

1. 緒 言

液晶は、固体と液体の中間の状態のことを指し、液体の持つ流動性と、固体の持つ光学異方性を同時に有する。光学異方性を応用した例として、液晶ディスプレイが広く普及している。一方、流動性を利用した液晶製品は現在までのところ皆無である。流動性を利用した製品開発のためには、流動性の評価が必要であるが、流動性評価において、粘度が最重要のパラメータとなる。しかし、後述するように、液晶は分子が棒状であるため、実測が必要な6個の粘性係数を持っている。これら全てを測定する必要があるが、これまでの研究においては、6個の粘性係数がそれぞれ異なる装置によって求められている⁽¹⁾。したがって、測定システムの確立が求められており、本研究では同一の装置を用いた測定システムの確立を目的とする。

2. 実験装置および方法

本実験における粘度測定には、回転粘度計である MARSIII (Thermo Fisher Scientific 製) を用いる。回転粘度計は、対になった治具同士の間被測定物質を充填し、上部プレートを回転させてせん断速度を付与することによって、せん断応力を測定し、せん断応力をせん断速度で除した値である粘度を算出する粘度計である。通常の液体は、測定により求まる1個の粘度で流動学的性質を記述できる。しかし液晶の場合、Leslie-Ericksen 理論⁽²⁾によると、流動と応力 τ の関係は、以下に示すように6個の粘度を介して記述される。

$$\begin{aligned} \tau = & \alpha_1 \mathbf{n} \mathbf{n} \cdot \mathbf{D} \cdot \mathbf{n} + \alpha_2 \mathbf{n} \mathbf{N} + \alpha_3 \mathbf{N} \mathbf{n} + \alpha_4 \mathbf{D} \\ & + \alpha_5 \mathbf{n} \mathbf{n} \cdot \mathbf{D} + \alpha_6 \mathbf{D} \cdot \mathbf{n} \end{aligned} \quad (1)$$

ここで用いられている $\alpha_1 \sim \alpha_6$ は Leslie 粘性係数であり、 $\mathbf{n}$ は分子の平均的方向を表すディレクタ、 $\mathbf{D}$ は変形速度テンソル、 $\mathbf{N}$ はディレクタと流体の相対角速度ベクトルである。すなわち、液晶の粘度測定とは、 $\alpha_1 \sim \alpha_6$ を実測することである。しかし、Leslie 粘性係数の間には、次の Parodi の関係⁽³⁾

$$\alpha_2 + \alpha_3 = \alpha_6 - \alpha_5 \quad (2)$$

が成り立つため、独立な粘性係数は5個となる。そのため、異なる5通りの粘度測定が必要であり、5通りの粘度測定を行う方法として、配向処理による分子配向の制御を用いる。これは、壁面に高分子の配向膜を成膜することによって、一様な配向状態を得る方法である。回転粘度計の測定部である円盤プレート間で垂直または水平な分子配向を得るために、プレート表面に垂直または水平配向処理を施す。また、配向処理に必要とされる基板平滑度を得るため、図1に示すように本来の金属製円盤プレートにガラス製円盤プレートを接着し、そこに配向処理を施す改良を加えた。本実験では、5通りの測定のうち、上下のガラス壁面に垂直配向処理を施した

場合と、水平配向処理を施した場合の2通りの測定を行う。

測定には、4-cyano-4'-n-pentil biphenyl (5CB) を用い、せん断速度を 50 s^{-1} ずつステップ状に増加させる。1ステップの保持時間は30秒間とし、最後の10秒間の粘度を平均し、プロットする。温度は 25°C 一定とし、測定ギャップは $h = 0.3 \text{ mm}$ として測定を行う。

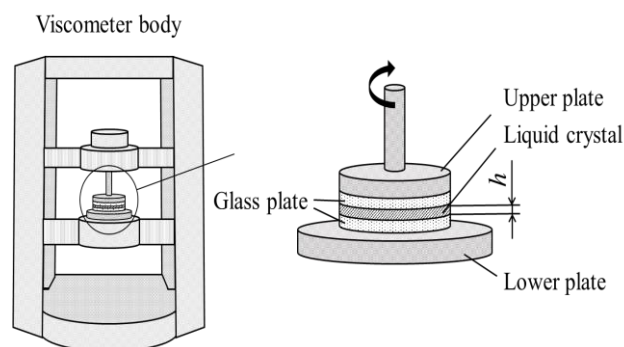


Fig.1 Measurement part of viscometer.

3. 実験結果および考察

垂直配向の場合の粘度 $\eta_{\perp}$ と水平配向の場合の粘度 $\eta_{\parallel}$ の測定結果を図2に示す。いずれの粘度もせん断速度に対して一定となることが確認できた。すなわち、分子が一定の角度を保った状態で流動していることが考えられる。また、 $\eta_{\perp} > \eta_{\parallel}$ となることが明らかにされているが、それを満たすことも確認できた。

この結果より、Leslie 粘性係数を求めるために必要な測定5通りのうち、2通りの測定方法を確立することができた。

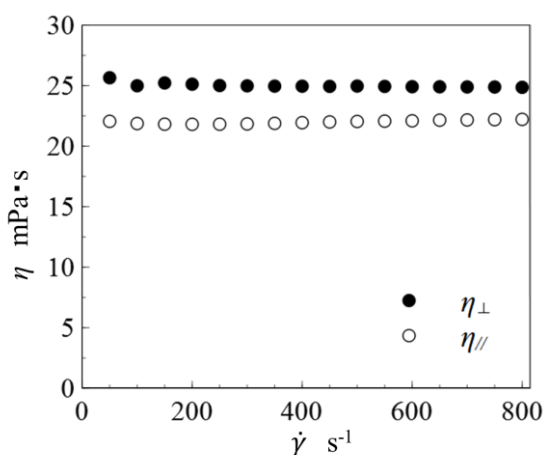


Fig.2 Viscosity of 5CB.

文 献

- (1) W. W. Beens and W.H.de Jeu, *J.Phys.*, **44**(1983), 129-136.
- (2) Leslie F.M., *Arch. Ration. Mech. Anal.*, **28**(1968), 265.
- (3) O. Parodi, *J. Phys.*, **31**(1970), 581.