

2023年度 各務記念材料技術研究所共同研究報告書

研究課題名	液晶分子を用いた高機能性単分子膜の作製と構造・物性評価
重点課題	Ⅲ－A（省エネルギーとプロセス）
新規・継続	新規
研究代表者 氏名	ニシヤマ イサ 西山 伊佐
所属機関・ 部局・職名	国立大学法人 北陸先端科学技術大学院大学・ 共創的国際研究推進本部（兼）未来創造イノベーション推進本部・特任教授

研究目的

太陽電池や光学素子等のデバイスでは、分子を配向制御するための分子配向膜が重要な役割を果たしている。

省エネルギーの観点から究極に薄い分子配向膜が求められており、液晶分子の自己集合機能を利用した単分子レベルの超薄膜で強い分子配向規制力を有する材料の創出が鍵となっている。

今回の実験では、強い分子配向機能を発現する材料の開発を目的とし、高い秩序度を有する特殊な液晶（スメクチック）と同等の秩序度を有する高秩序度ネマチック液晶材料を得るための方法について検討した（図1）。

標準的液晶（ネマチック）に高秩序液晶（スメクチック）の高い秩序性を導入した“高秩序性ネマチック”の開発

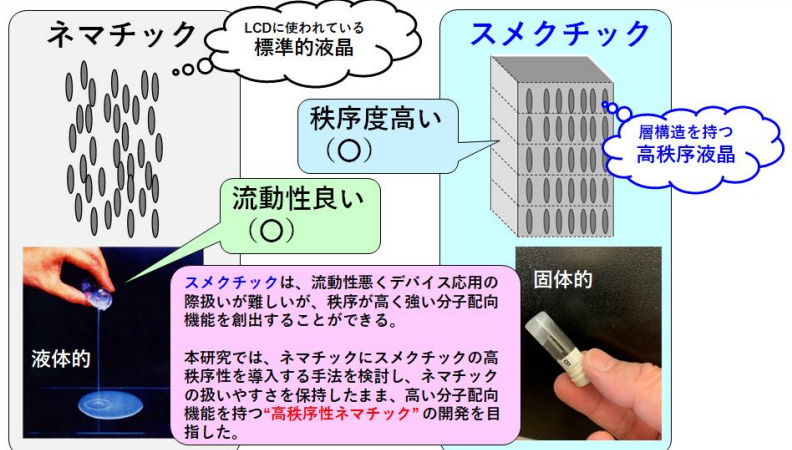


図1 本研究の狙い

実験内容と研究成果

2種類の異なるネマチック液晶を混合することによりスメクチック液晶が誘起される材料系に着目し、ネマチックの混合比を適切に設定することで、スメクチックの誘起ではなく「高秩序性ネマチック」が得られる可能性を探った。

図2は液晶評価用セルの両端から液晶Aと液晶Bをセルに注入して中央付近で2種類の液晶をコンタクトさせた様子を偏光顕微鏡で観察した写真である。液晶A及び液晶Bはそれぞれネマチック相を示し、ネマチック相に特有なテクスチャーが観察された。一方、2種類の液晶が接触した中央付近の領域では、ネマチック

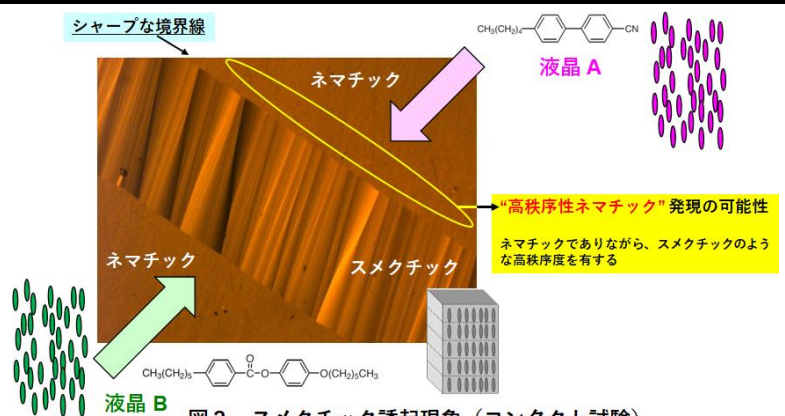


図2 スメクチック誘起現象（コンタクト試験）

相とは全く異なり、スメクチック相に特有なテクスチャーが観測され、液晶Aと液晶Bを混合することによりスメクチックが誘起されたことがわかった。偏光顕微鏡観察結果より、スメクチックとネマチックの境界線は極めてシャープであり、液晶Aと液晶Bの成分比を少し変えるだけで、ネマチックからスメクチックに劇的に変化する組成があることが判明した。スメクチックが発現する混合比に極めて近いがスメクチックを誘起せずネマチックのみを示す組成の混合物は、ネマチックでありながらスメクチックのような高秩序度を有する「高秩序性ネマチック」である可能性が示唆された。

次に、液晶Aと液晶Bを混合して相図を作成し、組成比に対する液晶の発現温度と発現する液晶の種類（ネマチックかスメクチックか）を調べた（図3）。図中①の測定点が液体-ネマチックの転移温度、②の測定点がネマチック-スメクチックの転移温度を示している。従って、②の転移を示す組成でスメクチックが誘起されたことになる。実験結果より液晶Aの構成比がおおよそ15～80mol%の混合物で急峻にスメクチックが誘起されていることがわかった。従って、ネマチックでありながらスメクチックのような高秩序度を有する「高秩序性ネマチック」となる組成として、液晶A（85mol%）+液晶B（15mol%）を特定することができた。（なお、この組成比は用いる液晶材料によって異なる数値となるものである。）

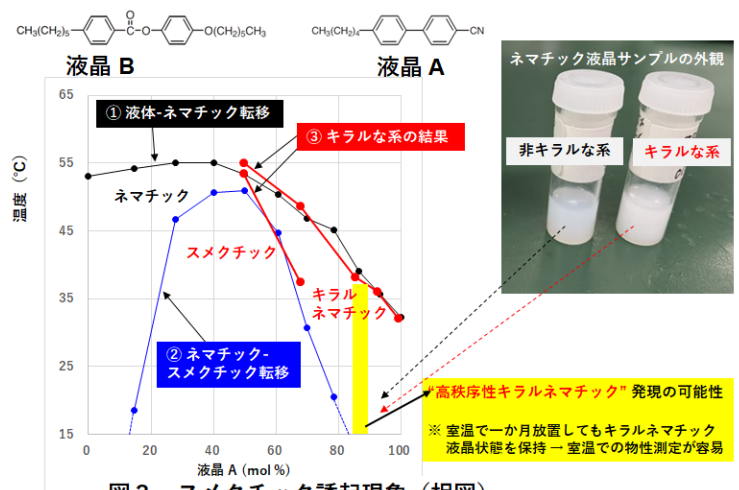


図3 スメクチック誘起現象（相図）

以上のように「高秩序性ネマチック」候補の組成が特定で

きたので、次にキラリティーを導入した系について研究を展開した。液晶の集合状態はキラリティーの導入によってらせん構造が発現するなど大きく変化し多様化するが、今までキラル液晶についてのスメクチック誘起現象の系統的な研究は行われていなかった。本研究では、キラル化合物を添加した系で液晶Aと液晶Bの相図を作製しアキラルな系と比較した。図3で③の測定点がキラルな系の結果である。キラルな系でも非キラルな系とほとんど同様のスメクチック誘起現象が観測されることがわかった。今回の実験で得られた「高秩序性ネマチック」は、キラルな系、非キラルな系ともに室温で一か月ほど放置しても安定に液晶状態を示しており、室温での応用についての検討、及び、液晶機能の評価のための物性測定に適した材料であるといえる。

本研究は強い配向規制力を有する単分子層からなる分子配向膜を作製し安定化することが最終目的であったが、実験では分子配向膜材料として有力な高秩序性ネマチック液晶の組成を明らかにするにとどまり単分子膜の作製と安定化は達成できなかった。一方、キラルな系でもアキラルな系と同等にスメクチックの誘起現象が起こることを初めて明らかにし、キラリティーに由来する多彩な配向規制力の研究への展開に道筋を示せたことは、当初の計画にはなかった大きい成果となった。

研究成果の公表状況（論文、国際・国内会議、学会発表、特許等の知財）

研究成果については、まだ公表は行っていない。