

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 4 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02790

研究課題名(和文) 良溶媒界面における高分子科学～ハイドロゲル最外領域における凝集状態とダイナミクス

研究課題名(英文) Polymer Science at an Interface with Good Solvents - Aggregation States and Dynamics in the Outermost Region of Hydrogels -

研究代表者

田中 敬二 (Tanaka, Keiji)

九州大学・工学研究院・教授

研究者番号：20325509

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：本課題では、水中における高分子ハイドロゲル最外層の凝集状態およびダイナミクスを明らかにすることを目的とした。原子間力顕微鏡ならびに中性子反射率測定に基づき、界面近傍における架橋密度の深さ方向分布、ダングリング鎖の静的・動的挙動を解析し、水と接触したハイドロゲル界面の理解を深化させた。また、プローブ微粒子を用いた水と接触したハイドロゲル界面の粘弾性解析も行った。これらの結果より、界面ダングリング鎖によるエネルギー損失と摩擦係数を関係づけた。さらには、ハイドロゲル界面の凝集状態およびダイナミクスと血小板粘着特性の関係についても議論した。以上の結果は、高分子機能性材料の設計指針に繋がると期待する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究はハイドロゲル界面に着目しながらも、液体界面、特に、良溶媒界面における高分子研究と捉えており、他のゲル研究とは一線を画している。また、「ゲル表面は擬ブラシ構造である」という結論は、我が国が得意とするゲル研究とポリマーブラシ研究を繋ぐことが出来、その波及効果は極めて大きい。本研究で得られる成果は、高分子物理化学へ貢献できることはもちろん、表面・界面科学や材料科学にも大きなインパクトを与える。また、本成果は、ライフ・グリーンイノベーションに資する機能性ナノ材料創製へも繋がることから、社会経済へも貢献できると期待する。

研究成果の概要(英文)：The objective of this study was to better understand the aggregation states and dynamics of polymer chains in a polymer hydrogel at the water interface. Combining atomic force microscopy with neutron reflectivity, the depth profile of cross-linking density in the interfacial region as well as the static and dynamic behaviors of dangling chains were successfully discussed. We also conducted particle tracking measurements so that the viscoelastic functions such as storage and loss moduli of the hydro gel at the water interface were discussed. Based on these results, it was claimed that the energy dissipation due to dangling chains in the interfacial region with water is related to the friction behavior of the gel. We finally discussed the relationship between the aggregation states and dynamics of the hydrogel interface and the platelet adhesion on it. We hope that the above-mentioned results are useful to design and construct polymer materials functioned at the water interface.

研究分野：高分子化学

キーワード：高分子界面 ハイドロゲル 凝集状態 ダイナミクス 粒子追跡法

1. 研究開始当初の背景

申請者は種々の異種相界面における高分子の構造と物性に関する研究を行ってきた。なかでも、非溶媒との接触界面における分子鎖は膨潤し、一部溶解すること等を世界に先駆けて明らかにしてきた。一方、貧溶媒あるいは良溶媒との界面における分子鎖の構造・物性に関しては全く検討されていない。これは、高分子が貧溶媒あるいは良溶媒に接触すると溶解し、界面が形成されないことに起因する。

高分子ハイドロゲルは、三次元網目構造内に水分子を内包した高分子材料であり、機能性ソフトマテリアルとして幅広く応用されている。近年、申請者らは、室温で水溶性のポリ(2-メトキシエチルビニルエーテル) (PMOVE)に架橋点を導入し、水中で安定なハイドロゲル薄膜を調製した。PMOVEハイドロゲル薄膜は、血小板の粘着と活性化を効果的に抑制すること、また、その程度は膜表面の弾性率と相関があることも明らかにしている (Tanaka et al., *Langmuir* 2017)。

したがって、ハイドロゲルは水と接触しても、架橋点のため溶解できず界面を形成し、その形態を保持する。したがって、水と接触したハイドロゲル最外層の構造ならびに物性の理解は、良溶媒界面における高分子の理解へと繋がる。また、上述の試料を長鎖アルコール等と接触させれば貧溶媒界面における高分子の理解が深まると確信する。本申請課題の遂行は、液体界面における高分子の学理構築、また、界面機能を有する材料の創出へ展開できると期待する。

2. 研究の目的

水中におけるハイドロゲル最外領域の分子鎖凝集状態とダイナミクスを明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

凝集状態は和周波発生分光、中性子反射率、ならびに、走査フォース顕微鏡を用いたフォース-ディスタンスカーブ(以降、フォースカーブ)測定に基づき解析する。ダイナミクスに関しては、空間分割蛍光偏光解消、粒子追跡および水平力顕微鏡測定に基づき議論する。上述した測定法の多くは申請者らの独自の方法論であるが、本課題では、ハイドロゲル最外領域における動的粘弾性の空間分割測定手法として、種々の直径の微粒子を用いた粒子追跡法を提案する。特に、プローブ粒子として量子ドットを用いた粒子追跡測定法の確立は技術的な目的でもある。

さらに、本研究で得られる知見とこれまでの研究成果を組み合わせることで、生体成分、特に、細胞のパターニングを目指し、細胞チップの新たな設計指針を得ることを目的とする。

4. 研究成果

初年度は、2-メトキシエチルビニルエーテル(MOVE)と2-ビニルオキシエチルメタクリレート (VEM)からなるランダム共重合体、poly(MOVE-r-VEM) (MrV)を合成し、架橋型 MrV (c-MrV) の薄膜を調製した。c-MrV の界面分子鎖凝集状態を評価し、摩擦特性との相関について議論した。中性子反射率測定に基づき、c-MrV 膜の水界面における密度分布が、ポリマーブラシのそれを説明する際に用いられる放物線関数に従い減少することを明らかにした。この傾向は、フォースカーブ測定から得られた弾性率プロファイルより評価された密度分布からも確認できた。以上の結果から、c-MrV 膜が最外領域において多数のダングリング鎖を有し、水界面における分子鎖凝集状態がポリマーブラシ様であることを明らかにした。摩擦特性はc-MrV 膜上における水平力 (F_L) の垂直荷重 (F_N) 依存性に基づき評価した。 F_L は F_N に対して単調増加したのち、臨界荷重 ($F_{N,C}$) を境にほぼ一定値となった。 $F_{N,C}$ にお

けるプローブの押し込み深さは界面層厚と対応した。 $F_N < F_{N,C}$ の領域では、 F_N および VEM 含有量の増加に伴い F_L が急激に増大したことから、この領域の摩擦特性は界面層におけるダングリング鎖の伸長に伴うエネルギー損失に由来すると考えた。一方、 $F_N > F_{N,C}$ の領域では、急激な摩擦係数の減少が静水圧による荷重の下支えによるものであるとし、この領域の摩擦特性が界面層と膜内部の網目領域からの影響の和で与えられると考えた。以上を総括すると、ゲルの摩擦特性は界面層に由来する因子と膜内部に由来する因子の二つから影響を受け、そのどちらが支配的かは観測する深さに依存すると結論した。

2年目は、c-MrV 薄膜を試料とし、水接触界面における分子鎖ダイナミクスを検討した。具体的には、直径(d)が 30 nm および 50 nm のプローブ粒子を界面層に配置し、その熱運動を追跡した。粒子の動きは界面ダングリング鎖からの影響を受ける。平均二乗変位値から、一般化 Stokes-Einstein 関係式 (GSER) に基づき粘弾性パラメータの算出を試みた。複素弾性率 (G^*) を周波数 (ω) に対してプロットすると、いずれの試料においても下に凸の屈曲が観測された。 ω のべき乗は $1/2$ から $3/4$ へ変化したことから、低周波数側で観測された分子運動はビーズをばねで接続した Rouse モデルにより説明でき、高周波数側の分子鎖運動はみみず鎖モデルに従った運動になることが明らかになった。周波数、すなわち観測時間に依存してダングリング鎖を表現できるモデルが異なることを考えれば、 G^* の非線形な周波数依存性は、最界面におけるダングリング鎖の緩和を反映していると考えられる。貯蔵弾性率 (G') および損失弾性率 (G'') の ω 依存性を評価すると、いずれの試料でも、低周波数領域において G' は G'' より大きく、高周波数領域では、 G' は G'' より小さくなった。測定周波数領域における G' 値は、粒子径に依存したことから、界面領域において弾性率の勾配が存在することが明らかとなった。また、 G' と G'' が等しくなる交点の周波数から求めた緩和時間は、VEM 含有量の増加に伴い短くなった。以上の粒子追跡の結果と、これまでに明らかにした摩擦特性との相関を検討するため、界面における摩擦係数と、同じ測定周波数における G'' の関係を調べたところ、両者は互いに強い相関があることを確認した。したがって、最界面のダングリング鎖によるエネルギー損失が、摩擦係数の増大につながっていると結論した。

最終年度は、c-MrV 膜界面における血小板をプローブとしたバイオナート特性について検討した。近年、高分子材料が発現する生体不活性に対して、分子鎖のダイナミクスなど界面物性が影響することが実験的に明らかにされつつある。本年は生体不活性を評価するプローブとして血小板を採用し、その粘着特性と界面における分子鎖凝集状態および分子鎖ダイナミクスとの相関を検討した。まず原子間力顕微鏡および光学反射率測定に基づき膨潤挙動を評価し、上述の中性子反射率測定の結果と矛盾がないことを確認した。フォースカーブ測定に基づき界面の弾性率を評価し架橋密度を算出したところ理論値と矛盾しなかった。これまでの研究から、血小板の粘着特性を理解する上で表面濡れ性や界面近傍の水和状態は重要な指標であることが明らかにされているが、c-MrV 界面におけるそれらの特性は VEM 含有率に依存しなかった。一方、c-MrV 界面に対する血小板粘着は VEM 含有率が低いほど抑制され、粘着後の活性化も穏やかであった。上述の結果を踏まえると、ポリマーブラシ様の界面層が厚く、低密度、低弾性率になるほど最界面の見かけの緩和は減速する一方、ダングリング鎖による大きな排除体積効果が発現され、血小板の粘着および活性化が抑制されたと考えられる。タンパク質吸着や血栓形成など様々な因子が複雑に絡み合った現象を、液体界面における構造・物性の観点から系統的に整理し、材料設計にフィードバックするためには、今後、人工知能やビックデータなどの新たな技術を駆使することも必要となるであろう。これらの課題が克服できれば、界面の知見に基づく機能性材料の設計指針がより明確になると期待する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件／うち国際共著 3件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Morimitsu Yuma, Matsuno Hisao, Oda Yukari, Yamamoto Satoru, Tanaka Keiji	4. 巻 8
2. 論文標題 Direct Visualization of Cooperative Adsorption of a String-Like Molecule Onto a Solid	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 6349
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.abn6349	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 Kawaguchi Daisuke, Higasayama Ayano, Ogata Yudai, Kabe Taizo, Matsushita Yushu, Tanaka Keiji	4. 巻 55
2. 論文標題 Crystalline Structure, Molecular Motion and Photocarrier Formation in Thin Films of Monodisperse Poly(3-Hexylthiophene) with Various Molecular Weights	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 497 ~ 505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-022-00713-0	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 Hong Jin-Hyeok, Mokudai Haruki, Masaki Takashi, Matsuno Hisao, Tanaka Keiji	4. 巻 23
2. 論文標題 Water-Induced Crystal Transition and Accelerated Relaxation Process of Polyamide 4 Chains in Microfibers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Biomacromolecules	6. 最初と最後の頁 3458 ~ 3468
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.biomac.2c00618	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 Abe Tatsuki, Shimada Hironao, Hoshino Taiki, Kawaguchi Daisuke, Tanaka Keiji	4. 巻 54
2. 論文標題 Sum Frequency Generation Imaging for Semi-Crystalline Polymers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 679 ~ 685
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-021-00613-9	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 Harada Rei, Kawaguchi Daisuke, Yamamoto Satoru, Tanaka Keiji	4. 巻 18
2. 論文標題 Change in Local Conformation of Polymer Chains at Film Surface Attached to Solid Surface	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Soft Matter	6. 最初と最後の頁 3304 ~ 3307
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1SM01833G	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 Taneda Hidenobu, Yamada Norifumi L., Nemoto Fumiya, Minagawa Yasuhisa, Matsuno Hisao, Tanaka Keiji	4. 巻 37
2. 論文標題 Modification of a Polymer Surface by Partial Swelling Using Nonsolvents	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 14941 ~ 14949
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.1c02852	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 Kawabata Kento, Totani Masayasu, Kawaguchi Daisuke, Matsuno Hisao, Tanaka Keiji	4. 巻 37
2. 論文標題 Two-Dimensional Cellular Patterning on a Polymer Film Based on Interfacial Stiffness	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 14911 ~ 14919
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.1c02776	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 Kawaguchi Daisuke, Yamamoto Kentaro, Abe Tatsuki, Jiang Naisheng, Koga Tadanori, Yamamoto Satoru, Tanaka Keiji	4. 巻 23
2. 論文標題 Local Orientation of Chains at Crystal/Amorphous Interfaces Buried in Isotactic Polypropylene Thin Films	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 23466 ~ 23472
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CP03959H	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 Hong Jin-Hyeok, Totani Masayasu, Yamamoto Takashi, Dietrich Paul M., Thissen Andreas, Matsuno Hisao, Tanaka Keiji	4. 巻 53
2. 論文標題 Near-Ambient Pressure X-ray Photoelectron Spectroscopy for a Bioinert Polymer Film at a Water Interface	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 907 ~ 912
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-021-00485-z	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 Hong Jin-Hyeok, Totani Masayasu, Kawaguchi Daisuke, Yamada Norifumi L., Matsuno Hisao, Tanaka Keiji	4. 巻 53
2. 論文標題 Poly[oligo(2-Ethyl-2-oxazoline) methacrylate] as a Surface Modifier for Bioinertness	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 643 ~ 653
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-020-00459-7	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 Shundo Atsuomi, Matsumoto Yuji, Hayashi Hisato, Tsuruzoe Nobutomo, Matsuno Hisao, Tanaka Keiji	4. 巻 8
2. 論文標題 Mesoscopic Heterogeneity in a Nanocellulose-Containing Cell Storage Medium	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry B	6. 最初と最後の頁 4570 ~ 4574
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0tb00219d	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 Nguyen Hung K., Kawaguchi Daisuke, Tanaka Keiji	4. 巻 41
2. 論文標題 Effect of Molecular Architecture on Conformational Relaxation of Polymer Chains at Interfaces	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Macromolecular Rapid Communications	6. 最初と最後の頁 2000096 ~ 2000096
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/marc.202000096	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 Yamamoto Kentaro, Kawaguchi Daisuke, Abe Tatsuki, Komino Takeshi, Mamada Masashi, Kabe Taizo, Adachi Chihaya, Naka Kensuke, Tanaka Keiji	4. 巻 36
2. 論文標題 Surface Segregation of a Star-Shaped Polyhedral Oligomeric Silsesquioxane in a Polymer Matrix	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 9960 ~ 9966
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.0c01785	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 Hong Jin-Hyeok, Totani Masayasu, Kawaguchi Daisuke, Masunaga Hiroyasu, Yamada Norifumi L., Matsuno Hisao, Tanaka Keiji	4. 巻 3
2. 論文標題 Design of a Bioinert Interface Using an Amphiphilic Block Copolymer Containing a Bottlebrush Unit of Oligo(oxazoline)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Applied Bio Materials	6. 最初と最後の頁 7363 ~ 7368
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsabm.0c01118	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 Kogo Takuro, Shundo Atsuomi, Wang Chi, Tanaka Keiji	4. 巻 53
2. 論文標題 Spatial Heterogeneity Accompanying Gel Formation of Poly(N-isopropylacrylamide) Aqueous Solution at a Temperature below Cloud Point	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 10964 ~ 10971
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.0c02292	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

〔学会発表〕 計23件 (うち招待講演 21件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 田中敬二
2. 発表標題 異種固体界面における高分子の振舞い
3. 学会等名 第47回複合材料シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中敬二
2. 発表標題 異種相界面における高分子の構造と物性
3. 学会等名 第73回コロナおよび界面科学討論会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keiji Tanaka
2. 発表標題 Interfacial Dynamics of Polymers
3. 学会等名 KYUSHU-SNU JOINT SYMPOSIUM Satellite Sessions（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中敬二
2. 発表標題 表面・界面のレオロジー
3. 学会等名 第 42回レオロジー講座（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中敬二
2. 発表標題 高分子基礎物性に基づく革新的接着技術への挑戦
3. 学会等名 2022年度高分子基礎物性研究会・高分子計算機科学研究会・高分子ナノテクノロジー研究会合同討論会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keiji Tanaka
2. 発表標題 Polymer Dynamics at Solid Interfaces
3. 学会等名 International mini-Symposium on Polymer Materials (ISPM2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中敬二
2. 発表標題 高分子界面の基礎と応用～SPMへの期待～
3. 学会等名 ブルカージャパン 続：高分子ナノ物性 オンラインセミナー (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Keiji Tanaka
2. 発表標題 Structure and Dynamics of Polymer Chains at Interface with Inorganic Material
3. 学会等名 IUPAC-MACRO2020+ (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中敬二
2. 発表標題 異種固体界面における高分子の構造・物性研究と接着への展開
3. 学会等名 接着界面科学研究会Part 第7回例会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中敬二
2. 発表標題 界面における高分子の振る舞い
3. 学会等名 高分子同友会 第50回総合講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中敬二
2. 発表標題 表面・界面のレオロジー
3. 学会等名 レオロジーイブニングセミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中敬二
2. 発表標題 高分子界面の構造・物性の理解と接着現象への展開
3. 学会等名 2021年度 第30回 構造接着・精密接着シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中敬二
2. 発表標題 界面マルチスケール4次元解析による革新的接着技術の構築と放射光への期待
3. 学会等名 FSBL 第11回研究発表会 特別講演（招待講演）
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Keiji Tanaka
2. 発表標題 Dynamic Behavior of Polymer Chains at Solid Interfaces
3. 学会等名 ACS Spring 2022 (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 田中敬二
2. 発表標題 高分子界面の理解と次世代接着技術
3. 学会等名 日本接着学会 次世代接着材料研究会Part 第8回例会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中敬二
2. 発表標題 高分子薄膜・表面・界面のダイナミクス
3. 学会等名 日本化学会秋季事業 第10回CSJ化学フェスタ2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中敬二
2. 発表標題 今日から使える高分子材料解析法
3. 学会等名 日本化学会秋季事業 第10回CSJ化学フェスタ2020 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中敬二
2. 発表標題 異種相界面における高分子の振舞と接着現象への展開
3. 学会等名 第4回接着・接合研究シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Keiji Tanaka
2. 発表標題 Dynamics of Polymer Chains in Close Proximity to Solid Interface
3. 学会等名 Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi Webinar series on Chemistry（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中敬二
2. 発表標題 表面・界面・薄膜
3. 学会等名 第29回ポリマー材料フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中敬二
2. 発表標題 高分子界面 ～分子レベルの理解から新産業の創出を目指して～
3. 学会等名 学術振興会創造機能化学第116委員会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Keiji Tanaka
2. 発表標題 Mobility Gradient of Polymer Chains in an Interfacial Region with a Solid
3. 学会等名 APS March Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hung K. Nguyen, Daisuke Kawaguchi, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Architecture Effect on Conformational Relaxation of Polymer Chains at an Interface
3. 学会等名 APS March Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 川口大輔、田中敬二	4. 発行年 2023年
2. 出版社 公益社団法人日本油化学会 オレオサイエンス	5. 総ページ数 8
3. 書名 中性子反射率法に基づく異種相界面における分子鎖の凝集状態	

1. 著者名 D. Kawaguchi, K. Tanaka	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Wiley	5. 総ページ数 31
3. 書名 Spectroscopic Techniques for Polymer Characterization: Methods, Instrumentation, Applications, Y. Ozaki and S. Harumi Eds.	

1. 著者名 川口大輔、杉本 晋、田中敬二	4. 発行年 2020年
2. 出版社 株式会社エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 6
3. 書名 “第2章 物性解析、第4節 フィラー界面における分子鎖の凝集状態・熱運動性とバルク物性への効果”， ポリマーの強靱化技術最前線 ～破壊機構、分子結合制御、しなやかタフポリマーの開発～，伊藤耕三 他 監修	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 生体適合性接着剤	発明者 戸谷匡康、田中敬二、松野寿生、小澤雅昭、片山淳子	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2020/032082	出願年 2020年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計0件

〔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	春藤 淳臣 (Shundo Atsuomi) (40585915)	九州大学・工学研究院・准教授 (17102)	

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