

## 📖 センター試験に出る有機計算問題の主な出題タイプ

出題タイプは大きく、下記、Ⅰ～Ⅲの3つのタイプがある。Ⅳは過去に1度しか出題されていない。  
Ⅰのタイプは、与えられた値によって、3つの解法があるので、どの場合にどの解法を使うのかを理解しよう。Ⅲのタイプは、反応式さえ書ければ、あとは、『反応式の係数比』＝『物質量の比』を使って簡単に解けてしまうので、反応の仕組みを確実に覚えよう。

### Ⅰ. 燃焼反応から分子式・組成式を求めるタイプ

→ チャート③, ④, ⑤参照

分子式が不明の有機化合物 $C_xH_yO_z$ の燃焼反応において、与えられた値から分子式や組成式を求める問題。問題の条件や与えられた値によって、下記3通りの解法がある。解法の詳細は、チャート③, ④, ⑤を参照。組成式・分子式を求めさせた後、異性体の数を問う問題や検出反応から、条件にあてはまる物質を選ぶ問題等もある。

#### i. 質量タイプ

→ 類題 2012年本, 2007年追, 2006年追, 2003年本, 2003年追, 2000年追

燃焼後の生成物である $CO_2$ と $H_2O$ の**質量**から組成式・分子式を求める問題。

#### ii. 質量百分率タイプ

→ 類題 2009年追

炭素C, 水素H, 酸素Oの**質量百分率(質量%)**から組成式・分子式を求める問題。

#### iii. 物質質量タイプ

→ 類題 2010年本, 2009年本, 2008年追, 2007年本, 2005年本, 2004年本

燃焼後の生成物である $CO_2$ と $H_2O$ の**物質質量**から組成式・分子式を求める問題。  
まず最初に、燃焼の反応式が書けなければいけない。

### Ⅱ. 付加反応タイプ

→ チャート⑥参照

$C=C$ 二重結合や $C\equiv C$ 三重結合の不飽和結合が切れ、切れた部分に原子(水素・臭素・塩素等)・原子団が結合する反応を**付加反応**という。付加反応の解法タイプは、主に下記3通りある。

#### i. 付加した $X_2$ の反応量から分子式を求める問題

→ 類題 1999年本, 1995年本

#### ii. 付加した $X_2$ の反応量から二重結合の数を求める問題

→ 類題 2010年本, 2001年本, 1997年追

#### iii. 付加した $X_2$ の物質質量や体積を求める問題

→ 類題 2009年本, 2002年本, 1994年本, 1994年追

### Ⅲ. 化学反応式の量的関係タイプ

→ チャート⑦参照

主に下記4つの反応において、反応物質または生成物質の質量や体積を求める問題。  
まずは、最低限反応式を書なければいけないので、必ず反応の仕組みを理解する。

#### i. 燃焼反応タイプ

→ 類題 2002年追, 1995年追

『Ⅰのiiiタイプ』と解法はほとんど同じ！

#### ii. アルコールと単体ナトリウムとの反応タイプ

→ 類題 2001年追

#### iii. エステル反応タイプ

→ 類題 2005年追

#### iv. エステルのけん化タイプ

→ 類題 2001年本, 1997年追

### Ⅳ. 収率の計算タイプ

→ 類題 1997年本

収率とは、『理論上得られる生成物の量』に対する『実験で得られた生成物の量』の割合をことで、次の式となる。

$$\text{収率(\%)} = \frac{\text{実際の収量(g)}}{\text{理論上の収量(g)}} \times 100$$

$A \rightarrow B$ の反応で、理論上A5gからB10gが生成する。  
しかし、実際には、A5gからB8gしか得られなかった。  
このときの収率は、 $\frac{8}{10} \times 100 = 80(\%)$

#### 🔍 収率の求め方ポイント

反応物と生成物の量的関係を考え、Ⅲと同様『係数比』＝『物質量の比』より理論上得られる質量を求めるのが鉄則である。

## ■ 有機の計算を解く上での基礎知識

### 📖 有機化合物の分類

- 炭素原子が鎖状に結合している化合物を鎖式化合物or脂肪族化合物という。
- 炭素原子が環状(輪)に結合した部分をもつ化合物を環式化合物という。
- 炭素原子間すべてが単結合で結合している化合物を飽和化合物という。
- 炭素原子間に不飽和結合(二重結合・三重結合)をもつ化合物を不飽和化合物という。
- 環式化合物のうち、ベンゼン環をもつ化合物を芳香族化合物といい、その他を脂環式化合物という。

### 📖 炭化水素の分類

- 炭素と水素のみからなる化合物を炭化水素といい、次のように分類される。

	鎖式炭化水素		環式炭化水素	
飽和炭化水素	アルカン $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$ 例：メタン	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ 例：エタン	シクロアルカン(脂環式炭化水素) $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2 \end{array}$ 例：シクロプロパン	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ 例：シクロヘキサン
	アルケン $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ 例：エチレン	アルキン $\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$ 例：アセチレン	シクロアルケン(脂環式炭化水素) $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ 例：シクロヘキセン	芳香族炭化水素 $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ 例：ベンゼン

📖 一般式と化合物の総称名 ※アルコール、エーテル、アルデヒド、ケトン、カルボン酸、エステルは、環や炭素原子間に二重結合・三重結合をもたないとする。

$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  …… アルカン

$\text{C}_n\text{H}_{2n}$  …… アルケンorシクロアルカン

$\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$  …… アルキンorシクロアルケン

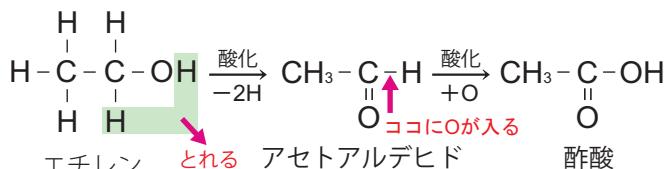
$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$  …… アルコールorエーテル

$\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$  …… アルデヒドorケトン

$\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$  …… カルボン酸orエステル

### 覚え方

- アルコールは、アルカン $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ の水素原子Hがヒドロキシル基OHに置き換わった化合物なので、 $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH} \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$ となる。さらに、アルコール(1級)を酸化すると、 $-2\text{H}$ となるので、アルデヒド $\text{C}_n\text{H}_{2n+2-2}\text{O} \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$ に、同様に、2級アルコールを酸化すると、 $-2\text{H}$ となるので、ケトン( $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$ )になる。
- アルデヒド( $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$ )を酸化すると、 $+ \text{O}$ となるので、カルボン酸 $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ になる。



### 📖 物質質量と質量

- 化学の計算問題は、物質質量を基準にして考えることがポイントとなる！
- 質量から物質質量、物質質量から質量の変換がすぐにできるようにする。

原子量・分子量・式量    物質質量から質量  $\Rightarrow m(\text{mol})$  の質量  $= mM(\text{g})$

を  $M$  とすると、    質量から物質質量  $\Rightarrow w(\text{g})$  の物質質量  $= \frac{w}{M}(\text{mol})$

### 📖 気体の体積と物質質量の関係

- 標準状態の気体の体積(L)は、その物質質量に比例する！

標準状態の気体の体積(L) = 気体の物質質量(mol)  $\times 22.4(\text{L/mol})$

■ メタン(分子量=16) 0.2molの質量は何gか？

$$0.2 \times 16 = 3.2(\text{g})$$

■ 酸素(分子量=32) 16gの物質質量は何molか？

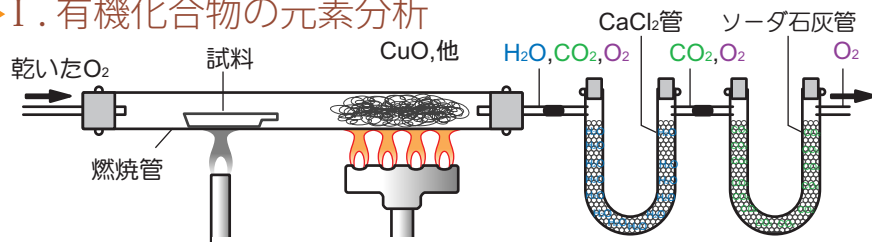
$$\frac{16}{32} = 0.5(\text{mol})$$

■ 酸素0.5molの標準状態での体積は何Lか？  
 $0.5 \times 22.4 = 11.2(\text{L})$

## 有機化合物の構造決定の主な流れ



### I. 有機化合物の元素分析



**Point!**

- CuOが入れてある理由は？  
試料を燃焼させたとき、不完全燃焼で生じたCOをCO<sub>2</sub>に酸化するため。
- 塩化カルシウムとソーダ石灰の順序は逆にできるか？  
ソーダ石灰を前にすると、ソーダ石灰が水も吸収してしまうため、逆にできない。

- ① 有機化合物(分子式が不明のC<sub>x</sub>H<sub>y</sub>O<sub>z</sub>からなる化合物)を量り取る。
- ② これを燃焼管に入れ、乾燥したO<sub>2</sub>を通じながら酸化銅(II)とともに完全燃焼させる。  
C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>O<sub>z</sub>中の炭素原子CはCO<sub>2</sub>に水素原子HはH<sub>2</sub>Oになる。
- ③ 生じた混合気体(CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>)は、まず最初にH<sub>2</sub>O吸収管(中身は塩化カルシウムCaCl<sub>2</sub>)に通すと、H<sub>2</sub>Oが吸収される。
- ④ CO<sub>2</sub>吸収管(中身はソーダ石灰(NaOHとCaO))に通すと、CO<sub>2</sub>が吸収される。

例えば、H<sub>2</sub>O吸収管が36mg増したとすると、これがH<sub>2</sub>Oの質量となる。

### II. C, H, Oの質量の計算

- ① もとの試料中のHの質量は、生成したH<sub>2</sub>O中のHの質量に等しいので、次の式で求められる。

$$\text{Hの質量} = \text{H}_2\text{Oの質量} \times \frac{2 \times \text{Hの原子量}}{\text{H}_2\text{Oの分子量}} \rightarrow \text{Hの質量は、} 9 \times \frac{2\text{H}}{\text{H}_2\text{O}} = 9 \times \frac{2.0}{18} = 1.0 (\text{mg})$$

- ① もとの試料中のCの質量は、生成したCO<sub>2</sub>中のCの質量に等しいので、次の式で求められる。

$$\text{Cの質量} = \text{CO}_2\text{の質量} \times \frac{\text{Cの原子量}}{\text{CO}_2\text{の分子量}} \rightarrow \text{Cの質量は、} 22 \times \frac{\text{C}}{\text{CO}_2} = 22 \times \frac{12}{44} = 6.0 (\text{mg})$$

- ③ もとの試料中のOの質量は、

$$(\text{Oの質量}) = (\text{試料の質量}) - (\text{Hの質量}) - (\text{Cの質量}) \text{ より求める。} \rightarrow \text{Oの質量は、} 15 - 1.0 - 6.0 = 8.0 (\text{mg})$$

### III. 組成式(実験式)の決定

組成式(実験式)とは、物質中の各元素の原子数の比を表す式で、  
原子数の比は、各原子の物質量の比に等しいので、次の式で求められる。

$$\text{Cの原子数} : \text{Hの原子数} : \text{Oの原子数} = \frac{\text{Cの質量}}{\text{Cの原子量}} : \frac{\text{Hの質量}}{\text{Hの原子量}} : \frac{\text{Oの質量}}{\text{Oの原子量}} \rightarrow \text{C} : \text{H} : \text{O} = \frac{6.0}{12} : \frac{1.0}{1.0} : \frac{8.0}{16} = 0.5 : 1 : 0.5 = 1 : 2 : 1$$

また、IIで求めたC, H, Oの質量から『各元素の質量百分率』を求め、  
次の式からも求められる。各元素の質量百分率が与えられている  
『IIの質量百分率タイプ』は下記の式より求めればよい。

よって、組成式は、CH<sub>2</sub>Oである。

$$\text{Cの原子数} : \text{Hの原子数} : \text{Oの原子数} = \frac{\text{Cの質量}\%}{\text{Cの原子量}} : \frac{\text{Hの質量}\%}{\text{Hの原子量}} : \frac{\text{Oの質量}\%}{\text{Oの原子量}}$$

### IV. 分子式の決定

組成式(実験式)は、分子中の原子数の比を表しているだけなので、適当な  
方法で分子量を測定し、分子式 = (組成式)<sub>n</sub> (nは整数) となるので、

$$\text{分子量} = (\text{実験式の式量}) \times n \text{ (nは整数) より分子式を決定する。}$$

この組成式CH<sub>2</sub>Oの式量は、  
12 + 1 × 2 + 16 = 30 となり、  
分子量は60なので、  
分子量 = (実験式の式量) × n より、  
60 = 30n ∴ n = 2  
よって、分子式は、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>となる。

### V. 構造式・示性式の決定

分子量は実験式量(組成式量)の整数倍となる！

分子式がわかって、その分子には、異性体がある場合がある。そこで、検出反応(銀鏡反応、ヨードホルム反応等)によって官能基を特定し、構造式や示性式を決定することができる。



# I. 燃焼反応から分子式・組成式を求めるタイプ の解法

分子式が不明の有機化合物 $C_xH_yO_z$ の燃焼反応において、いくつかの条件から分子式や組成式を求める問題。条件によって、下記3通りの解法がある。

## i. 質量タイプ

類題 2012年 本, 2007年 追, 2006年 追, 2003年 本, 2003年 追, 2000年 追

燃焼後の生成物である $CO_2$ と $H_2O$ の質量から組成式・分子式を求める問題。

有機化合物と生成物の $CO_2$ と $H_2O$ の3つの質量が与えられている場合に、この解法を用いる。

### 組成式を求めるまでの解法の手順

**STEP1** もとの化合物のHの質量は、生成した $H_2O$ 中のHの質量に等しいことより、次の式からHの質量を求める。

$$Hの質量 = H_2Oの質量 \times \frac{2 \times Hの原子量}{H_2Oの分子量}$$

**STEP2** もとの化合物のCの質量は、生成した $CO_2$ 中のCの質量に等しいことより、次の式からCの質量を求める。

$$Cの質量 = CO_2の質量 \times \frac{Cの原子量}{CO_2の分子量}$$

**STEP3** もとの化合物のOの質量は、(Oの質量) = (試料の質量) - (Cの質量) - (Hの質量) より、Oの質量を求める。

**STEP4** 次の式から、「Cの原子数 : Hの原子数 : Oの原子数」を求める。

$$Cの原子数 : Hの原子数 : Oの原子数 = \frac{Cの質量}{Cの原子量} : \frac{Hの質量}{Hの原子量} : \frac{Oの質量}{Oの原子量}$$

この求めた比が簡単な整数比になるように約分する。例えば、求めた比が、C : H : O = 3 : 8 : 1のとき、組成式は $C_3H_8O$ となる。

組成式(実験式)とは、物質中の各元素の原子数の比を表す式で、原子数の比は、各元素の物質量の比に等しいので

## ii. 質量百分率タイプ

類題 2009年 追

炭素C、水素H、酸素Oの質量百分率(質量%)から組成式・分子式を求める問題。

成分元素の質量の割合(質量パーセント)が与えられている場合に、この解法を用いる。

### 組成式を求めるまでの解法の手順

次の式から、「Cの原子数 : Hの原子数 : Oの原子数」を求める。

$$Cの原子数 : Hの原子数 : Oの原子数 = \frac{Cの質量\%}{Cの原子量} : \frac{Hの質量\%}{Hの原子量} : \frac{Oの質量\%}{Oの原子量}$$

この求めた比が簡単な整数比になるように約分する。例えば、求めた比が、C : H : O = 3 : 8 : 1のとき、組成式は $C_3H_8O$ となる。

成分元素の質量%は化合物100g中の各元素の質量に相当する！

## iii. 物質質量タイプ

類題 2010年 本, 2009年 本, 2008年 追, 2007年 本, 2005年 本, 2004年 本

燃焼後の生成物である $CO_2$ と $H_2O$ の物質質量から組成式・分子式を求める問題。

生成物の $CO_2$ と $H_2O$ の物質質量がすぐにわかる場合に、この解法を用いる。

### 組成式を求めるまでの解法の手順

**STEP1** 有機化合物を文字(文字の値は自然数)を用いて表す。

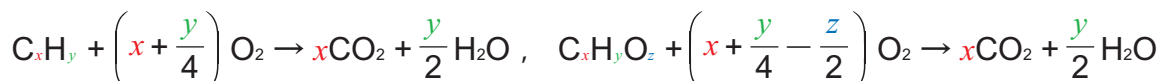
例1 : ある炭化水素 $\rightarrow C_xH_y$

例2 : 炭素数7の炭化水素 $\rightarrow C_7H_x$

例3 : 炭素、水素、酸素のみからなる化合物 $\rightarrow C_xH_yO_z$

**STEP2** 有機化合物の燃焼の反応式を書く。反応式の書き方は、チャート⑤参照。

$O_2$ の物質質量が関係ない場合は、 $O_2$ の係数は求める必要はない。



**STEP3** 『反応式の係数比』 = 『物質量の比』から、比の公式「 $a:b=c:d \Leftrightarrow bc=ad$ 」を使って置いた文字の値(または比)求める。(求めれば、自動的に組成式がわかる。)

# Visual Memory Chart センター試験 有機計算問題 完全攻略チャート⑤

## 📖 燃焼の反応式の書き方

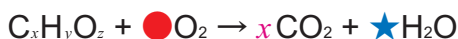
炭素, 水素, 酸素原子の順で係数を決めていく。

例:  $C_xH_yO_z$  の場合

**STEP1** 炭素Cが燃焼すると $CO_2$ に, 水素Hが燃焼すると $H_2O$ になるので, 反応式は次のようになる。



**STEP2**  $CO_2$ の係数を求める。左辺の $C_xH_yO_z$ のCの数は $x$ 個。右辺の $CO_2$ のCの数は,  $\blacktriangle \times 1$ 個なので,  $CO_2$ の係数は,  $x$ となる。



**STEP3**  $H_2O$ の係数を求める。左辺の $C_xH_yO_z$ のHの数は $y$ 個。右辺の $H_2O$ のHの数は,  $\star \times 2$ 個なので,  $2\star = y$

よって,  $\star = \frac{y}{2}$  で,  $H_2O$ の係数は,  $\frac{y}{2}$  となる。

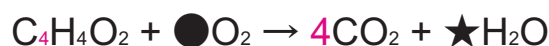
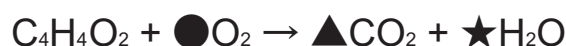
**STEP4** 最後に $O_2$ の係数を求める。左辺の $C_xH_yO_z$ のOの数は,  $z$ 個,  $\bullet O_2$ のOの数は,  $\bullet \times 2$ 個なので, 合計,  $2\bullet + z$ 。

右辺のOの数は,  $x CO_2$ は,  $2x$ 個,  $\frac{y}{2} H_2O$ のOの数は,

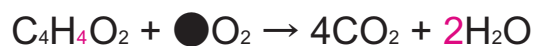
$\frac{y}{2}$  個なので, 合計  $\left(2x + \frac{y}{2}\right)$  よって,  $2\bullet + z = 2x + \frac{y}{2}$

これを解いて,  $O_2$ の係数は,  $x + \frac{y}{4} - \frac{z}{2}$  となる。

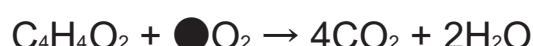
**例題**  $C_4H_4O_2$ が完全燃焼するときの反応式を書け。



ココの数が係数になる



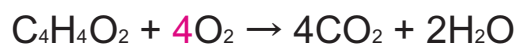
ココの数の半分が係数になる



$$2 + 2 \times \bullet = 4 \times 2 + 2$$

$$\therefore \bullet = 4$$

よって, 反応式は



左辺と右辺の  
係数を比較

## 📖 燃焼反応から分子式・組成式を求めるタイプの出題形式 ★(背景オレンジ)は質量百分率タイプ

	求める有機化合物	有機化合物の与えられた値	生成した $CO_2$ の値	生成した $H_2O$ の値	求める値	出題年
質量タイプ	$C_xH_yO_4$	質量(84mg)	質量(176mg)	質量(36mg)	分子式	2012年・本
	鎖式化合物 $\Rightarrow C_xH_yO$	質量(18.0mg)	質量(26.4mg)	質量(10.8mg)	分子式	2007年・追
	エステル	質量(15.0mg)	質量(39.6mg)	質量(9.0mg)	分子式	2006年・追
	$C_xH_yO_z$	質量(29mg)	質量(66mg)	質量(27mg)	組成式を求める	2003年・本
	炭化水素 $\Rightarrow C_xH_y$	質量(18.0mg)	質量(26.4mg)	質量(10.8mg)	組成式 $\Rightarrow CO_2$ の体積	2003年・追
	$C_xH_yO_z$	質量(6.00mg)	質量(13.2mg)	質量(7.20mg)	組成式 $\Rightarrow$ 化合物の名称	2000年・追
★	$C_xH_yO_z$	分子量60	炭素60.0%	水素13.3%	分子式	2009年・追
物質タイプ	炭素数7の不飽和炭化水素 $\Rightarrow C_7H_x$		質量(308mg)	質量(108mg)	分子式 $\Rightarrow$ 付加問題	2010年・本
	炭素数4の鎖式不飽和炭化水素 $\Rightarrow C_4H_x$		質量(88mg)	質量(27mg)	分子式 $\Rightarrow$ 付加問題	2009年・本
	炭化水素 $\Rightarrow C_xH_y$	物質質量(0.050mol)	質量(11g)	質量(5.4g)	分子式 $\Rightarrow$ 構造異性体の数求める	2008年・追
	$C_nH_{n+4}O$ であるケトン	質量(98mg)		質量(90mg)	分子式 $\Rightarrow CO_2$ の物質質量	2007年・本
	$C_8H_nO_2$	質量(34mg)		質量(18mg)	水素原子の数	2005年・本
	$C_nH_{2n}O_2$ であるエステル	質量(120mg)	質量(176mg)		分子式 $\Rightarrow H_2O$ の物質質量	2004年・本

・表を見てわかるように, 質量タイプは, 有機化合物と生成物である $CO_2$ と $H_2O$ の3つの質量が与えられている場合に用いる。

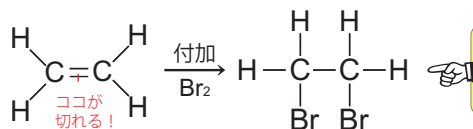
・質量百分率で与えられていたのは, 2009年追試の1回しか出題されていない。

## II. 付加反応タイプ

※例題の原子量は、H=1, C=12, O=16とする。

二重結合や三重結合の不飽和結合が切れ、切れた部分に原子(水素・臭素・塩素等)・原子団が結合する反応を**付加反応**という。

例えば、**赤褐色**をした臭素の四塩化炭素溶液にエチレンを通じると、エチレンの二重結合が切れ、この部分に臭素が付加し、無色の1,2-ジクロロエタン(1,1-ジクロロエタンはダメ!)が生成する。



二重結合などの不飽和結合に臭素が付加すると、臭素の色が脱色される。この反応は、不飽和結合の検出の際に利用される。

📖 センター試験で出題される付加反応タイプには、主に下記3つの問題のタイプがある。

### i. 付加したX<sub>2</sub>の反応量から分子式を求める問題

類題 1999年本, 1995年本

**例題1** 0.70gのアルケンC<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>に0.25molの水素が付加した。このアルケンの分子式を求めよ。

**解答** 1分子中に二重結合を1個もつアルケンは、同物質量の水素H<sub>2</sub>が付加する(下記, ポイント①参照)ので反応式は、  
 $C_nH_{2n} + H_2 \rightarrow C_nH_{2n+2}$  となる。アルケンの分子量 =  $12 \times n + 1 \times 2n = 14n$ , 『反応式の係数比』 = 『物質量の比』より  
 $1 : 1 = \frac{0.70}{14n} (\text{mol}) : 0.25 (\text{mol})$  これを解いて、 $n=2$  によって、分子式は、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>

### ii. 付加したX<sub>2</sub>の反応量から二重結合の数を求める問題

類題 2010年本, 2001年本, 1997年 追

**例題2** 分子式がC<sub>5</sub>H<sub>8</sub>である炭化水素A0.05molを四塩化炭素溶液に溶かし、これに0.5mol/Lの臭素-四塩化炭素溶液を加えたところ、100mL加えたとき、臭素の色が消えなくなった。炭化水素1分子中に含まれる二重結合の数はいくつか。

**解答** 鎖式飽和炭化水素(アルカン)の一般式は、C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>であり、C<sub>5</sub>のアルカンの分子式は、C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>となる。  
炭化水素Aの分子式は、C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>でC<sub>5</sub>H<sub>12</sub>に比べてHの数が4個少ない。これより、考えられる不飽和炭化水素Aの構造は、① C≡Cが1個。② C=Cが2個。③ C=C1個と環が1個 の3通りである。つまり、③の場合  
付加した臭素の物質量は  $0.5 \times \frac{100}{1000} = 0.05 (\text{mol})$  によって、Aと臭素が1:1で反応することより、二重結合の数は1個。

### iii. 付加したX<sub>2</sub>の物質質量や体積を求める問題

類題 2009年本, 2002年本, 1994年本, 1994年 追

**例題3** 鎖式不飽和アルコール(三重結合を含まない)C<sub>5</sub>H<sub>7</sub>OH21gに、触媒の存在下で水素を付加させたところ、すべてが飽和アルコールに変化した。このとき消費された水素の物質質量を求めよ。

**解答** 1価の鎖式飽和アルコールの一般式は、C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>OHで炭素数C<sub>5</sub>の1価の鎖式飽和アルコールの式は、C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>OH、  
C<sub>5</sub>H<sub>7</sub>OHは、C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>OHに比べてHの数が4個少ないので、C<sub>5</sub>H<sub>7</sub>OHに水素が付加する反応式は、C<sub>5</sub>H<sub>7</sub>OH + 2H<sub>2</sub> → C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>OH。  
C<sub>5</sub>H<sub>7</sub>OH分子量 = 84, C<sub>5</sub>H<sub>7</sub>OHの物質量は  $\frac{21}{84} = 0.25 (\text{mol})$  『反応式の係数比』 = 『物質量の比』より、付加する水素の物質量は、アルコールと1:2で反応するので、消費された水素の物質量は、 $0.25 \times 2 = 0.5 (\text{mol})$

## 🔍 解法のポイント

- ① 二重結合1つにつき、X<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>, I<sub>2</sub>等)1分子、三重結合1つにつき、X<sub>2</sub>が2分子付加する。逆に、付加したX<sub>2</sub>の分子数から二重結合や三重結合の数を推定できる。
- ② 鎖式飽和炭化水素(アルカン)の一般式は、C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>で、C=Cが1個増えると、Hが2個減るので、一般式は、C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>、さらに、C=Cが1個増えると、Hが2個減るので、C<sub>n</sub>H<sub>2n-2</sub>となる。
- ③ アルケンC<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>にX<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>, I<sub>2</sub>等)が付加するときの反応式は、C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub> + X<sub>2</sub> → C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>X<sub>2</sub>となる。二重結合を1分子中に1個もつアルケンは同物質量の臭素X<sub>2</sub>が付加するのでアルケンの質量をw<sub>1</sub>g、付加したX<sub>2</sub>の質量をw<sub>2</sub>g、X<sub>2</sub>の分子量をMとすると、アルケンの分子量 =  $12 \times n + 1 \times 2 \times n = 14n$ , 『反応式の係数比』 = 『物質量の比』より  
 $1 : 1 = \frac{w_1}{14n} : \frac{w_2}{M} \Rightarrow \frac{w_1}{14n} = \frac{w_2}{M}$  より、nの値(つまり、アルケンの分子式)を求めることができる。
- ④ 反応前後の分子式から、付加したX<sub>2</sub>の分子数がわかる。  
例えば、C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>に水素を完全に付加させたところC<sub>6</sub>H<sub>12</sub>が生成したとき、反応前後のHの個数の差は4個なので、2分子の水素が付加したことがわかり、反応式は次のようになる。C<sub>6</sub>H<sub>8</sub> + 2H<sub>2</sub> → C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>
- ⑤ 脂肪酸(鎖式の1価カルボン酸)の示性式から、二重結合の数がすぐに答えられるようにする。  
飽和脂肪酸の一般式は、C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>COOHとなり、C=Cが1個ずつ増えるとHが2個ずつ減っていくので、二重結合をm個もつ不飽和脂肪酸の一般式は、C<sub>n</sub>H<sub>(2n+1)-2m</sub>COOHとなる。



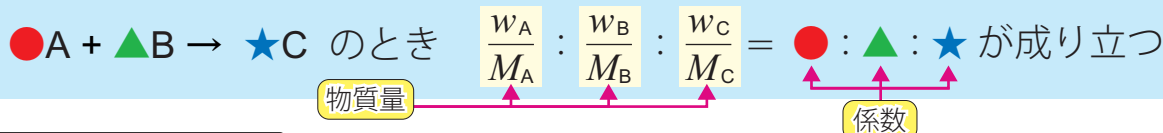
### Ⅲ. 化学反応式の量的関係タイプ

主に、下記 (i) ~ (iv) の 4 つの反応において、反応物質または生成物質の質量や体積等を求める問題。  
『反応式の係数比』 = 『物質量の比』 (下記、計算法参照) より、求めるので、最低限、反応式の係数比がわかればよいが、下記の反応は、頻出なのですべての反応式が書けることが望ましい。

## 化学反応式の計算法

問題で与えられた値(質量や体積)を物質質量に換算して,  
『反応式の係数比』=『物質質量の比』より求める。

Aの質量を $w_{\text{Ag}}$ , 原子量・分子量を $M_{\text{A}}$ , Bの質量を $w_{\text{Bg}}$ , 原子量・分子量を $M_{\text{B}}$ , Cの質量を $w_{\text{Cg}}$ , 原子量・分子量を $M_{\text{C}}$ とすると,



## i. 燃烧反応タイプ

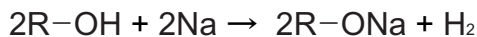
**類題** 2002年 追, 1995年 追

『I の iii のタイプ』とほぼ同様の解法で、『反応式の係数比』＝『物質量の比』より求める。炭素Cが燃焼すると $\text{CO}_2$ に、水素Hが燃焼すると $\text{H}_2\text{O}$ になる。よって、 $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ からなる化合物を燃焼させると、 $\text{CO}_2$ と $\text{H}_2\text{O}$ が生じる。反応式と書き方は、チャート参照。

## ii. アルコールと単体ナトリウムとの反応タイプ

**類題** 2001年 追

- ・アルコールは、ナトリウムNaの固体と反応して、水素H<sub>2</sub>を発生する。**-OH基の検出**に利用される。



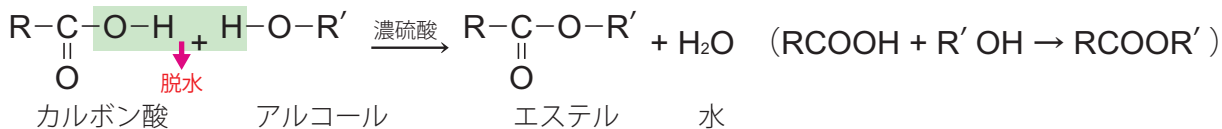
## 反応のポイント

1 価のアルコールとNaは1 : 1 で反応し、発生するH<sub>2</sub>の量は1 / 2 となる。フェノールも同様の反応をする。

### iii. エステル化反応タイプ

類題 2005年 追

- ・アルコールとカルボン酸に少量の濃硫酸を加えて熱するとエステルを生じる。この反応を**エステル化**という。



## 反応のポイント

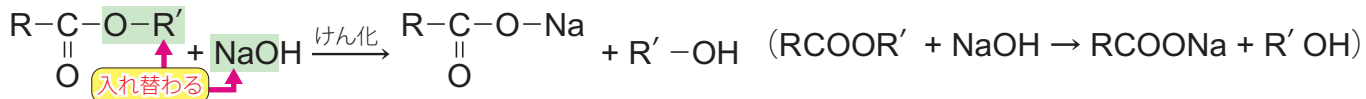
アルコールとカルボン酸から水がとれて(脱水縮合)エステルが生成。すべて同物質量で反応・生成する。

## iv. エステルのけん化タイプ

**類題** 2001年本, 1997年 追

- ・エステルに水を加えて温めると、エステル化の逆向きの反応が起こり、元のアルコールとカルボン酸になる。この反応をエステルの加水分解という。

- ・エステルにNaOH水などの塩基を加えて温めると、加水分解され、カルボン酸の塩とアルコールになる。このように塩基を用いたエステルの加水分解を特にけん化という。



## 反応のポイント

エステル結合1molをけん化するのに, NaOH1molを要する。

- ・油脂は、高級脂肪酸とグリセリンのエステルで油脂のけん化によって、グリセリンとセッケンが生じる。油脂は、エステル結合を3つもつので、油脂1molを完全にけん化するのに、3molのNaOHが必要である。

