

力学機能のナノエンジニアリング
2019年度採択研究者

2020年度 年次報告書

三輪 洋平

岐阜大学工学部
准教授

イオン架橋の動的特性制御によるポリマー材料の高機能化

§ 1. 研究成果の概要

ポリイソプレン (PI) を少量のイオン基 (金属カルボキシレート) によって修飾した動的イオン架橋エラストマーでは、イオン基どうしの凝集によってネットワーク構造が形成されるが、このネットワークは自発的、かつ連続的に室温で組み換わる特性を有する。このネットワークの組み換えのために、このエラストマーは室温での自己修復などの特徴的な性質を発現する。

このネットワークの組み換えの頻度は、ポリマーの運動性とイオン基どうしの凝集力のバランスによって主に支配されていると予想されることから、カルボキシ基を中和する金属カチオン種の変更によって、イオン基どうしの相互作用の変化を介して、ネットワーク組み換え挙動を制御できることが予想される。そのため、その中和金属カチオン種の影響の理解は、エラストマー物性の自在制御を目標に掲げる本課題には欠かせない。そこで 2020 年度は、同じアルカリ金属であるものの、イオン半径の異なったリチウム、ナトリウム、セシウムでそれぞれ中和した動的イオン架橋エラストマーについて、ネットワークの組み換え挙動を詳細に調査した。

イオン半径の減少にともなうイオン基どうしの相互作用の増加が密度汎関数理論 (DFT) に基づいた計算によってしめされたのに対して、ネットワーク組み換えに関しては、予想に反して、活性化されることがわかった。この意外な結果を理解するために、形成されるイオン凝集体を詳細に調査したところ、イオン半径の低下にともなうイオン凝集体内部へのポリマー成分の混入が増加することがわかった。結論として、このポリマー成分の混入がイオン基どうしの相互作用を阻害することでネットワークの組み換えを活性化させると考えられる。さらに、イオン凝集体内へのポリマー成分の混入が、PI の二重結合とアルカリ金属カチオンの相互作用によるものである可能性についても、DFT 計算より明らかにした。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Autonomous Self-Healing Polyisoprene Elastomers with High Modulus and Good Toughness Based on the Synergy of Dynamic Ionic Crosslinks and Highly Disordered Crystals”, *Polym. Chem.*, 11, 6549–6558 (2020).
- 2) “Effects of Fatty Acids Having Different Alkyl Tail Lengths on Rigidity of the Shell Region Surrounding an Ionic Core and Mechanical Properties of Poly(ethylene-co-methacrylic acid)”, *Polymer*, 197, 122495 (2020).
- 3) “Design and Basic Properties of Polyester Vitrimers Combined with an Ionomer Concept”, *Mol. Syst. Des. Eng.*, 6, 234–241 (2021).