高校化学 L01 第 26 講 結合の極性・分子の極性と溶解性

この講でできるようになること

- 電気陰性度の大小から、共有結合における電子の偏る向きを判断できる。
- 結合の極性と分子全体の極性を区別し、分子形から偏りが打ち消し合うか判断できる。
- 代表的な分子について、極性分子・無極性分子を判定できる。
- 分子の極性と粒子間の相互作用から、溶けやすさの基本的な傾向を説明できる。

電気陰性度から結合の極性を考える

共有電子は電気陰性度が大きい側へ偏る

異なる元素の原子どうしが共有結合しているとき、電気陰性度が大きい原子の方へ共有電子が偏ることがある。
電子が多く偏った側は δ^-、反対側は δ^+となる。
δ^+・δ^-は部分電荷を表しており、原子が独立した陽イオン・陰イオンになったことを意味しない。

結合の極性

共有結合で、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。

同じ原子どうしでは偏らない

H_2やCl_2のように同じ元素の原子どうしが結合する場合、両原子の電気陰性度は同じである。
そのため、共有電子は一方だけに偏らず、結合に極性はない。

結合の極性と分子全体の極性

結合ごとの偏りには向きがある

結合に極性があるとき、電子の偏りには向きがある。
本講では、電気陰性度が小さい原子側から大きい原子側へ向かう矢印で、その偏りの向きを考える。
この矢印は電子が流れ続けていることを表すのではなく、電子分布がどちら側へ偏っているかを示す。

極性分子と無極性分子

結合ごとの電子の偏りと分子の形を合わせて考えたとき、平均的に分子全体として正負の偏りが残る分子を**極性分子**という。
各結合の偏りが打ち消し合い、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。

CO_2と H_2O を比べる

分子の形によって偏りの打消し方が変わる

CO_2では O の方が C より電気陰性度が大きいため、それぞれの C-O 結合では電子が O 側へ偏る。
しかし、CO_2は直線型であり、2 つの等しい偏りが正反対の向きになる。そのため、分子全体では偏りが打ち消し合う。

©ミライコーチング

一方、H_2Oでは O の方が H より電気陰性度が大きく、各 O-H 結合では電子が O 側へ偏る。H_2Oは折れ線型なので、2 つの偏りは打ち消し合わず、分子全体として偏りが残る。

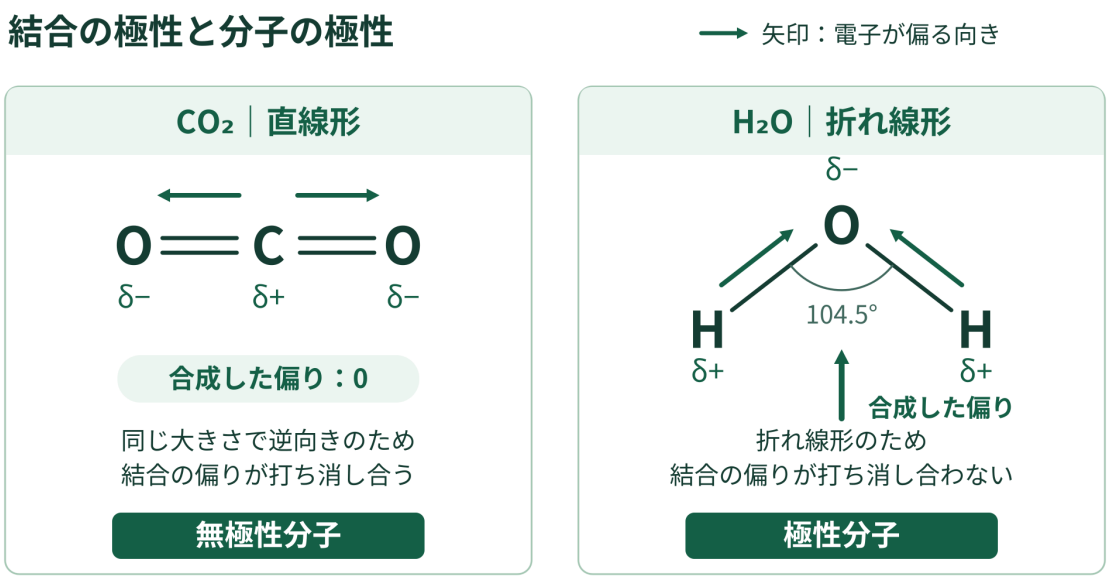

図 1　CO_2と H_2O の形と電子の偏り（模式図）

結合の極性だけでは分子の極性は決まらない

- CO_2：C-O 結合には極性があるが、直線型で偏りが打ち消し合うため無極性分子
- H_2O：O-H 結合に極性があり、折れ線型で偏りが残るため極性分子

分子全体の極性を判断するには、**結合の極性と分子の形の両方**を見る必要がある。

代表的な分子の極性

分子形と偏りの向きを合わせて見る

代表的な分子は次のように整理できる。

分子	分子形	結合の偏り	分子全体
HCl	直線型の二原子分子	H→Cl	極性分子
Cl_2	直線型の二原子分子	なし	無極性分子
CO_2	直線型	C→O が 2 方向に等しく反対向き	無極性分子
H_2O	折れ線型	H→O が 2 方向	極性分子
CH_4	正四面体形	H→C が 4 方向に対称	無極性分子
NH_3	三角錐形	H→N が 3 方向	極性分子

ここでは、C の方が H より、N の方が H より電気陰性度が大きいものとしている。
無極性分子でも分子間力がなくなるわけではなく、分散力ははたらく。

分子全体の極性を判断する手順

結合から分子全体へ順番に考える

代表的な分子の極性は、次の順序で考える。
1. どの結合に電子の偏りがあるかを見る。
2. 電子がどちら側へ偏るかを見る。
3. 分子の立体的な形を確認する。
4. 各結合の偏りが打ち消し合うかを見る。
5. 偏りが残れば極性分子、打ち消されれば無極性分子と判断する。

構造式を紙面上に描いた見た目だけではなく、実際の分子形を用いて考えることが重要である。

分子の極性と溶解性

溶けるときには新しい粒子間の相互作用が生じる

物質が溶媒に溶けるときには、溶質の粒子と溶媒の粒子が混ざり合い、新たな相互作用が生じる。
分子からなる物質では、入門的な目安として、**極性が似た溶質と溶媒は互いに混ざりやすい傾向**がある。
極性分子どうしでは、分子の正負の偏りによる引力などがはたらきやすい。
一方、無極性分子どうしでは主に分散力によって互いに引き合う。
ただし、実際の溶解性には分子の構造や温度なども関係するため、極性だけですべての溶解量が決まるわけではない。

水・エタノール・食用油を比べる

観察結果を粒子間の相互作用から考える

室温で、水と食用油、水とエタノールをそれぞれ十分に混ぜて静置した場合を考える。

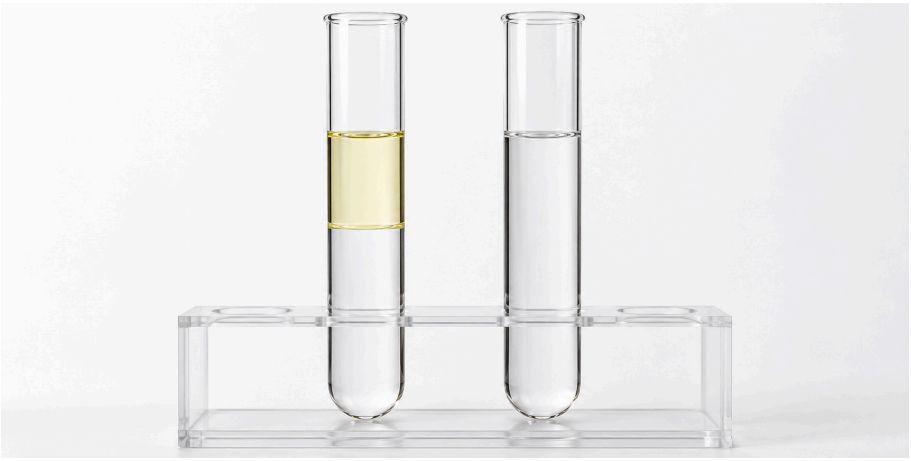

図 2　水と食用油（左）、水とエタノール（右）を混ぜた後のイメージ

水は極性分子である。
エタノールには-OH を含む部分があり、水分子との間に水素結合などの相互作用をつくることができる。そのため、水とエタノールは均一に混ざる。
一方、食用油をつくる分子では炭化水素部分が分子の大部分を占め、この部分は水との相互作用が弱い。そのため、水とは混ざりにくく、静置すると二層に分かれる。

©ミライコーチング

溶解性を見るときの基本

溶質と溶媒の粒子が、混ざった後にどのような相互作用をつくれるかを考える。
「溶ける」とは必ず化学反応を起こすことや、分子が必ずイオンへ分かれることを意味しない。

例題

例題 1

CO_2は直線型の分子であり、O は C より電気陰性度が大きいものとする。
1. それぞれの C-O 結合では、電子は C 側と O 側のどちらへ偏るか答え、部分電荷の符号も示せ。
2. CO_2が極性分子か無極性分子か答え、分子形と電子の偏りから理由を説明せよ。

解答・解説

1.
電子は**O 側へ偏る**。
したがって、各 C-O 結合では C 側が δ^+、O 側が δ^-となる。
2.
CO_2は**無極性分子**である。
CO_2は直線型であり、2 つの C-O 結合の電子の偏りは大きさが等しく、正反対の向きになる。
そのため、2 つの偏りが打ち消し合い、平均的に分子全体として電荷の偏りが残らない。

例題 2

H_2Oは折れ線型、CO_2は直線型である。O は H および C より電気陰性度が大きいものとする。
1. H_2OとCO_2を、それぞれ極性分子・無極性分子のどちらかに分類し、理由を説明せよ。
2.「極性のある結合を含む分子は必ず極性分子である」という説明が正しくない理由を、CO_2を用いて説明せよ。

解答・解説

1.
H_2Oは**極性分子**である。
O-H 結合では電子が O 側へ偏り、折れ線型なので 2 つの偏りが打ち消し合わず、分子全体として偏りが残る。
CO_2は**無極性分子**である。
C-O 結合では電子が O 側へ偏るが、直線型なので 2 つの等しい偏りが正反対になり、分子全体では打ち消し合う。
2.
CO_2には極性をもつ C-O 結合があるが、分子形が直線型で対称なため、2 つの結合の偏りが打ち消し合う。
したがって、極性結合の有無だけでは分子全体の極性を決めることはできない。

©ミライコーチング

例題 3

室温で、水とエタノールを混ぜると均一になり、水と食用油を混ぜて静置すると二層に分かれるという観察結果が得られた。
水は極性分子であり、エタノールの-OH を含む部分は水分子と水素結合などの相互作用をつくることができる。食用油をつくる分子では、炭化水素部分が分子の大部分を占めるものとする。

1. 水と均一に混ざるのはエタノールと食用油のどちらか答えよ。
2. 水とエタノールが混ざりやすく、水と食用油が混ざりにくい理由を、混合後の粒子間の相互作用から説明せよ。

解答・解説

1.
水と均一に混ざるのは**エタノール**である。
2.
エタノールは-OH を含む部分をもち、水分子との間に水素結合などの相互作用をつくることができるため、水と混ざりやすい。
一方、食用油では炭化水素部分が分子の大部分を占め、水との相互作用が弱いため、水と混ざりにくく二層に分かれる。

演習問題

演習 1

HCl では Cl の方が H より電気陰性度が大きい。Cl_2では同じ Cl 原子どうしが結合している。

1. HCl の共有電子はどちらの原子側へ偏るか答え、H 側と Cl 側の部分電荷を δ^+・δ^-で示せ。
2. Cl_2の結合に極性があるか答え、その理由を説明せよ。

演習 2

CO_2は直線型であり、O は C より電気陰性度が大きい。

1. 2 本の C-O 結合では、それぞれ電子の偏りはどの向きになるか答えよ。
2. CO_2が極性分子か無極性分子か答え、2 つの偏りの向きから説明せよ。

演習 3

実際のH_2Oは折れ線型であり、O は H より電気陰性度が大きい。

1. H_2Oでは 2 本の O-H 結合の偏りが打ち消し合うか答え、分子全体の極性を判定せよ。
2. 仮に、等しい 2 本の結合の偏りが一直線上で正反対の向きに配置される分子であれば、2 つの偏りはどうなるか答えよ。ただし、実際のH_2Oは直線型ではない。

©ミライコーチング

演習 4

CH_4は正四面体形で、C は H より電気陰性度が大きく、4 本の C-H 結合の偏りは対称に配置される。
NH_3は三角錐形で、N は H より電気陰性度が大きく、3 本の N-H 結合の偏りは N 側へ向かい、分子全体では打ち消し合わない。
1. CH_4を極性分子・無極性分子のどちらかに分類し、理由を説明せよ。
2. NH_3を極性分子・無極性分子のどちらかに分類し、理由を説明せよ。

演習 5

ヨウ素I_2とヘキサンは無極性、水は極性であるとする。
1. I_2は、水とヘキサンのどちらに溶けやすい傾向があるか答えよ。
2. その理由を、溶質と溶媒の極性および粒子間の相互作用から説明せよ。

演習 6

「極性のある結合を含む分子は、必ず極性分子である」という説明が正しいか答え、直線型のCO_2を例にして訂正せよ。O は C より電気陰性度が大きいものとする。

演習問題の解答・解説

解答 1

1.

HCl では、共有電子は **Cl 側へ偏る**。
したがって、H 側が δ^+、Cl 側が δ^-となる。

2.

Cl_2の結合には**極性はない**。
同じ Cl 原子どうしの結合なので両原子の電気陰性度が等しく、共有電子が一方だけへ偏らないためである。

解答 2

1.

どちらの C-O 結合でも、電子は **C 側から O 側へ偏る**。
分子の両端にある O の方向へ、それぞれ偏りが向く。

2.

CO_2は**無極性分子**である。
直線型なので、2 つの等しい C-O 結合の偏りが正反対の向きになり、互いに打ち消し合う。
そのため、平均的に分子全体として電荷の偏りが残らない。

©ミライコーチング

解答 3

1.

打ち消し合わない。
H_2Oは折れ線型なので、2 本の O-H 結合の偏りは正反対の向きにはならず、O 側への偏りが分子全体として残る。
したがって、H_2Oは**極性分子**である。

2.

等しい 2 つの偏りが一直線上で正反対の向きに配置されれば、互いに**打ち消し合う**。
ただし、実際のH_2Oは折れ線型なので、この打消しは起こらない。

解答 4

1.

CH_4は**無極性分子**である。
各 C-H 結合には C 側への小さな偏りがあるが、正四面体形で 4 本の結合の偏りが対称に配置されるため、分子全体では打ち消し合う。

2.

NH_3は**極性分子**である。
各 N-H 結合では電子が N 側へ偏り、三角錐形では 3 つの偏りが完全には打ち消し合わない。
そのため、平均的に分子全体として電荷の偏りが残る。

解答 5

1.

I_2は**ヘキサンに溶けやすい傾向**がある。

2.

I_2とヘキサンはいずれも無極性であり、両者の粒子間には分散力による相互作用が生じる。
一方、水は極性分子であり、無極性のI_2との相互作用は、水分子どうしの強い相互作用に比べて十分には有利になりにくい。
そのため、I_2は水よりヘキサンに溶けやすい傾向を示す。

解答 6

正しくない。
CO_2では、O の方が C より電気陰性度が大きいため、各 C-O 結合には O 側への電子の偏りがあり、結合には極性がある。
しかし、CO_2は直線型で、2 つの等しい結合の偏りが正反対の向きになるため、分子全体では打ち消し合う。
したがって、極性結合を含んでいても、分子形によって偏りが打ち消されれば無極性分子となる。

©ミライコーチング