

中学生のための  
**化学実験講座**  
**2005**



きらめく化学の世界

主催 沼津工業高等専門学校 物質工学科  
日本化学会 東海支部

会期 2005年11月20日(日) 9:30~15:00

会場 沼津工業高等専門学校 物質工学科棟

## 日程

- 9:30 開講式
1. 開講の挨拶
  2. 日程説明
  3. 講師・スタッフ紹介
  4. 受講生自己紹介
  5. 注意事項
- 9:50 実験1「金属樹」
- 11:30 昼休み（昼食）
- 12:30 実験2「高分子膜を使った偏光万華鏡」
- 14:30 アンケート記入
- 14:45 閉講式
1. 修了証授与
  2. 受講生の感想
  3. 閉講のあいさつ
- 15:00 解散

## 実験を行う上での注意

- 机の上は整理、整頓しておく。
- 白衣と保護メガネを身につけて実験を行う。
- 事故やケガがあった場合、ささいなことでも指導者に報告する。
- 試薬は正しく使用する。持ち帰ってはいけない。
- 指示されていない操作を勝手に行ってはいけない。
- 実験後は、手を洗うこと。

# 実験 1 金属樹



## 1. はじめに

溶液に溶けている金属が結晶化して析出してくる時に、あたかも樹木のような形で結晶化したものを金属樹といいます。この実験では銀、鉛、スズの金属樹を作り、結晶になるようすを観察します。また作成した金属樹は、しおりにして持ち帰ります。

## 2. この実験における注意事項

- この実験で使用する**硝酸銀**水溶液は、服や皮膚につくと数分してから黒変します。服についた汚れはとれませんし、皮膚についた汚れもアカとして落ちるまでとれません。服や皮膚につけないように注意するとともに、皮膚についてしまった時は**速やかに洗い流します**。
- この実験に使う水溶液は、いずれも金属を含んでいるので**流しに捨ててはいけません**。片付けの方法については、指導者または学生スタッフの指示に従ってください。

## 3. 使用する器具と薬品

**器具** 100ml ビーカー(1班3個)、駒込ピペット(1班3個)、ガラス棒(1班3本)  
100ml メスシリンダー(1班1個)、ろ紙(1班6枚程度)  
スライドガラス(1人3枚)、サインペン(適当量)、ルーペ(1人1個)

**試薬** しょうさんぎん硝酸銀、さくさんなまり酢酸鉛、えんか塩化スズ、亜鉛板、銅線(電線)

## 4. 操作

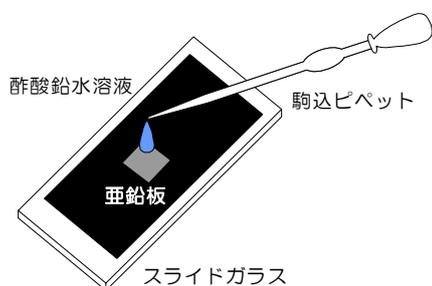
準備(班単位で協力して行います)

- (1) 硝酸銀、酢酸鉛、塩化スズが各班に一包みずつ用意されている。100ml ビーカー中で試料を 20ml の蒸留水に溶かし、おのおの水溶液を作る。水溶液の種類がわかるように、試薬名を書いたラベルをビーカーに貼ること。
- (2) 亜鉛板を紙ヤスリで磨いてから、1cm×1cm 程度の小片にはさみで切る。はさみで切ると亜鉛板は多少曲がるが、切った後になるべく平らにする。一人につき 2 片用意する。
- (3) 電線を紙ヤスリで磨いてから、ばらして長さ 5cm 程度に切り、銅線として使用する。一人につき 1 本用意する。
- (4) ろ紙をスライドガラスよりも一回り小さい大きさの長方形に切り取り、その片面をサインペンで黒く塗る。一人につき 3 枚用意する。

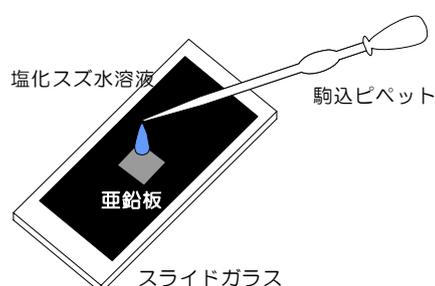
## 金属樹の成長（ここからは一人ずつで行います）

- (5) スライドガラスの上に、黒く塗った面が上になるようにろ紙を置き、その上に亜鉛板を置く。(1)で作成した酢酸鉛水溶液を適当量（ろ紙全体に溶液にしみこむ程度）、亜鉛板の上やろ紙の上に滴下する。
- (6) (5)と同様に、スライドガラスの上に黒く塗ったろ紙と亜鉛板を置き、(1)で作成した塩化スズ水溶液を適当量、亜鉛板の上やろ紙の上に滴下する。
- (7) (5)と同様に、スライドガラスの上に黒く塗ったろ紙と銅線を置き、(1)で作成した硝酸銀水溶液を適当量、銅線の上やろ紙の上に滴下する。

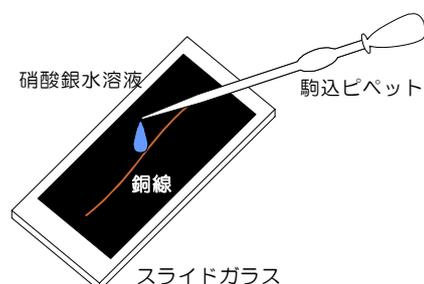
(5).



(6).



(7).



- (8) それぞれの組み合わせにおいて、水溶液中の金属が析出し、金属樹が成長する。そのようすをルーペなどで観察する。

## しおりの作成（好きな金属樹を選び、ひとり1枚作成します）

- (9) ろ紙上に成長した金属樹から、しおりに作成するものを1つ選ぶ。選んだものは、ろ紙の水分をキムワイプで軽く吸い取った後に、ドライヤーで乾燥する。キムワイプでろ紙の水分を吸い取る時に、金属樹の形を崩さないように注意する。
- (10) 金属樹のついたらろ紙を切り取ったラベルなどと一緒にラミネート・フィルムの間にはさみ、ラミネーターで圧着させる。この時、ラミネート・フィルムの閉じた方からラミネーターに通すこと（次のページの図を参照）。

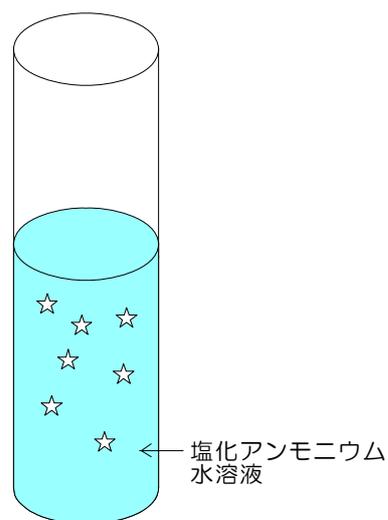
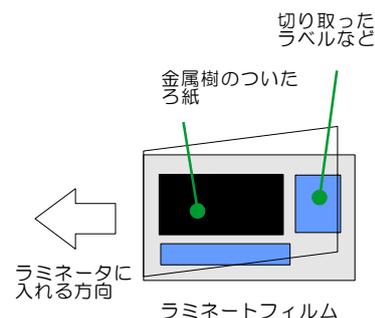
- (11) 圧着したラミネートフィルムに、二つ穴パンチで穴を一つあけ、そこにリボンをつけて、しおりとする。

## 5. 演示実験 塩化アンモニウムの星形結晶

- (1) 水 50ml に塩化アンモニウム 30g を暖めながら溶かし、約 70℃にする
- (2) あらかじめお湯で暖めておいた 100ml メスシリンダーに、(1)で作成した塩化アンモニウム溶液をすばやく入れる。
- (5) 100ml メスシリンダーに入れた塩化アンモニウム溶液が冷えるにしたがい、塩化アンモニウムの星形結晶が析出するので、次の点に注意しながら観察する。

- 結晶の形
- 落下時の結晶成長のようす
- 対流のようす

- (6) ある程度結晶が析出したところでメスシリンダーの底部を手で触り、暖かいか冷たいか観察する。



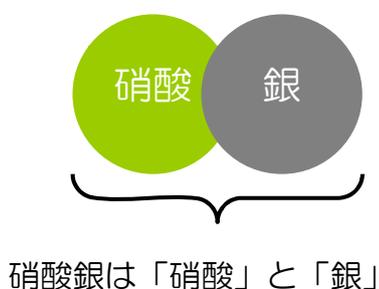
## 6. 解説

### 6.1 単体と化合物

亜鉛や銅は、それぞれその物質のみからできています。このような物質を**単体**と呼びます。一方、硝酸銀や酢酸鉛、塩化スズはそれぞれ、銀、鉛、スズという金属が他の物質と結びついたものです。このような物質を**化合物**と言います。



単体

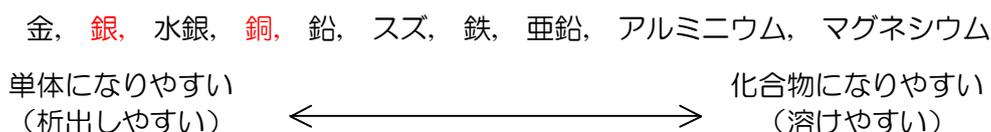


化合物

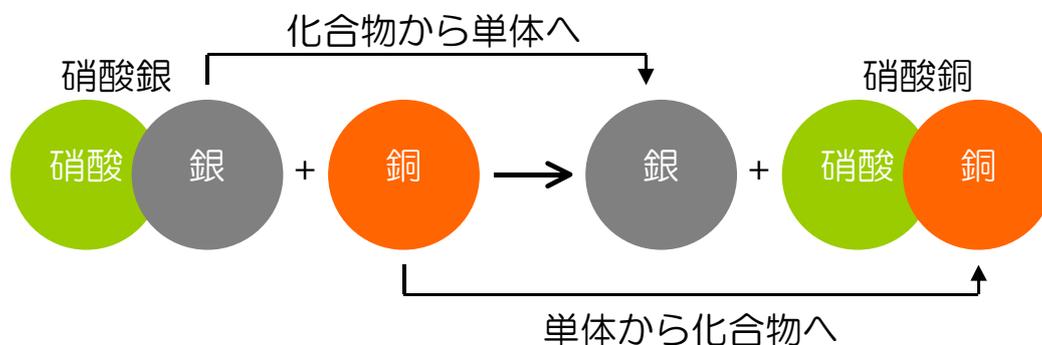
今回の実験に用いている物質は、単体（金属）の時には結晶になりやすく、化合物の時には水に溶けやすい（水溶液になりやすい）ものを使用しています。

## 6.2 金属樹における結晶の析出について

単体になりやすいか、化合物になりやすいかは、物質によって違います。その順番を並べると次のようになります。



上の順番で銀と銅を比べると、銀は銅よりも単体（金属）になりやすく、銅は銀よりも化合物になりやすい（溶けやすい）ことが分かります。ですから操作(7)で、銅線の上に硝酸銀を滴下すると、硝酸銀の中の銀は単体となりやすいために、銀の結晶ができます。一方で、銀よりも化合物になりやすい銅は、硝酸銅という化合物になり、水溶液に溶け出します。



銀に起きた「化合物から単体への反応」と、銅に起きた「単体から化合物への反応」を比べると、銀と銅では全く反対のことが起きていることに気がつくと思います。このことについて今回はあまり深く触れませんが、「互いに反対の反応が起きて全体の化学反応が進行していく」という考えは化学反応を理解する上でとても大切なことです<sup>1</sup>。また、起きている化学反応は「組み合わせが変わるだけで、反応する前と反応した後の物質の総数は変化しない」ということも、化学反応の性質として大事なことです<sup>2</sup>。化学者はこのような性質を利用して、新しい物質（化合物）を作っているのです。

<sup>1</sup> 将来、高校や高専の化学で「酸化と還元」という言葉を習う時、この事をもう一度思い出してください。

<sup>2</sup> このことは、「質量保存の法則」と呼ばれます。

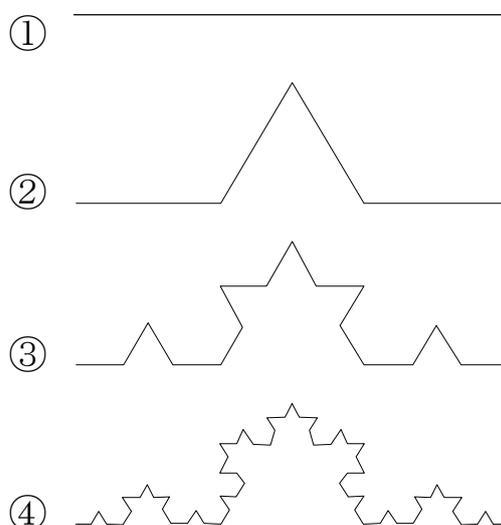
操作(5)の酢酸鉛と亜鉛、操作(6)の塩化スズと亜鉛の組み合わせでも同様の事が起こりません。下の表はそれをまとめたものです。操作(7)と同様に、それぞれどのような反応か考えてみましょう<sup>3</sup>。

操作	反応前		単体への なりやすさ	反応後	
	溶液 (化合物)	金属 (単体)		金属 (単体)	溶液 (化合物)
(5)	酢酸鉛	亜鉛	鉛 > 亜鉛	鉛	酢酸亜鉛
(6)	塩化スズ	亜鉛	スズ > 亜鉛	スズ	塩化亜鉛
(7)	硝酸銀	銅	銀 > 亜鉛	銀	硝酸銅

### 6.3 金属樹の形について

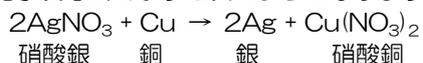
みなさんが作った金属樹は、それぞれおもしろい形をしていると思いますが、よく見ると全体の形と細部の形が似ていることに気がつくと思います。このような形は数学ではフラクタルと呼ばれます。

例えば右図の①は一本の線です。これに、真ん中の三分の一ほどを出っ張らせると②になります。さらに②の直線の部分の真ん中の三分の一ほどを出っ張らせると③になります。さらに③に対しても直線の部分の真ん中の三分の一ほどを出っ張らせると④になります。できた図形は雪の結晶の形の一部に少し似ていませんか？



操作は「直線部分の真ん中三分の一ほどを出っ張らせる」ということだけなのに、繰り返していくと複雑な形になっていくことが分かります。単純な手順なのに繰り返していくと複雑な図形になり、その図形が自然の形と見ている部分がある点が、フラクタルの興味深いところです。

<sup>3</sup> 参考までに、操作(7)の反応を化学反応式で示すと次のようになります。



フラクタルの概念は以前からありましたが、手順を繰り返せば繰り返すほど操作の回数は増加していくので、フラクタルについての研究が多く行われるようになったのはコンピュータが発達した、比較的最近のことです。なぜ結晶の形も含めた自然現象がフラクタルで表示される図形と似ているのかはまだわからないところが多いのですが、これから研究が進めば、その答えも見つかるかもしれません。

#### 6. 4 冷やすと塩化アンモニウムの結晶が現れるわけ(演示実験)

右図は、溶けきれなくなるまで溶かした溶液(飽和溶液) 100g に溶けている塩化アンモニウムの質量(溶解度)を表したものです。温度が高くなればなるほど、より多くの塩化アンモニウムを水に溶かすことができることが分かります。

このような性質を持っているので、高い温度で多くの塩化アンモニウムを溶かした溶液を冷やすと、今度は溶けきれなくなって、その分が結晶として析出するようになります。これが、メスシリンダーの中で冷やされた塩化アンモニウム溶液から結晶が析出する理由です。

塩化アンモニウムはあたかも星の様な形で結晶化しますが、この形は物質によって異なるのでしょうか。機会があれば、他の物質でも試してみるとよいでしょう<sup>4</sup>。

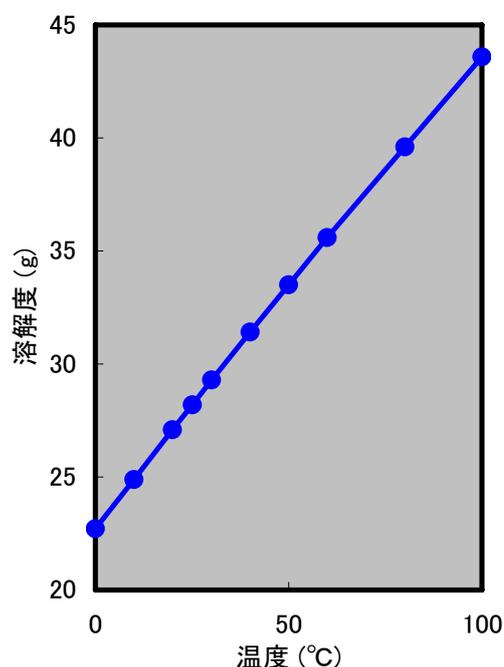


図 塩化アンモニウムの溶解度

## 7. 参考文献

- 日本化学会近畿支部編、「もっと化学を楽しくする 5 分間」、化学同人(2005)
- フラクタル, <http://kamakura.ryoma.co.jp/~aoki/paradigm/furactal.htm>

<sup>4</sup> 食塩(塩化ナトリウム)を使用した実験なら、家庭でもできるでしょう。ただし食塩は塩化アンモニウムと比べて温度による溶け方の差が少ないので、少し難しいかもしれません。食品売り場などで市販されているミョウバンなら、塩化アンモニウム同様の実験ができます。

## 実験 2 高分子膜を使った偏光万華鏡

### はじめに

みなさんは、身のまわりにどんな種類の高分子があるか知っていますか？  
そもそも、高分子って何でしょう？ それから、“偏光”という言葉聞いたことがありますか？

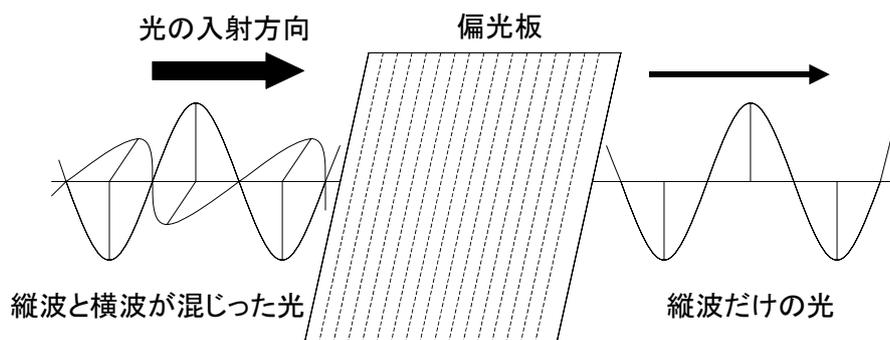
みなさんにとって、少し難しい内容かもしれませんが、以下説明します。

### 高分子とは

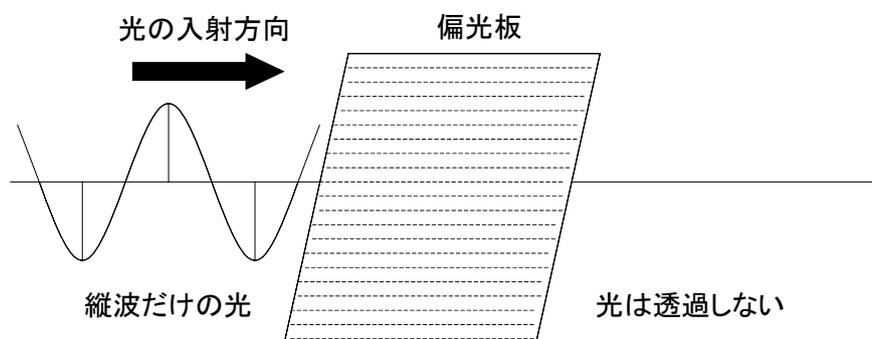
例えば、ペットボトルはポリエチレンテレフタレート（略記号で書くと PET）という高分子でできています。また、みなさんが着ている衣類にもポリエステルやナイロンなどの高分子繊維が使われています。スーパーなどでもらえる買い物袋（ポリエチレンなど）や食品包装のラップ（ポリ塩化ビニリデンなど）などもそうです。最近では、ゴミの分別処理を行う自治体が増えてきたためか、様々なプラスチック製品（容器包装を含む）に♻️や♻️という記号が書かれてあり、PE（ポリエチレン）、PP（ポリプロピレン）、PS（ポリスチレン）など併記されています。これからは、高分子製品を見つけたときには、その原材料名を確認してみましょう。いろんな名前的高分子が日常生活の中にあふれていることがわかるでしょう。本日扱う高分子はポリビニルアルコール（PVA）と呼ばれるもので、合成繊維や洗濯のりなどの原料になっています。

### 光の性質と偏光

光は、波の性質を持っています。海の波は上下方向に揺れて見えますが、光の波は上下左右いろいろな方向に揺れています。みなさんの目で確かめることは容易ではありませんが、例えば、下の図のように縦方向と横方向の波が混じった光を「偏光板」と呼ばれる特殊な膜に通すと、縦方向の波しか通過しません。



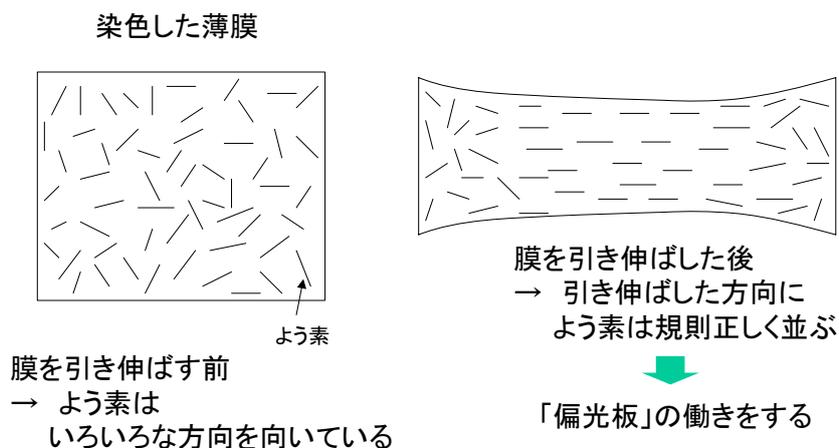
さらに、その縦方向の波を下図のような偏光板に通すと、光は通過してきません。



このような偏光という現象を利用したものは、みなさんの身のまわりにたくさんあります。液晶テレビの画面（液晶パネル）や、液晶電卓の表示部分に、偏光板が用いられています。本日取り上げる偏光膜の作り方は、基本的には実際に工業製品として使用されているものと変わりはありません。

#### ポリビニルアルコール偏光板について

どろどろとした洗濯のりを乾燥させて作った薄膜を、染色液（4%ほう酸+0.04%よう素+0.2%よう化カリウム水溶液）に浸すと、濃い青色に染まり柔らかくなります。それを適当な力で引き伸ばすと、下の図のように、色素である“よう素”が引き伸ばした方向に規則正しく並びます。これによって、引き伸ばした薄膜は、偏光板の性質をもつようになります。



● 準備するもの

市販の洗濯のり（ポリビニルアルコール入り）、100 ml ガラスビーカー、300 ml ガラスビーカー、ポリプロピレン製バット、スタンド、クランプ、染色液（4%ほう酸+0.04%よう素+0.2%よう化カリウム水溶液）、工作用紙、角材（14 mm×14 mm×220 mm）、黒ビニールテープ、セロハンテープ、スライドガラス、セロハン、はさみ、カッターナイフ、コンパス、ゴム手袋

● 実験に関する注意

- ・染色液を扱う際には、目に入らないように保護めがねをかけること。
- ・万が一、染色液が目に入ったり手についた場合は、流水で洗い流すこと。
- ・染色液の近くにいると、よう素によって目がチカチカする場合があります。

## 1. 高分子膜の偏光板の作成

（今回の実験では省略します）

- 1-1. 100 ml ビーカーに洗濯のりを約 75 ml 静かに流し入れる。  
（※なるべく空気の泡が入らないように、器壁を伝わらせて注ぎ入れる）
- 1-2. ポリプロピレン製のバットに、はかり取った洗濯のりを静かに流し入れ、均一にのばす。
- 1-3. 95℃の乾燥機に入れ、洗濯のりを完全に乾かす。（およそ2～3時間）  
（※時間がある場合は、室温で3日程度放置して自然乾燥させた方がよい）
- 1-4. カッターナイフを使い、バットの端の方から薄膜をゆっくりとはがし取る。

（本日はここから）

- 1-5. 配布してある薄膜1枚が4人分の材料となる。薄膜の周囲を約1 cm 幅で、はさみで切り落とす。さらに、薄膜を半分に切る（半枚で2人分）。  
（※薄膜は濡れた手で絶対に触らないこと！）
- 1-6. 保護めがねをかけ、ゴム手袋を装着する。用意された染色液（4%ほう酸+0.04%よう素+0.2%よう化カリウム水溶液）約300 ml 全量をバットに注ぎ入れ、薄膜全体を約3分間浸す。

**Point！** 薄膜の厚さによって浸す時間を適宜調節する

（※薄膜が少し柔らかくなる程度）

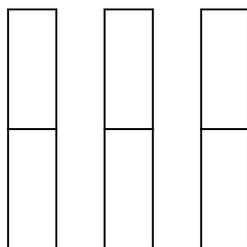
1-7. 薄膜がくっつかないように注意しながら引き上げて新聞紙の上に載せ1分程度そのままにしてから、薄膜の裏表両面の染色液を、キムワイプで上から軽くポンポンとたたくようにして吸い取る。

1-8. 2本の角材で薄膜の両端（短い辺の方）をはさみ、各々をスタンドのクランプで挟む。上側の2つのクランプの位置を固定したまま、下側の2つのクランプの位置を固定していたネジをゆるめ、角材を挟んだまま下側のクランプを持って慎重にゆっくりと下に向かって薄膜を引き伸ばす（5秒間に1mm伸ばすような感じで、配布した偏光板で偏光することを確かめながら、目安としては10~20cm程度伸ばすように）。十分に伸ばしたら下側のクランプの位置を固定して、そのまま放置して約30~40分間乾燥させる。  
（※十分に慎重にやらないと引きちぎれます!!!）

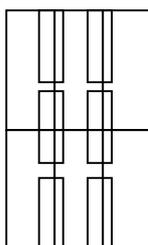
## 2. 鏡の作成

2-1. スライドガラス（幅26mm×長さ76mm×厚さ1.3mm）を6枚用意する。  
（※手を切らないように注意!）

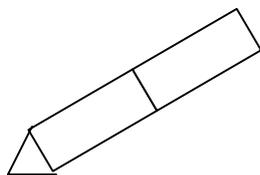
2-2. 長さ約20cmの黒ビニールテープを6本切っておく。図のように2枚ずつ縦に隣り合うように並べ、片面を黒ビニールテープで覆う。ガラス面からはみ出たテープをカッターナイフで取り除く。  
（手でこすって、テープとガラスの間に入った空気をなるべく追い出す。）



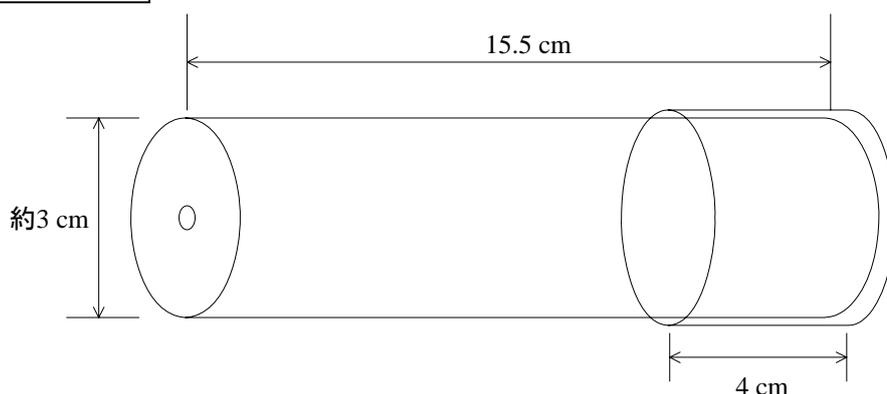
2-3. 2枚縦につながったスライドガラス3組を、ビニールテープを貼った面を表にして図のように川の字に並べて（各々の間を約2~3mm空けて）、セロハンテープで固定する。



- 2-4. ビニールテープを貼っていない面を内側にして図のように三角柱になるように折って、何か所かセロハンテープを貼り補強する。



### 3. 鏡筒の作成

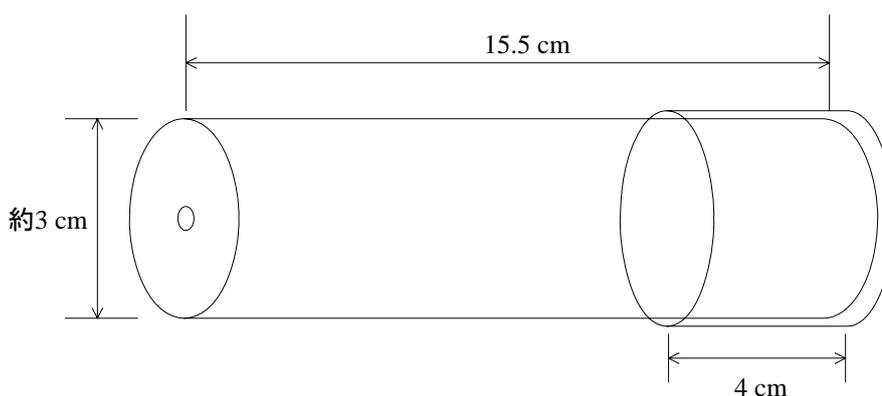


偏光万華鏡完成図

- 3-1. 工作用紙を「横 15.5 cm×縦 25 cm」、「横 4 cm×縦 25 cm」の大きさに切る。
- 3-2. 上の図のように、大きい方の工作用紙（横 15.5 cm×縦 25 cm）の短い辺の端からくるくると軽く巻いて丸い筒を作り、しっかりと巻き癖をつける。
- 3-3. 筒の中に先程の鏡を入れ、鏡がぴったりと入るように筒の太さを調節しながら巻き付け、端をきれいにそろえ、セロハンテープで数カ所とめ筒状にする。  
**（※鏡が筒の中で動かないように、ある程度硬く巻き付けること）**
- 3-4. 万華鏡の筒の太さに合うように、余った工作用紙から円盤を 1 枚切り出し、万華鏡の長い筒の端に貼り付け、その真ん中に直径 5～6 mm の穴をコンパスの針であける。
- 3-5. 十分に乾いた偏光板の偏光現象が見られる箇所（配布した偏光板で偏光を起こすことを確認して）から、約 5 cm×約 5 cm の正方形を 4 枚分切り出す。（1 人分は 2 枚）  
**（※乾燥した薄膜はパリパリして破けやすいので丁寧に扱うこと）**

- 3-6. 万華鏡の長い筒のもう一方の端（円盤状の工作用紙を貼っていない方）に偏光板の1枚を載せ、セロハンテープで貼り付ける。
- 3-7. 細長い工作用紙（横4 cm×縦25 cm）を、先程の長い筒に巻き付け、短い筒ができるようにセロハンテープでとめる。  
（※短い筒はスライドできるように巻き付けること。また、長い筒のほうには貼り付けないように！）
- 3-8. 短い筒を長い筒の端（偏光板が貼ってある方）にさし、偏光板を短い筒にセロハンテープで貼り付ける。
- 3-9. 透明セロハンや余った偏光板を、いろいろな形、大きさに刻んで、短い筒の中に入れる“中身”とする。（タマゴパックを刻んだものでもよい）
- 3-10. 短い筒をいったん抜き、その筒の中に“中身”を適当量入れ、再び長い筒の端（偏光板が貼ってある方）に差し込む。  
（偏光板どうしをあまりくっつけすぎない）
- 3-11. 穴のあいた工作用紙が貼ってある方から中をのぞき、明るい方向を見ながら短い筒の方を持ってゆっくりと回転させる。

→ → → 様々な色の模様が見える



偏光万華鏡完成図

【参考 HP】大阪教育センター 平田 允「偏光板を使った万華鏡」  
<http://www.asahi-net.or.jp/~uu9m-hrt/kalscope/kascopemain.htm>