2022 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	野々山貴行
研究機関名	北海道大学
所属部署名	大学院先端生命科学研究院
役職名	准教授
研究課題名	生物に習う高温でガラス化する高分子材料の創製とその学理解明
研究実施期間	2022 年 4 月 1 日～2023 年 3 月 31 日

研究成果の概要

高分子を特徴づける熱特性である「ガラス転移」とは逆の、低温でゴム状態、高温でガラス状態に転移するハイドロゲルを開発している。このゲルは、ポリアクリル酸と酢酸カルシウムから成り、高温で強い相分離を発現することで高分子から可塑剤としての役割を持つ水が失われ、高分子濃厚相の分子運動が凍結されることでガラス化すると考えられている。つまりこのゲルは特徴的な温度として、相分離温度及びガラス化温度を持つ。これまでの知見では、本相分離現象は、既存の熱力学的平衡における相分離（下限臨界共溶温度型等）と同等と考えられてきたが、ガラス化温度以下の温度で相分離状態を維持すると、相分離構造は次第に解消され均一相に戻ることが示された。これはこれまでの相分離とは異なる「非平衡相分離」である。この一相に戻る過程でゲルは僅かに収縮する、つまり水がゲル系外に排出されることが認められた。この現象は、物質（水）拡散と熱拡散の著しい速度差に起因していると考えられる。ゲルの共同拡散係数に比べて熱拡散係数の方が数桁大きいことが示され、高温でゲル内部はすぐに温度が上昇し、初期の平衡は不安定となって相分離を形成する。相分離は水及び高分子鎖のミクロスケールの配置変化のため、短時間で形成できるが、水の系外への排出はミクロスケールの変化であり、時間を要する。つまり、この相分離は一時的な準安定構造として現れ、最終的に新たな平衡へ到達するという現象であることが明らかとなった。この現象は、生物が環境変化に合わせて変化する順応に似ている。すなわち、温度変化に追従して構造変化させたり、極端な温度変化によって構造が順応できないような、1種類の材料で多彩な熱応答を発現させることができるようになる。