高圧合成法による革新的機能性量子物質の開発

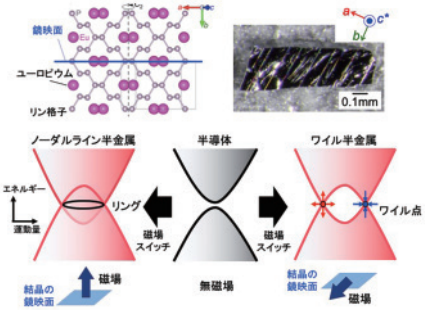
基礎工学研究科　物質創成専攻
教授 **石渡 晋太郎**
Researchmap https://researchmap.jp/ishiwata

研究の概要

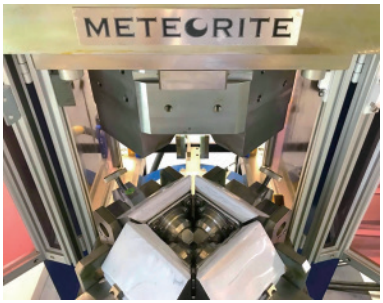
我々は、数万気圧以上の超高圧や強酸化雰囲気といった極限環境下で、高温超伝導体、スピントロニクス材料、熱電変換材料などの機能性量子物質の開発を進めています。現在注目している物質群の一つが、トポロジカル半金属と呼ばれる系で、超高移動度の伝導電子を内包するため、既存の半導体材料を凌駕する高速・省エネ電子材料となることが期待されています。このようなトポロジカル半金属としての性質を有する磁性体を発見することができれば、新規スピントロニクス材料の開発へ繋がる可能性がありますが、そのような研究例は非常に限られていました。最近我々は、磁石としての性質を附与した新しいタイプのトポロジカル半金属α -EuP_3の高圧合成および単結晶育成に成功しました。さらに磁場下における様々な物性測定と第一原理計算を行うことで、この物質が結晶構造が有する鏡映対称面に対する磁場方位に依存して、異なる性質を示す複数のトポロジカル半金属相を生じる系であることを明らかにしました。

研究の意義と将来展望

本研究は、磁場による非自明なバンドトポロジーの生成と操作のための現実的な解決策を提案するものであり、超省エネ・高速電子デバイスなどの新たな情報技術への応用につながる材料の開発が加速するものと期待されます。今後は第一原理計算とインフォマティクスを積極的に活用することで、高圧合成法を用いた機能性量子物質の戦略的開発を目指します。



磁性リン化合物α -EuP_3の結晶構造（左上）と単結晶（右上）。磁場によるトポロジカル量子相の選択的生成（下）。



マルチアンビル型高圧発生装置

特　　許	
論　　文	Alex Hiro Mayo; Takahashi, Hidefumi; Mohammad Saeed Bahramy et al. Magnetic Generation and Switching of Topological Quantum Phases in a Trivial Semimetal $\alpha-EuP_3$. Phys. Rev. X, 2022, 12, 011033, doi: 10.1103/PhysRevX.12.011033
参考URL	
キーワード	トポロジカル半金属、高圧合成、スピントロニクス

光化学反応と光圧による新規メゾスコピック光応答の実現

基礎工学研究科　物質創成専攻
准教授 **伊都 将司**　Researchmap https://researchmap.jp/itosyoji49
教授 **宮坂 博**　Researchmap https://researchmap.jp/read0076304

研究の概要

レーザーの特徴（単色性、高いコヒーレンス、高い尖頭出力、超短時間パルス）を活かし、光化学反応と光圧を用いた新規メゾスコピック光応答の探索、その機構解明と新規光応答系の開拓を目的とした研究を行っている。一例としては、光圧（光トラッピング）による光重合の微小空間制御と極微3D造形技術への展開、光異性化（フォトクロミック）反応による光圧制御に基づく微小機械運動系の実現、さらに光共鳴の結果生ずる強い光圧を駆使したプラズモニックナノ粒子の選択的微小空間パターン形成などがあげられる。

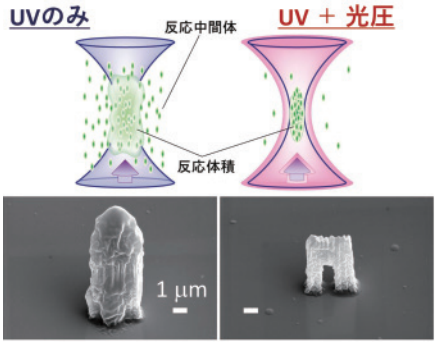


図1

研究の意義と将来展望

物質科学の大きな目的は、機能性新物質の創出と機構解明であろう。近年、マテリアルインフォマティクスやAIの進歩により、目的とする物性や機能を備えた材料の予測・作製が短時間で達成可能となりつつあり、機能物質開発にパラダイムシフトが起ころうとしている。今後は従来の知見からは予測できない新規物性の発見・発現が物質科学において重要になると考えられる。このような背景の下で非線形光化学反応、ナノプロセッシング、極微光メカノデバイスなどへの展開を視野に、分子の光反応過程の解明を基本に、新規メゾスコピック光応答の探索を進めている。

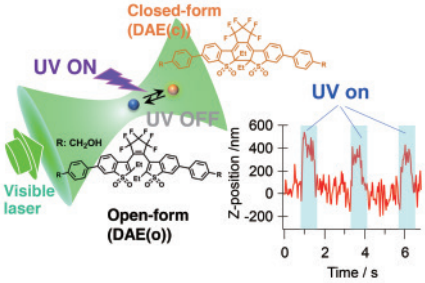


図2

特　　許	
論　　文	Ito, Syoji; Tanaka, Yoshito; Miyasaka, Hiroshi et al. Confinement of Photopolymerization and Solidification with Radiation Pressure J. Am. Chem. Soc. 2011, 133(37), p. 14472-14475, doi: 10.1021/ja200737j Ito, Syoji; Setoura, Kenji; Miyasaka, Hiroshi et al. Mesoscopic Motion of Optically Trapped Particle Synchronized with Photochromic Reactions of Diarylethene Derivatives J. Phys. Chem. Lett. 2018, 9(10), p. 2659-2664, doi: 10.1021/acs.jpclett.8b00890
参考URL	http://www.chem.es.osaka-u.ac.jp/laser/
キーワード	ナノテクノロジー、光化学、微小オプトメカノデバイス、ナノプロセッシング

ディスプレイ、照明、バイオイメージング

コロイド量子ドットの開発と機能化

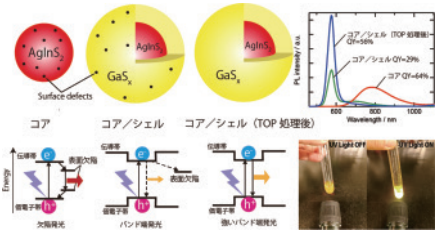
工学研究科　応用化学専攻
講師 **上松 太郎**
Researchmap https://researchmap.jp/t-uematsu

研究の概要

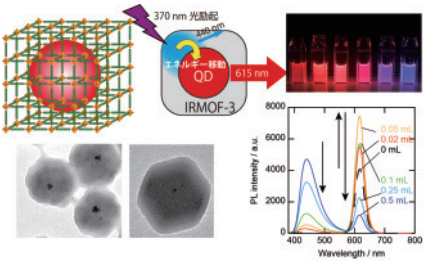
数ナノメートルの半導体微粒子である「量子ドット」は、化学的手法によって得られ、色純度の高い発光を特徴とするコロイド状の蛍光体である。粒径と組成の両方によって半導体のエネルギー構造が変化し、発光色を自在に変化させることが可能であり、様々な光デバイスの高性能化を支援する新材料として大きな注目を集めている。我々は量子ドットの周囲環境を整えることによる機能化や、環境適合性の高い新たな量子ドット開発を通じ、コロイド量子ドットのデバイス化を目標とした研究を続けている。

研究の意義と将来展望

コロイドとして得られた量子ドットを様々なマトリクスに包埋し、光や電子のやりとりを可能にする手法の開発は、高性能な量子ドットデバイスの実現に欠かせない要素技術であると考えられる。とりわけ、有機 EL と同様の素子構造中に量子ドットを組み込んだ量子ドット EL や、量子ドットを利用した波長自由度の高いレーザーの開発が進められる中、精密に化学合成された量子ドットの性質を損なうことなくこれらのデバイスに活用するための新しいアイデアが強く求められている。



硫化銀インジウム量子ドットを硫化ガリウムシェルで被覆することにより、表面欠陥を除去してスペクトル幅の狭いバンド端発光を得ることに世界で初めて成功



量子ドット表面から MOF を成長させることで、MOF 結晶中心部に量子ドットを内包する複合体の作成に成功。赤色発光量子ドットを青色発光する MOF で被覆することによりエネルギー移動を起こし、量子ドットの発光を倍増

特　　許	特願2017-037487、特開2018-044142、特許第6464215号
論　　文	Kumagai, Kohei; Uematsu, Taro; Kuwabata, Susumu et al. Photoluminescence Enhancement by Light Harvesting of Metal-Organic Frameworks Surrounding Semiconductor Quantum Dots, Chem. Mater., 2021, 33(5), 1607-1617. doi: 10.1021/acs.chemmater.0c03367 Watcharaporn Hoisang, Uematsu, Taro; Kuwabata, Susumu et al. Luminescent Quaternary $Ag(In_xGa_{1-x})S_2/GaS_y$ Core/Shell Quantum Dots Prepared Using Dithiocarbamate Compounds and Photoluminescence Recovery via Post Treatment, Inorg Chem, 2021, 60, 13101-13109. doi: 10.1021/acs.inorgchem.1c01513 Uematsu, Taro; Wajima, Kazutaka; Kuwabata, Susumu et al. Narrow Band-Edge Photoluminescence from $AgInS_2$ Semiconductor Nanoparticles by the Formation of Amorphous III-VI Semiconductor Shells, NPG Asia Materials, 2018, 10, 713-726. doi: 10.1038/s41427-018-0067-9
参考URL	
キーワード	量子ドット、カドミウムフリー、蛍光体

遠隔医療・デジタルヘルスケア、IoTデバイス、AR/VR/MR技術

フレキシブル有機電子回路における高精度な電気特性制御技術

産業科学研究所　先進電子デバイス研究分野

特任准教授 **植村 隆文**　Researchmap https://researchmap.jp/Takafumi_Uemura

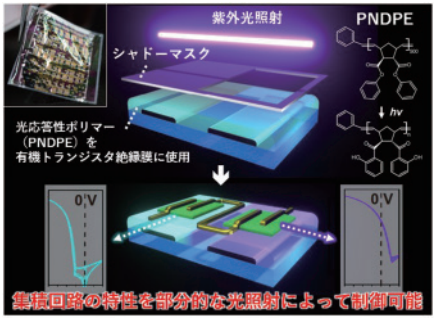
教授 **関谷 毅**　Researchmap https://researchmap.jp/TSS

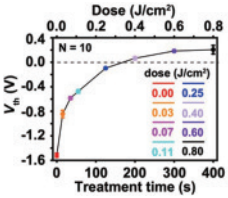
研究の概要

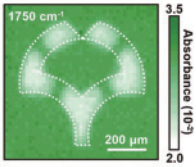
フレキシブル電子デバイスは、無意識下のウェアラブル生体計測を実現するためのデバイス技術として、遠隔医療・デジタルヘルスケアで実現する持続的な社会の構築を目指して研究開発が行われています。本研究では、光照射によって分子構造が変化する高分子材料を有機トランジスタの絶縁層として用いることにより、集積回路の特性を自在に変化させることに成功しました。この技術は、単一のデバイス積層構造と、同じ有機材料の組み合わせで構成される有機トランジスタにおいて、光照射を行うことによってトランジスタの電気特性を自在に変化させる技術です。複数の有機トランジスタから構成される集積回路の作製工程において、狙ったトランジスタのみを光照射によって制御することが可能であるため、従来方法と比べて飛躍的に簡単な工程と、少ない材料使用によって電子回路特性を制御することが可能です。

研究の意義と将来展望

本研究成果により、光照射による簡単な工程と、従来技術と比べて少ない材料使用によってフレキシブル有機電子回路の特性を自在に制御可能であることが示されました。これにより、フレキシブル電子回路の更なる高性能化が実現し、将来の遠隔医療・デジタルヘルスケアにおける重要技術である無意識下のウェアラブル生体計測を例として、実空間のあらゆる対象物をセンシングする技術として活用されることが期待されます。







特　　許	特許第6629887号
論　　文	Taguchi, Koki; Uemura, Takafumi; Sekitani, Tsuyoshi et al. Heterogeneous Functional Dielectric Patterns for Charge-Carrier Modulation in Ultraflexible Organic Integrated Circuits. Advanced Materials. 2021, 33, 2104446, doi: 10.1002/adma.202104446
参考URL	https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2021/20210921_2 https://wakasapo.nedo.go.jp/seeds/seeds-2020/
キーワード	フレキシブルエレクトロニクス、ウェアラブルデバイス、有機半導体

精密重合反応を基盤とした新しいπスタック高分子の構築

理学研究科　高分子科学専攻
助教 **神林 直哉**
Researchmap https://researchmap.jp/naokou

研究の概要

高分子主鎖の芳香環（キノリン環）がらせん状に積層したπスタック型高分子の合成に成功した。土台となるポリ（キノリレン-2,3-メチレン）は、我々が独自に開発したリビング環化重合反応により調整する事が可能であり、πスタック構造の長さや末端構造を任意に変えることができる（図1）。また、側鎖のアミノ酸置換基の形状が非常に重要であり、πスタック構造の形成過程や安定性に大きな影響を与える。特にかさ高いシクヘキシルアラニン誘導体を有する場合、熱や極性溶媒に対しても高い安定性を示すことが明らかとなった（図2）。

研究の意義と将来展望

πスタック高分子は共有結合を介して芳香環を積層させることができるため、π-π相互作用を介した物性理解や機能展開を行うためには大変魅力的な分子である。本研究で開発したπスタック高分子は、本来のπスタック構築法では実現が難しい、明確な長距離のπスタック構造の構築や、末端構造・側鎖構造を生かした分子デザインが可能である(Figure 1)。そのため、我々のπスタック高分子合成を基盤として、πスタック構造を経由する物性理解やそれらの体系化を行うことで、未来社会を実現するための材料開発において、今までの概念にとらわれない新しい分子設計及び機能開拓が期待できる。

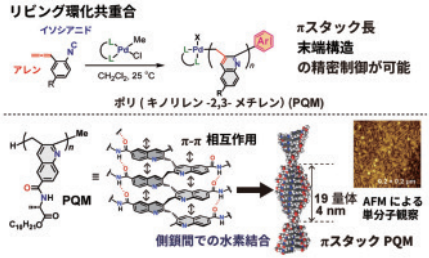


図1　リビング環化共重合反応を基板としたπスタック高分子の精密合成

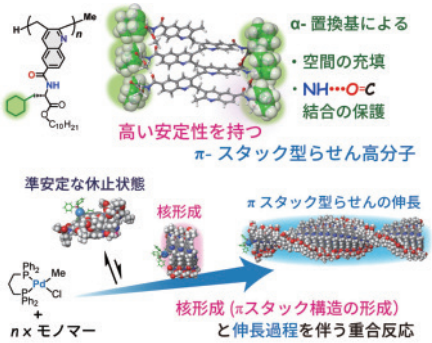
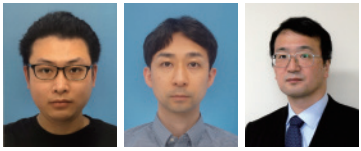


図2　πスタック高分子の構造安定化とその形成機構の解明

特　　許	
論　　文	Kanbayashi, Naoya; Kataoka, Yuki; Onitsuka, Kiyotaka et al. Journal of the American Chemical Society. 2022, 144 (13), p. 6080-6090, doi: 10.1021/jacs.2c01337 Kataoka, Yuki; Kanbayashi, Naoya; Onitsuka, Kiyotaka et al. Angewandte Chem International Edition. 2020, 59 (26), p 10286-10291, doi: 10.1002/anie.202002734 Kanbayashi, Naoya; Okamura, Taka-aki; Onitsuka, Kiyotaka et al. Journal of the American Chemical Society. 2019, 141 (38), p. 15307-15317, doi: 10.1021/jacs.9b07431
参考URL	https://www.chemistry.or.jp/division-topics/2022/10/post-236.html
キーワード	π-π-スタック、らせん高分子、リビング重合、アミノ酸、水素結合

高結晶性ランダム積層グラフェン集合体の合成



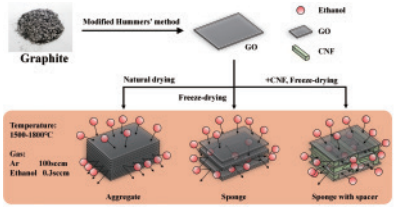
工学研究科　物理学系専攻
博士後期課程 **許 梓釗**
助教 **井ノ上 泰輝**　Researchmap https://researchmap.jp/inoue_t
教授 **小林 慶裕**　Researchmap https://researchmap.jp/koba_ap_eng_ou

研究の概要

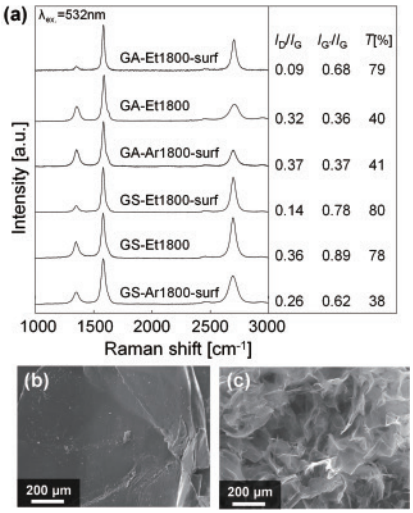
本研究では、高結晶性かつランダム積層したグラフェン集合体をマクロスケールで合成する手法を開発した。凍結乾燥法で形成したスポンジ状の酸化グラフェン（GO）集合体を原料として、反応性ガスにエタノールを用いて1500–1800 ℃で超高温処理を行うことにより、高い結晶性とランダム積層率を併せ持つグラフェン集合体の作製に成功した。また、セルロースナノファイバー（CNF）を添加することでランダム積層率の更なる向上を達成した。

研究の意義と将来展望

グラフェンは様々な優れた性質を持つナノカーボン材料であるが、その薄さ・小ささのため応用範囲が限られている。マクロスケールの応用のためにグラフェン集合体が必要となるが、単純な手法で集合体を作製するとグラファイトに近い構造となってしまい、グラフェンの優れた性質が失われる。ランダム積層率を高めた集合体とすることでグラフェン層間相互作用による物性低下を防ぎ、優れたグラフェンの性質をマクロスケールで用いることが可能となる。本研究で得られたグラフェンスポンジ構造は、ウェアラブルひずみセンサーや電池用電極材料などへの応用が期待される。



グラフェン集合体の合成プロセスの模式図。



（a）グラフェン集合体のラマンスペクトル、および（b,c）走査型電子顕微鏡像。

特　　許	
論　　文	Xu, Zizhao; Inoue, Taiki; Nishina, Yuta et al. Stacking Order Reduction in Multilayer Graphene by Inserting Nanospacers. Journal of Applied Physics. 2022, 132, p. 174305, doi: 10.1063/5.0103826 Xu, Zizhao; Nakamura, Shingo; Inoue, Taiki et al. Bulk-scale synthesis of randomly stacked graphene with high crystallinity, Carbon. 2021, 185, p. 368-375, doi: 10.1016/j.carbon.2021.09.034
参考URL	http://www.ap.eng.osaka-u.ac.jp/nanomaterial/index.html
キーワード	ナノカーボン材料、還元型酸化グラフェン、層間相互作用

触媒化学、石油化学、カーボンニュートラル

光エネルギーを利用して二酸化炭素再資源化を可能にする触媒技術の開発

工学研究科　マテリアル生産科学専攻

准教授 **桒原 泰隆**　Researchmap https://researchmap.jp/yasutakakuwahara/

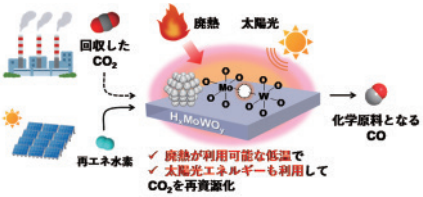
教授 **山下 弘巳**　Researchmap https://researchmap.jp/read0118536

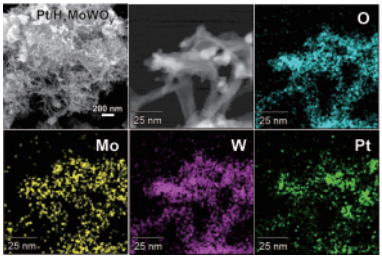
研究の概要

二酸化炭素（CO_2）は地球温暖化の主たる原因物質とされており、世界規模でその排出量削減に向けた取り組みが行われています。CO_2を還元することによって得られる一酸化炭素（CO）は、アルコールやガソリン、ジェット燃料などの液体炭化水素の原料となる有用な化学原料です。CO_2を水素（H_2）と反応させてCOを得る反応（逆水性ガスシフト反応）には、従来500℃以上の高温が必要とされており、低温では低い反応率しか得られず非効率という課題がありました。我々は、モリブデンとタングステンの複合酸化物に白金（Pt）ナノ粒子を担持した触媒を用いると、従来よりも低い140℃という低温でもCO_2とH_2からCOを高効率かつ選択的に得られることを見出しました。さらに、触媒に光を照射すると反応速度が飛躍的に向上することを見出しました。

研究の意義と将来展望

開発した触媒は、産業から排出される廃熱温度付近でも駆動することや、無尽蔵な太陽光エネルギーを利用して反応速度を高めることができるという特徴を有しています。これまで未利用であった廃熱や太陽光エネルギーを利用してCO_2を工業的に有用な物質へと変換できることから、本技術はカーボンニュートラル社会の実現に向けたクリーンなCO_2変換技術として期待されます。





特　　許	特願2020-093711
論　　文	Ge, Hao; Kuwahara, Yasutaka; Yamashita, Hiromi et al. Enhanced Visible-NIR Absorption and Oxygen Vacancy Generation of Pt/H_xMoWO_y by H-spillover to Facilitate Photothermal Catalytic CO_2 Hydrogenation. Journal of Materials Chemistry A. 2022, 10 (20), p.10854-10864. doi: 10.1039/d2ta01595a Ge, Hao; Kuwahara, Yasutaka; Yamashita, Hiromi et al. Plasmon-induced Catalytic CO_2 Hydrogenation by a Nano-sheet Pt/H_xMoO_{3-y} Hybrid with Abundant Surface Oxygen Vacancies. Journal of Materials Chemistry A. 2021, 9(24), p.13898-13907. doi: 10.1039/d1ta02277f Kuwahara, Yasutaka; Mihogi, Takashi; Yamashita, Hiromi et al. A Quasi-stable Molybdenum Sub-oxide with Abundant Oxygen Vacancies that Promotes CO_2 Hydrogenation to Methanol. Chemical Science. 2021, 12(29), p.9902-9915. doi: 10.1039/d1sc02550c
参考URL	https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2021/20210526_2
キーワード	CO_2回収利用、CO_2再資源化、モリブデン酸化物、光エネルギー利用

環境発電、スマートデバイス、新材料

相対論的電子を有する高性能熱電・熱磁気材料の開拓

理学研究科　物理学専攻
准教授 酒井 英明
Researchmap https://researchmap.jp/7000018618

研究の概要

相対論的運動方程式に従う伝導キャリア（ディラック電子など）をもつ物質は、従来の金属や半導体を凌駕する超高移動度を示すため注目を集めている。このような卓越した伝導特性は、エレクトロニクス応用に加え、環境にやさしい熱電発電応用でも有望である。しかし、これまで熱電発電へ応用可能なディラック電子系バルク材料は皆無であった。これに対し我々のグループでは、ディラック電子伝導層と絶縁ブロック層が交互に積層した層状バルク物質を合成し、ブロック層の元素置換により、ディラック電子の高易動度を保持したまま、幅広いキャリア濃度制御に成功した。この結果、優れた熱電性能をキャリア濃度により最適化できること明らかにし、熱電・熱磁気材料としてのポテンシャルを実証した。

研究の意義と将来展望

本物質系で最適化された電力因子は、既存の熱電材料の性能を上回る値である。ただし、優れた性能が発現する温度領域が100 K付近であるため、低温熱源での応用が期待される。今後は、駆動温度領域の高温化や、熱伝導率の低下を目指したブロック層を設計し、物質開拓を進める予定である。また、本物質系では熱磁気効果（磁場または自らの磁化により、熱勾配と垂直方向に熱起電力が発生する現象）も巨大であり、キャリア濃度により系統的に制御できることが明らかとなった。本効果を利用した革新的な環境発電への応用も期待される。

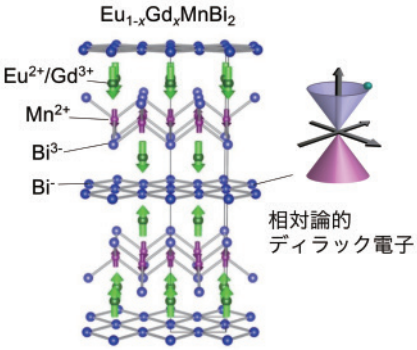


図1

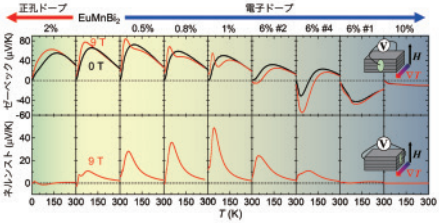


図2

特　　許	
論　　文	Tsuruda, Keigo; Sakai, Hideaki et al. Enhancing thermopower and Nernst signal of high-mobility Dirac carriers by Fermi level tuning in the layered magnet $EuMnBi_2$. Adv. Funct. Mater. 2021, Volume 31, p. 2102275, doi: 10.1002/adfm.202102275 Sakai, Hideaki. High-field Studies on Layered Magnetic and Polar Dirac Metals. J. Phys. Soc. Jpn. 2022, Volume 91, p. 101001, doi: 10.7566/JPSJ.91.101001
参考URL	http://hide-sakai.net
キーワード	熱電効果、ネルンスト効果、高易動度、ディラック電子、トポロジカル物質

生体分子センシングを指向したシクロデキストリンを基盤とした高輝度円偏光発光分子の創製

工学研究科　応用化学専攻
講師 **重光 孟**　Researchmap https://researchmap.jp/hajime_shigemitsu
教授 **木田 敏之**　Researchmap https://researchmap.jp/tkida

研究の概要

円偏光発光（Circularly Polarized Luminescence: CPL）は、キラルな構造を有する物質において、励起状態から基底状態への電子遷移の際に左回転と右回転の発光強度に差が生じる現象である。CPL には、左回転と右回転の情報を組み込まれているため、通常の光と比較して2倍以上の情報量を含んでいる。そのため、CPL はセキュリティを確保する光通信技術やキラリティを感知するバイオセンサーなどへの応用が期待されている。本研究では、独自の分子設計戦略による『高輝度 CPL 有機分子の創出』とそれを利用した『生体分子の CPL バイオセンシング』を目指している。

研究の意義と将来展望

CPL は次世代の三次元表示ディスプレイ、情報通信技術、バイオセンサー、高度セキュリティ印刷、植物の成長促進、医療診断への利用など広範な領域での利活用が期待されている。そのため、世界中で CPL マテリアルの研究が活発に行われているが、バイオ応用への発展は完全に未開拓である。本研究計画の目標である「高輝度円偏光性有機分子の創成」と「バイオセンシング」の実現は、次世代の診断やイメージング技術開発に向けてのマイルストーンとなる極めて先駆的な研究である。さらに、これらの CPL 応用に加えて、本研究は " 励起状態の化学 " の学理の深化をもたらし、基礎研究の発展に貢献するという側面も併せ持つ、世界をリードする研究である。

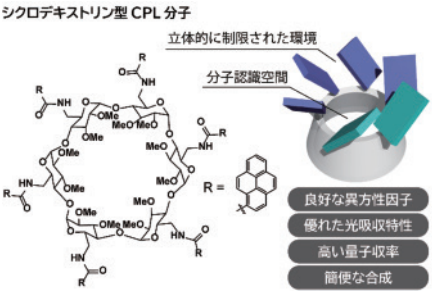


図1．PCD 分子構造および特徴

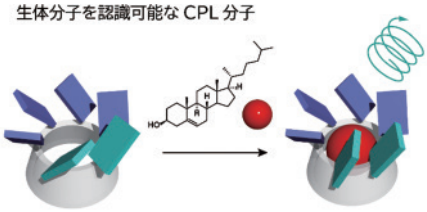


図2．PCD の分子認識による CPL 発光特性の変化

特　　許	特願2019-56572
論　　文	Shigemitsu, Hajime; Kawakami, Kosei; Kida, Toshiyuki et al. Cyclodextrins with Multiple Pyrenyl Groups: An Approach to Organic Molecules Exhibiting Bright Excimer Circularly Polarized Luminescence. Angew. Chem. Int. Ed. 2022, 61(8), e202114700, doi: 10.1002/anie.202114700
参考URL	
キーワード	シクロデキストリン、円偏光発光、分子認識

有機電子材料、有機磁性体

２個の電子スピンの向きが揃った炭化水素分子の合成と物性の解明

基礎工学研究科　物質創成専攻

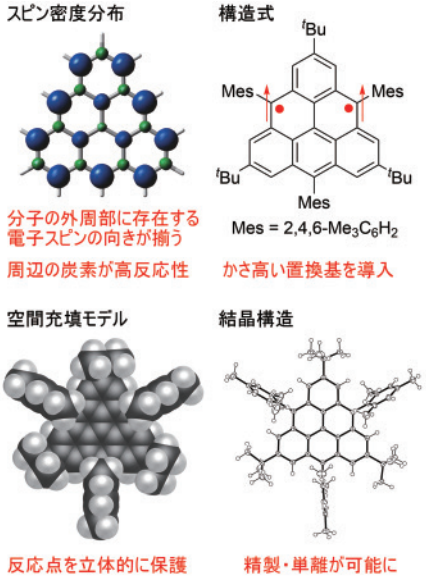
准教授 **清水 章弘**　Researchmap https://researchmap.jp/7000009063

教授 **新谷 亮**　Researchmap https://researchmap.jp/RMshintani

研究の概要

2個以上の電子スピンの向きが揃った高スピン炭化水素分子は磁石の基本単位となりうるが、反応性が高く不安定であるため、結晶化に成功した例はなかった。2個の電子スピンの向きが揃った三角形の炭化水素分子である、トリアンギュレンも約70年前から研究が行われてきたにも関わらず、その単離や結晶化には成功しておらず、基礎的な電子状態や物性さえも十分には解明されていなかった。

本研究グループは、トリアンギュレンの高い反応性を抑制するために、かさ高い置換基を導入して速度論的に安定化した誘導体を合成した。その結果、安定性が大きく向上することを見出し、単離と結晶化に成功した。また、2個の電子スピンの向きが揃っていることを実験的に明らかにし、基礎的な磁気的性質、光学的性質、電気化学的性質を解明した。



研究の意義と将来展望

本研究は、2個の電子スピンの向きが揃った炭化水素分子の結晶構造を明らかにした世界で初めての研究成果である。本研究成果により、入手容易な原料である炭素と水素から構成される炭化水素分子を基盤とする有機磁性材料の開発が期待される。また、3個以上の電子スピンの向きが揃った炭化水素分子の合成にもつながると考えられる。

特　　許	
論　　文	Arikawa, Shinobu; Shimizu, Akihiro; Shintani, Ryo et al. Synthesis and Isolation of a Kinetically Stabilized Crystalline Triangulene. J. Am. Chem. Soc. 2021; 143(46): 19599-19605. doi: 10.1021/jacs.1c10151
参考URL	http://www.chem.es.osaka-u.ac.jp/poc/
キーワード	磁石、スピン、ラジカル、炭化水素、有機分子

プラスチック、包装材料、日用品

デンプンを基盤とした海洋生分解性バイオプラスチックの創製

工学研究科　応用化学専攻

准教授 **徐 于懿**　Researchmap https://researchmap.jp/yuihsu

教授 **宇山 浩**　Researchmap https://researchmap.jp/read0168389

研究の概要

プラスチックは安価、軽量、自在な成形性による高い意匠性・デザイン対応性などの特性により我々の日常生活を豊かにしてきた。しかし、プラスチックの多くが自然環境中で生分解しないために昨今の海洋プラスチックごみの社会問題としてクローズアップされ、その対策は社会的に急務である。我々は安価かつ豊富に存在するデンプンに着目し、セルロースナノファイバー（CNF）あるいは生分解性プラスチックを複合化・ブレンドすることにより海洋生分解性バイオマスプラスチックを開発してきた。海水中で生分解性を誘発するスイッチ機能を提唱するとともに、耐水性や耐衝撃性等の物性を向上させた。さらに産学連携プラットフォームを設立し、実用化を推進している。

研究の意義と将来展望

デンプンはガスバリア性と耐候性に優れ、微生物類にとっては格好の栄養源であることから材料の生分解性を誘引できる。このようなバイオマスの特徴を活かした材料設計は低環境負荷の視点から意義深く、我々独自の複合化・ブレンド設計により地球を救う新素材が開発できる。実用性に優れる複合化・ブレンド手法をデンプンを基盤とする海洋生分解性プラスチックの創製に適用し、実用化することで、海洋汚染の低減と温室効果ガス排出量の大幅削減が達成でき、大阪ブルーオーシャンビジョンやカーボンニュートラルに大きく貢献する。

デンプン -CNF 複合材料の試作品

MBBP 試作品

特　　許	特許第4942436号、特許第5057874号、特許第5495360号
論　　文	Soni, Raghav; Hsu, Yu-I; Uyama, Hiroshi. Synergistic effect of hemiacetal crosslinking and crystallinity on wet strength of cellulose nanofiber-reinforced starch films. Food Hydrocoll., 2021, Vol. 120, pp. 106956 (1-10). doi: 10.1016/j.foodhyd.2021.106956
参考URL	http://www.chem.eng.osaka-u.ac.jp/~uyamaken/ http://www.chem.eng.osaka-u.ac.jp/mbbp/ https://www.kyu-gs.com/
キーワード	バイオプラスチック、バイオマスプラスチック、海洋生分解性プラスチック、デンプン、セルロース

スマートデバイス、セキュリティインク、センサー

付かず離れずのラジカルカチオン凝集体を用いた近赤外光透過制御

基礎工学研究科　物質創成専攻

准教授 **鈴木 修一**　Researchmap https://researchmap.jp/read0210228

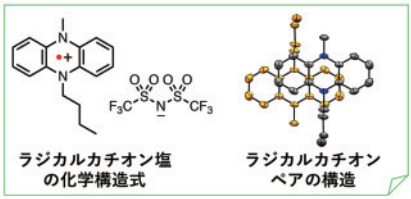
教授 **直田 健**　Researchmap https://researchmap.jp/read0013723

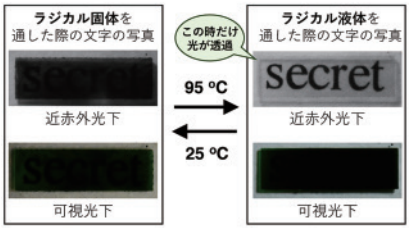
研究の概要

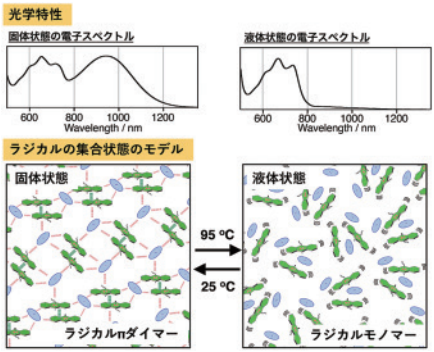
可視光よりも長波長領域の近赤外光（700 nm 以上）を吸収・透過を制御できる分子は情報記憶材料、光学フィルター、セキュリティーインクの材料となる可能性があります。本研究では、これまでにない新しい機能をもつラジカルカチオン塩の創製に成功しました。開発したラジカルカチオン塩を用いて作製した膜は固体状態では近赤外光を吸収し、液体状態では透過します。興味深いことに、融点と凝固点が大きく異なることから、赤外透過特性が温度履歴性を示すことが明らかとなりました。

研究の意義と将来展望

刺激に対して「行き」と「帰り」の方向性を近赤外光特性に付与することで、不可視性の光学センサーやセキュリティーの高い情報変換素子への展開が可能です。また、紹介したラジカルカチオンは液状化できることから様々な媒体へ「塗る」ことができるオンデマンドセンサーも構築可能です。さらにラジカルカチオンは磁気特性や電気伝導性が外部刺激や環境で変換可能であることから、私たちの明らかにしてきた分子設計指針は多方面の材料化学に貢献すると考えています。







特　　許	
論　　文	Suzuki, Shuichi; Naota, Takeshi et al. Hysteretic Control of Near-infrared Transparency Using a Liquescent Radical Cation. Angew. Chem. Int. Ed. 2021, 60 (15), p. 8284-8288, doi: 10.1002/anie.202016930
参考URL	http://www.chem.es.osaka-u.ac.jp/soc/ https://youtube.com/playlist?list=PLAb-4nGLCCqs1uJkBWLSOcyudMOia7IcV
キーワード	開殻分子、刺激応答性、液状化分子、近赤外光特性

医療・ヘルスケア、スマートデバイス

感染症迅速検査プラットフォームの開発

産業科学研究所　バイオナノテクノロジー研究分野
教授 **谷口 正輝**

Researchmap https://researchmap.jp/read0076413

研究の概要

AIナノポアを用いて、唾液を5分間計測することで、新型コロナウイルスを感度90%、特異度96%で検出できることを実証した。AIナノポアを用いた検査法は、新型コロナウイルスの変異型も高精度に識別することができる。AIナノポアは、ナノポア（図1）の直径と学習データを変更するだけで、新たな感染症の迅速検査法を開発できるプラットフォームである。

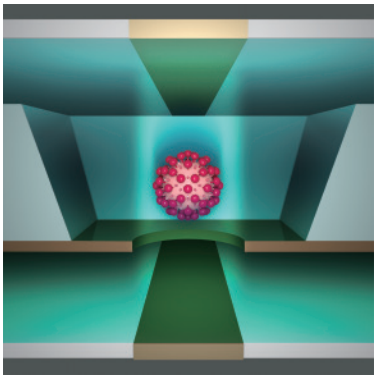


図1

研究の意義と将来展望

20世紀から数年に1つの割合で、世界で新興感染症が生じている。今後も、この傾向が継続すると予測される。新たな感染症の発生に即座に対応できる検査プラットフォームが、感染症の拡大と経済損失を最小限に留める役割を担う。AIナノポアプラットフォームは、検査対象に応じて、ろ過による簡単な前処理とナノポアの直径を変え、学習データを変更するだけで、ウイルスから細菌まで検査することができる。

現在まで開発したAIナノポアプラットフォームを半導体技術により集積デバイスにすることで、スマートフォンで手軽に感染症検査できる未来が近づいている。1つのチップ上に複数のナノポアを持つ検査デバイスは、1回の計測で多種のウイルス・細菌検査を可能にする。ナノポア、AI、ITの融合システムは、世界のいつ、どこで、どんな感染症が生じているかを瞬時に知らせ、世界の安全・安心・健康な社会を見守る（図2）。

図2

特　　許	特許第6971499号、第6985687号、第6807529号、第6638913号、第6762494号、第6719773号
論　　文	Taniguchi, Masateru et al. Combining machine learning and nanopore construction creates an artificial intelligence nanopore for coronavirus detection. Nat. Commun. 2021, 12, p. 3726, doi: 10.1038/s41467-021-24001-2
参考URL	http://www.bionano.sanken.osaka-u.ac.jp
キーワード	感染症、迅速検査、ナノポア、AI

航空機エンジン用 TiAl タービン翼の 3D プリンティング

工学研究科　マテリアル生産科学専攻
准教授 **趙 研**　Researchmap https://researchmap.jp/choken
教授 **安田 弘行**　Researchmap https://researchmap.jp/ead0051691
教授 **中野 貴由**　Researchmap https://researchmap.jp/read0013987

研究の概要

金属系3D プリンティング（以下、3DP）では、粉末の積層・溶融・凝固を繰り返すことで任意形状の三次元構造物を容易に造形できることから、ものづくりに革新をもたらす技術として注目を集めている。本研究では、3DP の一種である電子ビーム粉末床溶融結合法（以下、EB-PBF）を用いて、航空機用エンジンに用いる、TiAl 合金製の低圧タービン翼の造形に取り組んだ。その結果、TiAl 特有の微細組織は、EB-PBF のビーム電流、走査速度といったプロセス条件に強く依存することを明らかとした。さらに、その力学特性は微細組織に強く依存し、とりわけ、低ビーム電流、高走査速度の条件では、冷却速度が速いため、マッシブ変態、という特殊な相変態を経由した組織発展が生じることで、既存の TiAl 合金をはるかに凌駕する高温強度を有する造形体の作製に成功している。

研究の意義と将来展望

一般に、3DP は形状制御のためのツールとして用いられてきた。しかしながら、本研究では、そのプロセス条件を変化させることで、TiAl 合金の微細組織と力学特性を自由自在に制御できることを明らかとしている。さらに、得られた知見を活かして、20cm 長のタービン翼の製造技術の確立にも成功している。3DP による形状・組織同時制御が実現したことで、新規タービン翼開発に新たな展開が期待される。

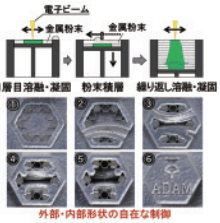


図1 EB-PBF による造形の概略図と外部・内部形状制御の例。一層ずつ積層するため造形体内部に微細な構造を作り込むことが可能。

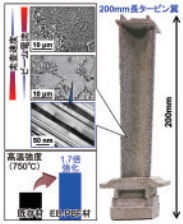


図2 プロセス条件を制御することで微細組織が変化。特殊な相変態を利用することでナノ層状組織が得られ、既存材の1.7倍もの高強度化を実現。

特　　許	特許第6792837号
論　　文	Cho, Ken; Yasuda, Hiroyuki; Nakano, Takayoshi et al. Peculiar microstructural evolution and tensile properties of β-containing γ-TiAl alloys fabricated by electron beam melting. Additive Manufacturing. 2021, 46: 102091. doi: 10.1016/j.addma.2021.102091 Cho, Ken; Yasuda, Hiroyuki; Nakano, Takayoshi et al. Improving the tensile properties of additively manufactured β-Containing TiAl alloys via microstructure control focusing on cellular precipitation reaction, Crystals, 2021, 11 (7), p.1-13. doi: 10.3390/cryst11070809
参考URL	http://www.mat.eng.osaka-u.ac.jp/sipk/am/ http://www.mat.eng.osaka-u.ac.jp/mse3/mse3-homeJ.htm http://www.mat.eng.osaka-u.ac.jp/msp6/nakano/
キーワード	3D プリンティング、積層造形、航空宇宙材料、金属間化合物、高温耐熱材料

医療・ヘルスケア、スマートデバイス

1細胞マルチオミクス解析に向けた1分子計測技術開発

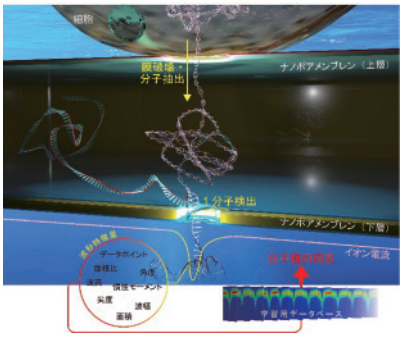
産業科学研究所　バイオナノテクノロジー研究分野
准教授 **筒井 真楠**
Researchmap https://researchmap.jp/makusu

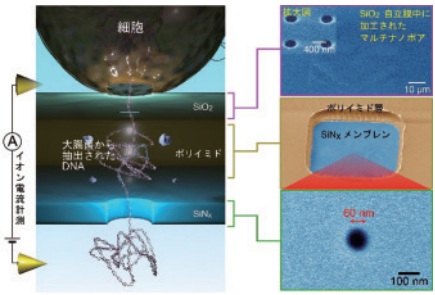
研究の概要

ナノテクノロジーを基軸にした1分子計測技術は急速な発展を遂げ、これまでのオミクス解析で得られないような生体情報の取得を可能にするセンサプラットフォームとして応用が開始されている。この研究では、1細胞内のタンパク質やゲノムを網羅的に1分子検出するナノセンサの開発を進めている。センサ構造は、半導体加工技術により作製し、ナノポアと呼ばれる直径100 nm以下のナノ細孔をシリコンウエハ上に3次元積層集積したものである。電解質液中でイオン電流を計測する仕組みであり、細胞膜破壊・細胞内分子抽出・1分子検出をオンチップで実行できる。大腸菌を用いた動作実証試験を行い、1細胞の大腸菌からタンパク質やDNAを抽出・1分子検出することに成功している。現在は、機械学習を用いた電流信号波形解析を導入し、細胞やウイルスの内容物を1分子レベルで分析するデバイス開発を進めている。

研究の意義と将来展望

本技術は、高度な前処理なしにタンパク質の発現量や遺伝情報を測定可能にするものであり、生命科学の革新や個別医療の実現に貢献できる。また、その適用は細胞に限定されるものではなく、例えばウイルスに応用すれば、小さな変異を迅速に発見するウイルス検査も可能になると期待できる。





特　　許	特願2022-160261
論　　文	Tsutsui, Makusu; Takaai, Takayuki; Yokota, Kazumichi et al. Deep Learning-Enhanced Nanopore Sensing of Single-Nanoparticle Translocation Dynamics, Small Methods, 2021, 5, 2100191, doi: 10.1002/smtd.202100191 Tsutsui, Makusu; Yokota, Kazumichi; Akihide, Arima et al. Detecting Single Molecule Deoxyribonucleic Acid in a Cell Using a Three-Dimensionally Integrated Nanopore, Small Methods, 2021, 5, 2100542, doi: 10.1002/smtd.202100542 Tsutsui, Makusu; Arima, Akihide; Yokota, Kazumichi et al. Ionic heat dissipation in solid-state pores, 2022, 8, eabl7002. Science Advances, doi: 10.1126/sciadv.abl7002
参考URL	
キーワード	ナノポア、1分子計測、1細胞解析、機械学習

カーボンニュートラル、エネルギー貯蔵、センシングデバイス

形状制御や表面修飾可能な有機多孔質材料の開発によるガス分子の吸着・分離・貯蔵

工学研究科　応用化学専攻

教授 **藤内 謙光**　Researchmap https://researchmap.jp/read0089607

助教 **岡 弘樹**　Researchmap https://researchmap.jp/k.oka

研究の概要

有機多孔質材料はこれまでの吸着や分離、精製、触媒だけでなく、光・電・磁特性を付与することでセンサーやイメージングなど様々な用途に展開されようとしている。

我々の研究グループでは多孔質有機塩（porous organic salts: POS）という新しい有機系の多孔性材料を提案してきた。今回、多孔質材料の空孔表面を様々なハロゲン元素で修飾し、そのハロゲン元素に応じてガス分子への選択性や吸着量などの吸着特性を変化させることができた。

研究の意義と将来展望

我々の多孔質有機塩は、空孔の形状や大きさ、表面の化学修飾が可能である。本研究成果では、空孔表面のハロゲン元素での修飾を達成し、その多孔質材料の性質を制御できることを実証した。特に吸着量や選択性、分子認識能の制御が可能というのは特筆すべきことである。このような化学修飾は他の置換基や元素でも可能であり、二酸化炭素やメタン、フロンなどの地球温暖化に悪影響をおよぼすガス種の回収や分離、水素、アンモニアなどのグリーン・エネルギーの貯蔵、ダイオキシンやPFOA、PFOSなどの有害物質の高感度、高選択的なセンシングや回収など様々な用途に展開可能である。

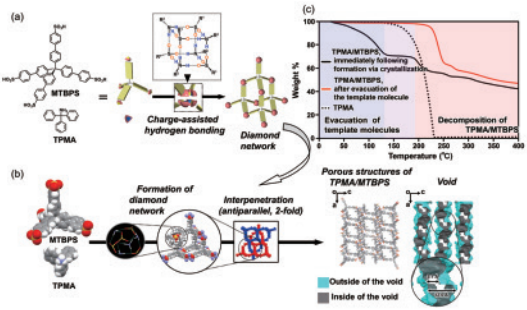


図1：多孔質有機塩の階層的構築

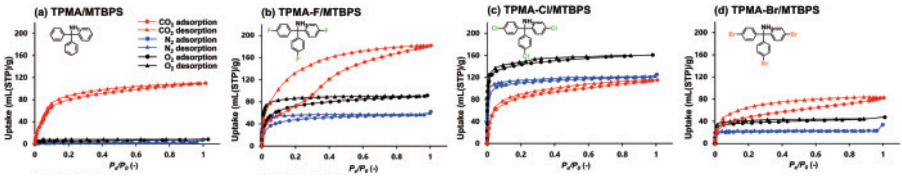


図2：各種多孔質有機塩のガス吸着挙動

特　　許	
論　　文	Ami, Takahiro; Oka, Kouki; Tohnai, Norimitsu et al. Porous Organic Salts: Diversifying Void Structures and Environments, Angew. Chem., Int. Ed., 2022, 61, e202202597, doi: 10.1002/anie.202202597
参考URL	http://www.chem.eng.osaka-u.ac.jp/~tohnaiken/scientific/
キーワード	有機多孔質材料、表面修飾、CO_2回収、センシング

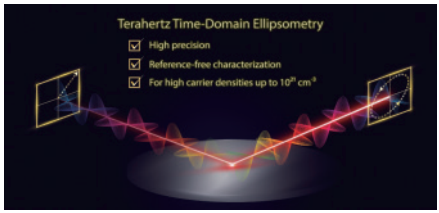
先進材料評価、情報通信、半導体デバイス

高精度テラヘルツ波エリプソメトリによる 6G 材料・ワイドギャップ半導体評価

レーザー科学研究所
准教授 **中嶋 誠**
Researchmap https://researchmap.jp/nakajimamakoto

研究の概要

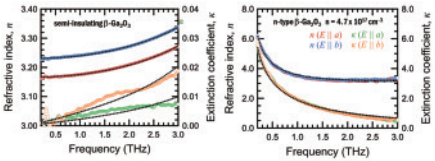
我々は、新規に回転検光子を導入した高精度のテラヘルツ時間領域エリプソメトリを開発しました。この方法により、既存の検出感度を10倍以上に高めることに成功し、テラヘルツ領域・Beyond 5G 領域における誘電率や誘電ロス、複素屈折率を高精度に評価することが可能となりました。非破壊・非接触で6G 材料やワイドギャップ半導体（GaN, SiC, Ga_2O_3）等の伝導特性を評価でき、従来のような電極作製を必要とせず、高温等の極限環境での評価も可能である。



高精度テラヘルツエリプソメトリのイメージ

研究の意義と将来展望

Beyond 5G や 6G は次世代の通信規格として開発が急ピッチに進められており、これらの通信帯は、サブテラヘルツの周波数領域に相当します。 GaN や SiC, Ga_2O_3を始めとするワイドギャップ半導体は、パワーデバイスや高周波動作デバイスとして期待されています。テラヘルツエリプソメトリやテラヘルツ時間領域分光により、これらの先進材料の伝導特性評価（キャリア濃度や移動度、散乱時間等）や高周波領域における誘電率や屈折率評価が可能です。



ワイドギャップ半導体酸化ガリウムβ-Ga_2O_3のテラヘルツ領域屈折率スペクトル

特　　許	特願2021-106147
論　　文	V.C. Agulto, M. Nakajima, et al. Scientific Reports 11, 18129 (2021). doi: 10.1038/s41598-021-97253-z V.C. Agulto, M. Nakajima, et al. Applied Physics Letters 118, 042101 (2021). doi: 10.1063/5.0031531 M. Ota, M. Nakajima, et al. Nature Physics 18, 1436 (2022). doi: 10.1038/s41567-022-01767-w
参考URL	https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2021/20210915_2 https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2021/20210126_3 https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2022/20221021_1
キーワード	テラヘルツ波、非破壊非接触評価、半導体、6G、Beyond 5G

高効率テラヘルツキラルセンシングに向けた動的メタ表面の開発

基礎工学研究科　システム創成専攻
准教授 **中田 陽介**
Researchmap https://researchmap.jp/yosuke_nakata

研究の概要

テラヘルツ領域には巨大分子や生体分子の振動準位が存在するため、センシングの観点から注目を集めている。特に、鏡写しにした構造が元の構造と重ならないキラル分子を検出するには、テラヘルツ波の電場振動方向を表す偏光が右回り・左回りの両方の場合に対する応答を調べる必要がある。このため、テラヘルツ円偏光の回転方向を高効率に切り替え可能な技術が必要とされている。本研究では入射直線テラヘルツ偏光を高効率に円偏光に変換するとともに、その円偏光の回転方向を動的に逆転させることが可能なデバイスを実現した。本デバイスは金属パターンの変形により所望の動作を可能とする（図1）。金属パターンの変形は温度によって抵抗が変化する二酸化バナジウムを利用して実現される（図2a）。本デバイスを用い高効率なテラヘルツ円偏光の切り替え動作を実証した（図2b）。

研究の意義と将来展望

本デバイスは反射型動作をするため、従来の透過型デバイスでは難しかった高い変換効率を保った動作を達成できる。実際、図2bに示すように、二酸化バナジウムが絶縁体（OFF）・金属（ON）のどちらの状況でも、単層透過型デバイスの理論限界を超えた80%以上のパワー変換効率を実現することに成功した。本デバイスは高効率テラヘルツカイラルセンシングへの展開が期待されるとともに、偏光自由度を活用した通信へも応用可能性がある。

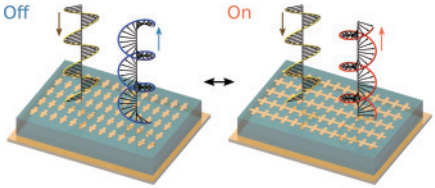


図1: デバイスの動作原理。直線偏光のテラヘルツ電磁波が入射する。金属パターンが変化することで反射テラヘルツ波の円偏光の回転方向が反転する。

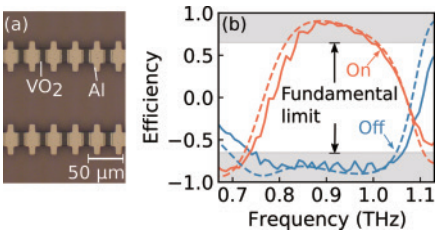


図 2: 実デバイスと特性：(a) メタ表面の顕微鏡写真。(b) 直線偏光から円偏光へのパワー変換効率。効率のプラス・マイナス符号は右・左の円偏光の違いを表している。灰色に色づけられた領域は単層透過型デバイスの原理限界を超えた領域。

特　　許	
論　　文	Kobachi, Mitsuki; Miyamaru, Fumiaki; Nakanishi, Toshihiro et al. Dynamic quarter-wave metasurface for efficient helicity inversion of polarization beyond the single-layer conversion limit. Advanced Optical Materials. 2022, 10(2), p. 2101615, doi: 10.1002/adom.202101615
参考URL	
キーワード	テラヘルツ技術、メタマテリアル、メタ表面、二酸化バナジウム

医療・ヘルスケア材料、高温構造材料

金属3Dプリンタによる異方性形状・材質制御 ～高機能金属デバイス創製の新基軸～

工学研究科　マテリアル生産科学専攻

教授 **中野 貴由** Researchmap https://researchmap.jp/read0013987

特任教授 **石本 卓也** Researchmap https://researchmap.jp/i_taku

准教授 **松垣 あいら** Researchmap https://researchmap.jp/aira

助教 **小笹 良輔** Researchmap https://researchmap.jp/ozasa_r

研究の概要

中野研究室では、金属3D プリンタを駆使し、金属3D プリンタが本来得意とする精緻な形状の制御に加えて、金属材料の材質、とりわけ結晶集合組織（原子の並びの向きと度合）の自在な制御に世界に先駆けて成功し、これまでに多数の高機能金属材料を創出している。金属3D プリンタの高度な形状制御能を駆使して初めて実現される細胞オーダーの一方向性微細溝構造によって、質の高い骨を迅速に誘導するという独自の設計指針に基づく新たなチタン合金製脊椎ケージを創製し、実用化に至っている。さらに、チタン基、ニッケル基、鉄基といった社会基盤を成す構造材料から、ハイエントロピー合金といった最先端の金属材料に至るまで、広範な材料にて材質制御による高機能化（力学機能、生体親和性や耐食性）を達成している。

研究の意義と将来展望

中野研究室で可能としている3D プリンタによる「異方性形状・材質」制御は、これまで形状特性に基づく機能性付与ばかりが注目されてきた3D プリンタの活用法を180度転換するものである。3D プリンタによって初めて可能となる、形状・材質の異方性を前提とした設計法の創出により、製品性能の飛躍的な向上のみならず、製品設計指針の大きな変革が期待される。

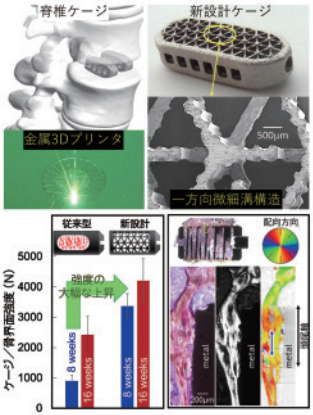


図1　金属3D プリンタの緻密な形状制御能に基づく微細溝構造を備えたチタン合金製脊椎ケージ。微細溝構造が質の高い骨を誘導し、従来型ケージと比較して、埋入初期より著しい強度の上昇をもたらす。

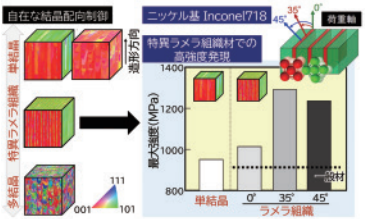


図2　金属3D プリンタで可能となった結晶配向制御と、特異ラメラ組織形成による高強度化（Inconel718の例）。荷重軸を変えることで層界面でのすべり変形に対する抵抗を変化させ、さらなる高強度化が達成される。

特　　許	特願2022-115147, PCT/JP2019/041360, 特許第6767699号
論　　文	Gokcekaya, Ozkan; Nakano, Takayoshi et al. Acta Materialia. 2021, 212, 116876, doi: 10.1016/j.actamat.2021.116876 Ishimoto, Takuya; Nakano, Takayoshi et al. Additive Manufacturing, 2021, 43, 102004, doi: 10.1016/j.addma.2021.102004 Takase, Aya; Nakano, Takayoshi et al. Additive Manufacturing, 2021, 47, 102257, doi: 10.1016/j.addma.2021.102257 Sun, Shi-Hai; Nakano, Takayoshi et al. Additive Manufacturing, 2021, 47, 102329, doi: 10.1016/j.addma.2021.102329 Amano, Hiroki; Nakano, Takayoshi et al. Additive Manufacturing, 2021, 48, 102444, doi: 10.1016/j.addma.2021.102444 Ishimoto, Takuya; Nakano, Takayoshi et al. ISIJ International, 2020, 60, 1758-1764, doi: 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2019-744
参考URL	http://www.mat.eng.osaka-u.ac.jp/msp6/nakano/
キーワード	3Dプリンタ、結晶集合組織、異方性

創薬、プロセス化学、有機EL

硫黄を上手く使ってインドールの精密化学修飾を実現

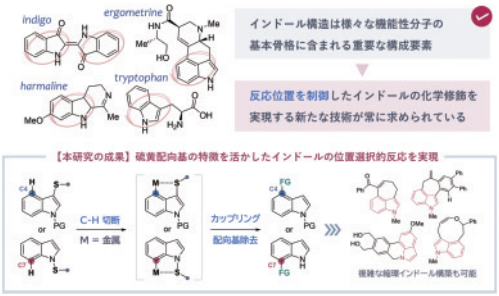
工学研究科　応用化学専攻
講師 **西井 祐二**　Researchmap https://researchmap.jp/y_nishii
先導的学際研究機構 ICS-OTRI
特任教授 **三浦 雅博**　Researchmap https://researchmap.jp/read0013936

研究の概要

ロジウム触媒およびイリジウム触媒を用いた、インドール類の直接化学修飾法を開発した。本手法では、硫黄原子を配向基（directing group）としての利用することにより、従来法を凌駕する高い位置選択性を達成することができた。触媒反応の後、硫黄配向基は容易に除去＆変換することができる。この特徴を活かすことで、天然物などに見られる複雑な構造の縮環インドール化合物の合成に展開した。

研究の意義と将来展望

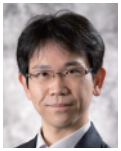
インドール化合物は多様な機能性分子の基礎となっており、特に医薬研究分野においては「privileged＝特権階級」と呼ばれるほど重要視されている。こうした背景から、反応位置を制御してインドール骨格を化学修飾する新たな手法の開発は、近年注目を集めてきた。特に、本質的に反応性の低いベンゼン環（インドール C4~C7位）を狙って反応させるには、相応の工夫が必要であった。本研究では、硫黄配向基を用いてこの課題を解決しており、その着脱の容易さに着目して、様々な縮環インドール構造の構築に応用ができることを実証した。この成果により、機能性分子の合成プロセスを短工程化できるとともに、従来法では構築の困難であった新規ビルディングブロックの創出を通じて、創薬・マテリアルサイエンスなど関連分野に波及効果が期待できる。



特　　許	
論　　文	Kona, Chandrababu Naidu; Nishii, Yuji; Miura, Masahiro. Iridium-Catalyzed Direct C4- and C7-Selective Alkynylation of Indoles Using Sulfur-Directing Groups Angew. Chem. Int. Ed. 2019, 58, 9856-9860. doi: 10.1002/anie.201904709 Kona, Chandrababu Naidu; Nishii, Yuji; Miura, Masahiro. Thioether-Directed C4-Selective C-H Acylmethylation of Indoles Using α -Carbonyl Sulfoxonium Ylides Org. Lett. 2020, 22, 4806-4811. doi: 10.1021/acs.orglett.0c01617 Kona, Chandrababu Naidu; Nishii, Yuji; Miura, Masahiro. Sulfur-Directed C7-Selective Alkenylation of Indoles under Rhodium Catalysis Org. Lett. 2021, 23, 6252-6256. doi: 10.1021/acs.orglett.1c01990
参考URL	https://www-chem.eng.osaka-u.ac.jp/hirano-lab/
キーワード	触媒化学、カップリング反応、インドール、遷移金属

有害有機化合物を高効率で分解する環境触媒の創成

工学研究科　応用化学専攻
助教 **布谷 直義**
Researchmap https://researchmap.jp/nunotani



研究の概要

大気汚染や水質汚濁の原因となる有機化合物（トルエンを始めとした揮発性有機化合物（VOCs）やフェノール類等）を、接触させるだけで無害な二酸化炭素と水にまで酸化分解できる新規な環境触媒の創成を行っている。これらの触媒においては、格子内から酸素を供給できる助触媒材料を、固体化学の観点から新たに設計・創成することにより、酸化反応を促進させている。本研究で得られた触媒は、気相中のトルエンを100℃で完全燃焼（従来触媒では170℃の高温が必要）でき、また、液相中のフェノールを常圧大気開放下80℃で完全浄化（従来触媒では10～50気圧、140～160℃の高圧高温が必要）できることを明らかにしている。

研究の意義と将来展望

VOCsやフェノール類等の有機化合物は、いずれも有機溶剤や樹脂等の原料として現在の生活に欠かせない物質であるが、人体や環境に有害であることから、排ガスや排水中から除去しなければならない。本研究で得られた触媒は、従来触媒と比較して飛躍的に活性が向上していることから、簡素で省エネルギー、かつメインテナンスフリーな環境浄化装置の実現が期待できる。今後も常に新しい発想のもとで新規触媒開発を行い、大気や河川水の環境保全に貢献していくことを目指している。

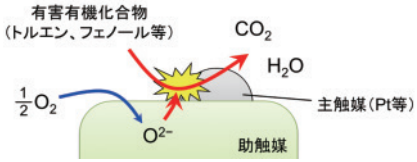


図1　助触媒から主触媒への酸素供給を利用した有害有機化合物分解反応の模式図

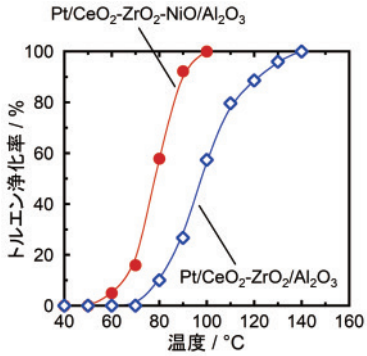


図2　Pt/CeO_2-ZrO_2-NiO/Al_2O_3触媒およびPt/CeO_2-ZrO_2/Al_2O_3触媒のトルエン燃焼活性

特　　許	
論　　文	Jeong, Minchan; Nunotani, Naoyoshi; Imanaka, Nobuhito et al. Introduction of NiO in Pt/CeO_2-ZrO_2/ γ -Al_2O_3 Catalysts for Removing Toluene in Indoor Air. Materials Letters. 2017, 208, p. 43-45, doi: 10.1016/j.matlet.2017.05.048 Abdul Rohman Supandi; Nunotani, Naoyoshi; Imanaka, Nobuhito. Complete Phenol Removal in Liquid-phase under Moderate Condition over Pt/CeO_2-ZrO_2-SnO_2/ZrO_2/SBA-16 Catalysts. Functional Materials Letters. 2020, 13, p. 2050030: 1-4, doi: 10.1142/S1793604720500307
参考URL	https://www-chem.eng.osaka-u.ac.jp/~imaken/
キーワード	環境触媒、揮発性有機化合物、希土類

フレキシブルデバイス、熱電変換

カーボンナノチューブ凝集構造上の温度分布の可視化

工学研究科　機械工学専攻
特任研究員 濱﨑 拡
准教授 平原 佳織
Researchmap https://researchmap.jp/hiraharakaori

研究の概要

カーボンナノチューブは、現在までに開発された材料中で最高レベルの熱伝導性を有し、素材の軽量さや柔軟性も相まって、次世代の熱エンジニアリング候補材料として広く注目を集めている。しかしながら、実用に便利な大きさを得るため凝集体構造を成すと、その熱特性は大きく低減されることが知られている。我々は、凝集体における熱特性低下の機構を微視的な観点から理解するため。ナノメートルスケールでの温度分布の可視化を行い（図1）、ナノチューブが最密に配向した凝集体においても、ナノチューブ同士の界面で大きな熱抵抗を生じ、凝集体中に不均一な温度分布が形成されることを明らかにした（図2）。

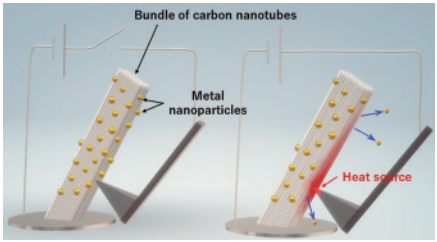


図1　実験の模式図

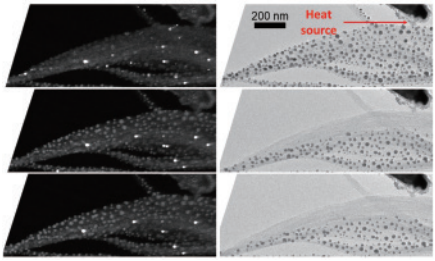


図2　異方的に加熱されるナノチューブ凝集構造

研究の意義と将来展望

本研究では、電子顕微鏡を用いてナノメートルスケールでの熱動態を可視化した。昨今の機能性材料の発展に伴い。微視的な構造に由来する複雑な熱輸送によって、巨視的な熱特性が決定されるケースは増加している。本研究は、カーボンナノチューブに限らない広範な熱制御材料において、微視的熱動態を明らかにするうえでの強力な手段を示したといえる。今後の展望として、より広い温度域で利用可能な温度マーカーとなる金属微粒子を利用した研究などが期待される。

特　　許	
論　　文	Hamasaki, Hiromu; Takimoto, Seiya; Hirahara, Kaori. Visualization of thermal transport within and between carbon nanotubes. Nano Letters. 2021, 21 (7), p. 3134-3138, doi: 10.1021/acs.nanolett.1c00336 Hamasaki, Hiromu; Kawase, Takumi; Hirahara, Kaori. Anisotropic temperature distribution in carbon nanotube bundles determined using two types of phase transitions of nanoparticles. Physical Review Materials. 2022, 6, p. L023001-1-6, doi: 10.1103/PhysRevMaterials.6.L023001
参考URL	
キーワード	カーボンナノチューブ、熱伝導、透過電子顕微鏡

π共役高分子棒状凝集体の液中形成に基づく超高配向薄膜コーティング

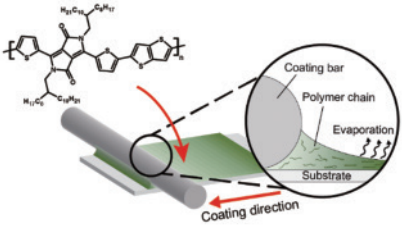
工学研究科　電気電子情報通信工学専攻
准教授 **藤井 彰彦**
Researchmap https://researchmap.jp/read0054804

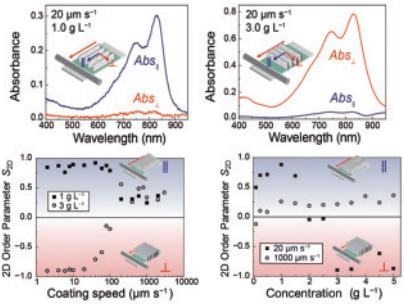
研究の概要

溶液を一軸方向へ掃引し塗布製膜するバーコート法を用いて、π共役高分子の薄膜を作製し自発的かつ一様に分子配向することを見出した。特に、溶液中において棒状の凝集体を形成するドナー・アクセプタ型π共役高分子PDPP-DTTは、液中凝集体の異方的構造に由来した液晶性により、二次元配向パラメータSが0.9となる極めて高い配向性を示した。また、分子配向方向は溶液濃度に依存し、高分子主鎖が製膜方向に対して選択的に平行もしくは垂直となる。このような現象について検討し、PDPP-DTTの液中凝集現象を考慮した分子配向メカニズムを提案した。

研究の意義と将来展望

棒状の液中凝集体を形成するPDPP-DTTについては、バーコート法によって非常に高い配向度を示す分子配向薄膜が作製できる。特に20 μm/s以下の低速製膜においては、高分子主鎖がほぼ完全に配向した状態となるだけでなく、配向方向が溶液濃度に依存して一様に変化する。この現象は液中凝集体のサイズに依存して生じており、製膜過程における液中凝集体と溶液流の相互作用を考慮することが重要である。このような液中凝集体の形成に基づく分子配向は普遍性を有する可能性があり、他のπ共役高分子への適応が期待される。





特　　許	
論　　文	Yabuuchi, Yuta; Minowa, Yu; Fujii, Akihiko et al. Direction-Selectable Ultra-Highly Oriented State of Donor-Acceptor Conjugated Polymer Induced by Slow Bar-Coating Process. Advanced Electronic Materials. 2021, 7, 2100313-1-8, doi: 10.1002/aelm.202100313 Yabuuchi, Yuta; Minowa, Yu; Fujii, Akihiko et al. Dynamics of Preaggregation and Film Formation of Donor-Acceptor π-Conjugated Polymers. ACS Materials Letters. 2022, 4, p.205-211, doi: 10.1021/acsmaterialslett.1c00734
参考URL	http://opal.eei.eng.osaka-u.ac.jp/
キーワード	π共役高分子、有機半導体、分子配向、プリンテッドエレクトロニクス

超音速衝突の動的塑性変形に基づくコールドスプレー固相積層技術とMa-Wangモデル開発

接合科学研究所
教授 麻 寧緒
特任助教 Qian Wang
Researchmap https://researchmap.jp/ma.ninshu
Researchmap https://researchmap.jp/Qian_WANG

研究の概要

コールドスプレーは、金属粒子の超音速衝突により数ナノ秒内で生じる動的塑性変形を利用する固相結合法で、実験で結合過程の観察が困難であるため、数値解析への期待が大きい。本研究では、転位ダイナミクスに基づき、ひずみ硬化、ひずみ速度硬化、超高ひずみ速度硬化、熱軟化を高精度で表現する新しい材料モデル（Ma-Wang モデル）を 開発し、金属粒子超高速衝突のコールドスプレープロセスにおける動的超大塑性変形挙動、温度上昇、動的再結晶、界面結合メカニズムおよび積層材の内部残留応力を予測した。さらに純銅（Cu）、アルミ合金（Al6061-T6）、純ニッケル（Ni）、Ni合金（Inconel718）に適用し、高精度と有効性を示した。

研究の意義と将来展望

本研究で開発したMa-Wangモデルは、金属粒子の超音速衝突による動的超大塑性変形と固相結合の界面挙動を高精度で予測できたため、コールドスプレー固相結合メカニズムの解明に大きく貢献した。本研究成果を、異種金属や機能傾斜のコールドスプレー固相積層造形に適用し、最適なコールドスプレー積層条件または適正範囲を提示することが可能である。さらにMa-Wang モデルは、コールドスプレーのマルチスケール数値解析の基礎となり、ミクロ組織とマクロ性能の関係を定量化し、コールドスプレーの産業応用に貢献する。次の期待としては、他の研究分野（例えば、レーザーピーニングや摩擦攪拌積層造形など）にMa-Wangモデルへの適用である。

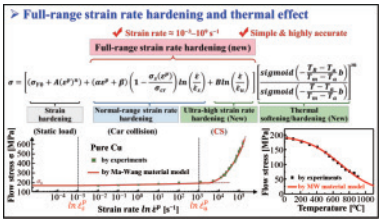


Fig. 1. Development of the Ma-Wang material model based on dislocation dynamics

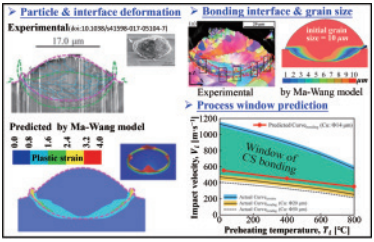


Fig. 2. High-accuracy prediction of deformation, grain size, and solid-state bonding during CS

特　　許	
論　　文	Wang, Qian; Ma, Ninshu; Luo, Xiao-Tao et al. Towards better understanding supersonic impact-bonding behavior of cold sprayed 6061-T6 aluminum alloy based on a high-accuracy material model, Additive Manufacturing. 2021, 48 (102469), p.1-11. doi: 10.1016/j.addma.2021.102469 Wang, Qian; Ma, Ninshu; Takahashi, Makoto et al. Development of a material model for predicting extreme deformation and grain refinement during cold spraying, Acta Materialia. 2020, 199, p.326–339. doi: 10.1016/j.actamat.2020.08.052
参考URL	http://www.jwri.osaka-u.ac.jp/research/research03_1.html
キーワード	固相積層造形、コールドスプレー、材料モデル、応力ひずみ、ひずみ速度、残留応力

データ駆動型界面反応過程シミュレーションの開発と応用

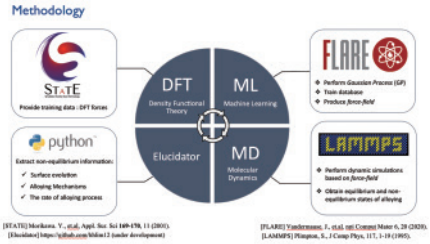
工学研究科　物理学系専攻
教授 **森川 良忠**
Researchmap https://researchmap.jp/read0118585

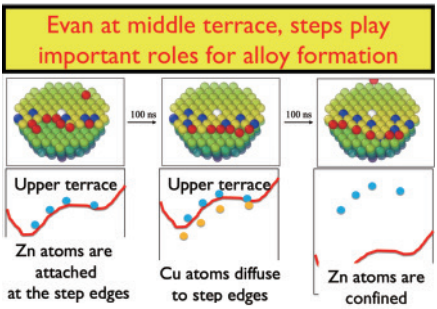
研究の概要

界面での構造や電子状態、化学反応過程を原子レベルで解明することは基礎科学的のみならず、応用上も極めて重要である。密度汎関数理論（DFT）は原子・分子レベルでの構造や電子状態を極めて精度良く計算することが可能であるが、その計算は重く、取り扱える系の空間サイズは数 nm、時間は数十 ps 程度に限られる。一方、経験的な原子間ポテンシャルを用いると、サブ μm の空間サイズ、μs の時間スケールの現象の解明が可能となる。DFT を機械学習法によりフィットした機械学習原子間ポテンシャルを構築することにより、DFT に近い精度でより大きなスケールのシミュレーションが可能になる。本研究ではこの手法を用いてさまざまな界面反応の解明を行い、より望ましい界面反応のための設計指針を与えることを目指す。

研究の意義と将来展望

精度の高い DFT は極めて大きな役割を果たしてきているが、計算は大変重いため、最新鋭のスパコンを用いたとしても、限られた仮定のモデルを用いる必要があった。最近の機械学習法の進展は、DFT によるさまざまな構造に対する計算結果から、精度の高い原子間ポテンシャルを導き出すことを可能にする。より現実デバイス環境下での界面の反応シミュレーションが可能になり、将来的には反応過程の予測やより望ましい物質の設計が可能になると期待できる。





特　　許	
論　　文	Halim, H.H ; Morikawa, Y. The Elucidation of Cu-Zn Surface Alloying on Cu(997) by Machine-Learning Molecular Dynamics, ACS Physical Chemistry Au, 2022, 2, 430-447. doi: 10.1021/acsphyschemau.2c00017
参考URL	http://www-cp.prec.eng.osaka-u.ac.jp/#showalumnia
キーワード	密度汎関数理論、機械学習、表面科学、不均一触媒、電気化学

高活性・高温強度・高耐久性を兼ね備えた次世代合金ナノ粒子触媒

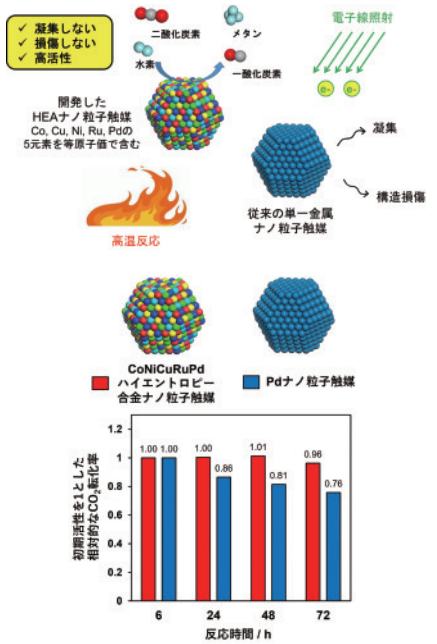
工学研究科　マテリアル生産科学専攻
准教授 **森 浩亮**
Researchmap https://researchmap.jp/7000018582

研究の概要

ハイエントロピー合金（High Entropy Alloy）は、5種類以上の元素がほぼ当原子組成比で含まれ、単相の固溶体を形成する金属材料である。HEAでは、i）ハイエントロピー効果、ii）格子歪み効果、iii）低拡散効果、iv）カクテル効果なのどの核心的効果が知られており、従来の合金とは異なる高い比強度、破壊靭性、高延性、高温強度、耐食性を示す大変魅力的な金属材料である。しかしながら、簡便なナノ粒子合成法が確立されておらず、触媒材料としては全く未開拓である。我々は、触媒機能発現を目指したハイエントロピー合金のナノ粒子化法を確立し、さらにCO_2水素化反応において特異な触媒活性、高い耐久性を示すことを見出した。

研究の意義と将来展望

ハイエントロピー合金ナノ粒子担持触媒は、過酷な環境下においても安定性が高く分離・回収の容易な粉末状であるなど、実用化触媒に不可欠な基盤要素を兼ね備えている。さらに、カクテル効果、遅い拡散効果が触媒活性やナノ粒子の構造安定性に起因していることを、理論計算を用いて証明しており学術的な意義も極めて高い。本件研究成果は、エネルギー資源の有効利用を目指した触媒分野のみならず、ナノテクノロジーを基盤とした先進的なマテリアルサイエンス分野へも多大な波及効果をもたらすことが期待される。



特　　許	
論　　文	Mori, Kohsuke; Hashimoto, Naoki; Yamashita, Hiromi et al. Hydrogen Spillover-driven Synthesis of High Entropy Alloy Nanoparticles as a Robust Catalyst for CO_2 Hydrogenation, Nature Communications, 2021, 12, p.3884–3893, doi: 10.1038/s41467-021-24228-z
参考URL	https://www.eng.osaka-u.ac.jp/wp-content/uploads/2021/06/PR20210623_2.pdf
キーワード	ナノ構造触媒、合金ナノ粒子、二酸化炭素資源化

ディスプレイ、ライダー

コレステリックブルー相液晶の高速電気光学応用に向けた結晶学的理解

工学研究科　電気電子情報通信工学専攻

講師 **吉田 浩之** Researchmap https://researchmap.jp/hiroyukiyoshida

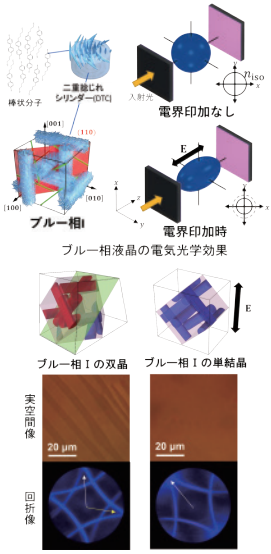
教授 **尾﨑 雅則** Researchmap https://researchmap.jp/read0014092

研究の概要

ディスプレイに用いられているネマティック液晶材料はミリ秒程度で屈折率が切り替わる性質を持ちますが、LIDARなどの応用に向け、より高速なスイッチング速度をもつ液晶の研究開発が行われています。コレステリックブルー相はネマティック相と比較して10倍程度の高速応答性をもつため次世代電気光学材料として期待されていますが、駆動電圧が高いことやヒステリシスを示すことに加え、結晶構造をもつため、電気光学応答が結晶方位に依存する課題がありました。本研究では上記の3つめの課題を解決するため、偏光顕微観察と顕微回折像観察によりブルー相液晶素子の作製時に生じる双晶の構造および電界印加時の挙動を初めて明らかにしました。また、アシスト電界を用いたブルー相の配向制御法を考案し広い面積で一様な配向を得ることに成功しました。

研究の意義と将来展望

本研究の与える知見はブルー相素子の特性を理解する学術的な基盤となるため、今後のブルー相液晶素子の開発に資するものです。また、アシスト電界を用いたブルー相の配向制御法は実デバイスとの親和性が高く、高品質なブルー相素子を作製する上で有効です。液晶はディスプレイや光変調器のみでなく、LIDARや焦点可変レンズなどの次世代技術にも搭載が検討されているため、ブルー相が実用化されることで多くの機器の高性能化が期待できます。



特　　許	
論　　文	Zhang, Yuxian; Yoshida, Hiroyuki; Ozaki, Masanori et al. Three-dimensional lattice deformation of blue phase liquid crystals under electrostriction. Soft Matter. 2020, 18, p.3328-3334, doi:10.1039/d2sm00244b Zhang, Yuxian; Yoshida, Hiroyuki; Ozaki, Masanori et al. In Situ Optical Characterization of Twinning in Liquid Crystalline Blue Phases. ACS Appl. Mater. Interfaces. 2021, 13, p.36130-36137, doi: 10.1021/acsami.1c06873 Cho, SeongYong; Yoshida, Hiroyuki; Ozaki, Masanori et al. Directed self-assembly of soft 3D photonic crystals for holograms with omnidirectional circular-polarization selectivity. Commun. Mater. 2021, 2, p.39 doi: 10.1038/s43246-021-00146-x
参考URL	
キーワード	液晶、コレステリックブルー相、結晶学、電気光学材料