

補助事業番号 2022M-186

補助事業名 2022年度 摩擦可変ゲルへの低環境負荷多糖高分子の導入 補助事業

補助事業者名 山形大学大学院理工学研究科 吉田 一也

1 研究の概要

ゲルは柔らかい材料の代表的存在で、広く研究が行われている。強度が高いゲルの作製に成功すれば、広く工業用途へ応用できる。本研究では、高強度で低環境負荷な摩擦可変ゲルの開発を目的とした。ヒドロキシプロピルセルロース(HPC)とキトサンという二種類の高分子ネットワークを組み合わせることでダブルネットワーク(DN)構造をつくり、高強度化を目指した。また、その摩擦可変性を検証した。その結果、最大静止摩擦係数が可変なゲルの開発に成功した。

2 研究の目的と背景

摩擦は人間の生活に密接に関係しており、工業的にも重要な意味を持っている。例えば自動車のエンジンにおいて摩擦損失は大きく、自動車走行時の摩擦損失は投入エネルギーの5-10%とされている(小池誠, エンジンレビュー, 2016)。一方で、同じ自動車においても、単純に摩擦を低下させればよいわけではなく、ブレーキをかける際には摩擦により車輪の回転を止めなければならない。つまり、低摩擦材料に加えて、高摩擦材料も同時に必要となる場面がある。そのため、摩擦を切り替え、低摩擦と高摩擦を両立する材料が期待される。

補助事業者らは、高分子鎖の中に水を含むソフトマターの一種である、高分子ヒドロゲルの電圧に応答した摩擦可変性を発見した。ゲルに電圧をかけることで、陰極側に水分子を引き寄せ、その水層を潤滑層として摩擦を低下させる技術である(M. Wada et al., *Microsyst. Technol.*, 2018)。摩擦可変現象は内側に水を内包しているヒドロゲル特有の性質である。本研究では、より低環境負荷材料である多糖高分子を用いて、摩擦可変で高強度な高分子ヒドロゲルを開発することを目的とした。

3 研究内容

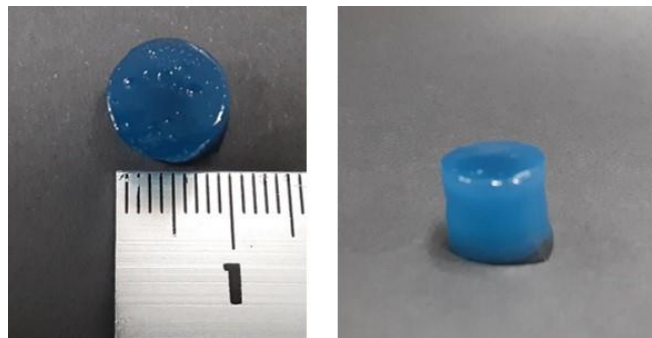
低環境負荷材料から構成される摩擦可変ゲルの開発

(<https://kyoshida-lab.yz.yamagata-u.ac.jp/files/kouhou.pdf>)

ダブルネットワーク(DN)ゲルは二種類の高分子ネットワークを組み合わせることで高強度性を示す(Gong et al., *Adv. Mater.*, 2003)。本研究においては、ヒドロキシプロピルセルロース(HPC)のネットワークとキトサンのネットワークを組み合わせることで、高強度化を目指す。補助事業者らがこれまでに扱ってきたヒドロキシプロピルセルロース(HPC)をアジピン酸で架橋した高分子ネットワークを第一のネットワークとする。ゲニピンという分子で架橋したキトサンの高分子ネットワークを第二のネットワークとする。HPCとキトサンは、それぞれ多糖高分子であり、環境への影響が少ないと予想できる。また、このゲルの摩擦の切り替え性能についての検討を行った。

写真に示すように青黒いゲルが完成した。圧縮試験を行った結果、HPCの単一のゲルのときと

強度に大きな違いが見られなかった。しかし、HPCの単一ゲルの場合には、電圧を印加しても最大静止摩擦係数はほぼ変わらなかったが、HPCにキトサンを加えた場合は最大静止摩擦係数が変化した。より低環境負荷な多糖類を基本構造とする高分子を用いて、摩擦可変なゲルの開発に成功した。



開発したゲルの写真

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究の成果により、HPCネットワークにキトサンネットワークを加えることで、電圧による摩擦可変性が生じることが明らかとなった。これは、今後、摩擦可変部材として、高摩擦のブレーキと低摩擦の動作を両立するソフトマテリアルの開発につながると考えられる。それにより、広くソフトロボットや、自転車、自動車など、多くの機械に摩擦可変部品が広がり、摩擦によるエネルギー損失を制御できるようになる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

補助事業者吉田は、2016年頃から高分子ゲルの応用研究を行ってきた。主に3Dプリンティングをゲルにも活用し、機能性材料の開発を進めてきた。本研究における成果は、摩擦可変ゲルという高機能材料を開発したのみならず、低環境負荷高分子を活用することで、地球にも優しい高機能ゲルの開発に成功したとみなせる。これまでの3Dプリンティングという造形技術と本研究の成果が結びつくことにより、今後は低環境負荷で高機能なゲルの自由造形につながると考えられる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

論文

- (1) Naofumi Fujiwara and Kazunari Yoshida*, "Thermal Switching Behaviors of a Hydroxypropyl-Cellulose-Based Tough Hydrogel", *Chem. Lett.*, **52**(5), 340–343 (2023).

国際会議での発表

- (1) Naofumi Fujiwara and Kazunari Yoshida, “Low Environmental Impact, High-Strength and Temperature-Responsive Hydrogel Composed of Hydroxypropyl Cellulose”, 2nd World Congress on Oleo Science (WCOS 2022), Oral OP02, Virtual, August 31st, 2022.

国内学会での発表

- (1) 藤原尚史, 吉田一也, “高分子多糖類をベースとした温度変化応答性ハイドロゲル”, 第71回高分子討論会, ポスター発表 3Pb082, 北海道大学札幌キャンパス, 2022年9月7日.

7 補助事業に係る成果物

- (1)補助事業により作成したもの

なし

- (2)(1)以外で当事業において作成したもの

なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 山形大学(ヤマガタダイガク)

住 所: 〒992-8510(半角)

山形県米沢市城南4-3-16

担 当 者: 助教 吉田 一也(ヨシダ カズナリ)

担 当 部 署: 大学院理工学研究科(ダイガクインリコウガクケンキュウカ)

E - m a i l: k-yoshida@yz.yamagata-u.ac.jp

U R L: <https://kyoshida-lab.yz.yamagata-u.ac.jp/>