高校化学 L01 第 23 講 金属結合と金属の性質

この講でできるようになること

- 金属結合を、金属陽イオンと自由電子の間にはたらく静電気的な引力として説明できる。
- 金属が電気を通す理由を、自由電子の動きから説明できる。
- 展性・延性を区別し、金属が変形しやすい理由を自由電子モデルで説明できる。
- 金属とイオン結晶の変形のしかたの違いを、粒子の配列と結び付きから説明できる。

身近な金属の性質

金属には共通する特徴がある

金属は、身の回りのさまざまな場所で利用されている。
銅は電線などに、アルミニウムは箔や容器などに利用される代表的な金属である。



図 1　銅（左）とアルミニウム（右）のイメージ

金属には、電気や熱をよく伝えるものが多く、表面に金属光沢が見られる。また、薄く広げたり細く引き伸ばしたりできるものが多い。
ただし、金属の色がすべて同じというわけではない。たとえば銅は赤褐色である。
これらの性質は、金属内部の粒子の結び付きと自由電子の存在から説明できる。

自由電子と金属結合

自由電子

金属中では、価電子の一部が特定の 1 個の原子だけに強く束縛されず、結晶全体に広がって動くことができる。
このような電子を**自由電子**という。

金属内部の粒子を考える

金属原子の価電子の一部が自由電子として結晶全体に広がると、残った部分は正に帯電した**金属陽イオン**として考えられる。
ここでいう金属陽イオンは原子核だけを意味するものではなく、原子核と内側の電子を含む正に帯電した部分である。
金属全体では、正の電荷と負の電荷がつり合っており、全体として電気的に中性である。

©ミライコーチング

金属結合

金属中の**金属陽イオンと自由電子の間にはたらく静電気的な引力による結び付き**を金属結合という。

ほかの結合との違い

- イオン結合：陽イオンと陰イオンの間の静電気的な引力による結び付き
- 共有結合：原子どうしが電子対を共有してできる結び付き
- 金属結合：金属陽イオンと自由電子の間の静電気的な引力による結び付き

金属では、すべての電子が自由電子になるわけではない。

自由電子が電気を運ぶ

電圧をかける前から電子は動いている

固体の金属では、金属陽イオンは結晶中の一定位置のまわりで振動している。
一方、自由電子は金属内部を動くことができる。電圧をかける前から自由電子は運動しているが、その動きに特定の向きがそろっているわけではない。
金属に電圧をかけると、自由電子の運動に全体として向きのある移動が加わり、電荷が運ばれる。
そのため、固体の金属は電気を通す。

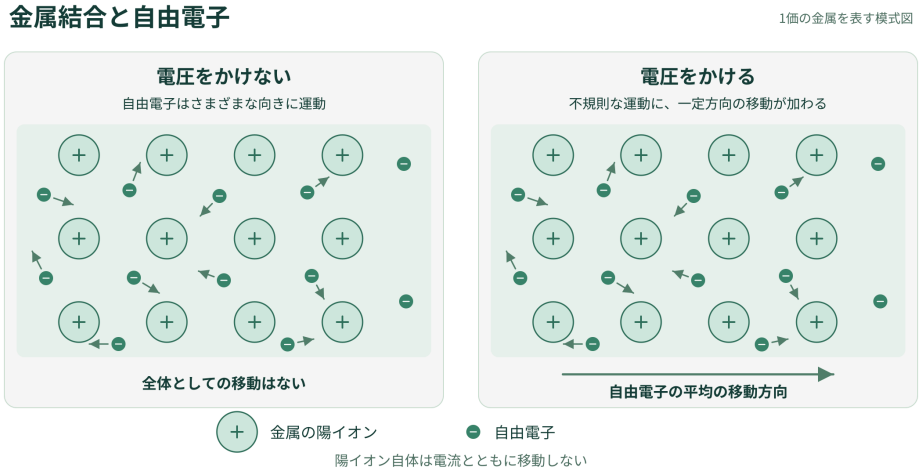

図 2　自由電子の運動と電気伝導（模式図）

図では金属陽イオンと自由電子を模式的に表している。
固体金属で電荷を運ぶ主な粒子は自由電子である。金属陽イオンが金属線の端から端まで移動して電流を運ぶわけではない。
電子の移動方向と、慣習的に定めた電流の向きは反対である。

展性と延性

展性と延性

金属をたたいたり圧力を加えたりしたとき、薄く広げることができる性質を**展性**という。
金属を引っ張ったとき、細い線状に引き伸ばすことができる性質を**延性**という。

©ミライコーチング

身近な例で区別する

金箔やアルミニウム箔のように、金属を薄く広げられる性質は展性の例である。
銅を細い銅線へ加工できる性質は延性の例である。
どちらも金属が形を変えられる性質であるが、薄く広げるのが展性、細く引き伸ばすのが延性である。

金属が変形しても結び付きが保たれやすい理由

粒子の層がずれても引力がはたらく

金属では、金属陽イオンの間に自由電子が広がり、金属陽イオンと自由電子の間には静電気的な引力がはたらいている。
金属に力を加えて金属陽イオンの並びがずれても、自由電子は特定の 2 個の粒子の間だけに固定されていないため、ずれた後の金属陽イオンとの間にも引力がはたらく。
そのため、金属結合は保たれやすく、金属は薄く広げたり細く引き伸ばしたりできるものが多い。

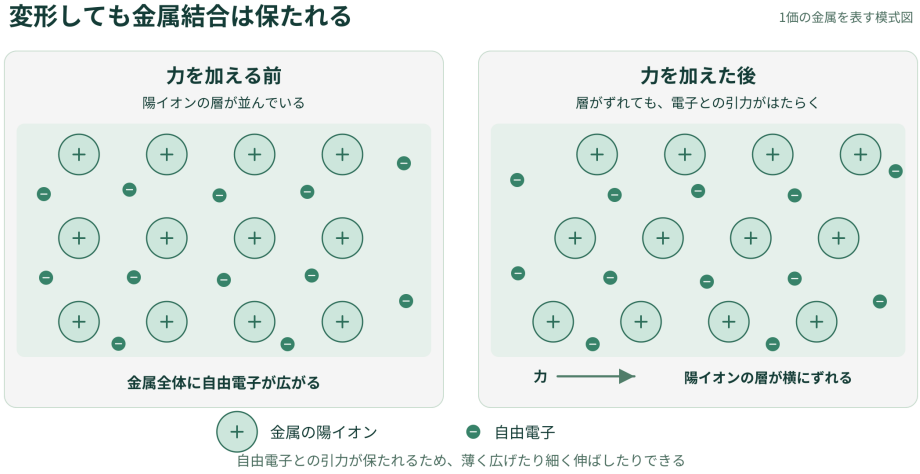

図 3　層がずれても結びつきが保たれる金属（模式図）

変形するときに金属原子そのものが押し潰されたり、電子が新しく生じたりするわけではない。

金属とイオン結晶の変形を比べる

粒子の並びがずれた後に何が起こるか

金属とイオン結晶では、粒子の並びがずれたときの結び付きの変化が異なる。

物質	粒子の並びがずれたとき	起こりやすいこと
金属	自由電子と金属陽イオンの引力がずれた後もはたらきやすい	変形しやすい
イオン結晶	同符号のイオンどうしが向かい合うことがある	反発して割れやすい

イオン結晶では、配列がずれると同じ符号のイオンどうしが近づき、反発が生じることがある。
一方、金属では自由電子が結晶全体に広がっているため、粒子の並びがずれても結び付きが保たれやすい。
この違いが、金属の展性・延性と、イオン結晶のもろさの違いにつながる。

©ミライコーチング

例題

例題 1

固体の金属について考える。
1. 電圧をかける前と、電圧をかけた後の自由電子の動きの違いを説明せよ。
2. 固体の金属が電気を通す理由を、自由電子と金属陽イオンの動きに注目して説明せよ。

解答・解説

1.
電圧をかける前から、自由電子は金属内部で運動している。
電圧をかけると、その運動に全体として向きのある移動が加わる。
したがって、「電圧をかける前は自由電子が完全に静止している」という説明は適切ではない。
2.
固体金属では、自由電子が金属内部を移動できるため、電圧をかけると自由電子が電荷を運び、電流が流れる。
一方、金属陽イオンは結晶中の一定位置のまわりで振動しており、金属線の端から端まで移動して電流を運ぶわけではない。
したがって、固体金属の電気伝導では、主に自由電子が電荷の担い手となる。

例題 2

次の 2 つの加工を考える。
- 銅を引っ張って細い銅線にする。
- アルミニウムを薄い箔にする。

1. 銅線をつくるときに利用している性質と、アルミニウム箔をつくるときに利用している性質をそれぞれ答えよ。
2. 金属がこのように変形しやすい理由を、金属陽イオンと自由電子の関係から説明せよ。

解答・解説

1.
銅を細い線に引き伸ばすときに利用しているのは**延性**である。
アルミニウムを薄く広げるときに利用しているのは**展性**である。
2.
金属では、金属陽イオンの間に自由電子が広がり、両者の間に静電気的な引力がはたらいている。
力を加えて金属陽イオンの並びがずれても、自由電子は結晶全体に広がっているため、ずれた後の金属陽イオンとの間にも引力がはたらき、結び付きが保たれやすい。
そのため、金属は展性や延性を示すものが多い。

演習問題

演習 1

自由電子と金属結合について答えよ。
1. 自由電子とはどのような電子か説明せよ。
2. 金属結合とはどのような結び付きか説明し、金属全体が電気的に中性である理由も答えよ。

©ミライコーチング

演習 2

固体の金属に電圧をかける場合について答えよ。
1. 電圧をかける前と後で、自由電子の運動はどのように異なるか説明せよ。
2. 固体金属で電荷を運ぶ主な粒子を答え、金属陽イオンが電流を運ぶ粒子ではない理由を説明せよ。

演習 3

次の加工について答えよ。
- 金を薄い金箔にする。
- 銅を細い銅線にする。

1. 金箔をつくるときに利用する性質と、銅線をつくるときに利用する性質をそれぞれ答えよ。
2. 展性と延性の違いを説明せよ。

演習 4

金属とイオン結晶に強い力を加え、粒子の並びがずれた場合について答えよ。
1. 金属では、並びがずれても結び付きが保たれやすい理由を説明せよ。
2. イオン結晶では、並びがずれると割れやすくなる理由を説明せよ。

演習 5

次の説明について答えよ。
「金属を細く引き伸ばすと、金属原子そのものが細長く変形する。また、金属線に電圧をかけると、金属陽イオンが線の端から端まで流れて電流を運ぶ。」
1. 金属原子そのものが細長く変形するという説明が適切でない理由を説明せよ。
2. 金属陽イオンが線の端から端まで流れて電流を運ぶという説明が適切でない理由を説明し、実際に電荷を運ぶ主な粒子を答えよ。

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

自由電子とは、金属中で特定の 1 個の原子だけに強く束縛されず、結晶全体に広がって動くことができる電子である。
金属原子の価電子の一部が、このような自由電子として考えられる。

2.

金属結合とは、**金属陽イオンと自由電子の間にはたらく静電気的な引力による結び付き**である。
金属内部には正に帯電した金属陽イオンと負の電荷をもつ自由電子があるが、それらの正負の電荷が全体としてつり合っているため、金属全体は電気的に中性である。

©ミライコーチング

解答 2

1.

電圧をかける前から自由電子は金属内部で運動している。
電圧をかけると、その運動に全体として向きのある移動が加わる。
したがって、電圧によって自由電子が初めて動き始めるわけではない。

2.

固体金属で電荷を運ぶ主な粒子は**自由電子**である。
金属陽イオンは結晶中の一定位置のまわりで振動しており、金属線の端から端まで移動して電荷を運ぶわけではない。
一方、自由電子は金属内部を移動できるため、電圧をかけると電荷を運ぶことができる。

解答 3

1.

金を薄い金箔にするときに利用する性質は**展性**である。
銅を細い銅線にするときに利用する性質は**延性**である。

2.

展性は、金属を**薄く広げることができる性質**である。
延性は、金属を**細い線状に引き伸ばすことができる性質**である。

解答 4

1.

金属では、自由電子が結晶全体に広がっている。
金属陽イオンの並びがずれても、自由電子とずれた後の金属陽イオンとの間に静電気的な引力がはたらき続けるため、結び付きが保たれやすい。

2.

イオン結晶では、陽イオンと陰イオンが規則正しく並んでいる。
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り、そこに反発がはたらく。
そのため、イオン結晶は配列のずれによって割れやすい。

©ミライコーチング

解答 5

1.

金属の変形は、金属原子そのものが細長く伸びることによって起こるのではない。
力を加えると金属陽イオンの並びがずれ、粒子どうしの位置関係が変化する。自由電子との引力が保たれやすいため、金属全体の形を変えることができる。

2.

金属陽イオンは結晶中の一定位置のまわりで振動しており、金属線の端から端まで移動して電流を運ぶわけではない。
固体金属で電荷を運ぶ主な粒子は**自由電子**である。電圧をかけると、自由電子の運動に全体として向きのある移動が加わり、電流が流れる。

©ミライコーチング