

必ずしも理論値になるとは限らない

## 銅と酸素が化合するときの質量の変化を調べよう

「定比例の法則」という言葉は高校で習いますが、その内容はすでに中学校でも登場します。反応する物質の質量の間には一定の関係があることを、銅と酸素の反応で確かめてみましょう。この実験は中学校においてよく行われる実験の一つです。ところがその実験結果をみると、なかなか思い通りの数値になってはくれません。どうしてそうなるのでしょうか？その原因を生徒と一緒に考えることができれば、それもまた生徒の心に印象深く残る一つの授業になるかもしれません。

### 1 準備

銅の粉末，電子天秤（0.01 gの精度のもの），ステンレス皿（一度熱して冷やしたもの），薬さじ（金属製），ガスバーナー，三脚，三角架，鉄製スタンド，るつぼばさみ

### 2 実験の方法

#### (1) 銅粉の質量をはかる

ステンレス皿の質量をはかった後，銅粉の質量(0.40 g ,0.60 g , 0.80 g , 1.00 g , 1.20 g , 1.40 g と班ごとに変わる)をはかる。

#### (2) 銅粉を加熱する

銅粉を皿に広げ，全体の色が変化するまでよく加熱する。

#### (3) 火を消して冷やす

鉄製スタンドの上にのせて冷やすと早く冷える。

#### (4) 質量をはかる

ステンレス皿が手で持てるようになったら，質量をはかる。

#### (5) よくかき混ぜる

金属製の薬さじで，こぼさないように慎重によくかき混ぜる。

#### (6) 酸化銅の質量を求める

(2)～(5)の操作を繰り返し，質量の変化がなくなったら(4)の質量からステンレス皿の質量を引いて，生成した酸化銅の質量を求める。



図1 銅粉を加熱



図2 早く冷ますための工夫  
鉄製スタンドを利用する。

### 3 結果と実験のポイント

担当班		1	2	3	4	5	6	
銅[g]	0	0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	
生成した酸化銅[g]	0	0.48						
化合した酸素[g]	0	0.08						

#### 結果

各班の実験結果を上表にまとめ，次の2つのグラフを作成する。

銅の質量と酸化銅の質量の関係

銅の質量と酸素の質量の関係

## 実験のポイント

この実験では、次の2つの点を押さえたい。

- (1) 銅を熱すると、化合した酸素の分だけ質量が増えるが、それには限界があるということ。
  - ・一定量の銅に反応する酸素は限界がある。
  - ・酸化銅の化学式は $\text{CuO}$ であり、1個の $\text{Cu}$ 原子には1個の $\text{O}$ 原子しか結合しない。
- (2) 反応前の銅の質量と生成した酸化銅の質量は比例の関係にあり、さらに反応前の銅の質量と化合する酸素の質量にも比例の関係があるということ。
  - ・銅の質量と化合する酸素の質量比の理論値は、約4 : 1

### 実験値と理論値とのズレ . . . 原因を考えさせることが大切

この実験は教科書の例のように約4 : 1とはなかなかありません。生成する酸化銅の質量が理論値よりも小さい値になってしまう結果がほとんどです。その原因を生徒に考えさせてみてはどうでしょうか。

- ・葉さじでかき混ぜているときに皿からこぼれてしまった。
- ・ガスバーナーの加熱不足
- ・はじめに用意した銅の一部がすでに酸化していた。
- ・最初に銅粉の表面だけが酸化されて固まってしまう、内部までしっかり酸化されなかった。
- ・銅粉の粒子の大きさが粗くて(大きくて)、粒子の内部までしっかり酸化されなかった。
- ・はじめの銅粉が湿気を帯びていた。

などが考えられます。

### 理論値に近づけるためには？

加熱にかける時間を25分として(あまり長いと授業時間内に実験が終わらない)理論値に近づけるための工夫としては、次のようなことがすでに研究されています。(参考:重松聖二「金属の酸化反応における量的関係の指導法の検討」愛媛県総合教育センター 理科研究室 平成19年度研究紀要)

- ・はじめの銅粉中の酸化銅を除去するため1 mol/L塩酸で処理し、沈殿物にエタノールを加えて吸引る過することを数回繰り返す
- ・300メッシュ銅粉を1.5 g 以内で使用
- ・6 cmステンレス皿を使用(炎があたる位置をあまり広げないため)
- ・4分加熱し、2分冷却を4回繰り返す(冷却時には鉄製スタンドを利用)
- ・最高温度で加熱し、かき混ぜはしない(こぼすおそれがあるため)
- ・電子天秤は0.01gの精度のものを使用



### 定比例の法則

1799年にプーストによって発表されました。化合物を構成する成分元素の質量の比は常に一定であるというものです。酸化銅( $\text{CuO}$ )を構成する銅と酸素の質量比は4 : 1ですが、例えば他に、水( $\text{H}_2\text{O}$ )を構成する水素と酸素の質量の比は、常に1 : 8です。世界中の水も我が家の水もみんな1 : 8です。