



光を当てると接着するカテコール系水溶性ポリマーを開発

概要

JST 戦略的創造研究推進事業(ERATO)の一環として、高原淳 九州大学先導物質化学研究所・教授と西田仁博士、小林元康博士 JST-ERATO「高原ソフト界面プロジェクト」・研究員は、海洋生物のイガイが岩礁に接着する際にカテコールという化合物を利用していることに着想を得て、水環境下で使うことができ、しかも、光の照射で接着を制御することができる新しい接着剤を開発しました。

一般に市販されている接着剤の多くは、水で表面が濡れているとうまく接着することができません。しかし、二枚貝の一種であるイガイは、水中でも岩礁などに強く接着することが知られています。これは、イガイの足糸先端から分泌されるタンパク質にカテコールという物質が含まれていることによるもので、近年、この物質が水中での接着に大きく貢献していることが分かってきました。このカテコールを利用すれば、水中で使用でき、環境への負荷も少ない接着剤をつくることができると期待されており、世界中でさまざまなカテコール系接着ポリマーが試作されています。しかし、いずれも空気に触れるとすぐに酸化され固まってしまい、長期保存が難しいという問題がありました。

ERATO 高原プロジェクトでは、*O*-ニトロベンジルという化合物を使ってカテコールを空気酸化されないような物質に変換しておき、これを含む水溶性のポリマーを開発しました。強い光を当てると *O*-ニトロベンジルはポリマーから切り離されてカテコールが再生するため、このポリマーは接着剤として働き始めます。接着のタイミングは、光の照射によって自由に制御が可能です。実際に開発した接着ポリマーの水溶液をアルミ板やガラス板の間に挟み込み、可視光 (4.5W 程度) を照射すると、数分で固まり接着します。この接着強度は 61 kPa で、これは 1 cm² の接着面積で 500 mL 入りペットボトル飲料を吊り下げることのできる強度です。

この接着ポリマーは、ガラスや金属を接着できるだけでなく、濡れた表面でも接着できるため、水中での部材の接着や、手術時に使われるような医療用接着剤などへの応用も期待されています。

本研究成果は、2013年1月11日発行のアメリカ化学会の科学雑誌 ACS Macro Letters オンライン版(<http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/mz300524q>)に掲載され、2013年1月17日にはアメリカ化学会会報 Chemical and Engineering News 電子版

(<http://cen.acs.org/articles/91/web/2013/01/Polymer-Sticky-Hit-Light.html>) にもニュースとして取り上げられました。

背景

一般に市販されている接着剤の多くは水で表面が濡れているとうまく接着できません。しかし、二枚貝の一種であるイガイは、水中でも岩礁などに強く接着することが知られています。これは、イガイの足糸先端から分泌される接着タンパク質には、カテコール基という官能基が含まれ、この官能基が様々な物質と相互作用することが原因であることが最近になって分かってきました。このカテコール基を利用すれば、水中でも使え環境への負荷も少ない接着剤ができると期待され、これまで世界中でさまざまなカテコール系接着ポリマーが試作されてきました。しかし、カテコール基は空気に触れると直ちに酸化され、ゲルのように固まる性質があるため、長期保存が難しいという問題がありました。

内容

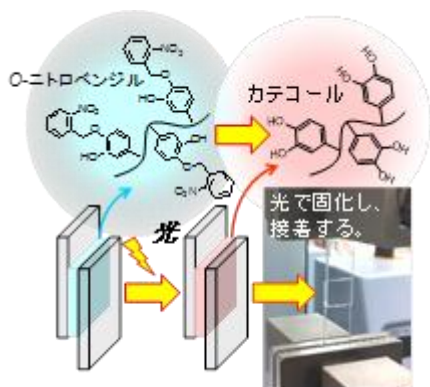
ERATO 高原プロジェクト西田博士研究員は、*O*-ニトロベンジルという化合物を使ってカテコール基を空気酸化されないような物質に変換しておき、これを含む水溶性のポリマーをつくりました。強い光を当てると *O*-ニトロベンジルはポリマーから切り離されてカテコール基が再生するため、このポリマーは接着剤として働き始めます。また、接着のタイミングは光の照射によって自由に制御できます。

O-ニトロベンジルのように、ある目的の機能を持つ化合物に結合することで、不活性化な状態 (= 接着しない状態) にし、光などの外部刺激で瞬時に離れることで目的の機能を発生させる化合物を、ケー

ジド(Caged)化合物といいます。本プロジェクトで合成した Caged カテコール基を有するアクリルアミドポリマーは、空気中でも酸化されず安定に保存できることが確認されました。

このポリマーを水に溶かし、その水溶液を 2 枚のガラス板に間に塗布し挟みこんでから可視光 (4.5W 程度) をあてると、数分で固まり接着しました。これは、*O*-ニトロベンジル基が切り離されてカテコール基が生成し、それと同時に基板に接着し、さらにカテコール基が空気によって酸化されことで水溶液がゲル化して固まったことを示しています。

接着したガラス基板の両端を引っ張りながら接着強度を測定してみると、引張りせん断接着強度は 61 kPa でした。これは 1 cm² の接着面積で 500 mL 入りペットボトル飲料を吊り下げることのできる強度で、過去のカテコール系ポリマーと比べてもこの接着強度は高い値です。しかも、空気中でも安定に保存することができ、接着のタイミングを光により制御できるようにしたのは世界で初めての成果です。



※光をトリガーとして接着するポリマーの分子構造の概略図と、接着したガラス板を引っ張り試験機に取り付けて接着強度を測定している様子の写真。

■今後の展開

この接着ポリマーは、ガラスや金属を接着できるだけでなく、濡れた表面でも接着できるため、手術時に使われるような医療用接着剤などへの応用も期待されています。

■論文名

“Light-Triggered Adhesion of Water-Soluble Polymers with a Caged Catechol Group”

(光をきっかけに接着するケージドカテコール基を結合した水溶性ポリマー)

本成果は、以下の事業・研究プロジェクトによって得られました。

戦略的創造研究推進事業 ERATO 型研究

研究プロジェクト：「高原ソフト界面プロジェクト」

研究 総 括：高原 淳 (九州大学先端物質化学研究所 教授)

研究 期 間：平成 20 年度～平成 25 年度

JSTはこのプロジェクトで、ソフト界面の設計・制御指針を確立し、空気中、水中などさまざまな環境の中で潤滑性、耐摩耗性、生体適合性、接着性などの高度な機能を発揮する材料を創成する技術の確立を目指すもので、この成果は、戦略目標「異種材料・異種物質状態間の高機能接合界面を実現する革新的ナノ界面技術の創出とその応用」に資するものと期待されます。

【お問い合わせ】

先端物質化学研究所 教授 高原 淳

電話：092-802-2517

FAX：092-802-2518

Mail：takahara@cstf.kyushu-u.ac.jp

科学技術振興機構 ERATO 高原ソフト界面プロジェクト

小林元康、西田仁

電話：092-802-2543

FAX：092-802-2544