

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：32689

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2013

課題番号：25610110

研究課題名(和文) 薄膜状高粘度溶液からの結晶成長における溶液の安定性と流動性

研究課題名(英文) Stability and fluidity of a highly viscous solution film during crystal growth

研究代表者

山崎 義弘 (Yamazaki, Yoshihiro)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：10349227

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 300,000円、(間接経費) 90,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、薄膜状になったアスコルビン酸水溶液からの溶媒蒸発による球晶成長で見られる成長モードの動的転移、パターン形成についての研究であり、特に、環境の湿度による溶液の粘度変化、結晶成長に伴う溶液の流動性、流動性が引き起こす膜厚の変化に着目して、実験、ならびに、数理モデリングを行った。具体的には、(1)光ピンセット法を用いた、薄膜状アスコルビン酸水溶液の粘度測定、(2)アスコルビン酸水溶液に数ミクロンのビーズを入れ、球晶成長時の溶液中でのビーズの運動を観察して溶液の流れを可視化、(3)高粘性薄膜状溶液からの球晶成長に対する溶液の流動性を考慮した理論の構築を行った。

研究成果の概要(英文)：There exists a threshold-sensitive dynamical transition between uniform and periodic growth modes in the domain growth of ascorbic acid crystals from its aqueous supersaturated solution film. The crystal growth induces solution flow. Humidity controls the fluidity of the solution. The solution flow varies the film thickness. The threshold exists in the thickness of the solution film. If the thickness becomes lower than the threshold, the solution flow and the crystal growth almost stop.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・数理物理・物性基礎

キーワード：パターン形成

1. 研究開始当初の背景

有機分子や高分子の結晶成長について、準安定状態となった薄膜状の高粘性溶液(高分子の場合は溶融体)から球晶と呼ばれる微結晶集合体の形成することが古くから知られており、これまで主に結晶学的、熱力学的観点から数多くの研究がなされている(A.G. Shtukenberg et al., Chem. Rev., 112 (2012) 1805)。パターン形成の物理からも、アスコルビン酸の場合がよく調べられており、環境の湿度に応じて球晶の成長モードが2種共存・均一・周期・分岐と変化することが確認されている(A. Paranjpe, Phys. Rev. Lett., 89 (2002) 75504, M. Ito et al., J. Phys. Soc. Jpn., 72 (2003) 1384, H. Uesaka, R. Kobayashi, J. Cryst. Growth, 237-239 (2002) 6)。

これまでの先行研究では、球晶成長時の溶液の流動性について、粘度や流速といった物理的な観点からの特徴付けについては不十分であるように思われる。実際、流動性の特徴付けを困難にする一つの要因として、球晶成長時、溶液が厚さ数10ミクロンの薄膜状になっており、標準的な粘度計では測定が困難であることが挙げられる。そこで、球晶成長時の薄膜状溶液の流動性を測定する方法を確立したいと思うに至った。

2. 研究の目的

有機分子系で観られる薄膜状溶液からの球晶成長について、実験系を有機分子の一つであるアスコルビン酸水溶液に絞り、成長時、準安定状態にある薄膜状溶液の流動性を定量的に特徴付けることを目的とし、粘度測定

に対する手法の確立を第1に優先する。そして、得られた測定結果を出発点として、アスコルビン酸水溶液からの球晶成長だけでなく、その他の有機分子系、さらには高分子溶融体からの球晶成長にも適用可能な、系の詳細に依らない、薄膜状高粘性溶液からの流動性を考慮した球晶成長に対する理論の構築を目指す。

3. 研究の方法

(1)アスコルビン酸水溶液からの球晶成長ダイナミクスを特徴づけるため、準安定状態にある溶液の流動性に着目して、球晶の成長速度、溶液の流速や粘度を測定する。

(2)高粘性薄膜状溶液からの球晶成長に対する溶液の流動性を考慮した理論の構築を行う。有機分子の溶液からの球晶成長、また、高分子溶融体からの球晶成長にも適用可能な理論の構築を目指す。

4. 研究成果

(1)早稲田大学の石渡信一博士、石渡研の大学院生である石井秀弥氏の指導・協力のもと、光ピンセット法を用いて、薄膜状アスコルビン酸水溶液の粘度測定を試みた。

(2)アスコルビン酸水溶液に数ミクロンのビーズを入れ、球晶成長時の溶液中でのビーズの運動を観察して溶液の流れを可視化し、球晶の成長速度と溶液の流速との関係を調べた(図1参照)。

(3)高粘性薄膜状溶液からの球晶成長に対する溶液の流動性を考慮した

理論の構築を試みた(図2参照)。

(4)理論の応用として、成長界面どうしが近づいてくると相互作用し、界面が同期して進行と停止を繰り返すことにより生じるフラクタル的パターンの形成現象(図3参照)について、実験結果を説明するメカニズムを提案した。

(5)広島大学の戸田昭彦博士、田口健博士(広島大学)から、高分子溶液からの球晶成長における実験結果をご教示いただき、アスコルビン酸球晶成長との共通点を探ることができた。これにより、アスコルビン酸に限らない、一般的な理論構築への一歩を進めることができた。

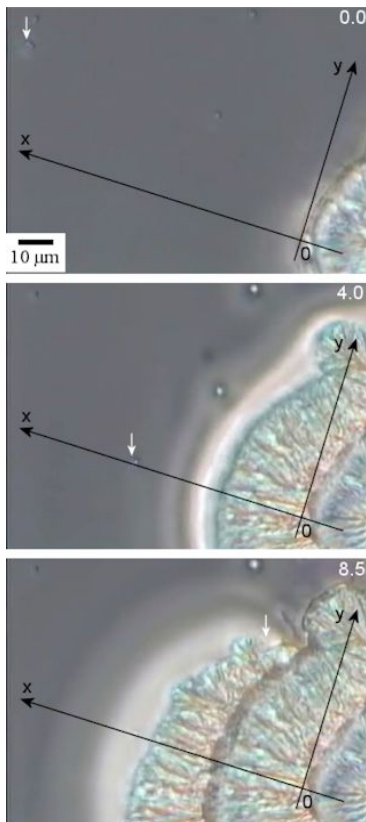


図1

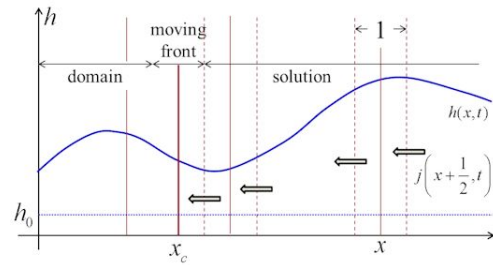


図2

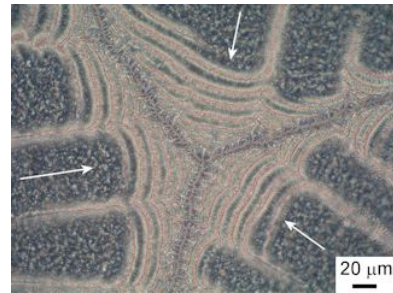


図3

5. 主な発表論文等

(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1件)

Yoshihiro Yamazaki, Mitsunobu Kikuchi, Akihiko Toda, Jun-ichi Wakita, Mitsugu Matsushita, Dynamical Properties in Uniform and Periodic Growth Modes of Ascorbic Acid Crystal Domain from Thin Solution Film, Journal of the Physical Society of Japan, 83 (2014) 064002 (9 pages) 査読有.

[学会発表](計1件)

Yoshihiro Yamazaki, Pattern formation caused by thin film solution flow with a threshold, Dynamics Days Central Asia (国際会議, 2013/10/12, Samarkand, Uzbekistan)

〔図書〕(計0件)

なし

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

なし

取得状況(計0件)

なし

〔その他〕

<http://journals.jps.jp/doi/abs/10.7566/JPSJ.83.064002>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山崎義弘(早稲田大学理工学術院)

研究者番号: 10349227

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし