

さまざまな環境で自己修復できる新しい機能性ポリマーの開発に成功

理化学研究所（理研）は、希土類金属触媒を用いることにより、極性オレフィンとエチレンとの「精密共重合」を達成し、乾燥空気中のみならず、水や酸、アルカリ性水溶液中でも自己修復性能や形状記憶性能を示す新しい「機能性ポリマー」の創製に成功した。

動画 https://youtu.be/sm4K_fm-GHA

本研究成果は、さまざまな環境で自己修復可能で、かつ実用性の高い新しい機能性材料の開発に大きく貢献すると期待できる。

今回、共同研究チームは、独自に開発した希土類触媒を用いることにより、エチレンとアニシルプロピレン類との精密共重合に初めて成功し、得られた新しいポリマーが高い伸び率（2200%）を示すエラストマー物性だけでなく、極めて優れた自己修復性能を持つことを明らかにした。外部から一切の刺激やエネルギーを加えなくても、大気中だけではなく、水、酸やアルカリ性水溶液中でも自己修復性能を示した。さらに、この新しいポリマーは、温度制御によって形状記憶材料として機能し、形状固定率および形状回復率は 99%と優れた特性を示し、繰り返し変形させた際にも、機能低下は見られなかった。

本研究成果は、米国の国際科学雑誌『Journal of the American Chemical Society』に掲載されるのに先立ち、オンライン版（2月7日付け）に掲載された。

研究チームは、スカンジウム (Sc) 触媒を用いて、エチレン 1 気圧の条件でアニシルプロピレンとの共重合を行うことにより、1 段階で比較的高分子量のポリオレフィンを得ることに成功した（図 1）。構造解析の結果、アニシルプロピレンとエチレンとの交互ユニットに加え、エチレン-エチレン連鎖を持つ構造であることが分かった。

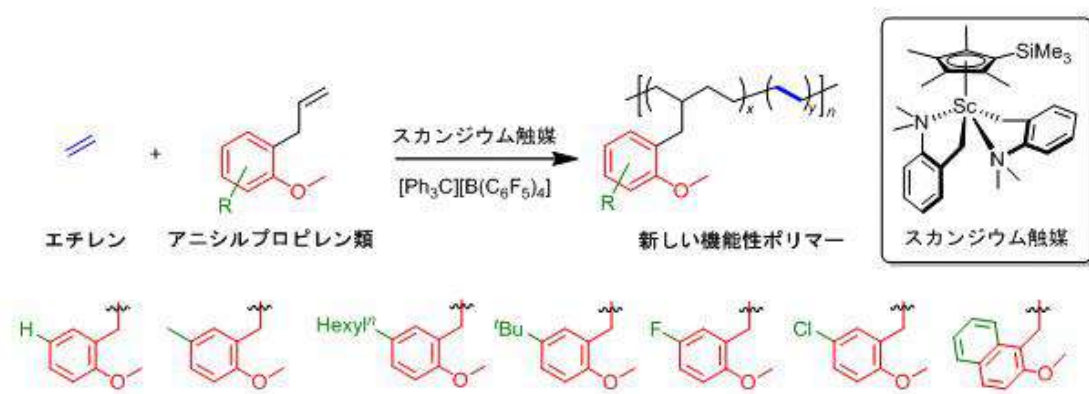


図1 スカンジウム触媒によるエチレンとアニシルプロピレン類の共重合反応

得られたポリオレフィンには、伸び率約 2200%と優れたエラストマー物性を示すだけでなく、自己修復性能を持つことが明らかになった。外部から一切の刺激やエネルギーを加えなくても、大気中だけではなく（図2上）、水、酸やアルカリ性水溶液中でも自己修復性能を示した（図2下）。

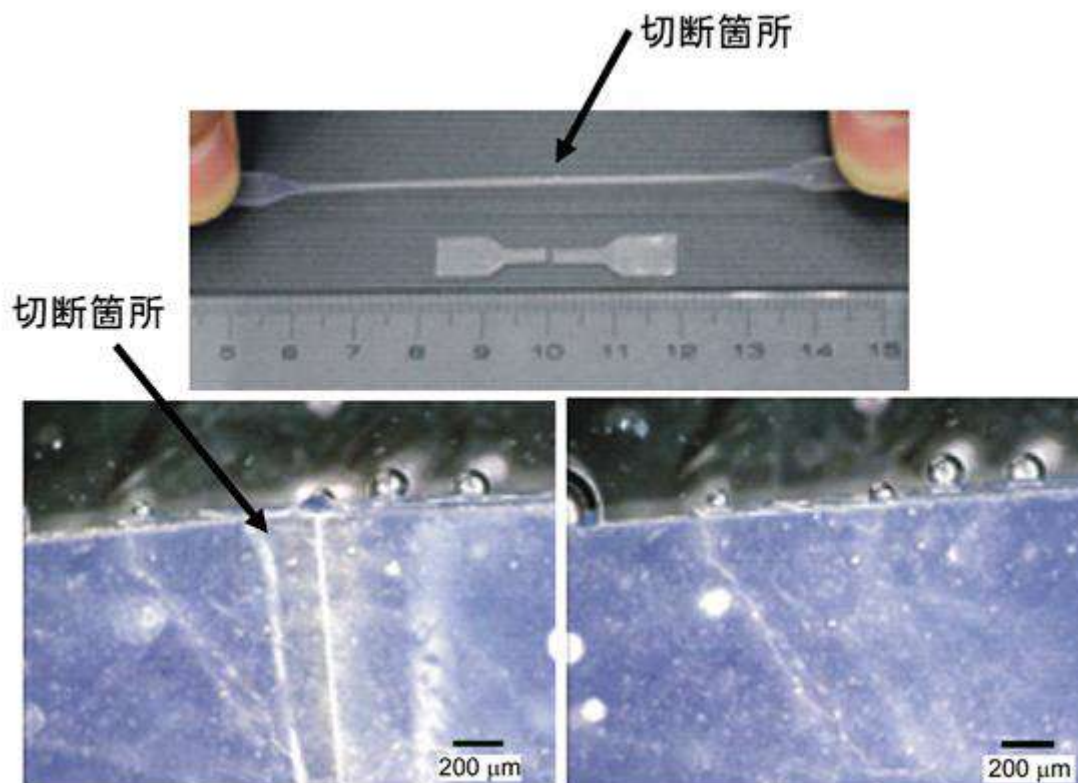


図2 新しい機能性ポリマーの大気中および水中における自己修復

さらに、アニシルプロピレン類の置換基を t-Bu 基のような嵩高い置換基に変えることにより、ポリマーの熱物性を制御でき、室温では固いプラスチックとして振る舞い、加熱するとエラストマー物性を示す材料の合成が可能です。この性質を適切に活用し、温度制御を行うことにより、このポリマーが形状記憶材料として機能することが分かった (図 3)。このポリマーを 50°C の加熱状態で変形させ、そのまま室温まで冷やすと変形した状態で固まる。続いてこれを 50°C に加熱すると速やかに元の形状に戻り、形状固定率および形状回復率は 99% で優れた形状記憶特性を発現した。さらに、繰り返し変形させた際にも、機能低下は見られなかった。



図 3 新しい機能性ポリマーの形状記憶特性

エラストマー物性や自己修復性および形状記憶特性を発現する理由の一つとして、アニシルプロピレンとエチレンとの交互ユニットが柔らかい成分として働き、エチレン-エチレン連鎖の硬い結晶ユニットが物理的な架橋点として働くことができるネットワーク構造の構築が重要な鍵となっていることが分かった (図 4)。

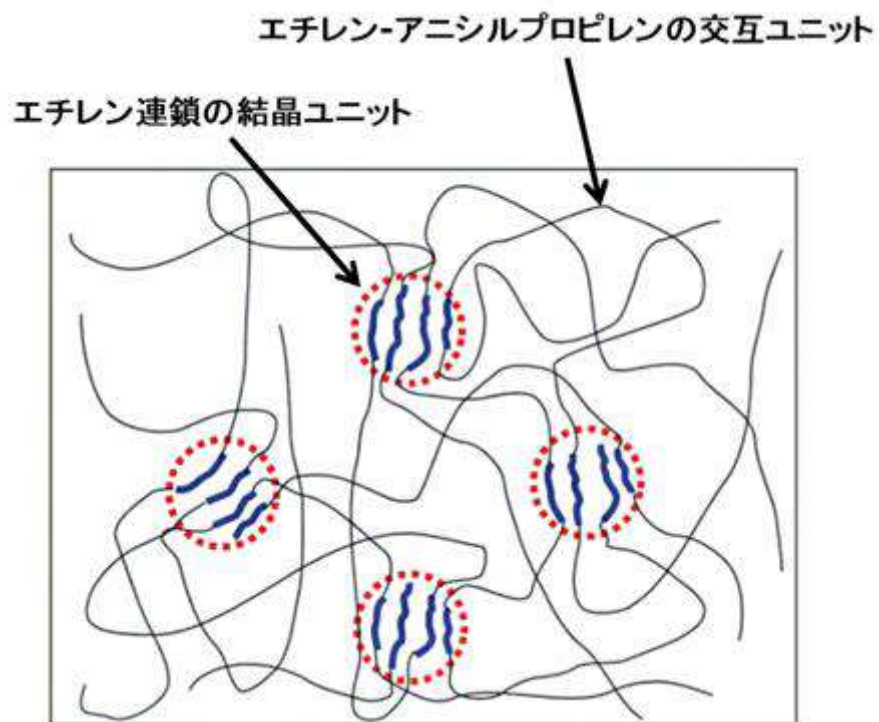


図4 新しい機能性ポリマーのマイクロ相分離構造の模式図

文 JST 客观日本编辑部

日文发布全文 http://www.riken.jp/pr/press/2019/20190207_2/