

令和 6 年 5 月 28 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2018～2022

課題番号：18H05260

研究課題名（和文）マルチスケール界面分子科学による革新的機能材料の創成

研究課題名（英文）Multiscale Interfacial Molecular Science for Innovative Functional Materials

研究代表者

相田 卓三（AIDA, Takuzo）

東京大学・東京カレッジ・卓越教授

研究者番号：00167769

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 152,800,000円

研究成果の概要（和文）：ユニークな分子群をミクロスケールから巨視スケールに至る階層的異方構造へと導くことで破格の物性・機能を示すソフトマテリアルの開拓を推進した。特に、異方構造における表面・界面が関与する特異な現象を詳細に調査することで、スケールを超えた構造と機能相関を明らかにしてきた。その結果、超高速の水輸送を可能にするフッ素化ナノチューブの実現など基礎科学的かつ社会実装にもつながる重要な成果を次々と生み出した。当初計画していた研究に加えて、自己修復性を有する多孔性材料などへの展開も行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

国際的に著名な学術雑誌への数多くの論文発表を通じて超分子科学を基盤とする材料科学分野への基礎科学的な貢献を果たしたことに加え、超高速水処理膜へとつながるフッ素化ナノチューブや高度情報化社会の発展に寄与する可能性のある複合液晶材料、自己修復可能な結晶材料の実現など持続可能な社会構築に貢献可能な破格の機能を有する材料を生み出すことに成功した。これらの成果はプレスリリース等を通じて広く発信することにも努めた。

研究成果の概要（英文）：We have promoted the development of soft materials that exhibit unprecedented properties and functions by leading unique molecules to hierarchical anisotropic structures ranging from microscale to macroscale. In particular, we have clarified structure-function relationships across scales by investigating in detail the unique phenomena involving surfaces and interfaces in the anisotropic structures. As a result, we have realized a series of important results that are both fundamental scientific and socially relevant, such as the realization of fluorinated nanotubes that enable ultrafast water transport. In addition to the originally planned research, we have also developed porous materials with self-healing properties.

研究分野：超分子化学・材料化学・高分子化学

キーワード：超分子ポリマー ソフトマテリアル 結晶性材料

1. 研究開始当初の背景

分子の組織化によってできるナノ構造がさらにその上の階層構造（メゾや巨視スケールの構造）に発達して行く過程には多くの速度論的トラップが立ちだかっている。研究代表者はここ数年、非平衡状態に特有のその問題に立ち向かい、ナノスケールと巨視スケールの間に存在する **Missing Link** を繋ぐ先駆的な研究を行ってきたが、その過程で見出したいくつかの常識を覆す興味深い新現象が実は「界面の微小領域に存在する分子群」により操られていることに気づき、「界面を積極的に使えないか」と考えるようになった。一例として研究代表者の『分子糊 (Molecular Glue) プロジェクト』が挙げられる。「多価相互作用」というコンセプトをもって塩濃度が高い生体環境においても蛋白質、核酸、脂質といった生体系を構成する分子群の表面にイオン相互作用で強く接着し、それらの生体機能を自在に改変する一連の物質群を開拓してきた (*Chem. Soc. Rev.* 2017)。その過程で、それらがガラス表面に強く接着することを見出し、ガラス表面と似た表面構造を有する粘土ナノシートを分子糊と組み合わせ、成分的にはほぼ水なのに、自在に成形加工ができ自立する高強度ヒドロゲル (アクアマテリアル: *Nature* 2010) を開拓し、世界を驚かせた。更にその後、粘土ナノシートをイオン性の酸化チタンナノシートに置き換えたバージョンを発表した (*Nature* 2015、*Nat. Mater.* 2016)。研究代表者は酸化チタンナノシートが磁場中で互いに平行配向 (個々が磁力線に垂直配向) して強く静電反発することを発見し、その配向状態を維持させたまま系をゲル化させた。このように開発された異方的静電反発力を内包する第二世代のアクアマテリアルは世界を再び驚かせた。時を同じくして、生体分子表面のモデルとして特別なイオン性自己組織化単分子膜を開拓し、水中にて生体分子の表面間で起こる静電相互作用の力が近隣の疎水環境により二桁以上も変わることを見出した (*Science* 2015)。「分子糊」(*JACS* 2009) が形を変えつつ大きく発展し、期せずして「表面・界面の科学」と「物質機能」をつなぐ新たな分子科学を構築しつつあった。

2. 研究の目的

上記背景を踏まえ、本研究プロジェクトでは、下表に列挙した研究項目に関して、現象をトップダウン的に根幹まで掘り下げ、それらを制御している「表面・界面上の因子」を分子科学的に明らかにする。加えて「表面・界面の微小領域の計測」という「従来他の研究者等により精力的に行われてきた研究」からの知見も融合させ、『表面・界面の分子情報や摂動を合目的的に利用し、物質単体では実現できない革新的機能を創出する学理』を樹立することを目的とする。本研究では、研究代表者がタイムリーに見出していた「従来の常識を覆すいくつかの新現象」(表)を手がかりに、今まで手強さが故に向き合ってこなかった感があるこの本質的な課題に真正面から取り組み、革新的物質機能の創成に繋げる。『表面・界面の微小領域を形成する分子群が階層を超えて材料・デバイスの巨視的性質・機能をどのように支配するのか?』という本研究課題の核心をなす『問い』に答える。

表 1 重点研究項目

[1] 分子固体界面の融合と分離の分子科学
1-1 溶融せずに接合できるガラス界面 (自己修復ポリマーガラス)
1-2 異形なのに相溶 (共組織化) する棒状・板状分子 (超高密度メモリー)
[2] 固相表面上での組織化に関わる分子科学
2-1 電極表面上での多点静電相互作用 (超大容量蓄電デバイス)
2-2 基板表面上での高配向重合 (高配向・最高屈折率有機薄膜)
2-3 結晶表面上での固相超分子重合 (連鎖型自己複製反応)
[3] 非球状剛直多価電解質のコロイド界面科学
3-1 一次元多価電解質の磁場配向 (流動性の磁場制御)
3-2 二次元多価電解質の磁場配向 (人工膝関節組織)
3-3 二次元電解質による蛋白質配向制御 (膜蛋白質構造解析用配向剤)

3. 研究の方法

【① 研究方法】

表 1 に示した重点研究項目の各研究方法を以下に簡潔に述べる。

[1] 分子固体界面の融合と分離に関わる分子科学

研究項目 1-1: 溶融せずに接合できるガラス界面 (自己修復ポリマーガラス)

研究代表者は「ガラス状態」にあり、力学強度が室温で 1.4 GPa を越えるある種の硬い高分子が「破断しても破断面を圧着させておくと修復する」という驚くべき性質を有することを発見した。高密度な水素結合が特徴の『ポリエーテルチオ尿素』がこの主役である。通常、高密度の水素結合は結晶化を促し高分子を脆くするが、申請者は「チオ尿素基間で形成される水素結合」が屈曲しているため高密度でも結晶化を誘起せず (ガラス状態の維持)、脆性破壊しないタフな力学特性を材料に与えることを見出した。本研究項目では破断面圧着による自己修復の機構を明らかにし、『自己修復性ポリマーガラス』のための設計指針確立を進めた。

研究項目 1-2: 異形なのに相溶 (共組織化) する棒状/板状分子 (超高密度メモリー)

「棒状分子」と「板状分子」は仲が悪く、固体状態ではエントロピー的な利得を捨てても相分離する。研究代表者は、板状分子 (ベンゼントリカルボン酸アミド) の三カ所に 5OCB (単独ではネマチック液晶を形成) 類似の棒状ユニットを導入したところ、それが 5OCB と共組織化するという興味深い事実を見出した。5OCB 中、この板状分子は一方向にねじれて重なり「一方巻

きのらせん」を形成し、5OCBがその「らせんコア」に巻き付いて共組織化し、シェルを形成する。世界初の複合型コアシェルカラムナー液晶の誕生である。ネマチック液晶からエントロピックには不利な「カラムナー液晶」が得られる事実も注目に値する。この液晶は、交流電場にさらすと「周波数に応じてカラムが電場に平行か垂直に配向する前例のない二周波電場応答性」を示した。

本研究項目では異形分子同士が分子レベルで共組織化する際の条件を明らかにし、連動して働く機能団をコアとシェルに用いた世界初のマルチフェロイック複合液晶の開発を進めた。

[2] 固相表面上での組織化に関わる分子科学

研究項目 2-1: 電極表面上での多点静電相互作用 (超大容量蓄電デバイス)

研究代表者はイオン液体オリゴマーを電気二重層キャパシタの電解質として用いると容量 (キャパシタンス) が一挙に6倍も向上することを発見した (*JACS* 2017)。「電解質を変えてもキャパシタンスは変わらない」とするそれまでの常識を覆すこの成果の鍵は「形成する電気二重層の構造的な高潔さ」にある。電気二重層とは、電極と電解質の界面に生じるイオンの局在化構造である。イオン液体オリゴマーは複数のカチオン性ユニットを有し、大きなキャパシタンスの発現に必須の「電極表面上での精緻な電気二重層の形成」にはエントロピックに有利である。

本研究項目ではこの戦略の妥当性を種々の多価イオン液体オリゴマーを用いて検証し、実用的なデバイスへとつなぐ。特に環状構造を有する低粘度バージョンの開発に期待をかける。自然エネルギーは供給が不安定であり、高性能蓄電デバイスの開拓は必須である。

研究項目 2-2: 基板表面上での高配向重合 (高配向・最高屈折率有機薄膜)

光触媒として期待されている二次元高分子「窒化グラフェン」はこれまで不溶不融の粉末としてしか得られなかった。申請者は、グアニジン炭酸塩の熱分解成分をガラス表面上に蒸着・重合させることにより高度に配向した世界初の窒化グラフェン薄膜を得ることに成功している (*Nature Mat.* 2016)。ポリアセチレンが薄膜として得られ、導電性高分子の世界が誕生したように、窒化グラフェン薄膜の誕生が世界の材料科学を変える可能性もある。この薄膜は大きな力学強度を有し、自立する。自立薄膜は水分子の吸脱着に応答して高速に屈曲運動 (アクチュエーション) を起こす。一万回以上の屈曲運動においても薄膜は崩壊しない。

本研究項目では、構造欠陥を極限まで抑えた窒化グラフェン薄膜を得るために蒸着重合の条件を磨き込む。申請者は薄膜が光沢を有することに気づき、薄膜の屈折率が有機物として最高であることを突き止めている。ここでは光学特性に加え、窒化グラフェン薄膜の触媒作用や電気化学的特性を磨き込む。また Max Planck コロイド研究所との国際共同研究にて窒素以外の元素を導入する研究を行った。

研究項目 2-3: 結晶表面上での固相超分子重合 (連鎖型自己複製反応)

フタロニトリル四分子が縮環すると耐光性色素であるフタロシアニンが得られる事は古くから知られているが、収率は20%程度と大変低い。申請者は、水素結合性アミド側鎖を有したカラムナー型液晶を形成するフタロニトリル誘導体をガラス基板上で加熱すると、相当するフタロシアニンが80%を超える破格的収率で生成することを見出した。生成したフタロシアニンは互いに重なり合って結晶性ファイバーを形成し、反応時間とともに伸長していく (エピタキシャルリング超分子重合)。研究代表者はフタロシアニンの高収率な生成機構として、結晶性ファイバー末端に四分子のフタロニトリルが水素結合を介して吸着し環化する「連鎖型自己複製反応機構」を想定していた。

[3] 非球状剛直多価電解質のコロイド界面科学

多価電解質と言えば通常は高分子電解質を意味するが、そのような柔軟な素材とは異なり、ここではアスペクト比が圧倒的に大きな棒状 (一次元)、シート状 (二次元) の剛直異方的電解質を研究対象とする。構造異方性をもつこれらの電解質を磁場配向させると電解質間の静電相互作用が大きく変化し、コロイド分散液の様々な物性が激変する。剛直異方的電解質の外場応答は申請者が世界に先駆けて開拓しているコロイド科学の新分野である。

研究項目 3-1: 一次元多価電解質の磁場配向 (流動性の磁場制御)

単層カーボンナノチューブ (CNT) の表面に界面活性剤を接着させると、CNTは電解質としてコロイド分散する。CNTが磁束線に沿って配向することを鑑み、このコロイド分散液に数テスラの磁場を印加した。その結果、系の粘度が数十倍に跳ね上がった。このコロイド分散液はキャピラリー中を数秒で落下する程度の粘性を有するが、磁場印加下では6時間経過しても5ミリ程度しか落下しない。このコロイド分散液を軽水と重水で上下から挟んで放置したが「コロイド層を介した上下層間でのH⁺-D⁺交換」が全く起こらなかった。水中でも起こるH⁺移動がなぜ起こらないのか。申請者は一次元電解質が平行配向したコロイド中の水の構造が通常とは異なると考えている。

本研究項目では、中性子散乱を用いてコロイド分散液中の水の構造を解明し、新しいコロイド界面科学の学理を樹立するとともに、この基礎科学の社会実装を鑑み、磁場印可で数百倍の粘度上昇が起こる系や永久磁石でも駆動するシステムへの展開を進めた。

研究項目 3-2: 二次元多価電解質の磁場配向 (人工膝関節組織)

一度損傷した関節軟骨の再生はほぼ不可能であるが、人工代替材料が開発されれば障害者や高齢者への大きな福音となる。この場合、数十キロの縦荷重に耐えつつ、横方向には抵抗なく変形する (低内部摩擦) ソフトマテリアルが必須である。これまでこの相反する要求を満たす材料は存在しなかった。申請者はコロイド分散した酸化チタンナノシート (剛直二次元多価電解質) が

磁場印加下で互いに平行配向し、両者の間の静電反発を極限的に高めることを見出した。またこの状態で系をヒドロゲル化させ、著しく異方的な静電反発を封じ込めた新素材を開拓した (*Nature*2015、*Nature Mat.* 2016)。さらに、系から非束縛イオンを除くとナノシート間の静電反発力が大幅に増強されることに気がついた (*Nature Commun.* 2016)。ヒドロゲルの巨大かつ異方的な力学特性が尚一層高まる可能性を意味している。

本研究項目では、異方的力学特性を究極まで高めた新材料を開発し、夢の「人工膝関節組織」を設計するとともに、酸化ニオブナノシートなど他の異方的剛直多価電解質へと研究対象を広げ、この新しいコロイド界面科学を材料科学と融合させる学理構築を進めた。

研究項目 3-3：二次元電解質による蛋白質配向制御 (膜蛋白質構造解析用配向剤)

多糖や膜蛋白質など結晶化しにくい生体高分子の三次元構造の同定には核磁気共鳴 (NMR) 法が用いられてきたが、精度的な問題があった。しかし、距離に依存せずに結合角の情報を与える「残余双極子カップリング法」が開発され、NMR による同定法の精度が大きく上がってきた。但し、この方法を適用するには、対象とする分子を系中で配向させる必要がある。これまで幾つかの配向剤が開発されてきたが、いずれも不完全であった。申請者は、NMR 測定中の印加磁場に対して垂直配向する酸化チタンナノシートが配向剤に要求される全ての項目 (配向方向・配向力・熱的安定性・表面改質性) を満たす初の理想的な物質となることを見出した。

本研究項目では、このナノシートを蛋白質配向剤として用いて複雑な膜蛋白質の構造解析を行い、その有用性を実証するとともに、他の電解質無機ナノシートへと研究の対象を広げ、究極の蛋白質配向剤の開拓に挑戦する。この研究はクライオ電子顕微鏡のように「分子生物学/構造生物学を飛躍的に発展させる」可能性を秘めている。

4. 研究成果

(1) 異形なのに相溶する分子によるカラムナー液晶相 (Yano *et al. Science* 2019, 363, 161; Yano *et al. JACS* 2019, 141, 10033.)

モノマーが非共有結合により1次元に集合化した超分子ポリマーの機能性ソフトマテリアルとしての利用が期待されているが、従来研究は溶液中でなされており、バルク状態での研究はほとんど行われてこなかった。対して、我々は液晶を媒体とした超分子重合において、「超分子ポリマーが液晶と一体となり、カラムナー相を形成する」新現象を見出した。単一成分で構成されるカラムナー液晶は電場に対して応答しないのに対し、棒状液晶分子5OCBを用いて形成されるハイブリッド液晶は迅速に応答する。さらに興味深いことに、直流電場に対してはカラムを電場に対して平行に、交流電場に対してはカラムを電場に対して垂直に配向させる。このような二周波応答挙動を示すカラムナー液晶は本系が初である。5OCBの代わりにコアにアゾベンゼンを有する棒状液晶分子を用いて形成されるハイブリッド液晶は、電場と光の両方に応答する。このような性質を利用して書き換え可能な液晶性ANDロジックゲートの構築に初めて成功した。また、超分子モノマーの末端にTEMPOを導入したものと5OCBの組み合わせもハイブリッド液晶を形成する。この液晶はカラムを電場に対して平行に配向し、磁場に対してはカラム軸を垂直に配向する。本液晶系を利用することでさらなる機能を付与したカラムナー液晶の形成に貢献できると考えられる。

(2) 固相重合 (Chen *et al. Nature Mater.* 2022, 22, 253.)

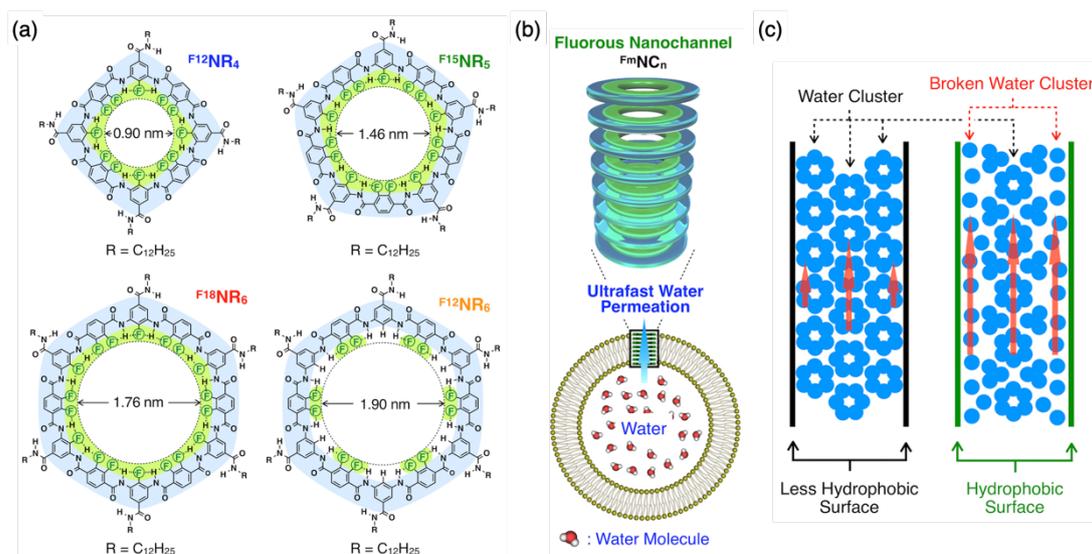
我々は「フタロニトリル」の2カ所にアミドを含むジチオアルキル基を持つ原料分子を合成した。この原料分子の粉末をガラス板に挟んで160°Cで加熱したところ、緑色の繊維状結晶が生成し、成長していくことが分かった。なぜ自己触媒的にフタロシアニンに変換されるのか？我々は、超分子ポリマーの末端のフタロシアニン上に4分子のフタロニトリルが水素結合と双極子相互作用を介して環状に配列するために、その後の還元的環化反応が容易になるからであると考えた。この反応では、モノマーであるフタロシアニンが新たに生成するが、このフタロシアニンが超分子ポリマーの末端にとどまり、同じく4分子のフタロニトリルを集積させ、還元的環化反応を引き起こす。この一連の反応が繰り返されることで、超分子ポリマーが伸長する。つまり、生成物であるフタロシアニンが「鋳型」となり、反応を選択的に促進するというメカニズムが働いている。この超分子重合は、ポリマーの成長末端が常に重合活性な「リビング重合」の形式で進行する。これが自己触媒反応の理由である。一般的な有機化学合成では、反応を均一に行うために大量の溶媒が使われるが、本反応系に溶媒を用いると上記の特性は全て失われてしまう。本研究成果はポリマーの精密合成に対する先入観を一掃し、近未来の高分子製造プロセスのあるべき姿を示している。

(3) 超高速水輸送 (Itoh *et al. Science* 2022, 376, 738.)

持続可能な社会を実現する上で海水の淡水化は必要不可欠な課題であり、これまでさまざまな水処理膜が開発されている。しかし、地球規模の飲料水不足を解決するには、現在用いられている水処理膜の能力を破格に高める必要がある。我々は、内側にフッ素原子が密に結合した大環状化合物を、超分子重合と呼ばれる手法で一列に重ねることで、内壁がテフロンのように密にフッ素で覆われたフッ素化ナノチューブを得た。このナノチューブの水透過能と塩除去能を評価したところ、アクアポリンの4500倍の水透過能をもちながらも塩を通さないことが明らかになった。

開発したフッ素化ナノチューブ(図a,b)は、これまで開発されてきた水透過ナノチューブよりもはるかに大きな0.9ナノメートルという内径をもっており、たとえばNaClが容易に通抜けしてしまうように思えるが、そうはならない。フッ素化ナノチューブの内壁が負に帯電しているために、同じく負に帯電した塩化物イオンの侵入を許さないからである。また、フッ素化ナノチューブの内表面は、水分子の間に働く水素結合を崩壊させる機能を有する。一般に数分子のかたまりとして存在している水が、ナノチューブ内部に取り込まれるとバラバラになり、その結果、水とチューブ内壁の間の摩擦が低減し、超高速な水透過が実現される(図c)。これまで、水透過ナノチューブを開発するための指針は常にアクアポリンに基づいていた。しかし、本研究の動機は、それとは全く異なり、「水をはじくテフロンのような内壁をもつナノチューブをつくったら、水はどのような透過挙動を示すだろうか」という好奇心から派生したものである。もし今回のフッ素化ナノチューブが同一方向に密に並んだ膜をつくることができたなら、既存の水処理膜はもとより、アクアポリンを敷き詰めた仮想膜、カーボンナノチューブを敷き詰めた仮想膜と比較しても圧倒的に高い水処理能が期待される。本研究は超高速水処理膜の設計指針を提供している。

以上3つの代表的な成果は、研究開始前に設定した重点的研究項目[1][2]に端を発しながらも、



非連続的に飛躍的な進展を遂げた。ユニークな分子構造が組み上がって作り上げられた材料における界面がいずれの場合も破格の機能発現の鍵となっている。

(4) 自己修復能を有する多孔性結晶の開発 (Yamagishi *et al. Science* 2019, 361, 1242.)

6つのピリジル基を導入した分子1を、溶液から再結晶したところ、多孔質結晶が得られた。構造解析から、各細孔の天井と床の部分が「C-H...N結合」と呼ばれる弱く可逆的な無数の結合でできていることが分かった。この特別な結合が多孔性結晶の生成に使われた例は過去にない。この多孔性結晶は202°Cという高い耐熱性を有するが、構造の歪みを支えきれずに崩壊して細孔を閉じる。このとき、結晶は細孔の天井と床の部分を選択的に崩壊させることで致命的な損傷を回避する。歪みを吸収し率先して壊れる部位という意味で、天井と床の部分を「クラッシュブルゾーン」と名付けた。クラッシュブルゾーンを形成するC-H...N結合一本一本は弱く可逆的なため、室温・大気下において溶媒蒸気にさらすだけで再生し、細孔が修復する。このメカニズムにより、耐熱性と自己修復性という一般に相容れない特性の両立に成功した。

(5) トポロジカル結合からなる多孔性結晶の開発 (Meng *et al. Nature* 2021, 598, 298.)

我々は、二つのリング状分子が鎖状につながったカテナンを3次元的に規則正しく精密に並べる方法として、カテナン分子の4カ所にカルボキシ基(-CO₂H)を導入し、このカルボキシ基と結合することが知られている金属イオンと反応させる手法を採用した。このカテナン分子とコバルトイオン(Co²⁺)を溶媒中で加熱することにより緑色の結晶が得られた。単結晶X線構造解析を用いて、この緑色結晶の中でカテナンがどのように並んでいるかを調べたところ、カテナンが結晶重量の90%以上を占めることが分かった。また、カテナンのカルボキシ基がCo²⁺で連結されて直線状の鎖状構造を作り、さらにその鎖同士がカテナンの機械的な結合で縦横に連結されていた。このカテナンが3次元的に配列した結晶の力学的な特性について研究を進めた。ナノインデンテーション測定と呼ばれる手法を用いて、結晶表面に微小なダイヤモンド製の針(圧子)を押し込み、そのときの押し込む力と針が押し込まれた深さを測定し、材料のヤング率を見積もるところ、既報の金属イオンと有機物(配位子)が配列した結晶の中で最も小さなヤング率(溶媒中で1.8 GPa)を示し、力に対して非常に変形しやすいことが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計37件（うち査読付論文 35件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ai Kohata, Ryosuke Ueki, Kou Okuro, P. K. Hashim, Shinsuke Sando, and Takuzo Aida	4. 巻 143
2. 論文標題 Photoreactive Molecular Glue for Enhancing the Efficacy of DNA Aptamers by Temporary-to-Permanent Conjugation with Target Proteins	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J. Am. Chem. Soc.	6. 最初と最後の頁 13937-13943
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.1c06816	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 Yuta Fujisawa, Atsushi Asano, Yoshimitsu Itoh, and Takuzo Aida	4. 巻 143
2. 論文標題 Mechanically Robust, Self-Healable Polymers Usable under High Humidity: Humidity-Tolerant Noncovalent Cross-Linking Strategy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 J. Am. Chem. Soc.	6. 最初と最後の頁 15279-15285
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.1c06494	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 Xu-Jie Zhang, Daiki Morishita, Tsubasa Aoki, Yoshimitsu Itoh, Keiichi Yano, Fumito Araoka, and Takuzo Aida	4. 巻 -
2. 論文標題 Anomalous Chiral Transfer: Supramolecular Polymerization in a Chiral Medium of a Mesogenic Molecule	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chem. Asian J.	6. 最初と最後の頁 e202200223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.202200223	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 Yoshimitsu Itoh, Shuo Chen, Ryota Hirahara, Takeshi Konda, Tsubasa Aoki, Takumi Ueda, Ichio Shimada, James J. Cannon, Cheng Shao, Junichiro Shiomi, Kazuhito V. Tabata, Hiroyuki Noji, Kohei Sato, and Takuzo Aida	4. 巻 376
2. 論文標題 Ultrafast Water Permeation through Nanochannels with A Densely Fluorous Interior Surface	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 738-743
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.abd0966	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 Noriyuki Uchida, Ai Kohata, Kou Okuro, Annalisa Cardellini, Chiara Lionello, Eric A. Zizzi, Marco A. Deriu, Giovanni M. Pavan, Michio Tomishige, Takaaki Hikima, and Takuzo Aida	4. 巻 13
2. 論文標題 Reconstitution of Microtubule into GTP-Responsive Nanocapsules	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nat. Commun.	6. 最初と最後の頁 5424
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-022-33156-5	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 Yuta Fujisawa, Yiling Nan, Atsushi Asano, Yu Yanagisawa, Keiichi Yano, Yoshimitsu Itoh, Takuzo Aida	4. 巻 62
2. 論文標題 Blending to Make Nonhealable Polymers Helable: Nanophase Separation Observed by CP/MAS 13C NMR Analysis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Angew. Chem. Int. Ed.	6. 最初と最後の頁 e202214444
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.202214444	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 Kashiwagi Daiki, Shen Hao K., Sim Seunghyun, Sano Koki, Ishida Yasuhiro, Kimura Ayumi, Niwa Tatsuya, Taguchi Hideki, Aida Takuzo	4. 巻 142
2. 論文標題 Molecularly Engineered "Janus GroEL": Application to Supramolecular Copolymerization with a Higher Level of Sequence Control	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 13310 ~ 13315
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.0c05937	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 Hentzen Nina B., Mogaki Rina, Otake Saya, Okuro Kou, Aida Takuzo	4. 巻 142
2. 論文標題 Intracellular Photoactivation of Caspase-3 by Molecular Glues for Spatiotemporal Apoptosis Induction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 8080 ~ 8084
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.0c01823	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 Sato Hiroshi, Matsui Toshiya, Chen Zhiyi, Pirillo Jenny, Hijikata Yuh, Aida Takuzo	4. 巻 142
2. 論文標題 Photochemically Crushable and Regenerative Metal?Organic Framework	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 14069 ~ 14073
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.0c06615	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 Fu Tengfei, Xing Hao, Silver Eric S., Itoh Yoshimitsu, Chen Shuo, Masuda Takuya, Uosaki Kohei, Huang Feihe, Aida Takuzo	4. 巻 15
2. 論文標題 Anomalous Slow Conformational Change Dynamics of Polar Groups Anchored to Hydrophobic Surfaces in Aqueous Media	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry ? An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 3321 ~ 3325
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asia.202000742	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 Sano Koki, Igarashi Naoki, Ebina Yasuo, Sasaki Takayoshi, Hikima Takaaki, Aida Takuzo, Ishida Yasuhiro	4. 巻 11
2. 論文標題 A mechanically adaptive hydrogel with a reconfigurable network consisting entirely of inorganic nanosheets and water	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-19905-4	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 Giusto Paolo, Arazoe Hiroki, Cruz Daniel, Lova Paola, Heil Tobias, Aida Takuzo, Antonietti Markus	4. 巻 142
2. 論文標題 Boron Carbon Nitride Thin Films: From Disordered to Ordered Conjugated Ternary Materials	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 20883 ~ 20891
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.0c10945	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 Takuzo Aida	4. 巻 32
2. 論文標題 On Supramolecular Polymerization: Interview with Takuzo Aida	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 1905445
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adma.201905445	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 -

1. 著者名 K. Venkata Rao, Mathijs Mabesoone, *Daigo Miyajima, Atsuko Nihonyanagi, Egbert W. Meijer, and *Takuzo Aida	4. 巻 142
2. 論文標題 Distinct Pathways in "Thermally Bisignate Supramolecular Polymerization": Spectroscopic and Computational Studies	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 598, 605
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b12044	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 Shun Suginome, *Hiroshi Sato, Akihiro Hori, Akio Mishima, Yuki Harada, Shinpei Kusaka, Ryotaro Matsuda, Jenny Pirillo, Yuh Hijikata, and *Takuzo Aida	4. 巻 141
2. 論文標題 One-Step Synthesis of an Adaptive Nanographene MOF: Adsorbed Gas-Dependent Geometrical Diversity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 15649, 15655
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b07732	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 Keiichi Yano, Takahiro Hanebuchi, Xu-Jie Zhang, *Yoshimitsu Itoh, Yoshiaki Uchida, Takuro Sato, Keisuke Matsuura, Fumitaka Kagawa, Fumito Araoka, and *Takuzo Aida	4. 巻 141
2. 論文標題 Supramolecular Polymerization in Liquid Crystalline Media: Toward Modular Synthesis of Multifunctional Core-Shell Columnar Liquid Crystals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 10033, 10038
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b03961	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 Rina Mogaki, *Kou Okuro, Ryosuke Ueki, Shinsuke Sando, and *Takuzo Aida	4. 巻 141
2. 論文標題 Molecular Glue that Spatiotemporally Turns on Protein-Protein Interactions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 8035, 8040
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b02427	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 Ai Kohata, P. K. Hashim, *Kou Okuro, and *Takuzo Aida	4. 巻 141
2. 論文標題 Transferrin-Appended Nanocaplet for Transcellular siRNA Delivery into Deep Tissues	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 2862, 2866
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b12501	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 Vonika Ka-Man Au, Kazuki Nakayashiki, Hubiao Huang, Shun Suginome, *Hiroshi Sato, and *Takuzo Aida	4. 巻 141
2. 論文標題 Stepwise Expansion of Layered Metal-Organic Frameworks for Nonstochastic Exfoliation into Porous Nanosheets	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 53, 57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b09987	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 Keiichi Yano, *Yoshimitsu Itoh, Fumito Araoka, Go Watanabe, Takaaki Hikima, and *Takuzo Aida	4. 巻 363
2. 論文標題 Nematic-to-Columnar Mesophase Transition by In situ Supramolecular Polymerization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 161, 165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aan1019	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 Yoshiki Shibuya, *Yoshimitsu Itoh, and *Takuzo Aida	4. 巻 57
2. 論文標題 Columnar Liquid Crystalline Assembly of a U-Shaped Molecular Scaffold Stabilized by Covalent or Noncovalent Incorporation of Aromatic Molecules	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 342, 351
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pola.29186	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 Aida Takuzo	4. 巻 NA
2. 論文標題 On Supramolecular Polymerization: Interview with Takuzo Aida	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Materials	6. 最初と最後の頁 1905445 ~ 1905445
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adma.201905445	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 -

1. 著者名 Rao Kotagiri Venkata, Mabeoone Mathijs F. J., Miyajima Daigo, Nihonyanagi Atsuko, Meijer E. W., Aida Takuzo	4. 巻 142
2. 論文標題 Distinct Pathways in "Thermally Bisignate Supramolecular Polymerization": Spectroscopic and Computational Studies	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 598 ~ 605
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b12044	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 Suginome Shun, Sato Hiroshi, Hori Akihiro, Mishima Akio, Harada Yuki, Kusaka Shinpei, Matsuda Ryotaro, Pirillo Jenny, Hijikata Yuh, Aida Takuzo	4. 巻 141
2. 論文標題 One-Step Synthesis of an Adaptive Nanographene MOF: Adsorbed Gas-Dependent Geometrical Diversity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 15649 ~ 15655
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b07732	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 Yano Keiichi, Hanebuchi Takahiro, Zhang Xu-Jie, Itoh Yoshimitsu, Uchida Yoshiaki, Sato Takuro, Matsuura Keisuke, Kagawa Fumitaka, Araoka Fumito, Aida Takuzo	4. 巻 141
2. 論文標題 Supramolecular Polymerization in Liquid Crystalline Media: Toward Modular Synthesis of Multifunctional Core/Shell Columnar Liquid Crystals	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 10033 ~ 10038
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b03961	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 Mogaki Rina, Okuro Kou, Ueki Ryosuke, Sando Shinsuke, Aida Takuzo	4. 巻 NA
2. 論文標題 Molecular Glue that Spatiotemporally Turns on Protein-Protein Interactions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 NA
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.9b02427	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 Tokunaga Shoichi, Zeng Mengyan, Itoh Yoshimitsu, Araoka Fumito, Aida Takuzo	4. 巻 NA
2. 論文標題 An Electrochemical Cholesteric Liquid Crystalline Device for Quick and Low-Voltage Color Modulation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Visualized Experiments	6. 最初と最後の頁 NA
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3791/59244	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 Kohata Ai, Hashim P. K., Okuro Kou, Aida Takuzo	4. 巻 141
2. 論文標題 Transferrin-Appended Nanocaplet for Transcellular siRNA Delivery into Deep Tissues	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 2862 ~ 2866
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b12501	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 Mogaki Rina, Okuro Kou, Arisaka Akio, Aida Takuzo	4. 巻 NA
2. 論文標題 Spatiotemporally Controlled Nuclear Translocation of Guests in Living Cells Using Caged Molecular Glues as Photoactivatable Tags	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Visualized Experiments	6. 最初と最後の頁 NA
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3791/58631	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 Au Vonika Ka-Man, Nakayashiki Kazuki, Huang Hubiao, Suginome Shun, Sato Hiroshi, Aida Takuzo	4. 巻 141
2. 論文標題 Stepwise Expansion of Layered Metal-Organic Frameworks for Nonstochastic Exfoliation into Porous Nanosheets	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 53 ~ 57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b09987	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 Yano Keiichi, Itoh Yoshimitsu, Araoka Fumito, Watanabe Go, Hikima Takaaki, Aida Takuzo	4. 巻 363
2. 論文標題 Nematic-to-columnar mesophase transition by in situ supramolecular polymerization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 161 ~ 165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aan1019	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 Shibuya Yoshiki, Itoh Yoshimitsu, Aida Takuzo	4. 巻 57
2. 論文標題 Columnar liquid crystalline assembly of a U shaped molecular scaffold stabilized by covalent or noncovalent incorporation of aromatic molecules	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry	6. 最初と最後の頁 342 ~ 351
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/pola.29186	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 Wang Xiang, Li Xiaoyu, Aya Satoshi, Araoka Fumito, Ishida Yasuhiro, Kikkawa Akiko, Kriener Markus, Taguchi Yasujiro, Ebina Yasuo, Sasaki Takayoshi, Koshiya Shogo, Kimoto Koji, Aida Takuzo	4. 巻 140
2. 論文標題 Reversible Switching of the Magnetic Orientation of Titanate Nanosheets by Photochemical Reduction and Autoxidation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 16396 ~ 16401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b09625	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 Sun Zhifang, Yamauchi Yoshihiro, Araoka Fumito, Kim Youn Soo, Bergueiro Julian, Ishida Yasuhiro, Ebina Yasuo, Sasaki Takayoshi, Hikima Takaaki, Aida Takuzo	4. 巻 57
2. 論文標題 An Anisotropic Hydrogel Actuator Enabling Earthworm-Like Directed Peristaltic Crawling	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 15772 ~ 15776
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201810052	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 Yamagishi Hiroshi, Sato Hiroshi, Hori Akihiro, Sato Yohei, Matsuda Ryotaro, Kato Kenichi, Aida Takuzo	4. 巻 361
2. 論文標題 Self-assembly of lattices with high structural complexity from a geometrically simple molecule	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 1242 ~ 1246
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/science.aat6394	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 Tokunaga Shoichi, Itoh Yoshimitsu, Tanaka Hiroyuki, Araoka Fumito, Aida Takuzo	4. 巻 140
2. 論文標題 Redox-Responsive Chiral Dopant for Quick Electrochemical Color Modulation of Cholesteric Liquid Crystal	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 10946 ~ 10949
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b06323	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 Sano Koki, Arazoe Yuka Onuma, Ishida Yasuhiro, Ebina Yasuo, Osada Minoru, Sasaki Takayoshi, Hikima Takaaki, Aida Takuzo	4. 巻 57
2. 論文標題 Extra-Large Mechanical Anisotropy of a Hydrogel with Maximized Electrostatic Repulsion between Cofacially Aligned 2D Electrolytes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 12508 ~ 12513
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201807240	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55件 (うち招待講演 55件 / うち国際学会 55件)

1. 発表者名 Takuzo AIDA
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Its Significance and Applications
3. 学会等名 ACS Spring 2021 Meeting - Macromolecular Chemistry: The Second Century (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年 ~ 2022年

1. 発表者名 Takuzo AIDA
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Its Significance and Applications
3. 学会等名 IUPAC CCCE 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年 ~ 2022年

1. 発表者名 Takuzo AIDA
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Its Significance and Applications
3. 学会等名 101 Years of Macromolecular Chemistry: Biennial Meeting of the GDCh Division of Macromolecular Chemistry 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年 ~ 2022年

1. 発表者名 Takuzo AIDA
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Its Significance and Applications
3. 学会等名 3rd Ryoji Noyori ACES Award Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Takuzo AIDA
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Its Significance and Applications
3. 学会等名 CHAINS 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Takuzo AIDA
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Its Significance and Applications
3. 学会等名 2021 TwIChE Annual Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Takuzo AIDA
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Its Significance and Applications
3. 学会等名 MaxBergmann Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 Takuzo AIDA
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Its Significance and Applications
3. 学会等名 ORCHEM 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年 ~ 2023年

1. 発表者名 Takuzo AIDA
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Its Significance and Applications
3. 学会等名 Third Middle-Eastern Materials Science Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年 ~ 2023年

1. 発表者名 Takuzo AIDA
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Its Significance and Applications
3. 学会等名 PPC-17 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年 ~ 2023年

1. 発表者名 Takuzo AIDA
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Its Significance and Applications
3. 学会等名 Third Bowei Reserach Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年 ~ 2023年

1. 発表者名 相田卓三
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Its Significance and Applications
3. 学会等名 27th Symposium on Chemistry Postgraduate Research (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 相田卓三
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Its Significance and Applications
3. 学会等名 Third International Symposium on Advanced Microscopy and Spectroscopy on the Occasion of Celebrating the NSF MRSEC (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 相田卓三
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Its Significance and Applications
3. 学会等名 Queen's University Belfast School Research Semina (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Its Significance and Applications to Materials Science
3. 学会等名 Twelfth Annual International Workshop on Advanced Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Its Significance and Applications to Materials Science
3. 学会等名 The First Sauvage Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Its Significance and Applications to Materials Science
3. 学会等名 International Symposium for Soft Matter Science and Technology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Significance and Applications
3. 学会等名 5th International Symposium on Energy Chemistry and Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Significance and Applications
3. 学会等名 Jean-Pierre Sauvage 75th Birthday Celebration Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Significance and Applications
3. 学会等名 9th Organic Chemistry Day at UAM (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Multivalency in Chemistry and Biology
3. 学会等名 5th International Symposium of the SFB (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Mesophase transition by in situ supramolecular polymerization
3. 学会等名 ILCEC2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Noncovalent Design of Advanced Porous Materials
3. 学会等名 27th International Society of Heterocyclic Chemistry Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Noncovalent Macromolecular Synthesis of Advanced Functional Materials
3. 学会等名 14th International Symposium on Macrocyclic and Supramolecular Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization in Non-Fluidic Media
3. 学会等名 Gordon Research Conference: Self-Assembly and Supramolecular Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Particular Noncovalent Bondings for Self-Healable Materials
3. 学会等名 Third ACS NASA Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Its Significance and Applications to Materials Science
3. 学会等名 Twelfth Annual International Workshop on Advanced Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Its Significance and Applications to Materials Science
3. 学会等名 The First Sauvage Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Development of Supramolecular Polymerization and Its Applications
3. 学会等名 20th Hokudai-RIES International Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Its Significance and Applications to Materials Science
3. 学会等名 Lecture at Shanghai Jiao tong University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Its Significance and Applications to Materials Science
3. 学会等名 International Symposium for Soft Matter Science and Technology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Significance and Applications
3. 学会等名 5th International Symposium on Energy Chemistry and Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Significance and Applications
3. 学会等名 Jean-Pierre Sauvage 75th Birthday Celebration Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization: Significance and Applications
3. 学会等名 9th Organic Chemistry Day at UAM (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Multivalent Supramolecular Nanosystem
3. 学会等名 5th International Symposium of the SFB 765 "Multivalency in Chemistry and Biology" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Mesophase transition by in situ supramolecular polymerization
3. 学会等名 ILCEC2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Noncovalent Design of Advanced Porous Materials
3. 学会等名 27th International Society of Heterocyclic Chemistry Congres (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Noncovalent Macromolecular Synthesis of Advanced Functional Materials
3. 学会等名 iCeMS Retreat 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Noncovalent Macromolecular Synthesis of Advanced Functional Materials
3. 学会等名 14th International Symposium on Macrocyclic and Supramolecular Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Conceptually New Supramolecular Polymerization
3. 学会等名 Carl-Glaser-Symposium 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Supramolecular Polymerization in Non-Fluidic Media
3. 学会等名 Gordon Research Conference: Self-Assembly and Supramolecular Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Particular Noncovalent Bondings for Self-Healable Materials
3. 学会等名 Third ACS NASA Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Advanced Design of Self-Healable Materials by Supramolecular Chemistry
3. 学会等名 E-WISPOC 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Advanced Design of Self-Healable Materials by Supramolecular Chemistry
3. 学会等名 International Polymer Conference 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Advanced Design of Self-Healable Materials by Supramolecular Chemistry
3. 学会等名 International Conference on Emerging Advanced Nanomaterials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 New Self-Healable Materials by Supramolecular Chemistry
3. 学会等名 Frontiers in Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Non-equilibrated Supramolecular Chemistry and Materials Science
3. 学会等名 MEP2018 conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Stimuli-Responsive Bio-Robotic Nanocarriers
3. 学会等名 Bionano 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Mechanically robust but healable polymer materials
3. 学会等名 256th ACS National Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Mechanically Robust but Readily Repairable Polymeric Materials
3. 学会等名 Soft Matter: Interface and Active Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Stimuli-responsive smart soft materials fabricated under nonequibrated conditions
3. 学会等名 MERCK CURIOUS2018 Future Insight Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Chiral Supramolecular Chemistry
3. 学会等名 4th Molecular Chirality Asia (MCASIA 2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Smart Soft Materials Fabricated under Nonequilibrated Conditions
3. 学会等名 IBS Conference on Nanoscience for Energy and Medicine (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Design of Semi-Artificial Biomolecular Robotics”
3. 学会等名 Gordon Research Conference: Bioinspired Materials (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takuzo Aida
2. 発表標題 Smart Soft Materials Fabricated under Nonequilibrated Conditions
3. 学会等名 Biennial Meeting of the Spanish Royal Society of Chemistry (招待講演) (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
--	---------------------------	-----------------------	----

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