

1.5 混合物と純粋物質

大抵の天然物の試料は二つあるいはそれ以上の物質から成り；すなわちそれらは混合物です(Fig. 1.13)。豆板は明らかに混合物です、見るとピーナッツは回りのものと違いますから。均一でない生地材料に見える混合物は**不均一混合物(heterogeneous mixture)**と言います。他の不均一混合物で完全に均質に見えるものも、もっと細かく調べると均一ではありません。例えば、部屋の空気は均一な気体のように見えますが、光線を部屋に通すと、浮遊する塵が分かります(Fig. 1.14)。肉眼でミルクは滑らかな生地に見えます、しかし拡大してみると液体の中には脂肪とタンパク質の小球が見えます。不均一混合物ではある領域の性質は他とは異なります。

Fig. 1.13 物質の構成成分と混合物と純粋な物質との関係

Fig. 1.14 森の空気は均一に見えます、しかし実際は不均一な混合物です。適当な光の中では塵の粒子が空気中に浮遊しているのが見られます。

均一混合物(homogeneous mixture)あるいは**溶液(solution)**は巨視的なレベルでは完全に均質で、同じ相に、二つあるいはそれ以上の物質が存在します(Fig. 1.15)。どれだけ光学的に拡大しても、ある領域が他と違った性質を溶液が示すことはありません。なぜなら不均一性は溶液中で原子あるいは分子レベルで存在し、そこでは個々の分子は小さすぎて、普通の光では分からないからです。純粋な空気(大部分が窒素と酸素ガス)、砂糖水、真鍮の合金(銅と亜鉛の均一な固体混合物)が例です。均一混合物の性質は試料中、どこでも同じですが、一つの成分が他に対してどれだけあるかによって試料はお互いに違ってきます。混合物を純粋な成分に分けると、成分が精製されたと言います(Fig. 1.13)。しかし分離の作業は一段階で完成することではなく、純度を高めた物質を得るには常に反復操作が必要です。例えば、鉄は鉄と硫黄の混合物を絶えずかき混ぜ、磁石を使って分離されます(Fig. 1.16)。最初に混合物をかき混ぜて、磁石を外すと、それと一緒に鉄も除け、高純度の硫黄が残ります。しかし、一回の攪拌では、硫黄に残っている少量の鉄のために見かけは汚く見えます。磁石の攪拌を繰り返すか非常に強い磁石を使うと、最後には明らかにこの手法では、それ以上精製出来ないような輝黄色の硫黄が残ります。精製過程は混合物の性質、その色を利用して精製の程度を判断します。(色は混合物の鉄と硫黄の相対量に依存します。)輝黄色が得られると、全ての鉄が除かれ、硫黄が精製されていると考えます。

Fig. 1.15 均一混合物あるいは溶液。黄色の固体の化学物質、クロム酸カリウムを水に混ぜると、溶解して水溶液になります。

Fig. 1.16 鉄と硫黄の混合物の中の鉄のかけらを不均一な混合物を磁石でかき混ぜて取り除きます

色々な精製法を試した上で、その性質が変わらないとき、硫黄は純粋であると言えます。純粋な物質は、人の場合、髪、目の色、背丈のように一組の特徴によって認識されるように、それぞれ一組の物理的性質によって認識されます。これ以上精製しても変わらない性質を持った試料を**純粋な物質(pure substance)**と定義します。

沢山の純粋な物質が天然に存在します。金、ダイヤモンド、硫黄、そして多くの鉱物が非常に純粋な形で天然に存在します(Fig. 1.17)。しかし、これらの物質は特別な場合です。私たちは混合物の世界に生きています-全て生ける物、空気、そして私たちが頼りにする食物、工業生産物の多くも混合物です。

Fig. 1.17 地中からの純粋物質。下部から時計回りに物質は硫黄、ダイヤモンド、金です。

練習問題 1.6 混合物と純物質

ここに示されている写真は二つの混合物からなっています。どちらが均一でどちらが不均一ですか。溶液はどちらですか

混合物の純粋物質への分離

混合物の分離は、先に述べた鉄と硫黄の磁気分離よりもっと難しいのが普通です(Fig. 1.16)。熟練した化学者の多くは、Fig. 1.5 の金属を含む鉱物のいくつかを純粋な物質に分離するのが難しいことが分かります。それでも、純粋物質は他の純粋物質と異なる一組の性質を持つので、これらの性質を使って、鉄と硫黄の分離で示したように、これらの鉱物でも純粋な物質を分離することが必ず出来ます。

多くの様々方法が開発され、混合物を純粋な物質に分離しました。純粋な物質の異なる物理的性質—水への溶解度、密度、そして融点あるいは沸点—が分離に活用されます。一つの実例は、金属を含む鉱石の分離と精製です。鉱石(ore)では、鉱石(他の元素と化学的に組み合わされた金属を含む化合物)は普通、土や他の不要な金属とが混ざっています。金属を得る第一段階は、鉱石から望む金属の分離です。電線に用いられる金属、銅の生産プロセスを示します。銅を含む鉱石を泡沫浮遊選鉱と呼ばれるプロセスで不要な物質から分離します。ここでは粉末にした鉱石を大きなタンクの中で油と混ぜ、石鹼水と一緒にかき混ぜます(Fig. 1.18)。圧縮空気を混合物に強制的に通すと、純粋に近い銅を含む化合物の重さの軽い、油で覆われた粒子が上部に運ばれ泡となって浮きます。他の重い方の物質はタンクの底に溜まり、銅を含む鉱物の泡を掬い取ります。

Fig. 1.18 鉱石から銅の精錬。銅を含む鉱石(硫化銅)を浮遊法により濃縮します。銅化合物を含む軽い方の粒子は石鹼の泡で捕捉し、水に浮かします。役に立たない脈石あるいは不要な物質は底に溜まります。

窒素 N_2 と酸素 O_2 は合衆国で生産される上位 5 種の化成品の中に毎年入ります。両方、共に物理的性質の違いを使って、空気から分離されます。液体の窒素は 77K で沸騰しますが、液体酸素は 90 K で沸騰します。これは小さな差ですが、効率的な分離には十分です。

純粋物質は一定の組成を持ち、これまで述べたような方法では、それ以上精製出来ません。しかし、物質の化学的性質を利用して、純粋な物質を他の純粋な物質、化学元素あるいは他の化合物に分解することも出来ます。一般的に用いられる化学物質の生産を例にこの方法を示します。塩素、 Cl_2 は合衆国で生産される 10 番目の化成品で、1993 年には 240.6 億ポンド生産されました。その元素は食塩、 $NaCl$ から得られます。地中の深い岩塩床を掘削し、それに水を注入、溶解した塩をくみ出したものが原料です。 $NaCl$ の水溶液に電気を流すと Cl_2 が形成されます。