

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月 15日現在

機関番号：17102
 研究種目：新学術領域研究
 研究期間：2008～2012
 課題番号：20106002
 研究課題名（和文） 表面微細加工とナノグラフト層形成によるソフトインターフェースの精密設計
 研究課題名（英文） Precise Design of Soft Interfaces through Surface Micro-, Nano-Fabrication and Polymer Nano-Grafting
 研究代表者
 高原 淳 (TAKAHARA ATSUSHI)
 九州大学・先導物質化学研究所・教授
 研究者番号：20163305

研究成果の概要（和文）：本研究は表面微細加工技術と高分子鎖の化学的特性の融合による機能性ソフトインターフェースの精密設計法の確立を目的とする。表面微細加工技術として電界紡糸法、ナノインプリント法、交互積層膜法、ゾルーゲル法を用い、表面化学修飾法として表面開始制御ラジカル重合を用いて種々のソフトインターフェースの調製方法を提案した。さらに、表面微細構造を形態学的な観察手法と表面分光法により、分子鎖凝集構造を放射光 X 線回折測定、赤外分光測定等により解析し、濡れ性・防汚性・分離特性等の表面階層構造との関係を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Surface properties of soft materials were governed by the hierarchical structure through nanometer (molecular level) to μm (artificial fabrication size) scales as well as surface chemistry and surface molecular motion. In this study, micro-, nano-structure controlled soft interfaces were fabricated by various precise processing techniques and surface chemistry was controlled by the surface initiated controlled radical polymerization. The molecular aggregation structure and surface properties of soft interfaces were characterized through various microscopic, spectroscopic and scattering methods. Also, the relationships among surface functionalities, surface structure and surface chemistry were discussed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	7,500,000	2,250,000	9,750,000
2009年度	13,600,000	4,080,000	17,680,000
2010年度	13,800,000	4,140,000	17,940,000
2011年度	12,300,000	3,690,000	15,990,000
2012年度	8,900,000	2,670,000	11,570,000
総計	56,100,000	16,830,000	72,930,000

研究分野：高分子表面化学

科研費の分科・細目：複合化学・高分子化学

キーワード：ナノファイバー、ナノインプリント、表面開始制御ラジカル重合、濡れ性、ナノファイバー不織布、オムニフォビシティ

1. 研究開始当初の背景

高分子材料を中心とするソフトマテリアルは複雑な階層構造を反映して多様な特性、動的応答性を発現することが知られていたが、ソフトマテリアルの

階層構造制御によるソフトインターフェース創製に関しては系統的な手法が確立されていなかった。

2. 研究の目的

本研究は、表面微細加工技術と高分子鎖が形成する分子レベルでのナノ階層構造の融合により機能性ソフトインターフェースの精密分子設計手法を確立することを目的とする。

3. 研究の方法

以下の手法に基づきソフト界面を調製し、その階層構造、表面化学構造と表面物性・機能性の関係を明らかにした。

- (1) 電界紡糸法によるナノファイバー不織布の調製と表面化学修飾
- (2) 表面微細形状賦与表面への高分子グラフト表面の調製
- (3) 生体適合型ポリマーを用いたカチオン性ナノ粒子担持交互積層薄膜の調製
- (4) 表面へのナノ凹凸の賦与と表面化学修飾によるオムニフォービク表面の構築

4. 研究成果

- (1) 電界紡糸法によるナノファイバー不織布の調製と表面化学修飾

重合性の官能基を結合したメタクリレート系共重合体、優れた耐薬品性、耐熱性を有するポリブチレンテレフタレート (PBT) 不織布を電界紡糸法により調製し、そのナノファイバーの表面開始原子移動ラジカル重合 (Si-ATRP) による表面化学修飾を検討した。

電界紡糸 PMMA 系高分子ナノファイバー不織布表面から SI-ATRP を行うことで親水性高分子やフッ素系高分子をグラフトして表面自由エネルギーを変えることが可能である。繊維表面の微細な凹凸と表面自由エネルギーの相乗効果によって超親水表面、超撥水表面の調製が達成できる。電界紡糸繊維不織布の表面開始重合による改質と分離膜としての応用を検討した。親水性両性電解質高分子である PMAPS を表面グラフトした繊維は、膜表面に水で膨潤した層が形成されるため、タンパク質の吸着も抑制され、油分を透過することなく、水のみを選択的に透過する。汚染水の油分離膜としての応用が期待される。

一方、より耐熱性のある結晶性の高分子ナノファイバーとして電界紡糸 PBT を調製した。広角 X 線回折 (WAXD)、小角 X 線散乱 (SAXS) 測定により、電界紡糸 PBT 繊維の分子鎖凝集構造を評価した。PBT 繊維表面にアミノリシスによりシラノール基を導入し、気相吸着法により ATRP 開始骨格を導入した。表面開始 ATRP により、親水性モノマーである 3-(N-2-methacryloyloxyethyl-N,N-dimethyl) ammonatopropanesulfonate (MAPS) を重合した。電界紡糸 PBT 繊維の WAXD 及び SAXS 測定により、繊維軸方向に分子鎖が配向し、ラメラ厚、相関長は繊維径約 $1 \cdot \mu\text{m}$ の PBT 繊維で 4.3 nm、9.0 nm であり、繊維径約 400 nm の PBT 繊維で 4.0 nm、8.2 nm であった。表面修飾ナノファイバーの表面化学組成が PMAPS に対応することから、繊維表面は 10 nm 以上の PMAPS 層によって被覆されている。SEM 観察より、表面修飾後も繊維形状は維持されることを確認した。PMAPS のグラフト化により水の接触角が低下した。水の濡

れ広がりには繊維径が細いほど遅く、この現象は、繊維間の空孔サイズの差を考慮した Lucas-Washburn 式により説明できる。

- (2) 表面微細形状賦与表面への高分子グラフト表面の調製とその特性解析

ラジカル重合により ATRP 開始部位を有する Poly[methyl methacrylate-co-[2-(2-Bromoisobutyryloxy) ethyl methacrylate]] (P(MMA-co-BIEM)) を調製した。スピンコート法により Si 基板上に製膜した P(MMA-co-BIEM) 薄膜 (flat_P(MMA-co-BIEM)) 表面にナノインプリント (NI) 法により直径 $1 \mu\text{m}$ のピラーパターンを形成した (NI_P(MMA-co-BIEM))。NI 前後の薄膜からの SI-ATRP により、親水性の 2-hydroxyethyl methacrylate (HEMA) あるいは疎水性の 2-(perfluorooctyl) ethyl acrylate (FA-C8) をそれぞれグラフトした (flat/NI_PHEMA および flat/NI-PFA)。薄膜表面の構造解析を、原子間力顕微鏡 (AFM) 観察、X 線電子分光法 (XPS) および接触角測定に基づき行った。AFM 観察より NI_P(MMA-co-BIEM) において表面微細構造の形成を確認した。また、NI_PHEMA および NI_PFA において、XPS 測定により重合の進行、AFM 観察により表面微細構造を維持していることをそれぞれ確認している表面修飾前の flat_P(MMA-co-BIEM) の水の接触角は 74° であった。一方、微細構造を形成した NI_P(MMA-co-BIEM) では、パターン凹部に空気層を取り込む Cassie-Baxter (CB) 状態となり、 110° と高い接触角を示した。さらに、親水性の PHEMA を表面グラフトした flat_PHEMA において 55° 、また疎水性の flat_PFA では 122° と表面の化学的性質を反映した接触角を示した。また、物理的および化学的手法の併用による表面改質を行った薄膜の濡れ性を評価した。NI_PHEMA の接触角は 51° であり、flat_PHEMA の接触角 (55°) と比較して低下した。NI_PFA の場合接触角が 150° 以上と超撥水性を示した。これは、表面自由エネルギーの低い PFA-C8 による化学修飾および CB 状態に起因する。

これらの結果は、高分子固体表面の表面微細構造制御および化学的改質法を組み合わせることで、それぞれ単独では達成できない表面特性の制御が可能であることを示している。

- (3) 生体適合型ポリマーを用いたカチオン性ナノ粒子担持交互積層薄膜の調製とナノ粒子の徐放特性

薬剤溶出ステントは薬剤徐放機能をもつステントであり、血管の狭窄に対する治療に用いられる。薬剤溶出量を精密に制御する方法として薬剤含有カチオン性ナノ粒子とポリアニオンの交互積層 (LbL) 膜に着目した。ステントの素材であるステンレス (SUS) 表面に安定な LbL 薄膜を構築するため金属酸化膜と強い相互作用を持つカテコール基を有するポリアニオンでステンレス表面を修飾し、

薬剤の代わりにフルオレセイン-4-イソチオシアナート (FITC) を封入したカチオン性ナノ粒子を用いて、薬剤吸着効率と徐放性を評価した。交互積層膜からの FITC-NP の除放性を評価した結果、積層数、熱処理条件により除放挙動を制御可能であることを確認した。

(4) 表面へのナノ凹凸の賦与と表面化学修飾によるオムニフォービク表面の構築

表面に階層的な凹凸を賦与した (アルミナ/アルミナナノ粒子) ハイブリッドフィルムをゾルゲル法と沸水処理により調製した。この表面にパーフルオロデシルリン酸を吸着させることにより超撥水性表面を調製した。さらにパーフルオロポリエーテルを凹凸にしみこませた表面は高いオムニフォビシティを示し、水、油の低い滑落角、タンパク質などの非吸着特性を示した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 17 件)

(1) T. Shinohara, T. Shirahase, D. Murakami, T. Hoshino, M. Kikuchi, J. Koike, M. Horigome, H. Masunaga, H. Ogawa, A. Takahara, Precise and Non-destructive Characterization of 'Buried' Nano-structure in Polymer Thin Film by Synchrotron Radiation Ultra-Small Angle X-ray Scattering, *Polym. J.*, 査読有, 45, 2013, 307-312, DOI:10.1038/pj.2012.133

(2) H. Xu, J. Nishida, H. Wu, Y. Higaki, H. Otsuka, N. Ohta, A. Takahara, Structural Effects of Catechol-Containing Polystyrene Gels Based on Dual Cross-linking Approach, *Soft Matter*, 査読有, 9, 2013, 1967-1974, DOI:10.1039/C2SM26994E

(3) W. Ma, Y. Higaki, H. Otsuka, A. Takahara, Perfluoropolyether-infused nano-texture: a versatile Approach to omniphobic coatings with low hysteresis and high transparency, *Chem. Comm.*, 査読有, 49, 2013, 597-599, DOI:10.1039/C2CC37576A

(4) T. Yano, Y. Higaki, D. Tao, D. Murakami, M. Kobayashi, N. Ohta, Y. Ikemoto, T. Moriwaki, A. Takahara, Orientation of Poly(vinyl alcohol) Nanofiber and Crystallites in Non-woven Electrospun Nanofiber Mats under Uniaxial Stretching, *Polymer*, 査読有, 53, 2012, 4702-4708, DOI:10.1016/j.polymer.2012.07.067

(5) W. Ma, H. Wu, Y. Higaki, H. Otsuka, A. Takahara, A "Non-sticky" superhydrophobic surface by self-assembly of fluoroalkyl phosphonic acid on a hierarchically micro/nanostructured alumina gel

film, *Chem. Comm.*, 査読有, 48, 2012, 6824-6826, DOI:10.1039/C2CC32513F

(6) H. Xu, J. Nishida, W. Ma, H. Wu, M. Kobayashi, H. Otsuka, A. Takahara, Competition between Oxidation and Coordination in Cross-Linking of Polystyrene Copolymer Containing Catechol Groups, *ACS Macro Lett.*, 査読有, 1, 2012, 457-460, DOI:10.1021/mz200217d

(7) N. Morishige, N. Yamada, X. Zhang, Y. Morita, N. Yamada, K. Kimura, A. Takahara, K.-H. Sonoda, Abnormalities of Stromal Structure in the Bullous Keratopathy Cornea Identified by Second Harmonic Generation Imaging Microscopy, *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 査読有, 53, 2012, 4998-5003, DOI:10.1167/iovs.12-10214

(8) M. Kobayashi, K. Mitamura, M. Terada, M. Kikuchi, D. Murakami, H. Yamaguchi, H. Arita, T. Ishikawa, Y. Terayama, H. Soejima, A. Takahara, Applications of Polymer Brushes to Structural Nano-Coatings, *Proceeding of IEEE NMDC 2011*, 査読有, 69-74, DOI:10.1109/NMDC.2011.6155315

(9) T. Yano, W.-O. Yah, H. Yamaguchi, Y. Terayama, M. Nishihara, M. Kobayashi, A. Takahara, Precise Control of Surface Physicochemical Properties for Electrospun Fiber Mats by Surface-Initiated Radical Polymerization, *Polym. J.*, 査読有, 43, 2011, 838-848, DOI:10.1038/pj.2011.80

(10) T. Shinohara, T. Shirahase, D. Murakami, T. Hoshino, M. Kikuchi, J.-I. Koike, H. Masunaga, H. Ogawa, A. Takahara, Characterization of Surface Microstructures on Bio-based Polymer Film Fabricated with Nano-imprint Lithography by Synchrotron Radiation Small Angle X-ray Scattering, *Mater. Sci. Eng.*, 査読有, 24, 2011, 012004, DOI:10.1088/1757-899X/24/1/012004

(11) N. Morishige, Y. Takagi, T. Chikama, A. Takahara, T. Nishida, Three-Dimensional Analysis of Collagen Lamellae in the Anterior Stroma of the Human Cornea Visualized by Second Harmonic Generation Imaging Microscopy, *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 査読有, 52, 2011, 911-915, DOI:10.1167/iovs.10-5657

- (12) T. Yano, W.-O. Yah, H. Yamaguchi, Y. Terayama, M. Nishihara, M. Kobayashi, A. Takahara, Preparation and Surface Characterization of Surface-modified Electrospun Poly(methyl methacrylate) Copolymer Nanofibers, *Chem. Lett.*, 査読有, 39, 2010, 1110-111, DOI:10.1246/cl.2010.1110
- (13) T. T. Reddy, A. Kano, A. Maruyama, A. Takahara, Synthesis, Characterization and Drug Release of Biocompatible/Biodegradable Non-toxic Poly(urethane urea)s Based on Poly(ϵ -caprolactone)s and Lysine-Based Diisocyanate, *J. Biomater. Sci., Polym. Ed.*, 査読有, 21, 2010, 1483 - 1502, DOI:10.1163/092050609X125188047947 85
- (14) T. T. Reddy, A. Kano, A. Maruyama, A. Takahara, Novel Silver-Loaded Semi-Interpenetrating Polymer Network Gel Films with Antibacterial Activity, *J. Polym. Sci. Chem. Ed.*, 査読有, 47, 2009, 4950-4962, DOI:10.1002/pola.23546
- (15) T. T. Reddy and A. Takahara, Simultaneous and sequential micro-porous semi-interpenetrating polymer network hydrogel films for drug delivery and wound dressing applications, *Polymer*, 査読有, 50, 2009, 3537-3546, DOI:10.1016/j.polymer.2009.05.062
- (16) M. Kobayashi, H. Yamaguchi, Y. Terayama, Z. Wang, K. Ishihara, M. Hino, A. Takahara, Structure and Surface Properties of High-density Polyelectrolyte Brushes at the Interface of Aqueous Solution, *Macromol. Symp.* 279, 査読有, 2009, 79-87, DOI:10.1002/masy.200950513
- (17) T. Kimura, M. Kobayashi, M. Morita, A. Takahara, Preparation of Poly(vinylidene fluoride-co-trifluoroethylene) Film with a Hydrophilic Surface by Direct Surface-initiated Atom Transfer Radical Polymerization without Pretreatment, *Chem. Lett.*, 査読有, 38(5), 2009, 446-447, DOI:10.1246/cl.2009.446

[学会発表] (計 39 件)

- (1) A. Takahara, Water-surface interaction on polyelectrolyte brush surfaces, Annual Meeting of American Adhesion Society, 25年3月3日, Dayton Beach, U. S. A.
- (2) A. Takahara, Precise Design of Antifouling,

Intelligent Adhesion Surfaces through Polyelectrolyte Brush Immobilization, Annual Meeting of American Adhesion Society, 24年3月3日, Dayton Beach, U. S. A.

(3) 高原 淳, 高分子界面の精密設計による漏れ性, 防汚性, 潤滑性, 接着性制御、平成24年度東海シンポジウム 高分子の更なる可能性を目指して、24年1月17日、名古屋国際会議場(名古屋市熱田区)

(4) A. Takahara, Design of Polyelectrolyte Brushes for High-Performance Nano-coatings, The 2012 US-Japan Seminar on Polymer Synthesis, 24年12月2日, Santa Barbara, U. S. A.

(5) 高原 淳, 高分子超薄膜の構造と物性、レオロジーイブニングセミナー、24年11月9日、出光会館(千葉県市原市)

(6) 高原 淳, ソフトマテリアル界面の示す特異的な表面・界面物性と歯科材料分野への展開、第60回日本歯科理工学会学術講演会、24年10月13日、九州大学医学部 百年講堂(福岡県福岡市)

(7) W. Ma, Y. Higaki, H. Otsuka, A. Takahara, A superhydrophobic surface with low surface stickiness by self-assembly of fluoroalkyl phosphonic acid on a hierarchically micro/nanostructured alumina gel film, The World Congress on Oleo Science & 29th ISF Congress (WCOS2012), 24年10月3日, Arkas Sasebo(長崎県佐世保市)

(8) A. Takahara, Wettability, Antifouling and Adhesion Behaviors of Immobilized Polyelectrolyte Brushes, 2012 Japan-Taiwan Bilateral Polymer Symposium (JTBPS' 12), 24年9月7日, 西日本総合展示場(福岡県北九州市)

(9) 高原 淳, 小林元康、ソフトインターフェースの精密設計と界面物性、平成24年末踏科学サマードーム、24年8月17日、湘南国際村センター(神奈川県三浦郡葉山町)

(10) A. Takahara, Control of Wettability and Friction by Immobilization of Polyelectrolyte Brushes with Bio-inspired Functional Groups, Nanofair 2012, 24年6月12日, MARITIM Hotel (Dresden, Germany)

(11) W. Ma, Y. Higaki, H. Otsuka, A. Takahara, Highly transparent and low hysteresis omniphobic surface by infusing a nano-textured alumina gel film with a perfluoropolyether liquid, International Symposium on Polymer Physics 2012 (PP2012), 24年6月6日, California

Garden Hotel (Chengdu, China)

(12) A. Takahara, Wettability, Antifouling and Adhesion Behaviors of Immobilized Polyelectrolyte Brushes, International Symposium on Polymer Physics 2012 (PP2012), 24年6月6日, California Garden Hotel (Chengdu, China)

(13) 高原 淳, 超親水性ポリマーブラシの精密材料設計に基づく環境に優しい防汚・潤滑・接着技術、第33回高分子同友会総合講演会、24年4月25日、化学会館ホール(東京都千代田区神田)

(14) A. Takahara, M. Kobayashi, M. Terada, H. Yamaguchi, M. Morita, I. Yamamoto, Design of Environmentally Friendly Super Hydrophilic and Super Hydrophobic Polymer Surfaces, The 12th Pacific Polymer Conference, 23年11月14日, The Shilla Hotel Jeju (Jeju Island, Korea)

(15) T. Shinohara, T. Shirahase, D. Murakami, T. Hoshino, M. Kikuchi, H. Masunaga, H. Ogawa, J.-I. Koike, M. Horigome, A. Takahara, Precise and Non-destructive Characterization of 'Buried' Nano-structure by Scattering Technique, The 12th Pacific Polymer Conference, 23年11月14日, The Shilla Hotel Jeju (Jeju Island, Korea)

(16) M. Inoue, H. Xu, J. Nishida, M. Kobayashi, A. Takahara, Surface Modification of Stainless Steel by Adhesive Anionic Copolymer and Biocompatible Multilayer for Controlled Drug Release, The 12th Pacific Polymer Conference, 23年11月14日, The Shilla Hotel Jeju (Jeju Island, Korea)

(17) A. Takahara, Surface and Interface Characterization of Organic Thin Films by Quantum Beam, 15th International Conference on Thin Films (ICTF-15), 23年11月10日, Kyoto TERRSA (京都府京都市南区)

(18) T. Shinohara, T. Shirahase, D. Murakami, T. Hoshino, M. Kikuchi, H. Masunaga, H. Ogawa, J.-I. Koike, M. Horigome, A. Takahara, Non-destructive Characterization of 'Buried' Nano-structure in Polymer Thin Film by Small Angle X-ray Scattering, The 3rd Asian Symposium on Advanced Materials (ASAM-3), 23年9月21日, 九州大学筑紫キャンパス(福岡県春日市)

(19) T. Yano, M. Kikuchi, T. Hoshino, N. Ohta, M. Kobayashi, A. Takahara, Characterization of Molecular Aggregation Structure of Poly(vinyl alcohol) Nanofiber Fabricated by Electrospinning,

The 3rd Asian Symposium on Advanced Materials (ASAM-3), 23年9月21日, 九州大学筑紫キャンパス(福岡県春日市)

(20) H. Xu, M. Kobayashi, J. Nishida, H. Otsuka, A. Takahara, Gelation of Polystyrene Copolymer Containing Catechol Groups in the Presence of Iron (III) Ions, The 3rd Asian Symposium on Advanced Materials (ASAM-3), 23年9月21日, 九州大学筑紫キャンパス(福岡県春日市)

(21) A. Takahara, Y. Terayama, T. Ishikawa, M. Terada, D. Murakami, M. Kikuchi, M. Kobayashi, Applications of Surface Initiated ATRP to the Preparation of Polyelectrolyte Brushes for Wettability, Adhesion and Friction Control, 242nd ACS National Meeting: 6th symposium on "Controlled/Living Radical Polymerization" (CRP), Denver, 23年8月31日, Denver, Colorado, U.S.A.

(22) T. Shinohara, T. Shirahase, A. Takahara, Fabrication of Micro- and Nano-structures on Flexible Bio-based Polymer Films, 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, 22年12月19日, Kamehameha Halls II and III Convention Center (Hawaii, U.S.A.)

(23) T. Yano, A. Takahara, Precise Control of Surface Physicochemical Properties for Electrospun Poly(methyl methacrylate) Derivative Fibers by Surface Initiated Radical Polymerization, 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, 22年12月18日, Kamehameha Halls II and III Convention Center (Hawaii, U.S.A.)

(24) 篠原貴道, 高原 淳, ナノインプリント法により表面微細構造を賦与したポリ乳酸薄膜の顕微・散乱手法による精密構造解析、第19回ポリマー材料フォーラム、22年12月3日、名古屋国際会議場(愛知県名古屋市)

(25) 井上満美子, 高原 淳, 交互吸着法によるポリアニオンとカチオン性ナノ粒子のステンレス基板上への積層とその表面・界面特性解析、第59回高分子討論会、22年9月16日、北海道大学(北海道札幌市)

(26) 矢野貴大, 高原 淳, 表面開始 ATRP を利用した電界紡糸ファイバーの構造・物性制御、第59回高分子討論会、22年9月16日、北海道大学(北海道札幌市)

(27) 高原 淳, 小林元康, ソフト界面の精密構造制

御とその特性解析、第 59 回高分子討論会、22 年 9 月 15 日、北海道大学(北海道札幌市)

(28) 篠原貴道, 高原 淳、ナノインプリント法によるポリ乳酸フィルムへの表面微細周期構造の形成と散乱法・顕微手法を用いた精密構造評価、第 59 回高分子討論会、22 年 9 月 15 日、北海道大学(北海道札幌市)

(29) A. Takahara, Chain Conformation of Zwitter Ionic Polymer in Solution and Concentrated Brush State, AOFSSRR2010, 22 年 7 月 7 日, Pohang 工科大学 (Korea)

(30) A. Takahara, Interfacial Properties and Dynamics of Polymer Brushes, ISPAC2010, 22 年 5 月 31 日, Pohang 工科大学 (Korea)

(31) 矢野貴大, 小林元康, 高原 淳、電界紡糸ファイバーの表面化学修飾とその特性評価、第 59 回高分子年次大会、22 年 5 月 28 日、パシフィコ横浜 (神奈川県横浜市)

(32) 篠原貴道, 白波瀬朋子, 高原 淳、ナノインプリント法によるバイオベースポリマーブレンドフィルムへの表面微細構造形成と細胞培養挙動、第 59 回高分子年次大会、22 年 5 月 28 日、パシフィコ横浜 (神奈川県横浜市)

(33) 西原正通, 小林元康, 高原 淳、電界紡糸ポリメタクリル酸エステル誘導体ナノファイバーの表面改質と表面機能特性評価、第 45 回九大生体材料・力学研究会、22 年 2 月 3 日、九州大学西新プラザ(福岡県福岡市)

(34) 西原正通, 小林元康, 高原 淳、電界紡糸法を用いた PMMA 誘導体ナノファイバーからの表面開始重合と濡れ性評価、第 5 回物質合成シンポジウム、21 年 11 月 19 日、京都大学宇治キャンパス・おうばくプラザ内「きはだホール」(京都府宇治市)

(35) Masamichi Nishihara, Motoyasu Kobayashi, Atsushi Takahara, Preparation and surface modification of electro-spun PMMA derivative nano fiber, International Symposium on Nanobio-Interfaces Related to Molecular Mobility (ISNI2009), 21 年 11 月 9 日, 東京大学(東京都文京区)

(36) 矢野貴大, 小林元康, 高原淳、電界紡糸法を用いたポリメタクリル酸メチル誘導体ナノファイバーの調製とその表面化学修飾、第 58 回高分子討論会、21 年 9 月 17 日、熊本大学工学部黒髪キャンパス (熊本県熊本市)

(37) 高原 淳、小林元康、バイオインターフェースのためのソフトマテリアルの構造制御技術、生体医工学会九州支部講演会、21 年 3 月 7 日、九州大学馬

出キャンパス(福岡県福岡市)

(38) 高原 淳、小林元康、表面ナノ形態と表面化学組成制御による材料表面の親・疎水性制御、創造機能化学第 116 委員会(平成 20 年度 1 月期研究調査報告)、21 年 1 月 19 日、学士会館 (東京都千代田区)

(39) A. Takahara, M. Kobayashi, Design of Soft Interfaces through Biomimetic Approach, 9th International Symposium on Biomimetic Materials Processing (BMMP-9), 21 年 1 月 20 日, 名古屋大学(愛知県名古屋市)

[図書] (計 2 件)

(1) 高原 淳、栗原 和枝、前田 瑞夫 編、丸善、ソフトマター～分子設計・キャラクターゼーションから機能性材料まで～、2009 年、P3-P18、P191-P202、P273

(2) M. Kobayashi, T. Ishikawa, A. Takahara, Adhesion and Tribological Characteristics of Ion-Containing Polymer Brushes Prepared by Controlled Radical Polymerization, Chapter 2 in H. Zeng Eds. "Polymer Adhesion, Friction, and Lubrication, Wiley, 2013, pp59-82.

[その他]

ホームページ等

<http://takahara/ifoc.kyushu-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高原 淳 (TAKAHARA ATSUSHI)
九州大学・先導物質化学研究所・教授
研究者番号：20163305

(2) 研究分担者

小林 元康 (KOBAYASHI MOTOYASU)
九州大学・先導物質化学研究所・助教
研究者番号：50323176

(3) 連携研究者

檜垣 勇次 (HIGAKI YUJI)
九州大学・先導物質化学研究所・助教
研究者番号：40619649