



2026年1月21日

分野:自然科学系

キーワード: 高分子、粘着、接着、可動性架橋、ロタキサン、ディスプレイ、OCA、繰り返し使用、リワーク、リユース・リサイクル、資源循環、サステナビリティ、SDGs

2つの架橋により強粘着と易解体を実現

—“強いのに柔らかい”引っ張って剥がして繰り返し使える粘着剤—

【研究成果のポイント】

- ◆ 動く結合部(スライドできる架橋点)と組み換える結合部(アルミニウムキレート架橋)のハイブリッド設計により、柔らかさと強さを1枚の粘着シートの中に両立。
- ◆ 微細な凹凸を気泡なく埋め込み、長時間の荷重でもずれにくい接着挙動を発現。
- ◆ 引き伸ばすことで粘着力が低下し、部材を傷めずに剥離できる機構を解明。
- ◆ 加熱再成形や溶解除去が可能で、再利用・回収を見据えた材料設計を実証し、リサイクルコスト削減などへの寄与に期待。

❖ 概要

大阪大学大学院理学研究科の大学院生・小鶴翔さん(博士後期課程)、山岡賢司助教、高島義徳教授とリンテック株式会社の研究グループは、ディスプレイ用途の粘着剤に求められる「段差追従性」「接着信頼性」「易解体性」を同時に満たす新規材料を提案しました。

本研究では、ドーナツ型の環状分子であるシクロデキストリン^{※1}をグラフトした高分子と、その空孔に別の高分子が貫通した高分子編み込み(KP)構造に、アルミニウムイオンによるキレート架橋^{※2}を導入した複合架橋材料を設計しました。その結果、本材料が、KP構造に由来する優れた応力緩和性^{※3}と、キレート架橋による高い接着信頼性を両立することを確認しました。

さらに、従来の柔軟な粘着剤では「引っ張りによる粘着剤の除去」が困難でしたが、本材料では、この現象が、**高分子鎖が二種類の架橋の作用により小さな力で配向^{※4}し、「接着性の低下」と「剥離力の効率的な伝播」が同時に引き起こされることに起因するものであることを、世界で初めて見出しました**。また、キレート架橋は特定の溶媒により除去されるため、粘着剤の溶解除去が可能のこと、さらに加熱プレスによる再成型によって繰り返し利用可能な粘着シートであることも確認されました。

本成果により、工業製品製造時の不良率低減や被着体および粘着剤の廃棄量削減が期待されるとともに、解体プロセスの簡略化を通じて、製品リサイクルに要するエネルギーの低減に貢献することが期待されます。

本研究成果は、2026年1月1日(木)にElsevier誌「Chemical Engineering Journal」(オンライン)

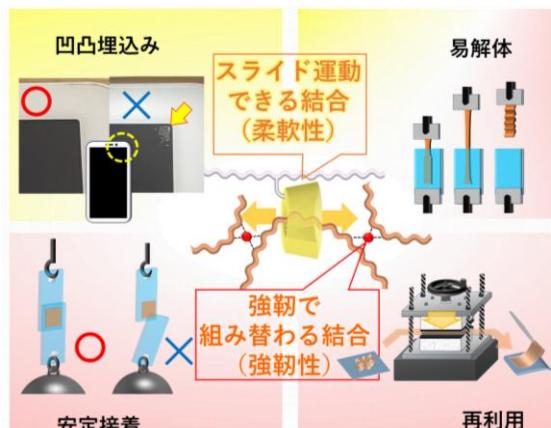


図1. 2種類の架橋により発現する性能イメージ。

イン)に掲載されました。

【高島教授のコメント】

本研究では、動く架橋と組み換える可能な架橋という二種類の結合を組み合わせることで、「強いのに柔らかく、必要なときにはきれいに剥がせる」という、従来は両立が困難だった粘着特性を実現しました。分子レベルの動きが材料全体の挙動を支配する仕組みを明確にできたことは、新しい粘着剤設計の指針になると考えています。

❖ 研究の背景

ディスプレイ製品はスマートフォンやタブレット、モニターなど、現代の生活に欠かせないデバイスとなっています。その内部構造を見ると、光学用フィルムや表示部材(液晶パネル・LED 基板など)が何層にも重ねられ、透明な光学用粘着剤で接着された構成をしています。こうした粘着剤は各層ごとに様々な性能を持つように設計されてきました。しかし近年ではディスプレイの薄型化やフィルムの高機能化により層の数が減少しており、粘着剤には一層で多くの機能が求められ、高価な部材を再利用するために容易に除去することが求められています。本研究はそうした現状に対し、ディスプレイ用粘着剤の中でも重要な凹凸追従性(額縁印刷段差や小さな異物による気泡を防ぐ性能)、接着信頼性(長時間・高温・低温環境下でも貼合したもののがずれない・剥がれない)、易解体性(必要な時に完全に除去できる)を単一の樹脂材料一層で実現することを目指して材料設計を行いました。

❖ 研究の内容

研究グループでは、シクロデキストリン(CD)をグラフトした一次高分子と、その空孔に貫通した二次高分子からなるニットポリマー(KP)構造に、アルミニウムイオンによるキレート架橋を導入することで、可動架橋と金属配位架橋を併せ持つエラストマー(KP-AC(x))を構築しました(x : アルミニウムイオンのmol%)。

KP-AC(x) は -26°C 程度の低いガラス転移温度を維持しつつ、アルミニウム添加量に応じてネットワーク強度を制御することができます。40 $^{\circ}\text{C} \cdot 24.5 \text{ kPa}$ のクリープ試験では、KP-AC(5)以上の系で 70,000 秒以上にわたり顕著な変位は見られず、優れた接着信頼性が確認されています。一方で段差追従試験では、最大で粘着層の厚みに対して 7-14% の段差を埋め込み、高架橋密度(KP-AC(10))でも優れた追従性を保持しました。この性能は応力緩和試験の解析結果からも支持されています。さらに、KP-AC(10) は一軸伸長により低荷重で完全剥離が可能であり、**2種類の架橋が伸長時の接着性低下および応力伝播を高分子鎖の配向を通じて効率的に起こすことで「伸長誘起剥離」を実現することを世界で初めて見出しました。** 加えて、150 $^{\circ}\text{C}$ ホットプレスによる再成形や、アセチルアセトンによる完全溶解除去も可能であり、持続可能なディスプレイ製造に寄与する多機能材料の設計を実証しました。

❖ 本研究成果が社会に与える影響(本研究成果の意義)

本研究成果により、可動な架橋と金属配位架橋の役割が明確になり、2 種類の架橋がそれぞれに特色を発現することが可能であることが実証されました。本材料はディスプレイをはじめとする工業製品の製造工程において不良率の低減、廃棄物の削減、リサイクルコストの削減への寄与が期待されます。加えて、柔軟性・強靭性・分解性を同時に満たす必要のある粘着材料やその他樹脂材料の設計において、非共有結合性の架橋を複数組み合わせる新たな設計や研究分野の開拓につながると期待されます。

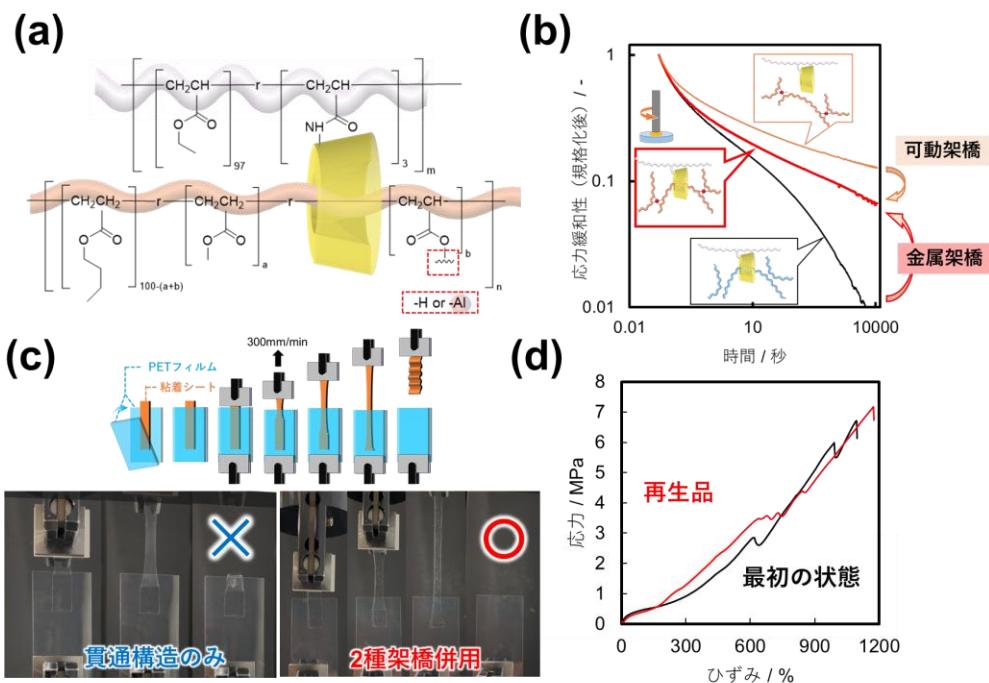


図 2. (a)高分子編み込み材料の化学構造。(b)複合架橋と単独架橋の材料による応力緩和性の比較。
(c)定速一軸引張による粘着剤除去の様子。(d)加熱プレスによる再成型前後の機械特性。

❖ 特記事項

本研究成果は、2026年1月1日(木)に Elsevier誌「Chemical Engineering Journal」(オンライン)に掲載されました。

タイトル：“Knitted and cross-linked elastomers for tough and removable pressure sensitive adhesives enabling stretch-induced debonding”

著者名: Sho Kosaba, Kenji Yamaoka, Ryohei Ikura, Takayuki Arai,* and Yoshinori Takashima*

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2025.171633>

なお、本研究は、科学技術振興機構(JST) 戰略的創造研究推進事業 CREST「デュアル分解制御技術を駆使した精密材料科学」(JPMJCR22L4)の一環として行われました。

❖ 用語説明

※1 シクロデキストリン

ドーナツやバケツに例えられる形をした小さな分子で、中央に穴が開いている。
その穴に別の分子を通したり、包み込んだりできる。

※2 キレート架橋

電荷をもつイオン(今回は正電荷をもつアルミニウムイオン)が反対の電荷をもついくつかの分子を引き寄せることで“留め金”的に働き、イオンを中心に高分子と高分子が結びつけられた状態。

※3 応力緩和性

材料に加えた力が、時間とともに材料内部で分散されて弱まり、材料の変形などにつながる現象。

※4 配向

高分子の長い鎖が、引っ張られた方向にそろって並ぶこと。

❖ SDGs目標



❖ 参考 URL

高分子材料設計学研究室 HP <https://www.chem.sci.osaka-u.ac.jp/lab/takashima/>

研究者総覧 URL(山岡賢司) <https://rd.iai.osaka-u.ac.jp/ja/8ffaa3f75bd99b66.html>

研究者総覧 URL(高島義徳) <https://rd.iai.osaka-u.ac.jp/ja/a3b35b7b8ef4f77b.html>

リンテック株式会社 HP <https://www.lintec.co.jp/>

❖ 本件に関する問い合わせ先

<研究に関するお問い合わせ>

大阪大学 大学院理学研究科 教授 高島義徳(たかしま よしのり)

TEL: 06-6850-8260

E-mail: takashima.yoshinori.sci@osaka-u.ac.jp

大阪大学 大学院理学研究科 小鯛 翔(こさば しょう)

E-mail: s-kosaba@post.lintec.co.jp

<広報に関するお問い合わせ>

大阪大学 理学研究科 庶務係

TEL: 06-6850-5280 FAX: 06-6850-5288

E-mail: ri-syomu@office.osaka-u.ac.jp

プレスリリース時には、関連する機関の問い合わせ先も記載しておりますが、ホームページ掲載時には、本学理学研究科関係者のみ掲載しております。

発信先 報道機関

大阪大学から 大阪科学・大学記者クラブ、文部科学記者会、科学記者会