

(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を作成し、その特性を調べている。今回の実験で、シアノ基の濃度が高くなるほど室温でスメクチック相の層構造に乱れが誘発されていることが分かった。

(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 some cyano group concentrations and cross-linking densities. From SAXS profiles, we found that the disorder of the layers is induced by the dipole interaction between the cyano groups.

2. 背景と研究目的：

液晶エラストマーは高分子網目に液晶分子を組み込んだゴム状のもので、液晶分子の方向を揃えて合成する方法が開発されてから注目を集めている。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、その特性解析を行っている。

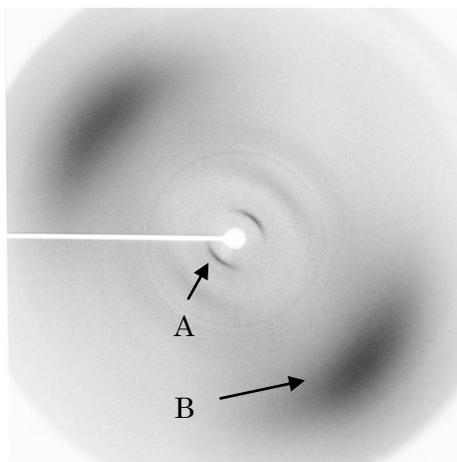


図1. X線散乱パターンの一例：Aの三日月状のパターンはスメクチック相の層厚に対応し、Bは液晶分子間に対応する。

これまでのX線散乱実験で、スメクチック相の層厚は液晶分子に占めるシアノ基型が50%では一般の液晶と同じく温度の上昇とともに厚くなるのに対し、70%と100%では薄くなることが分かった。

本課題ではさらに他の組成の試料で層厚の温度変化がどのようになるかを調べる。同時に層の乱れを半値半幅の変化から調べ、層構造の変化の様相について明らかにする。

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。試料部の温度をコントロールして散乱プロファイルの温度変化を測定した。

試料はシアノ基型液晶分子の割合が100%で架橋剤濃度4%と5%の液晶エラストマーである。今回の試料はいずれも液晶分子に占めるシアノ基型の割合が100%で、架橋剤濃度が前回試料の7%に比べて5%、4%と少なくなっている。架橋剤は液晶分子に入れ替わるようにエラストマーに入るの、同じシアノ基型100%でも架橋剤の濃度が小さいほど、エラストマー中でのシアノ基型液

晶分子の濃度は大きくなった。

4. 結果、および、考察：

以下で述べるのは図 1 の A で示した層に対応した散乱パターンに関してである。

各試料での層厚の温度変化を図 2 に示す。今回測定した試料はいずれも温度の上昇に伴って層厚は減少した。この図から、温度上昇に対して通常の液晶と同じように層厚が増えるのはシアノ基型液晶分子が 50% のときだけであり、今回の分を含めてシアノ基型液晶分子の濃度が大きくなるほど層厚の減少が顕著になる傾向が見られた。

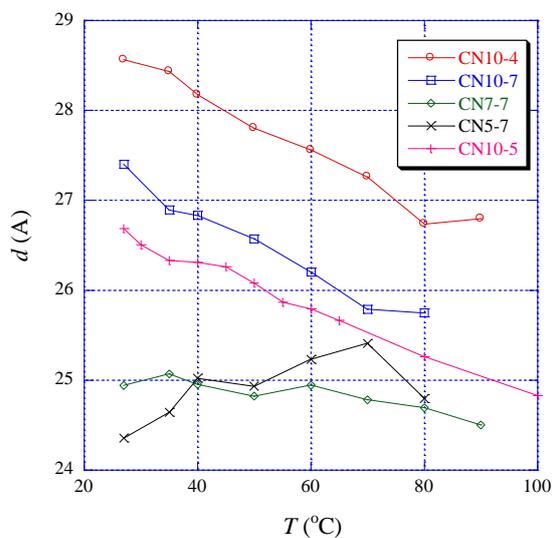


図 2. 各試料スメクチック相層厚の温度変化：図中記号 CNXX-? は XX がシアノ基型液晶分子の割合(×10%)、? が架橋剤濃度を表す。

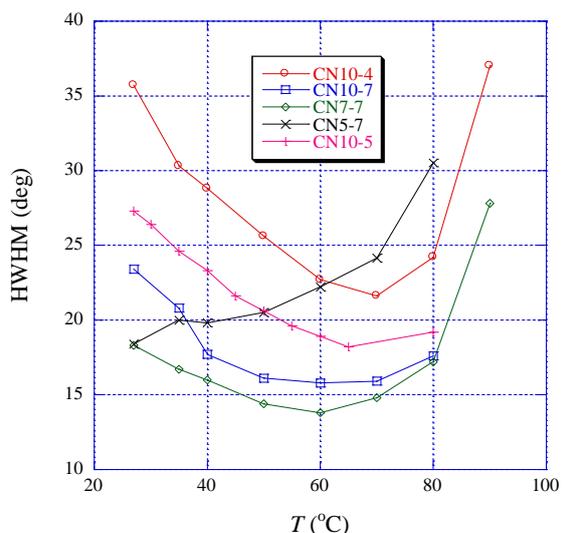


図 3. スメクチック相の層による散乱の方位角プロファイルの半値半幅の温度変化

次に、図 3 は散乱プロファイルの方位角プロファイルの半値半幅を示したものである。この図から、通常の液晶と同じように、温度上昇に伴って液晶分子の運動が激しくなり、層構造に乱れが現れ、半値半幅が大きくなるのはシアノ基型液晶分子の割合が 50% のものだけであり、それ以上のシアノ基濃度では一端半値半幅が減少し、極小になった後に増加するという変化を示している。半値半幅が極小となる温度はシアノ基型の濃度が大きいほど高くなる傾向がある。

以上のように、スメクチック相の層構造はシアノ基型液晶分子が多くなるほど室温では乱れた構造をしており、温度上昇で層構造の乱れが小さくなる。このことから、シアノ基の双極子モーメントの相互作用が乱れを誘発しており、温度上昇で分子運動が激しくなるにしたがって双極子相互作用より液晶分子の弾性が効いて層構造の乱れが小さくなるのではないかと推測される。

5. 今後の課題：

これまでの結果から通常の液晶とは異なる液晶エラストマーの特性が明らかになりつつある。応用への展開を進めるためにもこのような基礎的知見についてさらなる蓄積が必要であり、力学特性との対応も調べる必要がある。

6. 論文発表状況・特許状況

これまでの結果を含んだ論文を欧文誌に投稿準備中である。

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、アクチュエータとして期待されている。