

DNA 架橋ゲルの精密分子設計と材料力学特性の制御

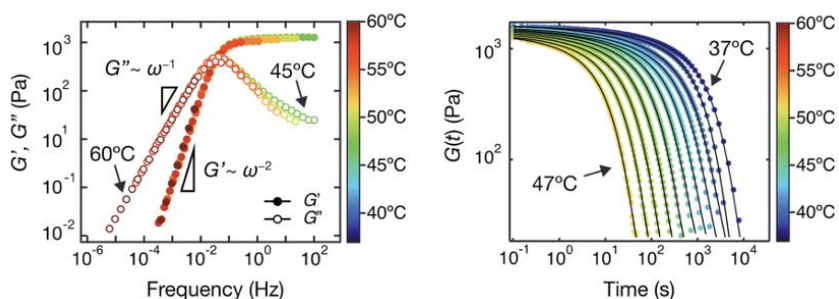
(北大先端生命¹⁾) ○Li Xiang¹

Precise molecular design of DNA cross-linked gel and the control of its material mechanical properties (¹*Faculty of Advanced Life Science, Hokkaido University*) ○Xiang Li¹

Dynamically crosslinked gels are promising for applications needing time-dependent mechanical responses. DNA duplexes with stable binding energies serve as ideal crosslinkers. However, the mechanical behavior of most DNA gels is often unpredictable due to complex network structures. We developed a DNA gel with a homogeneous network and predictable mechanics using a star-polymer approach. Stress-relaxation tests revealed that the relaxation time of the gels closely matches the lifespan of the DNA crosslinkers, spanning 0.1 to 2000 seconds. Durability tests confirm that these gels are hysteresis-free and self-healing under repeated temperature and mechanical stimuli. Our findings highlight the potential of star-polymer-DNA precursors to create gels with tunable viscoelastic properties suitable for stress-responsive extracellular matrices and soft robotics.

Keywords : DNA; Gel; Dynamic Crosslinker; Rheology; Stress Relaxation

動的に架橋されたゲルは、時間依存的な機械的応答が求められるアプリケーションにおいて有望な材料である。特に、可変的な結合エネルギーを持つ DNA 二本鎖は、理想的な架橋剤である。しかし、多くの DNA ゲルは複雑なネットワーク構造を有するため、その機械的挙動が予測困難であった。本研究では、星形高分子の末端に DNA を配置することで、均一なネットワークと予測可能な機械的特性を持つ DNA ゲルを開発した。応力緩和試験により、ゲルの緩和時間が DNA 架橋剤の解離寿命と厳密に一致し、0.1 秒から 2000 秒に渡る範囲で予測可能であることが明らかとなった。また、耐久性試験において、これらのゲルが温度や機械的刺激を繰り返し受けてもヒステリシスを示さず、ほぼ 100%の自己修復性を持つことが確認された。本研究により、ゲルのマクロな粘弾性を分子レベルの解離・結合と厳密に紐付けることが可能となり、機械的なストレスに応答する細胞外マトリックスやソフトロボティクスに適した材料開発への発展が期待される。



1) Ohira, M., Li, X., et al. Star-Polymer-DNA Gels Showing Highly Predictable and Tunable Mechanical Responses. *Adv. Mater.* 34, 2108818 (2022). <https://doi.org/10.1002/adma.202108818>