

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 >

“Thermal Aging of Rh/ZrO₂-CeO₂ Three-Way Catalysts under Dynamic Lean/Rich Perturbation Accelerates Deactivation via an Encapsulation Mechanism”

M. Machida, H. Yoshida, N. Kamiuchi, Y. Fujino, T. Miki, M. Haneda, Y. Tsurunari, S. Iwashita, R. Ohta, H. Yoshida, J. Ohyama, M. Tsushida

ACS Catalysis, **13** (6), 3806-3814 (2023)

Stochi./Lean/Rich (SLR) の変動雰囲気において 1000° C、40 時間の熱処理を実施した Rh/ZrO₂-CeO₂ (Rh/ZC) の触媒特性を評価した。TEM および XPS 測定より、Rh 粒子が ZC で包埋される現象を見出した。このような現象は各雰囲気での熱処理時には見られず、SLR 変動雰囲気での熱処理により起こることがわかった。得られた結果を基に Rh 粒子の包埋現象のメカニズムを提案した。

“Reactivity of Lattice Oxygen in Ti-Site-Substituted SrTiO₃ Perovskite Catalysts”

Y. Yoshiyama, S. Hosokawa, M. Haneda, M. Morishita, H. Asakura, K. Teramura, T. Tanaka

ACS Applied Materials and Interfaces, **154** (4), 5293-5300 (2023)

Mn、Fe もしくは Co を置換した SrTiO₃ ペロブスカイトの格子酸素の反応性を評価した。CO 酸化に対しては Mn や Co を置換することで活性が大きく向上した。XAFS 測定により Co を置換することで格子酸素が低温で放出されること、¹⁸O₂ を用いた CO 酸化より Fe や Co を置換することで格子酸素と CO の反応が低温で起こることがわかった。置換する元素により反応機構が異なることを提案した。

“Rh Nanoparticles Dispersed on ZrO₂-CeO₂ Migrate to Al₂O₃ Supports to Mitigate Thermal Deactivation via Encapsulation”

M. Machida, H. Yoshida, N. Kamiuchi, Y. Fujino, T. Miki, M. Haneda, Y. Tsurunari, S. Iwashita, R. Ohta, H. Yoshida, J. Ohyama

ACS Applied Nano Materials, **6** (11), 9805-9815 (2023)

ZrO₂-CeO₂ (ZC) に担持された Rh 粒子は Stochi./Lean/Rich (SLR) の変動雰囲気、1000° C、40 時間の熱処理により ZC で包埋されるが、あらかじめ 1000° C で Rich 雰囲気での処理を行うことで包埋現象を抑制できることがわかった。詳細な TEM 観察により、Rich 熱処理中に Rh 粒子の一部が Al₂O₃ 表面に移動することで、ZC による包埋が抑制されるためであることを明らかにした。

“Effective Improvement of Pt Catalyst for Exhaust Gas Purification by Using the Highly Crystallized CeO₂ as an Additive”

H. Tanaka, I. Morita, Y. Nagao, Y. Endo, T. Wakabayashi, M. Haneda

Topics in Catalysis, **66** (13-14), 908-914 (2023)

Pt/La₂O₃-CeO₂-ZrO₂ に結晶性の高い CeO₂ を複合化することで三元触媒活性が向上する現象を見出した。H₂-TPR より結晶性の高い CeO₂ を添加することで Pt-Ce 界面の還元性が向上するためであると推察した。得られた知見を基に開発した Rh/Pt 三元触媒は汎用的な Rh/Pd 三元触媒よりも高い活性を示すことを見出した。

“Surface potassium promotion of Co₄MnAlO_x in direct NO decomposition generates the same type of active sites as bulk promotion”

T. Bilková, K. Pacultová, K. Karásková, D. Fridrichová, K. Jiratova, M. Kostejn, G. Slowik, M. Ritz, M. Haneda, L. Obalova

Industrial & Engineering Chemistry Research, **62** (31), 12133-12151 (2023)

NO 直接分解に高い活性を示す K/Co₄MnAlO_x について調製条件の影響を詳細に検討した。K 原料としては KNO₃ が最適であり、4wt% の担持量で最も高い活性を示した。種々のキャラクタリゼーションにより、BET 比表面積と塩基性の増大が重要であり、中間体の NO₂ 種の生成が触媒活性と関連することを見出した。

“Effect of phosphorus and zinc on the catalytic performance of CoMo/Al₂O₃ for mild hydrocracking of VGO”

H. Yamada, K. Komori, M. Haneda

Journal of the Japan Petroleum Institute, **66** (6), 208-216 (2023)

添加元素の影響を評価するために P、Zn、Zn+P を添加した γ -アルミナ担体を作製し、酸性質、水素活性能力を評価した。Zn+P 触媒は P 触媒と比較して劣化が抑制されており、Zn+P 担体のプレnstेटド酸点低下と水素活性化能力向上によりコークの生成が抑制されていたことによると推察した。生成油性状に関し、Zn+P 触媒では、ナフサ得率の低下を確認した。またアロマ分も低下しており、これは水素が効率的に活性化され、原料油への水素付加が促進されたためと考察した。

“Discovering Linear Descriptors for Activation Energy and Direct Hydrocarbon Dissociations by Dual-Atom Sites in Immiscible Pd_xPt_{1-x} Solid Solutions”

Z. Tan, M. Haneda, Y. Nishida, Q. Zhang, D. Wu, J. Cheng, H. Kitagawa, B. Huang

Chemistry of Materials, **36** (1), 524–532 (2024)

Pd と Pt を原子レベルで混ぜ合わせた触媒を様々な組

成範囲で合成した。三元触媒活性の評価では、合成した触媒が Pd や Pt モノメタル触媒よりも高い C₃H₆ 酸化活性を示し、これが PdPt 合金上における C₃H₆ の直接解離に由来することを in-situ FT-IR 分析により明らかとした。また、触媒中の Pt に吸着した CO の結合振動数と触媒活性に相関が見られ、FT-IR 分析で得られる赤外線吸収波数が触媒性能の記述子に成り得ることを提案した。

“Denary High-Entropy Oxide Nanoparticles Synthesized by a Continuous Supercritical Hydrothermal Flow Process”

S. Hanabata, K. Kusada, T. Yamamoto, T. Toriyama, S. Matsumura, S. Kawaguchi, Y. Kubota, Y. Nishida, M. Haneda, H. Kitagawa

Journal of the American Chemical Society, **146** (1), 181–186 (2024)

10 種元素を含むハイエントロピー酸化物を超臨界水熱フロープロセスにて合成した。本プロセスでは、秒単位でハイエントロピー酸化物が形成し、La, Ca, Sr, Ba, Fe, Mn, Co, Ru, Pd, Ir を含むハイエントロピー酸化物はペロブスカイト構造を有していた。CO 酸化活性の評価では同構造の LaFeO₃ よりも高い活性が見られ、これが格子酸素の活性化に由来することを同位体を用いた実験により実証した。

< 総説・解説・報文・その他 >

「架橋性配位子を活用した三次元ナノ階層構造体の合成と応用」

瀧上輝顕・崔 弼圭・増田佳丈・谷端直人・中山将伸・

羽田政明・柿本健一

セラミックス、**58** (5)、323-326 (2023)

< 口頭発表 >

“Structure and surface properties of Ca-doped BaTiO₃”

R. Gan, Y. Nishida, A. Ziegler, B. Meyer, M. Haneda
European Materials Research Society 2023 Spring Meeting, 29 May - 2 June, 2023, Strasbourg, France

「希土類元素から構成されるハイエントロピー酸化物の酸素吸放出材としての特性」

後藤玄樹・西田吉秀・羽田政明

第 39 回希土類討論会、2023 年 5 月 30-31 日、札幌

「Al₂O₃ と複合化した CeO₂-ZrO₂ の酸素吸放出特性」

井手水美・西田吉秀・鎌田雅也・三浦真秀・羽田政明

第 39 回希土類討論会、2023 年 5 月 30-31 日、札幌

「希土類元素を含む Co 系ペロブスカイト酸化物の CO 酸化能」

細川三郎・梶野剛延・杉本良介・植田泰成・湯村尚史・羽田政明
第 39 回希土類討論会、2023 年 5 月 30-31 日、札幌

「赤外分光法を活用した触媒表面状態と反応解析」

羽田政明
サーモフィッシャーサイエンティフィック FT-IR・ラマン バーチャル・ユーズフォーラム 2023、2023 年 7 月 12-14 日（オンライン）（依頼講演）

「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に関する研究」

西田吉秀
第 64 回東海若手セラミスト懇話会夏季セミナー、2023 年 6 月 15-16 日、伊勢（依頼講演）

「ジルコニア担持パラジウム触媒を用いたニトリルの選択水素化による 1 級アミン合成」

岸本真明・西田吉秀・羽田政明
第 132 回触媒討論会、2023 年 9 月 13-15 日、札幌

「白金族金属の複合化による三元触媒活性の向上」

佐藤大翔・西田吉秀・羽田政明
第 132 回触媒討論会、2023 年 9 月 13-15 日、札幌

「担持ルテニウム触媒の二酸化炭素のメタン変換活性に及ぼす粒子径の影響」

三田剛志・西田吉秀・羽田政明
第 132 回触媒討論会、2023 年 9 月 13-15 日、札幌

“Surface characterization of CeO₂-based oxygen storage materials by in situ FT-IR combining with probe molecule adsorption”

T. Yamamoto, Y. Nishida, M. Haneda
9th International Workshop on Advanced Ceramics (IWAC09), 26 - 29 September, 2023, Limoge, France

「異種金属のランダム合金化による高性能触媒の開発」

西田吉秀
石油学会 2023 年度 JPIJS 講演会、2023 年 10 月 25 日、大阪（依頼講演）

「合金触媒によるニトリル水素化の選択性スイッチング」

西田吉秀・羽田政明
第 53 回石油・石油化学討論会、2023 年 10 月 26-27 日、大阪

「カルシウムを添加した BaTiO₃ 上でのメタン酸化カップリング反応」

R. Gan・A. Ziegler・西田吉秀・B. Meyer・羽田政明
第 53 回石油・石油化学討論会、2023 年 10 月 26-27 日、大阪

「金属酸化物担持パラジウム触媒のニトリル水素化特性」

西田吉秀・岸本真明・羽田政明
2023 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会、2023 年 12 月 2 日、名古屋

「酸化物を用いた N₂O 浄化のための担持型触媒の開発」

畔柳雄太・西田吉秀・羽田政明
2023 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発表会、2023 年 12 月 2 日、名古屋

「赤外分光法による触媒表面解析とハイスループット化」

羽田政明
第 33 回キャラクターゼーション講習会、2023 年 12 月 20 日、名古屋（依頼講演）

「ハイスループット型赤外分光法による多元素ナノ合金の表面解析と触媒探索への応用」

羽田政明・西田吉秀
日本化学会 第 104 春季年会、2024 年 3 月 18-21 日、船橋（依頼講演）

< ポスター発表 >

「 α -Al₂O₃ に担持した種々の成分の NO_x 吸着脱離特性」

薫田創太・西田吉秀・羽田政明
第 65 回石油学会年会(第 27 回 JPIJS ポスターセッション)、2023 年 5 月 29-30 日、東京

「白金族金属を複合化した三元触媒の開発」

佐藤大翔・西田吉秀・羽田政明
第 65 回石油学会年会(第 27 回 JPIJS ポスターセッション)、2023 年 5 月 29-30 日、東京

「水素による N_2O 選択還元触媒の探索」

畔柳雄太・西田吉秀・羽田政明

第 65 回石油学会年会(第 27 回 JPIJS ポスターセッション)、2023 年 5 月 29-30 日、東京

“Preparation of High Performance CeO_2-ZrO_2 for Automotive OSC Material and its Surface Analyses”

M. Inoue, S. Watanabe, M. Yamaguichi, T. Osako, K. Kato, Y. Kobayashi, Y. Nagao, Y. Endo, T. Wakabayashin M. Haneda

15th European Congress on Catalysis (EuropaCat 2023), 27 August - 1 September, 2023, Prague, Czech Republic

“Alkaline Earth Containing Yttrium Oxide Based Catalysts for High-Temperature NO Decomposition Reaction”

K. Takenaka, Y. Hayashi, Y. Nishida, M. Haneda

15th European Congress on Catalysis (EuropaCat 2023), 27 August - 1 September, 2023, Prague, Czech Republic

「金属担持触媒による N_2O 選択還元反応」

畔柳雄太・西田吉秀・羽田政明

第 132 回触媒討論会、2023 年 9 月 13-15 日、札幌

「酸化物をベースとする NO_x 吸着材の開発」

薫田創太・西田吉秀・羽田政明

第 132 回触媒討論会、2023 年 9 月 13-15 日、札幌

「ハイエントロピー酸化物の酸素吸放出材としての特性」

後藤玄樹・西田吉秀・鎌田雅也・三浦真秀・羽田政明

第 132 回触媒討論会、2023 年 9 月 13-15 日、札幌

「 Al_2O_3 と複合化した CeO_2-ZrO_2 における酸素吸放出特性の向上」

井手水美・西田吉秀・鎌田雅也・三浦真秀・羽田政明

第 132 回触媒討論会、2023 年 9 月 13-15 日、札幌

「Rh-Pd-Pt 触媒によるニトリルの水素化と反応選択性のスイッチング」

西田吉秀・羽田政明

第 132 回触媒討論会、2023 年 9 月 13-15 日、札幌

「NO 解離反応に対する担体の影響」

富樫ひろ美・青野剛輝・大石隼輔・小川亮一・羽田政明

第 132 回触媒討論会、2023 年 9 月 13-15 日、札幌

「自動車触媒向け高性能 OSC 材料の合成とその表面分析」

井上美知代・渡邊覚史・山口道隆・大迫隆男・加藤和彦・小林 裕・岩品克哉・遠藤慶徳・若林 誉、羽田政明

第 132 回触媒討論会、2023 年 9 月 13-15 日、札幌

「ジルコニア担持パラジウム触媒による常温常圧下でのニトリルの選択水素化」

岸本真明・西田吉秀・羽田政明

第 33 回キャラクターゼーション講習会、2023 年 12 月 20 日、名古屋

「 CO_2 メタン化触媒における活性金属の粒径効果の検討」

三田剛志・西田吉秀・羽田政明

第 33 回キャラクターゼーション講習会、2023 年 12 月 20 日、名古屋

「Ni/アモルファス窒化ケイ素複合体の合成と評価」

川口杵果・朝熊紀文・本多沢雄・羽田政明・岩本雄二
日本セラミックス協会 2024 年会、2024 年 3 月 14-16 日、熊本

「ロジウムとイリジウムの合金化による三元触媒活性の向上」

西田吉秀・青野剛輝・山岸弘奈・鈴木貴博・富樫ひろ美・大石隼輔・羽田政明

第 133 回触媒討論会、2024 年 3 月 21-22 日、横浜

「Fe 系触媒を用いた Direct CO_2 -FT 反応における表面吸着種分析」

石谷康平・板東芳朗・駒野谷 将・羽田政明・西田吉秀・中原祐之輔

第 133 回触媒討論会、2024 年 3 月 21-22 日、横浜

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 >

“Glazes induced degradation of tea catechins”

Y. Xin, S. Shido, K. Kato, T. Shirai

Scientific Reports, 13, 10507 (2023)

本論文では、異なる金属酸化物含有市販釉薬表面における茶カテキンの構造変化について報告した。茶カテキンの分解は釉薬の化学組成に依存することを見出し、Fe/Co/Cu 酸化物が含むイラボ/ナマコ/オリベ釉薬と Ti が含むトウメイ釉薬はそれぞれエピガロカテキン、エピカテキン、エピガロカテキンガラート、エピカテキンガラートと、エピガロカテキンガラートを選択的に分解することがわかった。また、反応メカニズムについて考察し、釉薬中の金属酸化物がルイス酸としてカテキン類の酸化重合反応を促進することによって、テアフラビンやテアルビジンとその酸化物などの着色成分が生成されると推測した。

“Influence of ball materials on the surface activation behavior of coal ash particles during a mechanochemical process”

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

Ceramics International, 49, 34327 (2023)

本論文では、遊星ボールミルを用いたメカノケミカル (MC) 処理に用いるボールの材質を変化させることで、処理中における石炭灰粒子に寄与するエネルギーや石炭灰粒子とボール表面で生じる摩擦力の変動による、粒子表面の活性化による石炭灰粒子の化学構造および低濃度アルカリ溶液中での Si, Al イオンの溶出挙動の変化について新たに報告した。ボールが粉体に寄与するエネルギーが大きくなることで粉碎効果の効率が增大し、粒子径が小さくなり MC 処理後期における石炭灰粒子の凝集性が向上すること、ボールと粉体間の摩擦係数が増加することで粒子中のクォーツ、ムライト相の非晶質が促進されてイオン溶出量が増大することを明らかにした。

“Fe-Substituted Hydroxyapatites as Catalysts for Oxidative Decomposition of VOCs”

S. Nakagawa, Y. Xin, H. Nishikawa, R. Yoneyama, T. Nakagawa, A. Yoshikawa, T. Shirai

Catalysis Letters, <https://doi.org/10.1007/s10562-023-04466-0> (2023)

本論文では、液相合成法を用いて Fe 置換型水酸アパタイトを合成し、異なる Fe 置換量における合成した

水酸アパタイトの粒子形態、結晶性、化学構造、表面化学状態およびラジカル生成挙動について調査した。また、Fe の置換状態によって、水酸アパタイト表面の VOC (揮発性有機物) の吸着性や触媒酸化分解能との相関性について報告した。

“A Novel Fast Fabrication of Crystal-Oriented Hydroxyapatite Ceramics via Gel-Casting in High Magnetic Field”

Y. Xin, G. M. Dursun, S. Tanaka, T. Shirai

J. Eur. Ceram. Soc. (2023) 44, 1864-1872

本論文では、磁場中のゲルキャストリングを利用することにより、新たな結晶配向したセラミックスの成形手法を提案した。スラリーの作製条件を調整することによってセラミックス粒子の分散状態やスラリーの粘度を制御し、磁場中ゲルキャストリングの際に成形体の結晶配向度への影響について調査した。また、焼結温度における結晶配向度および焼結体最表面の結晶構造変化や相転移について詳しく議論した。

“Carbon nano-onion as next-generation functional nanomaterial: Synthesis methods and practical applications”

Y. Xin

Fun. Mater. Lett. (2023) <https://doi.org/10.1142/S179360472300013>.

カーボンナノオニオン (CNO) は多層のフラーレンシェル構造で構成され、最も有望なナノフォームの1つである。また、その化学的・物理的な特性により世界的な注目を集めている。例えば無毒性、高い化学的安定性、低密度で大きな表面積があり、優れた電子伝導性と熱伝導性、可視光発光性を持つため、CNO はエネルギー貯蔵デバイス、スーパーキャパシタ、太陽光発電、発光ダイオード、バイオイメージング技術などさまざまな用途に応用されている。1980年代にカーボンブラック合成中の副生成物として透過型電子顕微鏡より CNO を観察されてから、現在機能性 CNO の合成手法、理論計算および応用技術について多く研究開発が行われている。本論文では、過去の研究および最新研究の進歩における主要な合成方法で合成された CNO 材料の設計と開発に関する論文をレビューし、その中から選択したいくつかのアプリケーションについて紹介した。

“Effect of the ball milling process on surface hydration behavior of ceramic powder”

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

Ceram. Int., 50 (2023) 20790-20795.

本論文では、湿式ボールミル手法を用いてアルミナ粒子のスラリーを作製し、ボールミルの条件における異なる市販アルミナ粒子表面の水和挙動、水和物の化学状態および結晶構造の変化への影響について報告した。また、アルミナ表面に形成されたギブサイトとバイヤライトの比率によって、吸着剤との相互作用について、詳しく議論した。

他成分に対する親和性が低いことが明らかにされ、それにより気孔率や欠陥体積の増加が見られた。この成形性の低下は機械的強度の低下に繋がることも確認され、本解析手法が成形性やそれに伴う機械特性への影響に対する推測方法として有効であることを示した。

“Solubility parameters for ensuring a castable design in the Al₂O₃-based gel-casting system”

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

Journal of the Ceramic Society of Japan, 132 (2024) 138-143.

本論文では、ゲルキャスト法における成形性について、溶解度パラメータによる親和性の解析をゲルキャストスラリーへ適用した新たな解析手法の提案を行った。実際にエポキシ系のゲルキャスト法における成形性について検討した場合、PVAの

“Effect of Monomer Structure on Carbonization Process of Gel-cast Green Body and Electrical Property of Sintered Body”

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

Journal of the Ceramic Society of Japan, 132 (2024) 232-237.

本論文では、エポキシ系ゲルキャスト成形体の還元焼成において、炭化挙動におけるエポキシモノマーの分子構造の影響と、黒鉛構造への影響について報告した。エポキシモノマー中の官能基数やエーテル結合が残留炭素量に影響を及ぼし、官能基数はさらに低温焼成時の炭素構造へ影響を与えることが明らかになった。また、低温時に生成された炭素は最終的に生成された炭素の黒鉛構造に影響を及ぼすことが分かり、本手法での前駆体における分子構造の重要性について明らかにした。

< 総説・解説・報文・その他 >

「水酸アパタイトを利用した新規環境浄化触媒の開発」

白井 孝・辛 韻子

Phosphorus letter No.106 (2023), 28-39, 2023年2月

“Applications of Hydrogen Silsesquioxane in Nanomanufacturing and Nanofabrication”

Y. Xu, Y. Xin, T. Shirai

先進セラミックス研究センター年報 (2022)、Vol. 11、13-26、2023年7月

< 口頭発表 >

「局所反応場を利用した次世代ナノ発光体の開発」

辛 韻子

ナノ学会第21回大会、2023年5月11-13日、函館（招待講演）

「異なる粉体マトリクスにおけるセラミックスゲルキャスト還元焼結体の化学構造および電気特性への影響」

辛 韻子・竹内優弥・加藤邦彦・白井 孝

粉体工学会 2023年度春季研究発表会、2023年5月15-16日、早稲田大学

“A Novel and Facile Synthesis of Hydrophobic Silicon Nanocrystals with Visible Photoluminescence”

Y. Xu, Y. Xin, T. Shirai,

ナノ学会 第21回大会、2023年5月11-13日、函館

「マイクロ波プラズマによる可視光応答型ヘテロ接合光触媒の創製」

加藤邦彦・辛 韻子・白井 孝

- 粉体工学会 2023 年度春季研究発表会、2023 年 5 月 15-16 日、早稲田大学
- 日本セラミックス協会 第 36 回秋季シンポジウム、2023 年 9 月 6-8 日、京都工芸繊維大学
- 「メカノケミカル反応による可視・近赤外光応答型 MoO_x/C 光触媒粒子の合成」
加藤邦彦・辛 韻子・白井 孝
粉体工学会 2023 年度春季研究発表会、2023 年 5 月 15-16 日、早稲田大学
- 「 MoO_x/C カーボン系多機能型光触媒のメカノケミカル合成」
加藤邦彦・辛 韻子・白井 孝
日本セラミックス協会 第 36 回秋季シンポジウム、2023 年 9 月 6-8 日、京都工芸繊維大学
- 「結晶・化学構造を制御した水酸アパタイト触媒のアンモニアボラン加水分解活性」
神谷遥斗・加藤邦彦・辛 韻子・白井 孝
粉体工学会 2023 年度春季研究発表会、2023 年 5 月 15-16 日、早稲田大学
- 「 $\text{WO}_x/\text{FeWO}_4$ ヘテロ系赤外応答型光触媒のマイクロ波合成」
加藤邦彦・N. K. S. A. Warsani・辛 韻子・白井 孝
日本セラミックス協会 第 36 回秋季シンポジウム、2023 年 9 月 6-8 日、京都工芸繊維大学
- 「マイクロ波ポリオール反応を用いた白金ナノ粒子の精密合成および高効率 VOC 分解触媒の開発」
辛 韻子・永田 拓・加藤邦彦・白井 孝
粉体粉末冶金協会 2023 年度春季大会、2023 年 6 月 6-8 日、早稲田大学
- 「石炭灰から溶出された金属イオンの反応挙動とその評価」
三宮拓実・辛 韻子・加藤邦彦・白井 孝
日本セラミックス協会 第 36 回秋季シンポジウム、2023 年 9 月 6-8 日、京都工芸繊維大学
- 「月面インフラ構築に資するマイクロ波材料製造技術の開発」
加藤邦彦・田島孝敏・淵田安浩・新村 亮・白井 孝
粉体粉末冶金協会 2023 年度春季大会、2023 年 6 月 6-8 日、早稲田大学
- “Controlled Mechanochemical Process for Silicon Quantum Dots with Wavelength-tunable Photoluminescence”
Y. Xu, Y. Xin, K. Kato, T. Shirai
日本セラミックス協会 第 36 回秋季シンポジウム、2023 年 9 月 6-8 日、京都工芸繊維大学
- 「粒子配合が及ぼすゲルキャスト成形体の還元焼結における黒鉛化挙動と電気特性への影響」
舟橋由晃・辛 韻子・加藤邦彦・白井 孝
粉体粉末冶金協会 2023 年度春季大会、2023 年 6 月 6-8 日、早稲田大学
- 「遷移金属系酸化物ブロンズ／カーボン複合粒子合成と環境浄化触媒への応用」
加藤邦彦
第 84 回応用物理学会秋季学術講演会、2023 年 9 月 20 日、熊本（招待講演）
- 「異なるボール材質を用いたメカノケミカル処理による石炭灰粉体の表面改質」
三宮拓実・辛 韻子・加藤邦彦・白井 孝
粉体粉末冶金協会 2023 年度春季大会、2023 年 6 月 6-8 日、早稲田大学
- “Novel Insights into the Microwave-Assisted Polyol Synthesis of Metal Nanoparticles for Catalytic Air Pollution Control”
Y. Xin, K. Kato, T. Shirai
Materials Science & Technology (MS&T23), 1-4 October, 2023, Columbus, Ohio, USA
- 「遊星ボールミル処理による H_xWO_3 の結晶構造制御とセルロース分解触媒への応用」
矢吹晃隆・加藤邦彦・辛 韻子・白井 孝
粉体粉末冶金協会 2023 年度春季大会、2023 年 6 月 6-8 日、早稲田大学
- “Synthesis of $\text{TiO}_2/\text{graphene oxide}$ core-shell nanoparticles via catalyst-free microwave-assisted reaction for highly efficient photocatalysis”
K. Kato, Y. Xin, T. Shirai
Materials Science & Technology (MS&T23), 1-4 October, 2023, Columbus, Ohio, USA
- 「炭素繊維強化プラスチック (CFRP) のリサイクルに向けた新規グリーン触媒の開発」
辛 韻子・後藤 舞・加藤邦彦・白井 孝

“Effect of silicate ions with different structures on solidification behavior of mechanochemically activated coal ash powders”

T. Sangu, Y. Xin, K. Kato, T. Shirai,
Materials Science & Technology (MS&T23), 1-4
October, 2023, Columbus, Ohio, USA

“Fabrication of Functional Porous Ceramics by Gel-Casting and Its Applications”

T. Shirai
3rd International Materials Technologies and
Metallurgy Conferences 2023 (MTM2023), 11-13
October, 2023, Turkey (Invited)

「月資源を用いた拠点建設材料のマイクロ波製造技術開発」

加藤邦彦・白井 孝・田島孝敏・淵田安浩・石川洋二・
新村 亮
第 67 回宇宙科学技術連合講演会、2023 年 10 月
17-20 日、富山

“Hydroxyapatite as Green Catalyst for VOC Elimination”

Y. Xin, S. Nakagawa, T. Shirai
The 15th Pacific Rim Conference of Ceramic
Societies (PACRIM15) & The 13th International
Conference on High-performance Ceramics (CICC-
13), 5-10 November, 2023, Shenzhen, China

“Photoluminescence Evolution of Functional Silicon Quantum Dots Assembled in Sustainable Mechanochemical Process”

Y. Xu, Y. Xin, T. Shirai
The 15th Pacific Rim Conference of Ceramic
Societies (PACRIM15) & The 13th International
Conference on High-performance Ceramics (CICC-
13), 5-10 November, 2023, Shenzhen, China

「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 - 日本伝統の陶磁器技術と茶文化の新展開」

白井 孝
2023 日本陶磁器産業振興協会 2023 年 12 月講演会、
2023 年 12 月 1 日、名古屋、(招待講演)

「赤外光応答性 WO_x - $FeWO_4$ 複合粒子のマイクロ波高速合成」

加藤邦彦・N. K. S. A. Warsani・辛 韻子・徐 玉萍・
白井 孝
2023 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発
表会、2023 年 12 月 2 日、名古屋工業大学

「石炭灰から溶出された金属イオンが及ぼす固化反応への影響」

三宮拓実・辛 韻子・加藤邦彦・徐 玉萍・白井 孝
2023 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発
表会、2023 年 12 月 2 日、名古屋工業大学

「Ga ベース液体合金を用いた γ - Al_2O_3 ナノ粒子合成」

神谷遥斗・加藤邦彦・辛 韻子・徐 玉萍・白井 孝
2023 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発
表会、2023 年 12 月 2 日、名古屋工業大学

「マイクロ波磁場加熱による W-Mo-O 三元系酸化物の高速合成」

矢吹晃隆・加藤邦彦・辛 韻子・徐 玉萍・白井 孝
2023 年度日本セラミックス協会東海支部学術研究発
表会、2023 年 12 月 2 日、名古屋工業大学

「 MoO_x /カーボン系広帯域応答型光触媒のメカノケミカル合成」

加藤邦彦・辛 韻子・徐 玉萍・白井 孝
第 62 回セラミックス基礎科学討論会、2024 年 1 月
7-8 日、上智大学

“Structure deformation of silicate networks via metal ions eluted from coal ash”

T. Sangu, Y. Xin, K. Kato, Y. Xu, T. Shirai
第 62 回セラミックス基礎科学討論会、2024 年 1 月
7-8 日、上智大学

“Synthesis of γ - Al_2O_3 nanoparticles by eco-friendly Ga-based liquid alloy reaction”

H. Kamiya, K. Kato, Y. Xin, Y. Xu, T. Shirai
第 62 回セラミックス基礎科学討論会、2024 年 1 月
7-8 日、上智大学

“Synthesis of $W_xMo_{1-x}O_3$ via single-mode microwave assisted reaction for full-spectrum photocatalysis”

A. Yabuki, K. Kato, Y. Xin, Y. Xu, T. Shirai
第 62 回セラミックス基礎科学討論会、2024 年 1 月
7-8 日、上智大学

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

Y. Xin, K. Odachi, K. Kato, Y. Xu, T. Shirai
The 22nd ISEPD2024, 7-8 January, 2024, Nakhon
Ratchasima, Thailand

“Synthesis of WO_{3-x} /carbon nanoparticles via catalyst-free microwave-assisted reaction for highly efficient photocatalytic water purification”

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

The 22nd ISEPD2024, 7-8 January, 2024, Nakhon Ratchasima, Thailand

“A Green Mechanochemical Manufacturing of Silicon Quantum Dots with Wavelength-tunable Emission”

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

The 22nd ISEPD2024, 7-8 January, 2024, Nakhon Ratchasima, Thailand

“Looking inside the silicate network structure forming on surface/interface of activated coal ash particles”

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

The 22nd ISEPD2024, 7-8 January, 2024, Nakhon Ratchasima, Thailand

< ポスター発表 >

「異なる粒子間隙におけるエポキシポリマーの炭化挙動」

舟橋由晃・辛 韻子・加藤邦彦・白井 孝

日本セラミックス協会東海支部 第 64 回東海若手セラミスト懇話会 2023 年夏期セミナー、2023 年 6 月 15-16 日、志摩

「金属ナノ粒子担持水酸アパタイトのアンモニアボラン加水分解活性」

神谷遥斗・加藤邦彦・辛 韻子・白井 孝

日本セラミックス協会東海支部 第 64 回東海若手セラミスト懇話会 2023 年夏期セミナー、2023 年 6 月 15-16 日、志摩

“Microwave Synthesis of $WO_x/FeWO_4$ composite particles for near-infrared-driven photocatalysis”

N. K. S. A. Warsani・加藤邦彦・辛 韻子・白井 孝

日本セラミックス協会東海支部 第 64 回東海若手セラミスト懇話会 2023 年夏期セミナー、2023 年 6 月 15-16 日、志摩

「構造の異なるケイ酸イオンを有するシリカ助剤が石炭灰固化挙動に及ぼす影響」

三宮拓実・辛 韻子・加藤邦彦・白井 孝

日本セラミックス協会東海支部 第 64 回東海若手セラミスト懇話会 2023 年夏期セミナー、2023 年 6 月 15-16 日、志摩

「水素タングステンブロンズのメカノケミカル合成及び固体酸触媒応用」

矢吹晃隆・加藤邦彦・辛 韻子・白井 孝

日本セラミックス協会東海支部 第 64 回東海若手セラミスト懇話会 2023 年夏期セミナー、2023 年 6 月 15-16 日、志摩

「マイクロ波ポリオール反応を用いた機能性銀ナノ粒子の精密合成」

西尾瑛至・辛 韻子・加藤邦彦・白井 孝

日本セラミックス協会東海支部 第 64 回東海若手セラミスト懇話会 2023 年夏期セミナー、2023 年 6 月 15-16 日、志摩

「多機能型 MoO_x /カーボン複合光触媒のメカノケミカル合成」

加藤邦彦・辛 韻子・白井 孝

日本セラミックス協会東海支部 第 64 回東海若手セラミスト懇話会 2023 年夏期セミナー、2023 年 6 月 15-16 日、志摩

「異なる釉薬組成が及ぼす茶カテキン構造変化への影響」

竹本直矢・辛 韻子・加藤邦彦・徐 玉萍・白井 孝

日本セラミックス協会 2024 年年会、2024 年 3 月 14-16 日、熊本大学

「バイオマス原料を用いた水酸アパタイトの合成と VOC 酸化分解への応用」

上坂悠真・辛 韻子・加藤邦彦・徐 玉萍・白井 孝

日本セラミックス協会 2024 年年会、2024 年 3 月 14-16 日、熊本大学

< 受賞 >

「日本セラミックス協会東海支部表彰・隼翔賞」

Yuping Xu

日本セラミックス協会東海支部、2023年4月14日

「粉体工学会ベストプレゼンテーション賞」

加藤邦彦

粉体工学会 2023年度春季研究発表会、2023年5月16日

「応用物理学会講演奨励賞」

加藤邦彦

第54回応用物理学会、2023年9月19日

「優秀講演発表賞」

舟橋由晃・辛 韻子・加藤邦彦・白井 孝

粉体粉末冶金協会 2023年度春季大会、2023年6月6-8日、早稲田大学

「優秀発表賞」

Ni Kadek Sagit Ari Warsani・加藤邦彦・辛 韻子・白井 孝

日本セラミックス協会東海支部 第64回東海若手セラミスト懇話会 2023年夏期セミナー、2023年6月15-16日、志摩

「最優秀発表賞 キャラクターゼーション部門」

三宮拓実・辛 韻子・加藤邦彦・白井 孝

日本セラミックス協会 第36回秋季シンポジウム、2023年9月6-8日、京都工芸繊維大学

「永井科学技術財団 令和5年度学術賞」

白井 孝

公益財団法人永井科学技術財団、2024年3月5日

先進材料設計研究部門・材料創製研究グループ

< 論文 >

“Liquid Phase Epitaxy of CuGaO₂ on GaN: P-N Heterostructure for Photocatalytic Water Splitting”

Energy Advances, 2, 1495-1499, 2023

H. Sena, S. Kitano, H. Habazaki, M. Fuji

半導体光触媒による水分解は、世界的なエネルギー問題に対処する有望な方法である。キャリアの高速再結合と可視光吸収の制限が克服すべき2つの主な課題であり、p-nヘテロ接合の設計が効果的な解決策である。本研究では、p-nヘテロ接合を形成するために2つのダイレクトバンドギャップ半導体を選択した。n型GaN基板上に厚膜p型CuGaO₂を液相エピタキシャル成長させた。この膜はGaNのc面に対して垂直に成長した。バンドギャップは可視域の1.84eVであることが示された。水分解反応では、水素発生量は800 μmol/h、酸素発生量は120mmol/hであった。このように、高効率光触媒を得るためのキャリアの電荷分離にp-nヘテロ構造が有効であることが示された。

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

Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, 9 (6), 100563, 2024

N. Kaewtrakulchai, S. Chanpee, W. Pasee, A. Putta, S. Chutipaijit, M. Kaewpanha, T. Suriwong, P. Puengjinda, G. Panomsuwan, M. Fuji, A. Eiad-ua

本研究では磁性前駆体として硝酸鉄(Ⅲ)と酸化鉄の比率を変えて、マグネタイトを添加した馬糞を水熱処理した後、炭化することにより高い多孔性構造を持つ磁性カーボンナノファイバー(MCNF)を開発した。生成したMCNFは比表面積435.31m²/gの非常に多孔質な構造を示し、炭素含有量も高かった。また、酸化鉄種によって磁気特性が促進され、飽和磁化は2.48emu/gであった。合成したMCNFをメチレンブルー(MB)除去のためのバイオ吸着剤として用いた結果、92-99%の優れた色素吸着率を示した。得られ

た磁性吸着剤は物理的分離によって水溶液から除去することに成功した。この結果から、馬糞由来の MCNF は排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剤として使用できる可能性が示された。

“Black brookite rich in oxygen vacancies as an active photocatalyst for CO₂ conversion: Experiments and first-principles calculations”

Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, 449, 115409, 2024

M. Katai, P. Edalati, J. Hidalgo-Jimenez, Y. Shundo, T. Akbay, T. Ishihara, M. Arita, M. Fuji, K. Edalati

光触媒による CO₂ 変換は、CO₂ 排出に対処するためのクリーンな技術であり、酸化チタン (TiO₂) 多形は、このような応用のために最も研究されている光触媒である。本研究では、高压ねじり法により、黒色ブルッカイトを光触媒 CO₂ 変換に初めて応用した。格子欠陥 (空孔、転位、粒界) を多く含む黒色ブルッカイトは、従来の白色ブルッカイト粉末と比較して、光吸収率が高く、バンドギャップが狭く、電子と正孔の再結合率が低かった。またこの材料は、紫外線照射化で CO₂ を CO に変換し、H₂ を生成し、初期の白色ブルッカイトよりも優れた活性を示した。このような高い活

性は第一原理計算から、主に酸素空孔が光吸収と CO₂ 吸収を高める効果によることが示唆された。

「表面含浸材に用いられるコロイダルシリカの凝集・分散メカニズムに関する研究」

吉田 亮・加藤 諄・近藤政晴・藤 正督

コンクリート工学年次論文集, 45 (1), 262-267, 2023

けい酸塩系表面含浸材として使用されるコロイダルシリカ (以下、CS) の凝集による新しい表面保護工法を確立するために、CS 中のシリカ粒子に働く van der Waals 力による引力と電気二重層による静電的な斥力の関係 (DLVO 理論) から算出し、凝集メカニズムについて検討した。ゼータ電位は希釈濃度によらず一定の割合で 0 mV に近づくが、10% に希釈した CS は pH=6.8 のときに凝集し始め、50% に希釈した CS は pH=7.7 のときに凝集し始めた。これは pH 低下にともなう電解質の増加により電気二重層による斥力が減少したためである。CS の希釈濃度が大きいとき、酸性雨や中性化にともなう細孔溶液 pH の低下によってもコロイダルシリカが凝集し、ケイ酸ゲルが生成することが示唆された。

< 著書 >

中空微粒子の合成と応用 (普及版)

第 2 章 「無機粒子テンプレート」

「2. 溶解性無機粒子をテンプレートとした中空粒子合成」

藤 正督

中空微粒子の合成と応用 (普及版)、P.55-65

細孔や中空構造からなる微細空間は、凝固点効果やガス吸着による最高の重点などの特性を与える。この特性が固体材料へ付与可能であれば、材料設計の新たな可能性が開かれる。微細空間としては細孔や中空構造などがあり、これらは機能性材料の特性において重要である。本稿では、この微細空間を有する中空粒子に着目し議論を行う。

中空粒子は中実粒子と比較すると高比表面積、低密度、更新統制などの優れた特性を有する。また、中空粒子がマイクロサイズからナノサイズまで微細化されると、構成成分が同様であっても卓越した特性を示すことが近年の科学の発展により知られるようになった。中空粒子の内部空間は二層を有する新しいマイクロ/ナノ材料であり、複合的な化学組成を示すが、比較的簡便な構造かつ階層的な構造であるため優れた特性を

示す。また、多層な細孔複合シェルを有する中空粒子はさらに複雑であり、ナノ材料科学への応用が期待されている。本稿ではこれらについて記述している。

本稿ではシリカを代表とする無機中空粒子の近年の発展に焦点を当てている。多くの優れた論文は中空粒子の環境低負荷の合成手法の確立のみでなく、構造設計や生体への応用に努めている。

本稿は以下のように構成される。ゾルゲルハン王の基礎的な工程より、固体コアテンプレート法による中空粒子の合成を紹介する。その後、一般的なナノ/マイクロサイズの中空粒子の応用例を紹介する。主に、湿式科学的処理 (ゾルゲル反応) を用いた中空粒子合成に関して焦点を当てている。

第 4 章 「バブルテンプレート」

「3. バブルテンプレート法による中空粒子の製造」

中空微粒子の合成と応用 (普及版)、P.115-127

富岡達也・藤 正督

科学技術の進歩に伴い、近年ますます材料の機能向上に対する要求が高まっている。無機中空粒子は内部に

空洞を有し、シェルの多くは多孔質であるため他材質を内包させることができ、さらにそれを徐放させることが可能であるなど従来の中実粒子とは異なった特性を持たせることができる。さらに、低密度であり高比表面積や表面透過性などの特質もあり、軽量材、断熱材、色材など多方面で用途開発が進んでいる。

このような背景から、その製造方法も酸化物を中心に様々な合成法が研究されている。代表的な例としては各種のテンプレート法、遠心法やスプレードライ法などがある。その中でも、溶液中にガスを吹き込み、もしくは反応によりマイクロバブルを発生させ、これをテンプレートとしてその表面にナノサイズの微粒子層を形成させて直接中空粒子を製造する、いわゆるバブルテンプレート法が注目されている。この手法は後工程でコアとなる材料を除去する必要がないため環境に与える負荷が小さいことがメリットだが、反応温度やpH等が中空粒子の物性に密接に関与するためコントロールが難しく、その実用化までには解決すべき問題を多く含んでいるのが現状である。

本章では、バブルテンプレート法による中空粒子の製造について、最も実績に富むと思われる炭酸カルシウム中空粒子を代表例として紹介した。

第6章「応用」

「3. 断熱材料」

藤 正督・高井千加

中空微粒子の合成と応用（普及版）、P.176-183

本稿ではナノサイズ中空粒子を含有するフィルムの応用例としてビルや家屋の窓に使用する透明断熱フィルムについて紹介した。中空粒子の合成および分散技術を用いてナノ中空粒子含有フィルムを作製したところ、10wt% ナノ中空粒子含有フィルムの熱伝導率は0.03W/mKとなった。汎用PUフィルムの熱伝導率は0.3W/mKであることから、ナノ中空粒子をPUに分散させることでフィルムの熱伝導率を1/10に低減させることができた。また、このフィルムの可視光波長透過性を評価したところ約90%の高い光透過性を示すことが明らかになり、窓ガラス等への適応性が確認された。

そこで、パートナー企業の協力を得て大面積フィルムを作製し、多治見市内において断熱性実証試験を行った。フィルム施工・未施工部屋においてエアコンを作動させ24時間あたりの電力消費量の違いを観察したところ、施工部屋で約6kWh、未施工部屋で約8kWhとなり、フィルム施工により約25%のエネルギー削減効果があることが明らかとなった。

第6章「応用」

「4. アルミニウム防食膜」

藤 正督・高井千加

中空微粒子の合成と応用（普及版）、P.184-199

中空粒子をポリマー膜中に導入することで、アルミニウム防食膜を開発した。本稿では、ナノ中空粒子複合防食膜の研究開発成果を挙げ、高機能発現の鍵となるナノテクノロジーを紹介する。

アルミニウムの腐食を抑えるためには、被覆膜の密着性がよく、傷がつかないように硬度を持つことが第一条件といえる。ナノシリカとポリマーの複合化は硬度、強度をとともに上げることができる。さらにナノサイズであることから、塗装厚みは数十ミクロンと薄く作製可能であり、密着性にも優れる。作製した複合膜はアルミニウム板上に膜厚約15 μ mで防食性複合膜を形成させた。防食評価を行うキヤス試験の結果、240時間後も表面腐食痕が全く見られず、優れた防食性能を示した。

アルミニウムの防食塗料として使用する場合には透明性が需要であり、そのためにはナノ粒子の分散性が重要となる。化学的な表面処理も必須であるが、機械的な分散がさらに重要な作業といえる。そこには合成した中空粒子の乾燥段階において硬い凝集を作ることなく乾燥させる乾燥分散技術が必要となる。これを、振動流動分散機を用いることにより解決した。

「第69回粉体入門セミナーⅡ「粉をつくりそして利用するために」」

3. 粉体成形・粉体を形にする

藤 正督

日本粉体工業技術協会、P.66-90、2023

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、プロセスの前半で材料の運命は決まっている。焼結後に残った気孔の中で最大で扁平な気孔が材料の破壊源となる。また、まったく同じ材料であっても強度をそのまま測定するときと、小さく分割して測定するときでは、平均強度は後者のほうが高い。これは材料の体積効果として知られている。粉体成形に関して、固/気/液分散系の充填状態ではドライ域からスラリー域の中のいずれかの充填状態をとるが、飽和度Sという指標はマクロな充填状態を定量的に表現するに当たって重要となる。加圧成形に関しては、乾式一軸加圧成形は量産性と寸法精度に優れている成形方法であり、電子材料・耐火レンガ・タイル・機械部品・切削工具などに応用されている。押出成形は、一定断面形状物の作成に向いている。応用例は、耐火物（中空）、ハニカム触媒担体、透明アルミナ管などがある。射出成形は、

射出成形機内で粉体と樹脂のコンパウンドを加熱溶融して流動性を付与した後、溶融コンパウンドを金型に射出充填し、冷却して成形体を作製する方法である。タービンプレード、ギア、高寸法精度が求められる場合に有効な成形法である。鋳込み成形では、液中で粒子間に作用する力が重要である。引力としては、ファンデルワールス力、斥力としては、電気二重層の重なりによる静電相互作用が挙げられ、この二つのポテンシャルの曲線の形によって凝集するかが決まる。テープ成形では、一般的に有機溶剤を用いたスラリーが用いられ、概ね 0.02mm~1mm のシートが得られる。多層基板、多層コンデンサー、圧電素子などの製造に用いられる。この成形方法では、粒子のアスペクト比が大きい場合には粒子配向が生じる。また、テープ成形は乾燥により固化を行うため、有機溶剤を用いるが環境に配慮して水系でも試みられている。新しい成形方法として、ゲルキャストリング成形法がある。セラミックス粉体と結合剤モノマーと分散材、水を混合したスラリーを鋳込みゲル化させ、離型する。

その後、乾燥、脱脂、焼結を得て固化体を作製する。

基礎と現場から学ぶ最新粉体技術

第 8 章 持続可能な社会を支える粉体技術

8.6 焼かないセラミックス製造プロセスの開発に向けて

藤 正督

基礎と現場から学ぶ最新粉体技術、p.271-279

カーボンニュートラル社会構築が現実的な段階になり、筆者らが開発した無焼成セラミックスの研究が注目されるようになった。焼成セラミックス製造工程における CO₂ 排出量は、焼結工程が全体の 6 割、次いで乾燥工程が約 2 割である。焼かないことが CO₂ 排出削減に効果的なのである。粉を摩砕する技術、混合・混練する技術、乾燥・固化する技術など、粉体工学の総合知が結実した成果と言える。

ここでは表面化学及び粉体工学に基づく無焼成セラミックスの基本、表面活性化された粉体表面の真実、表面活性化粉体の無焼成固化、無焼成セラミックスの可能性について述べる。

< 総説・解説 >

“No-Noble Nanoparticles Cocatalysts in TiO₂ for Photocatalytic Hydrogen Production from Water”

X. Jiang, M. Fuji

粉体および粉末冶金、70 (4)、203-212、2023

太陽光光触媒による水分解を利用した水素製造は、最も有望な方法である。水の分解は、太陽エネルギーの取り込み、光生成電荷の移動と分離、プロトンによる水素生成の 3 つのステップで構成されている。現在、多くの研究は第 1 ステップと第 2 ステップを中心に行われているが、第 3 ステップに関する研究は比較的少ない。なお、光触媒では助触媒の導入により、触媒活性が向上し水素発生量を増加させることが可能である。助触媒には主に貴金属触媒と非貴金属触媒があり、貴金属触媒はより優れた性能を発揮するが、価格が高いため広い範囲での応用には限界があり、効率的で安価な非貴金属触媒を開発することが重要である。本論文では、TiO₂ 光触媒による水素発生に基づく非貴金属触媒の使用についてまとめた。また、その作用機構と関連する合成方法について考察し、非貴金属助触媒の開発方向について簡単に述べた。

KONA Powder and Particle Journal, 41 (2024), 123-139, 2024

光触媒は、水素製造や CO₂ などの有害成分を変換、汚染物質を分解するなど有望な材料である。しかし、光触媒の効率の低さは大きな欠点である。近年、高圧ねじり法 (HPT) は従来の光触媒の活性を向上させる高い塑性変形 (SPD) 法のひとつで可能性を期待されている。この方法はバンドギャップを狭め、バンド構造を整列させ電子と正孔の再結合を減少させることで活性を高めることが出来る。また、大きな格子歪み、酸素空孔、窒素空孔、高圧相、ヘテロ結合、高エントロピー、セラミックスなどを導入し電子と正孔の分離を促進することができる。この研究では、HPT 処理による光触媒効率向上に関するいきんの知見を概説し、これらの向上につながるパラメータについて議論する。

“Superfunctional high-entropy alloys and ceramics by severe plastic deformation”

P. Edalati, M. Fuji, K. Edalati

RARE METALS, 42, 3246-3268, 2023

少なくとも 5 つの主要元素を含む高エントロピー合金やセラミックスは、近年、様々な機械的・機能的応用のために高い注目を集めている。特に高圧ねじり法

“High-pressure torsion for highly-strained and high-entropy photocatalysts”

S. Akrami, P. Edalati, M. Fuji, K. Edalati

などの厳しい塑性変形 (SPD) を、CALPHAD (相図計算) や第一原理計算と組み合わせることで、通常の工学材料の機能よりも優れた特性を持つ超機能性高エントロピー材料が数多く開発されている。本稿では、SPD を応用した超機能高エントロピー材料の開発における最近の進歩について概説する。これらの超機能特性には、(i) 高エントロピー合金におけるセラミックスの硬度に匹敵する超高硬度レベル、(ii) 高エントロピー合金における高い降伏強度と良好な耐水素脆化性、(iii) 高エントロピー合金における高強度、低弾性率、高生体適合性、(iv) 高エントロピー水素化物における高速かつ可逆的な水素貯蔵、(v) 高エントロピー半導体における光起電力性能と光電流発生、(vi) 高エントロピー酸化物および酸窒化物における水分解からの光触媒酸素および水素生成、(vii) 高エントロピーセラミックスにおける CO₂ 光還元が挙げられる。これらの知見は、SPD が既存の高エントロピー材料の特性を改善するための加工ツールであるだけでなく、従来の工学材料に比べて優れた特性を持つ新規高エントロピー材料を製造するための合成ツールであることを紹介した。

「焼かないセラミックス」の可能性－非常識が常識になる－

藤 正督・石井健斗

自動車技術、77、110-115、2023

「無焼成セラミックス」は、窯業原料粉の表面を摩砕し活性化させてその成形体を固化する方法である。活性化状態が保たれた内側の表面層をアルカリ系反応液により溶出させることにより、強固な無焼成セラミックスが得られる。この手法は、高温や高圧の条件下での工程を必要としないことから、省エネ、低コスト、温室効果ガス排出量削減効果など、環境に優しいエコマテリアルとして注目されている。また、焼成工程を経ないため、焼成中に分解や焼失してしまう液体や有機物、酸化や溶融してしまう金属などの複合材料実現の可能性が。これまでに参画した公的なプロジェクトでは、3D プリンタ、ヒートシンク、プレーキ関連部材の研究を行ってきた。無焼成セラミックスが自動車用セラミックス部材の代替材料として、活路が見出されていくことを期待する。

“Band Gap Engineering of Semiconductors and Ceramics by Severe Plastic Deformation for Solar Energy Harvesting”

H. Sena, M. Fujii

MATERIALS TRANSACTIONS, 64 (7), 1497-1503, 2023

バンドギャップの電子構造は半導体が吸収できる光の

量とその波長を決定する。ほとんどの光触媒は半導体材料であるため、最先端のバンドギャップ工学は光触媒反応の効率に重要な役割を果たしている。金属酸化物は地殻中に最も豊富に存在する半導体であり、そのほとんどが大きなバンドギャップを有している。酸化物が太陽エネルギーを吸収するためにはバンドギャップを小さくする必要がある。この総説では TiO₂、ZnO、Y₂O₃ のようなよく知られた金属酸化物の高圧相のバンドギャップについて研究した。これらの酸化物はバンドギャップが狭いという利点を持つ一方で、常圧では不安定であることが知られている。高圧相を安定化させる効果的な方法として高圧ねじり (HPT) を導入し、これらの相は可視光下で水分解水素や酸素の生成、CO₂ の還元反応に良好な活性を示した。高エントロピー酸化物や酸窒化物も、HPT 法で合成された光触媒特性を持つ材料群として紹介した。

「無焼成セラミックスと粒子界面Ⅳ」

藤 正督・石井健斗

JCMA、62、28-33、2023

当研究グループでは、焼成工程を経ないセラミックス固化体作製法である「無焼成固化法」についての研究を行っている。無焼成セラミックスの理解に必要な知識として寄稿を始めて、4 回目となる本号においては粉体表面を活性化させるための手法である機械的表面活性化あるいはメカノケミカル表面活性化処理法について解説する。焼結を経ずに成形体を得るためには、粒子間が反応する必要がある。そのためには、原料粒子表面付近だけが化学的活性をもてばよいことに着目し、原料粒子表面付近を摩砕する程度のエネルギーが必要であるという考えのもと、行われる操作をメカノケミカル表面活性化処理法と呼ぶ。このメカノケミカル表面活性化処理法の概要と、この手法で得られた表面活性粒子の反応機構について説明する。

「粉体成形体の本質とちょっと気になる成形方法の紹介」

藤 正督・石井健斗

粉体技術、15 (11)、54-65、2023

混合・成形分科会では、粉体の混合・混練・成形にかかわる見学会や講演会及び評価方法の確立を目指している。本原稿では前半部分にて粉体成形体に求められる事柄について材料科学の視点からまとめる。後半部分ではもっと使われても良いだろうと思われる粉体成形方法であるゲルキャスト成形法・電気泳動堆積法についてまとめる。

「セラミックス無焼成固化技術」

藤 正督・石井健斗

FINE CERAMICS REPORT、42 (1)、13-18、2024

近年世界中でカーボンニュートラルが求められており、セラミックス業界でも同様に CO₂ 排出量の削減が求められている。わが研究室では、無焼成セラミックスという、焼かずにセラミックスを製造する方法を開発した。その、固化技術について説明する。まずは、ボールミルによってセラミックス原料粒子を摩砕することで粒子表面を活性化させる。摩砕処理によって、

乱れた表面に反応溶液を加えることで、活性化した部分が溶解し、溶媒の乾燥に伴い溶解物が濃縮され再析出し、溶媒がなくなると最終的に固化する。また、無焼成セラミックスでは、焼成工程を経ないことで、CO₂ 排出量削減以外にも、金属、有機物との複合化を行えるという利点がある。このように無焼成セラミックスは様々な可能性を持つセラミックスである。

<その他>

「メカニカルストレスにより合成した TiO₂-II 光触媒を用いた CO₂ の変換への挑戦」

S. Akrami・藤 正督

ホソカワ粉体工学振興財団 年報 令和4年度 (2022) No.30、145-158、2023

光触媒による CO₂ 変換は、CO₂ を CO と有用成分に変換する有望でクリーンな方法である。酸化チタンは CO₂ 変換のために最も研究されている光触媒であるが、3.1eV 付近の大きなバンドギャップに悩まされている。光触媒による CO₂ 変換には、ルチル相とアナターゼ相の酸化チタンを用いるのが一般的である。この2つの酸化チタン相を用いた光触媒による CO₂ 変換はいくつか試みられているが、コロナイト酸化チタン (TiO₂-II) 相は高压 TiO₂ 多形体として、この用途では研究されていなかった。本研究では、高压ねじり (HPT) を用いて欠陥のある TiO₂-II 高压相を作製し、光触媒による CO₂ 変換を初めて検討した。TiO₂-II 相を導入することで、バンドギャップが大幅に減少し、CO₂ 変換における TiO₂ の光電流密度と光触媒活性が向上した。

「メカニカルストレスによる高エントロピー酸窒化物の作製とその応用」

P. Edalati・藤 正督

ホソカワ粉体工学振興財団 年報 令和4年度 (2022) No.30、149-152、2023

光触媒による水分解は、太陽光の下で水素燃料をクリーンに製造するための理想的なソリューションである。金属酸化物は、バンドギャップが小さいため、水素製造に使用される有望な光触媒であるが、安定性が低いという問題があった。一方、近年注目されている高エントロピーセラミックスは、その低いギブス自由エネルギーのために高い安定性を持つ新しい材料群で近年光触媒としての研究が盛んに行われている。現在、酸窒化物と高エントロピーセラミックスの特徴を考慮して、光触媒による水素製造のために、低バンドギャッ

プで高安定な高エントロピー酸窒化物を開発する研究を行っている。具体的には TiZrHfNbTaO₆N₃ を高せん断場で合成させた後、空気中での酸化とアンモニア中での窒化を行っている。種々の合成手順を検討した結果、目的物質を安定合成できる条件を見出した。さらに光触媒に関する簡単な予備実験で、二元系酸化物や高エントロピー酸化物よりも優れた光吸収性を持ち、高い化学的安定性で水素を発生させることができた。

「ナノ中空粒子を用いた環境対応建材の研究開発」

藤 正督

科学技術交流ニュース、29 (1)、10、2023

カーボンニュートラルな社会を構築するためには、エネルギー資源や脱炭素プロセスを見直すとともに、ライフスタイルや生産様式を根本から見直す努力が必要である。多くの人々が参加可能なテーマのひとつが、サーマルマネジメントの見直しである。ナレッジハブあいちの重点研究Ⅲの成果である中空シリカナノ粒子を用いて、カーボンニュートラル時代に必要なゼロエミッション住宅・ビルに貢献する断熱建材を作製するための2種類の塗料を開発する。

「人手不足が招く学の衰退」

藤 正督

Journal of the Society of Inorganic Materials, Japan、31 (429)、61-63、2024

産業を中心とした働き手不足の話を目にするのがここ10年ぐらいで多くなった。これに伴い、企業の学生リクルートも早くから行われ、学部卒業生、大学院修士生の就職は売り手市場だ。これに対して大学教員の人材不足を感じている。博士後期課程への進学が少ない。このことで起きているのは大学教員の人材不足である。少子化で大学数を減らす方向ではあるが、それ以上に若手人材がいないと実感している。大学の存続、学会を支える先生方の減少、日本の学術が崩壊しないか心配である。政府はもっと教育に目を向けるべ

きである。高度な知識を教えるのが大学ではない。新しい知識を生み出す能力を持った人材を輩出することが大学あるいは大学院の使命である。それが新しい価値創造であり、国際競争力の源になるはずである。そ

して、新たな産業が生まれ、税収が増える。少子化の時代、保育園・幼稚園から博士後期課程までしっかり国が投資することが、日本の将来を大きく拓くために必要な戦略だと思う。

< 口頭発表 >

「TEOS 及びその調整された前駆体を用いた中空粒子の合成」

市原稜真・吉田祐生・W. Quanyue・J. Xinxin・藤本恭一・堀田 禎・石原真裕・藤 正督
粉体工学会 2023 年度春期研究発表会、2023 年 5 月 15-16 日、東京

「無焼成固化法を用いた Y_2O_3 固化体の作製と強度評価」

岩崎晃大・加藤宏幸・石原真裕・藤 正督
粉体工学会 2023 年度春期研究発表会、2023 年 5 月 15-16 日、東京

「粉体成形・粉体を形にする」

藤 正督
第 69 回粉体入門セミナーⅡ「粉をつくり、そして利用するために」、2023 年 6 月 20 日、東京（依頼講演）

“Development of high-entropy photocatalysts for hydrogen production by high-pressure torsion”

P. Edalati
International Workshop on Superfunctional Energy/Nano Materials (SEN2023), 31 August - 2 September, 2023, Fukuoka, Japan

「ケイ酸ナトリウム水溶液から合成した中空シリカナノ粒子のシェル構造制御」

宮脇豪記・野尻凌平・W. Quanyue・J. Xinxin・石原真裕・藤 正督
日本セラミックス協会 第 36 回秋季シンポジウム、2023 年 9 月 6-8 日、京都（ハイブリッド開催）

「PAA/ NH_4OH エマルジョンテンプレート法を用いた高分散中空シリカナノ粒子の合成」

水越 葵・吉田祐生・田中葉緒・W. Quanyue・J. Xinxin・石原真裕・藤 正督
日本セラミックス協会 第 36 回秋季シンポジウム、2023 年 9 月 6-8 日、京都（ハイブリッド開催）

“Can ceramics be made without firing?”

M. Fuji
2023 年度 JICA 研修「産業技術教育」にかかるウクライナ国を対象としたフォローアップ研修、17 September, 2023, online (Invited)

「シリカ無焼成固化多孔体へのセルロースナノファイバー複合化による組織強化」

舟橋航矢・川端秀明・石井健斗・藤 正督
粉体工学会 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 2023 年度若手研究者討論会、2023 年 9 月 19-20 日、犬山

「炭素-シリカ無焼成固化複合体の電気・電磁波吸収特性」

荒町淳之介・後藤理乃・石井健斗・藤 正督
粉体工学会 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 2023 年度若手研究者討論会、2023 年 9 月 19-20 日、犬山

「エマルジョンテンプレート法を用いた中空粒子合成における攪拌動力の影響」

市原稜真・吉田祐生・W. Quanyue・J. Xinxin・堀田 禎・石原真裕・藤 正督
粉体工学会 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 2023 年度若手研究者討論会、2023 年 9 月 19-20 日、犬山

「無焼成固化法を用いた TiO_2 固化体の作製」

岩崎晃大・石井健斗・藤 正督
粉体工学会 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 2023 年度若手研究者討論会、2023 年 9 月 19 日～20 日、犬山

“Morphological Control of Starch Using Gelatinization and Retrogradation Phenomena and its Application to Pore-Forming Agents for Porous Ceramics”

K. Ishii, M. Ito, M. Fuji, T. Uchikoshi
PARTEC 2023 International Congress on Particle

Technology, 24-30 September, 2023, Germany

「スポンジの様な無機発泡体が 300℃でつくれます！」

石井健斗・藤 正督

APPIE 産学官連フェア 2023 国際粉体工業展 大阪 2023 (POWTEX2023)、2023 年 10 月 11-12 日、大阪

“**Microstructure control of porous ceramics by enzyme addition to pore-forming starch templates**”

K. Ishii, M. Ito, M. Fuji, T. Uchikoshi

International Conference on Powder and Powder Metallurgy, 2023, Kyoto (JSPMIC2023), 16-18 October, 2023, Kyoto, Japan

“**Synthesis and dielectric properties evaluation of hollow silica nanoparticles**”

Q. Wen, M. Fuji

International Conference on Powder and Powder Metallurgy, 2023, Kyoto (JSPMIC2023), 16-18 October, 2023, Kyoto, Japan

「シリカ無焼成固化多孔体へのセルロースナノファイバー複合化による組織強化」

舟橋航矢・川端秀明・石井健斗・藤 正督

粉体粉末冶金協会 2023 年度秋季大会 (第 132 回講演大会)、2023 年 10 月 19-20 日、京都

「炭素 - シリカ無焼成固化複合体の微細構造設計と特性評価」

荒町淳之介、後藤理乃・石井健斗・藤 正督

粉体粉末冶金協会 2023 年度秋季大会 (第 132 回講演大会)、2023 年 10 月 19-20 日、京都

「機械的ストレスによるシリカ粒子表面の構造変化」

藤 正督・石井健斗

第 60 回粉体に関する討論会、2023 年 11 月 8-10 日、東京

「エマルジョンテンプレート法による中空シリカナノ粒子合成プロセスへのポリエチレングリコール添加効果」

石井健斗・吉田祐生・W. Quanyue・J. Xinxin・堀田 禎・藤本恭一・藤 正督

第 60 回粉体に関する討論会、2023 年 11 月 8-10 日、東京

「エマルジョンテンプレートへのエチレングリコール添加が中空粒子シェル構造に及ぼす影響」

石井健斗・吉田祐生・W. Quanyue・J. Xinxin・堀田 禎・藤本恭一・石原真裕・藤 正督

無機マテリアル学会 第 147 回学術講演会、2023 年 11 月 9-10 日、宮城

“**Low-temperature foaming of silica-based ceramics by chemical activation**”

K. Ishii, K. Hamasaki, H. R. Khosrosha, C. Takai, I. Nakayama, M. Ishihara, M. Fuji

The 37th International Korea- Japan Seminar on Ceramics (KJ-Ceramics37), 15-18 November, 2023, Korea

“**Superhydrophobic Carbon Nanofibers for Oil Spills Adsorbent Material**”

A. Eiad-ua, P. Phumphoothong, K. Sukphunphoncharoen, N. Kaewtrakulchai, M. Fuji, S. Assabumrungrat

2024 the 13th International Conference on Material Science and Engineering Technology (ICMSET 2024), 24-26 November, 2023, Fukuoka, Japan

「多孔質セラミックスを用いた大気からの CO₂ 回収」

水越 葵・石井健斗・藤 正督

日本セラミックス協会 第 62 回セラミックス基礎科学討論会、2024 年 1 月 7-8 日、東京

「マイクロ波加熱に向けたシリカ・カーボン多孔体の作製と加熱効率」

宮脇豪記・荒町淳之介・石井健斗・藤 正督

日本セラミックス協会 第 62 回セラミックス基礎科学討論会、2024 年 1 月 7-8 日、東京

「多孔質セラミックスを用いた大気からの CO₂ 回収」

水越 葵・石井健斗・藤 正督

日本セラミックス協会 第 62 回セラミックス基礎科学討論会、2024 年 1 月 7-8 日、東京

「シリカ原料の粒度分布と無焼成固化体の強度の関係」

長江勇飛・石井健斗・藤 正督

日本セラミックス協会 第 62 回セラミックス基礎科学討論会、2024 年 1 月 7-8 日、東京

「中空シリカナノ粒子を導入した低誘電率コンポジット材料の作製」

棚橋郁弥・W. Quanyue・石井健斗・J. Xinxin・堀田 禎・藤本恭一・藤 正督

日本セラミックス協会 第 62 回セラミックス基礎科学討論会、2024 年 1 月 7-8 日、東京

「電気泳動堆積法による中空シリカナノ粒子/CNF コンポジット薄膜の作製」

吉田 祐生・石井 健斗・E. Parisa・堀田 禎、J. Xinxin・藤 正督

日本セラミックス協会 第 62 回セラミックス基礎科学討論会、2024 年 1 月 7-8 日、東京

日本セラミックスマシナリー協会 2023 年度 第 1 回セミナー、2024 年 2 月 29 日、愛知（招待講演）

「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Ⅳ期 公開セミナー、2023 年 3 月 6 日、愛知（依頼講演）

「この時代のセラミックス」

藤 正督

核融合エネルギーフォーラム第 16 回全体会合、2024 年 2 月 28 日、岐阜（依頼講演）

「アルカリ活性化により作製されたシリカ系固化体の低温発泡特性」

石井健斗・濱崎昂壺・石原真裕・藤 正督

日本セラミックス協会 2024 年年会、2024 年 3 月 14-16 日、熊本

「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

< ポスター発表 >

「無焼成固化法で作成されたシリカ多孔体のセルロースナノファイバーによる強度向上」

舟橋航矢・川端秀明・石井健斗・藤 正督

2023 年度粉体工学会秋期研究発表会、2023 年 10 月 9-11 日、大阪

「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

粉体工学会 2023 年度秋期研究発表会、2023 年 10 月 10-11 日、大阪

「炭素複合シリカ無焼成固化体の微細構造設計と特性評価」

荒町淳之介・後藤理乃・石井健斗・藤 正督

2023 年度粉体工学会秋期研究発表会、2023 年 10 月 9-11 日、大阪

「中空シリカナノ粒子を用いた低誘電率複合材料の作製」

棚橋郁弥・W. Quanyue・石井健斗・J. Xinxin・堀田 禎・藤本恭一・藤 正督

無機マテリアル学会第 147 回 学術講演会、2023 年 11 月 9-10 日、宮城

「TEOS 及びその調整された前駆体を用いた中空粒子の合成と構造の制御」

市原稜真・吉田祐生・W. Quanyue・J. Xinxin・堀田 禎・石原真裕・藤 正督

2023 年度粉体工学会秋期研究発表会、2023 年 10 月 9-11 日、大阪

「光触媒水分解のための GaN 上 CuGaO₂ の液相エピタキシャル成長：P-N ヘテロ構造」

岩崎晃大・石井健斗・藤 正督・瀬奈ハヂ・北野 翔・幅崎浩樹

日本セラミックス協会 2024 年年会、2024 年 3 月 14-16 日、熊本

< 受賞 >

「日本セラミックス協会フェロー表彰 第 8 回(2022 年度)」

藤 正督

2023 年 6 月 7 日

「優秀講演発表賞」

荒町淳之介・後藤理乃・石井健斗・藤 正督

炭素・シリカ無焼成固化複合体の微細構造設計と特性評価
粉体粉末冶金協会 2023 年度秋季大会、2023 年 10 月 19-20 日

先進材料設計研究部門・材料機能研究グループ

< 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」

安達信泰・近藤達也

第47回日本磁気学会学術講演会、2023年9月27-29日、大阪

AFMD2024, 26-29 February, 2024, Chennai, India (invited)

「フェライトめっき法を用いた鉄・コバルト系フェライト中空粒子の合成と評価」

安達信泰・大藪侑一郎

日本セラミックス協会2024年年会、2024年3月14-16日、熊本

“Ferromagnetic properties of zinc and magnesium ferrite prepared by MOD technique”

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

< ポスター発表 >

「有機金属分解法による強磁性マグネシウムフェライト薄膜の合成」

近藤達也・安達信泰

日本セラミックス協会東海支部 第64回 東海若手セラミスト懇話会、2023年6月15日、伊勢志摩

日本セラミックス協会第37回秋季シンポジウム、2023年9月6-8日、京都

「フェライト-シリカエアロゲル複合多孔体の合成と評価」

長屋勘太郎・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、2023年9月6-8日、京都

「磁性ガーネット多層膜による一次元磁性フォトニック結晶の合成」

鈴木亜美・安達信泰

日本セラミックス協会東海支部 第64回 東海若手セラミスト懇話会、2023年6月15日、伊勢志摩

“Magnetic Properties of $ZnFe_{2-x}Co_xO_4$ prepared by Metal Organic Decomposition Technique”

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

MRM2023 /IUMRS-ICA2023, 11-16 December, 2023, Kyoto, Japan

「フェライトめっき法を用いたフェライト・シリカ複合体の合成と磁気特性の評価」

大藪侑一郎・安達信泰

先進材料設計研究部門・材料設計研究グループ

< 論文 >

“Powder X-ray diffraction intensities of corundum calculated by conventional and density functional theory methods and extracted by deconvolutional treatment on experimental data”

T. Ida

Powder Diffr. **38**, 81–89 (Jun. 2023).

コランダム (α - Al_2O_3) の電子密度を伝統的な手法 (孤立原子モデル) と擬ポテンシャルを用いた密度汎関数

理論計算により求め、その Fourier 変換として求められる構造因子に分散効果を加味した X 線回折強度計算を行い、実測の回折強度と比較した。プロジェクト強化波 (PAW) 型擬ポテンシャルを用いた。局所密度近似 (LDA) と一般化勾配近似の一つである PBE との計算結果を比較すると LDA より PBE の計算結果の方がわずかに実測値に近くなったが、伝統的な孤立イオンモデル $\text{Al}^{3+}_2\text{O}^{2-}_3$ の方が良好な一致を示した。

< 総説・解説・報文・その他 >

「Lotgering 因子」

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 2023, **11**, 44–47 (2023)

セラミックスの配向性を評価する場合に用いられる Lotgering 因子について解説した。Lotgering 因子は、結晶学的な意味での配向性を表す値ではないことを明確にした。

< 口頭発表 >

「IUCr Congress (国際結晶学連合会議) 2023 参加報告: Dectris Pilatus 4 と ICDD PDF-5+ 2024 について」

井田 隆

あいちシンクロトロン光センター会議、2023 年 9 月 4 日、瀬戸 (オンライン)

「Bragg-Brentano 型 XRD 測定システムの軸発散取差」

井田 隆

令和 5 年 (2023 年) 度日本結晶学会年会、2023 年 10 月 27-29 日、宇部

< ポスター発表 >

“Powder diffraction intensities of α - Al_2O_3 calculated by traditional and DFT calculations”

T. Ida

IUCr Congress 2023, 22-29 August, 2023, Melbourne, Australia

地域連携グループ

< 論文 >

“Effects of heating rate on microstructure and property of sintered reaction bonded silicon nitrides”

Y. Nakashima, Y. Zhou, K. Tanabe, S. Arima, T. Okuno, K. Hirao, T. Ohji, M. Fukushima
J. Ceram. Soc. Japan, 131 (8), 475–481 (2023)

<https://doi.org/10.2109/jcersj2.23086>.

イットリアとマグネシアを焼結助剤として用いた反応焼結窒化ケイ素セラミックスを作製し、1850℃で6時間焼成した試料の、微細構造、曲げ強度、破壊靱性、熱伝導率に及ぼす窒化の加熱速度の影響を評価した。高い加熱速度では、発熱窒化反応による高い局所温度でSi粒子が熔融し、表面にSi液滴が形成された。窒化体内の気孔の量や構造の違いは、窒化体の緻密化や焼結後に形成される窒化ケイ素結晶粒の形状・寸法に影響を与え、機械的特性や熱的特性の変化につながった。

“Effects of nitrogen pressure on properties of sintered reaction - bonded silicon nitride”

Y. Nakashima, Y. Zhou, K. Tanabe, S. Arima, T. Okuno, K. Hirao, T. Ohji, M. Fukushima
Int. J. Appl. Ceram. Tech., 20 (6), 3376–3384 (2023)
<https://doi.org/10.1111/ijac.14475>.

焼結助剤としてイットリアとマグネシアを用いて反応焼結窒化ケイ素セラミックスを作製し、その組織、曲げ強度、破壊靱性、熱伝導率に及ぼす窒素圧力(0.1-1.0MPa)の影響を評価した。窒化成形体中のβ相の比率は圧力によって変化し、圧力が高くなるにつれて増加した。β相は、焼結時の収縮を抑制する安定した三次元構造を形成し、互いに噛み合うため、焼結体中に多くの気孔が残存した。気孔率と結晶粒の長さは、窒素圧力の影響を受ける窒化メカニズムに依存するため、特性はそれに応じて大きく変化した。

“Sintered reaction-bonded silicon nitride ceramics for power-device substrates -review-”

Y. Nakashima, H. Miyazaki, Y. Zhou, K. Hirao, T. Ohji, M. Fukushima
Open Ceram. 16 (2023) 100506.
<https://doi.org/10.1016/j.oceram.2023.100506>.

次世代のパワーデバイス基板として期待されている反応焼結窒化ケイ素セラミックス(Sintered Reaction Bonded SN, SRBSN)の最近の進展を概観した。

SRBSN セラミックスは、非常に高い熱伝導率と非常に高い破壊靱性を有するが、その特性は、窒化条件と焼結添加物比率に大きく影響される。SRBSN基板は、他のセラミック基板と比較して優れた耐熱疲労性を示した。

“Effects of sintering additives on dielectric breakdown strength of sintered reaction-bonded silicon nitride”

Y. Nakashima, R. Furushima, Y. Zhou, K. Tanabe, S. Arima, T. Okuno, K. Hirao, T. Ohji, N. Murayama, M. Fukushima
J. Euro. Ceram. Soc., 44 (9), 5432-5439 (2024)

<https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2023.12.022>.

焼結助剤に種々のランタノイド酸化物とマグネシアを用いて反応焼結窒化ケイ素(Si₃N₄)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。微細構造と絶縁破壊強度は焼結助剤の種類によって変化し、微細構造と焼結助剤の影響を分離するために人工知能(AI)を用いた判定を行った。その結果、DBS値は主に前者の影響によって変化することが示された。Tm₂O₃やY₂O₃を添加したSi₃N₄の微細構造は緻密で、結晶粒が大きく伸びており、高いDBSを示した。

“Deciphering the effect of grain boundary characteristics on fracture toughness of silicon nitride ceramics through a CNN regression model”

Y. Nakashima, R. Furushima, Y. Zhou, K. Hirao, T. Ohji, M. Fukushima
Ceram. Int., 50 (4), 6680-6686 (2024)

<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2023.12.006>

粒界特性の異なる窒化ケイ素セラミックスの破壊靱性を、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)モデルを用いて微細構造画像から求めた。この目的のため、イットリアとマグネシアを添加した窒化ケイ素セラミックスを用いてCNNモデルを学習させ、学習させたモデルを通して、さまざまなランタノイド酸化物とマグネシアを添加したセラミックスの破壊靱性を微細構造画像から決定した。実測値とAIで決定した破壊靱性値から、ランタノイドのイオン半径が大きいと、窒化ケイ素セラミックスの破壊靱性が向上することがわかった。

“Effects of the amount of magnesia on mechanical, thermal, and electrical properties of silicon nitride ceramics,”

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

Ceram. Int., 50 (10), 17950-17956 (2024)

<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2024.02.284>

窒化ケイ素セラミックスを、焼結助剤としてさまざまな量のマグネシア (MgO) と一定量のイットリアを用いて作製し、微細構造と曲げ強度、破壊靱性、熱伝導率、絶縁破壊強度 (DBS) の4つの特性に及ぼす影響を評価した。微細構造は MgO の含有量によって変化し、少量であれば粒成長が促進され、過剰であれば気孔が形成された。これに伴い、MgO が 4 ~ 7mol% の範囲では、4つの特性が高いレベルで共存することが明らかになった。また、多量の MgO は粒界の導電率を高め、DBS を低下させた。

“Thermal conductivity prediction of sintered reaction bonded silicon nitride ceramics using a machine learning approach based on process conditions”

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

Ceram. Int., 50 (5), 8520-8526 (2024)

<https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2023.12.231>

反応焼結窒化ケイ素セラミックスの熱伝導率 (TC) を、機械学習アルゴリズムとしてサポートベクトル回帰 (SVR) を用いてプロセス条件から予測した。SVR モデルを構築するために、プロセス条件から合計 10 個の説明変数を選択した。学習した SVR モデルのテスト結果における決定係数 (R2) は、学習データとして 100 点以上のデータを使用した場合、満足できるレベル (平均 R2 = 0.8) に達した。説明変数の相対的重要度スコアは、焼結条件 (温度と時間) が TC 予測に最も寄与していることを明らかにした。

< 総説・解説・報文・その他 >

「特集 セラミックス産業を科学技術で支える企業たち (2023 年) TOTO 株式会社 半導体業界を支える耐プラズマ部材」

清原正勝

日本セラミックス協会 CERAMICS JAPAN セラミックス, 58 (3) 116-119 (2023)

TOTO と言えば、トイレをはじめとした水回り総合機器メーカーのイメージが強いが、衛生陶器の製造で培ってきた大物の焼物を作る技術をベースとして、現在は、半導体・液晶製造装置用の部材の供給も行ってきた。昨今 IoT、AI といったデジタル社会を支える製品とし

て脚光を浴び TOTO の一つの柱まで成長してきている。今回はその中でも TOTO のオンリーワン技術である AD 法技術を応用した半導体製造装置用耐プラズマ性部材の製品開発について紹介した。

「特集 セラミックス産業を科学技術で支える企業たち (2024) 日本特殊陶業株式会社 - 持続可能な社会を支える高機能セラミックス材料の開発 -」

西 智広・光岡 健・勝 祐介・沖村康之
セラミックス 59 [3], 199-202 (2024)

< 口頭発表 >

“Macro-porous ceramics for the Sustainable Development Goals (SDGs) ”

T. Ohji and M. Fukushima XVIIIth Conference of the European Ceramic Society, 2-6 July, 2023, Lyon, France (Invited)

Society, 2-6 July, 2023, Lyon, France (Invited)

“Silicon Nitride Ceramics - Fascinating Properties -”

T. Ohji XVIIIth Conference of the European Ceramic

「AD 法技術と実用化について」

清原正勝

日本セラミックス協会 2023 年度エンジニアリングセラミックス若手セミナー、2023 年 9 月 4 日、滋賀 (招待講演)

「セラミックス材料デザインにおける粒界制御と機械的特性の向上」

光岡 健

日本セラミックス協会 第36回秋季シンポジウム、
2023年9月6-8日、京都（招待講演）

「セラミックスにおける粒界設計と機械的特性の向上」

光岡 健

2023年度 名古屋工業大学 先進セラミックス研究センター
成果発表会、2024年3月7日、多治見

< 受賞 >

「日本ファインセラミックス協会 国際賞」

大司達樹

2023年5月22日

「一般社団法人愛知県発明協会 令和5年度 愛知発明賞」

「オールセラミックス蛍光体」（特許 第6486315号）

勝 祐介・茂木 淳・高久翔平・伊藤経之・光岡 健
日本特殊陶業株式会社

<https://aichi-hatsumei.or.jp/commendation/>

「European Ceramic Society, Richard Brook Award」

大司達樹

2023年7月5日