

令和 3 年 6 月 10 日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04729

研究課題名(和文)セルロースナノクリスタル内包高分子カプセルを基盤とする階層構造の構築

研究課題名(英文) Hierarchical structure formation by cellulose nanocrystal-based capsules

研究代表者

毛利 恵美子 (Mouri, Emiko)

九州工業大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：60380721

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：セルロースナノクリスタル(CNC)と呼ばれるナノスケールの棒状微粒子を用いて、構造化された内部構造を有する粒子状の複合体を創出した。自己組織化析出(SORP)法を応用した手法を用い、CNCとポリエチレングリコール(PEG)を組み合わせることで、ミクロンメートルスケールの、コアシェル構造を有する粒子状の構造体が得られることを確認した。特に、PEGの分子量を調製することにより、CNC成分がコア、PEG成分がシェルとなる粒子と、PEG成分がコア、CNC成分がシェルとなる粒子の2種類を作り分ける方法を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

セルロースナノクリスタル(CNC)は、ナノサイズの棒状セルロースであり、高濃度ではコレステリック液晶性を示すことから光学材料等への応用も期待される。しかし、CNC溶液の粘度は高く、その液晶性の動的制御には制約が多い。本研究では、CNCを合成高分子材料でカプセル化することに成功し、環境負荷の低い液晶材料の開発に向けての一段階目を達成した。さらに、同じ手法で高分子を粒子内部にもつCNC粒子の調製にも成功したことにより、多様な複合物を創出できる可能性を示した。本研究で確立したCNC複合粒子の合成方法は、同種の2成分を用いながら、粒子内の成分配置を制御できる方法であり新規性・汎用性の高い成果である。

研究成果の概要(英文)：Cellulose nanocrystals (CNCs) derived from acid hydrolysis treatment of natural cellulose resources are one of the promising eco-friendly nano-materials with anisotropic rod shapes. Facile fabrication of CNCs-based composite retaining the CNCs characteristics is one of the solutions to pioneer the broader application of CNCs. We succeeded in finding a versatile method for preparing a particulate composite based on cellulose nanocrystals (CNCs) and polyethylene glycol (PEG) via the self-organized precipitation (SORP) method. The particulate composite had a core-shell structure, and depending on the molecular weight of the PEG, two types of particulates could form: one with CNCs as the core and the other with CNCs as the shell.

研究分野：高分子界面化学

キーワード：セルロースナノクリスタル カプセル コアシェル粒子 液晶 階層構造

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

自然界に見られるような、秩序だった高次構造を実現するためには、バルクとは異なる界面の性質を利用すること・非平衡状態を利用することが必要であると考え、これまで気水界面の特性によって生まれる高分子の特異な構造を研究してきた。また、無機ナノシート液晶に関する研究では、結晶構造の剛直さと液晶ドメイン成長という動的な挙動を利用して、巨視的なサイズの高次構造の構築に成功し (*Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2014, 16, 955.)、新たな液晶材料の開発を行った。これらの経験から得られた知見に基づき、本研究では、新たな材料創出の提案を行った。その多様な特性と資源としての汎用性から、セルロースナノクリスタル(CNC)を、1次粒子(ビルディングブロック)として選定し、CNCのコレスティック液晶性と、高分子微粒子合成の簡便な手法である自己組織化析出(SORP)法(H. Yabu, *Polym. J.*, 2013, 45, 261.)との組み合わせることにより、新しいセルロース—高分子系材料の開発を行うものである。この手法を確立できれば、将来的には広い範囲の物質群に適用可能であると想定できる。

本研究で用いるセルロース系材料である CNC はナノセルロースと呼ばれるナノスケールのセルロース材料の一つである。電子デバイスの普及により紙の消費量が減少するとの予測および環境負荷への配慮が重要視される潮流の中で、セルロースの新規用途の開拓に関する研究は増加しており、ナノセルロースの研究も増加しつつあった。CNC と呼ばれる棒状微粒子の研究は、2000 年頃にコレスティック液晶形成の起源(棒のねじれ構造)が提示されて以降、主にセルロースの機械的特性とキラルネマチック液晶性に着目した複合材料の研究が多く報告されているが、本研究のような、カプセル化の発想に基づく研究はほとんど見られない。高次構造をドメイン単位で制御するという点で本研究と共通する研究事例は、Kumacheva や Vignolini らのグループによる(それぞれ *Nature Commun.*, 2016, *ACS Nano*, 2016) 報告があるが、いずれもマイクロ流路を利用したものである。本研究の実施により、新規な特徴を持ったセルロース材料が開発されれば、安全で廉価な材料となり、産業的にも有望である。

### 2. 研究の目的

リソグラフィ・3D プリンタなどの機械的技術によりナノオーダーで制御された材料開発の進歩は目覚ましいが、これら機械的な手法では階層的な内部構造を持つような材料を創り出すことは困難である。生物が実現しているような階層構造は、その機能とも密接に関連しており、それらを再現するには、物理化学的な現象を利用した手法が必須であると考え。それと同時に、特殊な性質を有する物質のみではなく、広い物質群に適用可能な自己組織化手法を開発することが、工学的に重要である。申請者らは、これまでに、無機ナノシートからなる液晶ドメインの成長過程を利用し、巨視的なサイズでの階層構造の形成に成功している。この成果は、物理化学的な現象を利用した点で上記の目的を達成しているが、より広い範囲の物質群に適用可能な手法を開発することが望まれる。そこで、本研究では、対象物質をカプセル化する方法により、高い汎用性を目指した。将来的に無機微粒子、生体高分子なども内包物とすることを念頭に、本研究では自律的に高次構造を形成することがよく知られているセルロース系を用いて、自己組織化構造のカプセル化と、カプセルを用いた高次構造形成プロセスを実現する。

### 3. 研究の方法

セルロースナノクリスタル(CNC)は、表面に負電荷を有するナノサイズの棒状セルロースであり、高濃度ではコレスティック液晶性を示すことから光学材料等への応用も期待される、環境負荷の低いナノマテリアルである。しかし、高濃度の CNC コロイド溶液の粘度は非常に高く、その液晶性の動的制御は困難である。そこで、本研究では、CNC を他の高分子材料と複合化することにより、局所的に高濃度な CNC の状態を保ちつつ、系全体の粘度を低下させることができるのではないかと考え、自己組織化

(SORP)法に基づいた CNC と合成高分子の複合系粒子の開発を行った。一般に、SORP 法では、2種の溶質と2種の溶媒(相溶性のあるもので、溶質に対してより良溶媒性を示す溶媒の方がもう一方の溶媒よりも低い沸点を有するもの)を用いるが、用いる2種の高分子と溶媒の親和性の違いにより、様々なモルフォロジーの粒子が得られることが知られている。そのため、最初に溶媒2種と、高分子の選定を行い、CNC-ポリエチレングリコール(水-エチレングリコール)系を選定した。

SORP 法の原理を用いて CNC と高分子の複合粒子を調製することを目的として図1のような手法で実験をおこなった。まず、CNC (CelluForce, Canada) とポリエチレングリコール(Wako, 平均分子量2000または20000, 以下それぞれを PEG2000, PEG20000 と表記)のコロイド溶液を調製し、そこにエチレングリコール(EG)を加えた後、40°Cで水を蒸発させることにより、CNC および PEG を含む EG 溶液を得た。この過程で、必要に応じて、CNC 成分に吸着するローダミン6G を添加した。溶液中および溶液乾燥後の状態を光学顕微鏡、偏光顕微鏡、蛍光顕微鏡および原子間力顕微鏡を用いて観察した。さらに、ITO セルに封入した試料に対して電場印可を行い、電場による微粒子の配向状態を光学顕微鏡により確認した。

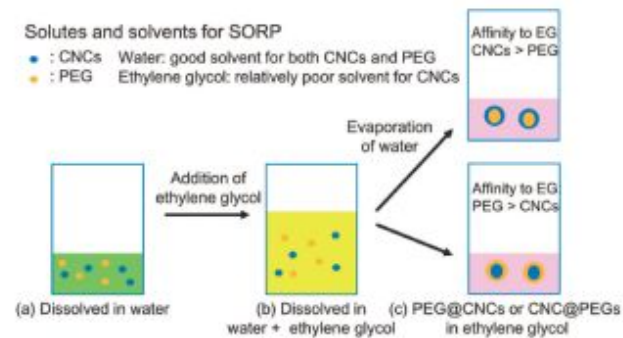


Figure 1. Schematic concept of CNCs/PEG particle fabrication with tunable CNCs locations via SORP method.

#### 4. 研究成果

まず、SORP 法を用いて、CNCと高分子を複合化するために、複合化する合成高分子、使用する溶媒などのスクリーニングを行った。その結果、複合化する高分子としてポリエチレングリコール(PEG)、用いる溶媒として水-エチレングリコールが最適であることを見出した。PEG は、生体適合性も備えた高分子であり、環境負荷の面を考慮しても正当性のある選択である。さらに、PEG の性質はその分子量によって大きく異なることが知られていることから、異なる分子量の試料を用いることで多彩な複合化が実現すると予想した。

実際に、PEG とセルロースナノクリスタルを自己組織化析出(SORP)法を用いて複合化することにより、片方の成分をコア、もう一方の成分をシェルとするマイクロメートルオーダーのコア-シェル構造の微粒子を創出できることを見出した。

具体的なプロセスは以下の通りである。PEG 試料として平均分子量2000のものとは20000のものを用いて実験を行った。CNC および PEG の水/EG 溶液は透明であったが、SORP 法の操作過程で、水を蒸発させるとPEG2,000の系は透明なままであったが、PEG20,000の系では白濁し、粒子の形成を示唆した。しかし、溶液状態での顕微鏡観察では、明確な形状を確認できなかった

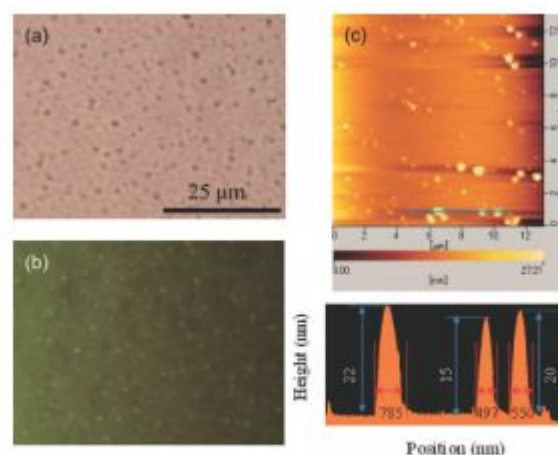
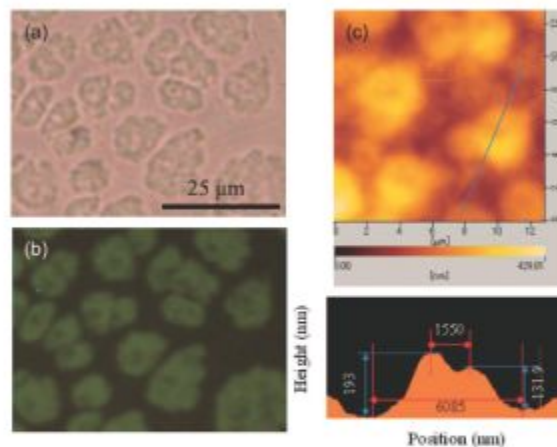


Figure 2. Observed images of dried CNCs/PEG2,000/R6G. (a) Bright field microscope image, (b) fluorescent optical microscope image, and (c) AFM topological image with cross-section.

ため、両方の系について乾燥後の試料について観察を行った。

図 1 は、それぞれ PEG2,000 と PEG20,000 を用いた系を乾燥したものの光学顕微鏡像である。両者とも、粒子状のものが観察されたが、形状、コントラスト等は大きく異なった。PEG2,000 の系では、中央により暗い円を含み大きさの揃った 1.5 $\mu\text{m}$  程度の粒子状物質を確認できた。一方、PEG20,000 の系では、中央により明るい部分を含む不規則な形状の数  $\mu\text{m}$  ~ 数十  $\mu\text{m}$  の粒子状物質を確認した。粒子状物質内部のコントラスト差から、両者ともコア-シェル構造を形成していることが示唆された。さらに、CNC の



**Figure 3.** Observed images of dried CNCs/PEG20,000/R6G. (a) Bright field microscope image, (b) fluorescent optical microscope image, and (c) AFM topological image with cross-section.

みに吸着することが分かっている R6G を添加して、同様の観察を蛍光顕微鏡を用いて行くと、PEG2,000 系では中央部分に CNC が存在し、PEG20,000 系では外縁部に CNC が存在することが明らかになった。これらの結果から、PEG の分子量を変えることで、成分配置の異なる CNC を含むコア-シェル状粒子が調製できたことが示唆された。

原子間力顕微鏡による観察では、特に PEG20,000 の系でコア-シェル構造を確認することができたが、PEG2,000 の系では、明確なコア-シェル構造は確認できなかった。これは、PEG と CNC の硬さによる差異が反映されていると考えている。つまり、PEG20,000 の系では、前述のように CNC がシェル部分に存在することで、コア部分に存在する PEG が窪みとして観察される一方、PEG2,000 の系では、コア部分に硬い CNC が存在することで、シェル部分に存在する PEG が観察されにくくなったと考えられる。さらに、原子間力顕微鏡で得られた観察像から、乾燥時の粒子は非常に扁平な形状であった。本来球状であったものが、乾燥によって扁平に変形したのか、もともと扁平な形状の粒子が形成されているのかは、今後確認する必要がある。

「CNC 成分がコア、高分子成分がシェル」となる粒子と、「高分子成分がコア、CNC 成分がシェル」となる粒子の 2 種類を作り分ける方法を確立した。さらに、粒子内部にセルロースナノクリスタルを閉じ込めたコア-シェル構造の粒子系に関しては、液状の試料に対して、液晶に特徴的な現象である複屈折が観察できることも確認できた。したがって、本研究の第一段階である、CNC を封入した高分子カプセルの調製には成功したと考えている。(J. Zhang, H. Furushima, T. Nakato, Mouri, E. *Chem. Lett.* **2021**, *50*, 240-243.)

さらに、顕微鏡での測定時の条件を調整することにより、溶液中で粒子を観察することに成功し、粒子中で複屈折が観察できることを確認した。これにより、液晶状態の CNC を含む微粒子が調製できた。さらに、これらの粒子に電場を印可し、電場によって粒子の配向性を制御できるかどうかを確認した。電場印可により、粒子の示す複屈折が若干ではあるが変化することから、電場によって複合粒子を操作できることが確認できた。

SORP 法で調製したこれらの粒子は、化学結合で各成分が結合しておらず、溶媒環境によっては、再度溶解する特性を持つ。そこで、今年度は、これらの粒子構造を固定化し、様々な溶媒へ再分散を可能とすることを旨とし、両末端に重合可能な置換基を有する合成高分子を用いて CNC 複合粒子を固定化することを目指した。置換基の影響により、これまでに得られていた CNC 複合粒子とは異なるサイ

ズ・形状の粒子が得られたものの、この粒子は、電場応答性が非常に明確であり、電場の ON-OFF による配向のスイッチングが可能な材料として有望であることが明らかになった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Nakato Teruyuki, Takahashi Atsushi, Terada Shinya, Yamaguchi Shogo, Mouri Emiko, Shintate Morio, Yamamoto Shinya, Yamauchi Yusuke, Miyamoto Nobuyoshi	4. 巻 35
2. 論文標題 Mesoscopic Architectures Made of Electrically Charged Binary Colloidal Nanosheets in Aqueous System	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 14543 ~ 14552
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.9b02474	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 Mouri Emiko, Irie Akari, Nakato Teruyuki	4. 巻 35
2. 論文標題 Electric-Alignment Immobilization of Liquid Crystalline Colloidal Nanosheets with the Aid of a Natural Organic Polymer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 7003 ~ 7008
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.9b00651	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 Nakato Teruyuki, Terada Shinya, Ishiku Tatsuya, Abe Shungo, Kamimura Sunao, Mouri Emiko, Ohno Teruhisa	4. 巻 241
2. 論文標題 Photoinduced electron transfer in semiconductor-clay binary nanosheet colloids controlled by clay particles as a turnout switch	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Catalysis B: Environmental	6. 最初と最後の頁 499 ~ 505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apcatb.2018.09.047	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 Mouri Emiko, Ogami Chiari, Fukumoto Takashi, Nakato Teruyuki	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Development of Structural Color by Niobate Nanosheet Colloids	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200164	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Emiko Mouri, Yo Yamasaki, Motokazu Terada	4. 巻 6
2. 論文標題 Tuning polymer-grafted particle monolayer structure at the air-water interface by introducing anisotropic features	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Materials Science and Chemical Engineering	6. 最初と最後の頁 11-
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/msce.2018.61002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Emiko Mouri, Sanami Moroi	4. 巻 25
2. 論文標題 Control of assembly size of poly (methacrylic acid)-grafted fullerenes in aqueous solution	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Polymer Research	6. 最初と最後の頁 180
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10965-018-1575-6	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 Emiko Mouri, Sanami Moroi	4. 巻 25
2. 論文標題 Association behaviors of poly(N-vinylpyrrolidone)-grafted fullerenes in aqueous solution	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Polymer Research	6. 最初と最後の頁 213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10965-018-1604-5	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 Emiko Mouri, Akari Irie, Teruyuki Nakato	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Electric-Alignment Immobilization of Liquid Crystalline Colloidal Nanosheets with the Aid of a Natural Organic Polymer	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.9b00651	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 Jie Zhang, Keisuke Morisaka, Takuya Kumamoto, Emiko Mouri, Teruyuki Nakato	4. 巻 556
2. 論文標題 Electrolyte-dependence of the macroscopic textures generated in the colloidal liquid crystals of niobate nanosheets	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects	6. 最初と最後の頁 106-112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.colsurfa.2018.08.016	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 Teruyuki Nakato, Shinya Terada, Tstsuya Ishiku, Shungo Abe, Sunao Kamimura, Emiko Mouri, Teruhisa Ohno	4. 巻 241
2. 論文標題 Photoinduced electron transfer in semiconductor-clay binary nanosheet colloids controlled by clay particles as a turnout switch	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Catalysis B: Environmental	6. 最初と最後の頁 499-505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apcatb.2018.09.047	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 中戸 晃之・鈴木 康孝・毛利 恵美子・川俣 純	4. 巻 17
2. 論文標題 無機ナノシート液晶の光マニピュレーション	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ナノ学会会報	6. 最初と最後の頁 49-53
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 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17件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 毛利恵美子、入江明里、中戸晃之
2. 発表標題 無機ナノシート液晶の電場配向の天然高分子を用いた固定化
3. 学会等名 粘土科学討論会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 板東輝、川崎高平、毛利恵美子、中戸晃之
2. 発表標題 アゾベンゼンの光異性化に対する粘土懸濁液の影響
3. 学会等名 低次元系光機能材料研究会第9回サマーセミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐伯幸祐, 山根康平, 毛利恵美子, 中戸晃之
2. 発表標題 ニオブ酸 - 粘土2成分ナノシートコロイド中での光触媒反応
3. 学会等名 低次元系光機能材料研究会第9回サマーセミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 毛利恵美子
2. 発表標題 紙からつくる液晶
3. 学会等名 工学女子シンポジウム2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jie Zhang, Emiko Mouri, Teruyuki Nakato
2. 発表標題 Preparation of cellulose nanocrystals based core-shell particles via self-organized precipitation method
3. 学会等名 12th Japan-Korea Joint Symposium on Biomicrosensing Technology (12th JKBT) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jie Zhang, Emiko Mouri, Teruyuki Nakato
2. 発表標題 Preparation of Cellulose Nanocrystals based Core-shell Particles
3. 学会等名 令和元年度 物理化学インターカレッジセミナー 兼日本油化学会界面科学部会九州地区講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 毛利恵美子
2. 発表標題 マルチスケール化学でみる 粒子の世界 ~フラレン微粒子と セルロースナノクリスタル内包カプセル~
3. 学会等名 ソフトマターの未来材料シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 毛利恵美子、入江明里、中戸晃之
2. 発表標題 天然高分子を用いた無機ナノシート液晶構造の固定化
3. 学会等名 日本女性科学者の会2019年度例会・新春シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Emiko Mouri, Akari Irie, Teruyuki Nakato
2. 発表標題 Emiko Mouri, Akari Irie, Teruyuki Nakato, Preservation of Liquid Crystalline Nanosheets Alignment Generated in an Electric Field
3. 学会等名 The 5th International Conference on Nanomechanics and Nanocomposites (ICNN5) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Wataru Ishitobi, Miho Yabuuchi, Emiko Mouri, Teruyuki Nakato
2. 発表標題 Alignment of Liquid Crystalline Binary Nanosheet Colloids of Niobate and Clay in an Electric Field
3. 学会等名 The 5th International Conference on Nanomechanics and Nanocomposites (ICNN5) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石飛渉、藪内未歩、毛利恵美子、中戸晃之
2. 発表標題 ニオブ酸-粘土2成分系コロイドの電場配向の光学顕微鏡観察
3. 学会等名 「低次元系光機能性材料研究会」第8回サマーセミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福元崇之、藤森伯人、毛利恵美子、中戸晃之
2. 発表標題 リン酸アンチモン-粘土2成分ナノシート液晶の構造色
3. 学会等名 「低次元系光機能性材料研究会」第8回サマーセミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Emiko Mouri
2. 発表標題 Control of Assembly Size of Polymer-grafted Fullerene in Aqueous Solution
3. 学会等名 2018 UOIT-KIT Mini-Symposium in Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Emiko Mouri
2. 発表標題 Control of assembly size of polymer-grafted fullerenes
3. 学会等名 Thai-Kyutech Mini Workshop on Nanomaterials 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jie Zhang, Keisuke Morisaka, Takuya Kumamoto, Emiko Mouri, Teruyuki Nakato
2. 発表標題 Electrolyte-Dependence of Macroscopic Hierarcical Organization of inorganic Colloidal Liquid Crystals
3. 学会等名 28th Annual Meeting of MRS-Japan 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Thipwipa Sirinakorn, Wataru Ishitobi, Emiko Mouri, Makoto Ogawa, Teruyuki Nakato
2. 発表標題 Electric alignment of nanosheets in niobate-graphene oxide binary colloids
3. 学会等名 日本化学会 第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 毛利 恵美子、チョウ ケツ、古嶋 日南子、中戸 晃之
2. 発表標題 成分配置を制御したセルロース系コアシェル粒子の調製
3. 学会等名 第70回高分子学会年次大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔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
研究協力者	中戸 晃之 (Nakato Teruyuki)	九州工業大学・工学研究院・教授  (17104)	

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
---------	---------