

(様式第4号)

液晶エラストマーの構造解析 Structure Analyses of Liquid Crystal Elastomers

岡部 弘高
Hirotaka Okabe

九州大学大学院工学研究院エネルギー量子工学部門
Department of Applied Quantum Physics and Nuclear Engineering, Faculty of Engineering,
Kyushu University

1. 概要

液晶エラストマー(Liquid Crystal Elastomer)は高分子液晶を架橋したもので、異方的性質とゴム弾性を併せ持っている。電圧印加により形状変形を引き起こすので、アクチュエーターとして期待されている。電界応答性がよいシアノ基を持つ液晶分子からなる液晶エラストマーの相変化を調べている。今回は架橋濃度5%7%の試料のスメクチック相の散乱パターンから相転移の様子が分かってきた。

(English)

The liquid crystal elastomer (LCE) is one of the electric-field responsive polymers, and expected to apply to artificial muscles and soft actuators. In this study, we introduce a cyano group to the mesogenic unit to control the electric properties and structure of LCE, and investigate their phase transition behaviors in 5% and 7% cross-linking density. From temperature change of SAXS profiles, we clarified the structure of layers, and alignments of molecules.

2. 背景と研究目的：

液晶エラストマーは液晶の異方的性質とゴム弾性を併せ持った物質で、電気刺激により形状変形を引き起こすので、アクチュエーターとして期待されている。他の等方性アクチュエーターが体積変化によって駆動されるために、繰り返し使用に対し破壊しやすいのに対し、液晶エラストマーは体積変化を伴わない形状変形であるため繰り返し使用に強いという利点がある。また、形状変形が液晶エラストマー内の液晶性分子の配向変化に起因していることから駆動時の応答速度が速いのも優れた点である。我々は電界応答性がよいと考えられるシアノ基を導入した液晶エラストマーを新たに合成し、その特性解析を行おうとしている。

本課題の目的は、X線源の特性が優れた放射光による実験を行ってその構造の詳細を調べ、さらにその温度変化を調べて相転移挙動を明らかにすることである。

3. 実験内容：

測定は、BL15の小角X線散乱装置を用いた。X線のエネルギーは8keVで、イメージングプレートまでのカメラ長は200mmである。

試料はシアノ基100%架橋剤濃度5%と7%の

液晶エラストマーで、散乱プロファイルの温度変化を連続して測定した。

4. 結果、および、考察：

小角側のスメクチック層由来の散乱の方位角プロファイルには、いずれの試料でも二つのピークが見られることからスメクチックC相をとっていると考えられる(図1、2)。

温度を上げてゆくと、CN10-5では45°C、CN10-7では40°C以上の温度で二つのピークが識別できなくなり、単独のピークとなった。したがって、この温度でスメクチックC相からスメクチックA相へ相転移したと考えられる。また、散乱強度の値は相転移に伴って大きな飛びが見られた(図3、4)。これは、スメクチックC相からスメクチックA相に相転移する際に層構造の密度コントラストが増加することを示しており、層構造や相転移挙動に起因していると考えられるが、その詳細についてはまだよく分からない。

CN10-5の複屈折の温度依存性のデータ(Δn 、秩序度に対応)では、40°Cから45°C付近で傾きの変化が見られ、これは、40°Cから45°Cで秩序度の温度係数が変わるためである。この変化はそれぞれの温度域で相が異なることを示唆している。

一方光透過率の温度依存性では45°C付近で光透過率が大きく変化しており、これも相転移に対応

すると考えられる。今回の実験で、複屈折や光透過率の変化が、スメクチック C 相からスメクチック A 相への相転移であることが分かった。

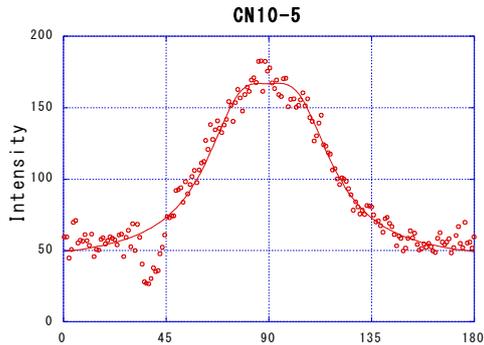


図 1. 室温波数 2.35nm^{-1} の方位角プロファイル

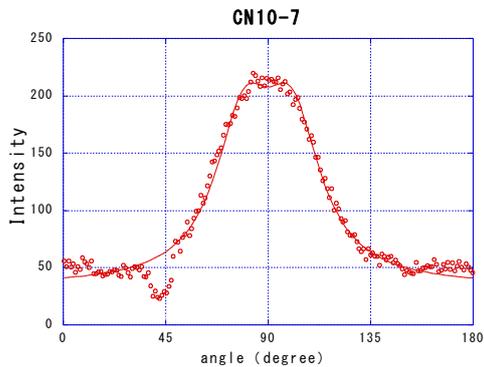


図 2. 室温 2.29nm^{-1} の方位角プロファイル

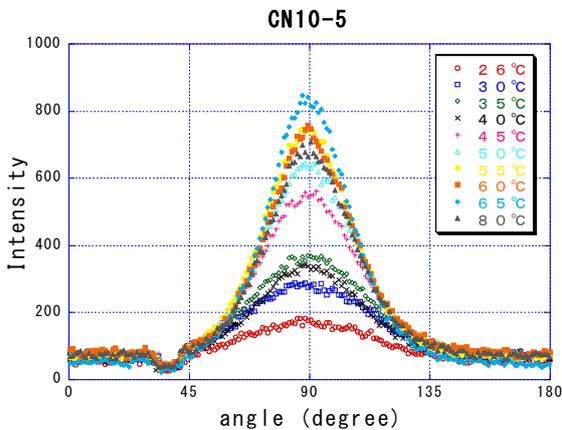


図 3. 波数 2.35nm^{-1} の方位角プロファイルの温度変化

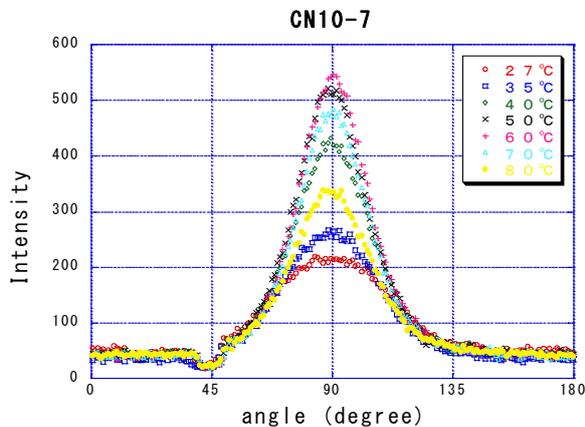


図 4. 波数 2.29nm^{-1} の方位角プロファイルの温度変化
一方、散乱プロファイルから求めたスメクチック

ク相の層厚については一般の液晶とは異なる変化が見られた。一般に、スメクチック C 相の層厚は温度上昇とともに大きくなり、スメクチック A 相に転移すると一定となる。しかしながら、CN10-5、CN10-7 いずれについても、温度を上げてゆくと層厚が減少している (図 5)。この挙動が液晶エラストマーで一般に起こるのか、その原因はなにかなど、今後の検討が必要である。

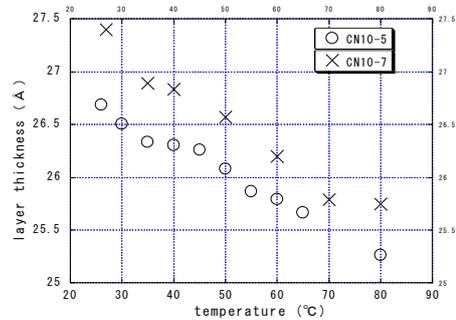


図 5. 層厚の温度特性

5. 今後の課題：

今回は膨潤していない試料 2 点の測定しか行っていない。より詳細な議論を進めるためにさらに多数の試料で測定を行うことが必要であり、さらに膨潤試料についても研究を進めなければならない。

6. 論文発表状況・特許状況

今回の結果は 2009 年日本液晶学会討論会で発表予定である。さらにデータを蓄積した上で、まとめ次第論文投稿を予定している。

7. 参考文献

1. Liquid Crystal Elastomers (International Series of Monographs on Physics), Mark Warner, Eugene Michael Terentjev, Oxford University Press, USA
2. Multifunctional liquid crystal elastomers: Large electromechanical and electro-optical effects, S. Hashimoto, Y. Yusuf, S. Krause, H. Finkelmann, P. E. Cladis, H. R. Brand, S. Kai, Appl. Phys. Lett. 92, 181902 2008
3. Trifunctionally Cross-Linked Liquid Single Crystal Elastomers: Swelling Dynamics and Electromechanical Effects, D. U. Cho, Y. Yusuf, P. E. Cladis, H. R. Brand, H. Finkelmann, S. Kai, Jpn. J. Appl. Phys., 46, pp.1106-1113, 2007
4. Temperature Dependence of Electromechanical Effects in a Swollen Polydomain Liquid Crystalline Elastomer, J. H. Huh, J. Xin, Y. Yusuf, S. Kai, J. Phys. Soc. Jpn., 74 pp.242-245, 2005

8. キーワード

・液晶エラストマー

高分子液晶を架橋したもので、電圧印加で液晶分子の配向変化が起き変形するので、アクチュエーターとして期待されている。