

2023 年度年次報告書

分解・劣化・安定化の精密材料科学

2022 年度採択研究代表者

高島 義徳

大阪大学 大学院理学研究科
教授

デュアル分解制御技術を駆使した精密材料科学

主たる共同研究者:

上辻 靖智 (大阪工業大学 工学部 教授)

宇山 浩 (大阪大学 大学院工学研究科 教授)

小西 隆士 (京都大学 大学院人間・環境学研究科 助教)

研究成果の概要

『環状分子の空孔を主鎖が貫通した可動性架橋』と『非共有結合性相互作用に基づく可逆的結合』を基盤に、高分子材料の安定性・分解性制御のための機構解明や、設計方法の構築を行った。

高島グループでは、シクロデキストリンからなる可動性架橋を用いた接着材料を構築し、高強度・強靱性・応力分散性・耐クリープ性・物性回復性を両立した多角的な安定化に成功した[1]。可動性架橋の解離・再形成が可能な高分子材料を用い、導電フィラーとの複合により力学応答センサーへのアップサイクルを実現した。光応答性の可動性架橋ポリウレタン材料を作製し、安定性と分解性のスイッチングへの基盤材料を確立した[2]。

宇山グループでは、セルロースナノクリスタル(CNC)にゲスト分子を修飾した超分子フィラーを作製し、これを補強材として利用した複合ハイドロゲルを開発した[3]。材料安定化および分解制御を目的として可動性架橋材料へポリカプロラクトン(PCL)を複合することにより、タフネス・ヤング率が向上した。更に、複合材料中のPCLの酵素反応分解も実現した。

小西グループでは、複数の可動性架橋ネットワークを相互貫入により複合したトリプルクロスネットワーク(TC)材料の高タフネスと高ヤング率の起源を調査した。同組成の未架橋(NC)材料および化学架橋(CC)材料を作成し、延伸過程の構造変化を小角X線散乱測定(SAXS)により比較した。TC材料、NC材料は延伸初期で相分離挙動が示唆され、CC材料ではこのような挙動は見られなかった。

上辻グループでは、均質化理論に基づいたマルチスケール有限要素解析シミュレーションを用い、セルロース繊維強化ポリL乳酸複合材料に対してひずみエネルギーに着目した繊維寄与率を新たな指標とした機械的特性の設計法を独自に構築した[4]。構築した設計法をクエン酸変性セルロース繊維強化可動性架橋複合材料に応用し、機械的特性の予測および目標値達成のためのパラメータ設計においてその有用性を明らかにした[5]。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Qian, Y. Ikura, R. Kawai, Y. Park, J. Yamaoka, K. Takashima, Y. Improvement in Cohesive Properties of Adhesion Systems using Movable Crosslinked Materials with Stress Relaxation Properties *ACS Appl. Mater. Interfaces* **16**(3), 3935-3943 (2024).
DOI: 10.1021/acsami.3c13342
- 2) Zhou, X. Ikura, R. Jin, C. Yamaoka, K. Park, J. Takashima, Y. Supramolecular Photoresponsive Polyurethane with Movable Crosslinks Based on Photoisomerization of Azobenzene *Aggregate*, **5**(2), e457 (2024).
DOI: 10.1002/agt2.457
- 3) May, M. N. Sugawara, A. Asoh, T. Takashima, Y. Harada, A. Uyama, H. Composite Hydrogels with Host-Guest Using Cellulose Nanocrystal as Supramolecular Interaction Filler *Polymer*, **277**, 125979 (2023).
DOI: 10.1016/j.polymer.2023.125979
- 4) Kinoshita, T. Yamamoto, T. Chao, L. Ide, K. Aoki, K. Uetsuji, Y. Mechanical Characterization and Design of Hybrid Reinforced Polypropylene Composites with Talc Fillers and Cellulose Fibers *Composites B*, **266**, 110971 (2023).

DOI: 10.1016/j.compositesb.2023.110971

- 5) Uetsuji, Y. Hamamoto, R. Luo, C. Tsuyuki, Y. Tsuchiya, K. Ikura, R. Takashima, Y. Fiber Morphology Design of Cellulose Composites Through Multiscale Simulation *Int. J. Mech. Sci.*, **258**, 108581 (2023).

DOI: 10.1016/j.ijmecsci.2023.108581