

イミダゾリウム基を有するイオン液晶の誘電緩和と電極分極

立命館大理工 山根利晴¹ 深尾浩次²

< 緒言 >

イオン液体は融点が低く、不揮発性、不燃性、高いイオン密度、そして高いイオン伝導率等の優れた性質を持ち盛んに研究がなされている。イオン液晶ではさらに異方性が付与されており、応用が期待されている。本研究では、液晶相を持つイミダゾリウム基とテトラフルオロホウ酸の塩 (略: [C₁₆mim][BF₄]) で実験を行った。このイオン液晶は先行実験で誘電緩和測定が行われており、電荷キャリアの移動に起因する電極分極過程 (EP 過程) と分子の運動に起因する過程と思われる 2 種類の緩和が観測されている [1]。また、x 線回折実験も行われており、温度を下げていくとスメクチック液晶相 (Sm 相) からさらに高い秩序性を持つスメクチック液晶相へ、相転移することが分かっている [1]。この高い秩序性を持つスメクチック液晶相を、ここでは低温スメクチック液晶相 (LtSm 相) と呼ぶ。本実験では、観測されている緩和が実際に EP 過程の特徴を満たすのかを調べ、その帰属を明らかにし、さらに LtSm 相でのダイナミクスを評価することを目的とした。その目的のために、EP 過程の場合、電荷キャリアの極板間移動に起因して生じる強い極板間距離依存性の存在が知られているので、その点を中心に調べた。また、Sm 相から LtSm 相への相転移を通る温度範囲でダイナミクスの温度依存性を調べた。

< 実験 >

誘電緩和測定を行うために液晶用セルを用いた。液晶用セルは homogeneous 配向と homeotropic 配向処理が施されている 2 種類と、極板間距離は 2 μm, 5 μm, 10 μm, 25 μm, 50 μm の 5 種類との計 10 種類を用意した。[C₁₆mim][BF₄] をそれぞれの液晶用セルに毛細管現象を用いて流し込んだ。液晶用セルをインピーダンスアナライザー (Novocontrol Technologies, Alpha -A High Performance Frequency Analyzer) に繋ぎ、誘電緩和測定を行った。実験条件は、周波数は 2.7MHz から 23mHz、電圧は 0.1V、温度は、130 から -40 まで変化させた。

結果・考察

誘電緩和測定で得た誘電損失から周波数曲線に対して、次の (1) 式を用いて fitting を行った。

$$\epsilon^* = \frac{\Delta\epsilon}{(1 + (i\omega\tau)^\alpha)^\beta} + \frac{A}{\omega^m} \quad (1)$$

fitting によって得られたパラメーターから EP 過程の緩和時間 τ と緩和強度 $\Delta\epsilon$ を求め、図 1 に例を示すように、極板間距離との依存性について調べた。結果、緩和時間 τ と緩和強度 $\Delta\epsilon$ の大きさのいずれもが極板間距離に比例することが確認された。また、この関係は homogeneous 配向と homeotropic 配向の両方で観測された。以上の結果から、観測された分極緩和過程は電荷キャリアによる電極分極による緩和過程だということになった。

電極分極が観測されていることが分かったので、電極間距離が一定の場合、EP 過程の緩和時間 τ は電荷キャリアの拡散係数に比例するといえる。これより、EP 過程の緩和時間 τ の温度依存性より、電荷キャリアの運動性の温度依存性を調べた結果から、Sm 相では、電荷キャリアの運動性は温度依存性が小さく一定であるが、LtSm 相への相転移を経ると急激に運動性が減少していくことが分かった。さらに、電荷キャリアの運動性を配向で比較すると、homogeneous 配向の方が homeotropic 配向より運動性ははるかに高いことが分かった。これについて液晶分子の回転運動の違いが影響を与えていると考えられる。

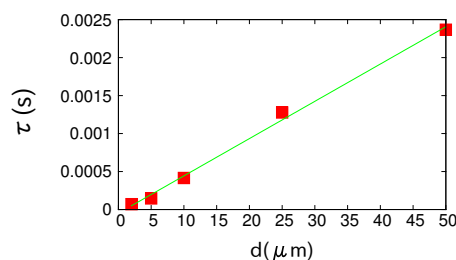


Fig. 1: Relaxation time of EP-process vs interelectrode distance for homeotropic alignment

[1] Yoko Nozaki, Keito Yamaguchi, Kenji Tomida, Natsumi Taniguchi, Hironori Hara, Yoshinori Takikawa, Koichiro Sadakane, Kenji Nakamura, Takashi Konishi, and Koji Fukao, J. Phys. Chem. B, 120 (23), pp 5291-5300(2016)

Dielectric relaxation and electrode polarization in Imidazolium-based Ionic Liquid Crystals
Toshiharu YAMANE¹, Koji FUKAO² (¹ Grad. Sch. of Sci. and Eng., Ritsumeikan Univ., ² Dept. of Physics, Ritsumeikan Univ., 1-1-1 NojiHigashi, Kusatsu, Shiga 525-8577, Japan)

² Tel Fax: +81-77-561-2720, E-mail: kfukao@se.ritsumeikan.ac.jp