

自己修復と粘接着機能を有する 光相変化ソフトマテリアルの開発

SATテクノロジー・ショーケース2016

■ はじめに

近年、光や温度などの外部刺激に応答して物性が変化する刺激応答性ソフトマテリアルの研究が盛んに行われている。例えば、光応答性分子であるアゾベンゼンはトランス-シス光異性化を利用すると、液晶の配向や高分子の表面自由エネルギーを、光で大きく変調できることが知られている¹⁻⁴。本研究では、アゾベンゼンの光異性化反応に基づく高分子材料表面の形状変化においてメカニズムの1つとして考えられている、アゾベンゼンのトランス-シス-トランス光異性化サイクルによる高分子の光可塑性に注目し、高分子、アゾベンゼン化合物、そして液晶からなる複合材料を用い、光異性化反応に伴う動的粘弾性やガラス転移温度の変化を詳細に検討した。また、高分子の光可塑性を利用した自己修復材料や粘接着材料への応用についても検討した。

■ 活動内容

1. 光相変化ソフトマテリアルの作製

汎用高分子であるポリメチルメタクリレート(PMMA)に、光応答性分子のアゾベンゼン化合物(4-butyl-4'-methoxy azobenzene, BMAB)を添加したネマチック液晶(4-cyano-4'-pentylbiphenyl, 5CB)を、異なる組成比で混合することで複合材料を調製した。

2. 動的粘弾性測定による光可塑性の評価

Figure 1に複合材料の動的粘弾性の温度依存性(周波数 = 1 Hz、歪み = 0.1 %)を測定した結果を示す。光未照射での測定に対し、BMABのトランス→シス光異性化反応を誘起する紫外光を照射しながら測定を行った結果、材料の硬さの指標となる貯蔵弾性率(G')は、すべての温度において低い値を示した。また、ガラス転移温度を示す損失正接($\tan\delta$: 損失弾性率(G'')を貯蔵弾性率で割った値)のピークは39.8 °Cから21.6 °Cへと約18 °C低下し、複合材料は紫外光照射により軟化し、室温でガラス状態からゴム状態へ転移することがわかった。

3. 引張試験による自己修復特性の評価

複合材料の自己修復能は、ダンベル型試験片の引張試験によりヤング率と破断点を測定することで評価した(Figure 2)。自己修復後のヤング率と破断点はどちらも初期状態の80 %以上の復元率を示した。

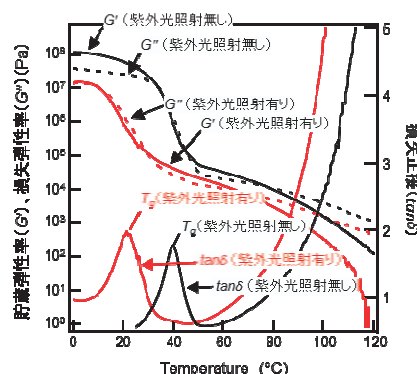


Figure 1.: 複合材料の動的粘弾性測定

4. 引張せん断接着試験による粘接着特性の評価

複合材料のフィルムに紫外光を照射した後、スライドガラスを貼り合わせた(光粘着)。また、光粘着の状態からBMABのシス→トランス光異性化反応を誘起する可視光を照射した(光接着)。紫外光照射による光粘着では0.3 MPaの接着強度を示し、更に可視光を照射した光接着では1.0 MPaの接着強度を示した(Figure 3)。

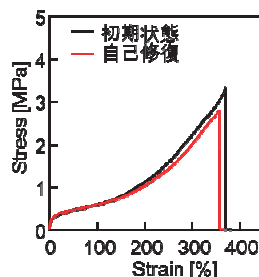


Figure 2.: 複合材料の引張試験

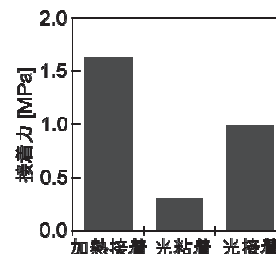


Figure 3.: 複合材料の引張せん断接着試験

■ 関連情報等(特許関係、施設)

(特許)

特願2015-013499

(参考文献)

- [1] K. Ichimura et al., *Langmuir*, **1988**, 4, 1214.
- [2] T. Ikeda. et al, *Science*, **1995**, 268, 1873.
- [3] K. Ishihara et al., *J. Appl. Polym. Sci.*, **1982**, 27, 239.
- [4] (a) P. Rochon et al., *Appl. Phys. Lett.*, **1995**, 66, 136. (b) D. Y. Kim et al., *Appl. Phys. Lett.*, **1995**, 66, 1166.

■ キーワード:

- (1) 高分子
- (2) 液晶
- (3) 光相変化

■ 共同研究者: 山本貴広、川田友紀、木原秀元
(産業技術総合研究所機能化学研究部門)
永直文(芝浦工業大学 大学院 理工学研究科)

代表発表者
所 属

長谷川 陸央 (はせがわ りくお)
芝浦工業大学大学院 理工学研究科
応用化学専攻 高分子材料化学研究室
国立研究開発法人 産業技術総合研究所
機能化学研究部門 スマート材料グループ

問合せ先

〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5
TEL:03-5859-7420 FAX:03-5859-7421