

織



京都工芸繊維大学

丸林 弘典 准教授

大学院工芸科学研究科 バイオベースマテリアル学専攻 ナノ材料物性研究室

背景

- ■プラスチックやゴムに代表される**合成高分子**は金属・セラミックスと並ぶ3大工業材料の一つであり、私たちの生活に欠かせない素材です。
- ■合成高分子は主に石油から作られ、環境中でほとんど分解しません。そのため、その大量の生産・消費・廃棄は、化石資源の枯渇・地球温暖化・生態系の破壊・マイクロプラスチック汚染といった様々な環境問題を引き起こしています(図1)。
- ■このような地球規模の環境問題を是正し、持続可能な社会を実現するために、バイオマスを原料とした高分子材料(バイオマスプラスチック)や環境中で生分解される高分子材料(生分解性プラスチック)といったバイオプラスチックが求められています。

目的

■私たちは、結晶化や相分離といった相転移現象を利用して高分子の織り成す階層的なミクロ組織(図2)を制御することで、環境負荷の小さい高分子材料(バイオプラスチック)の高性能化・機能開拓、さらには再利用可能な繊維・高分子材料の創製に取り組んでいます。

概要

- ■バイオプラスチックのミクロ組織を解析するために、主としてX線を光源とした回折・散乱法を使います(図3)。高輝度のX線を利用可能な大型放射光施設(例: SPring-8, KEK)を積極的に利用しています。また、測定したデータを解析するソフトウェアの開発も行なっています。図4a, bに私たちが明らかにしたバイオプラスチックの結晶構造の例をいくつか示します。
 〈関連論文〉 ①、②
- ■バイオプラスチックの結晶化の制御因子を明らかにし、目的の物性・機能を達成する構造設計の指針を得るのが目標です。 そのためには、一次構造から高次構造まで一気通貫に制御することが不可欠です。 〈関連論文〉 ①, ②, ③, ④, ⑤
- ■高分子と低分子の協同的な結晶化現象を見出し、それを利用して特異的な物性・機能を発現させることにも挑戦しています。 〈関連論文〉 ⑤
- ■新奇のバイオプラスチックを生み出す研究も行なっています。特に、ポリ乳酸の側鎖を置換した**置換型ポリ乳酸**の研究開発に精力的に取り組んでいます。例えば、ポリ乳酸の側鎖をイソプロピル基に置き換えると、融点と結晶化速度が著しく上昇し、高性能なバイオプラスチックになることを見出しています(図4c)。

応用-将来展望

- ■自然に学びバイオプラスチックの階層構造を高度に制御し、バイオプラスチックそのものの特性を最大限に引き出すことで、モノマテリアル化とリサイクルを推進する。
- ■原子・エネルギー効率の高い環境調和型重合技術の開発
- ■未利用・非可食・安価なバイオマスや廃棄物から高性能で生分解性のバイオプラスチックを作る。

関連論文

- Marubayashi, H.*; Ushio, T.; Nojima, S. Macromolecules 2019, 52, 4624.
- 2 Marubayashi, H.; Iwata, T.* et al. ACS Macro Lett. 2016, 5, 607.
- 3 Marubayashi, H.*; Nojima, S. Macromolecules 2016, 49, 5538.
- 4 Marubayashi, H.; Asai, S.; Hikima, T.; Takata, M.; Iwata, T.* Macromol. Chem. Phys. 2013, 214, 2546.
- Marubayashi, H.; Asai, S.*; Sumita, M. Macromolecules 2012, 45, 1384; Polymer 2012, 53, 4262.

従来の合成高分子

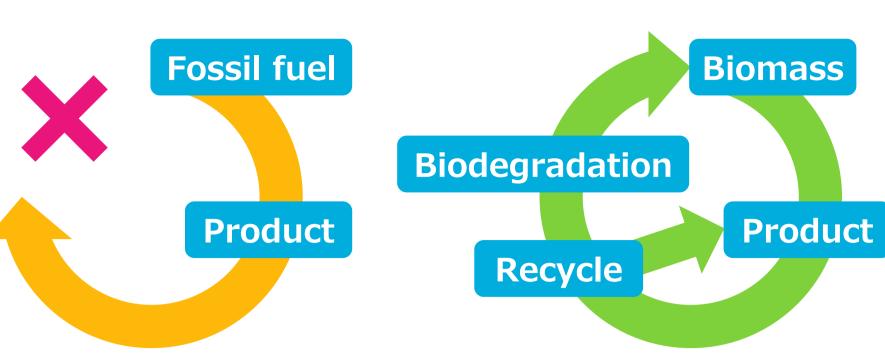
Tel:

E-mail:

バイオプラスチック

075-724-7689

hmaru@kit.ac.jp



- 化石資源の枯渇の恐れ
- 地球温暖化
- 生態系の破壊
- マイクロプラスチック汚染
- Biomass plastics
- <u>Bio</u>degradable plastics
- **→** <u>Bio</u>plastics
- 図1. 合成高分子とバイオプラスチックの炭素収支の比較.

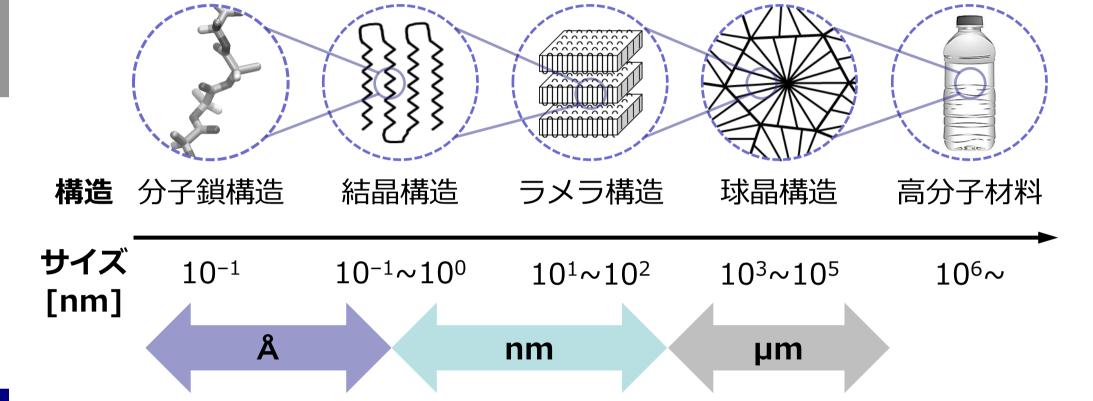
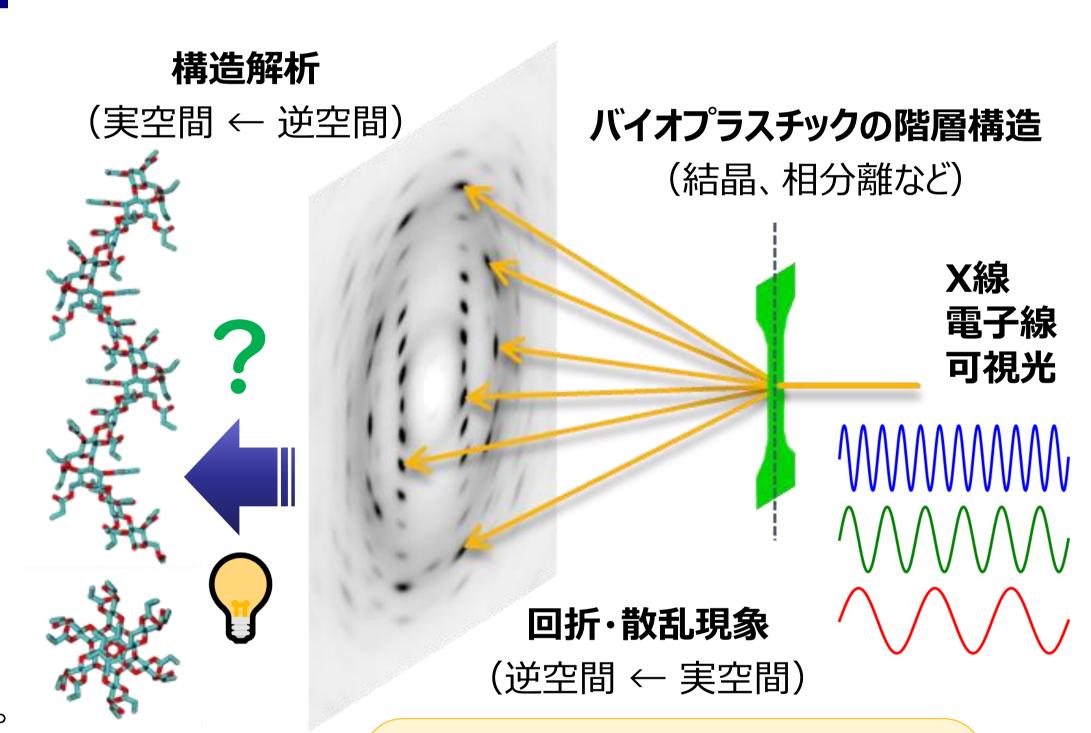


図2. バイオプラスチックの階層構造の例: 結晶性高分子の場合.



X線繊維回折法による結晶構造解析



✓ 機能開拓

- 小角X線散乱法による高次構造解析
- 光散乱法によるモルホロジー解析
- 実・逆空間法による相補的な解析
- 図3. 回折・散乱法を用いたバイオプラスチックの構造解析の模式図.

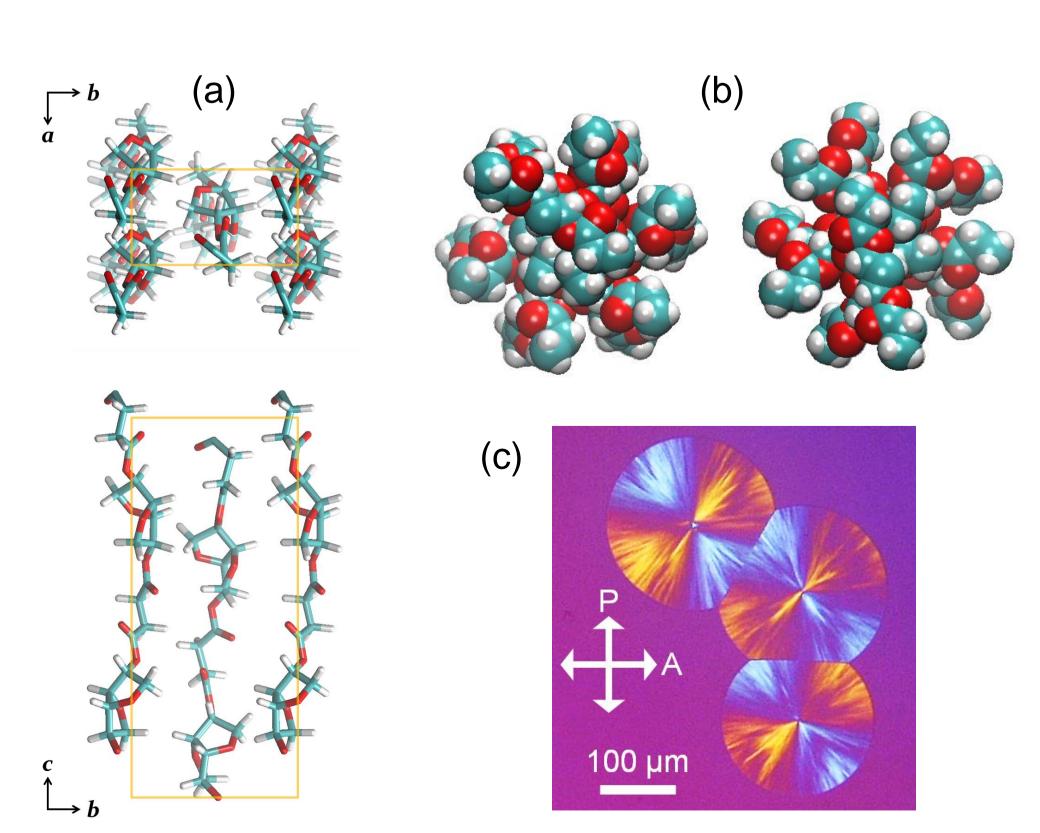


図4. 結晶性バイオプラスチックの例: (a) イソマンニドとコハク酸から合成したポリエステルの結晶構造(論文①). (b) 多糖誘導体カードランプロピオネートの6回・5回らせん構造(論文②). (c) 側鎖イソプロピル基の置換型ポリ乳酸の球晶の偏光顕微鏡写真(論文③).