



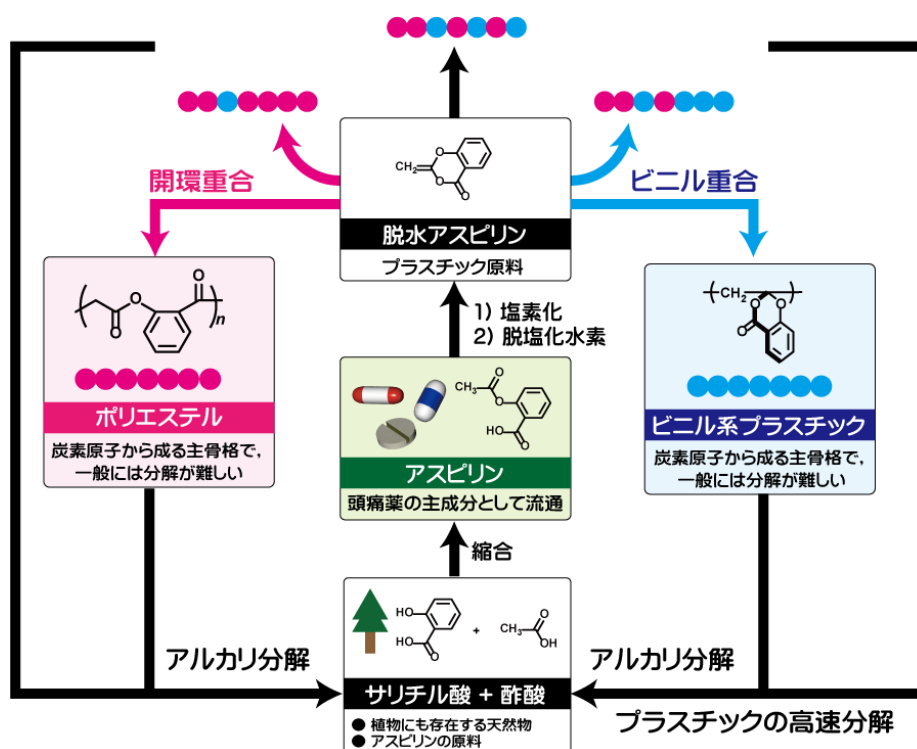
## 頭痛薬から多様な循環型プラスチックを合成

信州大学の風間茜（大学院総合医理工学研究科，博士課程3年／日本学術振興会 特別研究員 DC-2），高坂泰弘（先鋭材料研究所／繊維学部化学・材料学科，准教授）は，頭痛薬の主成分であるアスピリン（アセチルサリチル酸）<sup>※1</sup>を原料に，リサイクル<sup>※2</sup>が容易なプラスチックを合成することに成功しました。2019年に報告した技術を発展させ，アスピリンからポリエステルを合成することに成功したほか，これらのプラスチックの高速分解を実現し，高効率での資源再生を達成しました。本成果は脱化石資源やプラスチックごみ問題の解決に繋がる考え方を提示するもので，実用化も期待できます。以上の成果は2022年12月6日付の Polymer Chemistry 誌（Royal Society of Chemistry; 英国王立化学協会）13巻47号に論文として掲載されました。本論文は同号の裏表紙でクローズアップされ，6週間無料公開されています。

### 概要

高坂准教授らは2019年に，アスピリン（アセチルサリチル酸）を原料に，リサイクル容易なビニル系プラスチックを世界で初めて報告しました。今回の論文では，以下の新発見を報告しています。

#### 組成変更で多様なプラスチックを提供



#### ✓ ビニル系プラスチックの高速分解技術（図・右下矢印） |

ビニル系プラスチック<sup>※3</sup>は，主骨格が炭素－炭素結合で構成されています。炭素－炭素結合の切断方法は限られており，ビニル系プラスチックから原料物質を再生する上での課題になっていました。2019年に高坂准教授らは，炭素－炭素結合の切断を容易にする新しい分子構造を提案し，ビニル系プラスチックの高効率なケミカルリサイクルに初めて成功しました。この成果は，令和3年度文部科学省の戦略目標<sup>※4</sup>で「日本の強み」として紹介されるなど，国内外で高い反響を得ています。しかしながら，分解

に数日間の加熱を要するなど、実用化に向けた課題が残っていました。

今回の論文では、まずビニル系プラスチックが分解するメカニズムを調査しました。そして、強アルカリ性条件では、ビニル系プラスチックが 5 分以内に完全分解することを突き止めました。この発見は、当該プラスチックの実用化を後押しすると期待されます。

#### ✓ **ポリエステル合成と資源循環（図・左半分）**

今回の論文では、上記ビニル系プラスチックと同一の原料から、ポリエステルを合成することにも成功しています。ポリエステルは主骨格に酸素を含むプラスチックで、ビニル系プラスチックとは異なった性質を示します。例えば、上記のビニル系プラスチックは 132 °C で、ポリエステルは 60 °C で軟化します。得られたポリエステルを強アルカリ条件で処理すると、すぐに分解して原料物質（酢酸、サリチル酸）を再生しました。

#### ✓ **アスピリンから、多様な循環型プラスチックを合成**

プラスチックを合成する際の反応温度を調整すると、ビニル系プラスチックとポリエステルの構造が折衷したプラスチックが製造できることも見出しました。上述した通り、これらのプラスチックは強アルカリ処理により分解し、原料物質である酢酸とサリチル酸を再生します。すなわち、アスピリンから、化学構造や性質が異なる多様な循環型プラスチックを誘導できることが明らかになりました。

今回の発見は、複数種のプラスチックを共通する原料から製造し、共通する原料に分解、再生する技術を報告するものです。このような効率的な資源循環システムは、脱化石資源やプラスチックごみの削減を実現する上で、理想的なモデルです。

### 用語解説

※1 **アスピリン** | 学名はアセチルサリチル酸で、アスピリンは商標。1897 年にドイツ・バイエル社が開発した世界初の合成医薬品で、現在でも消炎鎮痛剤・頭痛薬として広く使用されている。

※2 **プラスチックのリサイクル** | 現在はプラスチックを熔融し、再成形・再加工して製品化するマテリアルリサイクルが主流。だが、マテリアルリサイクルでは、酸化・光分解による分子の変性や、汚染による品質低下に対応することができない。このため、恒久的な資源再生は不可能だとされている。そこで、プラスチックを分子レベルで分解し、化学的に再合成するケミカルリサイクルが期待されている。ケミカルリサイクルでは、品質低下を招くことなく、恒久的に資源を循環させることができる。しかしながら、プラスチックの多くはリサイクルを前提に開発されたわけではないので、分解技術の開発が課題になっている。本成果は、単一原料から多様なプラスチックのケミカルリサイクルを実現する画期的な発見である。

※3 **ビニル系プラスチック** | 炭素-炭素二重結合の反応を利用して合成されるプラスチックの総称で、無数の炭素原子が連結した主骨格を持つ。ポリエチレン、ポリ塩化ビニル、発泡スチロールはビニル系プラスチックの代表格。安価に大量生産できるため、プラスチック総生産量の 7 割を占める。その一方で、安定で分解しにくいこと、環境分解できないことや、ケミカルリサイクルが難しいことが課題になっている。

※ **文部科学省の戦略目標** | 我が国が進めるべき研究開発を示した指針で、これに基づき科学技術振興機構の戦略的創造研究推進事業(CRSET・さきがけ)が策定される。高坂准教授の成果は、令和 3 年度の戦略目標で「日本の強み」として紹介され、これに基づき策定された JST さきがけに採択されている。

### 研究者紹介

#### ● **高坂泰弘 准教授（先鋭材料研究所／繊維学部化学・材料学科）**

独創的な分子設計に基づく高分子材料を追求する化学者。近年では、分解やリサイクルが容易なプラスチックの研究で注目を集めており、海洋分解性プラスチックの開発を目指す NEDO「ムーンショット型研究開発事業」や、プラスチック分解技術の開発・応用を目指す「JST さきがけ」などの国家プロジェクトにも参画している。2019 年に高分子研究奨励賞（高分子学会）、繊維学会奨励賞をダブル受賞。2018 年には Polymer Chemistry 誌（Royal Society of Chemistry, UK）が特集する Emerging Investigator（新進気鋭の研究者）世界 33 傑に、2021 年には Macromolecular Rapid Communication 誌が特集する Young Talents in Polymer Science に選出されている。

● 風間茜 (大学院総合医理工学研究科 博士課程 3 年 / 日本学術振興会 特別研究員 DC-2)

2017 年から繊維学部の高坂研究室に配属され、分解性をもつビニル系高分子の研究に従事する博士課程学生。2018 年・2020 年に日本化学会東海支部長賞, 2018 年に東海高分子研究会学生研究奨励賞, 2019 年に国際純正応用化学連盟主催の国際会議で最優秀ポスター賞, 東海高分子優秀学生発表賞を受賞。

**論文情報**

掲載誌: Polymer Chemistry (Royal Society of Chemistry, UK; Impact factor 5.364)

論文題目: Diverse chemically recyclable polymers obtained by cationic vinyl and ring-opening polymerizations of the cyclic ketene acetal ester “dehydroaspirin”

(環状ケテンアセタールエステル「脱水アスピリン」のカチオン型ビニル重合 / 開環重合により得られる多様なケミカルリサイクル可能なポリマー)

デジタルオブジェクト識別子 (DOI): 10.1039/D2PY01181F

本論文は 2022 年 10 月 14 日に受理され, 10 月 17 日にオンライン版で投稿原稿が早期公開されました。12 月 6 日に印刷媒体に採録され, 裏表紙へ採用されました。

**お問い合わせ先**

信州大学先鋭材料研究所 / 繊維学部化学・材料学科機能高分子学コース

准教授 高坂 泰弘 (こうさか やすひろ)

〒386-8567 長野県上田市常田 3-15-1 信州大学上田キャンパス G507 号室

TEL: 0268-21-5488 e-mail: kohsaka@shinshu-u.ac.jp