高校化学 L01 第 164 講 鏡像異性体

この講でできるようになること

- 不斉炭素を手掛かりに、鏡像異性体が成立する条件を説明できる。
- 分子の結合順序が同じでも、立体配置の違いによって重ね合わせられない関係が生じることを説明できる。
- 2-ブタノールを例に、4 種類の異なる基が結合した炭素が不斉炭素になる理由を説明できる。

立体異性体と鏡像異性体

分子には、原子のつながり方が異なる異性体だけでなく、原子のつながり方は同じでも空間での配置が異なる異性体が存在する。このような異性体を立体異性体という。

鏡像異性体は、立体異性体の一種である。互いに鏡に映した関係にあり、分子式と原子の結合順序は同じである。しかし、分子全体を空間で回転・移動しても完全には重ね合わせられない。

鏡像異性体かどうかを判断するときは、紙に書いた構造式の左右だけを見るのでは不十分である。分子が実際にどのような立体配置をとっているかを確認する必要がある。

四面体の炭素と立体配置

炭素原子は 4 本の単結合をつくるとき、4 つの結合が同一平面上ではなく、立体的な四面体配置をとる。

このため、炭素に結合する 4 つの原子や基の種類がすべて異なる場合、空間での配置に違いが生じる。このような炭素原子を不斉炭素という。

不斉炭素をもつ分子では、鏡に映した形が元の分子と異なる立体配置になることがある。ここでは、1 個の不斉炭素をもつ基本例について考える。

2-ブタノールに見る不斉炭素

2-ブタノールは次の構造をもつ。

$CH_3CH(OH)CH_2CH_3$

中央付近にある 2 番目の炭素に注目すると、この炭素には次の 4 つの基が直接結合している。

- H
- OH
- CH_3
- CH_2CH_3

この 4 つはすべて異なる基である。そのため、2 番目の炭素は不斉炭素になる。

ここで注意が必要なのは、CH_3 と CH_2CH_3 の違いである。どちらも最初に結合している原子は炭素であるが、その後につながる原子全体の構造が異なるため、別の基として扱う。

©ミライコーチング

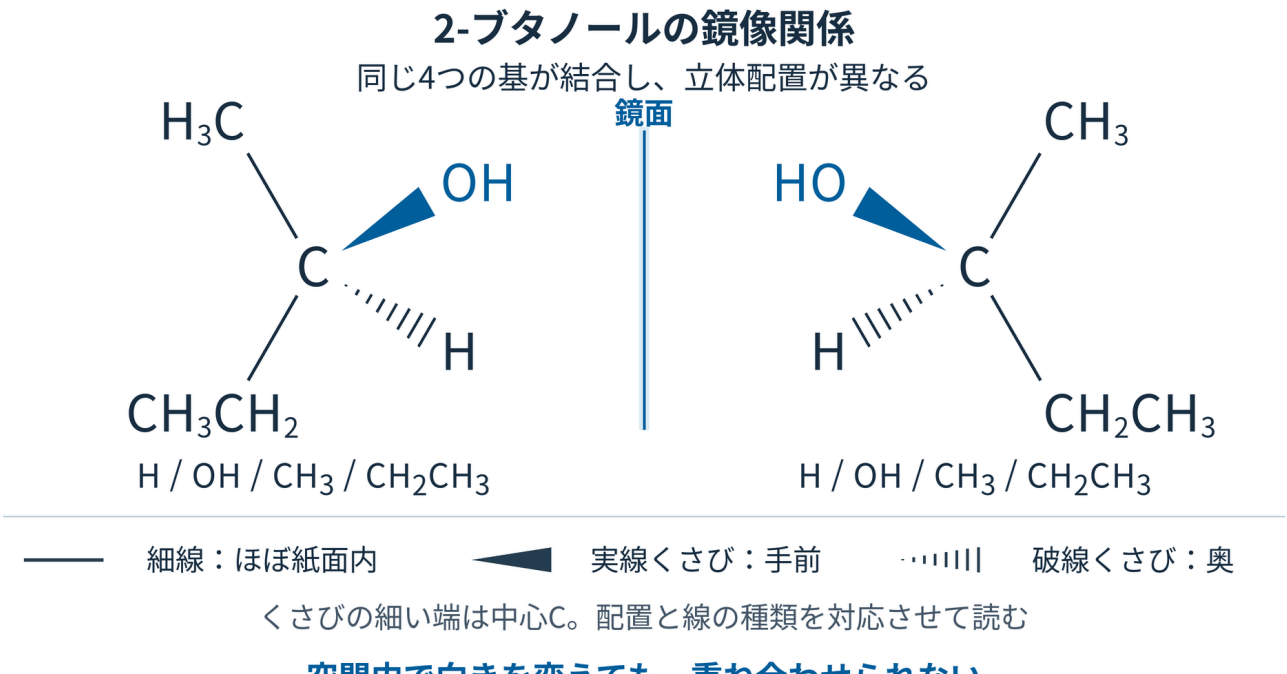

図 1　2-ブタノールの鏡像対

鏡像異性体が生じる理由

図の 2-ブタノールでは、中央の炭素に結合した 4 つの基が異なるため、4 方向の配置に向きの違いが生じる。

一方の分子を鏡に映すと、もう一方の分子の形になる。しかし、鏡像になった分子を空間で回転させても、4 つの基の配置を完全に一致させることはできない。

このように、同じ分子式・同じ結合順序をもちながら、立体配置の違いによって重ね合わせられない関係を鏡像異性体という。

ただし、「鏡に映った形は必ず異性体になる」と考えてはいけない。鏡像関係があっても、回転によって元の分子と重なる場合があるため、実際の立体配置を確認することが重要である。

不斉炭素の見つけ方

不斉炭素があるかを判断するときは、注目する炭素に直接結合している 4 つの基を確認する。

判断では、最初に結合している原子だけでなく、その先につながる原子団全体を見る必要がある。

例えば、2-ブタノール $CH_3CH(OH)CH_2CH_3$ の 2 番目の炭素に注目する。

この炭素に直接結合している 4 基は次の 4 つである。

- H
- OH
- CH_3
- CH_2CH_3

4 つの基はすべて異なるため、この 2 番目の炭素は不斉炭素である。

ここで、CH_3 と CH_2CH_3 を同じものとして扱ってはいけない。どちらも最初の原子は炭素であるが、炭素の先につながる構造全体が異なるため、別の基である。

一方で、同じ基が 2 つ存在すると不斉炭素にはならない。

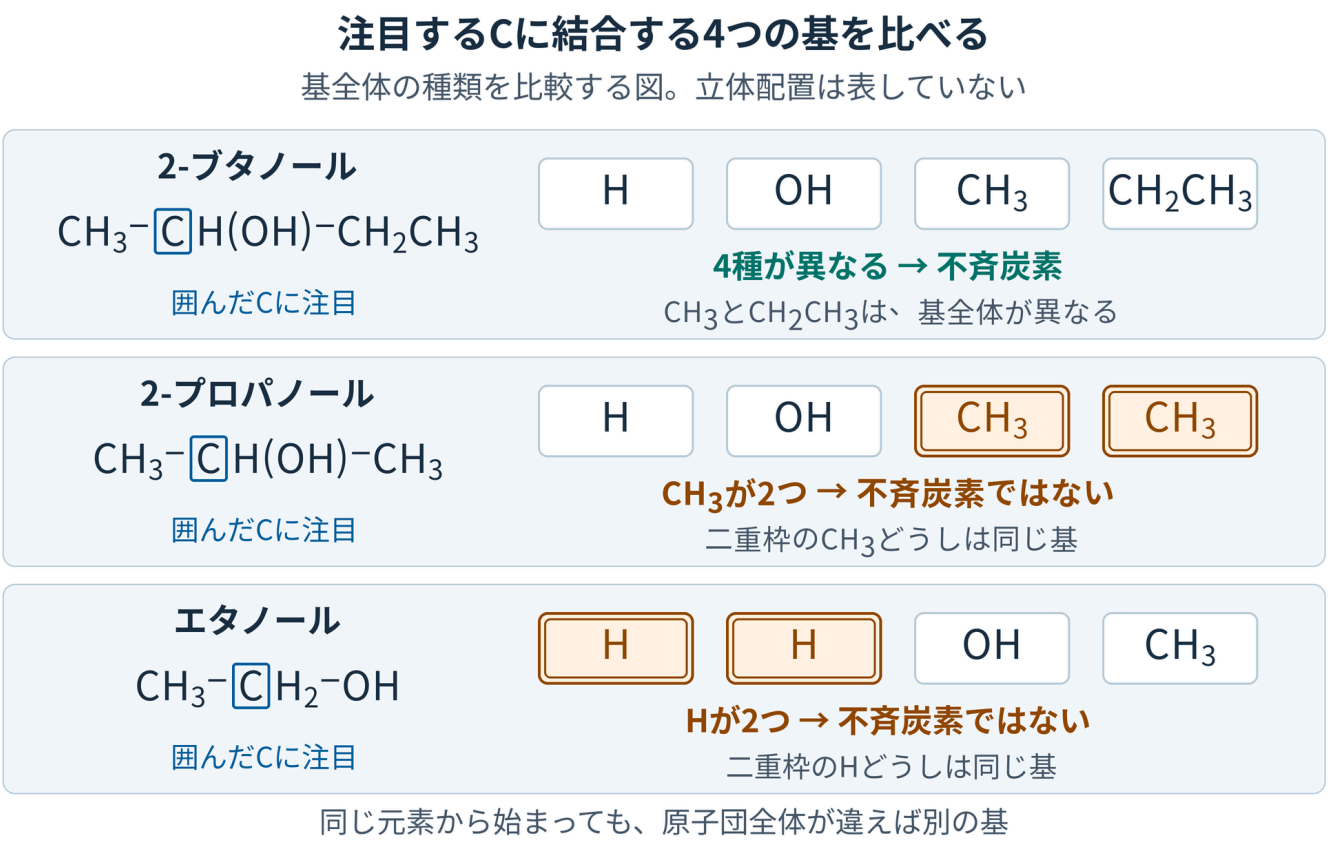

図 2　不斉炭素を決める 4 基の比較

図のように、注目する炭素に結合した 4 基を比べることで、不斉炭素かどうかを判断できる。

不斉炭素にならない例

2-プロパノールの場合

2-プロパノールは次の構造をもつ。

$CH_3CH(OH)CH_3$

2 番目の炭素に直接結合する 4 基は、

- H
- OH
- CH_3
- CH_3

である。

この炭素には同じ CH_3 が 2 つ結合しているため、4 種類の異なる基をもつ炭素ではない。したがって、2-プロパノールの 2 番目の炭素は不斉炭素ではない。

また、両端の CH_3 の炭素も、それぞれ同じ H を 3 つもつため、不斉炭素にはならない。

©ミライコーチング

エタノールの場合

エタノールは次の構造をもつ。

CH_3CH_2OH

OH が結合している炭素に注目すると、その炭素に直接結合する 4 基は、

- H
- H
- OH
- CH_3

である。

H が 2 つあるため、この炭素も不斉炭素ではない。

残りの CH_3の炭素も同じ H を 3 つもつため、不斉炭素にはならない。

このように、2-プロパノールやエタノールでは、鏡像を考えても分子全体を回転・移動すると元の分子と重ね合わせることができる。そのため、この講で扱う基本例の範囲では鏡像異性体の一対は成立しない。

不斉炭素の判断手順

不斉炭素を探すときは、次の順に確認する。

1. 炭素から 4 本の単結合が出ているか確認する。
2. その炭素に直接結合している 4 つの基をすべて書き出す。
3. 基を原子団全体で比較し、4 種類すべて異なるか確認する。
4. この講で扱う不斉炭素が 1 個の基本例では、鏡像異性体の一対が成立するか判断する。

示性式からは、不斉炭素が存在するかどうかを判断できる。しかし、具体的な鏡像のどちらの立体配置になっているかを決めるには、空間的な立体配置の情報が必要である。

また、紙に書いた構造式を左右反転させることと、分子全体を空間で回転させることは別である。鏡像異性体では、鏡像をつくった後に回転や移動をしても重ね合わせられないことが重要である。

©ミライコーチング

例題 1

2-ブタノール $CH_3CH(OH)CH_2CH_3$ について考える。

(1) 不斉炭素の位置を示し、その炭素に直接結合している 4 基をすべて答えよ。

(2) 図 1 の 2-ブタノールの鏡像対について、2 つの分子は同じ結合順序をもつか。また、空間で回転・移動すると重ね合わせられるか。何という異性体の関係か、理由を説明せよ。

解答・解説

(1) 不斉炭素は、OH が結合している 2 番目の炭素である。

この炭素に直接結合している 4 基は、

- H
- OH
- CH_3
- CH_2CH_3

である。

4 基がすべて異なるため、この炭素は不斉炭素である。

(2) 図 1 の 2 つの分子は、原子のつながり方である結合順序は同じである。

しかし、鏡像関係にある立体配置は、分子全体を空間で回転・移動しても重ね合わせることができない。

したがって、この 2 つは鏡像異性体である。

©ミライコーチング

例題 2

2-プロパノール $CH_3CH(OH)CH_3$ とエタノール CH_3CH_2OH について考える。

(1) それぞれ OH が結合している炭素に直接結合している 4 基を列挙し、その炭素が不斉炭素であるか判断せよ。

(2) これらの分子に、別の不斉炭素が存在するか。また、鏡像異性体の一対が成立するか理由を説明せよ。

解答・解説

(1) 2-プロパノールでは、OH が結合している 2 番目の炭素に直接結合する 4 基は、

- H
- OH
- CH_3
- CH_3

である。

CH_3 が 2 つあるため、4 基がすべて異なる条件を満たさず、この炭素は不斉炭素ではない。

エタノールでは、OH が結合している炭素に直接結合する 4 基は、

- H
- H
- OH
- CH_3

である。

H が 2 つあるため、この炭素も不斉炭素ではない。

(2) 2-プロパノールの残りの CH_3 の炭素は、同じ H を 3 つもつため不斉炭素ではない。

エタノールの CH_3 の炭素や CH_2 の炭素も、同じ H を複数もつため不斉炭素ではない。

したがって、この 2 つの分子では不斉炭素がなく、この講で扱う基本例の範囲では鏡像異性体の一対は成立しない。

©ミライコーチング

例題 3

2-ブタノールの図 1 と示性式 $CH_3CH(OH)CH_2CH_3$ について考える。

(1) 「CH_3と CH_2CH_3は最初に結合している原子がどちらも C なので、同じ基である」という説明は正しいか。理由を説明せよ。

(2) 示性式だけから、不斉炭素の有無と鏡像対の具体的な左右どちらかをそれぞれ特定できるか。理由を説明せよ。

解答・解説

(1) この説明は誤りである。

CH_3と CH_2CH_3は、最初に結合している原子はどちらも C である。しかし、炭素の先につながる原子団全体が異なるため、別の基として扱う。

そのため、2-ブタノールの 2 番目の炭素では、H、OH、CH_3、CH_2CH_3の 4 基がすべて異なり、不斉炭素になる。

(2) 示性式からは、注目する炭素に結合した 4 基を確認することで、不斉炭素があるかどうかを判断できる。

一方で、鏡像対の具体的な立体配置がどちらになるかは、示性式だけでは判断できない。図 1 のようなくさび線などの立体情報によって、空間での配置を確認する必要がある。

紙面上で左右を反転しただけでは、鏡像異性体かどうかは判断できない。分子全体を空間で回転・移動したときに重ね合わせられるかを見ることが重要である。

演習問題

演習 1

(1) 不斉炭素とは何か。炭素に結合する 4 基と立体配置に注目して説明せよ。

(2) 鏡に映した形であるという関係だけで、必ず異性体といえるか。重ね合わせの条件を含めて説明せよ。

演習 2

2-ブタノール $CH_3CH(OH)CH_2CH_3$ について考える。

(1) 不斉炭素の位置を示し、その炭素に直接結合する 4 基をすべて答えよ。

(2) 図 1 の 2-ブタノールの鏡像対について、結合順序と立体配置の関係、および空間で回転・移動したときの重なり方を説明し、何という関係か答えよ。

演習 3

(1) 2-プロパノール $CH_3CH(OH)CH_3$ について、OH が結合している炭素に直接結合する 4 基をすべて答え、その炭素が不斉炭素であるか理由を説明せよ。

©ミライコーチング

演習 4

(1) エタノール CH_3CH_2OH について、OH が結合している炭素に直接結合する 4 基をすべて答え、その炭素が不斉炭素であるか理由を説明せよ。

演習 5

(1) 2-ブタノールにおいて、CH_3 と CH_2CH_3 が異なる基として扱われる理由を説明せよ。

(2) 「2-ブタノールの示性式だけで、図 1 の鏡像対のどちらの立体配置かまで決まる」という説明は正しいか。必要な情報を含めて答えよ。

演習 6

2-ブタノールの注目炭素には、H、OH、CH_3、CH_2CH_3 の 4 基が結合している。

(1) 一方の分子を空間で回転させただけで、別の鏡像異性体になるか。理由を説明せよ。

(2) 図 1 の 2 つの分子は構造異性体か鏡像異性体か。原子の結合順序と立体配置に注目して判断せよ。

演習問題の解答・解説

解答 1

(1) 不斉炭素とは、炭素原子に 4 種類の異なる原子または基が結合している炭素である。

炭素は 4 本の単結合によって四面体配置をとるため、4 基の空間的な配置に違いが生じる。4 基がすべて異なると、鏡像と重ね合わせられない立体配置が生じることがある。

(2) 鏡に映した関係だけでは、必ず異性体とはいえない。

鏡像をつくった後、分子全体を空間で回転・移動させて元の分子と重ね合わせられる場合は、異なる立体配置ではない。鏡像異性体となるには、鏡像関係にあり、さらに回転・移動しても重ね合わせられないことが必要である。

©ミライコーチング

解答 2

(1) 2-ブタノールの不斉炭素は、OH が結合している 2 番目の炭素である。

この炭素に直接結合する 4 基は、

- H
- OH
- CH_3
- CH_2CH_3

である。

4 基がすべて異なるため、この炭素は不斉炭素である。

(2) 図 1 の 2 つの分子は、原子の結合順序は同じである。

しかし、四面体配置による立体配置が互いに鏡像関係になっており、分子全体を空間で回転・移動しても重ね合わせることができない。

したがって、図 1 の 2 つの分子は鏡像異性体の関係にある。

解答 3

(1) 2-プロパノールの OH が結合している炭素に直接結合する 4 基は、

- H
- OH
- CH_3
- CH_3

である。

CH_3が 2 つあり、4 基がすべて異なる条件を満たさないため、この炭素は不斉炭素ではない。

解答 4

(1) エタノールの OH が結合している炭素に直接結合する 4 基は、

- H
- H
- OH
- CH_3

である。

H が 2 つあり、4 基がすべて異なる条件を満たさないため、この炭素は不斉炭素ではない。

解答 5

(1) CH_3と CH_2CH_3は、最初に結合している原子はどちらも C である。

しかし、基全体を見ると、CH_3は炭素原子を 1 個含むメチル基であり、CH_2CH_3は炭素原子を 2 個含むエチル基であるため、異なる基として扱う。

(2) この説明は誤りである。

示性式からは、不斉炭素が存在するかどうかは判断できる。しかし、鏡像対の具体的な立体配置は示性式だけでは決まらない。

どちらの配置になるかを判断するには、図 1 のようなくさび線など、空間配置を表す立体情報が必要である。

解答 6

(1) 空間で回転させただけでは、別の鏡像異性体にはならない。

回転・移動は分子の向きを変える操作であり、4 基の立体配置そのものを反転させる操作ではない。鏡像異性体は、鏡像をつくった後に回転しても重ね合わせられない関係である。

(2) 図 1 の 2 つの分子は鏡像異性体であり、構造異性体ではない。

構造異性体は原子の結合順序が異なる異性体である。一方、図 1 では 2 つの分子の結合順序は同じで、立体配置だけが異なる。そのため、鏡像異性体に分類される。

©ミライコーチング