

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02571

研究課題名(和文) 2D・1D・3Dナノ網状化による光学活性化フィルムの創製

研究課題名(英文) Fabrication of chiroptically-functionalized polymer film with 3D-nanofibrillar network formation via 2D-1D development of self-assembling system

研究代表者

伊原 博隆 (IHARA, HIROTAKA)

熊本大学・大学院先端科学研究部(工)・特任教授

研究者番号：10151648

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)：本研究は、LEDや太陽電池、ディスプレイ等、様々な分野で普遍的に必要とされる機能性透明材料の開発を目的とするものであり、軽く柔軟かつ高次機能が付与された新しい有機材料の開発を目指した。この課題に応える新戦略として、ポリマー中で発光性低分子がキラリに配列して一次的にナノ(1D)構造が形成される現象を利用した。具体的には、代表者らが開発してきたグルタミド誘導体やこれに準じたリシン誘導体から形成されるキラリナノ配向体をキラリな配向性テンプレートとして活用し、発光性低分子の配向状態を制御してCDやFD、円偏光発光(CPL)を発現する透明機能材料を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

CPLは通常光にない多元情報を含み、また角度依存性がないため様々な分野で応用が期待されている次世代光源である。CPLを生成する有機系材料については、これまでに優れた研究成果があるもの、強度は依然として小さく実用化に至っていない。そこで本研究では、キラリな1次元配向体と非キラリな発光色素との複合体を用いて、キラリな増幅現象を溶液系およびポリマー中で実現し、CPLを得る研究を実施した。このアプローチによる研究成果は、これまでの分子デザインと精密合成に立脚したキラリな蛍光色素の開発研究から脱却できるため、発光強度や発光帯域を自在に変えられる点で極めて有利であり、学術的ならびに社会的意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：In this study, we focused on functional transparent materials, which are universally required in various fields such as LEDs, solar cells, and displays, and aimed to develop new organic materials that are light, flexible, and highly functional. As a new strategy to solve this problem, we applied the phenomenon in which luminescent small molecules orient chirally in polymers to form one-dimensional (1D) nanostructures. Specifically, we used chiral nanofibrillar self-assemblies formed from glutamide derivatives and related lysine derivatives developed by us, as chiral templates to control the orientation state of luminescent small molecules and developed transparent materials that exhibit CD, FD, and circularly polarized luminescence (CPL).

研究分野：高分子機能材料

キーワード：高分子機能材料 自己組織化 高次キラリティ 繊維状会合体 光学フィルム

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

繊維材料の機能の一つとして、フィラーとしてバルクポリマー材料に複合化することにより、曲げ弾性率や引張強度、熱膨張係数などを制御し、また物理的強度を向上・強化させる現象が挙げられる。一般的に、ポリマーへの繊維の分散度が高いほどポリマーへの効果は高くなる。このような繊維の代表例としては、炭素繊維、アラミド繊維、ウイスカなどがある。近年、ナノサイズの直径を $m$ つセルロースナノファイバーは、無尽蔵で安価な原料から製造できるだけでなく、1本のセルロースナノファイバーの強度が鉄の5倍の強度を持つことから注目されている。そのため、プロセスコストの改善やバルク材料へのセルロースナノファイバーの分散方法を確立できれば、自動車、家電、住宅など、様々な材料分野で利用できるようになる。

一方、光学材料として最も重要な物理的要素の一つは透明性の確保であり、無機ガラスは、耐熱性、耐光性、耐薬品性に優れた透明材料である。光をエネルギー源とする物質変換やエネルギー変換の際の仕切り板として、ほぼ普遍的に使用されている。しかしながら、無機ガラスは重く、柔軟性がなく、脆く、耐衝撃性が求められている。これに対して有機ポリマーは軽くて柔らかく、加工性の良い透明材料であり、ガラスの長所と欠点を補うもっとも簡便な手法が、有機ポリマーを中間膜とする合わせガラスである。有機ポリマーは、元素レベルで本質的に軽く、硬度や柔軟性を調整でき、また、モノマーレベルで拡張機能をオーダーメイドできることも魅力である。このような有機ポリマーの特性を生かしながら機能を付与する方法の一つに、ポリマー中に前述の繊維状フィラーを配合する方法がある。この方法は、特に汎用ポリマーに適用でき、機能強化や機能変換に広く用いられている。中でもナノサイズのフィラーは光散乱性が低いため、透明性が求められる用途で特に注目されている。しかし、ナノフィラーの使用には課題が多く、現在はプロセスコストの低減と配合工程の簡素化も重要な焦点となっている。特に、配合工程の簡素化はナノ材料の比表面積の高さに起因する普遍的な問題であり、開発研究の障壁となることが多い。この問題は、前述のセルロースナノファイバーにも存在する。

### 2. 研究の目的

本研究は、高次機能を透明性の高いポリマー材料に付与することを目的としている。しかしながら、ポリマー中に機能性のナノ繊維を直接複合化する方法は課題も多い。何故なら、比表面積が大きく、表面エネルギーの高い繊維状物質をポリマー中に均質に分散させるには、そのための手法の開発が障壁となり、またナノ繊維の機能設計においても制限を強いることになる。そこで本研究では、ポリマー中に直接ナノ繊維を複合化する方法ではなく、図1に示すように、低分子性の

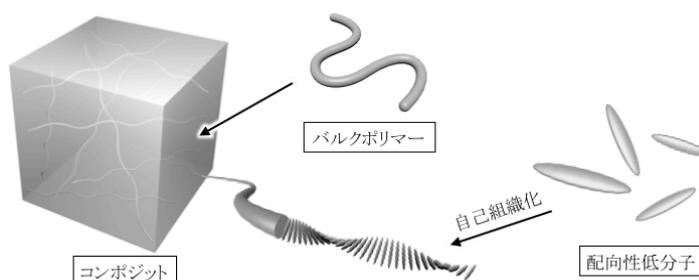


図1 本研究では、低分子材料をポリマー中で自己組織化的に配向集合させ、これに発光性色素を結合させることによって光学的な高次機能の発現を目指す。

の分子材料をポリマー中でナノ繊維状(1D状)に自己組織的に会合させる新しい戦略を提案した。同法のメリットは大きく、ポリマー材料との相溶性の問題はほぼ解決できる。さらには、自己組織化によって得られるキラル増幅機能をポリマー中で再現することが可能であり、これによって円二色性(CD)や蛍光性(FD)、円偏光発光性(CPL)等の光学活性をポリマー中に付与することが可能となる。

### 3. 研究の方法

本研究では、申請者らがこれまでに開発してきた自己組織化によって増幅キラリティを生成するアミノ酸誘導脂質、とくにグルタミン酸誘導体やリシン誘導体を元に、様々な官能基の導入することによって新たな機能性分子材料の開発を行った。増幅キラリティの検出には、主に分光学的な手法を適用し、吸収帯や発光帯の波長シフト、円二色性スペクトルおよび円偏光発光スペクトル等を調査した。1次元的な会合状態の検出には、透過型電子顕微鏡(TEM)ならびに共焦点レーザー顕微鏡を用いた。

### 4. 研究成果

#### 4.1 キラルな自己組織化分子材料の合成と会合特性の調査

本研究では、1次元ナノ繊維状会合を形成する分子材料として、キラル源にグルタミン酸あるいはリシンを基本構造に有する誘導体を合成した。図2に、本研究で合成あるいは利用した分子材料の化学構造を要約している。すべての誘導体は、2つのカルボン酸と一つのアミノ基を用いてアミド結合で官能基と長鎖アルキル基を導入している。官能基が親水性の  $G-CA$ 、 $G-Py^+$ 、 $L-CA$  は両親媒性構造であるため、主に水系で利用した。その他の誘導体は油溶性が高いため、非水系(有機溶媒系)で利用した。これらの分子材料が1次元的なナノ繊維状会合を形成することは、キャスト法で作製した薄膜に対して透過型電子顕微鏡(TEM)で観察した。また、溶液系での繊維状会合の形成については、TEM 観

察や蛍光色素を混在させた系を用いて、共焦点レーザー顕微鏡を用いて観察した。

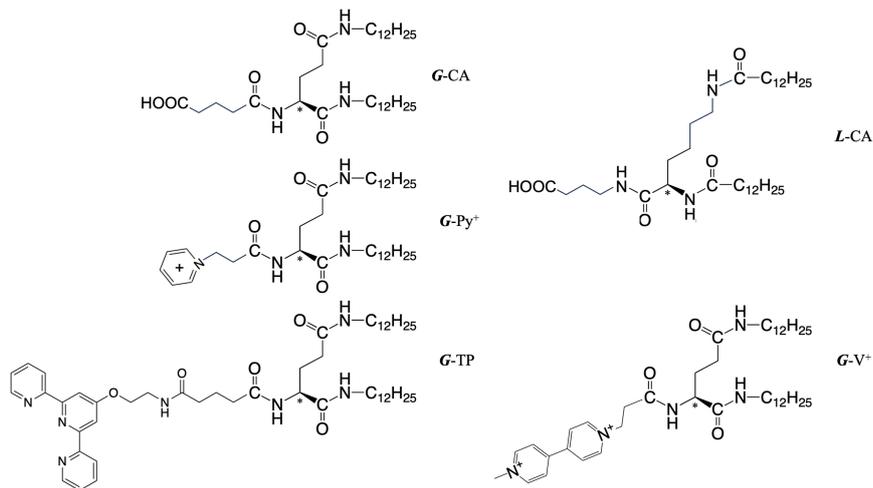


図2 本研究で用いたキラルな自己組織化分子材料

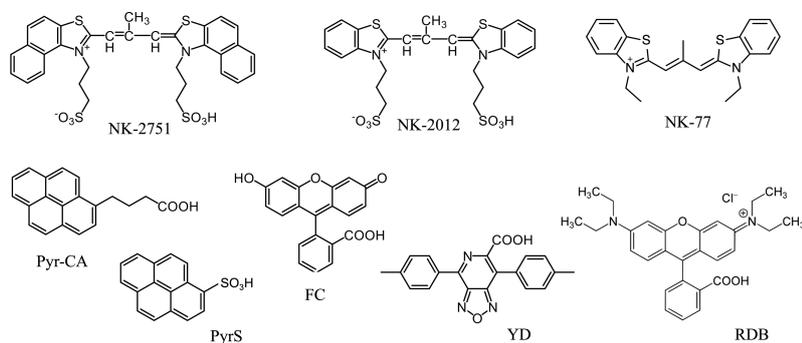
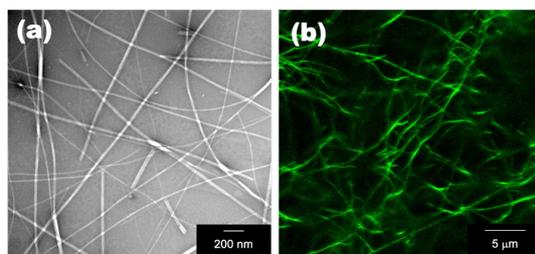


図3 本研究で用いた非キラルな蛍光色素

高濃度で観察することにより、溶液のゲル化現象が観察された。水系あるいはベンゼン系で得られたゲルを凍結乾燥することにより、白色のキセロゲルが得られた。このキセロゲルを走査電子顕微鏡観察すると、繊維状会合体からなる3Dネットワーク構造が観察された。

ナノ繊維状会合体を介した増幅キラリティーの誘起については、円二色性(CD)スペクトルによって観察した。たとえば、水系で会合する系については、200nm 前後の吸収帯で非常に大きなCD強度が得られることにより確認した。有機溶媒系で会合する系においては、官能基周りの吸収領域でのCDにより確認した。いずれの場合も、モノメリックに分散している系と比べてCD強度が格段に増大した。



#### 4.2 複合系によるキラル誘起とCPLの検出

会合により増幅キラリティーが観察される系に対して、非キラルな蛍光色素(図3)と複合化し、蛍光色素へのキラル誘起さらにはCPLの検出を行った。たとえば、アニオン性官能基を有するG-CAとL-CAに対してはカチオン性のNK-77を、カチオン性のG-Py<sup>+</sup>に対してはアニオン性のNK-2012やNK-2751を中心に複合化して調査した。図4には代表的な例として、G-Py<sup>+</sup>とNK-2012複合系の結果を要約している。図4(a)と図4(b)は、G-Py<sup>+</sup>が繊維状の会合体を形成することを、図4(b)はG-Py<sup>+</sup>からの繊維状会合体に蛍光性のNK-2012が結合している(あるいは取り込まれている)ことを示している。

NK-2012にはキラリティーが存在しないので、観察された非常に強度の高いCD値は、G-Py<sup>+</sup>に結合することによって誘起されていることを示している。NK-2012とG-Py<sup>+</sup>が相互作用している様

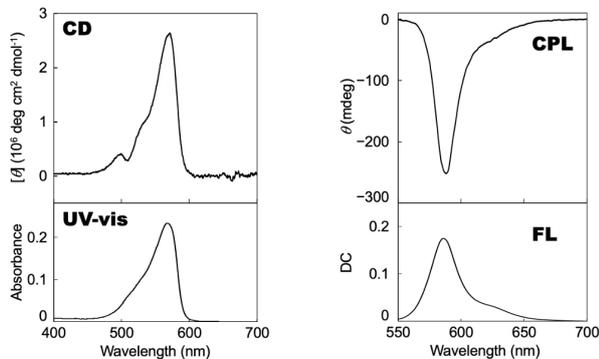


図4 G-Py<sup>+</sup>とNK-2012複合系における会合形態および各種光学特性:媒体は水系、25°C、[G-Py<sup>+</sup>]/[NK-2012]=20。(a)TEM写真、(b)共焦点レーザー顕微鏡写真。

を形成していることを示している。NK-2012とG-Py<sup>+</sup>が相互作用している様

子は、図4 (b) の共焦点レーザー顕微鏡観察の結果からも明らかである。一方、 $G\text{-Py}^+$ には蛍光性がないので、図4の蛍光スペクトルは NK-2012 によるものである。この発光域にキラル発光(CPL)が観察できるので、このCPLは  $G\text{-Py}^+$ によって誘起されていることがわかる。CPLの強度は  $g_{lum} > 0.1$  に達し、非常に大きな数値が得られた。本研究では、CPLの強度がキラルテンプレートと発光性色素との関係で顕著に増幅が見られることが判明した。たとえば、NK-77 と  $L\text{-CD}$  の組合せでは、 $g_{lum} = 0.16$  が観察された。

#### 4. 3 刺激応答性キラル分子材料の開発

本研究では、金属イオンや化学反応に応答して、増幅キラリティが変化する系についての探求も行った。 $G\text{-TP}$  は、金属イオンの種類に応答性を付与するためターピリジル基を導入したキラル分子材料である。図5左に示すように、 $G\text{-TP}$  は金属イオンの種類、すなわち錯形成によって増幅キラリティの大きさが顕著に変化した。なお、 $G\text{-TP}$  が分子分散している系ではこのようなキラリティは観察できないので、 $G\text{-TP}$  が配向集合することによって初めて発現する機能であることがわかる。

$G\text{-V}^+$ は、酸化還元応答性を示すビオローゲンを官能基とする誘導体である。 $G\text{-V}^+$ も TEM 観察の結果から繊維状会合体を形成することを確認している。還元剤によるビオローゲン基の化学還元後、溶液の色がオレンジ色から紫色に変化した。UV-vis 帯は赤方偏移し、CD 信号が反転することを確認した。その後、空気中の酸素で酸化すると、UV-vis および CD スペクトルは還元前のスペクトルに戻ったことから、 $G\text{-V}^+$ によるキラルな超分子自己組織化体が、酸化還元応答性キロプチカルスイッチに応用できる可能性を示している。

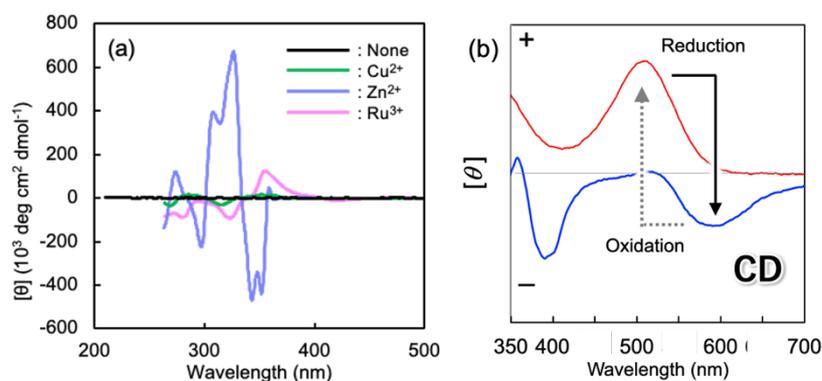


図5  $G\text{-TP}$ (a) と  $G\text{-V}^+$  (b) の光学特性における外部刺激応答性

#### 4. 4 ヘリカルポリマーをテンプレートとする増幅キラリティ

本研究では、自発的にヘリカルな構造を提供するポリ(L-リシン)に着目し、これをキラルテンプレートとした増幅キラリティの検出にも着手した。具体的には、ポリ(L-リシン)をメタノールに分散させることによって右巻き  $\alpha$ -ヘリックス状態を形成させ、これに NK2751 などのジスルホン酸系の蛍光色素との相互作用を調査した。その結果は、ポリ(L-リシン)に結合した色素はキラルなH型二量体の形成し、エキシマー発光を引き起こした。ストークスシフトは 230 nm に達した一方で、ポリ(L-リシン)がランダムコイル状態にある条件下ではストークスシフトが 40 nm 程度となった。一般に H 型二量体は消光を促進するが、ポリ(L-リシン)上で形成されるキラルねじれ状態の形成により蛍光発現に必要な電子遷移を可能にすることが示唆された。またキラリティ誘起現象は、非キラルな色素への円二色性および円偏光発光の両方を発生させることを確認した。

#### 4. 5 透明ポリマーフィルムへの CPL 機能の付与

図6は、 $G\text{-CA}$  と NK-77 を含有したポリスチレン溶液をガラス板にキャスト製膜したサンプルの光学特性を示したものである。 $G\text{-CA}$  がフィルム中で繊維状会合していること、ならびに NK-77 がこの会合体中に結合していることは、共焦点レーザー顕微鏡により確認した。フィルムはほぼ透明であり、ポリマー中での  $G\text{-CA}$  会合体の直径が十分に小さいことを示している。

図6左には、蛍光スペクトルと CPL スペクトルを重ね合わせて示している。NK-77 にはキラリティは存在しないので、NK-77 のキラリティは  $G\text{-CA}$  会合体により誘起されたものであり、こりによって CPL が発現されたことを示している。すなわち、溶液系で観察される誘起 CD および誘起 CPL が、ポリマーフィルム中でも再現できることが示された。

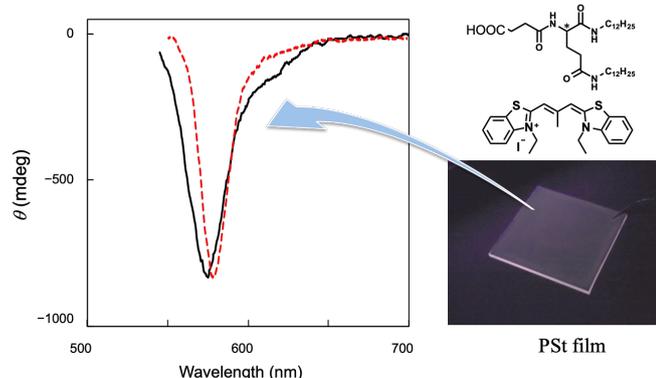


図6  $G\text{-CA}$  と NK-77 の複合系を含むポリスチレンフィルムの CPL スペクトル

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 7件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Nagatomo Nao, Oishi Hisashi, Kuwahara Yutaka, Takafuji Makoto, Oda Reiko, Hamada Taisuke, Ihara Hirotaka	4. 巻 11
2. 論文標題 Enantioselective Self-Assembled Nanofibrillar Network with Glutamide-Based Organogelator	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nanomaterials	6. 最初と最後の頁 1376 ~ 1376
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nano11061376	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 該当する
1. 著者名 Scalabre Antoine, Okazaki Yutaka, Kuppan Balamurugan, Buffeteau Thierry, Caroleo Fabrizio, Magna Gabriele, Monti Donato, Paolesse Roberto, Stefanelli Manuela, Nlate Sylvain, Pouget Emilie, Ihara Hirotaka, Bassani Dario M., Oda Reiko	4. 巻 33
2. 論文標題 Chirality induction to achiral molecules by silica coated chiral molecular assemblies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chirality	6. 最初と最後の頁 494 ~ 505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chir.23339	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 Kuwahara Yutaka, Ito Mio, Iwamoto Tatsumi, Takafuji Makoto, Ihara Hirotaka, Ryu Naoya, Mani Tomoyasu	4. 巻 12
2. 論文標題 Chemical redox-induced chiroptical switching of supramolecular assemblies of viologens	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 2019 ~ 2025
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1RA08984F	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 該当する
1. 著者名 Sultana Nahid, Kawahara Tomoki, Kuwahara Yutaka, Ihara Hirotaka, Takafuji Makoto	4. 巻 781
2. 論文標題 Supramolecular assembly of glutamide attached terpyridine-lanthanide complex with enhanced chirality and high fluorescence quantum yield	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Physics Letters	6. 最初と最後の頁 138968 ~ 138968
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cpllett.2021.138968	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 H. Oishi, S. Mashima, Y. Kuwahara, M. Takafuji, K. Yoshida, R. Oda, H. Qiu, H. Ihara	4. 巻 8
2. 論文標題 Polymer encapsulation and stabilization of molecular gel-based chiroptical information for strong, tunable circularly polarized luminescence film	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry C	6. 最初と最後の頁 8732-8735
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0TC01480J	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 R. Ryu, T. Kawaguchi, K. Tsutomu, H. Yanagita, Y. Okazaki, T. Buffeteau, K. Yoshida, T. Shirotsaki, S. Nagaoka, T. Makoto, H. Ihara, R. Oda	4. 巻 56
2. 論文標題 Chirality induction on non-chiral dye-linked polysilsesquioxane in nanohelical structures	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 7241 ~ 7244
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CC02224A	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 M. Takafuji, Y. Kawahara, N. Sultana, N. Ryu, K. Yoshida, Y. Kuwahara, R. Oda, H. Ihara	4. 巻 10
2. 論文標題 Extreme enhancement of secondary chirality through coordination-driven steric changes of terpyridyl ligand in glutamide-based molecular gels	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 29627 ~ 29632
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0RA05057A	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17件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Yutaka Kuwahara, Nao Nagatomo, Makoto Takafuji, Kyohei Yoshida, Shoji Nagaoka, Reiko Oda, Taisuke Hamada, Hirotaka Ihara
2. 発表標題 Enantioselective chiroptical response with glutamide-based supramolecular organogels
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mio Ito, Yutaka Kuwahara, Naoya Ryu, Tomoyasu Mani, Hirotaka Ihara, Makoto Takafuji
2. 発表標題 Chiroptical properties and their stability for supramolecular assemblies of viologen-modified glutamide derivatives and their reduced derivatives
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiro Matsunaga, Yutaka Kuwahara, Mio Ito, Tatsumi Iwamoto, Makoto Takafuji, Hirotaka Ihara
2. 発表標題 Chiroptical properties for chiral assembling systems of metal complexes induced by glutamide derivatives as supramolecular templates
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nahid Sultana, Tomoki Kawahara, Yutaka Kuwahara, Hirotaka Ihara, Makoto Takafuji
2. 発表標題 Photophysical characteristics of glutamide self-assembled terpyridine metal complexes
3. 学会等名 48th World Polymer Congress (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊東 美音、桑原 穰、岩本 竜弥、龍 直哉、高藤 誠、伊原博隆
2. 発表標題 電子授受によるカチオン性グルタミド超分子組織体の光学特性変化
3. 学会等名 第70回高分子学会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 N. Sultana, T. Kawahara, Y. Kuwahara, H. Ihara, M. Takafuji
2. 発表標題 Coordination-driven enhancement of binary signals of circular dichroism and fluorescence of molecular gels from terpyridine-attached glutamide
3. 学会等名 第69回高分子討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長友 奈帆、大石 寿、桑原 穰、高藤 誠、Cline Olivier、Yann Ferrand、Oda Reiko、伊原 博隆
2. 発表標題 円偏光発光を示す耐光性ポリマーフィルムの開発
3. 学会等名 第69回高分子討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 N. Ryu, S. Nagaoka, M. Takafuji, H. Ihara
2. 発表標題 Metal-Free Lysine-Based Chiral Co-Assembling System That Shows Large Circularly Polarized Luminescence with Strong Emission
3. 学会等名 Materials Research Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 N. Sultana, T. Kawahara, Y. Kuwahara, H. Ihara, M. Takafuji
2. 発表標題 Coordination-driven enhancement of supramolecular chirality and fluorescence of self-assembled molecular gel
3. 学会等名 The 15th International Student Conference on Advanced Science and Technology (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 M. Takafuji, T. Kawahara, N. Sultana, K. Yoshida, N. Ryu, Y. Kuwahara, R. Oda, H. Ihara
2. 発表標題 Coordination-driven secondary chirality enhancement of molecular gels from glutamide-attached terpyridine
3. 学会等名 10th International Colloids Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川原朋生、Nahid Sultana、龍直哉、永岡昭二、桑原穰、Eugenio Coronado、Reiko Oda、伊原博隆、高藤誠
2. 発表標題 錯形成による超分子ゲルの光学活性の増幅
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 真島彩佳、龍直哉、桑原穰、高藤誠、神徳啓邦、Oda Reiko、伊原博隆
2. 発表標題 マルチカイロ情報システムのためのポルフィリン官能化キラル分子集合
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 岡村直哉、桑原穰、高藤誠、伊原博隆
2. 発表標題 ピナフトールの直接重合による蛍光素材の合成
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 原田朋幸、龍直哉、永岡昭二、高藤誠、Oda Reiko、伊原博隆
2. 発表標題 キラル分子集合体をテンプレートとして作製したヘリカルシリカナノファイバーへのドーピングによるテルビウムイオンのキラル光学特性誘起
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 長友奈帆、大石寿、龍直哉、永岡昭二、桑原穰、高藤誠、伊原博隆
2. 発表標題 キラルな超分子ゲルを用いる不斉選択的な円偏光発光検出
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 松永将大、桑原穰、岩本竜弥、濱田翔平、伊原博隆、高藤誠
2. 発表標題 カチオン性グルタミド誘導体をテンプレートとする金属錯体複合超分子集合体の形成と機能性評価
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 龍直哉、岡崎豊、Pouget Emilie、高藤誠、永岡昭二、Oda Reiko、伊原博隆
2. 発表標題 キラル分子集合体を用いた蛍光性シアニン色素H-会合体の形成
3. 学会等名 第69回高分子学会年次大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 H. Ihara, M. Takafuji, Y. Kuwahara	4. 発行年 2021年
2. 出版社 IntechOpen	5. 総ページ数 31
3. 書名 Chaper 7: Chiroptical Polymer Functionalized by Chiral Nanofibrillar Network in Current Topics in Chirality-From Chemistry to Biology	

〔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
研究分担者	永岡 昭二 (Nagaoka Shoji)  (10227994)	熊本県産業技術センター(ものづくり室、材料・地域資源室、食品加工室)・その他部局等・研究主幹  (87402)	
研究分担者	高藤 誠 (Takafuji Makoto)  (50332086)	熊本大学・大学院先端科学研究部(工)・教授  (17401)	
研究分担者	沖田 紀子 (Okita Noriko)  (80916213)	沖縄工業高等専門学校・生物資源工学科・准教授  (58001)	

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		
フランス	Institut des Sciences Moleculaires	Institut de Chimie & Biologie	