

# 墨汁を固めて触ってみよう

島田 賢知 ・ 種田 将嗣

## 1. はじめに

小学校の書写の授業でも使ったことがある墨汁を使った、おうちでできる実験です。墨汁は水に炭を溶かしたのですが、その墨汁を固めてみるとどのような感触になるのでしょうか。炭だから硬くなるのでしょうか？それとも柔らかくなるのでしょうか？今回の実験では「塩析」という操作を用いて、墨汁から水を抜いて固めて観察したり触ったりしてみましよう。

### ☆注意

- ・実験中は手袋をつけましよう。
- ・実験後には手を洗いましよう。

## 2. 用意するもの

・コップ(小と大を1つずつ) ・重曹 5g ・墨汁 30 mL ・コーヒーフィルター

## 3. 実験手順

### [実験 1] 炭酸ナトリウムの合成

- ① 市販の重曹(5g)を用意して、フライパンで加熱します。
- ② 3分ほど熱したら、お皿に移して少し冷まします。この時、重曹が炭酸ナトリウムという別の物質に変化しています。(粉末はととも熱くなっています！気を付けましよう！)

### [実験 2] 塩析

- ① 墨汁を 30mL ほどコップ(小)に注ぎます。
- ② 実験 1 でお皿に移しておいた炭酸ナトリウムを、少しずつ加えながら混ぜていきます。
- ③ 墨汁が固まってきたら、それ以上炭酸ナトリウムは加えずにしっかり混ぜた後、放置します。しばらく放置すると、墨汁が分離していく様子を観察できます。
- ④ コーヒーフィルターを大きいコップにセットして、そこに墨汁を加えていきます。(図 1)
- ⑤ 墨汁がろ過されて、コップに水溶液が出てきます。ろ液の様子を観察ましよう。そして、コーヒーフィルターの上には**墨汁の塊(かたまり)**が残ります。



コーヒーフィルターはセロハンテープで固定ましよう

図 1. コーヒーフィルターの使い方

- ⑥ コーヒーフィルターの上に残った墨汁の塊を、キッチンペーパーの上に出して水分を取りましょう。
- ⑦ 取り出した墨汁の塊を触ってみましょう。どのような触り心地でしょうか。

<参考>

☆炭酸ナトリウムの生成

実験 1 で重曹を加熱しましたね。このときの反応は、以下の化学反応式で表されます。



これは、中学の教科書にも載っていますね。この反応では重曹、すなわち炭酸水素ナトリウム( $\text{NaHCO}_3$ )を熱することで、炭酸ナトリウム( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )が生成されています。

☆重曹ではなく炭酸ナトリウムが必要だった理由

墨汁を固めるためには、**陰イオン**を入れなければなりません。イオンというのは原子がプラスやマイナスの電気を帯びている状態のことで、**陰イオンはマイナスの電気**を帯びています。陽イオンは、プラスの電気を帯びています。重曹は炭酸水素ナトリウムであるため、水溶液中では以下のように、陽イオンと陰イオンに分かれます。



**$\text{HCO}_3^-$  はマイナスが一つ**しかないため、一価の陰イオンとよばれます。このように、物質が陽イオンと陰イオンになることを、電離といいます。

では、炭酸ナトリウムについて考えてみましょう。炭酸ナトリウムは、以下のようにイオンに分かれます。



**$\text{CO}_3^{2-}$  はマイナスが二つ**あるため、これを二価の陰イオンとよびます。

じつは、一価の陰イオンと二価の陰イオンを比べると、**墨汁を固める効果は二価の陰イオンの方が一価の陰イオンよりも数十倍強いのです**。だから、重曹を熱して  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  に変える必要があったのですね。

☆なぜ墨汁は固まったのか

墨汁をそのままコーヒーフィルターでろ過しても、墨汁はそのまま下に流れ出していきます。これは、墨汁の粒がコーヒーフィルターの「目の細かさ」よりも小さく、コーヒーフィルターをすり抜けてしまうからです。

実験 2 で行ったように、**炭酸ナトリウムを加えると墨汁の粒が固まるため、水だけがコーヒーフィルターを通過していきます**。では、なぜ炭酸ナトリウムで墨汁が固まるのでしょうか。

墨汁が黒く見えているのは、水溶液中に黒い細かな粒が浮いているからです。そして、この粒の正体は炭素の粒子なのです。炭素といえば、鉛筆の芯や消し炭のように黒いイメージがありますね。こういったものを水に溶かしたものが、墨汁の正体です。しかし、炭素は「疎水性」という性質があり、水と相性がよくない物質です。もし炭素の粒子をそのまま水の中に

入れたとすると、炭素粒子は水と触れ合いたくないので、水を避けるように粒子どうして集まって固まって沈んでしまい、墨汁のように黒く広がることができません。

では、墨汁ではなぜ炭素粒子が集まって沈殿しないのかというと、粒子同士で集まることを防ぐために「膠(にかわ)」といったたんぱく質が加えられているからです。膠は炭素と水の両方と相性が良く、炭素と仲がいいほうを炭素に向けて炭素粒子を取り囲みます。この時、水と仲がいいほうを外側、つまり水のほうに向けることで、水に取り囲まれた状態でも粒子が存在できるようになります(図2)。

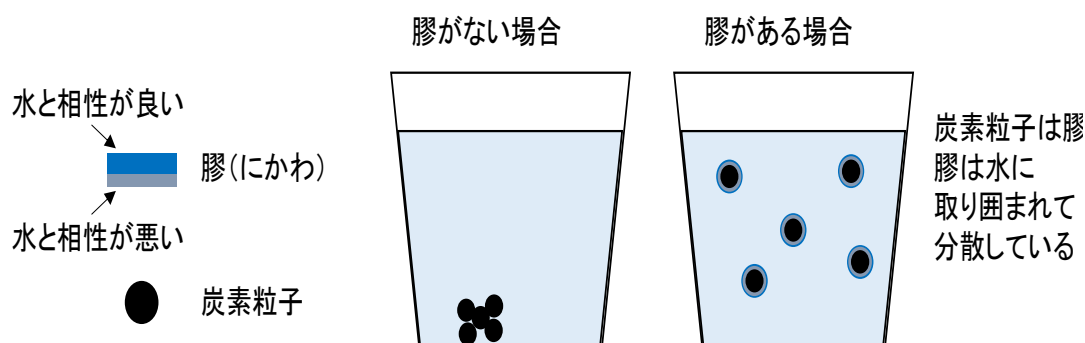


図2. 水の中の炭素粒子: 膠がある場合(左)とない場合(右)

図2にあるように膠に取り囲まれた炭素粒子が水中に分散しているとき、膠は水分子に取り囲まれています。ところで、塩化ナトリウムなどの電解質は、水にととてもよく溶けますね。この「溶ける」という現象は、物質が水に取り囲まれることによって起こります。陽イオン、陰イオンのような電気を帯びているものは水にととても仲が良く、水はイオンを取り囲もうとします。そして、その電気の偏りが大きいほど、より水と仲が良くなります。水にととても仲の良いイオンを大量に加えると、膠を取り囲んでいた水は、膠よりも仲の良いイオンを取り囲もうとするため、膠を取り囲むことをやめてしまいます。このとき、膠は水に取り囲まれず、つまり「溶けていない」状態になり、粒子が集まって固まります。そして、水と仲がよい表面を持っているために、水を含んで固まろうとします。これが、実験2で取り出したものの感触の秘密です。(最近の墨汁では、膠の代わりにポリビニルアルコールという合成樹脂を加えたものもあります。)

さて、墨汁は電解質を加えると沈むということがわかりましたね。ということは、墨汁が沈むかどうかで、その物質が電解質かどうかを判断できるということになります。砂糖や小麦粉など、家にある粉状の物質を加えてみて、墨汁が沈むかどうかを観察してみましょう。また、炭酸水素ナトリウムと炭酸ナトリウムで、墨汁が沈殿する様子の違いを見てみても面白いと思います。簡単な実験なので、ぜひ試してみてくださいね。

### ☆塩析

このように、水と仲が良くないものを膠のようなもので取り囲んだ状態のところ、大量の電解質を加えて固めることを「塩析」といいます。豆腐の作り方に密接にかかわっています。豆腐の手触りと比べて、どうだったでしょうか？