高校化学 L01 第 49 講 中和計算

この講でできるようになること

- モル濃度と体積から、酸・塩基の物質量を求められる。
- 酸・塩基の価数を考えて、完全中和に必要な物質量の関係を判断できる。
- 中和に必要な酸・塩基の体積や未知のモル濃度を求められる。
- 酸または塩基が過剰にある場合、反応後にどちらが残るか判断できる。

濃度と体積から物質量を求める

まず mol に直して考える

中和計算では、酸や塩基の量をいったん物質量に直して考える。
モル濃度をc、溶液の体積をV、溶質の物質量をnとすると、次の関係がある。

$$n = cV$$

cの単位は$\mathrm{mol\,L^{-1}}$、Vの単位はL、nの単位はmolである。
たとえば20.0 mLは0.0200 Lなので、物質量を求めるときは体積を L へ直してからcVを計算する。

酸・塩基の記号を整理する

量	酸	塩基
価数	a	b
モル濃度	c_{a}	c_{b}
体積	V_{a}	V_{b}
物質量	n_{a}	n_{b}

価数は H^+への対応数を表す

酸の価数aは、酸 1 mol が酸として完全に反応するときに対応する H^+の物質量を表す。
塩基の価数bは、塩基 1 mol が受け取る H^+の物質量に対応する。
したがって、価数が異なる酸・塩基では、単純に物質量を 1 : 1 にそろえるだけでは完全中和にならない。

完全中和の条件

H^+に対応する量を左右でそろえる

酸と塩基がちょうど完全中和するとき、酸が与える H^+の対応量と、塩基が受け取る H^+の対応量が等しくなる。

$$an_{\mathrm{a}} = bn_{\mathrm{b}}$$

さらに$n = cV$を用いると、完全中和の条件は次のように表せる。

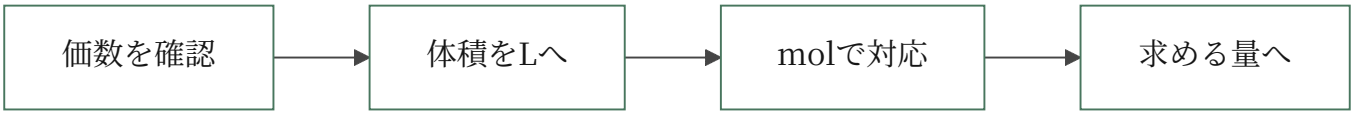
$$ac_{\mathrm{a}}V_{\mathrm{a}} = bc_{\mathrm{b}}V_{\mathrm{b}}$$

H_2SO_4については、2 個分の H^+をすべて中和して硫酸塩を生じる完全中和を考える。

体積を mL のまま扱える場合

完全中和の式$ac_{\mathrm{a}}V_{\mathrm{a}} = bc_{\mathrm{b}}V_{\mathrm{b}}$の両辺で、体積を同じ mL 単位でそろえて使う場合には、L への換算で生じる$\frac{1}{1000}$が両辺で打ち消し合う。
そのため、未知の体積を求めるだけなら mL のまま比として計算してよい。
一方、$n = cV$で実際の物質量を mol として求める場合には、体積を L へ直す。

©ミライコーチング



中和計算の手順

中和計算は次の順に考える。
1. 酸・塩基の価数を確認する。
2. 必要なら mL を L へ直し、$n = cV$で物質量を求める。
3. 価数を掛けて、H^+に対応する量をそろえる。
4. 求める物質量・体積・濃度へ戻す。

濃度だけ、または体積だけを比べて中和量を判断するのではなく、物質量と価数を合わせて考える。

例題

例題 1

0.100 mol L^{-1}の HCl 水溶液20.0 mLを、0.200 mol L^{-1}の NaOH 水溶液でちょうど完全中和する。HCl、NaOH はいずれも 1 価とする。
1. HCl の物質量を求めよ。
2. 完全中和に必要な NaOH 水溶液の体積を求めよ。

解答・解説

1.
20.0 mL = 0.0200 Lなので、HCl の物質量は$n = 0.100 \times 0.0200 = 0.00200$ molである。
したがって、HCl の物質量は**0.00200 mol**である。
2.
HCl と NaOH はともに 1 価なので、完全中和では物質量が 1 : 1 で対応する。
必要な NaOH は0.00200 molである。
体積をV L とすると、$0.200V = 0.00200$より$V = 0.0100$ Lである。
したがって、必要な NaOH 水溶液の体積は**10.0 mL**である。

例題 2

0.0500 mol L^{-1}の H_2SO_4水溶液20.0 mLについて、H_2SO_4の H^+をすべて0.100 mol L^{-1}の NaOH 水溶液で中和する。H_2SO_4は 2 価、NaOH は 1 価とする。
1. 完全中和に必要な NaOH の物質量を求めよ。
2. 必要な NaOH 水溶液の体積を求めよ。

解答・解説

1.
20.0 mL = 0.0200 Lなので、H_2SO_4の物質量は$0.0500 \times 0.0200 = 0.00100$ molである。
H_2SO_4は 2 価なので、H^+への対応量は$2 \times 0.00100 = 0.00200$ molである。
NaOH は 1 価なので、必要な NaOH の物質量は**0.00200 mol**である。
2.
NaOH の濃度は0.100 mol L^{-1}なので、体積をV L とすると$0.100V = 0.00200$である。
$V = 0.0200$ L = 20.0 mLより、必要な NaOH 水溶液は**20.0 mL**である。

©ミライコーチング

例題 3

濃度未知の $Ca(OH)_2$ 水溶液20.0 mLを、0.0100 mol L^{-1} の HCl 水溶液30.0 mLでちょうど完全中和した。$Ca(OH)_2$ は 2 価、HCl は 1 価とする。

1. $Ca(OH)_2$ の物質量を求めよ。
2. 元の $Ca(OH)_2$ 水溶液のモル濃度を求めよ。

解答・解説

1.

30.0 mL $= 0.0300$ Lなので、HCl の物質量は $0.0100 \times 0.0300 = 0.000300$ molである。

$Ca(OH)_2$ 1 mol は HCl 2 mol 分と反応するので、$Ca(OH)_2$ の物質量は $0.000300 \times \frac{1}{2} = 0.000150$ molである。

したがって、$Ca(OH)_2$ は**0.000150 mol**である。

2.

元の $Ca(OH)_2$ 水溶液の体積は20.0 mL $= 0.0200$ Lである。

濃度は $c = \frac{0.000150}{0.0200} = 0.00750$ mol L^{-1} となる。

したがって、元の $Ca(OH)_2$ 水溶液のモル濃度は**0.00750 mol L^{-1}**である。

ここで濃度を求める分母に使うのは、混合後の全体積ではなく、もとの $Ca(OH)_2$ 水溶液 20.0 mL である。

演習問題

演習 1

0.200 mol L^{-1} の HCl 水溶液が15.0 mLある。HCl と NaOH はいずれも 1 価とする。

1. HCl の物質量を求めよ。
2. 完全中和に必要な NaOH の物質量を求めよ。

演習 2

0.150 mol L^{-1} の HNO_3 水溶液20.0 mLを NaOH 水溶液で完全中和する。HNO_3、NaOH はいずれも 1 価とする。

1. 0.100 mol L^{-1} の NaOH 水溶液を用いる場合、必要な体積を求めよ。
2. 0.0500 mol L^{-1} の NaOH 水溶液を用いる場合、必要な体積を求め、1 の結果と比較して理由を説明せよ。

演習 3

0.100 mol L^{-1} の H_2SO_4 水溶液15.0 mLについて、H_2SO_4 の H^+ をすべて NaOH で中和する。H_2SO_4 は 2 価、NaOH は 1 価とする。

1. 完全中和に必要な NaOH の物質量を求めよ。
2. 0.150 mol L^{-1} の NaOH 水溶液を用いる場合、必要な体積を求めよ。

©ミライコーチング

演習 4

濃度未知の HCl 水溶液25.0 mLを、0.100 mol L^{-1}の NaOH 水溶液20.0 mLでちょうど完全中和した。HCl、NaOH はいずれも 1 価とする。

1. HCl の物質量を求めよ。
2. 元の HCl 水溶液のモル濃度を求めよ。

演習 5

0.00500 mol L^{-1}の $Ca(OH)_2$水溶液20.0 mLを、0.0100 mol L^{-1}の HCl 水溶液で完全中和する。$Ca(OH)_2$は 2 価、HCl は 1 価とする。

1. 必要な HCl 水溶液の体積を求めよ。
2.「$Ca(OH)_2$と HCl の物質量を 1 : 1 にすればよいので、HCl 水溶液は10.0 mL必要である」という説明が正しいか。価数を用いて説明せよ。

演習 6

0.100 mol L^{-1}の HCl 水溶液20.0 mLと、0.100 mol L^{-1}の NaOH 水溶液30.0 mLを混ぜ、十分に反応させる。HCl、NaOH はいずれも 1 価とする。

1. 過剰に残る物質を答え、その物質量を求めよ。
2. 反応後の水溶液は酸性・塩基性のどちらになるか。理由も答えよ。

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

15.0 mL $= 0.0150$ Lなので、HCl の物質量は$n = 0.200 \times 0.0150 = 0.00300$ molである。
したがって、HCl は**0.00300 mol**である。

2.

HCl と NaOH はいずれも 1 価なので、完全中和では 1 : 1 の物質量で反応する。
したがって、必要な NaOH は**0.00300 mol**である。

解答 2

1.

HNO_3の物質量は$0.150 \times 0.0200 = 0.00300$ molである。
HNO_3と NaOH は 1 : 1 で反応するので、必要な NaOH も0.00300 molである。
0.100 mol L^{-1}の NaOH 水溶液では、$V = \frac{0.00300}{0.100} = 0.0300$ Lとなる。
したがって、必要な体積は**30.0 mL**である。

2.

NaOH の必要物質量は同じ0.00300 molである。
0.0500 mol L^{-1}では、$V = \frac{0.00300}{0.0500} = 0.0600$ Lとなるので、必要な体積は**60.0 mL**である。
濃度が半分になると、同じ物質量を含むために必要な体積は 2 倍になる。

©ミライコーチング

解答 3

1.

H_2SO_4の物質量は$0.100 \times 0.0150 = 0.00150$ molである。
H_2SO_4は 2 価なので、完全中和に必要な NaOH は$2 \times 0.00150 = 0.00300$ molである。
したがって、必要な NaOH は**0.00300 mol**である。

2.

NaOH 水溶液の濃度は0.150 $\mathrm{mol\,L^{-1}}$なので、$V = \frac{0.00300}{0.150} = 0.0200$ Lである。
したがって、必要な NaOH 水溶液の体積は**20.0 mL**である。

解答 4

1.

NaOH の物質量は$0.100 \times 0.0200 = 0.00200$ molである。
HCl と NaOH は 1 : 1 で反応するので、HCl の物質量も**0.00200 mol**である。

2.

元の HCl 水溶液の体積は25.0 mL $= 0.0250$ Lである。
濃度は$c = \frac{0.00200}{0.0250} = 0.0800$ $\mathrm{mol\,L^{-1}}$となる。
したがって、元の HCl 水溶液のモル濃度は**0.0800 $\mathbf{mol\,L^{-1}}$**である。

解答 5

1.

$Ca(OH)_2$の物質量は$0.00500 \times 0.0200 = 0.000100$ molである。
$Ca(OH)_2$は 2 価の塩基なので、完全中和には HCl が$2 \times 0.000100 = 0.000200$ mol必要である。
HCl 水溶液の濃度は0.0100 $\mathrm{mol\,L^{-1}}$なので、$V = \frac{0.000200}{0.0100} = 0.0200$ Lである。
したがって、必要な HCl 水溶液の体積は**20.0 mL**である。

2.

正しくない。
$Ca(OH)_2$は 2 価の塩基で、1 mol が H^+2 mol 分を受け取る。一方、HCl は 1 価の酸で、1 mol が H^+1 mol 分を与える。
そのため、$Ca(OH)_2$と HCl の物質量比は 1 : 2 でなければならない。
$Ca(OH)_2$ 0.000100 molには HCl 0.000200 molが必要なので、0.0100 $\mathrm{mol\,L^{-1}}$の HCl 水溶液では**20.0 mL**必要である。

解答 6

1.

HCl の物質量は$0.100 \times 0.0200 = 0.00200$ molである。
NaOH の物質量は$0.100 \times 0.0300 = 0.00300$ molである。
両者は 1 : 1 で反応するので、HCl 0.00200 molがすべて反応すると NaOH も0.00200 mol消費される。
したがって、NaOH が$0.00300 - 0.00200 = 0.00100$ mol残る。
過剰に残る物質は **NaOH** で、その物質量は**0.00100 mol**である。

2.

反応後には NaOH が過剰に残っているため、水溶液は**塩基性**になる。
この問題では完全中和の等式を最初から置くのではなく、酸と塩基それぞれの初期物質量を求め、1 : 1 で反応させた後の差から判断する。