

令和 2 年 4 月 20 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2015～2018

課題番号：15H02187

研究課題名（和文）超分子ゲルの高密度集積～高効率・高選択的HPLCのための新戦略

研究課題名（英文）High dense integration of supramolecular gel system for highly selective HPLC

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） 32,900,000円

研究成果の概要（和文）：複雑な成分から構成される混合物を迅速かつ精密に分析し、その中から有用な物質を分離・精製する技術は、古代から現代まで常に進化が求められてきた分析科学のタスクである。本研究は、この要求を満たすための新しい戦略的アプローチとして、機能性の官能基を精密に集積・配向させ、機能の増幅あるいは変換が可能となる超分子ゲルシステムを開発し、さらには、この超分子ゲルの機能をより効果的に発揮させるための高次構造の構築に着手した。結果として、この超分子ゲルシステムを導入した高選択的な液体クロマトグラフィ（HPLC）用分離剤の開発や、超分子ゲルと蛍光色素を組合せた分子センシングシステムの開発等に結びついた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

医学・薬学において有用な物質は、その構造がわずかに変化することによって薬にも毒にもなる。中でも、幾何異性体や光学異性体と呼ばれる化合物群は、そのどちらか一方に深刻な毒性が存在することが多く、これを除去することが求められている。本研究課題は、このような分離精製の難易度が高い化合物群に対して高い選択性を産みだすための新しい手法を提案、提供するために研究を実施した。具体的には、環状超分子のように、それ自身で高い選択性を示す機能性分子材料を用いず、単純な化学構造からなる官能基を集め、並べ、配向させることによって選択性を実現した。

研究成果の概要（英文）：The technology of rapidly and precisely analyzing mixtures composed of complex components and separating useful substances from them is one of the most important task in analytical science that has always been required to evolve from ancient times to the present. In this research, we aimed to demonstrate a new strategic approach replying for this demand by using a supramolecular gel system that can precisely integrate and orient functional groups and amplify or convert their functions. We also aimed to create highly-ordered structures to more effectively demonstrate the function of supramolecular gels. As a result, we have succeeded to develop highly selective separating materials for liquid chromatography (HPLC) through immobilization of this supramolecular gel system, and a molecular sensing system by combining our supramolecular gel and fluorescent dyes.

研究分野：高分子機能材料

キーワード：超分子ゲル 分子技術 分離剤 自己組織化 増幅キラリティ 液体クロマトグラフィ

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

複雑な混合物系から迅速かつ精密に有用物質を分離精製する技術を追求することは、分析化学が担う普遍的な使命である。とくに昨今のバイオテクノロジーの汎用化や、医薬品等の精密な純度分析・精製の需要拡大に伴って分離技術の革新が求められている。HPLCに代表されるカラム分離システムは、簡便かつ精密に分離・分析できる手法として活用されているが、拡大する物質の多様性に対応しきれていない。この問題の根底には、分析機器の進化や分離条件の最適化に頼ってきた側面があり、近年は極性相互作用を利用する HPLC が急速に発展しているものの、依然として分離機能剤の進化が遅れている事実は残っている。

高い選択性を実現する単純なアプローチは、酵素や抗体のような生体分子、あるいは合成環状超分子等を固定相中に固定化する手法である。このような分子認識型分子を直接利用する手法は、選択性を予測できる点で魅力あるものの、合成ルートが煩雑なものも多く、また固定化分子の選択性を超えることができないことや、ゲスト分子との結合力が高すぎるため、結果として理論段数の低下や分離対象の適用範囲が著しく制限されるなどの問題を伴い、普及の妨げとなっている。

2. 研究の目的

本研究では、環状超分子に代わる高選択的な分離・吸着を実現する新しい有機相および同システムを開発するため、申請者が永年研究してきた超分子ゲルシステムを同目的に適用し、具体的に次のような目標を設定して研究を進めた。(1)一次構造からの戦略的アプローチ～弱い相互作用点としてカルボニル基と π 共役系に焦点を当て、これらの相互作用点が自己組織化によって配向しうる分子ツールを設計・合成する。(2)二次構造からの戦略的アプローチ～機能設計された分子ツールを用い、所定の条件下で分子配向状態を形成させ、適切な固定化方法や重合方法等により配向状態の固定化を行う。(3)超分子ゲル機能を最大限に引き出すための戦略的アプローチ～超分子ゲルを高密度に担体中に封入(ハイブリッド化)し、超分子ゲルに基づく選択性を効果的に活用する。(4)応用展開～ハイブリッド化された超分子ゲルポリマーに基づく分離を、分子形状、電子状態、キラリティの視点から調査し、高選択的な分離剤やセンシングシステムとしての超分子ゲルの可能性、ならびに新しい界面増強法としての意義を明確にする。

3. 研究の方法

本研究は、下記4つの課題を設定し、研究を遂行した。研究の方法については、課題毎に説明する。

- I. 超分子ゲルツールの設計、合成、評価
- II. 超分子ゲル機能の担体への導入、機能のハイブリッド化
- III. π 共役系有機相の新規開発
- IV. π 共役系有機相と多孔質担体へのハイブリッド化

4. 研究成果

I. 超分子ゲルツールの設計、合成、評価

申請者らのこれまでの研究により、グルタミン酸をベース骨格とし、アミド結合を介して官能基が導入された誘導体(グルタミドと略称)は、官能基の親疎水性を調節することにより、水系および非水系の両系においてナノ繊維状の会合体を形成し、ある程度の濃度に達するとその溶液をゲル化させる現象を観察してきた。このような現象を分子ゲルあるいは超分子的な機能を発現することから超分子ゲルと呼んでいる^[1,2]。本研究では、図1(左)に示す新規の分子ゲル形成化合物を合成した。分子デザインとしては、ベースとなるアミノ酸のアミノ基を通じてシランカップリング用の官能基を導入し、担体として利用する多孔質シリカとの結合能を付与した。また、ベースアミノ酸のスペーサー長(x=1~3)とアルキル鎖長(R=C₁あるいはC₁₈)を系統的に変え、シリカとのハイブリッド化後の分子識別能に及ぼす効果を調査した。図1(右)は、アスパラギン酸(x=1)およびグルタミン酸(x=2)からの誘導体をメタノール中に分散させた時の透過型電子顕微鏡写真を示している。アジピン酸(x=3)の場合も含め、RにC₁₈基を導入することによって、グルタミド系で観察される典型的な繊維状会合が形成することを確認した。シリカとのハイブリッド化による分子識別能についてはIIで結果を要約する。

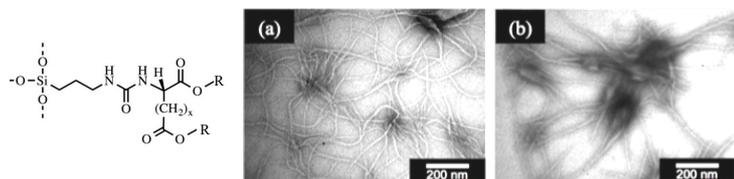


図1 開発された分子ゲル形成ツールの構造とメタノール中での代表的な会合挙動^[3]

アミノ酸をベース骨格とする分子ゲルの高次機能化を計るため、本研究では光官能基を導入したグルタミド誘導体を種々合成した。図2にその代表例を示している。

光官能基としてベンゾチオフェンを選択し、これをグルタミドのアミノ基を介して導入した **g-BT** を合成した。**g-BT** は種々の有機溶媒に可溶であつ

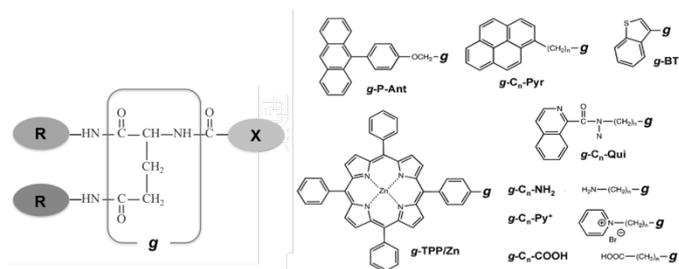


図2 グルタミドから誘導した機能性分子ゲルツール

たが、発光色が溶媒によって著しく異なることが明らかとなった。たとえば、シクロヘキサン中では水色 ($\lambda_{ex,max} = 545 \text{ nm}$) を呈するが、クロロホルム中では紫色 ($\lambda_{ex,max} = 375 \text{ nm}$) に発光した。この大きな発光色の差は溶媒により会合状態が異なることを示している。図3aに示すように、シクロヘキサン溶液系では繊維状の蛍光イメージが観察されるのに対し、クロロホルム中ではこのような会合構造は確認できなかった。シクロヘキサン中での繊維状の会合形成は、透過型電子顕微鏡観察 (図3b) から確認され、直径がナノレベルであることが判明した^[4]。

g-BT の興味深い会合現象は蛍光寿命に現れた。**g-BT** のクロロホルム溶液ではナノ秒オーダーが観察されたが、シクロヘキサン中ではミリ秒オーダーとなった。シクロヘキサン中では紫外-可視スペクトルにおける長波長シフトが観察されること、この新しい吸収帯に円偏光二色性が発現することなどから、図3cの挿入図に示すように、シクロヘキサン中では振れたスタッキング状態が形成され、ナノクリスタルに近い分散状態が生じているものと結論した^[4]。

本研究では、蛍光剤と分子ゲルの二成分からなる複合システムについても、その特異な分散挙動を明らかにした。図2中の **g-C₂-Py⁺** は、水中でナノ繊維状の会合体を形成することが明らかになっており、この系に市販の蛍光色素を添加して蛍光特性や円偏光二色性等を調査した。用いた蛍光色素群の一例を図4に示している。

図5左は、**g-C₂-Py⁺** が水中でナノ繊維状会合体を形成する条件下で、疎水性の蛍光色素 (アントラセンおよび同誘導体) を添加した時の円偏光発光 (CPL) スペクトルを示している^[5]。これらの色素にはキラリティは存在しないため、観察された CPL は、**g-C₂-Py⁺** からの誘導キラリティによるものである。**g** 値 (CPL の純度) はアントラセンで **0.01** を越えており、これまでに知られているキラルな環状超分子系蛍光色素^[6] と同等の **g** 値となった。

本研究では、分子ゲルシステムによる CPL 誘起についてさらに踏み込み、より高い相互作用が見込める蛍光色素として、図4中にリストしたアニオン系の色素を選択し、結果として、図5 (右) に示すように、有機系では世界最高値に相当する **g** 値ならびに用いる蛍光色素の発光波長を選択することにより、自在に CPL の発光波長を調節できることを明らかにした^[7]。

本研究では、光学機能と分子識別機能を合わせもった分子ゲルシステムについても検討した。図3の **g-TPP/Zn** は、亜鉛ポルフィリンの部分的选择的な軸配位により、会合形態、円偏光二色性、蛍光スペクトルおよび CPL が大きく変化することを確認した。同システムは、キラリティに応答する分子センサーとして、複数の分光学的シグナルを発信する新しい媒体となることが明らかとなった^[8]。

II. 超分子ゲル機能の担体への導入、機能のハイブリッド化
 本研究は、弱い相互作用点を集積・配向させることによって選択性の増幅や変換を試みることを重要な課題に挙げており、この目的を達するためにグルタミド系を含むアミノ酸系分子ゲルの多孔質担体 (シリカ) への導入とその選択的分離能について調査した。

図6は、カルボニル基を相互作用点として設計された有機相の代表的な構造を示している。(a) は I で紹介したアミノ酸系である^[4]。(b) は、カルボニル基を直線的に複数並べたものであり、本研究ではこの数についても議論した^[9,10]。(c) は、カルボニル基を並べる際に、交互共重合に基づく構造特性に着目して作製された有機相である^[11]。分離対象としては、図6中に示しているトコフェロールの異性体をはじめ、多環芳香族の構造異性体や幾何異性体について、従来の分離剤では分離困難なサンプルを選択した。

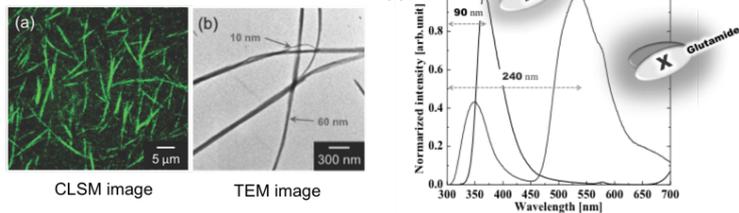


図3 **g-BT** のシクロヘキサン中での特異な分散状態の観

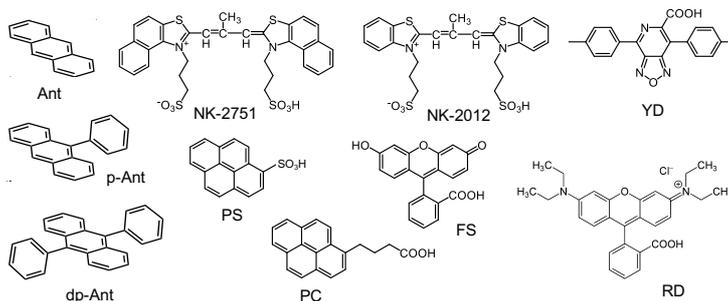


図4 本研究で用いたアニオン性の非キラルな蛍光色素

図4に市販の蛍光色素を添加して蛍光特性や円偏光二色性等を調査した。用いた蛍光色素群の一例を図4に示している。

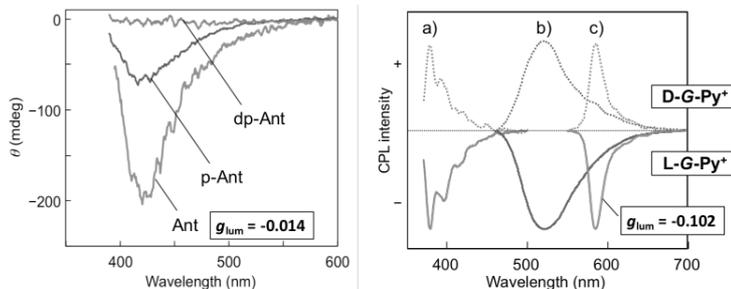


図5 グルタミド (**g-C₂-Py⁺**) により誘起された円偏光発光現象 (左: 疎水性色素、右: アニオン性色素)

図6fは、液体クロマトグラフィにおいて現在もっとも汎用的に利用されているODSを用いた場合のトコフェロールの分離挙動を示している。このクロマトグラムから明らかなように、長時間を要してもβ体とγ体の分離は不可能であった。これに対して、アスパラギン酸の誘導体を固定化した分離剤では、より短時間でβ体とγ体のベースライン分離が可能となった。熱分析や円偏光二色性、NMR等の結果を総合し、弱い相互作用点が配向状態を形成して集積されることにより、選択性が増幅したものと結論した。なお、同様の選択性増幅は(b)や(c)の分離剤でも観察された。

III. π共役系有機相の新規開発

IIでは、主に弱い相互作用点としてカルボニル基に焦点を当てたが、本研究では、π共役電子の集積とそれによる選択性の向上についても検討した。π電子共役系が集積されたもっとも分かりやすい例がカーボンブラックやグラファイトカーボンである。トップダウン型の破碎・粉碎によって微粒子に加工可能であるが、均質な粒径、粒度分布を実現することは難しい。また、グラファイトからの剥離により、超薄膜のグラフフェンシートが製造可能であるが、生成界面に不要な化学種が生じ、凝集しやすく、サイズ制御も難しい。そこで本研究は、分子材料からのボトムアップ型のカーボン(π電子共役系)材料の開発に着手した。

本研究で開発されたカーボン系微粒子^[12,13]は、真球状かつ単分散性であることが最大の特徴となるが、製造法そのものにも優位性がある。要約すると、(1)合成プロセス、精製プロセスともに単純であり、ナノサイズからマイクロサイズまでの真球状粒子を作製することができる。この優位性は、界面活性剤のような添加物をいっさい利用しないため、残存するモノマー等を洗浄操作のみによって除去することにより成立する。従って、従来の微粒子材で問題となっている微粒子表面への添加物の吸着もない。(2)自発的に単分散性微粒子に成長する手法であるため、格段に高い単分散度を求めない限り、分級プロセスを必要としない。(3)モノマーの初期濃度や溶媒を選択することによって、基本操作を変えことなく粒径制御が可能である。

図7に、同法で利用できる代表的なモノマーを示している。カーボン系微粒子を製造するには、主に1,5-DHNを利用した。1,5-DHNとTMTAを極性溶媒中に混合し、マイクロ波合成装置中で数分加熱攪拌すると、反応溶液は緑褐色に着色した。回収物はこの段階では黒色化していないが、さらに熱処理することによって黒色化した。図8a, bには、得られる粒子(代表例)の電子顕微鏡写真と粒度分布を示している。粒子は真球状かつ単分散性であった。大量合成を目的とする場合は、マイクロ波合成装置を利用せずに通常の加熱攪拌装置を用いる。この場合、反応時間は数時間~6時間程と長くなるが、回収率は概ね70~95%程度を確保することができた。

微粒子のカーボン化促進は、マイクロ波合成装置で300°Cに加熱すると黒色化が進むが、より大量に黒色化を行うには、チツソ雰囲気下での熱処理が便利であった。なお、熱処理により可視光領域の反射率が著しく低下することを確認した。また熱処理は粒径を10~15%程度縮小させたが、黒色化後も真球状を維持した。

ポリマー化および黒色化(カーボン化)の機構はまだ解明できていないが、熱処理によりTMTA由来のチツソ含有量が著しく減少し、¹³C-NMRによりsp³炭素の減少、sp²炭素の増加が観察された。また、熱処理前の粒子は低温での分解が観察されるのに対して、熱処理によって分解温度は高温側にシフトし、耐熱性が著しく向上した。これらのことから、熱処理は、脱チツソ反応に伴う構成ポリマーの架橋反応と共役系拡張反応の両方が進んでいるものと推測される。

カーボン化微粒子の水分散性は比較的良好であった。同粒子の水分散液におけるゼータ電位を測定すると、酸性水溶液中ではプラスに荷電し、アルカリ溶液中ではマイナスに荷電することが明らかとなった。これらの結果は、ポリマー微粒子中にフェノール性水酸基とTMTA由来のアミン残基の存在を示唆している。なお、熱処理による黒色化反応後は、アミン残基量が大幅に減少するため、酸性水溶液中での分散性は低下した。

本研究で開発されたカーボン系粒子作製技術は、蛍光性粒子の作製にも展開できることを明らかにした^[14]。図7に示すモノマーの中から、2,6-ジヒドロキシ体を選択すると、得られる粒子のカーボン化は進まず、架橋されたゲル粒子が生成し、蛍光性を維持することが明らかとなった。図8c, dには、2,6-DHAと9,9'-BHFから作製された微粒子の電子顕微鏡写真を示している。得られた粒子は蛍光性を

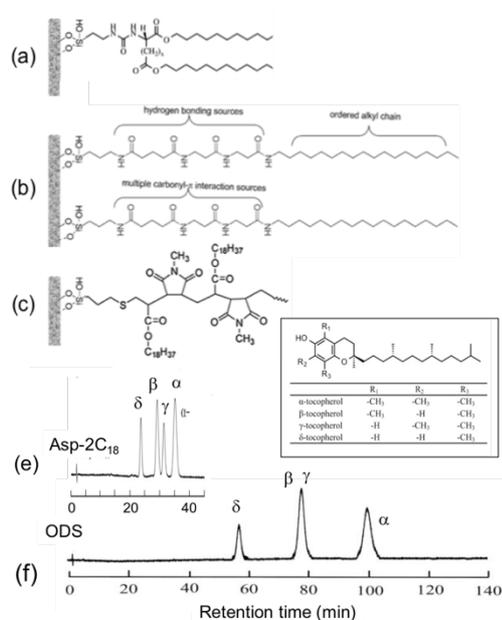


図6 本研究で作製した分子ゲルと多孔質シリカのハイブリッド例(a~c)および高選択的分離を実現した例(e)。

(f)は市販のODSによる参考データ。

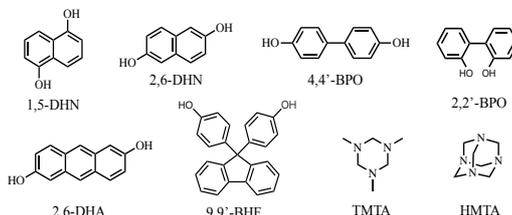


図7 カーボン系微粒子の製造に用いた主なモノマー群

示すだけでなく、種々のポリマー材料との相溶性も高いため、今後機能性ナノファイバーとしての展開が期待できる。なお図8eは、2,6-DHA から作製された粒子の蛍光色が溶媒によって著しく異なることを示しており、同特性がポリマー材中においても発揮されることを確認した。

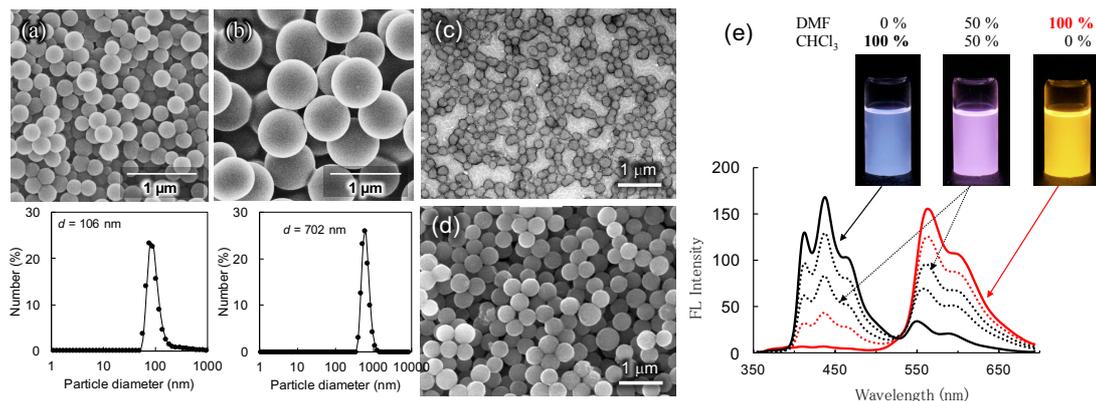


図8 作製された微粒子の一例:(a, b) 1,5-DHN、(c) 2,6-DHA、(d) 9,9'-BHF。(e) 2,6-DHA から作製された微粒子の蛍光ソルバトクロミズムの一例。

IV. π 共役系有機相と担体のハイブリッド化^[15-17]および高選択的分離への応用^[17]

IIIで確立したカーボン系および蛍光性微粒子作製法を、コロイダルシリカや多孔質シリカ粒子の存在下で実施すると、シリカ界面にポリマーを被覆することができることを確認した。図9は、平均直径(D_{av}) 4.37 nm、平均細孔径(PS_{av}) 12.0 nm の多孔質シリカ粒子の存在下で、1,5-DHN と TMTA を用いて重合した際に得られるハイブリッド微粒子の電子顕微鏡写真および各種パラメータを示している。ポリマーの被覆によって細孔径(PS_{av})や比表面積(S_m)、細孔容積(PV)は減少したが、基本的な多孔質特性は維持されており、また粒子形状の変化はほとんどない。黒色化プロセス後に比表面積値と細孔容積値が原料シリカの値に近づく現象は、 π 共役系の伸展反応に伴うポリマーの収縮によるものであり、また平均細孔径が原料シリカより大きくなる現象は、シリカ中に存在する微細孔が埋没(消失)したためと推測される。このようにして得られたカーボン被覆シリカは、吸着剤として極めて高い選択性を示すことも明らかにした(表1)。

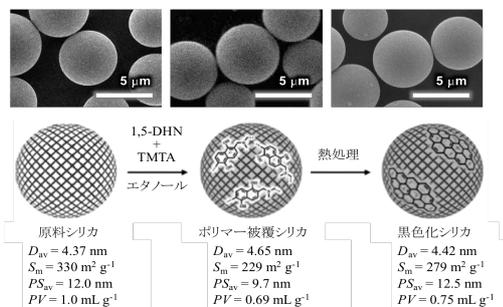


図9 多孔質シリカ粒子へのカーボン被覆

表1 カーボン被覆シリカの特異吸着能

	ODS		P _{17-78/560} (Black silica)		
	<i>k</i>	α	<i>k</i>	α	
<i>cis</i> -Stilbene	0.88	1.08	0.98	13.7	14.0
<i>trans</i> -Stilbene	0.82				
<i>o</i> -Terphenyl	0.99	1.06	0.25	30.3	121
<i>m</i> -Terphenyl	1.12		6.62		
<i>p</i> -Terphenyl	1.19		1.20		

^aMobile phase: CH₃CN for P_{17-78/560} and CH₃CN/H₂O (v/v) = 90/10 for ODS. Flow rate: 1.0 mL min⁻¹. Column temperature: 20 °C.

参考文献

- [1] H. Ihara, et al., Luminescent Supramolecular Gel for Light Management Technology in *Molecular Technology*, Vol.4, Chapter 11, pp.297-337, 2019, edited by H. Yamamoto and T. Kato, Wiley. [2] H. Ihara, et al., Self-assembled nanofibers in *Encyclopedia of Nanoscience & Nanotechnology*, Vol. 9, pp.473-495, 2004, American Scientific Publishers, California. [3] H. Noguchi, H. Ihara, et al., *Separation*, 3, 25-34, (2016). [4] K. Yoshida, H. Ihara, et al., *Chem. Commun.*, 53, 5044-5047 (2017). [5] Y. Okazaki, H. Ihara, et al., *Chem. Lett.*, 45, 448-450 (2016). [6] M. Gon, Y. Morisaki, Y. Chujo, *J. Mater. Chem. C*, 2015, 3, 521. [7] T. Goto, H. Ihara, et al., *Angew. Chem. Inter. Ed.*, 56, 2989-2993 (2017). [8] S. Mashima, H. Ihara, et al., *Chem. Lett.*, 49, 368-371 (2020). [9] A. K. Mallik, H. Ihara, et al., *Chem. Commun.*, 51, 14243-14246 (2015). [10] A. K. Mallik, H. Ihara, et al., *Anal. Chem.*, 87, 6614-6621 (2015). [11] A. K. Mallik, H. Ihara, et al., *J. Chromatogra. A*, 1555, 53-61 (2018). [12] A. Murakami, H. Ihara, et al., *Chem. Lett.*, 46, 680-682 (2017). [13] N. Hano, H. Ihara, et al., *ACS Applied Nano Materials*, 2, 3597-3605 (2019). [14] N. Yamada, H. Ihara, et al., *Chem. Eur. J.*, 25, 1-9 (2019). [15] M. Nuruzzaman Khan, Y. Orimoto, H. Ihara, *Chem. Commun.*, 54, 13204-13207 (2018). [16] S. Pathan, H. Ihara, et al., *Chem. Lett.*, 48, 1088-1091 (2019). [17] H. Noguchi, H. Ihara, et al., *Chem. Lett.*, 46, 1233-1236 (2017).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計27件（うち査読付論文 27件/うち国際共著 18件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 S. Mashima, N. Ryu, Y. Kuwahara, M. Takafuji, H. Jintoku, R. Oda, H. Ihara	4. 巻 49
2. 論文標題 Multi-chiro-informative system created by a porphyrin-functionalized chiral molecular assembly	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 368-371
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) org/10.1246/cl.200018	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 N. Yamada, H. Noguchi, Y. Orimoto, Y. Kuwahara, M. Takafuji, S. Pathan, R. Oda, A. Rahmuri, M. Ramzanov, H. Ihara	4. 巻 25
2. 論文標題 Emission color control in polymer film by memorized fluorescence solvatochromism due to a new class of totally-organic fluorescent nanogel particles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) org/10.1002/chem.201901239	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 A. K. Mallik, Md. L. Habib, F. N. Robel, Md. Shahruzzaman, P. Haque, M. M. Rahman, D. Vasudevan, D. J. Martin, Y. Yamauchi, A. K. Nanjundan, M. Takafuji, H. Ihara	4. 巻 4
2. 論文標題 Reduced graphene oxide (rGO) prepared by metal induced reduction of graphite oxide improves the conductive behavior of poly(methyl methacrylate) (PMMA)/rGO composite	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ChemistrySelect	6. 最初と最後の頁 7954-7958
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) org/10.1002/slct.201901281	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 S. Pathan, H. Noguchi, N. Yamada, Y. Kuwahara, M. Takafuji, R. Oda, H. Ihara	4. 巻 48
2. 論文標題 Fabrication of fluorescent one-dimensional-nanocomposites through one-pot self-assembling polymerization on nano-helical silica	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1088-1091
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) org/10.1246/cl.190339	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 N. Hano, M. Takafuji, H. Noguchi, H. Ihara	4. 巻 6
2. 論文標題 Surface charge-controlled, monodisperse black-colored nanoparticles exhibiting selective reflectance of NIR wavelengths	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACS Applied Nano Materials	6. 最初と最後の頁 3597-3605
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsanm.9b00555	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 A. K. Mallik, S. Guragain, M. M. Rahman, M. Takafuji, H. Ihara	4. 巻 2
2. 論文標題 L-Lysine-derived highly selective stationary phases for hydrophilic interaction chromatography: Effect of chain length on selectivity, efficiency, resolution, and asymmetry	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Separation Science Plus	6. 最初と最後の頁 42-50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) org/10.1002/sscp.201800148	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. Nuruzzaman Khan, Y. Orimoto, H. Ihara	4. 巻 54
2. 論文標題 Amphiphilic spherical nanoparticles with nitrogen-enriched carbon-like surface by using beta-lactoglobulin as template	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 13204-13207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CC07532H	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 A. K. Mallik, H. Qiu, M. Takafuji, H. Ihara	4. 巻 108
2. 論文標題 High molecular-shape-selective stationary phases for reversed-phase liquid chromatography	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Trends in Analytical Chemistry	6. 最初と最後の頁 381-404
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.trac.2018.09.003	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, Md. Shahrzuzaman, K. Sasahara, H. Ihara	4. 巻 41
2. 論文標題 Preparation and characterization of novel hydrophilic interaction/ion exchange mixed-mode chromatographic stationary phase with pyridinium-based zwitterionic polymer-grafted porous silica	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Separation Science	6. 最初と最後の頁 3957-3965
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jssc.201800578	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 A.Mallik, M. M. Rahman, M. Takafuji, H. Ihara	4. 巻 1555
2. 論文標題 Facile preparation of an alternating copolymer-based high molecular shape-selective organic phase for reversed-phase liquid chromatography	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Chromatography A	6. 最初と最後の頁 53-61
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) org/10.1016/j.chroma.2018.04.047	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 A. K. Mallik, H. Noguchi, Y. Han, Y. Kuwahara, M. Takafuji, H. Ihara	4. 巻 5
2. 論文標題 Enhancement of Thermal Stability and Selectivity by Introducing Aminotriazine Comonomer to Poly(Octadecyl Acrylate)-Grafted Silica as Chromatography Matrix	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Separation	6. 最初と最後の頁 15-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) org/10.3390/separations5010015	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. Liu, T. Liu, M. Takafuji, H. Qiu, H. Ihara	4. 巻 41
2. 論文標題 Monodisperse melamine-formaldehyde polymer-modified silica core-shell microspheres prepared through a facile microwave-assisted method	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 11517-11520
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7NJ02266B	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 N. Hano, M. Takafuji, H. Ihara	4. 巻 53
2. 論文標題 One-pot preparation of polymer microspheres having wrinkled hard surfaces through self-assembly of silica nanoparticles	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 9147-9150
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CC05132H	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 Murakami Akiko, Noguchi Hiroki, Kuwahara Yutaka, Takafuji Makoto, Nozato Shoji, Sun Ren-de, Nakasuga Akira, Ihara Hirotaka	4. 巻 46
2. 論文標題 Non-conductive, Size-controlled Monodisperse Black Particles Prepared by a One-pot Polymerization and Low-temperature Calcination	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 680-682
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1246/cl.170084	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 Goto Taisei, Okazaki Yutaka, Ueki Masahiro, Kuwahara Yutaka, Takafuji Makoto, Oda Reiko, Ihara Hirotaka	4. 巻 56
2. 論文標題 Induction of Strong and Tunable Circularly Polarized Luminescence of Nonchiral, Nonmetal, Low-Molecular-Weight Fluorophores Using Chiral Nanotemplates	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 2989-2993
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201612331	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 Goto Taisei, Okazaki Yutaka, Ueki Masahiro, Kuwahara Yutaka, Takafuji Makoto, Oda Reiko, Ihara Hirotaka	4. 巻 129
2. 論文標題 Induction of Strong and Tunable Circularly Polarized Luminescence of Nonchiral, Nonmetal, Low-Molecular-Weight Fluorophores Using Chiral Nanotemplates	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie	6. 最初と最後の頁 3035-3039
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1002/ange.201612331	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 Yoshida Kyohei, Kuwahara Yutaka, Miyamoto Koji, Nakashima Seiya, Jintoku Hirokuni, Takafuji Makoto, Ihara Hirotaka	4. 巻 53
2. 論文標題 A room-temperature phosphorescent polymer film containing a molecular web based on one-dimensional chiral stacking of a simple luminophore	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 5044-5047
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CC00395A	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 Noguchi Hiroki, Liu Tianhang, Nozato Shoji, Kuwahara Yutaka, Takafuji Makoto, Nagaoka Shoji, Ihara Hirotaka	4. 巻 46
2. 論文標題 Novel Black Organic Phase for Ultra Selective Retention by Surface Modification of Porous Silica	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1233-1236
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.170449	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 Houmei Liu, Jia Chen, Zhan Li, Makoto Takafuji, Hirotaka Ihara, Hongdeng Qiu	4. 巻 164
2. 論文標題 A new route for synthesis of N-methylimidazolium-grafted silica stationary phase and reevaluation in hydrophilic interaction liquid chromatography.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Talanta	6. 最初と最後の頁 137-140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.talanta.2016.11.037.	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. Ihara, M. Takafuji, Y. Kuwahara	4. 巻 48
2. 論文標題 Polymer Functionalization by Luminescent Supramolecular Gel.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Polymer Journal	6. 最初と最後の頁 843-853
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/pj.2016.53	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 Shoji Nozato, Akira Nakasuga, Takuya Wada, Hiroshi Yoshitani and Hirotaka Ihara	4. 巻 45
2. 論文標題 A Facile and Green Method to Prepare Conductive Carbon-coated Polymer Microspheres Using Supercritical Carbon Dioxide	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 92-94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) org/10.1246/cl.150937	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 H. Noguchi, T. Liu, M. Takafuji, H. Ihara	4. 巻 3
2. 論文標題 Effects of alignment of weak interaction sites in molecular shape recognition high-performance liquid chromatography.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Separation	6. 最初と最後の頁 25-34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/separations3030025	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 M. Shahruzzaman, M. Takafuji, H. Ihara	4. 巻 45
2. 論文標題 Tuning of Separation Mode using Pyridinium Salt-Branched Ionic Polymer-Grafted Silica as Stationary Phase in HPLC.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 13-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.150890	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 A. K. Mallik, H. Qiu, Y. Kuwahara, M. Takafuji, H. Ihara	4. 巻 51
2. 論文標題 Remarkable enhancement of selectivity towards ultraversatile analytes by a strategically integrated H-bonding site containing phase.	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 14243-14246
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C5CC04966K	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 Y. Okazaki, T. Goto, R. Sakaguchi, Y. Kuwahara, M. Takafuji, R. Oda, H. Ihara	4. 巻 45
2. 論文標題 Facile and versatile approach for generating circularly polarized luminescence by dye-on-nanotemplate composite system	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 448-450
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.160047	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. Noguchi, M. Takafuji, V. Maurizot, I. Huc, H. Ihara	4. 巻 1437
2. 論文標題 Chiral separation by terminal chirality triggered P-helical quinoline oligoamide foldamer	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Chromatography A	6. 最初と最後の頁 88-94
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C5CC04966K	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 A. K. Mallik, H. Qiu, Y. Kuwahara, M. Takafuji, H. Ihara	4. 巻 51
2. 論文標題 Remarkable enhancement of selectivity towards ultraversatile analytes by a strategically integrated H-bonding site containing phase	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 14243-14246
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C5CC04966K	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36件 (うち招待講演 14件 / うち国際学会 30件)

1. 発表者名 Hirotaka Ihara, Sayaka Mashima, Hisashi Oishi, Yutaka Kuwahara, Makoto Takafuji, Yutaka Okazaki, Reiko Oda
2. 発表標題 Strong and Tunable Circularly Polarized Luminescence Induced by Chiral Supramolecular Gel
3. 学会等名 31th International Symposium on Chirality (Chirality 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hirotaka Ihara
2. 発表標題 Enantioselective complex formation by chirally ordered porphyrine
3. 学会等名 The 3rd Bilateral Academic Symposium of China-Japan Joint Research Program of New Technology on Separation and Analysis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Ihara, M. Takafuji, Y. Kuwahara, K. Yoshida, H. Oishi, Y. Okazaki, R. Oda
2. 発表標題 Circularly Polarized Luminescent Polymer Film Fabricated with Chiral Nano-fibrils
3. 学会等名 Nanotech France 201 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 第66回高分子学会年次大会, 千葉
2. 発表標題 共役系分子を用いた多孔質微粒子界面の簡便な被覆手法の開発と高選択的吸着剤としての応用
3. 学会等名 野口広貴, 劉天航, 野里省二, 高藤誠, 伊原博隆
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Okazaki, T. Buffeteau, E. Siurdyban, D. Talaga, N. Ryu, E. Pouget, M. Takafuji, H. Ihara, R. Oda
2. 発表標題 Twisted and helical silica nanoribbons: chirality-induced polymerization and quantitative evaluation of siloxane chirality
3. 学会等名 The 9th International Symposium "Molecular Mobility and Order in Polymer Systems", St.Petersburg, Russia (国際学会)
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 Y. Okazaki, T. Goto, Y. Kuwahara, M. Takafuji, R. Oda, H. Ihara
2 . 発表標題 Supramolecular gel system for strong and tunable circularly polarized luminescence
3 . 学会等名 The 9th International Symposium “Molecular Mobility and Order in Polymer Systems”, St.Petersburg, Russia (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 H. Noguchi, A. Murakami, T. Liu, Y. Kuwahara, S. Nozato, M. Sultana, H. Qiu, M. Takafujim H. Ihara
2 . 発表標題 Development of size-controlled monodisperse black particles by one-pot polymerization
3 . 学会等名 The 9th International Symposium “Molecular Mobility and Order in Polymer Systems”, St.Petersburg, Russia (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 H. Ihara, K. Yoshida, Y. Okazaki, Y. Kuwahara, M. Takafuji, R. Oda
2 . 発表標題 Totally-organic, room-temperature phosphorescent polymer system achieved by supramolecular web
3 . 学会等名 The 9th International Symposium “Molecular Mobility and Order in Polymer Systems”, St.Petersburg, Russia (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 H. Ihara, K. Yoshida, Y. Okazaki, Y. Kuwahara, M. Takafuji, R. Oda
2 . 発表標題 Chiral Luminescent Molecular Gels Delivered from L-Glutamide Lipids
3 . 学会等名 The Asian Society for Colloid and Surface Science, ASCASS, Kuala Lumpur, Malaysia (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 Y. Han, H. Noguchi, Y. Kuwahara, M. Takafuji, H. Qiu, H. Ihara
2. 発表標題 Black coatings on porous diatomites for application in adsorbents
3. 学会等名 International Porous and Powder Materials Symposium and Exhibitions (PPM2017), Kusadasi, Turkey (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yige Han, Hiroki Noguchi, Yutaka Kuwahara, Makoto Takafuji, Shoji Nagaoka, Hirotaka Ihara
2. 発表標題 平成29年度 繊維学会秋季研究発表会, 宮崎
3. 学会等名 A novel -conjugated copolymer-modified cotton fiber: utilization for dye adsorption
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yige Han, Hiroki Noguchi, Yutaka Kuwahara, Makoto Takafuji, Shoji Nagaoka, Hirotaka Ihara
2. 発表標題 HPLC 2017 Jeju, Jeju, Korea
3. 学会等名 A novel -conjugated polymer-modified cotton fiber for dye adsorption (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉田恭平、桑原 穰、宮本皓史、中島聖矢、神徳啓邦、高藤 誠、伊原博隆
2. 発表標題 ベンゾチオフェン誘導体のナノ繊維状会合体を用いた室温熾光性フィルム
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会, 東京
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hirotaka Ihara
2. 発表標題 Remarkable Enhancement of Selectivity in HPLC through Strategical Integration of Weak Interaction Sites
3. 学会等名 International Symposium on New Technology of Separation and Analysis of Natural Products (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Hirotaka Ihara
2. 発表標題 Supramolecular Gel: Functional Design to Application for HPLC
3. 学会等名 22nd Bratislava International Conference on Macromolecules(BICM 2016) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 H. Ihara
2. 発表標題 Self-assembled Nano-Fibrillar Network System for Generating Strong Circularly Polarized Luminescence
3. 学会等名 EMN Meeting On Hydrogel Materials 2016 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Taisei Goto, Yutaka Okazaki, Masahiro Ueki, Yutaka Kuwahara, Makoto Takafuji, Reiko Oda, Hirotaka Ihara
2. 発表標題 CPL-generating transparent polymer films enclosing dye-on-template composite system
3. 学会等名 the 11th SPSJ International Polymer Conference (IPC2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1 . 発表者名 Kazufuza Sasahara, Md. Shahruzzaman, Makoto Takafuji, Hirotaka Ihara
2 . 発表標題 Application of polyzwitterion-grafted porous silica to hydrophilic interaction liquid chromatography
3 . 学会等名 the 11th SPSJ International Polymer Conference (IPC2016) (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Tianhang Liu, Hiroki Noguchi, Makoto Takafuji, Hirotaka Ihara
2 . 発表標題 Preparation of carbon material coating-silica and its characterization
3 . 学会等名 The 11th International Student Conference on Advanced Science and Technology (ICAST 2016) (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 T. Liu, H. Noguchi, Y. Kang, H. Qiu, M. Takafuji, H. Ihara
2 . 発表標題 Amorphous carbon-coated porous silica-based adsorbents for environmental purification
3 . 学会等名 Myanmar-Japan International Symposium (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Yutaka Okazaki, Taisei Goto, Masahiro Ueki, Yutaka Kuwahara, Makoto Takafuji, Hirotaka Ihara
2 . 発表標題 Supramolecular gel-based circularly polarized luminescent system
3 . 学会等名 12th Saint-Petersburg Conference of Young Scientists with international participation "Modern Problems of Polymer Science" (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1. 発表者名 Noguchi Hiroki, Liu Tianhang, Takafuji Makoto, Ihara Hirotaka
2. 発表標題 Facile Method for Surface Carbonization via Direct Polymerization of Naphthalene and Triazine Derivatives on Porous Microparticles
3. 学会等名 12th Saint-Petersburg Conference of Young Scientists with international participation "Modern Problems of Polymer Science" (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Hiroki Noguchi, Tianhang Liu, Abul K. Mallik, Makoto Takafuji, Shoji Nagaoka, Hirotaka Ihara
2. 発表標題 Molecular alignment of weak interaction sites for selectivity enhancement in RP-HPLC and HILIC
3. 学会等名 44th International Symposium on High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques (HPLC 2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Tianhang LIU, Hiroki NOGUCHI, Makoto Takafuji, Shoji Nagaoka, Hirotaka Ihara
2. 発表標題 Graphite-coating on carrier particles by using supercritical carbon dioxide for HPLC packing materials
3. 学会等名 44th International Symposium on High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques (HPLC 2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 H. Ihara, M. Takafuji, Y. Kuwahara
2. 発表標題 Luminescent supramolecular gel-based polymer functionalization
3. 学会等名 16th Asian Chemical Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1 . 発表者名 M. Shahruzzaman, M. Takafuji, H. Ihara
2 . 発表標題 Pyridinium salt-branched Ionic polymer-grafted porous silica microspheres for HPLC stationary phase
3 . 学会等名 16th Asian Chemical Congress (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 H. Ihara, Y. Okazaki, T. Goto, M. Takafuji, Y. Kuwahara
2 . 発表標題 Luminescent supramolecular gel-based transparent polymer film for light management
3 . 学会等名 EMN Hong Kong (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2015年

1 . 発表者名 T. Goto, Y. Okazaki, Y. Kuwahara, M. Takafuji H. Ihara
2 . 発表標題 Polymer composites as circularly polarized luminescence materials by using glutamide-based supramolecular gel
3 . 学会等名 EMN Hong Kong (国際学会)
4 . 発表年 2015年

1 . 発表者名 H. Ihara, M. Takafuji, Y. Kuwahara, T. Goto, Y. Okazaki, H. Jintoku, R. Oda
2 . 発表標題 Supramolecular Gel-based Nanofibrillar Phase Separation in Polymer Films for Light Management Technology
3 . 学会等名 11th International Conference on Advanced Polymers via Macromolecular Engineering (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2015年

1. 発表者名 T. Goto, Y. Okazaki, Y. Kuwahara, M. Takafuji, H. Ihara
2. 発表標題 Enhancement of excimeric emission and CPL of glutamide-based supramolecular gel in binary system
3. 学会等名 11th International Conference on Advanced Polymers via Macromolecular Engineering (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Y. Kuwahara, M. Takafuji, H. Ihara
2. 発表標題 Synthesis, Gelation and Application of Photo-functional Supramolecules based on Glutamide Groups for Light Management Materials
3. 学会等名 The International Science and Nature Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 伊原 博隆
2. 発表標題 発光性超分子ゲルを用いる光マネージメントフィルム
3. 学会等名 日本セラミックス協会 第28回秋季シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 H. Noguchi, M. Victor, M. Takafuji, I. Huc, H. Ihara
2. 発表標題 Evaluation of chiral recognition ability of quinolone-based oligoamide foldamers with one-handed helical structure
3. 学会等名 日本分析化学会第64年会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 M. Shahruzzaman, Y. Kuwahara, M. Takafuji, H. Ihara
2. 発表標題 Ionic polymer-grafted porous silica particles for HPLC stationary phase
3. 学会等名 日本分析化学会第64年会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 H. Ihara
2. 発表標題 Nano-fabrication to Application Based on Self-Organization Chemistry
3. 学会等名 Lanzhou Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, China (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 H. Noguchi, T. Charoenraks, A.K. Mallik, M. Takafuji, H. Ihara
2. 発表標題 Evaluation of L-glutamide-derived supramolecular gel-forming organic phase in RP-HPLC
3. 学会等名 250th American Chemical Society National Meeting & Exposition (国際学会)
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 H. Ihara, M. Takafuji, Y. Kuwahara, Y. Okazaki, N. Ryu, T. Sagawa, R. Oda	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Wiley	5. 総ページ数 41
3. 書名 Molecular Technology	

1. 著者名 A. Mallik, M. Rahman, H. Ihara	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 60
3. 書名 Biopolymer Grafting: Synthesis and Properties	

1. 著者名 伊原博隆、高藤誠、桑原穰、龍直哉	4. 発行年 2016年
2. 出版社 シーエムシー	5. 総ページ数 12
3. 書名 低分子ゲルの開発と応用	

〔出願〕 計3件

産業財産権の名称 液体クロマトグラフィー用カラム充填剤	発明者 伊原博隆、高藤誠、 桑原穰、野口広貴、 劉天航、ほか3名	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2017/040611	出願年 2017年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 カーボン被覆吸着材	発明者 伊原、高藤、桑原、 野口、劉、孫、野 里、中壽賀	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2016-220977	出願年 2016年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 円偏光発光組成物及びその製造方法、並びに円偏光発光方法	発明者 伊原博隆、高藤誠、 桑原穰	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2015-239565	出願年 2015年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

伊原研究室論文リスト

<http://www.chem.kumamoto-u.ac.jp/~ihara/papers.html>

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)	
連携 研究者	高藤 誠 (Takafuji Makoto) (50332086)	熊本大学・大学院先端科学研究部(工)・教授 (17401)	
連携 研究者	桑原 穰 (Kuwahara Yutaka) (60347002)	熊本大学・大学院先端科学研究部(工)・助教 (17401)	