

分子の鎖が切れると一時的に着色し、復元する高分子新素材を開発

力学応答性の動的共有結合を利用したメカノクロミックポリウレタンの開発
(九大院工¹・東理大理²・九大先導研³) 金原武志¹・今任景一¹・入江惇史¹・
伊藤眞義²・矢島博文²・大石智之³・高原 淳^{1,3}・○大塚英幸^{1,3}

[3I01]

(Tel: 092-802-2515)

九州大学先導物質化学研究所の大塚英幸准教授、高原 淳教授と東京理科大学の研究グループは、分子の鎖が切れると着色する高分子新素材を開発した。この新素材はポリウレタンと呼ばれる高分子材料の一種であるが、長い分子鎖の一部に、外的な力が加わると化学結合が切断して青く着色する特殊な分子骨格を導入しているため、例えばサンプルを引っ張ると分子鎖の一部が切断して力が集中した部分が鮮やかに青く着色する。さらに、引っ張るのを止めてそのまま放置すると、徐々に元の状態へと復元する(図1)。これまでに、力学的な刺激で色が変わる高分子材料はいくつか報告されているが、今回のように分子の鎖の切断と再結合を利用したものは初めての例である。このような素材の開発は、安心・安全な社会の実現に向けて、材料の中の力の分布を可視化できるセンサー素材としてだけでなく、高分子材料の寿命予測や危険予知にも寄与できる。損傷メカニズムの解明に貢献できれば、より長寿命の材料をつくるための重要な設計指針に繋がると期待される。

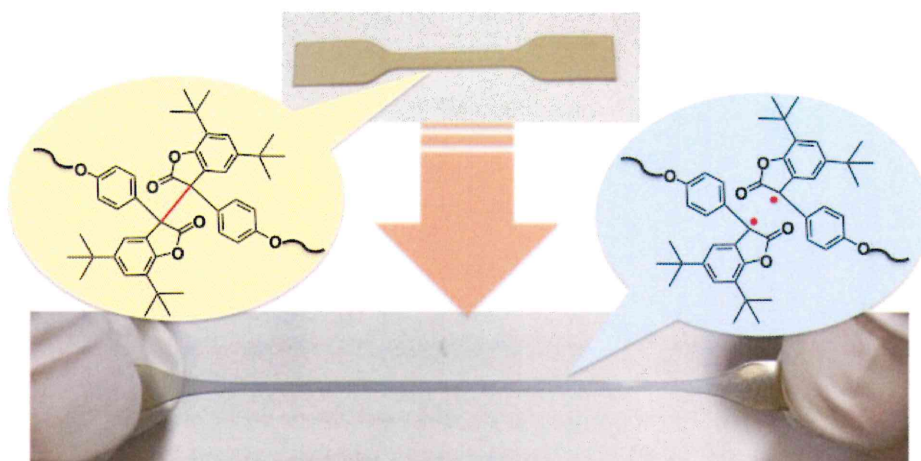


図1. 本研究で開発した高分子新素材の発色メカニズム

軽量で安価、自由に成形加工でき、種々の特性が付与可能な高分子材料は、近年多様な領域で需要が高まっている。しかしながら、高分子材料は金属やセラミクスほど強くないため、ある寿命をもって破壊するのが宿命である。破壊直前にその情報を得ることが可能な材料が実現できれば、安心・安全な社会の実現に向けて、材料の安全性や信頼性の向上といった多大な寄与が期待できる。大塚准教授らは、ポリウレタンと呼ばれる高分子材料

の長い分子鎖の一部に、外的な力が加わると化学結合が切断して青く着色する特殊な分子骨格を導入することを発案した。今回、実際に開発されたのは、この特殊な分子をポリウレタンに導入したフィルムであり、サンプルを引っ張ると分子鎖の一部が切断して力が集中した部分が青く着色することを確認できた。さらに、サンプルが破断する前に力を加えるのを止めてそのまま放置すると、形状も色も徐々に元の状態へと復元することを見出した(図2)。また、繰り返し同様の操作を数回行っても、同じ挙動を示した。

今回、大塚准教授のグループが導入したのはジアリールピベンゾフラン(DABBF)と呼ばれる分子骨格で、これまでに同グループでは、この分子骨格が高分子材料に自己修復性(材料が破損を自ら治癒する能力)を付与できることも報告している。以前より、高分子材料に力が加わると分子鎖の一部が切断されて、化学結合が半分に切断された状態である「ラジカル」と呼ばれる不安定な化学種が発生することが知られており、それを検出する研究も盛んに行われていたが、その検出には特殊な大型装置を必要としていた。今回、DABBFを導入したことで、分子鎖の切断によって比較的安定で青色を呈するラジカル種が発生し、分子鎖の切断を色の変化として人間の目で視覚的に検知できるようになった。また、DABBFの切断により発生したラジカル種は、再結合して再びDABBFに戻ることができ、形状も色も復元する能力を持つことが明らかにされた。

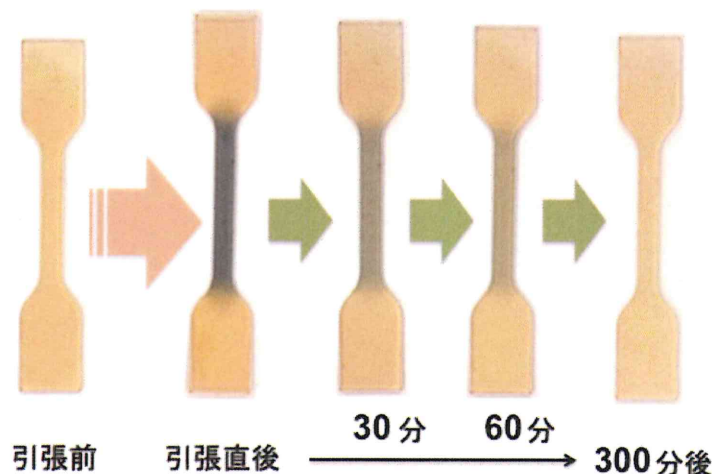


図2. 本研究で開発したポリウレタンの着色と退色挙動

近年、物理的な力によって化学結合が切断したり再結合したりする高分子素材の研究が、ダメージを検出する材料や自己修復機能のある材料の開発へと繋ることが期待されている。このような新素材の開発は、ダメージを可視化できるセンサー素材としてだけでなく、安心・安全な社会の実現に向けて、高分子材料の寿命予測や危険予知にも繋がると期待される。

<適用分野> 構造材料、コーティング、ダメージセンサー、圧力センサー、スポーツ用素材など