

## 二重円筒間液晶せん断流れにおける分子配向挙動可視化実験

流体力学研究室 白木研伍

## 1. 緒言

液晶は流動を与えることで発電することが確認されている。現在、二重円筒間に満たした液晶にせん断流れを与えることにより、巨視的な分極を発生させる研究が行われている。これは、二重円筒間における液晶の分子配向場のひずみと密接に関係している。二重円筒間で流動する液晶の分子配向挙動は解明されていない。より効率的に分極を発生させ高い電力を得られる発電条件を明らかにするためには、二重円筒間を流れる液晶を偏光顕微鏡下で撮影し、分子配向挙動の可視化を行う必要がある。これにより、二重円筒間における液晶の分子配向挙動を明らかにする。

液晶は可視光線を吸収しないため、液晶の分子配向挙動の観察には偏光顕微鏡を用いる。なお、液晶分子の形状は棒状であるため、分子の配列には分子長軸の向く方向を考慮することができる。偏光顕微鏡下では液晶の分子長軸方向に応じた明るさの変化が見られ、本研究ではこの明るさの変化から液晶の分子配向挙動の可視化を行う。

## 2. 実験装置および方法

実験装置の概略図を図1に示す。二重円筒管にガラスを使用する。内筒(外径5mm,長さ43mm)及び外筒(内径6mm,長さ29mm)には垂直配向処理(液晶分子を管壁面に垂直に配向させる処理)が施されている。偏光フィルムを透過軸が内筒軸と45°の角度となるように内筒内側に挿入する。内筒は外筒に28mm挿入された状態でシャフトに固定される。液晶4-Cyano-4-octylbiphenyl(液晶相の温度帯約34°C-41°C)を二重円筒間に260 $\mu$ l入れる。光源として接続された光ファイバーが内筒内側に挿入されている。なお、光ファイバーの先端から30mmまで光を透過させるために表面が研磨されている。内筒内側から、液晶を透過した光を解像度2048 $\times$ 1088,フレームレート14fps,露光時間69msでCCDカメラ(IDS UI-3360CP-C)を用いて撮影する。受光側の偏光レンズの偏光軸は、内筒側の偏光フィルムの偏光軸と直交させる。これによって、せん断流れ方向に対して偏光子および検光子が $\pm 45^\circ$ の関係となり、液晶分子が流れ方向を向くとき、明視野が得られる。

断熱ボックスにより装置全体を覆い、ボックス内を43°Cで液晶を等方相にした後、37°Cまで冷却し液晶相にする。内筒をシャフトに接続されたモーターによって回転させると同時に撮影を開始し1500s撮影を行う。なお、二重円筒での撮影位置はカメラの撮影領域下部が内筒底面から8mmの高さの位置にくるようにする。また、カメラのレンズの焦点は、二重円筒間の中間の位置となるように光ファイバーに合わせた後、1.2mm焦点をカメラ側に近づける。

実験パラメーターとしてモーターの回転速度を用いる。

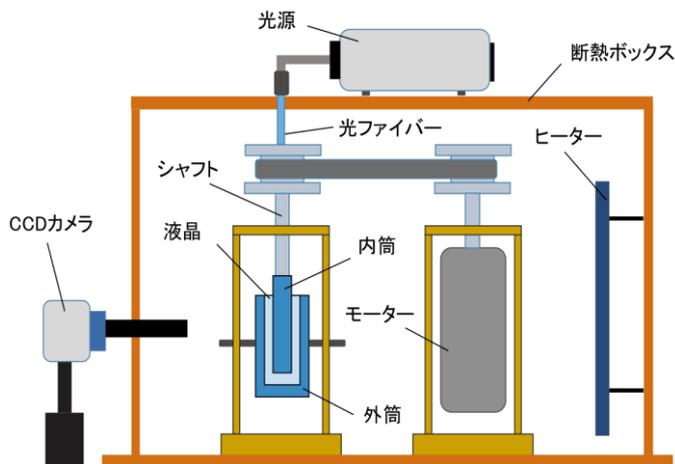
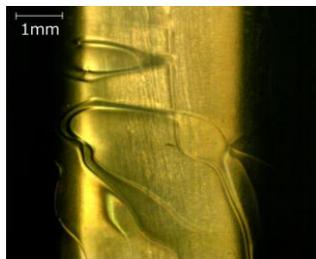
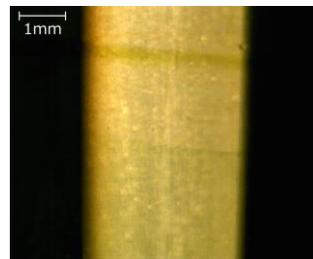


図1 実験装置の概略図

## 3. 実験結果および考察

図2は内筒回転速度  $r=0.125\text{rpm}$ ,  $t=500\text{s}$  時の偏光顕微鏡下で観察したときのものである。図中に不規則な暗視野領域が現れており、分子の配向状態が空間的にひずんでいることがわかる。また、この暗視野領域は約  $t=60\text{s}$  以降から確認できる。

一方、図3は内筒回転速度  $r=0.04\text{rpm}$ ,  $t=500\text{s}$  時のものである。このときに不規則な暗視野領域は確認されない。このことから、液晶分子配向場のゆがみを得るにはある閾値を超えたせん断速度が必要であると考えられる。すなわち、本可視化実験により液晶分子配向場に歪みが発生する高せん断速度領域と歪みが発生しない低せん断速度領域の2つの領域が存在し、液晶流の応用に応じてせん断速度を適切に選択する必要があることがわかった。

図2  $r=0.125\text{rpm}$ ,  $t=500\text{s}$ 図3  $r=0.04\text{rpm}$ ,  $t=500\text{s}$