

3年生理型化学・理数化学:自習用資料

この資料は自分で教科書を読むための補助資料、教科書に書かれていない知識の補足資料です。教科書が「物質別」に反応を扱っているのに対して、この資料は「反応の種類別」に反応を扱っています。

★このプリントの使い方

全部読むのがめんどくさい！という人は、このプリントの練習・問いをまず解いてみてください。

解けなかった箇所の説明を優先して読めばそれで大丈夫です。

また、一部動画でも解説をしています。米原高校 Web サイトをチェックして、必要だと思ったら見てみてね。

プリントを読んで、もう一度 5/6 までに出されていたセミナーの問題の間違えたところを解いてください。

セミナーを解いたノートを成果物として提出します。

無機化学の学習方法

① 教科書を読む

5/6 までの課題で、すでにやってくれていると思います。

どんな物質や反応を扱っているのかを大体頭に入れます。

② 反応のメカニズムを理解する

今回の補助資料を使って、教科書に登場してきたたくさんの反応を

分類・整理していきましょう。自信を持って反応式が書けるようになります。

③ セミナーの基本問題までを解く

無機化学はとにかく覚えることがおおいので、セミナーの基本問題を解いて、知識が定着しているか確認していこう。

覚えられていない項目は、教科書にマーカーを引いてチェックを！

そうすると、自分の苦手なところにだけマーカーが引かれた

自分だけの教科書が完成します！

また、共通テストでは実験方法に関する設問が増えることが予想されます

解説と一緒に資料集を見て、ビジュアルで理解していきましょう。

(④ セミナーの発展問題に挑戦する)

受験レベルの問題です。基本問題が解けないとかなり厳しいです。

まずは基本問題がすらすらできるほうが先決。あわてないで！

目次

無機化学①	反応のパターン2	酸化物+水酸化物・水酸化物・オキソ酸	.....	p2
無機化学②	反応のパターン1	酸化還元反応	.....	p4
無機化学③	反応のパターン3, 4, 5	酸と塩基に関する反応	.....	p10
無機化学④	反応のパターン6	分解反応	.....	p15
無機化学⑤		沈澱生成反応	.....	p16
無機化学⑥	反応のパターン7	錯イオン形成反応	.....	p19

① 酸化物

教 p215

ある元素と酸素との化合物が酸化物である。結合する元素の種類によって、酸化物は以下の 3 種類に分類される。酸性酸化物は塩基と反応し、塩基性酸化物は酸と反応する。両性酸化物は酸とも塩基とも反応する。

酸性酸化物 …非金属元素の酸化物 例)二酸化硫黄 SO_2 , 二酸化窒素 NO_2 など
塩基性酸化物 …金属元素の酸化物 例)酸化ナトリウム Na_2O , 酸化カルシウム CaO
両性酸化物 …両性元素の酸化物 例)酸化アルミニウム Al_2O_3 , 酸化亜鉛 ZnO
※両性元素は **Al, Zn, Sn, Pb**(あすなり両性に溶ける)の 4 つ

酸性酸化物は非金属元素 + 非金属元素の組み合わせなので、共有結合している。

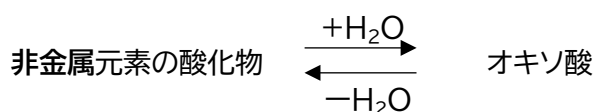
したがって、非金属元素の酸化物は分子である。

② オキソ酸

教 p216

酸性酸化物に水を加えると、オキソ酸になる。

オキソ酸のオキソとはもちろん酸素 O の意味。分子中に酸素を含む酸のことをオキソ酸という。



練習 1(復習)

以下のオキソ酸の電子式と構造式を書いてみましょう

(1)硫酸 H_2SO_4

(2)硝酸 HNO_3

(3)過塩素酸 HClO_4

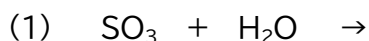
コラム:コロナ禍で大活躍の次亜塩素酸ナトリウム

教科書 p216 の表にあるオキソ酸は名称と分子式を書けるようにしておきましょう。名前の付け方にも法則があります。塩素酸系列は、塩素酸 HClO_3 を基準として、酸素が一つ減ると「亜」、二つ減ると「次亜」、逆に一つ増えてもうこれ以上 O がつけられないときは「過」をつけて呼びます。

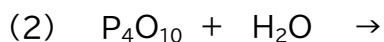
キッチンハイターの主成分、次亜塩素酸ナトリウム NaClO は、次亜塩素酸 HClO の水素イオンがナトリウムイオンと変わったものです。これは、酢酸 CH_3COOH と酢酸ナトリウム CH_3COONa の関係と同じです。次亜塩素酸ナトリウムは強い酸化作用によって、殺菌や漂白に利用されます

練習 2(復習)

以下の酸化物が水と反応したときの化学反応式を書け



教 p218(38)式



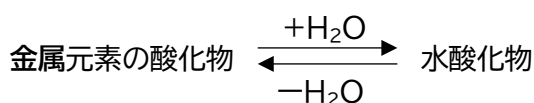
教 p225(58)式

③ 水酸化物

教 p238 や教 p243 など

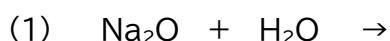
塩基性酸化物に水を加えると、水酸化物になる。

水酸化物は金属イオンと水酸化物イオンからなるイオン性物質である。

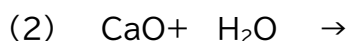


練習 3(復習)

以下の酸化物が水と反応したときに生成する水酸化物を書け。



教 p238(72)式



教 p242(88)式

★まとめ 酸性酸化物は水を加えるとオキソ酸になる。塩基性酸化物は水を加えると水酸化物になる。

酸性酸化物	オキソ酸
CO_2	H_2CO_3
SiO_2	H_2SiO_3
NO_2	HNO_3
P_4O_{10}	H_3PO_4
SO_2	H_2SO_3
SO_3	H_2SO_4

教科書
P228(66)式
P229
P223(52)式
P225(58)式
P215(22)式
P218(38)式

塩基性酸化物	水酸化物
Na_2O	NaOH
K_2O	KOH
CaO	Ca(OH)_2
MgO	Mg(OH)_2
ZnO	Zn(OH)_2
Al_2O_3	Al(OH)_3

教科書
P238(72)式
—
P242(88)式
—
水にほぼ溶けない
水にほぼ溶けない

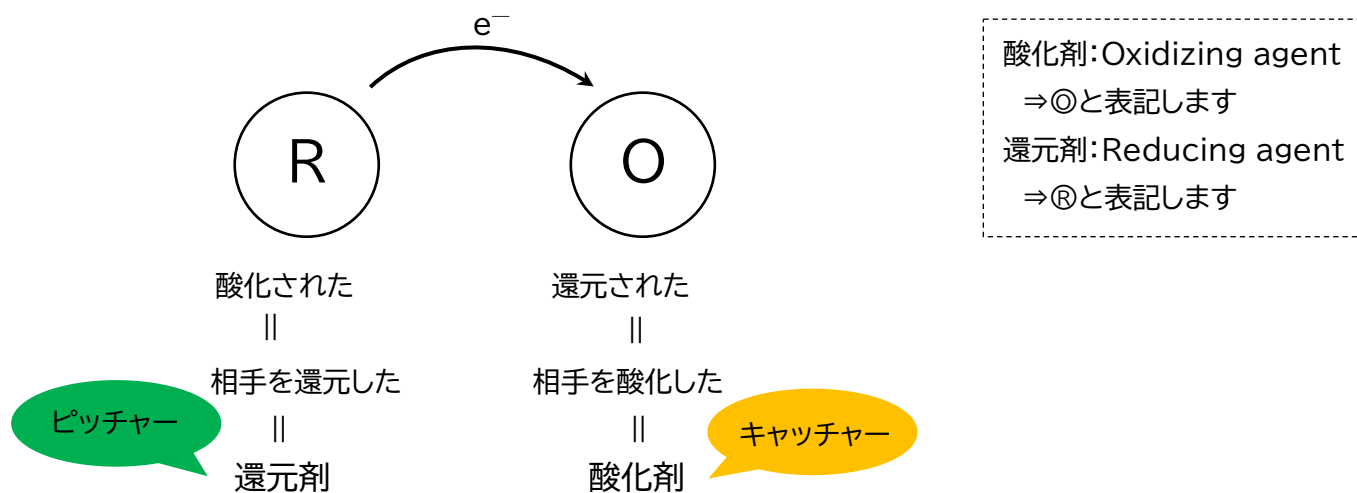
1. 酸化還元反応の復習

基礎教 p164～

酸化還元反応は、ざっくりいうとある物質からある物質へ電子 e^- が移動する反応のこと。

e^- を放出することを「酸化された」、 e^- を受け取ることを「還元された」と定義する。

e^- を放出して相手を還元する物質を、還元剤。 e^- を受け取って相手を酸化する物質を酸化剤と呼ぶ。



無機化学に出てくる反応の中には、この酸化剤と還元剤が反応する酸化還元反応がとても多い。

しかし、多くの人が酸化還元反応を苦手としている。それは、 e^- の移動が目に見えにくいから。

たとえば、以下の式はどちらが酸化剤でどちらが還元剤かわかるだろうか？



すぐには判断できなかった人も多いのではないだろうか？「化学反応式には電子 e^- が書き表されていない」から難しいよね。これが酸化還元反応をわかりにくくさせている最大の原因である。

したがって、酸化還元反応を理解するためには、「還元剤が e^- を放出している式」と「酸化剤が e^- を受け取っている式」を別々に表現した式を書くといい。これが半反応式である。

2. 半反応式の復習

基礎教 p172～

半反応式を書くためには、代表的な酸化剤と還元剤、そしてそれが反応後に何に変化するのかを頭に入れる必要がある。

練習 4(復習)

次表の①～⑳をうめて、表を完成させよう。 解答は教 p172

代表的な酸化剤 O

名称	反応前	反応後
過マンガン酸カリウム(酸性溶液中)	① (赤紫色) →	② (ほぼ無色)
二クロム酸カリウム	③ (赤橙色) →	④ (緑色)
濃硝酸(濃い硝酸のこと)	⑤ →	⑥
希硝酸(薄い硝酸のこと)	⑦ →	⑧
熱濃硫酸(濃硫酸を加熱したもの)	⑨ →	⑩
ハロゲンの単体 例)塩素	⑪ →	⑫
酸素	O_2 →	$2H_2O$
オゾン	O_3 →	$O_2 + H_2O$
過酸化水素	⑬ →	⑭
二酸化硫黄	⑮ →	⑯

代表的な還元剤 R

名称	反応前	反応後
金属の単体 例)Na	⑰ →	⑱
硫化水素	⑲ →	⑳
シュウ酸	㉑ →	㉒
ハロゲン化物イオン 例)ヨウ化物イオン	㉓ →	㉔
鉄(Ⅱ)イオン	㉕ →	㉖
スズ(Ⅱ)イオン	Sn^{2+} →	Sn^{4+}
チオ硫酸イオン	$S_2O_3^{2-}$ →	$S_4O_6^{2-}$
過酸化水素	㉗ →	㉘
二酸化硫黄	㉙ →	㉚

※ 過酸化水素と二酸化硫黄は、酸化剤にも還元剤にもなる。

過酸化水素は普段は酸化剤 O だが、相手が $KMnO_4$ のような強力な酸化剤 O だと還元剤 R として働く。

二酸化硫黄は普段は還元剤 R だが、相手が H_2S のような強力な還元剤 R だと、酸化剤 O として働く。

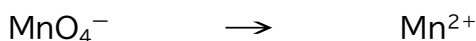
これらが頭に入ったら、いよいよ半反応式を書いていこう！

★半反応式の作り方

- ① 酸化剤・還元剤が何に変わるか書く
(練習 4 で頭に入れたやつ)
- ② 両辺の O の数を H_2O でそろえる
- ③ 両辺の H の数を H^+ でそろえる
- ④ 両辺の総電荷を e^- を加えてそろえる

この作り方にしたがって、過マンガン酸イオンの酸性溶液中における半反応式を作ってみよう。

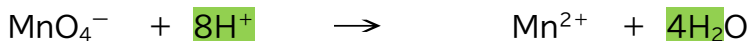
- ① まず、左辺に過マンガン酸イオン。右辺にはそれが変化したあとの Mn^{2+} を書く。



- ② H_2O を加えて、O の数を合わせる。



- ③ H^+ を加えて H の数を合わせる。



- ④ 左辺には 1 価の陰イオンが 1 つ、1 価の陽イオンが 8 つあるので、総電荷は「+7」
右辺には 2 価の陽イオンが 1 つ、電荷をもたない水が 4 つあるので、総電荷は「+2」
そこで、左辺に e^- を 5 つ加えて、左右の総電荷を +2 にそろえる。



これで基礎教 p172 に載っているような半反応式を自分で書けるようになった。

なお、この反応で、マンガンの酸化数は $+7 \rightarrow +2$ に変化していることもおさえておこう。

e^- を 5 つ受け取ったからである。

練習 5(復習)

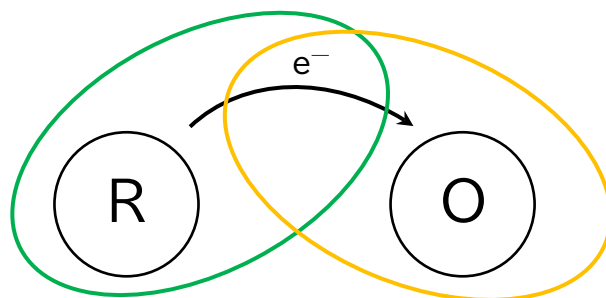
以下の反応の半反応式を作る練習をしよう。 解答は教科書 p172

★代表的な酸化剤★

- ① 過マンガン酸イオン $\text{MnO}_4^- \longrightarrow \text{Mn}^{2+}$
- ② ニクロム酸イオン $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} \longrightarrow \text{Cr}^{3+}$
- ③ 塩素 $\text{Cl}_2 \longrightarrow \text{Cl}^{2-}$
- ④ 過酸化水素(酸化剤として) $\text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{O}$
- ⑤ 二酸化硫黄(酸化剤として) $\text{SO}_2 \longrightarrow \text{S}$

★代表的な還元剤★

- ① シュウ酸 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \longrightarrow \text{CO}_2$
- ② 硫化水素 $\text{H}_2\text{S} \longrightarrow \text{S}$
- ③ スズ(Ⅱ)イオン $\text{Sn}^{2+} \longrightarrow \text{Sn}^{4+}$
- ④ 過酸化水素(還元剤として) $\text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow \text{O}_2$
- ⑤ 二酸化硫黄(還元剤として) $\text{SO}_2 \longrightarrow \text{SO}_4^{2-}$



半反応式が書けるようになった。これは酸化還元反応でいうと、還元剤が電子を放出する様子と、酸化剤が電子を受け取る様子を別々に書けるようになったということだ。しかし、実際にはこの二つの反応は同時に起こっている。そこで、二つの半反応式を 1 つの式にまとめよう。

まとめるときは、「還元剤が放出した e^- の数と、酸化剤が受け取った e^- の数は等しい」ということを思い出そう。半反応式の電子の数を揃えて、足し合わせればよいだけである。

問 25 【基礎教 p176】

(1) 過マンガン酸カリウム(硫酸酸性)と二酸化硫黄の反応式

① まず、過マンガン酸カリウムと二酸化硫黄の化学式を書く。

この反応は、水中で起きているはずなので、イオン性物質はイオンに電離させた形で書いておこう。

過マンガン酸カリウム: $\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{K}^+, \text{MnO}_4^-$

二酸化硫黄 : SO_2

※過マンガン酸カリウムのうち、酸化剤として働くのは MnO_4^- である。 K^+ は特に反応しない。

② 次に、半反応式を作る。(練習 5 参照)

酸化剤 ① $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5e^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O} \quad \dots(\text{i})$ 式

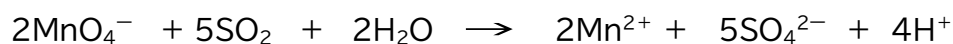
還元剤 ② $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e^- \quad \dots(\text{ii})$ 式

※なぜ二酸化硫黄が還元剤として働いていると判断できたかという、相手が超強力な酸化剤である

過マンガン酸カリウムだから。

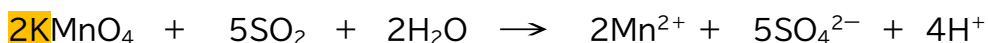
③ 二酸化硫黄 ② が放出した電子の数と、過マンガン酸イオン ① が受け取った電子の数は等しいはずなので、

e^- を消去するように二つの式を足せばよい。(i) 式 $\times 2 +$ (ii) 式 $\times 5$ 。



これで酸化還元反応の **イオン反応式** の完成である。イオン反応式は「反応に関係するイオンにのみ注目して書いた反応式」である。実際にはこの水溶液中には K^+ などの反応に関係していないイオンも含まれている。全体の反応を書き表すにはそれらを補ってやる必要がある。

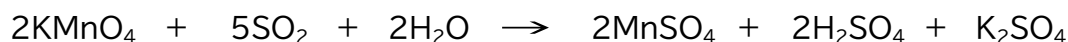
④ イオン反応式を化学反応式にするには、イオン反応式中のイオンの対になるイオンを補って書く必要がある。左辺の対になるイオンを考えるのは簡単である。 MnO_4^- はもともと KMnO_4 という物質だったのだから、補うイオンは **K^+ 2 個** である。



次に右辺を補っていかう。右辺には左辺と同じイオンを同じ個数加えればよいので、右辺にも K^+ 2 個を補う。



あとは、陽イオンと陰イオンを組み合わせ、できるイオン性物質や分子(今回は硫酸)の形に書きなおしてやれば **化学反応式** の完成である。

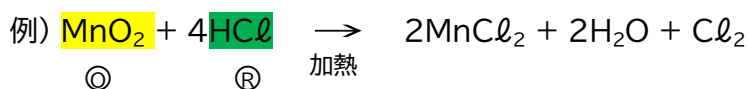


(2)(3)もやってみよう。解答は教 p228

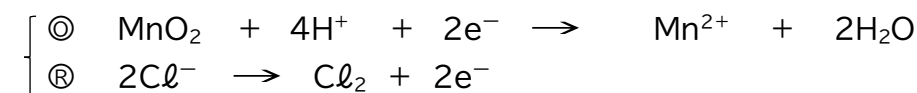
4.無機化学に出てくる酸化還元反応

資 p204

(1) 酸化剤+還元剤の反応(上記の要領で化学反応式を書けば OK) 教 p211 など



この反応は、酸化マンガン(IV)が酸化剤、塩化水素(水中で電離して Cl^- を生じる)の Cl^- が還元剤として働く酸化還元反応である。



(2) 金属の単体と水の反応 基礎教 p184 など

金属の単体には e^- を放出する力があり、その力の大きい順に金属を並べたものがご存知、金属のイオン化列です。

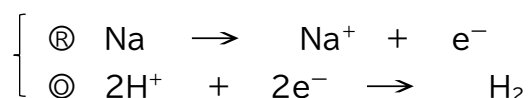
金属のイオン化列

$Li > K > Ca > Na > Mg > Al > Zn > Fe > Ni > Sn > Pb > (H_2) > Cu > Hg > Ag > Pt > Au$

この表で左側にいる Li, K, Ca, Na の単体は、 e^- を放出する力がものすごく強い=強力な還元剤であるということです。そんな金属を水中に入れたらどうなるでしょうか。水は、ほんの少しですが、以下のように電離し、 H^+ が存在します。



水中に Na などの強力な還元剤を入れると、ほんの少しだけ存在する H^+ に e^- を投げつけて、 H_2 が発生します。この二つの反応式を合わせて、 H^+ の対になるイオン(元が水なので OH^-)を補えば教科書 p236(70)式になります。



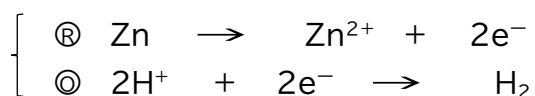
(3)金属単体と酸の反応 基礎教 p185 など

(i)金属のイオン化傾向がHよりも大きいとき

では、金属の単体を酸に加えたときにはどんな反応をするのでしょうか。塩酸などの酸は、水中で以下のように電離し、 H^+ が存在します。



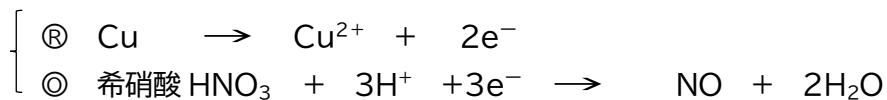
酸は水よりも電離しやすいので、水中の H^+ の数は先ほどの水中よりも多くなります。そうすると、**イオン化傾向がそこそこの金属=そこそこの還元力(具体的にはイオン化傾向が水素より大きい金属)** ならば、 H^+ に e^- を投げつけて還元することができます。この二つの反応式を合わせて、 H^+ の対になるイオン(元が塩酸ならば Cl^-) を補えば教科書 p247(101)式になります。



(ii)金属のイオン化傾向がHよりも小さいとき

金属のイオン化傾向がHよりも小さな金属は、Hよりも e^- を放出する力が弱いので、 H^+ を還元することができません。したがって、 HCl や CH_3COOH のような酸化力のない酸と反応することはありません。

しかしながら、酸化剤として働く酸(希硝酸、濃硝酸、熱濃硫酸)は電子を受け取る力が強いので、イオン化傾向がHよりも小さな金属から電子を受け取ることができます。この二つの反応式を合わせて、 H^+ の対になるイオン(NO_3^-)を補えば教 p223(48)式になります。



(4)自己酸化還元反応

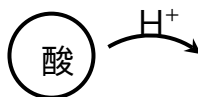
同一物質が酸化剤にも還元剤にもなる反応です。数はそんなに多くないので、出てきたらその都度、頭に入れるとよいと思います。

コラム:混乱してない?~酸性和酸化力~

酸性という言葉と酸化力という言葉を混同していませんか? 酸の中には、酸性と同時に酸化力を持つものがあるため、ごちゃごちゃになってしまう人が多いです。もう一度、それぞれの力を確認しておきましょう。

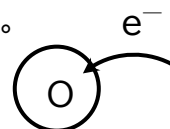
酸性... H^+ を放出する性質のこと。強い酸性、というのは H^+ を放出する力が強いということ。

強い酸性を示す酸: HCl , H_2SO_4 , HNO_3 など



酸化力... e^- を奪う性質のこと。強い酸化力、というのは e^- を奪う力が強いということ。

酸化力のある酸: 濃 HNO_3 , 希 HNO_3 , 熱濃硫酸 H_2SO_4

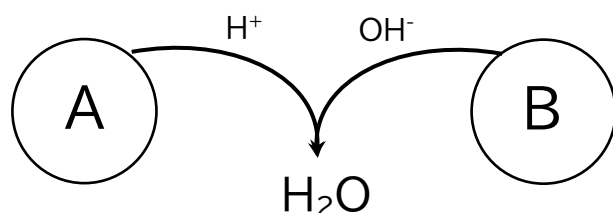


以下の酸は、酸性は示すが、還元力のある酸である。もちろん酸化力はない。

1. 中和反応

基礎教 p164~

中和、とは酸から生じる H^+ と塩基から生じる OH^- から水 H_2O ができる反応である。



酸: Acid
⇒ Ⓐ と表記します
塩基: Base
⇒ Ⓑ と表記します

例えば、教 p249(108)式は、塩基 Ⓑ である水酸化アルミニウムと酸 Ⓐ である HCl との中和反応。水が生成していることがわかる。

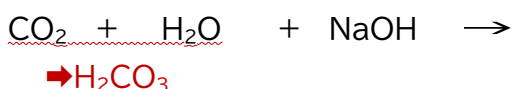
2. 酸性酸化物 + 塩基, 塩基性酸化物 + 酸, 酸性酸化物 + 塩基性酸化物

資 p205

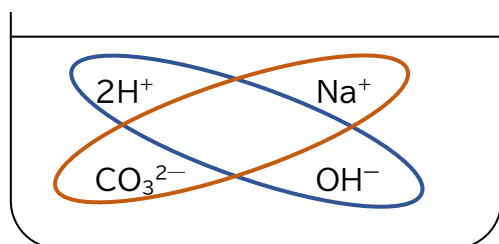
酸性酸化物は水に溶かすと酸性を示し、塩基と反応する。例えば二酸化炭素 CO_2 と水酸化ナトリウム NaOH を反応させるとどうなるだろうか



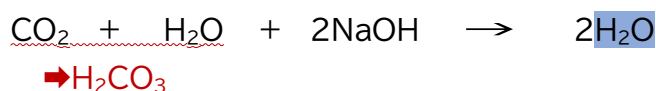
このままではわかりにくいので、二酸化炭素がいったん水に溶けて、対応するオキソ酸になった形を考えてみよう。左辺に勝手に水を足して、オキソ酸の形にする。 CO_2 に対応するオキソ酸は炭酸 H_2CO_3 である。



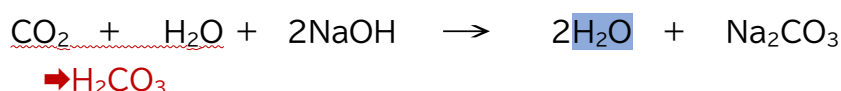
あとは炭酸 H_2CO_3 と NaOH の中和の式を書くだけ。中和の式を書くのが苦手だという人は、これらの酸と塩基が水中でどのように電離しているのか、一度ばらして書いてみるのがおすすめ。



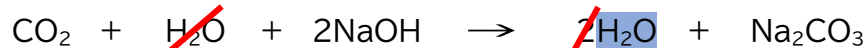
中和反応というのは、 H^+ と OH^- がくっついて水ができる反応なので、右辺には水ができるはず。炭酸 H_2CO_3 からは H^+ が 2 つ、 NaOH からは OH^- が 1 つ放出されるため、ぴったり中和させるには NaOH が H_2CO_3 の 2 倍必要だということがわかる。



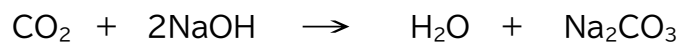
あとは、残ったイオン同士を組み合わせればよい。 Na^+ と CO_3^{2-} からできる物質は炭酸ナトリウム Na_2CO_3 である。酸の陰イオンと塩基の陽イオンからなる物質のことを塩という。



ところで、左辺の水は冒頭で勝手に加えたものなので、最後に消しておかなければならない。左辺の水を一つ消すということは、右辺の水も一つ消すということである。



これで、二酸化炭素と水酸化ナトリウムの反応式が書けた。資 p205



酸性酸化物や塩基性酸化物が中和するような反応式を書く場合は、勝手に水を足して、対応するオキシ酸や水酸化物に直してから中和の式を完成させ、最後に水を消すとわかりやすい。

練習6

以下の反応の化学反応式を書け。

(1)アンモニアと硫酸

セミナ p84 ドリル⁶

(2)酸化銅(Ⅱ)と希硫酸

教 p263(126)式

1. 酸・塩基の強弱

基礎教 p139

弱酸・弱塩基の遊離を理解するためには、まず酸や塩基の強い弱いを知っておく必要がある。

練習 7

塩化水素の例にならって、以下の表を埋めよ。 正解は基礎教 p140 でチェック

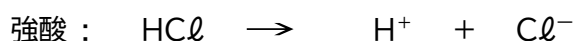
酸の名称	化学式	強さ	塩基の名称	化学式	強さ
塩化水素	HCl	強	水酸化ナトリウム		
硝酸			水酸化カルシウム		
酢酸			アンモニア		
硫酸			水酸化銅(Ⅱ)		
二酸化炭素			水酸化カリウム		
硫化水素			水酸化バリウム		
リン酸					
シュウ酸					

- 強酸で絶対に知っておいてほしいのは **硝酸・硫酸・塩酸** (昇竜拳しょうりゅうけん!! と覚えましょう)

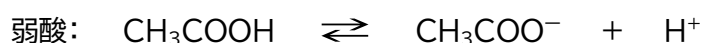
その他にヨウ化水素 HI, 臭化水素 HBr, 過塩素酸 HClO_4 も強酸です。

- 強塩基で知っておいてほしいのは、**Ba, K, Ca, Na の水酸化物**

ところで、強酸と弱酸は何が違ったのかというと、強酸は水中で 100% 電離する (電離度 $\alpha = 1$) のに対して、弱酸は一部しか電離していない (α が 1 よりだいぶ小さい) という点である。電離の式を書くときも、表記が違う。



基礎教 p139



塩酸の電離は「 \longrightarrow 」と表記するのにに対して、酢酸の電離は「 \rightleftharpoons 」と表記している。

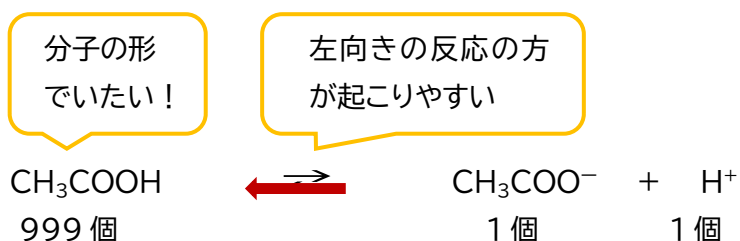
塩酸は電離したらもう戻ってこない。 H^+ と Cl^- がくっついて HCl に戻る反応はほとんど起こらないよということで一方通行「 \longrightarrow 」の矢印を書く。

酢酸は、例えば 1000 個の酢酸分子があったら 1 個くらいは電離するかもしれない。しかし、電離する力が弱いので、 CH_3COO^- と H^+ がくっついて CH_3COOH になる反応も起こりますよ、ということで「 \rightleftharpoons 」の矢印で表現する。(詳しくは平衡の章を参照。教 p160～)

弱酸は水中で一部しか電離していないということがわかった

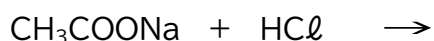


この反応の電離度 α が例えば 0.001 だった場合、酢酸が 1000 個存在していたら電離しているのはそのうちのたった 1 つだけである。大部分の酢酸は、 CH_3COOH という分子の形のまま水に溶けている。



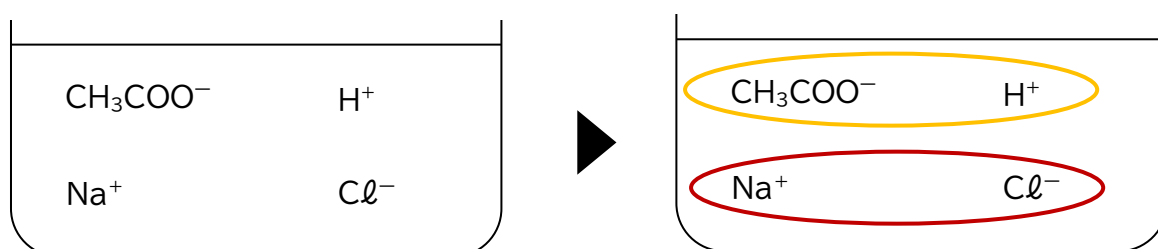
つまり、酢酸イオン CH_3COO^- は H^+ を見つけるとすぐにくっついて、 CH_3COOH の形に戻ろうとする力がとてもつよいということである。

これを踏まえて以下の反応を考えてみよう

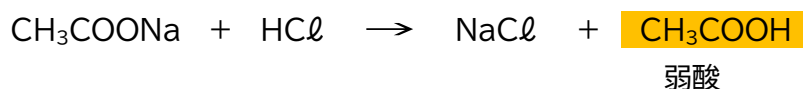


基礎教 p159

塩(イオン性物質)がでてきたら、イオンに分けて考えるのがおすすめ。酢酸ナトリウム水溶液に塩酸を混ぜ合わせた瞬間、以下の 4 つのイオンが会う。



ところで、 CH_3COO^- は H^+ と出会うとすぐにくっついて CH_3COOH という分子の形に戻りたがる性質があった。すると、残った Na^+ と Cl^- がペアになり、以下の反応が進行する。弱酸である CH_3COOH が遊離(飛び出してくること)してきたので、この反応を弱酸の遊離という。



基礎教 p159

練習 8

次の反応の化学反応式を書け

(1) 硫化鉄(Ⅱ)に希硫酸を加える。…硫化水素の製法

教 p217(28)式

(2) 亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加える。…二酸化硫黄の製法

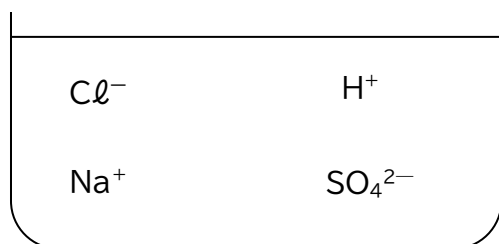
教 p217(33)式

(3) 塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを混合して加熱する。…アンモニアの製法 教 p222(44)式

濃硫酸に塩化ナトリウムの固体を加えるとどのような反応が起きるだろうか

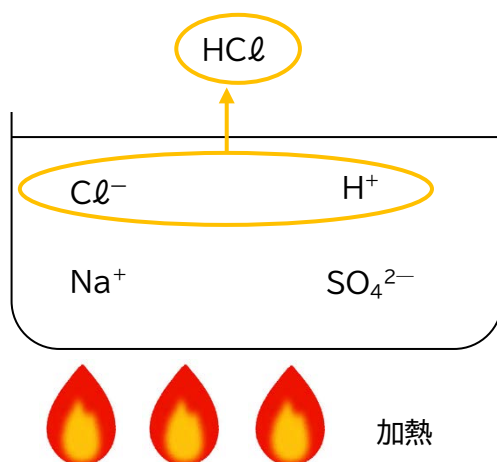


塩(イオン性物質)がでてきたので、イオンに分けて考えてみよう

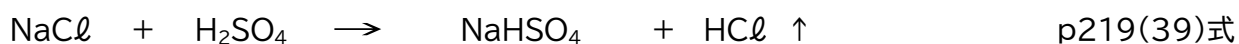


ここで、 H^+ と Cl^- はくっついて塩化水素 HCl になるだろうか？ならないよね。塩化水素は電離度 $\alpha = 1$ の強酸なので、くっついて HCl の形でいるよりも電離している状態の方が好きである。なので、めったにこの二つがくっつくことはない。

しかし、ここで加熱をすると…

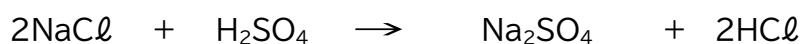


ほんの少しだけ H^+ と Cl^- がくっついて生じた HCl が、加熱によってすぐに蒸発し外に逃げていく。これは、 H_2SO_4 が不揮発性の酸(蒸発しにくい酸。沸点約 300°C)であるのに対し、 HCl が揮発性の酸(蒸発しやすい酸。沸点約 -85°C)であるために起こる現象である。 HCl がどんどん外に出ていくためにこの反応が進行する。



コラム:なぜ(39)式では Na_2SO_4 が生じないのか

(39)式がこのようなになると考えた人はいないだろうか



結論から言うとその反応は起こらない。なぜなら、酸が電離する強さ(電離定数。教 p174)が硫酸の第1電離 > 塩酸 > 硫酸の第2電離だからである。平たく言うと、 Cl^- が電子を受け取る力がとても

弱いので、 H_2SO_4 からは1個しか H^+ を受け取れないということである。

なお、この反応は「**固体の**」 NaCl と濃硫酸(98%程度の硫酸。水は2%)を混ぜていることに注意。つまり、ほとんど水が存在しない条件で反応させる必要があるということである。なぜなら、水が存在すると以下の反応によって水が H^+ とくっついてしまい、 Cl^- が H^+ を受け取れないからである。



★覚えておこう揮発性の酸
 HF , HCl , HNO_3

練習 9

以下の反応の化学反応式を書け。

(1) フッ化カルシウム + 濃硫酸[加熱]

教 p212(10)式

無機化学④ 反応のパターン6 分解反応

資 p205

分解反応

資 p205

分解反応は物質を加熱すると起こる反応である。パターンとしては資料集に書いてある3通り。
出てきたらその都度頭に入れていけば大丈夫だと思います。

練習 10

次表は実験室における気体の製法である。例に習って表を完成させよ。

また、その反応は何反応か、以下から選んでかけ。

(ア)酸化還元反応 (イ)弱酸・弱塩基遊離反応 (ウ)揮発性の酸遊離反応 (エ)分解反応 (オ)その他

解答は該当ページに書いていますが、自分で反応式を作れるようになってほしいので最後まで見ないように！

	気体	実験室での製法	反応の種類	教科書
①	H ₂	希硫酸と亜鉛 $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$	(ア)	P208(1)
②	O ₂	過酸化水素水溶液と酸化マンガン(IV)		P214 (17)(18)
		塩素酸カリウムと酸化マンガン(IV) 加熱		
③		濃塩酸と酸化マンガン(IV) 加熱		P211
④	CO	ギ酸の分解 $\text{HCOOH} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$	(オ) 濃硫酸による 脱水	P227(62)
⑤		炭酸カルシウムと塩酸		P244 P242
		炭酸カルシウムを加熱		
⑥		銅と希硝酸		P223(48)
⑦		銅と濃硫酸		P223(50)
⑧		銅と熱濃硫酸(濃硫酸をアツアツに加熱したもの)		P219(41) P217(33)
		亜硫酸ナトリウムと硫酸		
⑨		塩化アンモニウム(固)と水酸化カルシウム(固) 加熱		P222(44)
		塩化ナトリウム(固)と濃硫酸 加熱		P219(39)
⑩		硫化鉄(Ⅱ)と希硫酸		P217(28)

⑪		フッ化カルシウム(蛍石)と希硫酸		P212(10)
---	--	------------------	--	----------

無機化学⑤ 沈澱生成反応

資 p198

1. イオン結晶の水への溶解性

教 p65

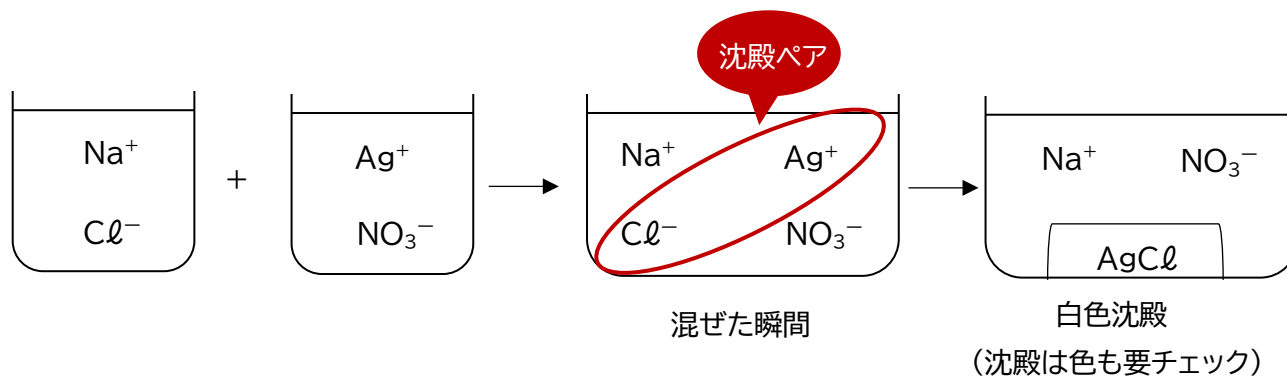
イオン結晶は電荷をもった存在なので、極性の大きな水との相性がよく基本的によく溶ける。極性の似た者同士がよく溶けあう、という原則を思い出そう。水中において、イオンは教 p66 図 52 ように水和(イオンが水分子を引き付けること)し安定に存在できる。

しかし、例外的に水に溶けにくいイオン結晶もいくつか存在する。溶けにくさに一応の傾向はあるものの、どのイオン結晶が難溶であるのかは覚えてしまうしかない。

2. 沈澱生成反応

基礎教 p123

例えば、塩化ナトリウム NaCl 水溶液と硝酸銀 AgNO_3 水溶液とを混合したときのことを考えよう。 NaCl も AgNO_3 も水によく溶けるイオン結晶のため、それぞれは水に溶けて水和イオンとして存在する。



NaCl 水溶液と AgNO_3 水溶液を混ぜ合わせると、4 種類のイオンが出会う。このとき、**沈澱を生成しやすいイオンペア(=難溶性のイオン結晶になるペア)が存在していると沈澱が生成する**。 Ag^+ と Cl^- は沈澱ペアなので、白色の AgCl の沈澱が生じる。上記の反応をイオン反応式で書くと以下ようになる。

イオン反応式

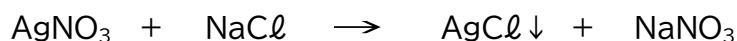


下向きの矢印は沈澱が生じたことを表す
上向きの矢印は気体が生じたことを表す

イオン反応式を書くときは、水に溶けているイオンは Ag^+ などのイオン式を、水に溶けていない沈澱は AgCl という結晶の組成式として書くことに注意しよう。

化学反応式を書くときは、電離したまま反応に関与していないイオンも書く必要がある。 Na^+ と NO_3^- を加えて、組み合わせると化学反応式が完成する。

化学反応式



ミョウバンの組成式も頭に入れておこう $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 歩くりゅうさんに胃痛の水

ミョウバンは水に溶けると、 Al^{3+} , K^+ , SO_4^{2-} に電離する。

3.沈殿ペア

資 p198

どのようなイオンのペアが沈殿を生成するのか、これは覚えるしかない。しかし、高校化学で出てくる陽イオンと陰イオンはそれぞれ約 20 種類あり、 $20 \times 20 = 400$ ものペアを覚えることはハードルが高い。そこで、基本的に溶けるグループ(☉グループ)と基本的に沈殿するグループ(⊕グループ)をまず頭に入れて、それから例外をひとつひとつ確認していくのが近道である。沈殿生成には一般的に以下のような原則がある。

★沈殿生成の原則

- | | |
|------------------|--------------------------|
| ① 強酸由来のイオンは溶けやすい | 強酸は電離した状態のほうが安定だから |
| ② 形の悪いイオンは溶けやすい | 結晶として整列しにくいから |
| ③ 弱酸由来のイオンはとけにくい | 弱酸はイオンで存在するのが苦手だから電離しにくい |

☉グループ

NH_4^+ , Na^+ , K^+		
	NO_3^-	なし
	Cl^-	Pb^{2+} , Ag^+ で ⊕
	—	<u>Ca^{2+}, Ba^{2+}, Sr^{2+}, Pb^{2+}</u> で ⊕ アルカリ土類
	CH_3COO^- HCO_3^-	なし

現 ナマで 苦労して落ち込む
 Ag^+ Pb^{2+} Cl^-

硫酸をバカにするな!
 Ba^{2+} Ca^{2+} Sr^{2+} Pb^{2+}

⊕グループ

弱酸由来の多価イオン	CO_3^{2-} , SO_3^{2-} , CrO_4^{2-}	NH_4^+ , Na^+ , K^+ は ☉
	—	イオン化列 Al^{3+} 以上で ☉ *1
塩基由来のイオン	OH^- , O^{2-}	イオン化列 Na^+ 以上で ☉ *2

$\text{Li} > \text{K} > \text{Ba} > \text{Sr} > \text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{Al} > \text{Zn} > \text{Fe} > \text{Ni} > \text{Sn} > \text{Pb} > (\text{H}_2) > \text{Cu} > \text{Hg} > \text{Ag} > \text{Pt} > \text{Au}$

*2 ← *1 ←

※ただし、**⑨**グループの沈殿は強酸性にすると溶解してしまう（例外： $S^{2-} \Rightarrow$ イオン化列 Sn 以下は不溶）

※ Ag^+ は OH^- と沈殿を作るが、 $AgOH$ はすぐに脱水して酸化銀が沈殿する、 $2AgOH \rightarrow Ag_2O + H_2O$

無機化学⑥ 反応のパターン**7** 錯イオン形成反応

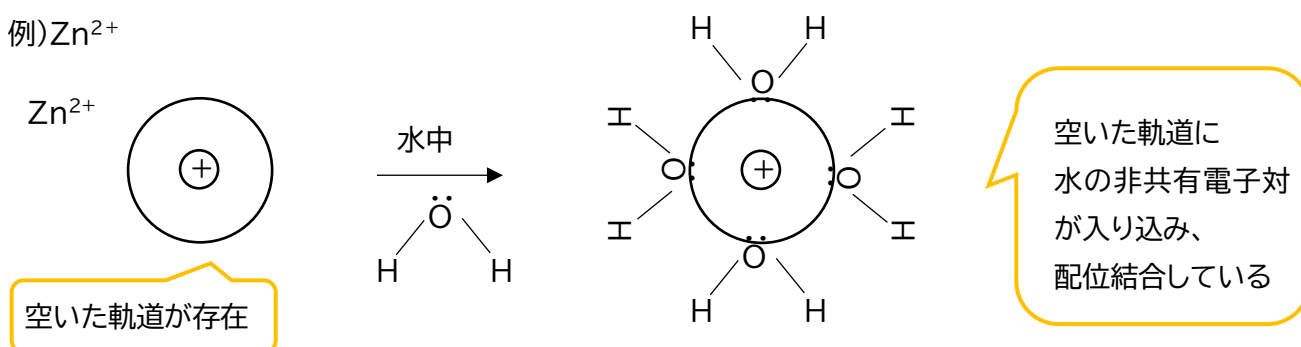
資 p205

1. 錯イオン形成反応

教 p257

Fe^{2+} , Cu^{2+} , Ag^+ などの遷移元素のイオンには、内側に電子の満たされていない電子殻が存在している。この空いた軌道（電子殻の中に存在する部屋のようなもの）に H_2O や NH_3 , OH^- などの非共有電子対（結合に使われていない電子対）をもつ分子やイオンが配位結合する。こうしてできた多原子イオンを**錯イオン**という。

例) Zn^{2+}



たとえば、 Zn^{2+} は、Zn 原子から e^- が 2 つ放出されてできたイオンだが、電子殻にはいくつかまだ空いた軌道がある。 Zn^{2+} が水中に入ると、その空いた軌道に水の非共有電子対が入り込む（配位結合）。そうすると軌道が埋まって Zn^{2+} は安定に存在できる。

ではこの水が配位した Zn^{2+} の錯イオンを命名してみよう。

★錯イオンの命名法

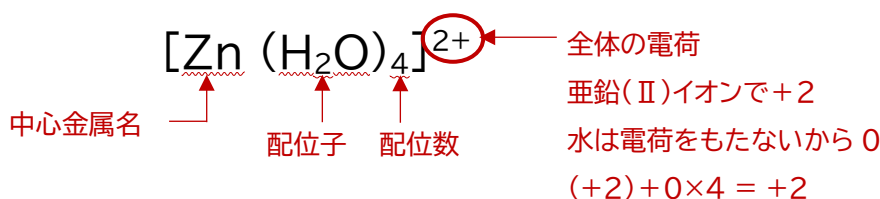
配位数の数詞 → 配位子名 → 中心金属名(酸化数) → (酸)イオン
↳ 教 p257 表 27 ↳ 教 p257 表 26

全体の電荷がプラスの錯イオンは「イオン」のみを、
マイナスの錯イオンは「酸イオン」を語尾につける

上記の錯イオンは、中心金属 Zn^{2+} に配位子である水 H_2O が 4 つ配位してできている。したがって、

配位数の数詞 → 配位子名 → 中心金属名(酸化数) → (酸)イオン
4 つなので 水なので Zn^{2+} なので 全体で電荷は +2 なので
テトラ アクア 亜鉛(Ⅱ) イオン

となり、テトラアクア亜鉛(Ⅱ)イオンと名前を付ければよい。また、イオン式で書き表すとこうなる



水中に存在するイオンは、本来はこのような錯イオンになっているが、水中で水が配位しているのはわかり切っていることなので、水が配位子の時はそれを省略してただ単に Zn^{2+} と書き表す。

2. 配位数と錯イオンの形

教 p257

配位子がいくつ配位するかは、中心となる金属イオンの種類によって決まる。また、配位したときの形も金属イオンの種類によって違う。以下は頭に入れておこう。検索すると語呂合わせなども出てきますよ。

中心金属イオン	Ag^+	Cu^{2+}	Zn^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}
配位数	2	4	4	6	6
錯イオンの立体構造	直線形	正方形	四面体形	正八面体型	正八面体型

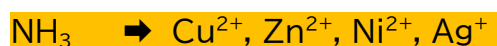
同じ配位数でも形がちがうことに注意

3. 配位子と金属イオンの相性

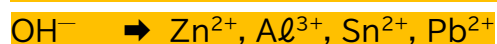
教 p248 など

配位子になれるのは、非共有電子対をもっている分子やイオンですが、どんな金属にでも配位できるわけではない。配位子と金属イオンにも相性があり、錯イオンが作れる組み合わせは頭に入れておく必要がある。

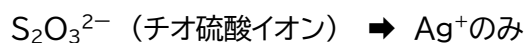
★錯イオンになれるペア



あんまりや、ドアに銀



ああすんなり両性は推薦(OH すいさん)合格

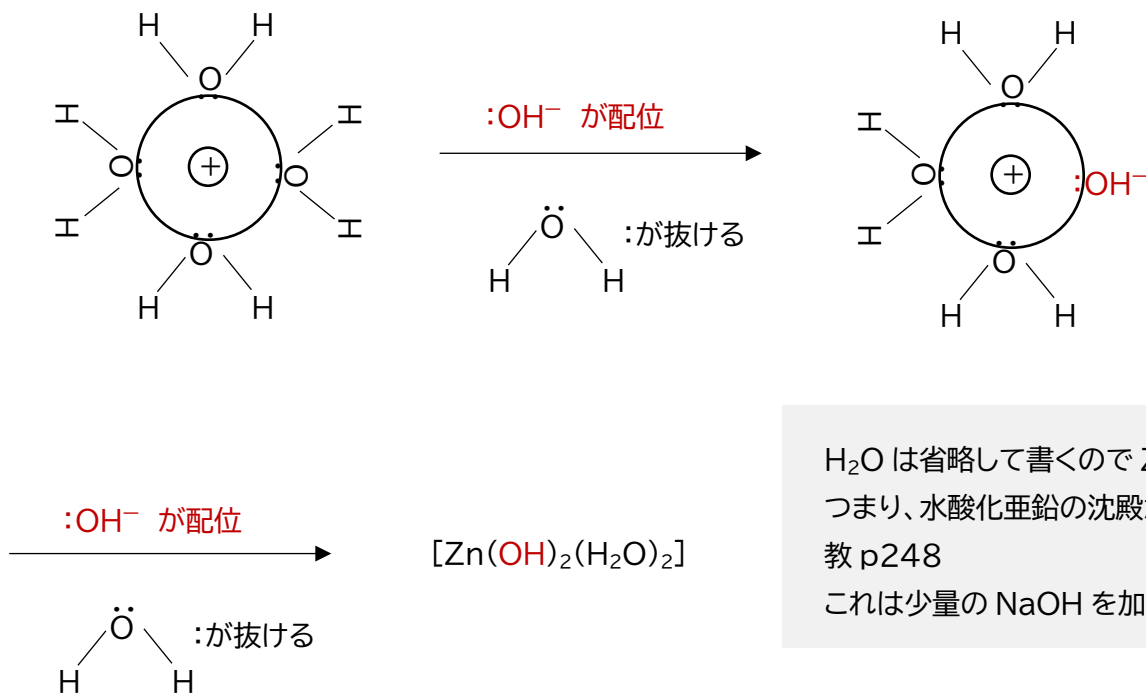


4.沈殿生成と再溶解

教 p248 など

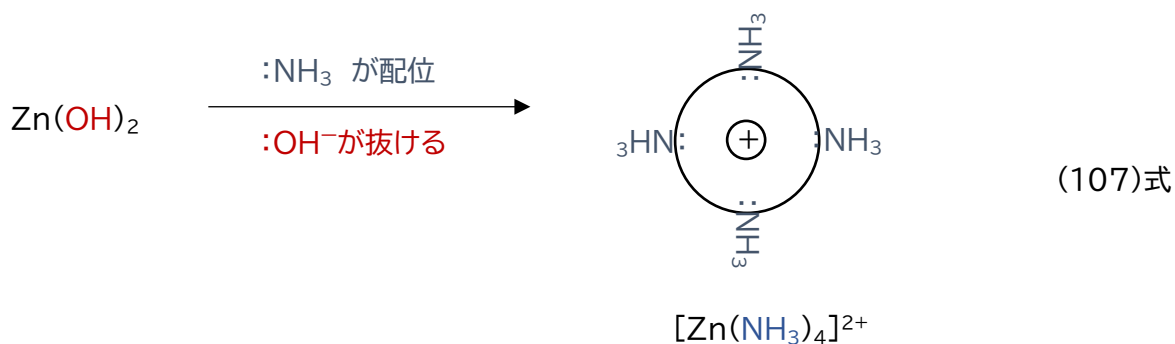
Zn^{2+} の水和イオンに、少量のアンモニア水を加えたときのことを考えてみよう。アンモニアは水中で $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ のように電離して、 OH^- が存在する。

OH^- はマイナスの電荷をもっているので、陽イオンである Zn^{2+} に近づきやすく、水の代わりに Zn^{2+} に配位する。



H_2O は省略して書くので $\text{Zn}(\text{OH})_2$
つまり、水酸化亜鉛の沈殿が生じている。
教 p248
これは少量の NaOH を加えても同様。

ここにさらにアンモニア水を加えていくと、どうなるだろうか。アンモニアが電離して生じた OH^- よりはるかにたくさんの NH_3 が存在する。 NH_3 は Zn^{2+} に配位することができる配位子なので、水と OH^- の代わりに配位し、錯イオンが生成する。沈殿を作っていた Zn^{2+} が錯イオンを形成して水に溶けていくので、沈殿がどんどんなくなって溶解していく様子が観察できる。教 p248 の図 49



沈殿を作っていた金属イオンを錯イオンにすることで、再び水に溶解させることができる！

問 11

教 p263

問 12

教 p271

例題 1 6 種類のイオンの分離

教 p274

これらは動画を掲載予定です。反応を一つ一つ確認しながら一緒に解いていきましょう。