



# 九州シンクロトロン光研究センター 県有ビームライン利用報告書

課題番号：1406055R

BL番号：11

(様式第5号)

## 小角 X 線散乱によるリサイクルポリプロピレン・ポリエチレンの 構造解析

### Structural analysis of recycled polypropylene and polyethylene by small-angle X-ray scattering

八尾 滋  
Shigeru Yao

福岡大学工学部  
Faculty of engineering Fukuoka University

- ※1 先端創生利用（長期タイプ、長期トライアルユース、長期産学連携ユース）課題は、実施課題名の末尾に期を表す（Ⅰ）、（Ⅱ）、（Ⅲ）を追記してください。
- ※2 利用情報の開示が必要な課題は、本利用報告書とは別に利用年度終了後二年以内に研究成果公開（論文（査読付）の発表又は研究センターの研究成果公報で公表）が必要です。（トライアルユース、及び産学連携ユースを除く）

#### 1. 概要（注：結論を含めて下さい）

プラスチックのマテリアルリサイクルが進展しない大きな要因として、力学物性の低下が上げられる。従来この原因は化学劣化であると考えられてきた。しかしながら最近の我々の研究により、化学劣化していないリサイクルプラスチックにおいても力学物性が低下していることが明らかとなった。またプレス成形条件により、この力学物性が大きく改善できることも明らかとなった。これらの結果は、リサイクルプラスチックの力学物性の低下は化学劣化ではなく構造的な物理劣化であることを示している。

本研究は様々なプレス成形を行ったバージンプラスチックおよびリサイクルプラスチックの内部構造を X 線小角散乱により調べ、力学物性との関係を検討する目的で行った。その結果、X 線小角散乱により有効なデータが得られる可能性を見出した。

#### (English)

The main factor of not progressing the material recycling is the degradation of mechanical properties of recycled plastics. Conventionally, the reason for this has been considered to be a chemical degradation. However, according to our recent study revealed that the mechanical properties of not chemically degraded plastics also decrease much. These results indicate that the main reason of the degradation of mechanical properties of recycled plastics is physical degradation.

The purpose of this study is to investigate the relations between the inner structures and mechanical properties of virgin and recycled plastics those were made by various hot press conditions.

The results of this study clearly showed that there is a possibility of getting an effective data.

#### 2. 背景と目的

我が国のプラスチック樹脂生産量は、1,159 万トンであり、廃プラスチックとして排出される量は 952 万トンである。その中でも、有効利用されている廃プラスチックの量は 718 万トンに留まっている。有効利用の仕方は、サーマルリサイクル、マテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルに分けられるが、サーマルリサイクルが約 7 割を占めている。しかし、環境的な視点から見ると、このリサイクル方法は最終手段として考慮するのが適当である。一方、ケミカルリサイクルはコストの問題から課題が残る手法である。従って、化学変化を伴わずに再利用するマテリアルリサイクルを繰り返し行い、資源を循環させる必要がある。しかしながら、リサイクルプラスチックはバージンプラスチックと比較して、物性値が劣ることが

知られている。従来、この原因は化学劣化によるものだと考えられてきたが、最近我々は、プレコンシューマリサイクルポリプロピレン (Pre-consumer Recycled Polypropylene : Pre-RPP) が分子物性的に化学劣化していないにも関わらず、薄膜の力学物性が大きく劣ることを見出した。このことは、リサイクルプラスチックの物性低下の原因が化学劣化ではなく物理劣化による内部構造変化であることを示している。

実際に上述した Pre-RPP を異なる熱プレス条件で成形した薄膜は、その原材料であるバージンポリプロピレン (Virgin Polypropylene : VPP) の示す物性に漸近する場合があることが、最近の我々の研究で明らかになっている。従って、リサイクルプロセスを最適化することにより、リサイクルプラスチックがバージンプラスチックと同程度の性質を示すことが出来るような高度利用技術を開発することも可能であると考えられる。

本研究では X 線小角散乱により、様々な熱プレス条件で成形したリサイクルポリプロピレンおよびポリエチレン試料の内部構造を評価し、力学特性との関係を調べられるか、可能性を確かめることを目標として執り行った。

### 3. 実験内容 (試料、実験方法、解析方法の説明)

実験に用いたバージンポリプロピレン (Virgin Polypropylene : VPP) は、射出成形・透明グレード品である。またプレコンシューマリサイクルポリプロピレン (Pre-consumer Recycled Polypropylene : Pre-RPP) は、VPP を用いて試験片などを射出成形した際に派生したランナーなどの副生成物から作成したものである。これら VPP と Pre-RPP のペレットを種々の条件で熱プレスし、徐冷および氷水で急冷させて、薄膜を作成した。Fig.1 に実際に作成した試料例を示す。またリサイクルポリエチレンはペットボトル飲料のキャップのリサイクル品を用いた。

X線小角散乱用の試料はこれらプレスして得られた薄膜を所定の厚みまで重ね合わせることで作成した。

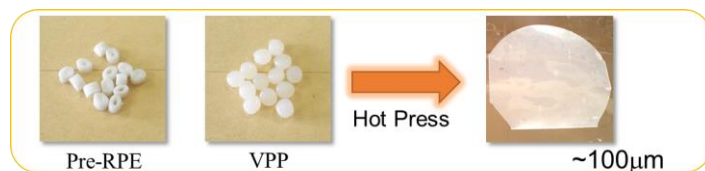


Fig.1 Schematic Image of Hot Pressed Sample

### 4. 実験結果と考察

今回測定した X 線小角散乱のデータでは、急冷品およびそのアニーリング品が、徐冷品と大きく異なること、アニーリングにより、広角側のピークが大きく成長すること、また一度急冷した試料でも、再度徐冷成形を行うと元に戻る事が確認された。

### 5. 今後の課題

今回の評価により、ポリプロピレンは試料作成方法により内部構造が大きく異なっており、それが X 線小角散乱を測定することで明らかにできる可能性が示唆された。一方ポリエチレンについては、さらに検討を行う必要がある。

今後はこの内部構造の差異と力学特性との関係を評価し、力学物性の劣化が内部構造と関係あるかを調べる必要がある。

### 6. 参考文献

#### 7. 論文発表・特許 (注: 本課題に関連するこれまでの代表的な成果)

「リサイクルポリマーブレンド系の UV 劣化特性について」、八尾滋, 富永亜矢, 関口博史, 高取永一 日本レオロジー学会誌, 42(1), 61-64(2014).

「プレコンシューマリサイクルポリプロピレンの高度再生技術」, 富永亜矢, 関口博史, 中野涼子, 八尾滋, 高取永一 高分子論文集, 70, 712-721 (2013).

「リサイクル高密度ポリエチレンの材料特性の平均分子量依存性」, 高取永一, 志村尚俊, 八尾滋, 進藤善夫 日本レオロジー学会誌, 42(1), 39-43(2014).

「リサイクルポリマーブレンド系の UV 劣化特性について」, 八尾滋, 富永亜矢, 関口博史, 高取永一 日本レオロジー学会誌, 42(1), 45-49(2014).

"Inner structure and mechanical properties of recycled polypropylene. ", Shigeru Yao, Aya Tominaga, Youhei Fujikawa, Hiroshi Sekiguchi, and Eiichi Takatori, Nihon Reoroji Gakkaishi(J. Soc. Rheol. Japan), 41(3), 173-178 (2013).

**8. キーワード**（注：試料及び実験方法を特定する用語を2～3）

リサイクルプラスチック、熱プレス、冷却条件、物理劣化、化学劣化、物理再生

**9. 研究成果公開について**（注：※2に記載した研究成果の公開について①と②のうち該当しない方を消してください。また、論文（査読付）発表と研究センターへの報告、または研究成果公報への原稿提出時期を記入してください（2013年度実施課題は2015年度末が期限となります。）

長期タイプ課題は、ご利用の最終期の利用報告書にご記入ください。

① 論文（査読付）発表の報告

（報告時期：2015年 6月）