1 非金属元素

1.1 水素

赤熱したコークスに水蒸気を吹き付ける 工

 $C + H_2O \longrightarrow H_2 + CO$

水 (水酸化ナトリウム水溶液) の電気分解

 $2 H_2 O \longrightarrow 2 H_2 + O_2$

金属(鉄と亜鉛)と希薄強酸(塩酸)

 $Fe + 2 HCl \longrightarrow FeCl_2 + H_2 \uparrow$

 $Zn + 2 HCl \longrightarrow ZnCl_2 + H_2 \uparrow$

H₂の可燃性 (爆鳴気)

 $2 H_2 + O_2 \longrightarrow H_2O$

加熱した酸化銅(Ⅱ)と水素

 $CuO + H_2 \longrightarrow Cu + H_2O$

水素ナトリウムと水

 $\mathrm{NaH} + \mathrm{H_2O} \longrightarrow \mathrm{NaOH} + \mathrm{H_2}$

1.2 貴ガス

 $^{40}{
m K}$ の電子捕獲

 $^{40}\text{K} + \text{e}^- \longrightarrow ^{40}\text{Ar}$

1.3 ハロゲン

塩化ナトリウム水溶液の電気分解 工

 $2 \operatorname{NaCl} + 2 \operatorname{H}_2 O \longrightarrow \operatorname{Cl}_2 + \operatorname{H}_2 + 2 \operatorname{NaOH}$

酸化マンガン (IV) に濃塩酸を加えて加熱

$$\mathrm{MnO_2} + 4\,\mathrm{HCl} \xrightarrow{\quad \Delta \quad} \mathrm{MnCl_2} + \mathrm{Cl_2} \uparrow \\ + 2\,\mathrm{H_2O}$$

高度さらし粉と塩酸

$$Ca(ClO)_2 \cdot 2H_2O + 4HCl \longrightarrow CaCl_2 + 2Cl_2 \uparrow + 4H_2O$$

さらし粉と塩酸

$$CaCl(ClO) \cdot H_2O + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + Cl_2 \uparrow + 2H_2O$$

$$MgBr_2 + Cl_2 \longrightarrow MgCl_2 + Br_2$$

ヨウ化カリウムと塩素

$$2\,\mathrm{KI} + \mathrm{Cl}_2 \longrightarrow 2\,\mathrm{KCl} + \mathrm{I}_2$$

塩化カリウムと臭素

何も起きない

フッ素と水素

$$H_2+F_2 \xrightarrow{$$
常温で爆発的に反応 $} 2HF$

塩素と水素

$$m H_2 + Cl_2 \xrightarrow{ ext{ 光を当てると爆発的に反応}} 2\,HCl$$

臭素と水素

$$H_2 + Br_2 \xrightarrow{\bar{n}$$
温で反応 $2 HBr$

ヨウ素と水素

$$H_2+I_2$$
 高温で平衡 $2\,\mathrm{HI}$

フッ素と水

$$2\,F_2 + 2\,H_2O \longrightarrow 4\,HF + O_2$$

塩素と水

 $Cl_2 + H_2O \Longrightarrow HCl + HClO$

臭素と水

 $Br_2 + H_2O \Longrightarrow HBr + HBrO$

ヨウ素の固体がヨウ化物イオン存在下で溶解する反応

 $I_2 + I^- \longrightarrow I_3^-$

ホタル石に濃硫酸を加えて加熱 (弱酸遊離)

 $CaF_2 + H_2SO_4 \xrightarrow{\Delta} CaSO_4 + 2HF \uparrow$

水素と塩素 エ

 $H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2 HCl \uparrow$

塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱(弱酸酸・揮発性酸の追い出し)

 $NaCl + H_2SO_4 \xrightarrow{\quad \Delta \quad} NaHSO_4 + HCl \uparrow$

気体のフッ化水素がガラスを侵食する反応

 $SiO_2 + 4 HF(g) \longrightarrow SiF_4 \uparrow + 2 H_2O$

フッ化水素酸(水溶液)がガラスを侵食する反応

 $\mathrm{SiO}_2 + 6\,\mathrm{HF}\left(\mathrm{aq}\right) \longrightarrow \mathrm{H}_2\mathrm{SiF}_6 \uparrow + 2\,\mathrm{H}_2\mathrm{O}$

塩化水素によるアンモニアの検出

 $HCl + NH_3 \longrightarrow NH_4Cl$

酸化銀(1)にフッ化水素酸を加えて蒸発圧縮

 $\rm Ag_2O + 2\,HF \longrightarrow 2\,AgF + H_2O$

ハロゲン化水素イオンを含む水溶液と硝酸銀水溶液

 $Ag^+ + X^- \longrightarrow AgX \downarrow$

水酸化ナトリウム水溶液と塩素

 $2 \operatorname{NaOH} + \operatorname{Cl}_2 \longrightarrow \operatorname{NaCl} + \operatorname{NaClO} + \operatorname{H}_2\operatorname{O}$

水酸化カルシウムと塩素

$$Ca(OH)_2 + Cl_2 \longrightarrow CaCl(ClO) \cdot H_2O$$

次亜塩素酸:酸化剤として反応(殺菌・漂白作用)

$$\text{ClO}^- + 2 \, \text{H}^+ + 2 \, \text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^-$$

塩素酸カリウムによる酸素の生成(二酸化マンガンを触媒に加熱)

$$2 \text{ KClO}_3 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2 \text{ KClO} + 3 \text{ O}_2 \uparrow$$

1.4 酸素

水(水酸化ナトリウム水溶液)の電気分解

$$2\,H_2O \longrightarrow 2\,H_2\,\uparrow + O_2\,\uparrow$$

過酸化水素水(オキシドール)の分解

$$2\,H_2O_2\xrightarrow{MnO_2}O_2\uparrow + 2\,H_2O$$

塩素酸カリウムの熱分解

$$2 \text{ KClO}_3 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2 \text{ KClO} + 3 \text{ O}_2 \uparrow$$

酸素の酸化剤としての反応

$$O_2 + 4 H^+ + 4 e^- \longrightarrow 2 H_2 O$$

オゾン生成:酸素中で無声放電/強い紫外線を当てる

$$3\,O_2 \longrightarrow 2\,O_3$$

オゾンの酸化剤としての反応

$$O_3 + 2 H^+ + 2 e^- \longrightarrow O_2 + H_2O$$

オゾンが湿らせたヨウ化カリウムでんぷん紙を青色に変色

$$O_3 + 2 KI + H_2O \longrightarrow I_2 + O_2 + 2 KOH$$

酸化カルシウムと水

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$

二酸化窒素と水

$$3 \text{ NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{ HNO}_3 + \text{NO}$$

酸化銅(Ⅱ)と塩化水素

$$CuO + 2HCl \longrightarrow CuCl_2 + H_2O$$

酸化アルミニウムと硫酸

$$Al_2O_3 + 3H_2SO_4 \longrightarrow Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$$

酸化アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液

$$Al_2O_3 + 2 NaOH \longrightarrow 3 H_2O + 2 Na[Al(OH)^+]$$

二酸化炭素と水酸化ナトリウム

$$CO_2 + 2 NaOH \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O$$

1.5 硫黄

高温で多くの金属(Au、Ptを除く)との反応(鉄と硫黄を混ぜて加熱)

$$Fe + S \longrightarrow FeS$$

硫黄が空気中で青色の炎を上げて燃焼

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2$$

酸化鉄(Ⅱ)と希塩酸

$$\mathrm{FeS} + 2\,\mathrm{HCl} \longrightarrow \mathrm{FeCl_2} + \mathrm{H_2S}\!\uparrow$$

酸化鉄(Ⅱ)と希硫酸

$$FeS + H_2SO_4 \longrightarrow FeSO_4 + H_2S \uparrow$$

硫化水素とヨウ素

$$H_2S + I_2 \longrightarrow S + 2\,HI$$

酢酸鉛(IV)水溶液と硫化水素(難溶性の塩)

 $(CH_3COO)_2Pb + H_2S \longrightarrow PbS + 2CH_3COOH$

二酸化硫黄の還元剤としての反応(漂白作用)

$$SO_2 + 2 H_2 O \longrightarrow SO_4^{2-} + 4 H^+ + 2 e^-$$

二酸化硫黄の酸化剤としての反応

$$SO_2 + 4H^+ + 4e^- \longrightarrow S + 2H_2O$$

硫化水素の燃焼

$$2 H_2 S + 3 O_2 \longrightarrow 2 SO_2 + 2 H_2 O$$

亜硫酸ナトリウムと希硫酸

$$Na_2SO_3 + H_2SO_4 \xrightarrow{\Delta} NaHSO_4 + SO_2 \uparrow + H_2O$$

銅と熱濃硫酸

$$Cu + 2 H_2 SO_4 \longrightarrow Cu SO_4 + SO_2 \uparrow + 2 H_2 O$$

二酸化硫黄の水への溶解

$$SO_2 + H_2O \longrightarrow H_2SO_3$$

二酸化硫黄と硫化水素

$$SO_2 + 2H_2S \longrightarrow 3S + 3H_2O$$

硫酸酸性で過マンガン酸カリウムと二酸化硫黄

 $2 \text{ KMnO}_4 + 5 \text{ SO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{ MnSO}_4 + 2 \text{ H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$

接触法

黄鉄鉱 FeS2 の燃焼

$$4 \operatorname{FeS}_2 + 11 \operatorname{O}_2 \longrightarrow 2 \operatorname{Fe}_2 \operatorname{O}_3 + 8 \operatorname{SO}_2$$

酸化バナジウム触媒で酸化

$$2 SO_2 + O_2 \xrightarrow{V_2O_5} 2 SO_3$$

濃硫酸に吸収させて発煙硫酸とした後、希硫酸を加えて希釈

$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

硝酸カリウムに濃硫酸を加えて加熱

$$KNO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow HNO_3 + KHSO_4$$

スクロースと濃硫酸

$$C_{12}H_{22}O_{11} \xrightarrow{H_2SO_4} 12C + 11H_2O$$

希硫酸と水酸化ナトリウム

$$H_2SO_4 + 2 NaOH \longrightarrow Na_2SO_4 + 2 H_2O$$

銀と熱濃硫酸

$$2 \operatorname{Ag} + 2 \operatorname{H}_2 \operatorname{SO}_4 \longrightarrow \operatorname{Ag}_2 \operatorname{SO}_4 + \operatorname{SO}_2 + 2 \operatorname{H}_2 \operatorname{O}$$

塩化バリウム水溶液と希硫酸

$$BaCl_2 + H_2SO_4 \longrightarrow BaSO_4 \downarrow + 2HCl$$

亜硫酸ナトリウム水溶液に硫黄を加えて加熱

$$Na_2SO_4 + S_n \longrightarrow Na_2S_2O_3$$

ヨウ素とチオ硫酸ナトリウム

$$I_2 + 2 Na_2S_2O_3 \longrightarrow 2 NaI + Na_2S_4O_6$$

1.6 窒素

亜硝酸アンモニウムの熱分解

$$NH_4NO_2 \longrightarrow N_2 + 2H_2O$$

窒素と酸素

$$N_2 + 2 O_2 \longrightarrow 2 NO_2$$
 $\begin{cases} N_2 + O_2 \longrightarrow 2 NO \\ 2 NO + O_2 \longrightarrow 2 NO_2 \end{cases}$

窒素とマグネシウム

$$3 \,\mathrm{Mg} + \mathrm{N}_2 \longrightarrow \mathrm{Mg}_3 \mathrm{N}_2$$

ハーバーボッシュ法(低温高圧で、四酸化三鉄($\operatorname{Fe_3O_4}$)触媒)

$$N_2 + 3 H_2 \Longrightarrow 2 NH_3$$

塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを混ぜて加熱

 $2 \, \mathrm{NH_4Cl} + \mathrm{Ca(OH)_2} \longrightarrow 2 \, \mathrm{NH_3} \uparrow + \mathrm{CaCl_2} + 2 \, \mathrm{H_2O}$

硫酸とアンモニア

$$2 NH_3 + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4$$

塩素の検出

$$NH_3 + HCl \longrightarrow NH_4Cl \downarrow$$

アンモニアと二酸化炭素

$$2 \text{ NH}_3 + \text{CO}_2 \longrightarrow (\text{NH}_2)_2 \text{CO} + \text{H}_2 \text{O}$$

硝酸アンモニウムの熱分解

銅と希硝酸

$$3 \text{ Cu} + 8 \text{ HNO}_3 \longrightarrow 3 \text{ Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2 \text{ NO} + 4 \text{ H}_2\text{O}$$

一酸化窒素と酸素が反応

$$2 \text{ NO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{ NO}_2$$

銅と濃硝酸

$$Cu + 4 HNO_3 \longrightarrow Cu(NO_3)_2 + 2 NO_2 + 2 H_2O$$

二酸化窒素と水の反応

冷水: $2NO_2 + H_2O \longrightarrow HNO_3 + HNO_2$

温水: $3 \text{ NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{ HNO}_3 + \text{NO}$

オストワルト法

$$NH_3 + 2O_2 \longrightarrow HNO_3 + H_2O$$

手順

1. 白金触媒でアンモニアを酸化

$$4 \, \mathrm{NH_3} + 5 \, \mathrm{O_2} \longrightarrow 4 \, \mathrm{NO} + 6 \, \mathrm{H_2O}$$

2. 空気酸化

$$2 \text{ NO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{ NO}_2$$

3. 水と反応

$$3 \text{ NO}_2 + \text{H}_2 \text{O} \longrightarrow 2 \text{ HNO}_3 + \text{NO}$$

硝酸塩に濃硫酸を加えて加熱

$$NaNO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow NaHSO_4 + HNO_3$$