれる。ハロゲンの原始はいずれも価電子を カ 個もつ。そのため電子を1 個取り入れ、 キ 価の ク イオンになりやすい。ハロゲンの単体はケ原子分子であるが、他の元素と化合物を作りやすいので天然にはほとんど存在しない。ハロゲンの単体は原子番号が大きくなるとともに、沸点・融点が コ くなる。例えば、ウ の単体は常温で サ 色の液体、エ の単体は常温で シ 色の昇華性の ス 結晶である。

フッ素はハロゲンの中で最も反応しやすく,ほとんどの元素と反応してフッ化物を作る.水素と混ぜると,冷暗所でも爆発的に反応してフッ化水素となる.また,水とも激しく反応し, $\boxed{ セ }$ を発生してフッ化水素となる. $\boxed{ (a) }$ フッ化水素は,蛍石に濃硫酸を加えて発生させることができる. $\boxed{ (b) }$

フッ化水素は他のハロゲン化水素に比べ、沸点・融点が非常に y い. $_{(c)}$ フッ化水素酸は g 酸であるが、ガラスを溶かしてしまう性質がある.これは、フッ化水素酸がガラスの主成分である f と反応する $_{(d)}$ からである.

- (1) アーチに当てはまる、最も適切な語句や数字を答えよ.
- (2) 下線部 (a), (b), (d) の反応を化学反応式で表せ.
- (3) フッ化水素が下線部(c)のような性質を持つ理由を簡潔に説明せよ.

【2016 早稲田大 改】

【問 4】

ハロゲンの単体はいずれも \raiseta 結合からなる二原子分子で,有色・有毒の物質である.実験室で塩素を作るには,酸化マンガン (IV) に濃塩酸を加えて加熱する $_{(a)}$ 方法や,高度さらし粉 $(Ca(ClO)_2\cdot 2\,H_2O)$ に塩酸を加える $_{(b)}$ 方法がある.工業的には \raiseta 水溶液の電気分解で作られる.

単体の臭素は希硫酸中で臭化カリウムを酸化マンガン (IV) で酸化して得られる. また、臭化カリウム水溶液に塩素水を加えると単体の臭素が遊離する. (c)

- (1) アに適切な語句を、イに化学式を記せ.
- (2) 下線部 (a), (b), (c) の反応を化学反応式で表せ.
- (3) トイレ用の洗浄剤には、塩酸を含むタイプと次亜塩素酸ナトリウムを含むタイプがあるが、これらの異なるタイプ同士を「混ぜるな危険」と注意書きされている。その理由を化学反応式を用いて説明せよ。

【2017 防衛医大,長崎県立大】

【問 5】

硫酸の工業的製法では,はじめに硫黄を燃焼させて二酸化硫黄をつくる $._{(a)}$ 次に,酸化バナジウム $(V)_{(b)}$ を ア として二酸化硫黄を空気酸化して三酸化硫黄にする $._{(c)}$ その後,三酸化硫黄を濃硫酸に吸収させて発煙硫酸とし,それを薄めて濃硫酸を得る。このような硫酸の工業的製法を 不法という。

- (1) ア, イに当てはまる適切な語句を記せ.
- (2) 下線部 (a) および (c) の反応を化学反応式で表せ.
- (3) 下線部 (b) の化学式を記せ.
- (4) 硫黄 16kg をすべて硫酸に変えたとすると、98% 濃硫酸は計算上何 kg 得られるか、有効数字 2 桁で記せ、ただし、H=1.0, O=16, S=32 とする、
- (5) 濃硫酸から希硫酸を調製する方法を説明せよ.
- (6) 次の (a)~(e) の試薬の組み合わせで発生する気体を化学式で記せ.
 - (a) 亜鉛に希硫酸を加えた.
 - (b) 硫化鉄 (II) に希硫酸を加えた.
 - (c) 塩化ナトリウムに硫酸を加えて加熱した(†).
 - (d) 銅に濃硫酸を加えて加熱した.
 - (e) ギ酸に濃硫酸を加えて加熱した.

【2018 大阪工業大 改】

...... 【問 6】......

第 ア 周期の 2 族元素であるカルシウムの化合物は、工業製品の原料や建築材料として多用されている。大理石、貝殻などの主成分である イ は、加熱すると ウ になる。は エ 酸化物で、水を加えると オ して カ になる。

 $\underline{\mathrm{Ca}(\mathrm{OH})_2}$ の飽和水溶液に CO_2 を通じると CaCO_3 が得られ、水溶液は白濁する. $\underline{\mathrm{Ca}}$ の水溶液にさらに CO_2 を通じ続けると CaCO_3 が溶けて透明になる. $\underline{\mathrm{Ca}}$ また、 $\underline{\mathrm{CaCO}_3}$ に希塩酸を加えると塩化カルシウムが得られる. $\underline{\mathrm{Co}}$

- (1) ア ~ カ に当てはまる適切な語句や化学式を記せ.
- (2) 下線部 (a), (b), (c) の反応を化学反応式で表せ.
- (3) 次の記述のうち、誤りを含むものをすべて選べ.
 - (a) セッコウに濃硫酸を加えて加熱するとフッ化水素が生成する.
 - (b) 高度さらし粉 (CaCl(ClO) $_2 \cdot 2H_2O$) に希塩酸を加えると塩素が発生する.
 - (c) 塩化カルシウムはアンモニアの乾燥剤として用いられる.
 - (d) カルシウム,ストロンチウム,バリウムは炎色反応を示す.
 - (e) マグネシウムの硫酸塩は水によく溶けるが, バリウムの硫酸塩は水に溶けにくい.
 - (f) マグネシウムは常温の水とはほとんど反応しないが、熱水とは反応して 水素を発生する.

【2023 同志社大, 防衛医大, 神戸学院大 改】

【問 7】

鉄は濃硝酸とは反応しない(a)が、他の強酸とは反応して溶ける.

鉄を希塩酸に溶かすと淡緑色の水溶液となる.このとき,気体が発生する $._{(b)}$ この水溶液にさらに塩素を通じると,黄褐色の水溶液になる $._{(c)}$ また,鉄を強く熱すると黒さび ア が生じる.

- (1) 下線部 (a) の理由を説明せよ.
- (2) (b), (c) の反応を化学反応式で表せ.
- (3) アに適切な化学式を記せ.
- (4) 下線部 (b) の水溶液を 2 つに分け、それぞれに NaOH、 $K_3[Fe(CN)_6]$ 水溶液を加えたときにどのような変化を生じるか記せ.
- (5) 下線部 (c) の水溶液を 2 つに分け、それぞれに KSCN、 $K_2[Fe(CN)_6]$ 水溶液を加えたときにどのような変化を生じるか記せ.

- 【問 8】

 Ag^+ , Ba_2^+ , Zn_2^+ , Fe_2^+ , Al_3^+ , Cu_2^+ , Pb_2^+ の 7 種類の陽イオンのうちいずれか 1 種類のみを含む 5 つの水溶液 $A\sim E$ に次の実験を行った.以下の実験結果から、水溶液 $A\sim E$ に含まれる陽イオンを決定せよ.

- (1) 希硫酸を加えると A と E に沈殿が生じた.
- (2) アンモニア水を加えると A \sim D に沈殿が生じ、さらに過剰のアンモニア水 を加えると D の沈殿が溶解した。
- (3) 水酸化ナトリウム水溶液を加えると $A \sim D$ に沈殿が生じ、さらに過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えると A, B, D の沈殿が溶解した.
- (4) 希塩酸を加えると、A に沈殿が生じた.
- (5) 炎色反応を行うと, E が炎色反応を示した.

解答

次の操作で起こる反応の化学反応式を示せ. また, それぞれの反応が酸化還元反応であるか, 弱酸・弱塩基遊離反応であるかを答えよ.

- (1) 硫酸アンモニウムに水酸化カルシウムを加える.
- (2) 鉄に塩酸を加える.
- (3) 石灰水に二酸化炭素を吹き込む.
- (4) 銅に熱濃硫酸を加える.
- (5) スクロースに濃硫酸を加える.
- (6) 銅に希硝酸を加える.
- (7) 銅に濃硝酸を加える.
- (8) 酢酸ナトリウムに塩酸を加える.

W解答

- (1) $(NH_4)_2SO_4 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaSO_4 + 2NH_3 + 2H_2O$
- (2) Fe + 2 HCl \longrightarrow FeCl₂ + H₂
- (3) $Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$
- $(4) \ \mathrm{Cu} + 2\,\mathrm{H}_2\mathrm{SO}_4 \longrightarrow \mathrm{CuSO}_4 + \mathrm{SO}_2 + 2\,\mathrm{H}_2\mathrm{O}$
- (5) $C_{12}H_{22}O_{11} \longrightarrow 12C + 11H_2O$
- (6) $3 \operatorname{Cu} + 8 \operatorname{HNO}_3 \longrightarrow 3 \operatorname{Cu}(\operatorname{NO}_3)_2 + 2 \operatorname{NO} + 4 \operatorname{H}_2 \operatorname{O}$
- $(7) \ \mathrm{Cu} + 4 \, \mathrm{HNO}_3 \longrightarrow \mathrm{Cu}(\mathrm{NO}_3)_2 + 2 \, \mathrm{NO}_2 + 2 \, \mathrm{H}_2 \mathrm{O}$
- (8) $CH_3COONa + HCl \longrightarrow CH_3COOH + NaCl$

- 【問 2】

ハロゲンに関する次の問に答えよ.下に記した気体のうち,次の記述に該当する ものをすべて選び、分子式で答えよ.

[一酸化炭素, 二酸化炭素, 窒素, アンモニア, 硫化水素, 一酸化窒素, 二酸化窒素]

- (1) 水上置換法で捕集できる.
- (2) 有色である.
- (3) 水で湿らせた赤色リトマス紙を青く変色させる.
- (4) 石灰水に通じると、白色の沈殿を生じる.
- (5) Ag⁺ を含む酸性の水溶液に加えると、黒色の沈殿を生じる.

√ 解答

- (1) CO, N_2 , NO
- (2) NO₂
- (3) NH₃
- (4) CO_2
- (5) H₂S

.....【問 3】

ア, イ, ウ, エ, アスタチンの5元素 (原子番号順) は, 周期表の オ族に属し, ハロゲンと呼ばれる. ハロゲンの原始はいずれも価電子を カ 個もつ. そのため電子を1個取り入れ, キ 価の ク イオンになりやすい. ハロゲンの単体はケ原子分子であるが, 他の元素と化合物を作りやすいので天然にはほとんど存在しない. ハロゲンの単体は原子番号が大きくなるとともに, 沸点・融点が コ くなる. 例えば, ウ の単体は常温で サ 色の液体, エ の単体は常温で シ 色の昇華性の ス 結晶である.

フッ素はハロゲンの中で最も反応しやすく,ほとんどの元素と反応してフッ化物を作る.水素と混ぜると,冷暗所でも爆発的に反応してフッ化水素となる.また,水とも激しく反応し,セを発生してフッ化水素となる.(a)フッ化水素は,蛍石に濃硫酸を加えて発生させることができる.(b)

フッ化水素は他のハロゲン化水素に比べ、沸点・融点が非常に y い. $_{(c)}$ フッ化水素酸は g 酸であるが、ガラスを溶かしてしまう性質がある.これは、フッ化水素酸がガラスの主成分である f と反応する $_{(d)}$ からである.

- (1) アーチに当てはまる、最も適切な語句や数字を答えよ.
- (2) 下線部 (a), (b), (d) の反応を化学反応式で表せ.
- (3) フッ化水素が下線部 (c) のような性質を持つ理由を簡潔に説明せよ.

【2016 早稲田大 改】

₩ 解答

- (1) ア:フッ素 イ:塩素 ウ:臭素 エ:ヨウ素 オ:17 カ:7

 キ:1 ク:陰 ケ:ニ コ:高 サ:赤褐 シ:黒紫 ス:分子

 セ:酸素 ソ:高 タ:弱 チ:二酸化ケイ素
- (2) (a) $2 F_2 + 2 H_2 O \longrightarrow 4 HF + O_2$
 - (b) $CaF_2 + H_2SO_4 \longrightarrow 2HF + CaSO_4$
 - (d) $6\,\mathrm{HF} + \mathrm{SiO}_2 \longrightarrow \mathrm{H}_2\mathrm{SiF}_6 + 2\,\mathrm{H}_2\mathrm{O}$
- (3) 分子間で水素結合を形成するため.

【問 4】

単体の臭素は希硫酸中で臭化カリウムを酸化マンガン (IV) で酸化して得られる. また, 臭化カリウム水溶液に塩素水を加えると単体の臭素が遊離する. (c)

- (1) アに適切な語句を、イに化学式を記せ.
- (2) 下線部 (a), (b), (c) の反応を化学反応式で表せ.
- (3) トイレ用の洗浄剤には、塩酸を含むタイプと次亜塩素酸ナトリウムを含むタイプがあるが、これらの異なるタイプ同士を「混ぜるな危険」と注意書きされている。その理由を化学反応式を用いて説明せよ。

【2017 防衛医大、長崎県立大】

₩ 解答

- (1) ア:共有 イ NaCl
- (2) (a) $MnO_2 + 4HCl \longrightarrow Cl_2 + MnCl_2 + 2H_2O$
 - (b) $Ca(ClO)_2 \cdot 2H_2O + 4HCl \longrightarrow 2Cl_2 + CaCl_2 + 4H_2O$
 - (c) $KBr + Cl_2 \longrightarrow 2 KCl + Br_2$
- (3) NaClO + 2 HCl \longrightarrow NaCl + H₂O + Cl₂ のように反応し、有毒な塩素ガスが発生するから.

- 【問 5】-

硫酸の工業的製法では,はじめに硫黄を燃焼させて二酸化硫黄をつくる $._{(a)}$ 次に,酸化バナジウム $(V)_{(b)}$ を ア として二酸化硫黄を空気酸化して三酸化硫黄にする $._{(c)}$ その後,三酸化硫黄を濃硫酸に吸収させて発煙硫酸とし,それを薄めて濃硫酸を得る.このような硫酸の工業的製法を 不法という.

- (1) ア, イに当てはまる適切な語句を記せ.
- (2) 下線部 (a) および (c) の反応を化学反応式で表せ.
- (3) 下線部 (b) の化学式を記せ.
- (4) 硫黄 16kg をすべて硫酸に変えたとすると、98% 濃硫酸は計算上何 kg 得られるか、有効数字 2 桁で記せ、ただし、H=1.0, O=16, S=32 とする、
- (5) 濃硫酸から希硫酸を調製する方法を説明せよ.
- (6) 次の (a) \sim (e) の試薬の組み合わせで発生する気体を化学式で記せ.
 - (a) 亜鉛に希硫酸を加えた.
 - (b) 硫化鉄 (II) に希硫酸を加えた.
 - (c) 塩化ナトリウムに硫酸を加えて加熱した(†).
 - (d) 銅に濃硫酸を加えて加熱した.
 - (e) ギ酸に濃硫酸を加えて加熱した.

【2018 大阪工業大 改】

₩ 解答

- (1) ア:触媒 イ:接触
- $(2) \ \ (a) \ \ S + O_2 \longrightarrow SO_2$
 - (b) $2 SO_2 + O_2 \longrightarrow 2 SO_3$
- $(3) V_2O_5$
- (4) S に注目すると、S \longrightarrow SO $_2$ \longrightarrow SO $_3$ \longrightarrow H $_2$ SO $_4$ と変化しているから、使用した S と生成する H $_2$ SO $_4$ の物質量は同じ.よって、生成する硫酸のを x (g) とすると

$$\frac{1.6 \times 10^{3}(g)}{32(g/\text{mol})} = \frac{x \times 10^{3} \times \frac{98}{100}(g)}{98(g/\text{mol})}$$

より, x = 50(kg) である.

- (5) 多量の水をよく混ぜながら、その中に少しずつ濃硫酸を加えていく. (濃硫酸は溶解熱が極めて大きいので、濃硫酸に水を加えると沸騰し、濃硫酸と混じって飛散する恐れがある.)
- (6) (a) $\mathrm{H_2}$ (b) $\mathrm{H_2S}$ (c) HCl (d) $\mathrm{SO_2}$ (e) CO
 - (c) は揮発性の酸の遊離反応であり、次のような反応式で書かれる:

$$\mathrm{NaCl} + \mathrm{H_2SO_4} \longrightarrow \mathrm{HCl} + \mathrm{NaHSO_4}$$

【問 6】

第 ア 周期の 2 族元素であるカルシウムの化合物は、工業製品の原料や建築材料として多用されている。大理石、貝殻などの主成分である イ は、加熱すると ウ になる。は エ 酸化物で、水を加えると オ して カ になる。

 ${
m Ca(OH)_2}$ の飽和水溶液に ${
m CO_2}$ を通じると ${
m CaCO_3}$ が得られ、水溶液は白濁する. ${
m (a)}$ この水溶液にさらに ${
m CO_2}$ を通じ続けると ${
m CaCO_3}$ が溶けて透明になる. ${
m (b)}$ また, ${
m CaCO_3}$ に希塩酸を加えると塩化カルシウムが得られる. ${
m (c)}$

- (1) ア〜カに当てはまる適切な語句や化学式を記せ.
- (2) 下線部 (a), (b), (c) の反応を化学反応式で表せ.
- (3) 次の記述のうち、誤りを含むものをすべて選べ.
 - (a) セッコウに濃硫酸を加えて加熱するとフッ化水素が生成する.
 - (b) 高度さらし粉 (CaCl(ClO) $_2 \cdot 2H_2O$) に希塩酸を加えると塩素が発生する.
 - (c) 塩化カルシウムはアンモニアの乾燥剤として用いられる.
 - (d) カルシウム、ストロンチウム、バリウムは炎色反応を示す、
 - (e) マグネシウムの硫酸塩は水によく溶けるが, バリウムの硫酸塩は水に溶けにくい.
 - (f) マグネシウムは常温の水とはほとんど反応しないが、熱水とは反応して 水素を発生する.

【2023 同志社大,防衛医大,神戸学院大 改】

₩ 解答

- (2) (a) $Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow CaCO_3 + H_2O$
 - (b) $CaCO_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$
 - (c) $CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$
- (3) (a), (c)

- 【問 7】-

鉄は濃硝酸とは反応しない(a)が、他の強酸とは反応して溶ける.

鉄を希塩酸に溶かすと淡緑色の水溶液となる.このとき,気体が発生する $._{(b)}$ この水溶液にさらに塩素を通じると,黄褐色の水溶液になる $._{(c)}$ また,鉄を強く熱すると黒さび ア が生じる.

- (1) 下線部 (a) の理由を説明せよ.
- (2) (b), (c) の反応を化学反応式で表せ.
- (3) ア に適切な化学式を記せ.
- (4) 下線部 (b) の水溶液を 2 つに分け、それぞれに NaOH、 K_3 [Fe(CN)₆] 水溶液を加えたときにどのような変化を生じるか記せ.
- (5) 下線部 (c) の水溶液を 2 つに分け、それぞれに KSCN、 $K_2[Fe(CN)_6]$ 水溶液を加えたときにどのような変化を生じるか記せ.

W解答

- (1) 不動態を形成するから.
- (2) (a) Fe + 2 HCl \longrightarrow FeCl₂ + H₂ (b) 2 FeCl₂ + Cl₂ \longrightarrow 2 FeCl₃
- (3) $\operatorname{Fe_3O_4}$
- (4) NaOH:緑白色の沈殿が生ずる. $K_3[Fe(CN)_6]$:濃青色沈殿が生ずる.
- (5) NaOH:血赤色を呈する. $K_2[Fe(CN)_6]$:濃青色沈殿が生ずる.

- 【問 8】

 Ag^+ , Ba_2^+ , Zn_2^+ , Fe_2^+ , Al_3^+ , Cu_2^+ , Pb_2^+ の7種類の陽イオンのうちいずれか1種類のみを含む5つの水溶液 A~E に次の実験を行った.以下の実験結果から、水溶液 A~E に含まれる陽イオンを決定せよ.

- (1) 希硫酸を加えると A と E に沈殿が生じた.
- (2) アンモニア水を加えると A~D に沈殿が生じ、さらに過剰のアンモニア水を加えると D の沈殿が溶解した.
- (3) 水酸化ナトリウム水溶液を加えると $A \sim D$ に沈殿が生じ、さらに過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えると A, B, D の沈殿が溶解した.
- (4) 希塩酸を加えると、A に沈殿が生じた.
- (5) 炎色反応を行うと, E が炎色反応を示した.

W解答

(A) Pb_2^+ (B) Al_3^+ (C) Fe_2^+ (D) Zn_2^+ (E) Ba_2^+