

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：37111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05224

研究課題名(和文) 両親媒性交互マルチブロックコポリマーミセルの速度論的安定性評価

研究課題名(英文) Micelle stability of amphiphilic alternating multiblock copolymers in aqueous media

研究代表者

勝本 之晶 (Katsumoto, Yuki teru)

福岡大学・理学部・教授

研究者番号：90351741

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：親水性高分子ブロックと疎水性高分子ブロックを交互に繰り返し結合させた、交互マルチブロック(AMB)共重合体を合成した。この共重合体は両親媒性を有し、水溶液中においてミセルを形成する。会合ミセルは、5-6本のAMB共重合体によって形成され、その直径は30-40 nmであった。感熱応答性高分子をブロックとするAMB共重合体の合成にも成功し、熱によってミセル形成・解離を制御できることを明らかにした。疎水高分子ブロックを蛍光標識し蛍光相関分光法を用いることで、AMB共重合体によって形成されるミセルの安定性を評価するための実験系を構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

両親媒性交互マルチブロック(AMB)共重合体が、水溶液中で大きな疎水コアをもつ単分子ミセルを形成する可能性を示した。単分子でミセルを形成させることができれば、血中で極低濃度においても疎水性化合物を安定に運ぶことのできる薬物キャリアとして、両親媒性AMB共重合体を応用することが可能になる。他にも、疎水性高分子ブロックがつくる大きな疎水コアを利用して、単分子ミセルに疎水性タンパク質などを包摂させることもできる可能性がある。

研究成果の概要(英文)：Alternating multiblock copolymers, in which hydrophilic and hydrophobic blocks connect to each other, were synthesized. Poly(ethylene oxide) (PEO) was used as the hydrophilic block, while poly(propylene) (PPO) or poly(N-isopropylacrylamide) (PNiPAm) was used as the hydrophobic block. These AMB copolymers are amphiphilic, and form multimer micelles in aqueous media. The diameter of the multimer micelle is ~30 nm irrespective of the block composition. The dynamic light scattering and the small angle X-ray scattering techniques suggest that the unimer of PEO-PPO AMB copolymers shrink in aqueous media. PEO-PNiPAm AMB copolymer possesses thermal-responsiveness, which undergoes the heat-induced micellization in water. This allows us to control the association and dissociation of the AMB copolymers. By fluorescence labeling PNiPAm block, we suggested that the association and dissociation of micelle can be monitored by the fluorescence correlation spectroscopy.

研究分野：高分子物理化学

キーワード：両親媒性交互マルチブロック共重合体 水溶液 ミセル 蛍光相関分光法 光散乱法 小角X線散乱

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ブロック共重合体による高分子ミセルは、1980年代に Ringsdorf ら [H Bader, *et al. Angew. Chem.* **1984**] が薬物キャリアとしての応用可能性を示唆して以来、精力的に研究されてきた。特に片岡らは、抗ガン剤を内包した高分子ミセルがガン組織へ選択的に集積し抗ガン活性を著しく増進させることを発見し [M. Yokoyama, *et al. Cancer Res.* **1990**], それ以降の高分子ミセルを用いた薬物デリバリーや標的治療の道を拓いた。現在では、高分子ミセルを用いた複数の抗ガン剤が臨床の最終段階に進み、実用化が目前である [先進医療推進機構, 広報, 2015.6.23].

薬剤キャリアとして用いられる高分子ミセルの安定性は、薬剤体内動態において重要な因子であるが [S.C. Owen, *et al. Nano Today.* **2012**], 非平衡状態におけるミセル崩壊の時定数などといった速度論的安定性に関する研究報告は非常に限られている [M. Yokoyama, *J. Drug Target.* **2014**].

一般的に、生体内に導入されたミセルは急激な希釈を受け、熱力学的に不安定となって崩壊する。このような状況下におけるミセルの速度論的安定性は、ミセルの構成要素である界面活性剤の拡散挙動に大きく依存すると考えられる。そこで我々は、PEO と poly(propylene oxide) (PPO) が繰り返し結合する両親媒性交互マルチブロック (AMB) 共重合体に注目している。ブロック共重合体を作るミセルサイズはブロック鎖長に依存するため、AMB 型の共重合体ならばブロック鎖長を変えずに高分子量化が可能だと考えたからである (図1 上部)。

これまでに我々は、実際に (PEO-PPO AMB) 共重合体を合成し、同様の PEO/PPO 比を有するトリブロック共重合体 (Pluronic F88) に比べて臨界ミセル濃度が一桁以上小さいが、ミセルサイズおよびミセル形成時の熱力学量はよく似ていることを見いだしている (図1)。

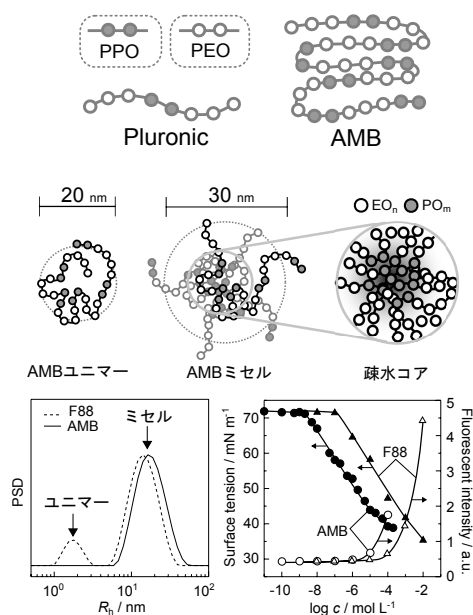


図1. 水溶液中における PEO-PPO AMB ミセルと Pluronic F88 の粒径分布 (PSD) の違い (下段左), および表面張力と蛍光測定による CMC の違い (下段右)。

2. 研究の目的

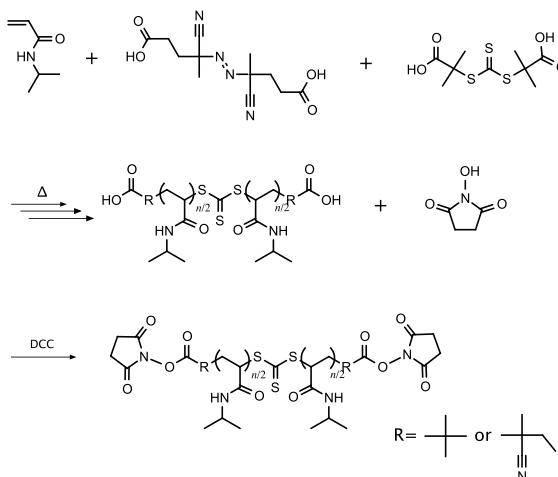
このような背景から、本研究では次の三点を試みた。

- ① 単鎖 (ユニマー) ミセルを形成する両親媒性 AMB 共重合体の合成
- ② 蛍光標識を導入した両親媒性 AMB 共重合体の蛍光相関分光測定
- ③ 両親媒性 AMB 共重合体の会合ミセル形成・崩壊過程を観測するための実験系の確立

3. 研究の方法

(1) 両末端にカルボン酸を有するアクリルアミド系高分子の合成

アクリルアミド系高分子を感熱応答性高分子ブロックとした AMB 型共重合体を得る経路を確立する。これまでに、多様な側鎖を有するアクリルアミド系高分子が合成されており、刺激応答性を示すものも数多く報告されている。また、可逆的付加開裂連鎖移動 (RAFT) 重合によって分子量制御や両末端修飾も簡便であり、蛍光性ビニルモノマーを共重合させることも可能である。Scheme 1 には、RAFT 重合を用いて両末端がカルボン酸の poly(*N*-isopropylacrylamide) (α,ω -COOH PNiPAm) を得る合成経路を示した。得られた両末端 α,ω -COOH PNiPAm を活性エステル化し、 α,ω -NH₂ PEO と脱水縮合することにより、AMB 共重合体を合成する。



Scheme 1. Preparation of α,ω -succinimidyl PNiPAm.

(2) 動的光散乱 (DLS) 法および小角 X 線散乱 (SAXS) 法

高分子の液中形態やミセル構造を調べるために、DLS および SAXS 測定を行った。DLS は Malvern 社製 Zetasizer Nano S を用い、SAXS 測定は SPring-8 の BL-40B2 にて行った。

(3) 蛍光相関分光 (FCS) 法

本研究では FCS 分光装置を自作した。FCS 法を組み上げるには、蛍光発光の揺らぎを検出するための光子相関分光系の構築と、試料内のごく限られた領域のみの光を検出するための共焦点光学系の構築を同時に達成する必要がある。はじめに動的光散乱計を作製して光子相関分光系を構築し、つぎに共焦点光学系に光子相関器を組み込む手順で装置を作成した。

4. 研究成果

(1) PEO-PPO AMB 共重合体および PEO-PNiPAm AMB 共重合体の溶液物性

Fig. 1 に PEO ブロック鎖長の異なる二つの PEO-PPO AMB 共重合体、 $(EO_{220}PO_{33})_6$ と $(EO_{68}PO_{33})_{10}$ 水溶液の相図を示す。両者とも下限臨界共溶温度 (LCST) 型の相図を有しており、 T_c は PEO ブロック鎖長が短い方が低くなっている。また、ANS の蛍光強度増大によって見積もられる T_{CMT} は 30~40 °C であり、やはり PEO ブロック鎖長に依存して低くなった。PEO-PNiPAm AMB 共重合体については、水溶液の T_{CMT} が 40 °C 付近に観測されるものの、100 °C 以下では T_c を示さないことがわかった。

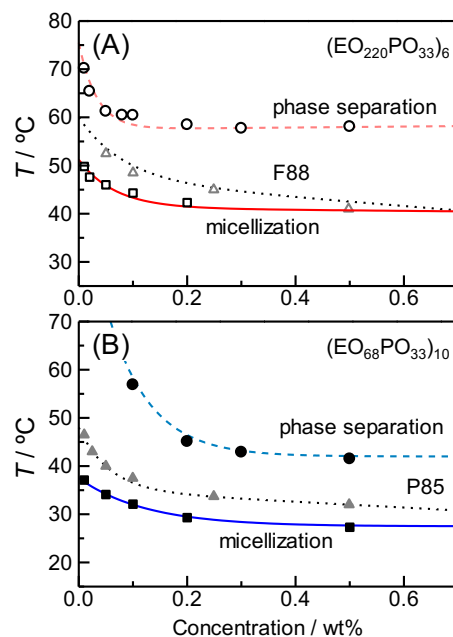


Fig. 1. Phase diagram of the aqueous solution of PEO-PPO AMB copolymers.

Fig. 1. Phase diagram of the aqueous solution of PEO-PPO AMB copolymers.

Fig. 2 に(EO₂₂₀PO₃₃)₆ 水溶液の SAXS 測定の結果を示す。SAXS および DLS 測定の結果から、 T_{CMT} 以下の 25 °C で PEO-PPO AMB 共重合体はユニマーとして存在しているが、 T_{CMT} 以上の 50 °C では直径 30 nm 程度の球状ミセルを形成した。PEO-PNiPAm AMB 共重合体でも同様の結果が得られ、 T_{CMT} 以上では直径 30 nm 程度の球状ミセルが観測される。一方で、 T_{CMT} 以下で観測される単分子鎖の溶液中における構造は、PEO-PPO AMB 共重合体と PEO-PNiPAm AMB 共重合体とは異なっている。PEO-PPO AMB 共重合体ユニマーの構造をガウス鎖と仮定すると、慣性半径 (R_g) と流体力学半径 (R_h) の比、 R_g/R_h が極端に小さくなり、SAXS プロファイルに Debye 関数でフィッティングするのは妥当ではなかった。フィッティング結果から、我々は、PEO-PPO AMB 共重合体のユニマーはコア-コロナ型の構造をとっているものと考えている。一方、PEO-PNiPAm AMB 共重合体に関しては、PNiPAm の meso 比 (m) が 45% のもの (AMB_m46) で $R_g/R_h=1.5$ 程度、50% および 58% のもの (AMB_m50 と AMB_m58) でも $R_g/R_h=1.0$ 程度であったので、ユニマーの構造はランダムコイルであると考えられる。

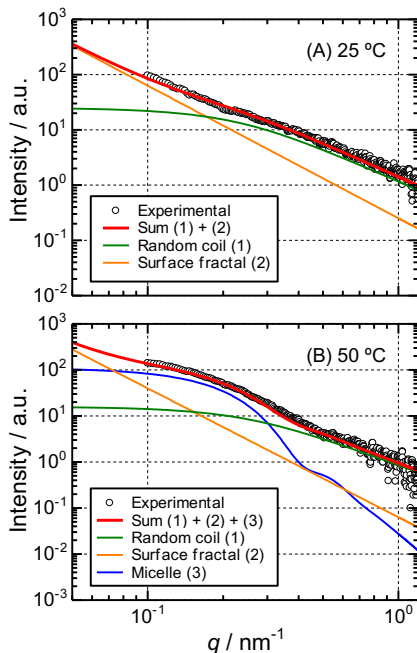


Fig. 2. SAXS profile of PEO-PPO AMB copolymer, (EO₂₂₀PO₃₃)₆, in water at 25 °C and 50 °C.

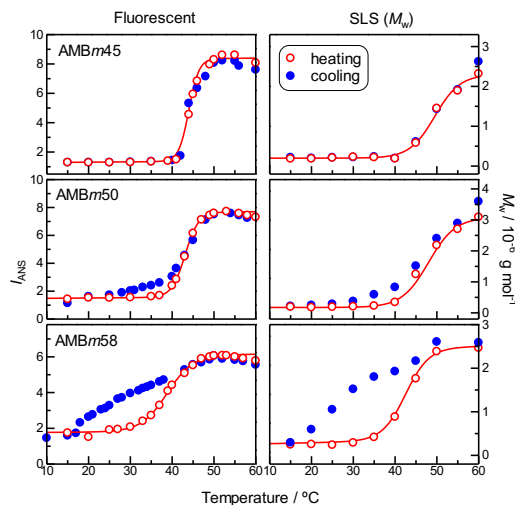


Fig. 3. Hysteresis of I_{ANS} and M_w in the heating and cooling processes for the 1.0 wt% aqueous solutions of PEO-PNiPAm AMB copolymers with $m=45, 50,$ and 58% .

これら 2 種類の AMB 共重合体の溶液物性は AMB のブロックを構成するホモポリマーの溶液物性をよく反映しており、ブロック共重合体の物性が構成ブロックによってかなりの程度方向づけられていることが理解される。

(2) 立体制御された蛍光標識 PNiPAm に対する FCS 測定

PEO-PNiPAm AMB 共重合体でも同様の結果が得られ、 T_{CMT} 以上では直径 30 nm 程度の球状ミセルが観測される。一方で、 T_{CMT} 以下で観測される単分子鎖の溶液中における構造は、PEO-PPO AMB 共重合体と PEO-PNiPAm AMB 共重合体とは異なっている。PEO-PPO AMB 共重合体ユニマーの構造をガウス鎖と仮定すると、慣性半径 (R_g) と流体力学半径 (R_h) の比、 R_g/R_h が極端に小さくなり、SAXS プロファイルに Debye 関数でフィッティングするのは妥当ではなかった。フィッティング結果から、我々は、PEO-PPO AMB 共重合体のユニマーはコア-コロナ型の構造をとっているものと考えている。一方、PEO-PNiPAm AMB 共重合体に関しては、PNiPAm の meso 比 (m) が 45% のもの (AMB_m46) で $R_g/R_h=1.5$ 程度、50% および 58% のもの (AMB_m50 と AMB_m58) でも $R_g/R_h=1.0$ 程度であったので、ユニマーの構造はランダムコイルであると考えられる。

PNiPAm 水溶液は、下限臨界共溶型の液-液相分離に起因する相境界の他に、高濃度側にゾル-ゲル転移線を有するため、相変化にヒステリシスが起りやすいことがわかっている。Fig. 4 には、PEO-PNiPAm AMB 共重合体水溶液の ANS 蛍光強度 (I_{ANS}) と M_w の温度依存性を昇温と降温過程で比較した。AMB_m45 では、 I_{ANS} と M_w の温度変化に昇温と降温過程の差がなく、ヒステリシスは見られない。しかしながら、 I_{ANS} と M_w の昇温と降温過程の差は、PNiPAm ブロックの m 比によって大きく変わり、特に AMB_m58 では顕著である。このことは、PNiPAm ホモポリマーの水溶液で m 比が高くなるにつれてヒステリシスが大きくなることに対応している。

ローダミン B を側鎖とするアクリル系モノマーを極微量共重合し、メソ比が 52% の PNiPAm (*i*-*m*52f) を合成した。Fig. 4 に、昇温時 28 °C における *i*-*m*52f 水溶液 (0.1 wt%) の FCS 自己相関関数とフィッティングの結果を示した。22 °C で得られた自己相関関数は 1 種類の緩和モードでフィッティングすることができたが、28 °C では 2 種類の緩和モードが必要であった。このことは、この系の T_{dmx} (34 °C 付近) 以下の温度で凝集体の形成が始まっていることを示している。

Fig. 5 に示すように、速い緩和成分から計算される流体力学半径 (R_h) は、温度を上げると 3.2 nm から徐々に小さくなってゆき、単分子鎖が収縮している。遅い緩和成分は 25 °C 以上になると顕著になり、曇点に向かって成長していつている。ただし、この凝集体の成長は速度論的なものではなく、たとえば 27 °C で一定時間置いて測定してもサイズの成長はなく、 $R_h = 80$ nm 程度のものが安定に存在しつづける。このことから、*i*-*m*52/水系では相分離に至る大きな凝集体を形成するよりもずっと低い温度で、*i*-*m*52 高分子の小さな会合体を安定化する機構が存在するものと考えられる。

(3) 両親媒性 AMB 共重合体の会合ミセル形成・崩壊過程の観測

当初の計画では、温度や濃度ジャンプによって、AMB 共重合体が形成するミセルの形成・崩壊過程を観測しようと考えていたが、均一混合が難しく再現性の良いデータを得ることが困難であることがわかった。そこで、AMB 共重合体の分子量が大きいことを利用して、透析チューブ内に封じた AMB 共重合体のミセル化を観測することを試みた。透析チューブ(MWCO=12,000~14,000)の外に疎水環境プローブである 8-アニリノ-1-ナフタレンスルホン酸アンモニウム (ANS) を展開し、透析内に存在する PEO-PPO AMB 共重合体が形成するミセルの疎水場に取り込まれる様子を観測した画像が Fig. 6 である。温度を上昇させると、チューブ内のみで疎水場形成に伴う ANS の発光が見られた(Fig. 6 右)。AMB 共重合体は分子量が大きいいため、自分自身は透析膜を通過せずに外液から疎水性物質を取り込むことができることがわかった。この方法を用いることによって AMB 共重合体が形成するミセルの安定性を評価できるものと期待される。

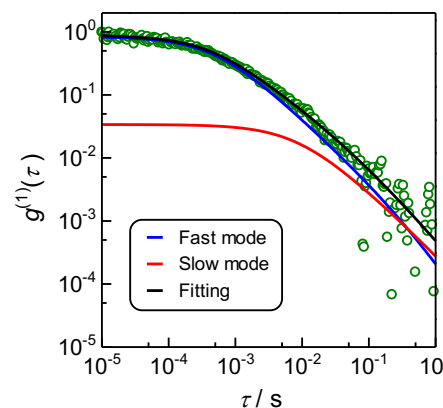


Fig. 4. FCS correlation function for the PNiPAm *i*-*m*52 in the 2.0×10^{-5} wt% aqueous solution at 28 °C with the fitting function.

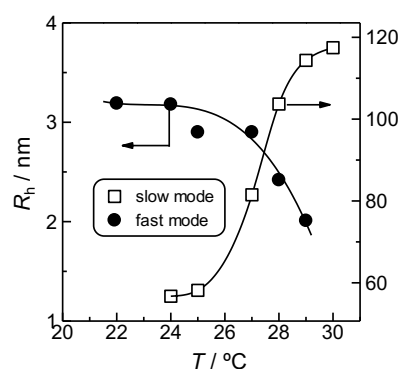


Fig. 5. Temperature dependence of hydrodynamic radius of the fast and slow mode detected by FCS for PNiPAm *i*-*m*52 in the 2.0×10^{-5} wt% aqueous solution.

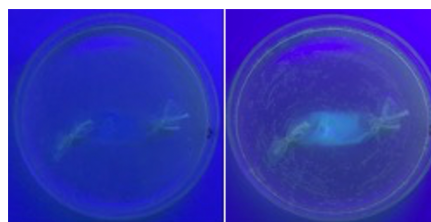


Fig. 6. Photograph of a dialysis membrane containing the AMB copolymer aqueous solution, where the outer liquid is an aqueous solution containing ANS (left: 25 °C, right: 50 °C).

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 1件）

1. 著者名 Rikiyama Kazuaki, Sanada Yusuke, Watanabe Keisuke, Aida Misako, Katsumoto Yukiteru	4. 巻 52
2. 論文標題 Unimer Structure and Micellization of Poly(ethylene oxide)-Stereocontrolled Poly(N-isopropylacrylamide) Alternating Multiblock Copolymers in Aqueous Solution	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 7188 ~ 7196
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.9b01172	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 Horiuchi Tasuku, Rikiyama Kazuaki, Sakanaya Kenji, Sanada Yusuke, Watanabe Keisuke, Aida Misako, Katsumoto Yukiteru	4. 巻 69
2. 論文標題 Effect of Molecular Weight on Cloud Point of Aqueous Solution of Poly (ethylene oxide)-Poly (propylene oxide) Alternating Multiblock Copolymer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Oleo Science	6. 最初と最後の頁 449 ~ 453
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5650/jos.ess20026	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 Munmun Tasrina, Kabir Arif Md. Rashedul, Katsumoto Yukiteru, Sada Kazuki, Kakugo Akira	4. 巻 56
2. 論文標題 Controlling the kinetics of interaction between microtubules and kinesins over a wide temperature range using the deep-sea osmolyte trimethylamine N-oxide	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 1187 ~ 1190
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CC09324A	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 Matsumoto M, Asoh T, Shoji T, Nishiyama T, Horibe Hideo, Katsumoto Yukiteru, Tsuboi Yasuyuki	4. 巻 1220
2. 論文標題 Formation of a single poly(N,N-diethylacrylamide) micro-droplet in water by coupling of photothermal effects and an optical force	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012034 ~ 012034
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/1220/1/012034	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 Kento Hamamura, Keisuke Watanabe, Yusuke Sanada, Fumihiko Tanaka, Yukiteru Katsumoto	4. 巻 161
2. 論文標題 Relationship between the phase diagram and hysteresis in demixing and remixing for atactic and meso-rich Poly (N-isopropylacrylamide) s in water	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 92-100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymer.2018.12.001	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 Satoshi Nakata, Mio Nomura, Yuta Yamaguchi, Mafumi Hishida, Hiroyuki Kitahata, Yukiteru Katsumoto, Mitsuhiro Denda, Noriyuki Kumazawa	4. 巻 560
2. 論文標題 Characteristic responses of a 1, 2-dipalmitoleoyl-sn-glycero-3-phosphoethanolamine molecular layer depending on the number of CH (OH) groups in polyols	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects	6. 最初と最後の頁 149-153
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.colsurfa.2018.10.012	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 Kazuaki Rikiyama, Tasuku Horiuchi, Naoyuki Koga, Yusuke Sanada, Keisuke Watanabe, Misako Aida, Yukiteru Katsumoto	4. 巻 156
2. 論文標題 Micellization of poly (ethylene oxide)-poly (propylene oxide) alternating multiblock copolymers in water	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Polymer	6. 最初と最後の頁 102-110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polymer.2018.09.047	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 Mitsuhiro Matsumoto, Takanori Tada, Taka-Aki Asoh, Tatsuya Shoji, Takashi Nishiyama, Hideo Horibe, Yukiteru Katsumoto, Yasuyuki Tsuboi	4. 巻 34
2. 論文標題 Dynamics of the Phase Separation in a Thermoresponsive Polymer: Accelerated Phase Separation of Stereocontrolled Poly(N,N-diethylacrylamide) in Water	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 13690-13696
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.8b02848	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 Katsura Nishiyama, Masaru Kinoshita, Takashi Harada, Yukiteru Katsumoto	4. 巻 268
2. 論文標題 Synthesis of optically clear molecular organogels using phenol and a sulfosuccinic surfactant in various solvents with cyclic geometries	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Molecular Liquids	6. 最初と最後の頁 685-690
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.molliq.2018.07.091	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26件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 原 悠葵・真田 雄介・勝本 之晶
2. 発表標題 側鎖に光学活性基を持つポリフルオレンとポリエチレングリコールのブロック共重合体の相分離溶液中での主鎖キラリティ誘起の検討
3. 学会等名 第68回高分子年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村 壮志・勝本 之晶・真田 雄介・戸次 崇彰
2. 発表標題 Poly(2-isopropyl-2-oxazoline)水溶液の相変化に対する末端基の影響
3. 学会等名 第68回高分子年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石原 弘哲・池本 澗加・勝本 之晶・真田 雄介
2. 発表標題 蛍光相関分光法を用いた水溶液中におけるpoly(N-isopropylacrylamide)の凝集挙動の研究
3. 学会等名 第68回高分子年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石原弘哲, 池本澗加, 勝本之晶, 真田雄介
2. 発表標題 蛍光相関分光法を用いた水溶液中における poly(N-isopropylacrylamide)の凝集挙動の観測
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村壮志, 勝本之晶, 真田雄介, 戸次崇彰
2. 発表標題 両末端基修飾によるpoly(2-isopropyl-2-oxazoline)の溶液物性変化
3. 学会等名 第56回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 勝本之晶・力山和晃・堀内輔・真田雄介
2. 発表標題 両親媒性交互マルチブロック高分子の溶液物性とミセル化
3. 学会等名 第68回高分子討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石原弘哲・池本澗加・勝本之晶・真田雄介
2. 発表標題 蛍光相関分光法を用いた水溶液中における Poly(N-isopropylacrylamide)の凝集挙動の観測
3. 学会等名 第57回高分子と水に関する討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村壮志・戸次崇彰・真田雄介・勝本之晶
2. 発表標題 poly(ethylene oxide)とのブロック共重合による水中でのpoly(2-isopropyl-2-oxazoline)の感熱応答性挙動の変化
3. 学会等名 第 57 回高分子と水に関する討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 勝本之晶・力山和晃・堀内輔・真田雄介
2. 発表標題 両親媒性交互マルチブロック共重合体の溶液物性
3. 学会等名 第 57 回高分子と水に関する討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeshi Kimura, Takaaki Bekki, Yusuke Sanada, Yukiteru Katsumoto
2. 発表標題 Changes in the thermoresponsive behavior of poly (2-isopropyl-2-oxazoline) in water induced by the block copolymerization with poly (ethylene oxide)
3. 学会等名 Okinawa Colloids 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hironori Ishihara, Reika Ikemoto, Yusuke Sanada, Yukiteru Katsumoto
2. 発表標題 Study on demixing and remixing processes of the aqueous Poly (N-isopropylacrylamide) solution monitored by the fluorescence correlation spectroscopy
3. 学会等名 Okinawa Colloids 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yukiteru Katsumoto, Tasuku Horiuchi, Kazuaki Rikiyama, Yusuke Sanada
2. 発表標題 Solution Properties of Amphiphilic Alternative Multiblock Copolymers
3. 学会等名 Okinawa Colloids 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yukiteru Katsumoto
2. 発表標題 How the primary structure affects on the solution properties of polymers
3. 学会等名 Workshop on Nano-Bio interfaces (Bar-Iran University, Israel) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原 悠葵, 真田 雄介, 勝本 之晶
2. 発表標題 側鎖に光学活性基を有するポリフルオレン誘導体の低分子 モデルにおけるキラリティ誘起の検討
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 力山 和晃, 勝本 之晶
2. 発表標題 立体規則性を制御した PNIPAm を組み込んだ交互マルチブロックコポリマーのミセル形成挙動の解明
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 松本 充央, 麻生 隆彬, 東海林 竜也, 西山 聖, 堀邊 英夫, 勝本 之晶, 坪井 泰之
2. 発表標題 光熱効果と光圧の協奏により水溶液中で形成したポリ(N,N- ジエチルアクリルアミド)微粒子のミクロ構造解析
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 勝本 之晶
2. 発表標題 高分子水溶液のヒステリシスと相図
3. 学会等名 九重分子科学セミナー2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Reika Ikemoto, Hironori Ishihara, Yukiteru Katsumoto
2. 発表標題 Fluorescent Probe Method for Investigating the Hysteresis in Solvation and Association of Acrylamide Polymers in Solution.
3. 学会等名 International Conference on Advancing Molecular Spectroscopy (ICAMS) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yukiteru Katsumoto
2. 発表標題 Relationship between the phase diagram and hysteresis in demixing and remixing for thermo-responsive polymers in water
3. 学会等名 Gel Symposium 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村 壮志, 勝本 之晶, 真田 雄介, 戸次 崇彰
2. 発表標題 Poly(ethylene oxide)とのブロック共重合体によるpoly(2- isopropyl-2-oxazoline)水溶液物性変化
3. 学会等名 第67回高分子討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 真田 雄介, 芳野 賢将, 筒井 なつみ, 勝本 之晶
2. 発表標題 X線・光散乱を用いたマイクロハイドロゲルの構造解析
3. 学会等名 第67回高分子討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 芳野 賢将, 毛利 佳菜絵, 高田 晃彦, 勝本 之晶
2. 発表標題 Poly(N,N-dimethylacrylamide)マイクロゲルの準希薄水分散液 の流動曲線に対する架橋密度の影響
3. 学会等名 第67回高分子討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 毛利 佳菜絵, 芳野 賢将, 真田 雄介, 勝本 之晶
2. 発表標題 Poly(N,N-dimethylacrylamide)マイクロゲルの準希薄水分散液の流 動曲線に対する体積分率の影響
3. 学会等名 平成30年度 物理化学インターカレッジセミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 原 悠葵, 真田 雄介, 勝本 之晶
2. 発表標題 フルオレンダイマーを疎水コアとする両親媒性分子のキラリティ ー誘起の検討
3. 学会等名 平成30年度 物理化学インターカレッジセミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木村 壮志, 戸次 崇彰, 勝本 之晶, 真田 雄介
2. 発表標題 両末端基修飾による poly(2-isopropyl-2-oxazoline)の水中における 温度応答性挙動の変化
3. 学会等名 平成30年度 物理化学インターカレッジセミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yukiteru Katsumoto
2. 発表標題 Solution properties of the amphiphilic alternating multiblock copolymers
3. 学会等名 The 8th Conference on Exploring Next-Generation Materials Science and Nanoscience (8th CENG-MSN) and Workshop on Soft and Nano Materials Orchestrated with Wisdom from Japan 2019 (SNOWJ 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Katsumoto Yukiteru	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Wiley VCH Verlag GmbH & Co. KGaA	5. 総ページ数 24
3. 書名 Chapter 9 in Molecular Spectroscopy: A Quantum Chemistry Approach, Volume 1 / Ed. Yukihiro Ozaki Marek Janusz Wojcik Jorgen Popp	

1. 著者名 Yukiteru Katsumoto (Chapter 9) / Yukihiro Ozaki, Marek Janusz W, and Jorgen Popp	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Wiley VCH Verlag GmbH & Co. KGaA	5. 総ページ数 24
3. 書名 Spectral Simulation for Flexible Molecules in Solution with Quantum Chemical Calculations / Molecular Spectroscopy: A Quantum Chemistry Approach	

〔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	真田 雄介 (Sanada Yusuke) (80585620)	福岡大学・理学部・助教 (37111)	

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