
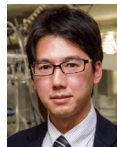


三相界面の理解と制御に基づく 高効率 CO₂ 電解系の開発

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

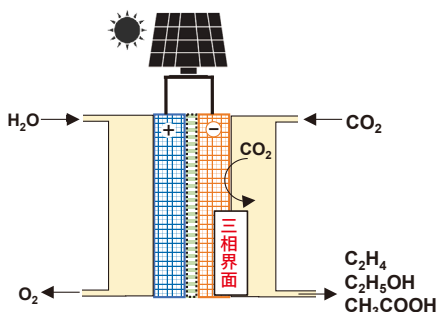
 Researchmap <https://researchmap.jp/kamiya0908>



研究の概要

電気化学的 CO₂ 還元反応は、常温常圧下で進行することから、次世代の CO₂ 資源化技術として大きな注目を集めている。高電流密度でのガス状 CO₂ 電解を実現するためには、触媒・電解質・CO₂ ガスから成る三相界面における反応過程の解明と、その設計指針の確立が重要である。我々は、このガス状 CO₂ 電解の反応場である三相界面を対象に、マルチスケールかつマルチモーダルな解析を行った。その結果、触媒層内の粒子間空隙が電解電流密度を、また電解質中のカチオンサイズが生成物選択性を支配する重要な因子であることを明らかにした。

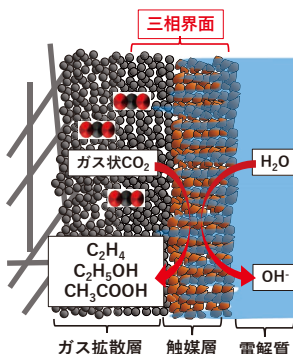
解システム全体の高性能化と社会実装への展開が期待される。



固体高分子型電解槽による CO₂ 電解

研究の意義と将来展望

CO₂ 電解に関する研究は、国内外で広く進められている。しかし、多くの研究は、原子レベルでの新規触媒の開発、分子レベルでの反応設計、あるいは化学工学的観点からのシステム設計に主眼を置いている。本研究では、それらの中間スケールに位置する反応場、すなわち三相界面の設計に着目した。実際、この界面を精密に設計することで、従来から知られる材料のみを用いて、世界最高水準の電解電流密度と C₂ 以上の生成物選択性を達成した。今後は、三相界面設計を材料設計およびシステム設計と融合させることで、CO₂ 電



ガス状 CO₂ 電解における三相界面

特許 特許第7641381号、特開2024-113569

論文 Kurihara, Ryo; Nakanishi, Shuji; Kamiya, Kazuhide et al. Alkali-cation-free electrochemical CO₂ reduction to multicarbon products in aqueous electrolytes containing tetraalkylammonium cations. *EES Catalysis*. 2025, 3, 1055-1061. doi: 10.1039/D5EY00141B

Inoue, Asato; Nakanishi, Shuji; Kamiya, Kazuhide et al. Small interparticle spacing in catalyst layers forms an expansive triple-phase interface for boosting the current density of CO₂-to-C₂₊ conversion. *Small*. 2025, 21(23), e2500693. doi: 10.1002/smll.202500693

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

キーワード CO₂電解、カーボンニュートラル、三相界面、固体高分子型電解槽、人工光合成



レーザー駆動中性子共鳴分光法による瞬間・透過・元素選別温度計測

レーザー科学研究所

教授 余語 覚文

<https://researchmap.jp/7000018584>

研究の概要

超高強度レーザーとターゲット物質との相互作用によって発生する中性子を用い、単一ショットで物質内部の温度分布を測定する「レーザー駆動中性子共鳴分光法」を開発しました。本手法により、従来は平均化された情報しか得られなかった物質の瞬時温度を、元素・同位体ごとに選別して瞬間的に計測できるようになります。

研究の意義と将来展望

この成果は、レーザー核融合研究や高エネルギー密度物理の精密診断に革新をもたらすと

に、宇宙・惑星内部環境や新エネルギー開発研究への応用も期待されます。将来的には、シングルショットで得られる高輝度中性子源を活用した新しい非破壊評価技術や、極限条件下での物質科学研究の加速に寄与することを目指します。

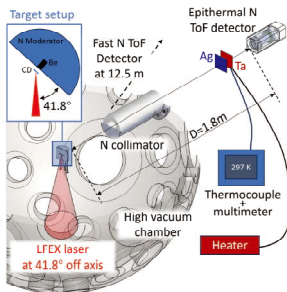
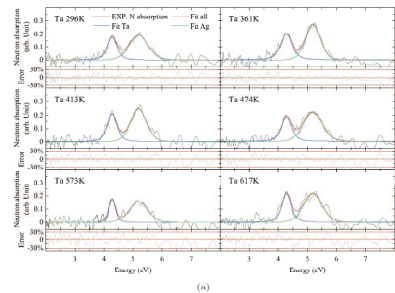


Fig. 1 The experimental setup of the laser-driven epithermal neutron generation and resonance absorption measurement using the TOF method. Source: 2024 Yogo et al., Single-Shot Laser-Driven Neutron Resonance Spectroscopy for Temperature Profiling. Nature Communications (10.1038/s41467-024-49142-y), licensed under CC BY

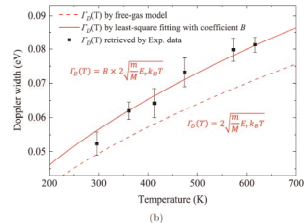


Fig. 2 (a) Experimental neutron absorption results and model. The temperature of Ag was kept at 296K and Ta was heated to $T = 297, 361, 413, 474, 573$ and 617 K. (b) Theoretical Doppler width and experimental results. The error bars of Doppler width depend on the fitting error and the noise level of the original signal. The temperature of each data point was measured by the thermocouple in the experiment. Source: 2024 Yogo et al., Single-Shot Laser-Driven Neutron Resonance Spectroscopy for Temperature Profiling. Nature Communications (10.1038/s41467-024-49142-y), licensed under CC BY

特許	
論文	
参考URL	https://www.ile.osaka-u.ac.jp
キーワード	レーザー核融合、中性子共鳴分光、温度計測、高エネルギー密度物理、単発診断

Lan, Zechen; Yogo, Akifumi et al. Single-shot laser-driven neutron resonance spectroscopy for temperature profiling. Nature Communications. 2024, 15(1), 5365. doi: 10.1038/s41467-024-49142-y
 Yogo, Akifumi; Arikawa, Yasunobu et al. Laser-driven neutron generation realizing single-shot resonance spectroscopy. Physical Review X. 2023, 13, 011011. doi: 10.1103/PhysRevX.13.011011

高難度物質変換反応を指向した人工金属酵素の開発

工学研究科 応用化学専攻

准教授 大洞 光司

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



研究の概要

本研究では、ヘムタンパク質ミオグロビンの反応性を電子的に精密制御する新しい手法として、天然ヘムをトリフルオロメチル基を導入した人工鉄ポルフィリンに置換した (Figure 1)。酸化還元電位を体系的に変化させた結果、FePor(CF₃)₂を導入した再構成ミオグロビンは、カルベン中間体の生成と反応性を大幅に高め、脂肪族や内部アルケンなど従来触媒困難な基質に対しても高効率なシクロプロパン化反応を実現した (Figure 2)。さらに、電子構造設計が中間体の性質を左右することを明らかにし、補因子改変による人工金属酵素設計の新概念を提示した。

研究の意義と将来展望

本研究は、タンパク質変異導入ではなく、補因子の電子構造を制御して触媒機能を自在に調整するレドックスエンジニアリングに基づく人工酵素設計の新しい方向性を示した。FePor(CF₃)₂を導入した再構成ミオグロビンは、酸化還元電位の正方向シフトによりカルベン種の反応性を飛躍的に高め、酸素存在下でも高い触媒活性と選択性を発揮した。この成果は、炭化水素変換やグリーンケミストリー、精密合成への応用に加え、今後は酸化還元反応、光触媒反応、CO₂還元などへの展開も期待される。電子状態に基づく酵素設計は、持続可能な化学技術創出に寄与する基盤技術となる。

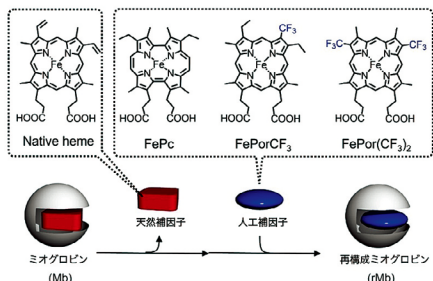


Figure 1 天然および人工補因子の化学構造と再構成ミオグロビン調製の模式図

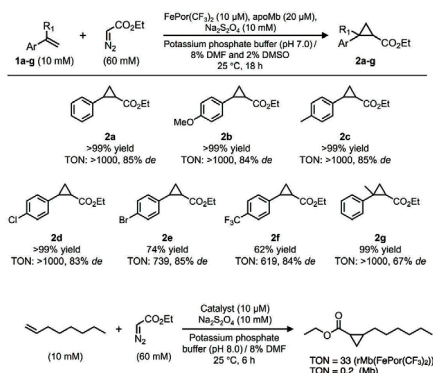


Figure 2 (上)スチレン誘導体シクロプロパン化の収率とTON (触媒回転数) (下)1-octeneのTON

特許

論文

Kagawa, Yoshiyuki; Oohora, Koji; Hayashi, Takashi et al. Redox engineering of myoglobin by cofactor substitution to enhance cyclopropanation reactivity. *Angewandte Chemie International Edition*. 2024, 63(36), e202403485. doi: 10.1002/anie.202403485

参考URL

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

キーワード

人工金属酵素、補因子工学、レドックス制御触媒



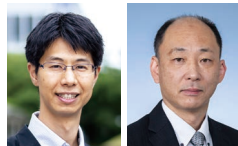
光触媒とルイス酸でPFASを分解・変換する新技術

工学研究科 応用化学専攻

准教授 西本 能弘

<https://researchmap.jp/nishimoto123>

教授 安田 誠

<https://researchmap.jp/read0185253>

研究の概要

本研究では、フッ素化合物の中でも特に分解が難しい「CF₂基」を持つ化合物のフッ素-炭素結合を、光と酸の力を組み合わせて効率的に置き換える新しい化学反応を開発しました。まず、可視光を利用した光触媒反応でCF₂基の一部を選択的に変換し、有機ラジカルを導入します。次に、ルイス酸を用いて残るフッ素を別の官能基へと置き換えることで、多様な有用化合物へと変換することに成功しました。この手法は、強固なフッ素結合を穏やかな条件で制御可能とするもので、PFAS 汚染対策や新素材開発に新たな道を開きます。

研究の意義と将来展望

PFAS 類は自然環境で極めて分解されにくく、世界的な環境汚染の一因となっています。本研究では、その中核構造であるCF₂基の強固なフッ素-炭素結合を、光触媒とルイス酸という穏やかな条件で段階的に切断・変換することに成功しました。この成果は、汚染物質としてのPFASを「処理する対象」から「有用な資源」に転換する可能性を示すものです。今後は、実環境中のPFAS 除去や資源循環型の化学プロセスへの応用、さらには他の難溶性化学結合の変換技術への展開も期待されます。

PFASの新規有機合成の開発



反応機構解明 & 触媒開発

◆多置換基制御による光触媒設計

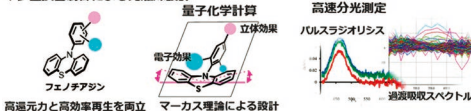


図1

研究の意義と将来展望

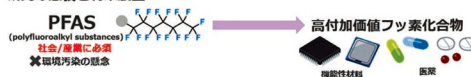


図2

特許

論文

Sugihara, Naoki; Nishimoto, Yoshihiro; Yasuda, Makoto et al. Sequential C – F bond transformation of the difluoromethylene unit in perfluoroalkyl groups: A combination of fine-tuned phenothiazine photoredox catalyst and Lewis acid. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2024, 63, e202401117. doi: 10.1002/anie.202401117

参考URL

<http://www.chem.eng.osaka-u.ac.jp/~yasuda-lab/>

キーワード

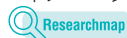
光触媒、ルイス酸、PFAS 分解・変換、C-F 結合活性化



「仮想将来世代」を導入した技術評価とイノベーションの新たな方向性のデザインー 水熱技術を例に

工学研究科 附属フューチャーイノベーションセンター

教授 **原 圭史郎**



<https://researchmap.jp/read0138648>

本部

理事・副学長 **田中 敏宏**



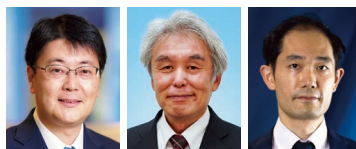
<https://researchmap.jp/read0013978>

工学研究科 マテリアル生産科学専攻

准教授 **鈴木 賢紀**



<https://researchmap.jp/eternalblue>



研究の概要

原教授らの研究グループは、将来世代の視点から現在の意思決定を考察するための仕組みである「仮想将来世代」の方法を応用し、技術の将来性を評価する新たな手法を提案しました。水熱技術の評価対象のケースとして取り上げ、学生と専門家が参加する討議実験の中で、現在と仮想将来世代のそれぞれの視点で技術の将来性評価を実施し、結果を比較することで本手法の有効性を検証しました。その結果、現在から将来を展望する従来型の評価に比べ、「仮想将来世代」を導入すると、水熱技術の社会実装シナリオの内容が質的に変化し、当該技術の未来社会シナリオの中での位置づけや価値が再定義されることや、研究開発要件や評価指標項目の相対的な重要性（重みづけ）が変化することを示しました。本研究により、技術評価や技術イノベーションの方向性のデザインに、仮想的な将来世代の視点を取り入れることの意義や効果を提示しました。

提案した、「仮想将来世代」を取り入れた方法は、有望な技術シーズの将来性を多角的に評価し、長期的・持続可能性の観点から技術イノベーションの新たな方向性をデザインするための方法論開拓に資するものです。

現代の視点

現在から将来を考察

仮想将来世代の視点

将来から現在を考察



図1 「仮想将来世代」の仕組みの導入

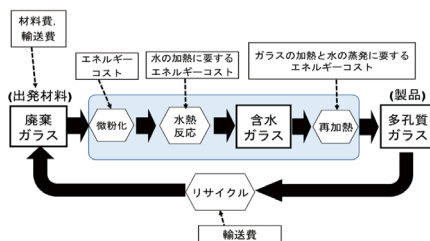


図2 水熱技術を用いたポーラス（多孔質）ガラス製造プロセスのフローモード図

研究の意義と将来展望

技術が未来社会へ与える影響を長期的観点から考察し、その将来性を評価するための方法はこれまで十分に開拓されていませんでした。本研究で

特許

論文

1) Hara, Keishiro; Miura, Iori; Suzuki, Masanori et al. Assessing future potentiality of technologies from the perspective of "Imaginary Future Generations" - a case study of hydrothermal technology. Technological Forecasting and Social Change. 2024, 202, 123289. doi: 10.1016/j.techfore.2024.123289

2) Hara, Keishiro; Arai, Takanobu; Liao, Ziyi et al. Designing research and development strategies for sustainable supply systems of rare metals from the perspective of "Imaginary Future Generations" - A participatory deliberation experiment. Journal of Cleaner Production. 2025, 486, 144445. doi: 10.1016/j.jclepro.2024.144445

参考URL

(原研究室) : <https://www.cfi.eng.osaka-u.ac.jp/hara/>

(原フューチャー・デザイン革新拠点) : <https://www.cfi.eng.osaka-u.ac.jp/fd-research/>

キーワード

フューチャー・デザイン、仮想将来世代、技術評価、技術イノベーション、討議実験



デザイン型ペルオキシドが可能にする「プラス」の酸素

工学研究科 応用化学専攻

教授 平野 康次

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


研究の概要

酸素は、我々の生活や生命活動に必須の生体元素であり、水をはじめとして酸素を含む化合物の合成は、基礎化学品から医薬品等の高付加価値化合物に至る極めて広範な分野において重要です。化学的な視点から酸素という元素を考えると、電気陰性度が大きいことが特徴です。そのため、負電荷を帯びた酸素アニオンは見慣れた化学種ですが、反対に正電荷を帯びた酸素カチオンは通常はありません、極めては不安定な化学種です。我々は最近、この通常はありません「プラス」の酸素を実現するデザイン型ペルオキシドの合成に成功し、その合成化学への応用を世界に先駆けて示しました。

研究の意義と将来展望

従来の化学ではありえない「プラス」の酸素を実現したことから、極めて大きな学術的先端性があります。それに加え、生体必須元素でもある酸素を有機分子へ組み込む新たな手法を開発したことで、関連する創薬、製薬

分野への大きな貢献が期待できます。今後は更なるデザインにより、より使いやすく、ユニークな選択性を示す「プラス」の酸素を提供することで、産業応用も視野に入れています。

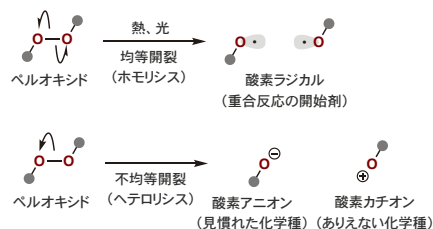


図1：ペルオキシドの酸素-酸素結合の開裂パターン

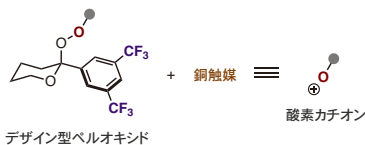


図2：酸素カチオン等価体としてのデザイン型ペルオキシド

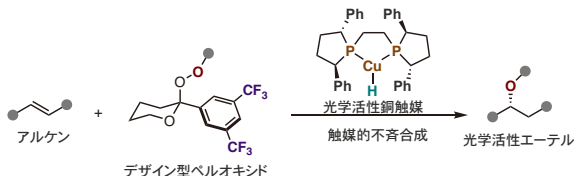


図3：銅触媒を用いたデザイン型ペルオキシドによるアルケンの立体選択的ヒドロアルコキシ化

特許

論文

Hirano, Koji et al. CuH-catalyzed regio- and stereoselective hydroalkoxylation of styrenes with acetal-based peroxides. ACS Catalysis. 2025, 15(10), 8353-8360. doi: 10.1021/acscatal.5c02202

参考URL

<https://www-chem.eng.osaka-u.ac.jp/hirano-lab/index.html>

キーワード

有機合成化学、触媒、不斉合成、ペルオキシド、エーテル



金属3Dプリンターで低温メタネーション 自己触媒反応器を開発

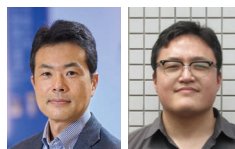
工学研究科 マテリアル生産科学専攻

教授 森 浩亮



<https://researchmap.jp/7000018582>

特任助教 金 孝鎮



研究の概要

レーザー金属3Dプリンティング技術と表面改質処理を組み合わせることで、ほぼ100%の選択性で、温室効果ガスの二酸化炭素(CO₂)を都市ガスの主成分であるメタン(CH₄)に変換できる金属製自己触媒反応器の作製に成功した(図1)。従来のルテニウム(Ru)触媒を用いて同等の活性を達成するには、20気圧の加圧が必要であるのに対して、本触媒は1気圧140℃という低温において高活性・高選択性を示す非常に優れた特徴を有する。さらに高活性なRu活性種の微細構造について詳細な調査を行ったところ、負に帯電した(Ti₃O₇)²⁻層が低酸化状態の孤立したRuⁿ⁺種(0 < n < 4)の生成と安定化を促進し、大気圧の穏やかな条件下でのCO₂活性化を可能とするという学説を立証できた。

研究の意義と将来展望

今回開発した触媒は、「調製が簡便である」「工場廃熱を利用可能な低温(140℃付近)でも駆動する」「長時間の耐久性に優れる」など実用化に不可欠な基盤要素を兼ね備えている。また、金属3Dプリンターで造形した金属製自己触媒反応器は、高い機械的強度、熱伝導性に加え、多様な触媒プロセスに最適な構造を提案できることから、カーボンニュートラルを指向した触媒分野のみならず、金属3Dプリンティング技術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(図2)。

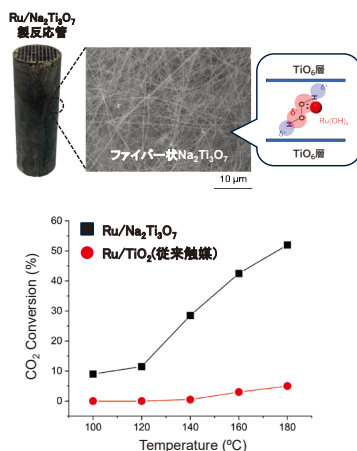


図1. 3Dプリンターで作製したRu/Na₂Ti₃O₇反応管とCO₂転化率の比較

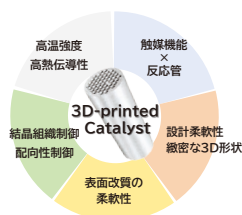


図2. 3Dプリンターで造形した触媒反応管の特徴

特許 特願2025-177864、特願2025-102633

論文 Kim, H.-J.; Mori, Kohsuke; Nakano, Takayoshi et al. Layered Na₂Ti₃O₇-supported Ru catalyst for ambient CO₂ methanation. Nature Communications. 2025, 16, 2697. doi: 10.1038/s41467-025-57954-9
Kim, H.-J.; Mori, Kohsuke; Nakano, Takayoshi et al. Robust self-catalytic reactor for CO₂ methanation fabricated by metal 3D printing and selective electrochemical dissolution. Advanced Functional Materials. 2023, 33, 23033994. doi: 10.1002/adfm.2023033994

参考URL <http://www.mat.eng.osaka-u.ac.jp/msp1/mori/index.html>

キーワード 自己触媒反応管、金属3Dプリンティング、CO₂メタン化



金属構造体の高強度・軽量化に資する 固相抵抗スポット接合法の開発

接合科学研究所

特任准教授 森貞 好昭

<https://researchmap.jp/morisada>

教授 藤井 英俊

<https://researchmap.jp/read0051741>

研究の概要

我々の研究グループは、接合圧力によって接合界面の局部変形を促し、接合温度を任意に制御できる「固相抵抗スポット接合法」を開発した。当該接合法を用いることで、種々の鋼を無変態で点接合することが可能となり、母材からの硬度変化がない接合部を得ることができる。即ち、接合部の割れや硬化及び熱影響部での軟化を完全に排除することができ、金属材の種類を問わず、母材の特性をそのまま構造体に活用することができる。加えて、低温で接合できることから、例えば、アルミニウム合金と鋼の異材接合や溶融亜鉛めっき鋼板の接合等にも好適に適用することができる。更に、アルミニウム材を溶かすことなく点接合できることから、高強度な接合部が得られるだけでなく、溶接電流を約40%低減でき、電極寿命は飛躍的に向上する。材料を溶かさないう接合は、近年注目されているギガキャスト材等の鍛造材の接合にも極めて有利な接合技術である。

研究の意義と将来展望

固相抵抗スポット接合法を用いることで、既存の金属材の実力を十分に活用できるだけでなく、接合性や接合部の特性を理由とする材料開発の制限を取り除くこともできる。また、接合設備は、接合圧力印加機構以外は従来の抵抗スポット溶接機と同等で、置き換えは容易であり、自動車や鉄

道車両等の金属薄板からなる各種構造物への用途拡大が見込まれる。接合部の高強度化および金属構造物のマルチマテリアル化は、軽量化や信頼性の向上に大きく寄与するものである。

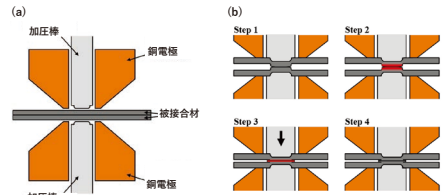


図1 固相抵抗スポット接合に用いる二重電極 (a) と接合工程 (b) の模式図

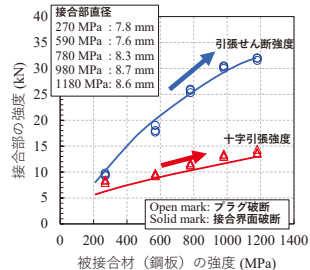


図2 母材強度と接合部強度の関係
従来の抵抗スポット溶接の場合、母材強度が高くなると熱影響部における軟化や溶融凝固部の脆化の影響が大きくなり、接合部強度の上昇が飽和してきますが、固相抵抗スポットを用いることで、接合部強度が増加し続けていることが分かります。

特許	特許第7242112号、EP.21767016.A、US.202117910588.A、CN.202180020823.A、KR.20227030768.A、AU.2021233410.A、CA.3172876.A
論文	Aibara, Takumi; Morisada, Yoshiaki; Fujii, Hidetoshi et al. Cold spot joining of high-strength steel sheets. Journal of Advanced Joining Processes. 2024, 9, 100179. doi: 10.1016/j.jajp.2023.100179 Aibara, Takumi; Morisada, Yoshiaki; Fujii, Hidetoshi et al. Formation mechanism of joint interface in cold spot joining method and its joint properties. ISIJ International. 2025, 65, 676-687. doi: 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2024-402 Aibara, Takumi; Morisada, Yoshiaki; Fujii, Hidetoshi et al. Cold spot joining of galvannealed DP 780 MPa steel sheets. ISIJ International. 2025, 65, 1359-1368. doi: 10.2355/isijinternational.ISIJINT-2025-109
参考URL	https://www.jst.go.jp/pr/jst-news/backnumber/2022/202211/index.html https://youtu.be/IGNx78_iP7E https://www.youtube.com/watch?v=ybW2uMjFE9U
キーワード	固相接合、異材接合、高張力鋼、アルミニウム合金、軽量化