高校化学 L01 第 54 講 酸化数の考え方

この講でできるようになること

- 単体・単原子イオン・化合物・多原子イオンを区別して酸化数を求められる。
- 酸化数の基本規則を使って、未知の元素の酸化数を求められる。
- 化学式中の原子数を考えて、酸化数の総和を正しく立式できる。
- 酸化数の増減と酸化・還元の関係を説明できる。

酸化数とは

酸化数

酸化数は、結合している電子を電気陰性度の大きい原子側へ割り当て、同じ元素どうしの結合では等しく分けたと考えたときの、各原子に割り当てられる電荷数である。

実際の電荷そのものとは限らない

単原子イオンでは、酸化数はイオンの電荷数と一致する。
たとえば Cu^{2+}中の Cu の酸化数は+2である。
一方、H_2O 中では H の酸化数を+1、O の酸化数を−2とするが、H_2O 分子の中に H^+と O^{2-}がそのまま独立して存在しているという意味ではない。
酸化数は、酸化還元を整理するために各原子へ形式的に割り当てる電荷数である。

酸化数の基本規則

規則	酸化数	例
単体をつくる原子	0	O_2の O、H_2の H、Fe
単原子イオン	イオンの電荷数と同じ	Na^+は+1、Cu^{2+}は+2、Cl^-は−1
化合物中の F	−1	HF、OF_2の F
化合物中のアルカリ金属	通常+1	NaCl の Na
化合物中のアルカリ土類金属	通常+2	$MgCl_2$の Mg
化合物中の H	通常+1	H_2O の H
金属水素化物中の H	−1	NaH の H
化合物中の O	通常−2	H_2O、CO_2の O
過酸化物中の O	−1	H_2O_2の O
OF_2中の O	+2	OF_2の O

単体の規則を先に確認する

F は化合物中では−1だが、単体 F_2中の F の酸化数は 0 である。
同様に、Na や Mg も化合物中ではそれぞれ通常+1、+2だが、単体の Na や Mg なら酸化数は 0 である。
まず単体か、イオンか、化合物かを区別してから規則を使う。

©ミライコーチング

酸化数の総和

中性化合物では総和が 0

中性の化合物では、各原子の酸化数を原子数だけ掛けて足した総和が 0 になる。
H_2SO_4中の S の酸化数をxとする。

元素	1 原子あたりの酸化数	原子数	寄与
H	$+1$	2	$+2$
S	x	1	x
O	-2	4	-8

したがって、$2\times(+1)+x+4\times(-2)=0$となり、$x=+6$である。
H_2SO_4中の S の酸化数は**+6**である。この+6は H_2SO_4分子全体の電荷を表すものではない。

多原子イオンでは総和がイオンの電荷になる

多原子イオンでは、各原子の酸化数の総和が、そのイオン全体の電荷数に等しくなる。
SO_4^{2-}中の S の酸化数をxとすると、$x+4\times(-2)=-2$である。
したがって$x=+6$となり、S の酸化数は**+6**である。
SO_4^{2-}全体の電荷は−2だが、S1 原子の酸化数は+6であり、この 2 つは異なる量である。

酸化数を求める 3 段階



原子数を忘れずに掛ける

酸化数を求めるときは、次の順で考える。
1. すでに決まる元素の酸化数を規則から入れる。
2. 未知の元素をxとし、「酸化数×原子数」を足して総和の式をつくる。
3. 中性化合物なら総和を 0、多原子イオンなら総和をイオンの電荷数に等しくしてxを求める。

下付きの数字は原子数を表すので、総和を求めるときに掛け忘れないことが重要である。

酸化数と酸化・還元

酸化数が増えると酸化、減ると還元

前講で扱った反応を酸化数で見る。

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

Zn の酸化数は 0 から+2へ増加するため、Zn は酸化されている。
Cu の酸化数は Cu^{2+}中の+2から単体 Cu の 0 へ減少するため、Cu^{2+}は還元されている。
電子を失う変化では酸化数が増加し、電子を受け取る変化では酸化数が減少する。

©ミライコーチング

例題

例題 1

H は通常+1、O は通常−2として、次の中性化合物中の酸化数を求める。
1. HNO_3中の N の酸化数を求めよ。
2. CO_2中の C の酸化数を求めよ。

解答・解説

1.
HNO_3は中性化合物なので、酸化数の総和は 0 である。
N の酸化数をxとすると、$(+1)+x+3\times(-2)=0$である。
したがって$x=+5$となり、HNO_3中の N の酸化数は$\mathbf{+5}$である。
2.
CO_2は中性化合物なので、酸化数の総和は 0 である。
C の酸化数をxとすると、$x+2\times(-2)=0$である。
したがって$x=+4$となり、CO_2中の C の酸化数は$\mathbf{+4}$である。

例題 2

H は通常+1、O は通常−2として、次の多原子イオン中の酸化数を求める。
1. NH_4^+中の N の酸化数を求めよ。
2. SO_4^{2-}中の S の酸化数を求めよ。

解答・解説

1.
NH_4^+全体の電荷は+1である。
N の酸化数をxとすると、$x+4\times(+1)=+1$である。
したがって$x=-3$となり、NH_4^+中の N の酸化数は$\mathbf{-3}$である。
2.
SO_4^{2-}全体の電荷は−2である。
S の酸化数をxとすると、$x+4\times(-2)=-2$である。
したがって$x=+6$となり、SO_4^{2-}中の S の酸化数は$\mathbf{+6}$である。

例題 3

H は通常+1、O は通常−2であるが、化合物によって例外がある。
1. H_2O_2中の O の酸化数を、H の酸化数を+1として求めよ。
2. NaH 中の H の酸化数を、Na の酸化数を+1として求めよ。

解答・解説

1.
H_2O_2は中性化合物である。
O の酸化数をxとすると、$2\times(+1)+2x=0$である。
したがって$x=-1$となり、H_2O_2中の O の酸化数は$\mathbf{-1}$である。
O を常に−2とするのではなく、過酸化物では−1になる。

©ミライコーチング

2.
NaH は中性化合物であり、Na の酸化数は+1である。
H の酸化数をxとすると、$(+1)+x=0$である。
したがって$x=-1$となり、NaH 中の H の酸化数は**−1**である。
H も常に+1ではなく、金属水素化物では−1になる。

演習問題

演習 1

単体と単原子イオンについて、酸化数の基本規則を使って答えよ。
1. O_2中の O と、単体 Fe 中の Fe の酸化数をそれぞれ求め、理由を答えよ。
2. Fe^{3+}中の Fe と S^{2-}中の S の酸化数をそれぞれ求め、理由を答えよ。

演習 2

H は通常+1、O は通常−2として、次の中性化合物中の酸化数を求める。
1. H_2SO_3中の S の酸化数を求めよ。
2. NH_3中の N の酸化数を求めよ。

演習 3

O は通常−2として、次の多原子イオン中の酸化数を求める。
1. NO_3^-中の N の酸化数を求めよ。
2. CO_3^{2-}中の C の酸化数を求めよ。

演習 4

K は化合物中で通常+1、O は通常−2として、次の酸化数を求める。
1. $KMnO_4$中の Mn の酸化数を求めよ。
2. $K_2Cr_2O_7$中の Cr1 原子あたりの酸化数を求めよ。Cr の酸化数をxとして総和の式を示し、Cr2 個分の寄与との違いも説明せよ。

演習 5

Na は化合物中で通常+1、F は化合物中で−1とする。Na_2O_2は過酸化物であり、OF_2では F の規則を先に用いる。
1. Na_2O_2中の O の酸化数を求めよ。
2. OF_2中の O の酸化数を求めよ。

©ミライコーチング

演習 6

次の反応について考える。

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

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. Zn と Cu^{2+}のどちらが酸化され、どちらが還元されるか。酸化数の増減と電子 2 個の授受に注目して説明せよ。

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

O_2は単体なので、O の酸化数は **0** である。
Fe も単体なので、Fe の酸化数は **0** である。
単体をつくる原子の酸化数は 0 という規則を用いる。

2.

単原子イオンでは、酸化数はイオンの電荷数と一致する。
したがって、Fe^{3+}中の Fe の酸化数は**+3**、S^{2-}中の S の酸化数は**−2**である。

解答 2

1.

H_2SO_3は中性化合物である。
S の酸化数をxとすると、$2 \times (+1) + x + 3 \times (-2) = 0$である。
したがって$x = +4$となり、H_2SO_3中の S の酸化数は**+4**である。

2.

NH_3は中性化合物である。
N の酸化数をxとすると、$x + 3 \times (+1) = 0$である。
したがって$x = -3$となり、NH_3中の N の酸化数は**−3**である。

解答 3

1.

NO_3^-全体の電荷は−1である。
N の酸化数をxとすると、$x + 3 \times (-2) = -1$である。
したがって$x = +5$となり、NO_3^-中の N の酸化数は**+5**である。

2.

CO_3^{2-}全体の電荷は−2である。
C の酸化数をxとすると、$x + 3 \times (-2) = -2$である。
したがって$x = +4$となり、CO_3^{2-}中の C の酸化数は**+4**である。

解答 4

1.

$KMnO_4$は中性化合物である。
Mn の酸化数をxとすると、$(+1)+x+4\times(-2)=0$である。
したがって$x=+7$となり、$KMnO_4$中の Mn の酸化数は**+7**である。

2.

$K_2Cr_2O_7$は中性化合物である。
Cr1 原子あたりの酸化数をxとすると、$2\times(+1)+2x+7\times(-2)=0$である。
したがって$2x=+12$、$x=+6$となる。
Cr1 原子あたりの酸化数は**+6**であり、Cr2 個分の酸化数の寄与は$2\times(+6)=+12$である。
1 原子あたりの酸化数+6と、Cr2 個分の寄与+12を区別する。

解答 5

1.

Na_2O_2は中性化合物であり、Na の酸化数は+1である。
O の酸化数をxとすると、$2\times(+1)+2x=0$である。
したがって$x=-1$となり、Na_2O_2中の O の酸化数は**−1**である。
これは過酸化物なので、O を通常の−2として扱わない。

2.

OF_2は中性化合物であり、F の酸化数は−1である。
O の酸化数をxとすると、$x+2\times(-1)=0$である。
したがって$x=+2$となり、OF_2中の O の酸化数は**+2**である。
O は通常−2だが、F と結合した OF_2では F の−1を先に適用すると O は+2になる。

解答 6

1.

反応前の Zn は単体なので酸化数は 0、反応後の Zn^{2+}では**+2**である。
反応前の Cu^{2+}中の Cu は**+2**、反応後の Cu は単体なので 0 である。
したがって、Zn は$0\to+2$、Cu は$+2\to0$と変化する。

2.

Zn は酸化数が 0 から+2へ増加しているので**酸化**されている。
この変化では Zn 原子 1 個が電子 2 個を失う。
Cu^{2+}は Cu の酸化数が+2から 0 へ減少しているので**還元**されている。
Cu^{2+}1 個は電子 2 個を受け取って Cu になるため、Zn が失った電子 2 個と Cu^{2+}が受け取る電子 2 個が対応している。