研究助成研究成果報告書

令和 8 年 9 月 24 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
LI　FENG（リ　ホウ）　印

記

1.研究課題名

和 文 ゴム弾性を示す分解回収可能なポリアセタール材料の合成開発
英 文 Development of degradable and recyclable polyacetals showing rubber elasticity

2.申請者名(代表研究者)

氏 名 リ　ホウ	ローマ字表記 LI FENG
所属大学・機関名 北海道大学	英訳表記 Hokkaido University
学部・部課名 大学院工学研究院	英訳表記 Faculty of Engineering
役職名 助教	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) 佐藤敏文 (英訳表記) Toshifumi Satoh	北海道大学大学院工学研究院・教授 (英訳表記) Faculty of Engineering, Hokkaido University, Professor
(氏　名) 磯野拓也 (英訳表記) Takuya Isono	(英訳表記) Faculty of Engineering, Hokkaido University, Associate Professor

4.英文抄録（300 語以内）

This study aims to develop recyclable polyacetal materials that combine the characteristics of plastics and rubbers, similar to polyolefin elastomers (POEs), while enabling chemical decomposition and monomer recovery. Our strategy is to introduce comonomers that suppress crystallization into rigid polyacetals such as polyoxymethylene (POM) and poly(1,3-dioxolane) (PDXL).

Our group has developed a series of recyclable unnatural (1→6)-polysaccharide polyacetals from cellulose-derived compounds, levoglucosenone (LGO) and dihydrolevoglucosenone (Cyrene™) through simple organic transformations followed by cationic ring-opening polymerization.

Here, we screened three cellulose-derived bicyclic acetal monomers as comonomers for DXL. Among them, CYOBn showed a reactivity comparable to DXL, enabling efficient statistical copolymerization under solvent-free conditions using $BF_3 \cdot OEt_2$ as a catalyst. The polymerization proceeded rapidly, affording copolymers with molecular weights in the tens of thousands.

By varying the CYOBn content, the physical properties of the copolymers could be widely tuned from rigid solids to soft solids and viscous liquid materials. In tensile tests, the copolymer containing 2 mol% CYOBn exhibited a strain at break of approximately 900%, while the 4 mol% sample showed elastomeric behavior. Cyclic tensile tests revealed an elastic recovery of approximately 94% and a resilience of 68%, demonstrating the formation of an elastomer with high recovery and moderate hysteresis.

These results demonstrate that cellulose-derived acetal monomers can effectively tune the mechanical properties of linear polyacetals via copolymerization. Future work will focus on polymer degradation and monomer recovery, further evaluation of composition-dependent properties, and the development of additional acetal monomer combinations to improve material performance.

5.研究目的

ポリエチレン（PE）とポリプロピレン（PP）は、最も広く使用されている高分子材料であり、高い結晶性を持つため、硬いプラスチックとなる（図 1A）。これらの材料に異種モノマーを共重合させることで、結晶性を抑制し、プラスチックとゴムの特性を兼ね備えたポリオレフィンエラストマー（POE）材料が開発されている（図 1B）。POE は強度と柔軟性を調整できるため、多様な用途に適した魅力的な素材として注目されている。しかし、ポリオレフィンは分解性が低く、環境問題を引き起こす原因となっている（図 1C 左）。そこで本研究では、POE に類似した物性を持ち、分解・回収が可能なポリアセタール材料の開発を目指す。具体的には、POE と同様に、硬いプラスチックである polyoxymethylene（POM）や poly(1,3-dioxolane)(PDXL)に、結晶化を抑制するコモノマーを共重合によって導入する手法を取る（図 1C 右）。POM や PDXL は、酸性条件下で比較的容易に分解・回収できることが知られている。また、コモノマーには、植物由来の原料を使用し、分解・回収が可能なものが理想的である。研究の基本目標としては、研究期間中に共重合法を確立し、ゴム弾性を示すポリアセタール材料の合成に成功することである。さらに、得られたポリアセタールの機能化や、解重合およびモノマー回収も視野に入れている。

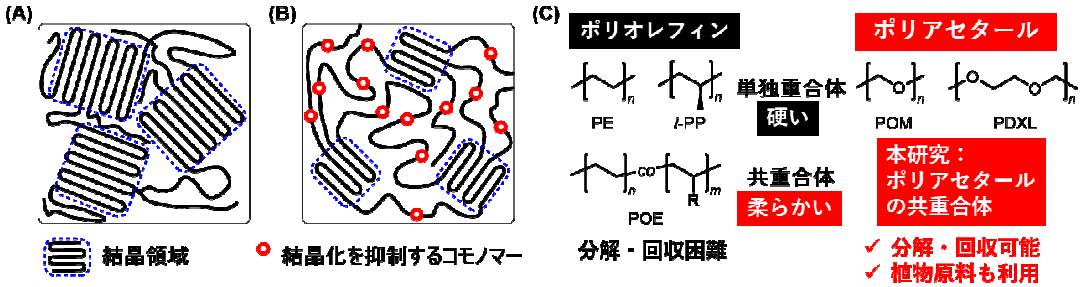

図 1. (A) 高い結晶性の単独重合体（硬いプラスチック）；(B) 結晶性が抑制された共重合体（柔軟なエラストマーなど）；(C) 従来のポリオレフィン VS. 本研究のポリアセタール

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

これまでの 1 年間では、DXL と Cyrene 由来モノマーである CYOBn との共重合に成功しました。当初の目的は、エラストマー性を示す柔軟な固体を得ることでしたが、両モノマーの組成比を変化させることで､幅広い物性を有する共重合体を得ることができました。ゴム弾性を示す柔軟な固体だけでなく、モノマー組成に応じて、粘稠体やガラス状の固体も得られることが分かりました。

今後は、得られた粘稠体およびガラス状固体について、その物性をさらに詳細に評価するとともに、それぞれの特性を活かした用途展開の可能性について検討します。また、得られた共重合体の分解およびモノマー回収についても検討する予定です。DXL と CYOBn は分子量が大きく異なるため、両者の沸点にも大きな差があると考えられます。そのため、異なる物性を有する共重合体を分解して元の 2 種類のモノマーに戻し、それぞれを高純度かつ簡便に分離・回収できれば、より環境低負荷な循環型高分子材料系の構築につながると期待されます。また、アセタール結合は一般に酸性条件下で分解しやすいのに対し、エステル結合は比較的塩基性条件下で分解しやすいという特徴があります。このような分解特性の違いをうまく利用することで、本研究で開発したポリアセタール材料は、現在盛んに研究されているポリエステル材料を補完する新たな循環型高分子材料として発展できると考えています。

さらに、現在研究している DXL 共重合体は融点が比較的低く、実用化に向けては耐熱性の向上が重要な課題となります。そこで今後は、DXL に代えて、より高い融点を有する POM モノマーである TOX を用いた共重合についても検討する予定です。加えて、DXL との共重合に C=C 結合を有するコモノマーを導入し、重合後修飾による機能化についても検討していきたいと考えています。

8.本助成金による主な発表論文、著書名

現時点（2026 年 9 月）では、まだ論文と著書はないですが。今年度末まで、論文投稿を目指している。

［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ﾍﾟｰｼﾞ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。

アンケートへのご協力ありがとうございました。

以 上