

# 自己修復性人工材料の製造方法の開発 ～環境・人間にやさしい自ら修復する材料～

## Formation of Self-healable Supramolecular Hydrogel Based on Molecular Recognition

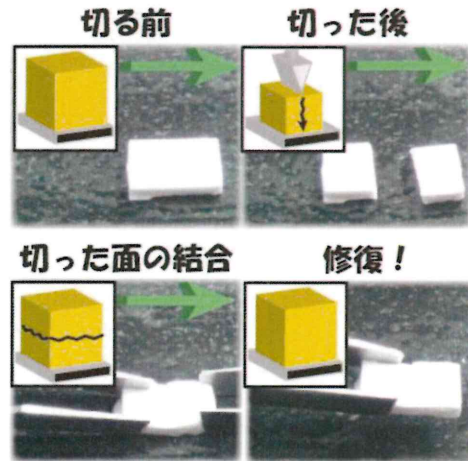
Takahiro Kakuta, Yoshinori TAKASHIMA, Hiroyasu YAMAGUCHI, and Akira HARADA

(阪大院理) ○角田 貴洋、高島 義徳、山口 浩靖、原田 明) [1M25]

Tel: 06-6850-5447

### [概要]

大阪大学 大学院理学研究科の大学院生 角田貴洋、高島義徳助教、原田明教授らの研究グループは、ブドウ糖がドーナツ状に繋がったシクロデキストリン (CD) と炭素で組まれた分子を材料内に組み込み、自ら傷を修復する人工材料の新たな製造方法の開発に成功しました。この製造方法で造られたゲルは、DNA が鎖を見分けて自身を修復する様な、選択的な修復を示します。今回の発表は、CD が他の分子を取り込むという挙動 (包接錯体形成) を最大限に生かし、マクロレベルでの材料の機能発現まで組み上げた世界で初めての例です。今後、外部刺激に応じる機能性材料の開発や携帯電話等の二次構造部材、医療用材料の素材としての利用が期待されます。



本研究は、ドイツ時間 2 月 19 日に独科学誌「*Advanced Materials* (アドバンスド・マテリアルズ)」オンライン速報版にて公開され、*Inside art* にも採択されました。また、特許 (K20120013, 特願 2012-103460) としても申請済みです。

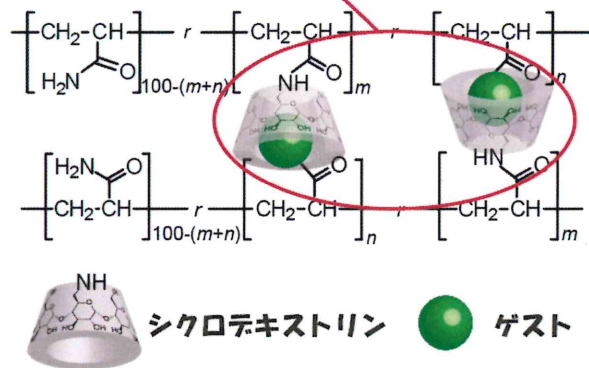
### [研究の背景]

近年、傷がついても時間経過とともに自ら傷を治癒させる機能 (自己修復能) を持っている材料は、損傷を受けたとしても引き続き使えると注目を集めています。損傷を受けても使える材料は、従来の使用から廃棄の流れを変え、省資源化を促進するため、昨今の環境問題、エネルギー問題の解決を期待されます。

そんな中、私たちの体ではすでに、擦り傷が治る、骨折が治る等、生きてゆく上で必要不可欠な機能を示しています。このような機能は、分子同士が互いを見分け、「繋がる-離れる」の動きを繰り返し可能な結合を使用しています。

そこで我々は、この生体に見られる自己修復能の持った材料を、グルコースがドーナツ状に繋がったシクロデキストリン (CD) と、CD と「繋がる-離れる」事のできる分子 (ゲスト) を材料内に組み込むことで開発できるのではないかと考えました。特に、今回開発した作製方法は、これまでの限られたものでしかできない様な、汎用性の乏しい方法とは異なり、全く新しく極めて簡単な方法となっています。

### ホスト-ゲスト相互作用による架橋



シクロデキストリンの架橋により  
生体の様な自己修復は可能?

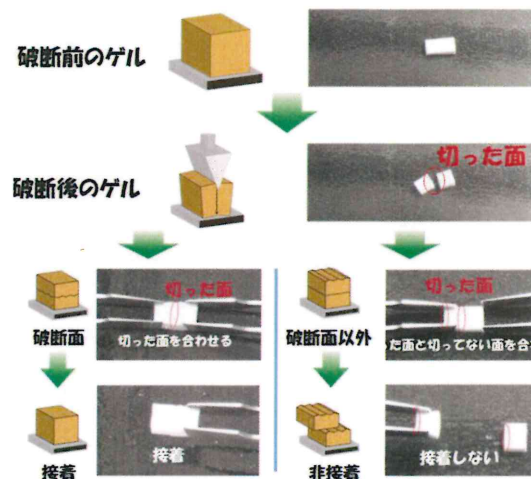
## [本研究内容と成果]

始めに、「繋がる-離れる」挙動を示す分子として、ブドウ糖がドーナツ状に繋がったシクロデキストリン (CD) と かご型に炭素が結び付き合せて作られたアダマンタン (Ad) を選択しました。これまでの研究において、CD は、Ad と強く繋がった状態 (包接錯体) を作り、同時に離れるのも可能なことが明らかとなっています。今回我々は、これまでにいくつもの工程を使用した包接錯体を組み込んだ材料の作製を、一回の操作で組み込むことに成功しました。

次に、作製した材料を直方体型に成型し、「切る・合わせる」といった操作を行いました。そうすると、**切ったところを見分けて結合し、時間経過とともに自然治癒する様子が見られました。**

さらに、切った後に結合せずにしばらくおいても、切った面を再び見分けて結合し、自然治癒する様子が観察されました。

この様な損傷を受けた面を見分ける材料の形成はこれまでになく、世界で初めての例となります。



ホスト-ゲスト相互作用で繋がれた材料の自己修復挙動を示した模式図

## [本研究成果が社会に与える影響と適用分野]

今回作製した自然に治癒することのできる材料は、下記の特徴と応用展開が期待されます。

- 全てのプロセスを水中で行うことが可能なため、環境や人体に有害な溶媒が不要
- 材料の物性・特性を簡単な操作により変更できる
- 生態系に見られるような、基質特異性を付加することができる
- ドーナツ状の多糖類 (シクロデキストリン) は食品、化粧品、医薬品にも使用されており、極めて安全

今回作製した材料の特徴は、ドーナツ状の分子であるシクロデキストリン (CD) が繋がることができる分子であれば、材料形成に利用可能な事にあります。この性質を利用した応用例としては、次のものが期待されます。

- 携帯電話等の筐体材料として用いることによる傷がつかない道具への応用
- 薄く作る事による、壁へ塗るコーティング材料としての応用
- 医療現場で用いられる材料への応用

今回作製した材料は、材料の硬さを変えることができます。この様な特徴を使用することで、これまで作製されていた材料へ適用する時に効果的であります。特に、日常的に使用される材料が損傷しても使用することができるならば、破棄せずに使うことができ、省資源化へ繋がると期待されます。

また、これまでメッキやペンキ等でコーティングしていた場所へ適用することで、建築構造物の劣化を防ぐと期待されます。特に、これまででは塗り直し等の処置が必要であった場所でも、メンテナンスフリーなものへと変化を遂げる可能性があります。

人間にやさしい材料としての活用も期待されます。CD は、薬品等に使われる程、人の体に対して安全な物質であります。そのため、医療現場で求められている材料として活用する事ができるものと期待されます。