

ソフト & ウェットマターの摩擦 -吸着界面におけるゲルの摩擦挙動-

北海道大学大学院理学研究科¹ 科学技術振興機構²

○富永 大輝¹・龔 劍萍^{1,2}・長田 義仁¹

1. はじめに

ゲルの表面摩擦は、界面における表面間相互作用に大きく支配されることを我々は明らかにしてきた。たとえば、ポリ(2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸)(PAMPS)ゲル および ポリビニルアルコール(PVA)ゲルを同じガラス面上で摩擦させると、摩擦の大きさだけではなく、荷重や摩擦速度に対する依存の仕方も大きく異なってくる。これは、前者(PAMPS vs. ガラス)における界面相互作用が反発的であるのに対し、後者(PVA vs. ガラス)のそれは吸着的であることに起因している。

吸着的相互作用における摩擦の発現は、相手基板に吸着した高分子鎖が延伸されることで生じるゴムの弾性力に因ると考えている。本研究では、吸着のダイナミックスの効果を検討すべく、ポリビニルアルコール(PVA)ゲル^{*1}の摩擦を広い速度領域で測定し、吸着のダイナミックスが及ぼす効果を評価した。

2. 実験

平衡膨潤させた円板状(直径 15mm、厚さ 3mm)のPVA物理架橋ゲルを回転型レオメータの平行平板に固定し、26%の圧縮歪みで回転の相対運動を加え、水中にてガラス板と摩擦させた。また、歪みを加えた状態で規定時間(Load time)待機させた後、圧縮の歪みを固定したまま回転の相対運動を加え、滑りはじめの摩擦を観察した。

3. 結果・考察

図1に示すように、動摩擦は 10^{-4}m s^{-1} より遅い速度では相対速度減少に伴って増加し、これより速い速度では速度増加に依存して動摩擦力は増加するが、 $2 \times 10^{-2}\text{m s}^{-1}$ 付近にピークが観察された。この速度は動的光散乱の実験から見積もられる高分子メッシュサイズ ξ がもつ緩和速度にほぼ一致することから、 $2 \times 10^{-2}\text{m s}^{-1}$ 付近に見られるこのピークは高分子鎖のガラス基板への吸脱着の緩和によるものと考えることが出来る。従って、これよりも速い速度ではゲルとガラス基板との界面の流体潤滑による流体抵抗が摩擦力の主因子であると考えられる。

Taiki TOMINAGA¹, Jian Ping GONG^{1,2}, Yoshihito OSADA¹ (¹Graduate School of Science, Hokkaido University, ²PRESTO, JST) e-mail: tominaga@sci.hokudai.ac.jp

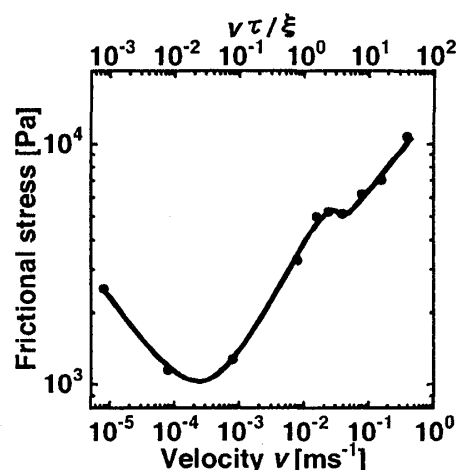


Fig.1 Velocity dependence of dynamic friction in water. Normal strain: 26%. $\xi = 5.1\text{nm}$ and $\tau = 5.3 \times 10^{-7}\text{s}$ from dynamic light scattering measurement.

一方、 10^{-4} m s^{-1} より遅い速度の動摩擦の挙動は弾性力が相対速度に比例するという理論モデル^{*2}では説明できない。この挙動は高分子メッシュよりずっと大きいスケールのダイナミックスによる遅い吸着緩和があることを示唆している。

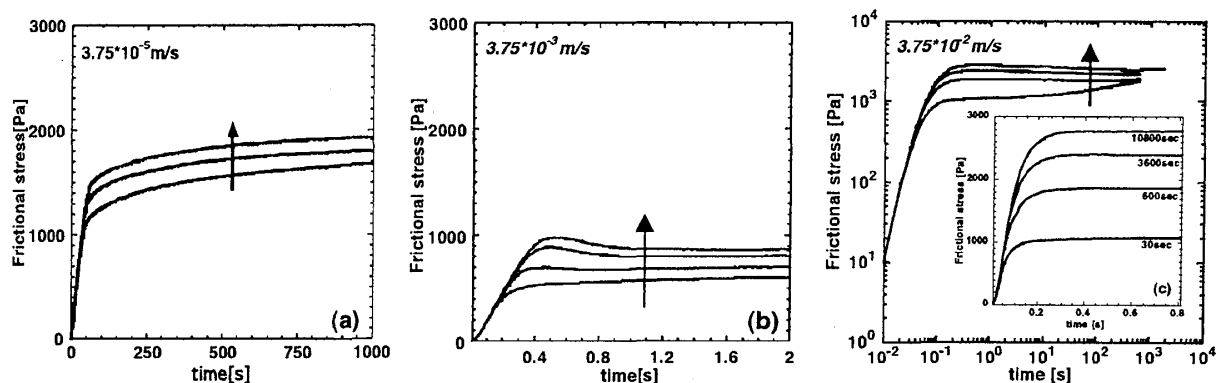


Fig.2 Time profiles of frictional stress for PVA gel slid against a glass surface in pure water at 20°C under various sliding velocity. Following the arrow direction in each figures, the loading time increases (30, 600, 3600, 10800sec).

図 2 に示すように Loading 時間を長く取れば取るほど摩擦力は増加した (Fig. 2 a-c)。これは、Loading 時間が長くなるにつれて、PVA-ガラス間の吸着サイト数が増えたことを示唆している。また、摩擦速度が大きいときほど、摩擦力は Loading 時間の変化に強く依存してくる。各プロファイルにおける摩擦力の最大値を Loading 時間に対してプロットすると Fig. 3 のようになる。これによると、摩擦力 F と Loading 時間 t は $F \propto \log t$ の関係にあることがわかる。この関係式は紙どうしや金属どうし、岩どうし間の摩擦で成立することが知られており、ゲルの摩擦もこれらの摩擦と共通性を有することが示された。

4. まとめ

これら一連の結果は、ゲルの表面摩擦特性が、固体の摩擦と異なり、ゲルの緩和の階層性がもたらす多様性と、固体の摩擦との共通性の2つの性質を有することを示唆しているものと考えられる。

5. 参考文献

- [1] J.P. Gong et al.: *J.Phys. Chem. B*, **103**, 6001(1999)
- [2] J.P. Gong, Y. Osada: *J. Chem. Phys.*, **109**, 8062(1998)。

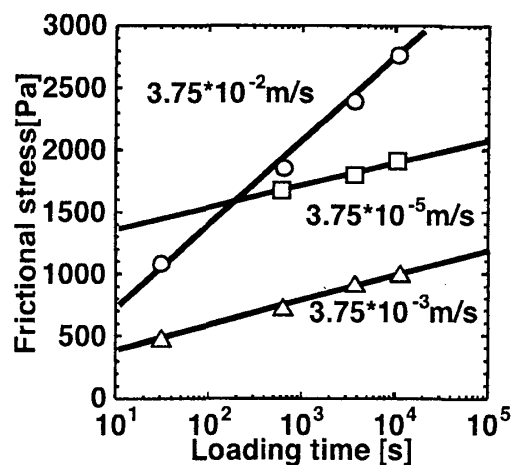


Fig.3 Loading time dependence of the frictional stress for PVA gel slid on a glass surface in pure water at 20°C.