高校化学 L01 第 55 講 酸化剤と還元剤

この講でできるようになること

- 酸化数の変化から、酸化された物質と還元された物質を判断できる。
- 酸化剤と還元剤を、電子の授受と相手への作用から説明できる。
- 「酸化された物質」と「酸化剤」を区別できる。
- 同じ物質でも、反応する相手によって酸化剤にも還元剤にもなり得ることを説明できる。

酸化剤と還元剤

酸化剤

酸化剤とは、相手から電子を受け取り、相手を酸化する物質である。
酸化剤自身は電子を受け取って**還元**され、注目する元素の酸化数は減少する。

還元剤

還元剤とは、相手へ電子を与え、相手を還元する物質である。
還元剤自身は電子を失って**酸化**され、注目する元素の酸化数は増加する。

役割	電子	自分の変化	酸化数
酸化剤	電子を受け取る	還元される	減少する
還元剤	電子を与える	酸化される	増加する

名前は相手への作用で決まる

「酸化剤」は、自分が酸化される物質ではなく、**相手を酸化する物質**である。
同様に、「還元剤」は、自分が還元される物質ではなく、**相手を還元する物質**である。
そのため、酸化剤自身は還元され、還元剤自身は酸化されるという逆向きの関係になる。

©ミライコーチング

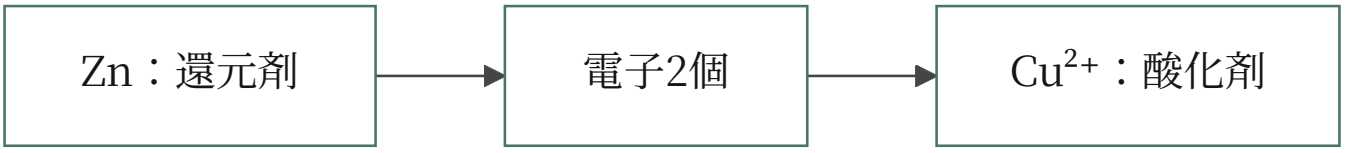
Zn と Cu^{2+}の反応で考える

電子を与える側と受け取る側を見る

亜鉛片と Cu^{2+}を含む水溶液では、次の反応が起こる。

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

Zn の酸化数は 0 から+2へ増加し、Cu の酸化数は+2から 0 へ減少する。
Zn は電子 2 個を失い、Cu^{2+}は電子 2 個を受け取る。



相手への作用と自分の変化をつなぐ

Zn は電子を与えて Cu^{2+}を Cu へ**還元する**ので、Zn は還元剤である。Zn 自身は酸化される。
Cu^{2+}は Zn から電子を受け取り、Zn を Zn^{2+}へ**酸化する**ので、Cu^{2+}は酸化剤である。Cu^{2+}自身は還元される。

酸化数から役割を判断する

3 段階で判断する

酸化剤・還元剤は、反応前後の酸化数を比べると判断しやすい。
1. 同じ元素について、反応前後の酸化数を比べる。
2. 酸化数が増加した反応物を還元剤、減少した反応物を酸化剤と判断する。
3. 電子を与えた側・受け取った側と、相手への作用を確認する。

反応物のすべてが酸化剤または還元剤になるとは限らない。酸化数が変化しない物質やイオンが、反応条件として含まれる場合もある。

CuO と H_2の反応

酸素の見方と酸化数の見方は一致する

加熱下で次の反応を考える。

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

CuO 中の Cu の酸化数は+2から 0 へ減少するため、CuO は還元される。したがって、CuO は**酸化剤**である。
H_2中の H の酸化数は 0 から H_2O 中の+1へ増加するため、H_2は酸化される。したがって、H_2は**還元剤**である。
酸素に注目しても、CuO は酸素を失って還元され、H_2は酸素と結び付いて酸化されるので、同じ判断になる。

同じ物質でも役割が変わることがある

H_2O_2の 2 つの反応を比べる

H_2O_2中の O の酸化数は−1である。
酸性水溶液で H_2O_2と I^-が次のように反応する場合を考える。

$$H_2O_2 + 2I^- + 2H^+ \rightarrow I_2 + 2H_2O$$

この反応では、H_2O_2由来の O は H_2O 中で−2になる。酸化数が−1から−2へ減少するので、H_2O_2は還元され、**酸化剤**として働く。
一方、酸性水溶液で MnO_4^-と H_2O_2が次のように反応する場合を考える。

$$2MnO_4^- + 5H_2O_2 + 6H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 5O_2 + 8H_2O$$

この反応では、H_2O_2由来の O が O_2になり、酸化数は−1から 0 へ増加する。H_2O_2は酸化され、**還元剤**として働く。
同じ H_2O_2でも、反応する相手によって役割が変わる。

物質の種類だけでは決めない

陽イオンだから必ず酸化剤、金属だから必ず還元剤と決めることはできない。
酸化剤・還元剤の役割は、実際の反応で**どの元素の酸化数がどのように変化したか**を見て判断する。

反応例は資料として扱う

本講に示した加熱を伴う反応や反応性の高い物質を含む反応は、酸化剤・還元剤の役割を読み取るための資料として扱う。実際の実験では、使用する物質や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

亜鉛片と Cu^{2+}を含む水溶液について、次の反応が起こる。

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

1. Zn と Cu について、それぞれ反応前後の酸化数を答えよ。
2. 酸化剤と還元剤を反応物からそれぞれ選び、自分自身の変化と相手への作用の両方から理由を説明せよ。

解答・解説

1.
Zn は反応前には単体なので酸化数 0、反応後の Zn^{2+}では+2である。
したがって、Zn の酸化数は$\mathbf{0 \rightarrow +2}$と増加する。
Cu は反応前の Cu^{2+}で+2、反応後の単体 Cu で 0 である。
したがって、Cu の酸化数は$\mathbf{+2 \rightarrow 0}$と減少する。
2.
酸化剤は Cu^{2+}、還元剤は Zn である。
Zn は電子を失って酸化され、その電子を Cu^{2+}へ与えて Cu^{2+}を還元するため、還元剤である。
Cu^{2+}は電子を受け取って還元され、その結果 Zn から電子を失わせて Zn を酸化するため、酸化剤である。

例題 2

加熱下で次の反応が起こるものとする。

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

CuO 中の O と H_2O 中の O の酸化数は−2とする。
1. Cu と H について、それぞれ反応前後の酸化数を答えよ。
2. 酸化剤と還元剤を答え、酸化数の変化と酸素の出入りの両方から理由を説明せよ。

解答・解説

1.
CuO 中の Cu は、O が−2なので酸化数+2である。生成した Cu は単体なので 0 である。
したがって、Cu は$\mathbf{+2 \rightarrow 0}$と変化する。
H_2中の H は単体なので 0 であり、H_2O 中の H は+1である。
したがって、H は$\mathbf{0 \rightarrow +1}$と変化する。
O の酸化数は反応前後で−2のままである。
2.
酸化剤は CuO、還元剤は H_2である。
CuO 中の Cu は+2から 0 へ酸化数が減少し、CuO は還元される。一方、CuO は H_2に酸素を与えて H_2を酸化するため、酸化剤である。
H_2中の H は 0 から+1へ酸化数が増加し、H_2は酸化される。一方、H_2は CuO から酸素を取り除いて CuO を還元するため、還元剤である。

例題 3

H_2O_2中の O の酸化数は-1とする。酸性水溶液で、次の 2 つの反応が起こるものとする。
反応 A では、H_2O_2由来の O は生成物 H_2O 中の O になる。

$$H_2O_2 + 2I^- + 2H^+ \rightarrow I_2 + 2H_2O$$

反応 B では、H_2O_2由来の O は生成物 O_2になる。

$$2MnO_4^- + 5H_2O_2 + 6H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 5O_2 + 8H_2O$$

1. 反応 A で H_2O_2は酸化剤・還元剤のどちらとして働くか。H_2O_2由来の O の酸化数変化から説明せよ。
2. 反応 B で H_2O_2は酸化剤・還元剤のどちらとして働くか。H_2O_2由来の O の酸化数変化から説明せよ。

解答・解説

1.
反応 A では、H_2O_2由来の O の酸化数は-1から H_2O 中の-2へ減少する。
したがって、H_2O_2は電子を受け取る側として還元されている。
相手の I^-では I の酸化数が-1から I_2中の 0 へ増加しており、I^-は酸化されている。
したがって、H_2O_2は**酸化剤**として働く。
2.
反応 B では、H_2O_2由来の O の酸化数は-1から O_2中の 0 へ増加する。
したがって、H_2O_2は電子を与える側として酸化されている。
一方、MnO_4^-中の Mn は$+7$から Mn^{2+}中の$+2$へ減少して還元される。
したがって、H_2O_2は**還元剤**として働く。

演習問題

演習 1

次の反応について考える。

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

1. Mg と Cu について、それぞれ反応前後の酸化数を答えよ。
2. 酸化剤と還元剤を反応物からそれぞれ選び、酸化数の変化と電子の授受から理由を説明せよ。

演習 2

加熱下で次の反応が起こるものとする。

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

O の酸化数は反応前後で-2とする。
1. Cu と C について、それぞれ反応前後の酸化数を答えよ。
2. 酸化剤と還元剤を答え、酸化数の変化から理由を説明せよ。

©ミライコーチング

演習 3

次の反応について考える。

$$Cl_2 + 2I^- \rightarrow 2Cl^- + I_2$$

1. Cl と I について、それぞれ反応前後の酸化数を答えよ。
2. 酸化剤と還元剤を反応物からそれぞれ選び、理由を説明せよ。

演習 4

次の反応について考える。

$$2Fe^{3+} + 2I^- \rightarrow 2Fe^{2+} + I_2$$

1. Fe と I について、それぞれ反応前後の酸化数を答えよ。
2. 酸化剤と還元剤を答え、Fe^{3+}1 個と I^-1 個がそれぞれ受け取る、または失う電子の数も答えよ。

演習 5

酸性水溶液で次の反応が起こるものとする。H_2O_2中の O の酸化数は−1であり、H_2O_2由来の O は生成物 H_2O 中の O になる。

$$H_2O_2 + 2Fe^{2+} + 2H^+ \rightarrow 2Fe^{3+} + 2H_2O$$

1. H_2O_2と Fe^{2+}はそれぞれ酸化剤・還元剤のどちらとして働くか。O と Fe の酸化数変化から説明せよ。
2. この反応で H^+を酸化剤と判断しない理由を、H の酸化数に注目して説明せよ。

演習 6

加熱下で次の反応が起こる。

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

ある生徒は、「CuO は還元されたので還元剤、H_2は酸化されたので酸化剤である」と答えた。
また、H_2O_2については、ある反応では H_2O_2中の O が−1から H_2O 中の−2へ変化し、別の反応では H_2O_2中の O が−1から O_2中の 0 へ変化することがある。

1. 生徒の酸化剤・還元剤の判断を正し、「自分自身の変化」と「相手への作用」の関係から説明せよ。
2.「物質名だけを覚えれば、反応に関係なく酸化剤・還元剤を決められる」という考えは正しいか。H_2O_2の 2 つの反応を根拠に説明せよ。

©ミライコーチング

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

Mg は反応前には単体なので酸化数 0、反応後の Mg^{2+}では+2である。
したがって、Mg は**0 → +2**と変化する。
Cu は反応前の Cu^{2+}で+2、反応後の単体 Cu で 0 である。
したがって、Cu は**+2 → 0**と変化する。

2.

酸化剤は Cu^{2+}、還元剤は Mg である。
Mg は酸化数が 0 から+2へ増加し、電子を失って酸化される。その電子を Cu^{2+}へ与えて Cu^{2+}を還元するため、Mg は還元剤である。
Cu^{2+}は電子を受け取って Cu になり、酸化数が+2から 0 へ減少するため還元される。相手の Mg を酸化するので、Cu^{2+}は酸化剤である。

解答 2

1.

CuO 中の O は−2なので、Cu の酸化数は+2である。生成した Cu は単体なので 0 である。
したがって、Cu は**+2 → 0**と変化する。
CO 中では O が−2なので C の酸化数は+2、CO_2中では O が 2 個あり、それぞれ−2なので C の酸化数は+4である。
したがって、C は**+2 → +4**と変化する。

2.

酸化剤は CuO、還元剤は CO である。
CuO 中の Cu は+2から 0 へ酸化数が減少して還元されるため、CuO は相手を酸化する酸化剤である。
CO 中の C は+2から+4へ酸化数が増加して酸化されるため、CO は相手を還元する還元剤である。

解答 3

1.

Cl_2中の Cl は単体なので酸化数 0、Cl^-中では−1である。
したがって、Cl は**0 → −1**と変化する。
I^-中の I の酸化数は−1、I_2中では単体なので 0 である。
したがって、I は**−1 → 0**と変化する。

2.

酸化剤は Cl_2、還元剤は I^-である。
Cl_2は Cl の酸化数が 0 から−1へ減少して還元されるため、酸化剤である。
I^-は I の酸化数が−1から 0 へ増加して酸化されるため、還元剤である。

©ミライコーチング

解答 4

1.

Fe は Fe^{3+}中で+3、Fe^{2+}中で+2なので、**$+3 \to +2$**と変化する。
I は I^-中で−1、I_2中で 0 なので、**$-1 \to 0$**と変化する。

2.

酸化剤は Fe^{3+}、還元剤は I^-である。
Fe^{3+}1 個は電子**1 個を受け取り**、Fe^{2+}になる。酸化数が+3から+2へ減少して還元されるため、Fe^{3+}は酸化剤である。
I^-1 個は電子**1 個を失い**、I の酸化数が−1から 0 へ増加する。I^-は酸化されて相手を還元するため、還元剤である。
イオンが正か負かだけではなく、反応前後の酸化数変化と電子の授受から判断する。

解答 5

1.

H_2O_2中の O は−1から H_2O 中の−2へ酸化数が減少するため、H_2O_2は還元される。
したがって、H_2O_2は**酸化剤**である。
Fe^{2+}中の Fe は+2から Fe^{3+}中の+3へ酸化数が増加するため、Fe^{2+}は酸化される。
したがって、Fe^{2+}は**還元剤**である。

2.

反応物の H^+中で H の酸化数は+1である。
生成物 H_2O 中でも H の酸化数は+1であり、反応前後で変化していない。
したがって、この反応の H^+は酸化数の変化によって相手から電子を受け取っているわけではなく、酸化剤とは判断しない。

解答 6

1.

生徒の判断は逆である。
正しくは、**CuO が酸化剤、H_2が還元剤**である。
CuO は自分自身が還元されるが、相手の H_2を酸化するため酸化剤である。
H_2は自分自身が酸化されるが、相手の CuO を還元するため還元剤である。
酸化剤・還元剤という名前は、自分自身が受ける変化ではなく、**相手にどの変化を起こすか**に基づいている。

2.

正しくない。
H_2O_2中の O が−1から H_2O 中の−2へ変化する反応では、H_2O_2は還元されるため**酸化剤**として働く。
一方、H_2O_2中の O が−1から O_2中の 0 へ変化する反応では、H_2O_2は酸化されるため**還元剤**として働く。
このように、同じ H_2O_2でも反応する相手や反応によって役割が変わるため、物質名だけではなく反応前後の変化から判断する必要がある。

©ミライコーチング