高校化学 L01 第 56 講 半反応式の考え方

この講でできるようになること

- 酸化・還元の変化を、電子 e^-を含む半反応式で表せる。
- 半反応式の左右で、原子数が保存されていることを確認できる。
- 半反応式の左右で、電荷の総和が保存されていることを確認できる。
- 電子を失う酸化と、電子を受け取る還元を半反応式から判断できる。

半反応式とは

電子の授受を別々に表す

亜鉛 Zn と Cu^{2+}の反応は、全体として次のように表される。

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

この全体式には電子 e^-が現れていない。
しかし、Zn は電子を失い、Cu^{2+}はその電子を受け取っている。この 2 つの変化を別々に表すと、次のようになる。

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

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

このように、電子を含めて酸化または還元の一方の変化を表した式を**半反応式**という。

半反応式の「半」の意味

半反応式の「半」は、係数や原子数をすべて半分にするという意味ではない。
1 つの酸化還元反応を、**酸化の変化**と**還元の変化**に分けて表すという意味である。
電子を失う酸化では e^-が右辺に現れ、電子を受け取る還元では e^-が左辺に現れる。

原子数と電荷の両方を確認する

半反応式には 2 つの保存条件がある

半反応式が正しいかどうかは、**原子数**と**電荷の総和**の両方で確認する。

半反応式	原子数	左辺の総電荷	右辺の総電荷
$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$	Zn：1 個＝1 個	0	$(+2) + 2 \times (-1) = 0$
$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$	Cu：1 個＝1 個	$(+2) + 2 \times (-1) = 0$	0

電子 1 個の電荷数は-1なので、電子 2 個の電荷の合計は-2である。
電子 2 個は$\boldsymbol{2e^-}$と書き、e^{2-}とは書かない。

係数と電荷を混同しない

化学式の前につく係数は粒子の個数比を表す。
一方、イオンの右上につく数字と符号は、そのイオン 1 個の電荷を表す。
半反応式を合わせるために、イオンの電荷や化学式の添字を勝手に変えてはいけない。

©ミライコーチング

半反応式を確認する 3 段階



まず原子数、そのあと電荷を見る

半反応式を考えるときは、次の順に確認する。
1. 反応前後で各元素の原子数をそろえる。
2. 電子 e^-を加えて、左右の電荷の総和をそろえる。
3. 原子数と電荷の両方が一致していることを検算する。

電子は原子を含まないので、電子だけを加えても原子数の不一致は直せない。
逆に、原子数が一致していても電荷の総和が一致していなければ、半反応式は完成していない。

2 原子分子では原子数からそろえる

Cl_2が Cl^-になる場合

Cl_2が Cl^-になる変化を考える。
最初から$Cl_2 + e^- \rightarrow Cl^-$とすると、左辺には Cl 原子が 2 個、右辺には 1 個しかなく、原子数が合わない。
まず Cl 原子数をそろえて、$Cl_2 \rightarrow 2Cl^-$とする。
左辺の総電荷は 0、右辺は$2 \times (-1) = -2$なので、左辺に電子 2 個を加える。

$$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$$

Cl は酸化数 0 から-1へ変化し、Cl 原子が 2 個あるため、全体で電子 2 個を受け取ることに対応する。

逆向きなら電子を失う

Cl^-が Cl_2になる向きを考えるなら、半反応式は次のように書ける。

$$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$$

この式では Cl^-が電子を失っているので、酸化を表す。
半反応式では、問題で指定された反応前後の物質をもとに、原子数と電荷をそろえて表す。

陽イオンのままでも酸化・還元は起こる

Fe^{2+}と Fe^{3+}の変化

Fe^{2+}が Fe^{3+}になる変化は次のように表される。

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

左辺の電荷は$+2$、右辺は$(+3) + (-1) = +2$であり、電荷の総和は等しい。
Fe^{2+}は電子を失っているので酸化である。
逆に、Fe^{3+}が Fe^{2+}になる変化は$Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$と表され、電子を受け取る還元である。
還元されたからといって、生成物が必ず陰イオンになるわけではない。

例題

例題 1

次の変化について、電子を含む半反応式を書き、酸化・還元のどちらか答えよ。
1. Mg が Mg^{2+}になる。
2. Ag^{+}が Ag になる。

解答・解説

1.
Mg 原子は反応前後で 1 個ずつなので、原子数はそろっている。
Mg^{2+}の電荷は+2なので、右辺に電子 2 個を加えると電荷の総和が 0 になる。
半反応式は$Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^{-}$である。
左辺の総電荷は 0、右辺も$(+2) + 2 \times (-1) = 0$で一致する。
Mg は電子を失っているので、この変化は**酸化**である。
2.
Ag 原子は反応前後で 1 個ずつなので、原子数はそろっている。
Ag^{+}の電荷+1を 0 にするため、左辺に電子 1 個を加える。
半反応式は$Ag^{+} + e^{-} \rightarrow Ag$である。
左辺の総電荷は$(+1) + (-1) = 0$、右辺も 0 で一致する。
Ag^{+}は電子を受け取っているので、この変化は**還元**である。

例題 2

次の指定された変化について、半反応式を書き、酸化・還元のどちらか答えよ。
1. Br_2が Br^{-}になる。
2. I^{-}が I_2になる。

解答・解説

1.
Br_2には Br 原子が 2 個あるので、生成物側を $2Br^{-}$として原子数をそろえる。
$2Br^{-}$の総電荷は−2なので、左辺に電子 2 個を加える。
半反応式は$Br_2 + 2e^{-} \rightarrow 2Br^{-}$である。
左辺の総電荷は−2、右辺も$2 \times (-1) = -2$で一致する。
Br_2は電子を受け取っているので、この変化は**還元**である。
2.
I_2には I 原子が 2 個あるため、反応物側を $2I^{-}$として原子数をそろえる。
$2I^{-}$の総電荷は−2なので、右辺に電子 2 個を加える。
半反応式は$2I^{-} \rightarrow I_2 + 2e^{-}$である。
右辺の総電荷も$2 \times (-1) = -2$となり、左右で一致する。
I^{-}は電子を失っているので、この変化は**酸化**である。

©ミライコーチング

例題 3

次の誤った半反応式を、指定された変化に合うように訂正する。

1. Fe^{2+}が Fe^{3+}になる変化について、誤式$Fe^{2+} + e^- \rightarrow Fe^{3+}$を訂正し、電荷から理由を説明せよ。
2. Cl_2が Cl^-になる変化について、誤式$Cl_2 + 2e^- \rightarrow Cl^-$を訂正し、原子数と電荷から理由を説明せよ。

解答・解説

1.
正しい半反応式は$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$である。
左辺の総電荷は$+2$、右辺は$(+3) + (-1) = +2$で一致する。
誤式では左辺の総電荷が$(+2) + (-1) = +1$、右辺が$+3$となり一致しない。
Fe^{2+}が Fe^{3+}になるときは電子を 1 個失うため、e^-は右辺に置く。
2.
正しい半反応式は$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$である。
Cl_2には Cl 原子が 2 個あるので、右辺にも Cl^-を 2 個置く必要がある。
左辺の総電荷は$2 \times (-1) = -2$、右辺も$2 \times (-1) = -2$で一致する。
誤式は電子数だけを見ると左辺の電荷は-2だが、右辺は-1で一致せず、さらに Cl 原子数も左 2 個・右 1 個で一致しない。
半反応式は原子数と電荷の両方を確認する必要がある。

演習問題

演習 1

次の指定された変化について、半反応式を書き、原子数と電荷の総和を確認したうえで酸化・還元のどちらか答えよ。

1. Al が Al^{3+}になる。
2. Cu^{2+}が Cu になる。

演習 2

次の指定されたイオンの変化について、半反応式を書き、酸化・還元のどちらか答えよ。

1. Fe^{3+}が Fe^{2+}になる。
2. Sn^{2+}が Sn^{4+}になる。

演習 3

次の指定された変化について、半反応式を書き、左右の原子数と電荷の総和を確認せよ。

1. F_2が F^-になる。
2. Br^-が Br_2になる。

演習 4

次の誤った半反応式を訂正する。

1. Zn が Zn^{2+}になる変化について、誤式$Zn \rightarrow Zn^{2+} + e^-$を訂正し、原子数が合っていても電荷が合っていない理由を説明せよ。
2. I_2が I^-になる変化について、誤式$I_2 + 2e^- \rightarrow I^-$を訂正し、原子数と電荷の両方を確認せよ。

演習 5

「原子数が左右で等しければ半反応式は完成している。電子の係数は好きな数を付けてよい」という説明を、$Zn \rightarrow Zn^{2+} + e^-$を具体例として訂正せよ。

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

Al は反応前後で 1 個ずつなので、原子数は一致している。
Al^{3+}の電荷は+3なので、右辺に電子 3 個を加える。
半反応式は$Al \rightarrow Al^{3+} + 3e^-$である。
左辺の総電荷は 0、右辺は$(+3) + 3 \times (-1) = 0$で一致する。
Al は電子を失っているので、この変化は**酸化**である。

2.

Cu^{2+}から Cu への変化では、Cu 原子は左右 1 個ずつである。
Cu^{2+}の+2を打ち消すために、左辺に電子 2 個を加える。
半反応式は$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$である。
左辺の総電荷は$(+2) + 2 \times (-1) = 0$、右辺も 0 で一致する。
Cu^{2+}は電子を受け取っているので、この変化は**還元**である。

解答 2

1.

Fe^{3+}が Fe^{2+}になるには電子 1 個を受け取る。
半反応式は$Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$である。
左辺の総電荷は$(+3) + (-1) = +2$、右辺も+2で一致する。
電子を受け取る変化なので**還元**である。

2.

Sn^{2+}が Sn^{4+}になるには電子 2 個を失う。
半反応式は$Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^-$である。
左辺の総電荷は+2、右辺は$(+4) + 2 \times (-1) = +2$で一致する。
電子を失う変化なので**酸化**である。
どちらの変化でも粒子は陽イオンのままだが、電子を受け取るか失うかによって還元・酸化が決まる。

解答 3

1.

F_2には F 原子が 2 個あるため、生成物側を $2F^-$とする。
$2F^-$の総電荷は-2なので、左辺に電子 2 個を加える。
半反応式は$F_2 + 2e^- \rightarrow 2F^-$である。
F 原子数は左右とも 2 個、総電荷は左右とも-2で一致する。
電子を受け取る変化なので**還元**である。

2.

Br_2には Br 原子が 2 個あるので、反応物側を $2Br^-$とする。
半反応式は$2Br^- \rightarrow Br_2 + 2e^-$である。
Br 原子数は左右とも 2 個である。
左辺の総電荷は$2 \times (-1) = -2$、右辺も$2 \times (-1) = -2$で一致する。
電子を失う変化なので**酸化**である。

解答 4

1.

正しい半反応式は$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$である。
誤式でも Zn 原子数は左 1 個・右 1 個で一致している。
しかし、誤式$Zn \rightarrow Zn^{2+} + e^-$では左辺の総電荷が 0、右辺が$(+2) + (-1) = +1$となり、電荷が保存されていない。
電子を 2 個にすれば、右辺は$(+2) + 2 \times (-1) = 0$となり、左右の電荷が一致する。

2.

正しい半反応式は$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$である。
I_2には I 原子が 2 個あるので、右辺にも I^-を 2 個置く。
原子数は左右とも I 原子 2 個で一致する。
左辺の総電荷は$2 \times (-1) = -2$、右辺も$2 \times (-1) = -2$で一致する。
誤式では右辺の I 原子が 1 個しかなく、原子数が一致しないうえ、右辺の電荷も-1で左辺の-2と一致しない。

解答 5

その説明は正しくない。
$Zn \rightarrow Zn^{2+} + e^-$では、Zn 原子数は左辺 1 個、右辺 1 個で一致している。
しかし、左辺の総電荷は 0 であるのに対し、右辺は$(+2) + (-1) = +1$となり、電荷の総和が一致していない。
電子を 2 個にして$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$とすれば、右辺の総電荷は$(+2) + 2 \times (-1) = 0$となり、左辺と一致する。
したがって、半反応式では原子数だけでなく電荷の総和も保存する必要があり、電子の係数は任意ではなく**電荷保存を満たすように決まる**。