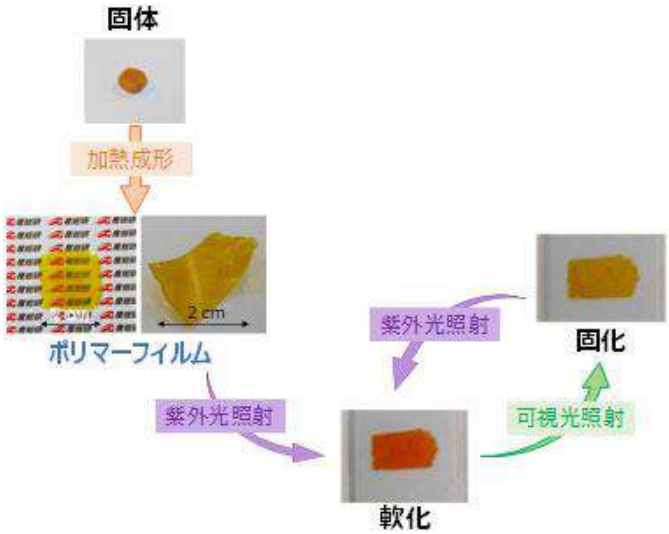
光で粘弾性を制御できる易加工性ポリマー材料を開発
－非加熱で繰り返し着脱できるフィルム状接着剤を実現－

産業技術総合研究所は、室温下、光を照射するだけで、粘弾性を可逆的に制御できる易加工性のポリマー材料を開発した。今回開発した材料は、光応答性部位を持つポリマーで、通常のプラスチックと同様に、加熱成形によりフィルム状などの任意の形態に加工できる。また、紫外光を数分間照射すると柔らかくなり、可視光（緑色光）を数分間照射すると硬くなるという性質を持ち、この軟化と固化のサイクルを繰り返すことができる。材料全体または表面が柔らかい状態では、材料の粘着性（接着性）や摩擦力、材料の衝撃吸収性がより高く、これらの特性を光照射により可逆的に変化させることで、光機能性材料としての応用が期待される。

粘着性の変化に着目して、この材料をテープ状に加工すれば、非加熱状態での可逆的な着脱が可能なスマート接着剤が実現できる。その結果、接着のやり直しや使用後の接合部材のリサイクルが容易になり、接着接合プロセスの歩留まり向上や省資源化につながる。特に、精密光学材料の仮止めや付け直し、医療用部材の低刺激での着脱、リワーク性に優れた部品組み立て方法の実現が期待される。

なお、この材料の詳細は、2018 年 9 月に米国化学会の学術誌「ACS Applied Materials & Interfaces」に掲載された（S. Ito, H. Akiyama, et al. ACS Appl. Mater. Interfaces 2018, 10, 32649-32658.）。



概要図 今回開発した材料の成形加工と光による粘弾性制御

今回の開発では、光応答性を示し、加熱成形加工できるポリマーを作製するため、光応答部

位を持つポリマーと汎用（はんよう）ポリマーのブロック共重合体化を行った。作製したポリマー材料は常温で固体であるが、120 度以上の加熱により成形でき、支持材が不要な自立性のフィルム（膜厚 10 μm～）に加工することができた。このフィルムに、紫外光（波長 365 nm）と可視光（波長 520 nm）をそれぞれ数分間照射すると、光応答部位の構造変化に伴って、加熱せずとも可逆的に液化（軟化）-固化を繰り返すことができた（動画）。

https://youtu.be/dlmPXadeldM
動画 今回開発した材料を利用した可逆接着プロセス

このフィルムの軟化過程では、硬さの目安である貯蔵弾性率が最大で 100 分の 1 に低下する（図 1）。このとき、ポリマー表面は、光照射とほぼ同時に軟化し始め、1 分以内に弾性率が大きく低下した。この粘弾性特性を利用すれば、接着力を可逆的に制御でき、繰り返し着脱できるスマート接着剤テープの実現が期待できる。

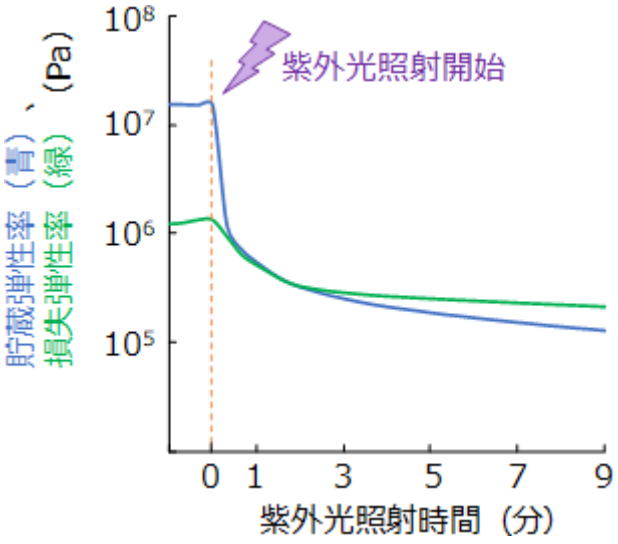


図 1 紫外光照射による弾性率の低下

接着剤テープとしての応用を検討するため、ガラス基板やプラスチック基板を用いた接着試験を行った。実際に、フィルム状に加工したポリマー材料を用いることで、光照射のみで基板の接着が可能であった。さらに、ポリマー材料が固体状態のときは強固な接着力を示すが、ポリマー材料が液化（軟化）すると接着剤層が流動し、接着力が 10 分の 1 以下に低下した（図 2）。これにより、接合部を容易にはがすことができた。

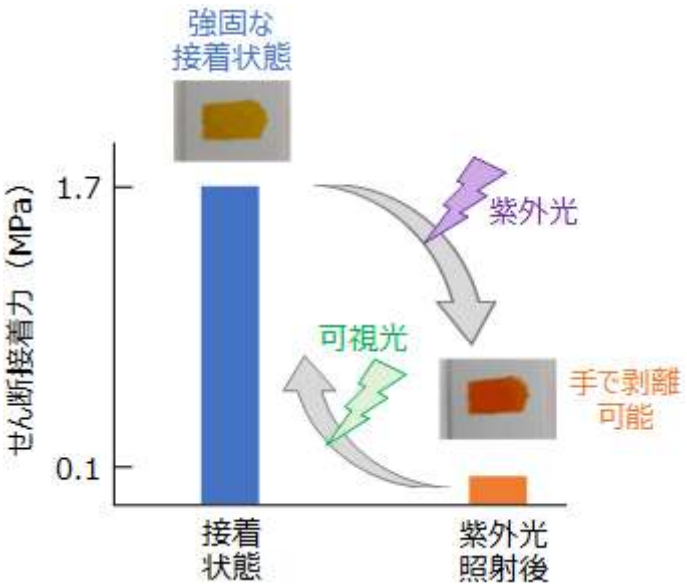


図 2 光照射による接着力の制御

さらに、一度外した基板を再利用して、再び光照射により接着を行うことができ、着脱サイクルを 10 回以上繰り返すことができた（図 3）。このように、加熱がなくてもリワーク性を発揮するスマート接着剤として応用できることが分かった。

今回開発した材料は、成形加工が可能で、光だけで大幅に粘弾性が変化する点が新しく、接着剤としての応用以外にも、特性可変の衝撃吸収材料や摩擦力が変わる表面などへの応用が期待される。

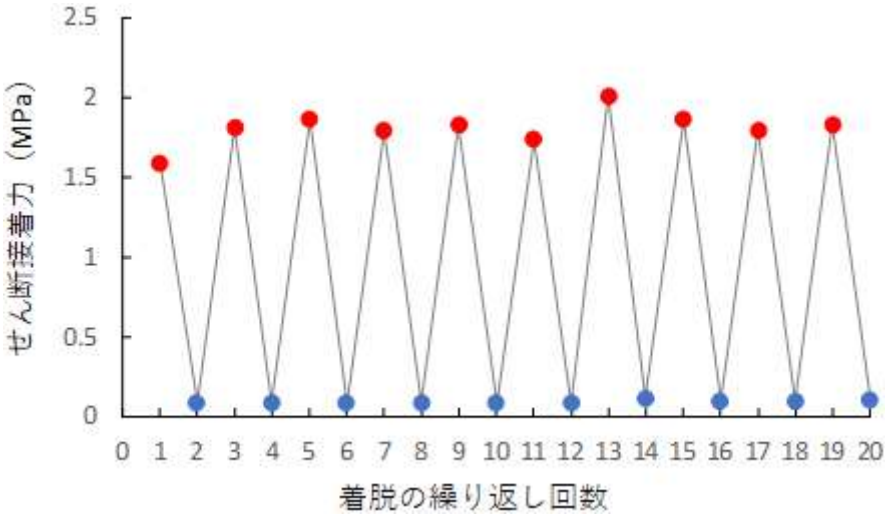


図 3 着脱の繰り返しによる接着力の変化
（赤丸）接着力、（青丸）紫外光照射後の残存接着力

日文发布全文

https://www.aist.go.jp/aist_j/new_research/2018/nr20181127/nr20181127.html