

■キーワード

分解性ポリマー 機能材料 バイオベース 循環型材料

■研究の概要

生体内や微生物(酵素)の関与により分解する生分解性ポリマーは、手術用縫合糸を中心に医療材料として使用され、環境調和型材料としても研究されています。当研究室では脂肪酸ポリカーボネート・ポリエステルを中心に、対応する機能性環状モノマーを設計・合成し、有機触媒を用いた金属フリーの精密重合技術によって、様々な分解性機能材料を開発しています。

■研究・技術のプロセス／研究事例

(a) 分解性バイオマテリアル

分解可能な脂肪酸ポリカーボネートの側鎖に対して「水に溶ける」、「イオンと相互作用する」、「温度・光に応答する」、「薬剤担持を促進する」などの機能を付与し、薬剤キャリアや遺伝子キャリア、抗菌剤、ハイドロゲルへの展開を想定した機能評価を進めています。また、界面の水和を制御する側鎖によって血液適合性を付与することで、吸収性人工血管やステントコーティングのような用途への展開についても検討しています。

(b) バイオベース分解性ポリマー

天然素材から誘導されるバイオベース分解性ポリマーは、化石資源使用による二酸化炭素排出やプラスチック廃棄物問題を解決する循環型材料として期待できます。当研究室では、天然・生体分子に豊富に含まれ、バイオ燃料の副生成物としても知られるグリセロールを基本骨格として、側鎖に様々な機能を導入することのできる分解性ポリマーを開発しています。

(c) 自己組織化を利用したナノ構造制御

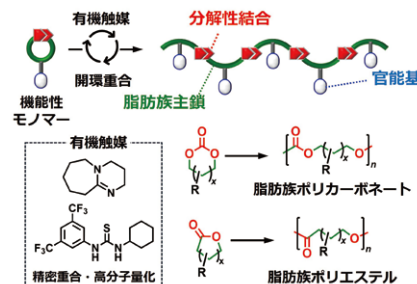
ファンデルワールス力や水素結合などの分子間相互作用を駆動力として、分子が自発的に集合・配列したり、秩序のある構造を形成することを自己組織化と呼びます。DNAの二重らせんやタンパク質の高次構造のような精緻なナノ構造制御による機能発現は、高分子や有機材料においても用いられています。当研究室においても、分解性ポリマーの高機能化の手段として自己組織化を取り入れ、ナノ形態の制御による組織や細胞に対する作用を変化させたり、剛直部位のナノ相分離による力学特性の向上、などを達成しています。

(d) 分解制御

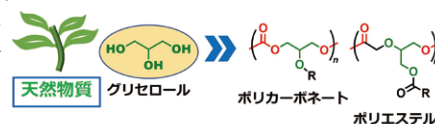
使用時の安定性と任意の時期の速やかな分解性が代替プラスチックには求められます。このうち、側鎖を機能化した脂肪酸ポリカーボネートやポリエステルの開発を通して、分解速度と側鎖構造との相関について知見が得られてきました。水に不溶なポリマーの分解は界面における水との相互作用が重要な要素となる一方、主鎖の加水分解を促進する触媒的效果を示す構造も見出しています。これらの知見を活用し、任意の時期の迅速な分解を可能にする「オンデマンド分解」技術の開発も進めています。

■セールスポイント

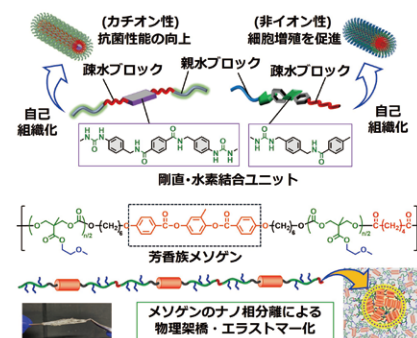
複数のポリマー主鎖骨格を取り扱い可能です。機能性の環状モノマーの設計・合成と有機触媒による精密重合・高分子量化の両方について当研究室の技術レベルは世界的にも相当高い自信があります。



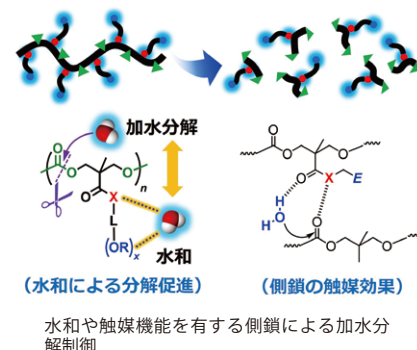
機能性環状モノマーの重合による分解性ポリマーの機能化



バイオベース分解性ポリマーの例



自己組織化を利用したナノ構造制御による分解性マテリアルの機能化



水和や触媒機能を有する側鎖による加水分解制御

環境調和プラや医療材料への展開を目指して
多彩な合成技術と精密重合による分解性ポリマーの機能化

■キーワード

有機触媒 ポリマー分解 リサイクル アップサイクル

■研究の概要

化石資源から生産されるプラスチックは使用後の廃棄（環境中への残留）による環境汚染や焼却による二酸化炭素排出が問題となっています。欧州では自動車部品のプラスチックの25%を再生材とする規制案が発表され、バージン材に比べてコスト的に不利だったリサイクル材の価値は転換期を迎えつつあります。当研究室では有機触媒によるポリマー分解反応の効率化を中心に研究しています。

■研究・技術のプロセス／研究事例

(a) ポリエチレンテレフタレート (PET)

PETのリサイクルは工業的・学術的に最も発展し、研究が進んでいます。この分野で日本は世界をリードしていますが、それでもPETボトルのリサイクル率は30%程度に留まります。マテリアルリサイクルによる品質保証と経済性の両立の難しさが、この背景の一つとして考えられます。ケミカルリサイクルでは、高純度モノマーの回収が特徴ですが、その効率化が重要となります。当研究室では有機触媒によるPETの効率的分解を達成し、さらに難易度の高いPETの変換反応も効率化し、様々な有用物質を得るアップサイクリングも推進しています。

(b) ビスフェノールAポリカーボネート (BPA-PC)

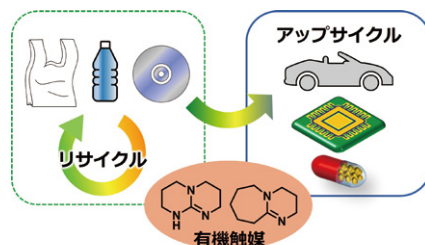
BPA-PCは透明性と耐衝撃性、耐熱性に優れたエンジニアリングプラスチックに分類され、輸送機器の窓材、建材、光学ディスク、医療器具等に利用されています。また、二酸化炭素を構造単位に含むことから二酸化炭素固定材料としても期待されます。当研究室では、有機触媒によるBPA-PCの分解反応を利用した脂肪酸ポリカーボネートへの変換とその有効化について研究を進めています。

(c) 脂肪酸ポリカーボネート

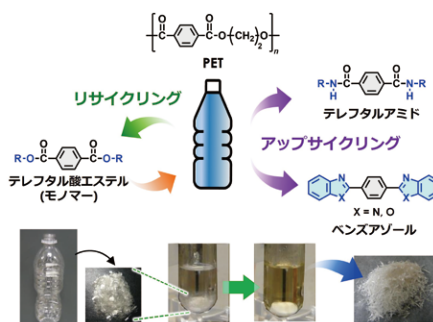
脂肪酸ポリカーボネートの一部は生分解性ポリマーとしても知られますが、環境中の分解性は高くはありません。当研究室では側鎖による機能化を施した脂肪酸ポリカーボネートを多く開発しており、これらの触媒的低エネルギープロセスによる分解技術確立することで、易リサイクル性材料としての展開を検討しています。

(d) 高機能ポリマー

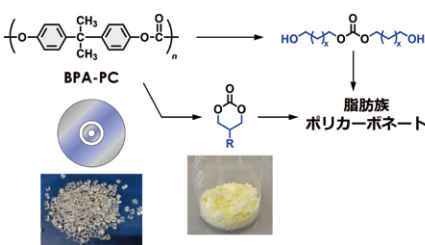
高い熱的・力学特性を有するポリマーは高性能ポリマーと知られ、航空宇宙分野や輸送機器など高耐久性が要求される部材に使用されています。一方で、その高い安定性からリサイクル難易度は高くなりますが、持続可能な物質循環社会の実現のためには、最終的にはこのような特殊ポリマーのリサイクルも達成していく必要があります。本研究室では、有機触媒を用いた化学反応がいくつかのスーパーエンジニアリングプラスチックの分解にも有効であることを見出し、その技術展開を進めています。



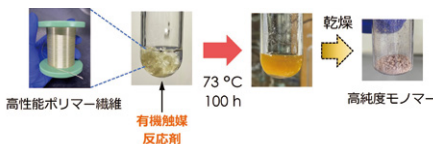
有機触媒を利用したプラスチック資源循環



PETのケミカルリサイクルおよび有機触媒が可能にしたアップサイクル



BPA-PCのアップサイクル型変換による脂肪酸ポリカーボネートの生成



高性能ポリマーの低エネルギープロセス分解

■セールスポイント

有機触媒を用いたポリマー分解反応に関する実績は国内トップレベルにあると自負しております。「分解」を共通項として、環境調和材料やバイオマテリアルへのアップサイクル展開ができるのも特徴です。



特願2024-213897

ケミカルリサイクル・アップサイクルに有効
有機触媒を利用した効率的ポリマー分解