

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03118

研究課題名（和文）異種固体界面における高分子半導体の光電荷および分子鎖ダイナミクス

研究課題名（英文）Chain Dynamics and Photo-carrier Properties for Semiconducting Polymers at Interfaces

研究代表者

川口 大輔（Kawaguchi, Daisuke）

九州大学・工学研究院・准教授

研究者番号：70362267

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、異種媒体界面における有機・高分子半導体の光電荷の生成および移動ダイナミクスと分子鎖ダイナミクスについて検討した。膜表面および異種固体界面における高分子半導体の電荷生成は、それぞれ、促進および抑制されることを明らかにした。高分子半導体の電荷移動は、薄膜化に伴い抑制されることを明らかにした。これらは、界面における高分子半導体の熱運動性および凝集状態を考えることで説明できる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、高分子物性の視点から高分子半導体の界面における分子鎖熱運動性とデバイスの性能因子となる光電荷生成および移動ダイナミクスを関連付けた点にある。これにより、高分子半導体の合成・構造・物性・機能の研究サイクルが加速され、新しい高分子半導体材料の開発に繋がることが期待される。また、得られた研究成果は、高分子系エネルギーデバイスの材料設計指針に繋がるものである。

研究成果の概要（英文）：Photo-carrier formation and mobility of semiconducting polymers at interfaces were examined by interface-sensitive spectroscopy. Photo-carrier formations of poly(3-hexylthiophene) at the surface and a solid interface were facilitated and suppressed, respectively, compared to the corresponding bulk. The carrier mobility in a poly(3-hexylthiophene) film was suppressed by thinning. These results can be explained in terms of the chain dynamics and the aggregation states of poly(3-hexylthiophene) at the surface and a solid interface.

研究分野：高分子物性

キーワード：界面 分子鎖熱運動性 電荷生成 電荷移動

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

有機薄膜太陽電池をはじめとする有機・高分子薄膜デバイスは、軽量、フレキシブル、安価、かつ、低環境負荷な製造プロセスという優れた点を有する一方で、エネルギー変換効率が無機系のそれと比較して低いという欠点がある。したがって、エネルギー変換効率を決定する因子を分子レベルで特定し、それに基づく分子設計および材料設計にフィードバックし研究開発を加速させることが重要になる。

有機薄膜太陽電池の変換効率は、光照射により生成する自由電荷(ポラロン(P))の量とその移動度の積に比例する。Pは、ポリ(3-ヘキシルチオフェン)(P3HT)などに代表されるp型高分子半導体とフラーレン誘導体などに代表されるn型有機分子が混合された活性層において生成される。光電荷生成および移動機構は以下のような過程であると考えられている。まず、p型高分子半導体中で光照射により生成した励起子が拡散し、p/n界面において電荷分離した後、各相中を移動して電極に到達する。Pは π 電子雲中を分子鎖軸に沿う方向の拡散と π スタック方向へのホッピングによる移動が考えられるため、共役高分子の配向制御の影響が古くから検討されてきた(例えば、Sirringhaus *et al. Nature*, **401**, 685 (1999))。この考え方に基づけば、高結晶化度の試料を得やすい低分子量の高分子半導体が高エネルギー変換効率を達成すると予想されるが、実際は、高分子量成分の方が高電荷移動度を示す(Frechet *et al. Appl. Phys. Lett.*, **86**, 122110 (2005))。この結果は、Pの生成および移動を制御する因子として、結晶構造や配向などの静的な構造のみでは説明できないことを示しており、別の制御因子が存在することを示唆している。

2. 研究の目的

本研究では、高分子薄膜デバイスの制御因子としてこれまで重要視されてこなかった界面における分子鎖ダイナミクスに着目する。界面選択的な分光法を駆使して、高分子半導体と異種固体の界面における光電荷の生成および移動ダイナミクスと分子鎖ダイナミクスを明らかにし、材料設計指針を得ることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 高分子半導体の光電荷生成に及ぼす界面効果

試料として、立体規則性の制御された数平均分子量(M_n)および分子量分布指標(PDI)がそれぞれ26kおよび2.40のポリ(3-ヘキシルチオフェン)(P3HT)を用いた。基板支持膜は、クロロホルム溶液よりスピンキャスト法に基づき石英基板上に作製した。また、界面の効果を検討するため、自己支持膜および酸化ケイ素(SiO_x)で挟んだ膜も作製した。各膜の厚さはそれぞれ20、40、100、300 nmの4種類とした。膜は333 Kで12 h、真空乾燥を施した。光電荷生成過程はフェムト秒過渡吸収分光測定に基づき評価した。

(2) 高分子半導体の電荷移動に及ぼす薄膜化効果

試料として、 M_n およびPDIが26kおよび2.4の立体規則性が制御されたP3HTを用いた。膜はクロロホルム溶液からスピンキャスト法に基づきインジウムスズ酸化物(ITO)ガラス基板上に製膜した。膜厚は100 nm、420 nm、650 nmの3種類とした。膜は333 Kで12 h、真空乾燥を施した。その後、膜厚50 nmのアルミニウム電極を真空蒸着し、測定用の試料とした。P3HT膜中の電荷移動度はTime-of-Flight (TOF)法に基づき過渡光電流測定により評価した。測定は室温で行った。

(3) 有機電界効果トランジスタの性能に及ぼすゲート絶縁膜の表面改質

有機電界効果トランジスタの性能を決定する因子として、ゲート絶縁層に着目した。ゲート絶縁層として、ポリメタクリル酸メチル(PMMA)と8分岐かご型シルセスキオキサン(s-POSS)のブレンド膜をスピンコーティング法に基づき調製した。膜は、423 Kおよび353 Kで24 h真空乾燥を施した。膜表面の形態および自由エネルギーは原子間力顕微鏡(AFM)観察および接触角測定に基づき評価した。デバイスとして、ペンタセンを半導体層に用いたボトムゲート・トップコンタクト型OFETを真空蒸着により作製した。ブレンド膜の最上層のペンタセンの結晶構造は斜入射広角X線回折測定に基づき評価した。OFETの輸送特性を評価し、ホール移動度(μ)を算出した。

4. 研究成果

(1) 高分子半導体の光電荷生成に及ぼす界面効果

励起子各成分の時間濃度変化を記述した連立微分方程式における各生成・消滅過程の速度定数(k)をフィッティングパラメーターとして光学密度の時間

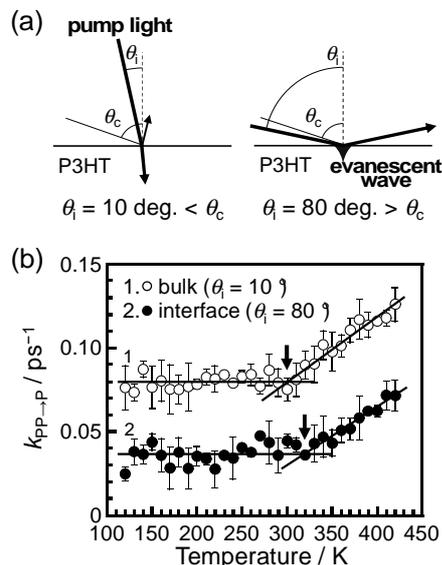


図1. (a) $\theta_i = 10^\circ$ 、 80° における過渡吸収分光測定の様式図. (b) $\theta_i = 10^\circ$ 、 80° におけるP3HT膜の k_{pp-p} の温度依存性.

依存性を解析した。その結果、すべての P3HT 膜において、ポーラロン(P)は(PP)から生成することが明らかになった。

図 1(a)は、入射角(θ_i)が 10° および 80° における過渡吸収分光測定の様式図である。 θ_i が臨界角(θ_c)よりも小さい場合、励起光は膜を透過するため、試料全体が励起される。一方、 θ_i が θ_c 以上の場合、励起光は(プリズム/P3HT)界面で全反射し、その際に発生するエバネッセント波によって界面近傍に存在する P3HT のみが選択的に励起される。本実験における θ_c はスネルの法則から算出し、 72.5° であった。したがって、励起光を $\theta_i = 10^\circ$ および 80° で入射することで、それぞれバルクおよび界面近傍における過渡吸収スペクトルが得られる。(プリズム/P3HT)で発生するエバネッセント波の電場強度が $1/e$ になる深さを分析深さ(d_a)と定義すると、 $\theta_i = 80^\circ$ で入射した場合の d_a は 64.4 nm である

図 1(b)は、バルク($\theta_i = 10^\circ$)および界面($\theta_i = 80^\circ$)における $k_{PP \rightarrow P}$ の温度依存性である。すべての温度において、界面近傍の $k_{PP \rightarrow P}$ は、バルクの $k_{PP \rightarrow P}$ よりも小さかった。これは、界面近傍における PP から P への遷移はバルクよりも遅いことを示している。また、 $k_{PP \rightarrow P}$ が上昇し始める温度を $T_{PP \rightarrow P}$ と定義すると、バルクの $T_{PP \rightarrow P}$ は 300 K であったのに対し、界面近傍においては 319 K であり、バルクと比較して 19 K 程度高いことが明らかになった。

図 2 は、バルクおよび界面における PP から P が生成する過程のアレニウスプロットである。界面近傍における $\Delta E_{PP \rightarrow P}$ は $6.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ であり、バルクの $4.1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ よりもおよそ 1.5 倍大きい。これは、バルクと比較して、界面近傍において PP から P が生成しにくいことを示している。以上のことから、界面近傍における P3HT の電荷生成はバルクと比べて抑制されることが明らかになった。これは、界面近傍における P3HT の分子運動が膜内部と比較して抑制されるためと考えれば理解できる。

図 3 は膜厚が 20 nm の各試料における $k_{PP \rightarrow P}$ を温度の関数としたプロットである。 $k_{PP \rightarrow P}$ は低温領域ではほぼ一定であったのに対し、ある温度以上で温度とともに増加した。界面状態が異なる各膜の $T_{PP \rightarrow P}$ は界面の影響により大きく異なることが明らかとなった。

図 4 は各 P3HT 膜の厚さに対する $T_{PP \rightarrow P}$ のプロットである。基板支持膜および自己支持膜の $T_{PP \rightarrow P}$ は薄膜化に伴い減少し、一方、 SiO_x 挟み込み膜の $T_{PP \rightarrow P}$ は薄膜化に伴い上昇した。これらの結果は表面および界面において P の生成がそれぞれ促進および抑制されることを示している。P3HT バルクにおける熱運動と励起子ダイナミクスのカップリングを考慮すると、表面および界面における光電荷生成過程の促進および抑制は P3HT の熱運動の活性化および抑制に起因すると考えられる。

(2) 高分子半導体の電荷移動に及ぼす薄膜化効果

図 5 は種々の膜厚を有する P3HT 膜における電荷移動度(μ)の電場強度依存性である。全ての試料において、 μ は電場強度の増加とともに減少した。この傾向は非晶性有機固体における電荷移動に関する報告とよく一致しており、ホッピングによる電荷移動と理解できる。この電荷移動は Gaussian Disorder モデルに基づき説明され、 μ と電場強度の関係は次式で表される。

$$\ln \mu = 3.0 \times 10^{-4} \left(\left(\frac{\sigma}{k_B T} \right)^2 - \Sigma^2 \right) E^{1/2} + \ln \mu_0 - \frac{2}{3} \left(\frac{\sigma}{k_B T} \right)^2 \quad (1)$$

ここで、 k_B および T はボルツマン定数および温度、 σ および Σ はホッピングサイトのエネルギー的およ

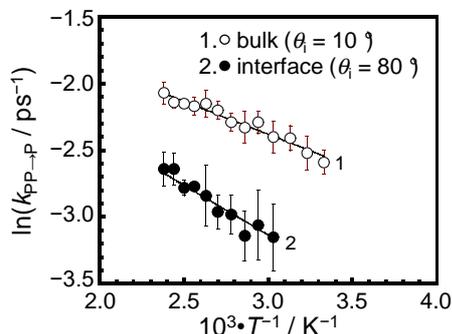


図 2. $\theta_i = 10^\circ, 80^\circ$ における PP から P が生成する過程のアレニウスプロット。

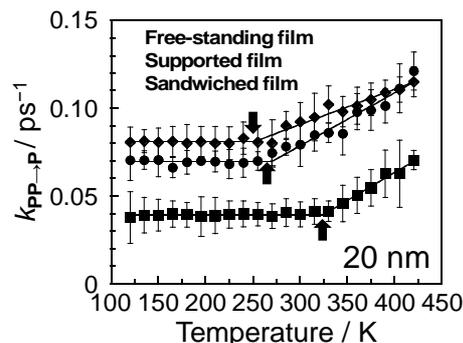


図 3. 各 P3HT 薄膜における $k_{PP \rightarrow P}$ の温度依存性。

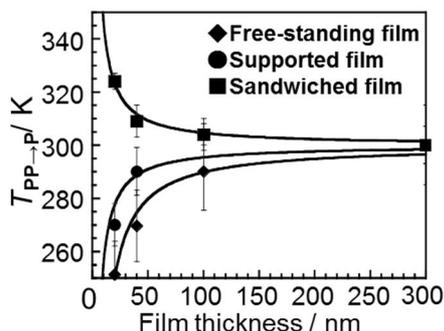


図 4. 各 P3HT 膜における $T_{PP \rightarrow P}$ の膜厚依存性。

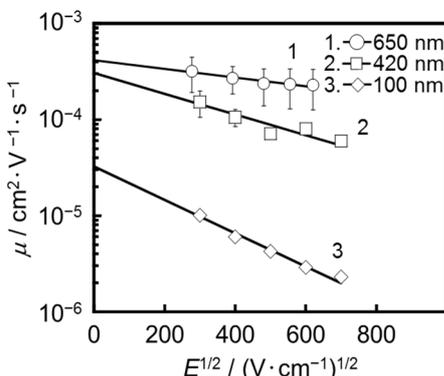


図 5. 膜厚を有する P3HT 膜における μ の電場強度依存性。

び空間的乱れの指標、 μ_g は $\sigma = 0$ における電荷移動度である。式(1)中の Σ 、 σ および μ_g をフィッティングパラメータとして、電荷移動度の電場強度依存性を解析した。図中の実線はそのベストフィット曲線である。図 5 の電場強度依存性から、無電場 ($E = 0$) における電荷移動度 (μ_0) を求めた。図 6 は μ_0 の膜厚依存性である。 μ_0 は薄膜化に伴い減少した。電荷移動に及ぼす界面効果を評価するため、バルクと界面の 3 層から構成される直列回路を仮定した以下の式に基づき、 μ_0 の膜厚依存性について解析した。

$$\frac{1}{\mu_0} = \frac{1}{\mu_{0,b}} \frac{d - 2d_i}{d} + 2 \frac{1}{\mu_{0,i}} \frac{d_i}{d} \quad (2)$$

ここで、 $\mu_{0,b}$ および $\mu_{0,i}$ はそれぞれバルクおよび界面層における電荷移動度、 d および d_i はそれぞれ膜全体および界面層の厚さである。 $\mu_{0,b}$ は文献値を用い、 $\mu_{0,i}$ および d_i をフィッティングパラメータとして式(2)に基づき解析を行った。図中の点線はそのベストフィット曲線である。解析の結果、 $d_i = 3.9$ nm の界面層において、 $\mu_{0,i}$ が $\mu_{0,b}$ の約 1/150 程度に低下していることが明らかとなった。以上の結果は、界面層の P3HT 鎖が光電荷の移動現象に強く影響していることを示唆している。

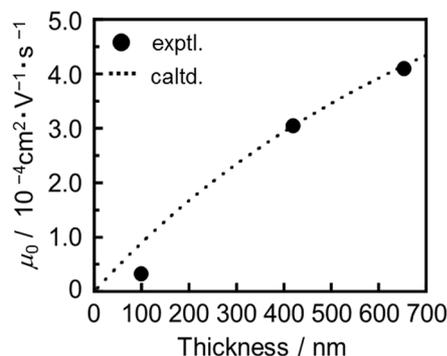


図 6. ゼロ電場における電荷移動度の膜厚依存性。

(3) 有機電界効果トランジスタの性能に及ぼすゲート絶縁膜の表面改質

OFET のゲート誘電体層としての s-POSS / PMMA ブレンド膜の可能性を評価した。図 7 は、s-POSS / PMMA ブレンド膜上に蒸着したペンタセンの AFM 像である。PMMA 膜を下層として使用した場合、500 nm を超える長軸を有するより大きなグレインが存在し、そのサイズは多分散であった。一方、s-POSS/PMMA ブレンド膜の場合、グレインサイズは小さくなり、単分散になった。PMMA 膜およびバルクの s-POSS 重量分率が 1、2、5% のブレンド膜上のペンタセンのグレインサイズは、それぞれ、 $(8.0 \pm 9.5) \times 10^4$ および $(3.0 \pm 2.1) \times 10^4$ 、 $(2.5 \pm 1.7) \times 10^4$ 、および、 $(1.9 \pm 1.4) \times 10^4$ nm² であった。これは、疎水性 POSS の存在に基づくペンタセンの結晶化機構および速度論の観点から説明できる。次に、ブレンド膜の最上層のペンタセンの結晶構造を斜入射広角 X 線回折測定に基づき評価した。2 つの回折ピークが $q = 4.1$ および 4.4 nm⁻¹ で観察され、斜方晶相および三斜晶相、いわゆる「バルク」相および「薄膜」相の(001)にそれぞれ対応した。これは、s-POSS/PMMA ブレンド膜上のペンタセン層に 2 種類の結晶相が共存していることを示している。PMMA に s-POSS を添加すると、正孔移動度(μ)値は $(6.6 \pm 2.6) \times 10^{-2}$ (PMMA) から $(1.6 \pm 0.04) \times 10^{-1} \text{cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ (1 wt% ブレンド膜) に増加した。次に、2 wt% ブレンド膜では、 μ が $(1.9 \pm 0.5) \times 10^{-2} \text{cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ に減少した。5% のブレンドの場合、 μ は測定下限以下であった。s-POSS の添加量が 2wt% で膜表面の 98% が覆われることを考慮すると、以上の結果は、OFET の性能が膜表面の影響を強く受けることを示唆している。因子の同定にはさらなる検討が必要である。

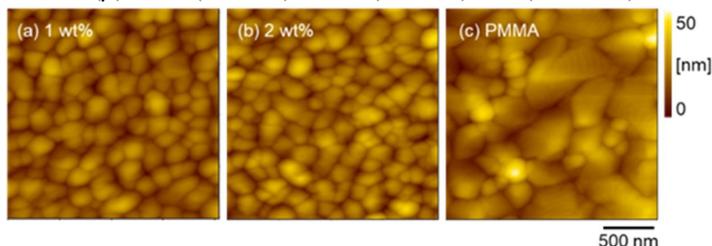


図 7. ペンタセン層の表面モルフォロジー。(a) バルク s-POSS 分率 1wt%、および(b) 2wt% の s-POSS/PMMA ブレンド膜 (c) PMMA 膜。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yamamoto Kentaro, Kawaguchi Daisuke, Sasahara Kazuki, Inutsuka Manabu, Yamamoto Satoru, Uchida Kiminori, Mita Kazuki, Ogawa Hiroki, Takenaka Mikihiro, Tanaka Keiji	4. 巻 51
2. 論文標題 Aggregation States of Poly(4-methylpentene-1) at a Solid Interface	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 247 ~ 255
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41428-018-0134-7	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 Ogata Yudai, Abe Tatsuki, Yonemori Shigeki, Yamada Norifumi L., Kawaguchi Daisuke, Tanaka Keiji	4. 巻 34
2. 論文標題 Impact of the Solid Interface on Proton Conductivity in Nafion Thin Films	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 15483 ~ 15489
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.8b03396	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 Kim Hoyeon, Kawaguchi Daisuke, Tanaka Keiji, Seo Yongsok	4. 巻 34
2. 論文標題 Fracture Mechanism Change at a Heterogeneous Polymer-Polymer Interface Reinforced with in Situ Graft Copolymers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 11027 ~ 11033
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.8b01860	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 Nguyen Hung K., Inutsuka Manabu, Kawaguchi Daisuke, Tanaka Keiji	4. 巻 7
2. 論文標題 Direct Observation of Conformational Relaxation of Polymer Chains at Surfaces	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Macro Letters	6. 最初と最後の頁 1198 ~ 1202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsmacrolett.8b00411	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 Yongming, Li Yawei, Wang Fengliang, Zuo Biao, Wang Xinping, Zhang Li, Kawaguchi Daisuke, Tanaka Keiji	4. 巻 51
2. 論文標題 Enhanced Thermal Stability of Polystyrene by Interfacial Noncovalent Interactions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 5620 ~ 5627
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.8b01012	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 Zuo Biao, Inutsuka Manabu, Kawaguchi Daisuke, Wang Xinping, Tanaka Keiji	4. 巻 51
2. 論文標題 Conformational Relaxation of Poly(styrene-co-butadiene) Chains at Substrate Interface in Spin-Coated and Solvent-Cast Films	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Macromolecules	6. 最初と最後の頁 2180 ~ 2186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.7b02756	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 Sugimoto Shin, Inutsuka Manabu, Kawaguchi Daisuke, Tanaka Keiji	4. 巻 7
2. 論文標題 Reorientation Kinetics of Local Conformation of Polyisoprene at Substrate Interface	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ACS Macro Letters	6. 最初と最後の頁 85 ~ 89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsmacrolett.7b00927	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 Itagaki Nozomi, Oda Yukari, Hirata Toyoaki, Nguyen Hung Kim, Kawaguchi Daisuke, Matsuno Hisao, Tanaka Keiji	4. 巻 33
2. 論文標題 Surface Characterization and Platelet Adhesion on Thin Hydrogel Films of Poly(vinyl ether)	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Langmuir	6. 最初と最後の頁 14332 ~ 14339
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.langmuir.7b03427	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., Konomi Asuka, Sugimoto Shin, Inutsuka Manabu, Kawaguchi Daisuke, Tanaka Keiji	4. 巻 219
2. 論文標題 Rotational Dynamics of a Probe in Rubbery Polymers Characterized by Time-Resolved Fluorescence Anisotropy Measurement	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Macromolecular Chemistry and Physics	6. 最初と最後の頁 1700329 ~ 1700329
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/macp.201700329	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73件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 24件)

1. 発表者名 川口大輔
2. 発表標題 高分子半導体の物性 機能相関と界面特性
3. 学会等名 第91回高分子若手研究会[関西] (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川口大輔
2. 発表標題 高分子半導体薄膜の励起子ダイナミクスに寄与する分子鎖ダイナミクス
3. 学会等名 第55回化学関連九州支部合同大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川口大輔
2. 発表標題 高分子電解質膜の水膨潤挙動
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daisuke Kawaguchi, Sin Sugimoto, Biao Zuo, Hung Kim Nguyen, Manabu Inutsuka, Xiping Wang, Keiji Tanaka
2. 発表標題 An Impact of Interfacial Relaxation on Bulk Mechanical Properties of Rubber Nanocomposites
3. 学会等名 第28回 日本MRS年次大会 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daiki Saito, Kazuki Sasahara, Manabu Inutsuka, Yoshihisa Takeyama, Mitsugu Uejima, Daisuke Kawaguchi, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Aggregation States of Fluororubber Adsorbed on Model Carbon Interfaces
3. 学会等名 第28回 日本MRS年次大会 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mika Aoki, Atsuomi Shundo, Satoru Yamamoto, Riichi Kuwahara, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Evolution of Mesoscopic Heterogeneity in An Epoxy-Amine Polymer Network
3. 学会等名 第28回 日本MRS年次大会 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hung Kim Nguyen, Sin Sugimoto, Manabu Inutsuka, Daisuke Kawaguchi, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Relaxation Behavior of Nitrile-butadiene Rubber near a Solid Interface over Broad Temperature and Time Ranges
3. 学会等名 第28回 日本MRS年次大会 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nozomi Itagaki, Yukari Oda, Norifumi L. Yamada, Tetsuo Yamaguchi, Daisuke Kawaguchi, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Interfacial Aggregation States and Lubrication Properties of Hydrogel Thin Films
3. 学会等名 第28回 日本MRS年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 笹原一輝, 犬束 学, 川口大輔, 山本 智, 田中敬二
2. 発表標題 界面選択振動分光測定および全原子分子動力学計算によるポリメタクリル酸メチルの界面局所コンフォメーション
3. 学会等名 2018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
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中山峰花, 國脇大樹, 鶴田貴志, 齋藤俊裕, 川口大輔, 田中敬二
2. 発表標題 液体界面におけるクロロスルホン化ポリエチレンの分子鎖凝集状態
3. 学会等名 繊維学会西部支部講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川口大輔, 板垣 望, 織田ゆかり, 山田悟史, 田中敬二
2. 発表標題 中性子反射率法に基づくハイドロゲル薄膜の界面密度分布解析
3. 学会等名 日本中性子科学会 第18回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 織田ゆかり, 小草優希, 川口大輔, 山田悟史, 田中敬二
2. 発表標題 機能性高分子グラフト層の設計による界面特性制御
3. 学会等名 接着界面科学研究会Part 第3回例会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中山峰花, 國脇大樹, 鶴田貴志, 齋藤俊裕, 川口大輔, 田中敬二
2. 発表標題 液体界面におけるオレフィン系ポリマーアロイの分子鎖凝集状態
3. 学会等名 第8回CSJ化学フェスタ2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川口大輔, 板垣 望, 織田ゆかり, 山田悟史, 田中敬二
2. 発表標題 ハイドロゲル薄膜の界面密度分布と摩擦挙動
3. 学会等名 第66回レオロジー討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齋藤大輝, 笹原一輝, 武山慶久, 上島 貢, 犬束 学, 川口大輔, 藤原広匡, 西村 伸, 田中敬二
2. 発表標題 モデル炭素界面におけるフッ素系ゴムの分子鎖凝集状態
3. 学会等名 第30回ゴム技術・研究事例発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川口大輔, 山本健太郎, 阿部建樹, 小藁 剛, 中 建介, 安達千波矢, 田中敬二
2. 発表標題 かご型シルセスキオキサンを用いたポリメタクリル酸メチル表面の機能化
3. 学会等名 第67回高分子討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉本 晋, 犬束 学, 川口大輔, 田中敬二
2. 発表標題 ファイバー強化ゴム状複合材料における界面緩和挙動とバルク力学特性
3. 学会等名 第67回高分子討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 板垣 望, 織田ゆかり, 山田悟史, 川口大輔, 田中敬二
2. 発表標題 ハイドロゲル薄膜の膨潤挙動と界面における分子鎖運動性
3. 学会等名 第67回高分子討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中山峰花, 國脇大樹, 鶴田貴志, 齋藤俊裕, 川口大輔, 田中敬二
2. 発表標題 液体界面におけるクロロスルホン化ポリエチレンの分子鎖凝集状態
3. 学会等名 第55回化学関連九州支部合同大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小草優希, 織田ゆかり, 川口大輔, 田中敬二
2. 発表標題 界面特性制御に向けたビニルエーテル アクリレート共重合体グラフト層の構築
3. 学会等名 日本接着学会第56回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阿部建樹, 山本健太郎, 小蓑 剛, 川口大輔, 中 建介, 安達千波矢, 田中敬二
2. 発表標題 かご型シルセスキオキサン濃縮層を表面に有する高分子膜のゲート絶縁膜への応用
3. 学会等名 平成30年度繊維学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中山峰花, 鶴田貴志, 齋藤俊裕, 川口大輔, 田中敬二
2. 発表標題 アルコール界面におけるクロロスルホン化ポリエチレンの分子鎖凝集状態
3. 学会等名 日本ゴム協会2018年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 笹原一輝, 犬束 学, 武山慶久, 上島 貢, 藤原広匡, 西村 伸, 田中敬二
2. 発表標題 カーボンナノチューブ充填フッ素ゴムの界面状態
3. 学会等名 日本ゴム協会2018年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keiji Tanaka, Biao Zuo, Manabu Inutsuka, Daisuke Kawaguchi, Xinping Wang
2. 発表標題 Conformational Relaxation of Poly(styrene-co-butadiene) at Substrate Interface in Spin-coated and Solvent-cast Films
3. 学会等名 第67回高分子学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daisuke Kawaguchi, Shuhei Yamaguchi, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Thermal and Solvent Annealing Effects on Exciton Dynamics in Poly(3-hexylthiophene) Films
3. 学会等名 第67回高分子学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hung K. Nguyen, Manabu Inutsuka, Daisuke Kawaguchi, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Conformational Relaxation of Polystyrene at Surface Probed by Sum-frequency Generation Spectroscopy
3. 学会等名 第67回高分子学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 甲加晃一, 日笠茂樹, 織田ゆかり, 川口大輔, 田中敬二
2. 発表標題 シリカ粒子を複合した無水マレイン酸変性ポリプロピレン鎖の凝集状態
3. 学会等名 第67回高分子学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 米盛茂樹, 山田悟史, 川口大輔, 田中敬二
2. 発表標題 アクイヴィオン薄膜の水収着挙動
3. 学会等名 第67回高分子学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川口大輔, 米盛茂樹, 山田悟史, 田中敬二
2. 発表標題 高分子電解質薄膜の膨潤ダイナミクスに及ぼすイオン基数密度の影響
3. 学会等名 レオロジー学会第45回年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nozomi Itagaki, Yukari Oda, Norifumi L. Yamada, Tetsuo Yamaguchi, Daisuke Kawaguchi, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Interfacial Aggregation States and Frictional Properties of Poly(vinyl ether)Hydrogel Thin Films
3. 学会等名 1st Glowing Polymer Symposium in KANTO, Tokyo (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hisao Matsuno, Toyoaki Hirata, Hidenobu Taneda, Norifumi L. Yamada, Yasuhisa Minagawa, Keiji Tanaka
2. 発表標題 A Novel Strategy to Function Polymer Surfaces Based on Non-solvent-induced Swelling
3. 学会等名 The 12th SPSJ International Polymer Conference (IPC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hung Kim Nguyen, Manabu Inutsuka, Daisuke Kawaguchi, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Dynamics of Conformational Relaxation of Polystyrene at Surface
3. 学会等名 The 12th SPSJ International Polymer Conference (IPC2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuki Sasahara, Manabu Inutsuka, Daisuke Kawaguchi, Satoru Yamamoto, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Absolute Local Conformation of Poly(methyl methacrylate) Chains at Solid Interface Using Phase-sensitive Sum Frequency Generation Spectroscopy
3. 学会等名 2018 Taiwan-Japan Bilateral Polymer Symposium (TJBPS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hidenobu Taneda, Hisao Matsuno, Yasuhisa Minagawa, Keiji Tanaka
2. 発表標題 A Novel Strategy to Function Polymer Surfaces Based on Gentle Swelling Using Its Non-solvent
3. 学会等名 The 10th International Conference of Modification, Degradation and Stabilization of Polymers (MoDeSt2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Reika Nakayama, Hiroki Kuniwaki, Takashi Tsuruta, Toshihiro Saito, Daisuke Kawaguchi, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Aggregation States of Chlorosulfonated Polyethylene at Alcohol Interface
3. 学会等名 The 10th International Conference of Modification, Degradation and Stabilization of Polymers (MoDeSt2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hung Kim Nguyen, Shin Sugimoto, Manabu Inutsuka, Daisuke Kawaguchi, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Relaxation Processes at Interfaces in Polymer Nanocomposites
3. 学会等名 First International Conference on 4D Materials and Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Reika Nakayama, Hiroki Kuniwaki, Takashi Tsuruta, Toshihiro Saito, Daisuke Kawaguchi, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Aggregation States of Chlorosulfonated Polyethylene Rubber in Contact with Alcohol
3. 学会等名 Japan-Korea Joint Symposium on Polymer Science 2018 (JKJS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daisuke Kawaguchi, Shuhei Yamaguchi, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Surface and Interfacial Effects on Photo-carrier Generation in Poly(3-hexylthiophene) Thin Films
3. 学会等名 The 13th International Symposium on Polymer Physics (PP'2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shin Sugimoto, Manabu Inutsuka, Daisuke Kawaguchi, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Local Conformation and Dynamics of Polyisoprene at Solid Interface
3. 学会等名 The 7th Pacific Rim Conference on Rheology (PRCR 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daisuke Kawaguchi, Nozomi Itagaki, Yukari Oda, Norifumi L. Yamada, Keiji Tanaka
2. 発表標題 An Effect of Interfacial Aggregation States on Frictional Properties of Hydrogel Thin Films
3. 学会等名 APS March Meeting 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川口大輔
2. 発表標題 中性子反射率法による高分子/水界面の凝集構造
3. 学会等名 分子研研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川口大輔
2. 発表標題 調湿環境下のポリマーサイエンスで期待されること
3. 学会等名 調湿環境下のポリマーサイエンスに関する研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Daisuke Kawaguchi, Shuhei Yamaguchi, Yudai Ogata, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Exciton Dynamics of Poly(3-hexylthiophene) in Ultrathin Films
3. 学会等名 The 15th International Conference on Advanced Materials (IUMRS-ICAM 2017) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Daisuke Kawaguchi, Norifumi L. Yamada, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Aggregation states of thin polyelectrolyte films by neutron reflectivity
3. 学会等名 The 8th Taiwan-Japan Joint Meeting on Neutron and X-ray Scattering (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川口大輔, 緒方雄大, 上村祥司, 山田悟史, 田中敬二
2. 発表標題 固体界面における高分子電解質の凝集状態とプロトン輸送特性
3. 学会等名 レオロジー学会第44年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yudai Ogata, Daisuke Kawaguchi, Jan Genzer, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Optical Properties of Surface-grafted Poly(3-hexylthiophene) by Oxidative Coupling Polymerization
3. 学会等名 第66回高分子学会年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山口修平, 時田 遊, 川口大輔, 横澤勉, 田中敬二
2. 発表標題 ポリ(3-アルキルチオフェン)の光電荷生成に及ぼす側鎖基の偶奇効果
3. 学会等名 第66回高分子学会年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 板垣 望, 織田ゆかり, Nguyen Kim Hung, 川口大輔, 田中敬二
2. 発表標題 ポリビニルエーテルハイドロゲル膜の膨潤挙動と摩擦特性
3. 学会等名 第66回高分子学会年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hung Kim Nguyen, Manabu Inutsuka, Daisuke Kawaguchi, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Depth-resolved Thermal Relaxation of Polystyrene near Substrate Interface
3. 学会等名 第66回高分子学会年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 許斐明日香, 種子田英伸, 川口大輔, 鷺見聡一, 後関頼太, 長村利彦, 大塚英幸, 田中敬二
2. 発表標題 製膜過程で誘起されるポリスチレン薄膜の応力と緩和挙動
3. 学会等名 第66回高分子学会年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 阿部建樹, 川口大輔, 田中敬二
2. 発表標題 ポリ(3-ヘキシルチオフェン)膜中の電荷移動に及ぼす薄膜化の効果
3. 学会等名 平成29年度繊維学会年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川口大輔, 山口修平, 緒方雄大, 時田 遊, 横澤 勉, 田中敬二
2. 発表標題 ポリ(3-アルキルチオフェン)薄膜の光電荷生成に及ぼす側鎖アルキル基の偶奇効果
3. 学会等名 平成29年度繊維学会年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 阿部建樹, 川口大輔, 田中敬二
2. 発表標題 ポリ(3-ヘキシルチオフェン)薄膜中の電荷輸送特性
3. 学会等名 第54回化学関連支部合同九州大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Nozomi Itagaki, Yukari Oda, Hung Kim Nguyen, Daisuke Kawaguchi, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Friction and Lubrication of Poly(vinyl ether) Hydrogel Thin Films
3. 学会等名 The 15th International Conference on Advanced Materials (IUMRS-ICAM 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tatsuki Abe, Daisuke Kawaguchi, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Thinning Effect on Carrier Transport in Poly(3-hexylthiophene) Films
3. 学会等名 The 15th International Conference on Advanced Materials (IUMRS-ICAM 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuki Ogusa, Yukari Oda, Daisuke Kawaguchi, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Frictional Properties of Poly(vinyl ethers-co-acrylates)-Grafted Interfaces
3. 学会等名 Japan-Taiwan Bilateral Polymer Symposium 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小草優希, 織田ゆかり, 川口大輔, 田中敬二
2. 発表標題 ビニルエーテル アクリレート共重合体グラフト界面の摩擦特性
3. 学会等名 第66回高分子討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川口大輔, 阿部建樹, 田中敬二
2. 発表標題 ポリ(3-ヘキシルチオフェン)中の電荷移動特性における表面・界面効果
3. 学会等名 第66回高分子討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 板垣 望, 織田ゆかり, Nguyen Kim Hung, 川口大輔, 田中敬二
2. 発表標題 ハイドロゲル薄膜の界面デザインと摩擦特性
3. 学会等名 第66回高分子討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 角田純一, 八百板 隆俊, 松山祥孝, 山本 清, 犬束 学, 川口大輔, 田中敬二
2. 発表標題 固体界面に形成されるポリジメチルシロキサン吸着層の凝集状態
3. 学会等名 第66回高分子討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山口修平, 時田 遊, 川口大輔, 横澤 勉, 田中敬二
2. 発表標題 ポリ(3-アルキルチオフェン)の光電荷生成挙動に及ぼす側鎖の偶奇効果
3. 学会等名 第66回高分子討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川口大輔, 山口修平, 時田 遊, 横澤 勉, 田中敬二
2. 発表標題 奇数炭素鎖を有するポリ(3-アルキルチオフェン)の分子運動特性と励起子ダイナミクス
3. 学会等名 第65回レオロジー討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hung K. Nguyen, Asuka Konomi, Shin Sugimoto, Manabu Inutsuka, Daisuke Kawaguchi, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Fluorescence Anisotropy and Dielectric Relaxation Studies on Segmental Dynamics at Silica/polymer Interfaces
3. 学会等名 平成29年度繊維学会秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shin Sugimoto, Manabu Inutsuka, Daisuke Kawaguchi, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Relaxation of Local Orientation of Polymers at Solid Interfaces
3. 学会等名 平成29年度繊維学会秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山口修平, 川口大輔, 田中敬二
2. 発表標題 ポリ(3-ヘキシルチオフェン)の電荷生成に及ぼす薄膜化の効果と支配因子
3. 学会等名 平成29年度繊維学会秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川口大輔, 日笠山綾乃, 山口修平, 緒方雄大, 松下裕秀, 田中敬二
2. 発表標題 単分散ポリ(3-ヘキシルチオフェン)における結晶構造の乱れと光電荷生成
3. 学会等名 平成29年度繊維学会秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 杉本 晋, 犬束 学, 川口大輔, 田中敬二
2. 発表標題 固体界面におけるポリイソプレンの凝集状態とダイナミクス
3. 学会等名 第28回エラストマー討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 川口大輔, 板垣 望, 織田ゆかり, Hung Kim Nguyen, 松野寿生, 山田悟史, 田中敬二
2. 発表標題 ハイドロゲル薄膜の界面凝集状態と摩擦特性
3. 学会等名 日本中性子科学会第17回年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tatsuki Abe, Daisuke Kawaguchi, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Photo-Carrier Transport Property in Poly(3-hexylthiophene) Thin Films
3. 学会等名 15th Pacific Polymer Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Daisuke Kawaguchi, Shuhei Yamaguchi, Keiji Tanaka
2. 発表標題 A Thinning Effect on Exciton Dynamics of Poly(3-hexylthiophene) in Films
3. 学会等名 2017 Kyushu-Seibu/Pusan-Gyeongnam Joint Symposium on High Polymers(18th) and Fibers(16th) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Daisuke Kawaguchi, Shuhei Yamaguchi, Yudai Ogata, Keiji Tanaka
2. 発表標題 Surface and Interfacial Effects on Photo-Carrier Formation in Poly(3-hexylthiophene) Films
3. 学会等名 APS March Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keiji Tanaka, Shin Sugimoto, Manabu Inutsuka, Daisuke Kawaguchi
2. 発表標題 Frozen Local Conformation of Interfacial Polyisoprene Chains at Room Temperature
3. 学会等名 APS March Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 笹原一輝, 犬束 学, 川口大輔, 山本 智, 田中敬二
2. 発表標題 固体界面におけるポリメタクリル酸メチルの局所コンフォメーション
3. 学会等名 2017年度 高分子基礎物性研究会・高分子計算機科学研究会 合同討論会
4. 発表年 2018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