

15

米 6,000 粒 ～アボガドロ数を実感する～

化学と人間生活との
かわり

難易度	教材の入手日数	準備時間	実施時間
★☆☆	1 日	1 時間	50 分

物質の探究

目的と内容

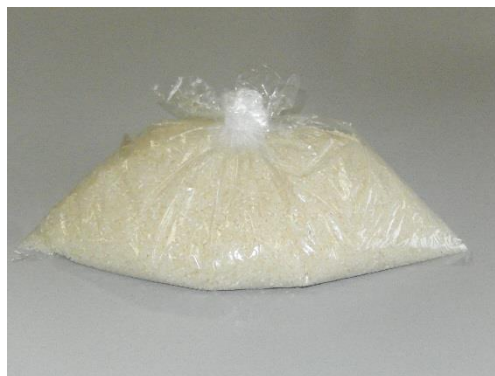
実際に粒子を数えることで、物質質量[mol]が数の単位であり、
便利な単位であることを実感する

物質の構成粒子

「物質質量と粒子数，質量，気体の体積との関係について理解すること」がこの単元の主なねらいである。

また、「粒子の数に基づく量の表し方である物質質量の概念を導入し，物質質量と質量，気体の体積との関係について理解させること」がねらいである。

ここでは，米など小さな粒子を数えることで， 6.02×10^{23} 個という想像し難い数をイメージできるようにするとともに，物質質量が数の単位であり，小さい粒子である原子，分子を扱う上で非常に便利な単位であることを実感する。



物質と化学結合

物質質量と化学反応式

既習事項

小学校：5年生の「物の溶け方」

中学校：1年生の「水溶液」

小学校では水に溶かす前と溶かした後の食塩の重さを調べる実験を行っている。

中学校では，コーヒーシュガーとデンプンの質量をはかった後，水に溶かし，再び質量をはかり過る実験を行っている。また，質量パーセント濃度についても学習しているが，苦手とする生徒が多い。

化学反応

巻末資料

留意点

【指導面】

○物質量について

物質を扱うとき、体積や質量で表すことが多い。しかし、化学変化は、物質の構成粒子が切り離されたり、結合したりすることによっておこるため、粒子の個数で表した方が都合がよい。一方、物質の構成粒子は非常に小さく、1個ずつ数えることはできない。また、私たちが日常取り扱う量の物質を構成する粒子の数は莫大であり（一般に1g～1kgの物質中に含まれる原子や分子の数は、 10^{22} ～ 10^{25} 個）、このまま取り扱うのは大変不便である。そこで、一定数の粒子の集団を単位として物質の量を扱う。その単位の集団の個数は炭素原子 ^{12}C の12g中に存在する原子の数 6.02×10^{23} が用いられる。この数値をアボガドロ数といい、この数の粒子の集団を1モル(mol)という。モルを単位として示された量を物質量という。

このように、化学的に便利な単位であるが、想像し難い数字、指数であることから、生徒にとっては厄介な単位である。しかし、今後化学を学習していくうえで必要不可欠な単位であることから、便利な単位であることを実感させる。

○生徒にとって身近な小さな粒子として米を用いる。米も普段、粒で考えることはなく、ご飯を炊くときは「合」や「升」という単位を用いる。これらのことから、日常生活でも便利な単位を使用しており、物質量もそれと同じであると感じさせる。

○この実験について

莫大な数をはかりとるとき、1つずつ数えるのは困難である。そのとき、1粒の質量が分かれば、質量ではかりとることができる。ただし、このとき、「1粒の質量は全て同じである」という前提が必要である。原子はその種類によって質量は一定であり、このことから、質量によってはかりとることができる。

【安全面】

なし

【後処理】

なし

導 入

【ポイント】

- 物質量について興味・関心を高める。
- 粒子で考えることを印象付ける。

【導入例】

○1 mol の気体を発生させ、その中に 6.02×10^{23} 個の分子があることを想像させる。

70L の透明な袋を用意し、炭酸水素ナトリウムとクエン酸を入れ、袋からできるだけ空気を除き、そこに水を少量加え、袋の口を密閉させる。反応が終了すると室温でおよそ24L (1 mol) の二酸化炭素が発生する。その中に 6.02×10^{23} の二酸化炭素分子があることを想像させる。

○「合」という単位がなく、「米、20,000粒炊いて」と言われたら、どうなるかと発問する。

◎準備

準備の流れ

1ヶ月前～

(発注, 調製, 代替の検討時間含む)

- 材料の準備
- 実験室の備品確認

～前日

- 材料の確認

当日

- 器具・教材の分配

必要な材料・器具・薬品

準備で必要なもの

なし

当日必要なもの

[器具] 電子天秤, メスシリンダー, 計量カップ

[材料] 米, 大豆, 小豆, ゴマ, ビーズ, 輪ゴムなど

☆教材の入手方法

すべてスーパーマーケット等で購入できる。

また, 生徒に持ってこさせてもよい。

当日のセット

☆生徒用

[器具]

- 電子天秤 1台
- メスシリンダー サイズの異なるもの数個
- 計量カップ サイズの異なるもの数個
- ビニール袋

[薬品]

- 米など

電子天秤は必須であるが, それ以外は体積や質量をはかれるものであればなんでもよい。各班に配ってもよいし, 教卓上に何個かずつ置き, 生徒が必要に応じて使用する形でもよい。

材料は粒の小さいもので, 6,000個以上確保できるものであれば他のものでもよい。班ごとに異なるものにしてもよい。

★教員用

- 生徒用と同じもの

(1) 前日まで

○材料や器具の確認・調達を行う。

(2) 実験当日

○材料や器具の分配を行う。

◎観察，実験

観察，実験の流れ

- 導入（10分）
 - *導入を参照
 - *目的を理解させる
- 観察，実験（15分）
 - *実験の手順の指導
 - ・適当な器具を選び，それぞれの粒子 6,000 個をはかりとる
 - *グループで協力して行うように指導する
 - *机間巡視を行いながら，生徒への実験のアドバイスや注意を促す
- 考察（10分）
 - *グループごとに発表し，前提となっていることやアボガドロ数について考えさせる
- 授業のまとめ（10分）
- 後片付け（5分）

手順 時間のめど（およそ 10 分）

- ① グループごとに方法を考えて，コメや大豆などそれぞれ 6,000 粒を袋に取る。
 - 例 1 10 粒の質量をはかり，その 60 倍の質量をはかりとる。
 - 例 2 何粒かまとめて質量をはかり，1 粒の質量を計算で出す。それから 6,000 粒の質量を計算し，はかりとる。
 - 例 3 1 カップの粒子の数を数え，6,000 粒では何カップ必要か計算し，はかりとる。
- ② グループごとに 6,000 粒を見せ，どのようにして 6,000 粒にしたかを発表する。
- ③ 6,000 粒を数える以外の方法ではかりとった場合は，そこにある「前提」は何か考えさせる。
 - 例 1 質量ではかりとった場合は，「粒子 1 粒の質量が全て同じである」という前提がある。
 - 例 2 体積ではかりとった場合は，「粒子 1 粒の占める体積は全て同じである」という前提がある。
- ④ アボガドロ数 6.02×10^{23} は，はかりとったものの 10^{20} 倍であることから，莫大さを実感する。

考 察

「この実験から分かったことは何か」など考察させ，プリントに記入もしくは発表させる。

まとめ

以下の視点を参考に，まとめを行う。

- ① 物質量が数の単位であることが分かった。
- ② 物質量は便利な単位であることが分かった。

後片付け

すべてそのまま回収するよう指示する。

失敗例

●なし

別 法

別法① ステアリン酸によるアボガドロ定数の測定

親水基と疎水基の両方をもつステアリン酸はベンゼンに溶かして水に滴下すると、水面上に分子が隙間なく一層に並ぶ。これを利用して測定する。

ア ステアリン酸 0.030g をベンゼンに溶かして 100mL の溶液 (A液) を作る。

イ シャーレに蒸留水を入れ、その水面を覆うように墨汁やチョークの粉を加え、静置する。

ウ A液を 1 mL のホールピペットに取り (安全ピペッターを用いる)、ビーカーに数を数えながら滴下する。1 mL の滴下数から、1 滴が何 mL か求める。

エ 再びA液をウと同様のホールピペットに取り、イのシャーレに 1 滴滴下する。しばらく置くとベンゼンのみ蒸発し、ステアリン酸の単分子膜となる。このとき、ステアリン酸が水面上の墨汁やチョークの粉を押しよけるため、シャーレの中央に透明の部分が表れる。

オ 水面上に方眼紙を置くか、透明フィルムをのせて、透明な部分の体積をはかる。

カ ステアリン酸 1 分子が占める面積を $2.2 \times 10^{-15} \text{cm}^2$ として、オから 1 滴に含まれるステアリン酸の分子の数を計算する。

キ 1 滴の体積とモル濃度から、1 滴に含まれるステアリン酸の物質量を求める。

ク カとキから 1 mol に含まれるステアリン酸分子が何個か計算する。

別法② 身近な単体を用いて粒子の数を計算し、アボガドロ数を実感する。

1 円玉 (Al), 水 (H₂O), 角砂糖 (C₁₂H₂₂O₁₁), 鉄釘 (Fe) など

例 1 円玉は 1 個約 1 g である。Al の分子量は 27 であるから、27 枚で 1 mol となり、1 円玉 27 枚中に 6.02×10^{23} 個の Al 原子があることになる。もしくは、1 円玉には $6.02/27 \times 10^{23}$ 個 (約 2.23×10^{22} 個) の Al 原子が含まれている。

別法③ 金属結晶の単位格子を利用してアボガドロ数を求める。

100mL メスシリンダーに 50mL 程度水を取り、目盛りを正確に読む。ここに、1 円玉 27 枚、つまり 1 mol を加え、そのときの目盛りを正確に読み、体積を求める。アルミニウムの結晶格子は 1 辺が $4.04 \times 10^{-8} \text{cm}$ の立方体で原子が 4 個含まれる。このことから、アボガドロ数を求める。