

環境にやさしい手法で形成した 強靱化ラテックスフィルム

信州大学学術研究院繊維学系 鈴木 大介

高分子ラテックスは、直径数十から数 μm の高分子微粒子の水分散体であり、溶媒の蒸発のみでフィルムを形成可能である。その成膜性の高さから、我々の生活に欠かせないゴムや樹脂、塗料、表面コーティング等、様々な場面で使用されている。しかし、水系合成ラテックスから得られるラテックスフィルムは、天然ゴムや有機溶剤系フィルムに比べ、機械強度が格段に劣る（＝耐久性が低い）という問題点がある。フィルム形成時に添加剤の導入や、フィルム形成後の光重合などが行われており、不純物のない合成ラテックスフィルムは申請者の知る限り報告されていない。

申請者はこれまでに、ロタキサン分子をわずかな導入量（0.05 mol%）で生体適合性エラストマーであるポリ(2-メトキシエチルアクリレート)(pMEA)のラテックスフィルムの破断ひずみが 2500%（無架橋時は 1200%）まで増加する超高伸長化を達成した。この効果発現におけるロタキサンの効果を明らかにするために、ロタキサンを構成する軸の可動距離がさらに長くなれば、環状構造由来の応力緩和の効果が高まるのではないかと仮説を立てた。そこで、繰り返し単位を 25 と 50 に調節したポリバレロラクトンからなる軸をもつロタキサン架橋剤（それぞれ RC25、RC50 と表記する）と、これまで報告してきた、最も軸の短い C6 アルキル鎖からなる低分子型のロタキサン架橋剤の 3 種類で比較し、それぞれ微粒子内部に導入し、ラテックスフィルムの力学特性を検討した。

ラテックスフィルムの一軸伸長試験の結果、仕込量を 0.05 mol% に統一した条件の下、中程度の軸長を持つ RC25 では 3300% となり、従来の低分子型の RC を用いたときに比べ破断ひずみが 800% 増加した。また、最も軸の長い RC50 では、3000% の破断ひずみであった。これらの結果より、ロタキサンの軸を長くすることでさらなる高伸長化は可能であったが、その伸長度は軸の長さに比例するわけではなかった。

ここで、軸の長さの効果を発現させるためには、ロタキサン分子を取り巻く化学的構造が重要であると考えた。申請者らがすでに発見した、ラテックスフィルム引き裂き時にジグザグと亀裂が進展していく（即ち、亀裂進展を遅らせる）挙動（Suzuki *et al.*, *Langmuir*, pp9262 (2023)) を示した高分子種（エチルアクリレート-メチルメタクリレート共重合体）に適用し、pMEA と同様に、軸の長さの異なる三種類のロタキサン架橋剤を微粒子内部に導入した。その結果、軸の長いロタキサン架橋剤（RC25 および RC50）を用いた際には、従来の低分子型 RC で発現していた強靱化（亀裂進展遅延）効果が架橋剤仕込み量を変えても現れなかった。

以上の検討より、ロタキサン架橋剤を取り巻く微粒子の化学的構造や軸の分子設計について最適化することで水系ラテックスフィルムの最大強靱化が達成できるということを新たに見出した。さらにこの条件を最適化することで、より強靱かつ安全なラテックスフィルムの開発につながると考え、検討を続けていく所存である。