

2.7 モル：巨視的/微視的な関係

化学の最も興奮する部分の一つは、1つの元素を他と反応させて何か新しい物質を発見することです。しかし、化学は定量的な科学でもあります。二つの化学物質を反応させる時、生成物の式の確立のために、どれだけ各原子が必要か知りたくなります。これはそれがいかに小さくても、原子を数える方法が必要なことを意味します。すなわち、巨視的な世界、我々が現実に見ている世界と原子の微視的な世界を繋げる方法が必要です。この問題に対する解決策は、既知数の粒子を含む物質について都合の良い単位を定義することです。利用できる化学的な計数単位はモルです。

このモルという言葉は1896年あたりドイツの化学者 Wilhelm Ostwald (1853-1932)によって使われました。彼はその用語をラテン語のかたまりとか積み重ねを意味する moles から取りました。モル(記号では mol)は物質の量を測る SI 規準単位で(Tab. 1.2)、次のように定義されます：

モルとは、正確に 12g の炭素-12 同位体に含まれる原子と同数の基本的な存在(原子、分子、または他の粒子)を含む物質の量です。

モルの概念を理解する鍵は、1モルはその物質が何でも、常に同数の粒子を含むということです。しかし何個の粒子？長年、多くの実験の結果、その数は次のように確立されました：

$$1 \text{ mole} = 6.022136736 \times 10^{23} \text{ 粒子}$$

この値は、基本的な考え方を思いついた(だが数は決定しなかった)イタリアの法律家で物理学者の Amedeo Avogadro (1776-1856) に敬意を表して、アボガドロ数として一般に知られています。その値については何も特別な意味は無いことを理解して下さい。正に 12 g の炭素-12 としてモルが定義されているだけです。もし正に 10 g の炭素が1モルであったとしたら、アボガドロ数は違った値になります。精度の高い測定の結果、1980年に古い値(6.022045×10^{23})から新しい値に改訂されたことは興味深いことです。科学の基本的な値や考え方でさえ常に吟味されているのです。

2.3 節で学んだように、原子質量の尺度は ^{12}C 原子を規準に選んだ、相対尺度です。従って、全ての他の原子の質量は実験で確定されて、この物差しの上に置かれます。例えば ^{16}O 原子は ^{12}C 原子よりも 1.33 倍重く、また ^{19}F 原子は ^{12}C 原子よりも 1.58 倍重くことが実験で示されます。1モルの炭素-12 が正味 12g の質量で、 6.0221367×10^{23} 原子を含み、そして1種類の原子の1モルは必ず1モルの他の種類の原子と同じ数の粒子を含んでいるので、1モルの ^{16}O 原子は 1.33×12 グラムまたは 16 g の質量です。同様に1モルの ^{19}F 原子は 12.0g より 1.58 倍大きく、19.0 g です。

原子のモル、モル質量

ある元素の 1 mol の原子(その元素が 6.0221367×10^{23} 原子)のグラム質量が、その元素のモル質量です。モル質量は便宜上、大文字、イタリックの M で標記され、モル当たりのグラム単位(g / mol)で表されます。それは数的には原子質量単位の原子質量に等しくなります。このように、ある特別な元素の全同位体を考慮した実験に基づいています。

$$\begin{aligned} \text{ナトリウムのモル質量(Na)} &= \text{Na 原子正確に 1 モルの質量} \\ &= 22.9898 \text{ g / mol} \\ &= 6.02214 \times 10^{23} \text{ 個の Na 原子の質量} \\ \text{鉛のモル質量(Pb)} &= \text{Pb 原子正確に 1 モルの質量} \\ &= 207.2 \text{ g / mol} \\ &= 6.02214 \times 10^{23} \text{ 個の Pb 原子の質量} \end{aligned}$$

いくつかの一般的な元素の 1 mol 量の相対的な物理的大きさを Fig. 2.22 に示します。これら原子のかたまりはそれぞれ異なる体積や質量を持ちますが、各 6.022×10^{23} 原子を含んでいます。

Fig. 2.22 一般的な元素の 1 モルの量。左から時計回りに：銅粒(63.546 g); アルミニウムホイール(26.982 g); 鉛玉(207.2 g); マグネシウム片(24.305 g); クロム(51.996 g); 硫黄(32.066 g)。試料の内、4 つは 50-mL のビーカーに入っています。

モル概念が定量的な化学の第一歩です。それはモルから質量へ、質量からモルへ変換出来ることが絶対必要だからです。1.7 節と付録 A で記されている次元解析が示すように、この変換は次のようになされます。

モル \rightarrow 質量	質量 \rightarrow モル
モル数 \times (グラム数 / 1 モル) = グラム数	グラム数 \times (1 モル / モル質量当たりのグラム数) = モル数

例えば、0.35 mol のアルミニウムを使いたいとする。アルミニウムをグラムでどれだけの質量用いなければならぬでしょうか？アルミニウムのモル質量(27.0 g / mol)を用いて、

$$0.35 \text{ モル Al} \times (27.0 \text{ g} / 1 \text{ モル Al}) = 9.5 \text{ g Al}$$

9.5 g のアルミニウムを必要とすることが分かります。

この本の冒頭の周期表を見て下さい、ある種の原子質量は他よりも有意の桁数と小数点以下が多いことに気がつくでしょう。モル質量を計算に用いるとき、この教科書での慣行は、他のデータよりモル質量ではもう一桁余分の数字を使うことです。例えば、16.5 g の炭素に含まれる炭素のモル数を知るために C のモル質量として 12.01 g / mol の値を用います。

$$16.05 \text{ g C} \times (1 \text{ モル C} / 12.01 \text{ g C}) = 1.37 \text{ モル C}$$

もう一つ多くの有意な桁を用いることで、モル質量の精度が他の数よりもよくなり、結果の精度を限定しないと保証できます。

例題 2.4 質量からモル

例題 2.5 モルから質量

例題 2.6 モル計算

練習問題 2.8 質量 / モル変換

練習問題 2.9 原子

問題解決の鍵

2.2 単位変換に関して

第 2 章のハイライト

この章を学習すると、以下の事項が出来るようになります。

- ・原子論の歴史的発展を説明し、重要な寄与をなした科学者を示す。(2.1-2.2 章)
- ・電子、陽子、中性子を説明し、原子の一般構造を記述する。(2.3 章)
- ・同位体存在度(isotopic abundance)から元素の原子量を計算する。(2.4 章)
- ・同位体を定義し、ある特別な同位体の質量数や中性子の数を示す。(2.4 章)
- ・原子数と元素の原子質量の違いを説明し、周期表にこの情報を見つける。(2.3-2.5 章)
- ・周期表での族、周期、金属、メタロイド、非金属、アルカリ金属、アルカリ土類金属、ハロゲン、希ガス、遷移元素の位置を示す。(2.6 章)
- ・周期表を用いて元素の性質や単純な化合物の構造式を予測する。(2.4 章)
- ・モルの概念を説明し、ある質量の元素のモル数や元素のモル数より元素の質量に変換する。(2.7 章)