

塩化ナトリウムの結晶について

1年B組 鈴木 里緒

1年B組 松森 晴香

1年B組 内藤 遙奏

1年B組 長砂 拓実

指導教員 鵜飼 哲真

1. 概要

食塩の主成分である塩化ナトリウムの水溶液をシャーレに入れ、ゆっくり時間をかけて水分を蒸発させると、塩化ナトリウムの結晶が析出する。塩化ナトリウム水溶液を用意し、蒸発による結晶作りを行ったところ、正方形やピラミッド形の構造の他に、六角形の結晶が確認された。

キーワード 再結晶 塩化ナトリウム 結晶構造 ミョウバン

2. はじめに

中学1年の理科の授業で、水に溶けている物質から固体をとりだす「再結晶」について学習した。ミョウバンや硝酸カリウムは温度による溶解度の差が大きいため、温めた飽和水溶液をゆっくり冷やすことで、大きな結晶を取り出すことができる。一方で、塩化ナトリウムは温度による溶解度の差が小さいため、上記の方法で大きな結晶を取り出すことはできない。そのため、水溶液の水分を蒸発させて結晶を取り出すのが一般的な方法である。

今回の実験では、蒸発による塩化ナトリウムの結晶づくりを行い、種結晶を入れたときと、そうでないときで結晶の大きさや形に違いが見られるか、調べることにした。

3. 実験方法

(1) 種結晶を用いた再結晶

塩化ナトリウムの粉末を純水に溶かし、濃度約9%の塩化ナトリウム水溶液を

30mL 作った。この水溶液をシャーレに移し、5mm 四方の塩化ナトリウムの種結晶をいくつか入れ、ふたをせずに室内（気温10～20℃）で1週間放置し、水分を蒸発させた。水分がすべて蒸発した後、シャーレに残った結晶を観察した。

(2) 種結晶を使わない再結晶

実験(1)と同様に、濃度約3%の塩化ナトリウム水溶液50mLをシャーレに入れ、種結晶を入れずに水分を蒸発させた。

4. 結果と考察

実験(1)と(2)で、シャーレにできた塩化ナトリウムの結晶を図1と図2に示す。



図1 実験(1)の結晶



図2 実験(2)の結晶

実験(1)では、大きめの結晶がいくつかできた。図1を拡大して見ると、きれいな板状の正方形であることがわかる(図3)。

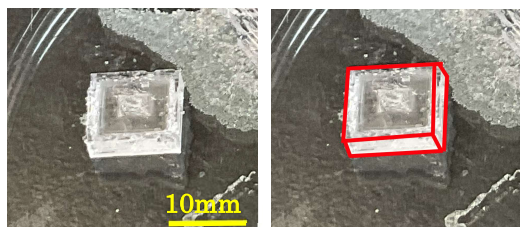


図3 実験(1)の結晶を拡大したようす

公益財団法人塩事業センターのホームページによると、塩化ナトリウムを主成分とする食塩の結晶の基本の形はサイコロ状(正六面体)であると紹介されている¹⁾。しかしながら、成長するときの環境や、条件の違いによってさまざまな形の結晶ができるようだ。今回できた塩化ナトリウムの結晶は、横方向にうすく広がった板状の構造になっていた。種結晶が重さで底に沈んだため、下方向に成長できなくなり、逆側である上方向にもなかなか成長できず、横方向に広く成長した板状になったと考えられる(図4)。

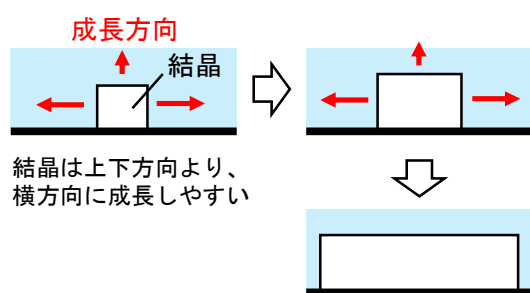


図4 結晶が板状に広がっていくようす

実験(2)では小さな結晶がたくさん現れた。図2を拡大して見ると、主にピラミッド形の結晶と六角形の板状の結晶が見られた(図5)。

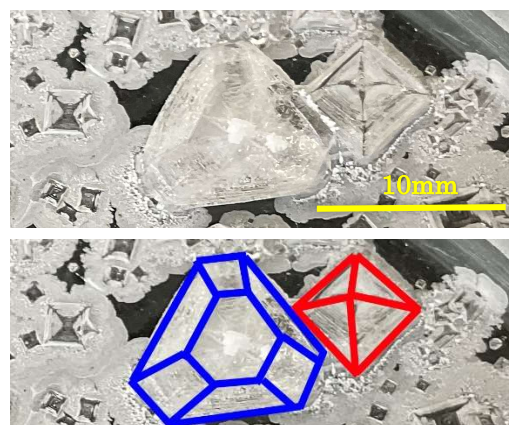


図5 実験(2)の結晶を拡大したようす

実験(2)では種結晶がないため、1つの結晶が大きくなるのではなく、広い範囲で小さな結晶がたくさん現れた。水溶液の濃度が小さかったため、水分がたくさん蒸発するまで結晶が析出せず、結晶が出始めるころには水面の高さが非常に低くなっていた。さらに水分の蒸発が進むと、水面は徐々に下がっていくため、上方向にはあまり成長できず、底の方だけが最後まで成長して広がっていく。その結果、ピラミッド形になったと考えられる(図6)。

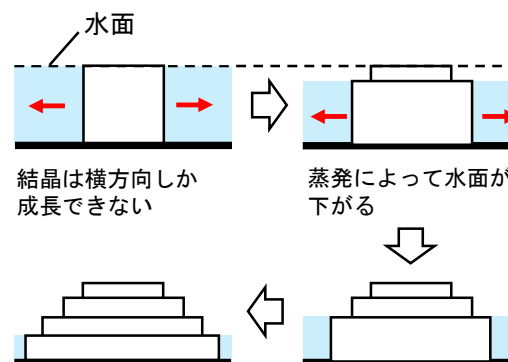
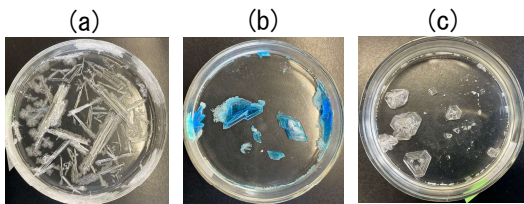


図6 結晶がピラミッド形になるようす

また実験(1)の再結晶では、小さな結晶が核となって大きく成長していったが、実験(2)では水溶液の濃度が小さいため、核となる結晶がなかなか現れず、小さい結晶がた

くさんできてしまったと考えられる。

実験(2)で確認された六角形の板状の結晶については、詳しい報告例が見つからず、なぜこのような形になったのか疑問である。そこで、他の物質でも同様の実験を行い、六角形の結晶ができないか、調べてみた。その結果を図7に示す。



(a)硝酸カリウム (b)硫酸銅(II)五水和物 (c)カリミョウバン

図7 蒸発による再結晶の結果

教科書や資料集²⁻³⁾では、(a)硝酸カリウムは細長い柱状、(b)硫酸銅(II)五水和物は平行四辺形の結晶であることが記載されており、実験結果においても同様であることが確認された。一方、(c)カリミョウバンの結晶は八面体構造(図8)が広く知られているが、今回の実験では図5の塩化ナトリウムとよく似た、六角形の結晶になった(図9)。



図8 八面体のカリミョウバン結晶

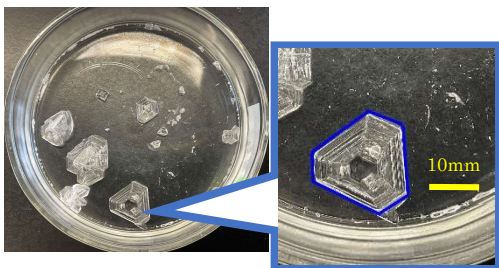


図9 六角形のカリミョウバンの結晶

カリミョウバンは温度による溶解度の差

が大きいため、一般的には、温めた飽和水溶液の中に小さな結晶の核を入れ、ゆっくり冷やすことで再結晶する。文献によると、八面体を構成するそれぞれの面は、六角形が成長することで段階的に三角形へと近づき、八面体の構造になっていく⁴⁾。

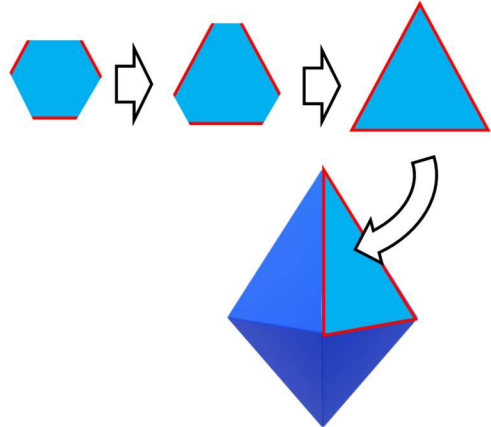


図10 ミョウバンの八面体構造ができるようす

今回、六角形の結晶ができたのは、水分の蒸発により、八面体になる前に結晶の成長がとまってしまったからと考えられる。

塩化ナトリウムの結晶においても、成長中に水分が蒸発したことで、不完全な形となって現れた可能性がある。そこで、発泡スチロール球を用いて、塩化ナトリウムの結晶が成長するようすをシミュレーションしてみた(図11)。

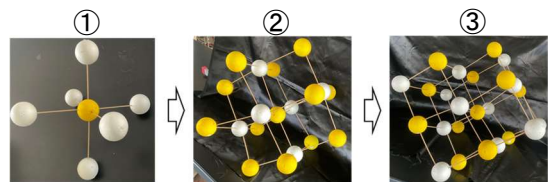


図11 塩化ナトリウムの結晶が成長するようす(シミュレーション)

黄色の球が Na^+ 、白色の球が Cl^-

図11において、黄色の球は正の電荷を帯びたナトリウムイオン Na^+ 、白色の球が負

の電荷を帯びた塩化物イオン Cl^- を表している。図 11-①のように、正の電荷をもつ Na^+ (黄) の周りには Cl^- (白) が集まってくると考えられる。次に図 11-②のように、 Cl^- (白) の周りに Na^+ (黄) が集まり、黄と白が交互に並びながら成長していくとする。図 11-③において、上部の球が水面にあるとすると、それより上方には成長できなくなる (図 12)。

ここが水面とすると、これより上に球は増えない (成長できない)

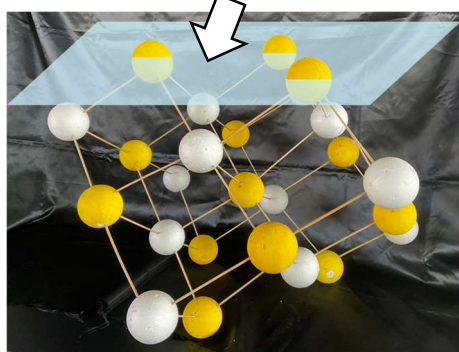


図 12 結晶が水面まで成長したときの様子 (図 11-③の拡大図)

したがって、結晶は横に成長し、図 13 のようになると考えられる。

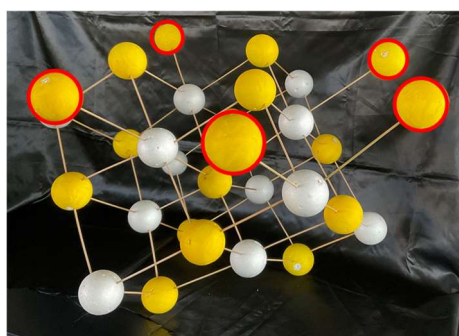


図 13 結晶が横に成長していくようす (赤丸は、図 11-③から新たに増えた球)

ここで、図 13 の上方 (水面) にある 6 つの Na^+ (黄) に着目するため、それらを青色の球と置き換えてみた (図 14)。

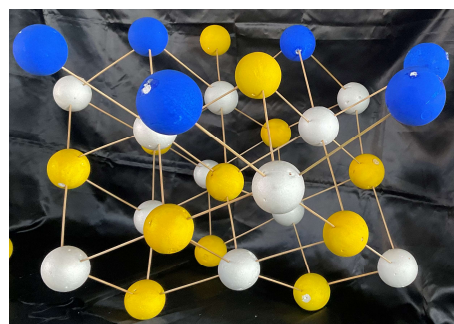


図 14 水面にある Na^+ (青球)

図 14 を上からのぞきこんで見ると、青球は図 15 のような配置になっており、これらを線で結ぶと六角形の面になっていることがわかる。

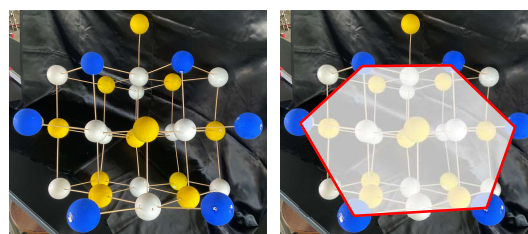


図 15 上からのぞきこんだ図 14 のようす

以上のしくみにより、塩化ナトリウムの結晶が水面で成長できなくなると、六角形の面が現れると考えられる。

5. まとめ

塩化ナトリウムの結晶には、正方形やピラミッド形の他に、六角形の結晶が確認された。六角形の構造については教科書などでも紹介されておらず、なぜこのような構造になるかわからないため、今後も調査を続けていきたい。

引用文献

- 1) 塩百科 (公益財団法人 塩事業センター)
<https://www.shiojigyo.com/siohyakka/>
- 2) 中学校科学 1. 学校図書, (2023) 89-95
- 3) 最新理科便覧. 浜島書店, (2020) 206-207
- 4) Cai Y. Ma, et al., *Powder Technology*. 227(2012)96-103.