高校化学 L01 第 24 講 分子間力と物質の性質

この講でできるようになること

- 与えられた模式図から、電子の偏りと部分電荷を読み取れる。
- 分子内の共有結合と、分子どうしにはたらく分子間力を区別できる。
- 双極子間相互作用と分散力の基本的なしくみを説明できる。
- 条件をそろえた比較から、分子間の引力と沸点の関係を説明できる。

電子の偏りと部分電荷

共有電子が一方へ偏ることがある

2 原子が電子を共有して結び付いているとき、共有する電子が両方の原子に同じ程度に分布するとは限らない。
たとえば HCl では、共有する電子が Cl 側へ偏っている。このとき、電子が多く偏った Cl 側はわずかに負、H 側はわずかに正になる。
このような完全なイオンではない部分的な電荷を、**部分電荷**という。正側を δ^+、負側を δ^-で表す。

結合の極性

共有結合で、共有する電子の分布が一方の原子側へ偏っていることを**結合の極性**という。

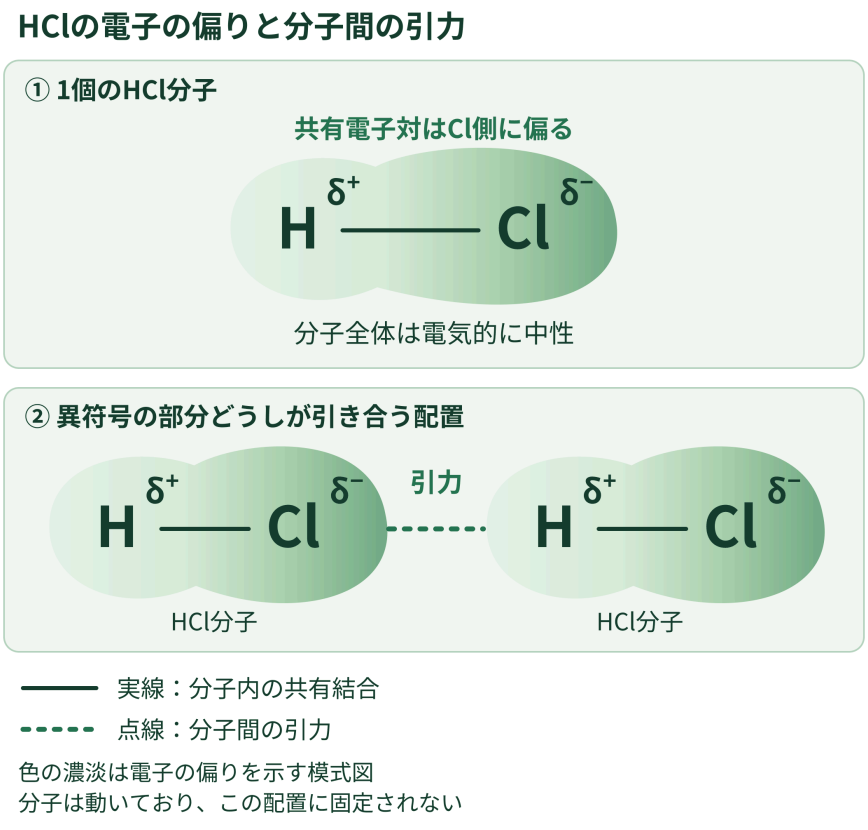

図 1　HCl の電子の偏りと分子間の引力（模式図）

部分電荷はイオンの電荷ではない

HCl では H 側が δ^+、Cl 側が δ^-となるが、これは H がH^+、Cl がCl^-という独立したイオンになったことを意味しない。

©ミライコーチング

HCl 分子全体は電気的に中性であり、その内部で電子の分布に偏りがある。
このように、平均的に分子全体として正負の偏りがある分子を**極性分子**という。平均的に分子全体として電荷の偏りがない分子を**無極性分子**という。

分子内の結合と分子間力

分子の中と分子どうしを区別する

HCl の模式図では、H と Cl の間の実線は分子内の共有結合を表している。
一方、別々の HCl 分子の間に描かれた点線は、分子どうしにはたらく引力を表している。
分子内の共有結合と、分子どうしにはたらく力は同じものではない。
物質を沸騰させて分子どうしを離すときには、主に分子間の引力に逆らう必要がある。通常、この操作で分子内の共有結合まで切断するわけではない。

分子間力

分子どうしの間にはたらく引力をまとめて**分子間力**という。
分子間力には、極性分子どうしにはたらく双極子間相互作用や、電子の一時的な偏りによって生じる分散力などがある。

双極子間相互作用

双極子間相互作用

極性分子では、分子内に δ^+側と δ^-側がある。
別々の極性分子が近づいたとき、一方の分子の δ^+側と、別の分子の δ^-側の間にはたらく引力を**双極子間相互作用**という。

HCl 分子どうしの引力

HCl では H 側が δ^+、Cl 側が δ^-である。
そのため、ある HCl 分子の Hδ^+側と、別の HCl 分子の Clδ^-側が近づく向きでは、分子どうしに引力がはたらく。
これは H-Cl 分子内の共有結合とは異なる、分子間の引力である。

分散力

無極性分子にも引力がはたらく

無極性分子でも、電子は絶えず動いているため、ある瞬間には電子の分布に一時的な偏りが生じることがある。
その一時的な偏りによって、近くの分子の電子分布にも偏りが生じ、向かい合う部分に正負の偏りができると引力がはたらく。

©ミライコーチング

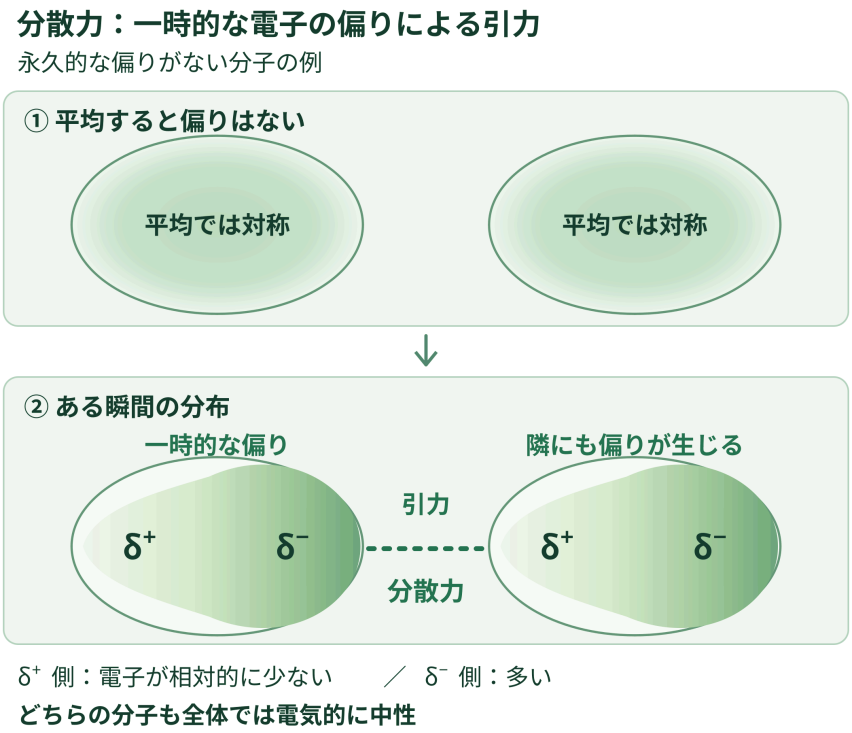

図 2　一時的な電子の偏りによって生じる分散力（模式図）

分散力

電子分布の一時的な偏りによって生じる分子間の引力を**分散力**という。
分散力は無極性分子にもはたらき、極性分子にもはたらく。

電子雲が変形しやすいほど強くなる傾向

大きさや形が似た分子どうしを比べると、電子雲が変形しやすい分子ほど、一時的な偏りが大きくなりやすく、分散力も強くなる傾向がある。
たとえば Cl_2 と Br_2 はいずれも無極性分子であり、Br_2 の方が Cl_2 より電子雲が変形しやすいとする。この条件では、Br_2 の方が分散力が強くなると考えられる。

分子間力と沸点

分子を離すために必要なエネルギーを考える

液体が沸騰して気体になるとき、分子どうしは互いに離れていく。
同じ圧力で、大きさや形が似ているなど比較条件がそろっている場合、分子間の引力が強い物質ほど、分子どうしを離すためにより多くのエネルギーが必要になる。
そのため、分子間力が強い物質ほど沸点が高くなる傾向がある。
ただし、極性があるかないかだけで、すべての物質の沸点を一律に決めることはできない。

分子間力と沸点をつなぐ

条件をそろえた比較では、
分子間の引力が強い → 分子を離しにくい → 沸点が高くなる傾向
と考えられる。

状態変化でも分子そのものは保たれる

融解や沸騰と化学分解を区別する

純水を約 1 気圧で加熱する場面を考える。



図 3　氷が融ける場面（左）と水が沸騰する場面（右）のイメージ

氷が融けて液体の水になるときも、水が沸騰して水蒸気になるときも、H_2Oという水分子そのものが別の物質へ変わるわけではない。
沸騰では、分子どうしの引力に逆らって水分子が気相へ離れていく。
これは、分子内の O-H 共有結合を切ってH_2やO_2をつくる化学分解とは異なる。

例題

例題 1

中性の HCl 分子について、共有する電子が Cl 側へ偏っていることが模式図で示されている。
1. H 側と Cl 側の部分電荷を、それぞれ δ^+または δ^-で答えよ。
2.「H 側が δ^+、Cl 側が δ^-なので、HCl はH^+とCl^-に完全に分かれている」という説明が正しいか答え、理由を説明せよ。

解答・解説

1.
H 側は δ^+、Cl 側は δ^-である。
共有する電子が Cl 側へ偏るため、Cl 側では負の電荷がやや多くなり、H 側では正の側への偏りが生じる。

2.
正しくない。
δ^+と δ^-は部分的な電荷を表しており、独立したH^+とCl^-になったことを意味しない。
HCl 分子全体は中性であり、分子内部の電子分布が Cl 側へ偏っている。

例題 2

Cl_2と Br_2はいずれも無極性分子である。また、両者は比較しやすい似た形の分子であり、Br_2の電子雲は Cl_2より変形しやすいものとする。同じ圧力で比較する。
1. Cl_2と Br_2では、どちらの分散力が強いと考えられるか答えよ。
2. どちらの沸点が高いと考えられるか、分子間力と関連付けて説明せよ。

解答・解説

1.
Br_2の方が分散力は強いと考えられる。
Br_2の電子雲の方が変形しやすいという条件から、一時的な電子の偏りも大きくなりやすいためである。
2.
Br_2の方が沸点は高いと考えられる。
同じ圧力で似た形の分子を比較すると、分散力が強いBr_2の方が分子どうしを離すためにより多くのエネルギーを必要とするためである。

例題 3

仮想的な分子 A と B について、次の条件が与えられている。
・A と B は大きさや形がよく似ており、分散力は同程度である。
・A は無極性分子である。
・B は極性分子であり、分子どうしに双極子間相互作用がはたらく。
・同じ圧力で沸点を比較する。
1. A と B に共通してはたらく分子間力と、B に加えてはたらく分子間力を答えよ。
2. この条件では A と B のどちらの沸点が高いと考えられるか、理由とともに答えよ。

解答・解説

1.
A と B の両方には**分散力**がはたらく。
B には分散力に加えて**双極子間相互作用**がはたらく。
2.
B の方が沸点は高いと考えられる。
A と B の分散力は同程度という条件なので、B ではそれに加えて双極子間相互作用がはたらき、分子間の引力がより強くなる。
そのため、B の分子を互いに離すためにより多くのエネルギーが必要になる。

演習問題

演習 1

中性の二原子分子 X-Y について、共有する電子が Y 側へ偏っていることが与えられている。
1. X 側と Y 側の部分電荷を、それぞれδ^+またはδ^-で答えよ。
2. この部分電荷が、X と Y が完全な陽イオン・陰イオンになったことを意味しない理由を説明せよ。

©ミライコーチング

演習 2

HCl 分子について、分子内の H-Cl 間を実線、別々の HCl 分子間の引力を点線で表した模式図を考える。
1. 実線と点線は、それぞれどのような結び付きまたは力を表すか答えよ。
2. HCl の液体が沸騰して分子どうしが離れるとき、主に弱めて離すのは実線と点線のどちらに対応する力か答え、理由を説明せよ。

演習 3

分散力について答えよ。
1. 平均的には電荷の偏りがない無極性分子どうしにも引力がはたらく理由を説明せよ。
2.「分散力は無極性分子にしかはたらかない」という説明が正しいか答えよ。

演習 4

無極性分子 P と Q について、次の条件が与えられている。
・P と Q は大きさや形が似ている。
・Q の電子雲は P より変形しやすい。
・同じ圧力で比較する。
1. P と Q では、どちらの分散力が強いと考えられるか答えよ。
2. P と Q では、どちらの沸点が高いと考えられるか、理由とともに答えよ。

演習 5

「水が沸騰すると、H_2O分子内の O-H 結合が切れてH_2とO_2になる」という説明が正しいか答え、沸騰で何が変化するのか説明せよ。

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

X 側は δ^+、Y 側は δ^-である。
共有する電子が Y 側へ偏っているため、Y 側が部分的に負、X 側が部分的に正となる。

2.

δ^+と δ^-は、分子内部の電子分布の偏りを表す部分電荷だからである。
X-Y 分子全体は中性であり、X と Y が独立した完全な陽イオン・陰イオンになったことを意味しない。

©ミライコーチング

解答 2

1.

実線は、H と Cl の間の**分子内の共有結合**を表す。
点線は、別々の HCl 分子どうしにはたらく**分子間の引力**を表す。

2.

主に点線に対応する**分子間の引力**に逆らって分子どうしを離す。
沸騰では HCl 分子そのものを分解するのではなく、分子どうしが離れて気相へ移るためである。

解答 3

1.

無極性分子でも電子は動いているため、ある瞬間には電子分布に一時的な偏りが生じることがある。
その偏りが近くの分子にも偏りを生じさせ、向かい合う部分に正負の偏りができることで、分子間に分散力がはたらく。

2.

正しくない。
分散力は無極性分子にも極性分子にもはたらく。
極性分子では、分散力に加えて双極子間相互作用などがはたらく場合がある。

解答 4

1.

Q の方が分散力は強いと考えられる。
Q の電子雲の方が変形しやすいという条件から、一時的な電子の偏りが大きくなりやすいためである。

2.

Q の方が沸点は高いと考えられる。
同じ圧力で、大きさや形が似た分子を比較すると、分散力が強い Q の方が分子どうしを離すためにより多くのエネルギーを必要とするためである。

解答 5

正しくない。
水の沸騰では、H_2O分子内の O-H 共有結合を切って別の物質をつくるのではない。
水分子どうしの引力に逆らって、H_2O分子が互いに離れ、液相から気相へ移る。
したがって、沸騰しても水分子そのものはH_2Oのままである。