

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K05197

研究課題名(和文) 昇温型ゾル-ゲル転移挙動を示す新規高分子ゲル化剤の1ステップ合成

研究課題名(英文) Single step preparation of polymer gelator with thermogelling property

研究代表者

森貞 真太郎 (Morisada, Shintaro)

佐賀大学・理工学部・准教授

研究者番号：60401569

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：水溶性の異なる二種類のN置換アクリルアミドからなるコポリマーナノゲルを、アニオン性界面活性剤を用いた分散重合によって作製したところ、得られたナノゲルの水分散液が非常に低濃度で昇温型のゾル-ゲル転移挙動を示すことを見出した。このコポリマーナノゲルの構造と分散重合による形成メカニズムを検討するため、重合時のモノマー溶液へ分散剤を添加してから重合開始剤を添加するまでの時間を変えてナノゲルを作製し、得られたナノゲルの特性を比較したところ、コポリマーナノゲルは親水性モノマーを主としたコア部と疎水性モノマーを主としたブラシ部からなるブロックライクな構造を有していることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、昇温型ゾル-ゲル転移挙動を示すコポリマーナノゲルが分散重合による1ステップで形成される推定メカニズムの検証に成功している。今後、さらに検証を進め、形成メカニズムがより明らかとなり、本手法が生体適合性のあるモノマーや親水度(親水性・疎水性の度合い)の異なるモノマーにも適用可能となれば、多様な昇温型ゲル化剤の簡便な合成法を確立することになると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Copolymer nanogels composed of two types of N-substituted acrylamides with different water solubilities were prepared by dispersion polymerization using an anionic surfactant and found to exhibit thermogelling ability at very low concentration. To investigate the structure of the resulting nanogel and its formation mechanism by dispersion polymerization, the nanogels were prepared by changing the time between the addition of the surfactant to the monomer solution and the addition of the polymerization initiator. The results obtained indicate that the copolymer nanogel has a block-like structure consisting of a hydrophilic monomer-rich core with three-dimensional polymer network and hydrophobic monomer-rich brushes.

研究分野：コロイド分散系工学

キーワード：昇温型ゾル-ゲル転移 ナノゲル ゲル化剤 分散重合

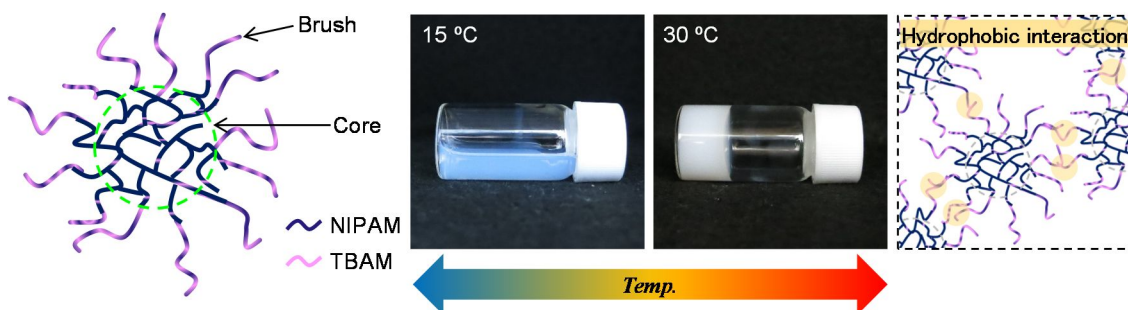
## 1. 研究開始当初の背景

ゲルとは、高分子やコロイド粒子などの分散質が互いに架橋することで系全体に三次元網目構造を形成し、その内部に分散質を保持したまま固体状となった(流動性を失った)ものを指す。一般的にゲルは、分散質間の架橋方法の違いによって化学ゲルと物理ゲルに分類される。化学ゲルは共有結合で架橋が形成されたものであり、分子の熱運動でその架橋が切れることはない。それに対して物理ゲルは、水素結合やイオン結合、疎水性相互作用といった非共有結合によって架橋されたものであり、温度変化や外力によって架橋の形成と消滅が可逆的に起こる。例えば、ゼラチンや寒天の水溶液は高温ではゾル状態であるが、冷却することで流動性が失われてゲル化(ゾル-ゲル転移)し、加熱すると再びゾル状態となる。このような物理ゲルを形成するゼラチンや寒天などの分散質をゲル化剤といい、それらのゾル-ゲル転移は、簡単に言えば、低温になることで分子の熱運動が減衰し、分散質間の分子間力が優勢になるために起こる。ゲル化剤の多くはこのような降温型のゾル-ゲル転移挙動を示すが、逆の挙動、すなわち昇温型のゾル-ゲル転移を起こすゲル化剤も存在し、poly(propylene glycol)(PPG)鎖の両端にpoly(ethylene glycol)(PEG)鎖がついたPEG-PPG-PEGトリブロックコポリマー(poloxamerと呼ばれる)やmethyl celluloseなどが古くから知られている(*Colloid Polym. Sci.*, **268**, 101 (1990); *Carbohydr. Polym.*, **22**, 161 (1993))。また、乳酸(lactic acid)とグリコール酸(glycolic acid)からなる疎水性のコポリマー(PLGA)鎖(Aセグメント)と親水性のPEG鎖(Bセグメント)からなるABAまたはBABトリブロックコポリマーは、生体適合性を有する上、その水溶液は室温から体温付近に昇温するとゲル化する(*J. Mater. Chem.*, **19**, 5891 (2009))。このような特性から、生体内に注射されるとその場でゲル化するインジェクタブルポリマーとして、ドラッグデリバリーシステムや組織再生の足場といった医療分野での応用を目指し、ここ数十年盛んに研究が行われている。

## 2. 研究の目的

ある種の高分子は温度が上昇すると水溶性から非水溶性となる。このような変化が起こる温度を下限臨界溶液温度(Lower Critical Solution Temperature, LCST)といい、LCSTを有する感温性高分子にはpoly(*N*-isopropylacrylamide)(PNIPAM, LCST: ca. 32 °C)やpoly(*N*-*t*-butylacrylamide)(PTBAM, LCST: ca. 0 °C)などがある。研究代表者らは最近、それぞれのモノマーであるNIPAMとTBAMからなるナノサイズのゲル微粒子(化学ゲル)を分散重合によって作製したところ、得られたゲル微粒子(ナノゲル)の水分散液が昇温によって20 °C付近を境にゾル-ゲル転移(物理ゲル)することを見出した。このように、昇温型ゲル化剤を1ステップで合成できることは、合成に多段階を要する従来の昇温型ゲル化剤(トリブロックコポリマー)に対して大きなアドバンテージである。

P(NIPAM-TBAM)ナノゲルの水分散液が昇温型ゾル-ゲル転移挙動を示すことから、次のようなことが推測される。NIPAMにTBAMのような疎水性モノマーをランダム共重合した場合、LCSTが低温側にシフトするだけで、コポリマー水溶液がゾル-ゲル転移することはない。他方、NIPAMを含むブロックコポリマーの中には昇温型のゾル-ゲル転移を示すものがある(*Euro. J. Pharm. Biopharm.*, **88**, 575 (2014))。また、NIPAMのみからなるナノゲルの水分散液では、LCST以上においてナノゲルの脱水和と凝集が起こるだけで、ゾル-ゲル転移は起こらない。これらのことから、P(NIPAM-TBAM)ナノゲルも、ブロックコポリマーに近い構造、すなわち、NIPAMがリッチなゲルコア部とTBAMがリッチなブラシ部から成るブロックライクな構造をとっており、温度上昇に伴って強くなる疎水性相互作用によってTBAMブラシ同士は架橋するが、20-30 °C程度ではNIPAMがメインのゲルコア部は水和したままのため、系全体がゲル化するのではないかと推測される(Figure 1)。そこで本研究では、作製条件を変えてP(NIPAM-TBAM)ナノゲルを作製し、得られたナノゲルの特性を評価・比較することで、昇温型ゾル-ゲル転移挙動を示すP(NIPAM-TBAM)ナノゲルが分散重合による1ステップで形成されるメカニズムの推定を試みた。



**Figure 1** Schematic illustration of P(NIPAM-TBAM) nanogel and photographs of the aqueous nanogel dispersion at 3 wt% and different temperatures.

### 3. 研究の方法

ブロックライクな構造を有するP(NIPAM-TBAM)ナノゲルが、sodium dodecyl sulfate (SDS)を用いた分散重合によって1ステップで形成される推定メカニズムを次のように考えた (Figure 2)。

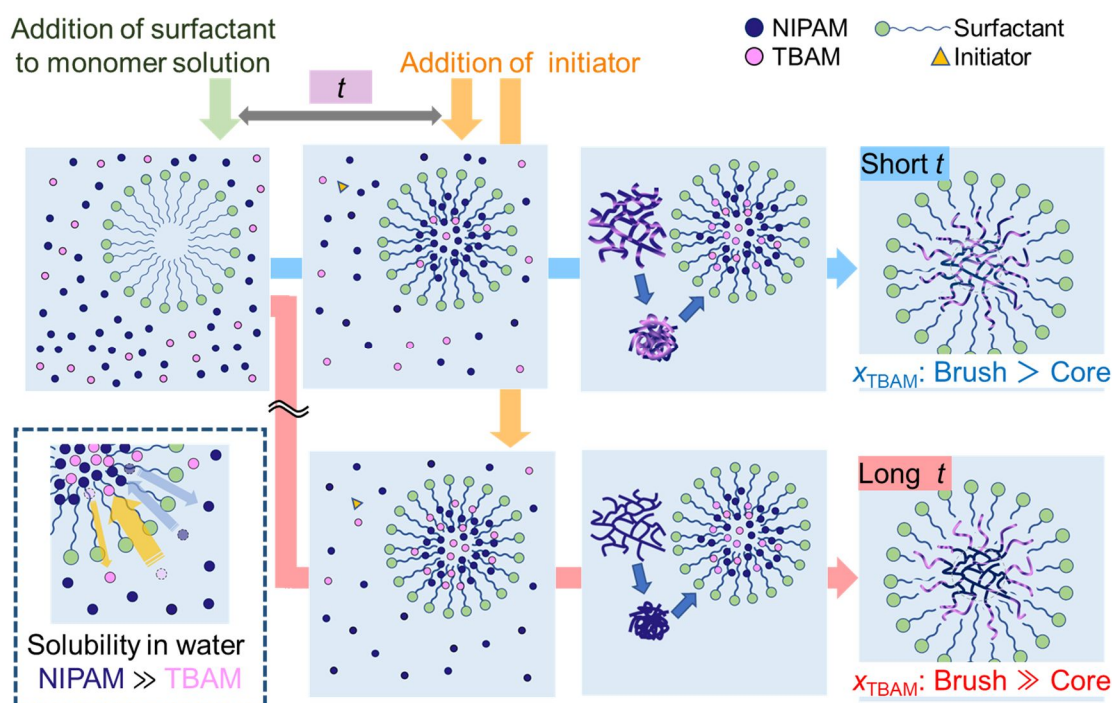
疎水性であるTBAMはもちろん、NIPAMも水への溶解度が低いことから、それらの存在比に応じてSDSが形成するミセル内部へ取り込まれる。

ミセル内外でモノマーの物質移動が起こり、非水溶性のTBAMはミセル内に取り込まれた結果、TBAMの割合がミセル外よりも高くなる。

水溶性重合開始剤によって重合を開始すると、ミセル外部でNIPAMを主としたゲル(コア部)が形成される。

重合温度はPNIPAMのLCST以上であるため、NIPAMメインのゲルが脱水和してミセル内部へ取り込まれ、ミセル内部でコア部とTBAMとの重合が進行することにより、疎水性のブラシ部が形成される。

つまり、ブラシ部は重合前にミセル内へ取り込まれていたモノマーによって形成されることから、SDSの添加から重合開始までの時間(調整時間 $t_c$ と呼ぶ)を短くし、重合を開始するとブラシ部におけるTBAMの割合が低いナノゲルが、長くするとTBAMの割合が高いナノゲルが得られると予想される。そこで、この調整時間を変更してナノゲルを作製し、ゲル化挙動を比較することでこれら推定メカニズムの検証を行った。



**Figure 2** Illustration of the possible formation mechanism of P(NIPAM-TBAM) nanogel by dispersion polymerization.

#### (1) 分散重合によるP(NIPAM-TBAM)ナノゲルの作製

NIPAM (28 mmol)とTBAM (12 mmol)、架橋剤*N,N'*-methylenebisacrylamide (4 mmol)、および重合促進剤分散剤*N,N,N',N'*-tetramethylethylenediamine (1.2 mmol)を水-エタノール混合溶媒(水80 mL、エタノール8 mL)に溶解させ、窒素通気によって溶存酸素を除去した。別途酸素除去済みの水9 mLに溶解させたSDS (1 mmol)をモノマー溶液に添加し、60 °Cで所定の時間(0.5, 18, 66時間)攪拌した後、重合開始剤ammonium persulfateを添加して分散重合を行った。このSDS添加から重合開始剤添加までの時間を調整時間と呼ぶ。重合後のナノゲルは透析によって洗浄した。

#### (2) P(NIPAM-TBAM)ナノゲルの特性評価

透析後のP(NIPAM-TBAM)ナノゲル分散液を120 °Cで乾燥し、重クロロホルムに溶解させたサンプルを用いてプロトン核磁気共鳴(<sup>1</sup>H-NMR)測定を行い、得られた<sup>1</sup>H-NMRスペクトルからNIPAMとTBAMの共重合比を算出した。また、水中におけるP(NIPAM-TBAM)ナノゲルの流体力学的直径を動的分散乱(DLS)法によって測定した。ただし、ナノゲル濃度は0.05 wt%とし、測定は15 °Cで行った。

#### (3) P(NIPAM-TBAM)ナノゲル分散液のゾル-ゲル転移挙動の確認(相図の作成)

濃度調整したP(NIPAM-TBAM)ナノゲル分散液の入ったバイアル瓶を所定の温度の恒温水槽中に10分間静置した後、バイアル瓶を10秒間横向きに静置し、流動性の有無を観察することで、ゾル、ゲル、シネレシス(離漿)のいずれかの状態であるか判断した。観察後、ゾル状態に戻るまで氷浴に浸し、同様の操作を繰り返すことで相図を得た。

#### (4) P(NIPAM-TBAM)ナノゲル分散液のゾル-ゲル転移挙動の確認(相図の作成)

動的粘弾性測定装置を用いてP(NIPAM-TBAM)ナノゲル分散液の貯蔵弾性率( $G'$ )と損失弾性率



( $G''$ )の温度依存性を測定した。ただし、測定条件は歪み5%, 角周波数5 rad/s, 測定温度10–40 °C, 昇温速度1 °C/minである。また、プレートは平行プレートを使用し、プレートとペルチェ板との間隔は0.5 mmとした。

#### 4. 研究成果

##### (1) P(NIPAM-TBAM)ナノゲルの特性

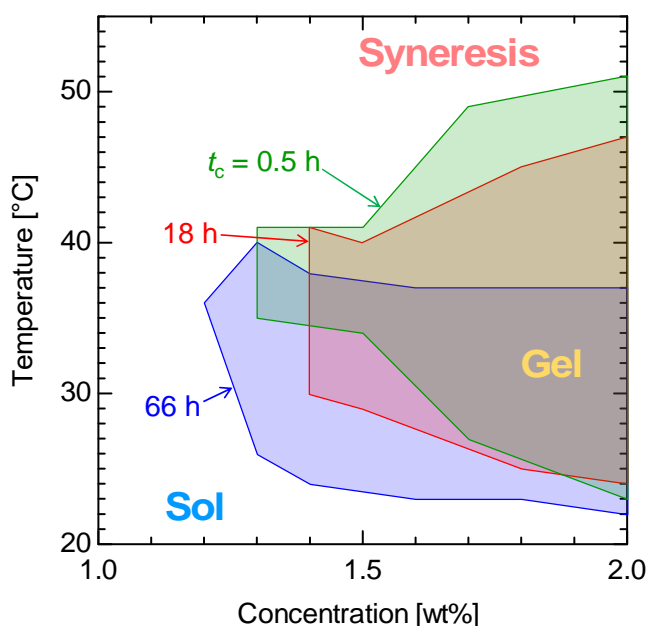
調整時間( $t_c$ )の異なるP(NIPAM-TBAM)ナノゲルの共重合比(NIPAM:TBAM)と流体力学的直径の値をTable 1に示す。いずれの調整時間で作製したナノゲルの共重合比も、仕込み比ほぼ同じ値であった。また、調整時間 $t_c$ が長いほど流体力学的直径は大きな値となった。すなわち、調整時間が長いほどナノゲルのコア部やブラシ部が収縮していると推測される。

**Table 1** Molar copolymerization ratios (NIPAM:TBAM) and hydrodynamic diameters ( $D_H$ ) of P(NIPAM-TBAM) nanogels prepared with different conditioning time ( $t_c$ ).

$t_c$ [h]	NIPAM:TBAM	$D_H$ [nm]
0.5	70.6:29.4	78.3
18	71.0:29.0	62.0
66	70.5:29.5	58.7

##### (2) P(NIPAM-TBAM)ナノゲル分散液の相図

3種類のP(NIPAM-TBAM)ナノゲル分散液の相図をFigure 2に示す。このように、いずれのナノゲルの分散液でも温度上昇に伴うゾル-ゲル-シネレシス転移が確認された。ゾルからゲルへの転移は、昇温によってナノゲルのコアが膨潤したままブラシ部が脱水和し、疎水性相互作用によって架橋が形成されるために起こると考えられる。さらに温度が高くなると、コア部でも脱水和が起こり始めるため、ナノゲルが全ての水を保持できなくなり、水がゲルから排出されるようになる(ゲル-シネレシス転移)と考えられる。また、ゾル-ゲル転移する温度(ゲル化温度)は、調整時間 $t_c$ が長いほど低下した。ここで、ゲル化温度とは、ナノゲルのブラシ間に疎水性相互作用による架橋が形成される温度に対応すると考えられる。すなわち、疎水性であるTBAMの割合が高いほど低温で架橋が形成されるはずである。これらのことから、調整時間が長いナノゲルほどTBAMの割合が高いと考えられる。

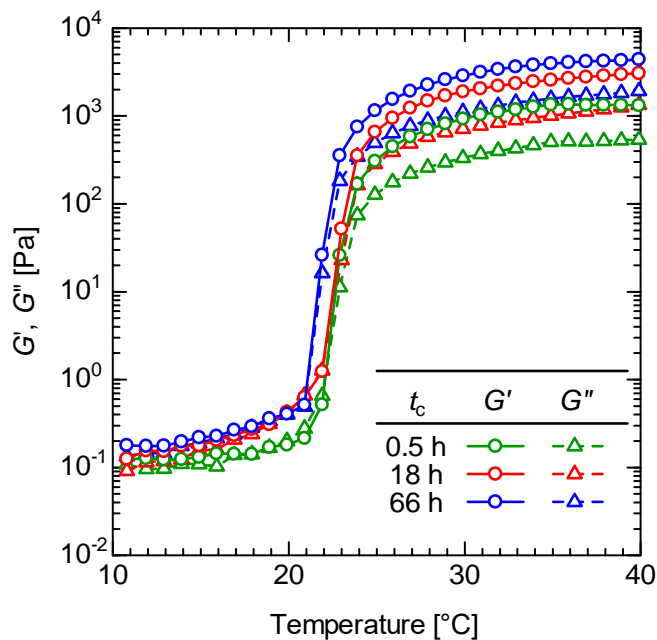


**Figure 2** Phase diagrams of the aqueous dispersions of P(NIPAM-TBAM) nanogels prepared with different conditioning times  $t_c$ .

##### (3) P(NIPAM-TBAM)ナノゲル分散液の動的粘弾性挙動

動的粘弾性測定により得られた昇温過程におけるナノゲル分散液の貯蔵弾性率 $G'$ と損失弾性率 $G''$ の変化をFigure 3に示す。いずれのナノゲル分散液でも、低温(<20 °C)では $G'$ および $G''$ ともに小さな値であり、互いに近い値( $G' \approx G''$ )であったが、温度上昇とともに緩やかに増大し、21–23 °C付近で急激に増加した後、一定の値に漸近する様子が見られた。この弾性率の急激な増加は分散液のゾル-ゲル転移を示しており、調整時間 $t_c$ が長いほどこの立ち上がりが低温側にシフトしていることがFigure 3から分かる。これは、Figure 2に示した相図の結果と一致する。さらに、ゲル化後の貯蔵弾性率 $G'$ の値は調整

時間が長いほど大きい。すなわち、調整時間が長いほどブラシ部のTBAMの割合が大きくなり、疎水性相互作用による架橋が強くなるため、強度の高いゲルが形成されたのだと考えられる。



**Figure 3** Storage and loss moduli ( $G'$  and  $G''$ ) for the 4.0 wt% aqueous dispersions of P(NIPAM-TBAM) nanogels prepared with different conditioning times  $t_c$ , as a function of temperature.

#### (4) まとめ

本研究では、ブロックライクな構造を有するP(NIPAM-TBAM)ナノゲルが分散重合によって形成される推定メカニズムを考え、その検証を行った。推定メカニズムより、分散剤であるSDSの添加から重合開始までの時間である調整時間 $t_c$ が長いほどブラシ部におけるTBAMの割合が高くなると予想された (Figure 2)。そこで、実際に調整時間を変えてナノゲルを作製し、その特性を評価したところ、調整時間が長いほど流体力学的直径が減少し、ゾル-ゲル転移温度が低下し、ゲル化した分散液の貯蔵弾性率が高くなった。いずれの結果も、調整時間が長いほどブラシ部のTBAMの割合が高いことを示している。従って、定性的ではあるが、前述の推定形成メカニズムの検証に成功したといえる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 Shoyama Kiko, Yamaguchi Saki, Ogawa Shinya, Takamuku Toshiyuki, Kawakita Hidetaka, Ohto Keisuke, Morisada Shintaro	4. 巻 33
2. 論文標題 Poly(N-isopropylacrylamide) copolymer nanogels with thermogelling ability prepared by a single step of dispersion polymerization	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Advanced Powder Technology	6. 最初と最後の頁 103553 ~ 103553
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.appt.2022.103553	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 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 森貞真太郎
2. 発表標題 感温性起泡剤や昇温型ゲル化剤として働くPNIPAMコポリマーナノゲル
3. 学会等名 第15回機能性微粒子分科会セミナー（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 新谷滉大, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 ブロックライク構造を有するP(NIPAM-TBAM)の1ステップ合成
3. 学会等名 第8回九州地区大学 - 高専若手研究者研究・教育セミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川畑璃久, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 pH応答性を有する昇温型ゲル化剤PNIPAMコポリマーナノゲルの作製
3. 学会等名 第73回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西山莉瑚, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 昇温型ゲル化剤PNIPAMコポリマーナノゲルへの親水性モノマーの導入とゲル化挙動の検討
3. 学会等名 第73回コロナおよび界面化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西山莉瑚, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 P(NIPAM-MAA)ナノゲル分散液の昇温型ゾル-ゲル転移挙動の検討
3. 学会等名 化学工学会第53回秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川畑璃久, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 P(NIPAM-TBAM-DMAPMA)ナノゲル分散液の昇温型ゲル化挙動とpH応答性の検討
3. 学会等名 第32回九州地区若手ケミカルエンジニア討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 庄山季子, 小川真矢, 山口早紀, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 PNIPAMコポリマーナノゲル分散液の昇温型ゾル-ゲル転移挙動
3. 学会等名 粉体工学会2021年度春期研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小川真矢, 庄山季子, 山口早紀, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 PNIPAMコポリマーナノゲル分散液の昇温型ゾル-ゲル転移挙動の検討
3. 学会等名 化学工学会九州支部オンライン学生発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小川真矢, 庄山季子, 山口早紀, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 PNIPAMコポリマーナノゲル分散液の昇温型ゲル化挙動に対する共重合比の影響
3. 学会等名 化学工学会第51回秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川畑璃久, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 昇温型ゲル化剤PNIPAMコポリマーナノゲルへのpH応答性付与
3. 学会等名 第59回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川畑璃久, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 P(NIPAM-TBAM-DMAPMA)ナノゲル分散液の昇温型ゲル化挙動とpH応答性の検討
3. 学会等名 第32回九州地区若手ケミカルエンジニア討論会
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 西山莉瑚, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 P(NIPMA-MAA)ナノゲル分散液の昇温型ゾル-ゲル転移挙動の検討
3. 学会等名 化学工学会第53回秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西山莉瑚, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 昇温型ゲル化剤PNIPAMコポリマーナノゲルへの親水性モノマーの導入とゲル化挙動の検討
3. 学会等名 第73回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川畑璃久, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 pH応答性を有する昇温型ゲル化剤PNIPAMコポリマーナノゲルの作製
3. 学会等名 第73回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 新谷滉大, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 ブロックライク構造を有するP(NIPAM-TBAM)の1ステップ合成
3. 学会等名 第8回九州地区大学 - 高専若手研究者研究・教育セミナー
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西山莉瑚, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 PNIPAMコポリマーナノゲルへのアニオン性モノマーの導入と分散液の昇温型ゲル化挙動の検討
3. 学会等名 粉体工学会2022年度秋期研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川畑璃久, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 昇温型ゲル化剤PNIPAMコポリマーナノゲルへのpH応答性の導入
3. 学会等名 粉体工学会2022年度秋期研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 新谷滉大, 庄山季子, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 分散重合によって作製した昇温型ゲル化剤PNIPAMコポリマーの形成メカニズムの検討
3. 学会等名 化学工学会第88年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 庄山季子, 小川真矢, 山口早紀, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 PNIPAMコポリマーナノゲル分散液の昇温型ゾル-ゲル転移挙動
3. 学会等名 粉体工学会2021年度春期研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 庄山季子, 小川真矢, 山口早紀, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 乳化重合法による昇温型ゲル化剤PNIPAMコポリマーナノゲルの1ステップ合成
3. 学会等名 第72回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kiko Shoyama, Shinya Ogawa, Saki Yamaguchi, Hidetaka Kawakita, Keisuke Ohto, and Shintaro Morisada
2. 発表標題 Formation Mechanism of PNIPAM Copolymer Nanogels with Thermogelling Ability
3. 学会等名 8th Asian Particle Technology Symposium (APT2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kiko Shoyama, Shinya Ogawa, Saki Yamaguchi, Hidetaka Kawakita, Keisuke Ohto, and Shintaro Morisada
2. 発表標題 Formation Mechanism of P(NIPAM-TBAM) Nanogrels with Thermogelling Ability
3. 学会等名 The International Symposium on Preparative Chemistry of Advanced Materials (ISPCAM 2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 庄山季子, 小川真矢, 山口早紀, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 昇温型ゲル化剤PNIPAMコポリマーナノゲルの形成メカニズムの検討
3. 学会等名 第31回九州地区若手ケミカルエンジニア討論会・第7回九州地区大学 - 高専若手研究者研究・教育セミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小川真矢, 庄山季子, 山口早紀, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 PNIPAMコポリマーナノゲル分散液の昇温型ゲル化挙動に対する共重合比の影響
3. 学会等名 化学工学会第51回秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小川真矢, 庄山季子, 山口早紀, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 PNIPAMコポリマーナノゲル分散液の昇温型ゾル-ゲル転移挙動の検討
3. 学会等名 化学工学会九州支部オンライン学生発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 庄山季子, 小川真矢, 山口早紀, 川喜田英孝, 大渡啓介, 森貞真太郎
2. 発表標題 昇温型ゾル-ゲル転移を示すPNIPAMコポリマーナノゲルの形成メカニズムの検討
3. 学会等名 化学工学会第86年会
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
---------	---------------------------	-----------------------	----

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