

μ ビーム共鳴 X 線散乱によるキラル液晶の $\text{SmC}\alpha^*$ 相の電場印加時の構造解析 Structure analysis of the $\text{SmC}\alpha^*$ phase in the chiral smectic liquid crystals under the electric field observed by microbeam resonant X-ray Scattering

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

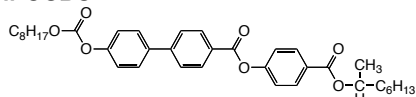
1 はじめに

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 相直下には、 $\text{SmC}\alpha^*$ 相という、超短ピッチのキラルルトスメクチック相がしばしば出現するが、 SmC^* 相との違いなどがまだ明確でない。本研究では含 Se キラル液晶系で共鳴 X 線散乱測定を行い、 $\text{SmC}\alpha^*$ 相の高温側と低温側での電場印加時の構造変化について解析を行った。

2 実験

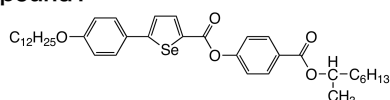
使用した液晶は図 1 に示す含 Se キラル液晶 **1** と MHPOCBC (いずれも **S** 体) の 2:8 混合系である。

(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、 $\text{SmC}\alpha^*$ 相の存在を確認後、厚さ $80\mu\text{m}$ の ITO 付きガラス基板で作製したセル厚 $25\mu\text{m}$ 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 $3\mu\text{m}$ 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 1.1m 、各測定の一回の積算時間は約 30 分程度である。

3 結果および考察

SmCA^* 相から $\text{SmC}\alpha^*$ 相にかけての共鳴散乱ピークの温度依存性を図 2 に示す。 Q_0 は層間隔に対応する 1 次反射の散乱ベクトルで、 $Q/Q_0=0.5$ の共鳴ピークは二層周期構造を示し SmCA^* 相、その高温側が $\text{SmC}\alpha^*$ 相であり、共鳴ピークから見積もられる周期はらせんピッチに対応する。その周期は低温側では 3 層以下 ($Q/Q_0>1/3$)、高温側では 3 層以上 ($Q/Q_0<1/3$) と周期が短くなっている。

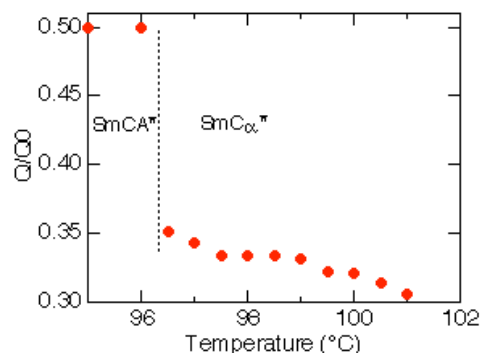


図 2: MHPOCBC:化合物 1=8:2 混合試料の SmCA^* - $\text{SmC}\alpha^*$ 相の規格化散乱ベクトル Q の温度依存性。層間隔の散乱ベクトル Q_0 で規格化した。

$\text{SmC}\alpha^*$ 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、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。一方高温側の結果が図 4 で、 0V で $Q/Q_0<1/3$ の状態となる温度では、印加電場強度を増加させると $Q/Q_0=1/4$ に漸近し、強誘電相に電場誘起相転移している。このことは $\text{SmC}\alpha^*$ 相は不整合的ならせん構造を有してらせんの周期が伸びるように温度変化するが、電場印加時には一番近い整数層周期を持った整合相に構造変化しているものと推測される。

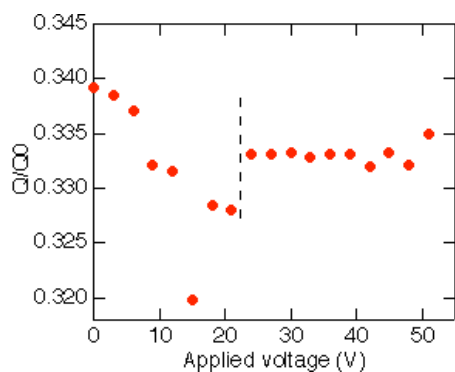


図 3: MHP0CBC:化合物 1=8:2 混合試料の SmC α^* 相低温側での規格化散乱ベクトル Q の印加電場依存性. 破線部で 3 層構造に相転移していると思われる.

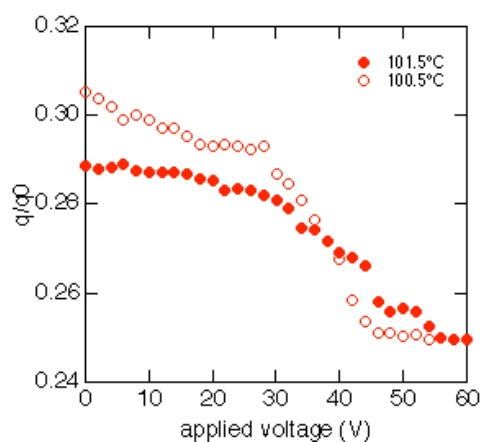


図 3: MHP0CBC:化合物 1=8:2 混合試料の SmC α^* 相高温側での規格化散乱ベクトル Q の印加電場依存性. 温度は異なるものの、ともに $Q/Q_0 \sim 1/4$ でほぼ漸近し、これ以上の強電場では強誘電相に電場誘起相転移する.

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。