

ICT 機器のインカメラを用いた結晶の観察

【目的】

小学校5年生「ものの溶け方」

中学校1年生「水溶液の性質」（顕微鏡観察）

高校化学基礎「物質の成分と構成元素」「化学結合」

高校化学「固体の構造」

大学以降「結晶学」

のように物質の固体（結晶）については段階的に学習を行い、粒子が結晶構造をとるときの理論を学ぶ。従来は顕微鏡などを用いた観察実験を行ってきたが、一度に一人しか観察できないため、児童生徒全員が実際に目の前で結晶が成長する様子を観察するのは困難だった。

近年、一人一台端末の時代になり、タブレット等で写真や動画を簡単に撮影することが可能になるなど、ICT 機器を手軽に扱えるようになった。また、スマートフォンの普及により、安く簡単に写真効果を付けられる外付けレンズが市販されるようになった。そこで、端末に標準で搭載されているインカメラを用い、タブレットを机など平らなところに置いたまま、10～15倍に対象を拡大できるような観察レンズ^{*}を作成した。このレンズは高倍率を必要としない観察ならば生物や地学で活用できる。また、試料が少量で済むため、スモールスケール実験としても有益である。この観察レンズを用いた微結晶と、金属樹の生成観察を紹介する。

※市販品もあるが、安価に作成できる方法を紹介する。

◆結晶について

小学校から高校まで、化学分野では様々な結晶を観察する。結晶は原子、分子、またはイオンが、規則正しく配列している固体であり、物質によって様々な形状が存在する。規則正しく成長していく様子を観察する。

【観察レンズの作成】

100円ショップ等で手に入るスマートフォン用魚眼レンズを用いて観察装置（観察レンズ）を作成する。

（端末のインカメラ上に固定した観察レンズにプレパラート等拡大したいものをのせて観察する。映像は端末画面に拡大して映し出されるため、多人数で同時に対象を観察できる。）

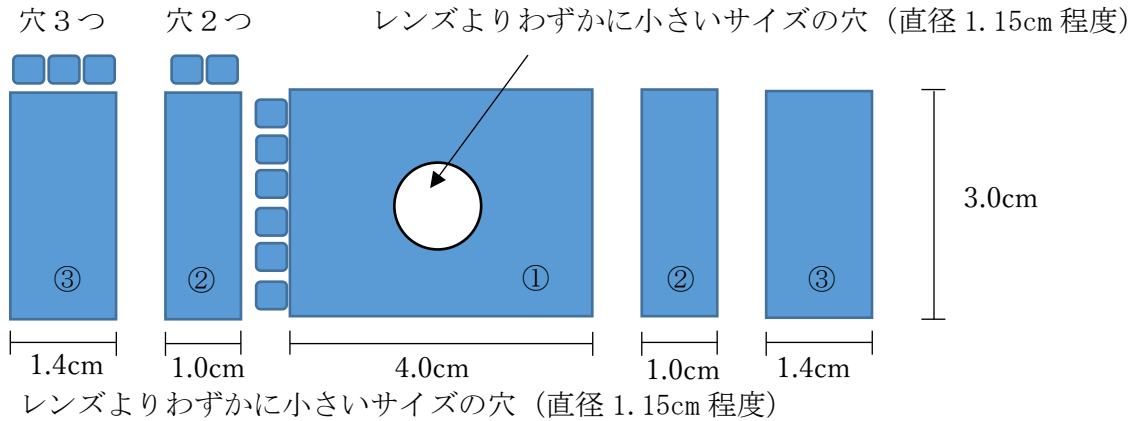
◆必要なもの

スマートフォン用魚眼レンズ

（マクロレンズだと焦点距離が遠い。魚眼レンズが望ましい。100円ショップ等で購入可能）、
ペンチ、プラスチック段ボール（黒が良い）、カッター、カッター台、

粘着テープ（弱粘性のものが良い）、グルーガン

1 プラスチック段ボールを次のように加工する。(実寸)



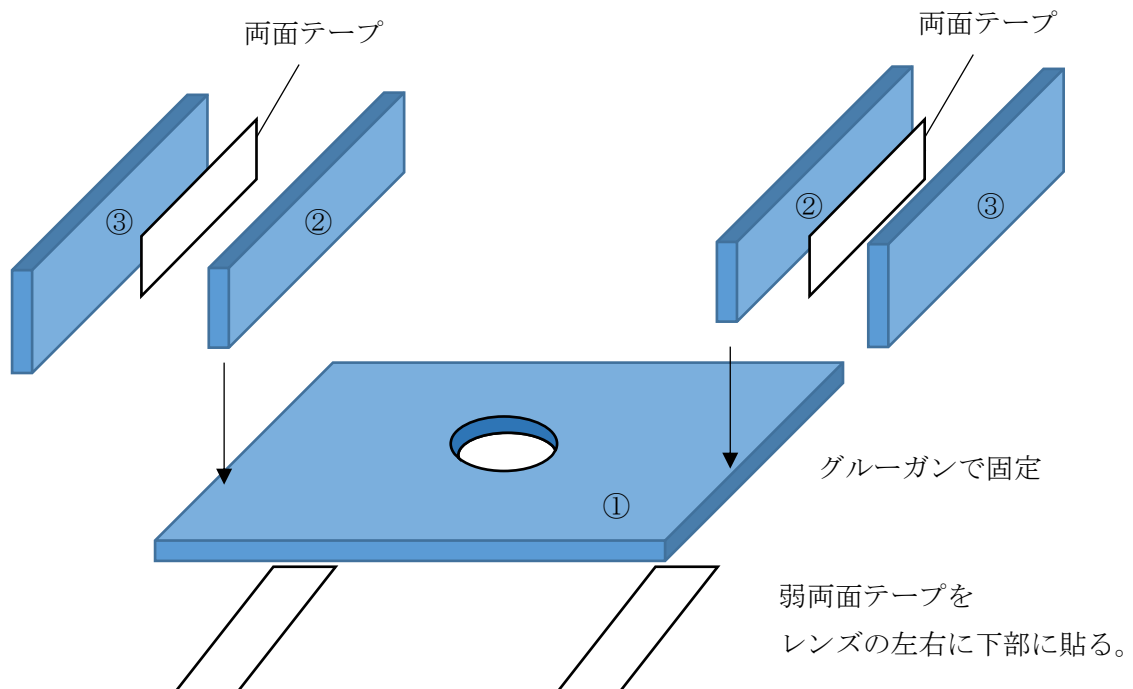
- ※ スライドカッターがあればサイズを合わせたプラスチック段ボールを切断しやすい。
中央のレンズ穴はボール盤 (ドリル) を用いて開ける。
プラスチック段ボールの穴の向きを縦にし、②のパーツはプラスチック段ボールの穴2つ分の幅、③のパーツは3つ分の幅とすると作りやすい。
レンズ用の穴は①の中央から多少ずれていても問題ない。
①と②③のプラスチック段ボールの穴の方向を交差させると壊れにくくなる。

2 スマートフォン用魚眼レンズからプラスチックレンズのみを取り出す。

3 レンズを①の中央の穴に押し込む (ちょうどプラスチック段ボールの溝にはまる)

4 下の図のように、両面テープ、グルーガンで組み立てる。

グルーガンで②を①に固定する。③は後で高さ調節ができるよう両面テープのみで固定し、③にグルーが付かないように注意する。



【結晶の析出する様子を観察する】

結晶の析出を観察するには、目的の溶質の飽和水溶液をつくる必要がある。

なお、水溶液が飽和になっても結晶の核ができないと析出がおこらない場合がある（過飽和状態）。そのため、室温で溶解度以上の溶質を水に入れて加熱して溶かし、過飽和状態にしておくといい。

◆過飽和の溶液を用意する

観察は観察装置の上に乗せたスライドガラス（ホールスライドガラス）上で行うため、数滴の過飽和溶液があれば良い。繰り返し観察するには、フタ付きのサンプル瓶（20mL程度）に室温で過飽和になる溶質を溶かした水溶液を準備しておくといい。観察したいときにまとめて水浴で加熱し、溶解した溶質の水溶液から順次観察することができる。

溶質の溶け残りがある場合は、溶解平衡の状態を維持しており過飽和にならない。その場合、加熱して溶質を完全に溶解させてから観察する。なお、塩化ナトリウムなどの温度による溶解度差が小さい溶質についてはその限りではない。

参考	教科書に記載されている物質の溶解度					
	g/100g水					
	0	20	40	60	80	100
ホウ酸	2.7	4.65	8.17	12.96	19.06	27.53
NH ₄ Cl	29.4	37.2	45.8	55.2	65.6	77.3
NaCl	26.3	26.4	26.7	27.1	27.5	28.2
尿素	68.7	108	167	251	400	733
砂糖	179.2	203.9	238.1	287.3	362.1	485.2
CuSO ₄	12.3	16.8	22.3	28.5	35.9	43.4
KNO ₃	13.9	21.9	45.3	106	167	245
ミョウバン	3	5.9	11.7	24.75	71	119(92.5℃)

(参考) 理科年表2022

改訂6版 化学便覧 基礎編

20mL = 20g として 室温付近の過飽和状態で結晶が析出する溶液を作る

	溶質量	溶媒(水)の量
目安	ホウ酸	2g /20mL
	NH ₄ Cl	8g /20mL
	NaCl	6g /20mL
	尿素	50g /20mL
	砂糖	57g /20mL
	CuSO ₄ · 5H ₂ O	15g /20mL (CuSO ₄ に換算すると9g/100g水程度)
	KNO ₃	11g /20mL
	ミョウバン	8g /20mL

※溶解させる量はあくまで目安。析出が早いようなら水の量を調整する。

(例) 塩化アンモニウム NH_4Cl

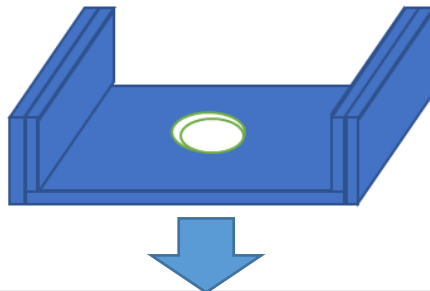
40°Cの溶解度 45.8g/100g 水 → 9.16g/20g 水 水 (溶媒は 1g/1mL として計算)

これだと結晶が早く出過ぎるので 8g/20g 水 程度に減らすとよい。

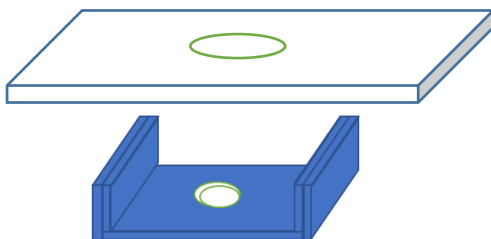
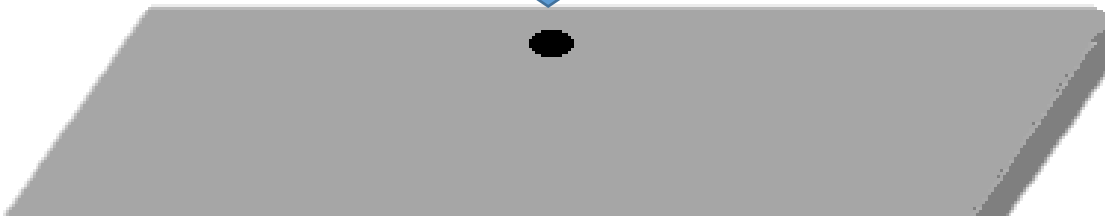
室温が低いとき。0°Cの溶解度では 5.88g/20g 水 → 水 20mL に 6g 溶かす。など

※ 砂糖 (ショ糖) など溶解度が極端に大きい溶質は粘性が高い水溶液になり、結晶の成長が遅く観察するには向かない。また、塩化ナトリウムなどの温度による溶解度差が非常に小さい溶質の場合は過飽和溶液をつくるのが難しい。100°C近くまで温度を上げて溶け残りがある水溶液を作り、その上澄みを用いると微結晶の析出は観察できる。

◆観察する



タブレット等のインカメラと観察レンズの中心の位置を合わせて貼り付ける。(弱粘着テープなので付け外しが可能)

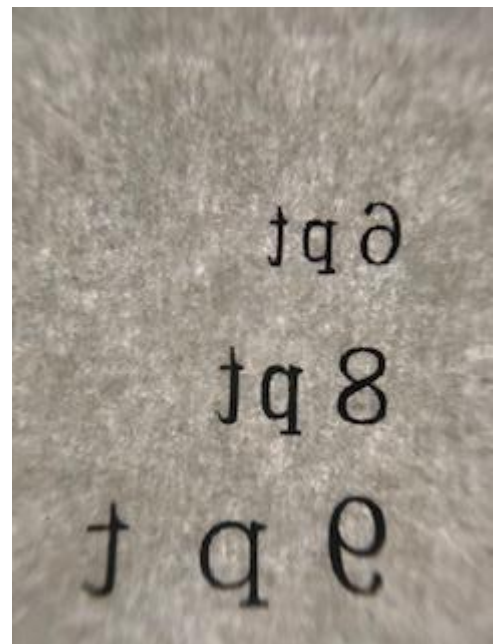


きれいなスライドガラス (ホールスライドガラス) を観察レンズの上に乗せ、ICT 機器のカメラ表示をインカメラに切り替えると、大体 10~15 倍に拡大された映像が写る。

※作成したレンズで初めて観察するときは印刷物の切れ端などでピントが合うかどうかをチェックすると良い。

ピントが合わない場合

- ① 高さを上げる場合は、粘着テープで留めた側面をずらして張り直し、高さを上げる。
- ② 高さを下げなければ成らない場合は、カッター等で側面パーツの高さを削る。



拡大された文字 (実寸)
画面端は文字がゆがむ
(iphone8 で撮影)

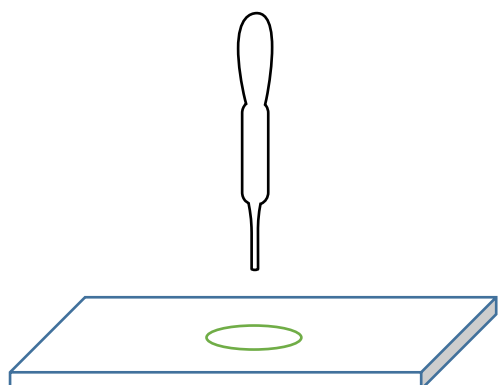
※ 左右が逆になる点に注意

ガスコンロとビーカー等で湯浴を作る。

湯浴に過飽和水溶液のサンプル瓶を入れて加熱し、溶質を完全に溶かす。

溶質が完全に溶けて水溶液となったら、サンプル瓶を取り出す。

熱いのでピンセットなどを使うこと。(熱いままでは結晶が出にくいので少し冷ます。)



スポイトなどでスライドガラス上に数滴(こぼれ落ちない程度)過飽和水溶液を落とす。

※ このとき、衝撃が加わらないようにスポイトの先端をスライドガラスにつけて静かに液だまりを作ると良い。

※スポイトは使ったらすぐに蒸留水で洗うこと。
中に結晶が析出すると詰まる。

※結晶が析出しないときはスポイトの先端で刺激を与えるか、結晶核となる溶質を1粒入れると結晶化ははじまる。

☆ 観察のポイント

- ・ 結晶の成長する様子を観察する。
- ・ 結晶の形状、色、大体の大きさも観察が可能。
- ・ 析出の様子を動画撮影できる。



尿素の結晶 [動画](#)



NH₄Cl の結晶 [動画](#)



ホウ酸の結晶 [動画](#)

【解説】

結晶が析出する直前(結晶核が自然発生するとき)、水溶液は過飽和の状態になっている。水が氷になるときに過冷却の状態をとるように、本来の溶解度を超えて溶質が溶媒に溶け込んでいる状態になるため、衝撃を与えたり、何か核になるものを加えたりときっかけを与えると一気に結晶化が進む。また、結晶の析出中は温度の変化と水の蒸発による濃度変化で水溶液は溶解平衡の状態を保ち、飽和水溶液になっている。

結晶は一般的に物質によって決まった形をとるが、(例えば NaCl は立方体)が、水溶液の状態や周囲の環境(温度、圧力、水和など)の影響を受けるため、雪の結晶のように様々な形が観察できる場合がある。

作成した観察レンズは安く手軽に作成でき、化学だけでなく、生物の観察でもミジンコやボルボックス等肉眼で見える微生物の観察に使うことができる。写真や動画も手軽に撮ることができ、一台の端末の映像を同時に複数人で見る事が可能である。顕微鏡の取り扱いと観察は別途学んで身につける必要はあるが、短時間で簡単に観察を行う際には使い勝手が良い。