

# サステイナブル 材料合成化学 研究室

プラスチックの  
革新により  
環境問題の  
解決に貢献する



谷口育雄 教授  
[繊維学系]

**[経歴]**  
**1999年04月-** 京都工芸繊維大学 助手  
**2004年09月-** マサチューセッツ工科大学 博士研究員  
**2007年04月-** 地球環境産業技術研究機構 主任/研究員  
**2012年12月-** 九州大学 准教授  
**2022年04月-** 京都工芸繊維大学 教授  
**[研究分野]**  
 高分子材料化学、膜分離工学、CO<sub>2</sub>分離回収技術



**[研究概要]**  
 火力発電所の排ガスなどに含まれるCO<sub>2</sub>を分離回収し、バイオマス由来の化合物と反応させて、室温付近で成形できる生分解性プラスチックを創成します。このプラスチックはサステイナブルであり、化石資源の保護とともに、低温で成形できるため省エネルギー成形加工が可能です。またリサイクル性が高く、自然環境で分解するため、環境負荷も小さい点が特徴です。

サステイナブルな社会への関心が高まる中、  
使用済みプラスチックがもたらす環境負荷の軽減を目指す  
動きが国内外で加速しています。  
繊維学系の谷口育雄先生は、より環境に優しいプラスチックの開発という  
材料化学的なアプローチでその問題の解決に挑んでいます。

## 何度もリサイクルできる 「圧力可塑性プラスチック」の開発

レジ袋の有料化や、プラスチックストローから紙ストローへの転換など、「脱プラスチック」の動きが急速に進む昨今。その背景には、適切に処理されなかった廃プラスチックによる環境汚染や、製造・焼却時に排出されるCO<sub>2</sub>による地球温暖化および気候変動など、プラスチック利用が引き起こす環境問題への危機意識があります。一方で、プラスチックはその利便性から、現代の私たちの生活に必要不可欠な材料となっており、その生産量は年々増加しています。この現状を打破するには、どうすればよいのか。その解決の糸口を示してくれるのが、サステイナブル材料合成化学研究室の谷口先生による研究です。先生が取り組むのは「室温付近で成形可能な生分解性プラスチック」の開発。その研究内容について、詳しいお話を伺いました。

「私の研究における大きなテーマは『プラスチックの循環』です。プラスチック材料は、通常は溶融成形という成形加工法を施されて製品になります。そして、製品は使い終わった後に回収され、細かく粉碎されて再生原料となります。その原料を使って再び同じプラスチック製品を作り、リサイクルができますが、実際にはそれができません。なぜかというと、プラスチック製品のほとんどは加熱によって樹脂を溶かし、それを型に流し込んで作られます。こうした溶融成形を繰り返すことにより、プラスチックの主成分である高分子は分解が進みます。その結果、もともとの性質を発揮できなくなり、同じ製品として利用することが難しくなってしまうのです」。例えばほとんどどのペットボトルは、回収後はカーペットやカーテンなど、ボトル以外の製品に生まれ変わります。そして、それらの製品はリサイクルされることなく焼却処分されてしまいます。「この問題を解決するために、加熱せずに成形できるプラスチックがあればよいのではないかと考えました。その具体的な方法として、圧力をかける『加圧』によって変形する材料をずっと研究しています。この材料は室温で成形でき、加熱が不要なため熱分解が起こりません。つまり、無限にリサイクルすることが可能になります。この新しい材料を、一般的な熱可塑性プラスチックに対しても『圧力可塑性プラスチック』と呼んでいます」

## より効率的なCO<sub>2</sub>の分離回収を目指して

プラスチックの材料となるCO<sub>2</sub>の分離回収においても、谷口先生は独自の技術を開発しています。「効率的に、安く、エネルギーをかけずにCO<sub>2</sub>を分離するには、膜を用いて物質をふるい分ける『膜分離』が向いています。この方法を用いた分離膜モジュールの作製に取り組んできました」。先生はそう話しながら、モジュールの実物を見せてくださいました。ストロー状の中空糸膜が何百本も束ねられたもので、一方からガスを通す仕組みになっています。「分離膜モジュールはある企業との共同研究で開発しました。メタンとCO<sub>2</sub>を主成分とするバイオガスを通したところ、96%の純度でCO<sub>2</sub>を抽出できることが確認されました」。高い性能を持つとともに、作製が簡単な点も特徴であると先生は言います。「モジュールの本体は市販の水処理膜を用いています。その中空糸の一一本の内側を膜材料でコーティングすることで、高いCO<sub>2</sub>分離性能を実現しました。市販の水処理用膜モジュールに膜材料の水溶液を通することで、わずか10分程度でコーティング

が完了するため、量産化も簡単です。コーティングの厚さはおよそ数百ナノメートル。膜材料には、アミンと呼ばれるCO<sub>2</sub>と強く結合する分子が含まれています。このアミンの化学構造を変えることによって分離性能が変わってくるのですが、私たちが実現したものは世界トップレベルの分離性能を有しています。実用化に向けて、今後は石炭火力発電所での実証実験も予定しています」

## 新材料が社会に与えるインパクト

「材料の分子構造と加圧可塑性の関係については、実はまだよく分かっていません。その点を明

らかにしていくことが今後の目標です」と話す谷口先生。それが分かれば、柔らかくしたり、硬くしたり、望む物性を持ったプラスチックを自由に作ることも可能になるといいます。そうすれば、現在一般的に使われている熱可塑性プラスチックから圧力可塑性プラスチックへの代替がますます進むことでしょう。その社会的インパクトについて、先生は次のように語ります。「日本におけるプラスチック生産量の半分を占めるのがポリエチレンとポリプロピレンです。この二つを私が提案するプラスチックに置き換えた場合、年間で3,300万トン以上のCO<sub>2</sub>削減につながると推定され、これは日本のCO<sub>2</sub>排出量の約3%に相当します。熱可塑性の



Fig.1——吸収液によるCO<sub>2</sub>分離回収でのCO<sub>2</sub>吸収量を定量している模様



Fig.2——圧力可塑性プラスチックの加圧成形



Fig.3——室温で押出成形された圧力可塑性高分子繊維