

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

出口 茂

海洋研究開発機構生命理工学センター
センター長

バロポリエステル:圧力による精密分解制御

主たる共同研究者:

古賀 毅 (京都大学 大学院工学研究科 教授)

谷口 育雄 (京都工芸繊維大学 繊維学系 教授)

研究成果の概要

高圧力下でのバロポリエステルの分解挙動の解明、添加剤による汎用高分子への圧力可塑性の付与、理論・計算科学に基づくバロプラスチックの合理的分子設計の3項目に関する研究開発を実施した。

「1. 高圧力下でのバロポリエステルの分解挙動の解明」については、生分解性バロプラスチック (poly(trimethylene carbonate)-*b*-poly(L-lactide), PTMC-*b*-PLLA) を用いて調製したナノファイバゲルを試料として、加圧による生分解性バロプラスチック加水分解の顕著な加速を確認した。より具体的には 10 mM の NaOH 水溶液中、50°C、14 日間の常圧加水分解では試料に変化は認められなかったのに対し、45 MPa での実験では試料が完全に加水分解された。またポリカプロラク톤をモデルに、加水分解酵素と複合化した材料開発に向けた検討を実施した。

「2. 添加剤による汎用高分子への圧力可塑性の付与」については、生分解性マトリクスである PLLA にバロポリエステル (poly(ϵ -caprolactone-*r*-5-ethyleneketal ϵ -caprolactone)-*b*-PLLA、以下 poly(modified ϵ -caprolactone)(PmCL)-*b*-PLLA) を添加することで、50 MPa の加圧下での PLLA の流動温度を 160°C から約 60°C にまで低下させることに成功した。また流動温度低下の効果は、バロポリエステルの添加量に加えて、バロポリエステル中のソフトセグメント (PmCL) 含量にも強く依存することを見出した。

「3. 理論・計算科学に基づくバロプラスチックの合理的分子設計」については、「自己無撞着場理論に空孔を考慮する方法」による理論を構築した。本理論によって、バロプラスチックを構成する2つのセグメントの圧縮性の違いと、それに起因する空孔の不均一な分布が、圧力で誘起される秩序—無秩序転移 (マイクロ相分離したラメラ構造から相溶状態への転移: order-disorder transition, ODT) の発現に極めて重要であることを明らかにした。また本理論を応用して、バロプラスチックの圧力誘起 ODT が圧力媒体に用いるガスの種類に強く依存する実験結果も説明できた。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Ikuo Taniguchi, Thao Thi Thu Nguyen, Kae Kinugasa, Kazunari Masutani, A Strategy to Enhance Recyclability of Degradable Block Copolymers by Introducing Low-Temperature Formability. *J. Mater. Chem. A*, **10** (48), 25446-25452 (2022). doi:10.1039/d2ta06036a (HOT Paper・表紙に選出)