

# 耐性微生物群集の導入による嫌気性消化のアンモニウムおよび塩分による阻害の緩和



工学研究科 環境エネルギー工学専攻

教授 池 道彦

<https://researchmap.jp/ikemichi>

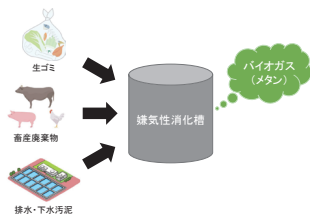
准教授 井上 大介

<https://researchmap.jp/DaisukeINOUE>

## 研究の概要

嫌気性消化によるメタン回収は、処理対象とする廃棄物、排水中に存在するさまざまな因子により大幅に減少するが、特に高濃度のアンモニウムおよび塩分は重要な阻害因子と認識されており、その阻害効果の緩和技術の開発が望まれている。本研究では、嫌気性消化において高濃度のアンモニウムや塩分により阻害を受けやすい微生物反応を解明するとともに、高濃度のアンモニウムや塩分に耐性を示す嫌気微生物群集を構築し、それらを嫌気性消化プロセスに導入することにより（バイオオーグメンテーション：bioaugmentation）その阻害効果を緩和し、阻害因子の存在しない系と同等の効率でメタン生成を行える技術を確立した。

性を見出しており、本技術により嫌気性消化が適用できる廃棄物・排水の範囲をさらに拡大し得るものと考えている。現在は本技術を実規模の施設へ適用するためのスケールアップ研究を進めている。

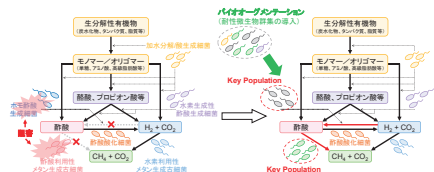


嫌気性消化による有機性廃棄物・排水からのバイオガス（メタン）回収

## 研究の意義と将来展望

本技術により、嫌気性消化による処理－メタン回収の対象を、高濃度のアンモニウムや塩分を含む廃棄物や排水にまで拡大することができるようになり、環境保全の高度化や循環型社会・脱炭素社会の構築に大きな貢献をもたらすことが期待される。後続研究においては、アンモニウム、塩分以外の嫌気性消化の阻害因子に関しても、耐性微生物のバイオオーグメンテーションによる阻害緩和の可能

【アンモニウム/塩分による嫌気性消化阻害】



高濃度アンモニウム / 塩分による嫌気性消化反応の阻害と、耐性微生物群集の導入（バイオオーグメンテーション）による阻害の緩和

特許

論文

Luong Van Duc et al. Identification of key steps and associated microbial populations for efficient anaerobic digestion under high ammonium or salinity conditions. *Bioresource Technology*. 2022, 360, 127571. doi:10.1016/j.biortech.2022.127571  
 Luong Van Duc et al. Bioaugmentation with marine sediment-derived microbial consortia in mesophilic anaerobic digestion for enhancing methane production under ammonium or salinity stress. *Bioresource Technology*. 2023, 360, 128853. doi:10.1016/j.biortech.2023.128853

参考URL

<http://www.see.eng.osaka-u.ac.jp/seewb/seewb/ikelab/>

キーワード

嫌気性消化、アンモニウム/塩分阻害、耐性微生物群集、バイオオーグメンテーション

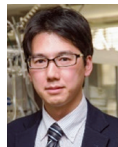


# 高速・高選択 CO<sub>2</sub> 電解還元系の多階層横断的設計

基礎工学研究科 附属太陽エネルギー化学研究センター

准教授 神谷 和秀

Researchmap <https://researchmap.jp/kamiya0908>



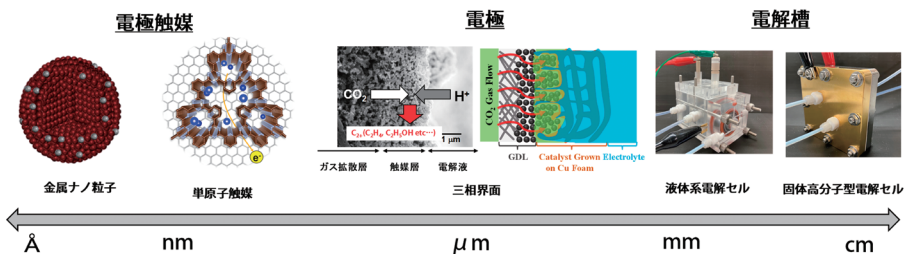
## 研究の概要

水溶液系での電気化学的手法による CO<sub>2</sub> 還元反応は、クリーンかつ常温常圧で進行することから、CO<sub>2</sub> の資源化技術として大きな注目を集めている。本技術の社会実装に向けては高速かつ高選択で反応系を駆動させる必要がある。我々は CO<sub>2</sub> 電解の反応場である三相界面を構築する電極触媒などの各要素を適切に選択・配列することで、1 A/cm<sup>2</sup> を超える電流密度で C2 以上の有機化合物やギ酸を高選択的に合成することに成功した。

極・電解槽など多階層にまたがって複数あげられる。しかし、従来の多くの研究は各要素のみにフォーカスしたものであり、それぞれをいかに全体調和的に機能させるかといった研究はほとんど行われてこなかった。一方、我々はこれらの各要素を適切に選択・配列することで、それらを調和的に機能させ、各構成材料のポテンシャルを最大限に発揮させるといった思想に基づき研究を進めることで、世界最高クラスの反応速度を達成することに成功した。本研究で扱ったようなマイクロからマクロスケールまで多階層横断的視点での設計は、今後のエネルギーデバイスの開発において基盤の方針になると考えられる。

## 研究の意義と将来展望

CO<sub>2</sub> 電解に活性を決定する因子は触媒・電



CO<sub>2</sub> 電解系の多階層横断的設計

特許

論文

Inoue, Asato; Nakanishi, Shuji; Kamiya, Kazuhide et al. Ultra-high-rate CO<sub>2</sub> reduction reactions to multicarbon products with a current density of 1.7 A/cm<sup>2</sup> in neutral electrolytes. *EES Catalysis*. 2023, 1, 9–16. doi: 10.1039/D2EY00035K  
 Liu, Tengyi; Nakanishi, Shuji; Kamiya, Kazuhide et al. A tin oxide-coated copper foam hybridized with a gas diffusion electrode for efficient CO<sub>2</sub> reduction to formate with a Current density exceeding 1 A cm<sup>-2</sup>. *Small*. 2022, 18, 2205323. doi: 10.1002/smll.202205323  
 Kato, Shintaro; Nakanishi, Shuji; Kamiya, Kazuhide et al. Selective and high-rate CO<sub>2</sub> electroreduction by metal-doped covalent triazine frameworks: A computational and experimental hybrid approach. *Chemical Science*. 2023, 14, 613–620. doi: 10.1039/D2SC03754H

参考URL <https://rosec.osaka-u.ac.jp/nakanishilab>

キーワード CO<sub>2</sub>電解、カーボンニュートラル、マルチスケールシミュレーション、人工光合成



# 粗水素を直裁使う分子技術

工学研究科 附属フューチャーイノベーションセンター

准教授 (若手卓越教員) **星本 陽一**

Researchmap <https://researchmap.jp/YHoshimoto/>



## 研究の概要

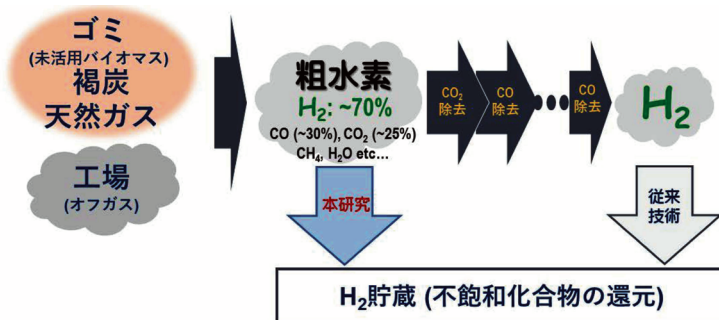
我々は、粗水素中の $H_2$ を予め分離することなく、直接的に有機化合物の触媒的水素化に利用する技術を世界で初めて実現しました。本研究成果により、既存の $H_2$ 精製プロセス(エネルギー消費および副次的な $CO_2$ 発生、 $H_2$ 損失が多い)に依存しない革新的な有機ハイドライドシステムの構築が原理的に可能となり、将来的には安価で競争力の高い $H_2$ の生産・供給を可能にすると期待できます。また、「粗水素」という、これまで直接的に利用されてこなかったフィードストックの積極的な活用を促すことも期待できます。さらに、複数のガス成分が混在する「夾雑ガス系にお

ける分子変換化学」という新たな研究分野を開拓する点は波及効果が大いと考えています。貴金属に依存した従来の触媒設計指針から脱し、典型元素化学種の特異な反応性を最大限に活用する分子材料設計は、元素戦略の観点からも、資源が乏しい我が国にとって極めて重要です。

## 研究の意義と将来展望

本研究成果により、既存の $H_2$ 精製プロセスに依存しない革新的な有機ハイドライドシステムの構築が原理的に可能となり、将来的には安価で競争力の高い $H_2$ の生産・供給を可能にすると期待できます。

エネルギー



**[本研究の成果]**  
粗水素のまま直接活用する触媒技術を開発

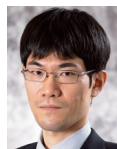
**[従来プロセス]**  
多段階・多エネルギー消費な $H_2$ 精製プロセスが必須

特許	特許第7079696号、特願2023-95773、特願2023-185532
論文	Hoshimoto, Yoichi et al. Main group catalysis for $H_2$ purification based on liquid organic hydrogen carriers. Sci. Adv. 2022, 8, eade0189. doi: 10.1126/sciadv.ade0189
参考URL	<a href="http://www.chem.eng.osaka-u.ac.jp/~ogoshi-lab/hoshimoto/wp/">http://www.chem.eng.osaka-u.ac.jp/~ogoshi-lab/hoshimoto/wp/</a> <a href="https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2022/20221027_1">https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2022/20221027_1</a> <a href="https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/02122/00123/?n_cid=nbpnxt_twbw">https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/02122/00123/?n_cid=nbpnxt_twbw</a>
キーワード	水素、粗水素、水素貯蔵、水素精製、触媒

# パラジウム触媒を用いたシクロブタノンの直截的骨格再配列反応

工学研究科 応用化学専攻

助教 阿野 勇介


<https://researchmap.jp/yusukeano>


## 研究の概要

医薬品やプラスチック、色素など、有機化合物は様々な場面でわれわれの生活を支えています。望みの有機化合物の合成は、多くの場合入手容易な出発原料に対して別のパーツを逐次的につなげることで進めていきます。これに対して、有機化合物の骨格をなす炭素-炭素結合を切断して別のパーツに置き換えることができれば、全く異なる骨格をもつ分子を一段階で合成することができます。本研究ではパラジウム触媒を用いることで、環状ケトンのひとつであるシクロブタノンの炭素-炭素結合が切断され、骨格再配列反応が進行することを見いだしました。

## 研究の意義と将来展望

遷移金属触媒を用いた炭素-炭素結合の切断を含む有機合成反応は古くから研究されています。シクロブタノンの骨格再配列反応も数例報告されていますが、反応の足掛かりとなるハロゲンやホウ素、ピリジン環などをあらかじめ出発原料に導入しておく必要があります。本手法では、*N*-ヘテロ環状カルベン (NHC) を配位子とするパラジウム触媒を用いることで、反応の足掛かりとなる部位を持たない単純なシクロブタノンをインダノンに直接変換することができます。本手法は炭素-炭素結合の切断と変換を実現する新しい触媒であり、炭素循環型社会を支える合成技術として期待されます。

### 一般的な合成法



### 炭素-炭素結合切断をともなう合成法

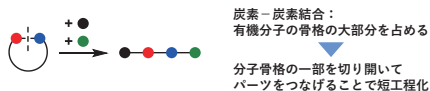


図1 炭素-炭素結合切断を利用する合成戦略

### 本研究の概要

炭素-炭素結合と炭素-水素結合をともに切断して骨格を組み替える合成手法を開発

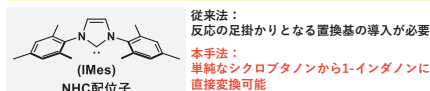
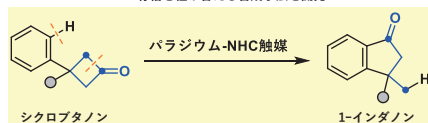


図2 本研究：パラジウム触媒による骨格再配列反応

特許

論文

Ano, Yusuke; Takahashi, Daichi; Chatani, Naoto et al. Palladium-catalyzed skeletal rearrangement of cyclobutanones via C-H and C-C bond cleavage. ACS Catalysis 2023, 13(4), 2234-2239. doi: 10.1021/acscatal.2c06389

参考URL

キーワード パラジウム触媒、シクロブタノン、骨格再配列反応



# 超柔軟・高透明エレクトロニクス創成の研究

産業科学研究所 先進材料実装研究分野

准教授 **荒木 徹平**



[https://researchmap.jp/teppe\\_i\\_araki](https://researchmap.jp/teppe_i_araki)



## 研究の概要

本分野は、ナノ・マイクロ材料の設計により多機能な先進材料を創出し、新規電子デバイスの構築と、デバイス物性の発現機構の探究を行っています。また、新規電子デバイスを集積実装するフレキシブルエレクトロニクスに関する研究を推進し、地域社会の課題解決を導くための応用研究にも取り組んでいます。全く新しい価値やエレクトロニクス・システムを創造し、さらには社会システム変革(人/農業/インフラ分野などのヘルスケア)を引き起こす機序を紐解いていくなど、異分野連携を積極的に推進しています。先進材料のエレクトロニクス実装から社会実装までの幅広い展開を興すことに挑戦しています。

## 研究の意義と将来展望

フレキシブル・ハイブリッド・エレクトロニクス(FHE)に必要な印刷配線板を多機能化・高性能化する研究開発を通じて、人/農業/インフラ分野にむけたヘルスケアセンサシステムへの応用研究を行っています。特に、有機・無機ナノ材料を中心とする伸縮導体材料を、有機デバイスへ集積実装することで、薄膜・柔軟・透明なシート型センサの構

築を目指しています。人肌のような柔軟性や、水のような透明性を発現し、専門家でもなくとも明確に観察をすることが可能な電子デバイスの開発を行うことにより、生活に溶け込む次世代パーソナルセンサの基盤技術を構築しています。



Fig. 1 (Copyright permission from Adv. Mater. Technol.)

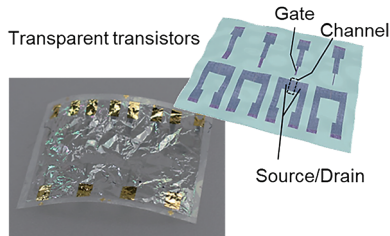


Fig. 2 (Copyright permission from Adv. Sci.)

特許 特許第6889941号、特許第6865427号、特許第6832535号

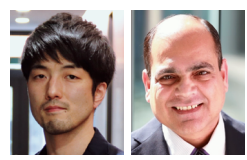
論文 Araki, Tepei; Li, Kou; Suzuki, Daichi et al. Broadband photodetectors and imagers in stretchable electronics packaging toward construction of cyber-physical systems, *Advanced Materials* 2023, 2304048. doi: 10.1002/adma.202304048  
Takemoto, Ashuya; Araki, Tepei; Nishimura, Kazuya et al. Fully transparent, ultrathin flexible organic electrochemical transistors with additive integration for bioelectronic applications, *Advanced Science* 2023, 10 (2), 2204746. doi: 10.1002/adv.202204746  
Araki, Tepei; Yoshimoto, Shusuke; Uemura, Takafumi et al. Skin-like transparent sensor sheet for remote healthcare using electroencephalography and photoplethysmography, *Advanced Materials Technologies* 2022, 7 (11), 2200362. doi: 10.1002/admt.202200362  
Araki, Tepei; Uemura, Takafumi; Yoshimoto, Shusuke et al. Wireless monitoring using a stretchable and transparent sensor sheet containing metal nanowires, *Advanced Materials* 2020, 32(15), 1902684. doi: 10.1002/adma.201902684

参考URL [https://www.sanken.osaka-u.ac.jp/organization/srp/srp\\_02\\_05/](https://www.sanken.osaka-u.ac.jp/organization/srp/srp_02_05/)

キーワード ナノ・マイクロ材料、フレキシブル・エレクトロニクス実装、センサシステム



# 超高安定・長時間測定可能な超解像ラマン顕微鏡



高等共創研究院／工学研究科 物理学系専攻

講師 **馬越 貴之**

<https://researchmap.jp/TakayukiUmakoshi>

工学研究科 物理学系専攻

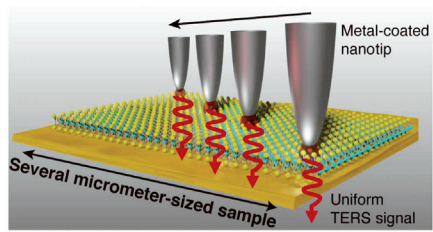
教授 **バルマ プラブハット**

[https://researchmap.jp/Verma\\_Prabhat?lang=ja](https://researchmap.jp/Verma_Prabhat?lang=ja)

## 研究の概要

近接場ラマン顕微鏡は、金属探針の先端に生成した微小な近接場光を用いて、ナノスケールの空間分解能（約10 nm）で試料の化学結合状態などをラマンイメージングできる顕微鏡法である。本研究では、超高安定・長時間測定可能な近接場ラマン顕微鏡を開発した。従来は機械的なドリフトによって測定時間が30分程度に制限されていたが、このドリフトを自動補正する機構を開発することによって、原理上永遠にイメージング可能な近接場ラマン顕微鏡を実現した。実際に、先端二次元材料  $\text{MoS}_2$ （二硫化モリブデン）を6時間にわたって広範囲・高精細にイメージングできることを示した。

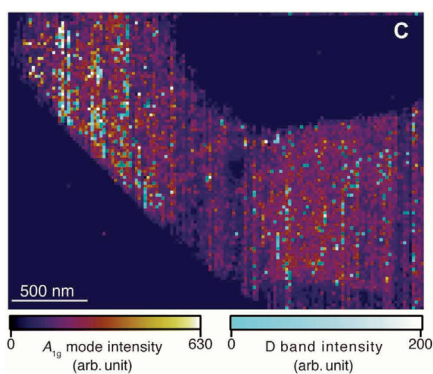
顕微鏡として、先端材料から生命科学まで様々な分野に貢献し得る成果である。



超高安定・近接場ラマン顕微鏡の概要図

## 研究の意義と将来展望

従来は測定時間の制限から、非常に狭い範囲しか観察できなかったが、高安定・長時間イメージングにより、例えばマイクロサイズの半導体トランジスタを、デバイススケールで網羅的にイメージング・分析できるようになる。加えて、ラマン信号が弱くそもそもイメージングが不可能だった生体試料なども、観察できるようになる可能性がある。そもそも、安定的に再現良く測定できるようになるため、装置としての実用性を大きく向上することができた。真に実用に足る超解像ラマン



6時間かけて取得した  $\text{MoS}_2$  の大面積・超解像ラマンイメージ

ものづくり技術

### 特許

### 論文

Kato, Ryo; Moriyama, Toki; Umakoshi, Takayuki et al. Ultrastable tip-enhanced hyperspectral optical nanoimaging for defect analysis of large-sized  $\text{WS}_2$  layers. Science Advances 2022, 8, eabo4021. doi: 10.1126/sciadv.abo4021  
Umakoshi, Takayuki; Kowashima, Koji; Moriyama, Toki et al. Tip-enhanced Raman spectroscopy with amplitude-controlled tapping-mode AFM. Scientific Reports 2022, 12, 12776. doi: 10.1038/s41598-022-17170-7

### 参考URL

<http://naspec.ap.eng.osaka-u.ac.jp/jp/index.html>

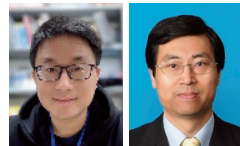
### キーワード

近接場光学顕微鏡、ラマン分光法、超解像ラマン顕微鏡



# 軽量構造における異材摩擦撹拌 接合技術の可視化研究

接合科学研究所 機能評価研究部門



特任講師 **ゲン ペイハオ**



<https://researchmap.jp/phgeng>

教授 **麻 寧緒**



<https://researchmap.jp/ma.ninshu>

## 研究の概要

異材摩擦撹拌 (FSW) の固相接合条件を適正化し、接合品質を向上するためには、FSW 過程における発熱・熱伝導・熱伝達と異材界面の塑性流動を可視化し、接合メカニズムを解明することは、極めて重要である。本研究では、Al 合金 /CFRTP、Al 合金 / 高張力鋼を対象とした異材 FSW 接合プロセスに対して、高度な数値シミュレーションモデルを開発し、接合現象を再現すると共に、接合部のマイクロ組織と機械的特性の相関関係を明らかにした。

## 研究の意義と将来展望

数値解析手法と実験測定技術を活用して接合メカニズムを解明し、異材 FSW 接合条件を適正化することにより、接合継手の性能向上を図る。さらに本技術の適用により輸送機器の構造軽量化の接合課題を解決し、製造時や使用時のエネルギー消費量を低減し、SDGs に貢献する。

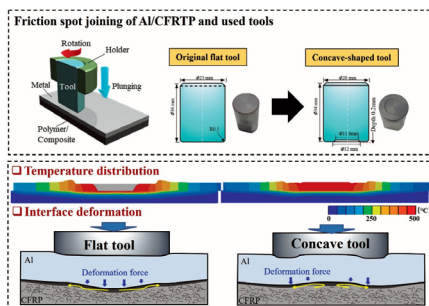


Figure 1 Friction spot joining of Al/CFRTP

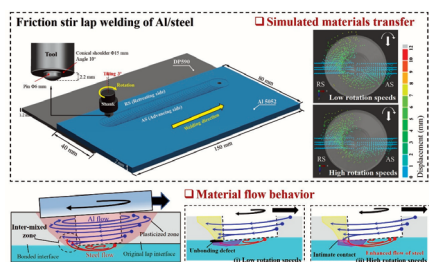


Figure 2 Friction stir lap welding of Al/steel

特 許 特願2021-179991

論 文

Geng, Peihao; Ma, Hong; Li, Weihao et al. Improving bonding strength of Al/CFRTP hybrid joint through modifying friction spot joining tools. Composites Part B: Engineering. 2023, 254, 110588. doi: 10.1016/j.compositesb.2023.110588  
Geng, Peihao; Ma, Yunwu; Ma, Ninshu et al. Effects of rotation tool-induced heat and material flow behaviour on friction stir lapped Al/steel joint formation and resultant microstructure. International Journal of Machine Tools and Manufacture. 2022, 174, 103858. doi: 10.1016/j.ijmachtools.2022.103858

参考URL

キーワード 摩擦撹拌接合、異種接合、軽量合金、数値シミュレーション

# ベンサミアナタバコによる機能性トリテルペノイドのオンデマンド異種高生産

工学研究科 生物工学専攻

准教授 **關 光**

<https://researchmap.jp/read0152753>



## 研究の概要

ロコモティブシンドローム（運動器症候群）は、加齢に伴う筋力の低下や関節の病気などにより運動器の機能が衰えて、要介護になるリスクが高い状態とされています。オリーブ果実に含まれる微量成分のマスリン酸（植物トリテルペノイドの一種）には、ロコモティブシンドローム予防効果が確認されておりサプリメント（機能性表示食品）としても販売されています。私たちは、ベンサミアナタバコ葉へのアグロ浸潤法（植物細胞に外来遺伝子を導入する能力を持つ土壌細菌であるアグロバクテリウムを葉組織に注入して外来遺伝子を発現させる手法）を用いてマスリン酸合成に関わる酵素群を大量発現させました。その結果、オリーブ果実の約20倍に匹敵するマスリン酸（約27mg/g乾重）含有量をアグロ浸潤後1週間で達成することに成功しました。

## 研究の意義と将来展望

本研究で、ベンサミアナタバコ葉での一過的な生合成酵素の大量発現により短期間でオリーブ由来の希少な健康機能性成分であるマスリン酸の高生産が可能であることを実証しました。私たちは、マスリン酸以外にも生薬である甘草に含まれるグリチルリチンなどの多くの機能性トリテルペノイドの生合成酵素

を明らかにしています。そのため今後、様々な機能性トリテルペノイドの生産に同手法を適用することが可能です。植物機能性トリテルペノイドには材料植物における含有量が非常に低いものや、希少な植物にしか含まれず野生植物の採取による環境破壊が懸念されているものなどが多く存在します。そのため、本研究を発展させ、環境にやさしく持続的な機能性トリテルペノイドのオンデマンド生産システムの構築と生産実証を行い、企業との共同研究を通して社会実装に繋がれたいと考えています。

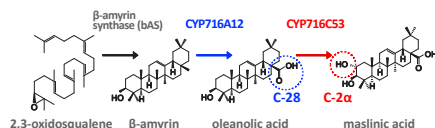


図1. ベンサミアナタバコ葉に構築したマスリン酸生合成経路

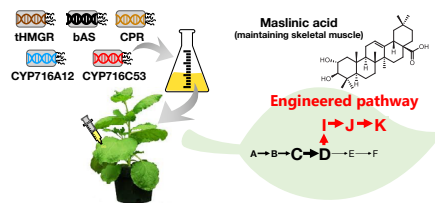


図2. アグロ浸潤法による一過的なマスリン酸生合成経路構築のスキーム

### 特許

### 論文

Romsuk, Jutapat; Yasumoto, Shuhei; Fukushima, Ery Odette et al. High-yield bioactive triterpenoid production by heterologous expression in *Nicotiana benthamiana* using the Tsukuba system. *Frontiers in Plant Science*. 2022, 13, 991909. doi: 10.3389/fpls.2022.991909  
 Chung, Soo Yeon; Seki, Hikaru; Fujisawa Yukiko et al. A cellulose synthase-derived enzyme catalyzes 3-O-glucuronosylation in saponin biosynthesis. *Nature Communications*. 2020, 11(1): 5664. doi: 10.1038/s41467-020-19399-0  
 Seki, Hikaru; Tamura, Keita; Muranaka, Toshiya. Plant-derived isoprenoid sweeteners: recent progress in biosynthetic gene discovery and perspectives on microbial production. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*. 2018, 82(6) 927-934. doi: 10.1080/09168451.2017.1387514

### 参考URL

<http://www.bio.eng.osaka-u.ac.jp/pl/index.html>

### キーワード

ファイトケミカル、機能性成分、サプリメント、薬用植物





# 鋼構造物のデジタルツインによる寿命延伸技術の高度化：地震動を含む各種荷重に伴う繰返し弾塑性変形挙動と疲労損傷過程の高精度な予測技術

工学研究科 地球総合工学専攻

准教授 堤 成一郎

Researchmap <https://researchmap.jp/tsutsumi>



## 研究の概要

我々の周囲にある大小様々な機械・装置・構造物に生じる損傷の80%近くは、力や変形が繰返し作用した結果として生じる“疲労”に起因するとされています。この各種材料からなる構造体が損傷するまでの過程を事前に、かつ正確に評価・予測できる手法を確立し、疲労損傷およびそれに伴う事故を未然に防止することは、豊かで安全かつ持続的な社会活動を営む上で、また各種産業分野において国際競争力を高める上で極めて重要な課題です。

この疲労損傷過程は、疲労亀裂の発生過程とその後の進展過程に分けて議論され、塑性論や破壊力学など複数の理論体系に跨る多くの予測モデルが提案されてきました。我々は、各種材料からなる構造体の変形・応力状態を高精度・高効率に予測可能な数値シミュレーション（デジタルツイン）技術を開発するとともに、疲労亀裂発生から進展・破断までを統一して評価できる疲労性能評価手法を提案しています。

## 研究の意義と将来展望

我々が開発を進めている構造物の変形・疲労破壊現象を対象としたデジタルツイン・数値シミュレーション技術を活用することにより、例えば、老朽化が進む既存の各種インフラ鋼構造物に対しては、合理的な補修・補強

計画の立案、また新設の構造物に対しては、維持コストを低減可能な強靱な構造や新材料の提案、さらに新たな長寿命化技術の開発など、多くの社会課題の解決に繋がると考えています。

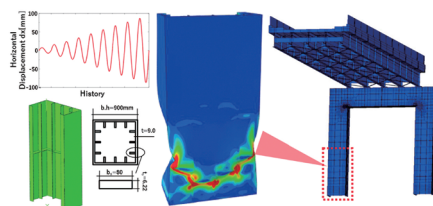


図1 鋼製橋脚のデジタルツイン（地震時応答の繰返し弾塑性FEMシミュレーション）

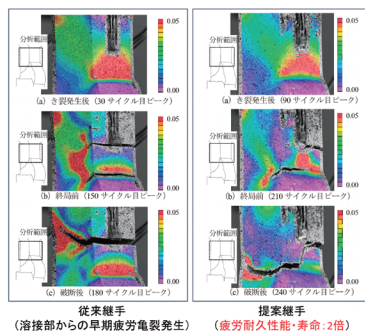


図2 DICによる最大主ひずみ分布計測結果（溶接継手の低サイクル疲労実験）

特許

論文

Tsutsumi, Seiichiro et al. Effects of weld geometry and HAZ property on low-cycle fatigue behavior of welded joint. International Journal of Fatigue. 2022, 159, 106683. doi: 10.1016/j.ijfatigue.2021.106683  
Fincato, Riccardo; Tsutsumi, Seiichiro. Numerical implementation of the multiplicative hyperelastic-based extended subloading surface plasticity model. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. 2022, 401, 115612. doi: 10.1016/j.cma.2022.115612  
Fincato, Riccardo; Yonezawa, Takayuki; Tsutsumi, Seiichiro. Numerical modeling of cyclic softening/hardening behavior of carbon steels from low- to high-cycle fatigue regime. Archives of Civil and Mechanical Engineering. 2023, 23, 164. doi: 10.1007/s43452-023-00698-4

参考URL <https://scholar.google.co.jp/citations?hl=ja&user=Au48XfYAAAAJ>

キーワード 繰返し塑性、材料モデル、有限要素法、疲労、亀裂発生進展



# 触媒概念の融合に基づく分子設計と 持続可能な物質変換・材料開発

工学研究科 応用化学専攻

教授 林 高史

Researchmap [https://researchmap.jp/20190602\\_Sun](https://researchmap.jp/20190602_Sun)

## 研究の概要

本研究は化学（有機化学、触媒化学、錯体化学、高分子）とバイオ（酵素工学、プロセス工学、ゲノム工学、医工学）および計算科学や機械学習を巻き込んだ学際領域において、触媒をキーワードとする物質変換や触媒設計、化学エネルギーの生産技術開発等の開発を、国際共同研究を主軸として実施するものである。化学とバイオが協働することによって、斬新な触媒の創製や持続可能な物質変換に寄与するプロセス開発に展開し、人工金属錯体をタンパク質に埋め込む新しい生体触媒の創製や、データサイエンスを駆使した触媒設計や酵素改変、遍在小分子から人工光合成による化学エネルギー源の生産、あるいは微生物と化学触媒を駆使した生体適合性材料の開発を実施する（図1）。

## 研究の意義と将来展望

これまで化学およびバイオのそれぞれの分野で独自に発展を遂げている触媒開発について、両分野の協働がさらなる大きなインパクトを与えるものと期待される。本研究では、主に化学とバイオの学際的な国際共同研究を通じて、図1に示すように最新の触媒技術を用いた物質変換と材料の開発を精力的に実施するとともに、触媒の学術的概念の融合を目

的としている。最終的な目標としては、化学触媒とバイオ触媒の融合と触媒概念の統一を図り、バイオエコノミーな物質変換に寄与する触媒の開発と利用をめざすことにある。

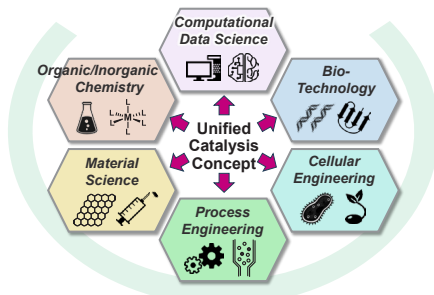


図1 触媒が果たす様々な分野とその触媒概念の融合

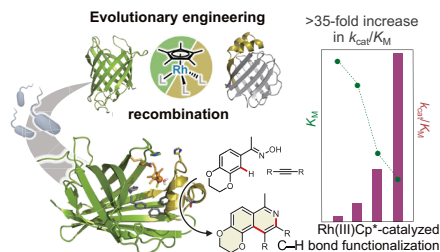


図2 タンパク質と金属錯体を組み合わせた新しい人工金属酵素の開発

### 特許

### 論文

Kato, Shunsuke; Schwaneberg, Ulrich; Hayashi, Takashi et al. Evolutionary engineering of a Cp\*Rh(III) complex-linked artificial metalloenzyme with a chimeric  $\beta$ -barrel protein scaffold. *J. Am. Chem. Soc.* 2023, 145, 8285-8290. doi: 10.1021/jacs.3c00581  
 Oohora, Koji; Onoda, Akira; Hayashi, Takashi. Hemoproteins reconstituted with artificial metal complexes as biohybrid catalysts. *Acc. Chem. Res.* 2019, 52, 945-954. doi: 10.1021/acs.accounts.8b00676  
 Kato, Shunsuke; Honda, Kohsuke; Hayashi, Takashi et al. Chitin- and streptavidin-mediated affinity purification systems: A screening platform for enzyme discovery. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2023, 62, e20230376. doi: 10.1002/anie.202303764

### 参考URL

<http://www.applied-bioinorganic.jp/jp/>

### キーワード

触媒、酵素、持続可能物質変換、化学エネルギー変換、バイオエコノミー

# 二相ステンレス鋼の溶接熱影響部における孔食発生メカニズム

接合科学研究所 接合評価研究部門

助教 Hou, Yuyang

Researchmap <https://researchmap.jp/houyujwri>



## 研究の概要

高能率埋もれアーク溶接による二相ステンレス鋼溶接部の耐孔食性を検討したところ、孔食は主に最高到達温度がフェライト単相域まで上昇する高温熱影響部 (HT-HAZ) で発生し、そのほとんどは、フェライト相の (Ti,Cr) N 近傍から発生することがわかりました。母材となる二相ステンレス鋼のチタン含有量が 50 ppm 以下であるにも関わらず、(Ti,Cr) N が析出し、この周囲に明確な Cr 欠乏層は認められないものの、(Ti,Cr) N 表面に不動態皮膜がほとんど形成されていないことが確認されました。以上のことから、孔食は Cr 窒化物周囲に形成される Cr 欠乏層だけでなく、(Ti,Cr) N 表面の不動態皮膜の欠如によって引き起こされると考えられました。

## 研究の意義と将来展望

この研究により、二相ステンレス鋼溶接部の熱影響部における析出物が原因となる孔食発生メカニズムが明らかになりました。この結果は、より高い耐孔食性を有する二相ステンレス鋼の成分設計および製造プロセスに関する新たな展望を与えると考えられます。また、この研究は、二相ステンレス鋼製品の安全性の確保はもとより、より良い環境保護と省エネルギーへの貢献すると期待されます。

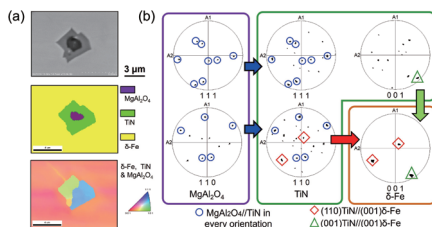


図1 ステンレス鋼溶接金属部の機械的特性を向上させる  $\delta$  フェライト核生成のための TiN 形成を促進する酸化物の同定

(a) 核生成サイトの特性、(b) 結晶方位関係と核生成機構

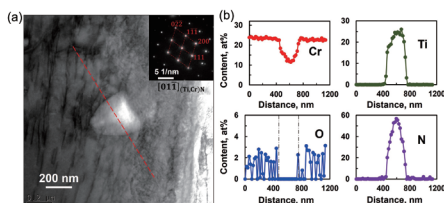


図2 二相ステンレス鋼溶接部の HT-HAZ (熱影響部高温側) における孔食発生起点の解析

(a) (Cr,Ti)N の相同定、(b) (Cr,Ti)N 上の不動態皮膜の脆弱性と欠如 ((Cr,Ti)N 近傍の EDS 線分析)

特 許

論 文

Hou, Yuyang; Nakamori, Yudai; Kadoi, Kota et al. Initiation mechanism of pitting corrosion in weld heat affected zone of duplex stainless steel. *Corrosion Science*. 2022, 201, 110278. doi: 10.1016/j.corsci.2022.110278  
Hou, Yuyang; Kadoi, Kota. Nucleation of equiaxed  $\delta$ -ferrite by accelerating TiN formation controlled by oxide during welding of ferritic stainless steel. *Materials Characterization*. 2023, 204, 113212. doi: 10.1016/j.matchar.2023.113212

参考 URL

キーワード 溶接・接合、冶金、ミクロ組織、腐食、欠陥



# CFRP/Steel レーザ溶接や CFRP/Aluminum 抵抗スポット溶接の強度試験と数値解析

接合科学研究所 機能評価研究部門

教授 麻寧緒

Researchmap <https://researchmap.jp/ma.ninshu>



## 研究の概要

レーザー熱源と電気抵抗熱源をそれぞれ用いて、性質が全く異なるCFRP（カーボン繊維強化樹脂材）と金属（高張力鋼板、アルミ合金）を直接接合する熱・力学プロセスを、開発した数値解析モデルにより再現し、実験で観察できない内部の温度分布、CFRPの溶融領域と分解領域を定量化し、接合メカニズムを解明した。接合界面の温度範囲をCFRPの溶融温度以上と分解温度以下に制御することは、CFRPと金属を接合する必要条件となることが分かった。接合継手にはこの温度範囲が広いほど、接合継手の強度が高くなる。より詳細な研究を行ったことで、レーザー溶接条件（熱量）とCFRP/Steelの接合強度、抵抗スポット溶接の電流など（発熱量）とCFRP/Aluminumの接合強度に関する相関関係を明らかにした。

## 研究の意義と将来展望

モノづくり現場において、生産性の向上および製品の品質保証のため、デジタル化制御と可視化が必要不可欠となる。それらを支援するデジタルシステムとして、DT（デジタルツイン）やDX（デジタルトランスフォーメーション）が注目されている。

本研究では、まずCFRP/Aluminumの抵抗スポット溶接による温度場、溶接寸法および引張りせん断強度を定量化・可視化したDTを構築し、生産現場で使用するCFRP板とAluminum板の寸法変更に伴う溶接条件

の提案や溶接結果の予測をリアルタイムで支援することが可能になってきている。

CFRP/Steelのレーザー溶接の研究結果を実用に展開するために、実験・解析データを蓄積して、ML（マシンラーニング）による予測技術とDTを構築しなければならない。

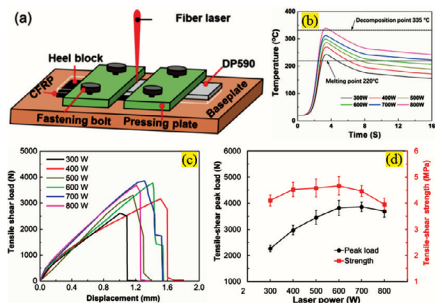


図1：(a) CFRP/Steelレーザー溶接試験、(b) 数値解析による界面温度履歴、(c) 引張りせん断試験による荷重-変位カーブ、(d) 継手強度

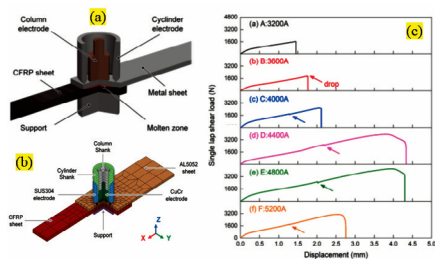


図2：(a) CFRP/Aluminum抵抗スポット溶接、(b) 有限要素モデル、(c) 引張りせん断試験による荷重-変位カーブ

### 特許

論文 Xia, Hongbo; Ma, Ninshu et al. Influence of laser welding power on steel/CFRP lap joint fracture behaviors. Composite Structures. 2022, 285 (115247), 1-12. doi: 10.1016/j.compstruct.2022.115247  
Ren, Sendong; Ma, Ninshu et al. Numerical analysis on coaxial one-side resistance spot welding of Al5052 and CFRP dissimilar materials. Materials and Design. 2020, 188 (108442), 1-14. doi: 10.1016/j.matdes.2019.108442

参考URL [http://www.jwri.osaka-u.ac.jp/research/research03\\_1.html](http://www.jwri.osaka-u.ac.jp/research/research03_1.html)

キーワード 鋼/CFRPレーザー溶接、Al/CFRP片側抵抗スポット溶接、RSW デジタルツイン



# プラズマを援用したダイヤモンド基板の高エネルギー超精密研磨法

工学研究科 附属精密工学研究センター

教授 山村 和也



Researchmap

<https://researchmap.jp/read0014013>



## 研究の概要

ダイヤモンドは低誘電率、高絶縁破壊電圧、高熱伝導度など優れた電気的・熱的特性を有するため、次世代半導体パワーデバイス分野において注目されている。しかしながら、高硬度かつ化学的に不活性な難加工材料であるため半導体分野での普及が遅れている。当該グループでは、『化学的作用』と『機械的作用』とを複合した『プラズマ援用研磨法』によりダイヤモンド基板を高エネルギーかつダメージフリーに仕上げる新しい加工プロセスを開発した。本プロセスにより、通常の化学機械研磨 (CMP) と比較して10倍以上の研磨レートが得られ、多結晶ダイヤモンド基板に対しても粒界段差の無いサブナノメートルオーダーの表面粗さをダメージフリーに得ることに成功した。

## 研究の意義と将来展望

ダイヤモンド基板をパワーデバイス放熱用のヒートスプレッダに用いる研究は数年前から行われてきた。しかしながらダイヤモンドは難加工材料であり、高加工速度と高品位表面を両立する加工プロセスの実現には未だ至っていない。『プラズマ援用研磨法』により、高品質なダイヤモンド基板を低コストで製造

できるようになると、半導体デバイス用途のダイヤモンド基板の普及に向けて従来の限界を突破するという意義がある。また、省電力高性能パワーデバイスや高周波デバイスの性能を向上させ、低炭素社会の早期実現が期待できる。

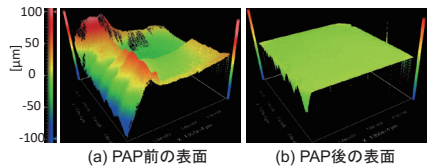


図1 単結晶ダイヤモンド基板の平坦度

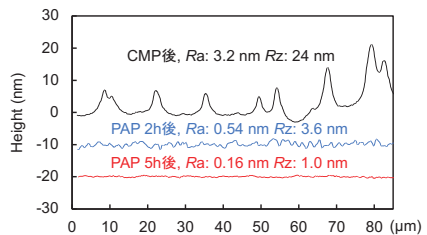


図2 多結晶ダイヤモンド基板の表面粗さ

特許	特願2022-125662、特許第5614677号
論文	Liu, Nian; Yamamura, Kazuya et al. Highly efficient finishing of large-sized single crystal diamond substrates by combining nanosecond pulsed laser trimming and plasma-assisted polishing. Ceram. Int. 2023, 49, 19109–19123. doi: 10.1016/j.ceramint.2023.03.038
	Liu, Nian; Yamamura, Kazuya et al. Effects of polishing pressure and sliding speed on the material removal mechanism of single crystal diamond in plasma-assisted polishing. Diam. Relat. Mater. 2022, 124, 108899. doi: 10.1016/j.diamond.2022.108899
参考URL	<a href="http://www-nms.prec.eng.osaka-u.ac.jp">http://www-nms.prec.eng.osaka-u.ac.jp</a>
キーワード	プラズマ援用研磨、単結晶ダイヤモンド基板、多結晶ダイヤモンド基板