

国際・産学連携インヴァースイノベーション
材料創出プロジェクト
(6 研究所連携プロジェクト)

令和 6 年度研究成果報告書

東北大学金属材料研究所

目次

大学連携プロジェクト DEJ ² MA と金属材料研究所の DNA	1
6 研究所連携プロジェクト概要	2
東北大学金属材料研究所令和 6 年度プロジェクト組織	3
東北大学金属材料研究所令和 6 年度連携研究課題	4
研究概要	5
業績リスト	26
6 研究所連携共通行事	41
会議・行事報告	42
ニュースレター	44
報告書の発行にあたって	52

大学連携プロジェクト DEJI²MA と金属材料研究所の DNA

東北大学金属材料研究所 所長 佐々木 孝彦

令和 3 年度よりスタートした 6 大学連携プロジェクト「国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出 (DEJI²MA) プロジェクト」が 4 年目を迎え、実施期間の折り返し点を迎えました。6 研究所それぞれの得意分野を連携、インテグレートした新しい研究開発の試み「インヴァースイノベーション」から社会課題解決を目指す材料研究が発展し、大阪大学接合科学研究所の主導の下で事業運営が進展していることを喜ばしく思います。さらなる密な連携を 6 研究所間で構築できることを期待しています。

金属材料研究所 (金研) では、加藤秀実教授をプロジェクトリーダーとして、金研の 5 名の専任・兼任教員と学内の複数の部局から連携教員 (5 名) の方々に参画いただき環境エネルギー・材料分野、バイオ・医療機器材料分野、情報通信材料分野それぞれで活発な 6 研究所間連携研究が進められています。

金属材料研究所のミッションは、「金属をはじめ、半導体、セラミックス、化合物、有機材料、複合材料などの広範な物質・材料に関する基礎と応用の両面の研究により、真に社会に役立つ新たな材料を創出することによって、文明の発展と人類の幸福に貢献する」と定めています。「文明の発展と人類の幸福に貢献する」ためには、後世に永続する学問を積み上げ続けること、社会を豊かにする技術を提供すること、そしてこの活動を担う人材を育成し輩出することだと思っています。1916 年の創立以来 100 年を超える金研の伝統を基盤にして新しい時代への変化を常に追求していますが、本プロジェクトが目指す新しい「インヴァースイノベーション」アプローチにより社会課題解決を目指す取り組みは、まさにこの新しい変化を具体化したものと思います。本所創設者本多光太郎博士の言「産業は学問の道場」を DNA の一つとして有する金研は、特に社会との繋がりを実践する本プロジェクトを活発化させる責務を有していることを強く意識しております。先にあげた本多博士の言葉には前段があり、産学連携における学問の在り方を示したものとなっています。「学問があるところに技術は育つ。技術があるところに産業は生まれる。すなわち産業は学問の道場である」が本多博士の意とするところで、企業と大学の共同研究における学問・学問の位置づけを明確に示している言葉だと思っています。本プロジェクトが社会課題解決の新しい方法となり学術システムとして確立することを常に意識した活動をプロジェクト後半戦に加速させることが必要と思います。関係者のご尽力により本プロジェクトが発展することを祈念いたします。今後とも皆様のますますのご協力とご指導ご鞭撻をお願い申し上げます。

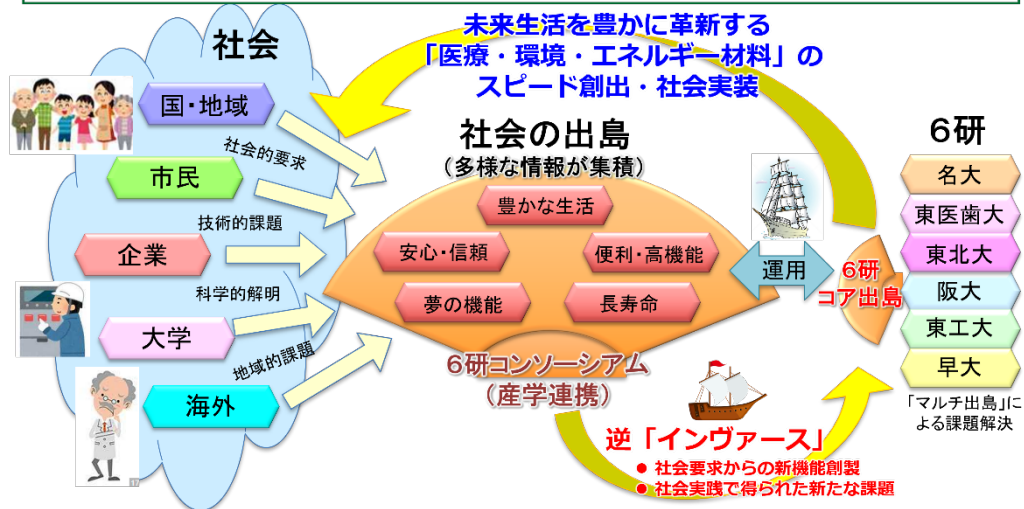
6 研究所連携プロジェクト概要

国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト

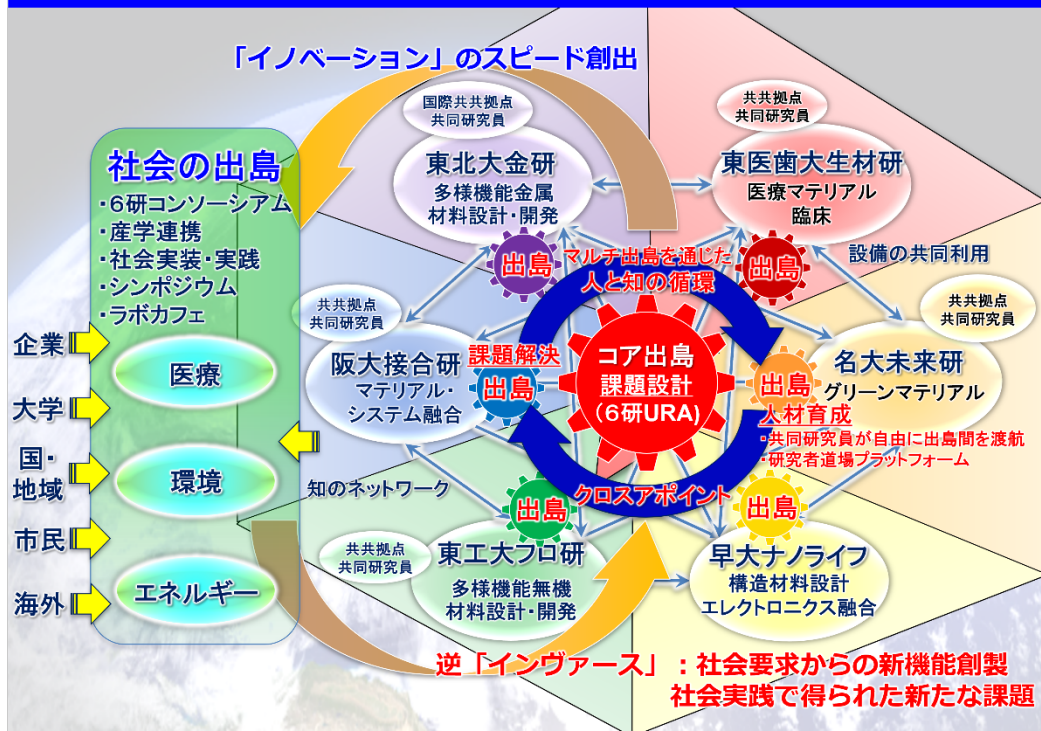
DEJI²MA: Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture

目的・ねらい

- 6つの異なる学術拠点の有機的結合による革新的な医療・環境・エネルギー材料のスピード創出・社会実装。
- 「社会の出島」を通じた社会的要求や社会実践で得られた新規課題の「インヴァース」。
- 「コア出島」での社会的要求に対する課題設計。
- 世界に繋がり、世界をリードする6学術拠点の「マルチ出島」を通じた人と知の循環による課題解決。
- 未来を豊かにする革新材料を創出できる未来の若手研究者の育成と人財の創出。



国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト



東北大学金属材料研究所令和6年度プロジェクト組織

環境・エネルギー材料分野

- ・ 加藤 秀実 教授（兼任）プロジェクトリーダー
- ・ 梅津 理恵 教授（兼任）
- ・ 宮坂 等 教授（兼任）
- ・ 千星 聡 教授（クロスアポイントメント）島根大学 材料エネルギー学部
- ・ 和田 武 准教授（兼任）

バイオ・医療機器材料分野

- ・ 成島 尚之 教授（学内連携）工学研究科 医工学研究科
- ・ 平野 愛弓 教授（学内連携）電気通信研究所，材料科学高等研究所
- ・ 金高 弘恭 教授（学内連携）歯学研究科，医工学研究科
- ・ 上田 恭介 准教授（学内連携）工学研究科，医工学研究科
- ・ 山本 英明 准教授（学内連携）電気通信研究所 材料科学高等研究所
- ・ 山中 謙太 准教授（兼任）
- ・ 目代 貴之 客員助教 大阪大学接合科学研究所

情報通信材料分野

- ・ 梅津 理恵 教授（兼任）

要素材料・技術開発分野

- ・ 加藤 秀実 教授（兼任）プロジェクトリーダー
- ・ 千星 聡 教授（クロスアポイントメント）島根大学 材料エネルギー学部
- ・ 和田 武 准教授（兼任）

環境・エネルギー材料分野（3件）

東北大－阪大（2件）

- ・ 高機能複相銅合金創製のための基礎的・実践的研究
- ・ 高張力鋼板とマグネシウムの抵抗スポット脱成分接合技術に関する研究

東北大－阪大－科学大・生材研（1件）

- ・ 高次構造制御ナノチタン酸化物により水質浄化を実現する環境配慮型水処理技術の確立

バイオ・医療機器材料分野（14件）

東北大－科学大・生材研（3件）

- ・ 可視光応答型酸化チタンの開発および医療応用
- ・ がん治療用セラミックスの創製
- ・ 光造形プロセスにおける組織制がん治療用セラミックスの創製

東北大－早大（1件）

- ・ マイクロパターンを用いた人工神経細胞回路の作製と数値モデル化

東北大－阪大（1件）

- ・ 鉄含有チタン二相合金の強度解析手法の確立と強化因子の特定

東北大－科学大・フロンティア研－科学大・生材研（2件）

- ・ インプラント表面のマテリアルデザイン－生体活性と抗菌性の両立－
- ・ 血管治療機器用 AuCuAl 生体用形状記憶合金の開発

東北大－阪大－科学大・生材研（3件）

- ・ 光造形プロセスにおける組織制御法の確立と人工歯冠への多次元機能発現
- ・ ナノチタン酸化物の高次構造・集積制御
- ・ 可視光応答型抗菌性・骨結合性チタンの創製

東北大－名大－阪大－科学大・生材研（2件）

- ・ セラミック人工歯の光造形アディティブ・マニファクチャリング
- ・ 歯科用セラミック部材の精密アディティブ・マニファクチャリング

東北大－科学大・フロンティア研－阪大－科学大・生材研（1件）

- ・ 生体用形状記憶合金の開発と機能評価表

東北大－（1件）

- ・ 可視光応答型 TiO_2 による抗菌・抗ウィルス表面の創製

情報通信材料分野（3件）

東北大－早大（2件）

- ・ MnBi 電析膜の作製と磁気特性
- ・ Mn-Bi 電析膜作製検討とその磁気特性

東北大－（1件）

- ・ 新規ハーフメタル型フェリ磁性体の探索研究

要素材料・技術開発分野（2件）

東北大－阪大（2件）

- ・ 金属ガラスの温間インプリント加工に関する数値解析と実験検証
- ・ Mo 固溶ジルコニウムクロム銅作製基盤確立と革新的コンタクトチップの創成

研究概要

研究課題リスト（研究概要は当該項を参照）

「4d, 5d 系遷移元素を含むホイスラー合金の相状態と磁気特性」

東北大学金属材料研究所 遠藤久典, 宮川正人 ○梅津理恵

「高機能複相銅合金創製のための基礎的・実践的研究 (マイクロアロインした時効析出型 Cu-Ti 合金の組織解析)」

東北大学金属材料研究所 ○千星聡（現・島根大学材料エネルギー学部）

大阪大学接合科学研究所 伊藤和博

「水車型二核錯体の後置的な分子修飾法を介した触媒活性空間の開発」

東北大学金属材料研究所 伊藤千紗, ○芳野遼, 高坂亘, 宮坂等

「金属溶湯脱成分によるナノポーラス金属・複合材料開発」

東北大学金属材料研究所 ○和田武, 加藤秀実

「Ti-6Al-4V 合金の電子ビーム積層造形における組織形成と力学特性に及ぼす造形条件の影響」

東北大学金属材料研究所 ○山中謙太 仙台高等専門学校総合工学科 森真奈美

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Neeraphat Kunbuala Phacharaphon
Tunthawiroon

大阪大学接合科学研究所 刈屋翔太, 近藤勝義 東京電機大学工学部 小貫祐介

茨城大学大学院理工学研究科 佐藤成男

「Enhancing titanium osteoconductivity by alkali-hot water treatment」

東北大学大学院歯学研究科 常理, 陳鵬, 溝口到, ○金高弘恭

大阪大学接合科学研究所 目代貴之

東京科学大学生体材料工学研究所 川下将一

「Cu および Zn 添加非晶質リン酸カルシウム膜の作製とその抗菌性評価」

東北大学大学院工学研究科 ○上田恭介, 栗田菜々子, 成島尚之

東北大学加齢医学研究所 小笠原康悦

「超音波技術を利用した微細気泡の生成と評価」

大阪大学接合科学研究所 東北大学金属材料研究所 ○目代貴之

東北大学大学院歯学研究科 金高弘恭, 陳鵬

東北大学電気通信研究所 但木大介, 平野愛弓

東北大学材料科学高等研究所 川田巳致, 庭野道夫

「Acute antimicrobial efficacy of gram-negative bacteria by pure copper coating using multi-beam laser metal deposition with blue diode lasers」

東北大学大学院歯学研究科 ○陳鵬, 金高弘恭

大阪大学接合科学研究所 吉田環, 竹中啓輔, 佐藤雄二, 塚本雅裕

東北大学金属材料研究所 目代貴之

「モジュール構造結合に指向性を有する培養神経回路の構築と自発活動解析」

東北大学電気通信研究所 ○門間信明, 山本英明, 平野愛弓, 佐藤茂雄

東北大学大学院情報科学研究科 藤原直哉

早稲田大学理工学術院 谷井孝至

4d, 5d 系遷移元素を含むホイスラー合金の相状態と磁気特性

東北大学金属材料研究所 遠藤久典、宮川正人、○梅津理恵

Phase state and magnetic properties of Heusler alloys containing 4d or 5d system transition elements
by Hisanori ENDO^{1,2}, Masato MIYAKAWA¹, and ○Rie UMETSU^{1,3}

¹ Institute for Materials Research, Tohoku University

² Graduate School of Engineering, Tohoku University

³ Center for Science and Innovation in Spintronics, Tohoku University

1. 研究目的

X_2YZ (X : 遷移元素や希土類元素、 Z : 半金属・半導体、非金属系元素) の分子式で表されるホイスラー合金は非常に多くの物質の存在が報告され、多種多様な物性を示すことが知られている。 X と Y を 3d 遷移元素に限定した場合でも、形状記憶合金、磁性形状記憶合金、熱電変換材料、ハーフメタル型電子状態を有する磁性体、と様々な機能を有することから、実用材料としても注目されている。

最近では、 X 元素の半量を異なる元素で置き換えた $XX'YZ$ の 4 元系ホイスラー合金について第一原理計算の結果から、ハーフメタルやスピングャップレス型電子状態を有することが報告されている[1-3]。3 元系から 4 元系に拡張することで、さらに構成し得るホイスラー合金の種類が激増するが、実際には予測通りの相状態や結晶構造を有するとは限らない場合もあり、実験による研究が切望されている。特に、化学的な相互作用が似通った元素から構成される物質では、原子配列の乱れが安易に導入されやすく、電子状態や物理特性を損なうことが想定される。したがって、規則配列の制御は、学術・応用の両方の観点において非常に重要である。

本研究では、 X と Y を Co と Mn、そして X' を Pd もしくは Ir とした $CoX'MnZ$ ($X' = Pd, Ir, Z = Al, Ga, Si, Ge$) 合金について物質合成を試み、ハーフメタル型電子状態を有する新規強磁性物質の探索を行った。

2. 実験方法

$CoX'MnZ$ ($X' = Pd, Ir, Z = Al, Ga, Si, Ge$) 合金は、原料となる元素を目的の組成になるように秤量し、アーク溶解にて合金化した。なお、Mn 元素は蒸気圧が高いことから、予め 3 wt.% 程度を仕込み量とした。それぞれの試料において、示差熱分析 (Differential Thermal Analysis : DTA) や示差走査熱量 (Differential Scanning Calorimetry : DSC) 測定を行って融点を確認し、各試料の熱処理温度を決定した。各試料における融点と熱処理条件を表 1 に示す。得られた試料について走査型電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope : SEM) やエネルギー分散型 X 線分光法 (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy : EDX)、および電子プローブマイクロアナライザー (Electron Probe Micro Analyzer : EPMA) で組織観察や組成分析を行った。結晶構造は X 線粉末回折 (XRD) 測定で調べ、超電導量子干渉 (SQUID) 磁束計や振動試料型磁力計 (VSM) を用いて磁気的性質を調べた。

表 1. DTA や DSC により決定した各合金の融点(K)と熱処理温度(K)。

試料	融点 (K)	熱処理温度 (K)
CrIrMnAl	1565	1523
CrIrMnSi	1391	1323
CrIrMnGa	1506	1473
CrIrMnGe	1232	1233

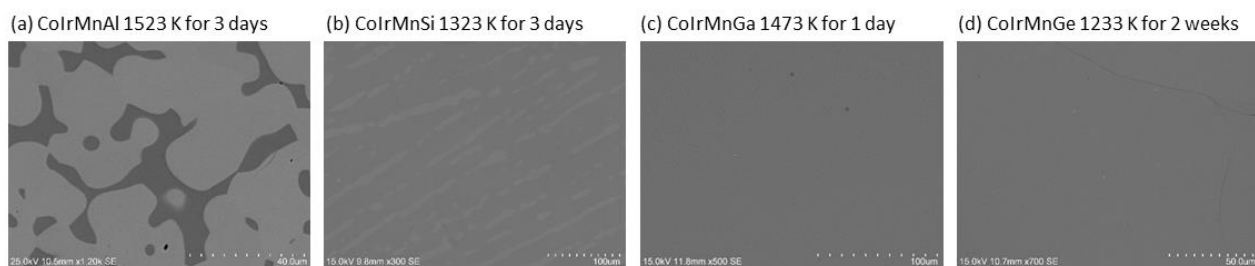


Fig. 1 熱処理後の試料の SEM による組織。 (a) CoIrMnAl, (b) CoIrMnSi, (c) CoIrMnGa, (d) CoIrMnGe

表 2. EDX、および EPMA にて決定した各試料の組成 (2 相分離した試料については第 2 相の組成も記す)

試料	Method	母相の組成 (at.%)	第 2 相の組成 (at.%)
CrIrMnGa	EPMA	Co: 26.4, Ir: 24.2, Mn: 25.9, Ga: 23.4	—
CrIrMnGe	EPMA	Co: 27.1, Ir: 25.3, Mn: 25.8, Ge: 21.8	Co: 8.1, Ir: 32.5, Mn: 26.3, Ge: 33.1
CoPdMnAl	EDX	Co: 17.7, Pd: 33.7, Mn: 21.4, Al: 27.1	Co: 45.6, Pd: 7.6, Mn: 33.6, Al: 13.2

3. 研究成果

3.1 組織観察

Fig. 1 に均一化熱処理の後にそれぞれの温度から急冷して得た試料の SEM による組織観察の結果を示す。融点に近い温度を熱処理温度としたが、CoIrMnAl と CoIrMnSi では 2 相に分離していることが明らかである。完全な単相が得られたのは CoIrMnGa で、CoIrMnGe ではわずかながら第 2 相が観測された。EPMA より組成分析を行った結果を表 2 に示す。なお、 X' を Pd とした CoPdMnZ ($Z = \text{Al, Ga, Si, Ge}$) についても同様に物質を合成し、熱処理、および組織観察を行ったが、単相は得られず、全て相分離状態の組織であった。例として、CoPdMnAl の分析値も合わせて表に記す。

3.2 結晶構造

単相が得られた CoIrMnGa については室温にて粉末 X 線回折測定を行った。規則配列に関連する 200 超格子反射は明瞭に観測されたが、111 反射は観測されなかった。一部の原子間の不規則化を仮定して回折パターンの計算を数種行ったところ、Co と Ir が完全に不規則化した際に 111 反射が消失することが分かった。一方、Co と Ir の不規則化に加えて、Mn と Ga が規則化した場合と不規則化した際の回折パターンでは超格子反射の強度がほとんど変わらず、今回のような XRD では両者を識別できないことも明らかになった。

3.3 磁気特性

CoIrMnGa、および CoIrMnGe 合金の 6 K で測定を行った磁化曲線 ($M-H$) を Fig. 2 に示す。Arott Plot ($H/M-H^2$) より得た自発磁化はそれぞれ 58.1, 67.3 $\text{A} \cdot \text{m}^2/\text{kg}$ であり、磁気モーメント p_s に換算すると、それぞれ 3.91, 4.57 $\mu_B/\text{f.u.}$ の値が得られた。CoIrMnGa と CoIrMnGe 合金の総価電子数は 28 と 29 であるので、Galanakis 等が提唱した Slater-Pauling 則によると[4]、ハーフメタル型強磁性であれば期待される磁気モーメントはそれぞれ 4, および 5 $\mu_B/\text{f.u.}$ である。CoIrMnGa については近い値であるのに対し、CoIrMnGe は少し低い値であった。組成分析結果からも示されるように、CoIrMnGe では第 2 相が存在し、母相の組成が化学両論組成からずれたことが影響していると考えられる。

なお、CoIrMnGa、CoIrMnGe の両者において、常磁性領域における逆磁化率は温度に対してほぼ直線を示し、キュリーワイス則に従う。それぞれの傾きから有効磁気モーメントを得、さらに磁気モーメント p_c を算出したところ、それぞれ 4.12 と 3.63 であった。6 K の磁化曲線をもとに自発磁化から換算した磁気モーメントとの比、 p_c/p_s は 1.05 と 0.80 であり、 p_c/p_s の値が 1 に近いことは、その物質が局在電子系であることを意味する。一方で、いくつかのホイスラー合金で $p_c/p_s < 1$ であることが報告されているが[5,6]、CoIrMnGe がそれらと同じ起源であるかどうかは、さらなる研究が必要である。

3. 参考文献

- [1] X. Dai, *et al.*, J. Appl. Phys. 105 (2009) 07E901.
- [2] A. Kundu, *et al.*, Sci. Rep. 7 (2017) 1803.
- [3] S. Ghosh and S. Ghosh, Physica Status Solidi (b) 256 (2019) 1900039.
- [4] I. Galanakis, *et al.*, Phys. Rev. B 66 (2002) 174429.
- [5] E. Uhl, J. Magn. Magn. Mater. 49 (1985) 101–105.
- [6] H. Ido, J. Magn. Magn. Mater. 54–57 (1986) 937–938.

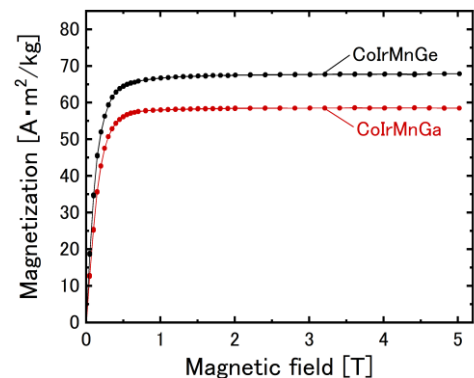


Fig. 2. CoIrMnGa、および CoIrMnGe 合金の 6 K における磁化曲線

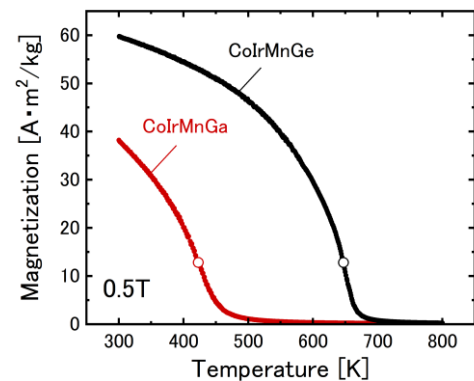


Fig. 3. CoIrMnGa、および CoIrMnGe 合金の 0.5 T の磁場中で測定した熱磁化曲線。図中の○は温度微分の極小値 (=キュリー温度) を示す温度である。

高機能複相銅合金創製のための基礎的・実践的研究 (マイクロアロインした時効析出型 Cu-Ti 合金の組織解析)

東北大学金属材料研究所 ○千星 聡*

(*現 島根大学 材料エネルギー学部)

大阪大学接合科学研究所 伊藤 和博

Fundamental and practical research on high-performance multiphase copper alloys:
Microstructural analysis of micro-alloyed age-precipitated Cu-Ti alloys
by ○Satoshi SEMBOSHI, and Kazuhiro ITOH

1. 研究目的

スマートフォンなど先端電子機器に使用されている導電部材には、小型化しても十分な強度を保つことが求められている。このため、強度と導電性のバランスが優れた時効析出型銅合金が汎用されている。その中で Cu-Ti 合金は、優れた強度特性を持ち、応力緩和特性や曲げ加工性、疲労特性にも秀でているため、板ばね材やコネクタ材など多くの導電部材に利用されている。今後、電子機器の高性能化、多様化が加速する中で、Cu-Ti 合金の特性を向上させることが不可欠であり、そのための研究開発が盛んに進められている。

Cu-Ti 合金は通常 3.0~3.5 wt.% の Ti を含有し、溶体化と時効の工程を経て製造される。時効の初期段階では、Cu 母相内に微細な準安定相 β' -Cu₄Ti が連続析出する^{1,2)}。時効が進行すると、粒界反応により安定相 β -Cu₄Ti と Cu 相が板状に積層したラメラ組織が不連続析出し、最終的には試料全体を占有する^{1,3)}。Cu-Ti 合金の強度特性を向上させるためには、これら析出物の体積分率、分布、サイズ、形状などを適切に制御することが重要となる。そのための手法として、第三元素の微量添加（マイクロアロイング）がよく適用される。例えば、Cu-3.2 wt.% Ti 合金に Al 1.1 wt.% と Fe 0.1 wt.% を添加すると、 β' -Cu₄Ti や β -Cu₄Ti とは異なる析出物粒子が Cu 母相粒内や粒界に生成し、その結果、曲げ加工性、疲労強度が向上することが報告されている^{4,5)}。

第三元素の微量添加により Cu-Ti 合金の特性を的確に向上させるためには、添加元素が合金組織に与える影響を正確に把握することが重要である。しかし、添加量が少量であるが故、添加元素の分布や生成された未知の化合物粒子の構造や組成を同定することは難しい。この課題を解決する技術としてレプリカ法が挙げられる。レプリカ法は試料中の析出物や介在物粒子をカーボン膜に転写し、それを透過型電子顕微鏡（TEM）で観察する方法である。少量で微小な析出物粒子に対しても直接的に制限視野電子線回折やエネルギー分散型 X 線分析（EDS）により局所解析ができるため、高精度で信頼性の高いデータが取得できる。ここでは、Cu-Ti 合金に Al, Fe を微量添加した試料に対して、レプリカ法を用いて組織解析を行った事例を報告する。

2. 研究成果

2. 1 Cu-Ti 合金の組織解析

Fig. 1 に Cu-Ti 合金時効材の電界放電型走査電子顕微鏡（FE-SEM）像およびレプリカ試料の TEM 明視野像を示す。FE-SEM 像（Fig. 1(a)）では、これまでの報告のように¹⁻³⁾、Cu 母相中には長さ 50 nm 程度の針状 β' -Cu₄Ti が連続析出しており、粒界（平均粒径 約 10 μm ）には β -Cu₄Ti と Cu 相が積層したラメラ組織がみられた。レプリカ試料（Fig. 1(b)）では、Fig. 1(a)と同様に粒界に沿って生成した β -Cu₄Ti が観察された。TEM-EDS より β -Cu₄Ti の組成は Cu-(21.0 $\pm$ 1.2) at% Ti と解析された。これは、抽出分離法による測定値（Cu-20.6 at% Ti）とよく一致する⁶⁾。また、レプリカ法では、Cu 母相粒内の針状 β' -Cu₄Ti までは転写できなかった。

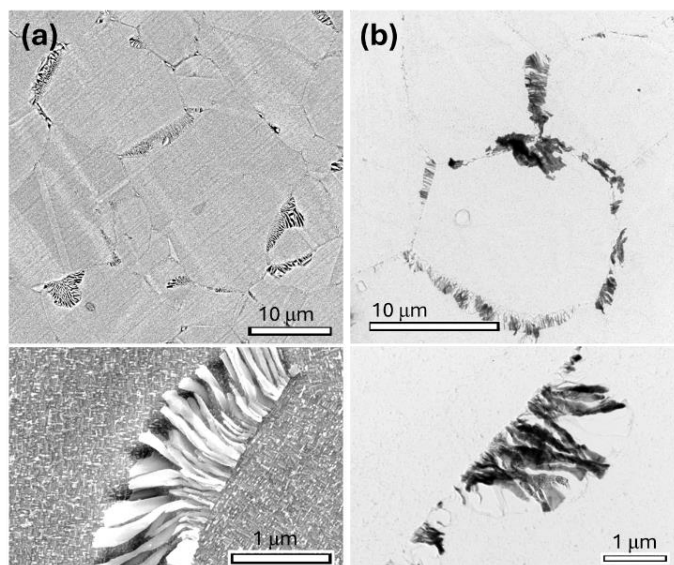


Fig.1 FE-SEM image (a) and TEM image of the replica specimen (b) for the aged Cu-Ti binary alloys. Magnified images are shown at the bottom.

2. 2 Cu-Ti-Al-Fe 合金の組織解析

Fig. 2(a,b)に Cu-Ti-Al-Fe 合金時効材の FE-SEM 像およびイオンミリング試料の TEM 明視野像を示す. 粒界上に大きさ $0.5\sim 1\ \mu\text{m}$ 程度の析出物 (以後, 析出物①) が生成する. これは, Cu-Ti 合金時効材でのラメラ組織と様相が異なる. また, Cu 母相中には $50\sim 100\ \text{nm}$ の生成物 (生成物②) と大きさ $10\ \text{nm}\sim 20\ \text{nm}$ の微細析出物 (析出物③) が分散する. 生成物②は溶体化処理中に生成したものであり, 析出物①, ③は時効によって生成されたものである. 析出物③は Cu 母相と整合性が高いため, Cu 母相を含めた電子線回折図形解析が可能であり, その結果 β' -Cu₄Ti (正方晶) と同定できた.

Fig. 2(c)に示すレプリカ試料 TEM 像では, Fig. 2(a,b)と同様に, 粒界上 (点線) の析出物①および粒内の生成物②が転写されていた. 析出物①および生成物②の TEM-EDS による組成分析値を Table 1 に示す. レプリカ試料では析出物①および生成物②は周囲に Cu 母相がないため, TEM-EDS では①, ②に含有される Cu 組成も信頼性高く分析できる. これに加えて, 析出物①および生成物②からの制限視野電子回折図形も比較的容易に撮影できる (Fig. 2(d,e)). 組成分析と制限視野電子回折図形による構造解析から, 析出物①は Cu₂TiAl (立方晶, $a = 0.601\ \text{nm}$) と同定できる. また, 生成物②は Cu₃Ti₂ (正方晶, $a = 0.314\ \text{nm}$, $c = 1.401\ \text{nm}$) であり, Cu-site の一部が Fe に置換した相である.

3. まとめ

レプリカ法にて Al, Fe を微量添加した Cu-Ti 合金の組織解析を行った. レプリカ法を Cu-Ti 系合金に適用することで, Cu 母相が除去されて析出物や生成物のみをカーボン膜上に転写できるため, これらの組成や構造を比較的容易かつ高精度に解析できた. Cu-Ti-Al-Fe 合金の時効材では, 溶体化後には大きさ $50\sim 100\ \text{nm}$ の Cu₃Ti₂ (正方晶) (Cu-site の一部を Fe が置換) が生成した. 時効後には, Cu-Ti 合金と同様に結晶粒内に微細な準安定相 β' -Cu₄Ti (正方晶) が析出すると同時に, 粒界上では安定相 β -Cu₄Ti を含むラメラ組織ではなく, 大きさ $0.5\sim 1\ \mu\text{m}$ の Cu₂TiAl (立方晶) が析出することが示された.

4. 参考文献

- 1) W. A. Soffa, D. E. Laughlin, Prog. Mater. Sci., 49 (2004), 347-366.
- 2) S. Semboshi, S. Amano, J. Fu, A. Iwase, T. Takasugi, Metall. Mater. Trans. A, 48A (2017), 1501-1511.
- 3) S. Semboshi, Y. Kaneno, T. Takasugi, N. Masahashi, Metall. Mater. Trans. A, 51 (2020) 3704-3712.
- 4) 橋本拓也, 依藤洋, 兵藤宏, 渡辺宏治, 千星聡, 銅と銅合金, 62 (2023) 35-41.
- 5) 橋本拓也, 鎌田俊哉, 兵藤宏, 渡辺宏治, 千星聡, 山崎倫昭, 宮本吾郎, 銅と銅合金, 63 (2024) 48-55.
- 6) S. Semboshi, M. Ishikuro, S. Sato, K. Wagatsuma, A. Iwase, T. Takasugi, Metall. Mater. Trans. A, 45 (2014) 3401-3411.

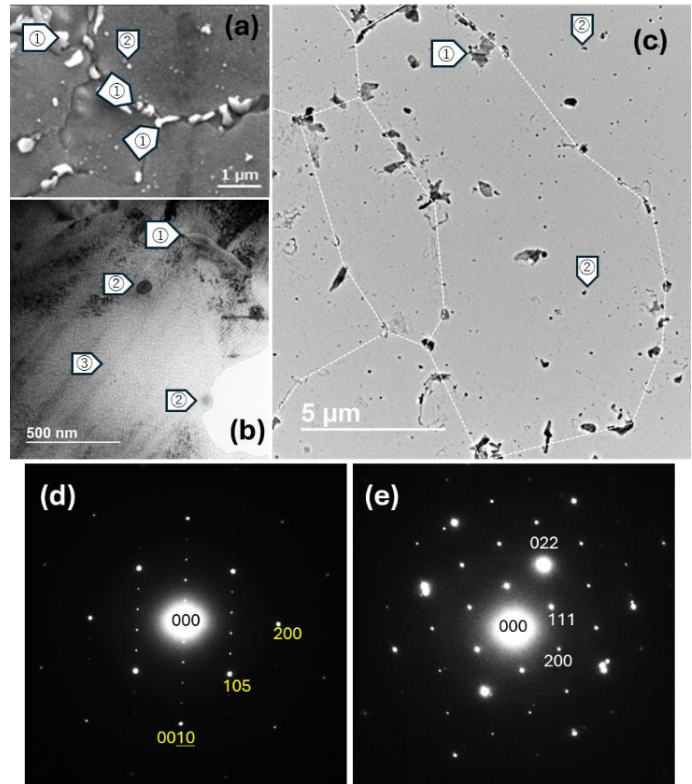


Fig.2 FE-SEM image (a), and TEM images of the ion-polished specimen (b) and replica specimen (c) for the aged Cu-Ti-Al-Fe alloys. (d) and (e) show the selected area electron diffraction patterns from the precipitates ① and inclusions ②, respectively. The dotted line in (c) traces the grain boundaries.

Table 1 Compositions of the precipitates ① and inclusions ② in the aged Cu-Ti-Al-Fe alloy measured by TEM-EDS analysis, which were obtained from more than 10 measurements.

at. %	Al	Ti	Fe	Cu	phase
析出物①	16.1 ± 0.7	25.9 ± 1.6	0.34 ± 0.1	57.7 ± 1.6	Cu ₂ TiAl
生成物②	1.7 ± 0.4	41.3 ± 1.1	11.4 ± 0.6	45.6 ± 1.2	(CuFe) ₃ Ti ₂

水車型二核錯体の後置的な分子修飾法を介した触媒活性空間の開発

東北大学金属材料研究所 伊藤千紗、芳野 遼、高坂 亘、宮坂 等

Design of catalytically active spaces through post-synthetic molecular modification for
paddlewheel dinuclear(II,II) complexes
by Chisa ITOH, Haruka YOSHINO, Wataru KOSAKA, and Hitoshi MIYASAKA

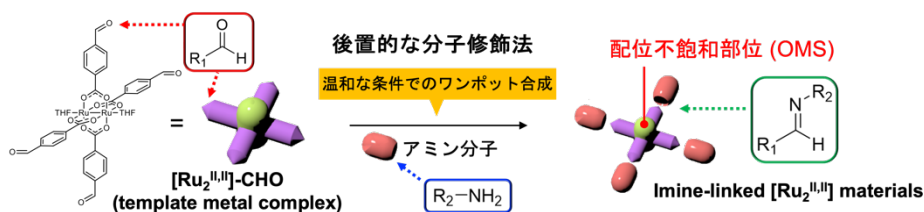
1. 研究目的

二酸化炭素 (CO₂) の濃度上昇に起因する環境問題や持続可能なカーボンニュートラル社会の実現という観点から、CO₂ を効率的に捕捉し、産業面で重要な化学物質に変換可能な触媒材料の開発は最も重要な研究対象の1つである。本研究では、優れた電子ドナー性を有する水車型ルテニウム二核 (II,II) 錯体 ([Ru₂^{II,II}]) を戦略的に組み込んだ多孔性レドックス材料の創製、および CO₂ 光還元触媒能の発現を目的とし、以下に報告する研究項目を実施した。

2. 研究成果

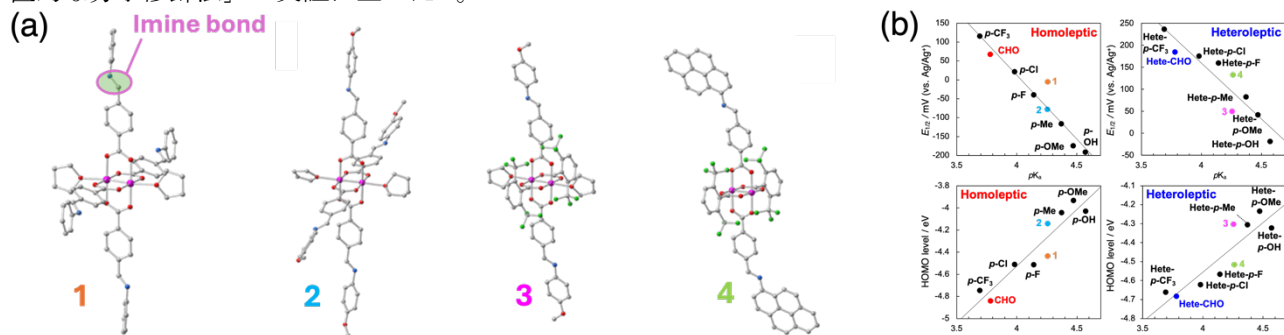
2. 1 雛形 [Ru₂^{II,II}] 錯体 ([Ru₂^{II,II}]-CHO) を用いた「後置的な分子修飾法」の確立

2 つの金属原子を 4 つの配位子が架橋した水車型ルテニウム二核錯体 ([Ru₂]) は、[Ru₂^{II,II}] (*S* = 1) と [Ru₂^{III,III}]⁺ (*S* = 3/2) 間の可逆な酸化還元を示し、優れた酸化還元特性だけでなく構造安定性、金属イオンや配位子を含めた構造多様性などの特徴を有する機能性分子である^(1,2)。また、近年では [Ru₂] の配位不飽和部位 (OMS) が触媒活性部位として機能することが報告され注目されているが⁽³⁾、一般的に [Ru₂^{II,II}] の合成には前駆体合成・精製・嫌気下条件での環流・精製・結晶化という複数の過程が必要であり、材料に応じた条件最適化も含め煩雑なプロセスを要していた。そこで本研究では、アルデヒド基 (-CH=O) を有した雛形 [Ru₂^{II,II}]-CHO 錯体 ([Ru₂^{II,II}]-CHO) に様々なアミン分子を反応させる「後置的な分子修飾法」を着想し (Fig. 1)、温和かつ簡便なワンポット合成によって [Ru₂^{II,II}] が共有結合で架橋された多機能性材料の系統的開発・機能開拓に取り組んだ。

Fig. 1 [Ru₂^{II,II}]-CHO を用いた後置的な分子修飾法の概念図

本研究の第一段階として、まず雛形となる [Ru₂^{II,II}]-CHO を新規に合成し (Fig. 1)、単結晶/粉末 X 線回折 (SCXRD/PXRD)、IR スペクトル、熱重量測定、元素分析、磁気測定 (SQUID)、電気化学測定 (CV)、DFT 計算などから合成したサンプルの結晶構造、組成、純度、電子状態等の同定を行った。

次に [Ru₂^{II,II}]-CHO に対して様々なモノアミン分子を反応させた結果、4 種類のイミン架橋型 [Ru₂^{II,II}] の合成に成功した (Fig. 2(a))。IR スペクトルではイミン形成を示唆するピーク (ν_{C=N}) が観測され、SCXRD, SQUID, CV, DFT 計算から詳細な構造・電子状態・電気化学特性を調査したところ、修飾した配位子により酸化還元特性を能動的に制御できることが明らかになった (Fig. 2(b))。以上より、本研究コンセプトである「後置的な分子修飾法」の実証に至った⁽⁴⁾。

Fig. 2 (a) イミン架橋型 [Ru₂^{II,II}] の結晶構造, (b) 修飾した配位子に依存した電気化学特性変化の相関図

2. 2 共有結合性金属-有機構造体 ([Ru₂^{II,II}]-MCOF) の合成・触媒機能開拓

先行研究 (前項 2. 1) の成果をもとに、本研究の目的である [Ru₂^{II,II}] を導入した酸化還元活性な不均一触媒の合成を試みた。具体的に、[Ru₂^{II,II}]-CHO にジアミン分子を後置的に修飾すると、二次元層状構造を有する結晶性化合物 ([Ru₂]-MCOF) が得られた (Fig. 3(a))。IR、ラマンスペクトル、PXRD パターンから [Ru₂] が組み込まれたイミン架橋構造体の形成を確認し、X 線光電子分光法 (XPS) では [Ru₂]-MCOF が前駆体の [Ru₂^{II,II}]-CHO と同様の電子状態を有していることが分かった。また、PXRD パターン、透過電子顕微鏡 (STEM) 画像から得られた回折情報を用いてモデル計算・Le bail 解析を行うと、[Ru₂^{II,II}]-MCOF は ABC スタッキングの積層構造を有することが示唆された (Fig. 3(b))。さらに [Ru₂^{II,II}]-MCOF の多孔性機能はガス吸着測定から評価し、BET 法から 160 m²/g の表面積を有することが分かった。

[Ru₂^{II,II}]-MCOF 内に組み込んだ OMS は触媒活性サイトとして機能することが予想されたため、共同研究者である正岡教授 (大阪大学)、近藤教授 (東京科学大学) のご支援のもと CO₂ の光還元実験を行った。触媒試験は 2.0 mL NMP 溶液に [Ru₂^{II,II}]-MCOF (25 μg)、50 mM BIH、0.10 M TFE、および 0.1 mM [Ir(ppy)₃] を加えた不均一系条件で実施し、その結果 3.0 × 10⁴ μmol g⁻¹ の CO 生成 (1.2 × 10³ μmol g⁻¹ h⁻¹) が観測され (Fig. 3(c))、CO 生成の選択性は 96% であり、[Ru₂^{II,II}] を用いた CO₂ 還元反応を初めて実証した⁽⁵⁾。

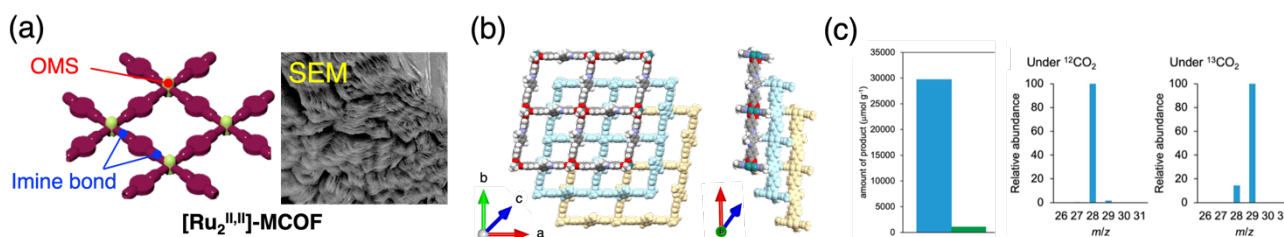


Fig. 3 (a) [Ru₂^{II,II}]-MCOF の構造概要図および SEM 画像、(b) PXRD、STEM、構造シミュレーション、Le Bail 解析によって得られた [Ru₂^{II,II}]-MCOF の結晶構造、(c) [Ru₂^{II,II}]-MCOF を用いた CO₂ 光還元触媒試験の結果

2. 3 [Ru₂^{II,II}] を基盤としたソフトマテリアルへの材料展開

2. 1, 2. 2 の先行研究を通し、本研究で目的とした多孔性レドックス材料の創製、および CO₂ 光還元触媒機能の発現に成功したが、現在はこれまでの知見を応用することで、レドックス活性な多孔性錯体ソフトマテリアルへの材料・機能開拓に取り組んでいる。具体的に、[Ru₂^{II,II}]-CHO にトリアミン分子を後置的に修飾することで無機-有機ハイブリッド型ゲル ([Ru₂^{II,II}]-gel) の合成に成功した (Fig. 4(a))。先行研究と同様に IR スペクトルからイミン形成を確認し、[Ru₂^{II,II}]-gel に対して超臨界 CO₂ (SC-CO₂) 処理を行うと粉末状態のエアゲル ([Ru₂^{II,II}]-agel) が得られた (Fig. 4(b))。SEM、ガス吸着特性から [Ru₂^{II,II}]-agel の多孔性構造を確認し、77 K における N₂ 吸着等温線から見積もった表面積 (S_{BET} = 247 m²/g) は [Ru₂^{II,II}]-MCOF よりも大きく、SC-CO₂ 処理による柔軟かつ階層的な多孔性ネットワークの構築を確認した (Fig. 4(c))。[Ru₂^{II,II}]-agel のマクロ孔表面には [Ru₂^{II,II}] ユニットが露出しており、[Ru₂^{II,II}]-MCOF のメソ空間より基質拡散性が高くなっていると予想されるため、現在は [Ru₂^{II,II}]-agel の触媒活性評価に取り組んでいる。

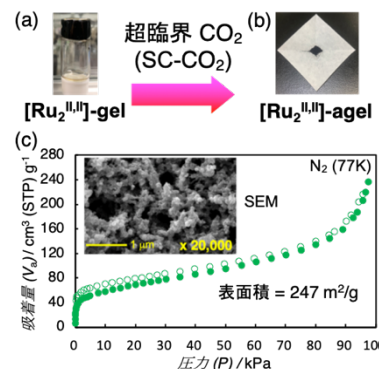


Fig. 4 (a), (b) [Ru₂^{II,II}]-gel/agel の画像 (c) [Ru₂^{II,II}]-agel の多孔性機能

2. 4 付録

本研究では酸化還元活性な [Ru₂^{II,II}] 錯体の後置修飾法を用いることで、配位子効果に起因した電気化学特性の制御、ならびに空間機能と触媒機能が高度に連動した多機能性触媒材料の開発に成功した。今後は金属イオン・細孔サイズ・電子状態の異なるゲルを合成し、CO₂ 還元だけでなく様々な触媒反応に有用な多機能性プラットフォームを構築する予定である。また、金属ナノ粒子を複合化させたハイエントロピー型ゲルの合成にも取り組み、次世代のエネルギー・環境問題に貢献する革新的機能性材料の開拓を目指す。

3. 参考文献

- (1) H. Miyasaka *et al.*, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **2021**, 94, 2929.
- (2) H. Miyasaka *et al.*, *Nat. Chem.*, **2021**, 13, 191.
- (3) J. F. Berry *et al.*, *Nat. Chem.*, **2021**, 13, 1221.
- (4) C. Itoh, H. Yoshino, H. Miyasaka *et al.*, *Dalton Trans.*, **2024**, 53, 444.
- (5) C. Itoh, H. Yoshino, H. Miyasaka *et al.*, *ChemSusChem*, **2024**, 17, e202400885.

金属溶湯脱成分によるナノポーラス金属・複合材料開発

東北大学金属材料研究所 ○和田 武、加藤 秀実

Development of Nanoporous and Nanocomposite Metallic Materials by Liquid Metal Dealloying
by ○Takeshi WADA and Hidemi KATO

1. 研究目的

我々は前駆合金 A-B を金属溶湯 C に浸漬することで前駆合金から B を選択的に溶出させ、残存する A 原子の自己組織化によってナノポーラス金属およびナノ複合材料を開発する技術（金属溶湯脱成分 LMD）の研究に取り組んでいる。LMD は従来技術である A-B 合金を水溶液に浸漬することで前駆合金から B を選択的に腐食して残存する A のポーラス金属を作製する技術（水溶液脱成分）に比べて、①貴金属だけでなく、多様な元素をナノポーラス・複合化できる、②バルク状の試料を得ることができる。③反応速度が速く生産性が良い等の利点がある。我々はこの LMD 技術を用いてこれまでに約 20 種類の新しいポーラス金属を開発し、それらを機能材料および構造材料に応用する研究に取り組んできた。令和 6 年は、合金の規則化によるポーラス金属の微細化・比表面積増大および欠陥の少ないナノセルラグラフェンの開発とそのナトリウムイオン電池特性に関する研究に取り組んだ。以下にこれらの研究成果をまとめる。

2. 研究成果

2. 1 合金の規則化によるナノポーラス金属の微細化・比表面積増大⁽¹⁾

LMD ではポーラス金属が高温の金属溶湯で生成するために、プロセス中にポーラス構造の粗大化が生じてしまい、結果として比表面積が低下してしまう課題がある。ポーラス構造の粗大化はポーラス金属を構成するリガメントの表面原子の自己拡散によって生じることが明らかになっており、粗大化を抑制するアプローチとしてこれまで、溶湯温度の低下、高融点金属リガメントの利用、金属間化合物やハイエントロピー合金の利用が考案されてきた。一方で、原子の拡散は合金の規則化によっても抑制できることが知られていることから本研究では合金の規則化が及ぼす粗大化への影響を調べた。Ni-M(M: Mo, Nb, Ta, V, M は単成分もしくは 2 成分)の前駆合金をアーク溶解によって作製し、これを所定の温度に制御された Mg 溶湯に浸漬することで前駆合金から脱 Ni 反応が生じ、ポーラス M 金属を得た。得られたポーラス金属についてリガメントサイズは同一の Homologous 温度において $V > Mo > V-Mo$, $NbMo > Mo-Ta$ の順になっており、973K で作製したポーラス Mo-Ta 合金のリガメントサイズは 19 nm に達していた。すなわち、Mo-Ta 合金では単体である V や Mo に比べてより顕著な粗大化抑制が生じていた。この原因を明らかにするために XRD および STEM を用いて各ポーラス金属の組織観察を行ったところ、Mo-Ta 合金以外は bcc 構造を有しているのに対し、図 1 に示すように Mo-Ta 合金は B2 規則構造を有していることが分かった。B2 規則合金では原子が体拡散するとき、規則構造を維持するために原子が最近接サイトに移動することができず、複雑な機構によって拡散起こると考えられており、規則合金では不規則合金に比べて拡散が抑制される。LMD によってポーラス金属が粗大化する際にもリガメントの原子が規則構造を有することで粗大化を生じさせる拡散が抑制されて微細で比表面積が大きなポーラス金属が得られたと考えられる。また、報告されている Mo-Ta の平衡状態図には B2 規則相は記載されていないが、本研究では Mo-Ta の B2 規則相が得られたことから LMD では従来の技術よりも迅速に熱平衡状態に到達していると考えられる。このことから LMD を用いれば通常のプロセスでは合成困難な物質を創製できる可能性を示している。

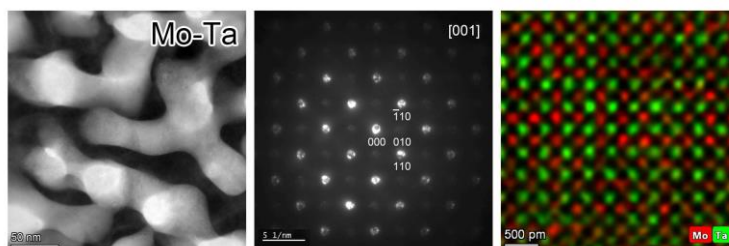


図1 1073K の Mg に 10 分間浸漬して得られたナノポーラス Mo-Ta 合金の HAADF-STEM 像、[001] 方向から入射した電子線回折パターンおよび EDX 原子コラムマッピング。

2. 2 LMD による欠陥の少ないナノセルラーグラフェンの開発とナトリウムイオン電池特性⁽²⁾

複数積層したグラフェンで構築されるセル構造体はナノセルラーグラフェン (NCG) と呼ばれ、高比表面積に加えて高強度、高い電子移動度、高い熱伝導性を有することから電子・エネルギーデバイス、センサー等の高性能化につながる材料として注目されている。しかし従来の NCG は作製過程において導入されるクラック等の欠陥によって優れた機能が失われる。一般的デバイスサイズであるセンチメートル以上でクラックの無い NCG を作製する技術が渴望されてきた。我々はアモルファス前駆体とする LMD によってこの課題の克服を試みた。アモルファス材料は粒界を持たない長距離均質構造であるため、図 2(a)に模式的に示すように、NCG 形成中のクラック発生防止が期待できる。Mn₈₀C₂₀(at.%)薄膜をスパッタリング法により成膜し、X 線回折によりアモルファス構造を確認した。このアモルファス Mn-C 前駆体薄膜を Bi 溶湯に浸漬して脱 Mn を行い、C 原子を自己組織化することで NCG を形成した。図 2(b, c)は、1273 K で 3 分間脱 Mn を行った試料の断面である。試料はセンチメートルサイズのシート状で、内部はナノサイズの中空セルがシームレスにつながったセル構造になっている。また、図 2(d)に示すように、良好な柔軟性を示している。この試料から測定したラマンスペクトルを図 2(e)に示す。強い G バンドと 2D バンドが観測され、結晶性の高いグラフェンが形成されていることがわかる。NCG の電気伝導率は 1.6×10^4 S/m、破壊強度は 34.8 MPa に達し、いずれも他のナノセルラーグラフェンと比較してトップレベルである。開発した NCG のナトリウムイオン電池 (SIB) 用電極としての性能を評価した。その結果、人造黒鉛と比較して大きな重量比容量と優れたレート性能を示した。電流密度 5 A/g でのサイクル試験では、NCG は 7,000 サイクル後も 100% のクーロン効率を維持し、良好な安定性を示した。図 2(f)は、NCG 電極の変形が電極特性に及ぼす影響を示している。図 2(f)は、電流密度 5 A/g および 20 A/g において、平坦および曲げ (曲率半径 0.75 cm および 1.0 cm) の両条件下で同一の容量を示している。したがって、開発した NCG は、SIB の電気化学特性と柔軟性の向上に有用であると結論づけられる。

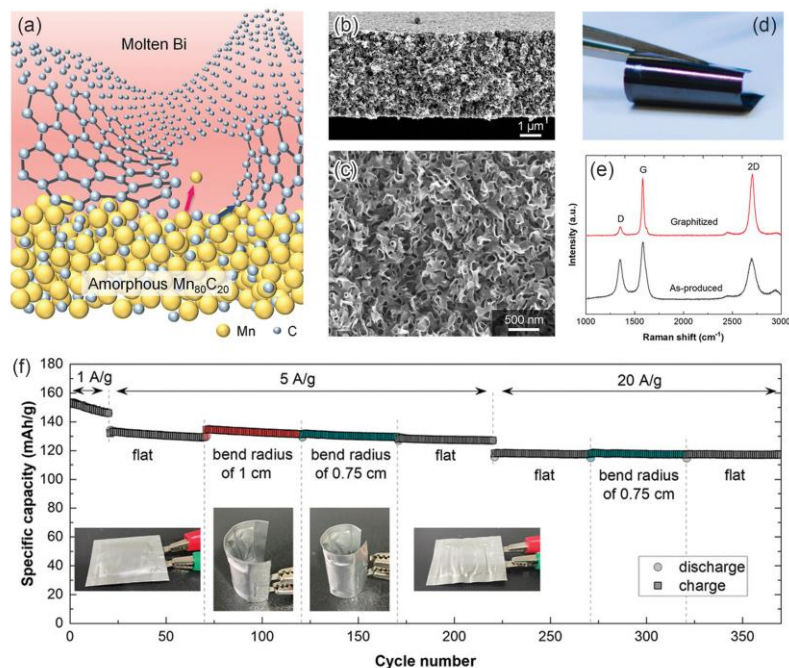


図2 アモルファス MnC を Bi 溶湯中に浸漬して Mn の選択溶出させて C が NCG を形成する模式図。(b,c)1273K で 3 分間の金属溶湯脱成分で得られたクラックのない NCG の断面 SEM 像。(d)柔軟性を示す NCG 膜の写真。(e) NCG のラマンスペクトル。(f) 電流密度 5 および 20 A/g において平坦および曲げた状態のナトリウムイオン電池のサイクル試験結果。

3. 参考文献

- (1) T. Wada, A. Nakata, R. Song, H. Kato, Accelerated structural ordering during liquid metal dealloying and its effect on thermal coarsening of nanoporous refractory alloys, *Scripta Mater.*, **247**, 116120 (2024).
- (2) W.-Y. Park, J. Han, J. Moon, S.-H. Joo, T. Wada, Y. Ichikawa, K. Ogawa, H. S. Kim, M.W. Chen, H. Kato, Mechanically Robust Self-Organized Crack-Free Nanocellular Graphene with Outstanding Electrochemical Properties in Sodium Ion Battery, *Adv. Mater.*, **36**, 2311792 (2024).

Ti-6Al-4V 合金の電子ビーム積層造形における組織形成と力学特性に及ぼす造形条件の影響

東北大学金属材料研究所
仙台高等専門学校総合工学科

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

大阪大学接合科学研究所
東京電機大学工学部
茨城大学大学院理工学研究科

○山中謙太

森真奈美

Neeraphat Kunbuala

Phacharaphon Tunthawiroon

刈屋翔太, 近藤勝義

小貫祐介

佐藤成男

Effects of building parameters on the microstructural evolution and mechanical properties of
Ti-6Al-4V alloys during electron beam powder bed fusion additive manufacturing

by ○Kenta YAMANAKA, Manami MORI, Neeraphat KUNBUALA, Phacharaphon TUNTHAWIROON,
Shota KARIYA, Katsuyoshi KONDOH, Yusuke ONUKI and Shigeo SATO

1. 研究目的

金属材料を対象とした Powder Bed Fusion (PBF) タイプの Additive Manufacturing プロセスでは、金属粉末にレーザー、あるいは電子ビーム (Electron Beam, EB) を選択的に照射して熔融凝固することで 3 次元構造体を作製する。中でも電子ビーム積層造形 (EB-PBF) は高エネルギーの EB により未熔融欠陥等の造形欠陥を抑制でき、高密度な造形体が得られる点が大きな特徴である。また、金属粉末の帯電に起因したスモーク現象の防止を目的としたパウダーベッドの予備加熱の副次的な効果として熱応力に起因した割れの抑制や残留応力の低減が可能である。したがって、生体医療機器や航空宇宙分野における構造部材などの重要部材への応用も進んでいる。

一方、微小なメルトプールでは極めて大きな冷却速度を利用した非平衡凝固など、特異な組織形成を利用することができるため、特性制御や材料開発への応用に大きな期待が集まっている。特に、EB-PBF ではプロセスパラメータを幅広く設定できるため、組織制御に基づく高機能化の観点からも注目を集めている。

著者らは、最も汎用な Ti 合金である Ti-6Al-4V 合金を対象として EB-PBF に関する研究を行ってきた¹⁻³。本研究では、種々の造形条件において作製した Ti-6Al-4V 合金造形体の組織について検討した。組織評価においては、高い透過能を有し、バルク組織情報が得られる中性子回折を用い、集合組織、相分率、転位密度を評価した。

2. 研究成果

2. 1 実験方法

本研究で用いた試験片の作製には Arcam Q20plus を使用した。造形条件の影響を明らかにするため、電子ビームの出力 (P) および走査速度 (v) を変化させ、Line energy ($E_l = P/v$) の異なる 3 種類の造形体を同じベースプレート上で作製した。その際、その他の造形パラメータは各造形条件において同一の値とし、試験片は長手方向が造形方向 (BD) と平行となるように配置した。得られた試験片に対して走査電子顕微鏡 (SEM) 及び電子線後方散乱回折法 (EBSD) を用いた組織観察を行った。中性子回折実験は J-PARC の iMATERIA (BL20)にて実施し、得られた回折プロファイルに対して Rietveld Texture 解析による集合組織・相分率評価³、Convolutional Multiple Whole Profile (CMWP) 法による転位密度評価²を実施した。また、力学特性の評価として室温引張試験を行った。

2. 2 実験結果

Fig. 1 に、異なる造形条件にて得られた Ti-6Al-4V 合金造形体の SEM 反射電子 (BSE) 像を示す。As-built 材の組織はいずれも針状 $\alpha + \beta$ 組織を有していたが、 E_l の増加により粗大化し、造形条件に依存して変化することがわかった。このことは、予備加熱温度が同一であっても入熱量が造形組織に影響を与えることを示唆している。

一方、中性子回折および Rietveld Texture 解析を基に決定した As-built 材の β 相分率は E_l に依存せず、いずれの造形条件においても約 5%であった。また、集合組織評価 (Fig. 2) では、低 E_l 条件において旧 β 相の $\langle 001 \rangle$

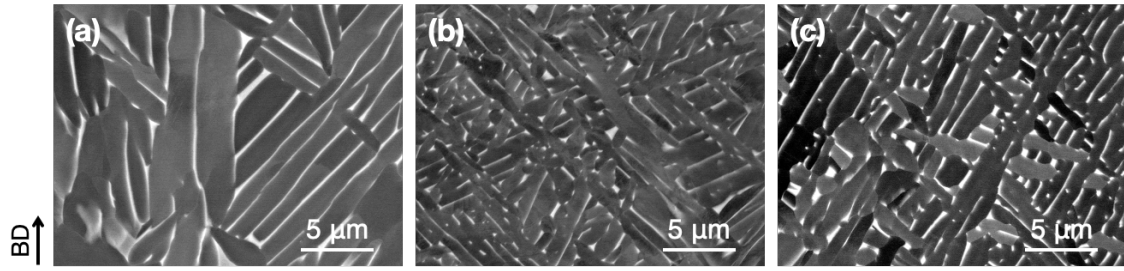


Fig. 1 各造形体の SEM-BSE 像 : (a) High E_L , (b) Mid. E_L , (c) Low E_L .

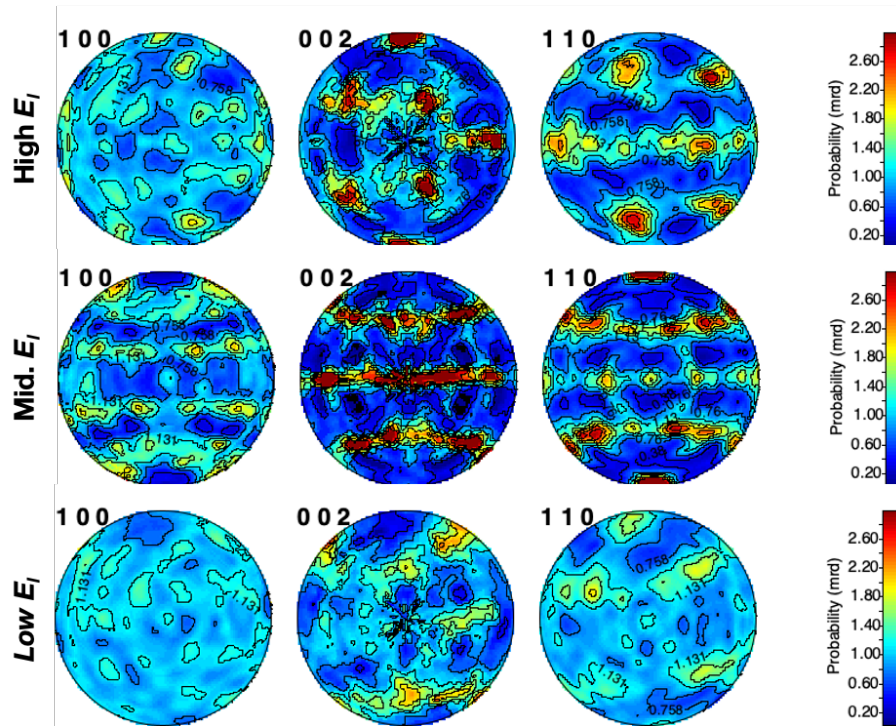


Fig. 2 Rietveld Texture 解析により得られた各造形体の α 相の極点図.

配向と $\beta \rightarrow \alpha'$ マルテンサイト変態における Burgers の関係を示唆する結晶方位分布が観察された。 E_L が増加に伴い上記の集合組織の配向度は増加したが、さらに高 E_L 条件では、造形方向に α 相の c 軸が配向した集合組織に変化することが明らかになった。EBSD 測定を基に旧 β 粒の結晶方位分布を再構築したところ、 E_L に依存した α 相の集合組織変化は旧 β 粒の凝固組織の優先配向に起因することが示唆された。

組織と同様に室温引張特性も造形条件に依存して変化した。特に、0.2%耐力は E_L の増加とともに増加し、 α 相のサイズによる従来の Hall-Petch 関係に基づく整理ができないことが明らかとなった。本研究では CMWP 法を用いて E_L と転位密度の関係を定量的に調べ、 α 相の微細化効果よりも転位強化が高強度化において重要であることを明らかにした。

3. 参考文献

- (1) X. Shui, K. Yamanaka, M. Mori, K. Kurita, Y. Nagata, A. Chiba, Effects of post-processing on cyclic fatigue response of a titanium alloy additively manufactured by electron beam melting, *Mater. Sci. Eng. A*, **680**, 239–248 (2017).
- (2) K. Yamanaka, A. Kuroda, M. Ito, M. Mori, H. Bian, T. Shobu, S. Sato, A. Chiba, Quantifying the dislocation structures of additively manufactured Ti-6Al-4V alloys using X-ray diffraction line profile analysis, *Addit. Manuf.*, **37**, 101678 (2021).
- (3) M. Mori, K. Yamanaka, Y. Onuki, S. Sato, A. Chiba, Analysis of hierarchical microstructural evolution in electron beam powder bed fusion Ti-6Al-4V alloys via time-of-flight neutron diffraction, *Addit. Manuf. Lett.*, **3**, 100053 (2022).

Enhancing titanium osteoconductivity by alkali-hot water treatment

東北大学大学院歯学研究科

大阪大学接合科学研究所

東京科学大学生体材料工学研究所

常理、陳鵬、溝口 到、○金高 弘恭

目代 貴之

川下 将一

by Li Chang, Peng Chen, Takayuki Mokudai, Masakazu Kawashita, Itaru Mizoguchi,
○Hiroyasu Kanetaka

1. Research Object

Titanium and its alloys are essential in orthopedic and dental treatments owing to their high strength, corrosion resistance, and superior biocompatibility compared with those of other metals. However, titanium alloys are bioinert. Previous studies have indicated that alkali treatment (AT) is a straightforward method to create a surface oxidation layer on titanium [1, 2], thereby improving its bioactivity. Therefore, we hypothesized that the alkali-hot water treatment of titanium would enhance its bioactivity relevant to osseointegration. In this study, alkali, hot water, and alkali-hot water treatments were applied to ground titanium surfaces. Surface analyses of pure titanium, both before and after alkali and/or hot water treatment, were conducted to assess the changes in its morphology, roughness, hydrophilicity, and chemical and crystalline structures. To assess the *in vitro* effects, mouse osteoblast-like cell line (MC3T3-E1) cells were cultured on these surfaces to predict bone formation, implant stability, healing, and integration through initial osteoblast adhesion, proliferation, and differentiation. This study was conducted to elucidate the effects of the physicochemical characteristics of alkali-hot water-treated (AWT) titanium surfaces on their osteoconductivity, thereby providing insights for future clinical applications.

2. Experimental Results

Commercial pure titanium plates were ground (CP Ti) and subjected to alkali solution and hot water treatments (AWT). Single-process CP Ti specimens were prepared via either AT or hot water treatment (WT). Network-like structural features were observed in the AT specimens, and were further refined and densified in the AWT specimens, which as showed in Fig. 1.

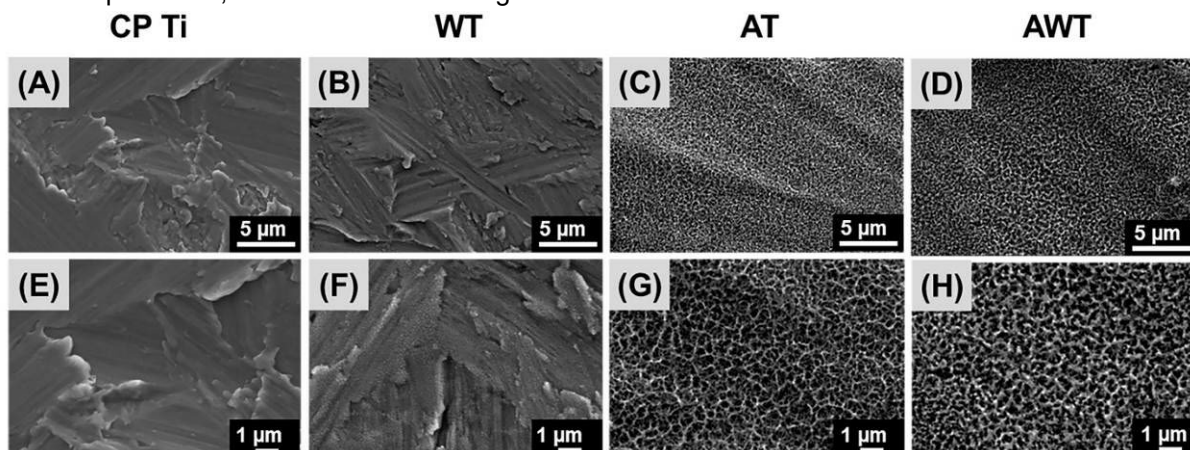


Figure 1. Surface morphologies of all the specimens shown in SEM images: (A, E) commercially obtained pure titanium (CP Ti); (B, F) alkali-treated (AT); (C, G) hot water-treated (WT); and (H, I) alkali-hot water-treated (AWT). Scale bars are 5 μm (A–D) and 1 μm (E–H).

The surface roughness (R_a) of all samples was quantitatively measured using a 3D profiler (not shown). It showed that the R_a of the AT and AWT specimens were consistent with those R_a of the CP Ti and WT samples. Water contact angle testing (not shown) revealed that the hydrophilicity of the titanium specimen (80° for CP Ti) increased by 19° for the AT specimens but decreased by 59° for the AWT specimens.

To assess the *in vitro* effects, mouse osteoblast-like cell line (MC3T3-E1) were cultured on these surfaces to predict bone formation, and integration through initial osteoblast adhesion, proliferation, and differentiation as mentioned in previous studying [3-5].

Figure 2 shows the cellular morphologies and parameters of the cells adhering to the titanium specimens. At 3 h, all the groups exhibited smaller cell areas. At 6 h, the cell polarity was enhanced. Especially, the F-actin in cells on AWT showed a superior multidirectional stretching compared with the other groups, closely followed by the WT and AT. At 24 h, cells on all surfaces exhibited increased spreading and clustering. However, the distribution of focal vinculin adhesions appeared more uniform and consistent in cells on AWT, which suggests that the cells on surface of AWT quickly develop stable adhesion and execute their potential biological functions.

ALP expression levels, an indicator of osteogenic differentiation, was assessed (Fig. 3). The ALP level in cells on AWT was always higher than that for AT and WT throughout the week. On 6-d and 8-d, the ALP expression level of cells on AT and AWT was higher than that on CP Ti and WT, indicating that cells on AT surfaces had better osteogenic differentiation. However, the sharp increase in the ALP expression of CP Ti, AWT, and TCPS (control) on day 12 was much higher than that on 10-d, possibly owing to the formation of a continuous cell layer. Our results showed that the osteogenic expression intensity across four surfaces was sequenced as follows: AWT > AT > WT > CP Ti.

Overall, our findings highlight the benefits of alkali and hot water treatments in promoting the osseointegration of titanium implants, and suggest new strategies for orthopedic and dental applications. Future studies should examine the long-term performance *in vivo*.

3. References

- (1) T. Kokubo, H. M. Kim, M. Kawashita, T. Nakamura. J. Mater. Sci. Mater. Med. 15 (2004) 99–107.
- (2) M. Kawashita, N. Endo, T. Watanabe, T. Miyazaki. Colloids Surf. B Biointerfaces 145 (2016) 285–290.
- (3) H. Wu, T. Ueno, K. Nozaki, H. Xu, Y. Nakano, P. Chen, N. Wakabayashi. ACS Appl. Mater. Interfaces 15 (2023) 55232-55243.
- (4) P. Chen, T. Aso, R. Sasaki, M. Ashida, Y. Tsutsumi, H. Doi, T. Hanawa. J. Biomed. Mater. Res. A 106 (2018) 2735–2743.
- (5) Q. Zhao, T. Ueno, P. Chen, K. Nozaki, T. Tan, T. Hanawa, N. Wakabayashi. Surf. Interfaces 34 (2022) 102390.

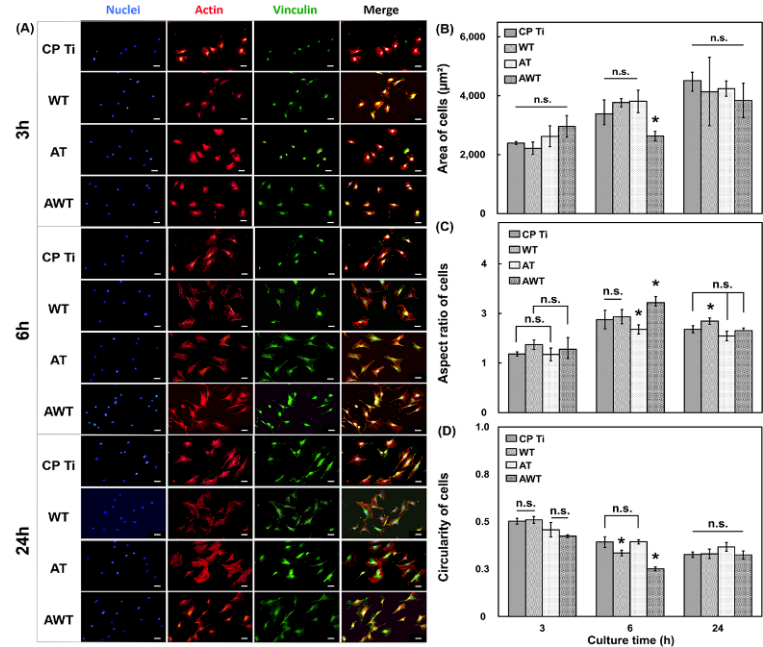


Figure 2. Morphology of MC3T3-E1 cells attached to the titanium specimens after 3, 6, and 24 h of cell seeding

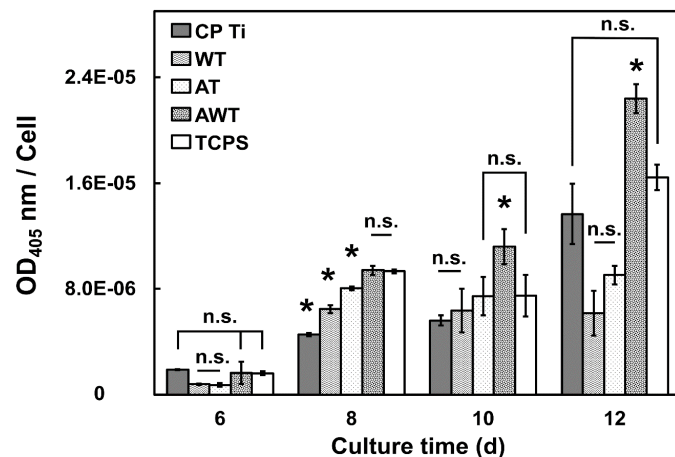


Figure 3. Osteogenic differentiation of the MC3T3-E1 cells cultured on different specimens. The ALP activity levels of each cell were evaluated through absorbency on days 6, 8, 10, and 12 after incubation.

Cu および Zn 添加非晶質リン酸カルシウム膜の作製とその抗菌性評価

東北大学大学院工学研究科
東北大学加齢医学研究所

○上田恭介、栗田菜々子、成島尚之
小笠原康悦

Fabrication of Cu- and Zn-added amorphous calcium phosphate films
and evaluation of their antibacterial activity

by ○Kyosuke UEDA, Nanako KURITA, Kouetsu OGASAWARA, and Takayuki NARUSHIMA

1. 研究目的

人工関節ステム部や歯科用インプラントの歯根部等の硬組織代替デバイスには、骨との迅速かつ強固な結合が求められる。一方、デバイス埋入後に手術部位に発症する手術部位感染症(Surgical site infection, SSI)は細菌がデバイスの表面に付着することで引き起こされるため、デバイス表面への抗菌性の付与も求められている。すなわち、骨適合性と抗菌性の両方を発現する表面処理が求められている。当グループではこれまで、生体内溶解性を有する非晶質リン酸カルシウム(ACP)に着目し、RF マグネトロンスパッタリング法による ACP コーティング膜の作製および生体内外評価を行ってきた。ACP コーティング膜は擬似体液中および生体内で溶解し、骨形成を促進させることを報告した 1,2)。加えて、ACP に抗菌性元素である Ag を添加した Ag-ACP コーティング膜を作製し、ACP の溶解に伴う Ag イオン放出により抗菌性を発現することを明らかにした 3)。放出された Ag イオンは優れた抗菌性を示すものの、生体内に存在する Cl イオンと反応して AgCl を析出してしまう 4)。Cu および Zn も抗菌性を示す金属元素であり、さらに Ag に比べて生体の許容量が大きく、塩化物の析出も無い。そこで本課題では、抗菌性元素である Cu および Zn を添加した ACP コーティング膜を作製し、その材料学的評価および抗菌性評価を行った。

2. 研究成果

2. 1 Cu および Zn 添加 ACP コーティング膜の作製および材料学的評価

β型リン酸三カルシウム(β-TCP)粉末にカチオンモル分率で 0.1 となるように CuO または ZnO 粉末を混合し、それらをホットプレスした焼結体をターゲット(Cu-TCP, Zn-TCP)とした。RF マグネトロンスパッタリング法により、鏡面研磨工業用純(CP) Ti およびブラスト処理 Ti-6Al-4V 合金基板(10×10×1 mm)上に膜厚 0.5 μm のコーティング膜を作製した。Fig. 1 に Cu-TCP および Zn-TCP ターゲットを用いて鏡面研磨 Ti 基板上に作製しコーティング膜の断面 TEM 像および回折図を示す。いずれのターゲットを用いたコーティング膜においても、基板とよく密着した均一な膜であることが分かる。回折図からはハローパターンしか確認されなかった。XRD 分析および XPS 分析からも結晶質由来のシグナルは得られなかったことから、これらのコーティング膜は非晶質相であり、添加した Cu や Zn は ACP 中に固溶していると考えられる。以降、これらのコーティング膜を Cu-ACP および Zn-ACP と称する。Fig. 2 に、Cu-ACP および Zn-ACP コーティング膜の XPS による断面組成プロファイルを示す。いずれのコーティング膜においても、構成元素(Ca, P)および添加元素(Cu, Zn)は膜厚方向に対して均一に分布していた。なお、Zn-ACP 膜においては、高 RF 出力にて成膜を行うと、Zn が基板近傍に濃化してしまったことから、均一な膜を作製するには、RF 出力の最適化が必要であることを見出した。

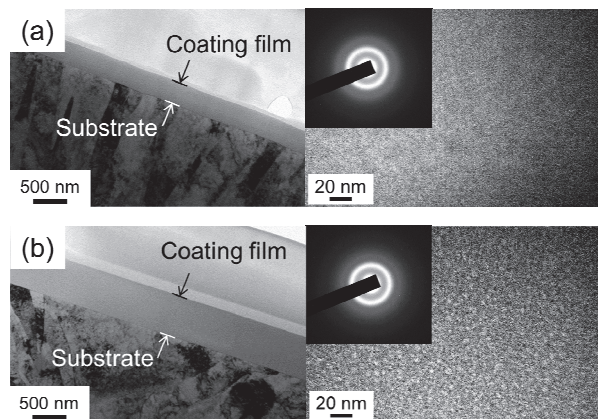


Fig. 1 Cross-sectional TEM images and diffraction patterns of coating films fabricated on mirror-polished Ti substrates using (a) Cu-TCP and (b) Zn-TCP targets.

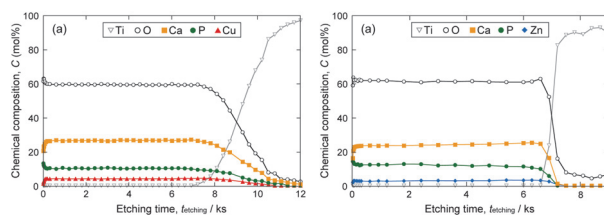


Fig. 2 XPS depth profiles of (a) Cu-ACP and (b) Zn-ACP coating films.

2. 2 擬似体液浸漬による Cu および Zn 添加 ACP コーティング膜の溶解性評価

擬似体液としてトリスヒドロキシメチルアミノメタン (TRIS)-HCl 緩衝溶液を用いた浸漬試験により、コーティング膜の溶解性評価を行った。TRIS-HCl 緩衝溶液 20 mL にブラスト処理基板上に作製した Cu-ACP および Zn-ACP コーティング膜 1 枚を所定の期間浸漬し、その際の溶出イオン濃度を ICP-AES により測定した。Fig. 3

に、Cu-ACP および Zn-ACP コーティング膜から溶出した各イオン濃度と浸漬期間の関係を示す。なお、比較として無添加の ACP コーティング膜の結果も示す。ACP および Cu-ACP コーティング膜においては、浸漬 10.8 ks 後において各イオンの溶出が見られ、その後一定であった。浸漬後基板の EDX 分析からはコーティング膜成分は検出されなかったことから、10.8 ks において厚さ 0.5 μm のコーティング膜が完全に溶解したことを示している。一方、Zn-ACP コーティング膜においては、86.4 ks の浸漬までいずれの溶出イオン量も増加し続けていた。Cu-ACP および Zn-ACP コーティング膜からの Ca, P および抗菌元素 (Cu, Zn) の放出は可能であること、Zn 添加は ACP コーティング膜の溶解性を抑制することを明らかにした。

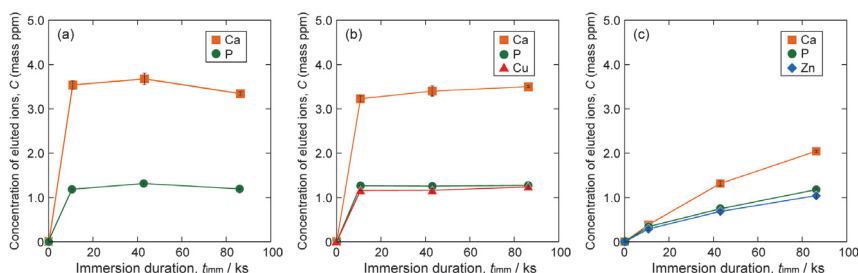


Fig. 3 Change in concentration of eluted Ca, P-related, Cu, and Zn ions from (a) ACP, (b) Cu-ACP, and (c) Zn-ACP coating films with immersion duration in TRIS-HCl buffer solution.

2. 3 擬似体液浸漬による Cu および Zn 添加 ACP コーティング膜の抗菌性評価

大腸菌を用いたシェーク法により、コーティング膜の抗菌性を評価した。初期菌濃度 $10^5 \text{ CFU} \cdot \text{mL}^{-1}$ の大腸菌液 5 mL とブラスト処理基板上に作製した ACP, Cu-ACP および Zn-ACP コーティング膜を所定の期間、共に振とう培養後、菌液中の生菌数を寒天平板希釈法により測定した。生菌数と振とう培養時間の関係を Fig. 4 に示す。コー

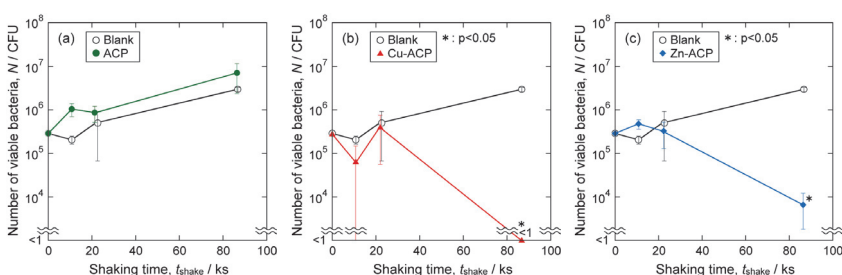


Fig. 4 Change in number of viable *E. coli* with shaking time for Blank and (a) ACP, (b) Cu-ACP, and (c) Zn-ACP coating films.

ティング膜を入れないで振とう培養したブランク (Blank) および ACP コーティング膜を入れた条件においては、振とう培養時間の増加に伴い生菌数は増加した。一方、Cu-ACP および Zn-ACP コーティング膜を入れた条件において生菌数は振とう培養時間とともに減少し、特に Cu-ACP コーティング膜を入れた条件においては 86.4 ks 後で生菌数は 0 (図中では <1 と表記) となった。

以上の結果から、Cu-ACP および Zn-ACP コーティング膜は生体内において溶解性を示し、Cu および Zn イオンの放出に伴い抗菌性を発現することが期待できる。

3. 参考文献

- 1) T. Narushima, K. Ueda, T. Goto, H. Masumoto, T. Katsube, H. Kawamura, C. Ouchi, and Y. Iguchi: Preparation of calcium phosphate films by radiofrequency magnetron sputtering, *Mater. Trans.*, **46**, 2246 (2005).
- 2) K. Ueda, T. Narushima, T. Goto, T. Katsube, H. Nakagawa, H. Kawamura, and M. Taira: Evaluation of calcium phosphate coating films on titanium fabricated using RF magnetron sputtering, *Mater. Trans.*, **48**, 307 (2007).
- 3) J. Wu, K. Ueda, T. Narushima: Fabrication of Ag and Ta co-doped amorphous calcium phosphate coating films by radiofrequency magnetron sputtering and their antibacterial activity, *Mater. Sci. Eng. C*, **109**, 110599 (2020).
- 4) O. Gokcekaya, K. Ueda, K. Ogasawara, H. Kanetaka, and T. Narushima: In vitro evaluation of Ag-containing calcium phosphates: Effectiveness of Ag-incorporated β -tricalcium phosphate, *Mater. Sci. Eng. C*, **75**, 926 (2017).

超音波技術を利用した微細気泡の生成と評価

大阪大学接合科学研究所 東北大学金属材料研究所
東北大学大学院歯学研究科
東北大学電気通信研究所
東北大学材料科学高等研究所

○目代貴之
金高弘恭、陳鵬
但木大介、平野愛弓
川田已致、庭野道夫

Fabrication of bubbles using ultrasound techniques and evaluation

○Takayuki MOKUDAI, Hiroyasu KANETAKA, Michi KAWADA, Peng CHEN,
Daisuke TADAKI, Ayumi HIRANO-IWATA and Michio NIWANO

1. 研究目的

一般的に、微細気泡に関しては、気泡の粒径の違いにより $1\ \mu\text{m}$ 以上はマイクロバブル、 $1\ \mu\text{m}$ 以下のものはナノバブルとされており、生成法も様々ある。微細気泡の機能性面においては、マイクロバブルは水中ではゆっくりと浮上して消滅するが、ナノバブルは水上まで浮上せず、水中に漂っている。そのため、ナノバブルは、極めて長寿命である。さらに、内包するエネルギーが大きいこと、高い表面電荷といった特性からミクロンサイズ以上の気泡とは大きく異なる特性や機能を持っている。しなしながら、特性や機能に関しては未解明な部分がある。マイクロバブルの研究においては、殺菌効果も示されており、このメカニズムとして、活性酸素が関与している報告がある¹⁾。ナノバブルの生成法は様々あるが、先の研究では、アルミニウムやチタンの薄膜を電解液中に陽極酸化することで固体基板上に多孔質薄膜を形成して、ガスを噴出させることにより水中に押し出される際に発生する微細気泡からナノバブルを生成する方法を報告した。しかしながら、本方法では、材料作製に時間がかかってしまうという問題があった。そこで、もう少し簡便な方法でナノバブルが作れないか検討した。生成法としては、超音波技術を応用利用することで、微細気泡、特にナノバブルを生成することを試みた。また、生成した微細気泡の細菌試験に関しても実施し、作用機序として考えられる活性酸素種の生成有無を確認することで、細菌と活性酸素の関係に関しても研究を進めたので報告する²⁾。

2. 研究成果

2-1 微細気泡

CO_2 ガスボンベからガスインジェクターを通して CO_2 でバブリングをおこなった。バブリング後の溶存 CO_2 濃度は $2 \times 10^3 \sim 4 \times 10^3\ \text{mg/L}$ で、正確な濃度はバブリング時間で調整した。その後、バブリングした炭酸水に超音波を照射して微小気泡を生成した。

2-2 微細気泡の分析

作製した微細気泡の大きさを解析するため、ナノ粒子解析分析システムを使用した。本システムは、気泡のブラウン運動を検出し、これにより微細気泡を溶液中で直接可視化し、気泡サイズ、個数、濃度などに関する情報を収集することができる。

Fig.1 に示すように調製した微小気泡を含む水溶液の典型的な粒径分布から、微小気泡の粒径は $50 \sim 150\ \text{nm}$ に分布しており、平均粒径は $70\ \text{nm}$ であることが確認できた。微小気泡はナノバブルであると確認することができた。さらに、超音波照射を続けることによりナノバブルの濃度は増加したが、1 時間以上照射すると、減少することが明らかになった。

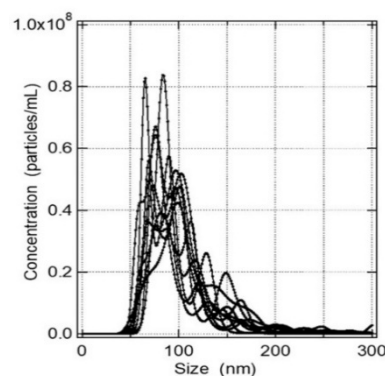


Fig.1 ナノ粒子解析分析システムより得られた微小気泡粒形分布

2-3 細菌試験

細菌試験は、大腸菌 (*Escherichia coli*: JCM 5491) を用いた。大腸菌懸濁液をナノバブル液に 2×10^3 CFU/mL になるように加えた。所定の接触時間ごとに、菌懸濁液を 100 μ l 取り出し、純水と混合した。この混合液を Petrifilm TMEC プレート (3M) に塗布して、37°C のインキュベーターで 24 時間培養後、コロニーを数えた。大腸菌の生存率 (%) は、ナノバブル処理後のペトリフィルム上のコロニー数から算出した。対照実験として、純水で同様の試験を行った。その結果、Fig.2 に示すように、ナノバブルと接触時間が長くなるとともに、菌数は減る結果となった。

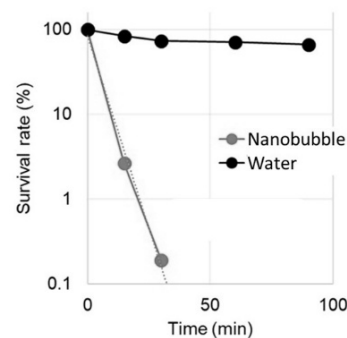


Fig.2 *E. coli* におけるナノバブル効果

2-4 生成する活性酸素

ナノバブルであることが確認できたため、活性酸素種の測定を行うべく、電子スピン共鳴 (ESR) 装置を使用した。方法としてトラップ剤を用いるスピントラッピング法にて測定を行った。トラップ剤には DMPO (5,5-Dimethyl-1-pyrroline N-Oxide) を用いて行った。Fig.3(a) は、CO₂ ガスを利用して生成した水中のナノバブルにおける活性酸素測定結果である。CO₂ ガスを利用した場合は、スペクトラムが検出された。一方、Fig.3(b) は、純水の結果である。Fig.3(a) の解析の結果、検出された活性酸素種は一部ヒドロキシルラジカル (HO $\cdot$) であることが確認できた。

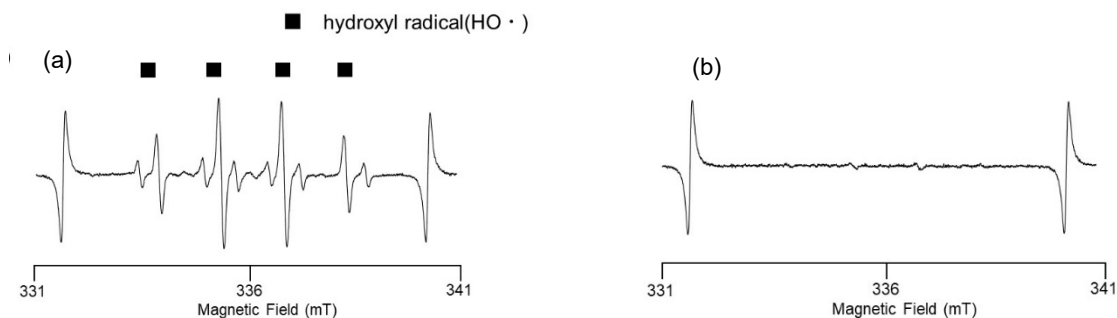


Fig.3 ESR 測定から得られたナノバブルにおける ESR スペクトラム
(a) ナノバブル (b) 純水

3. まとめ

本研究より、炭酸水に超音波を照射することによりナノバブルが生成できることを明らかにした。生成したナノバブルの平均粒径は 100 nm 以下で、その粒径分散は約 10% で揃っており、平均寿命は一カ月以上であることも確認できた。更に、細菌試験より、大腸菌の増殖を抑制した結果は、ナノバブルの濃度に依存することがわかった。また、電子スピン共鳴法でナノバブル中の活性酸素種の生成を確認した結果、主な活性酸素は $\cdot$ OH であることが示唆された。殺菌効果が得られた要因のひとつに活性種、特に $\cdot$ OH が関与していると考えられる。以上より、細菌にも効果があるナノバブルの新しい生成法の確立を行えた。今後の予定としては、細菌種を増やし細菌試験を行っていくとともに、作用機序に関しても研究を進めていく予定である。

参考文献

1. Masayoshi, T.; et al. Free-Radical Generation from Collapsing Microbubbles in the Absence of a Dynamic Stimulus, *J. Phys. Chem. B* 2007, 111, 6, 1343–1347
2. Takayuki M et al. Radical generation and bactericidal activity of nanobubbles produced by ultrasonic irradiation of carbonated water, *Ultrasonics Sonochemistry*, 2024, 103, 106809

Acute antimicrobial efficacy of gram-negative bacteria by pure copper coating using multi-beam laser metal deposition with blue diode lasers

東北大学大学院歯学研究科
大阪大学接合科学研究所
東北大学金属材料研究所

○陳 鵬、金高 弘恭
吉田 環、竹中 啓輔、佐藤 雄二、塚本 雅裕
目代 貴之

by ○Peng Chen, Tamaki Yoshida, Keisuke Takenaka, Takayuki Mokudai, Yuji Sato,
Masahiro Tsukamoto, Hiroyasu Kanetaka

1. Research Object

The acute antimicrobial effect, characterized by the rapid reduction of microbial populations within minutes to hours, is critical for preventing infections and maintaining hygiene in high-risk environments such as hospitals, food processing facilities, and public spaces. Rapid microbial eradication minimizes the risk of biofilm formation and pathogen transmission, which are significant challenges in healthcare-associated infections. Elements like copper, silver, zinc, and titanium are widely recognized for their potent antimicrobial properties, with copper being particularly effective due to its ability to disrupt bacterial membranes and induce oxidative stress. However, applying pure copper coatings directly onto materials using additive manufacturing (AM) techniques presents challenges, primarily due to copper's low light absorption and fast thermal conductivity, which hampers efficient laser-based processing. To overcome this, advanced techniques such as the multi-beam metal deposition with blue diode lasers (B-LMD) were developed [1, 2], enabling precise application of pure copper coatings on complex surfaces while maintaining controlled thickness. Our study evaluates the acute antimicrobial efficacy of such coatings against gram-negative bacteria.

2. Experimental Results

Stainless steel substrates (SUS304, 15 mm × 15 mm × 5 mm) were used for copper surface coating via B-LMD, referred to as LC-Cu. The laser processing conditions followed those reported in [2], with a scanning speed of 50 mm/s, a powder feed rate of 50 mg/s, and laser output power ranging from 160 to 240 W. The hatching distance was adjusted between 110 and 350 μm, corresponding to approximately 20% to 70% of the width of a single bead layer. Additionally, a pure copper plate (Cu) was used as a control.



Figure 1. Photo of specimens used in current study. Specimens from left to right are: SS304, Cu, LC-Cu.

For antimicrobial testing, a modified film adhesion method based on JIS Z2801 standards was employed to evaluate the antibacterial efficacy of the coatings. *Escherichia coli* (E. coli, JCM 5491) was selected as the model bacterium, and testing was conducted under conditions without direct light exposure to eliminate the influence of photochemical effects. The bacterial suspension was applied to the surface, and exposure times of 3, 5, 10, and 15 minutes were tested to assess the rapid antimicrobial effect. Unmodified SUS304 substrates served as the native control, while Cu was included as the positive control to benchmark the antimicrobial performance of the coated specimens.

Compared to uncoated SUS304, Cu-coated substrates demonstrated significantly superior antimicrobial activity, with bacterial survival decreasing markedly over time (Fig. 2). Within just 5 minutes of contact, bacterial survival was substantially reduced compared to both the uncoated control and the 3-minute exposure group, indicating a rapid and effective antimicrobial response. By the 15-minute mark, nearly all *E. coli* bacteria were eradicated, highlighting the potent bactericidal effect of the copper coating. This time-dependent antimicrobial activity is particularly promising for high-risk environments where rapid microbial inactivation is critical.

The LC-Cu coating not only enhances the antibacterial properties of SUS304 but also addresses the need for effective surface modifications in healthcare and related industries. In hospital settings, where bacterial contamination poses significant risks for cross-infections, surfaces with LC-Cu coatings can serve as an additional line of defense, reducing the spread of pathogens and improving hygiene. Furthermore, the technology is equally relevant for medical devices, particularly for implantable materials, where bacterial infections can lead to severe complications such as delayed healing, tissue damage, or implant failure. By minimizing the risk of postoperative infections, LC-Cu-coated implants can improve surgical outcomes and patient safety, reducing the need for antibiotics and associated healthcare costs.

Looking ahead, further research is required to fully understand the physical and chemical properties of the LC-Cu coating to maximize its practical potential. Key areas for future investigation include analysing the coating's density, the chemical state of copper within the deposited layer, and its structural uniformity. Additionally, it will be essential to evaluate the potential release of copper ions from the coating under physiological conditions, as ion release could significantly impact both antimicrobial efficacy and biocompatibility. Such studies will provide critical insights into optimizing the coating for long-term stability and functionality, particularly for applications in implantable medical devices where biocompatibility is paramount.

Given its robust and rapid antimicrobial effects, coupled with the scalability of the B-LMD method for applying Cu coatings, this approach holds significant potential for diverse applications. These include hospital surfaces, surgical instruments, implantable medical devices, and even food processing equipment, where microbial contamination must be controlled. The findings underscore the practicality and versatility of Cu-coated SUS304, while future studies will help to refine its properties, ensuring safe and effective use in environments requiring stringent microbial control.

This work was supported by the Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI²MA) project from the MEXT, and a part of this research is based on the Cooperative Research Project of the Research Center for Biomedical Engineering, Japan. The laser process was performed under the Joint Usage/Research Center on Joining and Welding, Osaka University.

3. References

- (1) K. Asano, M. Tsukamoto, Y. Sechi, Y. Sato, S.-I. Masuno, R. Higashino, T. Hara, M. Sengoku, M. Yoshida. *Opt. Laser Technol.*, 107 (2018) 291-296.
- (2) T. Yoshida, Y. Sato, K. Takenaka, P. Chen, H. Kanetaka, T. Mokudai, M. Tsukamoto. *J. Laser Appl.*, 36 (2024) 042035.

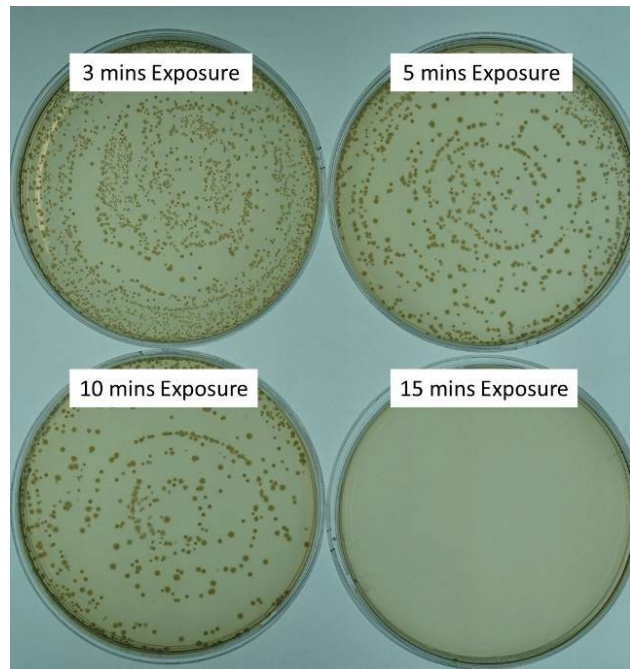


Figure 2. Photos of bacterial colonies after 24-hour incubation following attachment to LC-Cu for 3, 5, 10, and 15 min.

モジュール構造結合に指向性を有する培養神経回路の構築と自発活動解析

東北大学電気通信研究所
東北大学大学院情報科学研究科
早稲田大学理工学術院

○門間信明、山本英明、平野愛弓、佐藤茂雄
藤原直哉
谷井孝至

Reconstruction and spontaneous activity analysis of cultured neuronal networks with directional intermodular couplings

by ○Nobuaki MONMA, Hideaki YAMAMOTO, Ayumi HIRANO-IWATA, Shigeo SATO, Naoya FUJIWARA, and Takashi TANII

1. 研究目的

マイクロ流体デバイスなどを用いた細胞操作技術が発展したことで、生物の脳で見られるような非ランダム的な構造を細胞培養系で再現することが可能となっている。その結果、例えばモジュール構造を培養神経回路上で人工的に再現することで、過剰な同期性が抑制され、自発発火パターンが複雑化することが示された^[1]。また、非対称型マイクロチャンネルを用いて指向性結合を再現することで信号伝搬の方向を制御できることも明らかとなった^[2]。このような技術が発展した結果、神経回路網における構造と機能の関係（「構造機能相関」）^[3]を生きた細胞を使って調べるのが可能になりつつある。一方で、モジュール性と指向性がどのように組み合わせられて、哺乳類の脳皮質で見られるような複雑な発火パターンをつくるのかを調べる実験系および数理モデルは未発達であった。そこで本研究では、モジュール構造を有する培養神経回路に非対称型マイクロチャンネルを導入し、それが自発活動に与える影響を調べた。さらに、実験データを説明する数値シミュレーションモデルと数理モデルを構築することで、モジュール型回路における指向性結合の機能的意義を調べた。

2. 研究成果

2. 1 モジュール間指向性結合の実装と自発活動の解析^[4]

まず、モジュール間に指向性結合を実装した培養神経回路を構築するために、非対称型マイクロチャンネルを有するマイクロ流体デバイスを作製した。図 1 (A)に示すように、モジュール間を 4 段のテーパ形状を持つチャンネルで接続することで軸索が貫通する方向に偏りが生まれ、指向性結合が再現される。マイクロ流体デバイスは、2 層のフォトレジストをパターンニングした鋳型にポリジメチルシロキサンを流し込み、加熱後剥離することで作製した。そして、このデバイスを張り付けたガラス基板上に、ラット脳皮質神経細胞を播種し培養を行った。

非対称型マイクロチャンネルが軸索伸長方向を制御する効果を明らかにするために、播種後 2 日間にわたって軸索伸長の様子をタイムラプス撮影した。その結果、所望の方向（長辺から短辺の方向）にチャンネルを貫通した軸索の割合は 82.6%であることが分かった。これは、モジュール間に指向性結合が再現できていることを示唆している。

続いて、モジュール間結合の指向性が自発活動に与える影響を調べた（図 1(A)）。このネットワークでは左下のモジュールから右上のモジュールに指向性の向きが存在しており、ネットワーク内部の再帰的な結合を

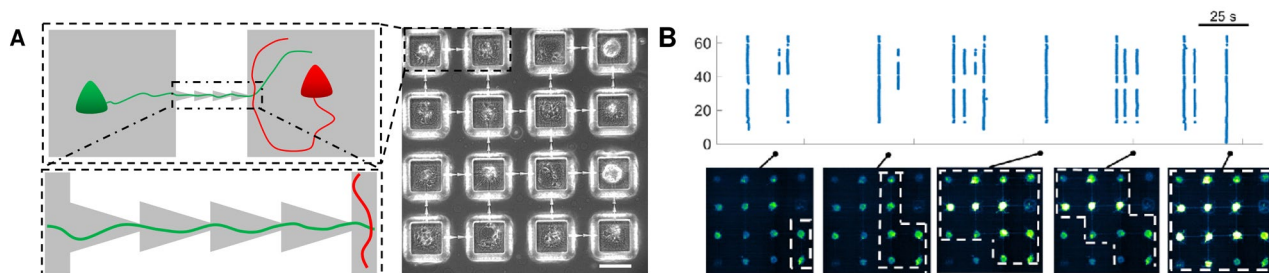


図 1. 細胞培養実験 (A) モジュール間に指向性を持つ培養神経回路、左：非対称型マイクロチャンネルを用いた軸索伸長方向制御。スケールバーは 100 μm 、右：位相差画像、(B)自発活動のラスタプロットと蛍光画像。

減らすことによって同期性が低下し、神経発火パターンが複雑化することを期待した。カルシウムイメージング法を用いて自発活動を計測したところ、モジュール間が非対称型のマイクロチャネルで接続されたネットワークでは、モジュール間が対称型のマイクロチャネルで接続されたネットワーク($n = 12$)に比べて、同期性がさらに弱まることが分かった(図 1(B)、 $n = 10$)。そして、発火パターンの複雑性を定量評価するために functional complexity: Θ ^[5]を計算したところ、指向性を持つネットワークでは Θ の値が 18%増大することが示された。以上の結果より、モジュール間の指向性結合は情報伝達に向きを与えるだけではなく、神経活動を複雑化させる役割を担っていることが明らかとなった。

2. 2 スパイキングニューラルネットワークを用いた自発活動シミュレーション^[4]

続いて、スパイキングニューラルネットワークモデルを用いて、実験系で精密に制御することが困難なモジュール間結合の指向性と結合密度が神経活動の複雑性に与える影響を調べた。結果として、指向性を増大させるとともに発火パターンがより複雑化していく傾向が明らかとなった(図 2(A))。これは培養神経回路で起きた現象と整合する結果である。さらに、自発活動を複雑化させるにはモジュール間の指向性だけではなく結合密度も同時に制御することが重要であることが分かった(図 2(B))。

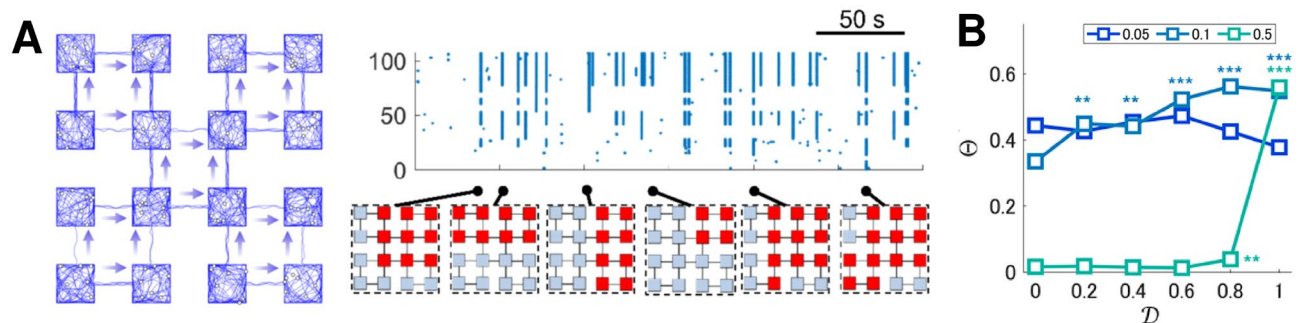


図 2. (A) SNN モデルを用いた自発活動シミュレーション。左：ネットワークの結合構造、右：自発活動、(B) functional complexity のモジュール間結合密度とモジュール間結合の指向性 D に対する依存性。

2. 3 数理モデルを用いた最適構造の探索^[4]

指向性結合を導入する向きを最適化すると、ネットワークの神経活動をさらに複雑化できることが予想される。実験系もしくは数値シミュレーションでこの問題を調べることは時間的コストの観点から困難である。そこで最後に、神経細胞ネットワークを粗視化することで状態遷移モデルを構築した。このモデルはマルコフ連鎖モデルに基づいて確率的に振る舞い、ある結合構造を持つネットワークで発現する発火パターンの functional complexity の値を 1 時間程度で予測することが可能である。そして状態遷移モデルを用いて複雑性を最大化させるような結合構造を発見し、実験系・数値シミュレーションで用いてきたネットワーク構造と類似していることを明らかにした(図 3)。

以上の結果は、神経細胞ネットワークにおける指向性結合の機能的意義を明らかにするものであり、構造機能相関の解明に大きく貢献することが期待される^[4]。

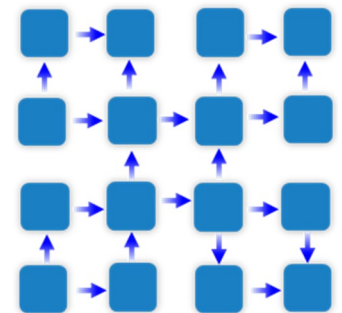


図 3. 状態遷移モデルを用いて発見した Θ を最大化させる結合構造。

3. 参考文献

- [1] H. Yamamoto et al., Impact of modular organization on dynamical richness in cortical networks, *Sci. Adv.*, 14, 4, (2018).
- [2] J. M. Peyrin et al., Axon diodes for the reconstruction of oriented neuronal networks in microfluidic chambers. *Lab on a chip*, 11(21), 3663–3673, (2011).
- [3] E. Bullmore and O. Sporns, Complex brain networks: graph theoretical analysis of structural and functional systems, *Nat. Rev. Neurosci.*, 10, 186–98, (2009).
- [4] N. Monma et al., Directional intermodular coupling enriches functional complexity in biological neuronal networks, *Neural Networks*, 184, 106967, (2025).
- [5] G. Zamora-López et al., Functional complexity emerging from anatomical constraints in the brain: the significance of network modularity and rich-clubs, *Sci. Rep.*, 6, 8424, (2016).

【論文】

1. Connection between Mechanical Relaxation and Equilibration Kinetics in a High-Entropy Metallic Glass, Duan Y.J.; Nabahat M.; Tong, Yu; Ortiz-Membrado L.; Jimenez-Pique E.; Zhao, Kun; Wang, Yun-Jiang; Yang Y.; Wada T.; Kato H.; Pelletier J.M.; Qiao J.C., *Physical Review Letters*, 132(5), (2024), 56101.
2. Unraveling influence of entropy on thermal stability and glass-forming ability of (Fe, Co)-(Ta)-B amorphous alloys: Insights from local atomic structure simulated by ab initio molecular dynamics, Liliang Pan, Yanhui Li, Mao Cheng, Shuang Ma, Xinyu Duan, Takeshi Wada, Hidemi Kato, Wei Zhang, *Intermetallics*, 166, (2024), 173857.
3. 金属溶湯脱成分法を用いたポーラス金属開発の新展開
加藤秀実, 和田武, 金属 (アグネ技術センター), 94(4), (2024), 301-310
4. Mechanically Robust Self-Organized Crack-Free Nanocellular Graphene with Outstanding Electrochemical Properties in Sodium Ion Battery, Wong-Young Park, Jiuhui Han, Jongun Moon, Soo-Hyun Joo, Takeshi Wada, Yuji Ichikawa, Kazuhiro Ogawa, Hyoungh Seop Kim, Mingwei Chen, Hidemi Kato, *Advanced Materials*, 30(21), (2024), 2311792.
5. Effects of Cr addition on structure, magnetic properties and corrosion resistance of a Fe_{85.5}B₁₃Cu_{1.5} nanocrystalline alloy, Mingyue Guo, Junsheng Xue, Yanhui Li, Li Jiang, Lin Qi, Rie Y. Umetsu, Hidemi Kato, Wei Zhang, *Journal of Materials Research and Technology*, 30, (2024), 2902-2910.
6. Bicontinuous microstructure formation of immiscible phases by the liquid metal replacement method and its application to Ti/Mg dissimilar joining, Yusuke Ohashi, Kota Kurabayashi, Rui Yamada, Takeshi Wada, Hidemi Kato, *Journal of Alloys and Compounds*, 983, (2024), 173857.
7. Electric-thermal-mechanics modeling for in-process phenomena during micro resistance spot welding spark plug of Pt and Inconel600, Chaimano, Paponpat; Ma, Ninshu; Narasaki, Kunio; Suga, Tetsuo; Ren, Sendong; Kato, Hidemi, *Journal of Materials Research and Technology*, 30, (2024), 2630-2641.
8. Correlating dynamic relaxation and viscoelasticity in metallic glasses, Xing, Guanghui; Hao, Qi; Zhu, Fan; Wang, Yun-Jiang; Yang, Yong; Kato, Hidemi, *Science China: Physics, Mechanics and Astronomy*, 67(5), (2024), 256111.
9. A diffusion model for liquid metal dealloying. Application to NiCu precursors dealloyed in liquid Ag, Louis Lesage, Takumi Suga, Takeshi Wada, Hidemi Kato, Christophe Le Burlot, Eric Maire, Nicolas Mary, Pierre-Antoine Geslin, *Materialia*, 272, (2024), 119908.
10. Accelerated structural ordering during liquid metal dealloying and its effect on thermal coarsening of nanoporous refractory alloys, Takeshi Wada, Akira Nakata, Ruirui Song, Hidemi Kato, *Scripta Materialia*, 247 (2024)116120.
11. Wear resistance of spark plasma sintered Fe-based BMG reinforced with Al₂O₃, L. Zarazua-Villalobos, T. Yamaguchi, K. Ogawa, P. Piriyakulkij, H. Kato, N. Mary, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 636 (2024)123010.
12. Correlation between mechanical properties and ionic conductivity of polycrystalline sodium superionic conductors: a relative density-dominant relationship, Eric Jianfeng Cheng, Tao Yang, Yuanzhuo Liu, Linjiang Chai, Regina Garcia-Mendez, Eric Kazyak, Zhenyu Fu, Guoqiang Luo, Fei Chen, Ryoji Inada, Vlad Badilita, Huanan Duan, Ziyun Wang, Jiaqian Qin, Hao Li, Shin-ichi Orimo, Hidemi Kato, *Materials Today Energy*, 44 (2024)101644.
13. Magnetic behavior of 3D interconnect nanoporous FeCo synthesized by liquid metal dealloying, Benjamin Ducharme, Jae-Hyuk Lee, Soo-Hyun Joo, Pierre-Antoine Geslin, Eric Wasniewski, Hidemi Kato, *Materialia*, 36 (2024)102157.
14. Dual-gradient structure induced spreadable phase transformation for simultaneously improving strength and ductility, Kim, Rae Eon; Gu, Gang Hee; Ahn, Soung Yeoul; Heo, Yoon-Uk; Moon, Jongun; Wu, Qingfeng; Chae, Hobyung; Baik, Youl; Woo, Wanchuck; Kwon, Hyeonseoka; Kato, Hidemi; Kim, Hyoungh Seop., *Acta Materialia*, 275 (2024)120060.

15. Ti/Mg dissimilar joining by eutectic-melting-induced liquid metal dealloying, Yusuke Ohashi, Kota Kurabayashi, Takeshi Wada, Hidemi Kato, *Materials & Design*, 244 (2024)113095.
16. Exploring equilibrium conditions in liquid metal dealloying of powders by in situ synchrotron X-ray diffraction, Louis Lesage, Christophe Le Boulrot, Eric Maire, Takeshi Wada, Hidemi Kato, Wolfgang Ludwig, Nicolas Mary, Pierre-Antoine Geslin, *Materialia*, 36 (2024)10217.
17. Degradation mechanism of self-supported high-entropy metallic glass cathode in fluctuating renewable energy-powered acid water electrolysis, Yangzheng Li, Liandong Li, Bing Lin, Jichao Qiao, Hailong Zhang, Taigang Zhou, Yingying Wang, Junlei Tang, Takeshi Wada, Hidemi Kato, *Corrosion Science*, 236 (2024)112223.
18. Self-Supported Metallic Glass as a Highly Durable HER Electrode under Fluctuating Renewable Power, Liandong Li, Bing Lin, Hailong Zhang, Jichao Qiao, Takeshi Wada, Hidemi Kato, Junlei Tang, *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 12(39) (2024)14425-14434.
19. The high-temperature deformation behavior of Pd20Pt20Cu20Ni20P20 metallic glass, J. B. Cui, G. J. Lyu, Q. Hao, F. Zhu, V. A. Khonik, Y. J. Duan, T. Wada, H. Kato, J. C. Qiao, *Mechanics of Materials*, 196 (2024)105078.
20. CREEP MECHANISM OF Pd20Pt20Cu20Ni20P20 HIGH ENTROPY AMORPHOUS ALLOY, Yajuan Duan, Zongrui Xu, Qi Hao, H. Kato, Jichao Qiao, *Chinese Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 56(10) (2024)2913-2923.
21. Mechanical memory and relaxation decoupling of metallic glasses in homogenous flow, Zhang L.T.; Wang Y.J.; Yang Y.; Wada T.; Kato H.; Qiao J.C., *International Journal of Mechanical Sciences*, 281 (2024)109661.
22. On the kinetics of structural evolution in metallic glasses, Liang S.Y.; Zhu F.; Wang, Yun-Jiang; Pineda E.; Wada T.; Kato H.; Qiao J.C., *International Journal of Engineering Science*, 205 (2024)104146.
23. Pulse current training induced marked improvement of soft magnetic properties in Fe-based amorphous alloys, Z.D. Zhang, S.M. Yea, R. Umetsu, Y.Q. Yana, Z. Zhang, X. Tong, Y.F. Cai, Y. Zhang, B. Zhang, J.F. Sun, Y.J. Huang, H.B. Ke, H.Y. Bai, and W.H. Wang, *Materials Research Letters*, Published online: 26 Nov 2024. (26 Nov 2024), <https://doi.org/10.1080/21663831.2024.2429610>
24. Observation of competing interactions and field-induced ferromagnetism in noncentrosymmetric cubic Nd₃Te₄ lattice, P. K. Mishra, H. Singh, A. Gautam, G. Kumar, R. Umetsu, and A. K. Ganguli, *Phys. Scr.* 99 (2024) 095985 DOI: 10.1088/1402-4896/ad6e2d
25. Magnetic field effect on decomposition of Sm₂Fe₁₇N₃ probed using ⁵⁷Fe Mössbauer spectroscopy M. Onoue, Y. Mitsui, R. Kobayashi, R.Y. Umetsu, Y. Uwatoko, K. Koyama, *Interactions* 245 (2024) 107. Published on line 08 June 2024, <https://doi.org/10.1007/s10751-024-01942-w>
26. Magnetic properties, phase diagram and low-temperature specific heat of Ni₅₀Mn_{50-x}Sb_x alloys, A. Kosogora, R.Y. Umetsu, V. Golub, X. Xu, R. Kainuma, *J. Alloys Compds.*, 988 (2024) 174130, <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2024.174130>
27. Relationship among intrinsic magnetic parameters and structure and crucial effect of metastable Fe₃B phase in Fe-metalloid amorphous alloys, Y. Cai, B. Lin, Y. Wang, R. Umetsu, D. Liang, S. Qu, Y. Zhang, J. Wang, J. Shen, *J. Mater. Sci. Tech.*, 180 (2024) 141-149, 10.1016/j.jmst.2023.07.079
28. Tuning critical current density properties of YBa₂Cu₃O_y thin films under longitudinal magnetic field by using heavy-ion irradiation, T. Sueyoshi, R. Enokihata, H. Yamaguchi, S. Semboshi, T. Ozaki, H. Sakane, T. Nishizaki, N. Ishikawa, *Superconductor Science & Technology*, 37 (2024) 075010, <https://doi.org/10.1088/1361-6668/ad51ae>
29. Effects of energetic electron irradiation on electric, magnetic, and mechanical properties of Cu-1.2 at.% Fe alloy, A. Iwase, Y. Fujimura, S. Semboshi, F. Hori, T. Matsui, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B (NIMB)*, 556 (2024) 165506, <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2024.165506>
30. Structure of nanoparticles in amorphous SiO₂ by sequential implantation with Co and Ag ions,

S. Matsuo, A. Iwase, T. Matsui, R. Yagura, T. Yamada, N. Taguchi, S. Tanaka, S. Semboshi, F. Hori, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B (NIMB), 549 (2024) 165278, <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2024.165278>

31. 高エネルギー電子線照射による銅-チタン合金の硬度と導電率の改質,
岩瀬彰宏, 藤村勇貴, 千星聡, 斎藤勇一, 堀史説, 日本金属学会誌, 88 (2024) 48-52,
<https://doi.org/10.2320/jinstmet.J2023024>
32. Effect of Benzotriazole on Oxidation Behavior in Pure Copper,
S.Z. Han, E.-A. Choi, G. Jeong, J.H. Ahn, S. Semboshi, Materials Transaction, 65 (2024) 318-322,
<https://doi.org/10.2320/matertrans.MT-D2023011>
33. Fabrication of High Strength and High Electrical Conductivity Cu-Ti Alloy Sheets via Over-aging and Severe Cold Rolling,
S. Semboshi, Y. Takito, Y. Kaneno, S. Sato, H. Hyodo, Materials Transaction, 65 (2024) 262-267,
<https://doi.org/10.2320/matertrans.MT-D2023009>
34. Isothermal Aging Behaviors of Magnesium-Doped Copper-Titanium Alloys in Hydrogen Atmosphere,
K. Hirota, K. Saito, S. Semboshi, Materials Transaction, 65 (2024) 119-124,
<https://doi.org/10.2320/matertrans.MT-D2023010>
35. Strengthening Effect of Decreased Dislocation Density after Annealing in Pure Aluminum or Copper,
E.-A. Choi, Y.S. Lee, S.J. Lee, J.H. Ahn, S.H. Lim, S. Semboshi, S.Z. Han, Metals and Materials International, 30 (2024) 607-617, <https://doi.org/10.1007/s12540-023-01525-4>
36. Cu-Ni-Al 合金における加工軟化および低温焼鈍硬化,
千星聡, 佐藤成男, 笠谷周平, 兵藤宏, 銅と銅合金, 63 (2024) 42-47, https://doi.org/10.34562/jic.63.1_42
37. Mn 添加した Cu-Ni-Si 合金の不連続析出物生成挙動,
S.Z. Han, E.-A. Choi, S.H. Lim, S. Sembosh, 銅と銅合金, 63 (2024) 76-81, https://doi.org/10.34562/jic.63.1_76
38. First-principles study on twin generation induced by symmetry breaking in Cu-In alloy,
E.-A. Choi, S.Z. Han, S. Semboshi, S.H. Lim, 銅と銅合金, 63 (2024) 93-98,
https://doi.org/10.34562/jic.63.1_93
39. Microstructure and Mechanical Properties of Low Stacking-Fault Energy Cu-Based Alloy Wires,
S. Semboshi, R. Arauchi, Y. Kaneno, S.H. Lim, E.-A. Choi, S.Z. Han, Metallurgical and Materials Transaction A, 55A (2024) 4482-4493, <https://doi.org/10.1007/s11661-024-07566-7>
40. Reticular Imine-linked Coordination Polymers Based on Paddlewheel Diruthenium/Dirhodium Nodes: Synthesis and Metal-site Dependent Photocatalytic Reduction of CO₂,
Chisa Itoh, Masaki Kitada, Mio Kondo, Shigeyuki Masaoka, Haruka Yoshino, Wataru Kosaka, Yusuke Ootani, Junko Matsuda, Momoji Kubo, Toyohiko J. Konno, and Hitoshi Miyasaka, ChemSusChem 2024, 17, e202400885 (1-7). DOI: 10.1002/cssc.202400885
41. Dynamic Spin Reordering in a Hybrid Layered Ferrimagnet with Intercalated Biferrocenium Radicals,
Qingxin Liu, Wataru Kosaka, and Hitoshi Miyasaka, Chem. Sci. 2024, 15, 19411-19419.
DOI: 10.1039/d4sc04722b
42. Impact of Layer Stacking Manner on Lithium-Ion-Battery Performance in Electrically Neutral Tetraoxolene-Bridged Iron(II) Hexagonal Layer Metal-Organic Frameworks,
Wataru Kosaka, Naoki Eguchi, Taku Kitayama, Ryoma Sato, Ryosuke Nakao, Yoshihiro Sekine, Shinya Hayami, Kouji Taniguchi, and Hitoshi Miyasaka, Chem. Mater. 2024, 36, 3536-3573. DOI: 10.1021/acs.chemmater.3c02671
43. Post-synthetic molecular modifications based on Schiff base condensations for designing functional paddlewheel diruthenium(II, II) complexes,
Chisa Itoh, Haruka Yoshino, Taku Kitayama, Wataru Kosaka, and Hitoshi Miyasaka, Dalton Trans. 2024, 53, 444-448. DOI: 10.1039/D3DT03535B
44. プラズマ回転電極 (PREP) 法による微細粉末が得られる動的バランスにおけるプロセスパラメータの検討,
王昊, 崔玉杰, 楊建文, 千葉赳巳, 藤枝正, 山中謙太, 千葉晶彦, 粉体および粉末冶金, 71(12) (2024) 668-674

45. Optimizing the microstructure, mechanical, and optical properties of recycled zirconia for dental applications, H. Yang, K. Yamanaka, H. Yu, J. R. Vanegas Sáenz, G Hong, *Ceram. Int.* 50(24) (2024) 52848
46. Multi-material additive manufacturing of steel/Al alloy by controlling the liquid/solid interface in laser beam powder bed fusion, Y. Cui, J. Li, S. Yim, K. Yamanaka, K. Aoyagi, H. Wang, A. Chiba, *Addit. Manuf.* 96 (2024) 104529
47. Design and characterization of novel Ti-8Mo-xFe-yCu alloys as implant materials: Evaluation of biocompatibility, mechanical properties, and antibacterial potential, G. Senopati, R.A.R. Rashid, D. Juliadmi, M. Eka Prastya, M. Mori, K. Yamanaka, I. Kartika, S. Palanisamy, *Mater. Sci. Technol.* in press.
48. Role of gravity magnitude on flowability and powder spreading in the powder bed fusion additive manufacturing process: Towards additive manufacturing in space, S. Yim, H. Wang, K. Aoyagi, K. Yamanaka, A. Chiba, *Addit. Manuf.* 94 (2024) 104441
49. Neutron diffraction analysis of microstructural evolution and mechanical behavior in an additively manufactured multiphase alloy, K. Yamanaka, M. Mori, Y. Onuki, S. Sato, *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 1310(1) (2024) 012035
50. Exploration of a new AlCoCrNiNb high-entropy alloy: in situ alloying of a CoCrMo, M247, and Nb powder mixture via laser powder bed fusion, M.H. Tsai, C.P. Cheng, H.C. Fu, A. Chiba, K. Yamanaka, *Prog. Addit. Manuf.* in press.
51. Effect of boron microalloying on the microstructure, mechanical, and corrosion properties of as-cast biomedical Co–Cr–W–Ni-based alloys, M.I. Maulana, A.N. Syahid, B.R. Elvira, A. Erryani, Y.N. Thaha, F. Rokhmanto, M. Mori, K. Yamanaka, A.A. Korda, I. Kartika, A.D.H. Setyawan, *J. Mater. Res.* 39(16) (2024) 2272-2285.
52. Nanoscale Al precipitation in the Si phase in AlSi10Mg alloy during electron beam powder bed fusion, K. Ishigami, K. Yamanaka, K. Aoyagi, H. Bian, Y. Hashizume, A. Tanaka, A. Chiba, *Addit. Manuf. Lett.* 10 (2024) 100213
53. Suzuki segregation behavior and mechanism in a Co–Cr–Fe–Ni–Mo high-entropy alloy, J. Li, K. Yamanaka, J. Hu, A. Chiba, *Mater. Today Phys.* 45 (2024) 101468
54. Reaching unconventionally large Hall-Petch coefficients in face-centered cubic high-entropy alloys, J. Li, K. Yamanaka, Yongjie Zhang, Tadashi Furuhashi, Guoqin Cao, Junhua Hu, A. Chiba, *Mater. Res. Lett.* 12(6) (2024) 399–407
55. Novel tensile deformation mode in laser powder bed fusion prepared Ti–O alloy, S. Kariya, A. Issariyapat, A. Bahador, J. Umeda, J. Shen, K. Yamanaka, A. Chiba, K. Kondoh, *Mater. Sci. Eng. A* 892 (2024) 146057
56. Effect of matrix dislocation strengthening on deformation-induced martensitic transformation behavior of metastable high-entropy alloys, K. Yamanaka, M. Mori, D. Yokosuka, K. Yoshida, Y. Onuki, S. Sato, A. Chiba, *Mater. Res. Lett.* 12(1) (2024) 1–9
57. 放射光・中性子を用いた $\alpha + \beta$ 型チタン合金の組織解析, 山中謙太, *日本チタン学会誌* 2(1) (2024) 19–24
58. Systematic study on the microstructures of biomedical Co–20Cr–15W–10Ni alloys with carbon contents ranging from 0 to 0.2 mass pct, Sukma Suci Friandani, Kyosuke Ueda, Takayuki Narushima, *Metall. Mater. Trans. A* 55 (2024) 1011–1024
59. Probing plastic deformation-related properties in static recrystallized Co–Cr–Fe–Ni–Mo alloy for biomedical applications, K. Hiyama, K. Ueki, K. Ueda, T. Narushima, *Mater. Sci. Eng. A* 899 (2024) 146458
60. Exceptional balance of strength and ductility in biomedical Co–Cr–W–Ni alloy with added carbon, Sukma Suci Friandani, Kai Hiyama, Kosuke Ueki, Kyosuke Ueda, Takayuki Narushima, *Mater. Sci. Eng. A* 908 (2024) 146722
61. Au スパッタリングと熱酸化の組み合わせによる Au 添加 TiO₂ 膜の作製と可視光照射下における抗菌性, 上田隆統志, 古泉隆佑, 上田恭介, 伊藤甲雄, 小笠原康悦, 金高弘恭, 成島尚之, *日本金属学会誌* 88

62. チタンへの抗菌性付与を目指した可視光応答型光触媒 TiO₂ 膜の作製と評価,
上田恭介, 成島尚之, 古泉隆佑, 金属 94[3] (2024) 233–238
63. Recent research and development in the processing, microstructure, and properties of titanium and its alloy,
M. Niinomi, T. Narushima and T. Nakano, Mater. Trans. 65 (2024), 1600–1611
64. Recent research and development activities on titanium in Japan,
T. Narushima and T. Hirose, Proc. the 15th World Conference on Titanium (Ti-2023), (2024) pp.11–18
65. Fabrication of carbon-doped TiO₂ layers via Ti oxidation and evaluation of their antibacterial activity,
R. Koizumi, K. Ueda, K. Ito, K. Ogasawara, T. Narushima, Proc. the 15th World Conference on Titanium (Ti-2023), (2024) pp.46–49
66. Effect of oxygen on the microstructure and mechanical properties of $\alpha + \beta$ -type Ti-5Nb alloys for biomedical applications
K. Ueda, Y. Hirose, T. Narushima, Proc. the 15th World Conference on Titanium (Ti-2023), (2024) pp.62–66
67. Radical generation and bactericidal activity of nanobubbles produced by ultrasonic irradiation of carbonated water,
Takayuki Mokudai, Michi Kawada, Daisuke Tadaki, Ayumi Hirano-Iwata, Hiroyasu Kanetaka, Hiroshi Fujimorie, Emiko Takemotoe, Michio Niwano, Ultrasonics Sonochemistry, Vol. 103, February 2024, Article number 106809
DOI: 10.1016/j.ultsonch.2024.106809
68. LaMer-model-based synthesis method for fine particles of octacalcium phosphate and related functional compounds,
Taishi Yokoi, Tomoyo Goto, Tohru Sekino, Tomoka Hasegawa, Peng Chen, Hiroyasu Kanetaka, Kaname Yoshida, Masaya Shimabukuro, Masakazu Kawashita, CrystEngComm, Vol. 26, Issue 42, September 2024, Pages 6008 – 601625, DOI: 10.1039/d4ce00663a
69. Enhancing titanium osteoconductivity by alkali-hot water treatment,
Li Chang, Peng Chen, Takayuki Mokudai, Masakazu Kawashita, Itaru Mizoguchi, Hiroyasu Kanetaka, ACS Omega, Vol. 9, Issue 44, October 2024, Pages 44568 -44576, DOI: 10.1021/acsomega.4c06702
70. Radical scavenging capacity and in vitro cytoprotective effects of great salt lake-derived processed mineral water,
Takayuki Mokudai, Seiko Nakagawa, Hiroyasu Kanetaka, Kazuo Oda, Hiroya Abe, Yoshimi Niwano
Antioxidants, Vol. 13, No. 10, October 2024, Article number 1226, DOI: 10.3390/antiox13101266
71. Pure copper coating by multibeam directed energy deposition with blue lasers for antimicrobial effect,
Tamaki Yoshida, Yuji Sato, Keisuke Takenaka, Peng Chen, Hiroyasu Kanetaka, Takayuki Mokudai, Masahiro Tsukamoto, Journal of Laser Applications, Vol. 36, No. 4, November 2024, Article number 042035, DOI: 10.2351/7.0001588
72. Enhanced responses to inflammatory cytokine interleukin-6 in micropatterned networks of cultured cortical neurons,
M. Sakaibara, H. Yamamoto, H. Murota, N. Monma, S. Sato, A. Hirano-Iwata, Biochem. Biophys. Res. Commun. 695 (2024) 149379
73. Numerical Study on Physical Reservoir Computing with Josephson Junctions,
K. Watanabe, Y. Mizugaki, S. Moriya, H. Yamamoto, T. Yamashita, S. Sato, IEEE Trans. Appl. Supercond. 34 (2024) 1700204
74. Integrating predictive coding with reservoir computing in spiking neural network model of cultured neurons,
Y. Ishikawa, T. Shinkawa, T. Sumi, H. Kato, H. Yamamoto, Y. Katori, NOLTA, IEICE 15 (2024) 432–442
75. In silico modeling of reservoir-based predictive coding in biological neuronal networks on microelectrode arrays,
Y. Sato, H. Yamamoto, Y. Ishikawa, T. Sumi, Y. Sono, S. Sato, Y. Katori, A. Hirano-Iwata, Jpn. J. Appl. Phys. 63 (2024) 108001
76. Precision microfluidic control of neuronal ensembles in cultured cortical networks,
H. Murota, H. Yamamoto, N. Monma, S. Sato, A. Hirano-Iwata, Adv. Mater. Technol. (in press),
<https://doi.org/10.1002/admt.202400894>
77. Directional intermodular coupling enriches functional complexity in biological neuronal networks,
N. Monma, H. Yamamoto, N. Fujiwara, H. Murota, S. Moriya, A. Hirano-Iwata, S. Sato, Neural Netw. (in press).

78. 培養神経回路のネットワーク構造とリザーコンピューティング,
住拓磨, 山本英明, 千葉逸人, 香取勇一, 平野愛弓, 日本神経回路学会誌 31 (2024) 131–140
79. Apatite-Forming Ability and Visible Light-Enhanced Antibacterial Activity of CuO-Supported TiO₂ Formed on Titanium by Chemical and Thermal Treatments,
Po-Cheng Sung, Taishi Yokoi, Masaya Shimabukuro, Takayuki Mokudai, Masakazu Kawashita, Journal of Functional Biomater, 15(5), (2024),114

【国際会議】

1. Dissimilar Joining using Metallurgical Dealloying Reaction (Keynote)
Hidemi Kato, Yusuke Ohashi, Kota Kurabayashi, JWRI/ACerS 3rd Global Conference and Exhibition on Smart Additive Manufacturing, Design & Evaluation (Smart MADE 2024), 2024.4.10-12, Osaka, Japan
2. Liquid Metal Dealloying: A New Metallurgical Method Utilizing Unmixing Properties (Invited)
Hidemi KATO, Dankook University, 2024.7.2, Cheonan, Korea
3. Influence of Joining Conditions on the Strength of Fe-Mg Joints Achieved by Dealloying Reaction (Invited)
Kota Kurabayashi, Takeshi Wada, and Hidemi Kato, Dankook University, 2024.7.2, Cheonan, Korea
4. Liquid Metal Dealloying: A New Metallurgical Method Utilizing Unmixing Properties (Invited)
Hidemi KATO, NANO KOREA 2024, 2024.7.3-5, Seoul, Korea
5. Amorphization of Si-Ge by Non-Equilibrium Eutectic Reaction in a Liquid Quenched Al-Si-Ge Alloy
Rui Yamada, Yuta Konno, Junpei. T. Okada, Takeshi Wada, and Hidemi Kato, NANO KOREA 2024, 2024.7.3-5, Seoul, Korea
6. Influence of Joining Conditions on the Strength of Fe-Mg Joints Achieved by Dealloying Reaction
Kota Kurabayashi, Takeshi Wada, and Hidemi Kato, NANO KOREA 2024, 2024.7.3-5, Seoul, Korea
7. Liquid metal alloying; A new metallurgical method utilizing unmixing properties (Invited)
Hidemi Kato, Takeshi Wada, Soo-Hyun Joo, Jung-Wook Kim, Seung-Guen Yu, Won-Young Park Yeon-Beom Jeong, Hyoung-Seop Kim, Ilya Okulov, Pierre-Antoine Geslin, Pusan National University, 2024.8.9, Pusan, Korea
8. Comparison of sintering methods on microstructure and ionic conductivity of garnet solid electrolytes (Poster)
Mikihisa Fukuda, Eric Jianfeng Cheng and Hidemi Kato, The 4th International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI2MA2024), 2024.10.3, Tokyo, Japan
9. Nanoporous MoS₂ Anode via Liquid Metal Dealloying for Lithium-Ion Batteries (Poster)
Jiayan Liu, Ruirui Song, Takeshi Wada, Hidemi Kato, The 8th Symposium for the Core Research Clusters for Materials Science and Spintronics and the 7th Symposium on International Joint Graduate Program in Materials Science and Spintronics, 2024.11.18-21, Sendai, Japan
10. Immiscible Fe-Mg joining by eutectic-melt-induced liquid metal dealloying (Poster)
Kota Kurabayashi, Takeshi Wada and Hidemi Kato, The 8th Symposium for the Core Research Clusters for Materials Science and Spintronics and the 7th Symposium on International Joint Graduate Program in Materials Science and Spintronics, 2024.11.18-21, Sendai, Japan
11. Amorphization of Si from a melt by liquid quenching of Al-Si eutectic alloy (Poster)
R. Yamada, J. T. Okada, T. Wada, H. Kato, The 8th Symposium for the Core Research Clusters for Materials Science and Spintronics and the 7th Symposium on International Joint Graduate Program in Materials Science and Spintronics, 2024.11.18-21, Sendai, Japan
12. Dissimilar Joining of Immiscible Metals by Dealloying Reaction
Hidemi Kato, Yusuke Ohashi, Kota Kurabayashi, Summit of Materials Science: SMS 2024 and GIRMT User Meeting 2024, 2024.11.27-28, Sendai, Japan
13. Effect of ligament crystal ordering on porous structure formation and coarsening in Liquid Metal Dealloying (Poster)
T. Miura, T. Wada, H. Kato, Summit of Materials Science: SMS 2024 and GIRMT User Meeting 2024, 2024.11.27-28, Sendai, Japan
14. Liquid Metal Dealloying (Invited)

15. Experimental exploration of half-metallic materials in Co-based quaternary Heusler alloys containing 4d or 5d transition elements,
H. Endo, M. Miyakawa, and R.Y. Umetsu, International Conference on Magnetism, ICM 2024, 29 June-5 July, Italy
16. Synthesis of chalcogenide ferrimagnet (Cr,Fe)Z (Z = S or Se) and its magnetic properties,
W. Yin, M. Miyakawa, S. Semboshi, and R.Y. Umetsu, International Conference on Magnetism, ICM 2024, 29 June-5 July, Italy
17. Effects of Doping Element on Magnetostrictive Properties and Optimizing Microstructure by Melt-spun of Fe-Ga Alloys,
L. Chen, M. Sato and R.Y. Umetsu, International Conference on Magnetism, ICM 2024, 29 June-5 July, Italy
18. Magnetostriction evaluated by strain gauge method and detected by electromagnetically of melt-spun ribbon in Fe-Ga alloy system,
L. Chen, X. Ma, Y. Endo, and R.Y. Umetsu, The 4th International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI²MA2024), October 3 (Thu), 2024, Kokukaikan Business Forum, Tokyo Japan
19. Magnetic properties, phase stability and electronic state of Half-metallic ferromagnets in quaternary Heusler alloys,
H. Endo, M. Miyakawa, T. Roy, M. Shirai, R.Y. Umetsu, The 4th International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI²MA2024), October 3 (Thu), 2024, Kokukaikan Business Forum, Tokyo Japan
20. Detecting the electronic state of half-metallic ferromagnets and searching new-type half-metallic materials (Invited),
R.Y. Umetsu, Japanese–Polish Emerging Perspective Workshop -Toward the Quantum Computing, 3-4 October, 2024, AIMR Tohoku Univ., Sendai Japan.
21. Resonance method and strain gauge method in evaluation of magnetostriction for Fe-Ga melt-spun ribbons,
L. Chen, X. Ma, Y. Endo and R.Y. Umetsu, The 8th Symposium for the Core Research Clusters for Materials Science and Spintronics and the 7th Symposium on International Joint Graduate Programs in Materials Science and Spintronics (CRCGP-MSSP2024) November 18 (Mon.) - 21 (Thu.), 2024, Katahira Campus, Tohoku University, Sendai, Japan
22. Electronic states of half-metallic ferromagnets in Heusler alloys detected by resonant inelastic x-ray scattering (Invited),
R.Y. Umetsu, KAUST Research Conference, Saudi-Japan Conference on Future Materials for the Energy Revolution, 18-19 November 2024, KAUST, Thuwal, Kingdom of Saudi Arabia
23. Chemo-Switchable MOF Magnets(Invited),
Hitoshi Miyasaka, The 9th Asian Conference on Coordination Chemistry (ACCC9), 2024 年 2 月 19-22 日, The Berkeley Hotel Pratunam Bangkok, Thailand
24. Charge and Spin Manipulations in MOF Magnets(Invited & Keynote),
宮坂等, 東北大学化学系サマースクール, 7 月 19-20 日, 東北大学
25. Design of Metal-Covalent Organic Frameworks Using Paddlewheel Dimetal Complexes Toward Functional Soft Materials(Invited),
Hitoshi Miyasaka, Pre-ACMM Conference, Asian Conference on Spin Transition (ACST) ,2024 年 8 月 31 日, Seoul National University, Seoul, Korea
26. Spin hybridized layered MOF magnets(Invited) ,
Hitoshi Miyasaka, 3rd Asian Conference on Molecular Magnetism (ACMM3), 2024 年 9 月 1-4 日, Busan, Korea
27. Chemo-Switchable MOF Magnets: Charge Control in Frameworks(Invited),
Hitoshi Miyasaka, International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Magnets (ISCOM2024) , 2024 年 9 月 22-27 日, Anchorage, Alaska
28. Magnetic Sponges for Switching(Invited),
Hitoshi Miyasaka, Modern Trends in Molecular Magnetism (MTMM) and Spins in Molecular Systems (SiMS) ,2024 年 11 月 5-8 日, Indian Institute of Science, Bangalore, India

29. Chemo-Switchable MOF Magnets,(Invited),
Hitoshi Miyasaka, Sumit of Materials Science 2024 (SMS2024) and GIMRT User Meeting 2024 , 2024 年 11 月 26-29 日, 金研講堂
30. Densification and microstructural engineering of pure tungsten in electron beam powder bed fusion,
K. Yamanaka, N. Sato, Y. Suzuki, M. Mori, S. Ono, A. Hatsuda, T. Satoh, H. Manabe, EBAM2025, 2025.2.26–28, Erlangen, Germany
31. Incorporating TRIP/TWIP effects in duplex titanium alloys,
K. Yamanaka, D. Fabrègue, A. Chiba, ELyT workshop 2025, 2025.2.19–21, Lyon, France
32. Neutron diffraction characterization of microstructural evolution and strengthening mechanisms in Ti–6Al–4V alloys prepared via electron beam powder bed fusion (Invited),
K. Yamanaka, M. Mori, Y. Onuki, S. Sato, A. Chiba, Seminar at Metal Industries Research & Development Centre, 2024.12.19, Kaohsiung, Taiwan
33. Electron-beam powder bed fusion of high-carbon Co–Cr–Mo alloys for industrial applications: Microstructural evolution and porosity mitigation (Invited),
K. Yamanaka, S. Aota, H. Numata, Y. Cui, Y. Zhao, M. Mori, J. Adrien, E. Maire, D. Fabrègue, A. Chiba, Seminar at National Sun Yat-sen University. 2024.12.18, Kaohsiung, Taiwan
34. Electron-Beam Powder Bed Fusion of High-Carbon Co–Cr–Mo Alloys for Industrial Applications,
K. Yamanaka, S. Aota, M. Mori, N. Sasaki, J. Adrien, E. Maire, D. Fabregue, A. Chiba, World PM2024, 2024.10.15, Yokohama, Japan
35. Neutron diffraction analysis of microstructural evolution and mechanical behavior in an additively manufactured multiphase alloy,
K. Yamanaka, M. Mori, Y. Onuki, S. Sato, 44th Risø International Symposium on Materials Science: Metal Microstructures and Additive Manufacturing, 2024.9.2, Roskilde, Denmark
36. Phase transformation and textural evolution in additively manufactured multiphase alloys (Poster),
K. Yamanaka, M. Mori, Y. Onuki, S. Sato, A. Chiba, International Conference on Textures of Materials (ICOTOM 20), 2024.7.2, Metz, France
37. Development of Co-Cr-W-Pt alloys for balloon-expandable stents with high X-ray visibility,
T. Nakajima, T. Numano, K. Ueda, T. Narushima, Interface Summer Seminar 2024, The 19th International Workshop on Biomaterials in Interface Science, 2024.8.6, Sendai, Japan
38. Citric acid-assisted sol-gel synthesis and dissolution evaluation of 13-93B3 bioactive borate glass powders (poster),
Jun Rey Sullano Lincuna, Kyosuke Ueda and Takayuki Narushima, The 4th International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI²MA2024), 2024.10.3, Tokyo, Japan
39. Creation of bioactive titanium with both biocompatible and antibacterial properties,
Li Chang, Peng Chen, Takayuki Mokudai, Masakazu Kawashita, Itaru Mizoguchi, Hiroyasu Kanetaka, Interface Summer Seminar 2024 (The 19th International Workshop on Biomaterials in Interface Science), August 6, 2024, Sendai, Japan
40. Creation of bioactive titanium with enhanced osteoconductivity and antibacterial properties (Invited),
Li Chang, Peng Chen, Takayuki Mokudai, Masakazu Kawashita, Itaru Mizoguchi, Hiroyasu Kanetaka, The 4th International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI²MA2024), October 3, 2024, Tokyo, Japan
41. Generation of antimicrobial property on material surface by copper coating using multi-beam laser metal deposition system with blue diode lasers (Poster),
Tamaki Yoshida, Yuji Sato, Keisuke Takenaka, Satoshi Yoshida, Peng Chen, Hiroyasu Kanetaka, Takayuki Mokudai, Nobuhiro Matsushita, Masahiro Tsukamoto, The 4th International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI²MA2024), October 3, 2024, Tokyo, Japan
42. Acute antimicrobial efficacy of gram-negative bacteria by pure copper coating using multi-beam laser metal deposition with blue diode lasers (Poster),
Peng Chen, Tamaki Yoshida, Keisuke Takenaka, Takayuki Mokudai, Yuji Sato, Masahiro Tsukamoto, Hiroyasu Kanetaka, The 4th International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials

43. Nanobubbles produced by ultrasound irradiation and evaluation of functionality (Poster),
Takayuki Mokudai, Michi Kawada, Daisuke Tadaki, Ayumi Hirano-Iwata, Peng Chen, Hiroyasu Kanetaka,
Hiroshi Fujimori, Emiko Takemoto, Michio Niwano, The 4th International Symposium on Design & Engineering
by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJ²MA2024), October 3, 2024, Tokyo, Japan
44. Enhancing osteoconductivity and antibacterial properties of titanium via alkali-hot water treatment and nitrogen
doping (Poster),
Li Chang, Peng Chen, Takayuki Mokudai, Masakazu Kawashita, Itaru Mizoguchi, Hiroyasu Kanetaka, 2024
ADEAP Annual Meeting & CA+inD International Symposium, October 19-20, 2024, Sendai, Japan
45. Pure copper coating by multi beam directed energy deposition with blue lasers for antimicrobial effect (Poster),
Tamaki Yoshida, Yuji Sato, Keisuke Takenaka, Satoshi Yoshida, Peng Chen, Hiroyasu Kanetaka, Takayuki
Mokudai, Nobuhiro Matsushita, Masahiro Tsukamoto, The 43rd annual International Congress on Applications
of Lasers & Electro-Optics (ICALEO2024), November 4-7, 2024, Hollywood, USA
46. In silico modeling of reservoir-based predictive coding in biological neuronal networks on multielectrode arrays
(Poster),
Y. Sato, H. Yamamoto, Y. Ishikawa, T. Sumi, Y. Sono, S. Sato, Y. Katori, A. Hirano-Iwata, 11th International
Conference on Molecular Electronics & Bioelectronics (M&BE11), 2024.6.19-21, Shimane, Japan
47. Biological reservoir computing: Multicellular computing within biological neuronal networks (Invited),
H. Yamamoto, FENS 2024 Satellite Event "Cortical Neurons for Biological Computing", 2024.6.24, Vienna,
Austria
48. Reservoir computing using cultured neuronal networks with modular topology (Poster),
T. Sumi, H. Yamamoto, Y. Katori, K. Ito, H. Kato, H. Chiba, S. Sato, A. Hirano-Iwata, FENS Forum 2024,
2024.6.25-29, Vienna, Austria
49. Effect of optogenetic modulation of neuronal ensembles in cultured neuronal networks (Poster),
H. Murota, H. Yamamoto, N. Monma, S. Sato, A. Hirano-Iwata, FENS Forum 2024, 2024.6.25-29, Vienna,
Austria
50. Dynamical complexity in engineered biological neuronal networks with directional and modular connections
(Poster),
N. Monma, H. Yamamoto, H. Murota, S. Moriya, A. Hirano-Iwata, S. Sato, FENS Forum 2024, 2024.6.25-29,
Vienna, Austria
51. Structure and function in biological neuronal networks: Engineering approaches (Invited),
H. Yamamoto, International Workshop on Complex Systems and Their Interdisciplinary Applications, 2024.8.5-
9, Sendai, Japan
52. In vitro neuroengineering using microfluidic devices (Invited),
H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, S.Sato, 11th Asian Conference on Nanoscience and Nanotechnology
(AsiaNANO2024), 2024.9.23-25, Chennai, India
53. In silico modeling of reservoir-based predictive coding in biological neuronal networks on multielectrode arrays
(Poster),
Y. Sato, H. Yamamoto, Y. Ishikawa, T. Sumi, Y. Sono, S. Sato, Y. Katori, A. Hirano-Iwata, 4th International
Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJ²MA2024),
2024.10.3, Tokyo, Japan
54. Cell engineering technologies to regulate neuronal networks (Invited),
H. Yamamoto, A. Hirano-Iwata, S. Sato, 37th International Microprocesses and Nanotechnology Conference
(MNC 2024), 2024.11.12-15, Kyoto, Japan
55. Fabrication of microfluidic devices for reconstituting brain region connectivity with cultured neurons (Poster),
S. Endo, H. Yamamoto, K. Nishimura, M. Sakaibara, N. Monma, Y. Masamizu, A. Hirano-Iwata, S. Sato, 17th
International Symposium on Nanomedicine (ISNM2024), 2024.12.2-4, Nagoya, Japan
56. Neuroengineering technologies for reconstituting neuronal network functions in vitro,
H. Yamamoto, T. Sumi, A. Hirano-Iwata, S. Sato, 2024 International Symposium on Nonlinear Theory and Its
Applications (NOLTA2024), 2024.12.3-6, Ha Long Bay, Vietnam

57. Evaluation of directional functional connectivity based on anatomical connectivity and visual information processing,
K. Kawamoto, N. Monma, Y. Kobayashi, K. Hayashi, H. Yamamoto, T. Matsui, 2024 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (NOLTA2024), 2024.12.3-6, Ha Long Bay, Vietnam
58. Noise reduction in speech recognition using predictive coding and reservoir computing in cultured neuronal networks in spiking neural networks,
Y. Ishikawa, Y. Sato, T. Sumi, H. Kato, H. Yamamoto, Y. Katori, 2024 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (NOLTA2024), 2024.12.3-6, Ha Long Bay, Vietnam
59. Role of synaptic plasticity and modular structure on neuronal network recovery from injury,
T. Sumi, A. Houben, H. Yamamoto, H. Kato, Y. Katori, H. Chiba, J. Soriano, A. Hirano-Iwata, 2024 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (NOLTA2024), 2024.12.3-6, Ha Long Bay, Vietnam
60. Analog circuit implementation of spike timing-dependent plasticity for efficient computing,
S. Moriya, Y. Iida, H. Yamamoto, S. Sato, 2024 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (NOLTA2024), 2024.12.3-6, Ha Long Bay, Vietnam

【国内会議】

1. Al-Si-Ge 合金の非平衡共晶反応を利用した Si-Ge 相の非晶質化とその熱的特性評価
山田類, 岡田純平, 和田武, 今野雄太, 加藤秀実, 粉体粉末冶金協会 2024 年度春季大会(第 133 回講演大会), 2024 年 5 月 21-23 日, 東京工業大学すずかけ台キャンパス
2. Thermodynamically controlled elaboration of porous powders by liquid metal dealloying
Louis LESAGE, Pierre-Antoine GESLIN, Nicolas MARY, Christophe LE BOURLOT, Eric MAIRE, Takeshi WADA, Hidemi KATO, 粉体粉末冶金協会 2024 年度春季大会(第 133 回講演大会), 2024 年 5 月 21-23 日, 東京工業大学すずかけ台キャンパス
3. Three-dimensional Nanoporous MoS₂ Powder Fabricated by Liquid Metal Dealloying for Lithium-ion Battery Anode (ポスター)
J. Y. Liu, H. Kato, 第 146 回金属材料研究所講演会, 2024 年 5 月 28 日, 東北大学金属材料研究所
4. 金属溶湯脱成分法によるナノ多孔質炭化ケイ素の作製及び アルカリイオン二次電池の負極材料への応用 (ポスター)
卞篠, 市坪哲, 加藤秀実, 第 146 回金属材料研究所講演会, 2024 年 5 月 28 日, 東北大学金属材料研究所
5. Effect of Grain Boundaries on Kinetics and Ligament Morphology during Liquid Metal Dealloying (ポスター)
B. Tang, R. Song, H. Kato, 第 146 回金属材料研究所講演会, 2024 年 5 月 28 日, 東北大学金属材料研究所
6. Three-dimensional Nanoporous MoS₂ Powder Fabricated by Liquid Metal Dealloying as Lithium-ion Battery Anode (ポスター)
劉家言, 宋瑞瑞, 和田武, 加藤秀実, 日本金属学会 2024 年秋期講演大会(第 175 回), 2024 年 9 月 18-20 日, 大阪大学豊中キャンパス
7. デアロイングを利用した Fe-Mg 継手の強度に及ぼす接合パラメータの影響
倉林康太, 大橋勇介, 和田武, 加藤秀実, 日本金属学会 2024 年秋期講演大会(第 175 回), 2024 年 9 月 18-20 日, 大阪大学豊中キャンパス
8. 金属溶湯脱成分法を用いたナノポーラス炭化ケイ素の作製及びその電気化学的特性
卞篠, 市坪哲, 加藤秀実, 日本金属学会 2024 年秋期講演大会(第 175 回), 2024 年 9 月 18-20 日, 大阪大学豊中キャンパス
9. ガーネット型固体電解質のミクロ組織およびイオン伝導度に及ぼす焼結方法の影響
福田幹久, 程建鋒, 加藤秀実, 日本金属学会 2024 年秋期講演大会(第 175 回), 2024 年 9 月 18-20 日, 大阪大学豊中キャンパス
10. 金属溶湯相置換法による Ti/Mg 共連続複合体の作製とその機械的特性
大橋勇介, 加藤秀実, 日本金属学会 2024 年秋期講演大会(第 175 回), 2024 年 9 月 18-20 日, 大阪大学豊中キャンパス
11. 金属溶湯脱成分法を用いた相分離 Cu-Mo 複合材料の作製
阿部将大, Song Ruirui, 和田武, 加藤秀実, 日本金属学会 2024 年秋期講演大会(第 175 回), 2024 年 9 月 18-20 日, 大阪大学豊中キャンパス
12. Immiscible Fe/Mg Bicontinuous Composites with Nano MoFe₂ by Liquid Metal Dealloying

Bowen Tang, Ruirui Song, Takeshi Wada, Hidemi Kato, 日本金属学会 2024 年秋期講演大会(第 175 回), 2024 年 9 月 18-20 日, 大阪大学豊中キャンパス

13. デアロイングを利用した鉄鋼-マグネシウム合金接合
倉林康太, 和田武, 加藤秀実, 第 147 回金属材料研究所講演会, 2024 年 12 月 20 日, 東北大学金属材料研究所
14. 金属溶湯部分脱成分法を用いたポーラス NiTi の作製・形態制御 (ポスター)
三浦大輝, 和田武, 加藤秀実, 第 147 回金属材料研究所講演会, 2024 年 12 月 20 日, 東北大学金属材料研究所
15. ガーネット型固体電解質とリチウム金属負極の超音波接合 (ポスター)
福田幹久, 程建鋒, 加藤秀実, 第 147 回金属材料研究所講演会, 2024 年 12 月 20 日, 東北大学金属材料研究所
16. 金属溶湯脱成分法を用いた Cu-Mo 共連続複合組織の形成・制御とその放熱材料への応用 (ポスター)
阿部将大, Song Ruirui, 和田武, 加藤秀実, 第 147 回金属材料研究所講演会, 2024 年 12 月 20 日, 東北大学金属材料研究所
17. 4 元系ホイスラー合金におけるハーフメタル型強磁性体の相状態と磁気特性
遠藤久典, 宮川正人, Roy Tufan, 白井正文, 梅津理恵, 日本金属学会 2024 年秋期 (第 175 回) 講演大会, 2024 年 9 月 18 日~20 日, 大阪大学
18. 低温焼鈍による Cu/Cu₄Ti 複相合金線材の強度向上,
佛圓大河, 金野泰幸, 千星聡, 廣井慧, 日本銅学会, ライトキューブ宇都宮, 2024/10/19-20
19. Al, Fe をマイクロアロイングした Cu-Ti 合金のレプリカ法による組織解析
千星聡, 橋本拓也, 兵藤宏, 日本銅学会, ライトキューブ宇都宮, 2024/10/19-20
20. Cu/Cu₄Ti 複相合金線材の低温焼鈍硬化 (ポスター発表)
佛圓大河, 金野泰幸, 千星聡, 日本金属学会, 大阪大学, 2024/9/18
21. Cu-Ni-Al 合金圧延材の強度に及ぼす低温焼鈍条件の影響 (ポスター発表)
西村侑真, 金野泰幸, 佐藤成男, 千星聡, 日本金属学会, 大阪大学, 2024/9/18
22. 分子スポンジ物性制御 —化学—物理情報変換を指向した分子設計—
宮坂等, 島根大学講演, 2024 年 10 月 29 日, 島根大学
23. 炭化物強化マルテンサイト鋼の組織、硬さ、耐食性に及ぼす Cr 及び C 添加量の影響,
山中謙太, 横須賀大真, 吉田和男, 森真奈美, 日本金属学会 2025 年春期(第 176 回)講演大会, 2025 年 3 月 8-10 日, 東京都立大学南大沢キャンパス
24. Ti-6Al-4V 合金の電子ビーム積層造形における組織形成と塑性変形挙動に及ぼす造形条件の影響,
山中謙太, 森真奈美, 小貫祐介, 刈屋翔太, 近藤勝義, 佐藤成男, 千葉晶彦, 粉体粉末冶金協会 2024 年度秋季大会, 2024 年 11 月 19 日, 朱鷺メッセ
25. 金属 3D プリンターを用いた医療機器開発 (ポスター、招待),
山中謙太, 令和 6 年度第 2 回 Health Tech Colloquium, 2024 年 11 月 11 日, 東北大学星陵キャンパス
26. 準安定 FCC ハイエントロピー合金の高温変形挙動と組織形成に及ぼす N 添加の影響,
山中謙太, 横須賀大真, 森真奈美, 日本塑性加工学会第 75 回塑性加工連合講演会, 2024 年 11 月 10 日, 琉球大学
27. 中性子回折を用いたチタン合金積層造形材の組織・塑性変形解析 (招待),
山中謙太, 接合科学共同利用・共同研究拠点令和 6 年度共同研究成果発表会, 2024 年 10 月 7 日, 大阪大学接合科学研究所
28. 電子ビーム積層造形を用いて作製した Ti-6Al-4V 合金の組織と力学特性に及ぼす造形条件の影響,
山中謙太, 森真奈美, 小貫祐介, 佐藤成男, 日本金属学会 2024 年秋期(第 175 回)講演大会. 2024 年 9 月 19 日, 大阪大学豊中キャンパス
29. 酸素に着目した生体用チタン合金開発と表面処理 (招待講演),
上田恭介, 令和 6 年度軽金属学会第 1 回東北支部講演会, 2024 年 7 月 19 日, 弘前大学理工学部
30. Synthesis of 13-93B3 borate glasses by the citric acid-assisted sol-gel method and evaluation of their dissolution

in simulated body fluid,

Jun Rey Sullano LINCUNA, Kyosuke UEDA, Takayuki NARUSHIMA, 日本金属学会 2024 年秋期 (第 175 回) 講演大会, 2024 年 9 月 18-20 日, 大阪大学 豊中キャンパス

31. バルーン拡張型ステント用 Co-Cr-W-Pt 系合金の微細組織と機械的特性,
中島知紀, 植木洸輔, 上田恭介, 成島尚之, 日本金属学会 2024 年秋期 (第 175 回) 講演大会, 2024 年 9 月 18-20 日, 大阪大学 豊中キャンパス

炭素・窒素を共添加した生体用 Co-Cr-W-Ni 合金の微細組織,
和田知己, 上田恭介, 成島尚之, 日本金属学会 2024 年秋期 (第 175 回) 講演大会, 2024 年 9 月 18-20 日, 大阪大学 豊中キャンパス
32. 窒素添加 TiO₂ 膜の可視光照射下における光触媒活性,
沈善用, 上田恭介, 成島尚之, 日本金属学会 2024 年秋期 (第 175 回) 講演大会, 2024 年 9 月 18-20 日, 大阪大学 豊中キャンパス
33. 銅・亜鉛添加非晶質リン酸カルシウム膜の作製と評価,
栗田菜々子, 上田恭介, 成島尚之, 日本金属学会 2024 年秋期 (第 175 回) 講演大会, 2024 年 9 月 18-20 日, 大阪大学 豊中キャンパス
34. ゴルゲル法による Ag および Ta 共添加 SiO₂-CaO-P₂O₅ 系生体活性ガラスの作製,
上田恭介, 増田拓朗, 成島尚之, 日本金属学会 2024 年秋期 (第 175 回) 講演大会, 2024 年 9 月 18-20 日, 大阪大学 豊中キャンパス
35. チタンの表面処理による抗菌・抗ウイルス機能化 (基調講演),
成島尚之, 日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2024, 2024 年 10 月 28-29 日, 仙台国際センター
36. Dissolubility evaluation of 13-93B3 borate glasses synthesized via citric acid-assisted sol-gel method (ポスター),
Jun Rey Sullano LINCUNA, Kyosuke UEDA, and Takayuki NARUSHIMA, 日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2024, 2024 年 10 月 28-29 日, 仙台国際センター
37. スパッタ法により作製した抗菌元素添加非晶質リン酸カルシウム膜の評価 (ポスター),
栗田菜々子, 上田恭介, 小笠原康悦, 成島尚之, 日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2024, 2024 年 10 月 28-29 日, 仙台国際センター
38. 真空蒸留法により作製した超高純度 Mg-Zn 合金の溶解性 (ポスター),
佐々木和真, 上田恭介, 井上誠, 中田大貴, 峯田才寛, 成島尚之, 日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2024, 2024 年 10 月 28-29 日, 仙台国際センター
39. チタンの熱酸化を利用した抗菌・抗ウイルス化表面処理,
成島尚之, 上田恭介, 古泉隆佑, Sunyong Shim, 佐原亮二, 小笠原康悦, 第 4 回日本チタン学会 講演大会 (2024 年度), 2024 年 11 月 1 日, 東北大学金属材料研究所
40. 軽元素に着目した生体用チタン合金開発およびチタンへの抗菌機能付与 (受賞講演),
上田恭介, 軽金属学会 第 147 回秋期大会, 2024 年 11 月 9-10 日, 群馬大学太田キャンパス
41. 真空蒸留法による超高純度 Mg-Zn 合金の作製とその溶解性および機械的特性評価 (ポスター),
佐々木和真, 上田恭介, 井上誠, 中田大貴, 峯田才寛, 成島尚之, 軽金属学会 第 147 回秋期大会, 2024 年 11 月 9-10 日, 群馬大学太田キャンパス
42. スパッタ法により作製した抗菌元素添加非晶質リン酸カルシウム膜の評価 (ポスター),
栗田菜々子, 上田恭介, 小笠原康悦, 成島尚之, 第 7 回日本金属学会第 7 分野講演会, 2024 年 12 月 7 日, 愛媛大学
43. 水素プラズマ溶解におけるチタン中の酸素の挙動 (招待講演),
成島尚之, 上田恭介, (一社)日本鉄鋼協会チタンフォーラム「脱炭素社会における高機能チタン材料」R6 年度講演会: 脱炭素を目指した Ti 製錬・リサイクル, 2024 年 12 月 12 日, 日本鉄鋼協会, 関大東京センター
44. バイオセラミックスを用いたチタンインプラントの抗菌化表面処理 (招待講演),
上田恭介, 成島尚之, 34th Annual Meeting of MRS-Japan 2024, 2024 年 12 月 16-18 日, 中小企業共済会館横浜
45. A novel process for sol-gel synthesis of multicomponent borate glasses using metathesis reaction,

Jun Rey Sullano Lincuna, Kyosuke Ueda, Takayuki Narushima, 日本金属学会 2025 年春期 (第 176 回) 講演大会, 2025 年 3 月 8-10 日, 東京都立大学 南大沢キャンパス

46. ステント用 Co-Cr-W-Pt 系合金の微細組織および機械的特性
中島知紀, 上田恭介, 成島尚之, 日本金属学会 2025 年春期 (第 176 回) 講演大会, 2025 年 3 月 8-10 日, 東京都立大学 南大沢キャンパス
47. 窒素添加 TiO₂ スパッタ膜の可視光照射下における光触媒活性評価 (ポスター),
Sunyong Shim, 上田恭介, 成島尚之, 日本金属学会 2025 年春期 (第 176 回) 講演大会, 2025 年 3 月 8-10 日, 東京都立大学 南大沢キャンパス
48. $\alpha+\beta$ 型 Ti-5Nb-0.2O 合金の微細組織に及ぼす窒素の影響 (ポスター),
荒木大騎, 上田恭介, 成島尚之, 日本金属学会 2025 年春期 (第 176 回) 講演大会, 2025 年 3 月 8-10 日, 東京都立大学 南大沢キャンパス
49. (予定) 生体用 $\alpha+\beta$ 型 Ti-4.5Al-6Nb-2Fe-2Mo 合金の機械的特性 (ポスター),
楊剛, 都築華菜, 大内快翔, 荒木大騎, 加藤蓮, 中島知紀, 和田知己, 上田恭介, 成島尚之, 日本金属学会 2025 年春期 (第 176 回) 講演大会, 2025 年 3 月 8-10 日, 東京都立大学 南大沢キャンパス
50. き裂進展阻害機能を有するジルコニア系複合材料の作製,
横井太史, 後藤知代, 関野徹, 陳鵬, 金高弘恭, 川下将一, バイオマテリアル学会関西ブロック 第 19 回若手研究発表会, 2024 年 7 月 27 日, 京都府立医科大学 河原町キャンパス
51. 高密度多点電極アレイ上のマイクロパターン培養神経回路を用いた物理リザバーコンピューティング (ポスター),
西悠聖, 山本英明, 住拓磨, 藺勇輝, 佐藤有弥, 香取勇一, 平野愛弓, 佐藤茂雄, 第 47 回日本神経科学大会 (NEURO2024), 2024 年 7 月 24-27 日, 福岡コンベンションセンター
52. 高密度微小電極アレイを用いた培養神経細胞回路の集団ダイナミクスのフィードバック制御 (ポスター),
藺勇輝, 山本英明, 佐藤有弥, 西悠聖, 住拓磨, 香取勇一, 平野愛弓, 佐藤茂雄, 第 34 回日本神経回路学会全国大会, 2024 年 9 月 11-13 日, 北海道大学
53. 培養神経回路モデルにおけるリザバー計算を用いた予測符号化による感覚信号処理のノイズ削減 (ポスター),
石川 慶孝, 佐藤 有弥, 住 拓磨, 加藤 秀行, 山本 英明, 香取 勇一, 第 34 回日本神経回路学会全国大会, 2024 年 9 月 11-13 日, 北海道大学
54. モジュール構造型培養神経回路の物理リザバーコンピューティング応用,
住 拓磨, 山本 英明, 千葉 逸人, 香取 勇一, 平野 愛弓, 第 39 回ライフサポート学会大会(LIFE 2024), 2024 年 9 月 12-14 日, 東京大学
55. 高密度微小電極アレイを用いた培養神経回路における集団ダイナミクスのフィードバック制御と時系列信号生成タスクによる性能評価,
藺 勇輝, 山本 英明, 佐藤 有弥, 西 悠聖, 住 拓磨, 香取 勇一, 平野 愛弓, 佐藤 茂雄, 第 39 回ライフサポート学会大会(LIFE 2024), 2024 年 9 月 12-14 日, 東京大学
56. レーザーマイクロダイセクションによるマイクロパターン培養神経回路への局所損傷(ポスター),
渡邊 啓太, 山本 英明, 室田 白馬, 住 拓磨, 佐藤 茂雄, 平野 愛弓, 第 85 回応用物理学会秋季学術講演会, 2024 年 9 月 16-20 日, 朱鷺メッセ
57. マイクロ流体デバイスを活用した神経回路機能のボトムアップ解析 (招待),
山本 英明, 第 14 回分子サイバネティクス・第 58 回分子ロボティクス定例研究会, 2024 年 11 月 8 日, 東北大学
58. 培養細胞における神経発火パターンの可塑性制御技術の開発 (ポスター),
室田 白馬, 山本 英明, 佐藤 茂雄, 平野 愛弓, 化学とマイクロ・ナノシステム学会 第 50 回研究会, 2024 年 11 月 25-28 日, 仙台国際センター
59. 微細気泡から生成される活性酸素と殺菌効果の検証,
目代 貴之, 川田 巳致, 但木 大介, 平野 愛弓, 陳 鵬, 金高 弘恭, 藤森 宏, 竹本 笑子, 庭野 道夫, 日本防菌防黴学会, 2024 年 9 月 17 日-18 日, 東京

【受賞】

1. 一般財団法人みやぎ産業科学振興基金 令和6年度研究奨励賞
半導体技術に基づく細胞操作とその神経科学応用に関する研究
山本英明, 2024年5月11日
2. 粉体粉末冶金協会 2024 春季大会 優秀講演発表賞
Thermodynamically controlled elaboration of porous powders by liquid metal dealloying
Louis LESAGE, Pierre-Antoine GESLIN, Nicolas MARY, Christophe LE BOURLOT, Eric MAIRE, Takeshi WADA, Hidemi KATO, 2024年5月23日
3. 国際会議 11th International Conference on Molecular Electronics & Bioelectronics (M&BE11) M&BE Student Poster Award
In silico modeling of reservoir-based predictive coding in biological neuronal networks on multielectrode arrays
佐藤有弥, 山本英明, 石川慶孝, 住拓磨, 藺勇輝, 佐藤茂雄, 香取勇一, 平野愛弓, 2024年6月21日
4. 日本銅学会 第64回講演大会 学生優秀講演賞「優秀賞」
低温焼鈍によるCu/Cu₄Ti複相合金線材の強度向上 佛圓大河, 金野泰幸, 千星聡, 廣井慧, 2024年10月19-20日
5. 日本銅学会 第64回講演大会 「第58回論文賞」
Cu-Ti合金における疲労亀裂の発生・進展に及ぼすAl・Fe添加の影響
橋本拓也, 鎌田俊哉, 兵藤宏, 渡辺宏治, 千星聡, 山崎倫昭, 宮本吾郎, 2024年10月19日
6. WORLD PM2024 Oral Presentation Award, Electron-Beam Powder Bed Fusion of High-Carbon Co-Cr-Mo Alloys for Industrial Applications, Kenta Yamanaka, 2024年10月17日
7. 一般社団法人 軽金属学会 第23回軽金属躍進賞
軽元素に着目した生体用チタン合金開発およびチタンへの抗菌機能付与, 上田恭介, 2024年11月8日
8. 2024 ADEAP Annual Meeting & CA+inD International Symposium, Poster Presentation Award (優秀ポスター賞)
Enhancing osteoconductivity and antibacterial properties of titanium via alkali-hot water treatment and nitrogen doping
Li Chang, Peng Chen, Takayuki Mokudai, Masakazu Kawashita, Itaru Mizoguchi, Hiroyasu Kanetaka
2024年10月20日
9. International Conference on Magnetism (ICM) 2024, Best Poster Award,
Magnetostriptive Properties and Microstructure of Fe-Ga alloy and the Doping System, Likun Chen, Mitsutaka Sato, Rie Y Umetsu
10. The 43rd annual International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO2024), Poster Award FIRST PLACE (最優秀ポスター賞)
Pure copper coating by multi beam directed energy deposition with blue lasers for antimicrobial effect
Tamaki Yoshida, Yuji Sato, Keisuke Takenaka, Satoshi Yoshida, Peng Chen, Hiroyasu Kanetaka, Takayuki Mokudai, Nobuhiro Matsushita, Masahiro Tsukamoto, 2024年11月4-7日
11. 第147回金属材料研究所講演会 助教・助手会賞
金属溶湯脱成分法を用いた Cu-Mo 共連続複合組織の形成・制御とその放熱材料への応用
阿部将大, Song Ruirui, 和田武, 加藤秀実, 2024年12月20日

【プレスリリース】

1. How to Print a Car: High-performance Multi-material 3D Printing Techniques
東北大学 2024 年 12 月 17 日
https://www.tohoku.ac.jp/en/press/how_to_print_a_car.html
2. 3D プリンターを用いたマルチマテリアル技術を開発 ～鉄鋼材料とアルミ合金の界面の接合強度を飛躍的に改善、自動車の車体軽量化に期待～
東北大学 2024 年 11 月 26 日
<https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2024/11/press20241126-01-3d.html>
3. マイクロ流体デバイスで哺乳類の脳皮質を模倣した神経回路の再現に成功 ～脳機能を解明するツールへの応用に期待～ (プレスリリース)
東北大学 2024 年 12 月 12 日
<https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2024/12/press20241212-01-micro.html>

【特許】

1. 発明の名称：(仮) 金属液体層置換法とその製造品
発明者：加藤秀実, LIU FANGZHOU, 特願 2024-159535
出願日：2024 年 9 月 13 日
2. 発明の名称：金属固体同士の接合体の製造方法および複合材料
発明者：加藤秀実, 倉林康太, 大橋勇介, 特願 2024-205474
出願日：2024 年 11 月 26 日
3. 発明の名称：タンパク質の吸着方法、該吸着方法を用いたタンパク質の定量方法、および、該定量方法を用いたタンパク質分解能の評価方法
発明者：成島尚之, 小笠原康悦, 上田恭介, 古泉隆佑, 沈善用, 特願 2024-112936
出願日: 2024 年 7 月 12 日

6 研究所連携共通行事

The 4th International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJIPMA-2024)

開催日：令和 6 年 10 月 3 日

開催形式：対面（東京科学大学 生体材料工学研究所主催）航空会館ビジネスフォーラム

発表者および題目

招待講演

- Zhengyang Zhang “Environmental and Social Impacts Hidden Behind Mineral Consumption”
- Li Chang “Creation of bioactive titanium with enhanced osteoconductivity and antibacterial properties”

ポスター発表

- 山中 謙太 “Effect of building parameters on the textural evolution in Ti–6Al–4V alloys during electron beam powder bed fusion additive manufacturing”
- 目代 貴之 “Nanobubbles produced by ultrasound irradiation and evaluation of functionality”
- Peng Chen “Acute antimicrobial efficacy of gram-negative bacteria by pure copper coating using multi-beam laser metal deposition with blue diode lasers”
- 佐藤 有弥 “In silico modeling of reservoir-based predictive coding in biological neuronal networks on multielectrode arrays”
- Jun Rey Sullano Lincuna “Citric Acid-Assisted Sol-Gel Synthesis and Dissolution Evaluation of 13-93B3 Bioactive Borate Glass Powders”
- Likun Chen “Magnetostriction evaluated by strain gauge method and detected by lectromagnetically of melt-spun ribbon in Fe-Ga alloy system”
- 福田 幹久 “Comparison of sintering methods on microstructure and ionic conductivity of garnetsolid electrolytes”
- 遠藤 久典 “Magnetic properties, phase stability and electronic state of Half-metallic ferromagnets in quaternary Heusler alloys”

公開討論会

開催日：令和 7 年 3 月 2 日

開催地：東京科学大学 総合研究院フロンティア材料研究所（旧東工大）

発表者および題目

口頭発表

- ○和田 武、加藤秀実 “金属溶湯部分脱成分によるポーラス金属作製”

ポスター発表

- 梅津 理恵 “4d, 5d 系遷移元素を含むホイスラー合金の相状態と磁気特性”
- 上田 恭介 “Cu および Zn 添加非晶質リン酸カルシウム膜の作製とその抗菌性評価”
- 門間 信明 “モジュール構造結合に指向性を有する培養神経回路の構築と自発活動解析”
- 金高 弘恭 “Enhancing titanium osteoconductivity by alkali-hot water treatment”
- 陳 鵬 “Acute antimicrobial efficacy of gram-negative bacteria by pure copper coating using multi-beam laser metal deposition with blue diode lasers”
- 宮坂 等 “水車型二核錯体の後置的な分子修飾法を介した触媒活性空間の開発”
- 石井 寛也 “生体吸収 Fe-Mn 合金の機械的特性と腐食挙動の評価”
- 目代 貴之 “超音波技術を利用した微細気泡の生成と評価”

会議・行事報告

The 19th International Workshop on Biomaterials in Interface Science (主催)

開催日：令和 6 年 8 月 6 日

開催形式：ハイブリット開催 東北大学金属材料研究所講堂

参加者：79 名（うち対面 58 名、オンライン 21 名）

発表件数：招待講演 4 件、口頭発表 22 件

生体材料の開発には、材料科学、医療工学、歯学の科学分野からの学際的な洞察が不可欠である。東北大学金属材料研究所、大学院歯学研究科、大学院医工学研究科の 3 つの研究所と東京科学大学（旧：東京医科歯科大学）生体材料工学研究所が連携し、学際的かつ国際的な研究活動を遂行するため生体材料を中心とする国際ワークショップがハイブリットで開催されました。

セッションテーマを Biomaterials, Oral Health Care, Young innovators, Biomedical Engineering の 4 つに分け各セッション招待講演者 1 名、一般講演者 5 名ずつ研究内容を発表していただきました。



Interface Summer Seminar 2024
The 19th International Workshop on Biomaterials in Interface Science

Invited Speaker:
Prof. Her-Hsiung Huang (National Yang Ming Chiao Tung University)
Prof. Xiaoli Zhao (Northeastern University)
Prof. Chih-Chung Huang (National Cheng Kung University)
Prof. Hirofumi Shintaku (Kyoto University)

Sponsored by Graduate School of Dentistry, Biomedical Engineering, Engineering, Institute for Materials Research, Tohoku University, Tokyo Medical and Dental University, Global Institute for Materials Research Tohoku (GIMRT)

Date and Time August 6, 2024 (Tue) 9:00 – 17:00
Hybrid Meeting (IMR and Online)

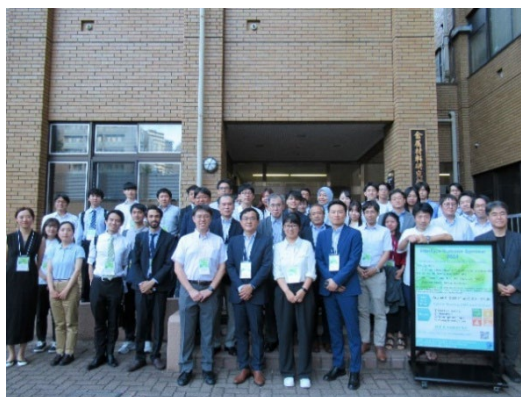
Topics
① Oral Health Care
② Biomaterial
③ Biomedical Engineering
④ Young Investigators

Online registration
Please register by July 31, 2024 (Wed.), Japan standard time
※ We will send the URL for participating in the seminar to all the applicants by the date of the seminar
※ Deadline for Abstract Submission: July 20 Sat., 2024

URL <https://forms.gle/PY5XFKAGfDgnsQiE9>

Contact: Design Engineering by Joint Inverse Innovation for Material Architecture (DEJIMA), Tohoku University
Email: rokkenpro-imr@grp.tohoku.ac.jp

IMR



日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2024 (協賛)

開催日：令和 6 年 10 月 28-29 日

開催形式：仙台国際センター

参加者：787 名

日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2024 が 10 月 28-29 日の 2 日間にわたり仙台国際センター会議棟で開催されました。バイオ・医療機器材料分野の強化のため本プロジェクトも協賛しました。本年度は 4 年に一度開かれる World Biomaterials Congress の開催年にあたるため、定例の日本バイオマテリアル学会大会を拡張したシンポジウムとなりました。大会のテーマは「バイオマテリアル研究の原点への回帰と深化—セオリーとアプリケーションの融合—」であり、本プロジェクトからは成島尚之教授が「チタンの表面処理による抗菌・抗ウイルス機能化」という研究題目で特別講演を行いました。

日本バイオマテリアル学会
シンポジウム2024

2024
10.28^{MON} - 29^{TUE}

大会長：鈴木 治 (東北大学大学院医学研究科 顎口歯機能顎顔面学分野 教授)
会場：仙台国際センター 会議棟
主催：日本バイオマテリアル学会

大会テーマ
バイオマテリアル研究の原点への回帰と深化
—セオリーとアプリケーションの融合—

一般登録登録期間：4月22日(月)～7月22日(月)
事前参加登録期間：6月24日(月)～9月24日(火)

【運営事務局】
株式会社JTB 仙台支店 内
〒980-8570 宮城県仙台市青葉区一番町3丁目7-23
電話 022-233-1111 仙台支店 仙台支店 仙台支店
E-mail: jbs-symposium2024@jbs.com





6研究所連携・出島プロジェクトニュース

国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト(出島プロジェクト)

Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture(DEJI²MA Project)



Publication contents

幹事研究所所長あいさつ	1
プロジェクトの成果	2
出島コンソーシアム	5
国際会議(DEJI ² MA-4)	5
行事リスト	5
受賞など	6
令和6年度プロジェクト研究課題	7

国際・産学連携
インヴァースイノベーション
材料創出プロジェクト

幹事研究所所長あいさつ



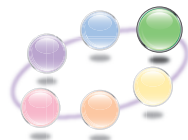
東京科学大学
フロンティア材料研究所
所長 真島 豊

2024年10月に、東京工業大学と東京医科歯科大学が統合し、東京科学大学となり、フロンティア材料研究所と生体材料工学研究所は、東京科学大学総合研究院の所属となりました。これに伴い本プロジェクトは、5大学6研究機関連携「国際・産学インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト-DEJI²MA: Design and Engineering by Joint Inverse Innovation for Material Architecture-」となりました。また、私は本関連プロジェクトのプログラムリーダー (PL) を9年間務めさせていただき、10月からフロンティア材料研究所の所長に就任いたしました。フロンティア材料研究所の新しいPLには、大場史康教授が就任いたしました。

本プロジェクトは、大阪大学接合科学研究所、東北大学金属材料研究所、名古屋大学未来材料・システム研究所、早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構、東京科学大学生体材料工学研究所、およびフロンティア材料研究所の6研究所の金属・無機・生体材料における学術を基盤として、研究所間の連携を通じて、新奇な環境・エネルギー材料、情報通信材料、バイオ・医療機器材料の創製を目指した異分野融合研究を進めています。6研究所間の共同研究に基づく人的交流は、国立大学の附置研究所・センターの大学間ネットワーク拠点事業のモデルケースとして、今後の附置研究所における学術研究の新興に寄与できるものと考えています。

本プロジェクトは、「インヴァースイノベーションに基づく新奇材料の創出」という大きな目標を掲げ、社会のニーズを汲み上げつつ、学際分野としての基礎的研究を、課題解決に結びつけ、社会貢献につなげることを目指した共同研究を推進し、研究を通じて若手研究者を育成することを目指した環境整備を進めております。今後もさらに研究所間の連携を密にし、目標達成に向けてプロジェクトを進めてまいります。引き続き、関係各位の御支援・御協力ならびに御指導・御鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。





環境
エネルギー材料
分野

早稲田大学 ナノライフ 創新研究機構

水素キャリア高分子：水素を高密度で可逆的に貯蔵できる高分子材料を開発

水素(H_2)の液化には極低温を要し、液化と貯蔵に多くのエネルギーを消費する。水素の輸送・貯蔵を容易にするため、ある条件で水素を吸収して貯蔵し、温度と圧力を変えた別の条件下に置くと放出するような材料が注目されている。水素放出に伴うエントロピー変化は正であるため、ある温度 T_c を境に水素化・水素放出が進行するためには、水素発生が吸熱反応であることが必要である。このような性質をもった水素キャリア材料として、芳香族化合物／飽和環状化合物の転換に基づく有機ハイドライド法などが検討されている。

我々は、レドックス活性基を有する高分子と金属錯体触媒を組み合わせると可逆的な水素化・水素発生を固体でも担うことを明らかにし、水素キャリア高分子として展開している。フルオレノール(FNO)からフルオレノン(FN)と水素を与える反応が $T_c=331K$ 付近を境に可逆的に進行することを利用して、FNO置換ポリマーとIr錯体触媒からなる複合材料が擬固体の水素キャリア高分子として動作することが実証された。例えば、1gのポリ(2-ビニルフルオレノール) (質量水素密度=0.96wt%)は、Ir錯体触媒の存在下で1atm下80~100℃に加温すると96mLの水素を発生する。生成するFN置換ポリマーは室温下1atmの水素と反応させることにより、もとのFNOポリマーを生成する。厚さ1mm程度に成形した架橋体は、形態を保ったまま可逆的な水素化・水素発生のサイクル特性を示す。このような固体全体での水素化・水素発生過程は、FN基のレドックス活性と水素の濃度勾配を駆動力とした交換反応による拡散輸送で表される。反応部位と高分子の繰り返し単位の化学構造をコンパクトにすると、質量水素密度は水素吸蔵合金に匹敵する5wt%以上まで増加する。また、高分子物質の密度が液体水素の17倍であるため、体積あたりでは液水と同等レベルの水素密度に相当する。

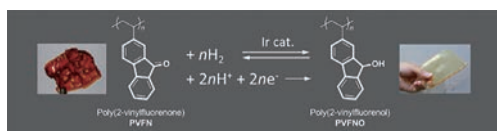


図1 ポリ(2-ビニルフルオレノール)のレドックス反応と水素化反応

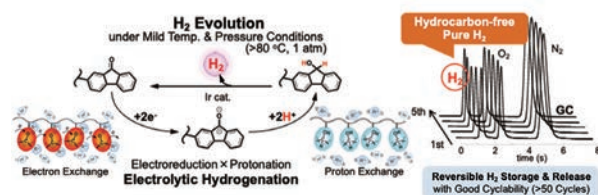
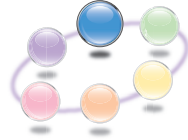


図2 水素キャリア高分子による可逆的な水素貯蔵



環境
エネルギー材料
分野

名古屋大学 未来材料・システム研究所

世界最高性能の近赤外反射遮熱膜を開発

地球温暖化を背景に、世界規模で省エネルギーの実現、 CO_2 削減が急務であり、建築物、自動車における冷房負荷削減に対するニーズが高まっています。その有効な対策の1つとして、太陽光中の熱源となる近赤外光をカットする近赤外遮蔽膜の利用があります。近年、地球温暖化や世界各地の記録的猛暑も相まって、近赤外遮蔽膜に対する重要性は年々増大しており、SDGsの実現、ネット・ゼロ・エネルギー・ビルディングに対する解決策として近赤外遮蔽膜の利用は今後必須となりつつあります。名古屋大学未来材料・システム研究所の長田 実教授らの研究グループは、酸化タングステンをベースとする新しい透明導電体ナノシート($CS_{2.7}W_{11}O_{35-d}$)を発見し、膜厚50nmの超薄膜において世界最高レベルの近赤外反射率53%と可視光透過率71%を併せ持つ高性能近赤外遮蔽膜の開発に成功しました(図1a)。さらに、日射遮蔽膜の実用化を想定し、夏場の炎天下においてサーモグラフィーによる遮熱試験を行ったところ、ナノシート超薄膜は、ナノシートコートなしの石英基板に対して $-16^\circ C$ という優れた遮熱効果を発揮することを確認しました(図1b)。本研究で開発した近赤外遮蔽膜は、優れた遮熱効果と可視光透過性を併せ持っており、建築物、自動車の窓ガラスに適用することにより、冷房負荷削減、空調の省エネルギー化を実現するキー技術としての発展が期待されます。

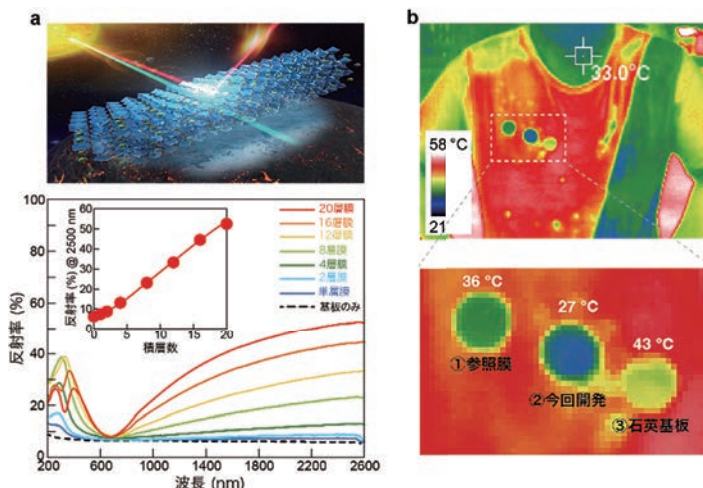
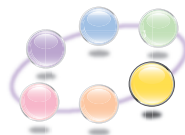


図1 (a)透明導電体ナノシート($CS_{2.7}W_{11}O_{35-d}$)の近赤外反射のイメージと多層膜の反射特性
(b)透明導電体ナノシート多層膜(膜厚50nm)の日射遮蔽効果テスト
今回開発した②近赤外遮蔽膜は、①参照膜(半導体)、③石英基板と比較し、優れた遮熱効果を示す



環境・
エネルギー材料
分野

東京科学大学フロンティア材料研究所

工業用触媒の触媒活性構造を解明

化学工業のほとんどのプロセスには固体触媒が使用されています。触媒性能は目的生成物の収率を大きく左右するため、触媒性能向上に向けた基礎研究は世界中で活発に行われています。触媒性能を向上させるには、触媒反応機構の理解が欠かせません。しかし現在の化学工業で使用されている工業用触媒については、その理解が十分に進んでおりません。その原因は、触媒自体にあります。工業用触媒は性能向上のために多成分化されることが一般的ですが、その結果、触媒の組成や構造が不均質となります。不均質性を抱えたままでは、触媒活性が発現する構造情報を取得することは極めて困難です。

石川理史准教授・原亨和教授らの研究グループは、組成・構造が均質でありながら、工業用触媒を凌ぐ優れた触媒性能を有する結晶性触媒の開発を進めています。このグループはこれまでに、アルカン選択酸化反応用触媒、アルデヒド選択酸化反応用触媒、 NO_x 還元用触媒、アルカン異性化反応用触媒において、均質で高触媒性能を有する固体触媒を開発し、触媒性能が発現する局所構造を解明しました(図1)。触媒の活性構造が明らかになったことで、さらに高活性な触媒の設計が可能になります。興味深いことに、開発された触媒はいずれも、工業用触媒と類似した物性を備えていました。これらの触媒の作用を解明することで、工業用触媒の作動原理の解明が期待されます。

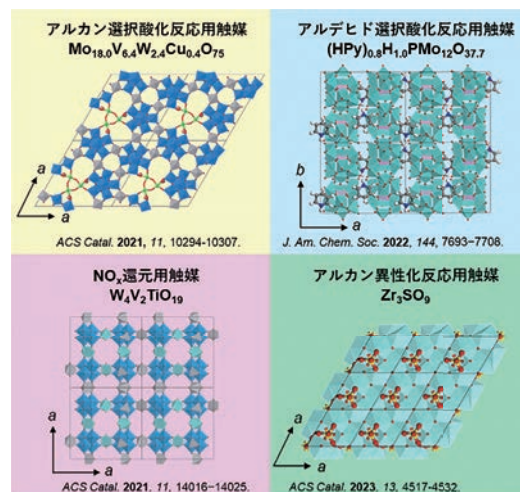
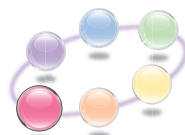


図1 均質で高触媒性能を有する固体触媒の例



バイオ・
医療機器材料
分野

大阪大学接合科学研究所

金属積層造形法による生体医療材料向け 高機能Ti-Zrラティス構造体の創製

Tiは高い比強度と優れた耐腐食性を有すると共に有毒性が低いことから、体内埋め込み型インプラントなどの生体医療材料として国内外で幅広く使用されています。Tiと同等以上の生体親和性を持つZrを合金元素として添加したTi-Zr合金は、優れた細胞適合性や弾性率などの発現が期待できます。また、ZrはTiに対して全率固溶型元素であるため、固溶強化による更なる力学特性の向上が見込まれます。そこで本研究では、金属積層造形技術を用いてコストパフォーマンスの高いTi-Zr合金を開発し、生体医療材料としてのチタンの適用範囲の拡大を目指しています。具体的には、純Tiと ZrH_2 の混合粉末を出発原料とし、レーザー粉末床熔融結合を用いて造形過程でのin-situ alloyingプロセスによるZr成分の均質固溶化と微細結晶組織形成を実現しました。本成果に基づき、3次元多孔質構造を有するTi-Zrラティス体を作製し、低ヤング率の発現および表面積の増大による細胞増殖促進の可能性を探索しています。その結果、Zrの添加による著しい結晶粒微細化と固溶強化の相乗効果によって機械的特性の向上を確認しました。また、異なる構造を有する試料での圧縮試験において、Ti-Zr合金は汎用Ti-6Al-4V (Ti64) 合金と同程度の強度を有すると共に、座屈現象を伴わずに大きな変形量(歪み)を示しました。これらの成果は、人工骨をはじめとする生体材料への適用可能性を示唆しており、今後も合金・プロセス設計の高度化を通じて、高機能Ti-Zr積層造形材料の研究開発を進めていく予定です。

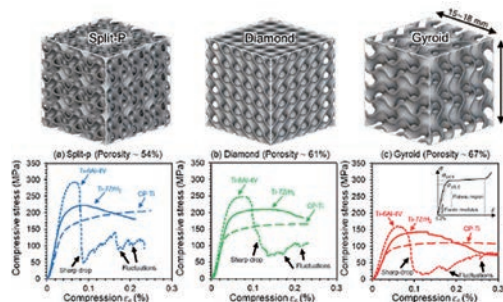


図1 異なる構造を持つTi-Zr合金の圧縮特性

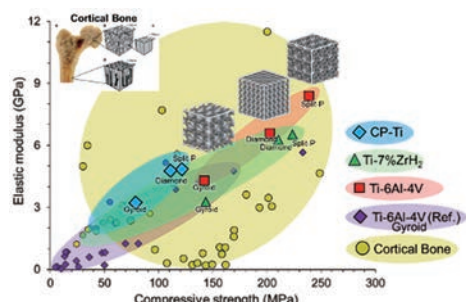
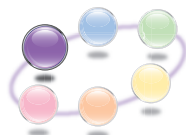


図2 各種チタン材と骨の力学物性



バイオ・
医療機器材料
分野

東京科学大学 生体材料工学研究所

機能をカスタマイズできる人工タンパク質の創製と小口径人工血管への応用

人工血管は、病変のある血管の代替として臨床の現場で使用されていますが、下肢の動脈など内径6ミリメートル未満の血管置換では、人工血管表面で凝固した血液により閉塞する傾向にあります。そのため、小口径血管の再建手術には、患者本人から採取した自家血管を使わざるを得ません。患者や医師の負担軽減のため、開存性にすぐれる小口径人工血管の開発が世界中で進められています。鳴瀧彩絵教授らの研究グループでは、小口径人工血管を実現するための新素材として、動脈を構成する主要な細胞外マトリックスタンパク質（ECM）であるエラスチンに着想を得た人工タンパク質を開発しました。生物由来エラスチンは、人工血管に求められる理想的な性質（抗血栓性、血管平滑筋細胞の表現型維持、適切な力学特性）を持ちますが、不溶性で精製・加工が難しく、再現性のある材料を構築することが困難です。エラスチン類似人工タンパク質は、生理的温度で自己集合してECM様のナノファイバーやハイドロゲルを再現性良く形成できます（図1）。さらに、エラスチン本来の理想的な性質を維持したまま、生理活性ペプチドの付与により機能を追加できるため、血小板低粘着性と並んで重要な血管内皮細胞増殖性も兼ね備えた人工タンパク質とすることができました（図2）。小口径人工血管の実現に向け、チューブ型構造体への成型加工と、医学部との共同研究によるin vivo試験を進めています。



図1 エラスチン類似人工タンパク質が形成するハイドロゲル

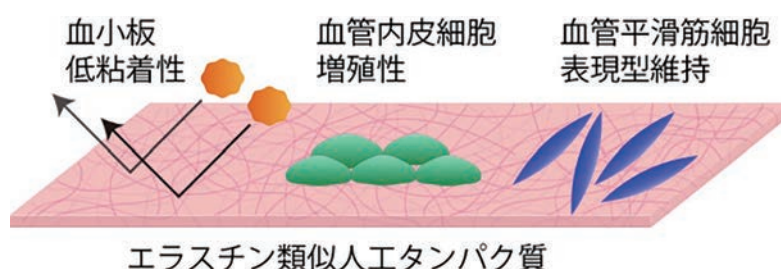


図2 小口径人工血管に適した生物学的特性の実現



情報通信材料
分野

東北大学 金属材料研究所

ハーフメタル型電子状態を有する新規フェリ磁性体の探索

スピントロニクスデバイスの研究分野では、強磁性を示す物質から反強磁性やフェリ磁性を有する物質へ関心が集まっています。梅津理恵教授の研究グループは、スピントロニクス分野で有用なハーフメタル型電子状態を有し、かつ完全補償型フェリ磁性体の新規物質を探索しています。共同研究者である大阪大学・赤井久純名誉教授の理論予測のもと、NiAs型結晶構造を有する3d遷移元素カルコゲナイド化合物に着目し（図1）、(Cr,Fe)S化合物が約200Kの補償温度を有する完全補償型フェリ磁性体であることを発見しました。NiAs型の結晶構造を有する $\text{Cr}_{23}\text{Fe}_{23}\text{S}_{54}$ 化合物は急冷することで得られる準安定相で、CrとFeが不規則化していると考えられます。第一原理計算の結果より（図2）、FeとCrが不規則化し、かつ化学両論組成から少しずれた場合でも、電子状態においてハーフメタル型のギャップを維持していることが示唆されました。さらに興味深いことに、磁化曲線を測定したところ、300Kで38kOeもの非常に大きな保磁力を有することが示され（図3）、デバイスとしての応用が期待されます。今後は、SeやTeの置換により相安定性の向上を試み、単結晶による詳細な物性測定を行うことを予定しています。

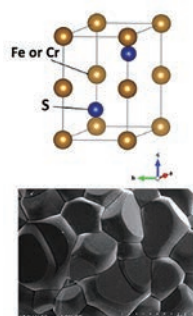


図1 NiAs型結晶構造と (Fe,Cr)S化合物の表面組織(×1000倍)

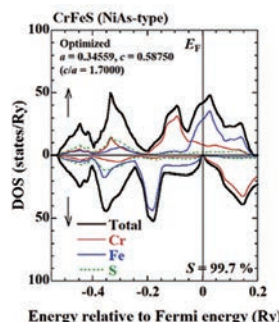


図2 NiAs型結晶構造を有する(Cr,Fe)S化学両論組成の第一原理計算による電子状態密度

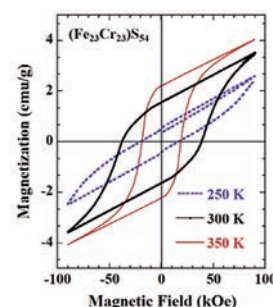


図3 $\text{Fe}_{23}\text{Cr}_{23}\text{S}_{54}$ 化合物の 250、300、350Kにおける磁化曲線

令和6年度活動報告(上期)

- 2024年 5月10日、17日 第3回チュートリアル講座(オンライン)
講師: 東工大・神谷利夫先生
「チュートリアル: 実空間像から理解するバンド理論」
「チュートリアル: 第一原理計算は何の役に立つか」
- 2024年 5月30日 第3回出島コンソーシアム・セミナー(大阪大学中之島センター)
「第21回産学連携シンポジウム」
- 2024年 7月25日、26日 第4回チュートリアル講座(東北大学金属材料研究所)
「第94回東北大学金属材料研究所夏期講習会」

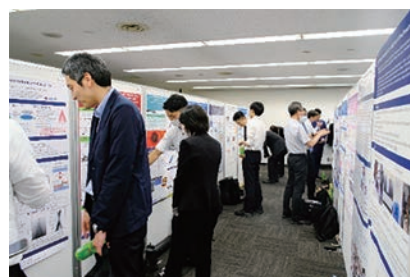
第3回出島コンソーシアム・セミナーが、2024年5月30日(木)に大阪大学中之島センターにおいて開催されました。今回は大阪大学接合科学研究所が主催する第21回産学連携シンポジウムの共催として行われました。接合研より、節原裕一先生、池田倫正先生、小澤隆弘先生から技術シーズが紹介され、活発な質疑応答が行われました。社会実装のための産学連携活動に向けた大変有益な機会となりました。参加者は99名で、成功裏に終了しました。



講演会場の様子

国際会議 (DEJI²MA-4)

国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト(DEJI²MAプロジェクト)の第4回国際会議(The 4th International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI²MA-4))が、2024年10月3日(木)に航空会館ビジネスフォーラム(大ホール)において開催されました。まず、本プロジェクトの主幹校である大阪大学接合科学研究所の藤井英俊所長より開会挨拶、ならびに本プロジェクトの概要の説明と本プロジェクト成功への期待の言葉がありました。次に、国内外の研究者から12件の招待講演が行われ、最先端の研究成果が報告されました。その後、ポスターセッション(86件)が行われました。活発な議論はその後の情報交換会まで引き続き行われ、インヴァースイノベーション材料創出のための大変有益な機会となりました。参加者は全体で134名となり、国際会議DEJI²MA-4は成功裏に終了しました。



行事リスト

- 2024年 =====
- ・10月3日 〈東京科学大学〉
The 4th International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI²MA-4)
 - ・11月6日 〈名古屋大学〉
第4回出島コンソーシアムセミナー

- ・11月12日 〈大阪大学〉
接合科学研究所・東京セミナー
- 2025年 =====
- ・3月2日 〈東京科学大学〉
令和6年度公開討論会(第5回出島コンソーシアムセミナー)

受賞リスト

教員

- ・令和6年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰
「チタン系形状記憶合金のマルテンサイト変態に関する研究」
東京科学大学・准教授 田原 正樹
(令和6年4月17日)
- ・一般財団法人みやぎ産業科学振興基金 令和6年度 研究奨励賞
「半導体技術に基づく細胞操作とその神経科学応用に関する研究」
東北大学・准教授 山本 英明
(令和6年5月11日)
- ・粉体粉末冶金協会 2023年度 研究進歩賞
「環境循環型低コスト固体電池」
大阪大学・助教 小澤 隆弘
(令和6年5月21日)
- ・軽金属溶接協会 第42回 軽金属溶接技術賞
大阪大学・教授 藤井 英俊
大阪大学・特任教授 潮田 浩作
(令和6年6月4日)
- ・第一回 社会変革チャレンジ賞 優秀賞
「環境循環型低コスト固体電池」
東京科学大学・准教授 安井 伸太郎
(令和6年6月27日)
- ・第133回 日本補綴歯科学会 デンツプライシノナ賞
「実験モード解析を応用した荷重時のインプラントオーバーデンチャーにおける設計間比較」
東京科学大学・特任助教 津野 美香
(令和6年7月)
- ・CIGRE パリ大会 日本論文最優秀賞
「Recent Development of Nanomaterials for Batteries and Dielectric Capacitors for Energy Storage in Japan」
名古屋大学・教授 長田 実
(令和6年8月23日)
- ・13th SPRUC Young Scientist Award
「放射光X線で探る負熱膨張材料の電子状態と局所構造変化」
東京科学大学・特定助教 西久 保匠
(令和6年9月6日)
- ・令和6年度 東工大挑戦的研究賞
「抗体分子の潜在的機能部位の網羅的探索」
東京科学大学・准教授 谷中 冴子
(令和6年9月13日)
- ・令和6年度 東工大挑戦的研究賞および末松特別賞
「欠陥秩序に基づく物質設計」
東京科学大学・准教授 山本 隆文
(令和6年9月13日)
- ・学生
- ・日本セラミックス協会 東海支部 準翔賞
「透明伝導体ナノシートの開発と日射遮蔽膜への応用」
名古屋大学・D3 常松 裕史
(令和6年4月12日)
- ・粉体粉末冶金協会 2024年度春季大会 優秀講演発表賞
「Thermodynamically controlled elaboration of porous powder by liquid metal dealloying」
東北大学・D3 Louis LESAGE
(令和6年5月23日)
- ・粉体粉末冶金協会 2024年度夏季大会 優秀講演発表賞 Best Paper Award
「BiCoO₃を母物質とした新規非鉛負熱膨張材料の実現」
東京科学大学・M2 高橋 一樹
(令和6年5月23日)
- ・日本セラミックス協会 東海支部 東海若手セラミスト懇話会 優秀発表賞
「層状ペロブスカイトCsPb₂Nb₂O₁₀及びその剥離ナノシートの強誘電特性」
名古屋大学・M2 島田 将成
(令和6年6月14日)
- ・学術変革領域「2.5次元物質科学」第7回 領域会議 若手奨励賞
「磁性元素を分数規則挿入した遷移金属カルコゲナイドにおける新奇トポロジカル電子相関」
東京科学大学・D1 岡崎 尚太
(令和6年6月15日)
- ・Best Poster Presentation Award, The 11th International Summer Course on Nano Material Discovery
「省エネルギー化に向けた低電圧で駆動する有機ELの開発」
東京科学大学・M2 岩崎 洋斗
(令和6年6月19日)
- ・11th International Conference on Molecular Electronics & Bioelectronics (M&BE11) M&BE Student Poster Award
「In silico modeling of reservoir-based predictive coding in biological neuronal networks on multielectrode arrays」
東北大学・D3 Yuya Sato
(令和6年6月21日)
- ・International Conference on Magnetism (ICM) 2024 Best Poster Award
「Magnetostrictive Properties and Microstructure of Fe-Ga alloy and the Doping System」
東北大学・D1 Likun Chen
(令和6年7月2日)
- ・Best Poster Presentation by a Student, The 16th Japan-China Symposium on Ferroelectric Materials and Their Applications
「Growth of Titanite Thin Films by Pulsed Laser Deposition」
東京科学大学・D1 Weirong YANG
(令和6年7月20日)
- ・日本ソルゲル学会 第22回 討論会 ベストポスター賞
「固体界面活性剤を利用した単結晶性Gdドーブルシアナノシートの合成とドーピング制御」
名古屋大学・D1 伊東 健太郎
(令和6年7月26日)
- ・日本ソルゲル学会 第22回 討論会 ベストポスター賞
「アモルファスシリカナノシートの形成機構の調査と精密設計」
名古屋大学・M2 竹崎 佑麻
(令和6年7月26日)
- ・Biomaterials International 2024 Best Poster Paper Award
「Biodegradable coating consisting of Mg and Ca for enhancing both antibacterial activity and osteogenesis」
東京科学大学・大学院生 三宅 理沙
(令和6年7月)
- ・有機EL討論会 第38回例会 学生講演奨励賞特別賞
「省エネルギー化に向けた低電圧で駆動する有機ELの開発」
東京科学大学・M2 岩崎 洋斗
(令和6年8月7日)
- ・第22回 無機材料合同研究会 最優秀賞
「薬物熱放出に向けたドッキング/リリースシステム材料の構築」
東京科学大学・M2 佐野 藍子
(令和6年8月30日)
- ・第22回 無機材料合同研究会 特別賞
「スピンスプレー法により作製するMn系酸化物薄膜の結晶相評価とナノ・マイクロ構造観察」
東京科学大学・B4 栗田 航輔
(令和6年8月30日)
- ・物質理工学院 材料系 金属分野修士 中間発表会 優秀発表賞
「Ti-Cr-Sn 超弾性合金の機械的性質に及ぼす時効の影響」
東京科学大学・M2 五十嵐壮日子
(令和6年8月30日)
- ・物質理工学院 材料系 金属分野修士 中間発表会 優秀発表賞
「深層学習による高精度な結晶粒界抽出のための転移学習手法の構築」
東京科学大学・M2 尾崎 晃一
(令和6年8月30日)
- ・LIFE2024 若手プレゼンテーション賞
「歯根膜応用を目指した石灰化脱細胞化組織のin vivo骨親和性評価」
東京科学大学・大学院生 鈴木 美加
(令和6年9月)
- ・第40回 日本セラミックス協会 関東支部 研究発表会 最優秀賞
「アセトアニリドを用いた溶液酸性化手法による(O10)優先析出プレート状ベーマイトの合成」
東京科学大学・M1 保志場 圭佑
(令和6年9月4日)
- ・第40回 日本セラミックス協会 関東支部 研究発表会 優秀賞
「ガスアシスト液中成膜法による副生成物のないZnS膜作製手法の開拓」
東京科学大学・M1 大塚 克基
(令和6年9月4日)
- ・日本セラミックス協会 第37回 秋季シンポジウム 特定セッション優秀講演奨励賞
「Synthesis and thermoelectric properties of perovskite chalcogenides Ba(Zr,Hf)S₃ with ultra-low thermal conductivity」
東京科学大学・D2 Hu Zhongxu
(令和6年9月11日)
- ・日本セラミックス協会 第37回 秋季シンポジウム 特定セッション優秀講演奨励賞
「歪みを制御したSrTiO₃薄膜への水素ドーピングと熱電特性」
東京科学大学・M1 落合 将寛
(令和6年9月11日)
- ・日本セラミックス協会 第37回 秋季シンポジウム 学生優秀講演賞
「Dion-Jacobson型 層状ペロブスカイトCsPb₂Nb₂O₁₀及びその剥離ナノシートの強誘電特性」
名古屋大学・M2 島田 将成
(令和6年9月11日)
- ・日本セラミックス協会 第37回 秋季シンポジウム 特定セッション若手奨励賞
「βアルミナ多孔体の作製及び細孔構造制御」
名古屋大学・M2 宇佐美 智也
(令和6年9月12日)
- ・日本セラミックス協会 第37回 秋季シンポジウム 特定セッション優秀賞
「パルスレーザー堆積法によるチタン薄膜の作製」
東京科学大学・D1 Weirong YANG
(令和6年9月12日)

- ・第56回 応用物理学会 講演奨励賞
「機械学習による多価逆問題解析:アモルファス酸化半導体トランジスタの欠陥分布・電子輸送を例に」
東京科学大学・B4 木村 公俊
(令和6年9月16日)
- ・日本セラミックス協会 第37回 秋季シンポジウム 学生優秀講演賞
「単結晶セラフィノシートの合成および形成機構調査」
名古屋大学・M2 竹内 希
(令和6年9月17日)
- ・日本セラミックス協会 第37回 秋季シンポジウム 特定セッション若手奨励賞
「界面活性剤を用いたシリコニアナノシートの分散性制御と二次元精密集積」
名古屋大学・M1 片岡 恵人
(令和6年9月17日)
- ・日本セラミックス協会 第37回 秋季シンポジウム 学生優秀講演賞
「層状ペロブスカイト酸フッ化物 RbLnTiNbO₆F (Ln = La, Pr, Nd)の剥離ナノシート化および第一原理計算による局所構造解析」
名古屋大学・M2 石神 悠太
(令和6年9月17日)
- ・日本鉄鋼協会 第188回 秋季講演大会 学生ポスターセッション優秀賞
大阪大学・D2 Chen Junqi
(令和6年9月19日)
- ・第175回 日本金属学会 秋期講演大会 優秀ポスター賞
「純Tiを例とした高精度結晶粒界抽出のための模倣画像の自動生成と転移学習手法の構築」
東京科学大学・M2 尾崎 晃一
(令和6年9月19日)
- ・第175回 日本金属学会 秋期講演大会 優秀ポスター賞
「Ti-Nb-Al 形状記憶合金におけるマルテンサイト逆変態のSEM-DIC解析」
東京科学大学・B4 晁 悠斗
(令和6年9月19日)
- ・日本セラミックス協会 第37回 秋季シンポジウム 特定セッション優秀発表賞
「高圧合成法を用いた有機-無機ハイブリッドペロブスカイトの新規構造探索」
東京科学大学・M1 松島 航暉
(令和6年9月24日)
- ・日本セラミックス協会 第37回 秋季シンポジウム 特定セッション優秀発表賞
「BiCoO₃を母物質とした新規非鉛負熱膨張材料の実現」
東京科学大学・M2 高橋 一樹
(令和6年9月24日)
- ・日本セラミックス協会 第37回 秋季シンポジウム 特定セッション優秀発表賞
「欠陥秩序に基づく有機-無機ハイブリッドペロブスカイト化合物系F_{A₁}-Pb_{B₁}-1/3n-1/3(SCN)_{0.5}の合成」
東京科学大学・D3 大見 拓也
(令和6年9月24日)
- ・第39回 日本整形外科学会 基礎学会基礎学術学会会長賞 (AICE賞)
「新規カルシウム化合物による筋肉内骨誘導とメカニズム」
東京科学大学・大学院生 橋本 智恵
(令和6年10月)
- ・Poster Award, The 14th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC-14)
「Novel Magnetic Topological Electronic Phases in Noncentrosymmetric Interrelated Transition Metal Dichalcogenides」
東京科学大学・D1 岡崎 尚太
(令和6年10月8日)
- ・Poster Award, The Fourteenth International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC14)
「Nano-Cross Point Ferroelectric Tunneling Junctions based on 7% Yttrium-Doped HfO₂ (YH07)」
東京科学大学・D3 Sun Zhongzheng
(令和6年10月9日)
- ・プレスリリース
- ・「マルチフェロイック光触媒/粒子による有機染料の高効率分解を 確認 - グリーンテクノロジーによるSDGsの達成に貢献 -」
東京科学大学・准教授 Tso-Fu Mark Chang
東京科学大学・特任教授 岡本 敏
(令和6年4月5日)
- ・「マルチフェロイック酸化物の単一域ナノドット化に成功 - 一次世代低消費電力磁気メモリの構築へ前進 -」
東京科学大学・助教 重松 圭
東京科学大学・教授 東 正樹
(令和6年4月9日)
- ・「欠陥を並べることで有機-無機ハイブリッドペロブスカイト化合物の新たな派生構造を発見 - 新しい物質探索アプローチとして期待 -」
東京科学大学・准教授 山本 隆文
東京科学大学・教授 東 正樹
(令和6年4月17日)
- ・「青色有機ELの電子移動を促進する材料選択 - 超低電圧青色有機ELの実用化に向けて -」
東京科学大学・准教授 伊澤 誠一郎
(令和6年6月24日)
- ・「金魚すくい!?紙すき!?で実現 ~大面積ナノシート膜の高速成膜法を開発~」
名古屋大学・教授 長田 実
(令和6年7月16日)
- ・「アミンを高効率で選択合成する環境負荷の低いCO₂/ヒトナノ粒子触媒 - 医薬品・化粧品原料となるアミンの製造コストを大幅に削減 -」
東京科学大学・教授 原 亨和
(令和6年7月18日)
- ・「機械学習により有望物質群とその設計指針を抽出 - 所望の特性を持つ無機材料のバターンを自動検出する手法を開発 -」
東京科学大学・助教 高橋 亮
東京科学大学・教授 大場 史康
(令和6年8月5日)
- ・「溶かさない界面活性剤で極限薄膜材料を自在設計」
名古屋大学・助教 山本 瑛祐
名古屋大学・教授 長田 実
(令和6年8月8日)
- ・「ラッピング法」で分子レベルの薄さの貴金属ナノシートを合成
名古屋大学・教授 長田 実
(令和6年8月20日)
- ・「電子材料技術の最となる新ペロブスカイト誘電体を発見」
名古屋大学・教授 長田 実
(令和6年9月3日)
- ・新聞記事・Web記事
- ・OPTRONICS ONLINE
「東工大、機械学習で光デバイス材料探索支援」
東京科学大学・教授 大場 史康
(令和6年4月1日)
- ・日刊工業新聞
「無機材表面の電子構造予測 東工大など 理論計算・機械学習で」
東京科学大学・教授 大場 史康
(令和6年4月2日)
- ・日本経済新聞
「阪大、金属3Dプリンター造形時間20分1 車部品応用も」
大阪大学・助教 藤井 英俊
(令和6年6月24日)
- ・化学工業新聞
「負熱膨張材料 品揃え拡充 精密部品の樹脂・接着剤に充填 変化温度域5種類に」
東京科学大学・教授 東 正樹
(令和6年7月10日)
- ・日刊工業新聞
「名大、ナノシート大面積成膜 転写で機能性フィルム」
名古屋大学・教授 長田 実
(令和6年7月24日)
- ・Yahoo!ニュース
「A4サイズのナノシートを1分で成膜 「金魚すくい」にヒント」
名古屋大学・教授 長田 実
(令和6年7月24日)
- ・日刊工業新聞
「経営ひと言 / 名古屋大学・長田実教授「安く簡単に成膜」」
名古屋大学・教授 長田 実
(令和6年7月26日)
- ・日刊工業新聞
「アミン合成触媒 高効率 東工大が開発、医薬品に提案」
東京科学大学・教授 原 亨和
(令和6年7月29日)
- ・マイナビニュース
「名大、あらゆる元素に使える汎用的なアモルファスナノシート合成手法を開発」
名古屋大学・助教 山本 瑛祐
(令和6年8月15日)
- ・日経Tech Foresight
「名大、パラジウムのナノシート水素触媒 貴金属削減」
名古屋大学・教授 長田 実
(令和6年9月2日)
- ・電子デバイス新聞
「名古屋大学 新規誘電体を開発 多層合成を実現」
名古屋大学・教授 長田 実
(令和6年9月18日)
- ・日刊工業新聞
「阪大、線形摩擦接合で新技術 T字継ぎ手など長寿命化」
大阪大学・助教 山下 享介
大阪大学・准教授 堤 誠一郎
大阪大学・教授 藤井 英俊
(令和6年9月19日)
- ・Science Daily
「Breaking Thermodynamic Barriers: Japanese Create First 4- and 5-Layer Perovskites」
名古屋大学・教授 長田 実
(令和6年9月20日)
- ・The American Ceramic Society
「Tears of wine phenomenon inspires high-speed, large-area deposition of uniform nanofilms」
名古屋大学・教授 長田 実
(令和6年9月24日)

令和6年度6研究所連携プロジェクト各分野研究課題（抜粋）

○環境・エネルギー材料分野

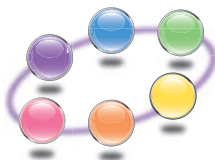
1. 高張力鋼板とマグネシウムの抵抗スポット接合技術に関する研究
(阪大接合研一東北大金研)
2. 最新溶接・接合技術による低放射化材料異材接合技術確立と革新的フュージョンエネルギーシステム技術の創成
(阪大接合研一東北大金研)
3. Fe-Ni系高合金鋼の摩擦攪拌接合による相安定性制御とマルテンサイト変態
(阪大接合研一東北大金研)
4. Ni-MeCu合金コンタクトチップの高耐久化
(阪大接合研一東北大金研)
5. 非混和性材料機械的接合部の微細組織構造再構成を利用した引張特性評価手法の検討
(阪大接合研一東北大金研)
6. PAW-based WAAMのプロセス原理解明と精密制御技術の開発
(阪大接合研一東北大金研)
7. プラズマ触媒作用による低温下でのCO₂還元反応促進技術の創生
(阪大接合研一東北大金研)
8. 水との相界面を反応場とするグリーン粒子合成と特性評価
(阪大接合研一東北大金研)
9. Fabrication of hydrogen fuel catalysts with macro and meso porosity by stereolithography and high temperature liquid metal dealloying
(阪大接合研一東北大金研)
10. 高機能複相銅合金創製のための基礎的・実践的研究
(東北大金研一阪大接合研一東京科学大医歯学総合研究科一企業)
11. 高次構造制御ナノチタン酸化物により水質浄化を実現する環境配慮型水処理技術の確立
(東北大金研一阪大接合研一東京科学大医歯学総合研究科一企業)
12. ありふれた元素からなる高性能熱電変換材料の設計と開発
(東京科学大フロンティア材料研一名大未来研)
13. リン酸ビスマッスナノ粒子触媒によるメタンの直接酸化反応
(東京科学大フロンティア材料研一名大未来研)
14. 渦輪による密度成層流体の混合に関する数値的研究
(名大未来研一早大ナノ・ライフ機構)
15. プラズマ触媒作用によるメタネーション技術の創生
(阪大接合研一名大未来研)
16. ナノ材料の低次元・多元素化と界面機能探索
(阪大接合研一名大未来研)
17. 原子膜技術による革新的蓄電デバイスの創成
(名大未来研)
18. 異常ネルスト効果を基軸としたスピント熱磁気発電材料の開発
(名大未来研一東北大金研)
19. 異常ネルスト効果を基軸としたスピント熱磁気発電デバイス化技術の開発
(名大未来研一東京科学大フロンティア材料研)
20. 熱分解誘起相分離を用いた機能性セラミックス粒子の創成
(名大未来研一東京科学大フロンティア材料研)
21. CeO₂系ナノ粒子によるナノギャップ酸素センサー
(名大未来研一東京科学大フロンティア材料研)
22. 水溶媒が創出する新規吸着材
(名大未来研一東京科学大フロンティア材料研)
23. 無機ナノシートの構造物性解明
(名大未来研一東京科学大フロンティア材料研)
24. 低温作動固体酸化物形燃料電池の高次ナノ・ミクロ構造制御
(名大未来研一阪大接合研)
25. 多孔性ナノシート化の合成基盤確立と革新的熱電材料の創成
(名大未来研一早大ナノ・ライフ機構)
26. 欠陥制御による蓄電材料開発
(名大未来研)
27. 有機リッドスフロー電池の開発
(早大ナノ・ライフ機構)
28. 新しいLiイオン伝導性高分子電解質の開発
(早大ナノ・ライフ機構)
29. 高屈折率高分子材料の開発
(早大ナノ・ライフ機構)
30. IV族系半導体を用いたマイクロ熱発電デバイスの開発
(早大ナノ・ライフ機構)
31. 高密度カーボンナノチューブ膜形成必要条件の探索
(早大ナノ・ライフ機構)
32. グラフェン/金属/SiCの局所電子状態の解明
(早大ナノ・ライフ機構一名大未来研)
33. 先進的合成手法を駆使した高機能非鉛鉛材料の探索
(東京科学大フロンティア材料研一東北大金研)
34. 計算科学に立脚した新規無機材料の設計・探索
(東京科学大フロンティア材料研一東北大金研)
35. 機械学習を用いた半導体・誘電体材料探索手法の開発
(東京科学大フロンティア材料研一東北大金研)
36. 高難度酸化反応を可能とする金属酸化物触媒の開発
(東京科学大フロンティア材料研一東北大金研一名大未来研)

○バイオ・医療機器材料分野

1. 表面組成・構造制御による抗菌・ウイルス不活化機能の向上
(阪大接合研一東京科学大フロンティア材料研)
2. 造形場の温度制御による高強度LPBF Ti64合金の集合組織の微細化と等方化
(阪大接合研一東北大金研)
3. Future directions in medical alloy design: Ti-based alloys and their fabrication via additive manufacturing techniques
(阪大接合研一東北大金研)
4. 可視光応答型酸化チタンの開発および医療応用
(東北大金研一東北大学歯学研究所一東京科学大生材研)
5. がん治療用セラミックスの創製
(東北大学歯学研究所一東京科学大生材研)
6. マイクロ流体デバイスを用いた培養神経回路の構造機能制御
(東北大学電気通信研究所一早大ナノ・ライフ機構)
7. 金属ガラスの温間加工性を向上するための加熱条件最適化解析
(東北大金研一阪大接合研)
8. インプラント表面のマテリアルデザインー生体活性と抗菌性の両立ー
(東北大金研一東京科学大物質理工学院)
9. 血管治療機器用AuCuAl生体用形状記憶合金の開発
(東北大学歯学研究所一東京科学大フロンティア材料研)
10. セラミック人工歯の光造形アディティブ・マニファクチャリング
(阪大接合研一東北大学歯学研究所)
11. 歯科用セラミック部材の精密アディティブ・マニファクチャリング
(阪大接合研一東北大学歯学研究所)
12. 生体用形状記憶合金の開発と機能評価
(東北大学歯学研究所一東京科学大フロンティア材料研)
13. 可視光応答型TiO₂による抗菌・抗ウイルス表面の創製
(東北大学歯学研究所一東北大学歯学研究所)
14. ナノチタン酸化物の高次構造・集積制御
(東京科学大医歯学総合研究科一阪大接合研一東北大金研)
15. 鉄含有チタン二相合金の強度解析手法の確立と強化因子の特定
(阪大接合研一東北大金研)
16. がん治療用セラミックスの創製
(東京科学大生材研一東北大金研一阪大接合研)
17. 可視光応答型抗菌性・骨結合性チタンの創製
(東京科学大生材研一東北大金研一阪大接合研)
18. 超高靱性セラミックス骨修復材料の創製
(東京科学大生材研一阪大)
19. 診断と治療を両立する多機能骨修復材料の創製
(東京科学大生材研一名大)
20. コバルトクロム合金部分義歯床の積層造形
(東京科学大)
21. 区画化型スキャンストラテジーを駆使した歯科補綴装置の高機能・長寿命化
(東京科学大)
22. 荷電ハイドロキシアパタイトを用いた下肢虚血に対する血管新生治療
(東京科学大)
23. X線透視性と強度を兼ね備えた新規歯内療法セメントの開発
(東京科学大)
24. 積層造形法を用いたスポーツ用フェイスシールドの開発・評価
(東京科学大)
25. ナノチタン酸化物の高次構造・集積制御
(東京科学大一阪大接合研一東北大金研)
26. 三次元積層造形による人工歯の作製と評価
(東京科学大)
27. 脱細胞化組織と無機材料・金属材料のハイブリッド化
(東京科学大生材研)
28. マクロファージによるインプラント材料の生体反応評価
(東京科学大生材研)
29. ポロン酸保護基を用いた新規開裂反応化学の開発
(東京科学大生材研)
30. 新規ポロン酸複合体の構造解析
(東京科学大生材研)
31. 新規ポロン酸複合体の電子状態の解析
(東京科学大生材研)
32. ポロン酸複合体の開裂反応速度制御による高分子機能材料の創成
(東京科学大生材研)
33. 貼るだけ人工臓器の開発
(東京科学大生材研)
34. mRNAデリバリー技術の開発
(東京科学大生材研)
35. 経皮的な服薬管理技術の開発
(東京科学大生材研)
36. ポロン酸による分子認識を応用した診断・治療技術
(東京科学大生材研一東北大金研)
37. リン酸カルシウム系化合物の骨形成促進の新規人工骨による骨形成実験
(東京科学大)
38. セラミック人工歯の光造形アディティブ・マニファクチャリング
(東北大金研一名大未来研一阪大接合研一東京科学大生材研)
39. 歯科用セラミック部材の精密アディティブ・マニファクチャリング
(東北大金研一名大未来研一阪大接合研一東京科学大生材研)
40. 診断と治療を両立する多機能骨修復材料の創製
(東京科学大生材研一名大未来研)
41. 水との相界面を反応場とする粒子合成と機能探索
(阪大接合研一名大未来研)
42. 気流制御と深紫外線LEDの融合によるウイルス不活化装置の開発
(名大未来研一早大ナノ・ライフ機構)
43. ウイルス不活化機能をもつエアーカーテン装置の創出
(名大未来研一早大ナノ・ライフ機構)
44. 血管治療機器用AuCuAl生体用形状記憶合金の開発
(東京科学大フロンティア材料研一東京科学大生材研一東北大学歯学研究所)

○情報通信材料分野

1. マルチスケール材料融合によるはんだ材料の高機能化
(阪大接合研一東北大金研)
2. アモルファス半導体を用いた薄膜トランジスタの低温形成に向けたプラスプロセス技術の開発
(阪大接合研一東京科学大フロンティア材料研)
3. MnBi電析膜の作製と磁気特性
(東北大金研一早大ナノ・ライフ機構)
4. 新規ハーフメタル型フェリ磁性体の探索研究
(東北大金研一)※連携先募集中
5. ナノ構造誘起規則化による強磁性体ナノワイヤを用いたスピンドバイスの創製
(東京科学大フロンティア材料研一名大未来研)
6. 強誘電体ナノシートによるナノクロスポイント強誘電体トンネル接合の開発
(東京科学大フロンティア材料研一名大未来研)
7. 非晶質Fe₃O₄-Bi₂O₃-B₂O₃の光電物性
(東京科学大フロンティア材料研一名大未来研)
8. 反応性スパッタ法を用いた重金屬酸化物の薄膜成長
(東京科学大フロンティア材料研一名大未来研)
9. 室温ナノシート集積技術の高度化とセラミックス製造の革新
(名大未来研一阪大接合研)
10. 計算科学・データ科学を活用した新規半導体の設計と開発
(東京科学大フロンティア材料研一早大ナノ・ライフ機構)
11. アモルファス酸化物半導体の新規応用の開発
(東京科学大フロンティア材料研一阪大接合研)



国際・産学連携 インヴァースイノベーション 材料創出プロジェクト (出島プロジェクト)

東北大学 金属材料研究所

東北大学 [片平キャンパス]

〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平2-1-1

URL <http://www.imr.tohoku.ac.jp/>

東京科学大学 フロンティア材料研究所

東京科学大学 [すすかけ台キャンパス]

〒226-8501 神奈川県横浜市緑区長津田町4259

URL <http://www.msl.titech.ac.jp/>

大阪大学 接合科学研究所

大阪大学 [吹田キャンパス]

〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘11-1

URL <http://www.jwri.osaka-u.ac.jp/>

【組織整備事業】

マテリアル革新力強化のための
5大学6研究所間連携体制の構築
(コア出島・マルチ出島)

主幹校

大阪大学 接合科学研究所

名古屋大学 未来材料・システム研究所

名古屋大学 [東山キャンパス]

〒464-8603 愛知県名古屋市中区不老町

URL <http://www.imass.nagoya-u.ac.jp/>

東京科学大学 生体材料工学研究所

東京科学大学 [駿河台キャンパス]

〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台2-3-10

URL <http://www.tmd.ac.jp/ibb/>

〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘11-1

Tel: 06 (6879) 4370 Fax: 06 (6879) 4370

早稲田大学 ナノ・ライフ創新研究機構

早稲田大学 [早稲田キャンパス]

〒162-0041 東京都新宿区早稲田鶴巻町513

URL <https://www.waseda.jp/inst/nanolife/>

報告書の発行にあたって

「国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出（DEJI²MA）プロジェクト」は、6 研究所間の金属、無機材料、環境・エネルギー、生体・医療、エレクトロニクスにおける世界屈指の研究開発基盤を融合し、各研究所の学術研究を基軸に、従来の研究開発アプローチ（学術的成果から応用開発を志向）とは逆に、社会的要求を起点に、6 研究所がもつ専門性のある学術研究を融合することで新たな課題を再設計して課題解決を目指します。ゆえに、本プロジェクトでは、更なる産学連携活動の強化や民間企業との共同研究の促進を期待するところであります。昨年と同様、出島コンソーシアムとしては、会員限定のセミナーを開催するなど積極的に活動を行いました。その結果、大学と企業を結ぶ組織としての役割を担う出島コンソーシアムの企業会員数が 100 名となり一つの目標を達成することができました。引き続き、環境・エネルギー材料分野、バイオ・医療機器材料分野材料、情報通信材料分野の 3 つの研究活動分野において、社会課題から学術成果を融合し、新たな課題を再設計することで課題解決を目指しています。今年度は、東京工業大学と東京医科歯科大学が統合し、東京科学大学となり、本プロジェクトも 5 大学連携となりましたが研究所としてはかわらず 6 研究所として共に協力し、挑戦していくことで新たに研究の幅を広げ社会に貢献していく所存であります。

本報告書には東北大学金属材料研究所での研究概要ならびに研究成果や活動内容を収録いたしました。本報告書が、本プロジェクトに携わる 5 大学 6 研究所研究者の連携を一層強め、研究発展の一助となること願う次第です。本プロジェクト関係者一同、次年度も精進してまいりますので、今後ともご支援を賜りますようお願い申し上げます。

国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト
東北大学金属材料研究所プロジェクトリーダー 加藤 秀実

令和 6 年度 東北大学 金属材料研究所
国際・産学連携インヴァースイノベーション
材料創出プロジェクト
研究成果報告書

発行日	令和 7 年（2025 年）3 月
編集責任	加藤 秀実、目代 貴之
発行所	東北大学 金属材料研究所 〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平 2 丁目 1 番 1 号 共同研究プロジェクト棟 2F TEL: 022-215-2712 FAX: 022-215-2381
