

# 結晶の美学

研究者 神崎 慎二 田口 俊樹  
安江 晶野 渡邊 洋一  
指導者 森田 純子

## 1. 研究の動機

私たちは、教科書やテレビで、結晶というものを目にしていたが、本格的に作った事はなかった。そこで、自らの手でとても美しく大きな結晶を作りたかったため、また、どうしてそれぞれ違った形の結晶ができるのか、作り方によって透明度や大きさへの影響はあるのかを知りたくて、このテーマで研究することにした。

## 2. 研究内容

- (1) 硫酸銅、ミョウバン、チオ硫酸ナトリウムの3つで、巨大で美しい結晶を作り、観察、考察をする。インターネットなどの資料で結晶について調べる。
- (2) それぞれ必要な器具を用意し、硫酸銅、ミョウバン、チオ硫酸ナトリウム、を作る。

## 3. 実験・考察

### 硫酸アルミニウムカリウム(ミョウバン)

#### 準備

- (器具) ビーカー・蒸留水・ろうと・三角フラスコ・ろ紙・ガスバーナー・シャーレ・ガラスの容器  
(薬品) 硫酸アルミニウムカリウム(ミョウバン)

#### 実験方法

今回は、文献等で調べた結果、一番きれいにできる密度拡散法という方法でやってみた。

- ※密度拡散法の説明 ○種結晶を入れる温度 再結晶が始まる温度より 3℃高い温度のとき  
○種結晶の位置は水槽の水の水面より下にくるように

- ① 蒸留水 100 ml にミョウバン 20 g を入れてガスバーナーで加熱し溶かす。それをろ過し、シャーレに入れて 1 日置く。
- ② シャーレにできた結晶(種結晶)の中で綺麗なものを取り出す。
- ③ 0. 8 号釣り糸で種結晶をしばる。
- ④ 1 l の蒸留水に 200 g のミョウバンを入れて溶かし(蒸留水やミョウバンの量はおおざっぱでよい) 1 日以上置く
- ⑤ 長細いガラスの容器に 4 で作った液を入れ、ストッキングにいらぬ種結晶を入れて図のような装置を作る。
- ⑥ この装置で、気温による非均等な温度変化と、水槽の中に入れてある程度一定な温度の変化に分けて観察。

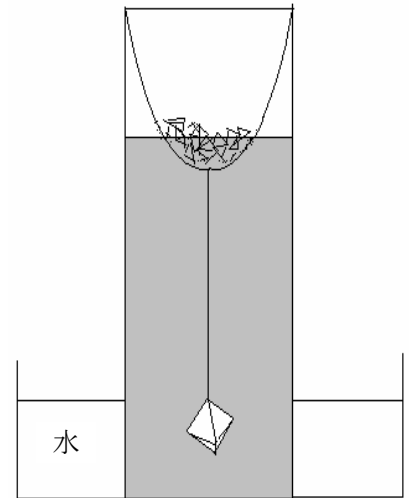
## 水槽に入れた場合

### 結晶の作り方

ストッキングに入った種結晶が溶け、下におりていく。  
下のほうは水により、気温より2~3℃低くなっているため、溶けた結晶が吊るした種結晶あたりで再び結晶に戻り、(再結晶) だんだんと大きくなっていく。

### 結果

実験装置を作った次の日には幅6mmの種結晶が15mmに成長し、だんだん成長するスピードが遅くなって、1ヵ月たって、横幅23mm高さ28mmにまで大きくなった。時間がたったら多少結晶にヒビが入ったがほぼ透明の8面体に近い形になった。



## 水槽に入れない場合

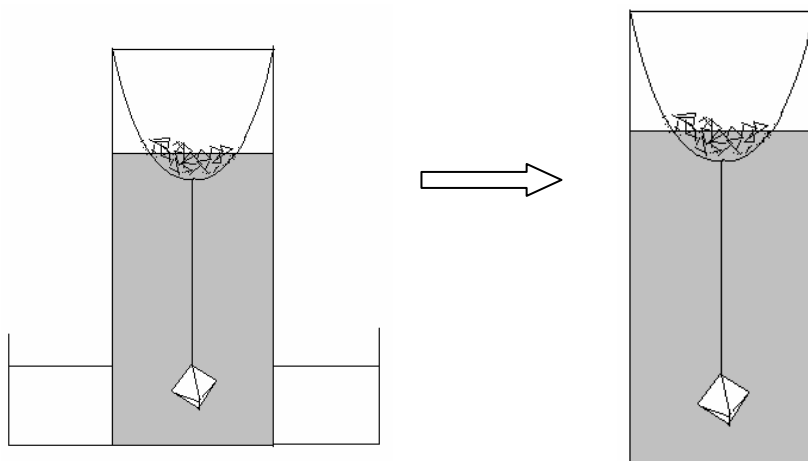
密度拡散法では水槽に結晶が吊るされたガラスの容器を入れたのだが、今回はそのガラスの容器を水槽から出してしてみた。

### 理由

温度変化によって再結晶が起こり、結晶が大きくなる

⇒その温度変化が水槽に入れたものより大きかったら結晶は早く大きく成長する

では、温度変化を激しくするには → 水槽からガラスの容器を出せばいいと、言うわけで下の図のように水槽からガラスの容器を出して研究してみた。



## 水槽に入れない場合の結晶のでき方

昼などに温まったミョウバン溶液に補充してある結晶が溶け、夜に近づくにつれ溶液が冷えていき結晶を大きくさせる。

昼夜の温度変化が大きくなればなるほど再結晶の量は多くなる

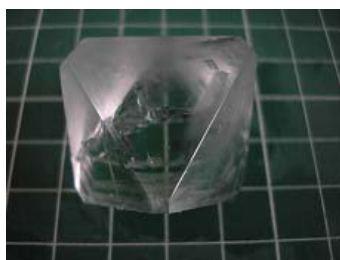
⇒種結晶も大きくなる

## 結果

思った通り結晶は日に日に大きくなり水槽に入れた実験の結晶の大きさを超えた。

⇒短期間で成長する

結晶は大きく早く成長はするが再結晶の時、粗い結晶が種に付いてしまい透明度は低くヒビが入る可能性が高い。



重さ

ヒビあり 25.16 g

一辺

3 cm

ヒビなし 28.633 g

3.5 cm

## 水槽に入れたものとの違い

水槽に入れたほうはガラス容器内の温度変化がゆっくりで、再結晶の時、種に粗い結晶がつきにくく透明で綺麗な結晶が得られやすい。

水槽に入れないほうはガラス内の温度変化が大きく一定ではないので、再結晶の時どうしても粗い結晶が付いてしまい半透明な結晶になる。だが、半透明ではあるが成長が早い。

まとめると

水槽に入れたものは、ゆっくり成長して結晶は透明で綺麗

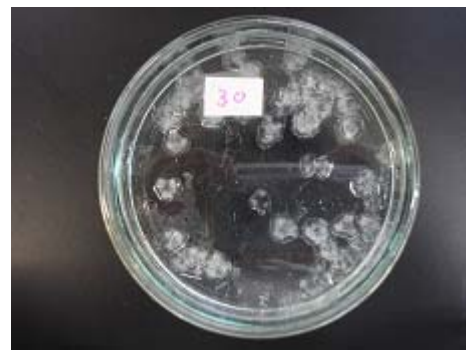
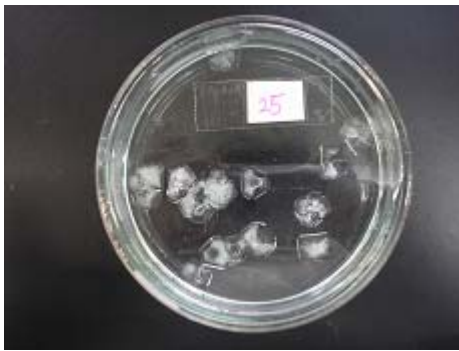
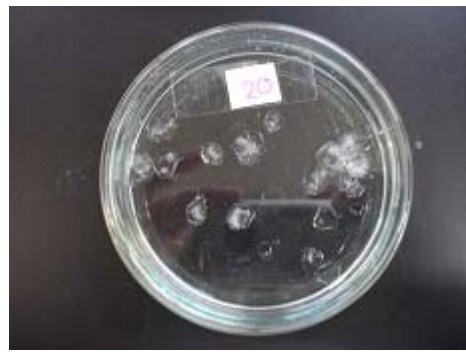
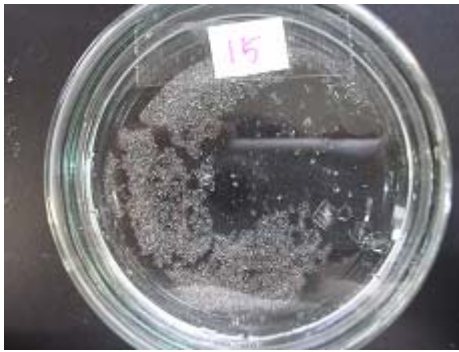
水槽に入れないものは、はやく成長するが結晶は半透明

## ミョウバンの種結晶について

ミョウバンの量によって、種結晶のでき方は変化するのか調べてみた。

蒸留水100mlに、ミョウバン15g、20g、25g、30gをビーカーに入れて、ガスバーナーで溶かし、シャーレに入れて一晩置いた後、でき方を観察する

結果



- 15g 細かい結晶がたくさんでき、とても種結晶にできる状態ではなかった。
- 20g ほぼ透明の、形のいいものができた。
- 25g 少し濁ったが、形はいいものができた。少し結晶同士がくっついた。
- 30g たくさんできすぎて、結晶と結晶がくっついてしまっていた。透明度もない。

このことより、100mlに20gのミョウバンを入れるのが一番いい種結晶が取り出せることがわかった。

種結晶をつくる時の温度変化の大きさによっても種結晶は変わるかを調べてみた。

できの良かった20g、25gで、①発泡スチロールの中にシャーレをいれてゆっくり冷やす、②冷蔵庫で急激に冷やす。

結果

- ① 一つの大きな結晶ができた。
- ② 細かく、かき氷のような結晶ができた。

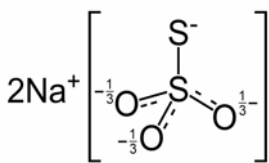
以上の結果より、100mlにミョウバン20g溶かし、常温で自然に冷やした種結晶が一番できがいいことが分かった。

## チオ硫酸ナトリウムの結晶

### 準備

(器具) ビーカー・ガラス棒・ガスバーナー・マッチ・割り箸・ラップ

(薬品) チオ硫酸ナトリウム {五水和物 ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )}



水への融解度 41.2 g / 100ml (20°C)

融点 48°C

### 実験

(1) チオ硫酸ナトリウムの結晶を作る。

方法 チオ硫酸ナトリウムをビーカーに適量入れ、沸騰しない程度に過熱し一晩置いておく。  
(チオ硫酸ナトリウムは五水和物であり、蒸留水に溶かさなくとも溶液となる。)

結果 一晩経過しても結晶は現れなかった。

考察 (1)の実験で結晶が現れなかった原因を調べてみた。

チオ硫酸ナトリウムは食塩等と同じ塩の一種でイオン結合をしている。一般的にイオン結晶は融点が高い。だが水和物の場合には例外があり、チオ硫酸ナトリウムの場合には48°Cである。そのため溶液を冷却しても種結晶がないと過冷却になってしまい、液体のままでは結晶が析出しないということらしい。そこで種結晶を入れてみた。

(2) チオ硫酸ナトリウムの急速結晶化

方法 (1)で作った溶液にチオ硫酸ナトリウムを一粒入れる。

結果 一瞬にして結晶が析出した。

考察 結晶を大きくするためにはゆっくりと結晶を作る必要があるが、チオ硫酸ナトリウムは急速に結晶化してしまうため、大きな結晶を作るのは不可能である。



投入前



投入後

## 硫酸銅・五水和物の結晶

### 準備

(器具)ビーカー・シャーレ・ガラス棒・サランラップ・ピンセット・ガスバーナー

(薬品)硫酸銅・五水和物( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )

### 実験方法と結果

#### 実験 1

- ① ビーカーに蒸留水を入れ、蒸留水を沸騰させ硫酸銅を溶けきらなくなるまで入れる。  
(飽和水溶液の作成)
- ② ビーカーからシャーレに移し、ラップをして室温で置いておく。(種結晶の作成)
- ③ シャーレの中に平行四辺形の結晶ができたなら、その中から形がきれいで単体で存在している結晶をろ紙に取り出す。
- ④ ビーカーに蒸留水を入れ、ガスバーナーで熱しながら硫酸銅を入れていき、水 100ml に 40g の硫酸銅を溶かした水溶液を作る。
- ⑤ シャーレに移し、常温で冷まし、常温と等しい温度になったら種結晶を間隔が等しくなるように置き、上からラップを被せ常温で保存しておく。
- ⑥ 室温、結晶と結晶の間隔に気を付けながら静かに待つ。
- ⑦ 定期的に種結晶が 1 cm くらいかぶる程度に硫酸銅水溶液を足す。

#### 実験 1 結果

②の作業で種結晶にならず、失敗

理由 飽和水溶液の温度が急激に下がったため、集合して結晶にならず、個々で結晶になってしまったため  
温度を上げて硫酸銅を溶かしていたため、常温の飽和水溶液より多く溶けてしまったため

#### 実験 2

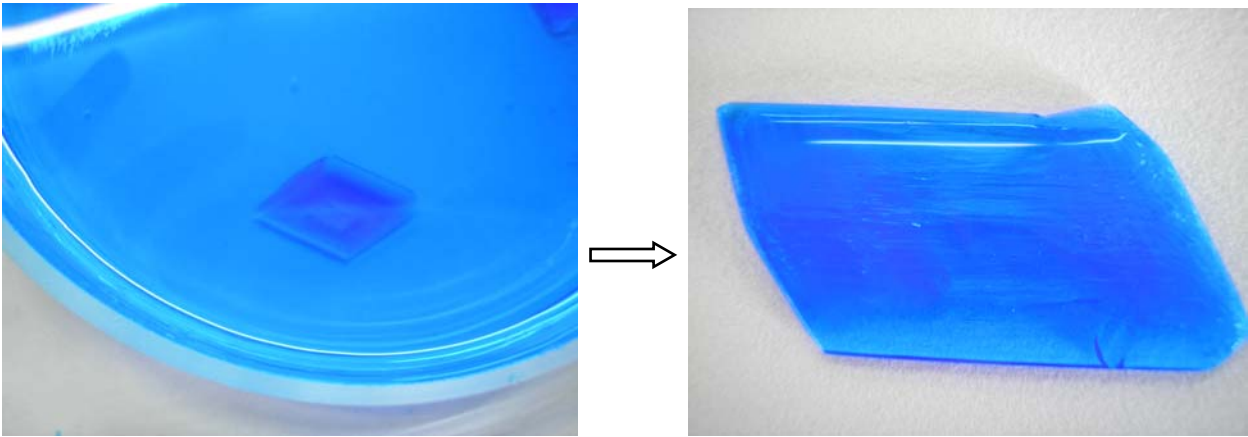
- ① 実験 1 の常温状態の水溶液をろ過し、飽和水溶液にする。
- ② ①をシャーレに移し、ラップをして室温で置いておく。(種結晶の作成)
- ③ シャーレの中に平行四辺形の結晶ができたなら、その中から形がきれいで単体で存在している結晶をろ紙に取り出す。
- ④ ビーカーに蒸留水を入れ、ガスバーナーで熱しながら硫酸銅を入れていき、水 100ml に 40g の硫酸銅を溶かした水溶液を作る。
- ⑤ シャーレに移し、常温で冷まし、常温と等しい温度になったら種結晶を間隔が等しくなるように置き、上からラップを被せ常温で保存しておく。
- ⑥ 室温、結晶と結晶の間隔に気を付けながら静かに待つ。
- ⑦ 定期的に種結晶が 1 cm くらいかぶる程度に硫酸銅水溶液を足す。

## 実験 2 結果

②の作業で種結晶ができる。

種結晶 (0.5 cm × 0.4 cm)

180 日後 (8.0 cm × 5.5 cm)



### 硫酸銅の種結晶が大きくなった理由

硫酸銅水溶液の水分が蒸発することにより水溶液中の濃度が上がり、濃くなった分が種結晶と結合し、それが繰り返されることで大きくなる。

## 結成と構造について

結晶学上では、鉱物が形成する結晶の姿を次の7つに分類している。等軸（立方）晶系、正方晶系、六方晶系、三方晶系、斜方晶系、単斜晶系、三斜晶系。

### ①、等軸晶系・・・ミョウバン、塩化ナトリウムなど

3本の結晶軸がすべて同じ長さを持ち、互いにそれぞれ直角に交わっている。  
典型的な結晶系は、立方体、正八面体、斜方十二面体など。

### ②、単斜晶系・・・チオ硫酸ナトリウムなど単斜晶系

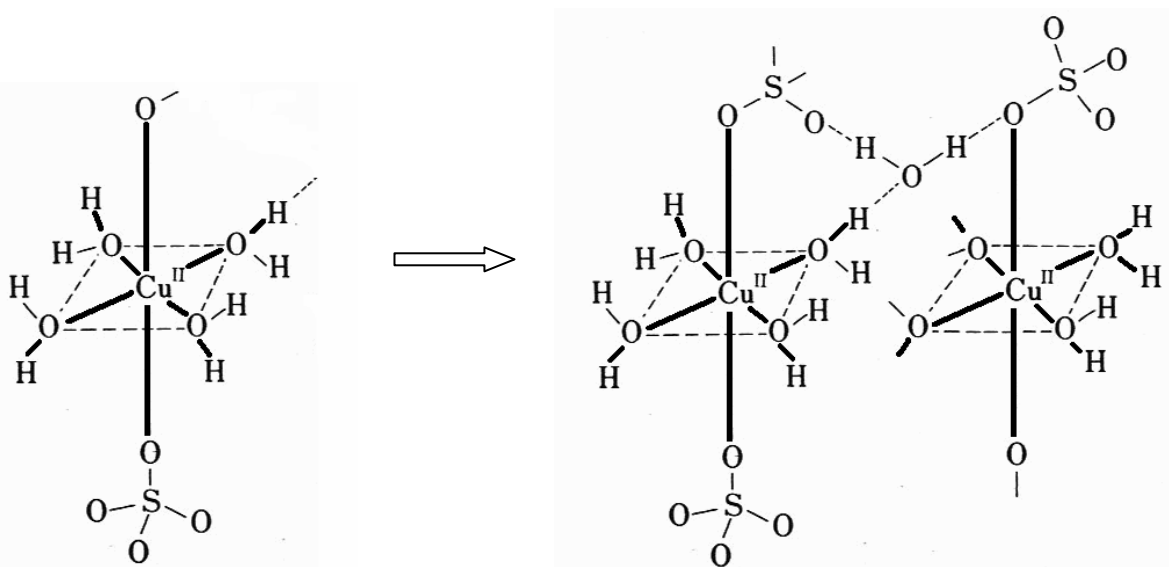
3本の長さが異なる軸があり、うち2本は互いに直角を成し、3本目は、傾いている。  
典型的な結晶形は、単斜柱、第二単斜柱。

### ③ 三斜晶系・・・硫酸銅など

3本の長さが異なる軸があり、それぞれ斜めに交わっている。典型的な結晶形は、  
卓面体、単面体。

ゆえに、③より、3本の長さの異なる軸が水素結合によって斜めに交わることで硫酸銅の結晶の形が平行四辺形になったと推測した。

#### 硫酸銅（Ⅱ）五水和物の構造



## 4. 感想と反省

全体

ミョウバン、チオ硫酸ナトリウムは、どのような結晶の形になるかは分かったが、どうしてその形になるかということは、いろいろな文献を見ても、専門的なことばかりで、私たちに理解することができなかつたため、結局わからずじまいだった。

神崎

どういった条件だときれいな種結晶がうまく作れるかを調べることができてよかった。とてもきれいなミョウバンを作ることができたが、正八面体になる理由がわからなくて残念だった。

ミョウバンの結晶は家庭でもつくれるので是非つくってみてね♪♪

田口

チオ硫酸ナトリウムの結晶は大きくすることができなくて残念だった。

しかし、急速結晶化という現象を見ることができてよかった。

安江

硫酸銅の結晶がきれいに大きく作ることができてよかった。

もっと結晶の細かいことについて研究を深められたらよかった。

渡邊

二つ大きい結晶を作れてよかった。日に日に結晶が大きくなっていく様子が見られてよかった。結晶にヒビが入ったなど半透明で綺麗な物にできなかったのがとても残念。

## 参考文献

理科 おもしろ実験・ものづくり完全マニュアル 著者 左巻健男