

目的別テーマ：ハイパフォーマンス/ハイブリッド繊維の開発

15年度研究テーマ

15-5-4：高分子/無機ナノ粒子ハイブリッド繊維・フィルムの機能性

ABSTRACT

The aim of our study is to prepare nanocomposite fibers and films of polymer/inorganic nanoparticles and to investigate their physical properties as functional materials. We prepared two types of the nanocomposites; one is poly(acrylic acid) or poly(ethylene-co-methacrylic acid) doped with copper sulfide (CuS) nanoparticles and the other is nylon 6 doped with silver iodide (AgI) nanoparticles. The former nanocomposites showed the strong optical absorption of both ultraviolet and near-infrared rays, indicating that the composite is applicable to a solar radiation shielding filter. The wavelength of the near-infrared absorption was controlled from ca.1050 nm to 1650 nm by various treatments (i.e., doping with different metal ions, changing sulfuration method, heat and acidic solution treatments etc). This material showed high prevention of heating up under heat-ray irradiation. The latter nylon 6/AgI composite showed some attractive characters. That is, the introduction of AgI led electric conduction to nylon 6. Long axis of oval-shaped AgI small particles aligned along the axis of molecular chain. More interestingly, AgI have lower crystal transition (from β form to α form) temperature about 120 °C in comparison with those which have been ever reported.

研究目的

本研究では、無機ナノ粒子をポリマーマトリックスに導入した有機/無機ハイブリッド繊維、あるいはフィルムを作製し、無機ナノ粒子の特性を利用した機能性材料の創製することを目的とした。従来より、有機/無機ハイブリッド材料に関する研究は、非常に数多く行われてきたが、繊維材料への応用を意識した研究例は非常に少ない。また、特に繊維中におけるポリマーの配向特性を利用して、異方性を有する無機粒子を導入しようとした試みは、ほとんどないといえる。このような背景より、これまであまりポリマー中への導入が試みられてこなかった機能性無機化合物を、*in-situ* で繊維やフィルムに導入してハイブリッド材料の作製を行った。今年度、研究対象とした無機化合物としては、主に硫化銅、およびヨウ化銀である。硫化銅は、高導電性、光吸収機能を有する p 型半導体であり、一方、ヨウ化銀は、高イオン伝導性、感光性のある無機化合物であり、研究対象としては、非常に魅力的である。

一年間の研究内容と成果

カルボキシル基を有するエチレン-メタクリル酸共重合体(EMAA)を Cu^{2+} で架橋したアイオノマーを用い、これを硫化処理することによって、マトリックス中で Cu^{2+} を *in situ* で硫化銅(CuS)に変換し、EAA/CuS ナノ粒子コンポジットの作製を行った。この試料は、紫外および近赤外領域に強い光吸収を示し、紫外・近赤外(熱線)を同時にカットする機能を有しており、熱線照射下において密閉空間内の温度上昇を防ぐ高い効果が見られた。さらに特に近赤外の光吸収に着目し、種々の処理を施すことにより吸収波長をコントロールする試みを行ったところ、酸処理や異種金属イオンのドーピング、さらに硫化処理方法等によって、その吸収波長の極大を 1000 nm から 1700 nm の範囲でコントロールすることが可能であった。

ヨウ化銀(AgI)を nylon 6 に導入したハイブリッド材料に関しては、ポリアミド類がポリヨウ素イオンコンプレックスを形成する性質を利用して、結晶配向した AgI 粒子を導入したナノ複合体の作製を行い、構造や物性について検討した。その結果、AgI の導入によって、nylon 6 の電気伝導性は 8 桁上昇し、ある程度電気を通す性質が見られた。また、導入した AgI 粒子は、アスペクト比の大きな異方性粒子となり、X 線回折から高い結晶配向性を有することが判明した。特に興味深い点としては、ポリマー中に導入した AgI の β から α への結晶転移温度が、バルクの転移温度と比較して、最高 30 °C 程度低い温度を示したことである。この結果は、これまで報告されていない現象であり、固体物性としては、学問的な興味だけでなく、超イオン伝導性に関係した、重要な物性であると考えられる。

展望

CuS 系ハイブリッド材料に関して得られた結果は、高い熱線遮へい特性を示しており、紫外線・熱線カットフィルター、あるいは夏季に着用する涼感繊維への応用が期待される。AgI 系ハイブリッドに関しては、導入した AgI 粒子とイオン伝導性との関係、転移温度の低下の原因の究明など、課題は多いが、固体電解質を導入した繊維材料などへの応用は比較的容易であると考えられる。