高校化学 L01 第 53 講 酸化還元の基本概念

この講でできるようになること

- 酸化と還元を、酸素の出入りから説明できる。
- 酸化と還元を、水素の出入りから説明できる。
- 酸化と還元を、電子の授受から説明できる。
- 1 つの酸化還元反応で、酸化される物質と還元される物質を区別できる。

銅が酸素と結び付く変化

見える変化から酸化を考える

銅を空気中で加熱すると、表面に黒色の酸化銅(II)CuO ができる。
この変化では、銅 Cu が空気中の酸素 O_2 と結び付いている。

$$2Cu + O_2 \rightarrow 2CuO$$

物質が**酸素と結び付く変化**を酸化という。
見た目の色の変化だけではなく、銅が酸素と結び付いて CuO になったことが、酸化と判断する根拠である。



図 1　銅を空気中で加熱した前後のイメージ

酸素を失う変化は還元

酸素から見た酸化と還元

物質が**酸素と結び付く変化**を酸化という。
物質が**酸素を失う変化**を還元という。

CuO が Cu になる変化

Cu が酸素と結び付いて CuO になる変化が酸化なら、その逆に CuO が酸素を失って Cu になる変化は還元である。
たとえば、加熱下で次の反応を考える。

$$CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$$

この反応では、CuO は酸素を失って Cu になるので**還元**されている。
一方、H_2は酸素と結び付いて H_2O になるので**酸化**されている。

©ミライコーチング

同じ反応の中でも、CuO の変化を見るか H_2の変化を見るかによって、「還元」と「酸化」という異なる名前になる。

水素の出入りからも判断できる

酸素が出てこない反応にも酸化還元がある

酸化還元反応には、反応式に酸素が現れないものもある。
代表的な反応では、水素の出入りに注目して酸化・還元を判断できる。
H_2S と Cl_2の反応を考える。

$$H_2S + Cl_2 \rightarrow 2HCl + S$$

H_2S は水素を失って S になるので**酸化**される。
Cl_2は水素と結び付いて HCl になるので**還元**される。
したがって、酸素を含まない反応でも酸化還元反応になる場合がある。

酸化と還元の 3 つの見方

注目するもの	酸化	還元
酸素	酸素と結び付く	酸素を失う
水素	水素を失う	水素と結び付く
電子	電子を失う	電子を受け取る

電子の授受で考えると広く判断できる

酸素や水素が反応式に現れない場合でも、電子の授受に注目すると酸化と還元を考えられる。
電子を失う変化が酸化、電子を受け取る変化が還元である。
電子は負の電荷をもつため、電子を失うと粒子の電荷は相対的に正の方向へ変化し、電子を受け取ると相対的に負の方向へ変化する。
ただし、酸化すると必ず陽イオンになり、還元すると必ず陰イオンになるという意味ではない。たとえば Fe^{2+}が電子を失えば Fe^{3+}になる。
酸化還元反応では、原子核中の陽子数が変化するのではなく、電子の授受に注目する。

©ミライコーチング

電子の移動を見る

亜鉛と銅(II)イオンの反応

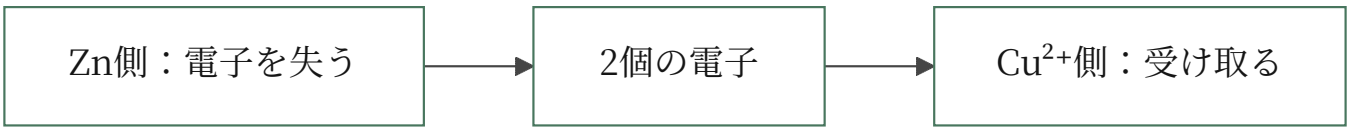
亜鉛片と Cu^{2+}を含む水溶液の反応を、次の式で表す。

$$Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$$

Zn の変化は$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^{-}$であり、電子を 2 個失っているため酸化である。
Cu^{2+}の変化は$Cu^{2+} + 2e^{-} \rightarrow Cu$であり、電子を 2 個受け取っているため還元である。

電子授受の対応

次の図は、Zn が失う電子と Cu^{2+}が受け取る電子の対応を表している。



酸化と還元は一組で起こる

Zn 原子 1 個が失う電子は 2 個であり、Cu^{2+}1 個が受け取る電子も 2 個である。
反応全体では、ある物質が失った電子を別の物質が受け取るため、失われる電子の数と受け取られる電子の数は一致する。
このため、酸化と還元は同じ反応の中で一組になって起こる。

H^{+}の授受と電子の授受は別に考える

H があるだけでは酸化還元とは決まらない

酸化還元反応を判断するときは、反応式に H や O が含まれているかだけを見るのではなく、物質が実際にどのように変化しているかを見る。
酸塩基反応で扱った H^{+}の授受と、酸化還元反応で扱う電子の授受は異なる。
たとえば中和反応$H^{+} + OH^{-} \rightarrow H_2O$は、この反応式では電子を失う側と受け取る側がある反応ではない。

反応例は資料として扱う

本講に示した加熱反応や有害な物質を含む反応は、酸化還元の考え方を学ぶための資料として扱う。
実際の実験では、使用する物質や加熱操作に応じた安全管理が必要である。

©ミライコーチング

例題

例題 1

加熱下で、次の反応が起こるものとする。

$$\mathrm{CuO} + \mathrm{H_2} \rightarrow \mathrm{Cu} + \mathrm{H_2O}$$

1. 酸素の出入りに注目すると、還元された反応物は何か。その理由も答えよ。
2. 酸化された反応物は何か。その理由も答えよ。

解答・解説

1.
還元された反応物は **CuO** である。
CuO は反応によって酸素を失い、Cu になっている。
物質が酸素を失う変化は還元なので、CuO は還元されたと判断できる。
2.
酸化された反応物は **$\mathrm{H_2}$**である。
$\mathrm{H_2}$は反応によって酸素と結び付き、$\mathrm{H_2O}$ になっている。
物質が酸素と結び付く変化は酸化なので、$\mathrm{H_2}$は酸化されたと判断できる。

例題 2

次の反応について、水素の出入りに注目して考える。

$$\mathrm{H_2S} + \mathrm{Cl_2} \rightarrow 2\mathrm{HCl} + \mathrm{S}$$

1. 酸化された反応物は何か。その理由も答えよ。
2. 還元された反応物は何か。その理由も答えよ。

解答・解説

1.
酸化された反応物は **$\mathrm{H_2S}$** である。
$\mathrm{H_2S}$ は反応によって水素を失い、S になっている。
物質が水素を失う変化は酸化なので、$\mathrm{H_2S}$ は酸化されたと判断できる。
2.
還元された反応物は **$\mathrm{Cl_2}$**である。
$\mathrm{Cl_2}$は反応によって水素と結び付き、HCl になっている。
物質が水素と結び付く変化は還元なので、$\mathrm{Cl_2}$は還元されたと判断できる。

©ミライコーチング

例題 3

亜鉛片と Cu^{2+}を含む水溶液について、次の反応が起こる。

$$Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$$

電子の授受は次のように表される。

$$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$$

$$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$$

1. Zn と Cu^{2+}は、それぞれ酸化・還元のどちらを受けているか。電子の授受から理由を説明せよ。
2. Zn 原子 1 個が失う電子の数と、Cu^{2+}1 個が受け取る電子の数を答え、その対応を説明せよ。

解答・解説

1.
Zn は電子を失って Zn^{2+}になるので**酸化**されている。
Cu^{2+}は電子を受け取って Cu になるので**還元**されている。
したがって、この反応では Zn の酸化と Cu^{2+}の還元が同時に起こっている。
2.
Zn 原子 1 個は**電子 2 個**を失う。
Cu^{2+}1 個は**電子 2 個**を受け取る。
Zn 側から失われる電子 2 個と、Cu^{2+}側が受け取る電子 2 個が一致するため、反応全体で電子の数と電荷の対応が保たれる。

演習問題

演習 1

次の反応を考える。

$$2Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$$

1. Mg の変化は酸化・還元のどちらか。酸素の出入りから説明せよ。
2. 逆に、MgO から酸素が除かれて Mg になる変化を考える。この変化は酸化・還元のどちらか。理由も答えよ。

演習 2

加熱下で、次の反応が起こるものとする。

$$CuO + CO \rightarrow Cu + CO_2$$

1. 還元された反応物を答え、酸素がどのように変化したか説明せよ。
2. 酸化された反応物を答え、酸素がどのように変化したか説明せよ。

©ミライコーチング

演習 3

次の反応を考える。

$$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$$

1. 水素との結び付きに注目すると、Cl_2は酸化・還元のどちらを受けているか。理由も答えよ。
2.「この反応には酸素が含まれていないので、酸化還元反応ではない」という判断が正しいか。理由を説明せよ。

演習 4

次の電子の授受を考える。

$$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$$

$$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$$

1. Fe^{2+}と Ag^+の変化は、それぞれ酸化・還元のどちらか。理由も答えよ。
2. それぞれの式について、反応前後の電荷の総和が等しいことを、正負の符号を含めて確認せよ。

演習 5

表面の酸化皮膜の影響を除いて反応が進むものとし、Al と Cu^{2+}について次の反応式が与えられている。

$$2Al + 3Cu^{2+} \rightarrow 2Al^{3+} + 3Cu$$

Al 原子 1 個は電子 3 個を失い、Cu^{2+}1 個は電子 2 個を受け取るものとする。

1. 酸化される反応物と還元される反応物を答え、電子の授受から説明せよ。
2. Al 原子 2 個が失う電子の総数と、Cu^{2+}3 個が受け取る電子の総数をそれぞれ求めよ。

演習 6

中和反応を表す次のイオン反応式について考える。

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$$

1. 反応式中に H や O が含まれているという理由だけで、この反応を酸化還元反応と判断してよいか。H^+の授受と電子の授受を区別して説明せよ。
2. 一般に酸化と還元が一組で起こる理由を、電子を失う側と受け取る側の関係から説明せよ。

©ミライコーチング

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

Mg は**酸化**されている。
反応によって Mg が O_2と結び付き、MgO になっているためである。
物質が酸素と結び付く変化は酸化である。

2.

MgO から酸素が除かれて Mg になる変化は**還元**である。
物質が酸素を失う変化は還元だからである。

解答 2

1.

還元された反応物は **CuO** である。
CuO は酸素を失って Cu になっているため、還元されている。

2.

酸化された反応物は **CO** である。
CO は酸素と結び付いて CO_2になっているため、酸化されている。
同じ反応で CuO が失った酸素が CO 側へ移り、還元と酸化が同時に起こっている。

解答 3

1.

Cl_2は**還元**されている。
Cl_2は反応によって水素と結び付き、HCl になっている。
今回の代表的な見方では、物質が水素と結び付く変化を還元と判断できる。

2.

正しくない。
酸化還元反応は、必ず反応式に酸素が現れるとは限らない。
この反応では H_2と Cl_2の間で電子の授受に対応する変化が起こっており、H_2は酸化され、Cl_2は還元される。
したがって、酸素がないことだけを理由に酸化還元反応ではないと判断することはできない。

©ミライコーチング

解答 4

1.

Fe^{2+}は電子を 1 個失って Fe^{3+}になっているので、**酸化**されている。
Ag^{+}は電子を 1 個受け取って Ag になっているので、**還元**されている。
Ag^{+}が還元されても、生成物が陰イオンになるわけではなく、中性の Ag になる。

2.

Fe^{2+}の式では、反応前の電荷は$+2$である。
反応後は Fe^{3+}の$+3$と電子の-1を合わせて$+3-1=+2$となり、反応前後で一致する。
Ag^{+}の式では、反応前は Ag^{+}の$+1$と電子の-1を合わせて$+1-1=0$である。
反応後の Ag の電荷も 0 なので、電荷の総和は一致する。

解答 5

1.

酸化される反応物は **Al**、還元される反応物は **Cu^{2+}**である。
Al は電子を失って Al^{3+}になるため酸化され、Cu^{2+}は電子を受け取って Cu になるため還元される。

2.

Al 原子 1 個は電子 3 個を失うので、Al 原子 2 個では$2\times3=6$個の電子を失う。
Cu^{2+}1 個は電子 2 個を受け取るので、Cu^{2+}3 個では$3\times2=6$個の電子を受け取る。
したがって、Al 側が失う電子は **6 個**、Cu^{2+}側が受け取る電子も **6 個**であり、電子数が一致する。

解答 6

1.

反応式中に H や O が含まれているという理由だけで、酸化還元反応と判断することはできない。
$H^{+}+OH^{-}\rightarrow H_2O$という中和では、この式の中に電子を失う側と電子を受け取る側があるわけではない。
酸塩基反応で扱う H^{+}の授受と、酸化還元反応で扱う電子の授受は区別して考える必要がある。

2.

酸化では、ある物質が電子を失う。
その電子は別の物質に受け取られ、その物質が還元される。
反応全体で失われる電子と受け取られる電子が対応するため、酸化と還元は一組になって起こる。

©ミライコーチング