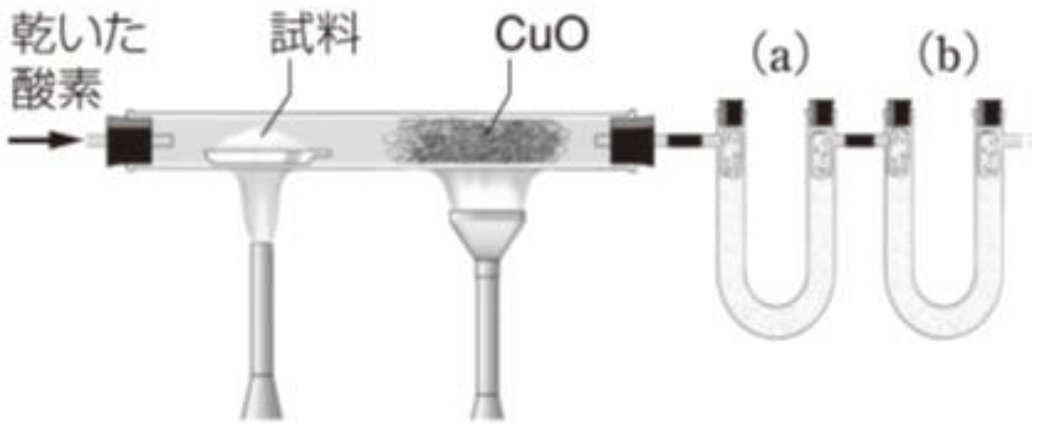
元素分析

未知の物質の分子式を求める。

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、（ａ）、（ｂ）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。



（２）乾いた酸素を通じながら加熱し、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（ａ）に吸収され、炭素Ｃは二酸化炭素CO_2となって（ｂ）に吸収される。

（３）燃焼後、再び（ａ）と（ｂ）の質量をそれぞれ精密に測定する。質量の増加分が、生成した水と二酸化炭素の質量である。

実験手順における各問いに答えよ。

（１）実験で用いる酸素は、乾いていないといけない理由を答えよ。

（２）実験手順の文章中の（ａ）及び（ｂ）に適切な語句を答えよ。

（３）試料と同じガラス管に入っている酸化銅（Ⅱ）の働きは何か。文章で答えよ。

（４）（ａ）と（ｂ）の順番を逆にしてはいけない理由を答えよ。

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。

Cの質量：CO_2の質量$\times\frac{12}{44}$

Hの質量：H_2Oの質量$\times\frac{2}{18}$

Oの質量：試料の質量－（Cの質量＋Hの質量）

組成式の決定

成分元素の質量をモル質量でわると、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。元素分析の実験によって求められる組成式は**実験式**ともよばれる。

原子の数の比

$$\mathrm{C}:\mathrm{H}:\mathrm{O}=\frac{\text{Cの質量}}{12}:\frac{\text{Hの質量}}{1}:\frac{\text{Oの質量}}{16}$$

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、分子式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。

組成式の式量×n＝分子量 ⟹ （組成式）$_n$＝分子式

　つまり、試料の分子量を適当な方法（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）を求めることができる。例えば、組成式がCH_2O（式量３０）の化合物の分子量が６０であるとわかった場合、３０×ｎ＝６０より

ｎ＝２となり、分子式は$(CH_2O)_2 = C_2H_4O_2$と求められる。

それでは、例題を解いてみましょう！

例題１　元素分析

　炭素・水素・酸素だけからなる化合物Ａ34.5mgを元素分析装置で完全燃焼させたところ、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。

まずは、化合物Ａ中の炭素・水素・酸素の質量を求めてみよう！

Ｃの質量：CO_2の質量$\times\frac{12}{44}=50.6\text{mg}\times\frac{12}{44}=13.8\text{mg}$

Ｈの質量：H_2Oの質量$\times\frac{2}{18}=20.7\text{mg}\times\frac{2}{18}=2.30\text{mg}$

Ｏの質量：34.5mg－（13.8mg＋2.30mg）＝18.4mg

化合物Ａの組成式を求めてみよう！

$$C:H:O=\frac{Cの質量}{12}:\frac{Hの質量}{1}:\frac{Oの質量}{16}$$

$$=\frac{13.8}{12}:\frac{2.30}{1}:\frac{18.4}{16}$$

$$=1.15:2.30:1.15$$

この３つの値のうち、一番小さい数（この場合は１．１５）でそれぞれの数値をわる。

$$=\frac{1.15}{1.15}:\frac{2.30}{1.15}:\frac{1.15}{1.15}$$

$$=1:2:1$$

よって、組成式はCH_2Oとなります。

分子式を求めてみよう！

組成式がCH_2Oとなったので、式量を求めてみる。

それぞれの原子量は、H＝１、C＝12、O＝16なので、

$$12\times 1 + 1\times 2 + 16\times 1 = 30$$

となる。

分子量は90なので、

$$30\times n = 90$$

$$n = \frac{90}{30} = 3$$

したがって、組成式の３倍となるので分子式は、

$$(CH_2O)_3 = C_3H_6O_3$$

となる。

それでは、類題１を解いてみましょう！

　教科書２９３ページの類題１を解いてみましょう。

　全ての問題が解き終わったら、解答が次のページにあるので、答え合わせをしてください。

実験手順における各問いに答えよ。

（１）実験で用いる酸素は、乾いていないといけない理由を答えよ。

（解答）酸素中に水分があると、実験で生じた水と混ざってしまい、正確な質量が測定できないから。

（２）実験手順の文章中の（ａ）及び（ｂ）に適切な語句を答えよ。

（解答）（ａ）塩化カルシウム　　（ｂ）ソーダ石灰

（３）試料と同じガラス管に入っている酸化銅（Ⅱ）の働きは何か。

（解答）試料の不完全燃焼により生じた一酸化炭素ＣＯを二酸化炭素にするため。

（４）（ａ）と（ｂ）の順番を逆にしてはいけない理由を答えよ。

（解答）ソーダ石灰は二酸化炭素と水の両方を吸収してしまうため、正確な値が求められないから。

まずは、化合物中の炭素・水素・酸素の質量を求めてみよう！

Cの質量：CO_2の質量$\times\frac{12}{44}=66.0\text{mg}\times\frac{12}{44}=18.0\text{mg}$

Hの質量：H_2Oの質量$\times\frac{2}{18}=36.0\text{mg}\times\frac{2}{18}=4.0\text{mg}$

Oの質量：$30.0\text{mg}-(18.0\text{mg}+4.0\text{mg})=8.0\text{mg}$

化合物Ａの組成式を求めてみよう！

$$C:H:O=\frac{Cの質量}{12}:\frac{Hの質量}{1}:\frac{Oの質量}{16}$$

$$=\frac{18.0}{12}:\frac{4.0}{1}:\frac{8.0}{16}$$

$$=1.50:4.0:0.50$$

この３つの値のうち、一番小さい数（この場合は０．５０）でそれぞれの数値をわる。

$$=\frac{1.50}{0.50}:\frac{4.0}{0.50}:\frac{0.50}{0.50}$$

$$=3:8:1$$

よって、組成式はC_3H_8Oとなります。

分子式を求めてみよう！

組成式がCH_2Oとなったので、式量を求めてみる。

それぞれの原子量は、H＝１、C＝12、O＝16なので、

$$12\times 3+1\times 8+16\times 1=60$$

となる。

分子量は60なので、

$$60\times n=60$$

$$n=\frac{60}{60}=1$$

したがって、組成式の３倍となるので分子式は、

$$(C_3H_8O)_1=C_3H_8O$$

となる。

成分元素の質量百分率が提示されている場合の組成式の求め方

　問題に成分元素の質量百分率が書かれている場合は、次のように組成式を求めましょう。

原子の数の比

$$\mathrm{C}:\mathrm{H}:\mathrm{O}=\frac{\text{Cの質量百分率}}{12}:\frac{\text{Hの質量百分率}}{1}:\frac{\text{Oの質量百分率}}{16}$$

これを参考に、教科書２９５ページ演習問題３元素分析を解いてみましょう。