

# ミョウバン飽和水溶液からの結晶製作と教育実践

## - 二槽式結晶育成装置による巨大結晶の成長観察 -

山 本 勝 博\*

### 1. はじめに

「溶解・溶液」分野では、小学校、中学校及び高等学校すべての校種において幅広い内容が扱われている。

小学校5年の「ものの溶け方」の単元では、物が溶けていく様子、水溶液の重さ、水に溶ける物の量、溶かした物の取り出し方等の内容が扱われている。中学校第1分野では、物質が水に溶けるようす、水溶液の性質、溶質・溶媒、水に溶けている物質の取り出し方（ミョウバンを扱った内容が含まれる）、溶解度、再結晶、質量パーセント濃度等の内容が扱われている。高等学校化学 Ⅰ では、上記の内容に加えて溶解の仕組み、電解質・非電解質、水和、モル濃度、質量モル濃度、飽和溶液、溶解と平衡、溶解度の温度変化による硝酸カリウムの析出等の内容が扱われている。

小学校の「溶解・溶液」分野で扱われている物質には、食塩、ミョウバン、砂糖（氷砂糖やコーヒースュガーも含む）、ホウ酸等がある。その中でも「溶かした物の取り出し方」を学習する場面では、多くの場合、「ミョウバンの結晶作り」の実験が紹介されている。しかし、実際に「ミョウバンの結晶作り」を行ってみると、教科書に示されたような形の整った透明感のある巨大結晶を製作することは困難である。大きくて美しい結晶を簡単に製作することができれば、児童・生徒に結晶のもつ魅力的な世界を示すことができ、さらに理科学習への興味・関心を高めることができる。このような観点から、今回、特に「二槽式結晶育成装置」を使用した結晶作りを行い、いくつかの学校で実践して児童・生徒の活動の様子や感想を調べて、その教育的効果を確認した。

### 2. 3種の結晶育成法とその特徴

水溶液からの結晶育成法には、蒸発法、冷却

法、密度拡散法の3種類がある。今回、ミョウバン飽和水溶液から巨大結晶の製作では、～の方法をすべて組み合わせて行った。

3種の育成法の特徴と具体例を示す。

蒸発法：飽和溶液を口の広いプラスチック容器等に入れ、自然蒸発により結晶を析出させる方法である。

この方法は、食塩のように、温度によって溶解度に差の少ない物質に適している。また、ミョウバンや硫酸銅(Ⅱ)の種結晶を作る場合にも適している（手間をかけず一度に多量の種結晶を得ることができる）。

冷却法：高温の飽和溶液を、徐々に温度を下げて結晶を成長させる方法である。

この方法は、ミョウバン種結晶の成長のように、温度によって溶解度に差のある物質に適している。

密度拡散法：水溶液中に溶質濃度の勾配（密度差）をつくり、溶質の移動により結晶を析出させる方法である。この方法では、原料を供給しながら結晶を成長させるので、原理的には容器の大きさまで結晶を成長させ続けることができる。室温管理に注意すれば、形状の整った透明な結晶を製作できる。

この方法は、ミョウバンの巨大結晶をつくる場合のように、特に大きな結晶の製作を目的とした場合に適している。また、一本の糸上にミョウバンを数珠状に析出させる場合にも適している。

### 3. 方法及び結果

#### (1) ミョウバンの飽和水溶液の調整

結晶育成にミョウバンを使用することが多いのは、次の～のような理由からである。

ミョウバン（主にカリウムミョウバン）は、比較的安全な試薬である。

安価である。

巨大結晶を製作しやすく、比較的短時間に成長させることができる。

\* 大阪府教育センター

結晶の形状が独特（通常は正八面体）で、透明度が高く、煌めき（きらめき）のある美しい結晶を得ることができる。

結晶育成には、最初に飽和水溶液の調整が必要であり、次のように行う。

原料のミョウバンをガラス瓶又はペットボトルに入れ、水を加えて数日間放置する（少なくとも一週間程度は放置する）。この間、毎日、容器ごと湯の中で温めたり 振り混ぜて完全に飽和水溶液とする。急ぐ場合には、ミョウバンを過剰に入れて水を加えた後、加熱して溶解させ、室温まで冷却する。

#### (2) 蒸発法によるミョウバンの種結晶の製作

ミョウバンの巨大結晶を製作するには、はじめに種となる結晶を製作する必要がある、次のように行う（市販されている試薬のミョウバンは、1～1.5mm 角程度の大きさであるので、種結晶として使用するには小さすぎる）。

(1)で調整したミョウバンの飽和水溶液を、大きなプラスチック容器に深さ 10mm 程度まで入れる。ほりが入らないように蛇腹折りした厚紙で軽く蓋をして、水を自然蒸発させる。数日間放置すると、板状の 5～10mm 程度の結晶が多量（30～50 個程度）に析出してくるので、木製の割り箸で取り出し、これを種結晶とする。残った溶液に水を適量加えて容器の底に析出したミョウバンを溶解させ、再度水を蒸発させると、繰り返し種結晶を得ることができる。

#### (3) 冷却法によるミョウバンの粒状結晶の製作

ミョウバンの種結晶は、多くの場合板状に析出し、そのままでは巨大結晶を製作しにくいので、中間段階として粒状結晶（15～20mm 角程度：正八面体）を製作する。

図 1 のようなプラスチックケース（360×80×50mm で内容積が約 1.5L）を使って、一晩で 20 個程度をまとめて製作することができる。

2L ビーカーにミョウバン飽和水溶液 1.5L を入れ、原料のミョウバン 100g を加え、加熱してよくかき混ぜて溶解し、図 1 のケースに入れる。放冷して溶液の温度が室温より 11～12 高くなった所で種結晶をつるす。種結晶の付いたナイロン糸は、セロハンテープでふたに止めておく（ナイロン糸は、釣り用の 0.6 号テグス糸を使用して、落ちないようにしっかりと止める）。一晩経過すると図 2 のようなミョウバンの粒状結晶を得ることができる。

対称性が良く形状の整った結晶を製作するには、種結晶を見本のミョウバン結晶（正八面体結晶）と比較しながら「面角一定の法則」<sup>1)</sup>（面角一定の法

則とは、面角安定の法則ともいい、二つの結晶面のなす角度は、同一種の結晶では、どの試料でも一定である。面角を測定して、結晶の種類を決定するだけでなく、結晶の対称、結晶系、さらには結晶の方位を決定するのにも有効な普遍的な法則である）に従って、頂点が上になるように糸に結ぶ（ミョウバンの場合、正八面体であるので、上下、左右対称形にする）。結晶が成長する際には「面角一定の法則」が成立するので、種結晶は、かけらを用いても対称性のよい整った結晶をつくることができる（結晶成長時は修復能力が高いため、少々のかげらを用いても対称形になる）。

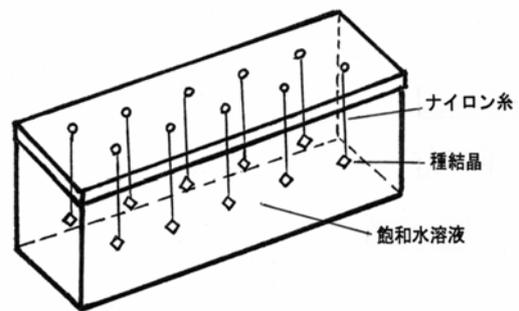


図 1 ミョウバンの粒状結晶の製作



図 2 得られたミョウバンの粒状結晶

#### (4) 密度拡散法によるミョウバンの巨大結晶の製作 - 二槽式結晶育成装置 -

(3)で製作したミョウバンの粒状結晶を図 3 の装置に入れて成長を続ける。図 3 の 5 W ナツメ球は、原料のミョウバンを加熱して溶解させるために使用する。原料のミョウバンからは下向き、成長した結晶からは上向きの流れが生じて対流が起こる。10～

14日程度で、100g～130g超まで結晶を育成することができる。図4に製作した結晶を示す。

結晶育成中の装置に平行光線を当てて（狭いスリットから強い光を照射して投影する）注意深く観察すると、図5のようにシュリーレン現象による溶液内の動きを観察することができる。このとき、結

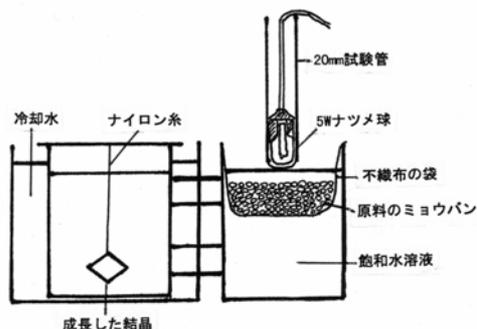


図3 二槽式結晶育成装置を使った結晶の製作

晶の溶解時は下向きの流れ（濃度差及び温度差による溶液移動）が、結晶の析出時は上向きの流れ（濃度差及び温度差による溶液移動）が見られる。

透明な結晶を製作するには、成長速度を一定にし、しかも遅くする必要がある。そのためには、日夜、温度を一定に保つ必要があり、製作している部屋の冷暖房は厳禁である。

#### 4. 教育実践

二槽式結晶育成装置を使用した教育実践を、いくつかの小学校、中学校及び高等学校並びに教育センターで行った。図6は、学校の理科室に展示している装置を観察している様子である。また、図7は、教育センターの見学時の様子である。

次の～は、小学2年生が観察したときに抱いた感想や疑問点である。

きれい。ダイヤモンドみたい。大きいな。昨日より大きくなっている。 どうして透き通って



図4 製作したミョウバンの巨大結晶



図6 結晶成長の観察（小学2年生）



図5 投影によるシュリーレン現象の観察



図7 結晶成長の観察（小学5年生）

いるの。 どうして結晶が大きくなるの。 なぜ電球を入れているの。 結晶に白いところがあるのはなぜ。 形が全部違うけどなぜ。

次の ~ は、高等学校（三校）の授業や化学クラブで行ったときの生徒の感想や様子を教員がまとめたものである。

小学校で結晶作りの経験のある生徒は、最初関心が薄いですが、できた結晶の大きさと美しさ（透明度）に大変驚いていた。 結晶成長の原理については、（固体の溶解度を学習した後であり）よく理解できた様子である。 授業終了後も、休憩時間中に装置に見入っていた。 この装置を欲しいという生徒もいた。 できた結晶を見て、宝石のようにきれいだと感動していた。 結晶を育てる実験全体が地味な作業であるので、この実験を自ら行う生徒と、飽和水溶液を作るのを手伝う生徒に分かれた。 最初つるす位置が高かったため成長速度が遅かったが、つるす位置を下げてからは速く成長するようになり、毎日大きくなるのに驚き、結晶の観察を楽しみにして見に来るようになった。 結晶成長の実験を行う場合、結晶をつるす位置、溶液内の温度・濃度などの条件が析出速度に影響するなど、いくつかの条件が微妙に左右しているところに興味を引かれた。 化学クラブで結晶を育てる場合、装置に関する内容として、溶液の取り替えや、小さな結晶の除去があるにせよ、手間が少なく温度管理もしやすい。 結晶装置の外から簡単に結晶の様子が観察できるのがよい。 できた結晶には何層か筋が入っているので、今度は筋のない完ぺきなものを作りたい。 ミョウバン以外の結晶でもできるか。 できた結晶が欲しい。 仕組みに興味を持ち、装置を見るものが多かった（教員の感想）。

このように、結晶成長の観察や結晶製作は、小学校から高等学校まで多くの児童・生徒が関心を持って取り組むことのできる教材であり、校種に応じた実験内容や授業プランを組むことができる。

#### 5. おわりに

堀秀道氏は、その著書<sup>2)</sup>の中で結晶について次のように述べている。『鉱物（結晶）の魅力を一語でいうと、**天然の美しいもの**ということができる。しかし、自然界には草花や熱帯魚やチョウ、あるいは高い山や夜空の星のように、ほかに美しいものがたくさんある。そこで「**手に取れて、永久性のあるもの**」という条件を付け加えると、上記のものは除外されて、**鉱物（結晶）だけが残る**。』（ただし、下線や太字は著者が記載した）。

結晶には、形の美しさ、透明度、色調、煌めき（きらめき）などの要素があり、高硬度で希少性のものは宝石素材となるものもある。

結晶作りは楽しい実験であり、二槽式結晶育成装置を使用した場合、ミョウバン（カリウムミョウバン）以外にも、アンモニウムミョウバン、硫酸銅（    ）五水和物、モール塩等、他の巨大結晶も製作することが可能である。本実験は、50分の授業時間内では完了しないので、教室や理科実験室等に置いて観察を行ったり、化学クラブの活動で行うのに適している。観察期間が、2、3週間～1、2ヵ月であるのも適当な日数であろう。

#### 引用・参考文献

- 1) 結晶工学ハンドブック編：結晶工学ハンドブック、共立出版(1971)p.2
- 2) 堀秀道：楽しい鉱物図鑑、草思社(1992)p.4