

実験テーマ⑩

偏光フィルムをつくろう

応用化学科 米山直樹

☀ はじめに

“偏光フィルム”を見たことがないという人も、偏光フィルムを利用した道具はきっと目にしているでしょう。電卓の表示や液晶テレビはその代表です。また釣りやスキーを趣味にする人なら、“偏光サングラス”を使うことがあるでしょう。カメラに詳しい人なら、“偏光フィルタ”で青空や水面を撮るでしょう。本実験テーマのねらいは偏光フィルムを“**作って遊ぶ**”ことを通じて、光に関連した化学と物理への理解を深めてもらうことです。



図1 偏光フィルムの応用例

さて、断りなく“偏光”という言葉を使ってきました。偏光とは文字通り“偏った光の状態”を表します。一体何が偏っているのかという問いに対しては、光の話を始めないとなりません。でもややこしい話は後回し、まずは実験を試してみましょう。

☀ 実験 1 偏光フィルムの作成 —化学実験—

偏光フィルムの作成は次の3段階の手順で行います。

- | | |
|-----------------|---|
| ① ポリビニルアルコール膜作成 | …ポリビニルアルコール(PVA)の厚膜を作る
(1時間加熱乾燥または2日間常温乾燥) |
| ↓ | |
| ② ヨウ素染色とホウ酸架橋 | …ヨウ素の添加とPVAの架橋安定化
(1分) |
| ↓ | |
| ③ 延伸と乾燥 | …膜の延伸でヨウ素が配向、偏光性が発現
(30分乾燥) |
| ↓ | |
| 偏光フィルムの完成 | |

※最初のPVA膜作成過程は加熱しないと乾燥に2日程かかります。かといって加熱のしすぎや真空乾燥では気泡が入って使えなくなるため、加減が難しい部分です。

【実験手順】

①ポリビニルアルコール(PVA)膜の作成

市販の PVA 試薬は白色粉末の形をしています。
はじめにこれを水に溶かし、透明な液体状態にします。

- (1)PVA 5 g を 50 ml の水と混ぜ合わせ、ホットプレート上でかきまぜながら加熱溶解させる。液体が透明になったら、液中の細かい気泡が浮き上がって無くなるまで静置する。
- (2)ガラス板 (10 cm×10 cm)の両端に短冊状のプラスチック板 (1 cm×10 cm)をクリップで固定する。
- (3)PVA 溶液に気泡が入らないように注意してガラス板にたらし、プラスチックの短冊をスペーサーにしながらかきまぜ棒で均一に延ばす。
- (4)ガラス板ごと約 50°Cのホットプレート上で 60 分静置乾燥させる。
- (5)乾燥した PVA フィルムは一端をカッターナイフで剥がし、その部分を持ってゆっくりと引き剥がす。濡れた手で触れたり、水滴が付いたりするとその部分が膨潤して使用できなくなるから注意する。フィルムは周囲をカッターで切り 7-8 cm 角のシートにする。

②ヨウ素染色とホウ酸架橋

PVA フィルムそのものは透明で偏光特性がありません。
また、せっかく乾かしたフィルムも、ちょっと濡れただけで膨潤して形が崩れてしまいます。
そこで次の手順では、可視光を吸収するヨウ素で染色し、さらにホウ酸でフィルムを構成する PVA 分子同士に結合を作り、安定化させます。

- (1)少量の水に 0.2g のヨウ素と 0.5g のヨウ化カリウムを加えヨウ素を溶解させる。この溶液を 500ml の 4%ホウ酸溶液に加えて染色液とする。
- (2)手にゴム手袋をして、PVA フィルムを染色液に 15-30 秒間浸漬する。
- (3)フィルムを染色液より引き上げて、ろ紙上に広げ、水滴を吸収させる。

③延伸-乾燥

フィルムが濡れているうちに、両端を引っ張ります。これによって PVA とヨウ素分子が引っ張った方向に配向し、偏光特性が生まれます。この状態で乾燥させれば配向した形状のまま固まるので、偏光フィルムの出来上がり、となります。

- (1)短冊状の板にフィルムの両端をはさんで固定する。
- (2)一方を固定し、他方をゆっくり動かして約 2-3 倍の長さまで引き延ばす。両端を C 型クランプで固定し、引き延ばしたまま約 30 分乾燥させる。
- (3)中央部分を適当な大きさに切り取れば完成。

☀ 実験 2 偏光フィルムで楽しむ —物理実験—

作った偏光フィルムを使って、偏光特性を調べてみましょう。

- ① 偏光フィルムを二枚重ねてみると？
- ② 偏光フィルムを通して電卓の液晶画面を見ると？
- ③ 偏光フィルムを通して水面を見ると？
- ④ 上手に窓越しの写真撮影をするには？
- ⑤ 偏光フィルムの上にセロハンをはさむと？

☀ 解説 偏光フィルムの化学と物理

ここから偏光について詳しい話になりますが、実験 2 の後なら理解しやすいでしょう。

【光】

人の目が見ることができる光を可視光といいます。可視光は電磁波の一種であることが知られています。そして電磁波とは電場と磁場が交互に振動しながら進む進行波で、電場が振動する向きは波の進行と垂直方向です（磁場は電場とさらに垂直，図 2(a)参照）。従って電磁波を最小単位で一個分だけ取り出したとしたら、その電場の振動は“本質的に偏った方向を向いている”こととなります。

【非偏光と偏光】

太陽光や懐中電灯から出る光は、複数の電磁波が束になったような状態にあります。束を構成するそれぞれの波の電場方向は全くのランダムです。図 2(b)は光の電場のみを重ねて描いた模式図ですが、普通の光はこの図のように電場の方向がバラバラになった“偏光していない”状態にあります（非偏光）。そして、この“偏光していない光”がわかればもう話は難しくありません。“偏光した光”（これを省略して“偏光”と呼ぶ）は、すなわち電場方向がそろった光の束のことです（直線偏光，図 2(c)）。自然界にある偏光の一例は水面からの反射光が代表的ですが、次に説明するように、偏光フィルムを使えば、電磁場を“フィルタリング”して、簡単に非偏光を偏光にすることができます。

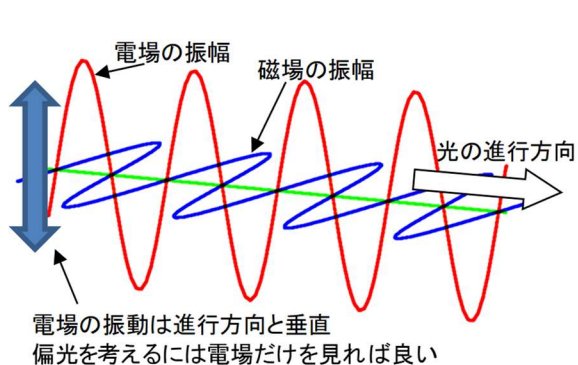


図2(a) 電磁波の一般的模式図

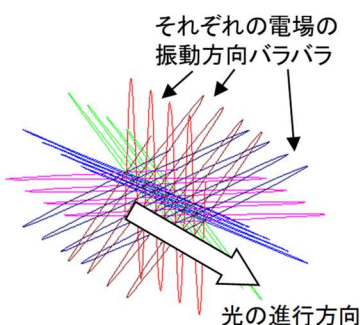


図2(b) 偏光していない光の模式図
(電場のみ表示)

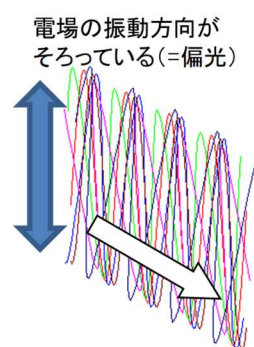


図2(c) 偏光した光の模式図
(電場のみ表示)

【偏光のしくみ】

可視光が偏光フィルムを通過するとき、ヨウ素分子によって一部の光の吸収が起こります。この光の吸収性能がヨウ素分子の向きによって異なるため、フィルムを通過した光が偏光する、というのが基本的なしくみになります。可視光とヨウ素分子中に含まれる電子との相互作用によって、直線状のヨウ素分子に並行な電場は吸収され、垂直な電場は透過します。今回作成した偏光フィルムでは、このヨウ素分子は一本の分子量が約8万の高分子PVAに沿って一方向に良く配向していると考えられます。すなわち、高分子の直鎖方向にヨウ素分子も並行に配列しており、これと並行な電場成分が吸収されて、垂直な成分が透過する、というわけです。このことは、染色後に延伸しないで作ったフィルムでは偏光特性が出ないことから確かめることができます。

(※解説書によっては直感的に理解しやすい“スリットに並行な振動成分が通過する”という説明があります。ここでは厳密さを優先し、ヨウ素分子の電磁波吸収で説明しました)

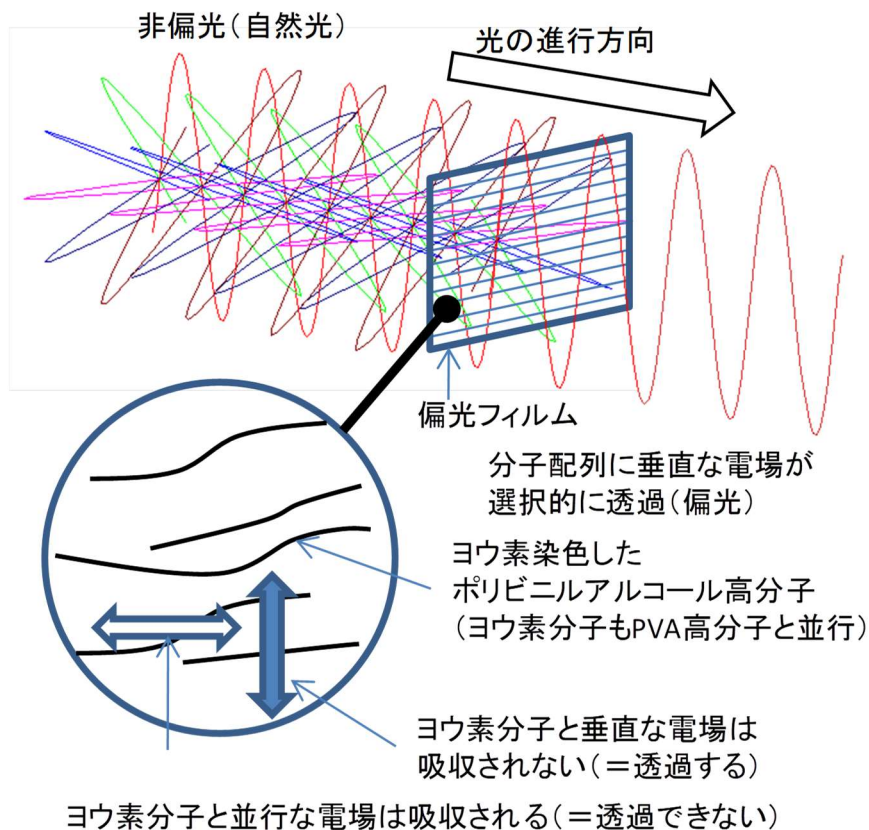


図3 偏光フィルムの構造としくみの模式図

【参考文献】

板倉聖宣, “偏光板で遊ぼう” 仮説社

平田允, “偏光に関する教材と偏光板の製作”

<http://www.asahi-net.or.jp/~uu9m-hrt/henkou/henkouban.htm>