

伸長誘起結晶化が起こらない一般的なゲルの場合は、伸長によって亀裂が進展して破断してしまうことと対照的です(図 3)。伸長誘起結晶化を起こす環動ゲルは、世界最高水準の強靱性(破壊エネルギー:約 20 J/m³)を有するのと同時に、繰り返し変形下において犠牲結合ゲルを上回る約 100%の即時回復性を示すことが分かりました。

伸長誘起結晶化による強靱化は、天然ゴムの強靱化機構として 1925 年に Katz によって発見されています。天然ゴムが今でも航空機のタイヤに用いられているのは、伸長誘起結晶化による優れた強靱化効果によるものです。本研究は、天然ゴムで知られていた伸長誘起結晶化による強靱化が、溶媒を多量に含んだゲル材料においても有効であることを初めて示したものであると言えます。

世界最高水準の強靱性とほぼ 100%の高い即時回復性を両立した自己補強ゲルの開発は、繰り返し大きな負荷がかかっても一定の力学応答を示すことが求められる人工靱帯・関節など、人工運動器への応用につながると期待されます。本研究では、環動ゲルを利用しましたが、高分子鎖を均一に変形させることができれば、他のネットワーク構造においても伸長誘起結晶化による自己補強効果は有効であると考えられます。

本研究は、東京大学大学院 新領域創成科学研究科 伊藤 耕三先生、横山 英明先生、姜 嵐博士、劉 暢博士との共同研究です。この場を借りて感謝申し上げます。

参考文献

- [1] J. Y. Sun, X. Zhao, W. . K. Illeperuma, O. Chaudhuri, K. H. Oh, D. J. Mooney, J. J. Vlassak, Z. Suo, *Nature*, 489, 133 (2012).
- [2] T. L. Sun, T. Kurokawa, S. Kuroda, A. B. Ihsan, T. Akasaki, K. Sato, M. A. Haque, T. Nakajima, J. P. Gong, *Nat. Mater.*, 12, 932 (2013).
- T. Narita, K. Mayumi, G. Ducouret, P. Hébraud, *Macromolecules*, 46, 4174 (2013).
- [3] C. Liu, N. Morimoto, L. Jiang, S. Kawahara, T. Noritomi, H. Yokoyama, K. Mayumi, K. Ito, *Science* 372, 1078 (2021).

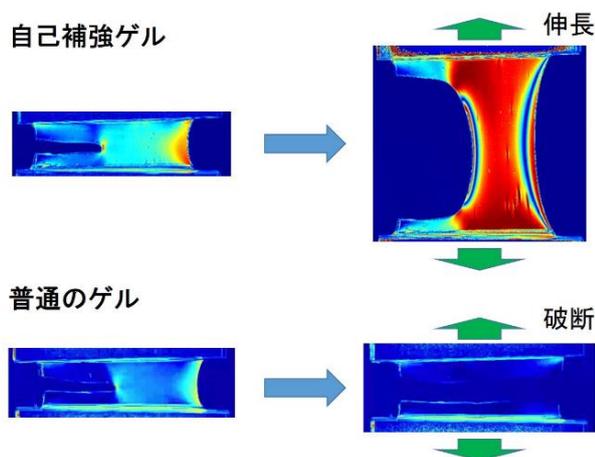


図 3. 偏光カメラで撮影した自己補強ゲルと普通のゲル
自己補強ゲルの場合、初期亀裂を入れた試験片を大きく伸長すると、高分子鎖が配向することにより補強され、亀裂は進みません(上段)。伸長誘起結晶化が起こらない普通のゲルでは、すぐに亀裂が進展して、破断してしまいます(下段)。写真の色は高分子鎖の配向度と対応しています。