

## メタノール・エタノール・1-プロパノール水溶液中のブラウン運動

<sup>1</sup>日大文理○黒沼 澄人<sup>1</sup>, 古川 一輝<sup>1</sup>, 十代 健<sup>1</sup>

## Brownian Motion in Methanol, Ethanol, and 1-propanol Aqueous Solution

○Sumito Kuronuma<sup>1</sup>, Kazuki Furukawa<sup>1</sup>, and Ken Judai<sup>1</sup><sup>1</sup> Department of Physics, College of Humanities and Sciences,  
Nihon University, Tokyo, Japan

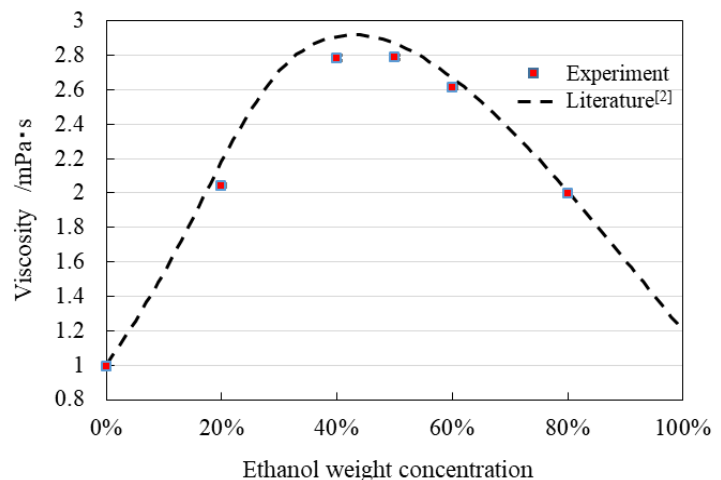
**【Abstract】** We have examined the viscosity of alcohol aqueous solutions from the Brownian motion mobility of micron-sized particles. The mobility of ethanol solution was higher than that anticipated from bulk literature value. The discrepancy between Brownian motion and bulk indicates that mixing of water and ethanol is inhomogeneous in the micron size of Brownian particles. In this work, the Brownian motion in the methanol and 1-propanol aqueous solutions was observed in order to compare with ethanol results.

**【序】** ブラウン運動は、直径  $10^{-5}\sim 10^{-7}$  m の粒子が乱雑な衝突により震え動く現象であり、光学顕微鏡によって観測することは、時間的な変化も追うことができるため、動的な会合状態などの情報を抽出できる手段だと考えられる。

これまでにエタノール水溶液中でのブラウン運動を測定したところ、算出した粘性率は文献値よりも小さく、バルクの粘性率からでは説明できないことを示した。粘性率の低下は 20°C においてバルクの値より最大約 6% であるが統計的に優位な差があった (Fig.1) <sup>[1]</sup>。本研究では、メタノール、1-プロパノール水溶液中でのブラウン運動を室温下で観測し、アルコール水溶液中の結果を系統的に調べた。コンピュータで詳細に解析して粘性率を求め、バルクの粘性率との比較を行った。

**【方法 (実験・解析)】** 直径 1  $\mu$ m ポリスチレンビーズを純水と純アルコール溶媒に同じ希釈濃度で懸濁させ、これらを重量比で混合し水溶液を調製した。

ブラウン運動を制限しないため、ホール (深さのある) スライドガラスを使用し、溶液の蒸発を防ぐため、カバーガラスの周囲を真空用シリコングリースで密封した。光学顕微鏡 (Olympus, CX31-P) に設置後 20 分以上静置して、デジタルカメラ (Canon, EOS kiss X50) で 30 fps  $\cdot$  1280  $\times$  760 pixel の条件で約 1 分間動画撮影を行った。温度はサーミスタで室温を測定し、メタノール、1-プロパノール水溶液中の動画撮影中は、それぞれ 18.5~24.6°C、18.1~23.6°C の範囲であった。また顕微鏡光源からの熱放射による試料の温度上昇を防ぐため、赤外線吸収フィルターを光軸上に挿入している。



**Fig. 1.** Viscosities in ethanol aqueous solution at 20°C. <sup>[1]</sup>

撮影した動画は、統合開発環境 Eclipse でプログラム言語 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した。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計測し、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。

【結果・考察】 Fig.2、Fig.3 は、それぞれメタノール、1-プロパノール水溶液の各濃度での粘性率であり、この粘性率は 1 秒(30 frame)ごとの変位から算出したものである。温度により粘性率は大きく変化するため、得られた粘性率を 20°C の値へ換算しており、図中のエラーバーは観測した 24~27 回の求めた粘性率の解析結果の標準偏差の結果を示している。また破線はそれぞれバルクの文献値<sup>[2][3]</sup>である。純粋な水 (0%) での測定値は、統計的な誤差も小さく文献値と一致している。一方でメタノール、1-プロパノールの水溶液については、誤差は比較的大きくなってしまっているが、ほぼ文献値の粘性率と一致したと考えられる。

これらの結果は、エタノール水溶液でのブラウン運動粒子が低い粘性率を与えたことと異なっており、エタノール水溶液でのブラウン運動の挙動は、特異的なものである可能性がある。

しかし、観測中に温度が最大 2 °C 程度変動した場合があり、測定した粘性率に不確かさも残っている。また撮影中に溶液の対流が観測されたこともあり、溶液の流れはブラウン運動の粒子の変位に大きく影響するため、観測における信頼性はエタノールと比べて低い。エタノール水溶液でのブラウン運動とバルク粘性率の違いは大きくなく、メタノール、1-プロパノール水溶液でのブラウン運動の挙動を詳細に比較するためには、温度の詳細な制御と対流(流れ)のないサンプルの作成、さらに十分な統計数の測定が必要である。

### 【参考文献】

- [1] 古川, 黒沼, 十代, 第11回分子科学討論会, 4D03(2017).
- [2] N.B. Vargaftik, "Handbook of physical properties of liquids and gases" second edition, (Springer, Berlin, 1975), pp. 683.
- [3] FM. Pang *et al.* *J. Mol. Liq.* **136**, 71 (2007).

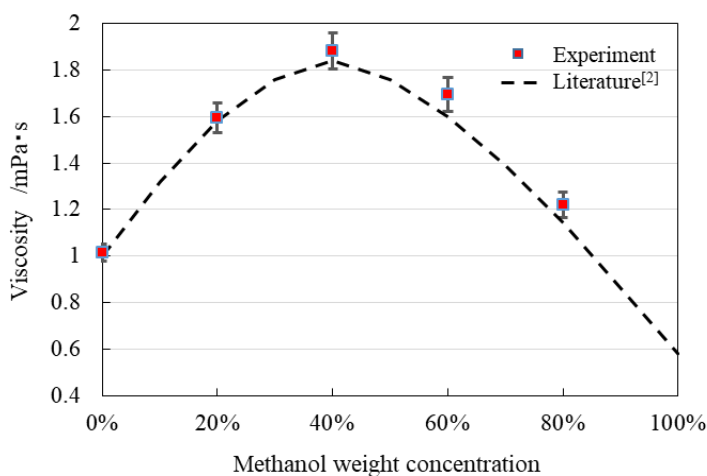


Fig. 2. Viscosities in methanol aqueous solution.

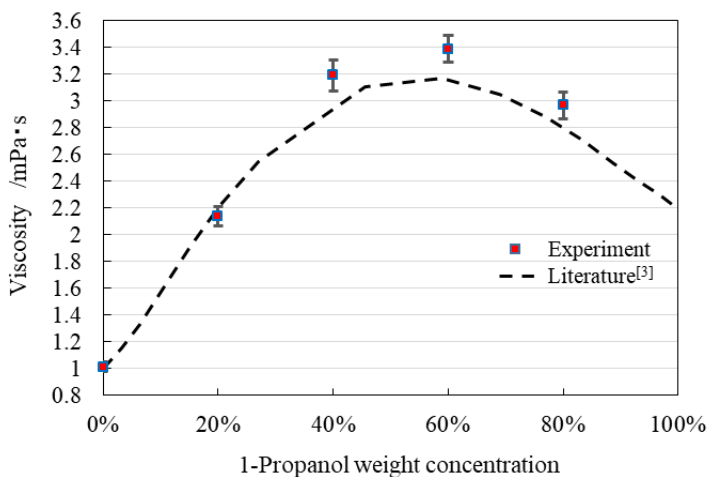


Fig. 3. Viscosities in 1-propanol aqueous solution.