

高強度自己復元性ゲルの力学モデル

(ESPCI ParisTech, CNRS, UPMC) ○眞弓皓一、成田哲治、Costantino Creton
(コロラド大学) Rong Long
(コーネル大学) Chung-Yuen Hui

【はじめに】

高分子ゲルを高強度化する上で有効な分子設計として、共有結合などの強い結合と水素結合などの弱い結合を架橋点として導入する手法が提唱されている [1]。弱い可逆な架橋点はゲルが変形した際に解離し、その時のエネルギー散逸によってゲルのマクロな破壊を防ぐことができる。また、変形したゲルから外力を取り除いてしばらくすると、強い結合に由来するネットワークの弾性によって、ゲルは元の形状まで復元し、可逆架橋点も再結合して元の状態まで戻る。このような自己復元性高強度ゲルの物性は、可逆架橋点の解離・再結合のダイナミクスによって支配されている。

我々は、このような自己復元性高強度ゲルのモデル系として、ポリビニルアルコール (PVA) を共有結合とホウ酸イオンによる物理結合で同時架橋した Dual Crosslink (DC) ゲル (図 1) を開発し [2]、その力学特性を調べてきた [2,3,4]。発表では、DC ゲルの線形粘弾性、ヒステリシスループを含む大変形挙動、さらには破壊挙動を理解する上での物理モデルについて説明する。

【結果と考察】

DC ゲルの損失弾性率 G'' は明確なピークを示すことから、DC ゲルはその粘弾性緩和を特徴づける緩和時間を有していることが分かる。DC ゲルの緩和挙動と印可された歪みの関係を調べるために、引っ張り試験機を用いて応力緩和測定、一定速度での伸長試験を行った。その結果、DC ゲルの力学緩和は加えられた歪み量に寄らないことが分かった。このことから、DC ゲルの緩和挙動は、歪みに依存しない特徴時間 (結合の解離時間 τ_b および再結合時間 τ_h) によって記述できると考えられる。そこで我々は、可逆架橋点の解

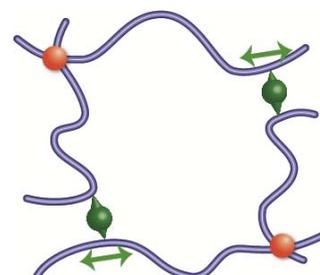


図 1. DC ゲルの模式図

離・再結合ダイナミクスを考慮したモデル関数を構築し、応力緩和測定・一定速度での伸長試験の結果をフィッティングすることで可逆架橋点の解離時間および再結合時間を定量的に決定した。また、この特徴時間を用いて、サイクル試験を含む様々な歪み履歴下における応力伸長曲線を精度よく再現できるが分かった。当日は、DC ゲルの破壊挙動についても議論する。

【参考文献】

- (1) Sun, T.L.; Kurokawa, T.; Kuroda, S.; Ihsan, A.B.; Akasaki, I.; Sato, K.; Haque, M.A.; Nakajima, T.; Gong, J.P. *Nature Materials*, 2013, 12: 932-937.
- (2) Narita, T.; Mayumi, K.; Ducouret, G.; Hebraud, P. *Macromolecules* (2013), 46, 4174.
- (3) Mayumi, K.; Marcellan, A.; Ducouret, G.; Creton, C.; Narita, T. *ACS Macro Letters* (2013) 2, 1065.
- (4) Long, R.; Mayumi, K.; Creton, C.; Narita, T.; Hui, C. Y. *Macromolecules*, (2014), 47, 7243.