

研究助成研究成果報告書

平成 30 年 9 月 27 日

公益財団法人江野科学振興財団
理事長 江野真一郎 殿

貴財団より助成のありました研究の成果について下記のとおり報告します。

申請者名

齊藤 尚平 印

記

1.研究課題名

和文 光で剥がせる「ライトメルト型接着材料」の高性能化に関する研究
英文 Development of the high-performance light-melt adhesive

2.申請者名(代表研究者)

氏名 齊藤尚平	ローマ字表記 Shohei SAITO
所属大学・機関名 京都大学	英訳表記 Kyoto University
学部・部課名 大学院理学研究科 化学専攻	英訳表記 Chemistry Department, Graduate School of Science
役職名 准教授	英訳表記 Associate Professor

3.共同研究者 (下段 英訳表記)

氏名	所属機関名・学部名・役職
(氏名)	
(英訳表記)	(英訳表記)
(氏名)	
(英訳表記)	(英訳表記)
(氏名)	
(英訳表記)	(英訳表記)
(氏名)	
(英訳表記)	(英訳表記)

4. 英文抄録 (300 語以内)

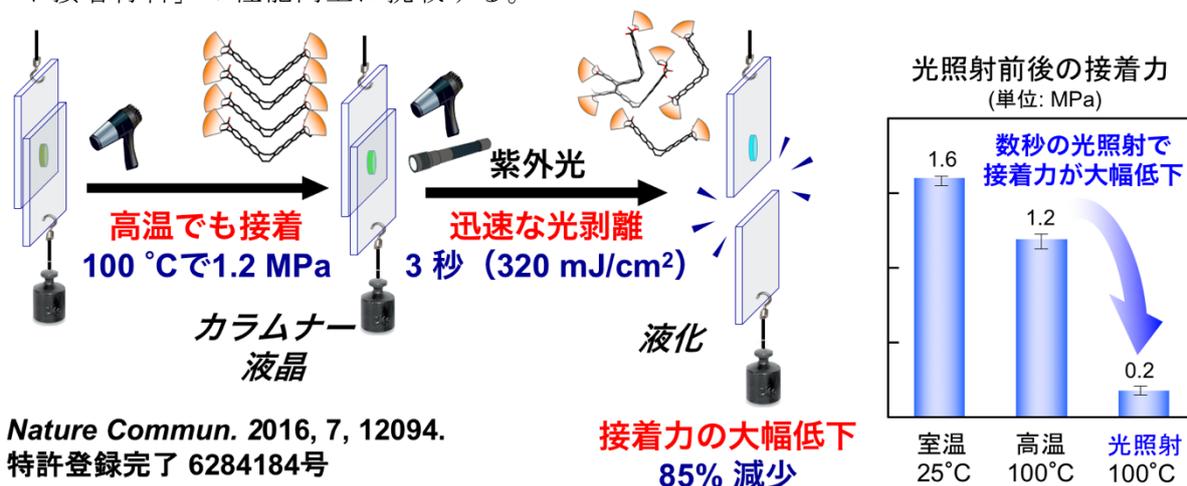
Liquid crystal (LC) provides a suitable platform to exploit structural motions of molecules in a condensed phase. Amplification of the structural changes enables a variety of technologies not only in LC displays but also in other applications. Until very recently, however, a practical use of LCs for removable adhesives has not been explored, although a spontaneous disorganization of LC materials can be easily triggered by light-induced isomerization of photoactive components. The difficulty of such application derives from the requirements for simultaneous implementation of sufficient bonding strength and its rapid disappearance by photoirradiation. In this project, we have developed a dynamic molecular LC material that meets these requirements. Columnar-stacked V-shaped carbon frameworks display sufficient bonding strength even during heating conditions, while its bonding ability is immediately lost by a light-induced self-melting function. The light-melt adhesive is reusable and its fluorescence colour reversibly changes during the cycle, visualizing the bonding/nonbonding phases of the adhesive.

The light-melting function offers a new manufacturing technique not realized with conventional hotmelt adhesives as long as the following essential requisites are fulfilled: first, adequate strength for a temporary bond (> 1 MPa) even under heating conditions; second, significant reduction of the bonding strengths by light irradiation; and third, quick photoresponse for the separation of bonded materials. It is a formidable challenge to overcome all these essential requisites simultaneously. Here we report a LC material that satisfies all of the abovementioned requisites for the light-melt adhesives, namely, a shear strength over 1 MPa up to $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ for bonding glass plates, an 85% reduction of the strength by ultraviolet irradiation, and an instant photomelting of the LC film in a few seconds. Moreover, this material is reusable as an adhesive, and the transformation between the LC and melted phases is associated with an informative colour change in fluorescence.

5. 研究目的

光で物質の性質をコントロールすることは、すでに社会で使われている重要な技術である。例えば、光を当てると物質が固まる光硬化樹脂は、1960年代から接着・封止・コーティングなどの幅広い用途で産業利用されている。これと対照的に、「光を当てると溶ける」物質は、これまでに記録材料などに使われており、近年では、光で剥がせる仮固定用の接着材料として応用が期待されている。申請者はこれに先駆けて、独自の分子設計にもとづき、「光剥離機能」と「耐熱接着機能」を両立した『ライトメルト接着材料』の開発に成功してきた (Nature Communications 2016, 7, 12094)。

光で剥がせる「ライトメルト接着材料」の性能をさらに向上させて製造業における用途を広げるべく、以下の3つの機能を備えた高度な機能材料を開発する。1) 高温でも十分に高い接着力を示す、2) 光照射によって接着力が大幅に減少する、3) 少ない光量で迅速な剥離を達成できる。すなわち本研究では、仮固定用途に使われている従来の「熱で剥がすタイプの接着剤 (ホットメルト接着材料)」が使用できない高温環境でも仮固定接着が可能で、ハンダなどの半導体加工プロセスへも展開が見込める、耐熱接着可能な「ライトメルト接着材料」の性能向上に挑戦する。



6.研究内容及び成果の本文

別紙に作成添付してください。(冒頭に所属、氏名、研究課題を記載ください)

7.今後の研究の見通し

従来のライトメルト接着材料は、V字型 FLAP 分子の腕の部位にアントラセン骨格を利用しており、V字集積構造に由来する高い凝集力を示す。また、紫外光照射で光二量化反応を起こし、光反応生成物はV字集積に適さない分子構造をもつため、秩序集積を崩す不純物として働き、結果的に未反応の単量体と光反応生成物が混ざった流動体へと等温相転移する。しかし、1) 大量合成が困難、2) 可逆接着には加熱が必要、3) 光励起状態における構造ダイナミクスが未解明など、課題が残されている。そこで本提案では、従来の光反応駆動型とは異なる新しいアプローチとして、光照射時に超高速で繰り返される分子の羽ばたき運動(コンフォメーション変化)により乱れたパッキングを誘起するとともに、付随する光熱効果による迅速な温度上昇を利用してV字型カラムナー液晶を等方性液体へと温度相転移させる新しい光融解メカニズムの開拓に挑戦する。実際、光反応骨格をもたない新しい FLAP 液晶分子でコンセプトの実証ができつつある。また、これまで報告してきた接着片の引張試験から得られる「接着力」は数多くの要因が複合した結果としての値であり、1) 液晶相の構造、2) 液晶ドメインの大きさ、3) 部材表面のラフネスや表面自由エネルギーなどの影響を一緒に議論してしまっている。今後、レオメータで精密に機械物性を測定しつつ上記の要因を別々に振っていくことで、光剥離や異種材料接着に及ぼす各種要因をそれぞれ切り分けて明らかにしていく。さらに、異種材料接着を視野に入れ、特に自動車部品に頻用されているポリプロピレン (PP) 樹脂とガラスの貼り合わせの検討を始める。

8.本助成金による主な発表論文、著書名

発表論文

1. "Structural monitoring of the onset of excited-state aromaticity in a liquid crystal phase"
Masaki Hada*†, Shohei Saito*†, Sei'ichi Tanaka, Ryuma Sato, Masahiko Yoshimura, Kazuhiko Mouri, Kyohei Matsuo, Shigehiro Yamaguchi, Mitsuo Hara, Yasuhiko Hayashi, Fynn Röhrich, Rainer Herges, Yasuteru Shigeta*, Ken Onda*, R. J. Dwayne Miller
J. Am. Chem. Soc. **2017**, *139*, 15792-15800.
2. 光で剥がせる液晶接着材料の開発
齊藤尚平、大阪産業技術研究所「科学と工業」2018年1月号
3. 光応答材料の耐熱接着性と迅速な光剥離性の両立
齊藤尚平、情報技術協会「UV硬化」2017年11月
4. 高温でも使える、光で剥がせる接着材料の開発
齊藤尚平、信末俊平、山口茂弘、IRLE Stephan、原光生、関隆広
「文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業 2017 秀でた 5 大利用成果」
5. 光で剥がせるライトメルト液晶接着材料の開発
齊藤尚平、応用物理学会 「応用物理」2017年11月号 研究紹介
6. 分子の動きを活かして材料技術をうみだす
齊藤尚平、日本化学会 「化学と教育」2017年10月号 ヘッドライン
7. 紫外光照射で剥がせるライトメルト接着材料の開発
齊藤尚平、CMC 出版 月刊機能材料 2017年9月号「電子部材用接着剤の最前線」
受賞 (2018年のみ抜粋)
 1. 日本液晶学会 論文賞 (デバイス・応用部門)
 2. Asian and Oceanian Photochemistry Association (APA) Prize for Young Scientists

[注1] 本報告書は、助成金を受けた翌年9月末までに必ず提出してください。

[注2] (お願い)印刷物の郵送と電子媒体の添付ご提供をお願いします。インターネットメールでの送付を歓迎します。<E-Mail: enozaidan@kokoku-intech.com>

[注3] この報告書を当財団のホームページに掲載させていただきますので、予めご了承ください。

※当財団へのご意見・ご要望がございましたら、下記へご記入ください。

お寄せいただいたご意見・ご要望は今後の参考にさせていただきます。

研究期間が原則1年というのは短いと感じましたが、若手研究者にとって200万円の研究費というのは非常に大きく、大変ありがたいものでした。本研究費で有機化合物の自動精製装置が購入できた意義は大きく、お陰様で研究推進効率が目に見えて向上しました。今後ともどうぞよろしく願いいたします。

京都大学大学院理学研究科 齊藤尚平

アンケートへのご協力ありがとうございました。

以上