

## C – 8 化学式の決定 ~定比例の法則~ (Determination of chemical formula)

### 1. 目的

塩化銅（II） $\text{CuCl}_2$  (copper(II) chloride) の溶液に、アルミニウム (aluminum) を反応させることによって生じる銅を秤量し、定比例の法則 (law of definite proportions) を検証する。

また、塩化銅（II）の化学式を各自で導き、実験の考察をおこなう。

### 2. 基礎知識の確認

**mol** ···  $6.02 \times 10^{23}$  個の粒子の集団。

**物質量** ··· mol で表した物質の量。

#### 【例題 1】

1. 水 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 18 g は何 mol ですか？ (原子量 : H=1, O=16)

計算式 :

答え :

2. 二酸化炭素 ( $\text{CO}_2$ ) 2 mol の質量は何 g ですか？ (原子量 : C=12, O=16)

計算式 :

答え :

3. 1 mol の酸素分子 ( $\text{O}_2$ ) は標準状態で何 L ですか？ (標準状態 : 1 mol = 22.4 L)

計算式 :

答え :

**定比例の法則** ··· 化合物の成分元素の質量比は常に一定であるという法則。

1799 年、J=L=ブルーストが発見。(ブルースト、1799)

例：水の場合、水素 (hydrogen) : 酸素 (oxygen) = 1 : 8

#### 化学式の決定方法

水の成分元素の質量比が、H(水素原子) 1 g に対して、O (酸素原子) 8 g であった。  
つまり、H : O = 1 g : 8 g である。

H の原子量は 1 g/mol であり、O の原子量は 16 g/mol である。

ここで、成分元素の個数比を求める。(重さの比から個数の比に変換する。)

$\text{H} : \text{O} = 1 \text{ g} : 8 \text{ g} = 1 \text{ g} \div 1 \text{ g/mol} : 8 \text{ g} \div 16 \text{ g/mol} = 1 \text{ mol} : 0.5 \text{ mol} = 2 \text{ mol} : 1 \text{ mol}$

つまり、H(水素原子) 2 mol に対して、O (酸素原子) が 1 mol が結びついているといえる。

よって、水の化学式は、H が 2 個に対して、O が 1 個なので、 $\text{H}_2\text{O}$  と決定することができる。

【例題 2】

二酸化炭素の成分元素の質量比が C(水素原子) 3 g に対して、O (酸素原子) 8 g であった。

二酸化炭素の化学式を上記の例に従って求めよ。

ここで、C の原子量は 12 g/mol であり、O の原子量は 16 g/mol とする。

答え：  
\_\_\_\_\_

【例題 3】

塩化銅（II）の成分元素の質量比が Cl(塩素原子) 71.0 g に対して、O (銅原子) 63.5 g であった。

塩化銅（II）の化学式を上記の例に従って求めよ。

ここで、Cl の原子量は 35.5 g/mol であり、Cu の原子量は 63.5 g/mol とする。

答え：  
\_\_\_\_\_

## 【例題 2】 解答

C (炭素) の質量 = 3 g、O (酸素) の質量 = 8 g。

原子量 : C = 12 g/mol, O = 16 g/mol。

目標：質量からモル (mol) を求めて、元素の比を見つけ、化学式を決める。

### ステップ 1 — 各元素のモルを計算する

モル = 質量 ÷ 原子量 を使います。

C のモル :  $3 \div 12 = 0.25$  (mol)

O のモル :  $8 \div 16 = 0.5$  (mol)

### ステップ 2 — モル比を見つける

小さい方のモルで割って比を簡単にします。小さい方は 0.25 mol (C)。

C の比 :  $0.25 \div 0.25 = 1$

O の比 :  $0.5 \div 0.25 = 2$

→ モル比は C : O = 1 : 2

答え： 化学式は CO<sub>2</sub>。

## 【例題 3】 解答

Cl (塩素) の質量 = 71.0 g、Cu (銅) の質量 = 63.5 g。

原子量 : Cl = 35.5 g/mol, Cu = 63.5 g/mol。

目標： 質量からモル (mol) を求めて、元素の比を見つけ、化学式を決める。

### ステップ 1 — 各元素のモルを計算する

Cl のモル :  $71.0 \div 35.5 = 2.0$  (mol)

Cu のモル :  $63.5 \div 63.5 = 1.0$  (mol)

### ステップ 2 — モル比を比べる

小さい方のモルで割ります。小さい方は 1.0 mol (Cu)。

Cu の比 :  $1.0 \div 1.0 = 1$

Cl の比 :  $2.0 \div 1.0 = 2$

→ モル比は Cu : Cl = 1 : 2

答え： 化学式は CuCl<sub>2</sub>。

### 3. 使用器具・試薬

ろ紙(Φ90 mm, No2)、ビーカー(100 mL) × 2、メートルグラス(10 mL)、ロート、ロート台、

ガラス棒、電子上皿天秤、乾燥器、ピンセット、薬さじ、保護メガネ

塩化銅(II) 2水和物(※CuCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O)、アルミニウム棒、エタノール(ethanol)

※塩化銅(II)は水の力を借りて結晶化している。

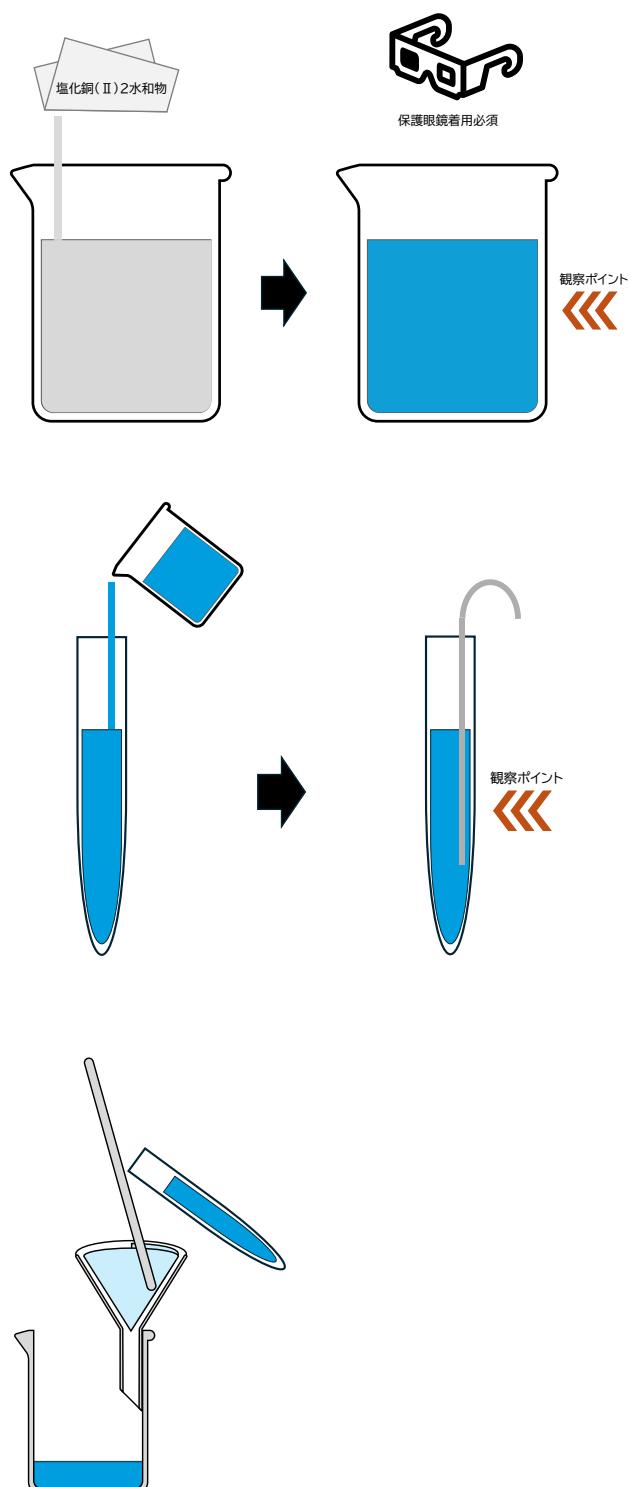
※塩化銅(II)水溶液は、電気を流すと銅イオン(Cu<sup>2+</sup>)が陰極に、塩化物イオン(Cl<sup>-</sup>)が陽極に引き寄せられ、陰極で銅が析出、陽極で塩素ガスが発生する様子が観察できるため、中学生理科などによく取り上げられる。

※ヘモシアニンは、エビやカニ、タコなどの一部の無脊椎動物の血液に含まれる、酸素を運搬するタンパク質。本来は無色透明であるが、酸素と結合すると銅イオンの働きによって青色になる。この働きは、ヒトのヘモグロビンが酸素を運ぶのと似ているが、ヘモグロビンが鉄を、ヘモシアニンが銅を含んでいる点が異なる。

### 4. 実験方法

⚠ 塩化銅(II)は劇物で腐食性があるので取扱いに注意する。

- ① 電子上皿天秤で、プラスチック製の薬さじを用いて塩化銅(II) 2水和物を、約 1 g とり、その量を小数第 2 位まで記録する。
- ② これを 100 mL ビーカーに入れ、精製水(purified water) 約 10 mL を入れガラス棒でよく溶かす。
- ③ 塩化銅(II) 2水和物が完全に溶けたら、試験管に中身を移す。
- ④ 試験管に先端を折り曲げたアルミニウム棒を入れ、反応させる。  
※発熱するので注意すること。
- ⑤ アルミニウム棒の周りに動画析出したら、アルミニウム棒を軽く揺らして析出した銅をはがす。銅が析出しなくなるまで(溶液の青色が消えるまで)この操作を繰り返す。
- ⑥ 反応が終わったら、ロートを用いてろ過する。
- ⑦ 洗浄びんから精製水を 10 mL ほど口紙にかけ、銅を洗浄する。これを 2 回繰り返す。
- ⑧ さらに、エタノール 10 mL を口紙上にかける。  
※ろ液は廃液ビーカーに集める。
- ⑨ ろ紙を時計皿の上に広げて乾燥器に入れ、85 °Cで 30 分ほどよく乾燥させる。  
※時計皿は識別できるようにしておくこと。(出席番号)
- ⑩ 乾燥後、ろ紙と銅の質量を測定する。



### ⚠ 実験操作の減点項目

- ※劇物を扱うため、目線の位置は常に試験管よりも高い位置にする（減点される生徒が多い）
- ※膝をつかない
- ※操作を行うときは必ず両手で（減点される生徒が多い）
- ※できるだけ机の奥で実験を行う
- ※実験のためのスペースを確保する（余計なものを置かない）

## 5. 結果及び考察

① 方法②の色の変化の様子を記せ。

---



---

② 方法③の様子を記せ。(アルミ棒の様子、塩化銅水溶液の色)

アルミ棒を入れた直後

3分後	アルミ棒の様子	塩化銅水溶液の色
6分後	アルミ棒の様子	塩化銅水溶液の色
9分後	アルミ棒の様子	塩化銅水溶液の色
12分後	アルミ棒の様子	塩化銅水溶液の色
15分後	アルミ棒の様子	塩化銅水溶液の色
18分後	アルミ棒の様子	塩化銅水溶液の色
21分後	アルミ棒の様子	塩化銅水溶液の色

		自分のデータ	測定方法・計算式
A	電子天秤で測定した質量	g	電子天秤で測定する
B	塩化銅（II）の質量	g	$A \times 0.789$ (水の量を減じる)
C	乾燥したろ紙の質量	g	教員が電子天秤で測定する
D	ろ紙+生成した銅の質量	g	※A の電子天秤と同じものを使用する
E	生成した銅の質量	g	$D - C$
F	化合物の塩素の質量	g	$B - E$
G	Cu : Cl	1 :	E : F の比を求め、E を 1 とする
H	Cu : Cl (全体の平均)	1 :	クラス全体で算出する

(小数点 2 桁で記入する)

- ③ 自分のデータを用いて、塩化銅（II）の化学式（組成式）を求めなさい。化学式を求める際には、小数点2桁を四捨五入して計算しなさい。また計算の過程を文章で説明しなさい。（評価）

$$\text{Cu} = 63.5 \quad \text{Cl} = 35.5$$

求められた塩化銅の化学式：

Cu : Cl =

(物質量比)

- ④ 実験で求めた塩化銅（II）の化学式が、 $\text{Cu} : \text{Cl} = 1:2$  よりも誤差のある場合、その原因を実験操作などから、考察せよ。（評価）

## 6. 問題

- ① 以下の(1) (2) の事実より、水についての定比例の法則が成り立つことを確認せよ。

(1). 水素 0.50 g を燃焼すると、水 4.5 g を生じた。

(2). 酸化銅（II） 3.98 g に水素を反応させると、銅 3.18 g と水 0.90 g を生じた。

- ② 酸化アルミニウムの成分組成は、アルミニウム 52.9 %で、酸素が 47.1 %である。化学式を求めなさい。Al=27.0 O=16.0

---

---

---

---

- ③ 次の法則について調べよ。

(1). 質量保存の法則 (発見者 \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ 年)

---

---

---

---

(2). 倍数比例の法則 (発見者 \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ 年)

---

---

(3). 気体反応の法則 (発見者 \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ 年)

---

---

(4). アボガドロの法則 (発見者 \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ 年)

---

---

## 7. 参考文献

---

---

## 8. 評価（思考判断表現）

評価	評価基準
5	塩化銅（II）の化学式を求める過程が非常に具体的で、論理的かつ詳細に説明されている。
4	塩化銅（II）の化学式を求める過程が具体的で、論理的に説明されている。
3	塩化銅（II）の化学式を求める過程が一定の具体性を持ち、理解できる。
2	塩化銅（II）の化学式を求める過程が記述されているが、具体性に欠ける。
1	塩化銅（II）の化学式を求める過程がほとんど説明されていない。

## 9. 自己評価

評価項目	Yes← →No	評価の根拠を具体的に
実習テーマに関する基礎的な知識・技能を身に付けることができた。	4 3 2 1	
実験結果を科学的に考察し、学んだ知識を活用してレポートを作成することができた。	4 3 2 1	
テーマについて興味を持ち、最後まで諦めずに実習や課題に取り組むことができた。	4 3 2 1	