

プログラム名：超薄膜化・強靱化「しなやかなタフポリマー」の実現

PM名：伊藤 耕三

プロジェクト名：分子結合制御の新手法開発プロジェクト

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 2 8 年 度

研究開発課題名：

タフな 3 次元高分子網目の簡易合成

研究開発機関名：

国立大学法人名古屋大学

研究開発責任者

竹岡 敬和

I 当該年度における計画と成果

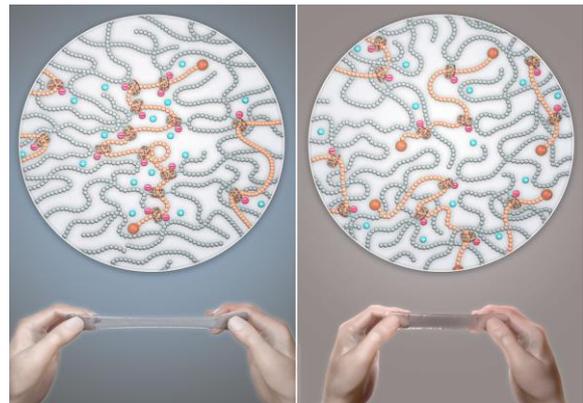
1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

本研究では、フィラーの添加などを行わずに、高分子ゲルやエラストマーを高靱性化する方法を開発することを目的に、ポリロタキサン架橋剤の利用に取り組んでいる。架橋点が自由に動くことのできるポリロタキサン架橋剤を利用すれば、高分子ゲルやエラストマーに外から力が加わっても、発生する応力を緩和することが期待できるからだ。昨年度に合成した様々なポリロタキサン架橋剤を利用して、本年度は、高分子ゲルおよびエラストマーにこれらを使用した場合、ポリロタキサン架橋剤の分子量や添加量の力学的挙動に対する影響などを調べることを行った。それにより、高分子ゲルやエラストマーの高靱性に働くパラメーターを明らかにすることが目標である。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1&2-2：進捗状況と成果

分子量の異なるポリロタキサン架橋剤の合成とそのエラストマーへの利用：高分子ゲルやエラストマーの力学的強度の弱さを改善するには、高分子ゲルやエラストマーに力が加わって変形した場合、力が架橋点間に存在する最も短い鎖に集中することを防げれば良い。その一例が、伊藤 PM らが開発したポリロタキサンから成る環動ゲルである。研究代表者は、環動ゲルにヒントを得て、ポリロタキサンを架橋剤として利用することで、様々な高分子から形成される 3 次元網目に応力の



集中を和らげることで、可動性架橋点の導入を行った。具体的には、ポリロタキサンの環状分子部分に反応性のビニル基を修飾すれば、架橋点が動く架橋剤が合成できる。このような架橋剤は様々なモノマーと重合できることから、様々な高分子からなる刺激応答性高分子ゲルを調製すると共に、架橋剤としてのポリロタキサンの分子量を変えると、得られる高分子ゲルの伸張性が飛躍的に変化することを明らかにした。また、分子量の異なるポリロタキサンのエラストマーへの適用を開始した (図 1)。

図 1 分子量の異なるポリロタキサン (PR) を架橋剤として得られるエラストマーの伸張性の違い。

エラストマー中に、可動性の架橋点が導入されれば、得られた高分子網目が不均一であっても、エラストマーに応力が加わった際、網目の特定の箇所に力が集中することを和らげるので、高い靱性や伸張性を持たせることが可能となる。また、架橋剤であるポリロタキサンの分子量の増大と共に、エラストマーの伸張性に増大が見られることが期待できる。

ポリロタキサン架橋剤のエラストマーへの利用とその添加量の力学的挙動への影響：

ポリロタキサン架橋剤を利用して調製したエラストマーは、従来の架橋剤を用いて調製した同じモノマー組成からなるエラストマーと比較して、その伸張性、破断強度、靱性が飛躍的に向上することが分かった。従来のエラストマーの理論から判断して、架橋様式の変化が、これらの力学的物性の向上に影響していることが分かった。引き裂き試験からも、その破壊強度の飛躍的な向上が示され、ポリロタキサン架橋剤の量が増大するとともに、破壊強度が上昇することもわかった。従来の架橋様式からなるエラストマーでは、架橋点の増大とともにヤング率が上がるが、伸張性は犠牲になることが知られている。しかし、ポリロタキサン架橋剤を用いた系では、架橋点の増大によってヤング率が上昇しても、伸張性はさほど減少することはないことから、高靱性化が実現できている。

2-3 新たな課題など

ポリロタキサン架橋剤の利用によるエラストマーの強靱化を実験的に確認することができたので、来年度はそのメカニズムの解明に取り組む。具体的には、Spring8でのX線散乱解析手法と応力歪み試験とを組み合わせた高分子ゲルおよびエラストマーの解析装置を組み上げ、試料の伸張に伴う微細構造の動的変化を観測することで、架橋点のスライディング挙動と高分子ゲルおよびエラストマーの力学的挙動との相関を調べる。このような解析を行うことで、ポリロタキサン架橋剤を用いて調製した高分子ゲルやエラストマーの高靱性化のメカニズムの解明に取り組む。さらには、ポリロタキサン架橋剤の構造に工夫を凝らすことで、伸張性と高靱性化の両方を実現した従来の物性とは異なる力学物性を示すエラストマーの調製を目標とする。

3. アウトリーチ活動報告

特になし