

傷の修復可能！再利用可能！ 地球環境問題に挑む多機能架橋フレキシブルフィルム

研究者：名古屋工業大学大学院工学研究科 生命・応用化学専攻 林 幹大 助教

「エラストマー」と総称されるゴム弾性のある高分子ソフト材料は、分子間の橋かけによる三次元の網目構造をもつのが特徴。網目中の架橋点と架橋方法を工夫することで、ソフトマテリアルの高機能化を図る林幹大助教。様々な架橋導入によるソフトマテリアルの材料設計と特性改善に取り組み、架橋点が組み換わる「動的共有結合」を用いた新規ポリエステルエラストマーフィルムを開発した。材料の柔軟性を活かした衝撃吸収性ラミネート素材、高温で傷が修復され、半永久的な使用が可能な高強度自己修復性フィルム、3Dプリンタ用樹脂、新規接着剤などへの実用化が期待される。



◇結合交換架橋型ポリエステルエラストマーフィルムの設計と開発

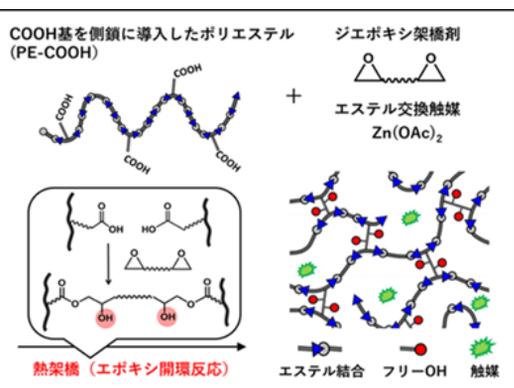
共有結合の生成を伴う架橋反応は不可逆な永久結合であるため、一度共有結合架橋を施した材料の再成型、再利用は困難である。例えば日常的に使われている輪ゴムは、加硫反応という共有結合によって架橋された網目構造で、再加工不可能なため、切れたら元に戻せない。これに対し動的共有結合は、共有結合であるにも関わらず加熱により結合交換が起きる。架橋点に結合交換型の動的共有結合を用い、再利用・再成型が可能な新規架橋性高分子フィルムを開発した。

新規架橋性高分子試料の設計にあたり、カルボン酸基を多点で導入したポリエステル「カルボン酸基側鎖含有ポリエステル」(PE-COOH)を構成高分子として合成。PE-COOHはガラス転移温度が室温以下で、室温では水あめ状の流動性があるため、エポキシ架橋剤を混合して熱架橋する。その際に、エステル交換触媒として例えば酢酸亜鉛を添加することで、高温で水酸基とエステル結合間の結合交換が可能になる。(=図1参照)

得られた架橋試料はガラス転移温度が約マイナス30度と、室温では透明かつ柔軟なエラストマー試料(=写真①参照)で、室温付近では結合交換が凍結され共有結合架橋が有効であるため、力学強度は十分。様々な温度での応力緩和測定の結果や、エステル交換触媒なしの試料との対照実験から150度以上の高温になるとエステル交換反応が活性化することがわかった。本結合交換に因み、表面傷の修復や粉碎試料の再利用が可能になった。

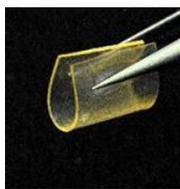
一般的な日用使いのプラスチック製品に多く用いられている熱可塑性樹脂の場合、融解による再成型や傷の修復は可能だが、高温時に形を保持することができず、流動、変形してしまう。一方、開発した架橋試料の場合、高温時に架橋結合が“単に交換されるだけ”であるため、結合交換中でも常に一定の架橋点が存在して急激な流動はしないという特長がある。この特長のおかげで、共有結合架橋を保持したままの再成型(延伸・薄膜化)も可能であるなど、架橋試料の加工法としても有用である。

さらに、本材料は自己接着性という機能も有する。架橋試料の一部分(4mm×4mm)を重ね、160度で押圧接着後、重りをぶら下げて表面間の接着具合を評価したところ、一定の重さまで破断することなく済んだ。250gの重りでは試料は破断したが、破断接着面とは別の部分で起きた。この結果は、結合交換が表面同士の間でも進行し、表面間をまたぐ結合が新たに生じたことを示す。今後は、接着だけでなく、結合交換反応を生かした可逆的接着技術の確立を模索する。



↑図1 結合交換架橋型ポリエステルエラストマーフィルムの分子設計図

写真①②③
開発した結合交換架橋型
ポリエステルエラストマー
フィルム試料



①架橋フィルムの透明性、
柔軟性を示す写真 ⇨



⇨②
高温での結合交換による
再成型性の評価テストより



③表面間の接着具合の
評価テストより ⇨

お問い合わせ先 国立大学法人 名古屋工業大学 産学官金連携機構

〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町字木市

E-mail: c-socc@adm.nitech.ac.jp
URL: http://tic.web.nitech.ac.jp