

分解・劣化・安定化の精密材料科学
2021 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

鈴木 大介

信州大学 学術研究院繊維学系
准教授

力学的安定性と選択的分解性を兼備した循環型高分子微粒子材料の創成

主たる共同研究者:

内橋 貴之 (名古屋大学 大学院理学研究科 教授)

中菌 和子 (東京工業大学 物質理工学院 准教授)

藤本 和士 (名古屋大学 大学院工学研究科 助教)

研究成果の概要

本研究では、高い力学安定性を維持した上で、意図した瞬間に単一微粒子まで選択的に分解できる微粒子材料の開発を目的とする。予備検討結果である強靱なポリメチルアクリレート微粒子フィルムに加え、化学種を拡張させるために、ロタキサン架橋剤により力学安定性が向上したポリ(メタ)アクリレート系高分子微粒子から成るフィルムの微粒子レベルまでの分解について新たに検討した。化学種に合わせ、溶媒を最適化することで、異なる組成の微粒子フィルムに対しても適用可能な循環のコンセプトをまとめあげた(代表的な原著論文 5))。続いて、微粒子フィルムの力学安定化機構の理解に向け、一軸延伸ステージ付属の光学顕微鏡、及び独自開発した一軸伸長装置複合型高速 AFM において、同一条件で測定できるよう実験条件の統一化を進め、ナノからミクロスケールの階層的な構造理解が可能となる実験環境を確立した。その結果、伸長速度の違いにより、フィルム中の微粒子の変形性と配列構造の違いが見られることを見出している。更に、放射光 X 線散乱による微粒子フィルムの内部構造の定量評価や、全原子 MD 計算による微粒子に対する高分子鎖の貫入自由エネルギー計算を通じ、分子スケールの構造理解に向けた基盤構築を達成した。

また、微粒子フィルムの最大強靱化に向けた新規ロタキサン架橋剤の合成・改良、及び全原子 MD による架橋点モデルのエネルギー計算を進める中、ロタキサン架橋を施した高分子微粒子フィルムは、引裂試験時にジグザクな亀裂進展挙動を示し、破断エネルギーが大幅に向上する事を明らかにした。

並行して、選択的分解の達成に向けた新規モノマー、及びその修飾剤の合成ルートを確認し、スケールアップ合成を進めている。全原子 MD 計算による分子構造の理解や、微粒子合成条件の最適化を進めるなど、毎週チーム内会議を通じ、各グループと有機的に連携することで想定以上の進捗が見られている。

【代表的な原著論文情報】

1) Haruka Minato, Yuma Sasaki, Kenshiro Honda, Takumi Watanabe, Daisuke Suzuki : “Adsorption Races of Binary Colloids with Different Softness at the Air/water Interface of Sessile Droplets” *Advanced Materials Interfaces*, vol. 9, Issue 28, 2200879, 2022

DOI : 10.1002/admi.202200879

*Selected as back cover

2) Yuichiro Nishizawa, Takumi Watanabe, Tetsuya Noguchi, Masaya Takizawa, Chihong Song, Kazuyoshi Murata, Haruka Minato, Daisuke Suzuki : “Durable Gelfoams Stabilized by Compressible Nanocomposite Microgels” *Chemical Communications*, vol. 58, Issue 93, pp.12927-12930, 2022

DOI : 10.1039/d2cc04993g

*Selected as outside front cover

3) Yuichiro Nishizawa, Takumi Inui, Ryuji Namioka, Takayuki Uchihashi, Takumi Watanabe, Daisuke Suzuki : “Clarification of surface deswelling of thermo-responsive microgels by electrophoresis” *Langmuir*, vol. 38, issue 51, pp.16084-16093, 2022

DOI : 10.1021/acs.langmuir.2c02742

*Selected as outside front cover

4) Feng-Yueh Chan, Ryo Kurosaki, Christian Ganser, Tetsuya Takeda, Takayuki Uchihashi : “Tip-scan high-speed atomic force microscopy with a uniaxial substrate stretching device for studying dynamics of biomolecules under mechanical stress” *Review of Scientific Instruments*, vol. 93, 113703 (2022)

DOI : 10.1063/5.0111017

5) Takumi Watanabe, Haruka Minato, Yuma Sasaki, Seina Hiroshige, Hayato Suzuki, Nahomi Matsuki, Koki Sano, Takeshi Wakiya, Yuichiro Nishizawa, Takayuki Uchihashi, Takuma Kureha, Mitsuhiro Shibayama, Toshikazu Takata, Daisuke Suzuki : “Closed-loop Recycling of Microparticle-based Polymers”, *Green Chemistry*, vol. 25, pp3418-3424 (2023)

DOI : 10.1039/D3GC00090G

*Selected as outside front cover