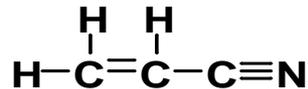


例題 3.1 分子式

アクリロニトリル分子はアクリル樹脂(オーロンやアクリラン)の原料です。その構造式を示します。アクリロニトリルの分子式は？

解：アクリロニトリルは3個のC原子、3個のH原子、1個のN原子を持ちます。従ってその分子式は C_3H_3N です。



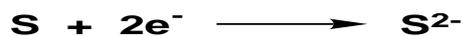
例題 3.3 イオン電荷を予測する

アルミニウムと硫黄のイオンの電荷を予測しなさい？

解：アルミニウムは周期表3A族の金属です、3個の電子を失って Al^{3+} カチオンになると予想されます。



硫黄は6A族の非金属で、電子を受け取ってアニオンになると予測されます。受け取る電子の数は $8 - 6 = 2$ 。従って



例題 3.4 次のイオン性化合物について、イオンの記号とその電荷数を示しなさい：(1) $MgBr_2$, (2) Li_2CO_3 , (3) $Fe_2(SO_4)_3$

解：1. $MgBr_2$ は1個の Mg^{2+} イオンと2個の Br^{-} イオンからなります。臭素のようなハロゲンが金属とだけ結合すると、ハロゲンが電荷 -1 のアニオンになると考えられます。マグネシウムは2A族の金属で、その化合物では必ず $2+$ の電荷を持ちます。

2. Li_2CO_3 は2個のリチウムイオン、 Li^{+} と1個の炭酸イオン、 CO_3^{2-} からなります。炭酸の $2-$ の電荷を思い起こすには、Liが1A族イオンで、その化合物では必ず $1+$ の電荷を持つことを理解することです。2個の $1+$ 電荷は炭酸イオンの負電荷を中和しますから、後者は $2-$ です。

3. $Fe_2(SO_4)_3$ は2個の Fe^{3+} イオンと3個の硫酸イオン、 SO_4^{2-} からなります。これの理解の仕方は硫酸イオンが $2-$ であることを思い出すことです。3個の硫酸イオン、 SO_4^{2-} があるので(全電荷が -6)、2つの鉄カチオンは $6+$ の全電荷を持たねばなりません。それが可能なためには各鉄カチオンが $3+$ の電荷を持つことです。

例題 3.5 イオンから形成される化合物の式を書く

アルミニウムカチオンと次に示すアニオンから出来るイオン性化合物の化学式を書きなさい：(1) フッ化物イオン (2) 硫化物イオン (3) 硝酸イオン

解：まずアルミニウムカチオンは3+の電荷を持つと予想されます、Alが3A族の金属だからです。

1. フッ素は7A族元素で、非金属です。その電荷は1_(8 - 7 = 1から)です。従って、1個のAl³⁺と結合するには3個のF⁻(3個のイオンの全電荷は3_)いります。

式はAlF₃。

2. 硫黄は6A族の非金属で、2-のアニオンになります。そこで2個のAl³⁺イオン[全電荷は6+=2(3+)]と3個のS²⁻イオン[全電荷は6_=3(2_)]と組み合わせます。化合物の式はAl₂S₃です。

3 硝酸イオンは式 NO₃⁻です。よって問題の中味は AlF₃ の場合に似ています、そして式は Al(NO₃)₃ です。ここで式の NO₃ 部分のカッコは 3 個の多原子のイオンが関与することを示します

例題 3.6 モル質量とモル数 23.2 g のエタノール C₂H₆O があります

1. この質量のアルコールのモル数は？
2. 23.2 g のアルコール中の分子数は？
3. 23.2 g のアルコール中の炭素の原子数は？
4. エタノール 1 分子の平均質量は？

解：質量やモル数の変換を含む問題を解く第一段階は問題になっている化合物のモル質量を知ることです。それでエタノールの分子数が分かり、さらにその数の分子に含まれる炭素原子の数が分かります

1. モル質量：

アルコール 1モル当たり2モルのC = 2モルC x 12.01g C / (1モルC) = 24.02g C

アルコール 1モル当たり6モルのH = 6モルH x 1.008g H / (1モルH) = 6.048g H

アルコール 1モル当たり1モルのO = 1モルO x 16.00g O / (1モルO) = 16.00g C

C₂H₆O のモル質量 = 46.07 g

23.2 g のエタノール C₂H₆O があります

$$23.2 \text{ g C}_2\text{H}_6\text{O} \times (1 \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O} / 46.07 \text{ g C}_2\text{H}_6\text{O}) = 0.504 \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O}$$

2. モル数：モル当たりのグラム単位で表されるモル質量は全ての質量 モル数変換の変換因子です。

$$0.504 \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O} \times (6.022 \times 10^{23} \text{ 分子 C}_2\text{H}_6\text{O} / 1 \text{ mol C}_2\text{H}_6\text{O}) = 3.04 \times 10^{23} \text{ 分子のC}_2\text{H}_6\text{O}$$

3. 炭素原子の数：アルコール試料中のC原子の数を知るには、アルコール分子の数を調べます。ここで0.504モルのC₂H₆Oを化合物の量を表す単位としてアボガドロ数を用いたアルコールの分子の数に変換します。

$$0.504 \times 6.022 \times 10^{23} = 3.04 \times 10^{23} \text{ (分子のC}_2\text{H}_6\text{O)}$$

各分子は2個の炭素原子を含む： $3.04 \times 10^{23} \times 2 = 6.07 \times 10^{23}$ (原子のC)

4. 1分子の質量：求める答えの単位は1分子当たりのグラム数で、最初のモル質量(モル当たりのグラム数)単位に[1 / アボガドロ数](モル/分子)を掛けます、そうすると単位のモルが相殺されます。

$$(46.07 \text{ g C}_2\text{H}_6\text{O} / 1 \text{ mol}) \times (1 \text{ mol} / 6.022 \times 10^{23} \text{ 分子}) = (7.650 \times 10^{-23} \text{ g}) / [1 \text{ C}_2\text{H}_6\text{O分子}]$$

例題3.7 百分(%)組成から化学式を求める

バニリンは一般的な香料です。モル質量は152 g / mol そして 63.15 % C, 5.30 % H 残りは酸素です。バニリンの実験式、分子式は？

解：教科書の方法に従って、まず 100 g のバニリンに含まれる炭素と水素のモル数を求めます。

$$63.15 \text{ g C} \times (1 \text{ mol C} / 12.011 \text{ g C}) = 5.258 \text{ mol C}$$

$$5.30 \text{ g H} \times (1 \text{ mol H} / 1.008 \text{ g H}) = 5.26 \text{ mol H}$$

酸素は？バニリン試料は 100 g ですから、酸素の質量は

$$100.00 \text{ g} = 63.15 \text{ g C} + 5.30 \text{ g H} + \text{酸素の質量}$$

$$\text{酸素の質量} = 31.55 \text{ g}$$

酸素のモル数を計算すると

$$31.55 \text{ g O} \times (1 \text{ mol O} / 15.999 \text{ g O}) = 1.972 \text{ mol O}$$

モル比を求めるには、最小モル数の元素に対する比を基にすることです。ここでは酸素です。

$$\text{Mole C} / \text{Mole O} = 5.258 \text{ mol C} / 1.972 \text{ mol O} = 2.666 \text{ mol C} / 1.000 \text{ mol O} = 8 \text{ mol C} / 3 \text{ mol O}$$

$$\text{Mole H} / \text{Mole O} = 5.26 \text{ mol H} / 1.972 \text{ mol O} = 2.67 \text{ mol H} / 1.000 \text{ mol O} = 8$$

mol H / 3 mol O

ここで実験式はCとHが同数で、共にOに対し8 : 3です。C₈H₈O₃が実験式です。この化学式の単位当たりのモル質量は152.2 gで実験的に求めたモル質量に一致します。従って、分子式も実験式と同じC₈H₈O₃です。

例題3.8 二元酸化物の化学式を決める

0.586 g のカリウムは0.480 g のO₂ガスと反応して、化学式K_xO_yの白色固体になります。白色固体の化学式は？

解： K_xO_yのx, yを求める問題です。まず、KとOのモル数を求めます。Oに対するKのモル数の比から化学式が分かります。

1. Kのモル数の計算

$$0.586 \text{ g K} \cdot (1 \text{ mol K} / 39.10 \text{ g K}) = 0.0150 \text{ mol K}$$

2. Oのモル数の計算

$$0.480 \text{ g O}_2 \cdot (1 \text{ mol O}_2 / 32.00 \text{ g O}_2) \cdot (2 \text{ mol O} / 1 \text{ mol O}_2) = 0.0300 \text{ mol O}$$

この段階で、1 molのO₂分子が2 molのO原子になることを考えに入れて、O原子のモル数を求めます。

3. モル数の比を求めます。

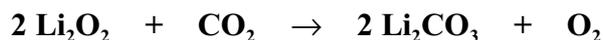
$$0.0300 \text{ mol O} / 0.0150 \text{ mol K} = \text{O原子2モル} / \text{K原子1モル}$$

4. 化合物の実験式はK₂Oです。

この問題の化合物K₂Oをカリウムスーパーオキシド(超酸化物)と呼びます。酸素が金属と反応すると、3タイプのイオン性化合物が生成します。

化合物のタイプ	例	名前	酸素を含むアニオン
酸化物	Li ₂ O	酸化リチウム	O ²⁻
過酸化物	Na ₂ O ₂	過酸化ナトリウム	O ₂ ²⁻
超酸化物	KO ₂	カリウムスーパーオキシド	O ₂ ⁻

過酸化物やスーパーオキシドは自給式の呼吸器やスペースカプセルで用いられます、炭酸ガスを吸収して酸素を発生するからです。



例題3.9 化学式を使って

2.00 kg の銅から出来る硫化銅(I), Cu_2S の量は？

解：化学式が分かると、化合物のモル質量が分かります。重要な情報です。銅の質量と生成する Cu_2S の質量がつながります。問題の解くには、まず2.00 kgの銅のモル数を出すことです。化学式から Cu_2S 1モル当たり2モルのCuが含まれます。 Cu_2S のモル数がCuの質量につながります。

$$2.00 \text{ kg Cu} \cdot (1000 \text{ g Cu} / 1 \text{ kg Cu}) \cdot (1 \text{ mol Cu} / 63.55 \text{ g Cu}) = 31.5 \text{ mol Cu}$$

$$31.5 \text{ mol Cu} \cdot (1 \text{ mol Cu}_2\text{S} / 2 \text{ mol Cu}) \cdot (159.2 \text{ g Cu}_2\text{S} / 1 \text{ mol Cu}_2\text{S}) = 2510 \text{ g Cu}_2\text{S}$$

このやり方は5章の最初の化学反応の量論関係の学習でも利用します。別法もあります。化学式から硫化銅(I)中の銅の重量%が分かります。これは100 gの Cu_2S に含まれる銅のグラム数です。この関係を使って、銅のグラム数を硫化銅(I)のグラム数に変換します。 Cu_2S 中のCuの重量%は79.83%です。よって、

$$2.00 \times 10^3 \text{ g Cu} \cdot (100.0 \text{ g Cu}_2\text{S} / 79.83 \text{ g Cu}) = 2510 \text{ g Cu}_2\text{S}$$

どちら方法を使ってもできます。

例題3.10 水和化合物の化学式を決める

赤い硫酸コバルト(II)水和物 $\text{CoSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ について、各 CoSO_4 単位の水分子の数 x を求めるとします。実験室で1.023 gの固体を量り、磁性のるつぼで加熱します(Fig. 3.22参照)。水を完全に追い出すと、0.603 gの青い無水の硫酸コバルト(II), CoSO_4 が残りました。



解：加熱によって失われた水の量は $1.023 \text{ g} - 0.603 \text{ g} = 0.420 \text{ g}$ です。 CoSO_4 1モル当たりの H_2O のモル数を求めるので、これらの質量をモル数に変換します。

$$0.420 \text{ g H}_2\text{O} \cdot (1 \text{ mol H}_2\text{O} / 18.02 \text{ g H}_2\text{O}) = 0.0233 \text{ mol H}_2\text{O}$$

$$0.603 \text{ g CoSO}_4 \cdot (1 \text{ mol CoSO}_4 / 155.0 \text{ g CoSO}_4) = 0.00389 \text{ mol CoSO}_4$$

x の値はモル比から決まります。

$$(\text{H}_2\text{O} \text{ モル数} / \text{CoSO}_4 \text{ モル数}) = (0.0233 \text{ mol H}_2\text{O} / 0.00389 \text{ mol CoSO}_4) = 5.99 \text{ mol H}_2\text{O} / 1.00 \text{ mol CoSO}_4$$

水と CoSO_4 の比が6 : 1で、水和化合物の化学式は $\text{CoSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、硫酸コバルト(II)六水和物と云います。