高校化学 L01 第 45 講 酸・塩基の強弱と濃度

この講でできるようになること

- 強酸・弱酸、強塩基・弱塩基の違いを、水中でイオンを生じる割合から説明できる。
- 電離度αの意味を説明し、簡単な割合計算ができる。
- 酸・塩基の強弱と、溶液の濃い・薄いを区別できる。
- 電離度から、電離した酸・塩基の物質量や生じるイオンの量を求められる。

酸・塩基の強弱は電離のしやすさで考える

強い・弱いは濃度の大小ではない

酸・塩基の**強弱**は、水中でどの程度電離したり、水と反応してイオンを生じたりするかに注目した性質である。
酸の水溶液で H^+と書く場合、実際には水分子と結び付いた H_3O^+などとして存在する。
代表的な酸・塩基は次のように分類できる。

分類	代表例
強酸	HCl、HNO_3
弱酸	CH_3COOH
強塩基	NaOH、KOH
弱塩基	NH_3

薄い HCl 水溶液でも HCl は強酸であり、濃い CH_3COOH 水溶液でも CH_3COOH は弱酸である。
同じように、薄い NaOH 水溶液でも NaOH は強塩基であり、濃い NH_3水溶液でも NH_3は弱塩基である。

強酸と弱酸

水中での粒子の存在割合が異なる

HCl は水中でほぼすべてがイオンとして存在する代表的な強酸である。

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

一方、CH_3COOH は水中で一部だけが電離し、多くが分子のまま存在する代表的な弱酸である。

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$$

弱酸でも電離した部分はイオンを生じるので、「弱酸はイオンをまったく生じない」という意味ではない。

強塩基と弱塩基

塩基もイオンを生じる割合で考える

NaOH は水に溶けた部分が Na^+と OH^-として存在する代表的な強塩基である。
一方、NH_3は水と反応して一部だけが NH_4^+と OH^-を生じる代表的な弱塩基である。

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

NH_3は化学式中に OH を含まないが、水と反応して OH^-を生じるため塩基として働く。

©ミライコーチング

電離度

電離度

溶かした酸・塩基のうち、電離したり水と反応してイオンを生じたりした割合を**電離度**という。
電離度をαとすると、次の式で表す。

$$\alpha = \frac{\text{電離した酸・塩基の物質量}}{\text{溶かした酸・塩基の物質量}}$$

αは単位をもたず、0から1の範囲の値をとる。百分率で表すときはαを 100 倍する。

生成したイオンの総数を分子にしない

1 価の酸 HA が 1 個分電離すると、H_3O^+1 個分と A^-1 個分が生じる場合でも、電離した酸は HA **1 個分**である。
したがって、電離度を求めるときに、生成したイオンが 2 種類あるからといって電離した酸の量を 2 倍してはいけない。

粒子図から電離度を読む

電離した酸そのものの割合を見る

次の図は、異なる 2 種類の 1 価の酸を共通の一般記号 HA で表し、同じ温度・同じ溶液体積で各 10 個分を溶かした架空の比較モデルである。左は強酸、右は弱酸を表し、HA と A^-は両側で同一の化学物質を意味するものではない。
左では 10 個分すべてが電離し、右では 10 個分のうち 1 個分だけが電離している。

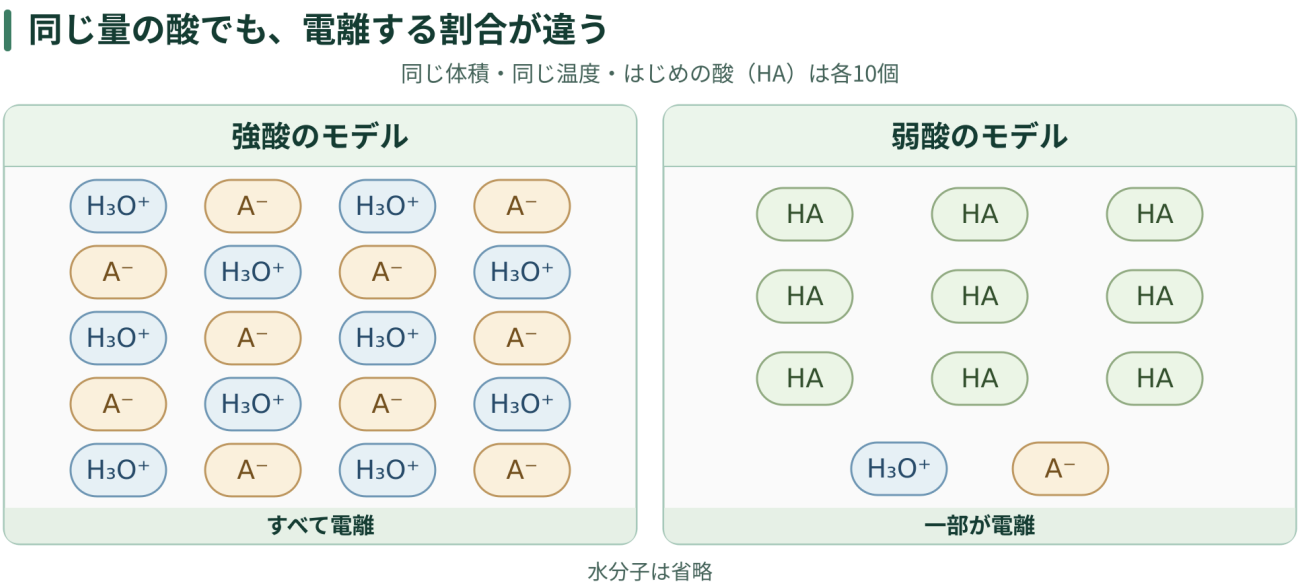

図 1　同じ 10 個分の酸について、電離した割合を比べる。

イオンの総個数ではなく酸の電離割合を数える

左のモデルでは、10 個分の HA がすべて電離しているので、電離度は$\alpha = \frac{10}{10} = 1$、すなわち 100% である。
右のモデルでは、10 個分のうち 1 個分が電離しているので、電離度は$\alpha = \frac{1}{10} = 0.10$、すなわち 10% である。

右側では H_3O^{+1} 個分と A^{-1} 個分の合計 2 個分のイオンが生じているが、電離した HA は 1 個分なので、電離度の分子は 1 である。

電離した量を求める

全体量に電離度を掛ける

酸・塩基を$n_{\text{全体}}$ mol 溶かし、その条件で電離度がαであるとき、電離した量$n_{\text{電離}}$は次の関係で求められる。

$$n_{\text{電離}} = \alpha n_{\text{全体}}$$

たとえば、ある弱酸$0.20\ \text{mol}$について$\alpha = 0.050$なら、電離した弱酸は$0.050 \times 0.20 = 0.010\ \text{mol}$である。

強弱と濃い・薄いは別の軸である

濃度は溶液中の溶質量を表す

溶液が**濃い・薄い**という表現は、溶液の体積に対してどれだけ溶質が含まれるかという濃度に関係する。
一方、酸・塩基が**強い・弱い**という表現は、水中でどの程度イオンを生じるかという性質に関係する。
したがって、

- 濃い弱酸
- 薄い強酸
- 濃い弱塩基
- 薄い強塩基

はいずれも成り立つ表現である。

電離度は条件によって変化する

同じ温度で弱酸を水で薄めると、一般に電離度は大きくなる。
しかし、薄めたことでその物質自体が弱酸から強酸へ変わるわけではない。
電離度は濃度や温度などの条件によって変化するため、条件の異なるαの値だけを機械的に比較して強弱を決めるのではなく、その物質が水中でどのように電離するかを見ることが重要である。

©ミライコーチング

例題

例題 1

次の 4 つの水溶液を考える。ここで「薄い」「濃い」は、それぞれの溶質の濃度について述べたものである。

- A：薄い HCl 水溶液
- B：濃い CH_3COOH 水溶液
- C：薄い NaOH 水溶液
- D：濃い NH_3水溶液

1. A〜D の溶質を、それぞれ強酸・弱酸・強塩基・弱塩基のどれに分類するか答えよ。
2.「B は濃いから強酸、D は濃いから強塩基である」という説明が正しいか。理由も答えよ。

解答・解説

1.
A の HCl は**強酸**、B の CH_3COOH は**弱酸**、C の NaOH は**強塩基**、D の NH_3は**弱塩基**である。
水溶液が薄いか濃いかにかかわらず、HCl は強酸、CH_3COOH は弱酸、NaOH は強塩基、NH_3 は弱塩基として分類される。

2.
正しくない。
「濃い・薄い」は溶液中にどれだけ溶質が含まれているかという濃度を表す。
一方、「強い・弱い」は水中でどの程度電離したり、水と反応してイオンを生じたりするかを表す。
したがって、濃い CH_3COOH 水溶液でも CH_3COOH は弱酸であり、濃い NH_3水溶液でも NH_3 は弱塩基である。

©ミライコーチング

例題 2

同じ温度・同じ溶液体積で、異なる 2 種類の架空の 1 価の酸を共通の一般記号 HA で表し、それぞれ 10 個分用意した。左は強酸、右は弱酸のモデルであり、両側の HA は同一の化学物質を意味しない。

- 左：10 個分すべてが電離し、H_3O^+10 個分と A^-10 個分が生じた。
- 右：10 個分のうち 1 個分だけが電離し、HA が 9 個分残り、H_3O^+1 個分と A^-1 個分が生じた。

1. 左のモデルの電離度αと百分率を求めよ。また、生じたイオンの総個数 20 個分を電離度の分子に使わない理由を説明せよ。
2. 右のモデルの電離度αと百分率を求め、未電離の HA が何個分残るか答えよ。

解答・解説

1.
左では HA10 個分のうち 10 個分が電離しているので、$\alpha = \frac{10}{10} = 1$である。
したがって、電離度は **1、百分率では 100%** である。
H_3O^+10 個分と A^-10 個分の合計 20 個分のイオンがあるが、これらは HA10 個分が電離して生じたものである。
電離度では「電離した HA が何個分か」を数えるため、分子は 20 ではなく 10 である。

2.
右では HA10 個分のうち 1 個分が電離しているので、$\alpha = \frac{1}{10} = 0.10$である。
したがって、電離度は **0.10、百分率では 10%** である。
10 個分のうち 1 個分が電離したので、未電離の HA は **9 個分**残る。

例題 3

ある条件で NH_3を0.10 mol水に溶かしたところ、NH_3が水と反応してイオンを生じた割合は$\alpha = 0.020$だった。水自身のごくわずかな電離はこの計算では無視する。

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

1. 水と反応した NH_3の物質量を求めよ。
2. 生じた NH_4^+と OH^-の物質量をそれぞれ求めよ。

解答・解説

1.
反応した NH_3の物質量は$n_{反応} = \alpha n_{全体}$で求められる。
$n_{反応} = 0.020 \times 0.10 = 0.0020$ molより、水と反応した NH_3は**0.0020 mol**である。

2.
反応式では、NH_3、NH_4^+、OH^-の対応は 1 : 1 : 1 である。
したがって、NH_3 0.0020 molが反応すると、NH_4^+は**0.0020 mol**、OH^-も**0.0020 mol**生じる。
2 種類のイオンが生じても、反応した NH_3の物質量が 2 倍になるわけではない。

演習問題

演習 1

HNO_3、CH_3COOH、$NaOH$、NH_3について答えよ。

1. HNO_3と CH_3COOH を強酸・弱酸のどちらか、$NaOH$ と NH_3を強塩基・弱塩基のどちらかに分類せよ。
2.「2 価の酸は、1 価の酸より必ず強い」という説明が正しいか。価数と酸の強弱の違いを用いて説明せよ。

演習 2

架空の 1 価の酸 HA を 20 個分用意したところ、そのうち 5 個分が電離し、H_3O^+5 個分と A^-5 個分が生じた。

1. 電離度αと百分率を求めよ。
2. 未電離の HA の個数分と、生じたイオンの総個数分をそれぞれ求め、電離度の分子に使う 5 との違いを説明せよ。

演習 3

ある条件で 1 価の酸 HA を0.20 mol水に溶かしたところ、そのうち0.0040 molが電離した。

1. 電離度αと百分率を求めよ。
2. 未電離の HA の物質量を求めよ。

演習 4

ある条件で NH_3を0.50 mol水に溶かしたところ、電離度を$\alpha = 0.010$としてよいものとする。水自身のごくわずかな電離は無視する。

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

1. 水と反応した NH_3の物質量を求めよ。
2. 生じた NH_4^+と OH^-の物質量をそれぞれ求めよ。

演習 5

同じ温度で、ある弱酸 HA の水溶液を水で薄めたところ、溶液の濃度は低下し、電離度αは大きくなった。

1. 水溶液は濃くなったか薄くなったか。また、電離した酸の割合は増加したか減少したか答えよ。
2.「αが大きくなったので、薄めると弱酸 HA は強酸に変わる」という説明が正しいか。理由も答えよ。

©ミライコーチング

演習 6

「濃い弱酸」と「薄い強酸」という表現がどちらも成り立つ理由を、濃度が表す量と、酸の強弱が表す性質の違いから説明せよ。

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

HNO_3は**強酸**、CH_3COOH は**弱酸**、NaOH は**強塩基**、NH_3は**弱塩基**である。

2.

正しくない。
酸の**価数**は、酸 1 分子が酸として放出できる H^+の数を表す。
一方、酸の**強弱**は、水中でどの程度電離してイオンを生じるかに関係する。
したがって、価数が大きいことだけから、より強い酸であると判断することはできない。

解答 2

1.

20 個分の HA のうち 5 個分が電離しているので、$\alpha = \frac{5}{20} = 0.25$である。
したがって、電離度は **0.25、百分率では 25%** である。

2.

未電離の HA は$20 - 5 = 15$個分である。
電離によって H_3O^+5 個分と A^-5 個分が生じているので、イオンの総個数は$5 + 5 = 10$個分である。
したがって、未電離の HA は **15 個分**、生じたイオンは合計 **10 個分**である。
電離度の分子に使う 5 は「電離した HA の個数分」であり、生成したイオンの総個数 10 とは異なる。

解答 3

1.

電離度は、溶かした HA の物質量に対する電離した HA の物質量の割合である。
$\alpha = \frac{0.0040}{0.20} = 0.020$より、電離度は **0.020、百分率では 2.0%** である。

2.

未電離の HA は$0.20 - 0.0040 = 0.196\ \ \mathrm{mol}$である。
したがって、未電離の HA の物質量は**0.196 mol**である。

解答 4

1.

反応した NH_3 の物質量は $n_{反応} = \alpha n_{全体}$ で求める。
$n_{反応} = 0.010 \times 0.50 = 0.0050$ mol より、水と反応した NH_3 は**0.0050 mol**である。

2.

反応式では NH_3、NH_4^+、OH^- の対応は 1 : 1 : 1 である。
したがって、NH_4^+ は**0.0050 mol**、OH^- も**0.0050 mol**生じる。

解答 5

1.

水で薄めているので、水溶液は**薄くなった**。
また、電離度αが大きくなっているので、電離した酸の**割合は増加した**。

2.

正しくない。
電離度は濃度や温度などの条件によって変化するため、同じ弱酸でも希釈によってαが大きくなることがある。
しかし、濃度が低下して電離度が大きくなったことだけで、その物質が弱酸から強酸へ変わるわけではない。
酸の強弱と、溶液の濃い・薄いは別の性質である。

解答 6

濃度は、一定体積の溶液中にどれだけ溶質が含まれるかを表す量である。
一方、酸の強弱は、水中でその酸がどの程度電離してイオンを生じるかに関係する性質である。
そのため、弱酸を多く含む**濃い弱酸**の水溶液も、強酸を少量だけ含む**薄い強酸**の水溶液も成り立つ。