

研究助成研究成果報告書

令和 4年 9月 9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 三輪 洋平



記

1.研究課題名

和 文	フッ素成分を利用した新しい自己修復性エラストマーの開発
英 文	A Self-Healing Elastomer Crosslinked with Fluorine Component

2.申請者名(代表研究者)

氏 名 三輪 洋平	ローマ字表記 Yohei Miwa
所属大学・機関名 岐阜大学	英訳表記 Gifu University
学部・部課名 工学部 化学・生命工学科	英訳表記 Faculty of Engineering, Department of Chemistry and Biomolecular Science
役職名 教授	英訳表記 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)

Crosslinking flexible polymer chains via attractive and reversible bonds or associates, such as hydrogen bonds, dynamic covalent bonds, host-guest interaction, metal-ligand coordinations, and ionic bonds and associates, is the most major and established concept to obtain autonomously self-healable elastomers. However, the self-healing elastomers designed on this concept frequently exhibit a trade-off relationship between the material's strength and self-healing speed. That is, the elastomer's mechanical strength is increased via attractive crosslinks, but the self-healing speed is decreased. To address this issue, we designed our elastomer on the basis of an inversion concept. Small numbers of fluoroalkyl side chains were attached to poly(ethyl acrylate-*random*-methyl acrylate) backbone. In the aggregation state, the fluoroalkyl side chains aggregate with each other and form nanosized spherical domains. As a result, attractive and cohesive poly(ethyl acrylate-*random*-methyl acrylate) chains are dynamically crosslinked via repulsively segregated fluoroalkyl sidechains. This elastomer exhibits very rapid self-healing (> 90 % within 15 min) because of weak but abundant van der Waals interactions between matrix polymers. This elastomer demonstrates high fracture stress (≈ 2 MPa) and good toughness (≈ 17 MJ m⁻³) due to the crosslinks with fluoroalkyl side chains. Moreover, the surface of this elastomer is non-sticky and the self-healing selectively occurs only at the damaged faces due to the surface protection effect of the fluoroalkyl side chains.

5.研究目的

ガラス転移温度が室温よりも低いポリマーを架橋して得られるエラストマーは、生物の皮膚のように優れた柔軟性と弾力をしめす。しかし、生物の皮膚と人工物であるエラストマーには、傷が自発的に修復(治癒)するか否か、という点で決定的な違いがある。

もし、エラストマーに自己修復機能を付与することができれば、製品の美しい外観を長く維持できるだけでなく、製品の長寿命化をとおして省エネ・省資源に効果が期待できる。さらに、製品の破損を未然に防止することで、使用上の安心・安全の担保にもつながる。また、何よりも自己修復する人工物は、近未来の象徴であると言っても過言ではない。このために、自己修復性エラストマーは盛んに研究され、膨大な成果が報告されている。しかし、分子構造の複雑なために、実際の工業化が困難なものが多い点は否めない。

本研究では、ポリアクリレートに側鎖としてフッ化アルキルを少量導入し、その側鎖どうし偏析を利用して架橋することで、動的な特性を有するネットワーク構造を構築することを目指す。これによって、簡便に合成が可能な、力学特性に優れた自己修復性エラストマーの開発を目指す。さらに、ポリアクリレートとフッ素成分の特性である、高い透明性、防汚性、耐環境劣化性、耐疲労性などの様々な機能の付与についても評価をおこなう。

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

本研究では期待以上の成果を得ることができた。ポリアクリレートに少量導入したフッ化アルキル側鎖の偏析によって架橋したエラストマーは、極めて簡便に合成が可能であるだけでなく、力学特性に優れる一方で、素早い自己修復を示す。さらに、高い透明性と、表面の低い粘着性、さらに、普通は接着が困難なテフロンに対しても強い粘着性を持つ。

本研究の成果をもとに、今後、自己修復性コーティングや、フッ素樹脂への粘着剤用途への実用化を検討する。また、本エラストマーは、自己修復性に極めて優れる一方で、力学強度が多少低いことが欠点である。そこで、この欠点を補うために、例えば、ポリスチレンなどとの共重合による力学強度の増加についての検討を行っていく予定である。

8.本助成金による主な発表論文、著書名

1. Y. Miwa, T. Udagawa, S. Kutsumizu, Repulsive segregation of fluoroalkyl side chains turns a cohesive polymer into a mechanically tough, ultrafast self-healable, nonsticky elastomer. *Sci. Rep.* **12**, 12009 (2022).

[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。