

令和 2 年 6 月 5 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H02277

研究課題名(和文)理想荷電性高分子ゲルの創成とその新たな応用展開

研究課題名(英文)Developments and Potential Applications of Ideal Polyelectrolyte Gels

研究代表者

柴山 充弘 (Shibayama, Mitsuhiro)

東京大学・物性研究所・教授

研究者番号：00175390

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,600,000円

研究成果の概要(和文)：理想的な荷電性高分子、及び網目構造を合成することによって、荷電性高分子に潜む様々な複雑な物理現象を解明した。例えば、規則正しい網目を持つ理想網目荷電性高分子ゲルを合成することで、電解質の特徴的な距離は架橋点間距離には依存せず固有の距離であることを発見した。また、マウスの脳を透明化し、小角X線散乱を用いてその構造を詳細に調べることによって、先程述べたような電解質に特徴的な距離相関を発見し、脳はまさに高分子電解質ゲルの一種であることを見出した。さらに、星形高分子を緻密に充填することで、空間不均一性が全く存在しないゲル化手法を確立させ、電解質ゲルの構造・物性への理解に繋がる重要な要件を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高分子電解質ゲルは、我々の体の組織に共通する物質形態である。このような物質は、ゲルであること、そして電解質であることの二つの性質を併せ持つ。これまでの研究ではこの二つの性質が複雑に絡み合い、高分子電解質ゲルの構造や物性を研究することは困難であった。我々は規則正しい高分子網目に電荷を狙った方法で配置することによって、研究対象をシンプルにし、これまで隠されていた種々の物理法則を発見した。例えば、生態組織の内部構造が実際に化学的に合成される高分子電解質ゲルと酷似していることが明らかになった。荷電性ゲルとして生体組織の構造を評価することで、老化などの生体組織の硬化現象のメカニズムへの理解が期待できる。

研究成果の概要(英文)：By synthesizing the ideal chargeable polymer and network structure, various complicated physical phenomena hidden in the charged polymer were clarified. For example, by synthesizing an ideal network of charged polymers, we discovered that the characteristic distance of the polyelectrolytes is a unique distance that does not depend on the distance between cross-linking points. In addition, by making the mouse brain transparent and examining its structure in detail using small-angle X-ray scattering, we discovered the characteristic correlation distance of the electrolyte described above, indicating the brain is a sort of polyelectrolyte gel. Furthermore, we have established a gelling method that does not have any spatial inhomogeneity by closely packing the star-shaped polymers. This achieved important requirements that lead to an understanding of the structure and physical properties of the electrolyte gel.

研究分野：高分子科学

キーワード：高分子 ゲル 電解質 小角散乱

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

荷電性高分子ゲルは、電荷を持つ 3 次元の高分子網目構造が水などの溶媒を大量に含んだ物質である。網目に存在する荷電基の効果により、荷電性高分子ゲルは高い浸透圧を持ち、吸水剤や保水剤として紙おむつや化粧品、食品、農業など、様々な分野で利用されている。吸水性以外にも、荷電性高分子ゲルは pH や塩濃度、温度に対して独特な体積相転移挙動を示すことが知られており、薬物徐放化担体、マイクロセンサー、さらにはカチオン・アニオン荷電高分子を接合したポリマーダイオードなどへの応用が試みられている。

荷電性高分子ゲルの基礎物性(力学特性・膨潤挙動・内部でのゲスト分子の拡散など)は、荷電基と網目構造の両者からの影響が相まって決まる。荷電基からの影響は、ゲル内の溶液の塩濃度や pH によって変化し、既に多くの研究者によって系統的に調べられている。しかし、網目構造からの影響は、その制御性の難しさから、殆ど明らかになっておらず、結果として荷電性高分子ゲルの基礎物性は未だに謎に包まれている状況にある。

既存の荷電性高分子ゲルは、主に荷電性モノマーと架橋剤の混合物・混合溶液をラジカル重合することで作製される。この反応系では、架橋剤とモノマーがランダム重合されるため、網目構造に空間的な不均一性が生じやすく、また様々な停止反応により結合欠陥も多く導入される。空間的な不均一性や結合欠陥がない理想的な網目構造を持つ荷電性高分子ゲルを構築することができれば、荷電性高分子ゲルの基礎物性への理解が飛躍的に進むことが予測される。

申請者のグループはこれまで、中性子散乱による構造解析を基軸に様々な高分子ゲルの物性を明らかにしてきた。これらの研究の中で、申請者らはモジュールアセンブリング (module assembling; MA 法) による新たなゲル作製システムを開発した。MA 法では、相互反応可能なテトラ型モジュールポリマーを、末端カップリング反応させることでゲルを作製する。架橋点は常にモジュールの中心に位置するため、ゲル化反応が進行しても架橋点は均一に分散されており、空間的不均一性が生じにくい系となっている。申請者のグループが行った小角中性子散乱実験からも、極めて均一な網目構造が形成されていることが確認されている。

また、モジュールポリマーを精密に設計・合成することで、理想網目を維持しつつ様々な機能をゲルに付与することが可能である。これまでに、網目サイズの精密制御をはじめとして、分解挙動の精密制御、膨潤挙動の精密制御、構造欠陥の定量的な導入等が既の実現されている。MA 法を用いたゲル作製システムを荷電性高分子に適用すれば、理想網目構造を持つ荷電性高分子ゲルの創造が実現でき、内部構造や基礎物性への理解が飛躍的に進み、既存応用において材料設計の指針となるとともに、新たな応用展開への切り口となることが予測される。

### 2. 研究の目的

本申請課題では、理想網目構造を有する荷電性高分子ゲルの創成及びその応用展開を目的とし、以下の 4 つの研究テーマに取り込む。1) MA 法を用いた理想荷電性高分子ゲルの作製・構造解析、2) 理想荷電性高分子ゲルの物性評価、3) 不均一性がゲルの物性に及ぼす影響の評価、4) 荷電性高分子ゲルとしての生体組織の構造評価

### 3. 研究の方法

まず荷電性テトラ型モジュールポリマーを設計・合成し、MA 法により荷電性ゲルを作製する。中性子散乱等によって得られる構造情報を元に、反応系の検討・モジュールポリマーの設計を繰り返し行い、理想荷電性ゲルの合成システムを確立する。続けて、モジュールポリマーの分子量・化学種を変化させて、様々な物性を持った荷電性ゲルを系統的に作製し、散乱からの構造情報を

元に、レオロジー・力学・膨潤・物質拡散の多方面からの物性評価を行う。さらに、不均一性を定量的に導入し、理想荷電性ゲルの理論の一般化を行う。さらに、荷電性ゲルとしての生体組織の評価を実現させる。

#### 4 . 研究成果

(1) t-ブチルアクリレート(Tetra-tBA)を骨格とするテトラ-tBA ゲルを合成し、そのメタノール膨潤ゲルおよび、tBA を脱保護して得られるテトラポリアクリル酸ハイドロゲル(テトラ PAA ゲル)の物性測定および中性子散乱実験をおこなった。その結果、テトラ PAA ゲルの散乱関数には、荷電高分子溶液や荷電ゲルに特徴的な散乱ピークが存在したことから、荷電基の導入に成功していること、架橋の導入により不均一性が大きくなっていることを確認し、論文発表を行った(K. Morishima, X. Li, K. Oshima, Y. Mitsukami, M. Shibayama, Small-angle scattering study of tetra-poly(acrylic acid) gels. The Journal of Chemical Physics. 149, 163301 (2018). )。

(2) 理化学研究所の上田泰己チームリーダー(東京大学大学院医学系研究科システムズ薬理学教室教授) 洲崎悦生客員研究員(同准教授)らとの共同研究で組織透明化技術と組み合わせて利用できる全臓器・全身スケールの3次元組織染色・観察技術「CUBIC-HistoVision(CUBIC-HV)」を確立した。我々は小角X線散乱を用いて、透明化前後の脳を測定し、脳が電解質ゲルであること、そして透明化によって脂質が除去されたことを発見した(E. A. Susaki, C. Shimizu, A. Kuno, K. Tainaka, X. Li, K. Nishi, K. Morishima, H. Ono, K. L. Ode, Y. Saeki, K. Miyamichi, K. Isa, C. Yokoyama, H. Kitaura, M. Ikemura, T. Ushiku, Y. Shimizu, T. Saito, T. C. Saido, M. Fukayama, H. Onoe, K. Touhara, T. Isa, A. Kakita, M. Shibayama, H. R. Ueda, Versatile whole-organ/body staining and imaging based on electrolyte-gel properties of biological tissues. Nat Commun. 11, 1982 (2020). )。

(3) ゲル化前の溶液内で高分子を緻密に充填することで、ゲル化後でも均一に分散した状態を維持できることを突き止めた。このようなゲル化過程はボンドパーコレーションと呼ばれ、古くから理論として考えられていたが、現実の系では初めて実現された。このような簡便な手法で、ソフトマテリアルの常識を覆す、極めて均一性の高いゲルの合成に成功した。本手法は、幅広い高分子種に適用でき、医学、薬学、化学、光学など幅広い分野への波及効果が期待される((1)X. Li, S. Nakagawa, Y. Tsuji, N. Watanabe, M. Shibayama, Polymer gel with a flexible and highly ordered three-dimensional network synthesized via bond percolation. Science Advances. 5, eaax8647 (2019).(2) X. Huang, S. Nakagawa, X. Li, M. Shibayama, N. Yoshie, A Simple and Versatile Method for the Construction of Nearly Ideal Polymer Networks. Angewandte Chemie International Edition, 1-8 (2020). )。

(4) Nafion は古くから盛んに産業利用されているフッ化炭素系の荷電性高分子であるが、その物性と構造の相関はまだ不明瞭なところが多い。今回、厳密にサンプル調整条件を同一化し、0.5-30 wt%という幅広い濃度領域に対して、光散乱・小角X線散乱・レオ小角中性子散乱を行うことで、普遍的なナフィオンの溶液物性とナノ構造を明らかにした(C. I. Gupit, X. Li, R. Maekawa, N. Hasegawa, H. Iwase, S. Takata, M. Shibayama, Nanostructures and Viscosities of Nafion Dispersions in Water/Ethanol from Dilute to Concentrated Regimes.

(5) ゲル化する直前の臨界状態は、その普遍性ゆえに多くの物理学者の興味を引き、多くの研究が行われてきた。その中でも、散乱ベクトル  $q$  の 3 乗に比例するスローな運動モードの起源は未解決問題として残されていた。今回の系統的な研究で、このゆっくりとした運動モードは従来の定説であった Zimm mode (高分子の内部運動の一つ) とは全く無関係なもので、ベキ分布をもつ臨界クラスターの並進運動の足し合わせであることを解明した(X. Li, T. Noritomi, T. Sakai, E. P. Gilbert, M. Shibayama, Dynamics of Critical Clusters Synthesized by End-Coupling of Four-Armed Poly(ethylene glycol)s. Macromolecules. 52, 5086-5094 (2019) )

(6) 完成した理想網目ゲルの一部を重水素化し、さらにゲルを重水で膨潤させることによって、架橋点周りのみが軽水素ラベルされている状態を作り出すことに成功した。このように架橋点間の相関を観測することは架橋高分子の研究において長年の夢であったが、本研究によって初めてそれを達成した。このような部分重水素化した網目構造に対して、小角中性子散乱を用いて測定することによって、架橋点間が均一に分散されたことによって観測されるピークを観測した。このピークは結晶のブラッグピークのような鋭いものではなく、熱揺らぎによって激しく揺れている高分子の運動を反映したブロードな相関を示した。このような架橋点間の相関を研究することは、架橋高分子の基礎物性を理解する上で非常に重要である (M. Ohira, Y. Tsuji, N. Watanabe, K. Morishima, E. P. Gilbert, X. Li, M. Shibayama, Quantitative Structure Analysis of a Near-Ideal Polymer Network with Deuterium Label by Small-Angle Neutron Scattering. Macromolecules. 53, 4047-4054 (2020) )

(7) 固定イオンを含む高分子電解質ゲルは、外部の溶液条件により膨潤挙動を示す。そのような振る舞いは、通常、ドナン平衡を考慮したフローリー・レーナーモデルを使用して説明される。ただし、このモデルでは、固定イオンの均一な分布を想定している。したがって、不均一な分布の場合への適用可能性は不明のままである。ここでは、中性/高荷電シーケンスを交互に持つヒドロゲル(テトラポリアクリル酸-ポリエチレングリコールゲル)の設計に成功した。Donnan 平衡を使用した Flory-Rehner モデルは、弱く帯電した状態でのみ膨張率を予測することが判明した。高帯電条件下での膨潤挙動は、ポリアクリル酸ユニット内の対イオン凝縮をさらに考慮することによって説明できた。これらの結果は、ネットワークストランドの長さスケール内のイオン相互作用が対イオン凝縮を決定できること、および高分子電解質ゲルの膨潤挙動を予測するために隣接する固定イオン間の距離を正確に推定することが重要であることを示している。(論文投稿中)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計52件（うち査読付論文 51件 / うち国際共著 9件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Susaki Etsuo A., Shimizu Chika, Kuno Akihiro, Tainaka Kazuki, Li Xiang, Shibayama Mitsuhiro, Ueda Hiroki R. et al.	4. 巻 11
2. 論文標題 Versatile whole-organ/body staining and imaging based on electrolyte-gel properties of biological tissues	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 1982(1~22)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-15906-5	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 Ohira Masashi, Tsuji Yui, Watanabe Nobuyuki, Morishima Ken, Gilbert Elliot P., Li Xiang, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 53
2. 論文標題 Quantitative Structure Analysis of a Near-Ideal Polymer Network with Deuterium Label by Small-Angle Neutron Scattering	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 4047~4054
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.9b02695	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 Gupit Caidric Indaya, Li Xiang, Maekawa Ryosuke, Hasegawa Naoki, Iwase Hiroki, Takata Shinichi, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 53
2. 論文標題 Nanostructures and Viscosities of Nafion Dispersions in Water/Ethanol from Dilute to Concentrated Regimes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 1464~1473
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.9b02314	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 Huang Xin, Nakagawa Shintaro, Li Xiang, Shibayama Mitsuhiro, Yoshie Naoko	4. 巻 59
2. 論文標題 A Simple and Versatile Method for the Construction of Nearly Ideal Polymer Networks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 1~8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202001271	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 Shibayama Mitsuhiro, Li Xiang, Sakai Takamasa	4. 巻 297
2. 論文標題 Precision polymer network science with tetra-PEG gels - a decade history and future	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Colloid and Polymer Science	6. 最初と最後の頁 1~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00396-018-4423-7	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 Li Xiang, Nakagawa Shintaro, Tsuji Yui, Watanabe Nobuyuki, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 5
2. 論文標題 Polymer gel with a flexible and highly ordered three-dimensional network synthesized via bond percolation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 eaax8647
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.aax8647	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 Morishima Ken, Nakamura Noriko, Matsui Keisuke, Tanaka Yoshikazu, Masunaga Hiroyasu, Mori Shoko, Iwashita Takashi, Li Xiang, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 84
2. 論文標題 Formation of Clusters in Whiskies During the Maturation Process	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Food Science	6. 最初と最後の頁 59~64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1750-3841.14398	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 Li Xiang, Noritomi Takako, Sakai Takamasa, Gilbert Elliot P., Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 52
2. 論文標題 Dynamics of Critical Clusters Synthesized by End-Coupling of Four-Armed Poly(ethylene glycol)s	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 5086~5094
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.9b01066	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 Shibayama Mitsuhiro, Li Xiang, Sakai Takamasa	4. 巻 57
2. 論文標題 Gels: From Soft Matter to BioMatter	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Industrial & Engineering Chemistry Research	6. 最初と最後の頁 1121 ~ 1128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.iecr.7b04614	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 Izumi Atsushi, Shudo Yasuyuki, Hagita Katsumi, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 27
2. 論文標題 Molecular Dynamics Simulations of Cross-Linked Phenolic Resins Using a United-Atom Model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Macromolecular Theory and Simulations	6. 最初と最後の頁 1700103(1-8)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mats.201700103	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 Hashimoto Kei, Fujii Kenta, Kusano Takumi, Hirose Kazu, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 20
2. 論文標題 Small-angle X-ray scattering study on nano-scale structures controlled by water content in a binary water/ionic liquid system	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 18355 ~ 18360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c8cp00440d	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 Hagita Katsumi, Shudo Yasuyuki, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 154
2. 論文標題 Two-dimensional scattering patterns and stress-strain relation of elongated clay nano composite gels: Molecular dynamics simulation analysis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 62 ~ 79
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymer.2018.08.047	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 Morishima Ken, Li Xiang, Oshima Kazuyuki, Mitsukami Yoshiro, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 149
2. 論文標題 Small-angle scattering study of tetra-poly(acrylic acid) gels	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 163301(1-8)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5027665	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 Shudo Yasuyuki, Izumi Atsushi, Hagita Katsumi, Yamada Takeshi, Shibata Kaoru, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 51
2. 論文標題 Diffusion Behavior of Methanol Molecules Confined in Cross-Linked Phenolic Resins Studied Using Neutron Scattering and Molecular Dynamics Simulations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 6334 ~ 6343
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.8b00535	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 Nakagawa Shintaro, Li Xiang, Shibayama Mitsuhiro, Kamata Hiroyuki, Sakai Takamasa, Gilbert Elliot Paul	4. 巻 51
2. 論文標題 Insight into the Microscopic Structure of Module-Assembled Thermoresponsive Conetwork Hydrogels	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 6645 ~ 6652
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.8b00868	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 Ito Akika, Yasuda Tomohiro, Yoshioka Tetsuro, Yoshida Akihiro, Li Xiang, Hashimoto Kei, Nagai Kazukiyo, Shibayama Mitsuhiro, Watanabe Masayoshi	4. 巻 51
2. 論文標題 Sulfonated Polyimide/Ionic Liquid Composite Membranes for CO2 Separation: Transport Properties in Relation to Their Nanostructures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 7112 ~ 7120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.8b01135	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 Tamate Ryota, Hashimoto Kei, Horii Tatsuhiro, Hirasawa Manabu, Li Xiang, Shibayama Mitsuhiro, Watanabe Masayoshi	4. 巻 30
2. 論文標題 Self-Healing Micellar Ion Gels Based on Multiple Hydrogen Bonding	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 1802792(1-7)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adma.201802792	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 Tsuji Yui, Li Xiang, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 4
2. 論文標題 Evaluation of Mesh Size in Model Polymer Networks Consisting of Tetra-Arm and Linear Poly(ethylene glycol)s	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Gels	6. 最初と最後の頁 50(1) ~ 50(12)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/gels4020050	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 Kureha Takuma, Hayashi Kyohei, Ohira Masashi, Li Xiang, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 51
2. 論文標題 Dynamic Fluctuations of Thermoresponsive Poly(oligo-ethylene glycol methyl ether methacrylate)-Based Hydrogels Investigated by Dynamic Light Scattering	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 8932 ~ 8939
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.8b02035	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 Hashimoto Kei, Fujii Kenta, Nishi Kengo, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 122
2. 論文標題 Ion Gel Network Formation in an Ionic Liquid Studied by Time-Resolved Small-Angle Neutron Scattering	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry B	6. 最初と最後の頁 9419 ~ 9424
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.8b08111	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 Ohira Masashi, Li Xiang, Gupit Caidric Indaya, Kamata Hiroyuki, Sakai Takamasa, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 155
2. 論文標題 Dynamics of thermoresponsive conetwork gels composed of poly(ethylene glycol) and poly(ethyl glycidyl ether-co-methyl glycidyl ether)	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 75 ~ 82
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymer.2018.09.031	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 -

1. 著者名 Hayashi Kaori, Okamoto Fumiki, Hoshi Sujin, Katashima Takuya, Zujur Denise C., Li Xiang, Shibayama Mitsuhiro, Gilbert Elliot P., Chung Ung-il, Ohba Shinsuke, Oshika Tetsuro, Sakai Takamasa	4. 巻 1
2. 論文標題 Fast-forming hydrogel with ultralow polymeric content as an artificial vitreous body	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nat. Biomed. Eng.	6. 最初と最後の頁 44(1)-44(7)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41551-017-0044	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 Nishi Kengo, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 13
2. 論文標題 2D pair distribution function analysis of anisotropic small-angle scattering patterns from elongated nano-composite hydrogels	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Soft Matter (Front cover)	6. 最初と最後の頁 3076 ~ 3083
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c6sm02350a	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 Hashimoto Kei, Fujii Kenta, Ohara Koji, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 19
2. 論文標題 Effect of protonation on the solvation structure of solute N-butylamine in an aprotic ionic liquid	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Phys. Chem. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 8194 ~ 8200
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c6cp08247e	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 Shudo Yasuyuki, Izumi Atsushi, Hagita Katsumi, Nakao Toshio, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 116
2. 論文標題 Structure-mechanical property relationships in crosslinked phenolic resin investigated by molecular dynamics simulation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 506 ~ 514
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymer.2017.02.037	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 Li Xiang, Watanabe Nobuyuki, Sakai Takamasa, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 50
2. 論文標題 Probe Diffusion of Sol-Gel Transition in an Isorefractive Polymer Solution	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 2916 ~ 2922
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.6b02573	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 Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 372
2. 論文標題 Exploration of Ideal Polymer Networks	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Macromol Sympo.	6. 最初と最後の頁 7 ~ 13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/masy.201600122	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 Horkay Ferenc, Nishi Kengo, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 146
2. 論文標題 Decisive test of the ideal behavior of tetra-PEG gels	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 J. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 164905(1) ~ (8)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.4982253	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 Nakagawa Shintaro, Li Xiang, Kamata Hiroyuki, Sakai Takamasa, Gilbert Elliot Paul, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 50
2. 論文標題 Microscopic Structure of the "Nonswellable" Thermoresponsive Amphiphilic Conetwork	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 3388 ~ 3395
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.7b00486	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 Li Xiang, Hirose Kazu, Sakai Takamasa, Gilbert Elliot P., Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 50
2. 論文標題 SANS Study on Critical Polymer Clusters of Tetra-Functional Polymers	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 3655 ~ 3661
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.7b00528	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 Morishima Ken, Sugawara Seiya, Yoshimura Tomokazu, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 33
2. 論文標題 Structure and Rheology of Wormlike Micelles Formed by Fluorocarbon-Hydrocarbon-Type Hybrid Gemini Surfactant in Aqueous Solution	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 6084 ~ 6091
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.7b00902	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 Fujii Kenta, Ueki Takeshi, Hashimoto Kei, Kobayashi Yumi, Kitazawa Yuzo, Hirose Kazu, Matsugami Masaru, Ohara Koji, Watanabe Masayoshi, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 50
2. 論文標題 Microscopic Structure of Solvated Poly(benzyl methacrylate) in an Imidazolium-Based Ionic Liquid: High-Energy X-ray Total Scattering and All-Atom MD Simulation Study	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 4780 ~ 4786
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.7b00840	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 Tamate, R; Ueki, T; Shibayama, M; Yoshida, R.	4. 巻 19
2. 論文標題 Effect of Substrate Concentrations on the Aggregation Behavior and Dynamic Oscillatory Properties of the Self-Oscillating Block Copolymers	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Phys. Chem. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 20627-20634
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CP03969G	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 Tamate, R; Ueki, T; Shibayama, M; Yoshida, R.	4. 巻 13
2. 論文標題 Autonomous unimer-vesicle oscillation by totally synthetic diblock copolymers: Effect of block length and polymer concentration on spatio-temporal structures	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Soft Matter (Front cover)	6. 最初と最後の頁 4559-4568
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7SM00563F	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 Onoda Michika, Ueki Takeshi, Tamate Ryota, Shibayama Mitsuhiro, Yoshida Ryo	4. 巻 8
2. 論文標題 Amoeba-like self-oscillating polymeric fluids with autonomous sol-gel transition	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Nat. Commun.	6. 最初と最後の頁 15862(1) ~ (8)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/ncomms15862	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 Morishima Ken, Ishiwari Fumitaka, Matsumura Satoko, Fukushima Takanori, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 50
2. 論文標題 Mesoscopic Structural Aspects of Ca <sup>2+</sup> -Triggered Polymer Chain Folding of a Tetraphenylethene-Appended Poly(acrylic acid) in Relation to Its Aggregation-Induced Emission Behavior	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 5940 ~ 5945
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.7b00883	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 Hirosawa Kazu, Fujii Kenta, Hashimoto Kei, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 50
2. 論文標題 Solvated Structure of Cellulose in a Phosphonate-Based Ionic Liquid	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 6509 ~ 6517
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.7b01138	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 Matsuoka Junji, Kusano Takumi, Kasama Yuuki, Tominaga Etsuko, Kobayashi Junya, Fujii Wataru, Iwase Hiroki, Shibayama Mitsuhiro, Nanbu Hironobu	4. 巻 66
2. 論文標題 Structure of the Microemulsion of Polyglycerol Polyricinoleate Encapsulating Vitamin E	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Oleo Science	6. 最初と最後の頁 1285 ~ 1291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5650/jos.ess17125	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 Nishi, K; Chung, U, Shibayama, M; Sakai, T.	4. 巻 119
2. 論文標題 Experimental observation of two features unexpected from the classical theories of rubber elasticity	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Lett.	6. 最初と最後の頁 267801(1) ~ (6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.119.267801	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 Fujiiyabu Takeshi, Li Xiang, Shibayama Mitsuhiro, Chung Ung-il, Sakai Takamasa	4. 巻 50
2. 論文標題 Permeation of Water through Hydrogels with Controlled Network Structure	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 9411 ~ 9416
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.7b01807	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 Watanabe Nobuyuki, Li Xiang, Shibayama Mitsuhiro	4. 巻 50
2. 論文標題 Probe Diffusion during Sol-Gel Transition of a Radical Polymerization System Using Isorefractive Dynamic Light Scattering	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 9726 ~ 9733
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.7b02202	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 Hashimoto, K; Fujii, K; Nishi, K; Sakai, T; Shibayama, M.	4. 巻 49
2. 論文標題 Nearly Ideal Polymer Network Ion Gel Prepared in pH-Buffering Ionic Liquid	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 344 ~ 352
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.5b02360	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 Kusano, T; Akutsu, K; Iwase, H; Yoshimura, T; Shibayama, M.	4. 巻 497
2. 論文標題 Structural Study on Aggregation Behavior of Star-Type Trimeric Surfactants in the Presence of Organic Salts	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Colloids & Surfaces A	6. 最初と最後の頁 109 ~ 116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.colsurfa.2016.02.041	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 Hiroi, T; Okazumi, Y; Littrell, K. C; Narita, Y; Tanaka, N; Shibayama, M.	4. 巻 93
2. 論文標題 Mechanism of Heat-induced Gelation for Ovalbumin and Its N-terminus Cleaved Form	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 152 ~ 158
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymer.2016.04.036	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 Nishi, K; Shibayama, M.	4. 巻 12
2. 論文標題 Probe-SAXS on Hydrogels Under Elongation	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Soft Matter (back cover)	6. 最初と最後の頁 5334 ~ 5339
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C6SM00591H	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 Hiroi, T; Ata, S; Shibayama, M.	4. 巻 120
2. 論文標題 Transitions of Aggregation States for Concentrated Carbon Nanotube Dispersion	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. C	6. 最初と最後の頁 5776 ~ 5782
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.5b12464	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 Hirosawa, K; Fujita, K; Ueki, T; Kitazawa, Y; Littrell, K. C; Watanabe M; Shibayama, M.	4. 巻 18
2. 論文標題 SANS Study on Solvated Structure and Molecular Interactions of a Thermo-responsive Polymer in a Room Temperature Ionic Liquid	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Phys. Chem. Chem. Phys.	6. 最初と最後の頁 17881 ~ 17889
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c6cp02254e	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 Hiroi, T; Kondo, S; Sakai, T; Gilbert, E. P; Han, Y.-S; Kim, T.-H; Shibayama, M.,	4. 巻 49
2. 論文標題 Fabrication and Structural Characterization of Module-Assembled Amphiphilic Conetwork Gels	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 4940 ~ 4947
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.6b00842	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 Izumi, A; Shudo, Y; Nakao, T; Shibayama, M.	4. 巻 103
2. 論文標題 Cross-link inhomogeneity in phenolic resins at the initial stage of curing studied by 1H-pulse NMR spectroscopy and complementary SAXS/WAXS and SANS/WANS with a solvent-swelling technique	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 152 ~ 162
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymer.2016.09.067	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 Shudo, Y; Izumi, A; Hagita, K; Nakao, T; Shibayama, M.	4. 巻 103
2. 論文標題 Large-Scale Molecular Dynamics Simulation of Crosslinked Phenolic Resins Using Pseudo-Reaction Model	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 261 ~ 276
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymer.2016.09.069	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 Hirosawa, K.; Fujii, K; Ueki, T; Yuzo, K; Watanabe, M; Shibayama, M.	4. 巻 49
2. 論文標題 Pressure Response of a Thermo-responsive Polymer in an Ionic Liquid	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 8249 ~ 8253
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.6b01987	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 Hiroi, Y; Shibayama, M.	4. 巻 119
2. 論文標題 Measurement of Particle Size Distribution in Turbid Solutions by Dynamic Light Scattering Microscopy	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 J. Vis. Exp. <a href="http://www.jove.com/video/54885">http://www.jove.com/video/54885</a>	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3791/54885	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77件（うち招待講演 20件 / うち国際学会 22件）

1. 発表者名 柴山充弘
2. 発表標題 Soft Matter: Scattering and Rheology
3. 学会等名 Symposium on Structure and Dynamics of Soft Matter (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柴山充弘
2. 発表標題 Structure Analyses of Polymer Gels by Scattering Methods and their Properties
3. 学会等名 Symposium on Food Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柴山充弘
2. 発表標題 30 Year History of Neutron Scattering of Polymer Gels - from qualitative to quantitative analysis -
3. 学会等名 3rd AOCNS (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 辻 優依、Xiang Li、酒井崇匡、柴山充弘
2. 発表標題 Evaluation of gel homogeneity made from linear and four-arm PEG Prepolymers
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 辻 優依、Xiang Li、柴山充弘
2. 発表標題 Comparison of 3 blob sizes of model network gel fabricated with linear and tetra PEG prepolymers
3. 学会等名 第 6 6 回レオロジー討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Caidric Indaya Gupit、Xiang Li、Ryosuke Maekawa、Naoki Hasegawa、Mitsuhiro Shibayama
2. 発表標題 Probe diffusion in Nafion solutions
3. 学会等名 第 6 7 回高分子学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Xiang Li、Masashi Ohira、Mitsuru Naito、Mitsuhiro Shibayama
2. 発表標題 A MODEL PHYSICAL GEL CROSSLINKED BY DOUBLE STRANDED DNA
3. 学会等名 ポリマーネットワーク会議 2 0 1 8 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Xiang Li、Shintaro Nakagawa、Yui Tsuji、Nobuyuki Watanabe and Mitsuhiro Shibayama
2. 発表標題 エルゴードゲルの創製とその構造解析
3. 学会等名 第 6 7 回高分子討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大平征史, Li Xiang, 柴山充弘
2. 発表標題 温度応答性共高分子網目ゲルのダイナミクス
3. 学会等名 第66回レオロジー討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大平 征史、Li Xiang、内藤 瑞、柴山充弘
2. 発表標題 二本鎖 DNA によって架橋された温度応答性物理ゲルの網目構造
3. 学会等名 第30回高分子ゲル研究討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takako Noritomi, Xiang Li, Takamasa Sakai, Mitsuhiro Shibayama
2. 発表標題 Dynamics analysis of Critical clusters by Dynamic Light Scattering
3. 学会等名 IPC2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 乗富貴子、LiXiang、酒井崇匡、柴山充弘
2. 発表標題 臨界クラスターのダイナミクス
3. 学会等名 第30回高分子ゲル研究討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柴山充弘
2. 発表標題 Structure and Dynamics of Tetra-armed Poly(ethylene glycol) during Gelation Process in Organic solvents
3. 学会等名 The 13th International Symposium on Polymer Physics PP'2016, (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柴山充弘
2. 発表標題 Phenolic Resins - Recent Progress of Structure, Properties, and Dynamics Investigations -
3. 学会等名 Polymer Networks Group meeting 2018, Prague, Institute of Macromolecular Chemistry, (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柴山充弘
2. 発表標題 Preparation and Structural Investigation of Linear and 4-arm Poly(ethylene glycol) (2 x 4 PEG) Gels
3. 学会等名 GelSympo2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柴山充弘
2. 発表標題 2D-Pair Distribution Analysis of Uniaxially Deformed Nanocomposite Gels、SANS Study on Thermoreversible Physical Gels Crosslinked with DNA
3. 学会等名 SRPS VII conference in Korea SRPS VII, (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柴山 充弘
2. 発表標題 Structure and Properties of DNA-Crosslinked Physical Gels
3. 学会等名 2018 International Symposium for Soft Matter Science and Technology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柴山 充弘
2. 発表標題 Precision Polymer Network Science with Tetra-PEG Gels
3. 学会等名 Colloid and Polymer Science Lecture 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 柴山 充弘
2. 発表標題 Probe-SAXS and Deformation Studies on Nano-composite gels with 2D-Pair Distribution Function Analysis
3. 学会等名 "International SAXS Symposium" State-of-the-art & Perspectives (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 柴山 充弘
2. 発表標題 テトラベゲルによる精密高分子網目科学の進展 (Progress in Precision Polymer Network Science with Tetra-PEG Gels)
3. 学会等名 Annual Meeting of the Society of Polymer Science (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 柴山 充弘
2. 発表標題 Gels: From soft matter to BioMatter
3. 学会等名 254th ACS National Meeting & Exposition (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 柴山 充弘
2. 発表標題 Neutron Scattering of Model Polymer Networks
3. 学会等名 Gordon Research Conference on Neutron Scattering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 柴山 充弘
2. 発表標題 Small-angle Neutron Scattering on Advanced Polymer Gels
3. 学会等名 International Conference on Neutron Scattering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 柴山 充弘
2. 発表標題 Scattering Behavior of Critical Polymer Networks
3. 学会等名 Gel Symposium 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉川祐輔、LiXiang、辻優依、酒井崇匡、鄭雄一、柴山充弘
2. 発表標題 2本鎖DNAによって架橋された物理ゲルの構造解析
3. 学会等名 日本中性子科学会第17回年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉川祐輔、LiXiang、酒井崇匡、鄭雄一、柴山充弘
2. 発表標題 精緻な物理結合を有する物理ゲルの創製
3. 学会等名 第66回高分子年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉川祐輔、LiXiang、辻優依、酒井崇匡、鄭雄一、柴山充弘
2. 発表標題 2本鎖DNAによって架橋された温度応答性物理ゲルの網目構造
3. 学会等名 第29回高分子ゲル研究討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 廣澤和、藤井健太、橋本慧、草野巧巳、柴山充弘
2. 発表標題 イオン液体中に溶解したセルロースの溶存構造解析
3. 学会等名 第66回高分子年次大会
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 廣澤和、藤井健太、橋本慧、草野巧巳、柴山充弘
2. 発表標題 小角・広角X線散乱実験によるセルロース/イオン液体溶液の構造解析
3. 学会等名 平成29年度繊維学会年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Hiroswa, K. Fujii, T. Ueki, Y.Kitazawa, M. Watanabe, E. P. Gilbert, and M. Shibayama
2. 発表標題 Microscopic Solvation Structure and Phase Behavior of Thermo-Responsive Polymers in Ionic Liquids
3. 学会等名 International Conference on Neutron Scattering 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Hiroswa, K. Fujii, T. Ueki, Y.Kitazawa, M. Watanabe, E. P. Gilbert, and M. Shibayama
2. 発表標題 Microscopic Solvation Structure and Phase Behavior of Thermo-Responsive Polymers in Ionic Liquids
3. 学会等名 Gordon Research Conference 2017 Neutron Scattering
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渡辺延幸、Li Xiang、酒井崇匡、柴山充弘
2. 発表標題 Probe Diffusionによるゾルゲル転移の評価
3. 学会等名 第66回高分子年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ken Morishima, Xiang Li, Kazuyuki Oshima, Yoshiro Mitsukami, Mitsuhiro Shibayama
2. 発表標題 Network Structure of Polyelectrolyte Gels Fabricated from Tetra-arm Polymers
3. 学会等名 International Conference on Neutron Scattering 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 守島健、菅原誠也、吉村倫一、柴山充弘
2. 発表標題 フッ化炭素鎖を有するハイブリッドジェミニ型界面活性剤が形成するミセルの構造とレオロジー
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 乗富貴子、Li Xiang、廣澤和、酒井崇匡、柴山充弘
2. 発表標題 小角中性子散乱によるゲル化臨界クラスターの構造解析
3. 学会等名 第29回高分子ゲル研究討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大平征史、Xiang LI、酒井崇匡、柴山充弘
2. 発表標題 動的散乱法によるNonSwelling gelのダイナミクスの観察
3. 学会等名 第29回高分子ゲル研究討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Xiang Li, Kazu Hirose, Takamasa Sakai, Mitsuhiro Shibayama
2. 発表標題 Small angle neutron scattering on critical polymer clusters formed with tetra-armed prepolymers
3. 学会等名 International Conference on Neutron Scattering
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Xiang Li, Yusuke Yoshikawa, Masashi Orhira, Nobuyuki Watanabe, Mitsuhiro Shibayama
2. 発表標題 Structure analysis of physical gel crosslinked by double-started DNA
3. 学会等名 The 8th Taiwan-Japan Meeting on Scattering
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 柴山充弘
2. 発表標題 Structure and Probe Diffusion Dynamics of Model Critical Polymer Clusters
3. 学会等名 The 12th International Symposium on Polymer Physics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 柴山充弘
2. 発表標題 Exploration of Ideal Polymer Networks University of Stockholm, Sweden
3. 学会等名 Polymer Networks Group meeting 2016 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 柴山充弘
2. 発表標題 Tetra-PEG Gels: Preparation, Structure, and Properties Singapore
3. 学会等名 BIT's 6th Annual World Congress of Nano Science & Technology-2016 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 柴山充弘
2. 発表標題 Nearly Ideal Polymer Network Ion Gel Prepared in pH-Buffering Ionic Liquid and Its Application to CO2 Separation Membranes
3. 学会等名 EMN Meeting on Ionic Liquids 2016 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 柴山充弘
2. 発表標題 Scattering Behavior of Critical Polymer Networks
3. 学会等名 11th International Gel Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Li Xiang
2. 発表標題 小角中性子散乱によるゲル化点近傍の臨界クラスターの構造解析
3. 学会等名 第65回高分子学会年次大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Li Xiang
2. 発表標題 Dynamics of nano-particles in polymer networks near gelation point
3. 学会等名 23rd Polymer Networks Group meeting (PNG2016)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Li Xiang
2. 発表標題 小角中性子散乱によるゲル化点近傍の臨界クラスターの構造解析
3. 学会等名 第65回高分子討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Li Xiang
2. 発表標題 Slow-mode-less gel
3. 学会等名 11th International Gel Symposium
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 守島健 Li Xiang 大鷹和幸 光上義朗 柴山充弘
2. 発表標題 星形高分子電解質の水溶液中における分子形態
3. 学会等名 第65回高分子学会年次大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 菅原誠也 守島健 吉村倫一 柴山充弘
2. 発表標題 フッ化炭素鎖を含むジェミニ型界面活性剤の構造とレオロジー挙動
3. 学会等名 第65回高分子学会年次大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 守田つかさ 吉村倫一 菅原誠也 守島健 柴山充弘
2. 発表標題 トリメリック型カチオン界面活性剤の水中でのミセル構造に及ぼす分子構造の影響
3. 学会等名 日本油化学会第55回年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 菅原誠也 守島健 吉村倫一 柴山充弘
2. 発表標題 フッ化炭素鎖を含むジェミニ型界面活性剤水溶液が示すレオロジー挙動
3. 学会等名 日本油化学会第55回年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 守島健 松村聡子 石割文崇 福島孝典 柴山充弘
2. 発表標題 凝集誘起発光 (AIE) 部位を有するポリアクリル酸の選択的Ca <sup>2+</sup> センシングにおけるコンフォメーション挙動の解明
3. 学会等名 第65回高分子討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Sugawara, S.; Morishima, K.; Yoshimura, T.; Shibayama, M.
2. 発表標題 Rheological Behavior of Aqueous Micellar Solution of Fluorinated Gemini Surfactant
3. 学会等名 The International Rubber Conference 2016 (IRC2016)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 守島健 Li Xiang 大嶋和幸 光上義朗 柴山充弘
2. 発表標題 小角中性子散乱法を用いた理想網目高分子電解質ゲルの構造解析
3. 学会等名 日本中性子科学会第16回年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 岩瀬裕希 福島喜章 吉村倫一 高田慎一 守島健 菅原誠也 草野巧巳 柴山充弘
2. 発表標題 Rheo-SANS によるジェミニ型界面活性剤水溶液が示すずり粘弾挙動の解析
3. 学会等名 日本中性子科学会第16回年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 守島健 Li Xiang 大嶋和幸 光上義朗 柴山充弘
2. 発表標題 四分岐高分子の末端架橋により合成される高分子電解質ゲルの網目構造
3. 学会等名 第28回高分子ゲル研究討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 菅原誠也 守島健 吉村倫一 柴山充弘
2. 発表標題 フッ化炭素鎖を含むジェミニ型界面活性剤が形成するミセル構造とレオロジー
3. 学会等名 フロンティアソフトマター開発専用ピームライン産学連合体 第 6 回 研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Morishima, K.; Li, X.; Oshima, K.; Mitsukami, Y.; Shibayama, M
2. 発表標題 Structural Study of Model Polyelectrolyte Gels with Small Angle Scattering
3. 学会等名 11th International Gel Symposium
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 廣澤 和、藤井 健太、上木 岳士、北沢侑造、渡邊 正義、柴山 充弘
2. 発表標題 イオン液体中における熱応答性高分子の溶存状態と分子間相互作用
3. 学会等名 第65回高分子学会年次大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 廣澤 和、藤井 健太、上木 岳士、北沢侑造、渡邊 正義、柴山 充弘
2. 発表標題 イオン液体中における高分子の圧力応答性相転移
3. 学会等名 第65回高分子討論会
4. 発表年 2016年



1. 発表者名 廣澤 和、藤井 健太、上木 岳士、北沢侑造、渡邊 正義、柴山 充弘
2. 発表標題 温度応答性高分子/イオン液体溶液の特異な圧力応答
3. 学会等名 第7回イオン液体討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 廣澤 和、藤井 健太、上木 岳士、北沢侑造、渡邊 正義、柴山 充弘
2. 発表標題 イオン液体中における温度応答性高分子鎖のミクロ溶媒和構造と相挙動
3. 学会等名 日本中性子科学会第16回年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 廣澤 和、藤井 健太、上木 岳士、北沢侑造、渡邊 正義、柴山 充弘
2. 発表標題 温度応答性高分子/イオン液体溶液の相挙動における圧力効果
3. 学会等名 第28回高分子ゲル研究討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Hirose, K. Fujii, K. Hashimoto, T. Kusano and M. Shibayama
2. 発表標題 Solvated Structure of Cellulose in a Phosphonate-type Ionic Liquid
3. 学会等名 11th International Gel Symposium
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 渡辺延幸、Li Xiang、酒井崇匡、柴山充弘
2. 発表標題 ゲル化点前後での金ナノ粒子の動的挙動
3. 学会等名 第65回高分子学会年次大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 渡辺延幸、Li Xiang、酒井崇匡、柴山充弘
2. 発表標題 ゲル化点前後での金ナノ粒子の動的挙動
3. 学会等名 第65回高分子討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 渡辺延幸、Li Xiang、酒井崇匡、柴山充弘
2. 発表標題 ゲル化点前後での金ナノ粒子の動的挙動
3. 学会等名 ゲルワークショップインお台場
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 N. Watanabe, X. Li, T. Sakai, and M. Shibayama
2. 発表標題 Gold nanoparticles probe diffusion in polymer solution and gels.
3. 学会等名 The International Rubber Conference 2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 渡辺延幸、Li Xiang、酒井崇匡、柴山充弘
2. 発表標題 ゲル化点前後での金ナノ粒子の動的挙動
3. 学会等名 第25回ポリマー材料フォーラム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 渡辺延幸、Li Xiang、酒井崇匡、柴山充弘
2. 発表標題 Probe Diffusionによるゾルゲル転移の評価
3. 学会等名 第28回高分子ゲル研究討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 N. Watanabe, X. Li, T. Sakai, and M. Shibayama
2. 発表標題 Probe diffusion of sol-gel transition in refractive-index-matched polymer solution
3. 学会等名 11th International Gel Symposium
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中尾俊夫、首藤靖幸、和泉篤士、柴山充弘
2. 発表標題 熱硬化性樹脂前駆体の重合度分布設計
3. 学会等名 第65回高分子学会年次大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 中川 慎太郎・渡辺 延幸・酒井 崇匡・Li Xiang・柴山 充弘
2. 発表標題 動的光散乱法による 4 分岐 PEG 溶液のゲル化過程の観察
3. 学会等名 第65回高分子討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 中川慎太郎、Li Xiang、鎌田宏幸、酒井崇匡、柴山充弘
2. 発表標題 小角中性子散乱による「非膨潤性」ハイドロゲルの構造解析
3. 学会等名 日本中性子科学会第16回年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 中川慎太郎、Li Xiang、鎌田宏幸、酒井崇匡、柴山充弘
2. 発表標題 小角中性子散乱による「非膨潤性」ハイドロゲルの構造観察
3. 学会等名 第28回高分子ゲル研究討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉川祐輔、LiXiang、酒井崇匡、鄭雄一、柴山充弘
2. 発表標題 精緻な物理結合を有する物理ゲルの創製
3. 学会等名 第28回高分子ゲル研究討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yusuke Yoshikawa, Xiang Li, Takamasa Sakai, Ung-il Chung, Mitsuhiro Shibayama
2. 発表標題 Design and characterization of physical gel with well-controlled crosslinkers
3. 学会等名 11th International Gel Symposium
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計6件

1. 著者名 柴山充弘	4. 発行年 2018年
2. 出版社 エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 9
3. 書名 散乱法を用いた高分子ゲルの構造解析	

1. 著者名 Shibayama, M; Li, X.	4. 発行年 2018年
2. 出版社 ACS Symposium Series, vol. 1296	5. 総ページ数 18
3. 書名 Probe Diffusion Dynamic Light Scattering of Polymer solutions and Gels, Chapt. 4	

1. 著者名 Shibayama, M., Sakai, T.	4. 発行年 2017年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 459 ~ 546
3. 書名 Neutron Scattering Applications in Chemistry, Materials Science and Biology, Fernandez-Alonso, F. and Price, D. L. Eds.,	

1. 著者名 柴山充弘	4. 発行年 2017年
2. 出版社 日本物理学会誌	5. 総ページ数 226 ~ 227
3. 書名 ゲルの物理と化学の新展開	

1. 著者名 柴山充弘	4. 発行年 2017年
2. 出版社 高分子	5. 総ページ数 403 ~ 405
3. 書名 中性子散乱による高分子研究	

1. 著者名 柴山充弘	4. 発行年 2016年
2. 出版社 (株)テクノシステム	5. 総ページ数 (473 ~ 479)
3. 書名 分散系の測定・評価と設計・応用	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>柴山研究室HP  <a href="https://www.shibayamalab.issp.u-tokyo.ac.jp">https://www.shibayamalab.issp.u-tokyo.ac.jp</a>          柴山研究室HP  <a href="https://www.shibayamalab.issp.u-tokyo.ac.jp">https://www.shibayamalab.issp.u-tokyo.ac.jp</a>          Shibayama HP  <a href="http://shibayama.issp.u-tokyo.ac.jp/mitsu/">http://shibayama.issp.u-tokyo.ac.jp/mitsu/</a></p>
--

## 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	Li Xiang (Li Xiang) (30759840)	東京大学・物性研究所・助教  (12601)	
研究協力者	酒井 崇匡 (Sakai Takamasa)		
研究協力者	光上 義郎 (Mitsukami Yoshiro)		