

液晶流動を利用した分極デバイスの開発

流体工学研究室 1170096 田村 裕吾

1. 緒言

液晶は液体状態を示しながらも、棒状の分子の向きが一方方向に揃うという結晶の特性も併せ持つ。棒状分子の局所的な平均配向方向は一般的にディレクタと呼ばれる単位ベクトルで表される。平衡状態にある液晶においてディレクタ場は一律となるが、個々の液晶分子の分極方向には秩序が無い、このとき液晶は巨視的には分極していない。ディレクタ場に歪みが生じると、分子の分極方向に偏りが生じ、液晶にフレクソエレクトリック効果と呼ばれる巨視的分極が現れることが知られている⁽¹⁾。液晶のディレクタ場に歪みを与える方法の一つとして液晶流動が考えられる。

液晶は流動中のディレクタの挙動によって 2 種類に分類できる。1つは単純せん断流中でディレクタが静止するライニング液晶、もう1つはディレクタが回転し続けるタンプリング液晶がある。タンプリング液晶では、流動によるディレクタ場の大きな歪みが期待でき、フレクソエレクトリック効果も大きく発現すると考えられる。

本研究では、流動によるフレクソエレクトリック効果を利用した液晶分極デバイスの開発を目的として、タンプリング液晶の同心二重円筒間せん断流れの実験を行い、流動中の液晶分子の挙動および巨視的分極値の測定を行う。

2. 実験装置と実験方法

図 1 に実験装置の概略を示す。同心二重円筒と液晶から成る液晶セル、および駆動用 DC モータは断熱ボックスで囲われており、ヒータによってボックスの内部温度は制御されている。DC モータを駆動することによりプーリ、ベルトを介して液晶セルの内筒が回転する。せん断流動時の液晶の様子を観察窓より偏光顕微鏡観察する。

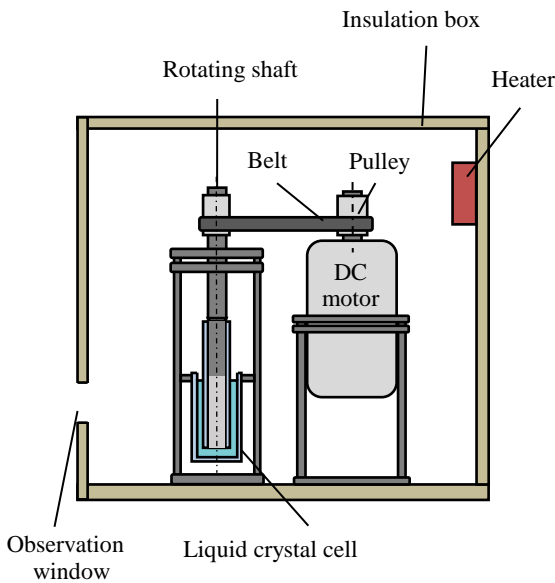


Fig. 1 Experimental equipment

図 2 に液晶セルの詳細を示す。外筒にはガラス管（外径 8mm, 内径 6mm, 長さ 30mm）を用いて、内筒にはガラス製の円柱（外径 5mm, 内径 3mm, 長さ 40mm）を用いる。内筒と外筒の表面に ITO 透明電極膜および配向膜が成膜されている。外筒には垂直配向剤（JSR 製 JALS-2021-R25）を、内筒の外側表面には水平配向剤（JSR 製 オプトマー-AL3046, JSR 製 ACT-608）を用いた。また内筒にはラビング装置で螺旋状にラビングが施されている。

実験に用いる液晶は 8CB(4-Cyano-4'-octylbiphenyl)であり、ネマチック相から等方相になる相転移温度は 41°Cである⁽²⁾。分極値の測定にはデータロガー（Pico Technology Limited 製 ADC-24, 最小サンプリングタイム 60ms）を用いる。

液晶セルの温度を一旦相転移温度以上にし、分子配向状態をリセットした後、温度を設定値まで下げる。その後、 $t=0s$ で内筒を回転させ始め、測定を行う。

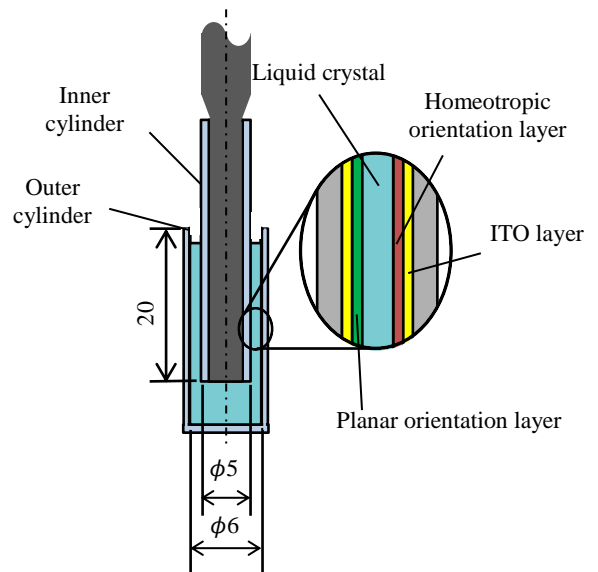


Fig. 2 Details of liquid crystal cell

3. 実験結果及び考察

図 3 に温度 $T=37.0^\circ\text{C}$ 、内筒回転速度 0.202rpm の場合の偏光顕微鏡画像を示す。図中央付近の明視野領域は内円筒軸に沿って入射光が反射している領域であり、以下ではこの領域に注目して議論する。 $t=0s$ の流動直後から $t=90s$ まで画像中央領域においてほぼ均一な明視野が得られており、液晶の分子配向が一樣であることが分かる。 $t=180s$ から明視野領域内に線状の暗視野領域が現れ始める。さらに時間が経過すると明視野領域内の線の密度が大きくなっている。この線状の領域は配向欠陥と呼ばれ、そこでは分子配向の空間歪みが大きくなる。

図 4(a)および(b)は、いずれも温度 $T=37^\circ\text{C}$ 、内筒回転速度 0.202rpm の場合の内外円筒間の電位差 V の時間変化を表す。

図 4(a), (b)いずれにおいても内外円筒間に最大で数十 mV 程度のパルス状の電位差が不規則に発生していることが分かる。

また図 4(a), (b)を比較すると、同一条件の下での測定結果にもかかわらず、両者の分布は異なっており再現性が見られない。

以上の結果より、流動によって、液晶中に不規則な配向欠陥（ディレクタ場の歪み）が発生し、結果としてフレクソエレクトリック効果による巨視的分極が誘起されるものの、発生する電位差に規則性は無い。

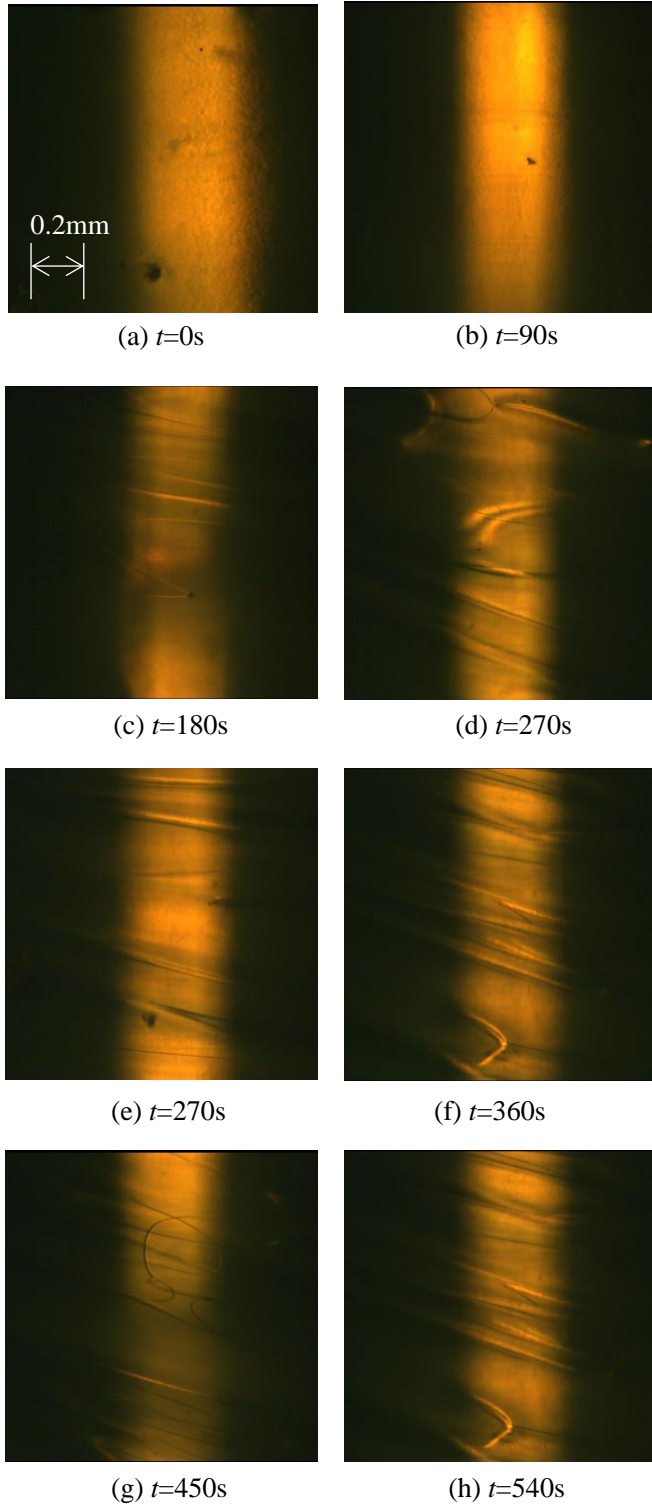
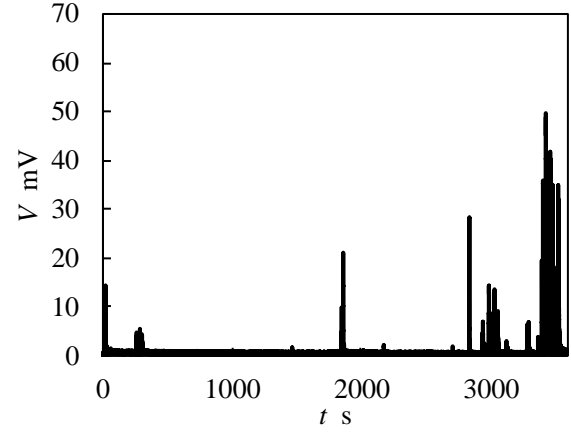
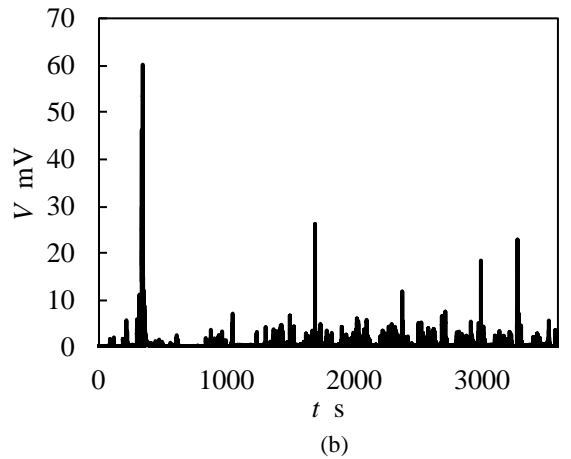


Fig. 3 polarized microscope images during flow



(a)



(b)

Fig. 4 Voltage between inner and outer cylinders

4. 結言

本研究では同心二重円筒間せん断流れの実験を行い、流動中の液晶分子の挙動および巨視的分極値の測定を行った。得られた結果は

- ・せん断流れによって内外円筒間に電位差が生じる。
- ・発生する電位差は分子配向場の不規則性から不規則になる。

文献

- (1) R. B. Meyer, Piezoelectric Effects in Liquid Crystals, Phys. Rev. Lett. 22, 918 (1969)
- (2) 液晶便覧, 液晶便覧編集委員会, 丸善株式会社, (2000)