

研究業績

先進機能材料研究部門・環境材料研究グループ

<論文>

“Atomic-Scale Behavior of Perovskite-Supported Ir-Pd-Ru Nanoparticles under Redox Atmospheres”

X. Q. Tran, T. Yamamoto, K. Aso, S. Yoshioka, K. Kusada, H. Kitagawa, M. Haneda, Y. Kawami, S. Matsumura

Nano Letters, **24** (35), 11108-11115 (2024)

自動車排ガス浄化に革新をもたらす「スマート触媒」の実現に向け、 $\text{LaFe}_{0.95}\text{Pd}_{0.05}\text{O}_3$ 担持 Ir-Pd-Ru ナノ触媒を用い、酸化還元雰囲気下における貴金属の原子スケールでの挙動を観察した。特に Ir および Ru の可逆的な溶解・析出が確認され、Pd は限定的に起こることが示された。還元後には 3 元素が再び合金化し、これが触媒活性の維持と自己再生機能、粒子凝集の抑制に寄与していることを明らかにした。

“Experimental and Computational Insights into the Catalytic Mechanism of $\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_x\text{CoO}_{3-\delta}$ Perovskite Oxides with a Controlled Crystal Structure”

T. Kajino, R. Sugimoto, T. Ueda, S. Fukuura, T. Yumura, M. Haneda, S. Hosokawa

Inorganic Chemistry, **63** (24), 10980-10986 (2024)

A サイト元素を調整することで構造制御可能な Co 系ペロブスカイト酸化物 $\text{Y}_{1-x}\text{Ba}_x\text{CoO}_{3-\delta}$ ($x = 0, 0.5, 1.0$) を合成し、CO 酸化性能を比較した。特に立方晶構造の YCoO_3 ($x = 0$) は、他の構造と比べ高い触媒性能を示した。同位体実験により、この反応は格子酸素を用いない Langmuir-Hinshelwood 機構で進行することが判明した。密度汎関数理論から、 YCoO_3 の電子構造と酸素活性化能が触媒活性に寄与することを示した。

“Room Temperature Reduction of Nitrogen Oxide on Iron Metal-Organic Frameworks”

M. Daturi, V. Blasin-Aubé, J. W. Yoon, P. Bazin, A. Vimont, J.-S. Chang, Y. K. Hwang, Y.-K. Seo, S. Jang, H. Chang, S. Wuttke, P. Horcajada, M. Haneda, C. Serre

Advanced Materials, **36** (31), 2403053 (2024)

環境下での持続可能な NOx 除去手法を目指し、理論

計算、材料設計、最先端分析、酵素模倣のアプローチを用いて、Fe (II/III) を含む多孔性ハイブリッド MOF 材料の性能を検証した。その結果、水と酸素の存在下、還元剤なしで室温において NOx を N_2 と O_2 へ分解可能であることが明らかとなった。

“Facilitation of Pd-Ru Mixing in Nanoalloys of Immiscible Palladium and Ruthenium by NO Adsorption”

Y. Nanba, M. Haneda, M. Koyama

The Journal of Physical Chemistry C, **128** (36), 14937-14946 (2024)

NO 吸着時における PdRu ナノ合金の安定な表面構造を、FT-IR 分光法、進化戦略 (ES)、第一原理計算および多変量解析を用いて解析した。NO は Ru サイトに優先的に吸着し、単体ナノ合金の安定構造とは異なる表面状態を示した。ES により、NO 吸着により Ru が表面に富む構造が安定化することが明らかとなり、Pd-Ru 混合も促進された。吸着エネルギーは Pd 近傍の Ru サイトでより負になり、このエネルギー利得が構造変化を駆動源であることを示した。

“Atomic behaviors in PdRu solid-solution nanoparticles on $\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$ support for the three-way catalytic reaction”

O. Seo, A. Tayal, J. Kim, K. Kusada, T. Yamamoto, J. Tang, S. Hiroi, C. Song, K. Sato, K. Nagaoka, M. Haneda, K. Kato, S. Matsumura, H. Kitagawa, O. Sakata

Materials Today Catalysis, **7**, 100078 (2024)

Rh を用いない三元触媒として $\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2$ 担持 PdRu 固溶体ナノ粒子の原子レベルでの挙動を、ガス変換解析、電子顕微鏡観察、in-situ XAFS により解明した。加熱処理により粒子は成長し、Pd および Ru に富む相へ分離した。模擬三元触媒反応では、酸化還元反応の多くが Ru で進行する一方、Pd は NO の還元や CO 、 C_3H_6 の酸化に主要な役割を果たすことが明らかとなった。

“Surface analysis of thermally stable Pt loaded CeO₂–ZrO₂ using colloidal Pt for TWC application”

H. Tanaka, Y. Endo, M. Haneda

Catalysis Science & Technology, 15, 1473-1481 (2025)

Ptの凝集抑制による高活性な三元触媒（TWC）の実現を目指し、異なるPt前駆体を用いてCeO₂–ZrO₂担持Pt触媒（Pt/CZ）のPt–担体間相互作用を調整した。コロイド状Pt（C-Pt）を用いたPt/CZは、空气中1000°Cでの劣化処理後も高い排ガス浄化性能を示したが、N₂中での処理では逆の傾向を示した。IR解析により、従来のPt前駆体（Pt-P）由来のPtは酸化的雰囲気で酸化されやすく、凝集が顕著であることが明らかとなった。一方、C-Ptは凝集が抑制された。さらに、TPRやメタノールを用いたIR解析から、Ptと担体の界面の広さが酸化還元特性に影響することが示された。

“Elucidating the role of surface Ce sites in the enhanced low temperature reduction of Pd-loaded CeO₂–ZrO₂ using infrared spectroscopy”

H. Tanaka, Y. Endo, M. Haneda

Catalysis Science & Technology, 15, 1482-1491 (2025)

La₂O₃–CeO₂–ZrO₂混合酸化物（LCZ）およびPd担持LCZ（Pd/LCZ）の還元挙動を赤外分光法（IR）により詳細に解析した。CO-TPR中にCe³⁺の電子遷移（2F_{5/2} → 2F_{7/2}）に由来する赤外吸収ピークを検出し、Ceの還元速度を評価可能とした。さらに、メタノールをプローブ分子として用いたIRにより、各還元段階における表面Ceサイトの状態も明らかにした。その結果、Pdの存在により表面Ceの還元が著しく促進され、その後にバルクCeの還元が進行することが示された。

“Study on reducibility optimization on BaTiO₃ for enhancing C₂ yield in the oxidative coupling of methane”

R. Gan, H. Miyazaki, M. Haneda, T. Hayakawa

Materials Research Bulletin, 188, 113415 (2025)

メタン酸化カップリング（OCM）反応におけるBaTiO₃の触媒性能向上を目的として、表面ドーピングを検討した。希土類、アルカリ土類、遷移後金属酸化物を含浸法で表面修飾し、バルク構造を維持しつつ還元性と安定性を最適化した。XRD、XPS、H₂-TPRなどの解析から、表面酸化物とTiの相互作用が還元性とC₂収率に強く関係することが示された。

<著書>

「マイクロ波の工業応用 事例集～加熱、乾燥、化学反応、分解～」

第5章 触媒化学分野への応用

第7節 マイクロ波加熱を利用した金属ナノ粒子の合成と触媒反応への応用

西田吉秀・佐藤勝俊・永岡勝俊

触媒は、目的の化学反応を効率的に進行させる材料であり、カーボンニュートラルのためのキーマテリアルとして注目されている。工業的には固体の触媒（不均一系触媒）が多用されており、触媒反応は「触媒（固体）表面への原料分子の吸着」、「活性化と反応」、「生

成物の脱離」から構成される。特に、「吸着」は触媒反応が駆動するためのスタートであり、触媒表面でのみ起こる現象であることから、比表面積の大きいナノ粒子が触媒として有効に作用する。一方、対象とする化学反応によって触媒の適した状態（元素、粒径、形状、電子状態）は多種多様であり、高性能化には触媒の造り込みが必須である。本稿では、金属ナノ粒子の代表的な調製法である化学的還元法（液相還元法）に對してマイクロ波加熱を適応した際のナノ粒子の粒径制御法と合金化手法について、事例を紹介する。

＜ポスター発表＞

“In situ DRIFTS on CO₂ hydrogenation to hydrocarbons over iron-based catalysts under high pressure conditions”

K. Ishigai, Y. Nishida, Y. Bando, A. Shida, T. Komanoya, Y. Nakahara, M. Haneda

18th International Congress on Catalysis, 14-19 July, 2024, Lyon, France

「自動車排ガス浄化触媒における N₂O/NH₃ 生成メカニズム解明」

小川亮一・大石隼輔・富樫ひろ美・羽田政明

第 134 回触媒討論会、2024 年 9 月 18-20 日、名古屋大学

「結晶構造を制御した担体上の Ir-Rh 触媒の状態解析」

山岸弘奈・青野剛輝・鈴木貴博・大石隼輔・西田吉秀・羽田政明

第 38 回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム、2025 年 1 月 10-12 日、つくば

＜受賞＞

「名古屋工業大学 若手研究イノベータ 奨励賞」

西田吉秀

2025 年 3 月 24 日

先進機能材料研究部門・エネルギー材料研究グループ

＜論文＞

“Role of polyvinylpyrrolidone in the polyol synthesis of platinum nanoparticles”

Y. Xin, T. Nagata, K. Kato, Y. Xu, T. Shirai

Nanoscale Advances, 6, 3034 (2024)

本論文では、ポリオール反応を用いて異なる表面修飾剤 (PVP) / 金属 (白金) イオン前駆体のモル比の下で白金ナノ粒子合成し、合成された白金ナノ粒子の異なる溶媒中のサイズ分布、結晶構造、固相形態、粒子表面に修飾された PVP の化学状態および反応過程中白金イオンの還元挙動を詳しく調査することによって、粒子形成およびサイズ制御との関連性を初めて解明した。

“Ultra-fast synthesis of WO₂-W₁₈O₄₉/FeWO₄ composites for Near-infrared driven photocatalysis”

K. Kato, N. K. S. Ari Warsani, Y. Xin, Y. Xu, T. Shirai

Journal of Alloys and Compounds, 991, 174526 (2024)

本論文では、マイクロ波を利用した WO₃/Fe 系固相反応による WO₂-W₁₈O₄₉/FeWO₄ 複合材料の超高速合成法を開発した。従来の電気炉加熱法では形成が困難な階層的ヘテロ構造 (p-n 接合) 構築により広域波長応答性を実現するとともに、近赤外照射下での色素分解反応において 3 桁以上の光触媒活性向上を達成した。

“Fast synthesis of Ti³⁺ self-doped TiO₂/few-layer graphene oxide core/shell nanoparticles for sustainable photocatalytic water purification”

K. Kato, R. Matsui, Y. Xin, Y. Xu, T. Shirai

Applied Surface Science, 664, 160280 (2024)

本論文では、Ti³⁺ 自己ドープ TiO₂ コアと数層酸化グラフェンからなる複合ナノ粒子を in-situ で実現する革新的マイクロ波技術を開発した。多機能性 (広域光吸収、高効率キャリア分離、高分子吸着能) 及びホモ / ヘテ

口構造による空間電荷分離の達成により、大幅な光触媒活性の向上に成功した。

“Fast microwave synthesis of $\text{WO}_{2.9}-\text{W}_{18}\text{O}_{49}/\text{carbon}$ particles for near infrared-driven photocatalytic water remediation”

K. Kato, Y. Xin, Y. Xu, T. Shirai

Material Research Bulletin, 179, 112941 (2024)

本論文では、マイクロ波プラズマ法を用いた $\text{WO}_{2.9}-\text{W}_{18}\text{O}_{49}$ (マグネリ相) / カーボン複合粒子の in-situ 高速合成手法を開発した。得られた複合粒子は、紫外-近赤外光領域 (200 ~ 850 nm) にわたる広範な光吸収特性を示し、近赤外光照射下において光触媒による色素分解速度が原料比 2 桁以上の向上した。 $\text{WO}_{2.9}-\text{W}_{18}\text{O}_{49}$ 構造の形成が励起電子 - 正孔対の空間的分離を促進する一方、カーボンが色素分子に対する効果的な吸着剤として機能することが明らかとなった。

“Pt/facet-engineered hydroxyapatite co-catalyst for highly efficient hydrolysis of ammonia borane”

H. Kamiya, K. Kato, Y. Xin, Y. Xu, T. Shirai

Catalysis Letters, 154, 6012-6021 (2024)

本論文では、アンモニアボラン (AB) からの水素生成効率向上を目的として、結晶面制御を施したハイドロキシアパタイト (HAp) と白金 (Pt) を組み合わせた新規共触媒システムを開発した。従来、HAp は触媒担体として利用されるものの、それ自体に顕著な触媒活性はないとされてきた。HAp の特定結晶面 ($\{300\}/\{002\}$) を制御することで、Pt の担持量を変化させることなく、担体と Pt 触媒間の相互作用を最適化することで数倍の触媒活性 (TOF) 向上が確認された。

“Bi-functional hydrogen tungsten bronze/carbon composite catalysts towards biomass conversion and solar water purification”

A. Yabuki, K. Kato, Y. Xin, Y. Xu, T. Shirai

Materialia, 38, 102249 (2024)

本論文では、水素タングステンブロンズ (H_xWO_3) / カーボン複合触媒を開発し、バイオマス変換と水質浄化の双機能性を実証した。本複合材料は、セルロースの加水分解反応において 5-ヒドロキシメチルフルフラール (HMF) を選択的に生成する優れた触媒活性を示すとともに、高い可視光応答性及び有機汚染物質の光触媒分解においても卓越した性能を発揮することが明らかとなった。

“Multi-functional $\text{HxMoO}_{3-y}-\text{MoO}_2/\text{carbon}$ composite particles for water remediation”

K. Kato, Y. Xin, Y. Xu, T. Shirai

ACS Applied Materials & Interfaces, 16, 65970 (2024)

本論文では、酸化モリブデン / カーボン系複合粒子の常温・短時間合成可能なメカノケミカルプロセスを新たに開発した。開発された複合粒子は、紫外から近赤外域にわたる広範な光吸収能を示し、優れた光熱変換効果、光触媒能、酸触媒能、及び重金属吸着能を有することが確認された。これらの多機能性により、水質浄化・淡水化用触媒材料として高い性能を発揮することが明らかとなった。

“Multi-step thermal design of microwave vacuum heating to basaltic regolith simulant towards lunar base construction”

K. Kato, T. Shirai

Scientific Reports, 14, 28231 (2024)

本論文では、マイクロ波真空加熱技術を用い、月面模擬砂のみを原料として世界最高水準の圧縮強度を有する建材の作製に成功した。高真空環境下における月面模擬砂の化学構造およびマイクロ波吸収特性の動的挙動を詳細に解析し、従来課題であった加熱中の熱暴走発生メカニズムを解明した。これらの知見を基に開発された多段階加熱制御法により、三次元ガラスネットワーク形成を促進すると同時に、材料の形状変形を効果的に抑制することに成功した。本成果は、月面有人探査や長期滞在ミッションの実現に向けたインフラ構築を大きく前進させる重要な研究成果である。

“Crystal-Oriented Hydroxyapatite Ceramic Sheets Tailored in a Novel Tape Casting Process of Powder Mixture System”

Y. Xin, Y. Murakami, T. Shirai

Journal of the Ceramic Society of Japan, 133 (3), 67-70 (2025)

本論文では、異なる形態を持つ水酸アパタイト粒子の混合粉体と市販アクリル樹脂バインダーのみで調整したスラリーを出発原料としてテープキャスティング法より一次膜を作製し、一次膜の積層および面内・面外方向の切断により異なる軸に配向した水酸アパタイトシート (厚み: 数百ミクロン) の新たな結晶配向セラミックスの作製手法を紹介した。また、混合粉体中異なる粉体の割合や焼結温度における作製した水酸アパタイトシート中の結晶配向度および最表面の結晶構造変化について詳しく議論した。

“Elimination of volatile organic compound by hydroxyapatites derived from waste bone biomass”

Y. Xin, T. Shirai

Journal of the Ceramic Society of Japan, 133 (5), 220-224 (2025)

本論文では、バイオマスの廃棄骨を用いて熱処理によ

り水酸アパタイトを作製し、貴金属代替触媒として揮発性有機物の分解特性を検討した。廃棄骨の回収部位の違いおよび熱処理温度の変化により、作製した水酸アパタイトの化学組成、結晶構造および表面化学状態を評価し、揮発性有機物の吸着性を調査することにより、触媒特性との関連性について詳しく議論した。

< 総説・解説・報文・その他 >

「月資源を用いた拠点基地建設材料の製造と施工方法の技術開発」

新村 亮・田島孝敏・白井 孝・加藤邦彦・藤田雅之
建設機械, Vol.60, No.5, 35-39, 2024

“Recycling of Fly Ash Resource in Ceramic Processing: Reaction Mechanism and Structure Controlling”

T. Sangu, Y. Xin, K. Kato, Y. Xu, T. Shirai

先進セラミックス研究センタ一年報 (2023), Vol. 12, 6-15 (2024)

「導電性ナノカーボン／セラミックス複合体の研究動向と炭素構造制御による材料設計」

舟橋由晃・辛 韵子・加藤邦彦・白井 孝

先進セラミックス研究センタ一年報 (2023), Vol. 12, 16-21 (2024)

< 口頭発表 >

「海外報告：スイスとわたし」

加藤邦彦

日本セラミックス協会東海支部 第 66 回東海若手セラミスト懇話会 2024 年夏期セミナー、2024 年 6 月 13-14 日、下呂

“Tea Wares Do Change the Flavor of Tea: Glaze Induced Catalytic Degradation of Catechins”

Y. Xin, N. Takemoto, K. Kato, Y. Xu, T. Shirai

The 10th International Symposium on Functional Materials (ISFM2024), 3-6 August, 2024, Tohoku University, Japan

“Molybdenum oxides/carbon composite photocatalyst for near-infrared-driven water remediation”

K. Kato, Y. Xin, Y. Xu, T. Shirai

The 10th International Symposium on Functional Materials (ISFM2024), 3-6 August, 2024, Tohoku University, Japan

“Mechanochemically Engineered Silicon Quantum Dots: Achieving Wavelength-Tunable Photoluminescence”

Y. Xu, Y. Xin, K. Kato, T. Shirai

The 10th International Symposium on Functional Materials (ISFM2024), 3-6 August, 2024, Tohoku University, Japan

「MoO_x/カーボン系多機能型環境浄化触媒のメカノケミカル合成」

加藤邦彦・辛 韵子・徐 玉萍・白井 孝

日本セラミックス協会 第 37 回秋季シンポジウム、2024 年 9 月 10-12 日、名古屋大学

「表面状態の異なるシリカ粒子から溶出するケイ酸塩イオン構造とその形成機構」

三宮拓実・辛 韵子・加藤邦彦・徐 玉萍・白井 孝
日本セラミックス協会 第 37 回秋季シンポジウム、2024 年 9 月 10-12 日、名古屋大学

「Ga 系合金を用いて合成した二次元 γ -アルミナの表面構造解析」

神谷遙斗・加藤邦彦・辛 韵子・徐 玉萍・白井 孝

日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム、
2024年9月10-12日、名古屋大学

「組成制御した釉薬における第一遷移金属の影響と茶カテキンとの反応性」

竹本直矢・辛 韵子・加藤邦彦・徐 玉萍・白井 孝
日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム、
2024年9月10-12日、名古屋大学

“Turning Biomass into Ultrabright Carbon Nano Onion through Microwave-Driven Pyrolysis in Seconds”

Y. Xin, K. Kato, Y. Xu, T. Shirai
European Materials Research Society (E-MRS) 2024
Fall Meeting, 16-19 September, 2024, Warsaw
University of Technology, Poland

“Multi-functional $H_xMoO_{3-y}-MoO_2$ /carbon catalyst for near-infrared-driven water remediation”

K. Kato, Y. Xin, Y. Xu, T. Shirai
European Materials Research Society (E-MRS) 2024
Fall Meeting, 16-19 September, 2024, Warsaw
University of Technology, Poland

“Synthesis of γ -Al₂O₃ 2D-particles with abundant Al^V”

H. Kamiya, K. Kato, Y. Xin, Y. Xu, T. Shirai
European Materials Research Society (E-MRS) 2024
Fall Meeting, 16-19 September, 2024, Warsaw
University of Technology, Poland

「陶磁器釉薬表面の触媒作用による緑茶カテキンの構造変化」

白井 孝
石川県次世代産業育成講座・新技術セミナー、2024
年11月21日、石川（依頼講演）

「SDGsに資するセラミックスのつくりかた」

白井 孝
2024年度 日本セラミックス協会北陸支部秋季研究発
表会、2024年11月22日、石川（特別講演）

「石炭灰粉体中における未燃炭素の化学構造によるメカノケミカル活性化への影響」

三宮拓実・辛 韵子・加藤邦彦・徐 玉萍・白井 孝
2024年度 日本セラミックス協会東海支部学術研究発
表会、2024年12月7日、名古屋大学

「液体金属合金の水和反応制御による AlO(OH) ナノシートの結晶配向成長」

神谷遙斗・加藤邦彦・辛 韵子・徐 玉萍・白井 孝
2024年度 日本セラミックス協会東海支部学術研究発
表会、2024年12月7日、名古屋大学

「異なる遷移金属種を用いた釉の構造制御および茶カテキンとの反応性」

竹本直矢・辛 韵子・加藤邦彦・徐 玉萍・白井 孝
2024年度 日本セラミックス協会東海支部学術研究発
表会、2024年12月7日、名古屋大学

「MoO_x/カーボン系次世代水質浄化触媒のメカノケミカル合成」

加藤邦彦・辛 韵子・徐 玉萍・白井 孝
2024年度 日本セラミックス協会東海支部学術研究発
表会、2024年12月7日、名古屋大学

「メカノケミカル還元法による酸化鉄/カーボン複合粒子の合成」

藤川暁河・加藤邦彦・辛 韵子・徐 玉萍・白井 孝
2024年度 日本セラミックス協会東海支部学術研究発
表会、2024年12月7日、名古屋大学

「メカノケミカル合成によるハライドペロブスカイトの構造及び組成制御」

森川滉太・辛 韵子・加藤邦彦・徐 玉萍・白井 孝
2024年度 日本セラミックス協会東海支部学術研究発
表会、2024年12月7日、名古屋大学

“High Yield Synthesis of Silicon Nanocrystals from Hydrogen Silsesquioxane Polymer via a Green Mechanochemical Process”

Y. Wei・徐 玉萍・辛 韵子・加藤邦彦・白井 孝
2024年度 日本セラミックス協会東海支部学術研究発
表会、2024年12月7日、名古屋大学

“Precursor Structure-Driven Green and Sustainable Mechanochemical Synthesis of Functional Silicon Nanocrystals”

Y. Xu, Y. Wei, Y. Xin, K. Kato, T. Shirai
The 23rd International Symposium on Eco-Materials Processing and Design (ISEPD), 13-16 January, 2025, Osaka, Japan

“Influence of $(HSiO_{1.5})_n$ Sol-Gel Polymer Structure on High-yield Synthesis of Silicon Nanocrystals via a Green Magnesio-milling Process”

Y. Wei, Y. Xu, Y. Xin, K. Kato, T. Shirai

The 23rd International Symposium on Eco-Materials Processing and Design (ISEPD), 13-16 January, 2025, Osaka, Japan

“Influence of Al ions eluted from coal ash particles in chemical structures controlling of silicate network during solidification process”

T. Sangu, Y. Xin, K. Kato, Y. Xu, T. Shirai
49th International Conference and Expo on Advanced Ceramics and Composites (ICACC2025), 26-31 January, 2025, Daytona Beach, Florida, USA

「環境／エネルギー産業に貢献するセラミックスづくり」
白井 孝
2024年度日本セラミックス協会東海支部特別講演会、
2025年2月7日、名古屋（特別講演）

「釉薬表面における茶カテキンの構造変化と機能性釉薬の開発」
辛 韵子
日本セラミックス協会 2025年年会、2025年3月5-7日、静岡大学（招待講演）

「メカノケミカルプロセスを用いた機能性シリコンナノ粒子の作製」
徐 玉萍・W. Yuting・辛 韵子・加藤邦彦・白井 孝
日本セラミックス協会 2025年年会、2025年3月5-7日、静岡大学

「石炭灰の除炭処理による粉体表面のメカノケミカル活性化への影響」
三宮拓実・辛 韵子・加藤邦彦・徐 玉萍・白井 孝
日本セラミックス協会 2025年年会、2025年3月5-7日、静岡大学

「異なるポリマーを用いたメカノケミカル還元法の酸化鉄/カーボン複合粒子への影響」
藤川瞭河・加藤邦彦・辛 韵子・徐 玉萍・白井 孝
日本セラミックス協会 2025年年会、2025年3月5-7日、静岡大学

「ハライドペロブスカイトのメカノケミカル合成における自転・公転の影響」
森川滉太・辛 韵子・加藤邦彦・徐 玉萍・白井 孝
日本セラミックス協会 2025年年会、2025年3月5-7日、静岡大学

「化学組成制御した銅釉による茶カテキンの構造変化」
竹本直矢・辛 韵子・加藤邦彦・徐 玉萍・白井 孝
日本セラミックス協会 2025年年会、2025年3月5-7日、静岡大学

「博士後期課程を考える君へ～成長へのヒントと研究者としての武器～」
三宮拓実・辛 韵子・加藤邦彦・徐 玉萍・白井 孝
第21回日本セラミック協会マテリアル・ファブリケーション & プロダクション・デザイン研究会、2025年3月11-12日、沖縄

< ポスター発表 >

「石炭灰固化挙動における金属イオンの反応機構および化学構造評価」
三宮拓実・辛 韵子・加藤邦彦・徐 玉萍・白井 孝
日本セラミックス協会東海支部 第66回東海若手セラミスト懇話会 2024年夏期セミナー、2024年6月13-14日、下呂

「Ga系合金を用いた高配位欠陥2次元 γ -アルミナ合成」
神谷遙斗・加藤邦彦・辛 韵子・徐 玉萍・白井 孝
日本セラミックス協会東海支部 第66回東海若手セラミスト懇話会 2024年夏期セミナー、2024年6月13-14日、下呂

「マイクロ波反応場を用いた (WMo) Ox 粒子の高速合成」
矢吹晃隆・加藤邦彦・辛 韵子・徐 玉萍・白井 孝
日本セラミックス協会東海支部 第66回東海若手セラミスト懇話会 2024年夏期セミナー、2024年6月13-14日、下呂

「組成制御した釉による茶カテキン構造への影響」
竹本直矢・辛 韵子・加藤邦彦・徐 玉萍・白井 孝
日本セラミックス協会東海支部 第66回東海若手セラミスト懇話会 2024年夏期セミナー、2024年6月13-14日、下呂

“Tea Ware Does Change the Flavor of Tea: Glaze-Induced Catalytic Degradation of Catechins”

Y. Xin, K. Kato, Y. Xu, T. Shirai

European Materials Research Society (E-MRS) 2024 Fall Meeting, 16-19 September, 2024, University of Technology, Warsaw, Poland

“Synthesis of Pt/facet-controlled hydroxyapatite composite particles towards catalytic hydrolysis of ammonia borane”

H. Kamiya, K. Kato, Y. Xin, Y. Xu, T. Shirai

European Materials Research Society (E-MRS) 2024 Fall Meeting, 16-19 September, 2024, University of Technology, Warsaw, Poland

「自転・公転を制御したメカノケミカル反応によるハイドペロブスカイトの精密合成」

森川滉太・辛 韵子・加藤邦彦・徐 玉萍・白井 孝
第21回日本セラミックス協会マテリアル・ファブリケーション & プロダクション・デザイン研究会、
2025年3月11-12日、沖縄

「メカノケミカル処理による $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Fe}_3\text{O}_4$ /カーボン複合粒子の合成及びフォトサーマル特性」

藤川暉河・加藤邦彦・辛 韵子・徐 玉萍・白井 孝
第21回日本セラミックス協会マテリアル・ファブリケーション & プロダクション・デザイン研究会、
2025年3月11-12日、沖縄

<受賞>

「優秀発表賞」

竹本直矢・辛 韵子・加藤邦彦・徐 玉萍・白井 孝
日本セラミックス協会東海支部 第66回東海若手セラミスト懇話会 2024年夏期セミナー、2024年6月13-14日、下呂

「MFD大賞」

神谷遙斗・加藤邦彦・辛 韵子・徐 玉萍・白井 孝
日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム、
2024年9月10-12日、名古屋大学

「優秀発表賞」

三宮拓実・辛 韵子・加藤邦彦・徐 玉萍・白井 孝
日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム、

2024年9月10-12日、名古屋大学

「日本粉体工業技術協会奨励賞 優秀研究賞」

加藤邦彦
POWTEX2024 国際粉体工業展東京「アカデミックコーナー～若手研究者が語る未来の粉体技術～」、
2024年11月28日、東京

「日本粉体工業技術協会奨励賞 研究奨励賞」

辛 韵子
POWTEX2024 国際粉体工業展東京「アカデミックコーナー～若手研究者が語る未来の粉体技術～」、
2024年11月28日、東京

先進材料設計研究部門・材料創製研究グループ

<論文>

「無焼成固化法によるマグネタイト-シリカ複合体の作製とマイクロ波発熱特性評価」

石井健斗・吉田祐生・早野大介・藤 正督

J. Jpn. Soc. Powder Powder Metallurgy, Advanced Publication by J-STAGE, 71 (8), 296-300, 2024
マイクロ波発熱体用のマグネタイト高含有マグネタイト

ト-シリカ ($\text{Fe}_3\text{O}_4\text{-SiO}_2$) 複合材料を非焼成固化法により作製した。得られた固化体の相対密度は47-57%であり、緻密体ではなかったが、シリカ相の固化により十分な機械的強度を有していた。複合体中のマグネタイトがマイクロ波加熱相として機能し、 SiO_2 相と細孔相がマイクロ波透過相として機能することで、複

合体構造内部まで均一加熱可能な構造となった。固化した複合体は、マイクロ波照射過程で酸化することなく、約 500°Cまで発熱することが明らかになった。

“Surface modification of Li_3PO_4 to $\text{Li}_{1.3}\text{Al}_{0.3}\text{Ti}_{1.7}(\text{PO}_4)_3$ (LATP) by wet chemical process and its sintering behavior”

K. Ishii, Y. Taniguchi, A. Miura, S. Miyoshi, K. Takada, G. Kawamura, H. Muto, A. Matsuda, M. Fuji, T. Uchikoshi

Journal of the ceramic society of Japan, 132 (6), 257-266, 2024

湿式化学法によるリン酸リチウムアルミニチタン (LATP) 上のリン酸リチウムの表面改質により、800°Cの焼結温度下で LATP を 90% 以上に緻密化した。この温度は、無添加の LATP よりも約 300°C 低かった。リン酸リチウムを添加した LATP の緻密化は 700°C から 800°C の間で著しく進行し、その融解に対応する吸熱ピークが同様の温度範囲で見られたことから、緻密化のメカニズムは液相焼結によるものであることが示唆された。 Li_3PO_4 の液相は、LATP との反応を含む多段階の熱分解によって生成される。リン酸リチウムを含む LATP の焼結体は約 90% の密度を示し、25°C で 3.5×10^{-4} S/cm という最高のイオン伝導度を示したことから、優れた Li イオン伝導性の固体電解質材料であることが示唆された。

“Oxygen vacancy-rich high-pressure rocksalt phase of zinc oxide for enhanced photocatalytic hydrogen evolution”

Y. Shundo, T. T. Nguyen, S. Akrami, P. Edalati, Y. Itagoe, T. Ishihara, M. Arita, Q. Guo, M. Fuji, K. Edalati

Journal of Colloid and Interface Science, 666, 22-34, 2024

光触媒による水素生成は、ゼロ・エミッション技術として、大きな関心を集めている。しかし、水分解による光触媒水素生成の主な欠点は、従来の化学的方法や電気化学的方法に比べて効率が低いことである。ウルツ鉱相を持つ酸化亜鉛 (ZnO) は、水素生成のために最も研究されている光触媒の一つであるが、その活性はまだ改善する必要がある。本研究では、高圧ねじり (HPT) 法を用いて酸素欠損の高圧 ZnO 岩塩相を安定化させ、その生成物を常圧下での光触媒反応に用いた。酸素空孔と岩塩相を同時に導入することで、光触媒による水素生成は、光吸収率の向上により、ベンチマークである P25 TiO_2 に匹敵するレベルまで効果的に改善された。

“Preparation of Hollow Silica Nanoparticles with Polyacrylic Acid and Their Moisture Sorption Properties”

Q. Wen, K. Ishii, M. Fuji

Coatings, 14 (7), 829, 2024

中空シリカナノ粒子 (HSNP) は、高い比表面積と表面水酸基により吸湿性を有する。しかし、他の吸湿性物質と比較すると、その吸湿特性は比較的弱く、HSNP 応用を制限している。HSNP の吸湿特性を向上させる方法の 1 つは、高吸湿性材料を中空シリカナノ粒子と組み合わせることである。ポリアクリル酸 (PAA) の高い吸湿性を中空粒子の高い比表面積と組み合わせることで可能となる。本研究では、PAA をナノ粒子のシリカ殻の内面および外面にコーティングし、PAA/シリカ/PAA の多層構造を持つ中空ナノ粒子を調製した。多層構造中空ナノ粒子の水蒸気吸着能は、HSNP と比較して 160% 増加した (HSNP は 45% 増加)。一方、PAA の含有量が同じ場合、PAA/シリカ/PAA 構造粒子は、PAA/シリカ構造粒子よりも 9% 多く水蒸気を吸着する。これは、中空粒子の高比表面積構造が、水蒸気に対する PAA の吸着能力を高めることを示している。この新しい構造の PAA 含有 HSNPs は、優れた湿度調整材料として期待される。

“Design of highly-sinterable LATP-CNT composite powder by sequential particle assembly for fabrication of highly electrical-conductive composite electrodes”

K. Ishii, A. Yokoi, Y. Sato, K. Hikima, G. Kawamura, W. K. Tan, H. Muto, A. Matsuda, T. Uchikoshi, M. Fuji

Advanced Powder Technology, 35 (5), 104430, 2024
多成分粒子の精密集積・複合化を実現するため、逐次粒子集積プロセスを新たに考案した。本プロセスでは、コバルト焼結助剤とカーボンナノチューブ (CNT) 導電性添加剤を、様々な静電的分散条件下で $\text{Li}_{1.3}\text{Al}_{0.3}\text{Ti}_{1.7}(\text{PO}_4)_3$ (LATP) 固体電解質粒子表面に逐次的に吸着させた。得られた複合粒子の焼結性および導電性に対する粒子集積条件の影響を系統的に調査した結果、液中の異種粒子間の静電的相互作用の最適化により、コバルトイオン修飾 LATP 相と CNT 相がナノスケールで緻密に連結した伝導経路を有する易焼結性複合電極の創製を実現した。本成果は、固体電池の高性能化に資する、焼結助剤と導電ネットワークを同時に制御できる新規なプロセスとして期待されるものである。

「カルサイトナノ粒子をテンプレートとした中空シリカ粒子の合成」

Q. Wen・棚橋郁弥・藤 正督

粉体工学会誌、61 (11)、672-679、2024

中空粒子は、低密度や高比表面積などの固体粒子とは異なる特性を持つため、様々な分野での応用が期待されている。カルサイトナノ粒子をテンプレートとして使用して中空シリカ粒子の合成過程における超音波照射の有無や添加するアンモニアの量の影響を調査した。その結果、超音波照射を伴いながら攪拌することで、より厚い殻、高い粒子密度、より小さい比表面積を持つ粒子を合成することができた。また、添加するアンモニアの量を増やすことで、厚い殻の粒子を合成できた。

「無焼成セラミックスのプロセス設計に関わるシミュレーション技術」

石井健斗・佐藤知広・藤 正督

粉体および粉末冶金、71 (9)、361-367、2024

我々の研究グループでは表面活性化セラミックス粉末にメカノケミカル処理を施し、高温焼結工程を経ずに固化させる無焼成固化法が研究されている。この方法では、セラミック粒子の表面を摩碎によって活性化し、この活性化状態を粒子同士を結合させる駆動力として利用する。本稿では無焼成プロセスにおける機械的活性化や固化過程についてシミュレーション技術を用いた評価の結果を紹介する。

“Nanoporous Carbon-Supported Bimetallic (Ni, Cu, and Fe)-MoCatalysts for Partial Hydrogenation of Biodiesel”

D. Jaruwat, N. Kaewtrakulchai, S. Siriorarnroj, A. Srifa, W. Kiatkittipong, S. Charojrochkul, M. Fuji, A. Eiad-Ua, S. Assabumrungrat

ACS OMEGA, 9, 42329-42342, 2024

部分水素化によるバイオディーゼルまたは水素化脂肪酸メチルエステル (H-FAME) のアップグレードは、優れた低温流動特性、高い酸化安定性、有害ガス排出量の低減などの高い比燃料特性を有する第二世代バイオ燃料であり、このバイオ燃料は従来のバイオディーゼルを上回る優れた燃料特性を提供することができる。本研究では、キャットテールの葉 (CL) から製造されたナノポーラスカーボンを代替触媒担体として使用する可能性を評価した。

“Preparation of Magnetite-Silica Composite by Non-Firing Solidification Method and Its Microwave Heating Properties”

K. Ishii, Y. Yoshida, D. Hayano, M. Fuji

Materials Transaction, 65 (12), 1550-1554, 2024

高いマグネタイト含有率を持つマグネタイトシリカ複合材料は、卑小性固化法によってマイクロ波加熱で製

造される。得られた固化複合体は相対密度が47～57%で、シリカ相の固化により十分な機械的強度をもっていた。複合体内のマグネタイトはマイクロ波加熱相として機能し、複合体構造の内部まで均一な加熱が行える構造を実現していた。固化複合体は、マイクロ波加熱プロセス中に酸化することなく、約500°Cまでの熱を発生させることができると明らかになった。

「無焼成セラミックスの耐熱性評価」

中島佑樹・福島 学・藤 正督

耐火物、77 (2)、60-65、2025

本研究では、焼成工程なしでセラミックを作製できる無焼成固化法に着目し、プロセスの最適化とその耐熱性評価を行った。高密度無焼成セラミックスを作製するには、粗大粒子と微細粒子を用いた粒度配合が効果的であり、粗大粒子を70%混合した際に高密度の無焼成セラミックスが得られた。これは、微粒子と粗大粒子を混合することで、粗粒間の空隙に微粒子が入り込み、全体の密度が向上する効果に加え、微粒子の凝集を防ぎ、全体の流動性が向上したためである。また、高温下での変形抑制においてアルミナ粒子の混合が好適であり、高温で変形しない粒子の添加が骨材として機能することを明らかとした。

“The effect of hollow silica nanoparticle shell structure on the dielectric properties of polyimide composite films”

Q. Wen, K. Ishii, F. Tanahashi, M. Fuji

Advanced Powder Technology, 36, 104854, 2025

中空シリカナノ粒子 (HSNP) / ポリイミド (PI) 複合材料は、半導体用低誘電率材料への応用が期待されています。本研究は、HSNP/PI 複合材料中の中空粒子シェル構造が複合材料の誘電性に与える影響を解明しました。その結果、HSNP シェルの厚さを薄くすることや HSNP 密度を低くすることで、HSNP/PI 複合膜の誘電率と誘電損失を低減できることが示されました。

「劣化因子の侵入により空隙中にケイ酸ゲルを生成させる水分浸透抑制工法の提案」

吉田 亮・近藤政晴・藤 正督

セメント・コンクリート論文集 (Cement Science and Concrete Technology)、78、365-371、2024

研究では、CO₂など鉄筋コンクリートの劣化因子がコンクリート空隙に侵入した際の、ケイ酸ゲルの生成について、試験管内での凝集現象の検証と、セメント硬化体の水分浸透にもたらす影響を検討した。試験管内では、いずれの劣化因子の侵入もケイ酸ゲルを生成させることを確認できた。凝集メカニズムは溶媒中の

pH 低下、電解質の増加によるゼータ電位の増加に起因する。また、CO₂によりケイ酸ゲルを生成させたモルタル硬化体の水分浸透深さは、無施工の硬化体より77%程度低下する結果が示された。ゲルを非乾燥で捉える低温DSCを用いることで、空隙中のケイ酸ゲルがセメントペースト硬化体の水分浸透を抑制していることが示された。

“Water vapor adsorption performance of hydrophobic zeolite bulks with mesopores and interconnected macropores”

M. Uematsu, K. Ishii, S. Samitsu, T. Kimura, T. Uchikoshi

Material Letters, 373, 137112, 2024

湿度制御材料は、高湿度下で高い水蒸気吸着特性を持ち、相対湿度が40%～70%の範囲で適切な水蒸気放出特性を持つ必要がある。このような特性は、メソポーラス材料でよく見られるが、一般的にミクロポーラスゼオライトには見られない。以前に報告されたメソポーラスおよび相互接続されたマクロポーラスを持つバルクゼオライト体は、水銀ポロシメータおよび水蒸気吸着/脱着測定を使用して特徴付けられた。このバルク材料はボトルネック形状の細孔を含み、従来のゼオライト材料には見られない湿度制御機能を持っていた。したがって、バルクゼオライトは、ミクロポーラスによる揮発性有機化合物の除去機能を持つ優れた湿度制御材料としての可能性を示している。

「高分子多糖類を造孔剤に用いた連通気孔構造ハイドロキシアパタイト水浄化フィルターの作製と評価」

植松昌子・石井健斗・伊藤恵美・V. PROUST・C. L. HASSAM・D. ASKER・B. D. HATTON・木村禎一・

石垣隆正・打越哲郎

粉体および粉末冶金, 71 (5), 1-8, 2024

本研究では、微小粒子の吸着除去性能を持ち、処理効率の高い浄水フィルターとして有望な、連通気孔構造のハイドロキシアパタイト (HAp) バルク体の作製と評価を試みた。連通気孔構造の導入により、材料内部での溶液拡散が容易になり、原理的に液体の処理量と吸着速度の向上が見込まれる。連通気孔構造の作製のために、ネットワーク構造を作るでんぶんを造孔剤に利用した。気孔の連通構造の評価は、共焦点蛍光顕微鏡による内部構造の3次元観察で行った。作製した HAp 多孔質バルク体を用い、液中からの大腸菌およびヒトコロナウイルスの分離試験を行い、気孔構造との関係を考察した。

“Low-temperature Foaming Mechanism of Silica-based Solidified Products Prepared by Alkaline Activation”

K. Ishii, K. Hamasaki1, M. Ishihara1, M. Fuji

Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, 72 (S121-S124), 2025

九州地方で主に生産されるガラス質の火山砂は「シラス」と呼ばれ、シリカ系化合物の微粒子で構成されている。シラス粒子を約1000°Cに急速加熱すると、膨張して発泡する。粒子は「シラスバルーン」と呼ばれる風船状の中空構造を形成する。本研究では、シラス粒子をアルカリ活性化によって固化し、低温で発泡させた固化体を作製した。添加したNaOHの濃度、処理温度、および時間などの試料調製条件が発泡特性に与える影響を調査した。シリカ系固化体の低温発泡のメカニズムについても議論した。

<著書>

「中空粒子の研究開発動向と応用展開」

第1章 中空粒子の研究動向と展望、P.1～7

藤 正督・高井千加

中空粒子はシェルと内部の空洞で構成される固体/気体コンポジット粒子である。この特異な構造に基づき、中空実粒子と比較して優れた特性を有している。本章では中空粒子に関する既往研究について概観する。チタニアやアルミニウムなどの酸化物、さらには金属、無機物、有機物など幅広い材料で中空粒子の合成報告がなされているが、ここでは多くの合成報告と応用事例があるシリカを中心まとめた。

第2章 中空粒子の合成と構造

10 チタニア複合化中空シリカ粒子の合成 P.78～91

藤 正督・石井健斗

本稿では、白色顔料や光触媒としての機能性が知られるチタニアに焦点を当て、中空シリカ粒子へのチタニアの被覆や、中空チタニア粒子の合成に関する成果を紹介する。

第2章 中空粒子の機能と応用 P.108～122

2 中空シリカナノ粒子のシェル構造制御とその応用

藤 正督・高井千加

ナノサイズの中空粒子は、空気分子の運動に大きな制限をもたらしユニークな性質が現れる。また、ストークスの理論に基づく終末沈降速度は、空洞内に分散媒が充填されたと仮定して計算すると、中実粒子のそれよりも小さくなることや、シリカシェルが小さくなると、粒子間の付着力も小さくなり、ハンドリングがしやすくなるという利点もある。本稿では、さらなるナノサイズ中空粒子の応用展開が拡大することを目的とし、中空粒子の合成法を概観し、これらの問題点とその改善方法について紹介する。

「粉体入門セミナーⅡ～粉をつくり、そして利用するため～」

粉体成形・粉体を形にする、P121～145

藤 正督

粉体成形を利用したセラミックス製造では、最終製品の材料特性に影響する微構造が重要となるがこの微構造は成形体内の粉体充填構造により決定される。粉体

の成形過程までの操作が材料の特性に与える影響について紹介する。

「マイクロ波の工業応用 事例集」

シリカ複合体の作製とマイクロ波発熱特性評価、P.155～162

石井健斗・藤 正督

マイクロ波発熱体用のマグネタイト高含有マグネタイト-シリカ ($Fe_3O_4-SiO_2$) 複合材料を無焼成固化法により作製した。得られた固化体の相対密度は47-57%であり、緻密体ではないが、シリカ相の固化により十分な機械的強度を有していた。

複合体中のマグネタイトがマイクロ波加熱相として機能し、 SiO_2 相と細孔相がマイクロ波透過相として機能することで、複合体構造内部まで均一な加熱が届く構造となった。固化した複合体は、マイクロ波加熱過程で酸化することなく、約500°Cまで発熱することが明らかになった。

＜総説・解説＞

「コロイドプロセスを活用したバルクセラミックスの組織制御」

石井健斗

化学と工業、77-10、686-687、2024

粉体を出発原料とし、バルクセラミックスを製造するパウダープロセス技術では、粒子を基本単位としてその配列及び組織の制御を図る。成形後に粒子配置が変化することはなく、バルク体の組織は成形までの工程で決定づけられるためコロイドプロセスは混合や成形操作の自由度が高いことが挙げられる。

液中に分散化した粒子を操作できることがコロイドプロセスの利点である。粒子の正負極性やその度合いを制御し粒子間に働く静電的な斥力や引力を活用することで粒子に様々な処理を施すことができる。これにより、完成物であるバルクセラミックス体に様々な機能性を付与することが可能となる。

“Severe plastic deformation for producing superfunctional ultrafine-grained and heterostructured materials: An interdisciplinary review”

K. Edalati, A. Q. Ahmed, S. Akrami, K. Ameyama, V. Aptukov, M. Fuji et al.

Journal of Alloys and Compounds, 1002, 174667, 2024

超微粒子のヘテロ構造材料は、その優れた機械的・機能的特性により、現在高い関心を集めている。および機能的特性により、現在高い関心を集めている。本稿では、このような材料を創製するために最も効果的な方法の一つである強組成変形 (SPD) について紹介する。

「コロイドプロセスによるセラミックス材料の組織制御と高機能化」

石井健斗

JCMA、(63)、11-22、2024

2023年度第1回セミナーの内容を掲載。コロイドプロセスを活用した組織制御によるセラミックスの高機能化の事例をいくつか紹介する。

“Valorization of horse manure conversion to magnetic carbon nanofiber for dye adsorption by hydrothermal treatment coupled with carbonization”

N. Kaewtrakulchai, M. Kaewpanha, S. Chanpee, T. Suriwong, W. Pasee, A. Putta, P. Puengjinda, S. Chutipaijit, G. Panomsuwan, M. Fuji, A. Eiad-ua
Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, 9, 100563, 2024

本研究では、磁性前駆体として硝酸鉄(III)と酸化鉄を異なる比率で使用し、磁性炭素ナノファイバー

(MCNF) を磁鉄鉱を前処理した馬糞から水熱処理と炭化によって開発した。生成された MCNF は、比表面積 $435.31 \text{ m}^2/\text{g}$ と高い炭素含有量を持つ非常に多孔質な構造を持っていた。MCNF の磁気特性は酸化鉄種の存在によって促進された。合成された MCNF は、メチレンブルー (MB) の水溶液からの除去のためのバイオ吸着材として適用され、結果は 92 ~ 99% の優れた染料吸着を示した。この実験結果は、フロントリッヒ等温線および疑似二次反応速度モデルが観察された MB 吸着データと一致し、吸着メカニズムが磁鉄鉱と MB の化学吸着間の多層微細孔相互作用を含むことを示唆した。これらの研究結果より、馬糞由来の MCNF が廃水中の有機汚染物質を除去するための効率的なバイオ吸着材として使用できることを示した。

「材料系 セラミックスは焼かずに作れるか」

国際協力機構 (JICA) 中部 ウクライナを対象とした「産業技術教育」遠隔セミナー講師・関係者藤 正督
ウクライナ支援 今、私たちにできること
JICA 研修「産業技術教育」を起点とした遠隔セミナー、
29-30、2024
本稿では無焼成固化技術、無焼成固化の可能性について紹介している。

焼かないセラミックスの肝の技術は原料粒子間をいかにして接合するかにある。我々の無焼成セラミックスは原料全体に個体架橋が形成され強固な固化が起きている

と考えている。その方法について本稿で述べている。無焼成固化の可能性については、無焼成故に焼成工程がないことから、従来のセラミックスとはなじみの悪い、金属、高分子、有機物との複合化も簡単に実現可能である。木、紙、有機物なども同様に複合可能である。さらには電子回路等とのハイブリッドも可能である。多くの可能性を持っている中、何をつくると本法のアドバンテージが得られるのかを探求するステージにある。

“NiO-YSZ anode composite material derived from mechano-chemical for solid oxide fuel cells application”

T. Srisuwan a, P. Puengjinda b, N. Kaewtrakulchai c, S. Chanpee d, S. Jadsadajerm e, G. Panomsuwan f, N. Ruttanadech g, S. Wongrekdee h, N. Chollacoop i, K. Faungnawakij j, M. Fuji k, A. Eiad-ua

Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, 11, 101199, 2025

この研究は、固体酸化物型燃料電池 (SOFC) 用途のニッケル酸化物とイットリア安定化ジルコニア (NiO-YSZ) アノード複合材料の特性に対する焼成時間、ミリング時間、および焼結温度の影響を調査している。この研究結果は、SOFC の NiO-YSZ アノードの性能を向上させるために処理条件の最適化が重要であることを示しており、先進的なエネルギー変換技術に対する貴重な洞察を提供している。

＜その他＞

「知の拠点あいちIV重点研究プロジェクト研究開発成果集」

～断熱 + 耐擦傷性壁装材～ P.50
～断熱 + 耐擦傷性塗料（樹脂ガラス用）～ P.51
藤 正督

「知の拠点あいちIV重点研究プロジェクト最終成果発表会」

ナノ中空粒子を用いた環境対応建材の研究開発
藤 正督

「58回技術討論会シンポジウム印象記」

石井健斗
粉体工学会誌、61 (10)、639-640、2024

＜口頭発表＞

「無焼成セラミックスの高密度化とその耐熱性評価」

中島佑樹・福島 学・藤 正督
耐火物技術協会 第36回年次学術講演会、2024年4月 22-23日、神奈川

「無焼成多孔体の作製と DAC への応用」

早野大介・水越 葵・石井健斗・藤 正督
粉体工学会 2024 年度春期研究発表会、2024年5月 14-15日、兵庫

「離散要素法を用いたメカノケミカル条件の最適化」

石岡正也・石井健斗・藤 正督

粉体工学会 2024 年度春期研究発表会、2024 年 5 月

14-15 日、兵庫

「マグネタイト-シリカ無焼成固化複合体の微構造組織がマイクロ波発熱特性に及ぼす影響」

石井健斗・早野大介・吉田祐生・宮脇豪記・藤 正督

粉体粉末冶金協会 2024 年度春季大会、2024 年 5 月

21-23 日、東京工業大学

「粉体の魅力と難しさ（凝集分散、成形など…不均質の源泉）」

藤 正督

株式会社マキノ内覧会、2024 年 5 月 24 日、愛知（招待講演）

「ケイ酸ナトリウムをシリカ前駆体とする中空ナノ粒子の合成」

石井健斗・野尻凌平・藤 正督

無機マテリアル学会 第 148 回 学術講演会プログラム、

2024 年 6 月 6-7 日、明治大学

「セルロースナノファイバー膜への中空シリカナノ粒子高分散複合化のための電気泳動成膜プロセスの検討」

石井健斗・吉田祐生・藤 正督

粉体工学会第 58 回技術討論会、2024 年 7 月 25-26 日、名古屋工業大学

「中空シリカナノ粒子とセルロースナノファイバーを用いた断熱フィルムの作製」

市原稜真・石原真裕・石井健斗・藤 正督

粉体工学会第 1 回省エネルギーに貢献する粒子設計・粉体プロセスの薬工連携研究会 2024 年度若手研究者討論会、2024 年 9 月 5 日、静岡

「無焼成多孔体の低環境負荷 DAC 技術への応用」

早野大介・水越 葵・石井健斗・藤 正督

粉体工学会第 1 回省エネルギーに貢献する粒子設計・粉体プロセスの薬工連携研究会 2024 年度若手研究者討論会、2024 年 9 月 5 日、静岡

「離散要素法を用いたメカノケミカル処理条件の最適化」

石岡正也・石井健斗・藤 正督

粉体工学会第 1 回省エネルギーに貢献する粒子設計・粉体プロセスの薬工連携研究会 2024 年度若手研究者討論会、2024 年 9 月 5 日、静岡

「高分散性中空シリカナノ粒子のセルロースナノファイバー膜への添加が断熱性に及ぼす影響」

石井健斗・市原稜真・吉田祐生・藤 正督

日本セラミックス協会第 37 回秋季シンポジウム、2024 年 9 月 10-12 日、名古屋大学

「シリカ無焼成固化体への炭素の複合化と電気的特性評価」

荒町淳之介・後藤里乃・石井健斗・藤 正督

日本セラミックス協会第 37 回秋季シンポジウム、2024 年 9 月 10-12 日、名古屋大学

「ポリアクリル酸テンプレートを用いた中空シリカナノ粒子の合成」

高井千加・K. Paul・藤 正督

日本セラミックス協会第 37 回秋季シンポジウム、2024 年 9 月 10-12 日、名古屋大学

「粉体成形技術とその勘どころ」

藤 正督

2024 年第 1 回粉体技術者養成講座、2024 年 9 月 13 日、岐阜（依頼講演）

「シリカ中空粒子の作り方、樹脂、セラミックスとの複合化、応用例」

藤 正督

名古屋産業科学研究所主催講演会、2024 年 10 月 2 日、online（依頼講演）

「ナノ中空粒子の基礎と応用（環境対応建材の開発）」

藤 正督

知の拠点あいち重点研究プロジェクトⅣ期セミナー、2024 年 10 月 11 日、愛知（依頼講演）

“Low-temperature Foaming Mechanism of Silica-based Solidified Products Prepared by Alkaline Activation”

K. Ishii, K. Hamasaki, M. Ishihara, M. Fuji

World PM2024, 13-17, October, 2024, Kanagawa, Japan

「エマルションテンプレート法による高分散中空シリカナノ粒子の合成」

高野夏生・田中菜緒・石井健斗・藤 正督

中部化学関係学協会支部連合協議会、第 55 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会、2024 年 11 月 3 日、名古屋

「ポリアクリル酸/シリカ複合中空ナノ粒子の作製と吸湿特性評価」

Q. Wen・石井健斗・藤 正督

中部化学関係学協会支部連合協議会、第 55 回中部化学関係学協会支部連合秋季大会、2024 年 11 月 3 日、名古屋

「ケイ酸ナトリウムを前駆体とする中空シリカナノ粒子の細孔構造制御」

石井健斗・野尻凌平・藤 正督

無機マテリアル学会第 149 回学術講演会、2024 年 11 月 7-8 日、愛知

「原料粒子サイズが無焼成固化シリカ多孔体に与える影響」

舟橋航矢・石井健斗・藤 正督

無機マテリアル学会第 149 回学術講演会、2024 年 11 月 7-8 日、愛知

「炭酸カルシウムテンプレート法シリカ中空ナノ粒子合成における溶媒の影響」

梶木孝祐・石井健斗・藤 正督

無機マテリアル学会第 149 回学術講演会、2024 年 11 月 7-8 日、名古屋工業大学

“Hollow silica nanoparticles: A tiny pore with big dreams”

C. Takai- Yamashita, M. Fuji

CRCGP-MSSP2024, 18-21, November, 2024, Sendai, Japan

「シリカ・炭素複合無焼成固化体の作製とマイクロ波発熱特性《合成》」

石井健斗・宮脇豪記・吉田祐生・藤 正督

粉体粉末冶金協会 2024 年度秋季大会、2024 年 11 月 19-21 日、新潟

「JIS Z 8831: 2024 粉体（個体）の細孔径分布及び細孔特性 - ガス吸着によるナノ細孔の測定方法」

藤 正督

POWTEX2024、2024 年 11 月 27 日、東京（依頼講演）

“Inorganic-organic hybrid porous ceramics using non-firing solidification and functionalizing starch”

K. Ishii, T. Uchikoshi, M. Fuji

The 9th Asian Particle Technology Symposium (APT2024), 1-4, December, 2024, Sydney, Australia

「無焼成固化法を用いた TiO₂ 固化体の作製と強度評価」

岩崎晃大・石井健斗・藤 正督

2024 年度 日本セラミックス協会東海支部 学術研究発表会、2024 年 12 月 7 日、名古屋大学

「アルミナ粉体をベースとした無焼成固化体の作製プロセスの検討」

荒町淳之介・石井健斗・藤 正督

日本セラミックス協会 第 63 回セラミックス基礎科学討論会、2025 年 1 月 8-9 日、新潟

「中空粒子と CNF の複合による高断熱性フィルムの開発」

市原稜真・石井健斗・藤 正督

日本セラミックス協会 第 63 回セラミックス基礎科学討論会、2025 年 1 月 8-9 日、新潟

「無焼成シリカ固化体の多孔質化と細孔制御」

舟橋航矢・石井健斗・藤 正督

日本セラミックス協会 第 63 回セラミックス基礎科学討論会、2025 年 1 月 8-9 日、新潟

「ナノ中空粒子を用いた環境対応建材の研究開発」

藤 正督

知の拠点あいち重点研究プロジェクト最終成果発表会、2025 年 2 月 20 日、愛知（依頼講演）

< ポスター発表 >

「ポリアクリル酸テンプレートを用いて合成した中空粒子の構造及び分散性の評価」

高野夏生・田中菜緒・吉田祐生・石井健斗・藤 正督

粉体工学会 2024 年度秋季研究発表会、2024 年 11 月 26-27 日、東京

「炭酸カルシウムテンプレート法による中空シリカナノ粒子合成における化学的条件の影響」

梶木孝祐・石井健斗・藤 正督

粉体工学会 2024 年度秋季研究発表会、2024 年 11 月 26-27 日、東京

＜受賞＞

「粉体粉末冶金協会 第 62 回研究功績賞」

藤 正督

水が関与する粉体諸現象の解明とその実用化に関する研究、2024 年 5 月 21 日

「第 149 回無機マテリアル学会学術講演会第 15 回公演 奨励賞優秀賞」

石井健斗

ケイ酸ナトリウムを前駆体とする中空シリカナノ粒子の細孔構造制御、2024 年 11 月 8 日

「第 149 回無機マテリアル学会学術講演会第 15 回公演 奨励賞優秀賞」

楢木孝祐

炭酸カルシウムテンプレート法シリカ中空ナノ粒子合成における溶媒の影響、2024 年 11 月 8 日

「Best Paper Awards 2024」

K. Edalati, M. Fuji et al.

Journal of Alloys and Compounds, 5 December, 2024

「一般社団法人化学情報協会 JAICI 賞」

石井健斗

ケイ酸ナトリウムを前駆体とする中空シリカナノ粒子の細孔構造制御、2024 年 12 月

先進材料設計研究部門・材料機能研究グループ

＜論文＞

“Ferromagnetic properties of zinc ferrite prepared by MOD technique”

N. Adachi, T. Kondo, K. Naniwa and K. Shinkai

Journal of the Ceramic Society of Japan 132 (12), pp.649-652 (2024)

反強磁性体として知られている亜鉛フェライト ($ZnFe_2O_4$) について、有機金属分解 (MOD) 法により薄膜を合成し、焼成温度と焼成時間の条件を細かく変えて、強磁性を示す条件を探索した。通常、B サイ

トに Fe^{3+} が配置されるのが安定だが、部分的に A サイトに分布する準安定状態があり、その割合が、熱処理条件に大きく依存する。メスバウアーフィルタで、2 倍ではなく、3 倍のみの Fe イオンが存在し、部分的に逆スピネル構造をとるフェリ磁性が磁気ヒステリシス曲線の原因であることが明らかとなった。また、キュリー温度を Arrott-Plot により 190 K と見積もり、MOD 法による現時点での作製条件では、室温では常磁性であることも判明した。

＜口頭発表＞

「マグネシウムフェライト薄膜における 磁気特性の結晶化温度依存性」

近藤達也・安達信泰

日本セラミックス協会東海支部 第 66 回 東海若手セラミスト懇話会、2024 年 6 月 13 日、下呂

「磁性ガーネットによる フォトニック結晶の作製指針」

永濱健斗・安達信泰

日本セラミックス協会東海支部 第 66 回 東海若手セラミスト懇話会、2024 年 6 月 13 日、下呂

「有機金属分解法で作製したマグネシウムフェライト薄膜における磁気特性の評価」
近藤達也・安達信泰
日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム、
2024年9月11日、名古屋大学

“Ferromagnetic Properties of $MgFe_2O_4$ Thin Films prepared by Metal Organic Decomposition Technique”
N. Adachi, T. Kondo

The 38th Japan-Korea Seminar on Ceramics, 31 October - 3 November, 2024, Hukuoka, Japan (Invited)

「めっき法を用いて作製したフェライト中空粒子のテンプレート依存性」
安達信泰・嘉藤直帆
日本セラミックス協会 2025年年会、2025年3月7日、
静岡大学

< ポスター発表 >

「有機金属分解法による1次元磁性ガーネットフォトニック結晶の合成と評価」
鈴木亜美・永濱健斗・安達信泰
日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム、
2024年9月11日、名古屋大学

「フェライトめっき法による種々のテンプレート上への
フェライト合成と特性評価」
嘉藤直帆・大藪伶一郎・安達信泰
日本セラミックス協会 第37回秋季シンポジウム、
2024年9月11日、名古屋大学

先進材料設計研究部門・材料設計研究グループ

< 論文 >

“Deconvolutional treatment about sample transparency aberration interfered by opaque and translucent sample holders in Bragg-Brentano geometry”

T. Ida

Powder Diffraction **40**, 1–9 (Mar. 2025).

実験室で用いられる擬似ブレッグ・ブレンターノ型の装置を用いて収集された粉末X線回折データについて、試料ホルダがX線に対して不透明とみなせる場合と半透明であるとする場合に試料透過性に由来する収差がどのように表されるかを示した。

< 総説・解説・報文・その他 >

「Bragg-Brentano型粉末回折装置の試料透過性収差に及ぼす側壁遮蔽効果の影響」
井田 隆
名古屋工業大学先進セラミックス研究センター年報
2024, 12, 34-38
実験室で用いられるブレッグ・ブレンターノ型の装置

について、試料のX線に対する透過性による収差が試料ホルダによる干渉によりどのように変化するかを示した。

< 口頭発表 >

“Deconvolutional treatment on sample transparency aberration at low angles”

T. Ida

Denver X-ray Conference 2024, 3-11 August, 2024,
Bethesda, MA, USA

< ポスター発表 >

“Experimental estimation of statistical errors in powder diffraction data by using a semiconductor strip type X-ray detector”

T. Ida

The 18th Conference of the Asian Crystallographic Association 2024, 1-6 December, 2024, Kuala Lumpur, Malaysia

地域連携グループ

< 論文 >

“Effects of amount of yttria on dielectric breakdown strength of sintered reaction-bonded silicon nitride”

Y. Nakashima, Y. Zhou, K. Tanabe, S. Arima, T. Okuno, K. Hirao, T. Ohji, N. Murayama, M. Fukushima
Int. J. Appl. Ceram. Tech., 21 (5), 3623-3631 (2024)
<https://doi.org/10.1111/ijac.14765>

イットリアと一定量のマグネシアを焼結添加剤として用いて反応焼結窒化ケイ素セラミックスを作製し、微細構造と絶縁破壊強度（DBS）に及ぼす影響を評価した。DBS は、 Y_2O_3 の添加量が増加するにつれて減少し、その程度は、より薄い基板ほど顕著であった。イットリア添加量が最も多い基板（5 mol%）の場合、DBS は最も薄い基板（0.05 mm）で観察されるレベルまで減少した。観察された DBS の減少（0.05 mm）は、基板の上面と下面が導電性の高い経路で接続されたことに起因する。

“Multilayer artificial intelligence for thermal-conductivity prediction of silicon nitride ceramics from powder processing conditions and predicted densities”

R. Furushima, Y. Nakashima, Y. Zhou, K. Hirao, T.

Ohji, M. Fukushima

Ceram. Int., 50 (13), 24008-24015 (2024)
<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2024.04.132>

本研究では、まずプロセス条件から窒化ケイ素セラミックスの相対密度（RD）を推定する人工知能（AI）を開発した。次に、開発した AI によって得られた RD を用いて、上記プロセス条件から熱伝導率（TC）を予測する多層 AI を構築した。RD 予測 AI は、主粉末、焼結添加剤、有機犠牲気孔形成剤、熱処理（窒化・焼結）の影響を表す入力データ（説明変数）を利用し、TC 予測 AI は、予測された RD と前述の説明変数を利用した。どちらの AI も、焼結添加剤の種類と濃度、および条件を説明変数に組み込むことで、予測精度の向上に成功した。

“Dielectric breakdown strength measurement of silicon nitride ceramics by McKewon electrode”

Y. Nakashima, Y. Zhou, K. Hirao, T. Ohji, N. Murayama, M. Fukushima
J. Ceram. Soc. Japan, 132 (6), 286-289 (2024)
<https://doi.org/10.2109/jcersj2.24005>

厚さ 0.25, 0.15, 0.07mm の窒化シリコン基板の絶縁破壊強度（DBS）を、10mm の球状、6mm の円柱状、

10mm と 15mm の金コートフィルムの 4 種類の電極で測定した。さらに、上記球状電極と基板とのギャップをエポキシ樹脂で埋めた McKewon 電極で DBS を測定した。DBS は、測定体積内の欠陥数が減少するため、電極直径および基板厚さが減少するにつれて増加した。McKewon 電極で測定した DBS が最も高かったのは、エポキシ樹脂が高電圧下での放電を防ぐためであった。

“Dynamic bending analysis of metallized silicon nitride substrate during thermal cycling via digital image correlation”

MC. Ngo, H. Miyazaki, K. Hirao, T. Ohji, M. Fukushima

Int. J. Appl. Ceram. Tech., 221 (1), e14875 (2025)

<https://doi.org/10.1111/ijac.14875>

デジタル画像相関 (DIC) 法を用いて、-40°C から 250°C の熱サイクルにおけるメタライズ窒化ケイ素基板の動的曲げ挙動を解析した。走査型音響顕微鏡 (SAM) では、1001 サイクル後にごくわずかな剥離、2001 サイクル後に軽い剥離、2501 サイクル後に深刻な剥離が観察されたが、999-1001 サイクルの間は、動的曲げ挙動は変化しなかった。1999-2001 サイクルでは、-40°C で曲率 0.024mm^{-1} のピークを持つ負の曲げ曲線が観察され、2499-2501 サイクルでは、-40°C で曲率 0.050mm^{-1} に達する負の曲げが強まった。

“Stress-strain behavior of Cu on the AMB-Si₃N₄ substrate undergoing thermal cycles via in situ strain measurement”

MC. Ngo, H. Miyazaki, K. Hirao, T. Ohji, M. Fukushima

J. Am. Ceram. Soc., 107 (12), 8415-8425 (2024)

<https://doi.org/10.1111/jace.20052>

本研究では、デジタル画像相関法 (DIC) を用いて、Cu 被覆窒化ケイ素基板の熱ひずみを、1-2 から 199-200 までのさまざまな連続熱サイクルにおいてその場測定した。熱ひずみは、サイクルによってわずかに拡大するヒステリシス曲線を示した。Cu の応力 - ひずみ曲線から、Cu の降伏応力がサイクル数とともに増

加することが明らかになった。本研究で計算された Cu の応力 - ひずみ曲線は、室温での Cu の圧縮 / 引張試験で得られた従来の結果と良い一致を示した。

“Microstructural basis of AI predictions for material properties: A case study of silicon nitride ceramics using t-SNE”

R. Furushima, Y. Nakashima, Y. Maruyama, Y. Zhou, K. Hirao, T. Ohji, M. Fukushima

J. Am. Ceram. Soc., 108 (2), e20173 (2025)

<https://doi.org/10.1111/jace.20173>

本研究では、窒化ケイ素セラミックスの曲げ強さ (BS) と熱伝導率 (TC) を予測するために学習させた 2 つの AI モデルの内部構造を理解することを試みた。ネットワークにおける微細構造画像の中間特徴表現に着目し、t 分布確率的近傍埋め込み (t-SNE) を用いて、サンプル画像に対応する高次元データ点を 2 次元平面上にマッピングした。その結果、AI モデルは主に試料の気孔率と粒径に基づいて BS と TC を予測することが示された。この結果は、t-SNE がモデルの予測根拠をより理解しやすくし、十分な根拠を与える有用な手法であることを示している。

“Processing strategy to trigger grain growth in silicon nitride”

Y. Nakashima, Y. Zhou, K. Hirao, T. Ohji, M. Fukushima

J. Am. Ceram. Soc., 108 (2), e20191 (2025)

<https://doi.org/10.1111/jace.20191>

本研究では、気孔を粒成長のトリガーとして利用し、最終的な緻密化を達成するために、限られた量の気孔を圧粉体に導入した。細孔の存在は、粒成長を促進するが、体積と直径が大きいと緻密化は阻害された。この関係に基づき、直径 $30\text{ }\mu\text{m}$ の細孔形成体で、細孔容積を 5vol% まで増加すると、破壊靭性は $10.2\text{MPam}^{1/2}$ 、熱伝導率は 118.2W/ (mK) まで増加した。これらの結果から、焼結前の成形体中の気孔が焼結過程で粒成長を促進し、最終的に消失すれば、熱伝導率と破壊靭性を改善できることが明らかになった。

< 口頭発表 >

「「産官学連携による製品開発」事例紹介：AD 法技術の実用化」

清原正勝

仙台高専産官学振興会、令和 6 年度仙台高専産学連携振興会 総会、2024 年 7 月 16 日、仙台（特別講演）

「基礎研究の重要性と社会実装」

清原正勝

日本電子材料研究会、第4回先進コーティングビジネス研究会＆第1回セラミックコーティング研究会
パネルディスカッション パネラー、2024年9月28日、
瀬戸内市（招待講演）

「エアロゾルデポジション法について」

清原正勝

第120回日本溶射学会（2024年度秋季）全国講演会、
2024年11月11日、福岡（特別講演）

「エアロゾルデポジション法について」

清原正勝

日本セラミックス協会第63回セラミックス基礎科学
討論会、2025年1月8日、新潟（部会特別講演）