

高分子で光をあやつる

【はじめに】

高分子はポリマーまたはプラスチックと呼ばれ、鎖状に連なった巨大な分子のことを指します。そのため水や食塩と違い、分子量が大きいことが特徴です。また一次元方向に長くつながっているため、他の分子と比べると他にもいろいろな特徴を持っています。成型加工しやすく、繊維やフィルムになるのがその特徴のひとつです。身近にあるラップやフィルム、ペットボトルなど、私たちの周りには高分子がたくさん存在しています。私たちの身体の大部分も高分子でできています。筋肉は繊維、皮膚はフィルムと考えることも可能でしょう。そのような生物を形作っている高分子を、生体高分子と呼びます。

【高分子の形】

長い分子である高分子はどのような形をしているのでしょうか？高分子をある適当な溶媒に溶かしてみると、**図 1**のようにパスタがお湯の中でゆでられているような状態を示します。この高分子を、適当な条件で結晶化させたものを電子顕微鏡で見ると**図 2**のように見えます。これは板のように見えるので、「ラメラ(板状)結晶」と呼びます。この結晶の中で高分子は**図 3**のように、規則正しく折りたたまれています。

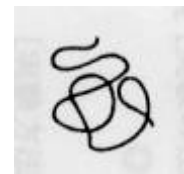


図 1 高分子溶液中の 1 本の高分子

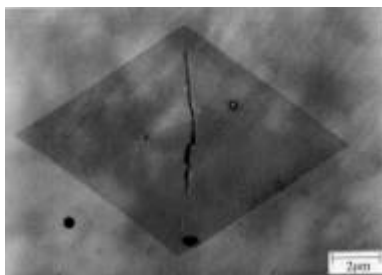


図 2 高分子の単結晶，ラメラ結晶

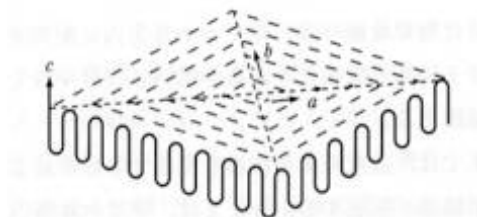


図 3 ラメラ結晶の中の高分子

実際に利用されている高分子はたくさんの分子の集合体です。この集合体では高分子はどのようになっているのでしょうか？**図 4**には、結晶化した高分子を光学顕微鏡で見た写真を示しています。丸く見えるので、「球晶」と呼んでいます。この球晶は、ラメラ結晶がたくさん的高分子を取り込みながら、**図 5**のように成長していったものです。

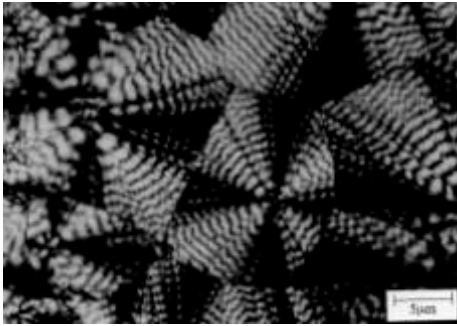


図4 高分子の球晶

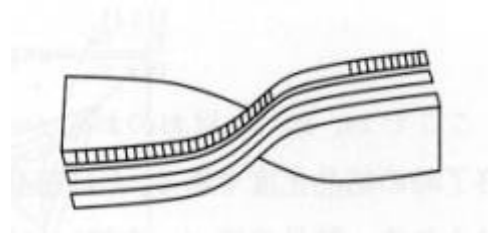


図5 球晶の中の高分子

【高分子を並べる】

結晶の中では、高分子は規則正しく並んでいることが分かりました。結晶化以外にも高分子を並べる方法がいくつかあります。1, 溶かして細いノズルから押し出す方法。2, フィルムを引っ張る方法。3, 風船を膨らます方法。1は繊維を作る方法, 2はラップのようなフィルムを作る方法, 3はペットボトルなどの容器を作る方法です。繊維, ラップ, ペットボトルは高分子を特定の方向に並べて作ったものです。このように分子が並んだ状態を配向といいます。

では高分子を配向させるとどのようなメリットがあるのでしょうか？例えば荷造り用のビニール紐と野菜などが入っているポリ袋は、どちらもポリエチレンでできています。「ビニール紐は白いけど、ポリ袋は透明」というように見た目も違いますが、「ビニール紐は強く、切れないけれど、ポリ袋は伸びて、破れてしまう」ことは皆さんもご存知でしょう。ビニール紐の中の高分子は配向しているため、配向した方向に強くなっています。多くの繊維が細くても強い訳は、繊維の長さ方向に高分子が配向しているからなのです。

さらに配向した高分子は光を様々に変化させることができます。この実験では、実際に偏光板を作製し配向した高分子と光のかかわりを見てみましょう。

【実験1 偏光子をつくる】

〔用意するもの〕

ポリビニールアルコール(PVA)フィルム

ヨウ素-ヨウ化カリウム水溶液

硫酸ナトリウム飽和水溶液

ホウ酸飽和水溶液

〔実験の注意〕

実験眼鏡と手袋を必ず着用する。

〔実験方法〕

1-1 PVA フィルムを作る

塩ビ板上で乾燥させたPVA フィルム(こちらで用意します)を、塩ビ板ごと硫酸ナトリウム飽和水溶液中に入れて5分ほど待つ。

PVA フィルムを塩ビ板からそっとはがす。

ぬれたままの PVA フィルムを、紙の上に広げて適当な大きさに切り出す。(サイズはそれほど正確でなくてもよい。長さは幅の3倍程度あるとフィルムを伸ばしやすい。このとき、気泡や穴の部分をさけ、なるべく均一な厚さの部分を選ぶと、この後の実験がうまくできる。)

1-2 ヨウ素染色

1-1 で使った硫酸ナトリウム飽和水溶液にヨウ素溶液を数滴たらす。(溶液が茶色くなる)溶液にむらがなくなるまで、ガラス棒で攪拌する。

1-1 で切り出した PVA フィルムを均一に茶色くなった硫酸ナトリウム飽和水溶液に入れて10分ほど放置する。色むらが出ないように、時々フィルムをピンセットで動かす。ヨウ素を吸着して茶色くなったフィルムを取り出す。

1-3 PVA フィルムの延伸

フィルムの両端を持って、硫酸ナトリウム水溶液中で3~6倍に伸ばす。

伸ばした状態で、フィルムをホウ酸飽和水溶液に2~3分浸漬する。

フィルムが少し硬くなったら取り出して、表面のホウ酸溶液を紙でふく。

実験台上にしわにならないように巻きつけて、布テープでとめる。

フィルムが乾いたら、塩ビ板に貼り付ける。

〔偏光子はうまくできたかな?〕

偏光子はヨウ素で染色した PVA フィルムを延伸して作ります。ヨウ素分子は延伸した PVA フィルムの中で、延伸した方向に並んで配列しています。自然光(縦波と横波がまざっている)が偏光子に入ると、ヨウ素の配列した方向と同じ向きの光はヨウ素の電子雲を揺り動かして熱となって吸収されてしまいます。そのため、ヨウ素の配列と直角方向の光だけが偏光子からでてくるのです。

うまくできた偏光子では、フィルムに入った光の半分の強度で、振動方向のそろった光が出てきます。2枚の偏光子を延伸方向に直角に重ねると(クロスニコル状態)、入った光の縦波も横波も吸収されてしまうので、光は通過できず真っ暗になります。

〔偏光子を作る際の注意点〕

ヨウ素で染色しすぎない。染色しすぎると光が通りにくくなる。

PVA フィルムを十分に延伸する。

延伸してからヨウ素で染色しても意味がない。

ホウ酸で処理をしないと延伸した PVA フィルムが縮んで延伸の効果が減ってしまう。

【観察1 偏光子を使って高分子の並び方を見る】

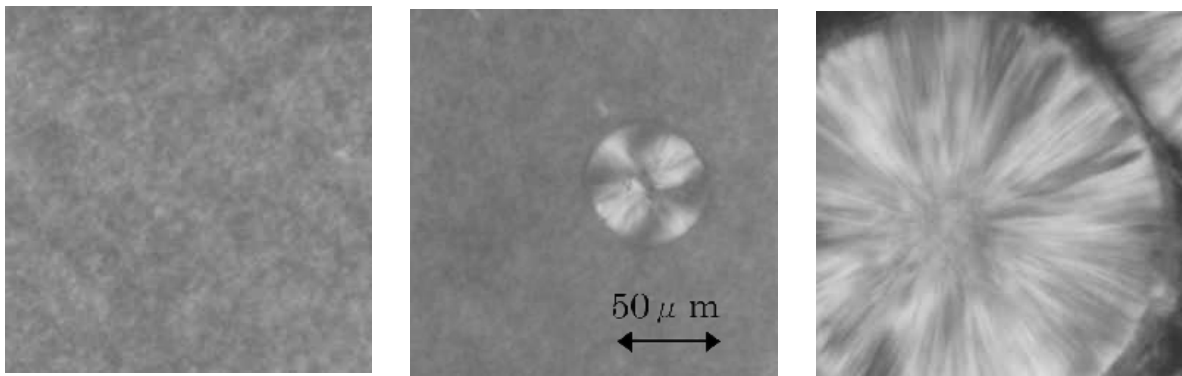
2 枚の偏光子を使ってクロスニコル状態を作り, その間にいろいろな高分子を入れて, 高分子を回してみよう。どう変化するかな？

【観察2 透明なフィルムから万華鏡！！】

偏光板にセロハンテープをいろいろな方向に重ねて張ってみよう。セロハンテープの重なり方で赤や緑などきれいな現れてくる。まるで万華鏡みたいだ！

【観察3 球晶を顕微鏡で見る】

ポリプロピレンの結晶が成長する様子を, 偏光顕微鏡で見よう。クロスニコルの条件で観察すると, どのように分子が並び結晶化していくのが見えるでしょう。



①結晶化がはじまっていない状態

②結晶化初期 球晶がで
きはじめる

③成長した球晶

図6 球晶の成長 (iso-ポリプロピレン)