

研究助成研究成果報告書

令和3年8月17日

公益財団法人江野科学振興財団
理事長 江野 眞一郎 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

林 幹大 印

記

1.研究課題名

和 文 永久架橋と光応答架橋を用いた新規ダブルネットワークエラストマーの創製と力学特性の光テーパーメイド制御
英 文 Creation of novel double network elastomers composed of permanent cross-links and photo-reactive cross-links for photo tailor-made mechanical property tuning

2.申請者名(代表研究者)

氏 名 林 幹大	ローマ字表記 Hayashi Mikihiro
所属大学・機関名 名古屋工業大学 大学院工学研究科	英訳表記 Graduated School of Engineering, Nagoya Institute of Technology
学部・部課名 生命・応用化学専攻	英訳表記 Department of Life Science and Applied Chemistry
役職名 助授	英訳表記 Assistant 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) 杉本 幹太 (英訳表記) Sugimoto Kanta	名古屋工業大学 大学院工学研究科 生命・応用化学専攻 大学院前期課程（2020年度卒） (英訳表記) Graduated School of Engineering, Nagoya Institute of Technology Department of Life Science and Applied Chemistry Master course student (graduated at 2020's year)
(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）

The present study demonstrates the postpreparation easy tuning of the Young's modulus of elastomers by using polyesters bearing thermal and photo cross-linkable groups. In the first cross-linking step, only thermoreactive groups form cross-links, resulting in a highly deformable soft elastomer. In the second step, photoreactive groups are cross-linked by UV irradiation, and controlling the UV irradiation time can tune the cross-link density, resulting in modulus tuning over two orders of magnitude at room temperature. The use of photo reaction enables precise modulus patterning using photomasks with a series of slits. In horizontally patterned samples, the dually cross-linked stiff section shows negligible deformation, whereas large elongation is observed selectively in the single cross-linked soft sections. In vertically patterned samples, interestingly, crack propagation and complete fracture are significantly suppressed, compared with the fully dually cross-linked sample. The present data can thus provide important insight for developing new methodologies for controlling the tensile and fracture behavior of elastomers.

5.研究目的

エラストマーは、溶融高分子鎖が分子レベルで共有結合を介して架橋された三次元網目構造を有する。その網目構造における「架橋密度」は、材料の弾性率（硬さ）、伸長率、靱性などの力学特性を決定付ける重要因子である。従来の共有結合性架橋を用いて調製されるエラストマーは、それぞれの架橋密度に応じた特有の力学特性を示し、目的に応じた架橋密度を有する網目構造が設計される。しかしながら、一度成型されたエラストマーの架橋密度および力学特性の再調整は困難である。

本研究課題では、より革新的な力学特性制御を可能にするため、共有結合架橋性網目と光応答架橋性網目を共存させた新規ダブルネットワークエラストマーの創製を目的とした。このような光応答架橋性網目を、共有結合架橋性永久網目と共存させれば、全体の架橋密度が光照射により制御可能なエラストマーが得られる。すなわち、全く同じ試料であるにも関わらず、結合状態にある光架橋点の割合に応じてテラーメイドな力学特性を示す新規エラストマーの調製が可能となる（結合状態の光架橋点の割合が多ければ、高弾性・低伸長エラストマーとなり、割合が少なければ低弾性・高伸長性エラストマーとなる）。また、本研究の発展として、紫外光照射を局所的に行うと、局所的に弾性率の異なるフィルムが得られる。スリット数・スリット面積が調節されたフォトマスクを使用し、高弾性部位と低弾性部位をフィルム面内にパターンニングした。そのパターンニング様式（パターンニングの方向、パターンニングのピッチ等）により、フィルムの伸長特性・破断特性を制御することが可能となった。（変形方向に対して）水平なパターンニングでは、高変形領域と非変形領域をデザインできる。垂直パターンニングでは、変形下での亀裂の伝播が著しく抑制され、難破壊材料が得られることを発見した。

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

従来の常識的な考え方としては、樹脂全体が一様な物性を有すること(均質性)が良しとされている。一方で、本成果により、弾性率に関して“不均質”パターンニングを施したエラストマー樹脂の有用性が見出された。自然界では弾性率の異なる組織の組み合わせにより、人工物では得られない機能が発現されている例が多く、今後はこのような不均質樹脂の有用性をさらに掘り下げていく。

具体的には、光照射型 3D プリンターを用いて、パソコンソフト上で光照射部位を設定し、パターンニング(ピッチ・形状・方向)により、同一素材から様々な力学物性を示す技術を開発していく。本コンセプトを展開すれば、単一の素材から、微細弾性率パターンニングにより、伸長特性・破壊特性のテーラーメードな調節を実現できる。すなわち、目的にあった力学物性を示す樹脂を、合成の段階から逐一行う必要がない。これは、試薬消費やエネルギー消費の削減を導き、石油資源や CO₂ の問題解決に貢献できる(合成に要する人的・時間的コストも削減できる)。

8.本助成金による主な発表論文、著書名

国際査読付き論文

・ Kanta Sugimoto, Mikihiro Hayashi, Isamu Kawarazaki, Shuto Ito, “Versatile tensile and fracture behaviors of dual cross-linked elastomers by postpreparation photo tuning of local cross-link density”, Polymer, Vol. 230(16), 124089.

特許出願

・ 林 幹大, 杉本 幹太, 弾性率局所可変材料、弾性率局所可変材前駆体、弾性率局所可変材及びそのフィルム, 特願 2021-063345

学会発表

・ 杉本幹太, 林 幹大, 高須昭則, 熱・光架橋性 dual 網目からなる密度可変エラストマーの調製, 2020 年度東海高分子研究会学生発表会 (オンライン), 2020 年 11 月 (優秀口頭発表賞受賞)

[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。

本研究を進めるにあたり、ご支援いただきありがとうございました。おかげ様で、今後の自信の研究の発展につながる興味深い成果を出すことができました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

アンケートへのご協力ありがとうございました。

以 上