高校化学 L01 第 43 講 電離と電解質

この講でできるようになること

- 水に溶けることと、電離することの違いを説明できる。
- 電解質と非電解質を、水溶液中に存在する粒子から区別できる。
- 電解質の水溶液が電気を通す理由を、移動できるイオンから説明できる。
- 強電解質と弱電解質の違いを、水溶液中に存在する粒子の割合から説明できる。

水に溶けることと電離することは同じではない

電離

物質が水に溶けたとき、陽イオンと陰イオンとして水溶液中に存在するようになることを**電離**という。

NaCl が水に溶ける場合

固体の NaCl は、もともと Na^+と Cl^-が規則正しく並んだイオン結晶である。
水に溶けると、Na^+と Cl^-が結晶中の決まった位置から離れ、水溶液中を別々に移動できるようになる。
この関係は、水溶液中では次のように表せる。

$$NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$$

ここで、中性の Na 原子や Cl 原子が水中で電子をやり取りして新しくイオンになるわけではない。
固体中ですでに存在していた Na^+と Cl^-が、水中で別々に存在できるようになると考える。

グルコースは溶けても主に分子のまま

グルコース $C_6H_{12}O_6$も水に溶ける。
しかし、グルコースは水中で主に $C_6H_{12}O_6$分子のまま存在し、NaCl のように陽イオンと陰イオンへ分かれるわけではない。
したがって、**水に溶けることと電離することは同じではない**。
「溶ける」とは物質の粒子が溶液全体に広がることであり、必ずイオンになることを意味しない。

電解質と非電解質

電解質

水に溶けたときに電離し、その水溶液が電気を通す物質を**電解質**という。

非電解質

水に溶けても電離せず、主に中性の分子のまま存在する物質を**非電解質**という。

©ミライコーチング

NaCl とグルコースを比べる

NaCl は水中で Na^+ と Cl^- として存在するので、電解質である。
一方、グルコース $C_6H_{12}O_6$ は水に溶けても主に分子のまま存在するので、非電解質である。

物質	水溶液中の主な粒子	分類
NaCl	Na^+、Cl^-	電解質
$C_6H_{12}O_6$	$C_6H_{12}O_6$ 分子	非電解質

化学式にイオンが含まれているかどうかだけを見るのではなく、水溶液中でどのような粒子として存在するかを見ることが重要である。

水溶液中ではイオンが電気を運ぶ

移動できる電荷をもつ粒子が必要である

電流が流れるには、電荷をもつ粒子が移動できる必要がある。
NaCl 水溶液では、Na^+ と Cl^- が水溶液中を移動できるため、電気を通す。
一方、グルコース水溶液では、溶けたグルコースは主に中性の分子として存在するため、NaCl 水溶液のように移動できるイオンによって電荷を運ぶことができない。

金属と水溶液では電荷を運ぶ粒子が違う

金属中では主に自由電子が電荷を運ぶ。
電解質の水溶液では、陽イオンと陰イオンが移動して電荷を運ぶ。
同じ「電気を通す」という性質でも、電荷を運ぶ粒子は異なる。

純水との比較

純水にもごくわずかにイオンが存在するため、まったく電気を通さないわけではないが、通常は非常に電気を通しにくい。
同じ条件で純水に NaCl を溶かすと、水溶液中に多くの移動可能なイオンが存在するようになるため、電気を通しやすくなる。

強電解質と弱電解質

強電解質

水に溶けたとき、溶けた物質のほぼすべてがイオンとして存在する電解質を**強電解質**という。

弱電解質

水に溶けたとき、一部だけが電離し、多くが分子のまま存在する電解質を**弱電解質**という。

©ミライコーチング

NaCl・HCl・酢酸を比べる

NaCl や 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電解質である。
HCl は水と反応して、次のように H_3O^+ と Cl^- を生じる。

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

一方、酢酸 CH_3COOH は、水中で一部だけが電離する代表的な弱電解質である。

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

酢酸水溶液では、CH_3COOH 分子と、電離によって生じた CH_3COO^- や H_3O^+ が共存する。

粒子の状態から強弱を見る

イオンだけか、分子とイオンか、分子のままか

水溶液中にどのような粒子が存在するかを見ると、強電解質・弱電解質・非電解質の違いを整理できる。

- 強電解質：溶けた物質のほぼすべてがイオンとして存在する。
- 弱電解質：分子とイオンの両方が存在する。
- 非電解質：主に中性の分子のまま存在する。

水溶液中の粒子のようす

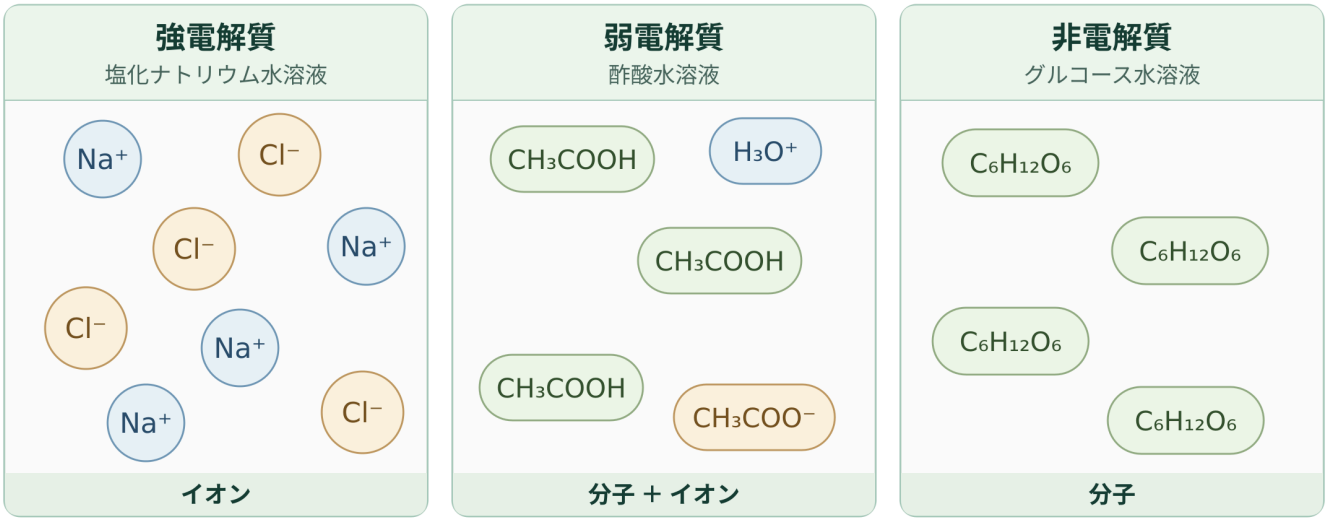

図 1　水分子は省略し、粒子の数と割合は模式的に表している。

例	水溶液中の主な粒子	分類
NaCl	Na^+、Cl^-	強電解質
CH_3COOH	CH_3COOH、CH_3COO^-、H_3O^+	弱電解質
$C_6H_{12}O_6$	$C_6H_{12}O_6$分子	非電解質

弱電解質でもイオンを含む

弱電解質は「電離しない物質」ではない。
一部は電離してイオンを生じるため、水溶液は電気を通す。
強電解質と弱電解質の違いは、単に溶液が濃いか薄いかという違いではなく、水中でどの程度イオンとして存在するかという違いである。

電流の大きさだけで強弱を決めない

濃度などの条件も影響する

電解質水溶液の電気の通しやすさは、水溶液中に存在する移動可能なイオンと関係している。
ただし、実際に流れる電流の大きさは溶液の濃度などにも影響される。
そのため、「電流が小さいから弱電解質」「電流が大きいから強電解質」と、電流の大きさだけで分類することはできない。
強電解質と弱電解質は、同じように水へ溶けた物質のうち、どの程度がイオンとして存在するかに注目して区別する。

イオンの個数と電気的中性

電離しても水溶液全体の電荷はつり合う

塩化カルシウム $CaCl_2$が水中で電離する場合、次のように表される。

$$CaCl_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2Cl^-$$

$CaCl_2$の式単位 1 個分に対して、Ca^{2+}1 個と Cl^-2 個が対応する。
正の電荷は$+2$、負の電荷は$2 \times (-1) = -2$なので、全体の電荷はつり合う。
水溶液中に多数のイオンが存在して電気を通すことと、水溶液全体が電気的に中性であることは両立する。

例題

例題 1

純水に NaCl を溶かすと、NaCl は水中で Na^+と Cl^-として存在する。一方、グルコース $C_6H_{12}O_6$を純水に溶かすと、主に $C_6H_{12}O_6$分子のまま存在する。濃度や測定条件はそろえて比較する。

1. NaCl とグルコース $C_6H_{12}O_6$を、それぞれ電解質・非電解質のどちらに分類するか答えよ。
2. 2 つの水溶液で電気の通し方が異なる理由を、水溶液中を移動できる粒子に注目して説明せよ。

解答・解説

1.
NaCl は**電解質**、グルコース $C_6H_{12}O_6$は**非電解質**である。
NaCl は水中で Na^+と Cl^-として存在するのに対し、グルコースは水に溶けても主に中性の $C_6H_{12}O_6$分子のまま存在するためである。

2.
NaCl 水溶液では、Na^+と Cl^-が水溶液中を移動して電荷を運ぶため、電気を通す。
一方、グルコース水溶液では、溶けたグルコースが主に中性分子のまま存在するため、NaCl 水溶液のように移動できるイオンによって電荷を運ぶことができない。

©ミライコーチング

例題 2

HCl は水中でほぼすべて H_3O^+ と Cl^- として存在する。一方、酢酸 CH_3COOH は水中で一部だけが電離し、多くは CH_3COOH 分子のまま存在する。

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

1. HCl と CH_3COOH を、それぞれ強電解質・弱電解質のどちらに分類するか答え、根拠を説明せよ。
2.「酢酸は弱電解質なので、水溶液中にイオンを含まない」という説明が正しいか答え、理由を説明せよ。

解答・解説

1.
HCl は**強電解質**、CH_3COOH は**弱電解質**である。
HCl は水中でほぼすべてがイオンとして存在するのに対し、CH_3COOH は一部だけが電離し、多くが分子のまま存在するためである。
2.
正しくない。
弱電解質はまったく電離しない物質ではなく、一部が電離してイオンを生じる。
酢酸水溶液には、CH_3COOH 分子に加えて、電離によって生じた CH_3COO^- や H_3O^+ も存在する。

例題 3

$CaCl_2$ が十分に薄い水溶液中で、すべて電離しているモデルを考える。

$$CaCl_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2Cl^-$$

$CaCl_2$ の式単位 3 個分が水中にあるものとする。
1. 対応する Ca^{2+} と Cl^- は、それぞれ何個になるか答えよ。
2. 生じたイオン全体の電荷の和が 0 になることを、符号付きの計算で説明せよ。

解答・解説

1.
$CaCl_2$ の式単位 1 個分に対して、Ca^{2+} 1 個と Cl^- 2 個が対応する。
したがって、式単位 3 個分では、Ca^{2+} は **3 個**、Cl^- は **6 個**である。
2.
Ca^{2+} 3 個の電荷の合計は$3 \times (+2) = +6$、Cl^- 6 個の電荷の合計は$6 \times (-1) = -6$である。
したがって、全電荷の和は$+6 + (-6) = 0$となる。
水溶液中に移動できるイオンが存在していても、正負の電荷が全体としてつり合えば、水溶液全体は電気的に中性である。

演習問題

演習 1

$NaNO_3$は水中で Na^+と NO_3^-として存在し、グルコース $C_6H_{12}O_6$は水に溶けても主に分子のまま存在するものとする。

1. $NaNO_3$と $C_6H_{12}O_6$を、それぞれ電解質・非電解質のどちらに分類するか答えよ。
2.「水に溶ける物質はすべて電解質である」という説明が正しくない理由を説明せよ。

演習 2

NaCl が水中ですべて電離しているものとし、NaCl の式単位 5 個分を考える。

1. 対応する Na^+と Cl^-は、それぞれ何個か答えよ。
2. 固体 NaCl ではなく、NaCl 水溶液が電気を通す理由を、イオンの動きから説明せよ。

演習 3

$CaCl_2$が水中ですべて電離しているものとする。

$$\mathrm{CaCl_2 \rightarrow Ca^{2+} + 2Cl^-}$$

$CaCl_2$の式単位 4 個分を考える。

1. 対応する Ca^{2+}と Cl^-は、それぞれ何個か答えよ。
2. 全イオンの電荷の和を求め、水溶液全体が電気的に中性であることと電気を通すことが両立する理由を説明せよ。

演習 4

酢酸 CH_3COOH は水中で一部だけが電離し、多くは CH_3COOH 分子のまま存在するものとする。

$$\mathrm{CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+}$$

この粒子比較では、水そのもののごくわずかな電離は省略する。

1. CH_3COOH を強電解質・弱電解質・非電解質のどれに分類するか答えよ。
2. 水溶液中に存在する溶質由来の分子と、電離によって生じる主なイオンを答えよ。

演習 5

NH_3は水と次のように反応し、一部がイオンを生じるものとする。

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

1. NH_3を電解質・非電解質のどちらに分類できるか。根拠も答えよ。
2. NH_3水溶液が電気を通す理由を、水溶液中に生じるイオンとその移動に注目して説明せよ。

©ミライコーチング

演習 6

薄い NaCl 水溶液 A では、溶けた NaCl のほぼすべてが Na^+ と Cl^- として存在する。濃い酢酸水溶液 B では、酢酸の一部だけが電離し、多くは CH_3COOH 分子のまま存在するものとする。

1. NaCl と CH_3COOH を、それぞれ強電解質・弱電解質のどちらに分類するか答えよ。
2.「水溶液 A は薄いので、NaCl は弱電解質である」という説明が正しいか答え、理由を説明せよ。

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

$NaNO_3$は**電解質**、$C_6H_{12}O_6$は**非電解質**である。
$NaNO_3$は水中で Na^+ と NO_3^- として存在するのに対し、グルコースは主に中性分子のまま存在するためである。

2.

正しくない。
水に溶けることは、物質の粒子が溶液中に広がることを意味するが、必ず陽イオンと陰イオンに分かれることを意味しない。
グルコースのように、水に溶けても主に分子のまま存在する非電解質もある。

解答 2

1.

NaCl の式単位 1 個分に対して、Na^+1 個と Cl^-1 個が対応する。
したがって、式単位 5 個分では、Na^+は **5 個**、Cl^-も **5 個**である。

2.

固体 NaCl では、Na^+ と Cl^-が結晶中の決まった位置にあり、電荷を運ぶような長距離移動ができない。
水に溶けると Na^+ と Cl^-が水溶液中を移動できるようになり、これらのイオンが電荷を運ぶため、NaCl 水溶液は電気を通す。

解答 3

1.

$CaCl_2$の式単位 1 個分に対して、Ca^{2+}1 個と Cl^-2 個が対応する。
したがって、式単位 4 個分では、Ca^{2+}は **4 個**、Cl^-は **8 個**である。

2.

Ca^{2+}4 個の電荷の合計は$4 \times (+2) = +8$、Cl^-8 個の電荷の合計は$8 \times (-1) = -8$である。
したがって、全電荷の和は$+8 + (-8) = 0$であり、水溶液全体は電気的に中性である。
一方、それぞれのイオンは水溶液中を移動できるため、電荷を運んで電流を流すことができる。全体が中性であることと、移動できる荷電粒子が存在することは矛盾しない。

©ミライコーチング

解答 4

1.

CH_3COOH は**弱電解質**である。
水中で一部だけが電離し、多くが分子のまま存在するためである。

2.

水溶液中には、溶質由来の分子として **CH_3COOH** が存在する。
また、電離によって生じる主なイオンとして **CH_3COO^-** と **H_3O^+**が存在する。

解答 5

1.

NH_3は**電解質**として扱える。
水と反応して一部が NH_4^+と OH^-を生じ、水溶液中に移動できるイオンが存在するためである。
NH_3の化学式中に OH が含まれていないことは、非電解質である根拠にはならない。

2.

NH_3水溶液には、反応によって生じた NH_4^+と OH^-が存在する。
これらのイオンが水溶液中を移動して電荷を運ぶため、NH_3水溶液は電気を通す。

解答 6

1.

NaCl は**強電解質**、CH_3COOH は**弱電解質**である。
NaCl は水中でほぼすべてがイオンとして存在するのに対し、CH_3COOH は一部だけが電離し、多くが分子のまま存在するためである。

2.

正しくない。
強電解質・弱電解質の分類は、溶液が薄いか濃いかではなく、水に溶けた物質のうちどの程度がイオンとして存在するかによって決まる。
薄い NaCl 水溶液であっても、溶けた NaCl のほぼすべてが Na^+と Cl^-として存在するなら、NaCl は強電解質である。

©ミライコーチング