

研究助成研究成果報告書

2019 年 9 月 12 日

公益財団法人江野科学振興財団
理事長 江野真一郎 殿

貴財団より助成のありました研究の成果について下記のとおり報告します。

申請者名

青木 裕之 印

記

1.研究課題名

和 文 高分子複合材料のマルチ量子プローブ解析技術の確立：単一高分子鎖からドメイン構造までの包括的構造解析
英 文 Development of multi-quantum beam analysis method for hybrid polymer materials: comprehensive structure analysis from single polymer chain to domain structure

2.申請者名(代表研究者)

氏 名 青木 裕之	ローマ字表記 Hiroyuki Aoki
所属大学・機関名 日本原子力研究開発機構	英訳表記 Japan Atomic Energy Agency
学部・部課名 J-PARC Center	英訳表記 J-PARC Center
役職名 研究主幹	英訳表記 Principal Scientist

3.共同研究者（下段 英訳表記）

氏 名	所属機関名・学部名・役職
(氏 名) ----- (英訳表記)	----- (英訳表記)

4. 英文抄録 (300 語以内)

Multi-component polymer materials have hierarchic structure at the length scale from nanometers to micrometers. In order to improve the properties and functions of multi-component materials, it is necessary to understand the entire structures from single polymer chain to the phase-separated domains. The current study aims at the development of the novel methodology combining super-resolution microscopy (SRM) and grazing angle small angle neutron scattering (GI-SANS).

The GI-SANS was implemented in a reflectometer beam line at J-PARC, which is a neutron experiment facility in Japan. By the development of a neutron focus mirror and the installation of the shielding block, the detection sensitivity of the scattering signal from a thin film sample increased by a factor of four. The measurement result for a 200-nm-thick film of a di-block copolymer of polystyrene and poly(methyl methacrylate) showed the ordered micro-phase separation structure with a domain size of 40 nm. This result well agreed with the X-ray scattering data, indicating that the development of the GI-SANS instrument was successful.

For the simultaneous measurement of SRM and GI-SANS, the optical system of SRM should be installed on a sample stage of the GI-SANS beam line; therefore, the new SRM system was built on a transportable chassis with a size of 45 x 30 cm². The measurement of a single fluorescent nano-bead and fluorescence-labeled single poly(butyl methacrylate) chain demonstrated the spatial resolution of 25 nm.

Both of GI-SANS and SRM were successfully developed, and the combination of them enables the simultaneous measurement of polymer materials in real and inverse spaces.

5. 研究目的

ゴムに代表される実在の材料は様々な成分を混合した複合材料として用いられているが、このような高分子複合材料の物性は、各成分のモノマーの化学構造を始めとして、組成および分子量など無数のパラメータが関係している。そのため、複合材料の物性を支配する基礎を理解した上で、その原理・原則に基づいた材料設計を推進することが、今後のさらなる高性能・高機能化を図る上で必須となる。複合材料では、各成分のドメインのサイズ・形状、またドメイン界面の状態も物性に大きな影響を与えるため、ドメイン構造を正確に理解することが不可欠である。一方、高分子材料が発現するユニークな力学的物性は、高分子化合物が巨大な鎖上分子であり分子自体の大きな形態エントロピー項および分子間のトポロジカルな相互作用が起源となっている。このため、高分子複合材料の開発のためには、ドメインおよびその界面の構造とともに、その内部で個々の高分子鎖がいかなるコンホメーションをとり、運動しているかを理解することが不可欠となる。しかし従来ではこれらを包括的に理解することが不可能であった。本研究では、複合材料内のドメイン構造を直接観察しながら、その場での単一高分子鎖の振る舞いまで解析可能な新たな構造解析の方法論を提案することを目的としている。

6.研究内容及び成果の本文

別紙に作成添付してください。(冒頭に所属、氏名、研究課題を記載ください)

7.今後の研究の見通し

高い空間分解能を持ちながらコンパクトな超解像光学顕微鏡と、斜入射中性子小角散乱を組み合わせた実空間・逆空間双方からの構造解析が可能となった。その実証実験に関しては中性子施設の不具合によって延期せざるを得なかったため、性能の検証とともに同時測定における最適化を行う実験を継続する。本研究において開発された顕微鏡と散乱の同時計測手法は、多成分系高分子材料について、ドメイン構造から高分子鎖のコンホメーション解析までを可能にするものである。今後は高分子複合材料の力学物性について単一高分子鎖に着目した基礎研究への展開を図る予定である。

8.本助成金による主な発表論文、著書名

投稿準備中

[注1] 本報告書は、助成金を受けた翌年9月末までに必ず提出してください。

[注2] (お願い)印刷物の郵送と電子媒体の添付ご提供をお願いします。インターネットメールでの送付を歓迎します。<E-Mail: enozaidan@kokoku-intech.com>

[注3] この報告書を当財団のホームページに掲載させていただきますので、予めご了承ください。

※当財団へのご意見・ご要望がございましたら、下記へご記入ください。
お寄せいただいたご意見・ご要望は今後の参考にさせていただきます。

アンケートへのご協力ありがとうございました。

以上