

1.6 測定の単位

化学を行うには化学的変化や物理的変化を観察する必要があります。豆板菓子を作っているとき、混合物を加熱すると、色が茶色に変わったり、水蒸気が発生するのが分かります。これらは**定性的な観測 (qualitative observation)**です。測定や数字は関係していません、しかし明らかに何かが、多分、化学反応が起こっており、それは言葉で記述出来るはずで

す。化学反応をもっと完全に理解するために、化学者は普通、**定量的な測定 (quantitative measurement)**をします。例えば、二つの化合物が反応するとして、その一方がいくらか残るでしょうか？生成物はどれだけ出来るでしょうか？変化を起こさせるために反応物を加熱する必要があるでしょうか。もしそうなら、どの程度の熱、どのくらいの時間？光が出るとすると、赤、青、緑色の光あるいは可視光領域にはない光(赤外あるいは紫外)でしょうか？新しい分子が形成しているなら、その正体は何でしょうか？

そのような疑問には、物理的な測定、長さ、体積、温度、時間などについて考える必要があります。測定は数字や測定の単位を含みますから、測定することは測定内容に応じた単位(例えば、何センチメートル)で数を数えることになります。

測定や単位が重要な新しい化学の領域にナノテクノロジーがあります。すなわち 1 から 100 ナノメートルの大きさで、分子や原子から出来たデバイスの組立です(Fig. 1.19)。ナノメートル(nm)は 10^{-9} m で、技術者の世界では非常に小さな寸法であり、化学者には大きく、生物学者には普通の寸法です-バクテリアはおおよそ長さが 1000 nm、ところが典型的な分子はおおよそ 0.1 nm しかありません。Fig. 1.20 はニッケル表面でのキセノン原子のナノ構造を示します。この対象は一辺が 5 nm、 2×10^{-7} in² しかなく、そしてキセノン原子は 0.5 nm ほど離れているだけです。

Fig. 1.19 ナノテクノロジー：マイクロモーターの走査型電子顕微鏡写真。モーターの回転子は直径がほんの 150 μ m です。この大きさ(150 マイクロメートル)は 150×10^{-6} m, 0.015 cm, あるいは 0.0059 in に相当します。

Fig. 1.20 世界最初の“手作りの”原子構造。カリフォルニア、サンノセにある IBM Almaden リサーチセンターの科学者はニッケル表面上を原子一つずつ移動させ、思う通りの処に置くことが出来ました。ここでは、7 個のキセノン(Xe)原子(各々が峰で表されています)は直線の鎖を形成しています。像は一辺が 5 nm です。これは 5×10^{-9} m あるいは 5×10^{-7} cm(2×10^{-7} in)です。原子は 64 億分の 1 インチ(1.6 nm)の高さで、200 億分の 1 インチ(0.5 nm)の間隔で並んでいます。Science, Vol. 254, p. 1324, 1991.

ナノ構造についてもっと知るには-あるいは科学や工学技術について-調べようとする対象の大きさ、使われる単位、そして、それらの関係をよく知ることが大事です。科学者の世界では測定値の記録、報告に**メートル法 (metric system)**の修正版を選びます。これは十進法で、全ての単位はその基本単位の 10 のべき乗で表されます。科学で国際的に適用される単位法は国際単位系と呼ばれ、**SI** と略します。

SI 単位

SI では、全ての単位は 7 つの基本単位から導かれます(Tab. 1.3 に示す)。より大きかったり、小さかったりする量は基本単位に適切な接頭辞を付けて表します(Tab. 1.4)。例えば、高速道路での距離はキロメートルで、1 km は正に 1000 あるいは 10^3 m です。化学では、長さの単位はメートルを細分した、センチメートル(cm)やミリメートル(mm)で示します。接頭辞のセンチは 1/100 を意味し、よって 1 センチメートルはメートルの 1/100($1 \text{ cm} = 1 \times 10^{-2} \text{ m}$) ; 1 ミリメートルはメートルの 1/1000($1 \text{ mm} = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$)です。原子のスケールでは、その寸法はナノメートル(nm) ($1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$)あるいはピコメートル pm ($1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$)でよく示されます。SI 単位と非 SI 単位の変換のための**換算係数 (conversion factor)**のいくつかを Tab. 1.5 と付録 C に掲げてあります。

問題を解く鍵と考え方

1.2 科学的な表記法を使って

1.7 数字で示された情報を使って

化学コースでは、計算に必要なものを実験室に持ち込みます。数値データを集めて、そのデータを使って結果を計算し、あるいはデータそれぞれの相関を求めます。これら全ての作業は数値情報を楽しに取り扱えるようにするためです。この章では、一般的な計算や定量的な情報を取り扱う適切な方法を示します。それ以上については付録の A を参照して下さい。

矩形のアルミニウム片があり、その密度を立方センチメートル当たりのグラム単位で求めるとします。密度は体積に対する質量の比ですから、質量と体積を測る必要があります。表のデータは実験室で集めたものです。アルミニウムの体積を立方センチメートルで求めるには、長さ、幅、厚さの積を求めます。しかし、まず測定値は同じ単位でなければならず、すなわち厚さをセンチメートルに換算します。

$$3.1 \text{ mm} \cdot \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} = 0.31 \text{ cm}$$

次元解析 (dimensional analysis)、付録で更に解説される手法が、この換算に非常に役立つことが分かります。換算率(1 cm / 10 mm)を換算したい数字(3.1 mm)にかけて、求める単位(.031 cm)に成るようにせねばなりません。単位は数字のようなものです、単位"mm"は分子と分母にあるので、打ち消し合い、答えに望む単位、センチメートルが残ります。

換算率は二つの異なる単位での距離の等価を表します(ここでは 1 cm = 10 mm)。分子と分母は同じ距離を記述しているので、その換算率は数字の 1 に相当します。従って、この換算率を元の距離にかけても測定した距離は変わりません、その単位だけです。

換算率は常に次のような形になるように書かれます。

$$(\text{数字} \cdot \text{単位}) \times \left| \frac{\text{新しい単位}}{\text{換算されるべき単位}} \right| = \text{新しい数字} \cdot \text{新しい単位}$$

このようにして、分母の単位が元の単位のデータの単位を打ち消して、望む単位が残ります。前問でミリメートルの単位が打ち消されて、結果にセンチメートルが残ったようにです。

アルミニウムの全ての寸法が同じ単位ですので、体積が分かり、次式です。

$$\begin{aligned} \text{長さ} \times \text{幅} \times \text{厚み} &= \text{体積} \\ 6.48 \text{ cm} \cdot 2.50 \text{ cm} \cdot 0.31 \text{ cm} &= 5.0 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

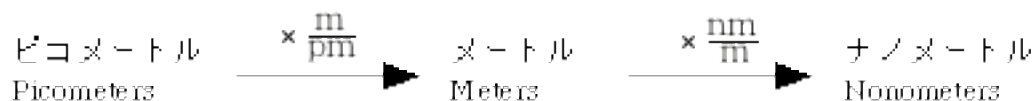
よって、密度は計算されます。

$$\text{密度} = \frac{13.56 \text{ g}}{5.0 \text{ cm}^3} = 2.7 \text{ g} / \text{cm}^3$$

例題 1.2 分子レベルでの距離

グルコースの中で 1 個の水素原子が 5 個の酸素原子と各々結合している(図 1.10)。O と H の距離は平均で 95.7 pm です。この距離はメートルでいうと、いくらですか。また、ナノメートル(nm)ではどうですか。

解： 与えられた単位(ピコメートル)と求めたい結果の単位(メートルまたはナノメートル)との間の関係を知ることによって、この問題を解くことができます。表にはナノメートルとピコメートルの直接的な換算はありませんが、メートルとピコメートルおよびメートルとナノメートルの関係がリストされています (表 1.4; 1 pm = 1×10^{-12} m および 1 nm = 1×10^{-9} m)。したがって、まずピコメートルをメートルに換算し、それからメートルをナノメートルに換算します。



$$95.7 \text{ pm} \cdot \frac{1 \times 10^{-12} \text{ m}}{1 \text{ pm}} = 95.7 \times 10^{-12} \text{ m} = 9.57 \times 10^{-11} \text{ m}$$

$$9.57 \times 10^{-11} \text{ m} \cdot \frac{1 \text{ nm}}{1 \times 10^{-9} \text{ m}} = .57 \times 10^{-2} \text{ nm (or 0.0957 nm)}$$

どのように約分して換算因子の分数のうちの単位を解に残すかを注意しなさい。

練習問題 1.7 長さの単位換算

典型的な教科書のページは長さ 10.0 in. x 幅 8.00 in.です。1 インチ=1 cm ならば、それぞれセンチメートルではいくらですか。メートルではどうですか。また、ページの面積は、平方センチメートルではいくらですか。

練習問題 1.8 密度

プラチナの板が 1.50 平方センチメートル、質量 1.656 g あります。プラチナの密度は 21.45 g/cm³です。プラチナ板の厚さは何ミリメートルですか。

問題を解く鍵と考え方

1.3 問題を解くための戦略

化学者はよく体積単位の標線の付いたビーカー、フラスコ、ピペット、メスシリンダー、ビューレットなどのガラス器具で薬品を扱います(Fig. 1.21)。体積の SI 単位は立方メートル(m³)で、日常の実験室では大きすぎる単位です。例えば、立方メートルを使うと、よく使う実験室のビーカーの容量は 0.0006 m³になり、扱う薬品の体積は 0.001 m³かそれ以下です。これらは日常的には不便な数字で、よって **L** の記号で表した、**リットル(liter)** と呼ぶ単位を頻繁に用います。

Fig. 1.21 一般的なガラス実験器具

一辺が 10 cm(0.1 m)の立方体は 10 cm x 10 cm x 10 cm = 1000 cm³ (あるいは 0.001 m³)の容積を持ちます。これは 1 リットルとして定義されます。従って

$$1 \text{ リットル (1 L)} = 1000 \text{ cm}^3$$

リットルは実験室で使うのに便利な単位ですが、**ミリリットル(milliliter)**、**mL** も同様です。1000 mL と 1000 cm³ は 1 リットルですから、従って次式になります。

$$1 \text{ cm}^3 = 0.001 \text{ L} = 1 \text{ ミリリットル(1 mL)}$$

リットルは 1000 cm³に等しいので、ミリリットルと立方センチメートル(cc)の用語は交換可能です。従って、125 mL の容量のフラスコは 125 cm³の容量で、1/8 リットルです。

$$125 \text{ cm}^3 \cdot \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ cm}^3} = 0.125 \text{ L}$$

立方デシメートル(dm³)は合衆国では余り使われませんが、他では一般的です。10 cm の長さを 1 デシメートル(dm)と呼び、これはメートルの 1/10 だからです。従って一辺 10 cm の立方体は 1 リットルの体積ですから、1 リットルは 1 立方デシメートルに相当します：1 L = 1 dm³。欧州では製品がよく立方デシメーターで販売されています。

例題 1.3 体積の単位

0.6L の体積の実験ビーカーがあります。立方センチメートルおよび立方メートルでは、その体積はいくらですか。

解： リットルと立方センチメートルの関係は 1 L = 1000 cm³です。したがって、0.6 L に換算因子(1000cm³/L)を掛け、L の単位を約分して答えに cm³の単位を残さなければなりません。

$$0.6 \text{ L} \cdot \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ L}} = 600 \text{ cm}^3$$

立方センチメートルと mL は等しいので、ビーカーの体積は 600 mL ということもできます。

練習問題 1.9 体積

- a. 標準のワインボトルは 750 mL の体積があります。これは何リットルですか。
- b. 1 U. S. ガロンは 3.7865 L に等しいです。2.0 qt. (1 qt. = 1/4 gallon) の牛乳の箱は何リットルありますか。また、何立方デシメートルありますか。

アルミニウム片の密度を決めるのに、その質量が必要でした。物体の**質量(mass)**はその大きさの物質の基本になる測定値で、質量の SI 単位は**キログラム(kilogram)(kg)**です。もっと小さい質量は**グラム(gram)(g)**、あるいは**ミリグラム(milligram)(mg)**で表されます(Tab. 1.4 参照)。

$$1 \text{ kg} = 1000 \text{ g}$$

$$1 \text{ g} = 1000 \text{ mg}$$

合衆国では、質量測定は英国式が一般に使われ、従って大抵の質量はポンドで与えられます：1 ポンドは 453.59237 g に相当します。よって 1.00 kg は 2.20 lb に相当し、およそ 1 クォートの牛乳の量です。ポルトガルに住んでいるとして、750 g のイチゴを買うとします。これは何キログラム、あるいは何ポンドになりますか？

$$750 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 0.75 \text{ kg}$$

$$750 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ lb}}{454 \text{ g}} = 1.7 \text{ lb}$$

例題 1.4 キログラムとグラムでの質量

新 U.S. ペニー硬貨は 2.49 g の質量があります。この質量をキログラムとミリグラムで表しなさい。

解： ここで求める解の単位と既知量の単位の関係は、1 kg = 1000 g と 1000 mg = 1 g があります。したがって、既知量の単位で解の単位を割った形式をもつ因子にグラムでの質量を掛けて下さい。

$$2.49 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 2.49 \times 10^{-3} \text{ kg (or } 0.00249 \text{ kg)}$$

$$2.49 \text{ g} \cdot \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 2.49 \times 10^3 \text{ mg}$$

例題 1.5 異なる単位での密度

いくつかの物質の密度は立方メートル当たりのキログラムの単位で、より簡便に与えられるかもしれません。海水の密度は 15 °C で 1.025 g/cm³ です。この密度は立方メートル当たりのキログラムで、どれだけですか。

解： この問題を単純化するために、これを二つの段階に分けてみましょう。最初に、グラムをキログラムに変え、それから立方センチメートルから立方メートルに換算します。最終密度は、立方メートルでの体積に対するキログラムの質量の比です。

$$1.025 \text{ g} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 1.025 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

表の一つには立方センチメートルから立方メートルへの変化に関して、直接変換する因子はあがりません。しかし、メートルとセンチメートルの関係を 3 乗することによってそれを見つけることができる。

$$1 \text{ cm}^3 \cdot \left(\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right)^3 = 1 \text{ cm}^3 \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1 \times 10^6 \text{ cm}^3} = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

したがって、海水の密度は

$$\text{密度} = \frac{1.025 \times 10^{-3} \text{ kg}}{1 \times 10^{-6} \text{ m}^3}$$

立方メートルが大きな体積であるのでこの解は理解できます。このようにこの体積の海水の質量は非常に大きいと期待されます。

練習問題 1.10 質量と密度

- a. ビタミン C の錠剤の量は 500 mg です。これは何グラムですか。また、何キログラムですか。

b. 鉄の密度は 7.874 g/cm^3 です。長さ 4.5 m、幅 1.5 m、厚さ 25 cm の平板には何キログラムの鉄がありますか。

有効数字

測定の**精度 (precision)**とは同じ量を何回か測定し、どのくらいよく合うかを示します。精度の例として、標的にダーツを投げた結果で説明します(Fig. 1.22)。a ではダーツが盤のあちこちに散らばっています；明らかに投げ手は、あまり上手ではありません(それとももっと離れた処からダーツを投げたのかもしれませんが)。それで、盤上での位置の精度は低くなっています。Fig. 1.22b では、ダーツは全て集中しています、投げ手側の再現性の良さを示しており、大きな精度です。加えて、各ダーツは標的に非常に近く来ています。投げ手が極めて**確度がある (accurate)**といえます-全ての投げ矢の平均が是認された位置、すなわち金的に近いと言えます。Fig. 1.22c は、正確ではないが精密であると言える例です-盤の別の点に投げ矢が非常に精密に集まっていますが、投げ手は金的を外したままです。この 3 番目の場合は、ある種の弱点のある実験のようなもので(その実験計画あるいは測定法)、全ての結果が正しい値よりも同じだけはずれています。

Fig. 1.22 精度と確度。(a) 低い精度と低い確度。(b) 高い精度と高い確度。(c) 高い精度と低い確度

実験室では出来るだけ高い**確度 (accuracy)**が得られるように実験計画を組み立てます。確度を更に確認するために、結果は他の実験室の結果とも比較し、実験計画や測定上の弱点を調べます。個々の実験に関しては、何回かの測定を通常行い、それらの精度を決めます。普通、精度が良いとそれは良い実験であると見なされます、そして何人かの実験者を使って結果を比較し、実験者の精度を知ることが必要です。もし二人の実験者が共に Fig. 1.22a のような結果を得たとします、それらの平均値は非常に大きくはずれ、結果は一致しないということになるでしょう。

大抵の実験ではいくつかの違った種類の測定がなされねばなりません、いくつかは他よりももっと精密になれるかもしれません。計算された結果は、計算に組み込まれる最も低い精度の情報以上に、精度が良くならないことは常識です。ここに有効数字の規則が入ってきます。密度を決めるために、アルミニウムに関する情報を集めた例を考えてみましょう。実験室の天秤は簡単に 4 桁の質量を求めさせてくれます(13.56 g)。小片の長さや幅を測るために、良い物差しを使って、6.45 cm と 2.50 cm の寸法を得ました。厚みは 0.31 cm でした。これら全ての数字は小数以下 2 桁ですが、有効数字は違っています。

値 0.31 cm は有効数字が 2 桁です。この意味するところは 0.31 の 3 は正に真実で、1 は正確には分かっていないということです。別の方法で示さない限り、数の最後の桁は ± 1 の不確かさがあると仮定します。よって、厚みは 0.30 の小ささかもしれないし、0.32 の大きさかもしれません。一般に、科学的測定に示される数字は右の最後の桁の数字は不正確と見なし、左側の全ての数字は正確だと取ります。従って、密度実験で集めたデータはそれらが持つ有効数字の数が異なります。

これらのデータを組み合わせると、計算された密度は 7.2 g/cm^3 で、有効数字は 2 桁です。これは最小の確かさの情報以上に、計算結果は正確にはならないという前述の規則に従います。

測定値を使って計算をするとき、いくつかの簡単な規則に従わなければなりません、そうすると結果は計算に使った全ての測定の精度を反映することになります。

有効数字を決める指針

ルール 1. 測定で有効数字の桁数を決めるには、ゼロでない最初の数字から始めて、左より右に数を読み、そして全ての桁数を数えなさい。

例	有効数字の数
1.23 g	3 桁
0.00123 g	3 桁；1 の左のゼロは単に小数点の位置を決めるだけです。混乱を避けるために、この形の数字を科学的表記法で表します；よって $0.00123 = 1.23 \times 10^{-3}$ 。
2.0 g および 0.020 g	2 桁；共に 2 個の有効数字を持ちます。数字が 1 より大きいと、小数点より右の全てのゼロが有効です。1 より小さい数字では最初の有効数字の右側のゼロだ

	けが有効です。
100 g	1 桁；小数点を含まない数字で、それが“引きずっている”ゼロは有効であったり、なかったりする。混乱を避けるためには、本書の演習ではゼロが有効なら小数点を入れる。よって 100. は有効数字が 3、ところが 100 は有効数字が 1 です。代わりに、科学的表記法で 1.00×10^2 (有効数字 3) あるいは 1×10^2 (有効数字は 1) と表します。科学的表記法では全ての数字が有効数字です。
100 cm / m	有効数字は無限、なぜならこれはある規定された量ですから
$\pi = 3.1415926.....$	π の値は計算で用いるどのデータよりも有効数字が大きいことが分かっています。

ルール 2. 足したり、引いたりする場合には、答えの小数点以下の桁数は最小の桁数の数字の小数点以下の数に等しくせねばなりません。

0.12	有効数字 2 桁	小数点以下 2 桁
1.6	有効数字 2 桁	小数点以下 1 桁
10.976	有効数字 5 桁	小数点以下 3 桁
12.696		

この答えは小数点以下一桁の 12.7 として報告されるべきです、なぜなら 1.6 が小数点以下 1 桁だからです。

ルール 3. 乗除では、答えの有効数字の桁数は最小の有効数字を持った量の桁数と同じです。

$$\frac{0.01208}{0.0236} = 0.512 \text{ or } 5.12 \times 10^{-1}$$

0.0236 は有効数字が 3 桁で、0.01208 は 4 桁ですから、答えは有効数字が 3 桁に限定されます。

ルール 4. 桁数に丸みをつける(有効数字の桁数を減らす)場合、4 捨 5 入して有効数字の桁数にします。

全数	有効数字 3 桁に桁数を減らした数
12.696	12.7
16.249	16.2
18.35	18.4
18.351	18.4

有効数字と計算について最後に一言。電卓で問題を解く場合、電卓が持つ全ての桁数を使って計算し、最後に桁数を減らさねばなりません。途中で桁数を減らすと誤差を導入することになります。もし演習問題の解答が合わない場合、これが原因かもしれません。

例題 1.6 有効数字

本のあとの方(12 章)で行われる計算例があります。

$$\text{気体の体積} = \frac{(0.120)(0.08206)(273.15 + 23)}{(230 / 760.0)}$$

最終解答を正しい有効数字の桁数で計算しなさい。

解： 第一段階として、式の各々の数字を分析します。

数字	有効数字の数	解説
0.120	3	後ろに付いた 0 は重要である。小数点の前にある 0 は重要ではない。科学表現では 1.20×10^{-1} とかけられる。規則 1 を見よ
0.08206	4	小数点のすぐ右に付いた 0 は重要ではない。科学表現では 8.206×10^{-2} とかけられる。規則 1 を見よ
$273.15 + 23 = 296$	3	23 には小数点の位置がない。故に答えにも小数点がない。規則 2 を見よ

$$230/760.0=0.30$$

2

230 は最後の 0 は重要でなく、小数点がないので有効数字 2 である。科学表現では、 2.3×10^2 である。対照的に 760.0 では小数点があり、有効数字は 4 である。わり算の結果は有効数字 2 でなければならない。規則 1 と 3 を見よ。

その分析から、既知量の部分の一つの有効数字が 2 であることがわかります。ゆえに、答えは有効けた数 2 を持つ数字で、気体の体積 = 9.6 でなければなりません。(この場合、答えはリットルの単位ですが、今は重要ではありません。)

練習問題 1.11 有効数字

a. 11.19 と 0.054 の合計と積は何ですか。

b. 次の計算の結果は何ですか。

$$x = \frac{110.2 - 67}{0.021 + 0.00115}$$

“パーセント”の考え方

化学者は物質の組成をよくパーセント (percent) で表します。例えば、ある質量の水の 88.81% が酸素であり、スクロースは 42.11% の炭素、nickel と呼ばれる 5 セントの硬貨はおよそ 25% のニッケルしかないこと(残りは銅)を知っています。“パーセント”は化学で広く用いられる概念なので、単位の話の中で少し考えてみます。

“パーセント”はスーパーでバーゲンを探したりや消費税などからよく分かっていることです。例えば、6.00% の消費税を払うことは購入した 100 ドルの物に 6.00 ドル支払うことを意味します。よって、31.50 ドルのシャツを買うと、税金は 1.89 ドルです。

$$31.50 \times (6.00 / 100) = 1.89$$

2 点大事なことがここに含まれています。第一は、問題が—多分、頭の中では何度も行っていることですが—単位を用いて解かれています。換算率 “\$ 税金 / \$ 100 消費”、そして単位 “\$ 100 消費” は相殺され、“\$ 税金” の単位が残ります。第二に、“パーセント” という言葉は換算率がどうなっているかを示しています、パーセントとは 100 の内を意味するラテン語 *per centum* の省略単語だからです。

例題 1.7 パーセントの使用

鉛蓄電池(自動車に使われているタイプ)の電極板は二つの化学元素：鉛(Pb, 94.0%)とアンチモン(Sb, 6.0%)の混合物からなっています。もし一片の電極板が 25.0 g の質量を持っているならば鉛とアンチモンの質量はどれだけ存在しますか(グラムで)。

解： まず鉛の質量に関して鉛の既知のパーセントを使って解答しましょう。金属板は 94.0% の鉛で、これは 100. g の金属板ごとに 94.0 g の鉛が存在していることを意味しています。

$$25.0 \text{ g 電極板} \frac{94.0 \text{ g 鉛}}{100. \text{ 電極板}} = 23.5 \text{ g 鉛}$$

金属板が鉛とアンチモンだけを含んでいるとわかっていますので、

$$25.0 \text{ g 金属板} = 23.5 \text{ g 鉛} + x \text{ g アンチモン}$$

x に関して解くと、アンチモンの質量は $25.0 \text{ g} - 23.5 \text{ g} = 1.5 \text{ g}$ のアンチモンです。もちろん、次の計算から同じ結果を与えます。

$$25.0 \text{ g 電極板} \frac{6.0 \text{ g アンチモン}}{100. \text{ 電極板}} = 1.5 \text{ g アンチモン}$$

アンチモンの 6.0 g は有効数字がわずか 2 なので、答えは有効数字 2 になることに注意して下さい。

練習問題 1.12 パーセント

もし 14 カラットの金でできている 15.0-g のイヤリングの金の質量はどれだけですか。14 カラットの金は 58% の金を含んでおり、残りは銅と銀です。

CHAPTER HIGHLIGHTS

Having studied this chapter, you should be able to

- Define physical properties of matter and give some examples (Section 1.1)
- Recognize the different states of matter (solids, liquids, and gases) give their characteristics (Section 1.1)
- Understand the basic ideas of the kinetic molecular theory (Section 1.1)
- Convert between temperatures on the Celsius and Kelvin scales (Section 1.1)
- Use density as a way to connect the volume and mass of a substance (Sections 1.1 and 1.7)

The density of a substance is defined as the ratio of its mass to its volume.

$$\text{Density} = \text{mass} / \text{volume}$$

In chemistry we generally use density in units of grams per cubic centimeter.

- Identify the name or symbol for an element, given its symbol or name (Section 1.2)
- Be able to use the terms atom, element, molecule, and compound correctly (Sections 1.2 and 1.3)
- Explain the difference between chemical and physical change (Sections 1.1 and 1.4)
- Recognize the difference between homogeneous and heterogeneous mixtures (Section 1.5)
- Recognize and know how to use the prefixes that modify the sizes of metric units (Section 1.6)
- Begin using dimensional analysis to carry out unit conversions and other calculations (Section 1.7)
- Know the difference between precision and accuracy and understand the rules for using significant figures (Section 1.7)
- Use the concept of percent in chemistry (Section 1.7)