

熱や光がなくても自己修復する化学ゲルを開発

室温で駆動する動的共有結合を利用した架橋高分子の合成と自己修復
(九大院工¹・九大先導研²) 今任景一¹・金原武志¹・天本義史¹・西原正通²・
○大塚英幸^{1,2}・高原 淳^{1,2}

[2Pd026]

(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 淳教授らの研究グループは、室温・空气中・暗所といった穏和な環境下で材料の損傷を自発的に治癒できる、自己修復性の化学ゲルを開発した。このゲルは、構成する高分子の三次元網目構造の中に、自発的に結合組み換えを行う特殊な分子骨格が導入されているため、一度切断されたネットワークでも、数時間程度で元の状態に近い三次元網目を再構築することができる(図1)。これまでに、熱や光により修復する化学ゲルは報告されているが、今回のように化学的刺激なしで自己修復する化学ゲルは初めての例である。このような修復機能は、材料の劣化遅延やリサイクル性による廃棄物の削減に繋がるだけでなく、人の手による修復が困難な人工臓器や宇宙開発等への応用も期待される。

自己修復可能な化学ゲルの修復機構

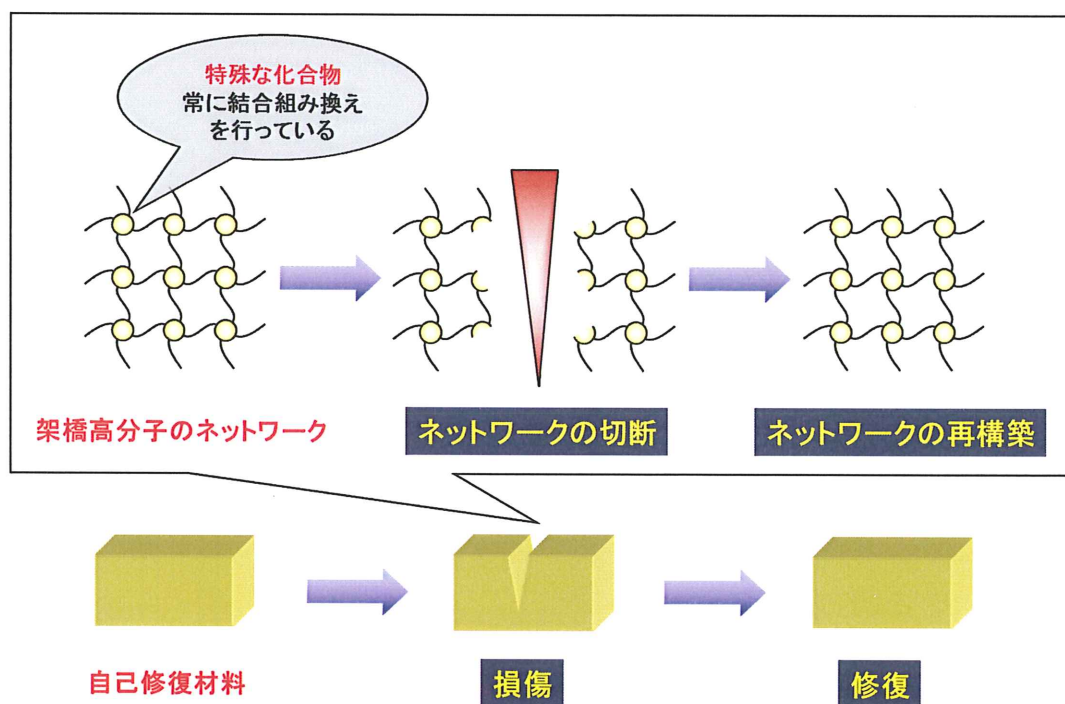


図1. 本研究で合成した化学ゲルの修復機構

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。そのため、高分子材料の修復は、環境低負荷型社会の実現に向けて、廃棄物の削減、材料の安全性や信頼性の向上といった多大な寄与が考えられる。大塚准教授らは、室温で解離・結合を繰り返す特殊な分子骨格に着目し、高分子の三次元ネットワークを導入することで、新しいタイプの自己修復材料への応用を提案した。得られた架橋高分子は、三次元網目内に溶媒を取り込むことで膨潤してゲル状態となるが、溶媒を取り込むと同時に結合組み換えが進行して、網目を広げながら大きく膨潤していることを明らかにした。また、試薬の添加による、網目の可逆的な切断・形成も確認し、リサイクル材料として有用であることを示した。

次に修復挙動を観察するため、このゲルを二片に切断後、切断面を接触させて静置した。接触から数時間かけて徐々に修復し、接触させてから 24 時間後には元の力学物性の 90 % 以上の回復を示した (図 2)。今回、高分子網目中に導入された分子骨格は、酸素や水の影響を受けずに結合組み換えを起こすという特徴を有する。そのため、得られたゲルは切断面以外にも、どの部分でも修復可能であり、切断後数日が経過しても充分な修復活性を維持していることが確認された。この特性を活かすことができれば、半永久的に修復可能な材料の創製も可能である。

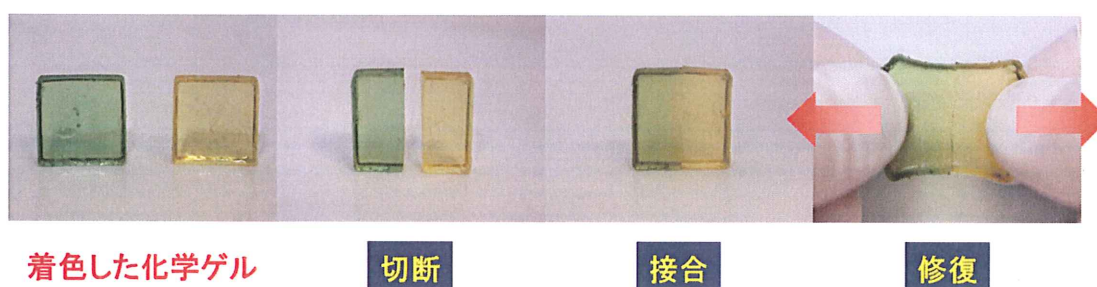


図 2. 本研究で合成した化学ゲルの修復挙動

これまでに熱や光等の外部刺激を加えることで修復可能な刺激応答性修復材料が開発されてきたが、修復環境が制限されるために応用の範囲が限られていた。刺激を必要とせずに修復可能な材料の実現は、より広範な応用を可能にし、地球温暖化やエネルギー問題等の解決の一助となり得る。このような自己修復材料は、材料自体に添加することで材料の寿命を延ばすこともできるが、材料をコーティングすることでも材料の損傷、劣化を抑えることができる。コーティングという手段であれば、低コストで簡便に、また材料の特性を損なうことなく、金属材料から高分子材料に至るまであらゆる材料の長寿命化へと繋がることを期待される。

<適用分野> 自己修復材料、リサイクル材料、人工臓器、宇宙材料、コーティング