

ポリカーボネートのアンモニア分解中における密度揺らぎの変化に関する研究

西辻 祥太郎¹⁾

Shotaro NISHITSUJI

吉田 貴如¹⁾

Takayuki YOSHIDA

藤井 洸樹¹⁾

Koki FUJII

¹⁾山形大学大学院有機材料システム研究科

(概要)

本研究は、環境問題への対応として注目されるプラスチックのリサイクルにおいて、バイオポリカーボネート（バイオ PC）の分解過程を明らかにすることを目的とした。申請者らは、カーボネート系プラスチックをアンモニア水により肥料成分である尿素へ変換する新しいリサイクル手法に着目し、特にバイオ PC の高性能化に向けて、その破壊メカニズムの理解を目指した。研究では、重アンモニア水中で石油由来 PC およびバイオ PC の時分割中性子散乱測定を実施し、密度揺らぎの定量化とその時間変化を解析した。その結果、分解に伴う構造変化がナノスケールで観察され、バイオ PC は石油由来 PC に比べて分解が緩やかに進行することが示された。

キーワード：ポリカーボネート、分解、密度揺らぎ**1. 目的**

近年、マイクロプラスチックの海洋汚染や地球温暖化などの環境問題が起こっている。そのため、使用済みの資源をリサイクルすることに注目が集まっている。本申請者らは、その資源循環社会を実現するための一つの方法として、カーボネート結合からなるプラスチックをアンモニア水で処理することで植物肥料として知られる尿素へと変換する新しいリサイクルプロセスのコンセプト¹⁾に着目した。特にプラスチックをバイオマス資源にすることで、理想的な資源循環システムとなる。しかし、問題点としてバイオポリカーボネート (PC) は、石油由来の PC と比較して力学特性が著しく低い。バイオ PC の高性能化を目指すためには、破壊のメカニズムについて理解する必要がある。

石油由来の PC はガラス転移近傍で熱処理すると、衝撃値が著しく低下する熱老化が起こる。本申請者らは熱処理すると体積弾性率が低下することを見出した²⁾。このことから密度の高い部分と低い部分があり、それが熱処理によりその差が広がったため、衝撃値が低下したという仮説を立てた。この仮説をもとに X 線を測定したところ、熱処理によって小角側の散乱強度が増加した。つまり、密度揺らぎが変化したということである。そこでバイオ PC についても密度揺らぎを明らかにすることによって、破壊メカニズムについて理解できるのではないかという着想に至った。特にアンモニア水によって分解していくときに密度揺らぎがどのように変化していくのか、例えば密度の低い部分から分解が始まれば密度揺らぎがより大きくなる等を観察することができれば、バイオ PC の分解過程を理解することができる。

本研究の目的は、重アンモニア水下でバイオ PC の中性子散乱を測定することにより、密度揺らぎの大きさを定量的に求め、分解過程で密度揺らぎがどのように変化していくのかを明らかにすることである。

2. 方法

重アンモニア水に浸漬した石油由来の PC とバイオ PC に対して 70℃で時分割中性子散乱測定を行った。検出器の距離を 10m にした。1 測定 10min とし、6 時間測定を行った。

3. 結果及び考察

Figure1 に石油由来 PC の時分割中性子散乱測定の結果を示す。分解過程のはじめは小角側に立ち上がりが見られた。これは単一高分子であっても密度揺らぎがあることを示している。分解が進んでいくと、ショルダーが現れ、そのショルダーが小角側にシフトしていくのがわかる。これは分解が不均一に進み、ナノメートルオーダーの構造が分解によって現れることを意味している。さらに分解が進むと、再度小角側にショルダーが現れることがわかった。

Figure2 にバイオ PC の時分割中性子散乱測定の結果を示す。分解時間が増加するにつれ、ショルダーが現れ、それが小角側にシフトしていく。これは石油由来 PC と同様の傾向である。しかし、石油由来 PC に比べ、散乱強度の増加はゆっくりであることがわかった。つまり、石油由来 PC とバイオ PC では分解過程における構造変化が大きく異なることが分かった。

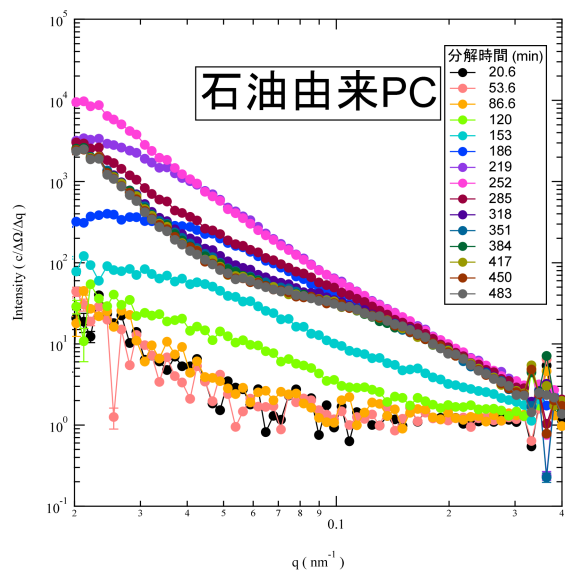


Figure 1 石油由来 PC の時分割中性子散乱測定における散乱プロファイル

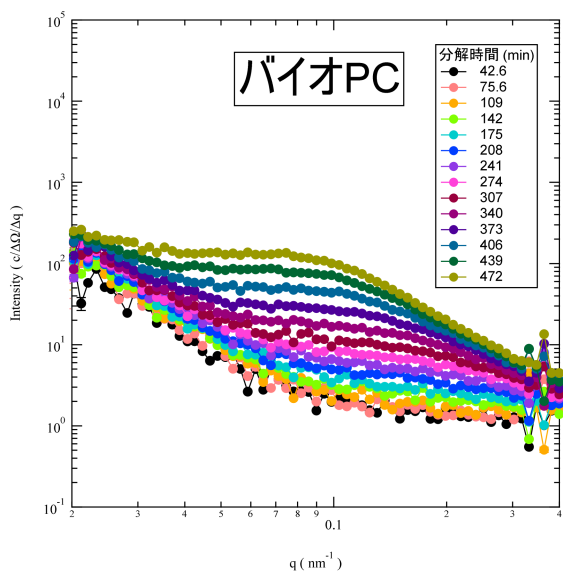


Figure 2 バイオ PC の時分割中性子散乱測定における散乱プロファイル

4. 引用(参照)文献等

- 1) D.Aoki et al., Green Chem., 2021, 23, 9030–9037.
- 2) S.Nishitsuji et al., Polymer, 2019, 178, 121571.