高校化学 L01 第 143 講 炭化水素の分類と命名

学習目標

この講でできるようになること

- 炭化水素を構成元素と結合の種類から分類し、アルカン・アルケン・アルキンの違いを説明できる。
- 構造式から炭素原子の結合状態と水素数を読み取り、分子式を求められる。
- 炭素数と結合型をもとに、基本的な炭化水素の名称と構造を対応させられる。
- 多重結合の位置を考えて、直鎖炭化水素の基本的な命名を行える。

炭化水素とは何か

炭化水素とは、炭素原子 C と水素原子 H だけからなる化合物である。有機化合物には酸素や窒素などを含むものもあるが、例えばアルコールやエーテルのように酸素を含む化合物は有機化合物であっても炭化水素ではない。炭化水素の性質を理解するには、まず炭素原子がどのようにつながっているかを見る必要がある。炭素骨格と結合の種類を読み取ることで、分類や名称を判断できる。

炭素の結合と水素数

炭素原子は原子価 4 をもち、4 本分の結合をつくることができる。水素原子は原子価 1 であり、1 本分の結合をつくる。炭素どうしの結合では、単結合は結合次数 1、二重結合は結合次数 2、三重結合は結合次数 3 として炭素の結合数に数える。構造式では、まず炭素どうしの結合相手と結合次数を読み取る。その後、それぞれの炭素について結合の合計が 4 になるように不足する結合数を水素で補う。

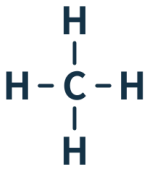
例えば、CH_3 や CH_2、CH は炭素に結合している水素の数をまとめて表した書き方である。二重線や三重線は炭素原子の数を表すものではなく、炭素どうしの結合次数がそれぞれ 2、3 であることを表している。

©ミライコーチング

炭素の結合と、分子式・構造式

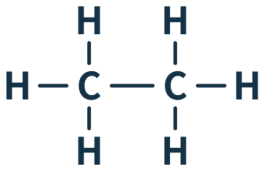
単結合＝1本分　　二重結合＝2本分　　三重結合＝3本分

メタン CH_4



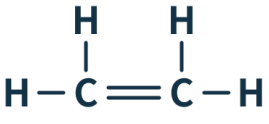
C：1+1+1+1=4

エタン C_2H_6



各C：1+1+1+1=4

エテン C_2H_4



各C：2+1+1=4

エチン C_2H_2



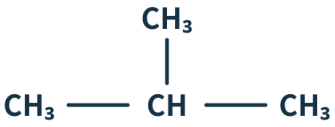
各C：3+1=4

炭素骨格：鎖・枝・環

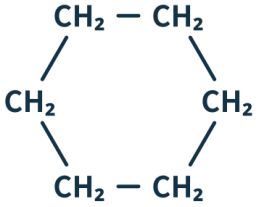
直鎖：ブタン
C_4H_{10}



分岐：2-メチルプロパン
C_4H_{10}（イソブタン）



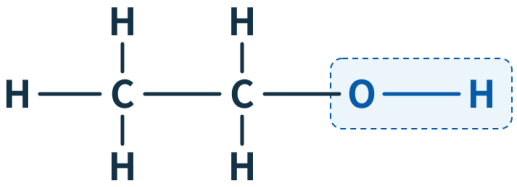
環状：シクロヘキサン
C_6H_{12}



骨格の比較では、Cに結合するHをCH_3・CH_2・CHのようにまとめて表示。

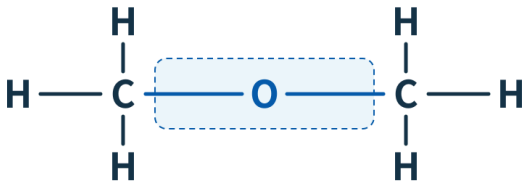
同じ分子式 C_2H_6O でも、結合の相手が違う

エタノール
示性式：CH_3CH_2OH



Oの結合相手：CとH
原子数：C 2個・H 6個・O 1個

ジメチルエーテル
示性式：CH_3OCH_3



Oの結合相手：CとC
原子数：C 2個・H 6個・O 1個

全てのCは結合次数の合計4、Oは2、Hは1。
上段と下段は、Hを含む全ての原子・結合を表示している。
各原子が形式電荷0の基本構造。線の向きは実際の立体配置を表さない。

図 1　炭素ごとの結合次数と H 数を確認し、骨格と結合相手を読み取る。

図では、炭素原子が何個つながっているかではなく、各炭素が何本分の結合をもつかを見ることが重要である。分子式だけでは炭素のつながり方や結合位置は一意に決まらないため、構造式の情報と区別する必要がある。

鎖式炭化水素と分類

炭化水素のうち、環状構造をもたず炭素が鎖状につながったものを鎖式炭化水素という。鎖式には、炭素骨格に枝分かれのない直鎖と、途中で枝分かれするものが含まれる。直鎖は、原子が空間で一直線に並ぶという意味ではない。鎖式炭化水素では、炭素どうしの結合の種類によって大きく分類する。

- 飽和炭化水素：炭素間の結合がすべて単結合であるもの。
- 不飽和炭化水素：炭素間に二重結合や三重結合をもつもの。

ただし、「不飽和」は単に水素原子の数が少ないという意味だけで判断するものではない。この講では、炭素間の $C=C$ や $C\equiv C$ の存在に注目して分類する。鎖式で、炭素間がすべて単結合のアルカンは一般式 C_nH_{2n+2}（$n\geq 1$）で表される。$C=C$ を 1 つだけもち、それ以外に多重結合や環をもたないアルケンは一般式 C_nH_{2n}（$n\geq 2$）で表される。

$C\equiv C$ を 1 つだけもち、それ以外に多重結合や環をもたないアルキンは一般式 C_nH_{2n-2}（$n\geq 2$）で表される。これらの一般式は条件付きで使う式である。一般の不飽和炭化水素すべてに一つの式を当てはめることはできない。例えば環状構造をもつ化合物でも水素数が少なくなる場合があるため、分子式だけからアルケンと判断することはできない。

アルカン・アルケン・アルキンの違い

最も小さいアルカンであるメタン CH_4 は炭素間結合をもたないが、環や多重結合のない飽和炭化水素であり、アルカンに含まれる。代表的な炭化水素を比較すると、炭素間結合の次数が増えるほど、炭素が水素と結合できる余地が減ることが分かる。

分類	物質名	構造式	分子式	炭素間結合
アルカン	メタン	CH_4	CH_4	なし
アルカン	エタン	CH_3-CH_3	C_2H_6	単結合
アルケン	エテン（エチレン）	$CH_2=CH_2$	C_2H_4	二重結合
アルキン	エチン（アセチレン）	$HC\equiv CH$	C_2H_2	三重結合

単結合では炭素間に 1 本分の結合を使うのに対し、二重結合や三重結合では炭素間に使う結合数が増える。そのため、各炭素が水素と結合できる数が減少する。

炭化水素の基本命名

炭化水素の名称は、基本的に炭素数を表す部分と炭素間結合の種類を表す部分からできている。直鎖アルカンの基本例を示す。

炭素数	名称	構造式
1	メタン	CH_4
2	エタン	CH_3-CH_3
3	プロパン	$CH_3-CH_2-CH_3$
4	ブタン	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$
5	ペンタン	$CH_3-(CH_2)_3-CH_3$
6	ヘキサン	$CH_3-(CH_2)_4-CH_3$

©ミライコーチング

アルケンやアルキンでは、炭素間の多重結合をもつことを名称に反映する。

分類	名称	慣用名	構造式
アルケン	エテン	エチレン	$CH_2=CH_2$
アルケン	プロペン	プロピレン	$CH_2=CH-CH_3$
アルキン	エチン	アセチレン	$HC\equiv CH$
アルキン	プロピン	メチルアセチレン	$HC\equiv C-CH_3$

慣用名は広く使われる呼び方であり、系統名とは区別する。例えばエチレンは慣用名、エテンは系統名である。

多重結合の位置と番号

基本的な命名では、対象となる炭素鎖の炭素数を確認し、炭素間結合の種類と位置を読む。二重結合や三重結合を含む場合は、多重結合に近い端から炭素番号を付ける。そして、多重結合をつくる 2 つの炭素のうち小さい番号を位置として用いる。例えば、ブテンでは次のように区別する。

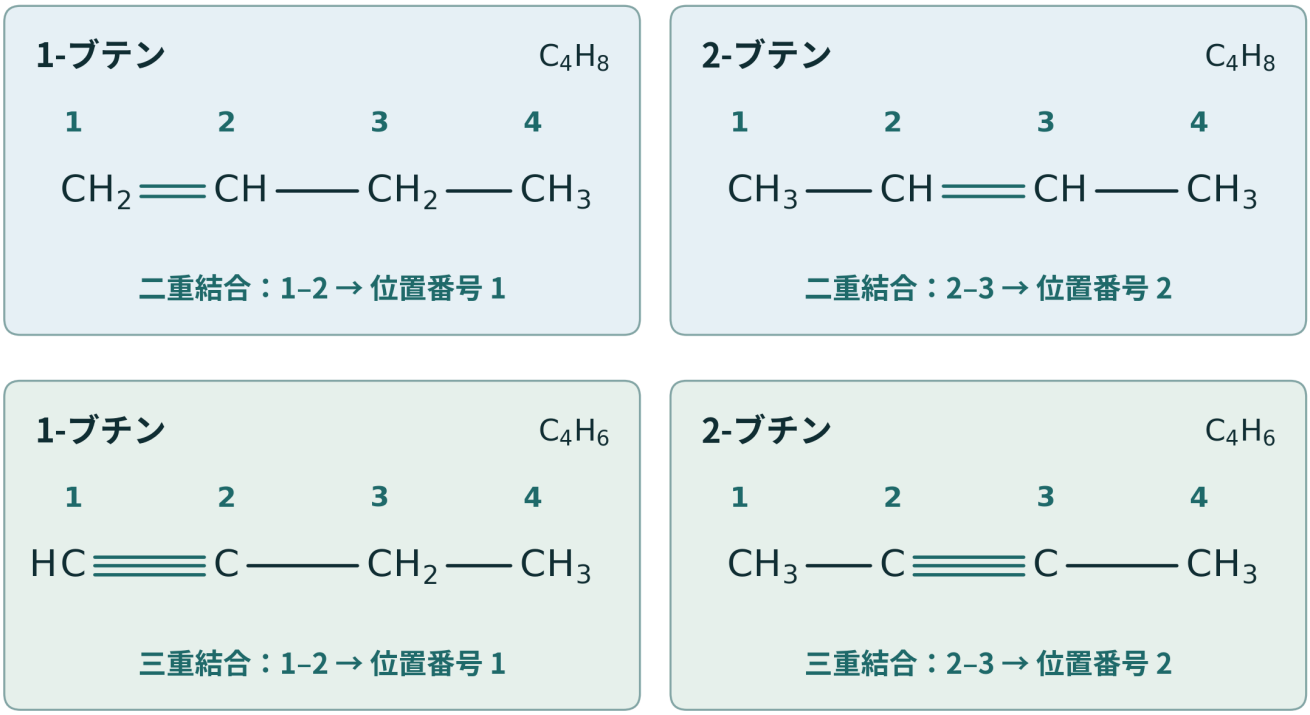
- 1-ブテン：$CH_2=CH-CH_2-CH_3$
- 2-ブテン：$CH_3-CH=CH-CH_3$

反対側から番号を付けた「3-ブテン」という表し方は、番号が小さくなる向きへ直して 1-ブテンと表す。三重結合でも同様に考える。

- 1-ブチン：$HC\equiv C-CH_2-CH_3$
- 2-ブチン：$CH_3-C\equiv C-CH_3$

多重結合に近い端から、炭素に番号をつける

結合の位置は、それをつくる2炭素のうち小さい番号



1-ブテンを逆から数えると3。位置番号は小さい1を採用する。

※ 2-ブテンの縮合構造式はcis/transを指定していない。

※ Hの添字は個数。各Cの結合次数の和は、Hへの結合も含めて4。

図 2　多重結合の位置が小さくなる向きから番号を付け、名称と構造を対応させる。

なお、2-ブテンのこの縮合構造式では、紙面上の表現だけから cis/trans の立体配置を区別していない。立体異性体の分類は別の内容として扱う。枝分かれした炭化水素では、さらに複雑な番号規則が必要になる。この講では基本的な直鎖炭化水素の命名までを扱う。

構造式と名称を往復する考え方

炭化水素を扱うときは、一方向だけでなく構造と名称を行き来して確認することが重要である。構造式から考える場合は、次の順で確認する。

1. 炭素骨格と結合の種類を読む。
2. 各炭素の原子価 4 から不足する水素数を求める。
3. 分子式を確認する。
4. アルカン・アルケン・アルキンの条件に当てはまるか確認する。
5. 条件に合う名称を決める。

逆に、名称から考える場合は、炭素数と結合型を読み取り、炭素骨格を作る。その後、水素数を補って分子式を確認する。分子式だけでは、物質群や構造を完全には決められない場合がある。例えば C_4H_8 はアルケンの分子式に一致するが、環状飽和炭化水素の可能性もある。したがって、分子式と構造式では持っている情報量が異なることを意識する必要がある。

例題

例題 3(2)を除き、ここでは環をもたず、多重結合を含む場合は二重結合または三重結合を一つだけもつ炭化水素を扱う。例題 3(2)では環の有無を限定せず、分子式だけから分かることと分からないことを考察する。

例題 1

次の炭化水素について答えよ。

CH_3-CH_3、$CH_2=CH_2$、$HC\equiv CH$

(1) それぞれの名称、分類、分子式を答えよ。

(2) 炭素の原子価 4 に注目し、3 つの物質で水素数が異なる理由を説明せよ。

解答・解説

(1)

構造式	名称	分類	分子式
CH_3-CH_3	エタン	アルカン	C_2H_6
$CH_2=CH_2$	エテン（エチレン）	アルケン	C_2H_4
$HC\equiv CH$	エチン（アセチレン）	アルキン	C_2H_2

CH_3-CH_3 は炭素間が単結合であるためアルカンに分類される。$CH_2=CH_2$ は炭素間に二重結合をもつためアルケン、$HC\equiv CH$ は炭素間に三重結合をもつためアルキンである。

(2)

炭素原子は原子価 4 をもつため、1 個の炭素がつくる結合の合計は 4 になる。エタンでは、1 つの炭素がもう一方の炭素と単結合 1 本をつくる。そのため、各炭素は残り 3 本分の結合を水素とつくり、2 個の炭素全体では水素が 6 個になる。エテンでは、炭素どうしが二重結合 2 本分を使う。そのため、各炭素は残り 2 本分の結合を水素とつくり、2 個の炭素全体では水素が 4 個になる。

エチンでは、炭素どうしが三重結合 3 本分を使う。そのため、各炭素は残り 1 本分の結合を水素とつくり、2 個の炭素全体では水素が 2 個になる。

二重結合や三重結合は炭素の数を増やすものではなく、炭素間の結合次数を増やすものである。そのため、同じ炭素数でも、炭素間結合の結合次数の合計が大きいほど水素数は少なくなる。

©ミライコーチング

例題 2

次の炭化水素について答えよ。

(1) $CH_2=CH-CH_2-CH_3$ と $CH_3-CH=CH-CH_3$ の名称を、炭素番号と二重結合の位置に注目して示せ。

(2) $HC\equiv C-CH_2-CH_3$ と $CH_3-C\equiv C-CH_3$ の名称と分子式を示せ。

解答・解説

(1)

二重結合をもつ炭素鎖では、多重結合に近い端から炭素番号を付ける。そして、二重結合をつくる炭素のうち小さい番号を位置として用いる。

構造式	炭素番号の付け方	名称
$CH_2=CH-CH_2-CH_3$	二重結合が 1 番目と 2 番目の炭素	1-ブテン
$CH_3-CH=CH-CH_3$	二重結合が 2 番目と 3 番目の炭素	2-ブテン

$CH_2=CH-CH_2-CH_3$ を逆端から数えると 3 番目に見えるが、多重結合の位置が小さくなる向きで番号を付けるため、3-ブテンとは表さず 1-ブテンとする。

(2)

三重結合でも二重結合と同様に、多重結合の位置が小さくなるように番号を付ける。

構造式	名称	分子式
$HC\equiv C-CH_2-CH_3$	1-ブチン	C_4H_6
$CH_3-C\equiv C-CH_3$	2-ブチン	C_4H_6

$HC\equiv C-CH_2-CH_3$ では三重結合が 1 番目と 2 番目の炭素の間にあるため 1-ブチンである。$CH_3-C\equiv C-CH_3$ では三重結合が 2 番目と 3 番目の炭素の間にあるため 2-ブチンである。どちらも炭素数 4 で、三重結合を 1 つだけもつ鎖式炭化水素であるため、アルキンの一般式 C_nH_{2n-2} に $n=4$ を代入すると C_4H_6 となる。

なお、2-ブテンの縮合構造式だけから cis/trans の立体配置を区別することは、この段階では扱わない。

例題 3

次の問いに答えよ。

(1) 炭素数 5 のアルカン、二重結合を 1 個だけもつアルケン、三重結合を 1 個だけもつアルキンの分子式を、それぞれ一般式を用いて求めよ。

(2) 分子式 C_4H_8 だけから、その物質をアルケンと断定できるか説明せよ。

解答・解説

(1)

炭素数 5 のアルカンは、アルカンの一般式 C_nH_{2n+2} に $n=5$ を代入する。$C_5H_{2\times5+2}$ となり、分子式は C_5H_{12} である。二重結合を 1 個だけもつアルケンは、アルケンの一般式 C_nH_{2n} に炭素数を表す n を代入する。例えば炭素数 5 の場合、$C_5H_{2\times5}$ となり、分子式は C_5H_{10} である。

三重結合を 1 個だけもつアルキンは、アルキンの一般式 C_nH_{2n-2} に炭素数 5 を代入する。$C_5H_{2\times5-2}$ となり、分子式は C_5H_8 である。

分類	一般式	炭素数	分子式
アルカン	C_nH_{2n+2}	5	C_5H_{12}
アルケン	C_nH_{2n}	5	C_5H_{10}
アルキン	C_nH_{2n-2}	5	C_5H_8

ただし、これらの一般式は鎖式であり、指定された結合条件を満たす場合にだけ適用できる。

(2)

C_4H_8 だけからアルケンと断定することはできない。確かに、炭素数 4 のアルケンではアルケンの一般式 C_nH_{2n} に $n=4$ を代入すると C_4H_8 になる。しかし、環状で炭素間がすべて単結合の飽和炭化水素でも、水素数が減少して C_4H_8 となる場合がある。

したがって、分子式だけでは炭素骨格や結合の種類が分からず、アルケンであると決めることはできない。一般式は適用条件を満たしたときに使うものであり、分子式だけから構造を逆算するときには情報不足に注意する必要がある。

演習

演習 6 を除き、炭化水素は環をもたないものとして扱う。多重結合を含む場合は、指定された二重結合または三重結合を一つだけもつものとする。演習 6 では、環の有無を限定せず、分子式だけから分かることと分からないことを考える。

演習 1

次の炭化水素について、それぞれ名称、分類、分子式を答えよ。

(1) $CH_3-CH_2-CH_3$

(2) $HC\equiv C-CH_3$

演習 2

次の炭化水素について、縮合構造式と分子式を示せ。また、炭素ごとの原子価 4 に注目して水素数を確認せよ。

(1) 1-ブテン

(2) 2-ブチン

演習 3

次の炭化水素について答えよ。

(1) $CH_3-CH=CH-CH_3$ の名称を、二重結合の位置に注目して答えよ。

(2) $CH_3-CH_2-CH=CH_2$ を左から数えて 3-ブテンとした解答を、正しい番号付けの規則に従って訂正せよ。

演習 4

一般式を用いて、次の炭化水素の分子式を求めよ。

(1) 炭素数 6 の鎖式アルカン

(2) 環をもたず、二重結合を一つだけもち、その他の多重結合がない炭素数 5 の炭化水素

演習 5

次の化合物のうち、炭化水素に該当するものを選び、構成元素から理由を説明せよ。

エタン CH_3-CH_3、エタノール CH_3-CH_2-OH

演習 6

分子式 C_4H_8 のみが与えられた物質について、「アルケンである」と断定できるか説明せよ。

分子式と構造式の情報の違い、環状飽和炭化水素の可能性に触れること。

©ミライコーチング

演習の解答・解説

解答 1

(1)

答えはプロパン、アルカン、C_3H_8 である。$CH_3-CH_2-CH_3$ は炭素間がすべて単結合であるためアルカンに分類される。炭素数は 3 個であり、各炭素について原子価 4 を満たすように水素数を考えると、両端の炭素はそれぞれ 3 個の水素、中央の炭素は 2 個の水素をもつ。したがって、水素の合計は $3+2+3=8$ 個となり、分子式は C_3H_8 である。

(2)

答えはプロピン、アルキン、C_3H_4 である。$HC\equiv C-CH_3$ は炭素間に三重結合を一つもつためアルキンに分類される。三重結合は結合次数 3 であり、三重結合をつくる炭素は炭素間で 3 本分の結合を使う。

左端の炭素は三重結合で 3 本分を使うため、水素 1 個と結合する。中央の炭素は左側の炭素との三重結合で 3 本分、右側の炭素との単結合で 1 本分、合計 4 本分の結合を満たすため、水素をもたない。右端の炭素は単結合 1 本を使うため、水素 3 個と結合する。

よって水素数は $1+0+3=4$ 個であり、分子式は C_3H_4 である。

解答 2

(1)

答えは $CH_2=CH-CH_2-CH_3$、C_4H_8 である。1-ブテンは炭素数 4 で、1 番目と 2 番目の炭素の間に二重結合をもつ。1 番目の炭素は二重結合で 2 本分の結合を使うため、水素 2 個と結合する。2 番目の炭素は二重結合で 2 本分、3 番目の炭素との単結合で 1 本分を使うため、水素 1 個と結合する。残りの 2 つの炭素は単結合だけをもち、中央の炭素は水素 2 個、末端の炭素は水素 3 個をもつ。

したがって、水素数は $2+1+2+3=8$ 個となり、分子式は C_4H_8 である。

(2)

答えは $CH_3-C\equiv C-CH_3$、C_4H_6 である。2-ブチンは炭素数 4 で、2 番目と 3 番目の炭素の間に三重結合をもつ。三重結合をつくる 2 つの炭素は、それぞれ三重結合で 3 本分、隣の末端炭素との単結合で 1 本分、合計 4 本分の結合を使うため、水素とは結合しない。両端の炭素は単結合 1 本を使うため、それぞれ水素 3 個と結合する。

したがって、水素数は $3+0+0+3=6$ 個となり、分子式は C_4H_6 である。

©ミライコーチング

解答 3

(1)

答えは 2-ブテンである。$CH_3-CH=CH-CH_3$ は炭素数 4 の鎖状炭化水素であり、二重結合は 2 番目と 3 番目の炭素の間にある。二重結合の位置は、近い端から番号を付けて小さい番号を採用するため、名称は 2-ブテンとなる。

(2)

「3-ブテン」という表し方は不適切であり、正しくは 1-ブテンである。$CH_3-CH_2-CH=CH_2$ は右端から番号を付けると、二重結合が 1 番目と 2 番目の炭素の間になる。多重結合の位置は最も小さい番号を用いるため、左から数えた 3 番目という位置は採用しない。

したがって、この物質は 1-ブテンである。

解答 4

(1)

炭素数 6 の鎖式アルカンでは、アルカンの一般式 C_nH_{2n+2} を用いる。$n=6$ を代入すると、$C_6H_{2\times6+2}$ となる。したがって、分子式は C_6H_{14} である。

(2)

環をもたず、二重結合を一つだけもち、それ以外に多重結合をもたない炭素数 5 の炭化水素はアルケンとして扱う。アルケンの一般式 C_nH_{2n} に $n=5$ を代入すると、$C_5H_{2\times5}$ となる。したがって、分子式は C_5H_{10} である。

一般式は適用条件を満たす場合に使うものであり、環状構造など条件が異なる場合には同じ形で当てはめることはできない。

解答 5

(1)

答えはエタンである。エタン CH_3-CH_3 は炭素原子と水素原子だけからできているため、炭化水素に該当する。

一方、エタノール CH_3-CH_2-OH は炭素と水素に加えて酸素原子も含む。有機化合物ではあるが、炭素と水素だけからなる炭化水素には分類されない。

解答 6

(1)

C_4H_8 だけから、その物質をアルケンであると断定することはできない。炭素数 4 のアルケンでは、アルケンの一般式 C_nH_{2n} に $n=4$ を代入すると C_4H_8 となる。しかし、分子式だけでは炭素どうしのつながり方や環の有無は分からない。

例えば、環状で炭素間がすべて単結合の飽和炭化水素でも、水素数が減少して C_4H_8 になる可能性がある。そのため、炭素同士の単結合だけで構成される場合でも、環状構造を考えずに必ずアルカンと判断することはできない。

分子式は元素数の情報を示すが、構造式は結合の種類や位置の情報を示す。したがって、構造条件が不足している場合、C_4H_8 だけからアルケンと断定することはできない。

©ミライコーチング