高校化学 L01 第 20 講 イオン結合とイオン結晶

この講でできるようになること

- イオン結合を、陽イオンと陰イオンの間にはたらく静電気的な引力として説明できる。
- イオンの電荷から、電気的に中性になる組成式を決められる。
- イオン結晶の硬さ・もろさ・融点・電気伝導性を、イオンの配列や動きと関連付けて説明できる。

イオン結合とイオン結晶

イオン結合

陽イオンと陰イオンの間にはたらく**静電気的な引力による結び付き**を、イオン結合という。
電子の授受はイオンができる過程であり、イオン結合そのものは、正負の異なる電荷をもつイオンどうしの引力による結び付きである。

塩化ナトリウムは多数のイオンからできている

塩化ナトリウムでは、Na^+とCl^-が静電気的な引力によって結び付いている。
固体の塩化ナトリウムでは、1 個のNa^+と 1 個のCl^-が独立した NaCl 分子として存在するのではない。多数のNa^+とCl^-が規則正しく配列した三次元の結晶をつくっている。
このように、陽イオンと陰イオンが規則正しく配列した結晶を**イオン結晶**という。

引力と反発

- 正負の異なる電荷をもつイオンどうしには引力がはたらく。
- 同じ符号の電荷をもつイオンどうしには反発がはたらく。

イオン結晶の性質は、この静電気的な引力と、イオンの規則的な配列から説明できる。

組成式はイオンの最簡整数比を表す

組成式

イオン結晶をつくる陽イオンと陰イオンについて、電気的に中性になる**最も簡単な整数比**で表した式を組成式という。
組成式は独立した分子 1 個を表すものではなく、結晶中に含まれるイオンや元素の個数比を表す。

正負の電荷の合計を 0 にする

イオン結晶全体では、正の電荷と負の電荷が打ち消し合い、全体として電気的に中性になる。
たとえば、Na^+とCl^-では、電荷が$+1$と-1なので 1 個ずつ組み合わせれば電荷の合計は 0 になる。
したがって、個数比は
Na : Cl = 1 : 1
であり、組成式はNaClとなる。
右下の 1 は書かない。

©ミライコーチング

電荷の大きさが異なる場合

Mg^{2+}とCl^-を考える。
Mg^{2+}1 個の正電荷は+2であり、Cl^-1 個の負電荷は−1である。
Cl^-を 2 個組み合わせると、
$+2+(-1)\times 2=0$
となる。
したがって、個数比は
Mg : Cl = 1 : 2
であり、組成式は$MgCl_2$となる。
組成式の右下の数字は原子やイオンの個数比を表し、イオンの右上の数字は電荷の大きさを表す。この 2 つを混同してはいけない。

2 種類とも電荷が 2 以上の場合

Al^{3+}とO^{2-}では、正負の電荷の合計を 0 にするには、
Al^{3+}を 2 個、O^{2-}を 3 個
組み合わせればよい。
正の電荷は$+3\times 2=+6$、負の電荷は$-2\times 3=-6$なので、全体の電荷は 0 になる。
したがって、個数比は
Al : O = 2 : 3
であり、組成式はAl_2O_3となる。

多原子イオンを含む組成式

Ca^{2+}とOH^-では、OH^-が 2 組必要になるため、組成式は$Ca(OH)_2$となる。
括弧は、OHという多原子イオンのまとまりが複数あることを示す。

イオン結晶は硬いが、もろい

規則正しい配列と静電気的な引力

イオン結晶では、多数の陽イオンと陰イオンが規則正しく並び、異符号のイオンどうしの間に強い静電気的な引力がはたらいている。
そのため、イオン結晶は一般に硬いものが多い。
しかし、強い力を加えて結晶中の配列がずれると、もともと交互に並んでいた正負のイオンの位置関係が変化することがある。

©ミライコーチング

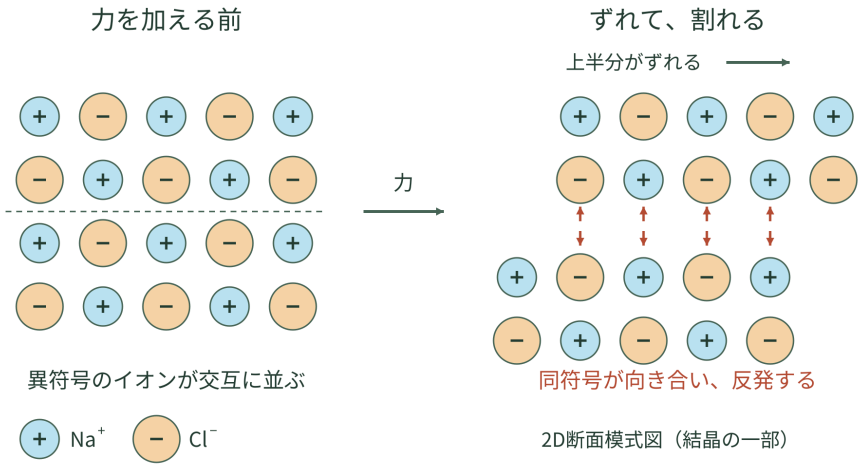


図 1　配列のずれと同符号イオンの反発（結晶の断面模式図）

配列がずれると反発が生じる

配列がずれて同じ符号のイオンどうしが向かい合うと、強い反発がはたらく。
そのため、イオン結晶は硬い一方で、強い力によって割れやすいという性質を示す。
硬いことと**割れにくいこと**は同じ意味ではない。

イオン結晶は融点が高いものが多い

多数のイオンの引力に逆らう必要がある

イオン結晶では、多数の陽イオンと陰イオンの間に強い静電気的な引力がはたらいている。
固体を融解させるには、イオンが規則的に並んだ状態を崩し、イオンが互いに動ける状態にする必要がある。
そのため、イオン結晶は一般に融点が高いものが多い。
ただし、すべてのイオン結晶が同じ融点をもつわけではない。

固体と融解液では電気伝導性が異なる

電荷をもつ粒子が移動できるかを見る

イオン結晶には、電荷をもつ陽イオンと陰イオンが存在する。
しかし、固体ではイオンが結晶中の一定位置の周囲で振動しており、電荷を運ぶような長距離の移動はできない。そのため、通常、固体のイオン結晶は電気を通さない。
一方、イオン結晶を融解すると、規則的な配列が崩れ、陽イオンと陰イオンが移動できるようになる。このため、融解液は電気を通す。

©ミライコーチング

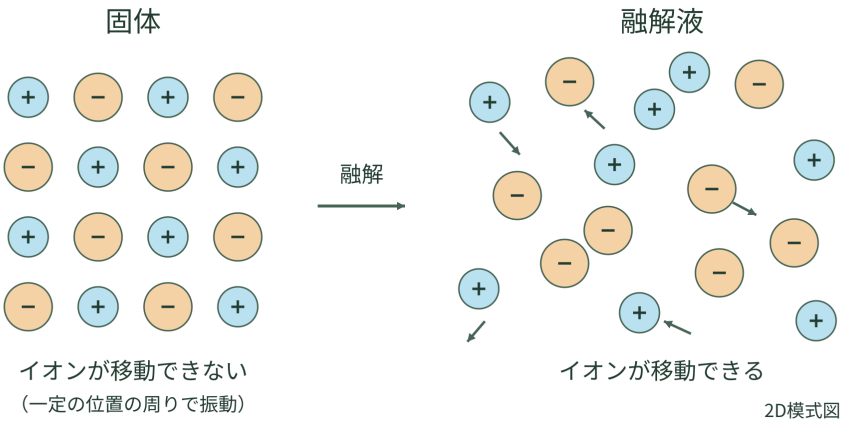


図 2　固体と融解液でのイオンの動き（模式図）

このとき、電流を運ぶ粒子は移動できる陽イオンと陰イオンである。

水に溶けた場合

イオン結晶が水に溶け、陽イオンと陰イオンが水溶液中を移動できる状態になれば、その水溶液は電気を通す。
ただし、イオン結晶の水への溶けやすさは物質によって異なる。
また、**融解**は加熱によって固体が液体になることであり、**溶解**は物質が水などの溶媒に溶けることである。両者は異なる変化である。

例題

例題 1

次のイオンからできるイオン結晶について答えよ。
- Mg^{2+}
- Cl^{-}

1. 結晶全体の電荷が 0 になるように、Mg^{2+}とCl^{-}の最も簡単な個数比を求めよ。
2. このイオン結晶の組成式を答え、右下の数字が何を表すか説明せよ。

解答・解説

1.
個数比は
$\mathbf{Mg^{2+} : Cl^{-} = 1 : 2}$
である。
Mg^{2+}1 個の電荷は+2、Cl^{-}2 個の電荷は合計−2なので、
$+2 + (-1) \times 2 = 0$
となる。

2.
組成式は$MgCl_2$である。
右下の 2 は、Mg と Cl の最簡整数比が 1 : 2 であることを表す。Cl^{-}の電荷が−2であることを表しているわけではない。

例題 2

あるイオン結晶について、固体と融解液の電気伝導性を調べた。
1. 固体では通常電気を通さない理由を説明せよ。
2. 融解液では電気を通す理由と、電流を運ぶ粒子を答えよ。

解答・解説

1.
固体では陽イオンと陰イオンが規則正しい位置に並び、一定位置の周囲で振動しているが、電荷を運ぶような長距離の移動ができないためである。
イオンが存在しないから電気を通さないのではない。
2.
融解すると結晶の規則的な配列が崩れ、陽イオンと陰イオンが移動できるようになるため、電気を通す。
電流を運ぶ粒子は、移動できる**陽イオンと陰イオン**である。

例題 3

イオン結晶に強い力を加えたところ、結晶が割れた。
1. イオン結晶が一般に硬いものが多い理由を説明せよ。
2. 強い力によって配列がずれたとき、結晶が割れやすくなる理由を説明せよ。

解答・解説

1.
多数の陽イオンと陰イオンが規則正しく並び、異符号のイオンどうしの間に強い静電気的な引力がはたらいているためである。
2.
配列がずれると、境界で同じ符号のイオンどうしが向かい合う場合がある。
同符号のイオンどうしには反発がはたらくため、その部分から結晶が割れやすくなる。
したがって、イオン結晶は硬いものが多い一方、もろいという性質を示す。

演習問題

演習 1

イオン結合とイオン結晶について答えよ。
1. イオン結合とはどのような結び付きか説明せよ。
2. 固体の塩化ナトリウムを「独立した NaCl 分子が多数集まったもの」と説明するのが適切でない理由を説明せよ。

演習 2

Al^{3+}とO^{2-}からできるイオン結晶について答えよ。
1. 全体の電荷が 0 になる最も簡単なイオンの個数比を求めよ。
2. 組成式を答え、正負の電荷の合計が 0 になることを確認せよ。

©ミライコーチング

演習 3

Ca^{2+}とOH^-からできるイオン結晶について答えよ。
1. Ca^{2+}とOH^-の最も簡単な個数比と組成式を答えよ。
2. 組成式中の括弧と右下の 2 が何を表すか説明せよ。

演習 4

あるイオン結晶について、固体、融解液、水溶液を考える。この物質は水に溶けるものとする。
1. 固体と融解液のうち、通常電気を通すのはどちらか答え、理由を説明せよ。
2. 水溶液が電気を通す理由を説明し、融解と溶解の違いも答えよ。

演習 5

イオン結晶の硬さともろさについて答えよ。
1. イオン結晶が硬いものが多い理由を、イオン間の力から説明せよ。
2. 強い力で配列がずれたときに割れやすくなる理由を、同符号イオンの関係から説明せよ。

演習 6

イオン結晶の融点と水への溶けやすさについて答えよ。
1. イオン結晶に融点が高いものが多い理由を、結晶中のイオンの配列と静電気的な引力から説明せよ。
2.「イオン結晶はすべて水によく溶ける」という説明が正しいか答えよ。

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

イオン結合とは、**陽イオンと陰イオンの間にはたらく静電気的な引力による結び付き**である。
電子の授受はイオンができる過程であり、イオン結合そのものは異符号のイオン間の静電気的な引力による結び付きである。

2.

固体の塩化ナトリウムでは、独立した NaCl 分子が単位になっているのではなく、多数のNa^+とCl^-が三次元的に規則正しく配列しているためである。
NaClという組成式は、結晶中の Na と Cl の最簡整数比が 1 : 1 であることを表す。

解答 2

1.

個数比は
$\mathbf{Al^{3+} : O^{2-} = 2 : 3}$
である。

2.

組成式はAl_2O_3である。
Al^{3+}2 個の正電荷は$+3 \times 2 = +6$、O^{2-}3 個の負電荷は$-2 \times 3 = -6$なので、
$+6 + (-6) = 0$
となり、全体として電気的に中性になる。

解答 3

1.

個数比は
$\mathbf{Ca^{2+} : OH^{-} = 1 : 2}$
であり、組成式は$Ca(OH)_2$である。
Ca^{2+}1 個の$+2$と、OH^{-}2 個の合計-2が打ち消し合う。

2.

括弧はOHという多原子イオンを 1 つのまとまりとして扱うことを示す。
右下の 2 は、そのOHのまとまりが 2 組あることを表す。

解答 4

1.

通常電気を通すのは**融解液**である。
固体ではイオンが一定位置の周囲にとどまり、電荷を運ぶような長距離移動ができない。
融解液では規則的な配列が崩れ、陽イオンと陰イオンが移動できるため電気を通す。

2.

水に溶けたイオンが水溶液中を移動できるため、電気を通す。
融解は加熱によって固体が液体になる変化であり、溶解は物質が水などの溶媒に溶ける変化である。

解答 5

1.

多数の陽イオンと陰イオンが規則正しく並び、異符号のイオンどうしの間に強い静電気的な引力がはたらいているためである。
そのため、イオン結晶は一般に硬いものが多い。

2.

強い力によって配列がずれると、同じ符号のイオンどうしが向かい合う場合がある。
同符号のイオンどうしには反発がはたらくため、結晶が割れやすくなる。

©ミライコーチング

解答 6

1.

イオン結晶では、多数の陽イオンと陰イオンが規則正しく配列し、異符号のイオン間に強い静電気的な引力がはたらいている。
融解するには、この規則的な配列を崩してイオンが動ける状態にする必要があり、多くのエネルギーが必要になるため、一般に融点が高いものが多い。

2.

正しくない。
イオン結晶の水への溶けやすさは物質によって異なるため、すべてのイオン結晶が水によく溶けるとは限らない。

©ミライコーチング