

ハイドロゲルの摩擦を電場でコントロールする

ハイドロゲルは、ネットワーク状の高分子の間に水を大量に含む物質であり、食品、紙おむつ、コンタクトレンズなど、身の回りにあふれている。ハイドロゲルのなかには、PAMPS(2-アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸)ゲルのように、高分子鎖中の負の電荷を持った官能基と負に帯電した基板との実効的な斥力の効果によって摩擦係数が 10^{-3} 以下の超低摩擦状態を実現するものもあり、人工関節などへの応用が期待されている。このように、ハイドロゲルの摩擦メカニズムにおいて、電荷の果たす役割は極めて重要だと考えられているが、これまでの研究では、電荷の状態を能動的に変化させることで摩擦への影響を調べるような実験は行なわれていなかった。

最近、東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻のグループは、高分子電解質ゲルと帯電基板との摩擦の制御に関する研究を行なった(図1) [1]。実験では、厚さ 100nm 程度の二酸化珪素の絶縁膜でコートされた電極基板上で電圧を印加しながら PAMPS ゲルを滑らせたところ、+70V の電圧を印加すると、印加していないときに比べて摩擦力が 10 倍以上増加することを見出した。これは、これまで低摩擦材料として研究されてきた PAMPS ゲルに高摩擦状態を付与できることを意味している。また、その特性を記述する理論モデルを提案したところ、実験で測定された摩擦係数の電圧依存性をよく説明することができた。この成果は、日本物理学会が発行する英文誌 Journal of the Physical Society of Japan (JPSJ) の 2009 年 8 月号に掲載された。

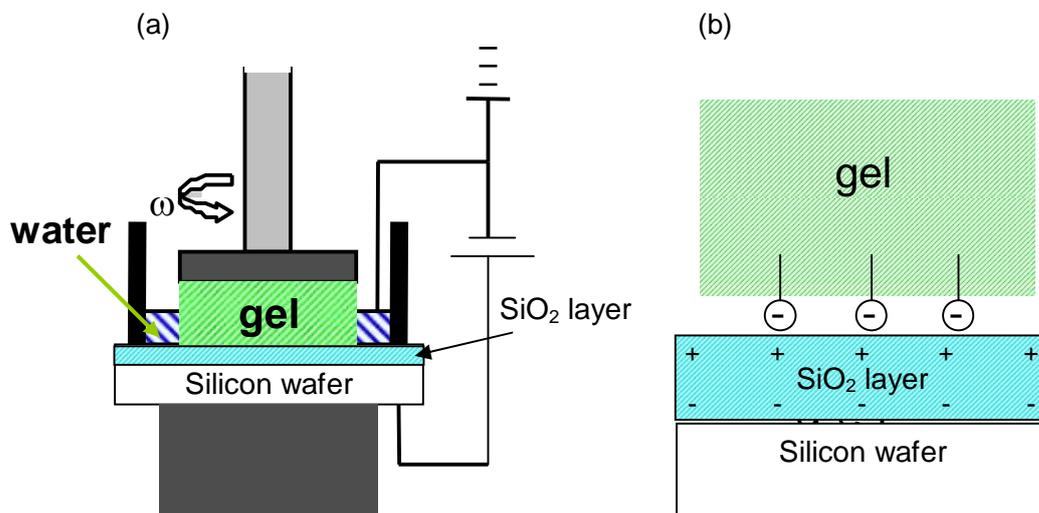


図 1 : (a) 実験装置の概略図 (b) ハイドロゲルと基板との相互作用の様子

しかしながら、この実験系には問題があった。それは、高分子が電荷を持っていないと摩擦を制御できないということである。そこで本研究では、その問題を解決するため、高分子鎖に電荷を持たない中性ゲル中に、微量のイオン性界面活性剤を添加することを考えた。イオン性界面活性剤は、短い炭化水素鎖の頭に電荷を持った分子であり、基板の帯電によって基板への吸着状態を変化させることができると予想された。実際に摩擦実験を行なったところ、イオン性界面活性剤の添加により、中性ゲルと基板との摩擦力が電圧の印加により変化することが確かめられた。これは、イオン性界面活性剤を用いることで、基板の表面状態を動的に制御できることを意味している(図2)。この成果は、日本物理学会が発行する英文誌 Journal of the Physical Society of Japan (JPSJ) の 2010 年 6 月号に掲載された。

本研究で用いられたアイデアや方法は単純なものであるが，上記のように高分子ゲルの摩擦制御に適用できるだけでなく，一般の機械での潤滑や，細胞など生態物質の電荷の違いによる流動下での分別など，幅広い分野への応用が期待される．また，ハイドロゲルの特異な摩擦メカニズム解明にも寄与するかもしれない．

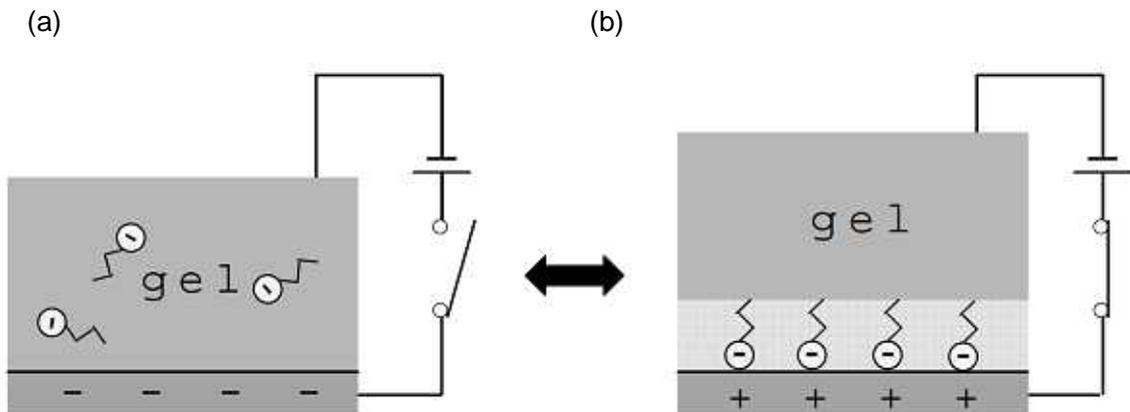


図 2 : (a) 電圧の印加する前，及び(b) 電圧を印加した後のイオン性界面活性剤の挙動

参考文献

[1] M. Takata, T. Yamaguchi, J. P. Gong, and M. Doi, Electric Field Effect on the Sliding Friction of a Charged Gel, J. Phys. Soc. Jpn. 78, No. 8, pp.084602-1-5 (2009)

論文掲載誌 J. Phys. Soc. Jpn. 79 (2010) No.6 p. 063602

電子版 <http://jpsj.ipap.jp/link?JPSJ/79/063602> (6月10日公開)

< 情報提供 : 山口 哲生 (東京大学) , 土井 正男 (東京大学) >