

卒業論文要旨

ネマティック液晶流における分子配向欠陥の偏光観察と粘度測定

Molecular Orientation Defects in Nematic Liquid Crystal Flow Polarized light observation and viscosity measurement

システム工学群

流体工学研究室 1230154 松永 悠萌香

1 緒言

液晶の棒状分子の重心位置は不規則であるが、長軸は平均的に同じ方向を向いている。そのため、液晶は方向を持った液体、すなわち異方性流体である。規則的に配向した液晶分子場中に、配向欠陥と呼ばれる分子配向構造が存在する場合がある。配向欠陥構造とは欠陥核と呼ばれる点を中心に欠陥核周りの分子配向角を一周分積分した値が $\pm n\pi$ ($n=1,2,\dots$)となるような構造である。⁽¹⁾ 図1の左図の場合には $n=2$ 、右図では $n=-2$ である。これら欠陥構造の発生要因には様々あるが、流動もその1つである。

液晶の粘度は電場をかけた際の分子の応答速度に関係し、液晶を応用するうえで重要な物性である。しかし、一般的なレオメーターを用いた粘度測定時の液晶の分子配向状態は明らかにされておらず、測定時の欠陥構造発生の有無や欠陥構造が粘度データに及ぼす影響は調べられていない。

そこで本研究では、液晶の粘度測定と同時に液晶分子配向場の可視化観察を行い、流動と欠陥構造の関係を調べる。さらに、粘度測定時の液晶に電場を印加することで、欠陥構造の発生を抑制することで、欠陥構造が粘度に及ぼす影響についても調べる。

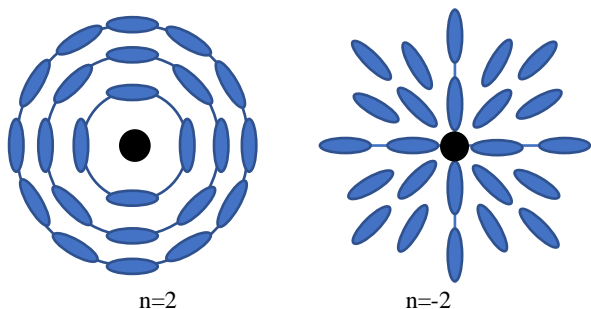


Fig.1 Schematics of defect structures of liquid crystals

2 実験方法

本研究では粘度測定には回転式レオメーター(MARSIII, Thermo Fisher Scientific 社製)を用いた。供試流体は、4-Cyano-4'-pentylbiphenyl(5CB)であり、23~35°Cの範囲で液晶相を示す。図2に粘度測定部の概略図を示す。上下円板間に液晶を充填し、上部円板が回転することで、せん断流れを印加し、粘度測定を行う。直径48mmのミラー加工したガラス製円板を上部円板として、直径60mmのガラス製円板を株平板として用いる。上下円板にはITO透明電極膜を製膜した後に、垂直配向膜が製膜されている。また、電源装置と上部円板との接続では、アルミ製アタッチメント上部に施した溝に満たさ

れた水道水を介することで接触抵抗の低減を行った。粘度測定の場合は円板間隔0.3[mm]とし、せん断速度2.5~50[1/s]である。粘度測定時の分子配向状態の同時観察は、図3のように下部円板の下側に偏光顕微鏡及びカメラ(UI-3860LE-C-HQ:IDS製)を設置し、顕微鏡から照射された光の反射光を録画することで実現する。

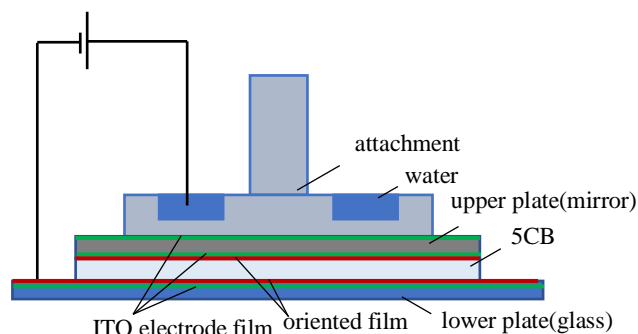


Fig.2 Experimental Setup

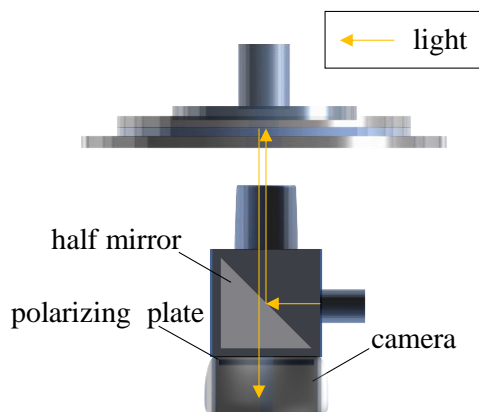


Fig.3 Observation of molecular orientation

3 実験結果および考察

図4はせん断速度 $\dot{\gamma}=10$ [1/s]の場合の偏光観察画像である。せん断流れ開始後、黒い線が液晶流中に発生し、線の密度が時間とともに増加して行くことが分かる。この線は、図1に示した欠陥核が連続した線欠陥構造であると推察できる。図5はせん断速度 $\dot{\gamma}=50$ [1/s]の場合の偏光観察画像である。図4に示した $\dot{\gamma}=10$ [1/s]の場合と同様に時間の経過とともに線欠

陥構造の密度が増加している。また、同時刻の線欠陥密度を比較すると、 $\dot{\gamma}=50[1/s]$ の場合の方が線欠陥密度が高い。

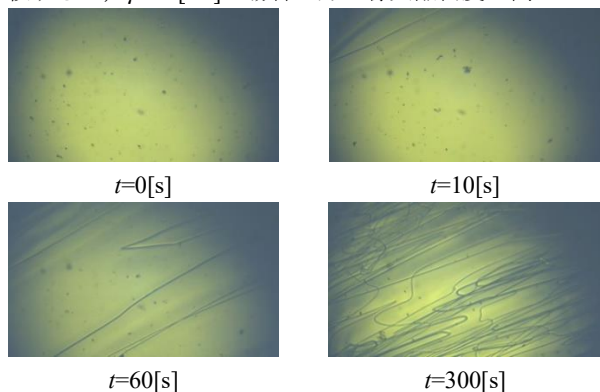


Fig.4 Polarization observation without electric field at $\dot{\gamma}=10[1/s]$

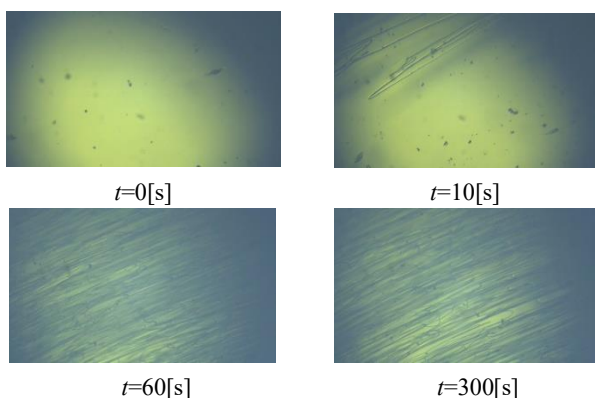


Fig.5 Polarization observation without electric field at $\dot{\gamma}=50[1/s]$

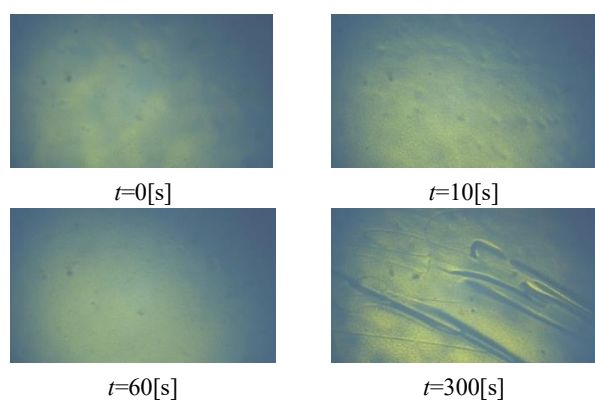


Fig.6 Polarization observation with electric field at $\dot{\gamma}=10[1/s]$

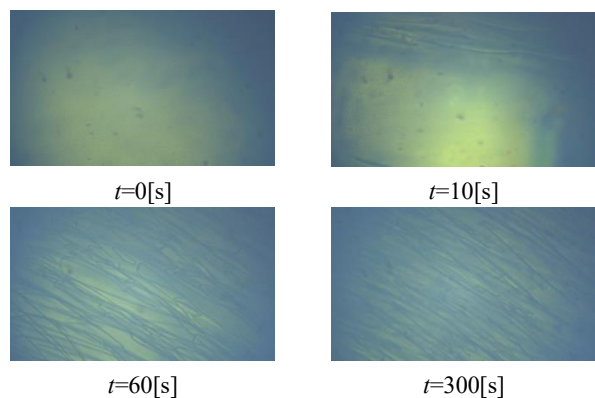


Fig.7 Polarization observation with electric field at $\dot{\gamma}=50[1/s]$

図6はせん断速度 $\dot{\gamma}=10[1/s]$ において、電圧10Vを印加した場合の偏光観察画像である。図4と比較すると線欠陥密度が低くなっており、電圧の印加が欠陥の発生を抑制していることが分かる。図7はせん断速度 $\dot{\gamma}=50[1/s]$ において、電圧10Vを印加した場合の偏光観察画像である。図5と比較すると、線欠陥密度が低くなっている。

せん断流れ中の画像と $t=0s$ の画像との輝度値の差分から線欠陥密度の定量化を試みる。図8は電圧を印加した場合としない場合の、十分に欠陥が発達した後の偏光顕微鏡画像の差分輝度値のせん断速度依存性を表す。いずれの場合も、せん断速度の増加とともに差分輝度値が増加している。すなわち、せん断速度の増加が線欠陥構造の発生を促進することが分かる。一方、全てのせん断速度領域にわたって、電圧を印加した場合の差分輝度値が電圧印加なしの場合の差分輝度値を下回っており、電圧の印加により線欠陥構造の発生が抑制されていることが分かる。

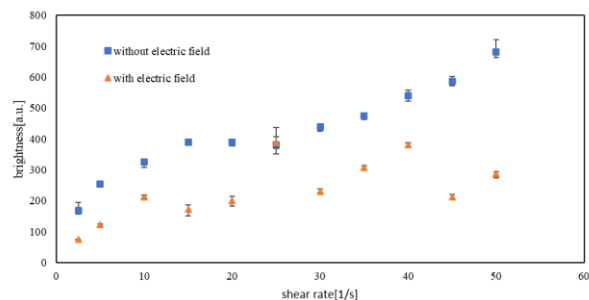


Fig.8 Brightness of microscope image as a function shear rate

最後に、図9に電圧を印加した場合としない場合の、粘度のせん断速度依存性を示す。 $\dot{\gamma} \geq 10$ において、電圧を印加した場合の粘度が、電圧印加なしの場合の粘度よりも低い。すなわち、線欠陥構造の発生が粘度の増加を引き起こすことが分かる。

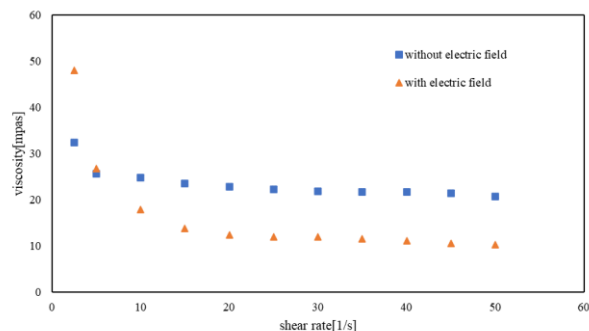


Fig.9 Viscosity measurement

4 緒言

本研究では、線欠陥が粘度測定結果に及ぼす影響について5CBを用いて調べた。

- せん断をかけると線欠陥が発生する
- 線欠陥密度はせん断速度に依存して増加する
- 電場印加により線欠陥密度が減少する
- 線欠陥の発生が粘度の増加を引き起こす

文献

(1) Chandrasekhar, S. (1992). Liquid Crystals (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Pre