高校化学 L01 第 148 講 エーテル

この講でできるようになること

- エーテルの構造を一般式 $R-O-R'$ で表し、アルコールとの違いを説明できる。
- 代表的なエーテルの構造と、分子式が同じ物質との構造の違いを説明できる。
- エーテルの分子間相互作用と物性の関係を、構造から説明できる。

エーテル結合と構造

エーテルは、酸素原子が 2 つの炭化水素基に結合した構造を持つ化合物である。一般式は $R-O-R'$ で表され、R と R' は同じ場合も異なる場合もある。

エーテルでは、酸素原子は 2 本の単結合によって炭素原子と結びついている。一方、アルコールは酸素原子に水素が結合したヒドロキシ基 $-OH$ を持ち、一般式 $R-O-H$ で表されるため、エーテルとは構造が異なる。

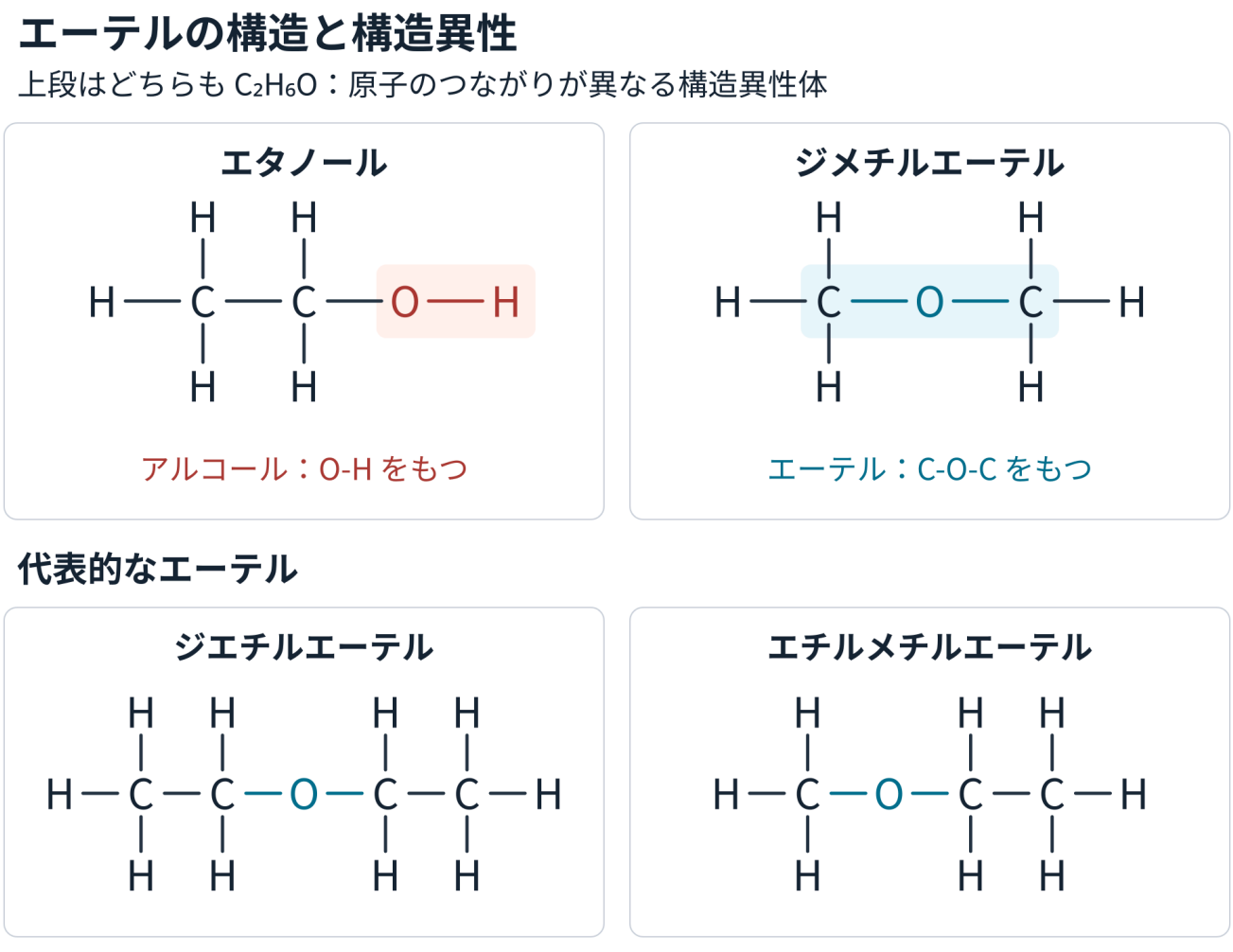


図 1　酸素につながる原子と、分子式・構造の違いを比べる。

構造を判断するときは、酸素原子の両側に何が結合しているかを見ることが重要である。$C-O-C$ のつながりを持つ部分があっても、カルボニル基を含むエステル $R-C(=O)-O-R'$ 全体をエーテルと分類してはいけない。

代表的なエーテル

代表的なエーテルには、ジメチルエーテル、ジエチルエーテル、エチルメチルエーテルがある。

名称	構造式
ジメチルエーテル	CH_3-O-CH_3
ジエチルエーテル	$CH_3CH_2-O-CH_2CH_3$
エチルメチルエーテル	$CH_3-O-CH_2CH_3$

ジメチルエーテル CH_3-O-CH_3 とエタノール CH_3CH_2OH は、どちらも分子式 C_2H_6O で表される。しかし、原子のつながり方が異なるため、構造異性体の関係にある。

構造異性体では、同じ原子を持っていても結合の順序が異なることで別の物質になる。ただし、構造式を書く向きを左右反転しただけでは別の物質にはならない。

ジエチルエーテルとエチルメチルエーテルも、酸素原子の両側に結合する炭化水素基の違いによって区別される。

エーテルの分子間相互作用と物性

エーテルの酸素原子には非共有電子対が存在する。そのため、他の分子から水素結合を受け取ることはできるが、エーテル分子自身は $O-H$ 結合を持たないため、純粋なエーテル分子同士ではアルコールのような水素結合を形成しない。

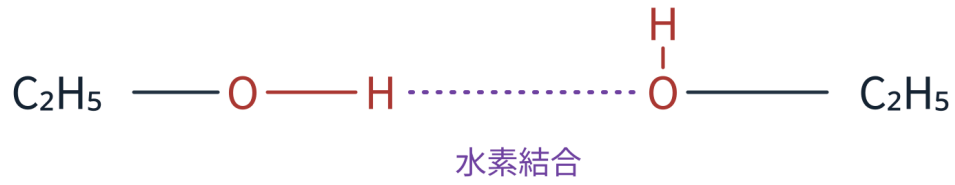
アルコールでは、分子中の $O-H$ 結合によって分子同士が水素結合を作る。そのため、同程度の分子量を持つアルコールと比べると、一般にエーテルは沸点が低くなりやすい。

©ミライコーチング

エーテルと水素結合

実線：共有結合　　点線：分子間の水素結合（H···O）

① エタノール分子どうし



O-HのHと、別分子のOの間に水素結合ができる

② 純粋なエーテルの分子どうし



O-H結合がないため、同様の水素結合はできない
分散力など、ほかの分子間力ははたらく

③ エーテルと水



同程度の分子量なら、一般にアルコールの方が沸点は高い
水への溶けやすさは、炭化水素部分の大きさにもよる
水に溶けるエーテルもある

模式図。炭化水素基のC-H結合と、実際の立体配置は省略

図 2　自分同士の水素結合と、水から受け取る水素結合を区別する。

ただし、エーテルに分子間力がないという意味ではない。酸素原子の非共有電子対によって、水分子の $O-H$ に結合している水素原子との間に水素結合を形成できるため、水への溶けやすさは炭化水素部分の大きさなどとの兼ね合いで決まる。

エーテルの性質は、酸素原子による相互作用と炭化水素部分の大きさの両方から考える必要がある。すべてのエーテルが水と自由に混ざるわけでも、すべてが水に溶けないわけでもない。

ジメチルエーテルは常温常圧で気体であり、ジエチルエーテルは揮発しやすい液体の代表例である。ジエチルエーテルは有機物を溶かす溶媒として利用されるが、引火しやすい物質であるため、性質を資料から理解する対象として扱う。

©ミライコーチング

例題

例題 1

次の 2 つの化合物について答えよ。

$CH_3CH_2-O-CH_2CH_3$

$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$

(1) それぞれがエーテルまたはアルコールのどちらであるか答え、その理由を説明せよ。

(2) 2 つの化合物の分子式を求め、構造異性体の関係にあるか判断せよ。

解答・解説

(1)

$CH_3CH_2-O-CH_2CH_3$ はエーテルである。

エーテルは、酸素原子が 2 つの炭化水素基に結合した $R-O-R'$ の構造を持つ。式を見ると、酸素原子の両側に炭素を含む部分が結合しており、$C-O-C$ のつながりになっているためエーテルと判断できる。

$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$ はアルコールである。

アルコールは、酸素原子に水素が結合した $R-O-H$ の構造を持つ。末端に $-OH$ があり、酸素原子が水素と結合しているためアルコールである。

(2)

それぞれの原子数を数える。

化合物	C の数	H の数	O の数	分子式
$CH_3CH_2-O-CH_2CH_3$	4	10	1	$C_4H_{10}O$
$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$	4	10	1	$C_4H_{10}O$

2 つの化合物は分子式が同じ $C_4H_{10}O$ であるが、原子のつながり方が異なる。

$CH_3CH_2-O-CH_2CH_3$ は酸素原子が炭素鎖の間に入り、$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$ は酸素原子に水素が結合している。そのため、構造異性体の関係にある。

©ミライコーチング

例題 2

エタノール CH_3CH_2OH とジメチルエーテル CH_3-O-CH_3 について答えよ。

(1) 両方とも分子式は C_2H_6O であるが、沸点が異なる理由を分子間相互作用の違いから説明せよ。

(2) 「ジメチルエーテルは OH がないので水とは水素結合を作れず、全く溶けない」という説明を正しく修正せよ。

解答・解説

(1)

エタノールは OH を持つため、エタノール分子同士で水素結合を形成できる。

一方、ジメチルエーテルは酸素原子に水素が結合していないため、純粋なジメチルエーテル分子同士ではアルコールのような水素結合を形成しない。そのため、同じ分子式であっても分子間の結びつきが異なり、一般にエーテルは対応するアルコールより沸点が低くなりやすい。

ただし、ジメチルエーテルにも分子間力がないわけではない。分子間には他の分子間力が働いている。

(2)

修正後の説明は次のようになる。

ジメチルエーテルは OH を持たないため、純粋なジメチルエーテル分子同士ではアルコールのような水素結合を形成しない。しかし、エーテルの酸素原子には非共有電子対があり、水分子の $O-H$ に結合している水素原子との間に水素結合を形成できる。

そのため、「水とは全く水素結合を作れず、全く溶けない」という説明は誤りである。エーテルの水への溶けやすさは、酸素原子との相互作用だけでなく、分子中の炭化水素部分の大きさなどとの兼ね合いで決まる。

構造異性や分子間相互作用を考えるときは、図で示したように「原子のつながり」と「分子同士の結びつき」を分けて考えることが重要である。

演習問題

演習 1

次の化合物について答えよ。

$CH_3-O-CH_2CH_3$

$CH_3CH_2CH_2OH$

(1) それぞれの化合物をエーテルまたはアルコールに分類し、その理由を構造から説明せよ。

(2) $CH_3-O-CH_2CH_3$ の分子式を求めよ。また、$CH_3CH_2-O-CH_3$ と同じ物質であるか、原子のつながりに注目して判断せよ。

©ミライコーチング

演習 2

次の 2 つの化合物について答えよ。

CH_3-O-CH_3

CH_3CH_2OH

(1) それぞれの分子式を求め、構造異性体の関係にあるか、その理由を説明せよ。

(2) 純物質として考えたとき、一般にどちらの化合物の沸点が高くなりやすいか。分子間相互作用の違いに注目して説明せよ。

演習 3

エーテルは酸素原子を含むが、OH を持たない化合物である。

(1) エーテルが水との間で水素結合を受容できる理由を説明せよ。また、そのことだけから「すべてのエーテルが水と任意の割合で混ざる」とはいえない理由を述べよ。

演習 4

エーテルの性質について、次の 2 つの文を正しく言い換えよ。

(1) 「エーテルはすべて常温常圧で液体である」「$O-H$ がないので分子間に引力が全くない」という 2 つの文について、それぞれ誤りを修正した説明を書け。必要に応じてジメチルエーテルやジエチルエーテルを代表例として用いよ。

演習問題の解答・解説

解答 1

(1)

$CH_3-O-CH_2CH_3$ はエーテルである。

酸素原子が 2 つの炭化水素基に結合しており、構造が $R-O-R'$ となっているためである。

$CH_3CH_2CH_2OH$ はアルコールである。

酸素原子に水素が結合した $-OH$ を持つため、アルコールの構造 $R-O-H$ と判断できる。

(2)

$CH_3-O-CH_2CH_3$ の原子数を数えると、炭素原子 3 個、水素原子 8 個、酸素原子 1 個であるため、分子式は C_3H_8O である。

$CH_3-O-CH_2CH_3$ と $CH_3CH_2-O-CH_3$ は、酸素原子の両側につながる炭化水素基の順序を書き換えただけであり、原子のつながりは同じである。そのため、別の物質ではない。

©ミライコーチング

解答 2

(1)

CH_3-O-CH_3 は炭素原子 2 個、水素原子 6 個、酸素原子 1 個を持つため、分子式は C_2H_6O である。

CH_3CH_2OH も炭素原子 2 個、水素原子 6 個、酸素原子 1 個を持つため、分子式は C_2H_6O である。

しかし、CH_3-O-CH_3 は酸素原子が炭素と 2 本の結合を作るエーテル構造であり、CH_3CH_2OH は酸素原子に水素が結合したアルコール構造である。原子のつながりが異なるため、構造異性体の関係にある。

(2)

一般に沸点は CH_3CH_2OH の方が高くなりやすい。

エタノールは $O-H$ 結合を持つため、エタノール分子同士で水素結合を形成できる。一方、ジメチルエーテルは酸素原子に水素が結合していないため、純粋なジメチルエーテル同士ではアルコールのような水素結合を形成しない。そのため、同程度の分子量ではエタノールの方が分子間の結びつきが強くなり、沸点が高くなりやすい。

解答 3

(1)

エーテルの酸素原子には非共有電子対があるため、水分子の $O-H$ に結合している水素原子との間に水素結合を形成できる。

ただし、エーテル分子自身には $O-H$ 結合がないため、純粋なエーテル同士ではアルコールのような水素結合を形成しない。

また、水への溶けやすさは酸素原子との相互作用だけで決まるわけではなく、分子中の炭化水素部分の大きさなども影響する。そのため、すべてのエーテルが水と任意の割合で混ざるとはいえない。

解答 4

(1)

「エーテルはすべて常温常圧で液体である」は誤りである。

エーテルの状態は分子の大きさなどによって異なる。例えば、ジメチルエーテルは常温常圧で気体であり、ジエチルエーテルは揮発しやすい液体である。

「$O-H$ がないので分子間に引力が全くない」は誤りである。

エーテルは純粋な状態ではアルコールのような自己水素結合を形成しないが、分子間には他の分子間力が働いている。また、酸素原子の非共有電子対によって、水分子などから水素結合を受け取ることもできる。