

ネマティック液晶におけるずり誘起構造変化と 粘性および誘電的性質

(福岡大・理) ○ 祢宜田 啓史、井上 恵

【序】液晶のネマティック(Ne)相において定常ずり変形を与えると、Leslieの粘性係数 α_2 、 α_3 に $\alpha_2/\alpha_3 > 0$ の関係がある場合には、液晶の配向方向を示すdirector がほぼ流れ方向に配向しながら流動する流動配向が生じる。このような流動配向は、高温からアイソトロピック(Is)相 - Ne相 - 結晶(K)相と相転移する物質では、Ne相の全温度領域で観測される。ところが、Ne相の低温側でスメクティックA(SmA)相が存在しIs相 - Ne相 - SmA相 - K相と相転移する物質のNe相においては、Ne-Is相転移温度に近い温度領域では $\alpha_2/\alpha_3 > 0$ となり流動配向が生じるが、温度を下げてSmA-Ne相転移点近づくとも $\alpha_2/\alpha_3 < 0$ となり、流れ方向とは垂直な方向の周りにdirectorの才差運動が起こり、その才差運動は温度領域によって変化することが知られている。また、SmA相では、温度を一定にしてずり速度を変化させると、directorの方向が異なる二つの構造が入り混じった状態から単一の構造へと変化することも明らかにされている。本研究では、Is相 - Ne相 - K相と相転移する4-n-pentyl-4'-cyanobiphenyl (5CB)とIs相 - Ne相 - SmA相 - K相と相転移する4-n-octyl-4'-cyanobiphenyl (8CB)において、粘度と誘電率を同時に測定し、それらの温度やずり速度依存性などから、定常ずり変形下での液晶の動的構造や動的構造間でのずり誘起構造変化を考察した。

【実験】試料の5CBおよび8CBにはメルク社製のものを用いた。粘度から求めた、5CBのNe - Is相転移温度は 308.8 Kで、8CBのNe-Is相転移温度は 313.6 K、SmA-Ne相転移温度は 306.2 Kであった。粘度およびずり応力とずり速度の関係は二重円筒型粘度計を用いて測定した。また、この二重円筒型粘度計の内筒と外筒間に信号発生器(FG110、横河電機)からの低電圧を印加し、試料を流れる電流を2位相デジタルロックインアンプ(LI5640、NF)で位相検波して、定常ずり変形下での誘電率の実部(ϵ')および虚部(ϵ'')を求めた。この装置構成のため、求めた定常ずり変形下での誘電率は、流れ方向とは垂直の速度勾配方向の誘電率となる。試料温度は、外筒に取り付けたヒーターと熱電対(クロメル - コンスタンタン)、および、温度コントローラー(340、LakeShore)で、 ± 0.01 K以内に制御した。

【結果】5CBにおいて、粘度および誘電率の温度依存性を測定した結果が、それぞれ、図1および図2である。Is相から温度を下げていくと、粘度は、Is - Ne相転移点

で急激に減少し、その後次第に増加する。誘電率は定常ずり変形を印加するかどうかで挙動が大きく異なる。定常ずり変形下では粘度と同様にIs - Ne相転移温度で急激に減少するが、静止状態下では誘電率はIs - Ne相転移点で急激に増大し、その後、温度とともに次第に大きくなる。また、Ne相での粘度および定常ずり変形下での誘電率は、directorが流れ方向に配向した場合のものよりわずかに大きい値であった。これらの結果から、5CBに定常ずり変形を印加すると、Ne相の全温度領域で、定常ずり変形によってdirectorがほぼ流れ方向に配向することが明かとなった。

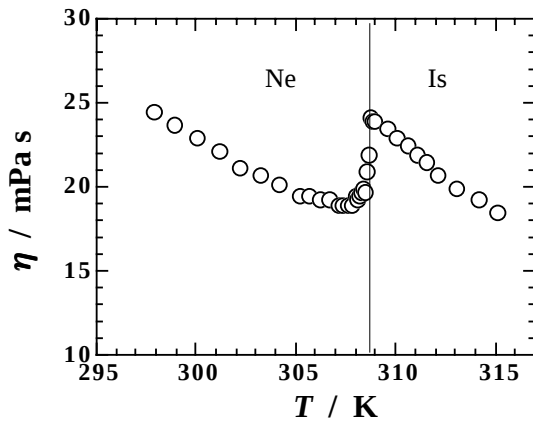


図1: 5CBにおける粘度の温度依存性
ずり速度: 329.5 s^{-1}

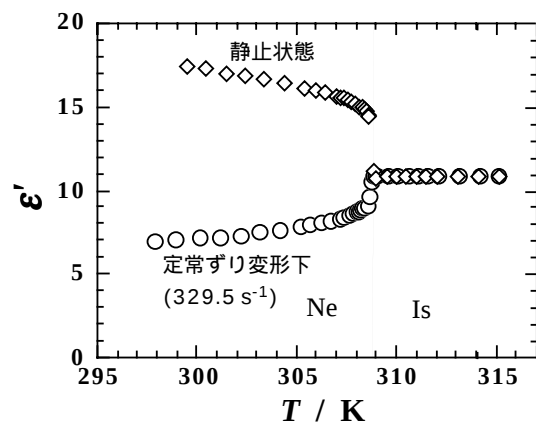


図2: 5CBにおける誘電率の温度依存性
電場: 1 kHz、3 V/mm

一方、8CBにおいて静止状態下および定常ずり変形下で誘電率の温度依存性を測定した結果が図3である。静止状態下でIs相から温度を下げていくと、誘電率はIs相およびNe相で5CBと同様な温度依存性を示し、Ne-SmA相転移点でその温度依存性にわずかな変化が観測される。一方、定常ずり変形下での誘電率は、Is-Ne相転移点近傍では5CBの結果と同様であるが、Ne-SmA相転移点近傍の温度領域では5CBの結果とは大きく異なる挙動を示し、SmA相では、温度とともに増大した後ほぼ一定となる。得られた結果を考察した結果、8CBに定常ずり変形を与えると、Is-Ne相転移近傍ではdirectorは流動配向するが、SmA相に近い温度領域ではdirectorが流れとは垂直な方向の周りに才差運動することが明かとなった。これらの結果などを基に、Ne相およびSmA相における定常ずり変形による液晶の構造変化を議論する。

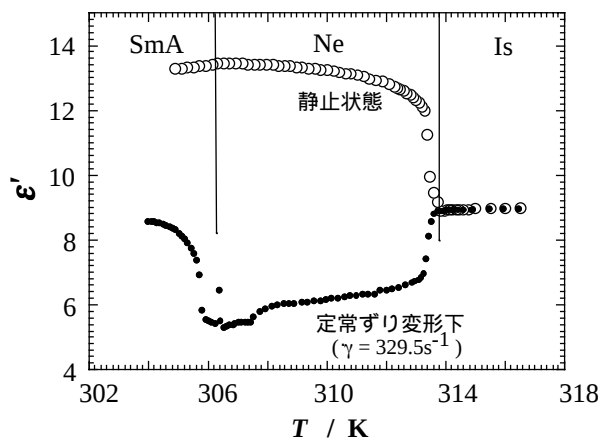


図3: 8CBにおける誘電率の温度依存性
電場: 1 kHz、3 V/mm