

平成 21 年 4 月 25 日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2006 ～ 2010

課題番号：18068016

研究課題名（和文） リオトロピック秩序系における流動場誘起構造転移のダイナミクス

研究課題名（英文） Dynamics of Shear-Induced Structural Transition in Ordered Lyotropic Systems

研究代表者

加藤 直 (Kato Tadashi)

首都大学東京・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：30142003

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学，生物物理・化学物理

キーワード：リオトロピック相，秩序系，流動場，相転移，レオロジー，中性子小角散乱，X線小角散乱，小角光散乱

## 1. 研究計画の概要

界面活性剤等の両親媒性分子が水中で形成するリオトロピック相は，ずり流動場によりしばしば劇的な相転移や構造転移を起こす。中でもラメラ相は，ずり流動場によりオニオン相（多重膜ベシクルのみで充填された相）に転移する現象が 15 年ほど前に見出されて以来，多くの研究がなされているが，転移機構については依然として不明の点が多い。本研究では，ラメラ→オニオン転移が起こる条件および転移機構の解明を目的とし，小角光散乱／ずり応力同時測定（rheo-SALS），X線小角散乱／ずり応力同時測定（rheo-SAXS），光学顕微鏡観察・計算機シミュレーションおよび理論構築を行うものである。

## 2. 研究の進捗状況

(1) 温度上昇に伴うラメラ→オニオン転移の発見：界面活性剤  $C_nH_{2n+1}(OC_2H_4)_mOH$  ( $C_nE_m$ ) の一種  $C_{16}E_7$ /水における rheo-SALS の測定により，一定ずり速度下の温度上昇に伴ってラメラ→オニオン転移が起こることを見出した。これまでに同属系で温度下降に伴うラメラ→オニオン転移が報告されているが，温度上昇に伴う転移は初めて見出されたものである。

(2) Rheo-SAXS による転移過程の時間追跡：転移温度近傍において温度を徐々に (0.1 K/15 min) 上昇させ，rheo-SAXS の測定を行った結果，ずり応力が増大し始める直前に速度勾配方向のラメラ膜の配向が強くなり，ずり応力増大と共に鉛直方向の配向が強くな

ることがわかった。この結果は，多数のラメラ膜の配向促進が引き金となって同位相で波打つ“coherent buckling”が起こり，これがオニオン形成を引き起こすことを示唆している。

(3) オニオン形成条件の検討：前述の手法により，オニオンが形成される温度・ずり速度・界面活性剤濃度の範囲を決定し，静止状態のラメラ相の構造の濃度・温度依存性と比較した結果，ラメラ膜間の水層の厚みがある値以上に達した場合にのみオニオンが形成されることが示唆された。

(4) 他の同属系における転移の検討：温度上昇に伴うラメラ→オニオン転移の一般性を確認するために，ラメラ相の温度領域が広い他の系について調べた結果， $C_{12}E_5$  系では転移が見られなかったのに対して， $C_{16}E_6$  系では  $C_{16}E_7$  系よりも広い濃度範囲において，オニオンへの転移が示唆された。

## 3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

理由：領域発足後，当初の計画を修正せざるを得ない状況となったが，その後は新しい実験事実の発見を含む興味深い成果が得られている。

## 4. 今後の研究の推進方策

本特定領域の目的の 1 つは，外場によってもたらされる非平衡状態の解明である。ずり流動場はソフトマターに対して劇的な効果を与える外場であり，本研究の目的を達成することはそのまま領域の推進につながる

考えられる。具体的には以下の研究を計画している。

(1) Rheo-SALS 測定装置の製作と転移過程の時間追跡： 20 年度までに行った rheo-SAXS の測定結果から示唆された coherent buckling の存在を確認するために、ずり応力測定および温度制御の方式を rheo-SAXS の装置と同一にした測定装置を製作し、転移過程を時間追跡する。

(2) 偏光顕微鏡/ずり応力同時観測装置の製作と転移過程の時間追跡： ラメラ相の欠陥の 1 つであるスクリュウ・ディスロケーションとオニオン形成との関係を検証するために、偏光顕微鏡/ずり応力同時観測装置を製作し、転移過程の時間追跡を行う。

(3) 他の同属系における測定とオニオン相形成条件の検討： 温度上昇に伴うラメラ→オニオン転移が起こり得る  $C_{16}E_7$  系以外の同属系について rheo-SAXS と rheo-SALS の測定を行うと共に、静止状態のラメラ相における水層の厚みに注目して、オニオン相形成条件を検討する。

(4) ずり流動場効果の計算機シミュレーション： coherent buckling の機構を検証するために、動的な密度汎関数法を用いた計算機シミュレーションを行う。

#### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

① K. Yamada and S. Komura, “Dynamics of Order-Order Phase Separation” *J. Phys.: Condens. Matter* **20**, 155107 (10pp) (2008). (査読有)

② K. Miyazaki, Y. Kosaka, Y. Kawabata, S. Komura, and T. Kato, “Shear-Induced Structural Transition in the Lamellar Phase of  $C_{16}E_7/D_2O$  System. Time Evolution of Small-Angle Neutron Scattering at a Constant Shear Rate”, *J. Appl. Cryst.*, **40**, S332-S334 (2007). (査読有)

③ T. Kato, Y. Kawabata, M. Fujii, T. Kato, M. Hato, and H. Minamikawa, “Micelle structures in aqueous solutions of glucose-based surfactants having an isoprenoid-type hydrophobic chain” *J. Colloid Interface Sci.*, **312**, 122-129 (2007). (査読有)

[学会発表] (計 1 件)

T. Kato, “Lamellar-To-Onion Transitions with Increasing Temperature under Shear Flow Studied by Rheo-SALS and Rheo-SAXS”, 17th International Symposium on Surfactants in Solution (August 18-22, 2008, Berlin, Germany).

[図書] (計 1 件)

M. Hato, H. Minamikawa, and T. Kato “Sugar-Based Surfactants with Isoprenoid-type Hydrophobic Chains - Physicochemical and Biophysical Aspects” in “Sugar-Based Surfactants”, C. C. Ruiz, Ed., 361-412, CRC Press (2008).

[その他]

特定領域 web ページ: <http://softmatter.jp/>