

令和 2 年 5 月 29 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03116

研究課題名(和文) 高分子間水素結合を利用した微粒子構造体の創成

研究課題名(英文) Preparation of colloidal structure utilizing hydrogen bonding interaction

研究代表者

南 秀人(MINAMI, HIDETO)

神戸大学・工学研究科・教授

研究者番号：20283872

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、表面積比の異なるヤヌス粒子を作製し、そのモルフォロジーが得られる粒子構造体に与える影響を明らかにした。その表面積比が1:1の場合は一次元鎖状構造の微粒子構造体を得られたのに対して、1:2のものはデンドリックな構造体を形成し、それら粒子の混合分散体では、グラフト構造の微粒子構造体を得られることがわかった。さらに、シリンダー状、円盤状、リング状の粒子を用いた微粒子構造体についても検討を行った。非真球状の粒子を用いた場合、真球状粒子のみでは得られない形状の微粒子構造体となることが期待される。実際、シリンダー状粒子は、デカン滴上に網状構造を形成し、特異的な微粒子構造体の形成を見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高分子微粒子が自己組織化した「微粒子構造体」としては、国内外で多くの研究がなされている。特にコロイド結晶においては日本の研究者が牽引を行ってきており、構造色材料や光学素子として応用研究が発展している。一方、国外においては、Supracolloidal structure (assembly)として注目されている課題となっている。しかしながら、本研究で提案する“能動的”な微粒子構造体については、国内では、我々の研究グループ以外ではまだほとんど報告がない状態であり、新しい学術領域を提案する、また新しい材料を提起するという意味でも学術的、社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：We demonstrated that one-dimensional colloidal chain composed of Janus particles utilizing hydrogen bonding interaction of steric stabilizers of the Janus particle. The colloidal structure can be controlled by changing the surface area ratio of the Janus particles such as dendritic and grafting colloidal structures. It was clarified that the distribution of the association number was in a good agreement with the theoretical curve calculated from step-growth polymerization theory. We also demonstrated preparation of colloidal structure using non-spherical particles. We unexpectedly discovered a facile and novel approach to prepare monodisperse polystyrene (PS) particles having a “cylindrical” shape. Notably, unique adsorption behavior of the cylindrical particles on an oil droplet was observed, in which the cylindrical particles connected head to head to form a network (colloidal structure) that acted as a cage around the oil droplet.

研究分野：高分子合成

キーワード：高分子材料合成 高分子微粒子

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

低分子が水素結合などにより集合体を形成し、機能を創発するものは「超分子」と呼ばれ、「超分子化学」として新しい学問領域が立ち上がっている。一方、低分子よりも3～5桁大きい高分子微粒子が組織化した“微粒子構造体”は低分子では得られない機能を発現する。これまで微粒子が細密充填したコロイド結晶は、特異な光学特性などを発現し、応用がなされている。その様な中、研究代表者は一つの粒子にポリアクリル酸とポリビニルピロリドンの分散安定剤間の水素結合という引力を利用した“能動的”な微粒子構造体形成法を提起している。この方法は、コロイド結晶とは違い、粒子のモルフォロジーや分散安定剤を制御することで相互作用力・位置を制御、任意の高分子微粒子構造体の形成が可能である。高分子粒子が水素結合や形状由来の相互作用により集合体を形成することで、粒子自体の機能が周期的または異方的に配列した新たな機能の創発が期待される。

### 2. 研究の目的

微粒子を配列・組織化させた集合体は、微粒子単体では見られない特性を発現することから新規な機能性材料への応用が期待されている。例えば、微粒子が三次元に配列した集合体はコロイド結晶として構造に由来する特異な光学特性などを示すことが報告されている。本研究では、様々な粒子の形状やモルフォロジーの制御や分散安定剤間の水素結合に関する知見を用いて、一次元鎖状構造、二次元構造への配列や特殊な配列制御の微粒子構造体の作製を目的とする。

### 3. 研究の方法

1) ポリビニルピロリドン(PVP)とポリアクリル酸(PAA)の表面積比の異なるヤヌス粒子を作製し、そのモルフォロジーが得られる粒子構造体に与える影響を明らかにするために、PVPで安定化されたポリスチレン(PS)粒子存在下で、分散安定剤としてPAAを用いたメタクリル酸メチル(MMA)のシード分散重合を行い、 $PS_{PVP}/PMMA_{PAA}$  コアシェル状複合粒子を作製した。水媒体にPSとPMMAの良溶媒であるトルエンおよびドデシル硫酸ナトリウム(SDS)を加え、超音波処理することでサブミクロンサイズのトルエン滴を作製した。作製したトルエン滴と複合粒子分散液を混合し、粒子にトルエンを膨潤させた。その後、常温にて48時間攪拌することでトルエンを除放し、モルフォロジーの再構築を行なった(溶剤吸収放出法(SARM))。これら、PS相とPMMA相の体積比を変化させることにより、相互作用面積の違うヤヌス粒子を作製し、モルフォロジーとそれらから得られる微粒子構造体の影響を検討した。

2) 非真球状粒子は微粒子構造体のビルディングブロック粒子として、球状粒子とは違う会合構造になることが予想され、非常に興味深い。分散重合で作製した真球状PS粒子からシリンドラ状PS粒子の生成を見出し、さらにその合成メカニズムについても検討を行った。また他の汎用モノマーであるポリメタクリル酸メチル粒子についても同様に變形するかの確認を行い、その一般性について検討を行った。さらに、シリンドラ状粒子の粒子構造体としての可能性を探るため、デカン/水のピッカリングエマルジョンの粒子乳化剤としての吸着挙動を調べた。

3) 真球状粒子とは異なる配列挙動を示すことから新規な構造体の作製が期待されている非真球状のヤヌス粒子の合成について、これまでの検討で明らかにしているヤヌス粒子の合成方法およびシリンドラ粒子の合成方法と變形メカニズムを応用して非真球状ヤヌス粒子を作製することを目指した。まず、スチレンの分散重合を行いPS粒子を作製した。この粒子をシードとして、MMAと10%程度のスチレンのシード分散共重合を行い、 $(PS/P(S-MMA))$ 複合粒子を作製した。得られた複合粒子にPS、PMMAの良溶媒であるトルエンを吸収させた後、界面活性剤であるSDS水溶液中でトルエンを徐放させることで、モルフォロジーの再構築を行った(SARM)。その後、得られたヤヌス粒子を1wt%のPVP水溶液中にて攪拌法にて變形するかを検討した。

4) 配列方向が規制された微粒子構造体の作製のため、円盤状のPS粒子側面にグラフト化したPVPおよび真球状PS粒子側面にグラフト化したPAA間の水素結合を利用することによる円盤状粒子の側面にのみ真球状粒子が吸着した構造体の作製について検討した。具体的に円盤状粒子は、分散安定剤としてPVPまたはPAAを用いたスチレンの分散重合にて作製したPS粒子をシードとして、メタクリル酸2-エチルヘキシル(EHMA)のシード分散重合を行い、その後1-ブタノールを用いた抽出を行うことで $PS_{PVP}$ 、 $PS_{PAA}$ 円盤状粒子の作製を行った。また粒子構造体はPVPで分散安定化した円盤状粒子とPAAで分散安定化された真球状粒子を混合することで作製した。さらに、粒子側面にPVP、あるいはPAAがグラフト化した二種類の円盤状粒子により、円盤状粒子の側面同士が吸着した粒子構造体の作製についても検討を行った。

また、側面にのみPVPがグラフト化した円盤状PS粒子の存在下、オルトけい酸テトラエチル(TEOS)のゾル-ゲル反応を行うことで、水素結合の作用によりシリカが円盤状粒子の側面にのみ選択的に積層し、この後PSを抽出することによりリング状シリカ粒子が作製できる。この粒子とPVPがグラフト化した真球状PS粒子とを混合することで、カルボニル基/シラノール基間の水素結合を利用し、リング状粒子の内側に真球状粒子が存在する土星状コロイド構造体の作製についても検討した。

#### 4. 研究成果

1) スチレンの分散重合後, 得られた粒子を光学顕微鏡および走査型電子顕微鏡(SEM)にて観察したところ, 粒径  $1\ \mu\text{m}$  程度の単分散な粒子が作製されたことを確認した。続いて, この粒子をシードとした MMA のシード分散重合を行なったところ, 得られた粒子は単分散性を維持しており, 粒子径が増大していたことから, 複合粒子が作製されたことが示唆された。

実際に, 四酸化ルテニウムを用いて粒子の PS 部分を染色後, その超薄切片を TEM にて観察したところ, PS をコア PMMA をシェルとするコアシェル構造を有しており, 複合化に成功したことを確認した(Fig. 1a)。さらに, この複合粒子を SARM した後に SEM にて観察すると, シード分散重合後の粒子と同様に単分散性を保っていることを確認した。また, 得られた粒子が実際にヤヌス構造を有しているかを確認するため 酢酸を用いて粒子の PMMA 部分のみを抽出したところ, 部分的に欠けた構造を持つ粒子が観察された。加えて, 粒子の断面についても確認するため, 四酸化ルテニウムを用いて染色した超薄切片サンプルを TEM にて観察したところ 染色されずに白色に観察される PMMA 相に対し, 強く染色され黒色に見える PS 相の比率が大きい粒子が観察された(Fig. 1b)。以上の結果より, 表面積比の異なるヤヌス粒子が作製されたことを確認した。

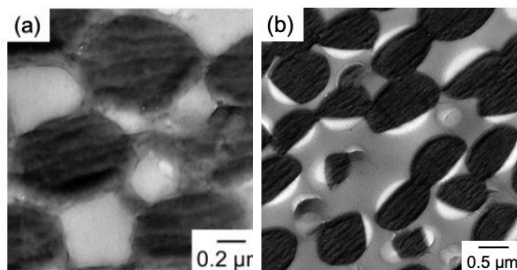


Fig. 1 TEM images of ultrathin cross sections of PS/PMMA composite particles (a) and PS/PMMA Janus particles (b) stained with  $\text{RuO}_4$  vapor.

続いて, 塩酸を用いて溶液の pH を変化させ, PAA と PVP 間の水素結合により作製したヤヌス粒子を配列させることを試みた。配列時には PAA のカルボキシ基の解離を防ぐため pH3 以下に調整した。まず, PS 相と PMMA 相が同体積(PVP と PAA のグラフト表面積比が等しい)のヤヌス粒子を作製し, それらを配列させたところ, 予想通り一次元鎖状の構造体が観察された(Fig. 2a)。

続いて, 表面積比の等しいヤヌス粒子と, 今回作製した表面積比の異なるヤヌス粒子を 10 対 1 の割合で混合し配列させたところ, 先ほどの結果とは異なり, 直線部分から一部分岐が生じたグラフト構造体が得られた(Fig. 2b)。これは, 表面積比の異なるヤヌス粒子が分岐点として働いたためであると考えられる。さらに, 表面積比の異なるヤヌス粒子のみを pH 調整により配列させたところ, 多数の分岐が生じた網目状のデンドリック構造体が得られた(Fig. 2c)。以上の結果より, ヤヌス粒子のモルフォロジーやその組み合わせを変化させることで, 得られる粒子構造体の形状の制御が可能であることを示す事ができた。

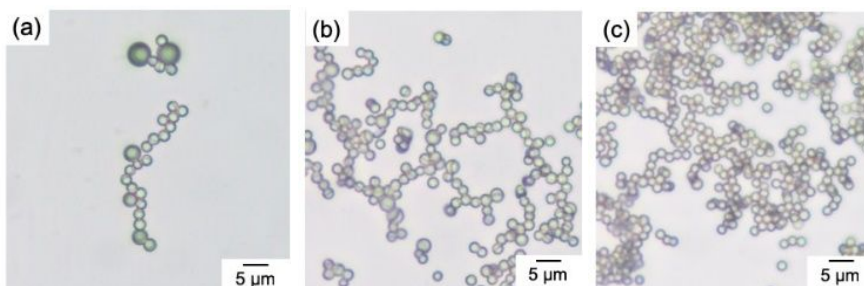


Fig. 2 Optical micrographs of Janus particles 1 (the volume of PS domain ( $V_{\text{PS}}$ ) = the volume of PMMA domain ( $V_{\text{PMMA}}$ )) (a), mixture of Janus particles 1 and Janus particles 2 ( $V_{\text{PS}} > V_{\text{PMMA}}$ ) (b) and Janus particles 2 (c) in HCl aqueous solution at pH 3.0.

2) 分散重合で作製した真球状 PS 粒子を水に媒体置換し, 水中にポリビニルピロリドン(PVP)存在下, あるいは不在化でマグネチックスターラによる撹拌を行ったところ, PVP 存在下でのみ真球状粒子がシリンダー状粒子に変形することを発見し, これまでの合成法および形状とは違うシリンダー-PS 粒子の非常に簡便な合成に成功した(Fig. 3)。この形状は, これまでの機械的な方法で報告されている紡錘状の棒状粒子とは違い, 円柱状を有していた。

また, マグネチックスターラーにおいて撹拌子を使用した場合には, 殆どの粒子が変形したのに対し, タッチミキサーで振動を行った際にはそれが見られず, 水平往復運動である振動機を用いた場合も粒子は球状のままであった。

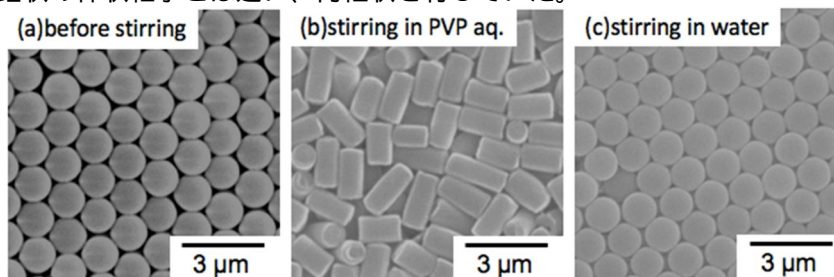


Fig. 3 Scanning electron microscopy (SEM) photographs of PS spherical particles before and after stirring in the (a) presence (b) and absence (c) of PVP in the aqueous solution.

これは、粒子が等方な剪断応力を受け、変形できなく、攪拌子では安定した層流による剪断応力によって粒子が変形することが原因だと考察され、この変形は流体の一定方向からの応力によるものであると推測された。

また、変形した PS のガラス転移点は 100 度付近であるのに対して、攪拌は室温で行われており、何らかの可塑化が必須となることが考えられる。粒子内に残存モノマーがないこともガスクロマトグラフィーにより確認しており、可塑化が別の要因であることを示唆している。通常の水媒体だけでは、この変形が起きないことから、PVP が可塑化を促進していることが示された。これらを明らかにするため、PVP だけでなく、ヒドロキシプロピルセルロース(HPC)やポリアクリル酸(PAA)を分散安定剤として作製した PS 粒子について、それぞれ PVP、HPC、PAA 水溶液中で同様に攪拌を行い変形が起こるかについて検討した。その結果、分散安定剤の種類には関係なく、PVP を溶解した水中でのみ粒子の変形が起こることが確認できた(Fig. 4)。この結果は PVP が可塑化の大きな要因であることを示している。

また、実際に蛍光を有する PVP を自身で作成し、同様の操作後、共焦点レーザー顕微鏡を用いることにより、水溶液中の PVP が PS 粒子内部に浸透していることを明らかにした。この様に PVP による可塑化は PVP の側鎖であるピロリドンが PS と相溶性があることが可塑化の要因であり、PS 粒子に相溶した PVP が媒体の水の含有を誘起してガラス転移点を低下させることを考察しているが、より効率的に相溶化させるために PVP の分子量を低下させると、変形速度も速くなることを明らかにした。また実際に上記の PS 粒子から作製した PS フィルムの引っ張り強度によりその可塑化を評価したところ、水に浸漬させただけでは、乾燥状態とほとんど変わらないのに対して、PVP 水溶液に浸漬させたフィルムはその強度が低下していることを明らかにした。この様な点から、PS 粒子と PVP の相溶化が重要であり、PS と同様にピロリドンと相溶性がある PMMA についても棒状粒子が形成されることが予想された。実際に PMMA 粒子に変え、同様の実験を行った結果、同様に棒状粒子を得ることに成功した。

得られた PS シリンダー状粒子を粒子界面活性剤としてデカン/水のピッカリングエマルジョンの安定性の検討を行った。分散安定剤として PAA を用いた PS 粒子の場合、非常に安定なピッカリングエマルジョンが得られた。さらに分散安定剤にカルボキシ基を有する PAA を用いているため水媒体の pH に影響されることが懸念された。しかしながら、シリンダー状粒子を用いたピッカリングエマルジョンは酸性環境からアルカリ性環境までも非常に安定であり、180 日以上放置しても、乳化状態を保持していた。一方、変形前の真球状粒子を用いた場合は、アルカリ性環境においては、ポリアクリル酸の親水性が上昇するため、ピッカリングエマルジョンは生成できなかった。酸性条件においては、ピッカリングエマルジョンが形成するものの、真球状粒子を用いた場合には 3 日でエマルジョンが崩壊した。これは、シリンダー状粒子はその吸着状態が長径方向に吸着するため、その面積が大きくなり、脱着しにくいことから安定性が向上すると考えられる。さらに、真球状粒子を用いたピッカリングエマルジョンは崩壊する時には、粒子が脱落することにより崩壊の様子が観察されたが、シリンダー状粒子を用いたピッカリングエマルジョンは、粒子が脱落しても、シリンダー状粒子の配列を変えることにより、デカン滴上に網状構造を形成し、液滴の安定性を維持していることが観察された。吸着面積だけでなく、シリンダー状粒子の形態が強く影響したピッカリングエマルジョンの安定性について特異的な現象を見出した (Fig. 5)。

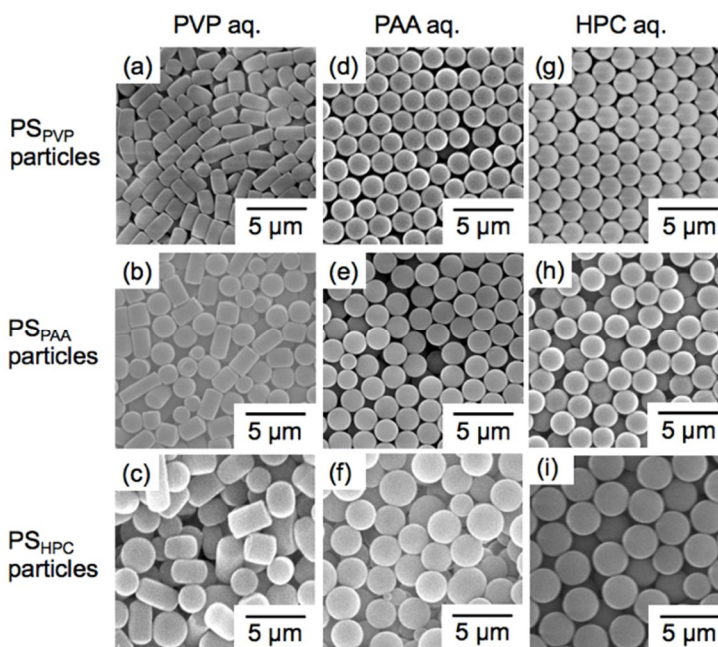


Fig. 4 SEM photographs of PS particles with different stabilizers after stirring in different polymer solutions (a)–(i) with magnetic stirrer.

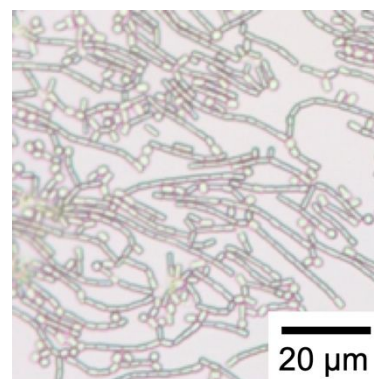


Fig. 5 Optical micrograph of cylindrical PS particles adsorbing the interface between oil/water.

3) 粒径  $1.47 \mu\text{m}$  の PS 粒子をシードとし、スチレン及び MMA のシード分散重合を行ったところ、得られた粒子の粒径は単分散性を保ちつつ  $1.53 \mu\text{m}$  へと増大しており、PS/P(S-MMA)複合粒子の作製が示唆された。この複合粒子に SARM を適用し、真球状ヤヌス粒子を作製した。この粒子を PVP 水溶液中で 72h 攪拌したところ、多数の棒状ヤヌス粒子の作製に成功した(Fig. 6a)。しかし、この棒状粒子のポリマー間の界面は位置や向きが不規則であり、ヤヌス粒子がランダムな方向に引き伸ばされていることが示唆された(Fig. 6b)。

攪拌するヤヌス粒子の形状をあらかじめ異方性をもった雪だるま状に変えることで、流体中で粒子を一定方向に安定させ、伸長方向を制御することを試みた。雪だるま状ヤヌス粒子は、界面活性剤を Emulgen 911 に変えた SARM により作製した。この粒子を PVP 水溶液中で攪拌したところ、同様に棒状粒子に変形しており(Fig. 7a)、ポリマー間の界面はすべての粒子の長軸中心に存在していることが観察され(Fig. 7b)、目的とする棒状ヤヌス粒子の作製に成功した。この結果は、一定方向に剪断応力がかかるという攪拌法のメカニズムを支持する結果でもある。

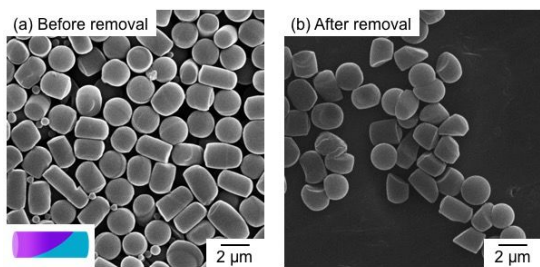


Fig. 6 SEM images of PS/P(S-MMA) cylindrical particles before (a) and after (b) removal of P(S-MMA) portion with acetic acid. These particles were prepared by SARM in the presence of SDS.

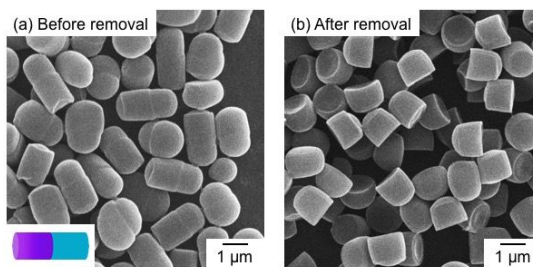


Fig. 7 SEM images of PS/P(S-MMA) cylindrical particles before (a) and after (b) removal of P(S-MMA) portion with acetic acid. These particles were prepared by SARM in the presence of Emulgen 911.

4)  $\text{PS}_{\text{PVP}}$  粒子をシードとした EHMA のシード分散重合を行った後、1-ブタノールで洗浄することにより、 $\text{PS}_{\text{PVP}}$  円盤状粒子の作製に成功した(Fig. 8a)。得られた粒子と、PVP と水素結合を形成するシリカ粒子を混合したところ、円盤状粒子の側面に選択的にシリカ粒子が吸着していたことから PVP は円盤の側面にのみ分布していることが確認され、二次元構造体作製の可能性が示唆された。そこで、 $\text{PS}_{\text{PVP}}$  円盤状粒子と  $\text{PS}_{\text{PAA}}$  真球状粒子の混合を行ったところ、円盤状粒子の側面にのみ真球状粒子が吸着した構造体が観察された(Fig. 8b)。

また、 $\text{PS}_{\text{PAA}}$  シード粒子を用いて同様に作製した  $\text{PS}_{\text{PAA}}$  円盤状粒子を  $\text{PS}_{\text{PVP}}$  円盤状粒子と混合を行ったところ、疎水性相互作用により円盤状粒子の上底面同士が重なった凝集も見られたものの、円盤状粒子の側面同士が吸着した粒子構造体が観察され(Fig. 8c)、二次元構造体作製が示された。

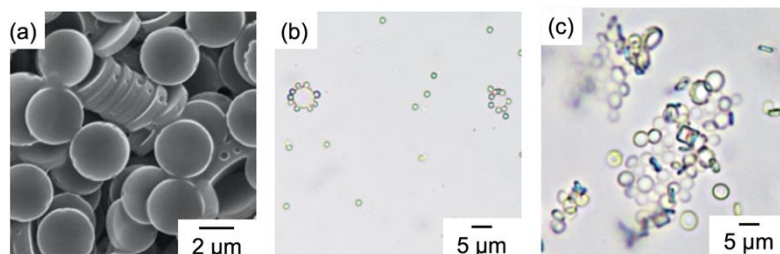


Fig. 8 SEM image of  $\text{PS}_{\text{PVP}}$  disc-like particles (a) and optical micrographs (b, c) of mixture of  $\text{PS}_{\text{PVP}}$  disc-like particles and  $\text{PS}_{\text{PAA}}$  spherical particles (b) or  $\text{PS}_{\text{PAA}}$  disc-like particles (c).

$\text{PS}_{\text{PVP}}$  円盤状粒子(Fig. 9a)をシードとし、ローダミン B でラベリングした TEOS のゾルゲル反応を行った後、THF を用い  $\text{PS}_{\text{PVP}}$  円盤状粒子部分を抽出することで、リング状シリカ粒子の作製に成功した(Fig. 9b)。得られたリング状シリカ粒子とリング内径と同等な粒子径を有する  $\text{PS}_{\text{PVP}}$  真球状粒子の混合をメタノール媒体中で行ったところ、リング状粒子の内側に真球状粒子が存在している様子が観察されたことから、目的とする構造体の作製に成功したことが示唆された(Fig. 9c)。

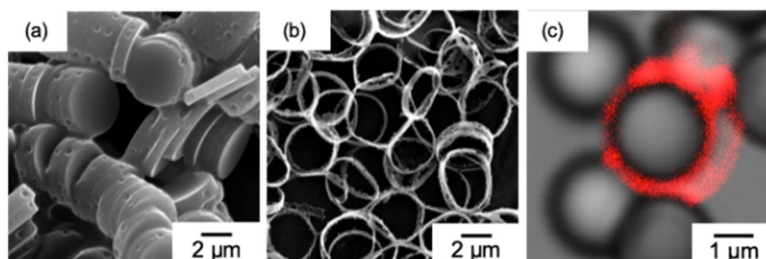


Fig. 9 SEM images (a,b) of  $\text{PS}_{\text{PVP}}$  disc-like particles (a) and silica particles after the extraction of  $\text{PS}_{\text{PVP}}$  disc-like particles with THF from  $\text{PS}_{\text{PVP}}$ /silica composite particles (b) and confocal laser scanning microscopy (CLSM) image of mixture of silica ring particles and  $\text{PS}_{\text{PVP}}$  spherical particles (c).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Wei Li, Toyoko Suzuki, Hideto Minami	4. 巻 57
2. 論文標題 A Facile Method for Preparation of Polymer Particles Having a “Cylindrical” Shape	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed	6. 最初と最後の頁 9936-9940
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/anie.201805700	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 Takuto Ouchi, Ryuma Nakamura, Toyoko Suzuki, Hideto Minami	4. 巻 58
2. 論文標題 Preparation of Janus particles composed of hydrophobic and hydrophilic polymers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Ind. Eng. Chem. Res.	6. 最初と最後の頁 20996-21002
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.iecr.9b01856	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 Hiroki Mitsui, Ken Mukai, Satoshi Ikubo, Toyoko Suzuki, Hideto Minami	4. 巻 30
2. 論文標題 Preparation of Free-standing Silicone Rubber Particles in Aqueous Heterogeneous System	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Polym. Adv. Technol.	6. 最初と最後の頁 3003-3010
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/pat.4732	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 Akiko Tsurumak, Takuya Iwata, Masayoshi Tokuda, Hideto Minami, Maria Assunta Navarra, Hiroyuki Ohno	4. 巻 308
2. 論文標題 Polymerized ionic liquids as durable antistatic agents for polyether-based polyurethanes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Electrochimica Acta	6. 最初と最後の頁 115-120
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.electacta.2019.04.031	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 該当する

1. 著者名 Wei Li, Toyoko Suzuki, Hideto Minami	4. 巻 522
2. 論文標題 The interface adsorption behavior in a Pickering emulsion stabilized by cylindrical polystyrene particles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Colloid Interface Sci.	6. 最初と最後の頁 230-235
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcis.2019.05.058	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 南 秀人, 李 維, 鈴木登代子	4. 巻 92
2. 論文標題 シリンダー形状を有した高分子微粒子の作製とその吸着挙動	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 色材協会誌	6. 最初と最後の頁 299-303
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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36件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 南 秀人
2. 発表標題 高分子微粒子の構造設計とそれに基づくコロイド構造体の形成
3. 学会等名 広島ゴム技術員会2月例会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 南 秀人
2. 発表標題 高分子微粒子の構造制御による機能化
3. 学会等名 近畿化学協会重合工学レクチャーシリーズNo.7 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hideto Minami
2. 発表標題 Preparation of Polystyrene Having a “Cylindrical” Shape
3. 学会等名 The 16th Pacific Polymer Conference (16PPC) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 南 秀人
2. 発表標題 高分子微粒子のモルフォロジー制御とその機能
3. 学会等名 第28回ポリマー材料フォーラム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hideto Minami
2. 発表標題 Preparation of Cylindrical Polystyrene Particles and Its Adsorption Behavior
3. 学会等名 37th Australasian Polymer Symposium (37APS) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大西 未来, 辻田 大起, 李 維, 鈴木 登代子, 南 秀人
2. 発表標題 攪拌による棒状ヤヌス粒子の作製
3. 学会等名 2019年度色材研究発表会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 藤井 真奈, 築地 純一, 中野 貴統, 鈴木 登代子, 南 秀人
2. 発表標題 円盤状粒子を利用した二次元微粒子構造体
3. 学会等名 2019年度色材研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 向井 健, 藤井 由紀, 山根 三慶, 鈴木 登代子, 南 秀人
2. 発表標題 シリコーン/汎用ポリマー複合粒子の合成
3. 学会等名 第68回高分子学会討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 辻田 大起, 水原 崇一朗, 大村 太郎, 鈴木 登代子, 南 秀人
2. 発表標題 ヤヌス粒子のモルフォロジー制御および水素結合を利用した粒子構造体
3. 学会等名 第68回高分子学会討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大西 未来, 辻田 大起, 李 維, 南 秀人
2. 発表標題 攪拌法によるシリンダー状ヤヌス粒子の作製
3. 学会等名 第65回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤井 真奈, 築地 純一, 中野 貴統, 南 秀人
2. 発表標題 円盤状粒子を用いた二次元微粒子構造体
3. 学会等名 第65回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 LI Wei, SUZUKI Toyoko, MINAMI Hideto
2. 発表標題 Preparation of Cylindrical Shape Particles
3. 学会等名 The International Polymer Colloid Group (IPCG) Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 辻田 大起, 水原 崇一郎, 大村 太朗, 南 秀人
2. 発表標題 異なる分散安定剤を有したビルディングブロック粒子の作製およびその粒子構造体
3. 学会等名 第57回日本接着学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 向井 健, 藤井 由紀, 山根 三慶, 南 秀人
2. 発表標題 シート重合を用いたシリコーン/ポリマー複合粒子の合成
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 辻田 大起, 水原 崇一朗, 大村 太郎, 南 秀人
2. 発表標題 ビルディングブロック粒子のモルフォロジー制御およびその粒子構造体
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤井 真奈, 築地 純一, 中野 貴統, 南 秀人
2. 発表標題 円盤状粒子を用いた微粒子構造体
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大西 未来, 辻田 大起, 李 維, 南 秀人
2. 発表標題 攪拌法による棒状ヤヌス複合粒子の作製
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 南 秀人
2. 発表標題 高分子微粒子の構造制御と機能
3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 南 秀人
2. 発表標題 高分子微粒子の構造制御および微粒子構造体
3. 学会等名 第162回ラドテック研究講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wei Li, Toyoko Suzuki, Hideto Minami
2. 発表標題 Facile Method for Preparation of Monodisperse Cylindrical Polystyrene Particles
3. 学会等名 IUPAC MACRO2018（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hideto Minami, Takuto Ouch, Ryuma Nakamura, Toyoko Suzuki
2. 発表標題 Preparation of Janus particles composed of hydrophobic and hydrophilic polymers
3. 学会等名 IUPAC MACRO2018（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Wei Li, Toyoko Suzuki, Hideto Minami
2. 発表標題 A Facile Preparation of Cylindrical Particles and Its Application
3. 学会等名 2th SPSJ International Polymer Conference (IPC2018)（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ken MUKAI, Yuki FUJII, Mitsuyoshi YAMANE, Hideto MINAMI
2. 発表標題 Preparation of Silicone Particles by Click Reaction and Silicone/Polymer Composite Particles by Seeded Polymerization
3. 学会等名 2th SPSJ International Polymer Conference (IPC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Wei Li, Toyoko Suzuki, Hideto Minami
2. 発表標題 A Facile Preparation of Cylindrical Polymer Particle and Its Absorption at Interface
3. 学会等名 1st G'L'owing Polymer Symposium in KANTO (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takanori Nakano, Mitsuyoshi Yamane, Aya Kurozuka, Hideto Minami
2. 発表標題 Preparation of Poly(ionic liquid) Particles Having Cationic Exchange Property by Dispersion Polymerization
3. 学会等名 IUPAC MACRO2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 李 維, 鈴木登代子, 南 秀人
2. 発表標題 棒状ポリスチレン粒子の作製とその界面吸着挙動
3. 学会等名 第67回高分子学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中野 貴統, 山根 三慶, 黒塚 彩, 南 秀人
2. 発表標題 イオン液体ポリマー微粒子の合成とカチオン交換による粒子の機能化
3. 学会等名 第56回日本接着学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 辻田 大起, 水原 崇一朗, 大村 太郎, 南 秀人
2. 発表標題 ヤヌス粒子のモルフォロジー制御とその粒子構造体
3. 学会等名 第64回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 辻田 大起・水原 崇一朗・大村 太郎・南 秀人
2. 発表標題 水素結合を利用した粒子構造体に向けたヤヌス粒子のモルフォロジー制御
3. 学会等名 2018年度色材研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 辻田 大起, 水原 崇一朗, 大村 太郎, 南 秀人
2. 発表標題 粒子構造体形成に向けたヤヌス粒子のモルフォロジー制御
3. 学会等名 第67回高分子学会討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 李 維, 鈴木 登代子, 南 秀人
2. 発表標題 単分散な棒状ポリスチレン粒子の作製
3. 学会等名 第66回高分子学会年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Wei Li, Toyoko Suzuki, Hideto Minami
2. 発表標題 A Simple Method to Synthesize Monodisperse Cylindrical Particles by Polystyrene
3. 学会等名 The International Polymer Colloids Group Conference2017 (IPCG 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中野 貴統, 山根 三慶, 黒塚 彩, 南 秀人
2. 発表標題 アニオン部を主鎖とするイオン液体ポリマー微粒子の合成
3. 学会等名 第63回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Wei Li, Toyoko Suzuki, Hideto Minami
2. 発表標題 A Facile Method for Preparation of Monodisperse Cylindrical Polystyrene Particles
3. 学会等名 ASEPFPM 6(The 6th Asian Symposium on Emulsion Polymerization and Functional Polymeric Microspheres) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 李 維, 鈴木 登代子, 南 秀人
2. 発表標題 新規な単分散棒状粒子の作製
3. 学会等名 第66回高分子学会討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中野 貴統, 山根 三慶, 黒塚 彩, 南 秀人
2. 発表標題 イオン液体ポリマー微粒子の合成とカチオン交換による金属イオンの担持
3. 学会等名 第66回高分子学会討論会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 南 秀人	4. 発行年 2018年
2. 出版社 株式会社エヌ・ティー・エス出版	5. 総ページ数 864
3. 書名 刺激応答性高分子ハンドブック	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究 分担者	鈴木 登代子  (SUZUKI TOYOKO)  (40314504)	神戸大学・工学研究科・助教    (14501)	