

第4編 有機化合物

第1章 有機化合物の分類と分析

1. 有機化合物の特徴と分類

A 有機化合物の特徴

[有機化合物の特徴]

- ①炭素 C をはじめとして、水素 H・酸素 O・窒素 N・硫黄 S・ハロゲン元素 (Cl, Br) など、小数の元素から構成されている。しかし、有機化合物の種類は、無機化合物の種類は、無機化合物に比べてきわめて多い。

構成元素

元素	炭素 C	水素 H	酸素 O	窒素 N	硫黄 S	塩素 Cl	臭素 Br
構造式	$\begin{array}{c} \\ -C- \\ \end{array}$	H-	-O-	$\begin{array}{c} -N- \\ \end{array}$	-S-	Cl-	Br-
原子価	4	1	2	3	2	1	1

*原子価とは共有結合をするための結合手の数をいう。有機化合物ではこの数は守られることが多いので、この数をしっかりと覚えておきましょう。

- ②分子からなる物質であり、無機化合物に比べて融点や沸点は比較的低い。融点をもたず加熱により分解するものもある。
- ③水に溶けにくく、有機溶媒に溶けやすいものが多い。
- ④有機化合物の反応は共有結合を切りながら進むことが多く、反応速度が遅く、加熱や触媒を必要とする場合が多い。また、有機化合物の多くは燃焼しやすく、完全燃焼すると二酸化炭素 CO₂ や水 H₂O などの物質を生じる。

B 有機化合物の分類

①炭素原子の結合による分類

[炭素間の結合による分類]

***飽和化合物**：炭素間の結合の全てが単結合であるもの。

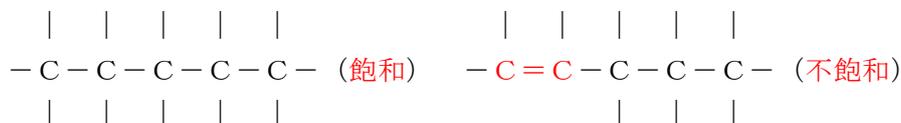
$$\begin{array}{c} | \quad | \quad | \\ -C-C-C- \\ | \quad | \quad | \end{array}$$

***不飽和化合物**：炭素間の結合の中に、二重結合や三重結合が存在するもの。



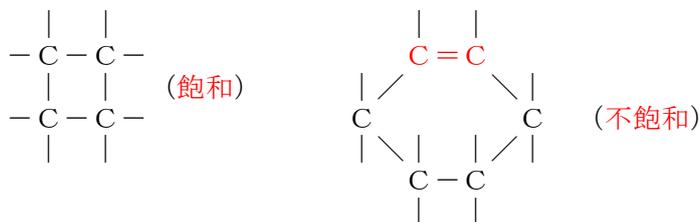
[炭素のつながり方による分類]

***鎖式化合物・脂肪族化合物**：炭素が鎖状に結合した構造をもつ。



*環式化合物：炭素が環状に結合した構造をもつ。

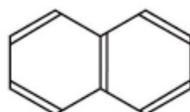
・脂環式化合物：単結合のみや二重結合を1～2個もつもの。



・芳香族化合物：ベンゼン環をもつ化合物。



ベンゼン C₆H₆



ナフタレン C₁₀H₈

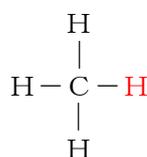
※後で詳しく説明します。

②官能基による分類

*炭化水素基：炭化水素（炭素と水素だけからなる化合物）の分子から、水素原子を何個か除いてできる原子団のこと。

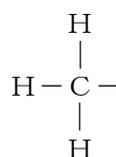
*アルキル基：炭化水素基の中で、特にアルカン（脂肪族飽和炭化水素）の分子から水素原子1個を除いて出来る炭化水素基のこと。

[アルカン] → [アルキル基]



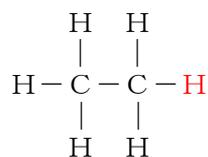
メタン

語尾が -ane (ーアン)

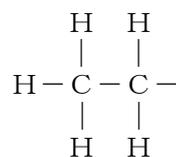


メチル基

語尾が -yl (ーイル)



エタン



エチル基

※有機化合物でよく使われる数字を表す接頭語←これは覚えておこう！

- 1) モノ 2) ジ 3) トリ 4) テトラ 5) ペンタ

モノラル放送

トリオ (3人組)

テトラポット

ペンタゴン (五角形)

- 6) ヘキサ 7) ヘプタ 8) オクタ 9) ノナ 10) デカ

ヘキサゴン (六角形)

オクターブ

デカソン (十種競技)

ド・レ・ミ・ファ・ソ・ラ・シ・ド ←ド からド まで 8個あるから

*官能基：特有の性質を示す原子団のこと。←有機化学はこの官能基の性質を勉強する学問です。ここでは形と名前を覚えましょう！

官能基	分類名	化合物の例 (示性式・名称)
ヒドロキシ基 $R-OH$	アルコール	C_2H_5-OH エタノール
	フェノール類	C_6H_5-OH フェノール
エーテル結合 $R-O-R'$	エーテル	CH_3-O-CH_3 ジエチルエーテル
アルデヒド基 $R(H)-C-H$ (ホルミル基) $\begin{array}{c} \parallel \\ O \end{array}$	アルデヒド	CH_3-CHO アセトアルデヒド ↑ 示性式ではこうあらわす。
カルボニル基 $R-C-R'$ $\begin{array}{c} \parallel \\ O \end{array}$	ケトン	$CH_3-CO-CH_3$ アセトン ↑ 示性式ではこうあらわす。
カルボキシ基 $R(H)-C-O-H$ $\begin{array}{c} \parallel \\ O \end{array}$	カルボン酸	CH_3-COOH 酢酸 ↑ 示性式ではこうあらわす。
エステル結合 $R(H)-C-O-R$ $\begin{array}{c} \parallel \\ O \end{array}$	エステル	$CH_3-COO-C_2H_5$ 酢酸エチル ↑ 示性式ではこうあらわす。
ニトロ基 $R-NO_2$	ニトロ化合物	$C_6H_5-NO_2$ ニトロベンゼン
スルホ基 $R-SO_3H$	スルホン酸	$C_6H_5-SO_3H$ ベンゼンスルホン酸
アミノ基 $R-NH_2$	アミン	$C_6H_5-NH_2$ アニリン

2 有機化合物の分析

A 構造式の決定

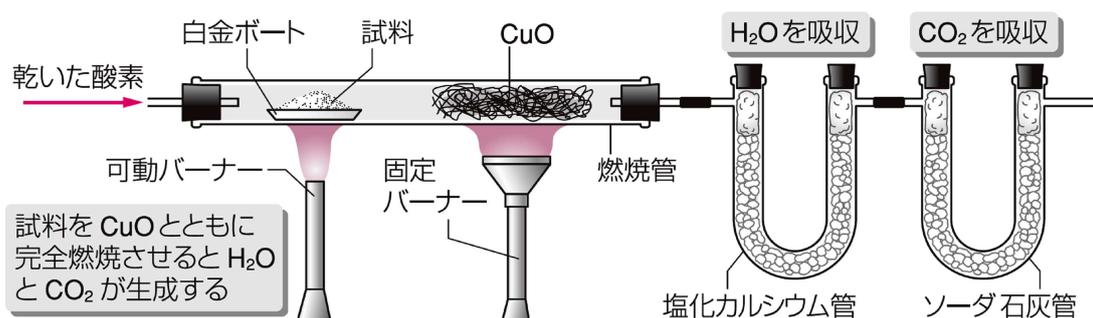
有機化学では構造式を求めることが重要となる。そのために必要なことは純物質として取り出すこと (P289 参照), 成分元素の検出 (P290 参照), 元素分析, 分子量の測定 (気体の状態方程式・モル沸点上昇・モル凝固点降下・浸透圧など参照), 官能基の推定などが必要となります。

ここでは元素分析から分子式の求め方までを説明します。

①元素分析の実験手順

炭素・水素・酸素だけからなる有機化合物の元素分析の手順は、次のようになる。

- (1) 試料, 塩化カルシウム管, ソーダ石灰管の質量をそれぞれ精密に測定した後, 図のような装置を組み立てる。このときソーダ石灰は二酸化炭素 CO_2 の他に水 H_2O も吸収してしまうので, ソーダ石灰管を前に付けてしまうと二酸化炭素や水の量を正しく測定できない。そのためこの順番を間違えないようにする。
- (2) 外部から水が入り込まないように乾いた酸素を通しながら加熱し, 試料を燃焼させる。その際不完全燃焼で生じた一酸化炭素 CO を完全に二酸化炭素 CO_2 にするために酸化銅 (II) も加熱する。これによって試料を完全燃焼させる。試料中の成分元素の水素 H は, 水 H_2O となって塩化カルシウムに吸収され, 炭素 C は二酸化炭素 CO_2 となってソーダ石灰に吸収される。



- (3) 燃焼後, 再び塩化カルシウム管とソーダ石灰管の質量をそれぞれ精密に測定する。質量の増加分が, 生成した H_2O と CO_2 の質量である。

②元素の質量組成の求め方

試料から生じた H_2O と CO_2 の質量から, 次のようにして試料中の H の質量と C の質量を求める。試料中の O の質量は, 試料の質量から C と H の質量を差し引いて求める。

$$\text{Cの質量} : \text{CO}_2\text{の質量} \times \frac{12}{44}$$

$$\text{Hの質量} : \text{H}_2\text{Oの質量} \times \frac{2}{18}$$

$$\text{Oの質量} : \text{試料の質量} - (\text{Cの質量} + \text{Hの質量})$$

* 酸素は燃焼のために外部から流し込んでいるため, C や H のような計算では求めることができない。

③組成式の決定

成分元素の質量を原子量でわると、物質量が求められる。物質量の比は原子の数の比であるから、その比を最も簡単な整数比に直してそれぞれの元素記号の右下に示すと、試料の組成式となる。

$$\begin{aligned} \text{原子の数の比 } C : H : O &= \frac{C \text{の質量}}{12} : \frac{H \text{の質量}}{1} : \frac{O \text{の質量}}{16} \\ &= x : y : z \\ &\text{組成式 } C_x H_y O_z \end{aligned}$$

④分子式の決定

組成式は、成分元素の原子の数を最も簡単な整数比で表したものである。したがって、分子中のそれぞれの原子の数は、組成式中の原子の数の整数倍の値である。すなわち、組成式の式量と分子式の分子量とは、次の関係になる。

$$\text{組成式の式量} \times n = \text{分子量} \rightarrow (\text{組成式})_n = \text{分子式}$$

例題 1

炭素・水素・酸素・だけからなる化合物 A 34.5mg を元素分析装置で完全に燃焼させたところ、二酸化炭素 50.6mg、水 20.7mg を得た。次の問いに答えよ。

- (1) 化合物 A の組成式を求めよ。
- (2) 化合物 A の分子量は 90 であった。A の分子式を求めよ。

解答 1

*まずは各元素の質量を求める

$$C \text{の質量} : 50.6 \times \frac{12}{44} = 13.8 \text{ mg}$$

$$H \text{の質量} : 20.7 \times \frac{2}{18} = 2.3 \text{ mg}$$

$$O \text{の質量} : 34.5 - (13.8 + 2.3) = 18.4 \text{ mg}$$

※ C の質量は 11 で割ることになるので、この値が 11 の倍数であれば割りきれることとなる。

$$\begin{array}{r} 50.6 \\ - 6.6 \leftarrow 11 \text{の倍数} \\ \hline 44 \leftarrow 11 \text{の倍数} \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{このような関係があれば必ず割り切れます。} \\ \text{この関係にあるかどうか確認すると、計算が} \\ \text{少しは早く終わるかも！} \end{array}$$

※ H の質量は 9 で割るので、この値が 9 の倍数であれば割りきれます。

*各元素の質量をそれぞれの原子量で割って、簡単な整数比を求める。

$$\begin{aligned} \text{原子の数の比 } C : H : O &= \frac{13.8}{12} : \frac{2.3}{1} : \frac{18.4}{16} \\ &= 1.15 : 2.3 : 1.15 \end{aligned}$$

※この後、各値の中で一番小さい数字で割ります。(大体は酸素の値となります。)

$$= \frac{1.15}{1.15} : \frac{2.3}{1.15} : \frac{1.15}{1.15}$$

$$= 1 : 2 : 1$$

※このとき●. 5のような数値が出たときは、全体を2倍する。

*組成式を求める。 $C_1H_2O_1 \rightarrow CH_2O$

*分子式を求める。

$$(CH_2O)_n \text{となるので, } (12 + 1 \times 2 + 16) \times n = 90$$

$$30 \times n = 90$$

$$n = 3$$



例題2

ある化合物の元素分析の結果は、質量百分率で C : 52.2 % , H : 13.0 % , O : 34.8 % であった。また、この化合物の分子量は、別の実験で 46 とわかった。この化合物の分子式を求めよ。

解答2

*各元素の質量百分率の値を各元素の質量と同じと考え、その値をそれぞれの原子量で割って、簡単な整数比を求める。

$$\text{原子の数の比 } C : H : O = \frac{52.2}{12} : \frac{13.0}{1} : \frac{34.8}{16}$$

$$= 4.3 : 13.0 : 2.175$$

$$= \frac{4.3}{2.175} : \frac{13.0}{2.175} : \frac{2.175}{2.175}$$

$$= 1.98 : 5.98 : 1$$

$$= 2 : 6 : 1$$

よって組成式は、 C_2H_6O となる。

*分子式を求める。

$$(C_2H_6O) \times n = 46$$

$$(12 \times 2 + 1 \times 6 + 16 \times 1) \times n = 46$$

$$46 \times n = 46$$

$$n = 1$$

それにより分子式は、 $(C_2H_6O)_1$ なので、 C_2H_6O となる。