

2023 年度年次報告書

持続可能な材料設計に向けた確実な結合とやさしい分解

2021 年度採択研究代表者

南 安規

産業技術総合研究所 材料・化学領域触媒化学融合研究センター
主任研究員

安定主鎖構造の活性制御に基づく高機能ポリマーの精密解重合

研究成果の概要

本研究では、高安定プラスチックのケミカルリサイクルの突破口を切り開いてサステナブル材料として実用するという視点のもと、スーパーエンジニアリングプラスチック(以下、スーパーエンブラ)の主鎖内のモノマーユニットを活性化して分解性を発現、特定の主鎖結合を精密に分解してモノマーに収率よく分解する、革新的解重合反応の開発に挑戦する。

これまでに、電子豊富求核剤と塩基、高沸点非プロトン性溶媒を組み合わせた解重合法を見出し、PEEKの主鎖炭素-酸素結合を選択的に切断することに成功した¹⁾。この成果をもとに、今年度は研究計画に従い、PEEKを含むさまざまなスーパーエンブラを分解してモノマー分子を高効率かつ選択的に得る触媒法の開発に取り組んだ。その結果、スーパーエンブラに対し、解重合剤のチオールとアミド系極性溶媒とともに、かさ高い有機強塩基として知られるホスファゼン塩基とリン酸カリウムを組み合わせた触媒を用いることで、主鎖の選択的な切断によるやさしい分解を達成した²⁾。本法はアミド系溶媒が重要な役割を担っており、反応を大きく促進していることがわかった。本触媒法は、PEEKやPESUだけでなく、哺乳瓶の素材として知られるポリフェニルスルホン(PPSU)、切断されやすいイミド基を有するポリエーテルイミド(PEI)などいろいろなスーパーエンブラに適用でき、それぞれの樹脂に対応するモノマー型生成物を収率良く得ることができた。単純な樹脂材料だけでなく、炭素繊維強化PEEKなどのコンポジット樹脂材料から標的のスーパーエンブラの成分のみを解重合し、対応する分解物を得ることに成功した。

本触媒法は樹脂の分解だけでなく、単純な低分子化合物の分解にも適用できることがわかり、幅広い汎用性を持つことがわかった。樹脂の分解によって得た生成物から、元の樹脂のモノマーへの再生にも成功した。

【本成果に関係する原著論文】

- 1) Yasunori Minami,* Nao Matsuyama, Yasuo Takeichi, Ryota Watanabe, Siby Mathew, Yumiko Nakajima Depolymerization of robust polyetheretherketone to regenerate monomer units using sulfur reagents. Commun. Chem. 6, 14 (2023).
- 2) Yasunori Minami,* Sae Imamura, Nao Matsuyama, Yumiko Nakajima, Masaru Yoshida Catalytic thiolation-depolymerization-like decomposition of oxyphenylene-type super engineering plastics via selective carbon-oxygen main chain cleavages Commun. Chem. 7, 37 (2024).
- 3) (a) 南 安規 難分解性プラスチックの解重合 高分子材料の分解制御技術(シーエムシー出版), 55-63. (b) 南 安規 耐熱性・耐薬品性に優れるスーパーエンジニアリングプラスチックのケミカルリサイクル技術の開発 自動車技術『超の世界』(公益社団法人自動車技術会), 2024, 78, 130-132. (c) https://www.aist.go.jp/aist_j/magazine/20230920.html