

令和 4 年 6 月 7 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2021

課題番号：20K15335

研究課題名(和文) 重合度を制御した直鎖状超分子ポリマーの合成

研究課題名(英文) Synthesis of supramolecular polymer under the condition of controlled equilibrium

研究代表者

平尾 岳大(Hirao, Takehiro)

広島大学・先進理工系科学研究科(理)・助教

研究者番号：20825343

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：超分子ポリマーとは水素結合など可逆な分子間相互作用によって重合したポリマーのことを指す。可逆的相互作用によって重合した超分子ポリマーは、外部刺激応答性など特異な性質を有することから広く研究が行われている。代表者の所属する研究グループは過去に、ビスポルフィリンクレフトとトリニトロフルオレノンとを連結した分子が、電荷移動相互作用を駆動力に超分子ポリマーを形成することを見出した。本研究では、電子豊富なbisPorを酸化もしくは電子不足なTNFを還元することで、bisPor部位とTNF部位の会合が阻害され「集合状態」と「解離状態」を自在に変換可能な酸化還元応答性超分子ポリマーを構築できると考えた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、ビスポルフィリンクレフトとトリニトロフルオレノンとを連結した分子を用いて、酸化と還元、二つの外部刺激に応答して「集合状態」と「解離状態」を変換可能な超分子ポリマーの構築に成功した。「集合状態」と「解離状態」の変換を自在に制御することができれば、物理物性を自在に変換することのできる外部刺激応答性ポリマー材料への応用が期待される。本研究で用いた電荷移動相互作用は、様々な超分子ポリマー構築の駆動力に使用可能な相互作用であることから、酸化還元応答性超分子ポリマー構築へ向けた道筋を示したと言える。

研究成果の概要(英文)：Supramolecular polymers have attracted great attention due to their unique dynamic nature. The dynamic nature allows access to develop stimuli-responsive supramolecular polymeric materials. Haino's group reported a successful construction of supramolecular porphyrin polymers relying on a host-guest interaction between a bisporphyrin cleft (bisPor) and trinitrofluorenone (TNF). The bisPor-TNF host-guest complex is known to be formed via charge-transfer interactions. We thus envisioned that the supramolecular porphyrin polymers would respond to both oxidation and reduction inputs to interconversion between the polymeric and the monomeric states.

研究分野：超分子化学

キーワード：超分子ポリマー ポルフィリン 自己集合 超分子重合 刺激応答性

## 1. 研究開始当初の背景

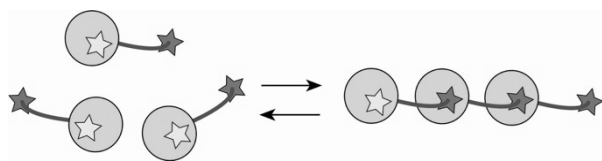


図1. 超分子ポリマー生成の模式図

超分子ポリマーとは、水素結合や電荷移動相互作用、 $\pi$ - $\pi$  スタッキング相互作用などの可逆な分子間相互作用によって重合したポリマーのことを指す (図1)。超分子ポリマーは可逆な相互作用によって重合した平衡系であるため、外部刺激応答性材料や形状記憶材料、自己修復材料などの基盤分子として注目され、広く研究が行われている。これまでに、超分子ポリマーの可逆性を巧みに利用することで、溶媒の極性や温度、pH など、様々な外部刺激に応答して自在に、例えば「モノマーとポリマー」、「らせん集合体と Box 型集合体」など、集合構造が変換する超分子ポリマーが報告されてきた。中でも、複数種類の外部刺激に独立に応答して集合構造を変化させるよう設計された分子は、例えば複数種類の化学種を独立に検出することのできるセンサーの創製などに有用と考えられ、研究が行われてきた。

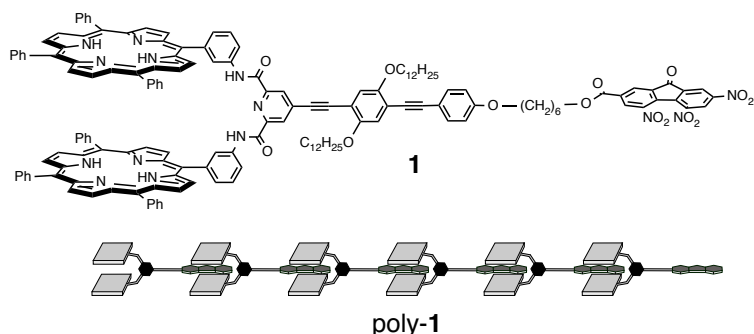


図2. ビスポルフィリン部位 (head) とトリニトロフルオレノン (head) 部位を有する head-to-tail 型モノマー1 の分子構造と集合構造の模式図

代表者の所属する研究室ではこれまでに、ビスポルフィリンクレフト (bisPor) とトリニトロフルオレノン (TNF) が電荷移動相互作用によりホストゲスト錯体を形成することを見出した。また、この選択的包接に着目し、bisPor 部位 (head) と TNF 部位 (head) を連結した head-to-tail 型モノマー分子を合成し、固体状態および溶液中双方において一次元に伸長した超分子ポルフィリンポリマーを形成することを見出した (図2)。このモノマー分子は、電子豊富な bisPor 部位と電子不足な TNF 部位が電荷移動相互作用によりホストゲスト錯体を形成し、一次元の超分子ポリマーを形成する。したがって、電子豊富な bisPor を酸化もしくは電子不足な TNF 部位を還元することで、bisPor 部位と TNF 部位のホストゲスト錯体形成が阻害され、「集合状態」と「解離状態」を自在に制御可能な酸化還元応答性超分子ポリマーを構築できると考えた (図3)。

## 2. 研究の目的

本研究では、酸化と還元、二つの外部刺激に応答して「集合状態」と「解離状態」を自在に変換可能な超分子ポリマーの合成を目的とした。

## 3. 研究の方法

上記目的の達成を目指して、bisPor 部位と TNF 部位をアルキル基で連結したモノマー分子 **2** を設計、合成した (図3)。**2** の合成は過去に我々が報告している **1** の合成経路を参考に行った。はじめに、**2** の TNF 部位と bisPor 部位の還元および酸化能を調べるために、サイクリックボルタメトリー (CV) 測定および電子スピン共鳴 (ESR) 測定、紫外可視吸収スペクトル (UV/vis) 測定を用いて、ラジカル種の検出を行なった。続いて、溶液中における超分子ポリマーの生成を確認するため、DOSY 測定から様々な濃度における拡散係数を見積もった。また、粘度測定を用いて、溶液中において長く繋がったポリマー状態を維持していることを確かめた。さらに、原子間力顕微鏡 (AFM) 測定を用いて、基盤上における超分子ポリマーの生成を確かめた。これらの超分子ポリマーの溶液に酸化剤もしくは還元剤を添加し、拡散係数や粘度を調べることで溶

液中におけるポリマーの長さの変化を詳細に調べた。また AFM 測定から、基盤の上における超分子ポリマーの分解を確かめた。以上の測定結果より、**2** は溶液中および固体状態で超分子ポリマーを形成し、酸化および還元を受けることで、超分子ポリマー構造が分解することを突き止めた。

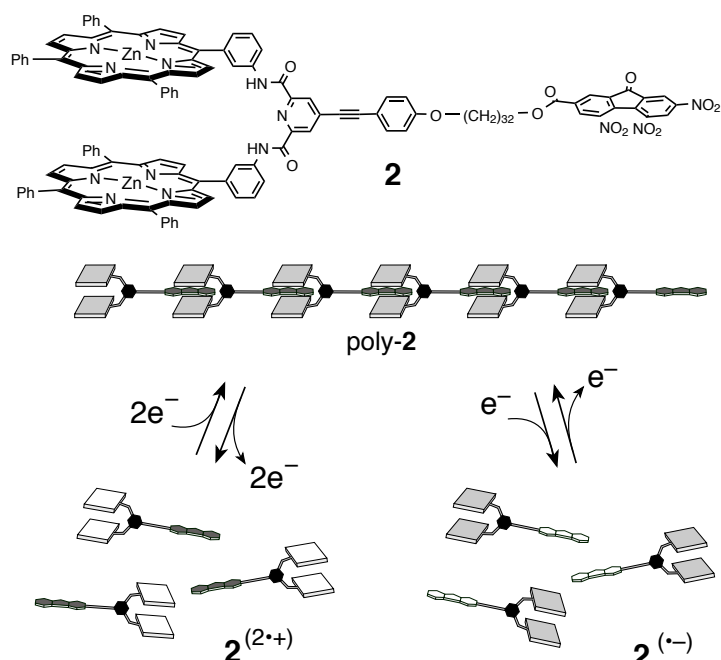


図 3. ビスポルフィリン部位 (head) とトリニトロフルオレノン (head) 部位を有する head-to-tail 型モノマー**1** の分子構造と集合構造の模式図

#### 4. 研究成果

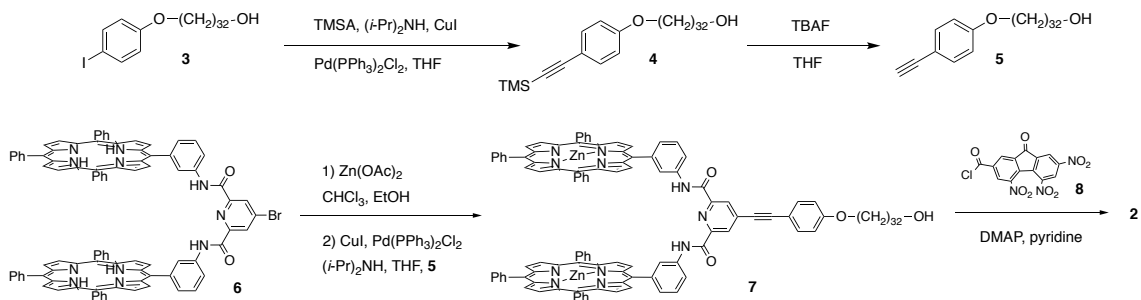


図 4. **2** の合成

目的化合物の合成は図 4 に示した通り、文献既知のヨードアルコキシベンゼン **3** から行った。**3** を THF 中、パラジウム触媒を用いてトリメチルシリルアセチレンと菌頭カップリングすることで、末端にトリメチルシリル基を導入した **4** を得た。続く TBAF による脱保護により、エチニルベンゼン誘導体 **5** を合成した。並行して、文献既知の方法に従って合成したビスポルフィリンモノブロミド **6** を亜鉛に配位させ、**5** と菌頭カップリングすることで、ビスポルフィリン **7** を得た。最後に酸クロライド **8** と **7** を縮合することで、目的化合物 **2** の合成に成功した。

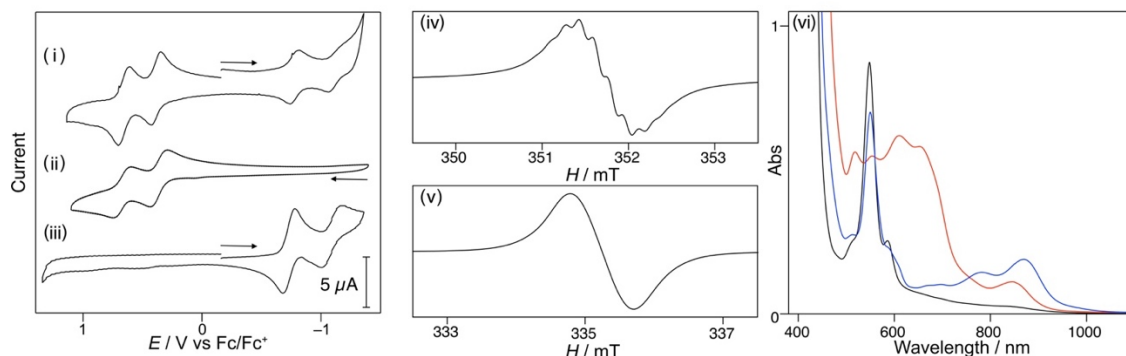
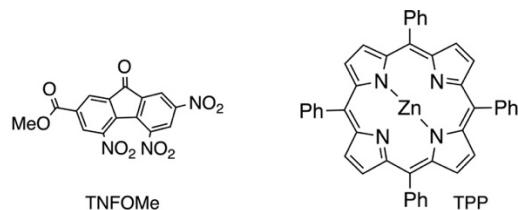


図 5. (i) **2**, (ii) TNFOMe, (iii) TPP のサイクリックボルタモグラム。(iv) **2** と BAHA および (v) **2** と CC の混合物の ESR スペクトル。(vi) **2** (黒線), **2** と BAHA の混合物 (赤線), **2** と CC の混合物 (青線) の UV スペクトル。(発行元より許可を得て転載, 一部改変)

はじめに、溶液中における **2** の酸化還元特性を調べるために、サイクリックボルタンメトリー (CV) 測定を行った (図 5i-iii)。その結果、モデル化合物である TNFOMe および TPP と同様の酸化波および還元波が観測されたことから、**2** の bisPor 部位および TNF 部位は電気酸化および還元反応を示し、その変化は可逆的であるということが明らかになった。続いて **2** の溶液に酸化剤であるトリス (4-ブロモフェニル) アルミニウムヘキサクロロアンチモネート (BAHA) もしくは還元剤であるコバルトセン (CC) を加えて ESR スペクトルを測定したところ、どちらもラジカル種の形成が示唆された (図 5iv, v)。これらの  $g_{\text{iso}}$  値はモデル化合物である TNFOMe および TPP とよい一致を示したことから、これらのラジカル種は酸化されたポルフィリン、還元された TNF 部位に由来するものであることが確かめられた。また、**2** と BAHA の混合物および **2** と CC の混合物の溶液を調整し、UV/vis 吸収スペクトル測定を行ったところ、800nm 付近にラジカル種に帰属される吸収バンドが観測された。この結果は、ESR 測定の結果をよく支持するものである。以上の結果から、**2** の bisPor 部位と TNF 部位はそれぞれ還元および酸化を受けてラジカル種を生成することが分かった。

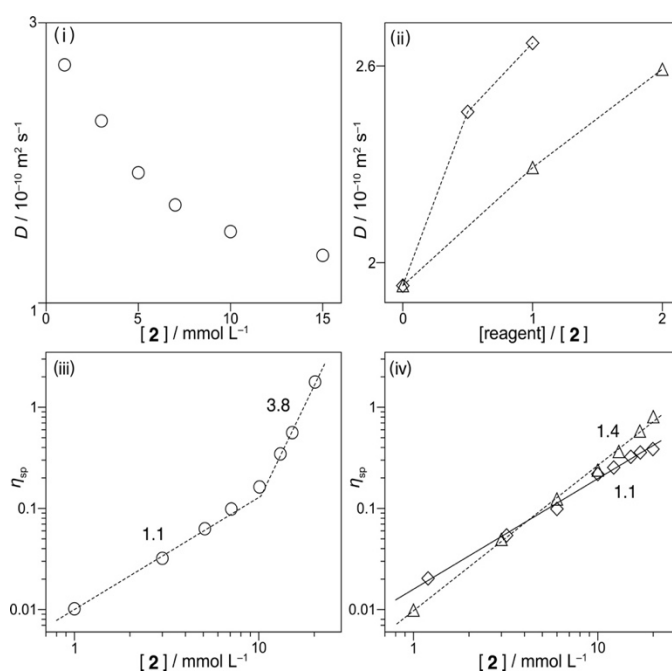


図 6. (i) **2** の濃度別拡散係数。(ii) **2** と BAHA の混合物 ( $\Delta$ ), **2** と CC の混合物 ( $\diamond$ ) の拡散係数。(iii) **2** の濃度別比粘度。(iv) **2** と BAHA の混合物 ( $\Delta$ ), **2** と CC の混合物 ( $\diamond$ ) の

比粘度。(発行元より許可を得て転載，一部改変)

溶液中における **2** の集合挙動を調べるために，様々な濃度において重溶媒中における拡散係数を測定した (図 6i)。その結果，濃度を濃くするに従って，拡散係数の減少が観測された。拡散係数は溶液中に存在する分子の大きさに反比例するため，この結果は，濃度を濃くするにしたがって大きな集合体，すなわち超分子ポリマーpoly-**2** が形成していることを示唆している。一方，超分子ポリマーpoly-**2** の溶液に BAHA もしくは CC を加えていくと，拡散係数が上昇する様子が観測された (図 6ii)。この結果は，bisPor 部位の酸化もしくは TNF 部位の還元によって bisPor 部位と TNF 部位の分子間会合が阻害され，超分子ポリマーが分解したことを示唆している。同様の超分子ポリマー分解挙動は，粘度測定においても確認することができた。**2** の溶液を調整し，濃度を濃くしていくと，比粘度の上昇が観測された (図 6iii)。また，比粘度と濃度の両対数プロットを作成すると，濃度の上昇に伴う傾き変化が観測された。このような両対数プロット中における傾きの変化は，長く繋がったポリマー鎖の絡み合いに由来するものであり，溶液中における超分子ポリマーpoly-**2** の形成が示唆された。一方，**2** と BAHA の混合物および **2** と CC の混合物の溶液を調整し，濃度を濃くしていくと，両対数プロットにおいて比粘度が単調増加する様子が観測された (図 6iv)。両対数プロット中において，傾きの変化が観測されなかったことから，超分子ポリマーpoly-**2** の分解が示唆された。

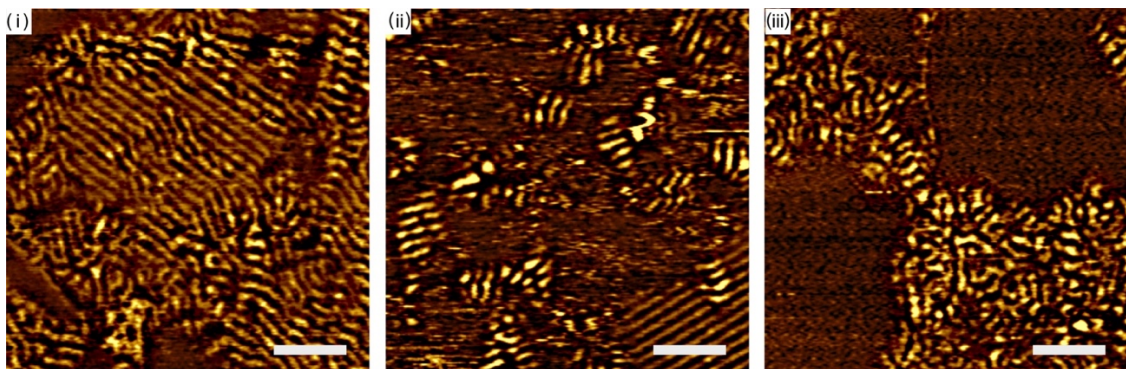


図 7. (i) **2**, (ii) **2** と BAHA の混合物, (iii) **2** と CC の混合物の AFM 像。スケールバー : 50nm  
(発行元より許可を得て転載，一部改変)

最後に，基板上における超分子ポリマーの形態を調べるために，原子間力顕微鏡をもちいた直接観測を行なった。調整した **2** の溶液を HOPG 板上にキャストし，減圧下で溶媒留去を行い，基板表面の組織を原子間力顕微鏡で観察したところ，一方向に配列した繊維状 (長さ  $103 \pm 37$  nm) の組織が観測された (図 7i)。このような繊維状の組織は，長く繋がったポリマー構造に特徴的に見られる組織であることから，超分子ポリマーpoly-**2** の生成が示唆された。一方，**2** と BAHA の混合物および **2** と CC の混合物の溶液から調整したサンプルにおいては，断片的な繊維状 (長さ  $21 \pm 8$  nm,  $19 \pm 6$  nm) の組織が観測された。この結果から，BAHA もしくは CC を加えることで，超分子ポリマーpoly-**2** の形成が阻害されるという結果が支持された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hirao Takehiro, Ono Yudai, Kawata Naomi, Haino Takeharu	4. 巻 22
2. 論文標題 Columnar Organization of Carbo[5]helicene Directed by Peripheral Steric Perturbation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 5294 ~ 5298
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.0c01421	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 Hirao Takehiro, Iwabe Yoshiki, Hisano Naoyuki, Haino Takeharu	4. 巻 56
2. 論文標題 Helicity of a polyacetylene directed by molecular recognition of biscalixarene and fullerene	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 6672 ~ 6675
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CC02506B	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 Hisano Naoyuki, Hirao Takehiro, Haino Takeharu	4. 巻 56
2. 論文標題 A dual redox-responsive supramolecular polymer driven by molecular recognition between bisporphyrin and trinitrofluorenone	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 7553 ~ 7556
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CC02474K	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 Nitta Natsumi, Takatsuka Mei, Kihara Shin ichi, Hirao Takehiro, Haino Takeharu	4. 巻 59
2. 論文標題 Self Healing Supramolecular Materials Constructed by Copolymerization via Molecular Recognition of Cavitand Based Coordination Capsules	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 16690 ~ 16697
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202006604	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 Guo Chenxing, Sedgwick Adam C., Hirao Takehiro, Sessler Jonathan L.	4. 巻 427
2. 論文標題 Supramolecular fluorescent sensors: An historical overview and update	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Coordination Chemistry Reviews	6. 最初と最後の頁 213560 ~ 213560
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ccr.2020.213560	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 Otsuki Joe, Okumura Takumi, Sugawa Kosuke, Kawano Shin ichiro, Tanaka Kentaro, Hirao Takehiro, Haino Takeharu, Lee Yu Jin, Kang Seongsoo, Kim Dongho	4. 巻 27
2. 論文標題 A Light Harvesting/Charge Separation Model with Energy Gradient Made of Assemblies of meta Pyridyl Zinc Porphyrins	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 4053 ~ 4063
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202003327	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 Takagi Koji, Yamaguchi Hinako, Miyamoto Daiki, Deguchi Yuka, Hirao Takehiro, Haino Takeharu	4. 巻 45
2. 論文標題 Stereoselectivity in dehydrative cyclic trimerization of substituted 4-alkylaminobenzoic acids	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 1187 ~ 1193
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0NJ05368F	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 Hirao Takehiro, Iwabe Yoshiki, Fujii Naoka, Haino Takeharu	4. 巻 143
2. 論文標題 Helically Organized Fullerene Array in a Supramolecular Polymer Main Chain	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 4339 ~ 4345
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.0c13326	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 Ono Yudai、Hirao Takehiro、Ikeda Toshiaki、Haino Takeharu	4. 巻 86
2. 論文標題 Self-Assembling Behavior and Chiroptical Properties of Carbazole-Cored Phenyl Isoxazolyl Benzenes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 5499 ~ 5505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.0c03005	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 Hirao Takehiro、Fukuta Kazushi、Haino Takeharu	4. 巻 11
2. 論文標題 Polymerization of a bis(calix[5]arene) derivative	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 17587 ~ 17594
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1RA02276H	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 Haino Takeharu、Hirao Takehiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Supramolecular Chemistry of Fullerenes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Handbook of Fullerene Science and Technology	6. 最初と最後の頁 1 ~ 31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-13-3242-5_36-1	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 Fujimoto Haruna、Shimoyama Daisuke、Katayanagi Katsuo、Kawata Naomi、Hirao Takehiro、Haino Takeharu	4. 巻 23
2. 論文標題 Negative Cooperativity in Guest Binding of a Ditopic Self-Folding Biscavitand	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 6217 ~ 6221
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.1c01837	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 Hisano Naoyuki, Hirao Takehiro, Haino Takeharu	4. 巻 50
2. 論文標題 Self-complementary Structure of Bisporphyrin Dimer	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1844 ~ 1847
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.210393	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 Machida Shiori, Kida Motoki, Muramatsu Satoru, Hirao Takehiro, Haino Takeharu, Inokuchi Yoshiya	4. 巻 125
2. 論文標題 Gas-Phase UV Spectroscopy of Chemical Intermediates Produced in Solution: Oxidation Reactions of Phenylhydrazines by DDQ	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry A	6. 最初と最後の頁 6697 ~ 6702
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpca.1c04669	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 Ono Yudai, Hirao Takehiro, Haino Takeharu	4. 巻 19
2. 論文標題 Solvent-directed formation of helically twisted stacking constructs via self-assembly of tris(phenylisoxazolyl)benzene dimers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Organic & Biomolecular Chemistry	6. 最初と最後の頁 7165 ~ 7171
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D10B01277K	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 Hirao Takehiro, Fujii Naoka, Iwabe Yoshiki, Haino Takeharu	4. 巻 57
2. 論文標題 Self-sorting behavior in supramolecular fullerene polymerization directed by host-guest complexation between calix[5]arene and C60	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 11831 ~ 11834
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CC05118K	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 Hamada Koki, Shimoyama Daisuke, Hirao Takehiro, Haino Takeharu	4. 巻 95
2. 論文標題 Chiral Supramolecular Polymer Formed via Host-Guest Complexation of an Octaphosphonate Biscavitand and a Chiral Diammonium Guest	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 621 ~ 627
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20210452	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 Takehiro Hirao	4. 巻 71
2. 論文標題 Non-Racemically Twisted Supramolecular Fullerene Polymers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 高分子	6. 最初と最後の頁 6
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 無
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 2件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Takehiro Hirao, Yoshiki Iwabe, Takeharu Haino
2. 発表標題 Helical fullerene polymers accessed via molecular recognition
3. 学会等名 第69回高分子学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久野尚之、ランズイ、平尾岳大、灰野岳晴
2. 発表標題 クレフト型ビスポルフィリンを基盤としたホスト - ゲスト相互作用および金属配位により形成される超分子ネットワークポリマーの開発
3. 学会等名 第69回高分子学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 福田和志、平尾岳大、灰野岳晴
2. 発表標題 フラレンとカリックス[5] アレーンの分子認識により制御されるPMMA の構造
3. 学会等名 第69回高分子学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小野雄大、平野喬平、平尾岳大、灰野岳晴
2. 発表標題 トリス (フェニルイソオキサゾリル)ベンゼンを導入したヘリセンの特異な会合挙動の制御
3. 学会等名 第69回高分子学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤井直香、灰野岳晴、平尾岳大
2. 発表標題 アミノ酸で修飾されたテトラキスポルフィリンの自己会合により形成されるらせん超分子ポリマー
3. 学会等名 第69回高分子学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Naoka Fujii, Tekehiro Hirao, Takeharu Haino
2. 発表標題 Helically Organized Supramolecular Polymer Formed via Self-Assembly of Tetrakisporphyrin with Chiral Side Chain
3. 学会等名 3rd Glowing Polymer Symposium in KANTO (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Naoyuki Hisano, Takehiro Hirao, Takeharu Haino
2. 発表標題 A Switchable Dual Redox-Responsive Supramolecular Polymer Possessing Bisporphyrin Cleft and Trinitrofluorenone
3. 学会等名 3rd Glowing Polymer Symposium in KANTO (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takehiro Hirao, Yoshiaki Iwabe, Naoka Fujii, Takeharu Haino
2. 発表標題 Non-racemic helical polymers with fullerene array on the polymer backbone
3. 学会等名 3rd Glowing Polymer Symposium in KANTO (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 久野尚之、平尾岳大、灰野岳晴
2. 発表標題 Redoxで制御される超分子ポルフィリンポリマーの構造
3. 学会等名 日本化学会中国四国大会 島根大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田真也、平尾岳大、灰野岳晴
2. 発表標題 キラルな親水性側鎖を導入したビス(フェニルオキサゾリル)ベンゼン誘導体を配位子にもつプラチナ(II)錯体の合成と機能
3. 学会等名 日本化学会中国四国大会 島根大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masaya Yoshida, Takehiro Hirao, Takeharu Haino
2. 発表標題 Self-assembling behaviors of platinum (II) complexes possessing hydrophilic triethylene glycol chains
3. 学会等名 The 17th Nano Bio Info Chemistry Symposium (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田真也、平尾岳大、灰野岳晴
2. 発表標題 親水性側鎖を導入したアセチレン配位子をもつプラチナ(II)錯体の自己集合
3. 学会等名 第14回有機電子系シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小野雄大、平尾岳大、灰野岳晴
2. 発表標題 トリス(フェニルイソオキサゾリル)ベンゼンを導入した[5]ヘリセンの複雑な会合挙動の制御
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田真也、平尾岳大、灰野岳晴
2. 発表標題 親水側鎖を導入したビス(フェニルイソオキサゾリル)ベンゼン配位子をもつ白金(II)錯体の自己集合
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福田和志、平尾岳大、灰野岳晴
2. 発表標題 カリックス[5]アレーンとフラレーンの分子認識を用いた超分子分岐ポリマーの合成
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Haruna Fujimoto, Daisuke Shimoyama, Takehiro Hirao, Takeharu Haino
2. 発表標題 Synthesis and Cooperative Molecular Recognition of Homoditopic Host Molecule with Rebek's Cavitands
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平尾岳大
2. 発表標題 特異な分子認識を駆動力とした超分子ポリマーの合成
3. 学会等名 第36回中国四国地区高分子若手研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岸野晴・平尾岳大・灰野岳晴
2. 発表標題 キラルな溶媒によって制御される超分子ポルフィリンポリマーのらせん構造
3. 学会等名 2021年日本化学会中国四国支部大会高知大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浜田幸希・下山大輔・平尾岳大・灰野岳晴
2. 発表標題 ビスキャピタンド分子の自己集合により生じる超分子らせんポリマー
3. 学会等名 2021年日本化学会中国四国支部大会高知大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岸野晴・平尾岳大・灰野岳晴
2. 発表標題 キラルな溶媒中におけるテトラキスポルフィリン超分子ポリマーのらせん構造
3. 学会等名 第18回ホスト・ゲスト・超分子化学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浜田幸希・下山大輔・平尾岳大・灰野岳晴
2. 発表標題 ビスキャピタンドの自己集合を駆動力とした超分子らせんポリマーの合成
3. 学会等名 第18回ホスト・ゲスト・超分子化学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平尾岳大・福田和志・灰野岳晴
2. 発表標題 末端にカリックス[5]アレーン部位を有するポリアルキルメタクリレートの合成
3. 学会等名 第37回有機合成セミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小野雄大・平尾岳大・灰野岳晴
2. 発表標題 トリス(フェニルイソキサゾリル)ベンゼン二量体の自己集合によるらせん超分子ポリマーの合成
3. 学会等名 第31回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岸野晴・平尾岳大・灰野岳晴
2. 発表標題 キラルな溶媒によるポルフィリン超分子ポリマーの構造制御
3. 学会等名 第31回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤本陽菜・下山大輔・平尾岳大・灰野岳晴
2. 発表標題 Rebek キャピタンドを導入したビスゾルシンアレーンホスト分子の合成と協同的分子認識
3. 学会等名 第31回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田真也・平尾岳大・灰野岳晴
2. 発表標題 ビス(フェニルイソキサゾリル)ベンゼン部位をもつ白金( )錯体の自己集合により生じる超分子ポリマーの特異な溶液物性
3. 学会等名 第31回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 浜田幸希・下山大輔・平尾岳大・灰野岳晴
2. 発表標題 ビスキャピタンドの金属配位により生じる超分子らせんポリマー
3. 学会等名 第31回基礎有機化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田真也・平尾岳大・灰野岳晴
2. 発表標題 アキラル側鎖を導入したビス(フェニルイソキサゾリル)ベンゼン配位子をもつ白金( )錯体の自己集合により生じる超分子ポリマーの特異な溶液物性
3. 学会等名 モレキュラーキラリティー2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小野雄大・平尾岳大・灰野岳晴
2. 発表標題 トリス(フェニルイソキサゾリル)ベンゼン二量体の自己集合と負の非線形キラル応答
3. 学会等名 モレキュラーキラリティー2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takehiro Hirao, Yoshiki Iwabe, Naoka Fujii, Takeharu Haino
2. 発表標題 Helically organized fullerene array within the supramolecular polymer chain
3. 学会等名 The 70th SPSJ Annual Meeting
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takehiro Hirao, Yoshiki Iwabe, Naoka Fujii, Takeharu Haino
2. 発表標題 Development of Non-racemic Helical Polymers with Fullerene Array on the Polymer Backbone
3. 学会等名 MIRAI 2.0 Digital Research and Innovation Week (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takehiro Hirao
2. 発表標題 Development of helical supramolecular fullerene polymers
3. 学会等名 2022 International Conference on Modern Challenges in Polymer Science and Technology (2022 MCPST) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岸野晴・平尾岳大・灰野岳晴
2. 発表標題 キラルな溶媒中における超分子ポルフィリンポリマーのらせん構造
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田真也・平尾岳大・灰野岳晴
2. 発表標題 親水側鎖を導入したビス(フェニルイソオキサゾリル)ベンゼン配位子をもつ白金( )錯体の自己集合
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小野雄大・平尾岳大・灰野岳晴
2. 発表標題 Self-Assembling Behavior and Negative Non-Linear Dependence of Hydrogen-Bonded Tris(phenylisoxazolyl)benzene Dimers
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<https://orgchem.hiroshima-u.ac.jp/>

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

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