

卒業論文要旨

電場下におけるネマティック液晶の粘度測定

流体力学研究室

佐藤博則

1. 緒言

液晶の液晶ディスプレイ以外の新規応用の一つとして、アクチュエータやセンサといった力学的応用がある。液晶を力学的に応用するためには粘度が重要な物性値となる。液晶を力学的、特に流体力学的観点から扱うには必要不可欠なためである。液晶分子は回転楕円状で、流れに対する分子の配向によって異なる粘度を示すため、液晶の粘度測定は困難である。例えば、速度勾配と分子の配向方向が平行の場合は最も高い粘度を示す。流れ方向と分子の配向方向の関係は複雑であるため通常の粘度測定装置のみでは測定することができない。液晶の粘度測定を行うには分子配向を固定するための外力が必要となる。液晶は電場下では分子が電場方向に向く性質があり、液晶を電場下で粘度測定を行えば流れに対しても配向を固定した状態で粘度測定を行える可能性がある。

そこで、本研究では一様電場下で分子の配向方向を固定した状態で液晶の粘度測定を行う。測定された値から流れの速度勾配と分子の配向が平行の場合の粘度を調べ、分子の配向を固定した状態での粘度測定法を確立させる。

2. 実験装置および方法

液晶を測定するために粘度計の一種であるレオメーター (HAAKE MARSIII: Thermo Fisher Scientific 社) を用いる。電場下で測定できるようにレオメーターに改良を加える。図1に本実験装置の概略図を示す。この装置では透明電極膜および壁面での配向状態を垂直に保つ垂直配向膜を施した直径 $D=60\text{mm}$ のガラスプレートを用いる。プレートには直流電圧を印加する。測定原理は2枚のプレートに液晶を挟み、上部プレートのみを回転させることでプレート間にせん断流動を生じさせ、付与したせん断速度と測定されるせん断応力から粘度を算出する。平板間距離は $h=100\ \mu\text{m}$ 、測定温度 $T=25\ ^\circ\text{C}$ 、液晶材料には4-Cyano-4'-pentylbiphenyl (5CB) を用いる。せん断速度 $\dot{\gamma}$ として $5\sim 300\ \text{s}^{-1}$ を与える。各せん断速度においては測定開始から30 s間付与し、最後の10 s間の平均値を積算する。

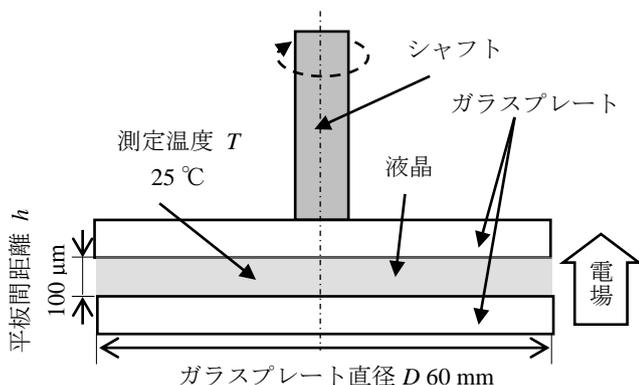


図1. 実験装置の概略図

3. 実験結果および考察

図2に0~50 Vの6つの印加電圧におけるせん断速度と粘度の関係を示す。測定回数10回の平均値および標準誤差を示している。

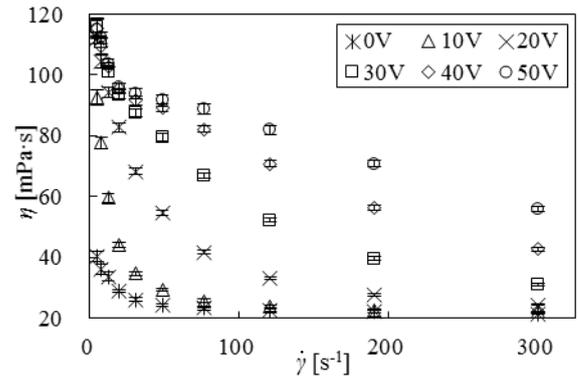


図2. 電場下におけるせん断速度と粘度の関係

図より印加電圧に関わらず、せん断速度が増加すると粘度が減少する。これは、せん断速度が増加すると分子に働く粘性トルクが大きくなり、液晶分子が速度勾配に対して水平を保つことができなくなるためであると考えられる。また、各せん断速度において印加電圧が高くなると粘度は高い値を示す。

次に、低せん断速度かつ十分に高い印加電圧において分子の配向が固定されている可能性が高い。そこで、図3にせん断速度が最も低い $5\ \text{s}^{-1}$ におけるの電圧と粘度の関係を示す。

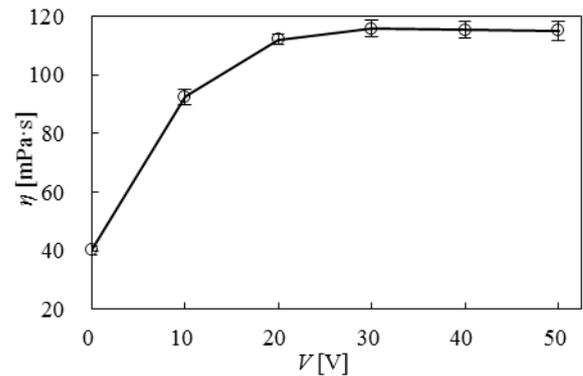


図3. せん断速度 $5\ \text{s}^{-1}$ における電圧と粘度の関係

図より0~30 V間では粘度は増加しているが、30~50 V間では粘度の変化がほとんどなく一定値を示している。これより、この3点の粘度 $115.35\pm 0.2\ \text{mPa}\cdot\text{s}$ は液晶分子が速度勾配に平行の時の粘度と推察でき、5CBはせん断速度 $5\ \text{s}^{-1}$ 以下かつ印加電圧30 V以上で分子の配向を固定した状態での粘度測定ができると結論付けられる。

文献

(1) 液晶便覧編集委員会, 液晶便覧, 丸善, (2000)