

薄膜干渉流動画像法(FIFI)で見る高分子伸張の世界

(山形大院理工) 日出間るり, 古川英光

【はじめに】 生体には薄い液体の層が存在することによって、その機能が発現している例が多数見受けられる。その一例は、関節の骨と骨との間にある関節液である。関節液は、厚さ 50 μm 程度の薄い液体層でスムーズな関節の動きを可能にしている。ところで、このスムーズな動きは液体層中の成分に由来しており、特に生体高分子の役割が重要だと考えられている。実際、関節液で成分のバランスが崩れ、生体高分子が不足すると、関節痛などの病気の原因になる。ところで、関節液が正常に働いているかを調べるための簡単な検査は、関節液を注射針で採取した後、注射針から関節液を少し垂らし、3cm 以上液切れしなければ正常であるというものである。実際には、関節液は関節の狭い空間に閉じこめられているが、検査では関節液を取り巻く生体の壁は考慮せず、ただ、注射針から垂らすだけでその機能がわかるというのだ。これにはどのような意味があるのだろうか？

本研究では以上のような背景をふまえ、関節液のような薄い液体層の挙動に高分子が与える影響を解析する。液体層は界面活性剤分子膜に挟まれた液体で模倣し、高分子を添加した際に挙動がどう変化するかを、液体層に起こした乱流を可視化し画像解析により求めた。この方法を我々は薄膜干渉流動画像法 (Film Interference Flow Imaging, FIFI) と名付けた¹。さらに、液体

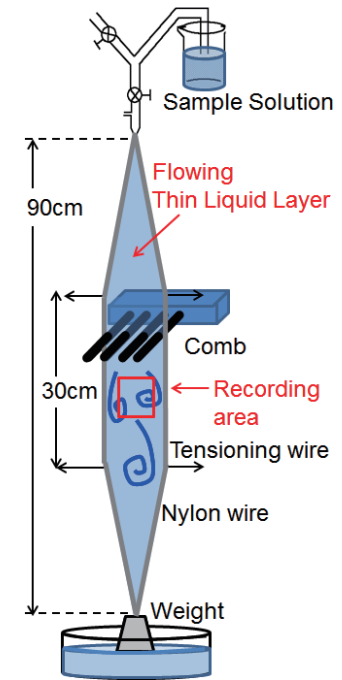


Fig.1 Apparatus of flowing thin liquid layer

の内部構造を走査型顕微光散乱 (Scanning Microscopic Light Scattering, SMILS) を用いて解析する²。

【実験】 界面活性剤 (ドデシルベンゼンスルホン酸 SDBS) を 2wt%含む溶液を Fig.1 に示した装置に流して、流動する薄い液体層をつくる。その挙動は障害物で作る乱流で変化させる。ここにポリエチレンオキシド

(PEO, $M_w=3.5 \times 10^6$) やヒドロキシプロピルセルロース (HPC, $M_w>1.0 \times 10^6$) を 0.003wt%添加し、乱流を画像データとして取得し、画像解析に使用した (Fig.2)。さらに PEO や HPC のみを含む水溶液と、PEO や HPC および SDBS を含む水溶液の内部構造を SMILS で測定し、PEO や HPC の溶液中での挙動を検討した。

【結果と考察】 Fig.2 に示したように、薄い液体層が作る乱流は PEO や HPC の添加により変化する。特に PEO による変化は著しく、乱流中の渦が崩れていることがわかる。これらの乱流画像を画像解析し、薄い液体層の速度分布に対応する値を求めた。すると、SDBS のみを含む溶液、HPC 添加溶液、PEO 添加溶液の順で分布が狭まった (Fig.3)。SMILS 測定の結果からは、PEO では SDBS の存在が流体力学的半径を大きく変えることがわかった。我々は乱流中での高分子の効果的な伸縮が薄い液体層の挙動に影響を与えると予想している。

- 【参考文献】 (1)R. Hidema *et al.*, *Experiments in Fluids.*, 49, 725-732 (2010)
 (2) 日出間るり, 古川英光, 日刊工業出版プロダクション, 工業材料, 59, 69-73 (2011)

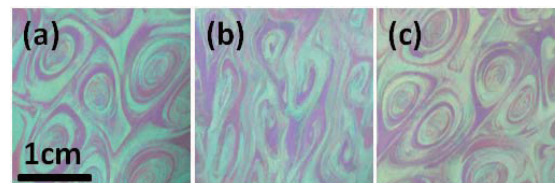


Fig.2 Turbulence of thin liquid layer. The images are taken at (a) 2wt% SDBS, (b) 0.003wt% PEO added, (c) 0.003wt% HPC added solution for a mean velocity around 130 cm/s .

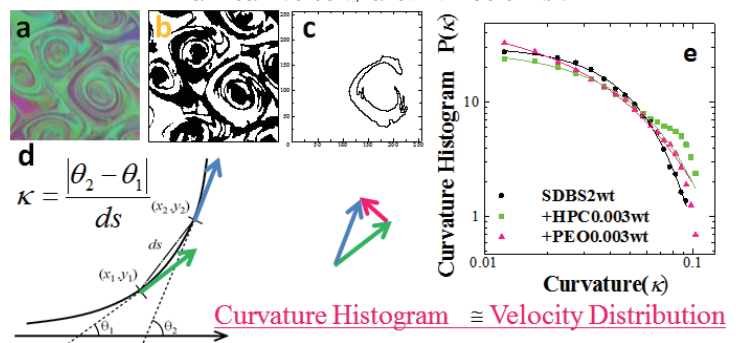


Fig.3 Distributions related to Velocity