

令和 2 年 6 月 23 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K05985

研究課題名(和文) 生命体・液晶を用いた組織転写重合による機能性高分子の開発

研究課題名(英文) Development of functional polymers using structure transcription polymerization with life forms and liquid crystals

研究代表者

後藤 博正 (Goto, Hiromasa)

筑波大学・数理工学系・准教授

研究者番号：40292528

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：生体由来の液晶や生理活性物質および合成系の液晶を反応場として光-電気-磁気機能性高分子を合成した。特に反応場としての直鎖状fdファージのライオトロピック液晶性を確認した。fdファージは特定の濃度で層状構造をもつスメクチック液晶と構造的キラリティーをもつコレステリック液晶を示した。この液晶を反応場として導電性高分子の合成を行った。また植物天然系のライオトロピック液晶を示すヒドロキシプロピルセルロース中で高分子合成を行った。さらに液晶中で安定ラジカルをもつポリマーを合成し、キラルな常磁性高分子を作成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生体および生理活性物質中での高分子合成は生物の幾何的構造の生成の解明にもつながる新しい方法である。得られた高分子は、光学回転や円偏光二色性を示し、さらにこれを外部電場で制御することが可能となった。このことは有機高分子による新しい光学デバイスの実現となった。

研究成果の概要(英文)：Optically-electrical-magnetic active functional polymers were synthesized using biological liquid crystal, bio-active materials, and synthetic liquid crystals. Especially, lyotropic liquid crystallinity of fd phage with linear shaped form as a reaction field was confirmed. The phage shows smectic liquid crystal with layer structure and cholesteric liquid crystal with structural chirality. Synthesis of conducting polymer was carried out in the phage as liquid crystal reaction field. Next, polymerizations were carried out in hydroxypropyl cellulose having lyotropic liquid crystallinity. Further, a polymer having stable radical group was synthesized in liquid crystal to yield chiral paramagnetic polymer.

研究分野：導電性高分子

キーワード：導電性高分子 液晶 電気化学 磁性 微生物 組織転写重合 導電性繊維材料 繊維表面不斉重合

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

現在までに光学活性なコレステリック液晶を電解液として用い、ここで電解重合を行うことにより、アキラルなモノマーからキラルなポリマーの合成を行ってきた(電解不斉重合)。一般的に、等方的な溶媒であるアセトニトリル中や水中での電解重合により合成された高分子は電気的に酸化-還元により発色を動的に制御できる。しかし、光学回転や円偏光二色性を動的に制御できる高分子材料は今までになく、世界に先駆けてこの合成方法を考案し、研究を進めてきた。また、特定の集成的構造をもつ電氣的活性な高分子を合成し、その構造と機能を調べてきた。例えば電氣的に活性なポリマーナノチューブや、液晶電解液を用いて光の波長程度の周期の凹凸構造をもつ高分子を作成し、光干渉色を動的に制御した。さらに結晶電解質での高分子電解合成を行い、結晶秩序をもつ導電性高分子を作成した。次に、電解セル内で相転移を生じさせ、ここで高分子を合成することにより結晶秩序-液晶秩序の二層構造をもつエレクトロクロミック素子を作成した(相転移連続重合)。この構造は自然界のカナブンの金属光沢を示す仕組みと類似している。さらに電気化学的に0~1V程度でこの発色を金・銀・銅に動的に制御できることが分かった。またコレステリック液晶相-ネマチック液晶相-コレステリック液晶相の三層構造をもちモルフォチョウ様の構造色を示すポリマーを作成した(多層膜連続重合)。そしてキラルな高分子内に生じたポーラロンが液晶のらせん構造を転写し、らせん状の電荷担体となることを提唱した。これを便宜的にカイラルチャージキャリアー「カイラリオン」とした。また電気化学的に蛍光発光制御の可能な高分子を作成した。生物の分野では緑色発光タンパク質(GFP)から円偏光発光を見出した。以上、液晶を用いた電解重合や合成高分子の発光制御および生物材料の基礎研究を続けてきた。

2. 研究の目的

本研究では合成液晶および天然生物由来の媒質を用いるとともに磁場、電場などの特殊環境下で特徴的な形態をもつ高分子の作成を行う。生物、電解重合と液晶、キラリティー、磁場などの外部摂動を組み合わせ、機能性高分子を作製し、これを評価することにより新しい物理的・化学的現象を見出すことを目的とする。生命体反応場、生理活性物質、生体高分子・繊維を反応場としてポリマーを得ることは、生命と高分子科学とを新しい観点から連結させる取り組みである。本研究を遂行するにあたり、環境や人体に無害な微生物、生理活性物質を注意深く選択した。

3. 研究の方法

モノマーの合成については電解重合可能で活性が高く、液晶と親和性の高い多環型のモノマーを合成する。モノマーの構造は高速液体クロマトグラフィー、NMR、赤外線吸収スペクトル(IR)、マススペクトルにより確認した。液晶電解液とするために十分な量のバクテリオファージの培養を行う。磁氣的測定は電子スピン共鳴法および超電導量子干渉計(SQUID)で行った。また天然系の生理活性物質や高分子マトリックスに関しては市販の試薬を購入した。SEM(走査型電子顕微鏡)、AFM(原子間力プローブ顕微鏡)、IR(赤外線吸収スペクトル)、およびUV-Vis(紫外可視吸収スペクトル)、CD(円偏光二色性発光分光光度計)により構造の確認と光学的性質を評価した。微生物の利用に関しては、研究代表者は筑波大学遺伝子実験センターの講習を受け、応募時点までに筑波大学学内で微生物の培養や遺伝子組み換えの実施資格を得ている。本研究では菌体の培養を行う一方で、遺伝子組み換えは行わないことと、人体や環境に危険性のあるウイルス・菌体は扱わない。海洋サンプルについては筑波大学下田臨海実験センターと協力体制にあり、海洋生物のサンプリングや生命体の評価を行う。磁場の利用に関しては物質・材料研究機構

(NIMS) の強磁場センターにおいて行う。SEM観察はNIMS顕微鏡ステーションで行う。またX線回折はシンクロトロン光をもちいて高エネルギー加速器研究機構において行う。

4 . 研究成果

繊維状のfdファージはその集合濃度により液晶性を示す。本研究ではfdファージを液晶状態にし、ここで電解重合反応を行った。これによりfdファージの微視的な構造および集合構造を転写した高分子を作成し、この表面構造を観察した。分子レベルでのファージの挙動については生物・医学で研究されてきたが、集合体としてのファージの研究はあまり進んでいない。本研究では高分子の転写合成を通して、微生物集合体の形成を考察した。これは、高分子科学から生命学への新しい研究手法となる。

バクテリオファージである繊維状のfdファージを電解液として繊維状構造をもつポリピロールの合成を試みた。バクテリオファージが、コレステリック液晶および層状構造をもつスメクチックA相 (SmA)を示すことを偏光顕微鏡下で確認した。そしてモノマー種を変え、得られたポリマーの形態を比較した。モノマーとしてピロールを用いた場合、良好に重合が進行したが、3,4-Ethylenedioxythiophene (EDOT)およびアニリンからは、よい薄膜を得ることができなかった。これは重合活性の低さが原因であると思われる。しかしSmAでの電解重合には至らなかったため、塩化鉄を用いた酸化重合を行い、ファージ上でポリピロールを合成し、ファージとポリピロールの生物/合成高分子コンポジットを作成した。表層のポリピロールはファージの集合形態を転写し、液晶様の構造を示したことを偏光顕微鏡で確認した。さらに円偏光微分干渉顕微鏡によりその詳細な形態を確認した。

次に菌体反応場での高分子合成を行った。唾連鎖球菌、枯草菌および真菰乳酸菌を用意した。光学顕微鏡によりこの観察を行った後、これを電解液として電解重合を行なった。ファージと比べて、サイズの大きな菌体がポリピロールに取り込まれていることを確認した。ここで菌体の種類を変え、表面状態の異なるサンプルを作成した。また得られたポリマー表面からの電気化学的菌体の放出制御を行なった。

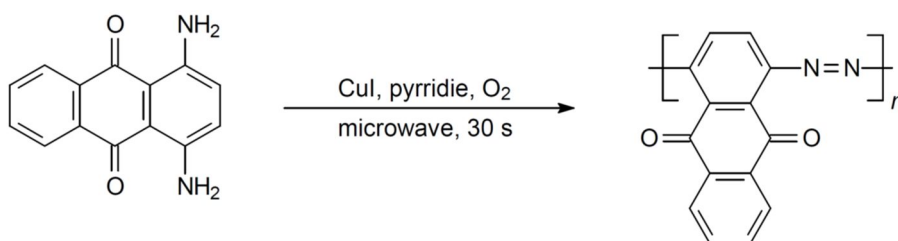
さらに微生物の一種である乳酸菌を反応場として用いて電気化学重合を行なった。そして得られたポリマーの表面構造の観察等を行うことで特性評価を行った。モノマーにはピロールを使用した。初めに、無農薬製法によって培養された市販品の真菰乳酸菌液を、遠心分離を行うことで培養液中に存在する乳酸菌を取り出した。次に、取り出した乳酸菌とピロールを混合することで、電解液を作成した。作成した電解液を2枚のITO ガラスにはさんで電極をつなぎ、電圧を2.0 V に設定して30分間電流を流すことで電解重合を行った。赤外線吸収スペクトルの測定結果より、得られたポリピロールの分子構造を確認した。UV-Vis吸収スペクトルの測定で、ポリピロールに特徴的な幅広いピークが存在することが観測された。走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いた表面構造の観察では、ポリマーフィルムの表面に乳酸菌がコンポジット化されて付着していることを確認した。

次に 2,2'-Bis(3,4-ethylenedioxythiophene)-alt-fluorene (E-Flu) および 1,3-di(2-thienyl)isothianaphthene (T-ITN)をdimethylformamide (DMF)にそれぞれ溶解させ、この溶液にhydroxypropyl cellulose (HPC)を加えることで植物系高分子ライオトロピック液晶電解液を調製した。これを用いて二電極系で電解重合を行った。電解重合の際にモノマーがコレステリック液晶のらせん構造を転写しながら重合したことより作製したポリマーフィルムの偏光顕微鏡観察からは、コレステリック液晶特有の指紋状模様がみられた。またこのポリマーフィルムが円偏光二色性スペクトルでコットン効果を示すことがわかった。さらに電気化学的に酸化・還元させなが

ら測定した *in situ* CD スペクトル測定からは、特定の波長でのCD の符号が可逆的に正負にスイッチングすることがわかった。これは、電気化学的な酸化・還元による導電性高分子の光の吸収帯の変化に伴って、CD スペクトルも変化したことに由来する。これより、コレステリック相を有するHPC 液晶中で導電性高分子の電解重合を行うことによって、光学活性を電氣的にスイッチング可能なフィルムの作製に成功したことを確認した。

さらにEDOTを用いてHPC中での電解重合を行った。支持塩としてのtetrabutylammonium perchlorate (TBAP)を*N,N*-dimethylformamide (DMF)に溶解させた後、HPCを添加し、1週間程度静置させることでコレステリック相を示す液晶電解液を調整した。この電解液と2枚のITOガラス (ITO = Indium Tin Oxide) を用い、2電極系で電解重合を行った。得られたPEDOT フィルムを光学顕微鏡およびAFM で観察したところ、サイズのほぼ揃った半球状の凹凸構造がフィルム全面に形成されていることがわかった。半球状の構造体の形成には、使用するHPC 電解液のコレステリック相のらせんピッチの間隔が影響していた。微細な凹凸構造を有するPEDOT フィルムの電気化学測定からは、PEDOT フィルムが可逆的な酸化・還元特性を有することが示された。また、良好なエレクトロクロミック特性を示し、酸化状態では水色、還元状態では紫色を示した。表面の凹凸構造によるレーザー回折機能を確認した。さらに構造色を示したために反射スペクトル測定を行ったところ、反射波長の角度依存性がみられた。また、濃度の高いHPC 液晶中で合成したフィルムでは、半球状の構造体の間隔が小さくなるにしたがって、回折角度が浅くなることがわかった。したがって、電解液の濃度を適切に調整することで任意の角度に回折する回折格子の作製も可能となることが分かった。さらに、フィルムの光の吸収帯の変化に伴って回折光の色も同時に変化する様子が観察された。これより、電氣的な外部刺激により回折光をチューニング可能な回折格子としての応用が可能である。このPEDOT フィルム表面にAu を蒸着し、回折光の反射率の向上を試みた。蒸着するAu の層が約50 nm の厚さになるまでは反射率は向上したが、それ以上のAu の蒸着では反射率の向上は見られなかった。また、Au 蒸着を行うことで2次の回折光まで観測できた。さらに電気を流しながら測定した*in situ* ESR スペクトル測定からは電気化学的な酸化・還元に伴って導電性ポリマー上のスピン (ラジカル) が可逆的に生成・消滅していることがわかった。

さらに植物のらせん道管上での重合反応を行った。反応には、Hartwing C. Bach らが50年前に成功させた銅触媒によるアゾ化合物モノマーの酸化カップリング法により芳香族ジアミンモノマー (1,4-Diaminoanthraquinone) をキャベツから得たらせん道管存在下で重合した (Scheme 1)。スペクトル測定によって酸化カップリングが適切に行われたことを確認した。顕微鏡を用いて観察した結果、反応前の螺旋構造を維持しながらデポジットがなされていることが確認できた。UV-vis 吸収スペクトルの測定では550 nm 付近にピークが見られた。



Scheme 1. Polymerization of 1,4-diaminoanthraquinone.

また生理活性物質をキラルインデューサーに用いたコレステリック液晶中電解重合を次に行った。自然界に存在する天然化合物にはキラルを有するものが多く存在している。天然化合物はワクチンや抗生物質などの医薬品に多く利用されており、その多くもキラルティーを有する。真

菌によって産出される天然化合物のサイクロスポリン (Cyclosporine A) も医薬品として利用される天然化合物の一種である。環状ポリペプチド抗生物質であり、T 細胞の活性の抑制に用いられる医薬品であり、免疫抑制剤に利用されている。なかでも臓器移植の急性拒絶反応に対して使われることが多い。生体組織および生体化学物質の多くは光学活性なキラル体で構成されている。本研究では環状の形状をもつ生理活性物質により合成高分子のキラル誘導を行い、直線状の形状をもつ光学活性高分子の合成を行った。この環状のサイクロスポリンによりネマチック液晶をキラル誘導し、ここで電解重合を行った。得られた高分子は円偏光二色性、光学回転などの光学活性をもち、そして電氣的に活性であった。これによりバイオ-光学-電気活性 (Optically-Bio-Electro-active, OBE active) 化合物の作成が示唆された。

次に、微生物間のコミュニケーションをつかさどるクオラムセンシング物質の結晶組織における電解重合を行った。*N*-(3-oxodecanoyl)-L-homoserine lactone の結晶を作成し、これを反応場として PEDOT を合成した。得られたポリマーは紫外可視吸収スペクトルで 497 nm に PEDOT による極大吸収が見られた。これにより生理活性物質であるクオラムセンシング物質の結晶中電解重合に成功したことを確認した。

さらにキラル液晶中でのフェノキシラジカルを有するらせん常磁性共役系ポリマーの合成を行い、キラル液晶中で光学活性をもたないモノマーからキラルで磁性を示すポリマーを合成した。CD スペクトルおよび ESR 測定および超電導量子干渉計(SQUID)測定により、光学活性をもつと同時に常磁性を示すことが分かった。これより光学活性常磁性高分子が液晶中で合成できた。この高分子の指紋状構造と磁気ドメイン構造との関連が興味深い。

以上、外部環境と化学合成、電解合成を組み合わせた手法による電子・光機能性高分子合成を行った。反応場として微生物、天然繊維あるいは天然系液晶性物質を用いて、分子集合性をもつ合成高分子を得た。そして生命系物質および合成分子を反応場とした「組織転写重合」を確立するとともに電気-磁気-光学活性高分子を合成した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

| | |
|---|-----------------------------|
| 1. 著者名 Eguchi Naoto, Goto Hiromasa | 4. 巻 11 |
| 2. 論文標題 Electrochemical Synthesis of Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) Film Having Dot Structures for Diffraction Grating | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces | 6. 最初と最後の頁 30163 ~ 30175 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.9b04767 | 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 Otaki Masashi, Kumai Reiji, Goto Hiromasa | 4. 巻 57 |
| 2. 論文標題 Synthesis of methyl substituted azobenzene?carbazole conjugated copolymers with photoinduced structural changes | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry | 6. 最初と最後の頁 1756 ~ 1764 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pola.29445 | 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 Masashi Otaki, Reiji Kumai, Hiromasa Goto | 4. 巻 52 |
| 2. 論文標題 Synthesis and Properties of Chiral Polyazobenzenes with Photoinduced Change in Optical Activity | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Macromolecules | 6. 最初と最後の頁 3199-3209 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.8b02588 | 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 Hiroki Hayashi, Ryosuke Kikuchi, Reiji Kumai, Masaki Takeguchic and Hiromasa Goto | 4. 巻 7 |
| 2. 論文標題 Rod-shaped 1D polymer-assisted anisotropic self-assembly of 0D nanoparticles by a solution-drying method | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C | 6. 最初と最後の頁 7442 - 7453 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9TC00702D | 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 Masashi Otaki, Hiromasa Goto | 4. 巻 52 |
| 2. 論文標題 Helical Spin Polymer with Magneto-Electro-Optical Activity | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Macromolecules | 6. 最初と最後の頁 3199-3209 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.macromol.9b00274 | 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 Masashi Otaki, Reiji Kumai, Hajime Sagayama, and Hiromasa Goto | 4. 巻 11 |
| 2. 論文標題 Synthesis of Polyazobenzenes Exhibiting Photoisomerization and Liquid Crystallinity | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Polymers | 6. 最初と最後の頁 348 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/polym11020348 | 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 Kohei Yamabe, Hiromasa Goto | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Sequential process of chiral imprinting and composite formation allows to produce electro-optically active poly(bis-EDOT)/hydroxypropyl cellulose | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Advanced Composites and Hybrid Materials | 6. 最初と最後の頁 541-547 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s42114-018-0037-2 | 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 Kohei Yamabe, Hiromasa Goto | 4. 巻 19 |
| 2. 論文標題 Electrosynthesis of Conducting Polymers in Lecithin Liquid Crystal Reaction Field | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Fibers and Polymers | 6. 最初と最後の頁 248-253 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12221-018-7692-8 | 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 Naoto Eguchi, Hiromasa Goto | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Selective Detection of Chiral Materials with Electrochemical Method | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Futurum | 6. 最初と最後の頁 20-31 |
| 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 オープンアクセスとしている (また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|------------------|
| 1. 著者名 Kohei Yamabe, Hiromasa Goto | 4. 巻 2 |
| 2. 論文標題 Synthesis and surface observation of montmorillonite/polyaniline composites | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Journal of Composite Science | 6. 最初と最後の頁 15 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/jcs2010015 | 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 Kohei Yamabe, Hiromasa Goto | 4. 巻 19 |
| 2. 論文標題 Electrosynthesis of Conducting Polymers in Lecithin Liquid Crystal Reaction Field | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Fibers and Polymers | 6. 最初と最後の頁 248-253 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12221-018-7692-8 | 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35件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 8件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 駒場京花、大瀧雅士、熊井玲児、二森茂樹、後藤博正 |
| 2. 発表標題 液晶性と発光性をあわせもつ導電性高分子の電磁氣的性質の評価 |
| 3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Akiko Yatsu, Hiromasa Goto |
| 2. 発表標題 Polymerizations in Liquid Crystals by Rhodium Complex Catalyst |
| 3. 学会等名 2nd G'L'owing Polymer Symposium in KANTO (GPS-K 2019) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Naoto Eguchi, Hiromasa Goto |
| 2. 発表標題 Fabrication of Nanostructured Convexo-Concave PEDOT Surface by Electrochemical Polymerization in Cholesteric Liquid Crystal |
| 3. 学会等名 2nd G'L'owing Polymer Symposium in KANTO (GPS-K 2019) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 江口直人, 後藤博正 |
| 2. 発表標題 キロブティカル導電性ポリマーの合成及びIn Situ CD/ESR測定を用いた円 偏光二色性とスピンとの関連の調査 |
| 3. 学会等名 日本磁気科学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 江口直人, 後藤博正 |
| 2. 発表標題 m-Cresol を用いてセカンダリードーピングを行ったポリアニリン溶液のヒドロキシプロピルセルロース添加による液晶化および配向フィルムへの試み |
| 3. 学会等名 令和1 年度 繊維学会秋季研究発表会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--------------------------|
| 1. 発表者名 駒場京花、後藤博正 |
| 2. 発表標題 菌体中での電解重合 |
| 3. 学会等名 第68回高分子学会年次大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 米原 卓哉、林 宏紀、二森 茂樹、熊 井 玲児、後藤 博正 |
| 2. 発表標題 オルト位にメチル基を導入したポリフェニルイソシア ニド膜の微細構造 |
| 3. 学会等名 第68回高分子討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 駒場 京花、後藤 博正 |
| 2. 発表標題 サイクロスポリンをキラルインデューサーに用いたコレ ステリック液晶中電解重合 - バイオ-光学-電気活性高分子 に向かって - |
| 3. 学会等名 第68回高分子討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 江口 直人、後藤 博正 |
| 2. 発表標題 高分子液晶中での電解重合法によるナノ/マイクロ オーダーの凹凸構造を有するポリ(3,4-エチレンジオキシチオ フェン) フィルムの作製と回折格子機能 |
| 3. 学会等名 第68回高分子討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 江口 直人、後藤 博正 |
| 2. 発表標題 物質高分子液晶をテンプレートとした電解重合法により作製した 共役系高分子フィルムの可逆的なキロプティカルスイッチング特性 |
| 3. 学会等名 第68回高分子討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 宮下 椋、江口 直人、後藤 博正 |
| 2. 発表標題 コレステリック液晶を用いた W-STEP 電解重合 |
| 3. 学会等名 第68回高分子討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 宮下椋、駒場京花、後藤博正 |
| 2. 発表標題 液晶電解液の作成 |
| 3. 学会等名 Future Trend in Polymer Science 2018 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Masashi Otaki, Shigeki Nimori, Hiromasa Goto |
| 2. 発表標題 Synthesis of chiral magnetic conjugated polymer by electrochemical polymerization in cholesteric liquid crystal |
| 3. 学会等名 1st Glowing Polymer Symposium in KANTO, Dec 15, 2018, Waseda University, Shinjuku |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Naoto Eguchi, Hiromasa Goto |
| 2. 発表標題 Nano/micro order dot structures of poly(3,4-ethylenedioxythiophene) prepared by using bottom-up process and property as a diffraction grating |
| 3. 学会等名 1st GLowing Polymer Symposium in KANTO |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 江口直人、二森茂樹、後藤博正 |
| 2. 発表標題 磁場配向コレステリック液晶をテンプレートとして用いた共役系高分子の電解重合と回折格子としての機能 |
| 3. 学会等名 第13回日本磁気科学会年会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 林 宏紀, 熊井玲児, 二森茂樹、後藤博正 |
| 2. 発表標題 アゾベンゼン部位を側鎖に有するリオトロピック液晶性半導体ヘリカルブロック共重合体 |
| 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 大瀧雅士、後藤博正 |
| 2. 発表標題 コレステリック液晶構造を転写したらせん磁性ポリマーの合成 |
| 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 大瀧 雅士、後藤 博正 |
| 2. 発表標題 コレステリック液晶中電解重合を用いたキラル磁性共役系ポリマーの合成 |
| 3. 学会等名 第67回高分子年次大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 林 宏紀、二森 茂樹、後藤 博正 |
| 2. 発表標題 棒状らせん高分子ブロックの導入によるリオトロピック液晶性半導体ブロック共重合体の開発 |
| 3. 学会等名 第67回高分子年次大会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 後藤博正 |
| 2. 発表標題 直線偏光二色性をもつ 共役系高分子の液晶中磁場電解合成 |
| 3. 学会等名 応用物理学会（招待講演） |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 K. Komaba, H. Goto |
| 2. 発表標題 An Electro-Conducting Polymer Prepared in Assembly of Lactic Acid Bacteria |
| 3. 学会等名 3rd International Symposium on Nanoarchitectonics for Mechanobiology (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Naoto Eguchi, Hiromasa Goto |
| 2. 発表標題 Liquid Crystalline Disubstituted Polyacetylene-Preparation, Properties, and Possible Applications for Biomimetic Materials |
| 3. 学会等名 Tsukuba Global Science Week-Interdisciplinary Workshop on Science and Patents 2018 ((国際学会)) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Naoto Eguchi, Hiromasa Goto |
| 2. 発表標題 Synthesis of nano/microstructure poly(3,4-ethylenedioxythiophene) in liquid crystal and diffraction grating property |
| 3. 学会等名 Tsukuba Global Science Week-Interdisciplinary Workshop on Science and Patents 2018 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Masashi Otaki, Hiromasa Goto |
| 2. 発表標題 Synthesis of chiral magnetic conjugated polymer by electrochemical polymerization in cholesteric liquid crystal |
| 3. 学会等名 Tsukuba Global Science Week-Interdisciplinary Workshop on Science and Patents 2018 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Hiromasa Goto |
| 2. 発表標題 Quorum sensing molecule-metal complex functions as polymerization catalyst for production of artificial polymers |
| 3. 学会等名 Towards Microbial Control ver (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Hiroki Haysahi, Shigeki Nimori, Reiji Kumai, Hiromasa Goto |
| 2. 発表標題 Semiconducting Helical Block Copolymers: Solvent Vapor-Induced Lyotropic Liquid Crystal and Magnetic Field-Assisted Orientation |
| 3. 学会等名 Chirality 2018 (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Takuya Yonehara, Hiroki Hayashi, Hiromasa Goto |
| 2. 発表標題 Helical alignment of semiconducting random copolymer films enabled by electrochemical polymerization in cholesteric liquid crystal |
| 3. 学会等名 Polymers: Design, Function and Application (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kohei Yamabe, Nobuhiko Nomura, Hiromasa Goto |
| 2. 発表標題 Coupling reaction of conjugated polymers by quorum sensing catalysts |
| 3. 学会等名 tsukuba Global Science Week-Interdisciplinary Workshop on Science and Patents 2017 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Naoto Eguchi, Kohsuke Kawabata, Hiromasa Goto |
| 2. 発表標題 Electrochemically synthesized conjugated polymer films showing color and optical activity change reversibly with application of voltage |
| 3. 学会等名 Tsukuba Global Science Week-Interdisciplinary Workshop on Science and Patents 2017 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Haoyue Shen, Hiromasa Goto |
| 2. 発表標題 Chiral Sources Exhibit Opposite Helical Twisting Power by Different Chemical Modifications |
| 3. 学会等名 Tsukuba Global Science Week-Interdisciplinary Workshop on Science and Patents 2017 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Naoto Eguchi, Kohsuke Kawabata, Hiromasa Goto |
| 2. 発表標題 Electro-Optical Active Conjugated Polymer Film Synthesized in Hydroxypropyl Cellulose |
| 3. 学会等名 Tsukuba Global Science Week |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 山辺 康平、野村 暢彦、後藤 博正 |
| 2. 発表標題 クオラムセンシング化合物をベースとした共役系高分子合成触媒の開発 |
| 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 山辺康平、後藤博正 |
| 2. 発表標題 ヒドロキシプロピルセルロース液晶中で電解重合した導電性高分子薄膜とその性質 |
| 3. 学会等名 第66回高分子年次大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 山辺康平、後藤博正 |
| 2. 発表標題 ヒドロキシプロピルセルロース液晶中で電解重合した導電性高分子薄膜とその性質 |
| 3. 学会等名 第66回高分子年次大会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Takuya Yonehara, Hiroki Hayashi, Hiromasa Goto |
| 2. 発表標題 Helical alignment of semiconducting random copolymer films enabled by electrochemical polymerization in cholesteric liquid crystal |
| 3. 学会等名 Polymers: Design, Function and Application (国際学会) |
| 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 |
|---------------------------|-----------------------|----|
|---------------------------|-----------------------|----|