不活性な一級炭素の水酸化を可能とする鉄錯体触媒

工学研究科　応用化学専攻
教授　伊東　忍　助教　森本　祐麻

特徴・独自性

有用な有機化合物（材料や医農薬など）の多くは、飽和炭化水素の多段階変換を経て得られる。現状の合成プロセスでは、合成初期段階で、炭素–炭素不飽和結合や、酸素、窒素、ハロゲンなどからなる官能基を導入し、これを起点として骨格を構築していく方法が主流である。これは周りに官能基がない炭素の変換が困難であるためである。

我々は、ポルフィリン配位子を有する鉄錯体を触媒として用いることで、非常に変換の難しい炭素—水素結合を、温和な条件下で水酸化することができることを見出した。特に、１級の炭化水素結合を酸化することによって、アルカンから直接一級アルコールが生成できることも分かった。この触媒系はオゾンを酸化剤として用いている点も特徴である。オゾンは酸素と電気エネルギーから生成可能であり、反応後の副生物も酸素だけなので極めて原子効率が高く、環境負荷も小さい。

研究の先に見据えるビジョン

反応の位置選択性が更に向上し、二級あるいは、反応性の低い一級の炭素へ、自在に官能基が導入できるようになれば、現行の合成戦略を大きく変えることができる。これにより、ステップの簡略化や不要な副生物を大きく減らし、結果として合成プロセスにおけるエネルギー効率、原子効率の向上が可能となる。

ポリエチレン、ポリプロピレンなどの、安定な化合物を分解、あるいは官能基化する用途などへの利用も期待される。

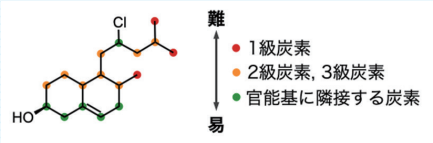


図１．変換が容易な炭素と難しい炭素

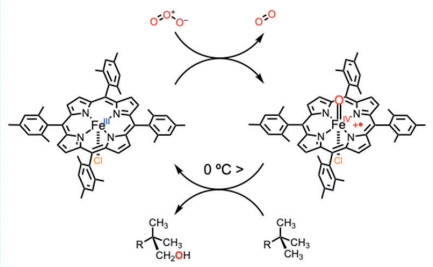


図２．原子効率の高い一級炭素酸化反応

特　許
論　文　Angew. Chem., Int. Ed. 2019, 58, 10863
参考URL　http://www-bfc.mls.eng.osaka-u.ac.jp/ItohLab/

キーワード　酸化反応、オゾン、飽和炭化水素、アルコール

研究分野以外の関心分野・テーマ　材料、エネルギー、触媒

高強度レーザー光による高エネルギー密度プラズマ物理の研究

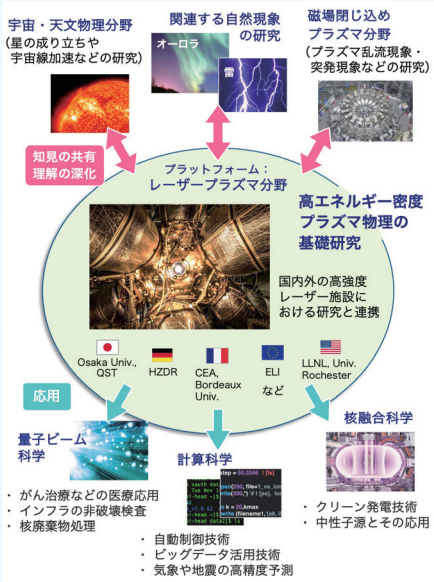
高等共創研究院／レーザー科学研究所
准教授　岩田　夏弥

特徴・独自性

レーザーは、集光によって、実験室では最も高いエネルギー密度（高圧力）状態を実現できる。現在、光の圧力が10億気圧を超えるレーザー光の生成が可能となっている。このような高強度光を物質に照射すると、ピコ秒という短時間に高エネルギー粒子が大量に叩き出されるとともに、1000万度を超える高温のプラズマが生成されるが、加速や加熱の基礎メカニズムはよく理解されていない。我々は、高強度レーザー光によるエネルギー注入下でのプラズマの構造発展と、形成される高エネルギー密度プラズマが内包する加速・輻射などの特異な機能の解明を目指した理論・シミュレーション研究を行っている。これまで、高温に加熱されたプラズマが10億気圧級の光を押し戻す現象など、光と物質の新しい相互作用特性を明らかにしてきた。

研究の先に見据えるビジョン

高強度レーザーを使って、高エネルギー密度の光と物質が生み出す複雑な集団現象の基礎物理を解明することで、高エネルギー宇宙線加速や強磁場の起源、雷などの雪崩的現象、天体衝撃波やオーロラの構造形成など、自然界の多様な謎の解明に寄与することができる。また、高強度レーザー光が駆動する高活性の物質状態から生み出される機能は、高効率粒子加速器の実現と医療や非破壊検査への応用、核融合エネルギーの利用など革新技術に繋がるものである。



特　許

論　文　N. Iwata, S. Kojima, Y. Sentoku, M. Hata, and K. Mima, “Plasma density limits for hole boring by intense laser pulses”, Nature Communications 9, 623 (2018)

参考URL　https://www.ile.osaka-u.ac.jp/ja/index.html

キーワード　高強度レーザー光、高エネルギー密度科学、プラズマ物理、粒子加速

研究分野以外の関心分野・テーマ　ライフサイエンス、計算科学、材料

超高温融体の粘性測定技術の開発

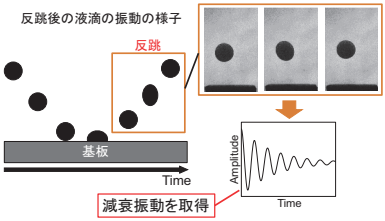
工学研究科　環境エネルギー工学専攻
准教授　大石　佑治

特徴・独自性

原子力発電所における炉心溶融事故がどのように進展するのかを予測するためには、核燃料などの炉心構成物質が高温で溶融することで生成する炉心溶融物の物性値が必要となる。しかし、炉心構成物質の多くは高融点であり、かつそれらの融体は蒸気圧が比較的高いという特徴がある。試料と容器との反応や試料の蒸発が課題となり、既存の物性測定方法では測定が困難である。

このような課題を解決するため、ガス浮遊法を用いて浮遊させた試料をレーザーで加熱して液滴とし、この液滴を落下させて基板と衝突させ、反跳後の液滴の振動を解析することで、溶融物の重要な物性の一つである粘性を評価する手法を開発した。既存の手法では測定に少なくとも数分間は必要であるのに対し、本手法では試料が落下する100msec程度の時間で測定が完了するため、極短時間での測定が可能である。このために、蒸気圧の高い物質でも物性の測定が可能になると思われる。

粘性評価手法



粘性評価手法

振動の様子から
減衰振動係数τを得る

$$\text{粘性}\ \eta = \frac{\rho r_0^2}{5\tau}$$

r_0：液滴の半径
ρ：液滴の密度

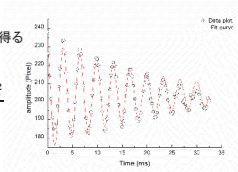


Fig. 溶融Al_2O_3の減衰振動

溶融Al_2O_3の粘性の比較

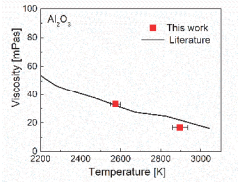


Fig. 溶融Al_2O_3の粘性の温度依存性

研究の先に見据えるビジョン

既存の物性測定手法では測定が極めて困難な炉心溶融物に対して本手法を適用することで、その粘性を解明することできると考えられる。炉心溶融物の正確な粘性が明らかになれば、福島第一原子力発電所事故の事故進展の推測精度の向上が期待できる。

特　許

論　文

T. Kondo, H. Muta, K. Kurosaki, F. Kargl, A. Yamaji, M. Furuya and Y. Ohishi, “Density and viscosity of liquid ZrO2 measured by aerodynamic levitation technique”, Heliyon 5, e02049, 2019.
T. Kondo, H. Muta, and Y. Ohishi, “Droplet impingement method to measure the surface tension of molten zirconium oxide”, J. Nucl. Sci. Technol. DOI:https://doi.org/10.1080/00223131.2020.1736681

参考URL　http://www.see.eng.osaka-u.ac.jp/seems/seems/

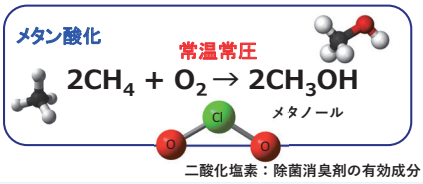
キーワード　粘性、ガス浮遊法、新手法

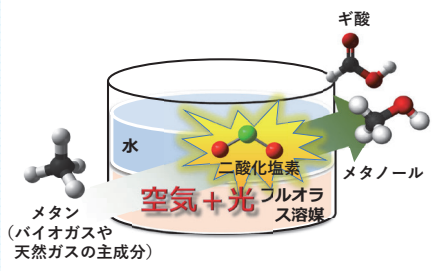
メタンガスと酸素からメタノールを常温常圧で製造する技術

高等共創研究院／先導的学際研究機構　分子光触媒共同研究部門
教授　大久保 敬

特徴・独自性

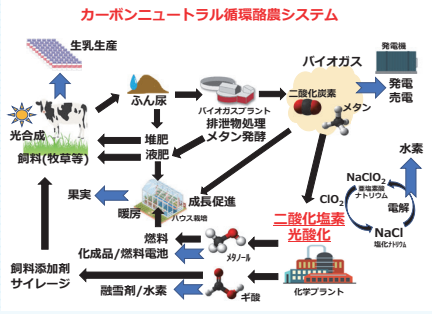
メタンガスを常温常圧でメタノールへ変換する反応は有機化学の中でも最も難しい反応の一つである。除菌消臭剤の有効成分として知られている二酸化塩素を反応剤として用いることによって、光照射下、メタンガスと空気からメタノールとギ酸へ変換することが可能になった。メタンからメタノールの空気酸化は世界で初めての例で、収率はこれまで知られている別の酸化剤を使用した場合と比べても突出した値を示している。この研究成果により、これまで運搬や貯蔵にコスト・エネルギーを要していたガス状燃料を液体燃料に変えることができる。最近では、酪農から得られるバイオガスに含まれているメタンガスを用いた、カーボンニュートラル循環酪農システムの構築を目指した研究を推進している。





研究の先に見据えるビジョン

メタンガスは天然ガスの主成分であることは広く知られているが、家畜ふん尿やゴミ処理から得られるバイオガス中にも多く含まれている。メタンガスは主に、燃焼による熱変換、発電などのエネルギー源として用いられているが、本技術によってメタンガスが様々な化成品の原料などに変換する手法が確立できる。特にメタノール合成には高温・高圧を必要としてきたが、本技術は、低エネルギー・低コスト・クリーンな合成法として様々な分野での応用が期待できる。



特　許　特許第6080281号
論　文　Ohkubo, K.; Hirose, K. Angew. Chem. Int. Ed. 2018, 57, 2126-2129
参考URL　http://www.irdd.osaka-u.ac.jp/ohkubo/Ohkubo_Lab/Top.html

キーワード　メタン、メタノール、ギ酸、バイオガス、カーボンニュートラル

研究分野以外の関心分野・テーマ　エネルギー、材料

高出力レーザーを用いた電子が駆動する磁気リコネクションの実験的研究

工学研究科 電気電子情報工学専攻
教授　蔵満　康浩

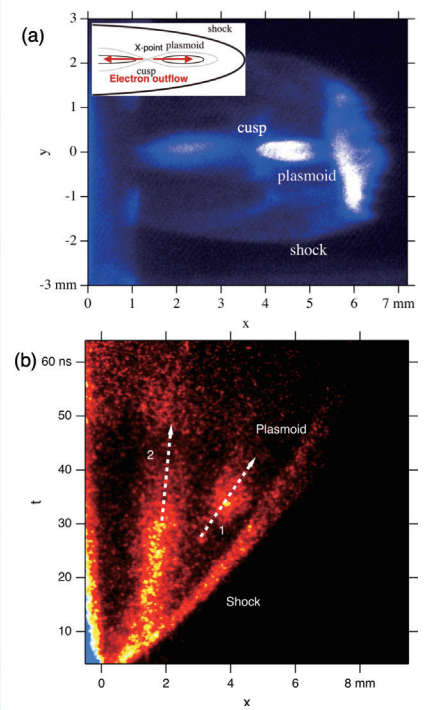
特徴・独自性

磁気リコネクションは、太陽フレアなど様々な宇宙現象で磁場からプラズマへのエネルギーの変換器として働きます。そこでは、電子の運動が本質的だと考えられてきましたが、電子スケールのミクロな情報を、広大な宇宙空間の観測で明らかにすることは困難でした。

大阪大学では、大型レーザーを用いた核融合の研究を行っています。それを宇宙の研究に生かす実験室宇宙物理は、大阪大学で生まれ、大阪大学主導で世界的な広がりを見せる様になってきました。本研究では、高出力レーザーを用い、弱い外部磁場中でプラズマを生成し、プラズマ中の電子のみが磁場と結合する状態を作り出し、電子運動が駆動する磁気リコネクションを世界で初めて実現しました。

研究の先に見据えるビジョン

本研究成果により、これまで検証が難しかった実験室プラズマ中の電子の役割の解明が期待されます。電子はイオンに比べ非常に軽く、その時間的空間的な挙動はイオンのそれに比べ圧倒的に小さく、プラズマの全体像を見ようとすると、電子スケールの現象を分解することは極めて困難でした。大型レーザーを使った実験的な研究が、宇宙の様々な未解決の問題に貢献できると期待されます。ミクロの物理がマクロな現象を支配するプラズマの普遍的な性質の解明が進展し、将来的には核融合研究の進展と理解にも寄与すると考えられます。



(a) プラズマ発光を撮像することにより、磁気リコネクションに特徴的なプラズモイドとカスプを捉えた。挿絵は概念図。(b) その時空間発展。プラズモイドの伝搬速度は電子アルフヴェン速度となっており、電子スケールの物理がプラズマのマクロな現象を支配していることを示している。

特　許

論　文
Magnetic reconnection driven by electron dynamics
Y. Kuramitsu, T. Moritaka, Y. Sakawa, T. Morita, T. Sano, M. Koenig, C. D. Gregory, N. Woolsey, K. Tomita, H. Takabe, Y. L. Liu, S. H. Chen, S. Matsukiyo, and M. Hoshino
DOI:10.1038/s41467-018-07415-3

参考URL　https://www.nature.com/articles/s41467-018-07415-3

キーワード　プラズマ科学、レーザー、宇宙・天体プラズマ、高エネルギー密度科学、地球惑星磁気圏

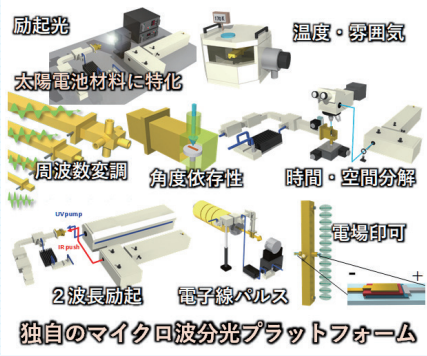
研究分野以外の関心分野・テーマ　ライフサイエンス（健康・医療）、AI、材料

高速実験探索による次世代光エネルギー変換材料の開発

工学研究科　応用化学専攻
教授　佐伯　昭紀

特徴・独自性

持続可能な社会の実現には、無限に地球に降り注ぐ太陽光エネルギーを電気・化学エネルギーに変換するシステムが必要である。そのために、高性能・低価格のペロブスカイト太陽電池や有機薄膜太陽電池、水分解で水素を発生させる光触媒の開発が世界中で行われている。しかし、これら光エネルギー変換材料は、元素組成や分子構造だけでなく、薄膜デバイスを作製するときの溶媒・混合などのプロセスにおいて、多くの因子が最終的な性能に複雑に影響するため、効率的な開発は困難である。我々は、独自のマイクロ波分光プラットフォームを開発し、太陽電池材料・光触媒の電荷輸送機構を解明するだけでなく、材料の高速スクリーニングが可能な手法を確立した。例えば、ある光触媒材料では本評価結果を基に従来の性能を3倍向上させ、また、数百種類の粉末状の半導体から有望な材料を見出し、その光検出器としての性能を1～2桁向上させた成膜プロセスの開発にも成功している。さらに、機械学習を用いた高分子材料の仮想スクリーニングと実材料の合成・評価を通じて、超高速材料探索法を確立した。



高速材料探索を可能にする時間分解評価装置

対象とする光エネルギー変換材料

研究の先に見据えるビジョン

本測定法では、膜にならない粉末材料でもその本質的な光電気特性を高速に評価することができる。それにより、未着目の既存物質だけでなく新規物質の中から有望な光エネルギー変換材料を超高速探索し、その基礎物性解明と社会実装を目指す。

特　許　PCT/JP2012/055993
論　文　(Review) A. Saeki, Polym. J. DOI:10.1038/s41428-020-00399-2
参考URL　http://www.chem.eng.osaka-u.ac.jp/~saeki/cmpc/

キーワード　ペロブスカイト太陽電池、有機薄膜太陽電池、マイクロ波分光、機械学習、機能性高分子

研究分野以外の関心分野・テーマ　情報通信、AI

固有安全高速炉の設計開発のためのSn法に基づく3次元過渡解析コードの開発

工学研究科　環境エネルギー工学専攻
助教　竹田　敏

特徴・独自性

ナトリウム冷却高速炉では、原子炉停止機能喪失時にナトリウムが沸騰(ボイド化)して炉心損傷が引きおこる可能性が想定される。炉心損傷を回避するため、近年、ナトリウムプレナム部等を設置することによりナトリウムボイド反応度を低下させる固有安全高速炉の設計開発が進められている。一方で、ナトリウムプレナム部付き高速炉におけるナトリウムのボイド反応度の解析について、従来使われてきた拡散理論に基づく手法では誤差が大きくなることが確認されている。

そこで、固有安全高速炉のようにナトリウムプレナム部が含まれる高速炉に対して精度の良い過渡解析を実施することを目的として、本研究では輸送理論であるSn法に基づく3次元過渡解析コードを開発した。また、開発したコードを用いて高速増殖炉もんじゅの解析を行い、正確に反応度が評価されていることを確認した。

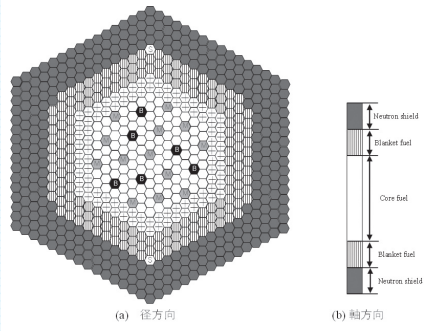


図　高速増殖炉もんじゅ炉心

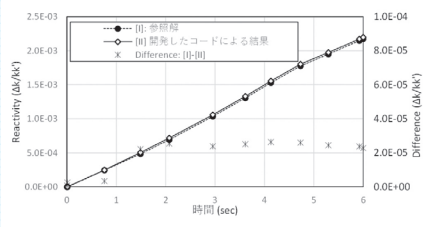


図　高速増殖炉もんじゅの解析結果

研究の先に見据えるビジョン

本研究によって開発されたコードにより、従来の拡散理論に基づく手法では誤差の大きい固有安全高速炉の過渡事象を精度良く解析することが可能となった。このコードにより、固有安全高速炉の設計開発を加速させることができる。また、本研究で開発したコードは、現在検討している固有安全高速炉だけでなく、新たなナトリウム冷却高速炉の設計開発にも応用可能である。このコードにより、新たな高速炉概念の創出が期待される。

特　許

論　文　Takeda et al. Development of an Improved Quasi-Static Transient Analysis Code Based on Three-Dimensional Sn Nodal Transport Theory for Fast Reactor. Annals of Nuclear Energy Volume 143, August 2020, 107499.

参考URL　http://www.see.eng.osaka-u.ac.jp/topics/staff/3798.html

キーワード　固有安全高速炉、過渡解析、輸送理論

研究分野以外の関心分野・テーマ　AI、材料

イオン液体・溶融塩の特性を利用した新奇なエネルギーデバイス・材料の創製

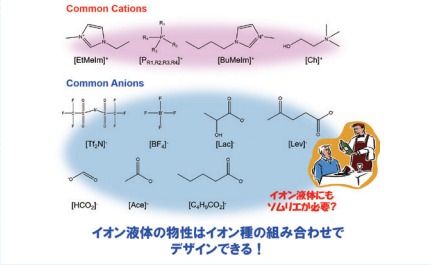
工学研究科　応用化学専攻
准教授　津田　哲哉　教授　桑畑　進

特徴・独自性

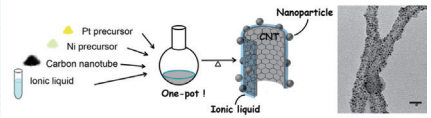
イオン液体・溶融塩はイオンのみから構成される特殊な液体であり、他の液体（水溶液や有機溶媒）には無い特異な特徴を幾つも兼ね備えたイオン流体である。これらはアルミニウムの電解製錬プロセスやフッ素ガスの製造プロセスにおける電解液として既に利用されており、社会の発展に大きく貢献してきた。我々は、イオン液体・溶融塩の持つ特徴を十分に活かすことのできる新たな研究分野を開拓するとともに、その溶液構造やイオン種の分子デザインにより機能性を付与するといったアプローチを用いて新奇なエネルギーデバイス・材料（汎用元素のみで構成されたアルミニウムアニオン蓄電池や固体高分子形燃料電池用低白金酸素還元電極触媒など）の創製に取り組んでいる。また、その研究をサポートする先端分析技術（次世代エネルギーデバイスの電極反応を対象としたin situ/operando（その場）電子顕微鏡観察法など）の構築にもチャレンジしている。

研究の先に見据えるビジョン

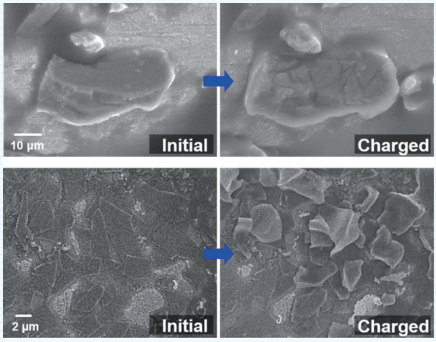
工学的な観点から、自然エネルギー（再生可能エネルギー）と我々のイオン液体・溶融塩に関する知見を組み合わせた社会実装可能な技術を開発することで、未来を支えるゼロエミッション・循環型社会の構築に貢献する。



イオン液体を構成するイオン種のまとめ.



イオン液体を使ったワンポットプロセスで得られた燃料電池用触媒.



負極の形態変化をオペランド電子顕微鏡観察した例.

特　許　特許第6195236号、特願2018-101523など

論　文　ACS Omega, 5, 25687 (2020); Mater. Adv., 1, 625 (2020); J. Mater. Chem. A, 6, 11853 (2018); Chem. Commun., 54, 4164 (2018).

参考URL　http://www.chem.eng.osaka-u.ac.jp/~elechem/
https://scholar.google.co.jp/citations?user=v1-lohgAAAAJ&hl=ja

キーワード　イオン液体、溶融塩、電気化学、電子顕微鏡、アルミニウム

研究分野以外の関心分野・テーマ　資源循環、木材、ライフサイエンス

光で燃料電池を調べる

基礎工学研究科　物質創成専攻
准教授　永井　正也

特徴・独自性

固体酸化物燃料電池の固体電解質の中で、電荷担体となる酸素イオンが10兆分の1秒の時間でイオン移動の試行を繰り返した後に酸素空孔に移動する様子を観測しました。イオン伝導体中の酸素イオンは、隣接サイトに移動する直前にその試行運動が遅くなることが知られています。そこで、近年、大容量短距離無線通信や非接触非破壊検査技術として注目されているテラヘルツ周波数帯の電磁波を用いてこの運動を追跡しました。この手法は物質科学の標準的手法であり、安定化ジルコニア中の酸素イオンの運動を実時間で捉えることに成功しました。このような電荷担体のふるまいは数値計算で予想されているものの、固体電解質で一般に行われている実験手法では得られない情報です。

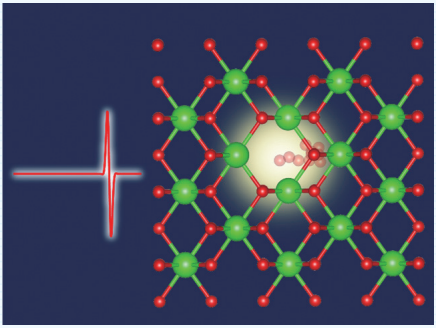


図１：固体電解質内でイオンが移動する様子

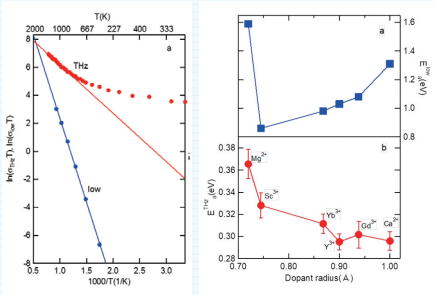


図２：固体電解質中のイオンの移動のしやすさの測定例

研究の先に見据えるビジョン

燃料電池などの化学-電気変換デバイスの研究開発では、これまで化学的アプローチでの研究が主流でした。本研究では伝導イオンを実時間で直接追跡するという物性物理学で標準的な手法を適用することで、固体電解質の基礎特性を評価する新しいツールとなることを示しました。本研究手法を取り入れることで、高い発電性能が期待される次世代のプロトン伝導性酸化物を用いた固体酸化物形燃料電池の固体電解質や電極材料の探索の加速が期待されます。

特　許

論　文　Microscopic ion migration in solid electrolytes revealed by terahertz time-domain spectroscopy
Nature Communications volume 10, Article number: 2662 (2019)

参考URL　https://www.laser.mp.es.osaka-u.ac.jp/index.html

キーワード　固体電解質、イオン伝導、テラヘルツ

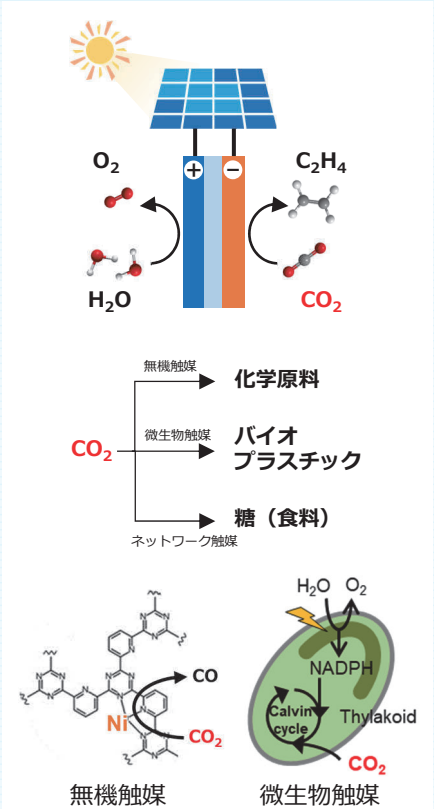
研究分野以外の関心分野・テーマ　情報通信、ナノテクノロジー・材料

電気化学的なCO_2の資源化技術

太陽エネルギー化学研究センター
教授　中西　周次

特徴・独自性

化石燃料の消費に支えられている現代社会においては、大量の二酸化炭素（CO_2）が大気中に放出されています。こうしたCO_2を有価物質へと還元固定化する触媒材料および物質変換システムは、持続可能社会の実現のために人類が必ず手に入れなければならない技術です。中西研究室では、環境調和性を第一に考え、地球上に豊富に存在する元素から成り、その上で、有意な特性（反応活性・選択性・安定性）を示す材料とシステムの研究を行っています。電気化学的手法を軸とし、CO_2還元触媒材料ならびにCO_2還元電極の開発を進めており、こうした要素技術を組み合わせたシステムにより、一酸化炭素（CO）やエチレン（C_2H_4）などの化学原料をCO_2から生産するシーズ技術を保有しています。また、バイオプラスチック原料など人工材料では決して生成し得ない複雑な有機物をCO_2から得ることを目的に、触媒材料として生きた微生物を使った生物電気化学システムの研究も展開しています。さらには、生物代謝における物質変換原理に倣い、CO_2から糖（食料）を化学合成するネットワーク触媒システムの開発にも取り組んでいます。



研究の先に見据えるビジョン

化石燃料に依存した従来型化学から脱却し、再生可能エネルギーとCO_2をベースとした新しい物質生産システムおよび食料生産システムの実現を見据えています。

特　許

論　文　CO_2 Electrolysis in Integrated Artificial Photosynthesis Systems, Chemistry Letters, doi.org/10.1246/cl.200691 (2020).

参考URL　https://rcsec.osaka-u.ac.jp/nakanishilab

キーワード　CO_2 utilization, electrochemistry, catalysts

研究分野以外の関心分野・テーマ　ライフサイエンス

相対論効果による超高強度レーザーの異常侵入によるレーザー核融合の実現

工学研究科　電気電子情報通信工学専攻
准教授　羽原　英明

特徴・独自性

レーザー核融合は重水素・三重水素の混合燃料を、固体密度の1000倍まで圧縮し、燃料温度を1億度以上にして燃焼し、エネルギーを取り出す。燃料を加熱するには幾つかの方法があるが、超高強度レーザーを照射し、燃料プラズマとの相互作用によって生成する高エネルギー電子を用いて瞬間的に燃料を加熱する高速点火という方式では、高密度圧縮に必要なエネルギーが他方式よりも少なくて済むために有望な手法である。我々のグループでは超高強度であることに由来するレーザー光の相対論的な振る舞いを利用することで、高強度レーザーを燃料近傍まで輸送し、実際にプラズマを加熱することができることを予備的な実験で示した。本手法は燃料構成やレーザー配置が単純であるため、100Hz以上の高繰り返しレーザー照射にも簡単に適応でき、核融合発電の実用化に貢献することが可能である。

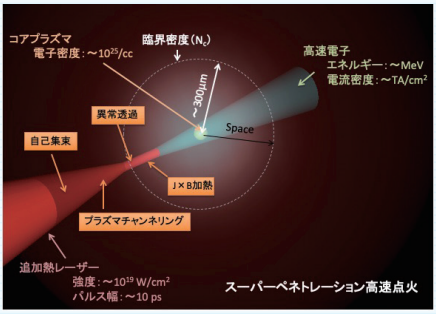


図１　スーパーペネトレーション高速点火レーザー核融合の概要：超高強度レーザーの相対論的な振る舞いにより高密度プラズマを切り裂き、燃料近傍までエネルギーを輸送し、効率的に加熱する。

研究の先に見据えるビジョン

高強度レーザーは物質に照射することで、そのエネルギーをほとんど高エネルギー粒子に変換することが可能となる。この性質はレーザー核融合だけでなく、高エネルギーイオンによるがん治療などの医療応用、高輝度X線による加工・ものづくりなどの産業応用など、様々な応用が期待されている。我々のグループは特に、生成されるX線のパルス幅がフェムト秒（10^{-15}秒）からピコ秒（10^{-12}秒）程度であることを利用し、高輝度軟X線による生体の超高時間・高空間分解計測を推し進めている。

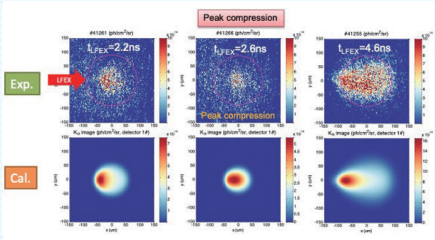


図２：高エネルギー電子によるプラズマからの発光の２次元イメージ（実験データ（上）及び再現シミュレーション（下））。

特　許

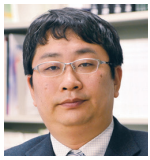
論　文　Direct observation of imploded core heating via fast electrons with super-penetration scheme, Nature Commun. 10 (2019) 5614.
Visualizing Fast Electron Energy Transport Into Laser-Compressed High-Density Fast-Ignition Targets,Nature Phys. 12 (2016) 499.

参考URL　http://www.eie.eng.osaka-u.ac.jp/le/habara/habara.htm

キーワード　レーザー核融合、高強度レーザー、高エネルギー電子ビーム、高輝度X線

研究分野以外の関心分野・テーマ　ライフサイエンス、材料

パワーレーザーでミニ太陽を作る！



レーザー科学研究所
教授　藤岡　慎介

特徴・独自性

地上の全ての生命の根元である太陽の膨大なエネルギーは、核融合反応によって生み出されています。我々は恒久的に持続可能な人類社会の実現の為に、パワーレーザーを用いて、水素同位体で構成されたミニ太陽を実験室内に作り出します。太陽中心の温度と圧力を凌駕する状態を達成するため、パワーレーザーを水素同位体に照射して高密度に圧縮し、この高密度な水素同位体をパワーレーザーで瞬間的に加熱し、その加熱の効率を向上させるために、パワーレーザーで作った強磁場を利用しています。世界中でミニ太陽を作る試みが行われていますが、安定な圧縮を実現する水素同位体の形状、強磁場の利用等に我々の独自性があり、他のアプローチを越えるエネルギー効率でミニ太陽を作ります。

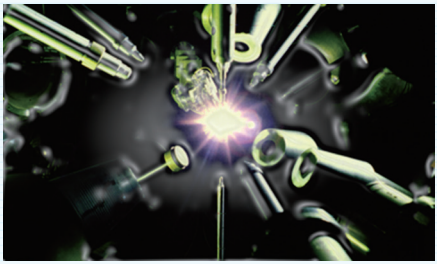


図　パワーレーザーでミニ太陽を作った瞬間

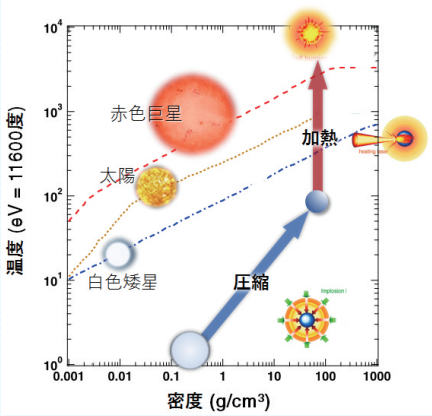


図　独自アプローチによる太陽を凌駕する状態の実現

研究の先に見据えるビジョン

ミニ太陽の実現による膨大なエネルギーの獲得は、人類が地球から飛び立つ宇宙大航海時代へのきっかけになるかもしれません。国内企業や海外のベンチャー、投資家達は、ミニ太陽で駆動されるロケットでの地球－火星間航行に強い関心を示してます。また、地上で作るミニ太陽を使って、宇宙で起こっている極限現象を実験室内で再現し、その詳細を明らかにする研究が行われています。このように我々は柔軟に、知的好奇心と社会要請に基づいて、幅広い研究を展開していきます。

特　許　現在出願中

論　文　Magnetized fast isochoric laser heating for efficient creation of ultra-high-energy-density states
Nature Communications volume 9, Article number: 3937 (2018)

参考URL　https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2018/20180926_1
http://lf-lab.net/

キーワード　パワーレーザー、太陽エネルギー、レーザー核融合、水素同位体

研究分野以外の関心分野・テーマ　プラズマ応用、放射線応用、情報通信

高性能フレキシブル熱電変換デバイスの開発と応用

産業科学研究所　エネルギー・環境材料研究分野　工学研究科　電気電子情報通信工学専攻
准教授　菅原　徹　　助教　伊庭野　健造

特徴・独自性

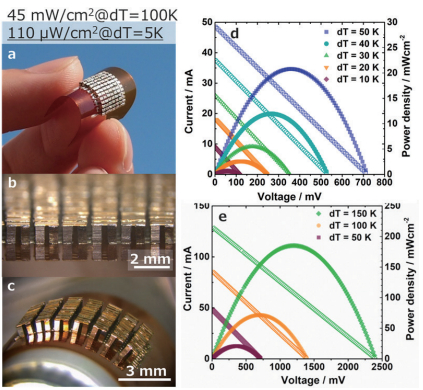
研究グループでは、精密な半導体チップ加工と精密な実装プロセス、新規の実装材料を採用することで、大面積・高効率・高機械的信頼性のフレキシブル熱電変換デバイス（2018年12月14日）のデザインを保持したまま小型・軽量化することに成功しています。

開発したデバイスは超小型の熱電半導体チップを、1cm角あたり約200個で高密度に搭載し、フレキシブル性を向上させることで、湾曲した熱源から熱の回収効率がよくなるとともに、微細化と軽量化により機械的信頼性もさらに向上しています。

研究の先に見据えるビジョン

この研究開発により、低コストかつ未使用率の高い100℃以下の廃熱を効率よく回収することができます。Society5.0やCPS（サイバー・フィジカル・システム）を実現するために必須のIoTセンサを支える熱電変換を利用した自律分散（オフグリッド）型電源システムの社会実装が期待されます。

また、この熱電変換デバイスは、小型・軽量かつフレキシブルなペルチェ素子として（発電とは逆変換の特性を）利用できるため、全く新しいエンターテインメントコンテンツとしてメディア機器やエンターテインメント機器、視聴覚室生涯者への情報呈示などに応用が期待されます。さらに、パーソナルエアコンや局所冷却機器などの各種医療機器として社会実装が期待されます。



特　許
論　文
Fabrication with Semiconductor Packaging Technologies and Characterization of Large-Scale Flexible Thermoelectric Module
Advanced Materials Technologies
https://doi.org/10.1002/admt.201800556
Fabrication and Characterization of Ultra-Lightweight, Compact, and Flexible Thermoelectric Device Based on Highly Refined Chip Mounting
Advanced Materials Technologies
https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/admt.201901128
参考URL
https://www.eco.sanken.osaka-u.ac.jp/
https://tohru-sugahara.com/
キーワード　熱電変換、エネルギーハーベスト、ペルチェ、メディア、コンピュータ・ヒューマン・インタラクション

光触媒機能を発現する セリウム多核金属錯体の開発

基礎工学研究科　物質創成専攻未来物質領域
准教授　劒　隼人

特徴・独自性

私たちは、組成や構造が単一で複数の金属から構成される「多核金属錯体」(一例を図1に示す) が、化学合成が可能なナノサイズの粒子であり、多様な金属原子を自由自在に組み合わせることで従来にない独創的な触媒を開発できると考え、研究を進めている。最近では、金属酸化物として知られるセリアをナノサイズのセリウム多核金属錯体とすることで、有機溶媒への溶解度が向上し、均一系触媒としての利用が可能となるとともに、光エネルギーを駆動力とする有機合成反応の触媒となることを見出した。例えば、図2に示すセリウム6核錯体を触媒として、天然に豊富に存在するカルボン酸を原料とし、酸素を酸化剤とする脱炭酸−酸素化反応やラクトン化反応などが進行することを明らかにした。従来の光触媒反応の多くは、カルボン酸をより反応性に富む誘導体や金属塩へと変換する必要があることから、反応工程の短縮や余分な廃棄物の削減にもつながる点でも優位性の高い反応である。

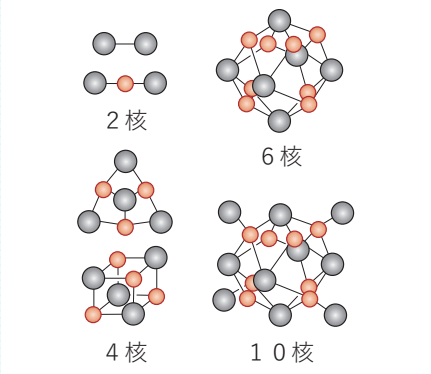


図1　多核金属錯体の基本構造の例

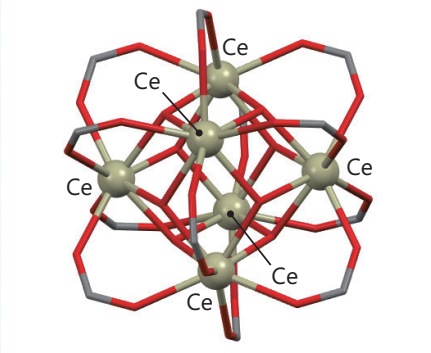


図2　セリウム6核錯体の部分構造

研究の先に見据えるビジョン

複数の金属原子が集合したナノサイズの粒子 (金属クラスター) は、触媒分野以外にも、次世代の発光材料や磁性材料の候補としての研究も盛んであり、極めて大きな可能性を秘める材料である。私たちは、得意とする多核金属錯体の合成技術を駆使することで、ナノテクノロジーのさらなる発展を支えるナノ材料の自在合成と新機能開発を目標として研究を進めている。

特　許

論　文　Cerium(IV) Carboxylate Photocatalyst for Catalytic Radical Formation from Carboxylic Acids: Decarboxylative Oxygenation of Aliphatic Carboxylic Acids and Lactonization of Aromatic Carboxylic Acids", JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, 2020

参考URL　https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacs.9b12918

キーワード　光触媒、多核金属錯体、均一系触媒、カルボン酸

研究分野以外の関心分野・テーマ　ライフサイエンス、エネルギー、ナノテクノロジー

深紫外域吸収を利用した３次元光ナノ造形法の開発

工学研究科　物理学系専攻
教授　藤田　克昌　招へい研究員　田口　敦清

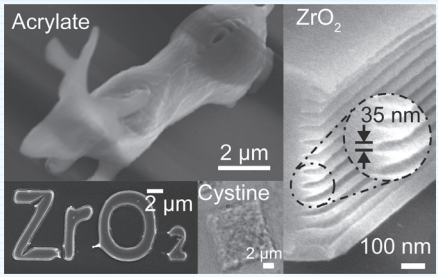
特徴・独自性

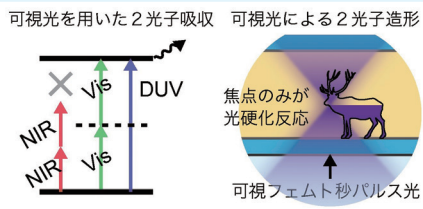
３次元造形技術は、複雑な３次元構造を造形できるため、エレクトロニクスから再生医学まで幅広い分野で応用可能であり、研究開発さらには実際のものづくりに活用されています。その中でも、２光子吸収による光重合反応を利用した２光子造形法はナノサイズの３次元造形を可能にします。これまでは近赤外光による励起が使われていましたが、吸収されるエネルギーが低く、利用できる光化学反応・材料が限定されていました。

本研究では、可視光を用いながらも、深紫外光レベルの光吸収を利用する３次元造形法を開発しました。可視光の２光子吸収により深紫外光照射と同じ効果を発生させ、エネルギーの高い深紫外域での光化学反応を誘起できるため、従来法では使用できなかった光化学反応・材料を光造形に利用できるようになります。これまでにアクリル樹脂、金属酸化物、生体材料での３次元マイクロ・ナノ造形に利用できることを示しました。本技術は、材料の純度向上、加工分解能の向上（80 nm）、２光子吸収の効率化（従来法の約7倍）を達成し、３次元ナノ造形法に革新をもたらしました。

研究の先に見据えるビジョン

本研究で開発した装置は、高い加工分解能、幅広い材料選択、高効率での３次元ナノ造形を可能にします。我々の研究グループでは、生体適合材料の３次元ナノ造形に着目しており、本研究成果は３次元バイオプリンティングへ応用が期待できます。将来的には、診断用の組織チップの作製や血管の１つ１つまで緻密に再現したミニ造形プリンティングに応用でき、生体組織工学・再生医学分野の基礎研究を推し進めることができます。





特　許　特願PCT/JP2019/002861 光造形装置、及び構造物の製造方法
特願2018-018938 光造形装置、及び構造物の製造方法

論　文　A. Taguchi, A. Nakayama, R. Oketani, S. Kawata, K. Fujita, "Multiphoton-Excited Deep Ultraviolet Photolithography for 3D Nanofabrication", ACS Appl. Nano Mater. (online, https://doi.org/10.1021/acsanm.0c02519).2020, 3, 11, 11434–11441

参考URL　https://lasie.ap.eng.osaka-u.ac.jp/home_j.html

キーワード　2光子吸収、3次元ナノ造形、深紫外、金属酸化物、バイオプリンティング

研究分野以外の関心分野・テーマ　再生医学、半導体、自己組織化