

水/有機溶媒/塩の混合系のシアシックニングと繊維構造

立命館大理工 ○中村浩樹・都築直起・瀧川佳紀・深尾浩次

同志社大生命医科学 貞包浩一朗

[緒言]

水と有機溶媒の混合溶液に拮抗的なイオン（親水性の陽イオンと疎水性の陰イオン）からなる塩を加えた系は、その臨界挙動や相分離の観点から盛んに研究が行われている。この系において、特定の塩と有機溶媒の濃度領域において、数十 μm の大きさを持つ多重膜球構造(Fig.1)を形成することを近年我々は発見している。この溶液にせん断を印加するとその構造は容易に変化し、繊維状になり、溶液全体としてゲル的な振る舞いを示す[1]。この粘度変化は構造変化に由来すると考えられるが、まだ実験的には確認できていない。そこで、本研究では、重水/3-メチルピリジン/テトラフェニルほう酸ナトリウムの三種混合系の、内部構造変化に起因したレオロジー的性質に着目し、粘性測定とせん断印加前後におけるモルフォロジー変化の観察を行った。その結果について以下で議論する。

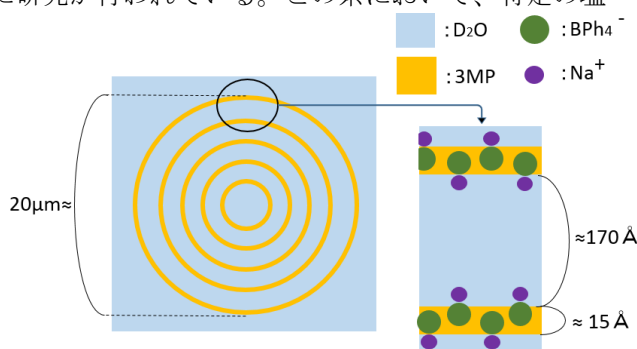


Fig.1 Multilamellar structure model.

[実験]

I) 試料 重水(D_2O)/3-メチルピリジン(3MP)/テトラフェニルほう酸ナトリウム(NaBPh_4)の三種混合系を、 NaBPh_4 のモル濃度が 150 mM、3MPの体積分率が $\phi_{3\text{MP}} = 0.12$ となるように試料を作製した。

II) 定常流粘性測定 コーンプレート型レオメーターを用いて 25°Cの恒温槽内で試料の粘性を測定した。1つのせん断速度に対して20分間計測を行い、定常状態へ至るまでの粘度変化と定常せん断粘度を測定した。

III) 偏光観察 せん断印加の前後における内部構造の変化を調べるために、偏光顕微鏡を用いて溶液の直接観察を行った。顕微鏡観察では、せん断印加前の試料に外力が加わらないように、150 μm の厚みをもたせたセルを使用した。また、せん断印加直後のサンプルも同様のセルを用いて観察を行った。

Shear thickening and fiber structure of ternary mixtures of water/organic solvent/salt

Hiroki Nakamura¹, Koichiro Sadakane², Naoki Tsuduki¹, Takikawa Yoshinori³, Koji Fukao³

(¹Grad. Sch. of Sci. and Eng., Ritsumeikan Univ., ³Dept. of Physics, Ritsumeikan Univ., 1-1-1

Noji-Higashi, Kusatsu, Shiga 525-8577, Japan, ²Faculty of Life and Medical Sciences, Doshisha

Univ., 1-3 Tatara-Miyakodani, Kyotanabe, Kyoto 610-0394, Japan)

Tel & Fax: +81(0)-77-561-5842, E-mail: rp0022vs@ed.ritsumei.ac.jp

Key Word: Shear thickening / antagonistic salt / fiber structure / rheology

Abstract: We investigated rheological property of the ternary mixture of water, organic solvent, and antagonistic salt. The mixture showed shear thickening in a specific shear rate region. The relaxation time was found to become shorter with increasing shear rate. In addition, a change from a spherical structure to a fiber structure after shearing was observed by polarizing microscope. Furthermore, the spherical structure is transformed into a fiber form after extension induced by shear deformation, and a possible origin of shear thickening in this ternary mixture will be discussed.

[結果と考察]

I) 定常流粘性測定 定常せん断流下における粘度の時間変化をFig.2に示した。低せん断速度では、時間に対して粘度はほぼ一定の値をとるが、せん断速度が大きくなるにつれて、粘度が時間に対して変化の様子が確認できる。せん断印加直後の粘度に着目すると、印加したせん断速度に依存して粘度が異なる値をとることが確認できる。これは、せん断印加直後の内部構造の違いに起因していると考えられる。また、粘度が定常に至るまでの時間が印加するせん断速度に依存し、せん断速度が大きくなるにつれ、定常に至るまでの時間が短くなることが分かった(Fig.3)。次に、定常状態での粘度のせん断速度依存性をFig.4に示した。その結果、 $\dot{\gamma} = 10 \text{ s}^{-1}$ から粘度の上昇が見られ、およそ $\dot{\gamma} = 30 \text{ s}^{-1}$ まで粘度が上昇することがわかった。さらにせん断速度を大きくすると、粘度が低下していくことがわかった。

II) 偏光観察 偏光顕微鏡観察の結果をFig.5に示した。せん断印加前はマルタクロスを示すことがわかった(Fig.5(a))。一方で、せん断印加後は、せん断印加前のマルタクロスは見られず、無数の繊維状の構造がランダムに配向している様子が確認できた(Fig.5(b))。このことから、せん断により球状構造が繊維状に引き伸ばされ、シアシックニングに起因している可能性が示唆された。

当日はシアシックニングの溶液濃度や温度依存性について詳細に報告する。

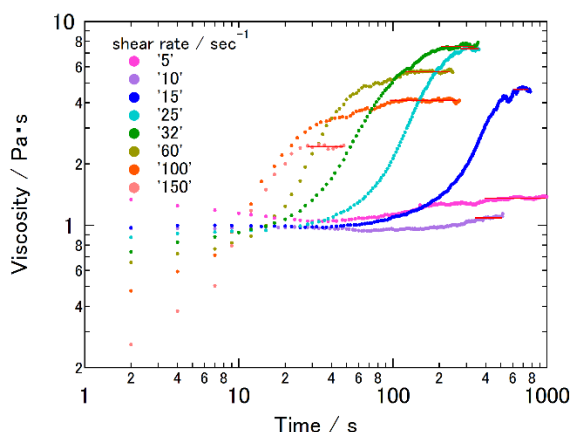


Fig.2 Time evolution of viscosity in steady shear flow at 298 K.

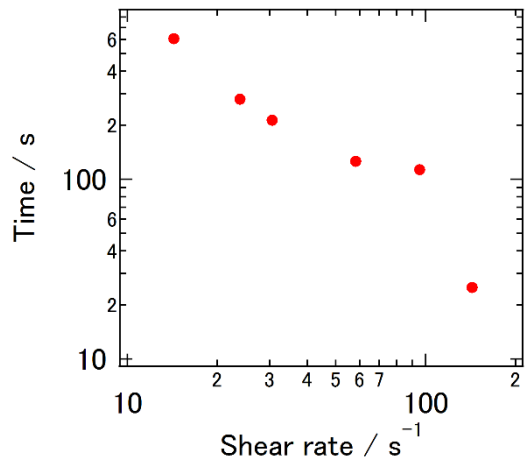


Fig.3 Shear rate dependence of the time required for reaching a steady state at 298 K.

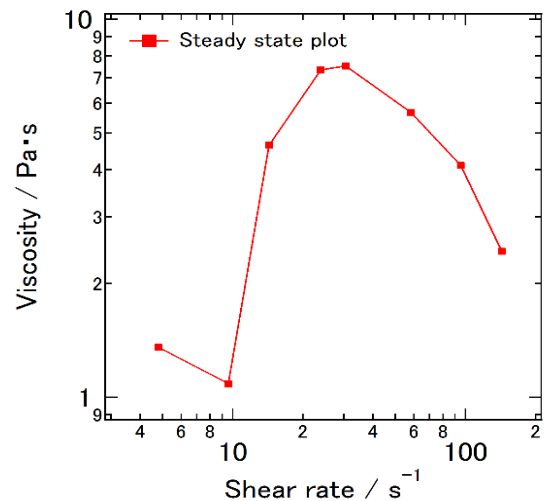


Fig.4 Dependence of shear viscosity on shear rate for ternary mixture.

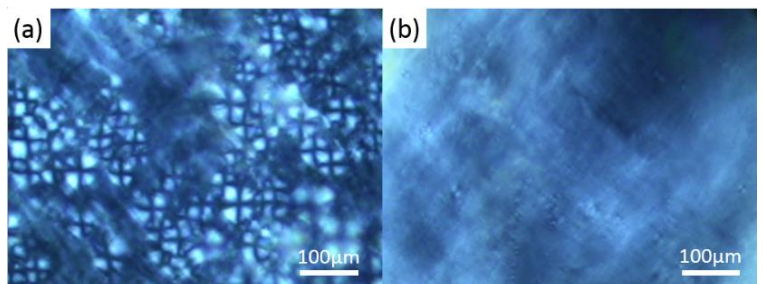


Fig.5 Polarizing microscopic observation (a) before and (b) after shearing.

[Reference]

[1] K. Sadakane, A. Onuki, K. Nishida, S. Koizumi, and H.Seto, Phys. Rev. Lett., **103**, 167803 (2009).