高校化学 L01 第 19 講 化学結合の基本的な考え方

この講でできるようになること

- 原子が結合するとき、結合した系全体のエネルギーが低くなることを説明できる。
- 原子間距離とエネルギーの関係から、安定な結合状態を説明できる。
- 価電子と安定な電子配置を手掛かりに、共有や電子の授受による結び付きを説明できる。
- 結合をつくるときと切るときのエネルギーの向きを説明できる。

化学結合と安定化

化学結合

原子どうしやイオンどうしを結び付けるはたらきを**化学結合**という。
原子が結合した状態では、離れている状態よりも系全体のエネルギーが低くなる場合がある。このような状態を、ここでは**安定**という。

結合は系全体のエネルギーから考える

原子は「安定になりたい」という目的をもって結合するわけではない。
結合をつくる原子どうしが近づくと、原子核と電子の間には引力がはたらく一方、原子核どうしや電子どうしには反発もはたらく。
その結果、ある適切な距離で系全体のエネルギーが最も低くなる場合がある。このとき、離れた原子の状態より低いエネルギーをもつ安定な結合状態ができる。

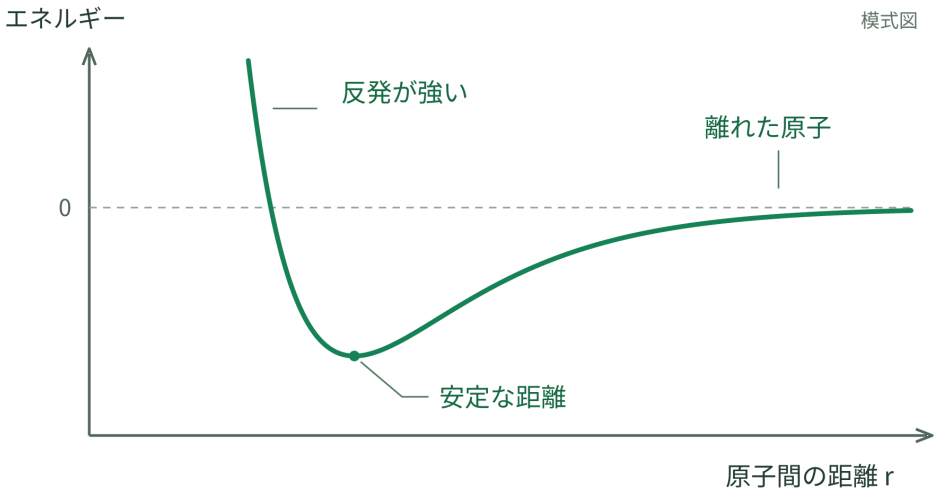


図 1　結合をつくる 2 原子の距離とエネルギーの模式図

近づきすぎても安定にはならない

図のような結合をつくる 2 原子の例では、遠く離れた状態から近づくと、はじめは系全体のエネルギーが低下する。
しかし、近づきすぎると原子核どうしや電子どうしの反発の影響が強くなり、エネルギーは再び高くなる。
したがって、原子間距離が短いほど際限なく安定になるわけではない。引力と反発の効果がつり合う適切な距離で、エネルギーが最小になる。

©ミライコーチング

価電子と安定な電子配置

結合には価電子が主に関わる

化学結合には、原子の**価電子**が主に関わる。
代表的な原子では、結合によって希ガスに似た安定な最外殻の電子配置になる場合が多い。
たとえば、H では最外殻に電子が 2 個ある配置、Na や Cl では最外殻に電子が 8 個ある配置が、代表的な安定配置として考えられる。
ただし、すべての原子について「必ず最外殻電子が 8 個にならなければならない」という絶対的な規則ではない。安定な電子配置は、結合のしかたを考える手掛かりである。

安定な電子配置と結合の理由

結合によって安定な電子配置になる場合が多いが、結合する理由そのものは、**結合した系全体のエネルギーが離れた状態より低くなること**にある。
電子配置は、その安定化のしかたを理解するための重要な手掛かりである。

電子を共有して結び付く

水素分子を例に考える

H 原子は、それぞれ電子を 1 個もつ。
2 個の H 原子が結び付いて水素分子H_2をつくる場合、2 個の電子を 2 原子で共有する。
2 原子で共有する一組、すなわち 2 個の電子を**共有電子対**という。
H_2全体の電子数は 2 個である。各 H 原子に新しく電子が 2 個ずつ生じて、合計 4 個になるわけではない。
共有された 2 個の電子を、それぞれの H 原子の周囲にある電子として考えると、各 H 原子は最外殻に 2 個の電子をもつ安定な配置として捉えられる。

共有による結び付き

原子どうしが電子を共有することで生じる結び付きを**共有結合**という。
本講では、電子を共有することによって原子が結び付くという基本的な考え方を扱う。

電子の授受とイオンどうしの引力

Na と Cl を例に考える

Na の電子配置は 2, 8, 1、Cl は 2, 8, 7 である。
Na と Cl が関わる代表的な場合では、Na 側から Cl 側へ電子 1 個が移ることで、
- Na はNa^+となり、電子配置は 2, 8
- Cl はCl^-となり、電子配置は 2, 8, 8

となる。
この電子の授受によってできたNa^+とCl^-は、正と負の異なる電荷をもつため、静電気的な引力によって互いに引き合う。
電子が移動することだけを切り離して「それだけで安定化が完了する」と考えるのではなく、イオンが形成され、異符号のイオンどうしが結び付く過程を含めて、系全体の安定化として考えることが重要である。

イオン結合

正の電荷をもつ陽イオンと、負の電荷をもつ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。

塩化ナトリウムでは多数のイオンが結び付く

固体の塩化ナトリウムでは、Na^+とCl^-が１個ずつ孤立した分子として存在するのではない。
多数のNa^+とCl^-が静電気的な引力によって規則的に結び付いた集まりをつくる。
この詳しい構造は、次の講で扱う。

結合形成とエネルギー

結合をつくるとエネルギーが放出される

離れている２原子から安定な結合状態ができると、系全体のエネルギーは低くなる。
その差に相当するエネルギーは外へ放出される。
反対に、同じ結合を切って原子どうしを離すには、外からエネルギーを与える必要がある。
したがって、

- **結合形成**：エネルギーを放出する
- **結合切断**：エネルギーを必要とする

という関係になる。
化学反応全体では、結合の切断と形成の両方が起こることがあるため、この関係だけからすべての化学反応が発熱すると判断することはできない。

例題

例題 1

結合をつくる２原子について、原子間距離と系全体のエネルギーの関係を考える。

1. 原子どうしが遠く離れた状態から近づき、エネルギーが最小になる距離に達したとき、その状態が安定である理由を説明せよ。
2. その距離よりさらに原子どうしを近づけると、エネルギーが高くなる理由を説明せよ。

解答・解説

1.
エネルギーが最小になる距離では、離れた状態より系全体のエネルギーが低くなっているためである。
ここでは、エネルギーが低い状態を安定な状態と考える。そのため、その原子間距離で安定な結合状態ができる。
2.
原子どうしが近づきすぎると、原子核どうしや電子どうしの反発の影響が強くなるためである。
そのため、原子間距離をさらに短くするとエネルギーが上がり、より安定になるわけではない。

©ミライコーチング

例題 2

次の 2 つの場合を考える。
- 水素：H 原子 2 個が電子を共有してH_2をつくる。
- 塩化ナトリウム：Na の電子配置は 2, 8, 1、Cl は 2, 8, 7 であり、電子 1 個の授受によってNa^+とCl^-が生じる。

1. H_2全体に含まれる電子は何個か答え、2 個の H 原子がどのようにその電子を利用して結び付くか説明せよ。
2. Na^+とCl^-が結び付く直接のはたらきを答え、電子 1 個の移動そのものをイオン結合と呼ばない理由を説明せよ。

解答・解説

1.
H_2全体に含まれる電子は **2 個**である。
2 個の H 原子は、それぞれがもっていた電子を合わせた 2 個の電子を共有する。この共有された一組の電子によって 2 個の H 原子が結び付く。
電子が新しく増えて 4 個になるわけではない。

2.
Na^+とCl^-を結び付ける直接のはたらきは、**正と負の電荷の間にはたらく静電気的な引力**である。
電子 1 個の授受によってNa^+とCl^-ができるが、イオン結合とは、その後これらの異符号のイオンどうしにはたらく静電気的な引力による結び付きである。

演習問題

演習 1

結合をつくる 2 原子の原子間距離とエネルギーについて答えよ。
1. 離れた状態から原子どうしが近づき、系全体のエネルギーが低下したとき、安定性はどのように変化したと考えられるか答えよ。
2.「原子どうしは近いほど必ず安定になる」という説明が正しくない理由を答えよ。

演習 2

H 原子は電子を 1 個もつ。2 個の H 原子が結び付いてH_2をつくる場合について答えよ。
1. H_2全体に含まれる電子数を答えよ。
2. 2 個の H 原子が結び付くとき、電子をどのように利用するか説明せよ。

演習 3

Na の電子配置は 2, 8, 1、Cl の電子配置は 2, 8, 7 である。
1. 電子 1 個の授受によって生じる Na と Cl のイオン式、およびそれぞれの電子配置を答えよ。
2. できた 2 種類のイオンが結び付く理由を説明せよ。

©ミライコーチング

演習 4

価電子について答えよ。
1. 化学結合に主に関係する電子を何というか答えよ。
2.「原子は価電子を必ず 8 個にするために結合する」という説明が適切でない理由を説明せよ。

演習 5

結合とエネルギーについて答えよ。
1. 離れた原子から安定な結合が形成されるとき、エネルギーは外へ放出されるか、外から必要になるか答えよ。
2. 同じ結合を切って原子どうしを離すとき、エネルギーが必要になる理由を説明せよ。

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

より安定になったと考えられる。
本講では、系全体のエネルギーが低い状態ほど安定であると考える。そのため、離れた状態から近づいてエネルギーが低下したなら、安定性は高くなったといえる。

2.

原子どうしが近づきすぎると、原子核どうしや電子どうしの反発の影響が強くなり、系全体のエネルギーが再び高くなるためである。
したがって、適切な原子間距離でエネルギーが最小になり、それより近づけば必ず安定になるわけではない。

解答 2

1.

H_2全体の電子数は **2 個**である。
2 個の H 原子がそれぞれ電子を 1 個もつため、合計は 2 個である。

2.

2 個の H 原子は、2 個の電子を互いに共有して結び付く。
この一組の共有電子によって、それぞれの H 原子の周囲を電子 2 個が満たす配置として考えることができる。

©ミライコーチング

解答 3

1.

Na は電子 1 個を失ってNa^+となり、電子配置は **2, 8** となる。
Cl は電子 1 個を受け取ってCl^-となり、電子配置は **2, 8, 8** となる。

2.

Na^+は正の電荷、Cl^-は負の電荷をもつため、異符号の電荷の間には静電気的な引力がはたらく。
この静電気的な引力によって両者は結び付く。

解答 4

1.

価電子である。
価電子は、原子の化学的性質や化学結合に主に関係する電子である。

2.

安定な最外殻の電子配置は結合のしかたを考える手掛かりであるが、すべての原子について価電子を必ず 8 個にすることが絶対条件ではないためである。
たとえば H では、電子 2 個が最外殻を満たす安定な配置として考えられる。
また、原子が結合する理由は、結合した系全体のエネルギーが離れた状態より低くなることにある。

解答 5

1.

エネルギーは**外へ放出される**。
安定な結合状態では、離れた原子の状態より系全体のエネルギーが低いため、その差に相当するエネルギーが外へ出る。

2.

結合した状態は離れた状態よりエネルギーが低いため、結合を切って原子どうしを離すには、そのエネルギー差を補うために外からエネルギーを与える必要がある。

©ミライコーチング