

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：34406

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2022～2023

課題番号：22K18891

研究課題名（和文）粒子安定化気泡を用いる応力応答性水中接着技術の構築

研究課題名（英文）Stress-responsive underwater adhesion using particle-stabilized bubble

研究代表者

藤井 秀司（Fujii, Syuji）

大阪工業大学・工学部・教授

研究者番号：70434785

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、「ぬれの化学」に基づき、基材の表面化学（親水性・疎水性バランス）と泡の基材への吸着性の相関関係の解明に取り組んだ。また、粒子安定化泡を応力応答性接着剤として捉え、刺激応答型的水中接着技術の実現にも挑んだ。その結果、下記の点を明らかにした。1) 基材（被着体）の疎水性が高くなると、泡の吸着（ぬれ）性が向上することを明らかにした。2) 2枚の被着体間にある粒子安定化泡に圧縮応力を加え、泡の崩壊、空気の漏出により被着体を接着させることに成功した。接着力の実測値は理論値（ラプラス圧から算出）と同様の傾向を示した。3) 粒子安定化泡の接着性発現メカニズムを解明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、基板の表面化学と泡の吸着性・形状の相関関係を解明し、目的箇所における任意タイミングでの接着を可能にする新規水中接着技術の開拓を目的とした。空気を「水中接着剤」として捉え、新たな接着科学を開拓した点で大きな意義がある。本研究課題で研究した接着技術は、空気を接着剤として使用するため環境適応型・簡便であり、表面に凹凸がある基材に対しても、空気がぬれ広がることで接着が可能になると期待でき、接着可能な基材の対象が広い。空気泡を用いた接着現象の理解が進むことは、様々な科学技術・日常生活の問題への解決に貢献し、各学術分野に変革をもたらす可能性を含んでいる。

研究成果の概要（英文）：Based on the "wetting chemistry" the research was conducted to elucidate the correlation between the surface chemistry of the substrate (hydrophilic/hydrophobic balance) and the adsorption of the air bubble to the substrate. We also utilized particle-stabilized bubble as a stress-responsive adhesive and tried to realize a stimulus-responsive underwater adhesion technology. As a result, the following points were clarified. (1) The adsorption of the bubble improved as the hydrophobicity of the adherend increased. (2) The adherends were successfully bonded by the collapse of the particle-stabilized bubble and leakage of air. (3) The mechanism for adhesion phenomena using particle-stabilized aqueous bubble was clarified.

研究分野：界面化学

キーワード：泡 接着 高分子粒子 界面 刺激応答

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

水中にて泡が疎水的表面を有する基材に吸着することが知られている。この泡の基材への吸着現象について、日本国から先駆的な論文報告がなされている。同志社大学の石田教授(共同研究者:2023年度に岡山大学から同志社大学に異動)らは、水中において疎水的基板にナノサイズの気泡が吸着し、これが疎水の相互作用(引力)を引き起こす理由の一つであることを明らかにしている【*Langmuir* 2000, 16, 5681】。また、物質・材料研究機構の細田博士らは、昆虫のハムシが気泡を利用することで、水中を歩行できることを明らかにしている。ここで、ハムシは足裏に吸着した気泡を介して疎水的な基板に足を接着させている【*Proc. Royal Soc. B*, 2012, 279, 4236】。

上記の背景と関連し、固体粒子が、気液界面に吸着することで水中において泡が安定化されることは古くから知られており、浮遊選鉱分野で研究されてきた【Bulatovicら *Handbook of Flotation Reagents: Chemistry, Theory and Practice*, 2010】。研究代表者は、高分子粒子が気泡表面に吸着することで、マイクロからミリメートルサイズの泡の安定化(カプセル化)が可能であることを見出し、高分子の有する刺激応答性およびフィルム形成能を生かした、泡の機能化に関する一連の研究を世界に先駆けて推進している【例えば、*J. Am. Chem. Soc.* 2006, 128, 7882; *Langmuir* 2006, 22, 7512 [Most accessed article]; *Langmuir* 2017, 33, 7365 [Invited Feature article]; *Curr. Opin. Colloid Interface Sci.* 2020, 50, 101380 [Review article]】。

上記2つの背景を受け、粒子安定化泡を「水中接着剤」として捉え、応力印可により内部気泡を漏出させることで、必要なタイミングで接着性の発現が可能になると考えた。

2. 研究の目的

「ぬれの化学」に基づき、基材の表面化学(親水性・疎水性バランス)と泡の基材への吸着性の相関関係を解明する。さらに粒子安定化泡を応力応答性接着剤として捉え、刺激応答型の水中接着技術を実現する。具体的には、以下の3項目を目的とする。

- 1) 基材(被着体)の親水性・疎水性バランスと泡の吸着(ぬれ)性の相関関係を解明する。
- 2) 2枚の被着体間にある粒子安定化泡に圧縮応力を加え、泡の崩壊、空気の漏出により被着体を接着させる。
- 3) 接着部位の構造と接着力の相関関係を明らかにし、接着性発現メカニズムを解明する。

3. 研究の方法

(課題1) 泡の作製条件の最適化

再現性が高い水中接着実験を実施するにあたり、大きさのそろった安定な泡の作製が重要である。泡安定化剤として、既に泡の安定化が可能であることが確認されているポリビニルピロリドンが表面に分散安定剤として吸着したポリスチレン粒子(40マイクロメートル)を使用し、数ミリメートルの直径を有する粒子安定化泡を作製した。

(課題2) 被着体表面の親水性・疎水性バランス制御

被着体として、常温で応力変形が起こりにくい固体基板を取り上げた。親水性・疎水性バランスは、シランカップリング剤を使用し、表面に親水基または疎水基を導入することで制御した。また、基板表面の親水性・疎水性バランスと泡の吸着(ぬれ)性の相関関係を、水中における気泡の接触角を測定することで評価した。

(課題3) 接着力評価

自作の圧縮剥離装置を使用し、課題2で作製する基板間に配置した泡に圧縮応力を加え、接着力を評価した。本項目では、被着体の親水性・疎水性バランスと接着力の相関関係を精査した。また、実測接着力と基板間にはたらくラプラス圧から算出される理論接着力を比較、考察した。

(課題4) 粒子安定化泡の接着性発現メカニズムの解明

自作の圧縮剥離装置を使用し、課題2で作製する基板間で、課題1で作製する粒子安定化泡に圧縮応力を加え、泡の崩壊および内部気泡漏出を誘起した。粒子安定化泡の崩壊および内部気泡漏出に必要な応力を測定した。また、粒子安定化泡への圧縮応力印加時の泡の構造変化を、マイクロスコープにより *in situ* 観察し、接着メカニズムの解明に取り組んだ。

4. 研究成果

(課題1) 泡の作製条件の最適化

ポリビニルピロリドンが表面に分散安定剤として吸着したポリスチレン粒子(40マイクロメー

トル)を使用し、1.3-2.3 ミリメートルの直径を有する粒子安定化泡の作製に成功した。作製した泡は、水中にて3か月以上安定に存在し、接着実験に耐える安定性を示した。また、気液界面において粒子は、接触角(水中を介して測定)が73°であることを明らかにした。

(課題2) 被着体表面の親水性・疎水性バランス制御

被着体として、常温で応力変形が起こりにくい十分な厚みを有するポリエチレンテレフタレート(PET)基板を使用した。表面をシランカップリング剤で処理することで、水中における気泡(空気)の静的接触角がPET-F(97±2°)<PET-C(108±1°)<PET(117±3°)<PET-S(~180°)を示す親水性・疎水性バランスを制御した4種のPET基板を作製した。

(課題3) 泡の接着力評価

親水性・疎水性バランスを調整したPET基板に対する水中における泡の斥力・引力を測定するために、圧縮剥離装置を設計・作製した(図1)。装置は、分析用電子天秤、自動昇降ステージ、ハイスピードカメラ、照明、コンピューター、ガラスセル、測定台、圧縮受圧板等で構成されている。課題2で作製する基板間に泡を設置し、圧縮応力を加え、接着力を評価した。その結果、PET-F、PET-Cの系では接着力を示したがPET、PET-Sの系では接着力を示さず、疎水的な表面を有する基材の接着が可能であることが確認された。さらに、PET-Fの系で、気泡が基材を架橋することで接着力が発現していることを確認した。気泡の曲率から求めたラプラス圧および三相接触線にかかる力を算出し、気泡とPET基板の接触面積で割ることにより接着強度を評価したところ、圧縮剥離装置を使用して測定した接着力と理論値が同じ傾向を示すことが明らかになった。

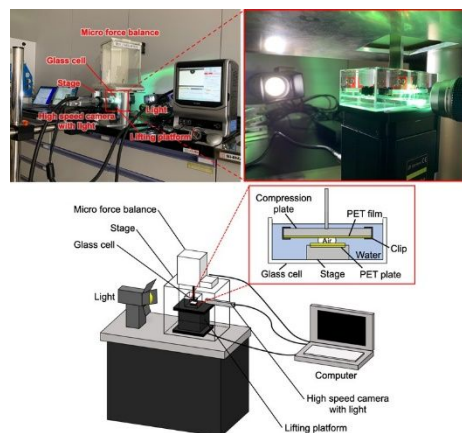


図1 本研究で設計・作製した圧縮剥離装置

(課題4) 粒子安定化泡の接着性発現メカニズムの解明

PET-F基板をサンプルとする、粒子安定化泡の圧縮剥離試験を行い、泡の形状変化および引力・斥力を評価した(図2)。測定前、泡は、浮力により上部基材に接触しており、下部の基材には接触しておらず、球形をしていた。次いで、下部の基材を上昇させ、基材間の距離を短くすると、泡が圧縮変形し、斥力が発生した。さらに、基材間の距離を短くすると、斥力は大きくなるが、あるところで一旦、斥力が緩和されることを確認した。これは、粒子安定化泡が圧縮されることで扁球状になり、泡の表面積が増えたことにより圧縮応力印加前に吸着していた粒子数では気液界面を完全には覆えなくなり、粒子間に生じた隙間が上部の基材に接触し、泡の上部が崩壊したためだと考えられる。さらに、基材間の距離を短くすると、泡の下部が崩壊し、基材に気泡がぬれ広がり、両基材を架橋した。また、基材間の距離をさらに短くすると、気泡内部の圧力が高まり、斥力がピークを迎えた。続いて下部の基材を下降させ、基材間の距離を長くしていくと、接着力が発現し、さらに、基材間の距離を長くしていくと、接着力のピークを迎えた後、接着力が減少した。ここで、2つの接着力のピークが出た理由を明らかにするため、ハイスピードカメラで気泡の形状変化を観察した。まず、1つ目のピークが測定されたところでは、泡が基板を2箇所で架橋しており、このうち小さい架橋が外れていることが確認された。この架橋が外れる際に、引力のピークが出たと考えられる。さらに、2つ目のピークが測定されたところでは、泡の架橋部分における気液界面の曲率がその前後の気液界面の曲率よりも高いことが確認されたため、気泡内部の圧力が最も低くなり、引力のピークが出たと考えられる。続いて、基材間の距離をさらに長くすると、基材と泡との接触面積および泡の架橋部分の断面積が減少し、泡が引きちぎれ、力が0に戻った。

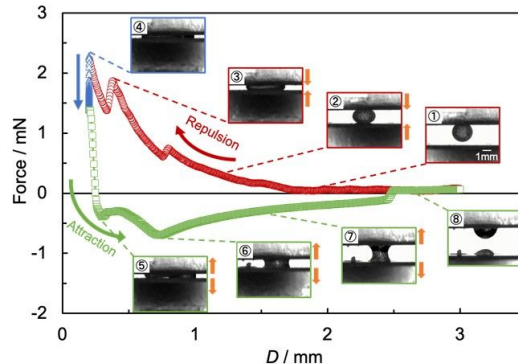


図2 PET-F基板をサンプルとする粒子安定化泡の圧縮剥離試験により得られるフォースカーブ

以上のように、世界に先駆けて粒子安定化泡の水中接着剤としての利用に関する基礎研究を推進し、コロイド化学、高分子化学分野の深耕につながる成果を得た。当該研究から取得した接着に関する基礎的データを有機的に繋げ、機能性材料開発に向けた応用研究が適切に推進されれば、日本独自の科学的成果、機能性界面材料が数多く生まれると確信する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Takeoka Hiroaki, Seike Musashi, Nakamura Yoshinobu, Imai Hiroaki, Oaki Yuya, Fujii Syuji	4. 巻 3
2. 論文標題 Electroless nickel plating on a biomineral-based sponge structure	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Materials Advances	6. 最初と最後の頁 931 ~ 936
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1MA00909E	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 Hwang Hyesun, Papadopoulos Periklis, Fujii Syuji, Wooh Sanghyuk	4. 巻 32
2. 論文標題 Driving Droplets on Liquid Repellent Surfaces via Light Driven Marangoni Propulsion	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Advanced Functional Materials	6. 最初と最後の頁 2111311 ~ 2111311
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adfm.202111311	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 Seike Musashi, Uda Makoto, Suzuki Toyoko, Minami Hideto, Higashimoto Shinya, Hirai Tomoyasu, Nakamura Yoshinobu, Fujii Syuji	4. 巻 7
2. 論文標題 Synthesis of Polypyrrole and Its Derivatives as a Liquid Marble Stabilizer via a Solvent-Free Chemical Oxidative Polymerization Protocol	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 13010 ~ 13021
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.2c00327	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 Seike Musashi, Hirai Tomoyasu, Nakamura Yoshinobu, Fujii Syuji	4. 巻 51
2. 論文標題 Alcohol as Hydrophobizer for Polypyrrole	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 598 ~ 600
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.220109	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 Aono Kodai, Ueno Kazuyuki, Hamasaki Sho, Sakurai Yuri, Yusa Shin-ichi, Nakamura Yoshinobu, Fujii Syuji	4. 巻 38
2. 論文標題 "Foam Marble" Stabilized with One Type of Polymer Particle	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 7603 ~ 7610
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.2c00869	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 Tsumura Yusuke, Oyama Keigo, Fameau Anne-Laure, Seike Musashi, Ohtaka Atsushi, Hirai Tomoyasu, Nakamura Yoshinobu, Fujii Syuji	4. 巻 14
2. 論文標題 Photo/Thermo Dual Stimulus-Responsive Liquid Marbles Stabilized with Polypyrrole-Coated Stearic Acid Particles	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 41618 ~ 41628
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.2c12681	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 Fujii Syuji	4. 巻 38
2. 論文標題 Liquid Marble as an Amphibious Carrier for the Controlled Delivery and Release of Substances	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 12757 ~ 12763
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.2c02305	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 藤井秀司	4. 巻 75-2
2. 論文標題 界面吸着粒子による液液・気液分散体の安定化	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 化学と工業	6. 最初と最後の頁 102
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 -

1. 著者名 中村吉伸, 上辻靖智, 平井智康, 藤井秀司	4. 巻 58
2. 論文標題 シランカップリング剤の反応性に関する研究動向	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本接着学会誌	6. 最初と最後の頁 313-321
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 -

1. 著者名 Tsumura Yusuke, Fameau Anne-Laure, Matsui Kanade, Hirai Tomoyasu, Nakamura Yoshinobu, Fujii Syuji	4. 巻 39
2. 論文標題 Photo- and Thermo-responsive Liquid Marbles Based on Fatty Acid as Phase Change Material Coated by Polypyrrole: From Design to Applications	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 878 ~ 889
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.2c03086	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 Aoki Shoichiro, Yoshida Tatsuro, Nguyen Hung K., Nakajima Ken, Hirai Tomoyasu, Nakamura Yoshinobu, Fujii Syuji	4. 巻 39
2. 論文標題 Nonspherical Epoxy Resin Polymer Particles Synthesized via Solvent-Free Polyaddition Reactions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 5872 ~ 5879
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.3c00311	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 Manyuan Nichayanan, Otsuki Tomoko, Tsumura Yusuke, Fujii Syuji, Kawasaki Hideya	4. 巻 649
2. 論文標題 Dry liquid metals stabilized by silica particles: Synthesis and application in photothermoelectric power generation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Colloid and Interface Science	6. 最初と最後の頁 581 ~ 590
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcis.2023.06.137	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 Heo Jeongbin, Lee Jaeseung, Shim Wonmi, Kim Hyeonjin, Fujii Syuji, Lim Jaehoon, Kappl Michael, Butt Hans-Jurgen, Wooh Sanghyuk	4. 巻 15
2. 論文標題 Evaporation-driven Supraparticle Synthesis by Self-Lubricating Colloidal Dispersion Microdrops	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 38986 ~ 38995
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.3c07719	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 Rodtuk Nattawut, Takeuchi Kazusa, Hirai Tomoyasu, Nakamura Yoshinobu, Sajomsang Warayuth, Chaiyasat Preeyaporn, Chaiyasat Amorn, Fujii Syuji	4. 巻 52
2. 論文標題 Antibacterial Rattle-type Polypyrrole-silver Nanocomposite Particles Synthesized by Aqueous Chemical Oxidative Dispersion Polymerization	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 850 ~ 853
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.230318	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 該当する

1. 著者名 Atsuta Yuya, Takeuchi Kazusa, Shioda Nano, Hamada Wakana, Hirai Tomoyasu, Nakamura Yoshinobu, Oaki Yuya, Fujii Syuji	4. 巻 39
2. 論文標題 Colloidally Stable Polypyrrole Nanoparticles Synthesized by Surfactant-Free Coupling Polymerization	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 14984 ~ 14995
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.3c01859	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 Rey Marcel, Kolker Jannis, Richards James A., Malhotra Isha, Glen Thomas S., Li N. Y. Denise, Laidlaw Fraser H. J., Renggli Damian, Vermant Jan, Schofield Andrew B., Fujii Syuji, Lowen Hartmut, Clegg Paul S.	4. 巻 14
2. 論文標題 Interactions between interfaces dictate stimuli-responsive emulsion behaviour	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 6723
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-023-42379-z	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 該当する

1. 著者名 Sakurai Yuri, Kakiuchi Rina, Hayashi Masaki, Hirai Tomoyasu, Nakamura Yoshinobu, Fujii Syuji	4. 巻 48
2. 論文標題 Shape design of aqueous bubbles stabilized with millimeter-sized polymer plates	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 31 ~ 35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3NJ04411D	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 Kunanopparatn Apirak, Hayashi Masaki, Atsuta Yuya, Iwata Yamato, Yamamoto Kenshin, Matsui Kanade, Hirai Tomoyasu, Nakamura Yoshinobu, Unob Fuangfa, Imyim Apichat, Fujii Syuji	4. 巻 12
2. 論文標題 pH-Responsive Liquid Marbles Stabilized with Chitosan-Stearic Acid-Conjugated Particles	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 ACS Sustainable Chemistry & Engineering	6. 最初と最後の頁 4175 ~ 4185
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acssuschemeng.3c07724	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 Matsui Kanade, Yamamoto Kenshin, Oyama Keigo, Seike Musashi, Takeuchi Kazusa, Funatsu Takahiro, Mitamura Koji, Ikeda Shingo, Watase Seiji, Hirai Tomoyasu, Nakamura Yoshinobu, Fujii Syuji	4. 巻 40
2. 論文標題 Nitrogen-Containing Carbon Tubes Fabricated by Light Irradiation	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 6272 ~ 6284
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.3c03783	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 Syuji	4. 巻 52
2. 論文標題 Synthesis of Conductive Polymer-based Composite Particles	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 631 ~ 639
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.230235	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12件（うち招待講演 11件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 足羽奏来・平井智康・中村吉伸・藤井秀司
2. 発表標題 高分子微粒子安定化泡を利用した水中接着技術の開拓
3. 学会等名 第73回コロナイドおよび界面化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Syuji FUJII
2. 発表標題 Liquid marble engineering: From nature to materials
3. 学会等名 GDR ISM Focus : Active Interfaces (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Syuji FUJII
2. 発表標題 Liquid marble: Droplet covered by particulate membrane
3. 学会等名 The 60th Annual Meeting of the Biophysical Society of Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Syuji FUJII
2. 発表標題 Liquid marbles stabilized with polymer particles
3. 学会等名 Research seminar at Chung-Ang University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Syuji FUJII
2. 発表標題 Liquid marbles stabilized with polymer particles
3. 学会等名 Research seminar at Friedrich-Alexander-Universitat Erlangen-Nurnberg (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤井秀司
2. 発表標題 界面吸着粒子が拓く材料化学
3. 学会等名 応用化学セミナー2024～ 複合・融合が生み出す新技術～ (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Syuji FUJII
2. 発表標題 Liquid marbles and dry liquids
3. 学会等名 Research seminar at Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Syuji FUJII
2. 発表標題 Biomimetic materials based on particles adsorbed at air-water interface
3. 学会等名 10th Nagoya Biomimetics International Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤井秀司
2. 発表標題 リキッドマール工学：固体粒子の界面吸着現象に基づく液滴の安定化
3. 学会等名 兵庫県立大学 特別セミナー（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Syuji FUJII
2. 発表標題 Polyhedral liquid marbles
3. 学会等名 Armesfest700（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Syuji FUJII
2. 発表標題 Liquid marble engineering: From nature to materials
3. 学会等名 19th Asian Chemical Congress（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Syuji FUJII
2. 発表標題 Liquid marble engineering: From nature to materials
3. 学会等名 Research seminar at Department of Chemistry, The Chinese University of Hong Kong（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 藤井秀司	4. 発行年 2022年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 289
3. 書名 高分子微粒子の最新技術動向 第27章 高分子粒子安定化ソフト分散体を基盤技術とする物質運搬・放出システムの構築	

1. 著者名 中村吉伸, 平井智康, 藤井秀司	4. 発行年 2022年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 231
3. 書名 エポキシ樹脂の設計技術と市場 2022 第4章 エポキシ樹脂のフィラーと界面の設計	

1. 著者名 S. Fujii, S. Akimoto	4. 発行年 2023年
2. 出版社 Jenny Stanford	5. 総ページ数 370
3. 書名 Biomimetics-Connecting Ecology and Engineering by Informatics	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>大阪工業大学工学部応用化学科高分子材料化学領域webページ https://www.chem.oit.ac.jp/cherry/4_lab/research2.html 藤井秀司 研究紹介webページ https://www.youtube.com/watch?v=u2TArGB-79Y&list=UUxBwz6-418ToeacGKIbTvmw&index=5 日本化学会新領域研究グループ(分散凝集の学理構築への科学と技術戦略) http://dispersion.chemistry.or.jp/</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	石田 尚之 (Ishida Naoyuki) (80344133)	同志社大学・理工学部化学システム創成工学科・教授 (34310)	2023年度に岡山大学から同志社大学に異動

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