

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05202

研究課題名（和文）水溶性化合物のシャープな透過制御機能を搭載した温度応答性ナノカプセルの創製

研究課題名（英文）Design of temperature-responsive nanocapsules controlling permeation of water-soluble compounds

研究代表者

河村 暁文（Kawamura, Akifumi）

関西大学・化学生命工学部・准教授

研究者番号：50612579

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、双性イオンポリマーと側鎖PEGポリマーとを併せ持つ水溶性乳化剤を用いた温度応答性ナノカプセルの創出について検討を進めた。ポリ（メタクリロイルオキシエチルホスホリルコリン）（PMPC）とポリ（オリゴエチレングリコールメタクリレート）（POEGMA）とからなるブロック共重合体を用いて調製したナノカプセルは、昇温に伴って白濁し下限臨界溶液温度型の温度応答性を示すことがわかった。一方、アンモニウムサルフェート型双性イオンポリマー（PSaB）とPOEGMAとからなる水溶性乳化剤を用いて調製したナノカプセルは、上限臨界溶液温度以上でモデル薬物のカプセル膜透過速度が増加することがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の温度応答性ナノカプセルは、犠牲粒子上でのカプセル膜形成と犠牲粒子のエッチングにより調製していた。本研究で確立したW/Oエマルジョンをテンプレートとした温度応答性ナノカプセルの調製は、新規性に富んだ手法である。特に、水溶性物質であればその機能を損なうことなくカプセルに封入できることから、その汎用性は非常に大きい。また、下限臨界溶液温度型の温度応答性ナノカプセルはこれまでにいくつか報告があったが、上限臨界溶液温度型の温度応答性ナノカプセルはほとんど報告がない。加熱により薬物透過速度が増加するシステムは、ドラッグデリバリーシステムへの展開が勇剛であり、波及効果は極めて大きいものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we investigated the creation of temperature-responsive nanocapsules using a water-soluble emulsifier having zwitterionic polymer and side-chain PEG polymer blocks. Nanocapsules prepared using block copolymers consisting of poly(methacryloyloxyethyl phosphorylcholine) (PMPC) and poly(oligoethylene glycol methacrylate) (POEGMA) blocks become milky turbid upon heating, indicating a lower critical solution temperature type temperature-responsive behavior. On the other hand, the nanocapsules prepared using a water-soluble emulsifier composed of ammonium sulfate-type zwitterionic polymer (PSaB) and POEGMA blocks showed an increase in the capsule membrane permeation rate of the model drug above UCST.

研究分野：高分子化学

キーワード：温度応答性ナノカプセル スマートナノカプセル ドラッグデリバリーシステム 下限臨界溶液温度 上限臨界溶液温度 双性イオンポリマー

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

中空構造を有する高分子微粒子は、軽量材料や断熱材、色材、カプセルなど、幅広い分野での応用が検討されている。特に、温度や pH などの外部刺激に応答して物質のカプセル膜透過を制御できるスマートカプセルは、マイクロリアクターやドラッグデリバリーシステム (DDS) などへの応用が期待されている。一般に中空粒子は、テンプレートである無機粒子や高分子微粒子の外部にカプセル膜となる高分子を形成させた後、テンプレートの溶解除去により調製される。そのため、テンプレートの溶解除去に対して耐性のある物質しか内封できないのが課題であった。

一方、われわれはこれまでに、非イオン性ポリマーである poly[oligo(ethylene glycol) methacrylate] (POEGMA) と双性イオンポリマーの 1 つである poly(methacryloyloxyethyl phosphorylcholine) (PMPC) とで構成されるブロック共重合体 (PMPC-*b*-POEGMA) が水/クロロホルム 2 相系において乳化剤として作用することで、油中水分散 (W/O) エマルジョンを形成することを見出した。また、W/O エマルジョン表面から poly(ethylene glycol)methacrylate とジスルフィド結合を有する架橋剤とを共重合させることにより、両親媒性 PEG ナノカプセルの調製にも成功した。この手法は、親水化処理を必要とせず、無修飾かつ効率良く水溶性物質を内封可能なカプセルを調製できる特徴を有している。しかし、厳密な放出制御には至らなかった。したがって、高内封効率と良好な水中分散性、カプセル膜のシャープな物質透過制御とを同時に実現するための分子設計の解明が必要であった。

2. 研究の目的

本研究では、高い内封効率と刺激に応答したシャープなカプセル膜透過制御とを実現する水中分散型スマートカプセルの構築を目的として研究を進めた。従前のカプセルが外部刺激によりシャープに物質透過を制御できなかった要因は、①分子ふるい機構による透過制御と②連鎖移動反応が起きやすいクロロホルム中での重合によるカプセル形成であると考えた。そこで本研究では、①溶解拡散機構に基づいたカプセル膜の透過制御と②水溶性ブロック共重合体型乳化剤の直接架橋による緻密なカプセル膜の形成を検討した。まず、下限臨界溶液温度 (LCST) を有する側鎖 PEG ポリマーおよび上限臨界溶液温度 (UCST) を有する双性イオンポリマーを用い、新規な温度応答性ナノカプセルの調製を試みた。PMPC と OEGMA および 2-(2'-methoxyethoxy)ethyl methacrylate (MEO₂MA) の共重合体とからなるブロック共重合体を合成した。また、生理的イオン強度環境下において UCST 型の温度応答挙動を示す双性イオンポリマーである polysulfobetaine (PSaB) に着目し、SaB および sulfobetaine methacrylate (SBMA) の共重合体と OEGMA とからなるブロック共重合体を合成した。これらのブロック共重合体を用いてナノカプセルを調製し、温度応答挙動を評価した。(図 1)

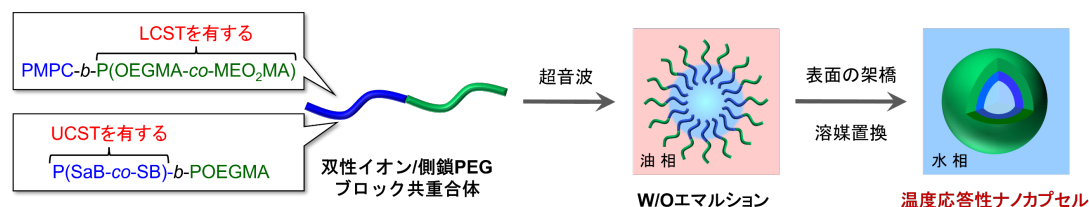


図 1. 温度応答性ナノカプセル調製の模式図

3. 研究の方法

(1) LCST 型温度応答性ナノカプセル

可逆的付加開裂連鎖移動 (RAFT) 重合により PMPC macroRAFT 剤を合成し、その末端から OEGMA および MEO₂MA を伸長させ、PMPC-*b*-P(OEGMA-*co*-MEO₂MA)を得た。得られた PMPC-*b*-P(OEGMA-*co*-MEO₂MA)をリン酸緩衝生理食塩水 (PBS(-)) に溶解させ、クロロホルムに添加後、超音波照射により W/O エマルジョンを調製した。次に、divinyl sulfone (DVS) を用いて W/O エマルジョンの油水界面を安定化している PMPC-*b*-P(OEGMA-*co*-MEO₂MA)を架橋することにより、高分子ナノカプセルを調製した。続いて、連続相をクロロホルムから PBS(-)に置換した後、ナノカプセルの温度応答挙動を評価した。

(2) UCST 型温度応答性ナノカプセル

モノマーとして 3-[[2-(methacryloyloxy)ethyl]dimethylammonio]propane-1-sulfate (SaB) および 3-[[2-(methacryloyloxy)ethyl]dimethylammonio]propane-1-sulfonate (SB) を用い、RAFT 重合により P(SaB-*co*-SB) macroRAFT 剤を合成した。次に、末端から OEGMA を伸長させて P(SaB-*co*-SB)-*b*-POEGMA を得た。続いて、次に、DVS を用いて W/O エマルジョンの油水界面を安定化している P(SaB-*co*-SB)-*b*-POEGMA を架橋することにより、高分子ナノカプセルを調製した。続いて、連続相をクロロホルムから PBS(-)に置換した後、ナノカプセルの温度応答挙動を評価した。

4. 研究成果

(1) LCST 型温度応答性ナノカプセル

¹H NMR 測定の結果, PMPC-*b*-P(OEGMA-*co*-MEO₂MA)中の PMPC ブロックの重合度は 27, P(OEGMA-*co*-MEO₂MA)ブロックの重合度は 56 であり, P(OEGMA-*co*-MEO₂MA)中に含まれる OEGMA の割合は 0.13 であることがわかった。図 2 には, PMPC-*b*-P(OEGMA-*co*-MEO₂MA)の分子量分布曲線を示した。図より, PMPC macroRAFT 剤と比較して PMPC-*b*-P(OEGMA-*co*-MEO₂MA)が高分子量側にシフトしていることがわかる。また, PMPC-*b*-P(OEGMA-*co*-MEO₂MA)の分子量分布曲線には PMPC macroRAFT 剤に由来するピークやショルダーが見られないことがわかった。さらに, PMPC-*b*-P(OEGMA-*co*-MEO₂MA)の分子量分布は 1.22 であった。これらの結果から, 分子量が制御された PMPC-*b*-P(OEGMA-*co*-MEO₂MA)が得られたことがわかった。

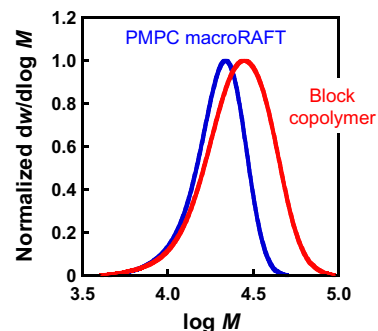


図 2. PMPC-*b*-P(OEGMA-*co*-MEO₂MA)の分子量分布曲線

得られた PMPC-*b*-P(OEGMA-*co*-MEO₂MA)を PBS(-)とクロロホルムの 2 相系に添加して超音波照射したところ, PMPC ブロックが PBS(-)相に, P(OEGMA-*co*-MEO₂MA)ブロックがクロロホルム相に分配されることにより, PMPC-*b*-P(OEGMA-*co*-MEO₂MA)が乳化剤として作用して, 長時間安定な W/O エマルションを形成することがわかった。続いて, W/O エマルションに DVS を添加してナノカプセルを調製した後, 連続相を PBS(-)に置換した。図 3 には, DVS により架橋された後のクロロホルム中および PBS(-)中におけるナノカプセルの粒径分布および SEM 画像を示した。図より, わずかな凝集が確認されたものの, 200 nm 程度の粒子が形成していることがわかる。以上の結果から, 水中に分散可能なナノカプセルが生成したことがわかった。

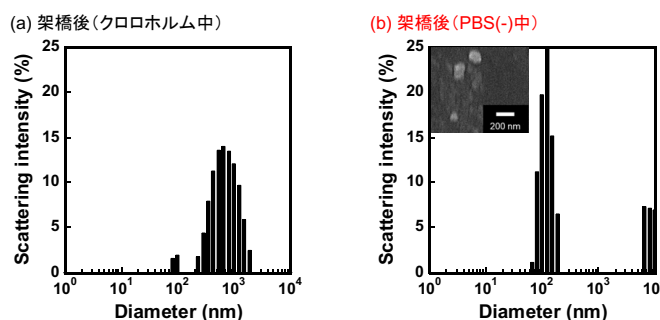


図 3. LCST 型温度応答性ナノカプセルの(a)クロロホルム中および(b)PBS(-)中における粒径分布. (挿入図: ナノカプセルの SEM 画像)

続いて, ナノカプセル分散液の温度応答挙動を評価した。図 4 には, ナノカプセル分散液の温度と透過率との関係およびナノカプセルの粒径変化を示した。図より, ナノカプセル分散液の透過率は 37 °C 付近を境に大きく低下することがわかる。また, ナノカプセルの粒径も同様に 37 °C 付近で大きく変化することがわかった。これは, P(OEGMA-*co*-MEO₂MA)ネットワークの相転移により, ナノカプセル表面が親水的から疎水的に変化してカプセル間の凝集が生じたためと考えられる。以上の結果から, PMPC-*b*-P(OEGMA-*co*-MEO₂MA)を水溶性乳化剤として用いて調製した W/O エマルションの水滴界面を架橋することにより, LCST 型の温度応答挙動を示すスマートカプセルの調製できることが明らかになった。

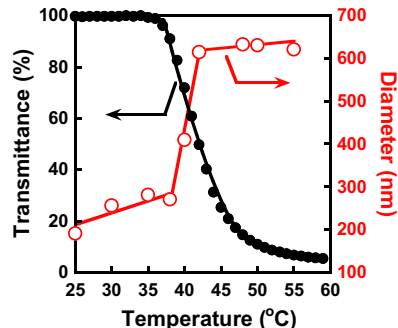


図 4. UCST 型温度応答性ナノカプセルの温度応答挙動

(2) UCST 型温度応答性ナノカプセル

¹H NMR 測定の結果, P(SaB-*co*-SB)-*b*-POEGMA 中の P(SaB-*co*-SB)ブロックの重合度は 69, POEGMA ブロックの重合度は 54 であり, P(SaB-*co*-SB)中に含まれる SB の割合は 0.19 であることがわかった。図 5 には, P(SaB-*co*-SB)-*b*-POEGMA の分子量分布曲線を示した。図より, P(SaB-*co*-SB) macroRAFT 剤と比較して P(SaB-*co*-SB)-*b*-POEGMA が高分子量側にシフトしていることがわかる。また, P(SaB-*co*-SB)-*b*-POEGMA の分子量分布曲線には P(SaB-*co*-SB) macroRAFT 剤に由来するピークやショルダーが見られないことがわかった。さらに, P(SaB-*co*-SB)-*b*-POEGMA の分子量分布は 1.21 であった。これらの結果から, 分子量が制御された P(SaB-*co*-SB)-*b*-POEGMA が得られたことがわかった。

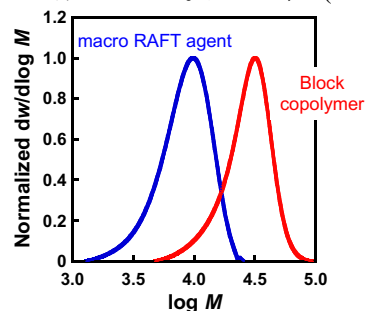


図 5. P(SaB-*co*-SB)-*b*-POEGMA の分子量分布曲線

図 6 には, 得られた P(SaB-*co*-SB)-*b*-POEGMA の PBS(-)中における濁度測定結果を示した。図より, 温度応答性ブロックである P(SaB-*co*-PSB)ホモポリマーでは, 昇温にともなって約 30 °C で急激に透過率が増加することがわかる。したがって, 低温で PBS(-)に不溶であり高温で溶解する UCST 型の相転移

挙動を示すことがわかった。一方、P(SaB-co-SB)-b-POEGMA も P(SaB-co-SB)ホモポリマーと同様の相転移挙動を示したが、その相転移温度は大きく低下することがわかった。一般にブロック共重合体中における刺激応答性ブロックの相転移挙動は、刺激応答性ブロック単体(ホモポリマー)のそれと大きく変化しない。今回合成した P(SaB-co-SB)-b-POEGMA 中の P(SaB-co-SB)ブロックは、PEG と相互作用して相転移温度が変化することが森本らによって報告されている。今回の相転移温度の変化も、ブロック共重合体の POEGMA ブロックと P(SaB-co-SB)ブロックとの相互作用によるものと推察される。

次に、PBS(-)/クロロホルム 2 相系において、P(SaB-co-SB)-b-POEGMA を添加して超音波照射したところ、P(SaB-co-SB)ブロックが PBS(-)相に、POEGMA ブロックがクロロホルム相に分配されることにより、P(SaB-co-SB)-b-POEGMA が乳化剤として作用し、長時間安定な W/O エマルジョンを形成することがわかった。続いて、W/O エマルジョンに DVS を添加してナノカプセルを調製した後、連続相を PBS(-)に置換した。DLS 測定および SEM 観察により、サブミクロンサイズの粒子が形成していることが示唆され、水中に分散可能なナノカプセルが生成したことがわかった。

ナノカプセルからの薬物放出挙動を評価するために、水相である PBS(-)にモデル薬物である fluoresceine-conjugated dextran (FITC-Dex) を溶解させて W/O エマルジョンを調製した後、液滴表面の P(SaB-co-SB)-b-POEGMA を架橋して FITC-Dex 内包ナノカプセルを調製した。図 7 には、カプセル中の P(SaB-co-SB)の相転移温度 (T_p) 前後におけるナノカプセルからの FITC-Dex の放出挙動を示した。図より、 T_p 以下では FITC-Dex の放出が抑制され、 T_p 以上では放出が有意に増加していることがわかる。 T_p 以上では P(SaB-co-SB)ブロックが溶解しているのに対し、 T_p 以下では P(SaB-co-SB)ブロックが凝集してカプセル膜が疎水的になり、FITC-Dex の拡散が妨げられたものと推察される。

以上の結果から、P(SaB-co-SB)-b-POEGMA を水溶性乳化剤として用いて調製した W/O エマルジョンの水滴界面を架橋することにより、UCST 型の温度応答挙動を示すスマートカプセルの調製に成功した。

(3) 今後の展望

以上の結果より、双性イオン/側鎖 PEG ポリマーブロック共重合体を乳化剤として用いて W/O エマルジョンを形成させ、液滴界面の乳化剤の架橋により、水中に分散可能な温度応答性ナノカプセルを調製できることがわかった。また、用いる双性イオンと側鎖 PEG ポリマーブロックの種類や組成を変えることにより、LCST 型や UCST 型の温度応答性を自由に組み込むことができたことがわかった。このようなエマルジョンをテンプレートとした温度応答性カプセルに関する報告は類がない。このような温度応答性ナノカプセルは、温度変化に応答して内包物質の透過を制御できることから、ドラッグデリバリーシステム (DDS) への応用が期待できる。これらの応用に向けて、薬物放出挙動の詳細な検討や、低分子薬物の漏出抑制、生体適合性の検討など、さらなる検討が必要であるが、温度は体外からの制御が比較的容易であるために、さまざまな薬物を封入することにより、部位特異的な薬物放出を可能にする新規なナノカプセルとなることが期待できる。

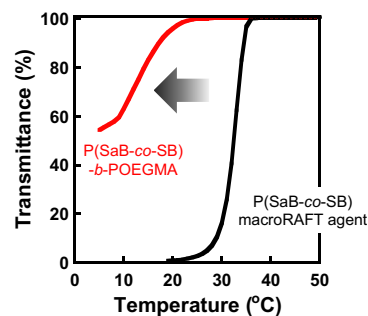


図 6. P(SaB-co-SB)および P(SaB-co-SB)-b-PMPC の濁度測定結果

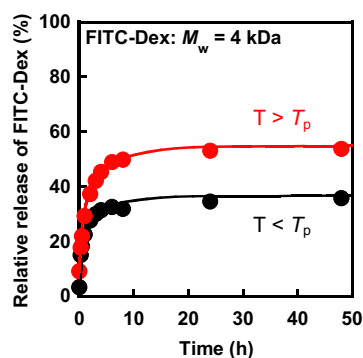


図 7. UCST 型温度応答性ナノカプセルからの薬物放出 (●: 10°C, ●: 50°C)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 Sasaoka Mitsuhide, Kawamura Akifumi, Miyata Takashi	4. 巻 13
2. 論文標題 Core-shell microgels having zwitterionic hydrogel core and temperature-responsive shell prepared <i>via</i> inverse miniemulsion RAFT polymerization	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Polymer Chemistry	6. 最初と最後の頁 3489 ~ 3497
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/d2py00425a	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 Kawamura Akifumi, Takahashi Ryogo, Miyata Takashi	4. 巻 10
2. 論文標題 UCST-Type Thermoresponsive Sol/Gel Transition Triblock Copolymer Containing Zwitterionic Polymer Blocks	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Gels	6. 最初と最後の頁 288 ~ 288
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/gels10050288	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 -

〔学会発表〕 計51件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 11件）

1. 発表者名 河村暁文, 成瀬一希, Emrick Todd, 宮田隆志
2. 発表標題 反応性双性イオンポリマーを利用した還元応答性ナノカプセルの調製
3. 学会等名 第71回高分子学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 成瀬一希, 河村暁文, Emrick Todd, 宮田隆志
2. 発表標題 反応性双性イオンポリマー含有水溶性乳化剤を用いたスマートナノカプセルの調製
3. 学会等名 第60回日本接着学会年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 成瀬一希, 河村暁文, Enrick Todd, 宮田隆志
2. 発表標題 反応性双性イオンポリマーを有する水溶性乳化剤の架橋によるスマートナノカプセルの調製
3. 学会等名 日本膜学会第44年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河村暁文, 川口真穂, 成瀬一希, Enrick Todd, 宮田隆志
2. 発表標題 水溶性ブロック共重合体を用いた還元環境応答性ナノカプセルの設計
3. 学会等名 第51回医用高分子シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三好達也, 河村暁文, 宮田隆志
2. 発表標題 双性イオンポリマーと側鎖PEGメタクリレートポリマーからなるブロック共重合体を用いたLCST型温度応答性ナノカプセルの創製
3. 学会等名 第68回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 清水美結, 河村暁文, 宮田隆志
2. 発表標題 W/Oエマルション界面の乳化剤の架橋を用いた酵素内包ナノカプセルの創製
3. 学会等名 第68回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川口真穂, 河村暁文, 宮田隆志
2. 発表標題 W/Oエマルション界面の架橋による細胞内分解型ナノカプセルの設計
3. 学会等名 第68回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akifumi Kawamura, Mitsuhide Sasaoka, Miyata Takashi
2. 発表標題 Core-shell Microgel with Zwitterionic Polymer Hydrogel Core and Temperature-responsive Shell
3. 学会等名 13th International Gel Symposium (GelSympo2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河村暁文, 笹岡洸秀, 成瀬一希, Emrick Todd, 宮田隆志
2. 発表標題 エマルション界面での反応を利用したスマートゲル微粒子の設計
3. 学会等名 第71回高分子討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 成瀬一希, 河村暁文, Emrick Todd, 宮田隆志
2. 発表標題 反応性双性イオンポリマーを含むブロック共重合体の架橋によるスマートナノカプセルの調製
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 Akifumi Kawamura, Mitsuhide Sasaoka, Takashi Miyata
2. 発表標題 Temperature-responsive Core-shell Microgels Prepared by Interfacial Emulsion Polymerization
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 川口真穂, 河村暁文, 宮田隆志
2. 発表標題 非カチオン性mRNAデリバリーキャリアを指向したナノカプセルの創製
3. 学会等名 第44回日本バイオマテリアル学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 清水美結, 河村暁文, 宮田隆志
2. 発表標題 W/Oエマルション界面の水溶性乳化剤の架橋による酵素内包ナノカプセルの創製
3. 学会等名 第44回日本バイオマテリアル学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三好達也, 河村暁文, 宮田隆志
2. 発表標題 エマルション界面での架橋を利用した温度応答性ナノカプセルの調製
3. 学会等名 日本接着学会関西支部第18回若手の会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河村暁文, 成瀬一希, Enrick Todd, 宮田隆志
2. 発表標題 反応性双性イオンポリマーを有するブロック共重合体を用いた還元応答性ナノカプセルの調製
3. 学会等名 第32回日本MRS年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三好達也, 河村暁文, 宮田隆志
2. 発表標題 W/Oエマルションの界面架橋を利用した温度応答性ゲルカプセルの設計
3. 学会等名 第34回高分子ゲル研究討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 川口真穂, 河村暁文, 宮田隆志
2. 発表標題 核酸デリバリーを指向した還元応答性ナノカプセルの設計
3. 学会等名 日本バイオマテリアル学会関西ブロック第17回若手研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Akifumi Kawamura
2. 発表標題 Emulsion-templated Synthesis of Smart Nanocapsules and Core-shell Microgels
3. 学会等名 International Congress on Pure and Applied Chemistry 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河村 暁文
2. 発表標題 双性イオンポリマーの特性を利用したソフト(ナノ)マテリアルの創出
3. 学会等名 2022年度関西接着ワークショップ第2回研究会(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 笹岡 洸秀, 河村 暁文, 宮田 隆志
2. 発表標題 水溶性ブロック共重合体乳化剤を用いた温度応答性コア-シェルゲル微粒子の調製
3. 学会等名 第70回高分子年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 成瀬 一希, 河村 暁文, Emrick Todd, 宮田 隆志
2. 発表標題 反応性双性イオンポリマーを用いた高分子ナノカプセルの創製
3. 学会等名 第67回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河村 暁文, 笹岡 洸秀, 宮田 隆志
2. 発表標題 水溶性乳化剤を用いたミニエマルジョン重合による温度応答性コア-シェルゲル微粒子の調製
3. 学会等名 第59回日本接着学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 笹岡 洸秀, 河村 暁文, 宮田 隆志
2. 発表標題 水溶性ブロック共重合体によるW/Oエマルション形成と温度応答性コア - シェルゲル微粒子の調製
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 高橋 亮吾, 河村 暁文, 宮田 隆志
2. 発表標題 UCST型の温度応答挙動を示すゾル - ゲル相転移ポリマーの創製
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 Akifumi Kawamura, Takashi Miyata
2. 発表標題 Design of smart soft nanomaterials using emulsions stabilized with water-soluble block copolymers
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河村 暁文
2. 発表標題 エマルション技術を利用した機能性高分子微粒子の合成
3. 学会等名 日本接着学会西部支部若手主催講演会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Akifumi Kawamura, Takashi Miyata
2. 発表標題 Smart Soft Nanomaterials Prepared Using Emulsions Stabilized with Water-Soluble Block Copolymers
3. 学会等名 The 15th International Symposium in Science and Technology 2021 (ISST2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Akifumi Kawamura, Hidemitsu Sasaoka, Hiroshi, Nakaura, Takashi Miyata
2. 発表標題 Design of Smart Nanocapsules and Gel Particles Using W/O Emulsions for Drug Delivery Carriers
3. 学会等名 SFB/JSB 2022 Joint Symposium (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 成瀬 一希, 河村 暁文, Emrick Todd, 宮田 隆志
2. 発表標題 反応性双性イオンポリマーを有するブロック共重合体乳化剤の架橋によるゲルカプセルの調製
3. 学会等名 第33回高分子ゲル研究討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 笹岡 洸秀, 河村 暁文, 宮田 隆志
2. 発表標題 水溶性ブロック共重合体を用いた逆ミニエマルションRAFT重合による温度応答性コア - シェルゲル微粒子の調製
3. 学会等名 第33回高分子ゲル研究討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河村 暁文, 笹岡 洸秀, 宮田 隆志
2. 発表標題 親水性コアと温度応答性シェルからなるスマートコア - シェルゲル微粒子の調製
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川口 真穂, 河村 暁文, 宮田 隆志
2. 発表標題 W/Oエマルションの界面でのジスルフィド架橋形成を利用した還元応答性ナノカプセルの調製
3. 学会等名 第72回高分子学会年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 河村 暁文
2. 発表標題 界面化学的手法を利用した機能性ナノ材料の設計と応用
3. 学会等名 第61回日本接着学会年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Akifumi Kawamura, Takashi Miyata
2. 発表標題 Emulsion-templated Preparation of Smart Nanocapsules for DDS carriers
3. 学会等名 The 13th SPSJ International Polymer Conference (IPC2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Maho Kawaguchi, Akifumi Kawamura, Takashi Miyata
2. 発表標題 Design of Reductively Responsive Nanocapsules for Intracellular Drug Delivery
3. 学会等名 The 13th SPSJ International Polymer Conference (IPC2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Miyu Shimizu, Akifumi Kawamura, Takashi Miyata
2. 発表標題 Enzyme-encapsulated nanocapsules prepared by cross-linking of water-soluble block copolymer emulsifier stabilizing the interface of W/O emulsion
3. 学会等名 The 13th SPSJ International Polymer Conference (IPC2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tatsuya Miyoshi, Akifumi Kawamura, Takashi Miyata
2. 発表標題 Design of Temperature-Responsive Nanocapsules by Interfacial Cross-linking of W/O Emulsions
3. 学会等名 The 13th SPSJ International Polymer Conference (IPC2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Akifumi Kawamura, Rika Itomitsu, Takashi Miyata
2. 発表標題 Design of oil-repellent and adhesive aromatic polyester having zwitterionic structure
3. 学会等名 The 13th SPSJ International Polymer Conference (IPC2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松井 日和, 河村 暁文, 宮田 隆志
2. 発表標題 双性イオン構造を有するUCST型ゾル-ゲル相転移ポリマーの設計
3. 学会等名 第69回高分子研究発表会(神戸)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三好 達也, 河村 暁文, 宮田 隆志
2. 発表標題 温度応答型DDSキャリアを目指したエマルション界面架橋による温度応答性ナノカプセルの設計
3. 学会等名 第52回医用高分子シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 河村 暁文, 清水 美結, 川口 真穂, 宮田 隆志
2. 発表標題 W/Oエマルション液滴の界面架橋による生体分子内包ナノカプセルの調製
3. 学会等名 第74回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田中 郁也, 河村 暁文, 宮田 隆志
2. 発表標題 親水性ネットワークからなるビスフェノールA応答性マイクロゲルの調製
3. 学会等名 第74回コロイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 青島菜乃香, 河村暁文, 宮田隆志
2. 発表標題 エマルションの乳化剤として機能する両水溶性ブロックコポリマーの設計
3. 学会等名 第19回日本接着学会関西支部 若手の会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 青島菜乃香, 河村暁文, 宮田隆志
2. 発表標題 水溶性乳化剤を用いたコラーゲンゲル微粒子の調製
3. 学会等名 日本バイオマテリアル学会関西ブロック第18回若手研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松井 日和, 河村 暁文, 宮田 隆志
2. 発表標題 UCST型のゾルゲル相転移を示すトリブロックコポリマーの設計
3. 学会等名 第35回高分子ゲル研究討論会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 稲葉頼世, 河村暁文, 宮田隆志
2. 発表標題 エマルション形成を経由したポリマーソーム調製に向けたブロック共重合体型乳化剤の設計
3. 学会等名 第19回日本接着学会関西支部 若手の会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 稲葉頼世, 河村暁文, 宮田隆志
2. 発表標題 DDSキャリアへの応用を目指したリン脂質ポリマーを外層に有するポリマーソームの調製
3. 学会等名 日本バイオマテリアル学会関西ブロック第18回若手研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Akifumi. Kawamura, Shun. Fujisawa, Tatsuya. Nunouchi, Yosuke. Inomata, Kohei. Taniguchi, T. Miyata
2. 発表標題 Intracellular Oligonucleotide Delivery with Reductively Degradable Cationic Microgels
3. 学会等名 9th Asian Biomaterials Congress (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 河村 暁文, 成瀬 一希, Emrick Todd, 宮田 隆志
2. 発表標題 反応性双性イオンポリマーを利用した還元応答性ゲルカプセルの調製
3. 学会等名 第35回高分子ゲル研究討論会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 川口 真穂, 河村 暁文, 宮田 隆志
2. 発表標題 エマルション界面でのジスルフィド架橋形成を利用した還元応答性ナノカプセルの調製
3. 学会等名 第28回関西大学先端科学技術シンポジウム
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 河村 暁文, 宮田 隆志
2. 発表標題 エマルション液滴界面での反応を利用した薬物キャリアの設計
3. 学会等名 第28回関西大学先端科学技術シンポジウム
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

2023年度 日本接着学会 学術賞 受賞 「界面化学的手法を利用した機能性ナノ材料の設計と応用に関する研究」

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	宮田 隆志 (Miyata Takashi)	関西大学・化学生命工学部・教授 (34416)	
研究協力者	エムリック トッド (Emrick Todd)		

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			
米国	University of Massachusetts, Amherst			