

京都大学教育研究振興財団助成事業
成 果 報 告 書

2020 年 3 月 30 日

公益財団法人京都大学教育研究振興財団

会 長 藤 洋 作 様

所 属 部 局 京都大学 大学院理学研究科

職 名 准教授

氏 名 高西 陽一

助 成 の 種 類	令和元年度・研究活動推進助成			
申請時の科研費 研究 課 題 名	キラル液晶の副次相発現機構解明を目指した精密構造解析とフレクソ係数測定			
上記以外で助成金を 充 当 した 研 究 内 容	なし			
助成金充当に関 わる共同研究者	(所属・職名・氏名) なし			
発表学会文献等	(この研究成果を発表した学会・文献等) 文献:Y.Takanishi et al. Phys. Rev. E(rapid) 100 (2019) 010701 学会:FLC2019 (Invited) Structure analysis of electric-field-induced chiral smectic liquid crystalline phases by microbeam resonant X-ray scattering (2019.Aug.5 Colorado, USA) 日本液晶学会 1B03キラル液晶SmCa*相の電場誘起相構造解析(2019.9.4 筑波大)			
成 果 の 概 要	研究内容・研究成果・今後の見通しなどについて、簡略に、A4版・和文で作成し、 添付して下さい。(タイトルは「成果の概要／報告者名」)			
会 計 報 告	交付を受けた助成金額	1,000,000 円		
	使用した助成金額	1,000,000 円		
	返納すべき助成金額	0 円		
	助成金の使途内訳	費 目	金 額	
		物品費	901,860	
		旅費	98,140	
		人件費・謝金	0	
その他	0			
当財団の助成に つ い て	(今回の助成に対する感想、今後の助成に望むこと等お書き下さい。助成事業の参考にさせていただきます。) この度は助成を頂きありがとうございました。お陰様で成果も上がり、文献ならびに学会発表も行うことができました。また何かのお世話になるかもしれませんが、よろしくお願い申し上げます。			

1次元周期性を持つスメクティック液晶はその対称性により多様な相を示し、キラリティの導入で更に多彩な副次相と呼ばれる温度範囲の非常に狭い液晶相が現れる。副次相の発現機構については理論研究が盛んに行われているが、構造が確定している副次相の数が少ない、理論で重要と謳われている層間の分極(フレクソエレクトリック分極)相互作用を見る手立てが乏しい、などから最終的に結論はでていない。本研究は世界唯一の局所共鳴X線散乱(RXS)法を用いて、新奇副次相の発見・構造解析を行うとともに、フレクソエレクトリック(撓電)係数の測定を行い、副次相の出現とフレクソエレクトリック分極の大きさとの相関を明らかにし、理論の実験的検証を行うことを目的とした。

放射光施設での局所共鳴X線散乱(RXS)は、つくば市の高エネルギー加速器研究機構KEK-PF BL-4A及び兵庫県のSPring-8 BL03XUにて行った。二結晶分光器で入射X線をSe原子の共鳴エネルギー12.65 keVに単色化し、K-B型集光ミラーにて約3-7 μ m四方に集光し試料に照射した。電場印加は100Hzの矩形波を印加し、まず各電場強度において層に平行な軸で試料を回転させロックアップカーブを測定し、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1-1/3, 1-1/2, 1-1/4次Bragg回折条件に試料の回転角を調整し、共鳴X線散乱測定を行った。検出器には半導体検出器Pilatus 100Kおよび1Mを用い、カメラ長は約0.85~1.7m、一回の積算時間は約1~30分程度である。

局所共鳴X線散乱の結果、まず新たに7層の周期構造を持つ副次相を発見した。また高温側にあるもう一つのキラル液晶副次相であるSmC α *相での温度・電場誘起相構造の解析も行った。その周期は低温側では3層以下、高温側では3層以上と周期が短くなっていることがわかった(図1)。

矩形波の印加時の構造測定では、低温側は0Vで $Q/Q_0 > 1/3$ ($p < 3$ layers)のピーク位置であったものが、印加電圧が増加するにつれて減少し、約0.9V/ μ m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フェリ誘電3層周期構造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 $Q/Q_0 < 1/3$ ($p > 3$ layers)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、その後更に電場を高くすると強誘電相に電場誘起相転移する。このことはSmC α *相は不整合的ならせん構造を有してらせんピッチの周期が

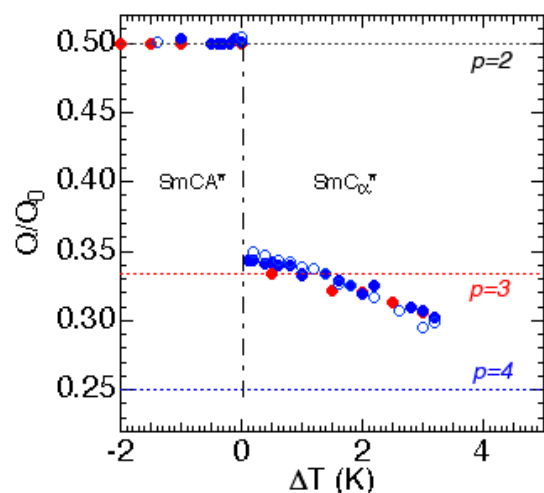


図1 : S-MHPOCBC:S-AS657=8:2 混合試料のSmCA*-SmC α *相の規格化散乱ベクトル Q の温度依存性. 層間隔の散乱ベクトル Q_0 で規格化した。横点線は対応する周期の層数. マーカの違いはセルのロットの違い.

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（低温側で3層、高温側で4層）に構造変化している（図2）。また構造の妥当性と出現機構に関しては、低温側の副次相出現機構に関する離散的フレクソエレクトリック効果を取り入れた理論に、分子論的な隣接層間の双極子とSmA相の一軸性の競合効果を取り入れることで、この高温側、低温側の挙動を説明することができ、強誘電SmC*相、反強誘電SmCA*相に加え、一軸性SmA相との3者競合で出現することを指摘し、これをPhys. Rev. E (rapid comm.)に発表し、FLC2020（ボウルダー、コロラド州米国）にて招待講演を行った。

もう一つのフレクソエレクトリック係数の測定については、頂いた助成により光学チョッパーを購入し、システムを作製し測定を行ったが、残念ながら副次相の有無で明確な差が今の所現れず、誤差精度を上げる努力をしつつ、引き続き研究を行う。

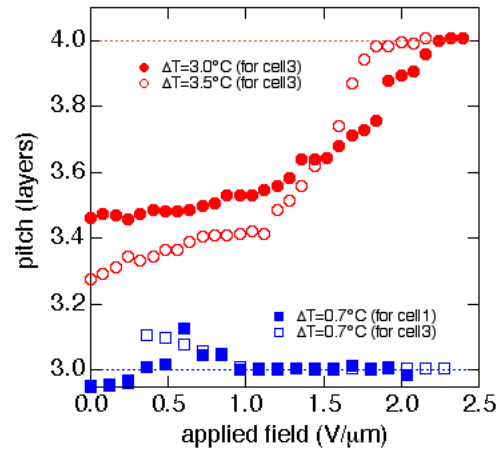


図 2: S-MHPOCBC:S-AS657=8:2 混合試料のSmC α *相の共鳴X線散乱ピークから見積もられた構造周期の印加電場強度依存性。低温側では3層周期、高温側では4層周期にそれぞれ変化する。