高校化学 L01 第 48 講 中和反応の考え方

この講でできるようになること

- 中和反応を、H^+と OH^-が反応する粒子の変化として説明できる。
- 酸と塩基から生じる塩を、酸由来の陰イオンと塩基由来の陽イオンから判断できる。
- 酸・塩基の価数を用いて、中和に必要な物質量の対応を判断できる。
- 酸または塩基が過剰に残る場合、反応後の液性を定性的に判断できる。

中和反応とは

中和反応

酸と塩基が反応し、互いの酸・塩基としての性質を打ち消す反応を**中和反応**という。

塩酸と水酸化ナトリウムの反応

塩酸と NaOH 水溶液の反応は、次の化学反応式で表される。

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$$

水溶液中で HCl から生じる H^+と、NaOH から生じる OH^-が直接反応して水になる。
水溶液中の H^+は、実際には H_3O^+などとして存在するが、本講では中和の関係を簡潔に表すため H^+を用いる。

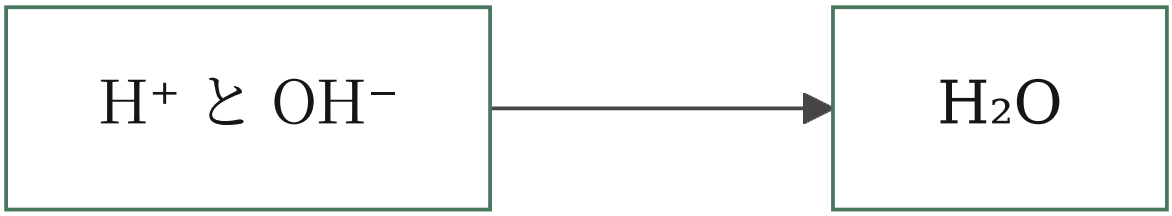
中和で直接反応する粒子

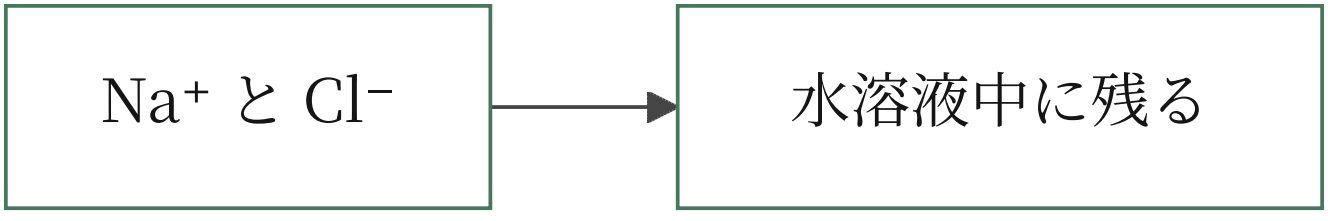
H^+と OH^-が水になる

塩酸と NaOH 水溶液の中和で、直接反応する粒子は H^+と OH^-である。

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

一方、Na^+と Cl^-はこの反応ではそのまま水溶液中に残る。





すべての粒子が消えるわけではない

中和では H^+ と OH^- が反応して水を生じるが、Na^+ や Cl^- まで消えるわけではない。
また、反応後の NaCl は水溶液中で Na^+ と Cl^- として存在しており、独立した NaCl 分子の集まりや固体の沈殿として考えるものではない。
水はもともと溶媒として大量に存在しており、中和によって新たな水分子も生じる。

中和でできる塩

塩

酸と塩基の反応によって生じる、酸由来の陰イオンと塩基由来の陽イオンからなるイオン性の物質を**塩**という。

酸と塩基から塩の組合せを読む

代表的な中和反応では、次のような塩が生じる。

酸	塩基	生じる塩
HCl	NaOH	NaCl
HNO_3	KOH	KNO_3
H_2SO_4	NaOH	Na_2SO_4
HCl	$Ca(OH)_2$	$CaCl_2$

塩を考えるときは、酸から残る陰イオンと、塩基側の陽イオンの組合せを見る。

酸・塩基の価数と中和量

mol が同じでも反応できる H^+・OH^- の量は違う

1 価の酸 1 mol は、酸として完全に反応するとき H^+ 1 mol 分に対応する。
2 価の酸 1 mol は、H^+ 2 mol 分に対応する。
同様に、1 価の塩基 1 mol は H^+ 1 mol 分を受け取り、2 価の塩基 1 mol は H^+ 2 mol 分を受け取ることに対応する。
したがって、中和がちょうど完了する量では、酸と塩基について次の対応が成り立つ。

$$\text{酸の価数} \times \text{酸の物質量} = \text{塩基の価数} \times \text{塩基の物質量}$$

本講では、この関係を濃度や体積ではなく、物質量の対応として扱う。

2 価の酸を完全に中和する

H_2SO_4 は NaOH を 2 倍の mol 必要とする

H_2SO_4 は 2 価の酸、NaOH は 1 価の塩基である。
H_2SO_4 がもつ酸として反応できる H^+ をすべて中和すると、次の反応式になる。

$$H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$$

H_2SO_4 1 mol に対して NaOH 2 mol が必要である。
これは、H_2SO_4 1 mol が H^+ 2 mol 分に対応し、NaOH 1 mol が H^+ 1 mol 分を受け取るためである。

©ミライコーチング

2 価の塩基を完全に中和する

$Ca(OH)_2$には OH^-が 2 個分対応する

$Ca(OH)_2$は 2 価の塩基であり、1 式単位あたり OH^-2 個分に対応する。
HCl で完全に中和すると、次の反応式になる。

$$2HCl + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCl_2 + 2H_2O$$

$Ca(OH)_2$ 1 mol に対して HCl 2 mol が必要である。

弱酸でも完全中和では酸全体の量を見る

最初に電離している量だけでは決めない

弱酸は水溶液中で一部だけが電離しているが、塩基と反応して H^+が消費されると、さらに酸が反応に参加する。
そのため、弱酸を完全に中和するために必要な塩基の量は、最初に電離していた H^+の量だけではなく、酸全体が反応できる H^+の対応量から考える。

中和したから必ず中性とは限らない

中和反応と反応後の液性は区別する

酸と塩基が反応したということと、反応後の水溶液が必ず pH 7 になることは同じではない。
酸や塩基が過剰に残れば、その影響で酸性または塩基性になる。
また、酸と塩基がちょうど反応した場合でも、生成した塩の種類によって反応後の液性が変わることがある。
本講では、酸または塩基が明らかに過剰に残る場合について定性的に判断する。

水が生成物に現れない酸塩基反応

NH_3と HCl の反応

酸と塩基の反応で、化学反応式に必ず水が生成物として現れるとは限らない。
たとえば、NH_3と HCl は次のように反応する。

$$NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$$

HCl が H^+を与え、NH_3が H^+を受け取る酸塩基反応であり、生成する NH_4Cl は NH_4^+と Cl^-からなる塩である。

例題

例題 1

塩酸と NaOH 水溶液を反応させる。
1. 化学反応式を書き、生成する塩を答えよ。
2. 中和に直接関わるイオンの反応式を書き、反応前後でそのまま水溶液中に残る主なイオンを答えよ。

解答・解説

1.
反応式は$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$である。
生成する塩は **NaCl** である。

2.
中和に直接関わるイオンの反応は$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$である。
Na^+とCl^-はこの反応では直接変化せず、水溶液中に残る。
したがって、直接反応するのはH^+とOH^-であり、主にそのまま残るイオンは**Na^+とCl^-**である。

例題 2

H_2SO_4の酸として反応できるH^+をすべてNaOHで中和し、Na_2SO_4を生じる場合を考える。
1. 係数をそろえた化学反応式を書け。
2. H_2SO_4が0.10 molあるとき、完全中和に必要なNaOHの物質量を求め、係数比と価数から理由を説明せよ。

解答・解説

1.
反応式は次のようになる。

$$H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$$

2.
H_2SO_4とNaOHの係数比は1 : 2なので、H_2SO_4 0.10 molに必要なNaOHは$0.10 \times 2 = 0.20$ molである。
また、H_2SO_4は2価の酸なので0.10 molはH^+ 0.20 mol分に対応する。一方、NaOHは1価の塩基なので、H^+ 0.20 mol分を受け取るにはNaOHも0.20 mol必要である。
したがって、必要なNaOHは**0.20 mol**である。

例題 3

HCl 0.030 molを含む水溶液と、NaOH 0.020 molを含む水溶液を混ぜ、十分に反応させる。

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$$

1. 反応したHClの物質量と、反応後に過剰に残るHCl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、残る物質から説明せよ。

解答・解説

1.
HClとNaOHの係数比は1 : 1である。
NaOHは0.020 molなので、反応するHClも0.020 molである。
初めのHClは0.030 molなので、残るHClは$0.030 - 0.020 = 0.010$ molである。
したがって、反応したHClは**0.020 mol**、過剰に残るHClは**0.010 mol**である。
2.
反応後にはHClが過剰に残っているため、水溶液は**酸性**になる。
この問題ではpHの数値までは求めず、過剰に残る酸・塩基の種類から液性を判断する。

演習問題

演習 1

HCl と KOH を完全に反応させる。
1. 係数をそろえた化学反応式を書け。
2. 生じる塩の名称を答え、その塩を構成する陽イオンと陰イオンをそれぞれ示せ。

演習 2

HNO_3と NaOH を完全に反応させる。
1. 係数をそろえた化学反応式を書け。
2. 中和で水をつくるイオンと、反応前後で直接変化せず水溶液中に残る主なイオンをそれぞれ答えよ。

演習 3

$Ca(OH)_2$を HCl で完全に中和する。
1. 係数をそろえた化学反応式を書け。
2. $Ca(OH)_2$が0.020 molあるとき、必要な HCl の物質量を求め、価数から理由を説明せよ。

演習 4

H_2SO_4の酸として反応できる H^+をすべて NaOH で中和する。H_2SO_4は 2 価、HCl は 1 価、NaOH は 1 価とする。
1. H_2SO_4が0.050 molあるとき、完全中和に必要な NaOH の物質量を求めよ。
2. HCl が同じ0.050 molある場合に必要な NaOH の物質量と比べ、違いを価数から説明せよ。

演習 5

HCl 0.010 molを含む水溶液と、NaOH 0.015 molを含む水溶液を混ぜて十分に反応させる。
1. 反応した NaOH の物質量と、過剰に残る NaOH 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 6

NH_3と HCl は次のように反応する。

$$\mathrm{NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl}$$

1. 生じる塩の名称を答え、その塩を構成する陽イオンと陰イオンを示せ。
2.「中和反応では必ず水が生成物として現れる」という説明が正しいか、この反応式を用いて説明せよ。

©ミライコーチング

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

HCl と KOH は 1 : 1 で反応する。
反応式は$HCl + KOH \rightarrow KCl + H_2O$である。

2.

生じる塩は**塩化カリウム KCl** である。
KCl は **K^+**と **Cl^-**からなる。
K^+は塩基 KOH 側、Cl^-は酸 HCl 側に由来する。

解答 2

1.

反応式は$HNO_3 + NaOH \rightarrow NaNO_3 + H_2O$である。

2.

中和で直接反応して水をつくるのは **H^+と OH^-**である。
反応は$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$と表せる。
一方、Na^+と NO_3^-は直接変化せず、水溶液中に残る主なイオンである。

解答 3

1.

$Ca(OH)_2$は OH^-2 個分に対応するので、HCl が 2 個分必要になる。
反応式は次のようになる。

$$2HCl + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCl_2 + 2H_2O$$

2.

$Ca(OH)_2$は 2 価の塩基なので、0.020 molは H^+ 0.040 mol分を受け取ることに対応する。
HCl は 1 価の酸なので、H^+ 0.040 mol分を与えるには HCl も0.040 mol必要である。
したがって、必要な HCl は**0.040 mol**である。

解答 4

1.

H_2SO_4は 2 価の酸なので、0.050 molは H^+ $2 \times 0.050 = 0.100$ mol分に対応する。
NaOH は 1 価の塩基なので、必要な NaOH は**0.100 mol**である。

2.

HCl は 1 価の酸なので、HCl 0.050 molは H^+ 0.050 mol分に対応する。
したがって、この HCl を中和するのに必要な NaOH は0.050 molである。
同じ0.050 molでも、2 価の H_2SO_4は 1 価の HCl の 2 倍の H^+対応量をもつため、必要な NaOH も**H_2SO_4では0.100 mol、HCl では0.050 mol**となる。

解答 5

1.

HCl と NaOH は 1 : 1 で反応する。
HCl が0.010 molあるので、反応する NaOH も0.010 molである。
初めの NaOH は0.015 molなので、反応後に残る量は$0.015 - 0.010 = 0.005$ molである。
したがって、反応した NaOH は**0.010 mol**、過剰に残る NaOH は**0.005 mol**である。

2.

反応後には NaOH が過剰に残るため、水溶液は**塩基性**になる。
この判断は、反応後に酸と塩基のどちらが過剰に残っているかに基づく。

解答 6

1.

生じる塩は**塩化アンモニウム NH_4Cl** である。
NH_4Cl は **NH_4^+** と **Cl^-**からなる。

2.

正しくない。
NH_3と HCl の反応では、HCl が H^+を与え、NH_3が H^+を受け取って NH_4^+となり、NH_4Cl を生じる。
この反応は酸と塩基の反応であるが、反応式の生成物として水は現れない。
したがって、中和や酸塩基反応を「必ず水が生成物として現れる反応」と一律に考えることはできない。