

研究助成 研究成果報告書

平成29年 9月25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

猪股克弘 印

記

1. 研究課題名

和文

架橋高分子微粒子からなるコロイド結晶フィルムの構造色発色機構の解明

英文

Study on structural coloring mechanism of colloidal crystal films consisting of cross-linked polymer microparticles

2. 申請者名(代表研究者)

| | |
|---------------------|----------------------------------------|
| 氏名 猪股克弘 | ローマ字表記 Katsuhiko Inomata |
| 所属大学・機関名 名古屋工業大学 | 英訳表記 Nagoya Institute of Technology |
| 学部・部課名 大学院工学研究科 | 英訳表記 Graduate School of Engineering |
| 役職名 教授 | 英訳表記 Professor |

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) 信川省吾 | 名古屋工業大学・大学院工学研究科・助教 |
| (英訳表記) Shogo Nobukawa | (英訳表記) Nagoya Institute of Technology, Graduate School of Engineering, Assistant Professor |
| (氏名) | |
| (英訳表記) | (英訳表記) |
| (氏名) | |
| (英訳表記) | (英訳表記) |
| (氏名) | |
| (英訳表記) | (英訳表記) |

4.英文抄録（300 語以内）

Recently, we have reported a structural colored colloidal crystal elastomer, which was prepared by immersing a colloidal crystal film of regularly assembled poly(ethyl acrylate-co-methyl methacrylate) (P(EA-MMA)) nanoparticles in ethyl acrylate containing small amount of cross-linker, and subsequently polymerized the immersing solvent to cross-linked poly(ethyl acrylate) (PEA). Because of the selective reflection of the visible light, the colloidal crystal film exhibited visible structural color, and the color was successful immobilized in PEA elastomer matrix even after the polymerization reaction. In this study, we used eighteen monomers with various chemical structure as the swelling solvent. For the structural colored samples after the swelling, the monomer was polymerized with cross-linker to obtain colloidal crystal/polymer matrix composite film. Visual image of the finally obtained film could be classified into three groups, i.e., (i) the structural color was maintained after the polymerization, (ii) the film became non-colored transparent state, and (iii) the film became turbid. With considering affinity and refractive index difference between P(EA-MMA) nanoparticle and the matrix polymer, the changing behavior of the structural color was discussed. The structural colored composite film was obtained when the solubility parameter between P(EA-MMA) and the matrix polymer was close, and the refractive index difference was larger than 0.007. In this case, the swelled monomer in the nanoparticle was polymerized in the particle with inter-penetrated manner, and the colloidal crystal structure could be maintained even after the polymerization. When the affinity between the nanoparticle and the matrix polymer was bad, the colloidal crystal film became turbid because of macroscopic phase separation and resulting irregular aggregation of the nanoparticle. If the refractive index difference between the nanoparticle and matrix polymer was small enough, the system can be considered as optically homogeneous state, and the sample became transparent even when the colloidal crystal structure was destroyed.

5.研究目的

申請者はこれまで、架橋高分子微粒子が集積してコロイド結晶を形成したフィルムについて、(1) 有機溶媒に膨潤させることでフィルムが構造色を呈すること、(2) 高分子のモノマーを有機溶媒として用いた場合、モノマーを重合し高分子マトリックス中にコロイド結晶フィルムを固定化することで構造色も固定化されること、(3) コロイド結晶固定化フィルムを変形すると構造色が変化すること、について報告した。

コロイド結晶が発現する構造色は、**Bragg** の回折理論によれば、その繰返し構造の周期長と屈折率によって決まる。実際、各種有機溶媒で膨潤させたコロイド結晶フィルムの構造色は、架橋高分子微粒子として用いたポリ(アクリル酸エチル-co-メタクリル酸メチル) (P(EA-MMA)) と溶媒との間の親和性（溶解度パラメーターの差）で説明できることを示した。

申請者らの予備的な実験において、P(EA-MMA)微粒子からなるコロイド結晶フィルムを、様々な化学種のモノマーで膨潤させたところ、モノマーの種類により発現する構造色はさまざまであった。さらに、膨潤モノマーを重合させた後に構造色が固定化されるかどうかを調べたところ、やはりモノマー種によってさまざまであった。これらの挙動は、高分子微粒子である P(EA-MMA)とモノマーとの間の親和性、屈折率差、またモノマーが重合した後の高分子マトリックスと微粒子との親和性と屈折率差、重合時の温度などが影響すると考えられるが、詳細な検討には至っていない。

本申請では、膨潤させるモノマーとして様々な化学構造を持つものを取り上げ、コロイド結晶フィルムをモノマーで膨潤した時に発現する構造色、また、モノマーを重合し高分子マトリックス中に固定化したコロイド結晶フィルムの構造色について、系統的に調べることを目的とする。

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。(図や数式がある場合は 10 個程度にしてください)

7.今後の研究の見通し

本研究では、コロイド結晶を高分子マトリックス中に固定化した複合フィルムにおいて、我々が以前に報告した P(EA-MMA)/PEA で見られたような、コロイド結晶をモノマーで膨潤→構造色発現→重合→構造色保持のスキームが、必ずしも全てのモノマー系で見られる現象ではないことを示した。また、このような現象が起こる要因を、分子構造的な観点から説明した。

今後は、本研究の成果を受け、構造色をより強く、より鮮やかに発現する系について検討することを考えている。構造色材料は、可視光中の一部の波長のみの選択反射により発現しているので、光の強度自身はそれほど強くはない。より強度の強い、鮮やかな発色を実現するために、コロイド結晶の規則性を保つよう親和性が良く、かつ屈折率差の大きな微粒子/マトリックス系が望ましい。今回の研究では、微粒子の化学種を P(EA-MMA)に固定しての実験にとどまったが、そこでの知見を活かし、微粒子の化学構造の選定も含めて研究を進展させることを考えている。

本研究で取り上げたコロイド結晶複合フィルムは、最終的には、フィルムの変形により構造色が可逆的に変化するところにある。鮮やかで強い発色を示し、構造色が鋭敏に変化する系を見出し、さらにはそれを大面積で均一な試料を調製する技術的検討も必要であると考えている。

8.本助成金による主な発表論文、著書名

C. Katsura, S. Nobukawa, H. Sugimoto, E. Nakanishi, K. Inomata, "Solvent-responsive coloring behavior of colloidal crystal films consisting of cross-linked polymer nanoparticles", *Colloid Polym. Sci.*, 295(9), 1709-1715.

猪股克弘, "歪応答性構造色エラストマーの特徴", *プラスチック*, 2017.5, 24-27 (2017).

石橋香苗, 師星, 信川省吾, 杉本英樹, 中西英二, 猪股克弘, "高分子マトリックス中に固定した微粒子集積体の構造色発現", 第 66 回高分子学会年次大会、幕張メッセ、2017 年 5 月 29～31 日.

師星, 信川省吾, 杉本英樹, 中西英二, 猪股克弘, "高分子マトリックス中に固定化した微粒子集積体の構造色発現に関する研究", 第 30 回東海支部若手繊維研究会, 岐阜大学サテライトキャンパス, 2016 年 12 月 10 日.

[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。