

4P018

ブラウン運動による水・エタノール混合状態の解明における表面効果

¹日大文理

○西山 佳穂¹, 古川 一輝¹, 十代 健¹

Surface effect on Brownian motion of water-ethanol mixtures.

○Kaho Nishiyama¹, Kazuki Furukawa¹, Ken Judai¹

¹ Department of Physics, College of Humanities and Sciences,
Nihon University, Tokyo, Japan

【Abstract】 Brownian motion provides information regarding the microscopic geometry and motion of molecules, insofar as it occurs as a result of molecular collisions with a colloid particle. We found that the mobility of polystyrene beads from the Brownian motion in a water-ethanol mixture is larger than that predicted from the liquid shear viscosity. The surface effect on Brownian motion will be investigated with the synthesis of polystyrene beads to control the surface compositions.

【序】水とエタノールを混合すると体積が減少するなど特異な混合様式をとることは古くから知られている。しかし、具体的に水とエタノールがどのような構造で会合しているかは様々なモデルが提唱されており未だにはっきりしない。我々はブラウン運動をプローブとして水とエタノールの会合様式の解明に取り組んでいる。溶媒分子の熱運動による衝突がブラウン運動を引き起こしており、ブラウン運動は溶媒の混合状態を反映している可能性がある。

直径1ミクロン程度のポリスチレン微粒子を水とエタノールの混合溶液に懸濁させ、光学顕微鏡でブラウン運動の易動度を観測した。エタノール水溶液中でのブラウン運動の易動度から粘性率を算出したところ、文献値よりも小さく、バルクの粘性率とブラウン運動によるミクロな粘性率が異なることが判明した。この理由を様々な仮説をたて検証しているが、粒子の表面の状態が関係している可能性もある。そのため、ポリスチレンビーズの合成を行い、粒子表面の制御を行い粘性率を測定し理由の解明を目指している。

【実験方法】まず、市販の直径1 μ mポリスチレンビーズを用いて、エタノール水溶液に懸濁させ、ブラウン運動の観測をした。粘性率は温度で大きく変化するため温度制御用の冷却水を流したアルミブロックを用いて、ブロック内の貫通穴を懸濁液で満たしカバーガラスで密封した。光学顕微鏡(Nikon, Eclipse E200LED)に設置後、20分以上静置して、デジタルカメラ(Panasonic, Lumix DMC-G7)で30fpsの条件で3分間動画撮影を行った。

撮影した動画は、プログラム言語Javaを用いて、画像処理ライブラリーOpenCVを参考に作成した独自の追跡プログラムで解析を行った。ポリスチレンビーズを自動的に追跡してブラウン運動による位置の変位を求め、ストークス・アインシュタインの関係式より粘性率を計算した。

ポリスチレンビーズの合成では、攪拌子を入れた500mL容量の4つ口セパラブルフラスコにArガス導入管、温度計、還流冷却器を設置し反応を行った。典型的な反応条件は以下の通りである。4つ口セパラブルフラスコに水400mL、スチレンモノマー92mL、1mol/L水酸化カリウム溶液(KOH)1.60mLとリン酸二水素カリウム(KH₂PO₄)0.2gを混合した。これをウォーターバス中で反応温度65°Cまで加熱し、Arガスでパ

ージしながら、約 30 分間、回転数 1000rpm で攪拌した。そこに水 10mL に溶解させたペルオキシ二硫酸カリウム($K_2S_2O_8$)0.325g を加え、引き続き 65°C、1000rpm で 3 時間反応させた。

合成生成物は、プロパノールで 10 倍希釈したのち、シリコン基板の上にキャストした。金をスパッタリングでコーティングした後、走査型電子顕微鏡 (JEOL, JSM-7000F TYPE-A) を使って観察を行った。

【結果・考察】 Fig.1(a)は様々な温度における粘性率のエタノール濃度変化である。実線は文献値のマクロな粘性率変化を示し、プロットはブラウン運動から求めた粘性率を示している。濃度 0%つまり純水においてはマクロな粘性率とブラウン運動の値は完全に一致している。しかし、低濃度領域を中心にブラウン運動から求めたミクロな粘性率の方が若干小さく乖離している。25°Cの粘性率に関してブラウン運動のマクロな粘性率からの乖離の割合を求めたのが Fig.1(b)である。最大 5%程度ミクロな粘性率は低下しており、統計的有意な差が存在する。この理由を、仮説をたて検証を行っている。粘性率の不均一性が回転運動を並進運動に変換しているからではないかと考えているが、スチレンビーズの表面の効果も否定しきれない。そのためビーズを合成し表面制御を目指した。

Fig.2 は合成生成物を走査型電子顕微鏡で観察した画像である。直径 $0.5 \mu m$ 程度のスチレンビーズを合成することができた。しかし、ビーズサイズ分布も十分に狭いとはいえない。今後、ビーズのサイズ分布も向上させながら、ビーズ表面の制御に向けて条件を検討しつつ合成をしていく。

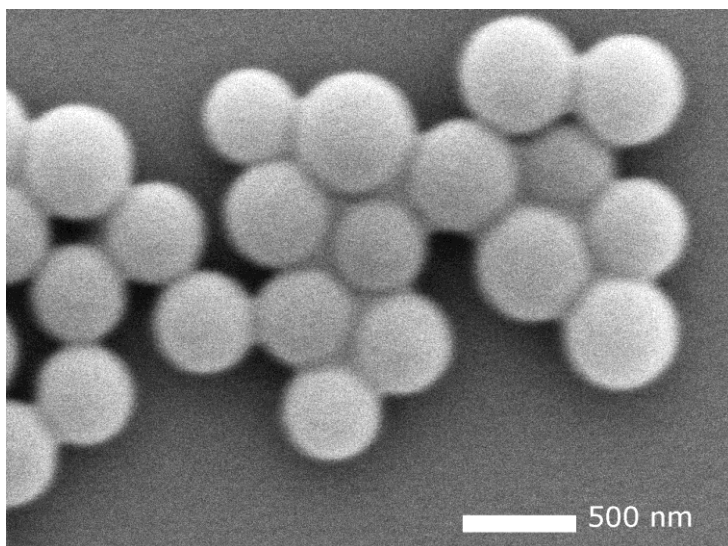


Fig.2. Electron Microscopic image of polystyrene beads.

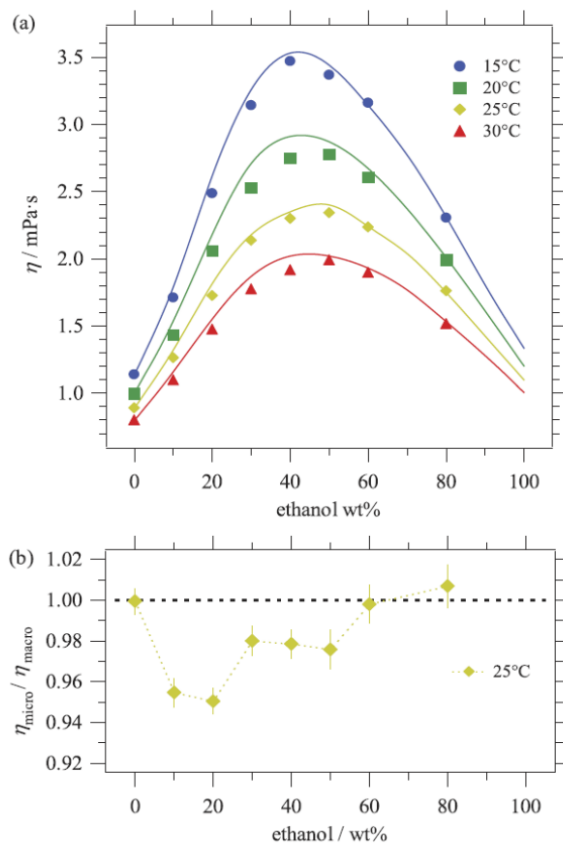


Fig.1. Liquid viscosities of water-ethanol solutions (line: literature, plot: Brownian motion).

【参考文献】

[1] K. Furukawa, K. Judai “Brownian motion probe for water-ethanol inhomogeneous mixtures” *J. Chem. Phys.* **147**, 244502 (2017)