

2024 年度年次報告書

持続可能な材料設計に向けた確実な結合とやさしい分解

2022 年度採択研究代表者

田中 亮

広島大学 大学院先進理工系科学研究科
准教授

架橋点を分解トリガーとするリサイクル性汎用ゴム材料の開発

研究成果の概要

第三年次は、ボロン酸架橋エチレン-プロピレンゴムについて、架橋点周辺の構造が物性に与える影響を調査した。本系においては、ホウ素含有モノマーを用いた共重合によってボロン酸をポリマー鎖に導入しているため、立体効果や電子効果の異なるモノマーを用いることで架橋点周辺の化学構造を自由に変えることが可能である。また、複数種の架橋構造を組み合わせて用い、その割合を任意に変化させることも可能である。

まず、架橋構造の違いによって、ホウ素-酸素結合とアルコールや他のボロン酸との反応速度が大きく変化することがわかった。この点は昨年度に実施した、脂溶性アルコールによる脱架橋の速度に大きく影響する他、一部の化学構造を導入することで、これまで本系で困難であった熱的なゴムの再成形も可能となった。また、架橋点の化学構造は引張強度等の物性にも大きく影響し、複数の架橋構造を導入することで単一の架橋構造よりも高い物性が得られる場合があることもわかった。

ここまでの検討では、主に金属触媒を用いた配位重合によって合成したポリマーを用いていたが、ラジカル共重合によって炭化水素ゴム材料以外にボロン酸を導入したり、高分子反応によって炭化水素ポリマーに直接ボロン酸を導入できることもわかった。特に、高分子反応を用いることで既存のポリマー材料に対する直接的なホウ素架橋が可能となるため、用途の拡大が見込める。

これらの検討に加えて、ボロン酸による架橋をゴム材料以外に応用する検討もおこなった。ボロン酸を導入したポリプロピレン(PP)を未修飾のPPに添加すると、破断強度が最大で1.5倍程度に向上することがわかった。ボロン酸を導入したことでPPの結晶化度自体は変化しなかったが、結晶の配向や高次構造には違いが見られた。これらの結果は、架橋点の存在が結晶成長に影響し、材料としての強度が向上したことを示唆している。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Bando, Y.; Kihara, S.; Fujii, H.; Nakayama, Y.; Shiono, T.; Tanaka, R. Commodity Rubber Material with Reversible Cross-linking Ability: Application of Boroxine Cross-links to Ethylene-Propylene Rubber. *Macromolecules*, **57**, 7565-7574 (2024).