

## 円管内液晶流れにおける分子配向挙動の観察

流体工学研究室 1170084 高橋 良輔

### 1. 緒言

現在、一般的に普及している液晶製品といえば液晶ディスプレイと液晶プラスチックが挙げられる。一方、液晶の新規応用に向けた様々な研究が行われており、今後液晶の利用は拡大することが期待される。そこで液晶の輸送効率の向上は今後の液晶供給拡大における重要な課題の一つであると考えられる。現在、液晶製品製造過程における液晶輸送は主に円管を用いて行われており、円管内における液晶流動、とくに液晶の速度場と分子配向場の関係を解明することは液晶輸送効率向上に繋がると考えられる。本研究では、円管内流れの偏光観察を行い、流動中の液晶分子配向挙動を調べる。

### 2. 実験装置および方法

実験装置の全体図を図1に、実験の観測部を図2に示す。シリンジ内に液晶を充填し、シリンジの針の先端にシリコンチューブを間に挟む形で内部表面に垂直配向を施した内径 1mm のガラス製円管を接続し、シリンジを用いて円管内に液晶を注入する。注入の際に変化した分子配向を揃えるために円管を加熱し、液晶を等方相にする。図1に示す実験装置にシリンジと円管を固定し、図2に示すように円管を挟む位置に偏光板を互いに90°傾くように設置する。図1の装置のモータを駆動により、内筒を固定したマイクロメータの外筒を回転させることで、シリンジを微小で押し出し、極小の流量で円管内液晶を流動させ、偏光観察によって液晶分子配向挙動の観測を行う。実験パラメータとして、流量を変化させ、流量の変化による液晶分子の配向の違い、規則性について考察する。

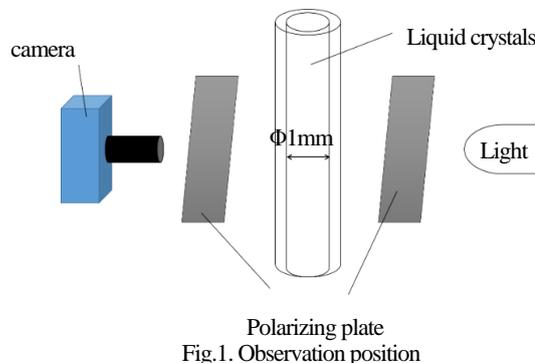


Fig.1. Observation position

### 3. 観測方法の確立

本研究では、図3に示すようなアクリルの筒体を装着した円管を用いて実験を行う。アクリル装着の目的として管内の観測にあたり、円管の形状である表面が曲面であるという点が通貨する光を複雑に屈折させるため、焦点の調整が困難であり、計測が困難となる点が複数生じることから観測結果の正確性が低いという問題が生じる。この問題を解決するために、円管の材質であるガラスと屈折率が僅差であるアクリル樹脂によって円管の周りを囲むことにより観測点の壁面を平面とすることで、円管の形状による光の屈折の影響を抑えた



Fig.3. Cylinder with acrylic

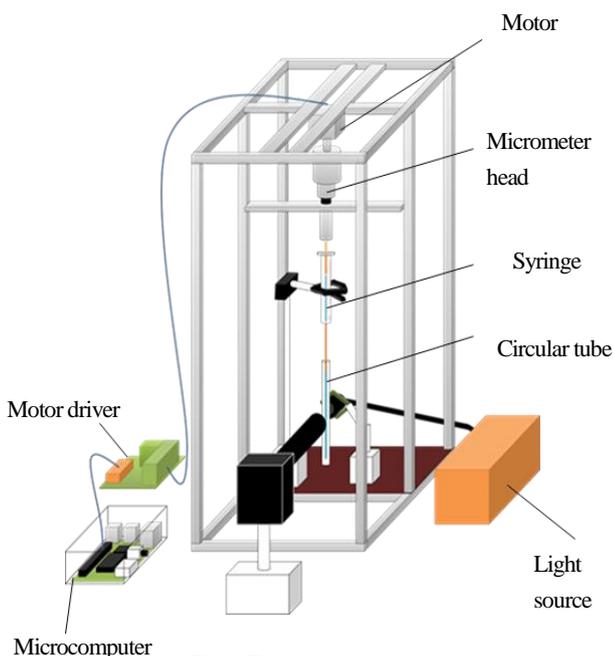


Fig.2. Experimental device

### 4. 実験結果および考察

流量  $Q$  を変化させ観測を行い、ここでは規則性の変化が確認できた  $Q_A=1.27 \times 10^{-3} \text{mm}^3/\text{s}$ ,  $Q_B=2.25 \times 10^{-2} \text{mm}^3/\text{s}$ ,  $Q_C=4.45 \times 10^{-1} \text{mm}^3/\text{s}$  の3つの流量について述べる。図4に測定領域を示す。円管の左壁面を  $x=0.0 \mu\text{m}$ , 円管中央を  $x=500 \mu\text{m}$  とおき、測定範囲として  $x=0 \sim 500$  とし、一辺  $100 \mu\text{m}$  の正方形を5箇所測定領域とし、領域内の輝度の平均値をそれぞれ測定した。

図5に  $Q=0 \text{mm}^3/\text{s}$ , つまり光源のみのときの輝度と時間変化の関係を示す。管中央( $x=500$ )に最も近い  $x=400 \sim 500 \mu\text{m}$  の領域が最も明るく、壁面に近い  $x=0 \sim 100 \mu\text{m}$  付近が最も暗くなっており、測定領域間の輝度値の差は光源との距離に影響を受けていること

がわかる。また、流動がないにも関わらず輝度値が常に変動していることがわかる。しかしながら、各領域のグラフ形状は全て類似していることから光源の出力が安定していないため輝度値が常に変動しているものだと考えられる。これらの事から流輝度値の値が変動していても、各領域のグラフ形状が全て近似しているとき、定常状態になっていると考えられる。

図6に $Q_A$ における輝度と時間変化の関係を示す。  $t=900s$  付近まで異なる形状をとる。グラフ形状が乱れている部分では、流量  $1.27 \times 10^{-3}(\text{mm}^3/\text{s})$ 以下のときと異なり、液晶分子配向方向が大きく異なる領域の間に生ずる欠陥構造が生じていることがわかる。しかし  $t=900s$  以降ではこの欠陥構造の発現は確認できないため、この欠陥構造の発現は流動の変化の影響と考えられ、分子配向挙動の規則性が異なる境界点とは言い難い。

図7に $Q_B$ における輝度と時間変化の関係を示す。  $t=200s$  以降全ての測定領域において近似したグラフ形状をとり、定常状態となっているように見られたが  $t=1200\sim 1400s$ ,  $t=5000\sim 5400s$ の時間において  $x=300\sim 500$  の測定領域が他の測定領域のグラフ形状と異なるグラフ形状をとっており、定常状態となっていないことがわかる。この異なる形状をとっている範囲の観測図である図4.11を見ると欠陥構造が発現していることがわかる。このことから流量  $2.25 \times 10^{-3}(\text{mm}^3/\text{s})$ において  $x=0\sim 300$ の間と  $x=300\sim 500$ 間の分子配向挙動は異なる部分と同一の部分の両方を持つことがわかり、分子配向の規則性が変化する境界点に近いと考えられる。

図8に $Q_C$ における輝度と時間変化の関係を示す。グラフ形状が近似する測定領域とグラフ形状が異なる測定領域が交互に存在することがわかり、欠陥構造の発現と消滅が交互に確認できた。これらのことから流量  $4.45 \times 10^{-3}(\text{mm}^3/\text{s})$ において、分子配向は円管中央から壁面にかけて徐々に変化し、一定時間後にすべて同じ方向を向き、その後再び変化を始めるものだと考えられる。

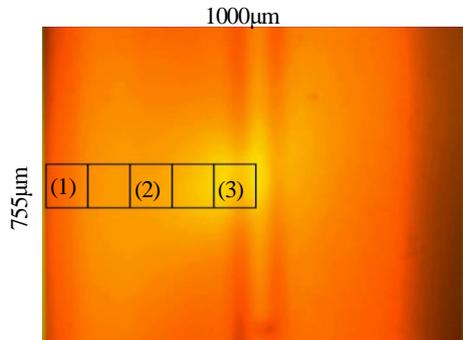


Fig.4 Polarized light image

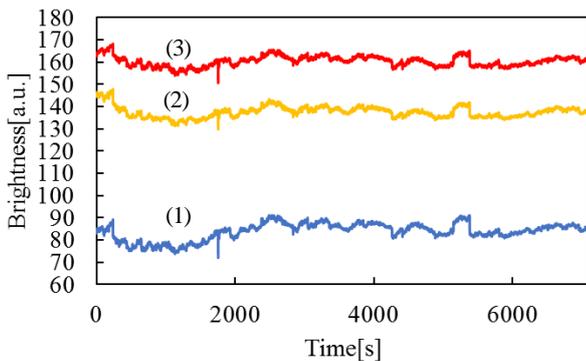


Fig.5 Brightness of polarized light image for  $Q=0\text{mm}^3/\text{s}$

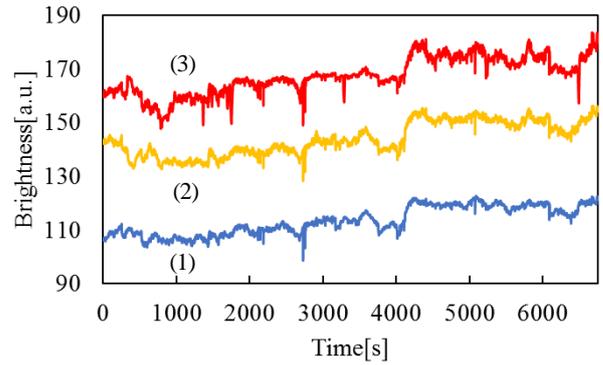


Fig.6 Brightness of polarized light image for  $Q=1.27 \times 10^{-3}\text{mm}^3/\text{s}$

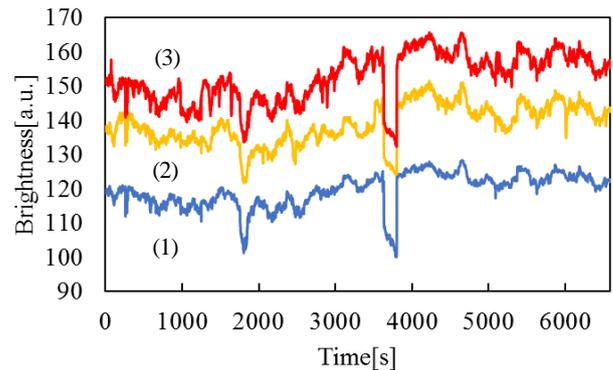


Fig.7 Brightness of polarized light image for  $Q=2.25 \times 10^{-2}\text{mm}^3/\text{s}$

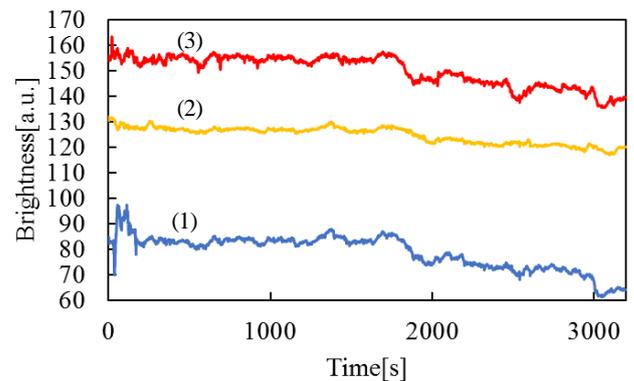


Fig.8 Brightness of polarized light image for  $Q=4.45 \times 10^{-1}\text{mm}^3/\text{s}$

## 5. 結言

- 垂直配向を施した円管内の5CBの流動において流量  $1.27 \times 10^{-3}(\text{mm}^3/\text{s})$ 以上、流量  $2.25 \times 10^{-3}(\text{mm}^3/\text{s})$ 以下のときに液晶分子配向挙動の規則性が変化する。
- 分子配向挙動は、全領域で同じ分子配向方向で定常状態となる、領域ごとに異なる方向で定常状態となる、分子配向は変化し続け定常状態にならない、の三つに分類できる。
- 流量  $1.27 \times 10^{-3}(\text{mm}^3/\text{s})$ 以下の条件で一定時間経過後、分子配向は揃っている。
- 輝度値のグラフ形状が異なる領域間で欠陥構造生じている。

## 参考文献

液晶便覧編集委員会, 液晶便覧, 丸善株式会社(2000)