



## 分子の拡散を高分子ハイドロゲル網目の中で制御する

高分子、有機材料およびその関連分野

研究者所属・職名： 理工学研究科・助教

ふりがな くれは たくま

氏名： 呉羽 拓真

主な採択課題：

- [若手研究 「ゆらぎが精密に制御された高分子ゲル網目による分子クラウディング環境の創製」\(2022-2024\)](#)
- [基盤研究\(C\) 「高分子ゲル網目の濃度ゆらぎを活用した分子クラウディング環境の創成」\(2025-2027\)](#)

分野： 高分子材料、量子ビーム散乱

キーワード： ハイドロゲル、動的散乱法、ナノ粒子、拡散、温度応答性

### 課題

#### ●なぜこの研究をおこなったのか？（研究の背景・目的）

細胞内のタンパク質などの生体分子は、高濃度かつ混み合った分子クラウディング環境に存在している。この環境では、分子の拡散性が制限されるが活性が高まり、分子の機能が增大する「分子クラウディング効果」が生じる。しかし、高活性になるメカニズムや分子の運動性が明確になっておらず、それが解明できれば病症解明や創薬に活かすことができる。

#### ●研究するにあたっての苦労や工夫（研究の手法）

本研究では、細胞と同じく水を含み、内部で分子が拡散できる架橋ポリマーであるハイドロゲル網目を用いて、高分子の密度やゆらぎが分子の拡散に与える影響を明らかにした（図1）。特に、ゲルを構成するポリマーの親水性側鎖の長さを制御することでゲル網目の密度を変更した。ゲル網目の内部にモデル分子であるナノ粒子を内包させ、ナノ粒子の振る舞い（拡散係数）を動的散乱法により定量した。

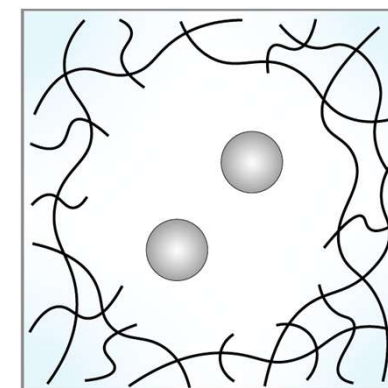


図1 ゲル網目中での拡散するナノ粒子の模式図

分子の拡散を高分子ハイドロゲル網目の中で制御する

高分子、有機材料およびその関連分野

研究成果

●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

動的散乱法を適用した結果、ゲル網目を構成するポリマーの親水性側鎖が長くなるほどナノ粒子の拡散係数が減少した（図2）。具体的にはナノ粒子の拡散係数が大きく減少し、側鎖が分子の運動性に大きく影響することがわかった。

また、本研究で用いたゲル網目は、温度に反応してポリマーが脱水縮合し、ポリマー同士が会合・凝集することで収縮状態になる温度応答性を有する。そこで、温度を変えてゲル網目中のナノ粒子の拡散を評価したところ、予想と反し、ナノ粒子の運動性は高まり、拡散係数が上昇した。これは、ゲル網目のポリマーが会合・凝集することでナノ粒子が拡散できる水が多い場が広がったことが要因であった（図3）。

本研究により、ゲル網目のポリマーの側鎖長や温度応答性が分子の拡散性を決める重要な因子であることを実証した。この成果は、細胞だけでなく人工材料で分子クラウディング効果を再現するための第一歩となった。

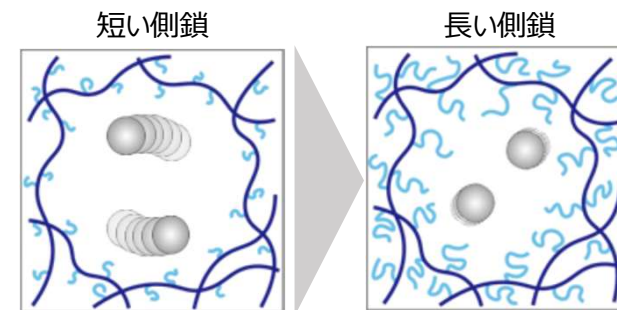


図2 側鎖長が異なるゲル網目中のナノ粒子の拡散

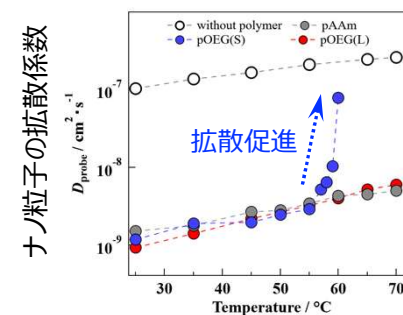
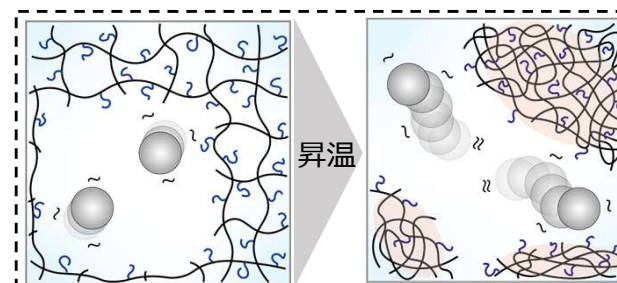


図3 温度に反応するゲル網目中のナノ粒子の拡散

今後の展望

●今後の展望・期待される効果

本研究では生体分子モデルに光散乱法で評価しやすいナノ粒子を適用した。これらの知見をもとに、今後は細胞内に存在するタンパク質等の生体分子を適用することで、より現実系に近い環境を構築し、分子クラウディング効果の理解を深める。