

8 ソフト&ウェットマテリアルのトライボロジー測定

山形大学 工学部 技術部
機器開発技術室 和田真人

1. 諸言

ゲルは溶媒を含んだソフト&ウェットな新材料で高分子の 3 次元網目構造を持っており、高含水率・物質透過性・低摩擦性・衝撃吸収性・生体適合性といった金属やプラスチックなどのハード&ドライな材料には見られない優れた機能を持つ。その一方で、一般的には圧縮破断応力が 0.1~0.4MPa 程度と壊れやすく工業的に扱いにくいとされていた。そこで 2000 年以後現在までに様々な高強度ゲルが提案され、圧縮破断応力が最大で 30MPa という世界最高強度を誇るダブルネットワークゲル(DN ゲル)も開発され、工業材料としての多様性が高まっている。そこで本研究では機械工学分野でのゲル研究を加速するべく、ゲルの摩擦測定に取り組んだ。

2. GRENE 事業

本研究は、GRENE 事業として行われており、ここで紹介する。文部科学省大学発グリーンイノベーション創出事業「グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス」(GRENE)事業先進環境材料分野において「グリーントライボ・イノベーション・ネットワーク」が発足し、日本国内の 9 研究機関における研究者がネットワークを形成し、環境・エネルギー技術の開発の先端的技術課題である「摩擦研究」にナノテクノロジーを活用して取り組んでいる。

2-1. グリーントライボ・イノベーション・ネットワーク

自動車を代表とする機械システムの燃費向上に対する大きな課題のひとつとして、摩擦低減による燃費の向上が挙げられる。自動車における全エネルギー損失の 30-40 %が摩擦に起因しており、摩擦は固体表面・潤滑油など多くの要素が界面において複雑に絡む動的特性のため、「摩擦技術」の向上は現在まで経験の積み重ねによりなされてきた。

「グリーントライボ・イノベーションネッ

トワーク」では、材料および機械分野の融合により、経験的であった既存のトライボロジー分野を革新する。マクロスケールで経験的に捉えられることが多かった摩擦界面を、ナノレベルの計測技術ならびに量子科学計算の活用により物理・化学的に理解し、それを基盤として設計・創製する表面コーティングおよび潤滑油・添加剤からなる超潤滑界面を機械システムに適用することをめざす。

3. トライボロジー測定

3-1. 試料

試料は、ダブルネットワークゲル (DN ゲル) と形状記憶ゲル (SMG) である。

3-1-1. ダブルネットワークゲル (DN ゲル)

試薬は、1st モノマーとして 2-Acrylamido-2-methylpropanesulfonic acid (AMPS)、2nd モノマーとして *N,N'*-Dimethylacrylamide (DMAAm)、架橋剤として *N,N'*-Methylenebis (acrylamide) (MBAA)、反応開始剤として 2-Oxoglutaric Acid(α -ketoglutaric Acid) (α -keto)を使用する。

3-1-1. 形状記憶ゲル (SMG)

親水性モノマーとして DMAAm、結晶性モノマーとして Stearyl acrylate (SA)、架橋剤として MBAA、UV 重合開始剤として Benzophenone を使用する。



Fig. 1 速度変動摩擦測定機 μ V1000
(Trinity Lab INC)

4. 測定方法

4-1. 測定装置

速度変動摩擦測定機 μ V1000 を Fig.1 に示す。本装置は、一度の測定で極低速の 0.1mm/sec から高速の 100.0mm/sec までの静・動摩擦係数を得ることができる。また、その他の特徴は、速度依存するスティック&スリップ現象の測定、原点復帰時に接触子自動ピックアップ機能搭載、測定データは専用解析ソフトにて処理が可能である。

測定原理としては、天秤方式測定法である。測定詳細は、Fig.2 に示す。組分銅を乗せ荷重を調整し、試料を乗せたテーブルが左右に移動し測定を行う。本来、金属の摩擦測定や、潤滑油の性能評価を行う場合は、ステンレス球を用いるが、今回は、ゲルとの相性がいい、直径 6.0 mm のソーダガラス球を用いた。

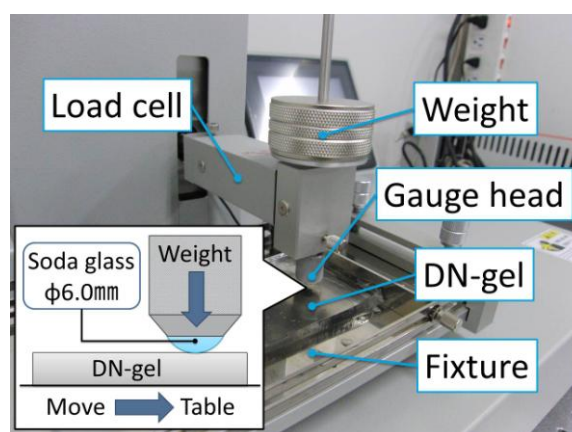


Fig. 2 測定方法詳細

ゲルの摩擦を測定するにあたり問題となったのが固定方法である。ある程度摩擦のあるものであれば、両端をはさみ固定することは可能であるが、ゲルはそうはいかない。また、弾性を持ちながら水分を 50~80% も含む *Soft & Wet* な物質であるため、水分を保持する機能を保持具に持たせる必要がある。

その問題を解決し、かつ容易に測定できる保持具を製作した。Fig.3 に摩擦測定用ゲル保持具図面を示す。

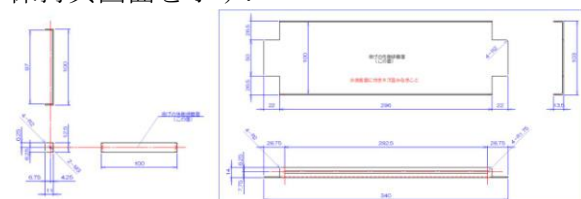


Fig. 3 摩擦測定用ゲル保持具図面

5. 測定結果

今回の摩擦測定で得られた結果を Fig.4 に示す。Fig.4 (a)は DN ゲルと SMG の摩擦速度変化に対する動摩擦係数の結果である。Fig.4 (b)は摩擦速度と剥離速度の関係、Fig.4 (c)と Fig.4 (d)は DN ゲルと SMG の摩擦速度変化に対する標準偏差を表したものである。

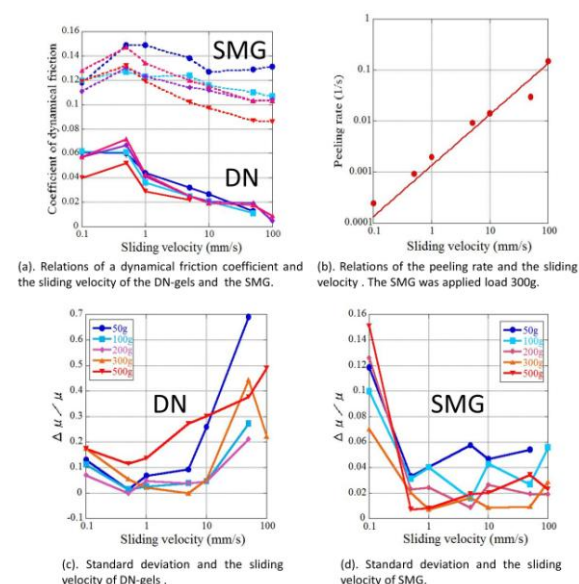


Fig. 4 測定結果

6. まとめ

DN ゲルと SMG の摩擦速度変化に対する摩擦係数の変化は似たような挙動を示すことがみてとれるが、一方では速度の変化に伴い標準偏差が示す挙動が違ってくる。これは、ゲルの界面状態の違いや、速度変化での摩擦状態の変化によるものだと考える。摩擦速度と剥離速度の直線比例の関係は、興味深い。

本研究では、ゲルの作製や測定以外に、装置の改良や治具の作製などを行った。トライボロジーには様々な条件が影響を及ぼすため、しっかりと要点を掴み、どのような測定が適しているか考え、装置の改良を行い、また新しい装置の開発に繋げていきたい。

7. 謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導を頂いた古川英光教授に感謝致します。また、日常の議論を通じて多くの知識や示唆を頂いた古川研究室の皆様と、保持具制作の際に、ご協力頂いた「株式会社トリニティラボ」様に感謝致します。