

令和 6 年 5 月 12 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05164

研究課題名（和文）コロイド粒子の異形化による機能向上に関する研究

研究課題名（英文）Studies on functional improvement by deforming colloidal particles

研究代表者

谷口 竜王（TANIGUCHI, Tatsuo）

千葉大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：30292444

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：プリンテッドエレクトロニクス（PE）は次世代のデバイス作製技術として注目を集めており、PEに適用可能なインクやトナーの開発は重要な課題である。機能性材料と複合化した数十nmから数 $\mu$ mの高分子コロイド材料の利用は、流体力学的特性、分散/凝集特性、異方的な機能伝達などの観点から機能向上に有効なであると考えられている。本研究では、真球状のニッケルめっき粒子の表面修飾および粒子内部への液晶化合物のカプセル化などを試みる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、真球状の中実粒子や中空粒子などの高分子コロイド材料を対象として、表面改質および内部への機能材料の内包化による機能化について検討した。ニッケルめっき粒子と高分子微粒子とを媒体中で攪拌するだけの操作により、異方性導電性フィルムなど工業的に応用可能な材料を調製することができた。また、高分子微粒子にシード重合の手法を適用することにより、電場に応答する液晶カプセルを作製することができたことから、プリンテッドエレクトロニクスに応用が期待できる。

研究成果の概要（英文）：Printed electronics (PE) is attracting attention as a next-generation device fabrication technology, and the development of inks and toners applicable to PE is an important issue. The use of polymer colloidal materials ranging from several tens of nanometers to several micrometers in size complexed with functional materials is considered to be effective in improving functionality in terms of hydrodynamic properties, dispersion/aggregation properties, and anisotropic function transfer. In this study, we attempted surface modification of spherical solid particles and encapsulation of liquid crystalline compounds inside the particles.

研究分野：高分子化学

キーワード：高分子微粒子 表面改質 内包化 液晶 ヘテロ凝集 微小圧縮試験 液晶カプセル

## 1. 研究開始当初の背景

フォトリソグラフィは微細加工の主導的役割を果たしてきたが、基板へのレジスト塗布、露光、現像、不要部の除去、など一連の工程が不可欠である。2011年にMITの研究グループにより発表された印刷技術を利用した太陽電池の作製法は、従来までのフォトリソグラフィを置き換える次世代技術プリンテッドエレクトロニクス(PE)の先駆けとなった。PEは、被印刷物の所定の場所に微細量のインク・トナーを堆積することができるため、経済的に有利であるだけでなく、従来までの工程を大幅に簡素化することができ、クリーンルームなどの大型設備が不要で、低エネルギー消費型の廃棄物が少ないプロセスとして期待されている。また、低温焼成によるフィルム基板に対応できることから、量産性に優れたroll-to-roll法に適用することも可能である。現在まで、インクジェット、スクリーン印刷、マイクロコンタクトプリンティングなどの様々な印刷法とともに、金属ナノ粒子を用いた導電性インク・トナーの開発も進展してきたが、液晶化合物など電場応答性化合物やその他の機能性材料のインク・トナー化技術の開発は十分ではない。機能性有機化合物を溶剤に溶解させているインクを用いることが多いが、多環芳香族など有機半導体の役割を担う化合物の多くは有機溶媒への溶解性は必ずしも高くはない。また、デバイスは積層型構造を構築する必要がものの、新たな機能層を作製する際に前段階で作製した機能層が溶剤に溶解しないトナーのようなコロイド状分散体が望ましいことが多い。我々のグループでは、可視光散乱による白濁がなく、透明な外観を呈するoil-in-water(O/W)型エマルジョンに着目し(Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects, 482, 68-78, 2015.)、転相温度(phase inversion temperature: PIT)乳化法、溶解度パラメーター(SP値)、コアセルベーションを組み合わせることで、カプセルのコア(phase-1)、カプセル壁(phase-2)、連続相(phase-3)の界面張力( $\gamma_{12}$ ,  $\gamma_{23}$ ,  $\gamma_{31}$ )により産出される拡張係数( $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ )に基づく理論的予測通りに光機能性ナノカプセルを作製できることを実験的に証明した(J. Colloid Interface Sci., 547, 318-329, 2019. J. Colloid Interface Sci., 563, 122-130, 2020)。しかしながら、液晶化合物を内包するナノカプセルでは、液晶化合物とカプセル内壁との相互作用による駆動電圧の上昇、液晶セルでの液晶分子の配向制御が解決すべき課題として残された。

## 2. 研究の目的

本研究ではPEなどを利用したデバイスに応用可能な高分子微粒子を調製する手法を確立することを目的として、(i) ニッケルめっき導電コア粒子と高分子シェル微粒子とのヘテロ凝集による絶縁層を有するコア-シェル型複合粒子の調製、(ii) 液晶カプセルの作製と異方化による電場応答性の付与、について検討した。

(i)においては、異方導電性フィルムおよび液晶ディスプレイ用スペーサーなどに利用可能な導電性粒子の調製法を確立するため、ニッケルめっき導電粒子の表面に対して、ホスホニウム基を有する高分子シェル微粒子をヘテロ凝集させ、数百nmの厚みを有する絶縁層を構築することを試みる。表面被覆率( $\theta$ )と変動係数( $C_v$ )の観点から、ヘテロ凝集の諸条件(シェル微粒子濃度、NaCl濃度、攪拌時間、攪拌温度)がコア-シェル粒子の表面状態に及ぼす影響を調査した。さらに得られたヘテロ凝集粒子のシェル粒子を溶解し、連続した高分子被膜化することを検討した。

(ii)については、カプセル壁と接触する液晶の割合が低く、界面の相互作用の低減が期待される $\mu\text{m}$ スケールの液晶カプセルを調製するとともに、液晶カプセルを非球状へ異方化することで内部液晶の配向が調製された液晶カプセルの作製を目指した。また、カプセルの形状により、液晶の配向性の向上や電場応答性の向上に関しての影響も調査した。分散重合により合成した $\mu\text{m}$ スケールのシード粒子と液晶を有機溶媒中で攪拌しながら、水を滴下することにより、シード粒子内部に液晶を導入し、液晶カプセルを作製した。得られた液晶カプセルの異方化を行い、異方性液晶カプセルを作製したのち、球状および異方性液晶カプセルそれぞれの電場応答性を検討することで、形状の異方化が電場応答性に与える影響を調査した。

## 3. 研究の方法

(i) ニッケルめっき導電コア粒子と高分子シェル微粒子とのヘテロ凝集による絶縁層を有するコア-シェル型複合粒子の調製

2,2'-azobis(2-methylpropionamidine) dihydrochloride (V-50)を用いて、styrene (St), *n*-butyl acrylate (nBA)、ホスホニウム基を有する(4-vinilbenzyl)trialkylphosphonium chloride (CnP) ((4-vinilbenzyl)triethylphosphonium chloride (C2P), (4-vinilbenzyl)tri-*n*-butylphosphonium chloride (C4P), (4-vinilbenzyl)tri-*n*-octylphosphonium chloride (C8P))とスチレンとのソープ乳化重合を行い、粒径およびガラス転移温度( $T_g$ )が制御された高分子シェル粒子P(St-nBA-CnP<sub>x</sub>) (x: Stに対するCnPのモル比)を合成した。

ニッケルめっき導電粒子( $d_n = 5.3 \mu\text{m}$ )と高分子シェル微粒子P(St-nBA-CnP<sub>x</sub>)とのヘテロ凝集を行い、表面被覆率( $\theta$ )と変動係数( $C_v$ )の観点から、ヘテロ凝集条件(シェル微粒子濃度、NaCl濃度、攪拌時間、攪拌温度)がコア-シェル粒子の表面状態に及ぼす影響を調査した。また、加熱によりシェル粒子を溶解し、連続した高分子被膜による絶縁層を構築した。

ニッケルめっき導電コア粒子と高分子シェル微粒子P(St-nBA-C2P<sub>x</sub>)とのヘテロ凝集法により

調製したコア-シェル粒子の絶縁層の状態と機械的安定性の関係を明らかにするために、微小圧縮試験を用いたナノインデンテーション法による評価を試みた。

#### (ii) 液晶カプセルの作製と異方化による電場応答性の付与

液晶内包カプセルのシェルとなるシード粒子 P(MMA-PPGDM)を合成するために、溶媒に methanol と H<sub>2</sub>O との混合液中で、分散安定剤に poly(vinylpyrrolidone)-K30 (PVP-K30)、界面活性剤として Aerosol OT (AOT) を用いて、methyl methacrylate (MMA) と高分子架橋剤 poly(propylene glycol) dimethacrylate (PPGDM) との分散重合を行った。

P(MMA-PPGDM)シード粒子の methanol 分散液に液晶分子である 4-cyano-4'-pentylbiphenyl (5CB) を溶解させ、水を滴下しながら攪拌することにより 5CB が内部に導入された液晶カプセルを作製した。熱重量測定 (Thermogravimetric analysis: TGA) により、液晶カプセルの液晶含有量を算出した。

PVP-K30 水溶液中で液晶カプセルを磁気攪拌することによる、非球状に異方化された液晶カプセルを調製し、indium tin oxide (ITO) 電極セルに導入し、温度変化や電圧印加に伴う光学的特性の変化を偏光顕微鏡 (polarized optical microscopy: POM) により観察し、温度応答性や電場応答性を評価した。

### 4. 研究成果

#### (i) ニッケルめっき導電コア粒子と高分子シェル微粒子とのヘテロ凝集による絶縁層を有するコア-シェル型複合粒子の調製

アルキル鎖が最も短いエチル基を有する C2P の水溶液の表面張力は、濃度によらず一定であったことから、C2P が界面活性能を持たないイオン性モノマーとして作用することが示された。*n*-ブチル基および *n*-オクチル基を有する C4P および C8P の水溶液では、濃度の増加に伴って表面張力が低下したことから、界面活性能を有していると考えられる。また、C8P の表面張力が 2 段階で低下している原因として、3 本の *n*-オクチル基が閉じた状態に変化していると考えられる。したがって、高分子シェル微粒子のイオン性モノマーとしては、C2P を用いることとした。

St, nBA, C2P とのソープフリー乳化重合により合成した P(St-*n*BA-C2P<sub>*x*</sub>)の SEM 観察を行ったところ、いずれも単分散 (CV=4.2~9.6%) な高分子シェル微粒子を得ることができた (図 1)。また、St に対する C2P のモル比 (*x*) により、粒径を制御できることがわかった。一般にイオン性モノマーはソープフリー乳化重合の初期段階で重合粒子核の個数を増加させることが知られており、最終的に得られる微粒子の大きさは小さくなる。表面張力測定の結果から予想された通り、ソープフリー乳化重合において C2P がイオン性モノマーとして作用することが支持された。

P(St-*n*BA-C2P<sub>*x*</sub>)の DSC 測定を行ったところ *T*<sub>g</sub> はほぼ同じ値 (67~69 °C) であった。<sup>1</sup>H NMR より P(St-*n*BA-C2P<sub>*x*</sub>)の組成を算出したところ、いずれも St に対する nBA は仕込み比と一致する 18 mol% であったことを反映していると考えられる。

Long らが提唱する手法に従い、紫外可視分光光度計を用いて NaCl 濃度 *c* における高分子微粒子分散液の濁度  $\tau$  と波長  $\lambda$  との関係測定し、P(St-*n*BA-C2P<sub>*x*</sub>)の臨界凝集濃度 (CCC) を測定した (図 2)。

$$\left(\frac{\tau}{c}\right)_{c \rightarrow 0} = k \lambda^{-n} \quad n = -\frac{\delta \log \tau}{\delta \log \lambda} = -\frac{\delta \log \text{Abs}}{\delta \log \lambda}$$

また、各 P(St-*n*BA-C2P<sub>*x*</sub>) (*x*=0.1, 0.5, 1.0, 2.0) シェル微粒子のゼータ電位は、それぞれ 45.5, 49.1, 52.8, 55.3 mV であった。以上の結果から、C2P をイオン性モノマーとして用いたソープフリー乳化重合により、P(St-*n*BA-C2P<sub>*x*</sub>)シェル微粒子表面にカチオン性のホスホニウム基が導入されたことが示された。所定の条件下 (高分子シェル微粒子の仕込み量, NaCl 濃度, 温度, 時間), 水媒体中でニッケルめっきコア粒子と P(St-*n*BA-C2P<sub>*x*</sub>)シェル微粒子とを混合することによりヘテロ凝集を行い、コア-シェル型複合粒子を調製した。表面被覆率 ( $\theta$ ) と変動係数 (*C*<sub>v</sub>) の観点から、幾何学的に決定されるニッケルめっきコア

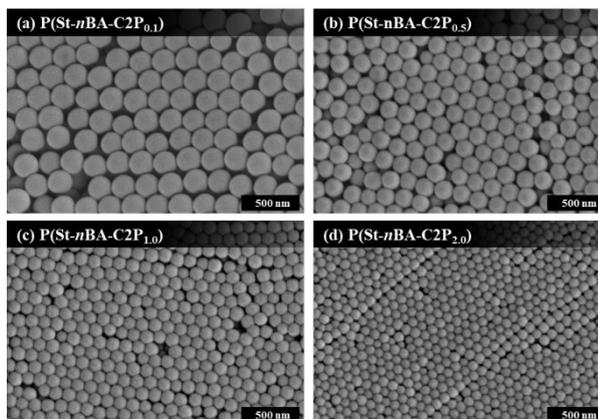


図 1. P(St-*n*BA-C2P<sub>*x*</sub>)の SEM 画像。

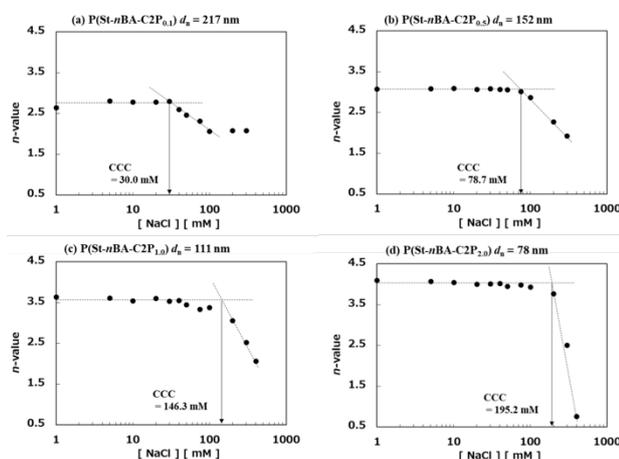


図 2. P(St-*n*BA-C2P<sub>*x*</sub>)の NaCl 濃度 *c* に対する *n* 値のプロット。

粒子表面に幾何学的に決定される高分子シェル微粒子の最大吸着数に対して 3 等量, NaCl 濃度を CCC, 吸着温度 30 °C, 吸着時間 6 h が最適条件として決定することができた。

次に, 調製したコア-シェル型複合粒子を P(St-nBA-C2Px)高分子シェル微粒子のガラス転移温度 ( $T_g$ ) 以上に加熱し, シェル微粒子を部分的に熔融し融着させることにより, ニッケルめっきコア粒子表面に高分子絶縁層の形成を試みた。代表的な加熱処理によるコア-シェル型複合粒子の表面形態の変化を図 3 に示す。加熱時間の増加により, P(St-nBA-C2Px)高分子シェル微粒子が熔融し, ニッケルめっきコア粒子表面により滑らかな連続相に変化していることが示された。P(St-nBA-C2Px)高分子シェル微粒子には導電性がないため, ニッケルめっきコア粒子表面に高分子絶縁層が形成されたと考えられる。

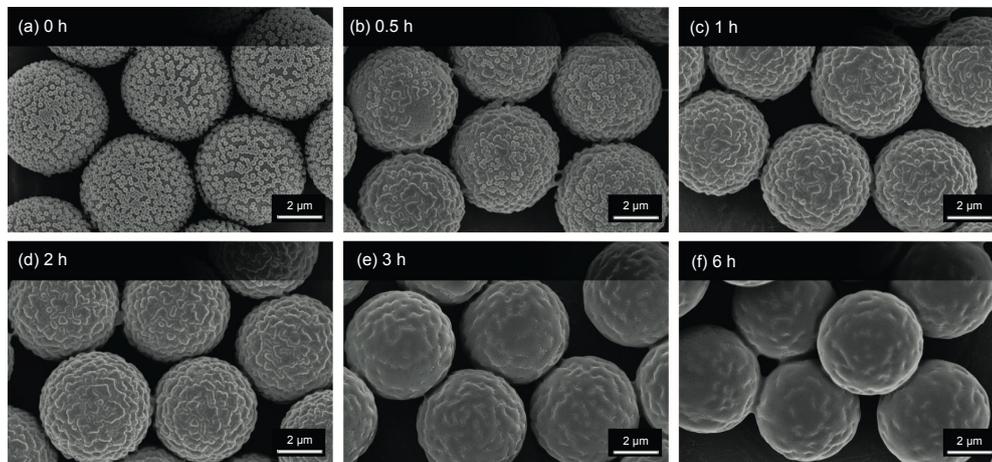


図 3. ニッケルめっきコア粒子と P(St-nBA-C2P0.1)高分子シェル粒子とのヘテロ凝集させた後に, 120 °C で加熱処理したコア-シェル型複合粒子の SEM 画像。

各シェル微粒子 P(St-nBA-C2Px)によるコア-シェル粒子の被覆率 ( $\theta$ ) と, 圧縮変位  $X$  の関係を図 4 に示す。加熱前のコア-シェル粒子では, シェル粒子径 ( $d_n$ ) が 78 nm から 217 nm に大きくなるにつれ, 変位  $X$  が大きくなっていることがわかる。これは, シェル微粒子のサイズが大きくなるに伴って, 圧子と導電粒子との距離が大きくなったためである。さらに, 変位  $X$  は被覆率の増加とともに徐々に増加する傾向を示した。これはシェル微粒子の個数が増加するにつれて, それらの微粒子を剥離するために必要な外力が増加することに起因すると考えられる。さらに 70 °C で 6 h 加熱後のコア-シェル粒子は, 加熱前に比べて変位  $X$  の値が大きくなっており, 高分子シェル微粒子同士が熔融した連続被膜は, 孤立したシェル微粒子よりも外力に対する耐久性が高いことを示唆している。特にシェル微粒子が大きく被覆率が高いコア-シェル粒子 ( $d_n = 152$  nm,  $\theta = 72.1\%$ ,  $d_n = 217$  nm,  $\theta = 68.7\%$ ) では, 加熱後の変位  $X$  の増加率が大きかった。被覆率が高いほどシェル微粒子間の隙間が狭いため, 連続した高分子被膜が形成されやすく機械的安定性が向上すると考えられる。

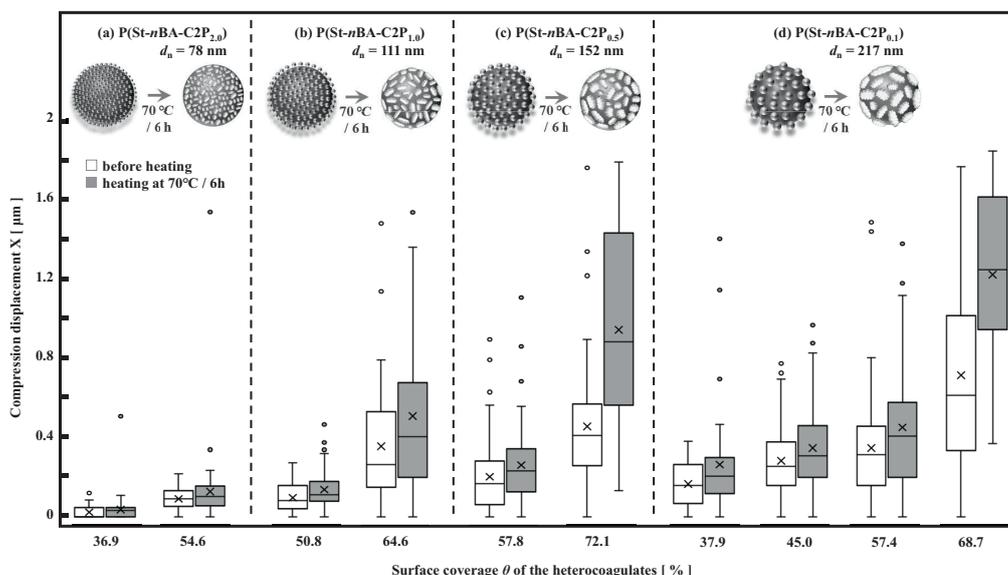


図 4. コア-シェル型複合粒子粒子の加熱前後における, 被覆率 ( $\theta$ ) と圧縮変位  $X$  との関係。バーの上端/下端:最大値/最小値, 箱の下底/横線/上底:最小値から 25%/中央値/最小値から 75%の値, ×: 平均値, 最大値および最小値の外側のプロット: 異常値, 微小圧縮試験の測定粒子個数: 50 個。

## (ii) 液晶カプセルの作製と異方化による電場応答性の付与

開始剤として 2,2'-azobisisobutyronitrile (AIBN), 分散安定剤として poly(vinylpyrrolidone)-K30 (PVP-K30) を用いた methyl methacrylate (MMA) の分散重合により, 単分散な PMMA シード粒子 ( $d_n = 2.36 \mu\text{m}$ ,  $C_v = 4.91\%$ ) を合成した (図 5(a)).

液晶分子である 4-cyano-4'-pentylbiphenyl (5CB) が溶解した methanol (MeOH) 中にシード粒子を分散させ, マグネチックスターラーで攪拌しながら 5CB の貧溶媒である水を滴下することにより溶媒組成を緩やかに変化させ, MeOH/H<sub>2</sub>O 混合溶媒への溶解性が低下した 5CB を粒子内部に吸蔵化させることにより, 粒子内部に液晶を内包した液晶カプセルを作製した (図 5(b)-(f)). TGA を用いたカプセル内部の液晶含有率測定から, 液晶濃度とともに液晶含有率が増大したものの, 5 w/v%以上の 5CB 濃度では液晶カプセルにゴルフボール状の凹みが見られたことから, カプセル作製における最適な 5CB 濃度を 4 w/v%とした。なお, 6 h までの攪拌では液晶含有量が増大した一方, 12 h では液晶含有率が大幅に減少した。5CB により膨潤したシード粒子が長時間の攪拌により, 粒子同士での凝集が生じたことが原因だと考えられる。また, 5CB のネマチック相/等方相転移温度以上に攪拌温度を上げると, 液晶含有率が低下した。流動性の高い等方相では, 混合溶媒へ 5CB が溶けやすく, 反応後も溶媒へ 5CB が残存すること, 等方相での攪拌ではシード粒子内部で液晶相を形成せず, 一度粒子内に入った液晶が漏出したこと, などが起因すると考えられる。以上より, 液晶カプセルの作製において最適な条件は, PMMA シード粒子濃度が 5 w/v%, 5CB 濃度が 4 w/v%, 攪拌時間が 6 h, 攪拌温度が 25 °C (ネマチック相) であることを明らかにした。

マグネチックスターラーを用いて, 1 wt% の PVP-K30 水溶液に分散した液晶カプセルを攪拌することにより, 形状異方性液晶カプセルを得た。SEM 観察により, 攪拌による粒子の円盤状への変形を確認した (図 6)。異方化時間の増大に伴い変形率が向上し, 72 h の攪拌後の変形率は 82%に達し, 形状異方性液晶カプセルの長径は 4.92  $\mu\text{m}$  となった。

真球状の液晶カプセルと形状異方性液晶カプセルを MeOH に分散させ, ITO 電極付き両面セルに注入してそれぞれ液晶セルを作製した。液晶セルに電圧を印加し, POM によって観察したところ, 0 V/ $\mu\text{m}$  では双方とも周囲の視野との差異が確認されなかった一方で, 10 V/ $\mu\text{m}$  の電圧を印加した際に形状異方性液晶カプセルのみ暗視野となったことから, カプセルの異方化により電場応答性を付与できることが明らかになった (図 7)。

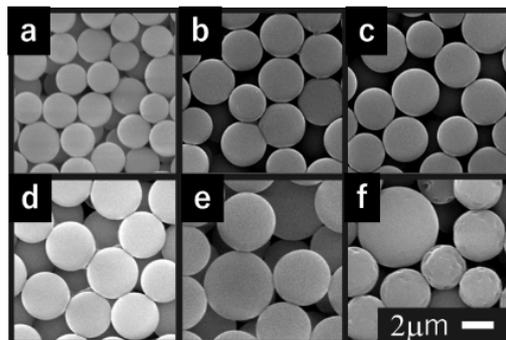


図 5. PMMA シード粒子(a), 5CB 仕込み濃度 (1, 2, 3, 4, 5 w/v%) を変えて作製した液晶カプセルの SEM 画像。

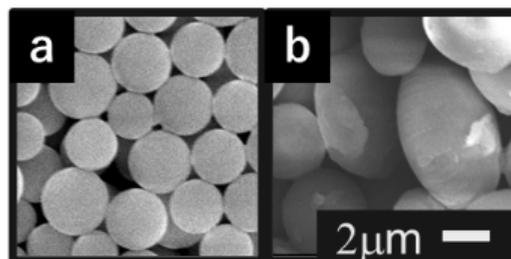


図 6. マグネチックスターラーによる攪拌前(a)および攪拌後(b)における液晶カプセルの SEM 画像。

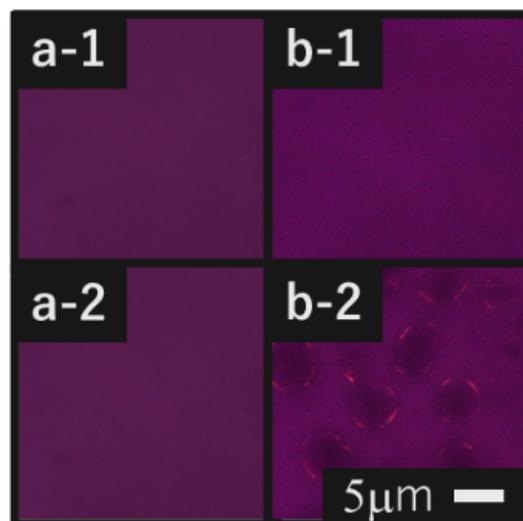


図 7. 真球状液晶カプセルの 0  $\mu\text{V}/\text{cm}$  (a-1)および 10  $\mu\text{V}/\text{cm}$  (a-2), 形状異方性液晶カプセルの(b-1)および 10  $\mu\text{V}/\text{cm}$  (b-2)における POM 画像。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Tomonao Naruhashi, Takumi Chikazawa, Michinari Kohri, Tatsuo Taniguchi, Keiki Kishikawa, Takashi Karatsu	4. 巻 647
2. 論文標題 Construction of insulating layers on conductive nickel-plated core particles by thermal fusion of heterocoagulated polymer shell particles	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Colloid and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects	6. 最初と最後の頁 126169
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.colsurfa.2022.129169	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tomonao Naruhashi, Daisuke Aoki, Tatsuo Taniguchi, Takashi Karatsu	4. 巻 140
2. 論文標題 Mechanical stability and insulation reliability of polymeric layers constructed by thermal fusion of polymer shell particles heterocoagulated on conductive nickel-plated core particles	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Applied Polymer Science	6. 最初と最後の頁 e54072
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/app.54072	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shun Yamazaki, Naoya Kaneko, Atsuya Kato, Kohei Watanabe, Daisuke Aoki, Tatsuo Taniguchi, Takashi Karatsu, Yuki Ueda, Ryuhei Motokawa, Koki Okura, Takeshi Wakiya	4. 巻 298
2. 論文標題 Synthesis of heat-resistant living polymer particles by one-step reversible addition-fragmentation chain transfer precipitation polymerization of styrene and N-phenylmaleimide	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 126846
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.polymer.2024.126846	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 児島 伶奈・桑折 道済・谷口 竜王・岸川 圭希・唐津 孝
2. 発表標題 液晶化合物が溶解したO/W 型エマルションモノマー油滴のミニエマルション重合による電気光学的応答性を有する液晶ナノカプセルの作製
3. 学会等名 第71回高分子学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤 敦也・青木 大輔・谷口 竜王・唐津 孝
2. 発表標題 液晶ディスプレイのフレキシブル化に向けた異方性液晶カプセルの作製
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tatsuo Taniguchi, Daisuke Aoki, Takashi Karatsu
2. 発表標題 Preparation of Photo-Functional Polymeric Capsules Based on Theoretical Design
3. 学会等名 PPC17 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tomonao Naruhashi, Tatsuo Taniguchi, and Takashi Karatsu
2. 発表標題 Preparation of nickel conductive particles coated by insulating layer with high mechanical stability
3. 学会等名 PPC17 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平野智也, 谷口竜王, 唐津孝
2. 発表標題 非球状中空高分子微粒子の作製と構造評価
3. 学会等名 第70回高分子学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平野智也, 谷口竜王, 唐津孝
2. 発表標題 中空高分子微粒子の円盤状への異形化が流体力学的特性に与える影響
3. 学会等名 第70回高分子討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷口竜王
2. 発表標題 不均一系ラジカル重合とリビングラジカル重合との融合による 機能性高分子分散材料の調製
3. 学会等名 9th IROAST Symposium on Nano-Organics and Nano-Hybrids (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤敦也, 青木大輔, 谷口竜王, 唐津孝
2. 発表標題 フレキシブル液晶ディスプレイの実現に向けた異方性液晶カプセルの作製
3. 学会等名 第72回高分子学会年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山崎駿, 青木大輔, 谷口竜王, 唐津孝, 上田祐生, 元 川竜平, 大倉滉生, 脇屋武司
2. 発表標題 RAFT沈殿重合による耐熱性高分子微粒子の合成
3. 学会等名 第72回高分子学会年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 加藤敦也, 青木大輔, 谷口竜王, 唐津孝
2. 発表標題 フレキシブル液晶ディスプレイの実現を目的とした形状異方性液晶カプセルの開発
3. 学会等名 第72回高分子討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 谷口竜王
2. 発表標題 高分子微粒子の表面修飾と機能付与
3. 学会等名 重合同工学レクチャーシリーズNo.10 高分子微粒子研究最前線(凝集や精密合成による機能化とバイオ先端材料)(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 加藤敦也, 青木大輔, 谷口竜王, 唐津孝
2. 発表標題 形状異方性液晶カプセルの合成および電場応答性
3. 学会等名 第73回高分子学会年次大会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 監修：川口 正剛	4. 発行年 2022年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 289
3. 書名 高分子微粒子の最新技術動向（第21章 制御/リビングラジカル重合による高分子微粒子の表面修飾 (pp.222-233)）	

〔産業財産権〕

〔その他〕

千葉大学大学院工学研究院共生応用化学コース高分子化学研究室 千葉大学工学部総合工学科共生応用化学コース高分子化学研究室 <a href="https://chem.tf.chiba-u.jp/gacb08/index.html">https://chem.tf.chiba-u.jp/gacb08/index.html</a>
---

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------