

## 有光 晃二 研究室

創域理工学部 先端化学科 教授

ありみつ こうじ  
有光 晃二 先生



学会発表した研究室メンバーと記念撮影  
(Gメッセ群馬にて)

# 光反応を増幅して 高速かつ精密な光接着に挑戦

物と物を接着するという作業は全て化学的な作用によって行われるが、ほとんどはある程度の時間の経過を待って固まり、接着がなされる。もちろん瞬間接着剤と呼ばれるものもあり、短時間で接着できる効果は高い。しかし、接着位置の微小なずれも認められない作業を必要とするものも多くある。例えばモバイル機器などの組み立てでは位置合わせが重要であり、それらの正確な接着には向かないのが現実なのだ。

化学の世界でも様々な光の効果が研究されているが、光により接着剤の接着開始をコントロールできることがわかってきており、有光晃二先生は「光機能性高分子」という分野からこの研究にアプローチしている。

### 光硬化材料と光パターニングを中心に

最近の光硬化を利用した身近なものに、「ジェルネイル」というものがある。ネイルを綺麗に見せるために利用するものだが、これは装饰材料（合成樹脂）に光重合開始剤を配合したものである。爪の上に合成樹脂で装飾を施した後に、UV（紫外線）光のライトを当てることで急速に硬化をさせるというものだ。有光先生たちの研究はもっと精密で複雑なものであるが、反応機構的には同じ原理に基づいているようだ。

「現在、主に取り組んでいるのは『光硬化材料』の開発で、光を照射することで液体を固体に変えるもの、主にUVが使われています。

光硬化材料の用途は多岐にわたり、携帯電話やコンピュータなどの電子機器のみならず、自動車などを組

み立てるための接着剤として使われるようになってきました。金属ネジで固定し組み立てるより軽量化が可能のため、より軽い有機材料である接着剤の利用が増えつつあります」と言う。

研究の技術的部分では、光硬化に酸触媒と塩基触媒を利用する場合があるが、酸触媒は金属の腐食を呼ぶなどの問題があり、有光研究室では塩基触媒を利用して重合させる技術の開発に力を入れている。

「光硬化で塩基触媒を利用する技術は30～40年ほど前から研究されていたのですが、なかなか短時間で重合し固まってくれず、実用化には至っていませんでした。しかし、現在私たちの研究室では、ほぼ一瞬で重合・接着させることが可能な光塩基発生剤を開発しています。これにより、産業界からも、塩基触媒を利用した光接着への期待が寄せられています。

光接着では、一般的には光が届く部分しか反応しません。ところが、複雑な構造の部材を貼り合わせる際に、光が当たらない陰の部分ができてことがあります。この陰の部分をいかに光トリガーで接着させるかが大きな課題です。我々はこの課題を解決するために複数の化学反応を連結したカスケード式の反応を提案しています。カスケードは小さな何段にもなった滝のような形のことです。最初に小さな光反応を起こし、それを引き金とすることで熱的な反応を引き起こし、それが次々と増幅する流れを作り、光の陰になった部分にも硬化反応を及ぼせるという技術なのです。これを駆使することで、従来は不可能であった陰の部分の光接着が可能になるのです」と最近の成果を話す。

## 光が届かない陰部分にも光反応を伝達

現在のモバイル機器の構造は複雑かつ軽量化が進み、多数の部品が組み込まれているため、これらを組み立てる光接着技術はこれから必要性が高くなると考えられるのだ。

通常、光による重合は、せいぜい光が浸透する1 mm程度の深さまでしか起こらず、それ以上の厚みのあるものは光重合できないのだが、有光研の実験ではカスケード式の反応により、10 cm程度の深さまで硬化反応を引き起こすことができるようになっている。

学生が行った実験では、直径0.40 cm、高さ10 cmのガラス管に入れた光硬化性樹脂溶液の上部のみに光をあてるだけで、発熱することなく全体が硬化した【図1】。通常、光の当たらない陰の部分の硬化には加熱を施すことが多いが、室温で10 cmもの硬化物を光のみで作製できた意義は非常に大きい。加熱を施すと多くのエネルギーが必要で、モノマーなどの有機物が大気中に放出され大気汚染につながることもある。「学生のこの実験結果は、光照射のみで陰部分の硬化に成功し、省エネ、環境低負荷の観点でSDGsの流れにも貢献できる研究になっている」と有光先生は話す。

## 社会のニーズに直結した研究の魅力

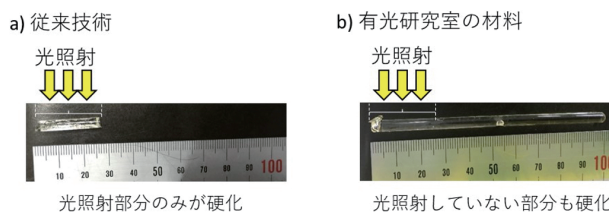
修士2年の大門<sup>だいもんあたる</sup>能さんは、「世の中では高分子材料がとてもたくさん利用されているので、それを扱う研究としてこの研究室に入りたいと思いました。中でも、光を使った研究が大きなポイントで、まだ誰もやっていないことができるのではないかと思ったのです。

最初は光硬化のことをほとんど知らずに入ってきましたが、スマートフォンやディスプレイなど、ごく身近なところでも使われていると知りました。現在はUV硬化で、光が当たらない部分まで固めようという研究に取り組んでいます。先ほどの話に出た、10 cm程度の深さまで固めるというもので、不可能を可能にする研究に取り組んでいます」と話す。

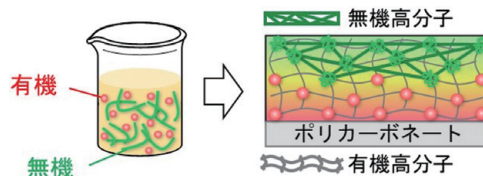
修士1年の吉野辰成さんは、

「有機化学に興味があり、私も光化学という部分に大きな興味がありました。大学2年の時の有光先生の授業が、『こんなところに使われている』などと具体例に富んでいて面白いと思ったのも研究室選びのポイントになりました。

現在は有機-無機ハイブリッド材料を研究していま



【図1】 光照射した後、ガラス管から硬化物を取り出したもの。従来の技術では25 mm程度までしか硬化できなかったが、当研究室の材料では、100 mm程度までの硬化を実現している。



ポリカーボネートに高密着するハードコート  
【図2】 ポリカーボネートに高密着するハードコート。有機物と無機物の混合物を液化させ、ポリカーボネート上にコーティングすると、ゆっくりと分離していく。そのちょうど良いタイミングを見てUV照射を行い、グラデーション的な階層を持たせて定着させることが可能となる。

す。有機と無機の混合物を、プラスチック基板にコーティングした際、表面に無機層を、基板側に有機層が集まり、中間がグラデーションを持った混合層になるというものです。最初は両者が混ざった状態でコーティングし、徐々に分離していく途中のほどよいタイミングで光硬化を行って定着させます。これにより表面はガラスのように固く、基板側は有機同士で高密着性となり、プラスチック基板を守る高機能なハードコートが実現します【図2】と話してくれた。

有光先生は30年ほど前の学生時代から光反応性材料の研究をしてきたという。その後、様々な企業関係者との交流の中で「陰の部分」の硬化が大きな課題であることを認識し、「それであれば自分がやってみよう、と思うようになった」と話す。

「現在も多くの民間企業と共同研究していますが企業の要望はハードルが高いです。学術的に面白くてもコストや化合物の安定性の観点で最終的に『これは使えない』となることも多い。理想だけではやはりいけないのだと思います。

学生たちは、最初は何もわからない状態で研究室に入りますが、実験などの中で先輩たちからそれぞれの意味を教えられ、どんどん身に付いていきます。現在、創域理工学部は修士課程を前提とした6年制のコースが設置され、3年生から研究室に所属して学び始めるようになり、より実践的な学習と研究ができるようになってきました」とも話してくれた。

太田 正人 (ジェイクリエイト)