高校化学 L01 第 42 講 酸と塩基の定義

この講でできるようになること

- 水溶液中で生じる H^+や OH^-に注目して、酸と塩基を分類できる。
- H^+を与える物質を酸、H^+を受け取る物質を塩基として判断できる。
- 同じ水分子が、相手によって酸としても塩基としても働くことを説明できる。
- 水溶液を前提とする定義と、H^+の授受による定義の適用範囲の違いを説明できる。

水溶液中で生じるイオンから酸と塩基を見る

酸は H^+、塩基は OH^-を生じる

水溶液中で、H^+を生じる物質を**酸**、OH^-を生じる物質を**塩基**とする考え方を、アレーニウスの定義という。
水溶液中で H^+と書くとき、実際には H^+は水分子と結び付いた H_3O^+などとして存在している。本講では、反応の関係を簡潔に表すため H^+という表記も用いる。

アレーニウスの定義

水溶液中で H^+を生じる物質を**酸**、OH^-を生じる物質を**塩基**という。

HCl と NaOH の水溶液

水溶液中で、HCl と NaOH は次のように考えられる。

$$\mathrm{HCl} \rightarrow \mathrm{H^+} + \mathrm{Cl^-}$$

$$\mathrm{NaOH} \rightarrow \mathrm{Na^+} + \mathrm{OH^-}$$

物質	水溶液中で生じるイオン	分類
HCl	H^+、Cl^-	酸
NaOH	Na^+、OH^-	塩基

HCl は水溶液中で H^+を生じるため酸、NaOH は OH^-を生じるため塩基である。

化学式だけで酸・塩基を決めない

NH_3は式中に OH を含まない

塩基は、化学式の中に必ず OH を含んでいるとは限らない。
アンモニア NH_3は水と反応し、次のように OH^-を生じる。

$$\mathrm{NH_3} + \mathrm{H_2O} \rightleftharpoons \mathrm{NH_4^+} + \mathrm{OH^-}$$

そのため、NH_3は水溶液中で塩基として働く。
同じように、H を含む物質がすべて酸になるわけでもない。酸・塩基は、化学式に特定の文字が含まれているかだけでは判断できない。

©ミライコーチング

H^+の授受から酸と塩基を見る

H^+の授受による定義

H^+を相手に**与える**物質を酸、H^+を相手から**受け取る**物質を塩基という。
この考え方をブレンステッド・ローリーの定義という。

反応の中で H^+がどちらからどちらへ移るかを見る

H^+の授受による定義では、反応式を見て、どの物質が H^+を失い、どの物質が H^+を受け取ったかを考える。
酸や塩基は、その反応の中で果たす役割として判断する。

HCl と水の反応

HCl が H^+を与え、水が受け取る

HCl と水の反応を考える。

$$HCl + H_2O \rightarrow Cl^- + H_3O^+$$

HCl は H^+を失って Cl^-になっているので、H^+を**与えた酸**である。
H_2O は H^+を受け取って H_3O^+になっているので、H^+を**受け取った塩基**である。

NH_3と水の反応

水が H^+を与え、NH_3が受け取る

NH_3と水の反応では、H^+の移動方向が異なる。

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

NH_3は H^+を受け取って NH_4^+になるので、**塩基**として働く。
H_2O は H^+を与えて OH^-になるので、**酸**として働く。



図 1　H^+の移動で酸と塩基を見分ける

水は酸にも塩基にもなれる

HCl との反応では、水は H^+を受け取るので塩基として働く。
NH_3との反応では、水は H^+を与えるので酸として働く。
このように、同じ物質でも反応する相手によって酸・塩基としての役割が変わることがある。

H^+の移動と電荷の変化

H^+を 1 個受け取ると粒子の電荷も変わる

NH_3が H^+を 1 個受け取ると NH_4^+になる。
一方、H_2O が H^+を 1 個失うと OH^-になる。
このように、H^+の授受では粒子中の H の個数と電荷が対応して変化する。
ここで起きているのは H^+の授受であり、電子の授受による酸化還元とは区別する。

2 つの定義の適用範囲

水溶液を前提とするかどうかが異なる

アレーニウスの定義は、水溶液中で H^+または OH^-が生じることに注目した定義である。
一方、H^+の授受による定義では、反応の中で H^+を与える物質と受け取る物質を考えるため、水を含まない反応にも適用できる。

水を含まない反応にも H^+の授受がある

気体の HCl と NH_3から固体の塩化アンモニウムが生じる反応を考える。

$$\mathrm{HCl(g) + NH_3(g) \rightarrow NH_4Cl(s)}$$

この反応では、HCl から NH_3へ H^+が移ると考えられる。
したがって、H^+を与える HCl が酸、H^+を受け取る NH_3が塩基である。
生成する塩化アンモニウムは、NH_4^+と Cl^-からなる。
この反応は水溶液ではないため、水溶液中で生じる H^+や OH^-だけに注目するアレーニウスの定義では直接説明しにくい。一方、H^+の授受による定義なら酸・塩基の役割を説明できる。

2 つの定義を使い分ける

見方	酸	塩基	主な適用範囲
アレーニウスの定義	水溶液中で H^+を生じる	水溶液中で OH^-を生じる	水溶液
H^+の授受による定義	H^+を与える	H^+を受け取る	水溶液以外の反応にも使える

2 つの定義はどちらか一方が誤りなのではなく、注目する現象と適用できる範囲が異なる。

©ミライコーチング

例題

例題 1

水溶液中で、HCl と NaOH が次のようにイオンを生じる。

$$\mathrm{HCl} \rightarrow \mathrm{H^+} + \mathrm{Cl^-}$$

$$\mathrm{NaOH} \rightarrow \mathrm{Na^+} + \mathrm{OH^-}$$

1. HCl を酸・塩基のどちらに分類するか。生じるイオンを根拠に答えよ。
2. NaOH を酸・塩基のどちらに分類するか。生じるイオンを根拠に答えよ。

解答・解説

1.
HCl は**酸**である。
水溶液中で $\mathrm{H^+}$を生じるため、アレーニウスの定義では酸に分類される。
2.
NaOH は**塩基**である。
水溶液中で $\mathrm{OH^-}$を生じるため、アレーニウスの定義では塩基に分類される。

例題 2

次の反応を考える。

$$\mathrm{NH_3} + \mathrm{H_2O} \rightleftharpoons \mathrm{NH_4^+} + \mathrm{OH^-}$$

1. $\mathrm{H^+}$の授受による定義で、$\mathrm{NH_3}$と $\mathrm{H_2O}$ をそれぞれ酸・塩基のどちらに分類するか。また、$\mathrm{H^+}$はどちらからどちらへ移るか答えよ。
2. $\mathrm{NH_3}$は化学式中に OH を含まないのに、水溶液中で塩基として働く。なぜか説明せよ。

解答・解説

1.
$\mathrm{NH_3}$は $\mathrm{H^+}$を受け取って $\mathrm{NH_4^+}$になるので**塩基**である。
$\mathrm{H_2O}$ は $\mathrm{H^+}$を与えて $\mathrm{OH^-}$になるので**酸**である。
$\mathrm{H^+}$は $\mathrm{H_2O}$ から $\mathrm{NH_3}$へ移る。
2.
$\mathrm{NH_3}$は水と反応して $\mathrm{H_2O}$ から $\mathrm{H^+}$を受け取り、その結果 $\mathrm{OH^-}$が生じるためである。
したがって、$\mathrm{NH_3}$は式中に OH を含まなくても、水溶液中で塩基として働く。

例題 3

水を含まない次の反応を考える。

$$\mathrm{HCl(g)} + \mathrm{NH_3(g)} \rightarrow \mathrm{NH_4Cl(s)}$$

1. $\mathrm{H^+}$の授受による定義で、HCl と $\mathrm{NH_3}$をそれぞれ酸・塩基のどちらに分類するか答えよ。
2. この反応を $\mathrm{H^+}$の授受による定義で説明できる理由と、アレーニウスの定義との適用範囲の違いを説明せよ。

解答・解説

1.
HCl は H^+を NH_3へ与えるので**酸**である。
NH_3は H^+を受け取って NH_4^+になるので**塩基**である。

2.
H^+の授受による定義では、水の有無にかかわらず、H^+を与える側と受け取る側を見れば酸・塩基を判断できる。
この反応では HCl から NH_3へ H^+が移るため、その定義を適用できる。
一方、アレーニウスの定義は水溶液中で生じる H^+や OH^-に注目するため、水を含まないこの反応を直接説明する範囲には向いていない。

演習問題

演習 1

水溶液中で、硝酸 HNO_3と水酸化カリウム KOH が次のようにイオンを生じる。

$$HNO_3 \rightarrow H^+ + NO_3^-$$

$$KOH \rightarrow K^+ + OH^-$$

1. HNO_3を酸・塩基のどちらに分類するか。根拠も答えよ。
2. KOH を酸・塩基のどちらに分類するか。根拠も答えよ。

演習 2

次の反応を考える。

$$HCl + H_2O \rightarrow Cl^- + H_3O^+$$

1. H^+の授受による定義で、HCl と H_2O をそれぞれ酸・塩基のどちらに分類するか答えよ。
2. H_2O が受け取った粒子は何か。また、その結果生じるイオンを答え、理由を説明せよ。

演習 3

次の 2 つの反応を比べる。

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

$$HCl + H_2O \rightarrow Cl^- + H_3O^+$$

1. NH_3は H^+の授受による定義で酸・塩基のどちらか。H^+の移動を根拠に答えよ。
2. NH_3との反応と HCl との反応で、水の酸・塩基としての役割がどのように異なるか説明せよ。

©ミライコーチング

演習 4

次の左から右への反応を考える。

$$NH_4^+ + OH^- \rightarrow NH_3 + H_2O$$

1. 酸として働く粒子を答え、H^+の移動を用いて理由を説明せよ。
2. 塩基として働く粒子を答え、H^+の移動を用いて理由を説明せよ。

演習 5

水を含まない次の反応を考える。

$$HCl(g) + NH_3(g) \rightarrow NH_4Cl(s)$$

1. H^+の授受による定義で、HCl と NH_3をそれぞれ酸・塩基のどちらに分類するか答えよ。
2.「この反応には水がないので、酸と塩基の反応とは考えられない」という説明が正しいか。H^+の授受による定義を用いて説明せよ。

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

HNO_3は**酸**である。
水溶液中で H^+を生じるため、アレーニウスの定義では酸に分類される。

2.

KOH は**塩基**である。
水溶液中で OH^-を生じるため、アレーニウスの定義では塩基に分類される。

解答 2

1.

HCl は H^+を与えるので**酸**である。
H_2O はその H^+を受け取るので**塩基**である。

2.

H_2O が受け取った粒子は **H^+**である。
H_2O に H^+が加わることで H_3O^+が生じるため、生成するイオンは **H_3O^+**である。

解答 3

1.

NH_3は**塩基**である。
NH_3は H_2O から H^+を受け取り、NH_4^+になるためである。

2.

NH_3との反応では、水は H^+を NH_3へ与えるため**酸**として働く。
HCl との反応では、水は HCl から H^+を受け取るため**塩基**として働く。
したがって、水は反応する相手によって酸にも塩基にもなり得る。

解答 4

1.

酸として働くのは **NH_4^+**である。
NH_4^+は H^+を OH^-へ与え、NH_3になるためである。

2.

塩基として働くのは **OH^-**である。
OH^-は NH_4^+から H^+を受け取り、H_2O になるためである。
このように、イオンも H^+の授受によって酸や塩基として働くことがある。

解答 5

1.

HCl は H^+を与えるので**酸**、NH_3は H^+を受け取るので**塩基**である。

2.

正しくない。
H^+の授受による定義では、水溶液であることは必要条件ではない。
この反応では HCl から NH_3へ H^+が移っているため、水を含まなくても酸と塩基の反応として説明できる。