

μ ビーム共鳴 X 線散乱によるキラルスメクチック液晶の $\text{SmC}\alpha^*$ 相の構造解析 Structure analysis of the $\text{SmC}\alpha^*$ phase in the chiral smectic liquid crystals observed by microbeam resonant X-ray Scattering (Japanese)

高西 陽一^{1*}、大塚 洋子²、飯田 厚夫³

¹ 京都大学大学院理学研究科物理第一分野 〒606-8502 京都府京都市左京区北白川追分町

² 東京工業大学技術部 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1

³ 物質構造科学研究所 〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1

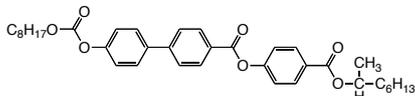
1 はじめに

キラルスメクチック液晶の強誘電相と反強誘電相の間にはその拮抗によりいくつかの副次相と呼ばれる相が出現し、その構造を共鳴 X 線散乱測定という系の対称性を反映して通常の X 線回折での禁制反射を出現させる手法で解析している。一方 SmA 直下には、 $\text{SmC}\alpha^*$ 相という、超短ピッチのキラルトルスメクチック相がしばしば出現する。今回は含 Se キラル液晶系で共鳴 X 線散乱測定を行い、6 層周期の副次相を発見し、Se 化合物の混合系で、8 層周期構造を確認した[1]。今回は別の混合比で新たな長周期構造を有する副次相を発見したので報告する。

2 実験

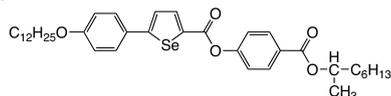
使用した液晶は図 1 に示す含 Se キラル液晶 **1** と MHPOCBC (いずれも S 体) の 2:8 混合系である。

(a) (S)-MHPOCBC



Iso 147°C SmA 105.5°C $\text{SmC}\alpha^*$ 99.5°C SmCA^*

(b) (S)-compound 1



Iso 116.6°C SmA 109.4°C SmC^* 99°C
 $\text{SmC}^*\text{FI1}(qT=1/3)$ 97.8°C SmCA^* 67.7°C

図 1：使用した液晶の化学構造と相系列。

偏光顕微鏡観察、誘電・電気光学測定などを行い、副次相の存在を確認後、厚さ 80 μm の ITO 付きガラス基板で作製したセル厚 25 μm の片面ラビングセルに注入し、徐冷及び交流高電場印加により一様水平配向ドメインを得た。

この配向液晶に対して μ ビーム X 線散乱測定を行った。実験は KEK-PF BL-4A で行った。二結晶分光器で、Se 原子の共鳴エネルギー 12.66keV に入射 X 線を単色化し、K-B 型集光ミラーで試料位置にて約 3 μm 四方に集光した。まず層に平行な軸で試料を回転させスメクチック層間隔に対応する 1 次回折のブラッグ条件を満たす角度を見つけ、そこから主として 0.33 次回折でのブラッグ条件を満たす角度に調整して共鳴 X 線散乱測定を行った。検出器には二次元

検出器 Pilatus 100K を用いた。カメラ長は約 0.8m、一回の積算時間は約 30 分程度である。

3 結果および考察

まず混合物での $\text{SmCA}^*\text{-SmC}\alpha^*$ ($qT=0$) 相の共鳴ピークの温度依存性を図 2 に示す。Q0 は層間隔に対応する 1 次反射の散乱ベクトルで $Q/Q_0=0.5$ は二層周期構造を示すので SmCA^* 相、その高温側が $\text{SmC}\alpha^*$ 相であり、昇温によりらせん周期構造が短くなっているのは Iida らの結果[2]と同じである。

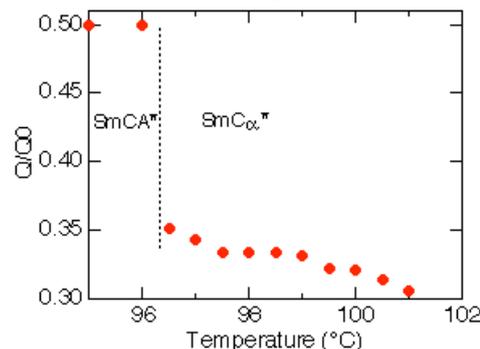


図 2：MHPOCBC:化合物 1=8:2 混合試料の $\text{SmCA}^*\text{-SmC}\alpha^*$ 相の規格化散乱ベクトル Q の温度依存性。層間隔の散乱ベクトル Q_0 で規格化した。

$\text{SmC}\alpha^*$ 相の低温側と高温側で矩形波を印加した際の共鳴散乱ピークの変化を示したのが図 3 である。低温側は 0V で $Q/Q_0 > 1/3$ であるが、印加電圧が増加するにつれて減少し、約 23V で $Q/Q_0 \sim 1/3$ となり、その後はほぼ一定になることからここで 3 層周期構造の $\text{SmCA}^*(qT=1/3)$ に電場誘起相転移したものと推察される。一方高温側 (0V で $Q/Q_0 < 1/3$) では、 $Q/Q_0=0.3$ に近づいているようにみえるが、高温側ではもともと共鳴ピークが弱いこともあり、これ以上の印加電場では共鳴ピークが観測できないため、 $Q/Q_0=0.3$ が収束構造であるかは再測定などを行う必要がある。誘電測定、電気光学測定からは $\text{SmC}\alpha^*$ 相の低温側はフェリ誘電的な挙動を、高温側は反強誘電的な挙動を示すので、電場印加時において低温側では $Q/Q_0=1/3$ 、高温側は $Q/Q_0=1/4$ になるのではとの推測もされているが、低温側はそれに近い結果

であるものの、高温側は明確な結論が出ず、今後の課題である。

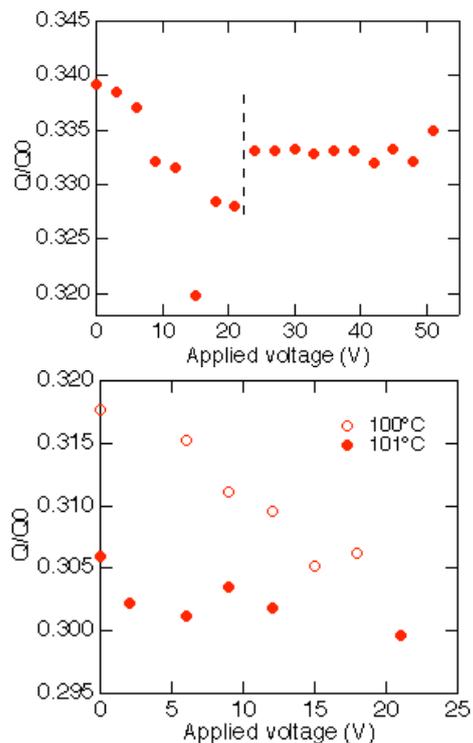


図 3: MHPOCBG:化合物 1=8:2 混合試料の $\text{SmCo}\alpha^*$ 相での規格化散乱ベクトル Q の印加電場依存性. 上が低温側で破線部で 3 相構造に相転移していると思われる. 下が高温側で 21V までは $Q/Q_0 \sim 0.3$ に向かっている.

謝辞

この研究は主に PF 利用実験課題番号 2016G070 で得た成果である。

参考文献

- [1] Y. Takanishi et al., accepted in Phys. Rev. E.
A. Iida et al, Phys. Rev. E **94** (2016) 052703.

*ytakanis@scphys.kyoto-u.ac.jp