

自然治癒するゴム

Self-healing rubber bounces back

切れても自然につながるゴムが開発された。

doi:10.1038/news.2008.611/20 February 2008

Katharine Sanderson

この伸縮性のあるゴムを2つに切っても、くっつけた状態で置いておけば、再びつながって伸縮性のあるゴムになる。この材料には不気味な「自然治癒」能力があり、何度でも切ったりつなげたりすることができ、伸縮性を失うこともない。

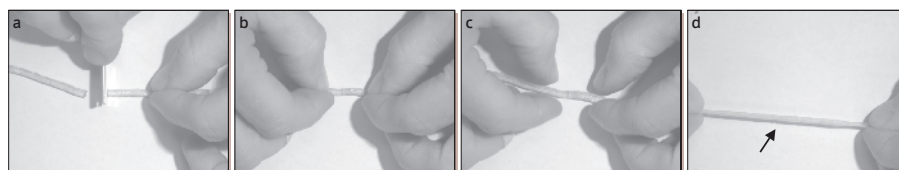
自然治癒するゴムは、パリ市立工業物理化学高等学院（フランス）のLudwik Leiblerの研究室で開発された。Leiblerらは、脂肪酸と尿素（つまり、植物油と尿の成分）という単純な材料から、このゴムを作り出した。

できあがった材料は、シリパテ（丸めてボールにすると弾ませることのできる玩具用のシリコンゴム粘土）とゴムボールの合いの子である。この材料は伸ばすことができ、2つに切っても、くっつけて置いておくだけで、元どおりにつながってしまう。研究チームはまだ、この材料を丸めてボールにしてみたことがないので、それがどのくらい弾むのかはわからない。けれどもLeiblerは、「この材料についての知見を考え合わせると、おそらく弾むと思われます」と付け加える。この研究は*Nature*にて発表された¹。

「この材料は、おもしろいだけではありません」と、東京大学の化学者相田卓三はいう。「この発見は、商業化に非常に近いところにあるのです」。自然治癒するゴムの用途としては、接着剤から自転車のタイヤまで、あらゆるものが考えられる。

伸縮性

従来のゴムは、連続的で伸縮性のある単一の分子からできている。この分子は、共有結合という強い化学結合によってまとめ上げられている。材料が切断されて、この結合が切れてしまえば、



今回開発されたゴムを切って (a)、切断面どうしを接触させ (b)、気温20°Cでそのままにしておく (c)。1時間後には、また元どおりにつながり、十分に伸ばすことができる (d)。

ゴムを元に戻すことはできない。

Leiblerは今回、植物油に由来する脂肪酸という小さな分子を使用した。これらの分子を2段階の過程を経て尿素と反応させると、脂肪酸の末端に、窒素を含む化学基（アミドとイミダゾリドン）が付着する。脂肪酸は、水素結合により互いに連結されていく。水素結合とは、水素原子が別の原子と引き合って作る結合であり、水分子を互いに結びつけているのもこの結合である。

こうして生じる分子系は、極めて不均一である。ある脂肪酸は3つの突出した化学基をもち、別の脂肪酸は2つの突出した化学基をもっている。ゆえに、この化合物が結晶化して、硬い、粉砕可能な材料になることは不可能である。この材料は、元の長さの5倍まで引き伸ばすことができ、その状態から元に戻ることができる。ただし、元に戻る速さは輪ゴムよりも遅く、1分程度かかる。

粘着性

ゴムを切ると、脂肪酸の末端の化学基が露出し、隣接する化学基との間の水素結合が壊れる。アミド基には、結合するための相手を探し出す性質があり、切断面どうしを接触させると、この性質により水素結合が再形成される。切断面を長い間接触させれば、それだけ多くの水素結合が形成され、ゴムはより完全に元どおりになる。

切ったばかりのサンプルどうしを接触

させると速やかにつながっていき、わずか15分後には、元の長さの2倍まで引き伸ばせるようになる。しかし、まだ完全にはつながっていない。「治癒」してから十分な時間が経っていないゴムは、元の「傷」の位置で再び切れてしまうことがある。

切れたゴム片は、その相手のゴム片とだけつなぐことができる。すぐにつながり必要はない。切ってから18時間経過したゴムでも、十分速やかに回復することができる。

単純性

「これは極めて単純な概念です。そして、再生可能な資源を用いるのは、とてもよいことです」と、ケンブリッジ大学（英国）の化学者Oren Schermanはいう。彼は、ニューオーリンズで開催される米国化学会で、自然治癒する材料に関する会合を開くことになっている。「何かを壊し、それを元どおりにできるのは、よい徴候です」。

Leiblerは、フランスの化学会社Arkemaとの間で、この材料を開発し、商品化する契約を結んでいる。Leiblerは、このゴムが玩具に使われるのを望んでいる。「子どもはものを壊すのが好きです。もしそれが元どおりになれば、とてもすてきですね」。

1. Cordier, P., Tournilhac, F., Soulie-Ziakovic, C. & Leibler, L. *Nature* **451**, 977-980 (2008).