

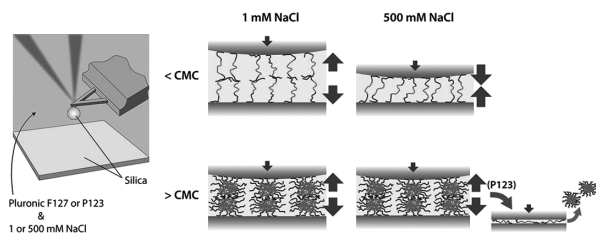
Advanced Powder Technology だより

“Advanced Powder Technology”は粉体工学会が Elsevier 社から発行している国際英文ジャーナルです。そのインパクトファクターは 4.833 (2020 年)であり、Chemical Engineering カテゴリー 143 誌中 34 位 (Clarivate 社 Journal Citation Reports) に位置し国際的にも高く評価されています。“Advanced Powder Technology”に掲載された日本人著者論文の要旨を日本語で掲載する「Advanced Powder Technology だより」を粉体工学会誌に連載することとしました。粉体工学会会員の皆様の情報収集、論文内容の周知に役立てていただけることを期待しています。

Direct measurement of interaction force between hydrophilic silica surfaces in triblock copolymer solutions with salt by atomic force microscopy

塩共存下におけるトリブロックコポリマー水溶液中での親水性シリカ表面間相互作用力の原子間力顕微鏡による直接測定

ポリエチレンオキシド (PEO) とポリプロピレンオキシド (PPO) からなるトリブロックコポリマーは、非イオン性の界面活性剤として様々な分野で使用されている。本研究では、代表的なトリブロックコポリマーである Pluronic P123 (PEO₂₀PPO₇₀PEO₂₀) および F127 (PEO₉₉PPO₆₅PEO₉₉) と NaCl を共存させた水溶液中におけるシリカ表面間の相互作用力を、原子間力顕微鏡 (AFM) を用いて測定した。両コポリマーの臨界ミセル濃度 (CMC) 以下である 1 μM の溶液中においては、1 mM NaCl の共存下では両コポリマーとも相互作用力は単調な立体斥力であり、表面上のコポリマーがブラシ状で吸着していることが示唆された。NaCl 濃度を 500 mM に上げると、吸着したコポリマーの表面架橋によると考えられる引力が観察された。両コポリマーの CMC 以上である 1 mM での相互作用は、1 mM NaCl の



Advanced Powder Technology

掲載巻号：32(1) (2021) 30–36

著者：Takumi Deguchi, Takato Nakahara, Koreyoshi Imamura, Naoyuki Ishida

DOI：https://doi.org/10.1016/j.appt.2020.11.011

共存下では表面に吸着したミセル間の立体斥力が見られた。500 mM の NaCl 共存下では、P123 中のみにおいて、立体斥力の後に引力的なステップ状の相互作用が観察された。このステップは、EO 基の脱水によってミセルの吸着力が低下し、表面から脱着したことを表すものと推察された。これらの結果は、EO 基の長さが相互作用に大きく影響することを示すものである。

責任著者：石田 尚之

所属：岡山大学大学院自然科学研究科

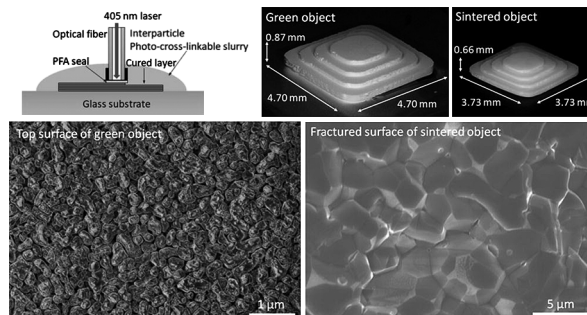
E-mail：n-ishida@okayama-u.ac.jp

3D structuring of dense alumina ceramics using fiber-based stereolithography with interparticle photo-cross-linkable slurry

粒子間光架橋性スラリーと光ファイバーを用いた光造形によるアルミナセラミックス緻密体の3D造形

本論文は、モノマー量を極力低減した粒子間光架橋性アルミナスラリーの設計に基づき、高速な脱脂・焼成条件でも、光硬化体の構造崩壊を招くことなく焼結緻密化を実現できるプロセスを提案、実証するものである。

粒子間光架橋性アルミナスラリーは、非水系溶剤中に、アルミナ微粒子、反応性高分子分散剤であるポリエチレンイミンとオレイン酸の部分会合体 (PEI-OA)、モノマー成分である多官能アクリレート (MA) を光ラジカル開始剤とともに混合することで設計した。オレイン酸会合度、MA 配合量、粒子濃度、粒子径等の因子が、スラリーの光硬化性に及ぼす影響を系統的に整理したところ、PEI-OA の活性アミン量と溶剤中の MA 濃度が光硬化挙動を支配する主要因子であることを明らかにした。さらに、得られた粒子間光架橋性アルミナスラリーは、光ファイバーを用いた光造形により三次元構造体が造形可能であり、スラリーの低樹脂含有量に起



Advanced Powder Technology

掲載巻号：32(1) (2021) 72–79

著者：Seitaro Morita, Motoyuki Iijima, Yuanyi Chen, Taichi Furukawa, Junichi Tatami, Shoji Maruo

DOI：https://doi.org/10.1016/j.apt.2020.11.016

因して、従来法と比較して高速な脱脂・焼結条件下でも造形体の割れを起こすことなく緻密化できることを実証した。本成果は、光造形を活用したセラミックス材料の設計分野で課題となっている長時間の脱脂・焼成工程から脱却できる新手法として発展が期待される。

責任著者：飯島 志行

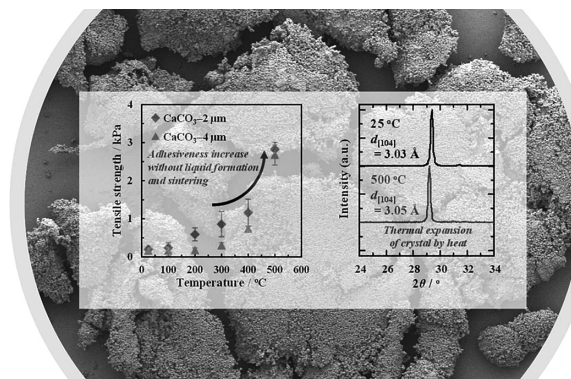
所属：横浜国立大学大学院環境情報研究院

E-mail：ijijima@ynu.ac.jp

Evaluation and control of the adhesiveness of cohesive calcium carbonate particles at high temperatures

炭酸カルシウム粒子の高温付着性の評価と制御

ケミカルルーピングプロセスなどで熱媒体として用いられる炭酸カルシウムマイクロ粒子について、その付着性を粉体層強度測定装置により様々な温度で評価した。500°Cにおいて、化学反応や焼結が起こらないにもかかわらず、粉体層強度の増加が観察された。昇温過程でのXRD測定により、炭酸カルシウム粒子の熱膨張が観察された。粒子径が同程度のシリカやアルミナマイクロ粒子について同様の検討を実施したところ、炭酸カルシウムと比べて粉体層強度が増加せず、熱膨張の度合いも小さかった。以上より、粒子が拘束された粉体層中では炭酸カルシウム粒子の熱膨張に伴い粒子間距離が接近し、ファンデルワールス力が増加して粉体層強度が増加したと推定された。充填性の悪いアルミナナノ粒子を炭酸カルシウム粉体層に添加したことで、室温および500°Cで粉体層強度を低下させることに成功した。ナノ粒子添加に伴う粉体層空隙率の増加と炭酸カルシウム粒子間の接近抑制により、効果的に粉体層強度増加を抑制できた。



Advanced Powder Technology

掲載巻号：32(2) (2021) 283–289

著者：Genki Horiguchi, Hidehiro Kamiya, Pablo Garcia-Triñanes

DOI：https://doi.org/10.1016/j.apt.2020.12.009

責任著者：神谷 秀博

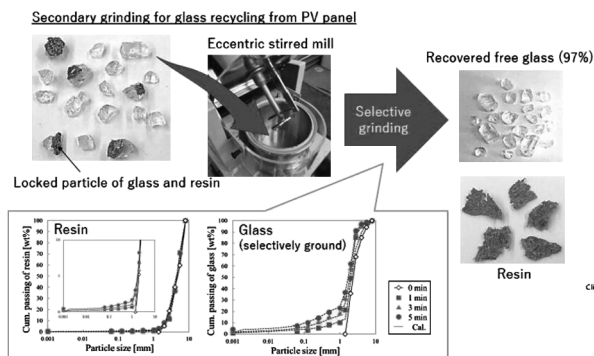
所属：東京農工大学

E-mail：kamiya@cc.tuat.ac.jp

Selective grinding of glass to remove resin for silicon-based photovoltaic panel recycling

シリコン系太陽光パネルリサイクルを目的としたガラスからの樹脂除去のための選択的粉砕

シリコン系太陽光パネルの一次破砕産物に対して、ガラスと樹脂の単体分離を目的とした二次粉砕を検討した。偏心型攪拌ミルを用いたところ、ガラスを選択的に粉砕することが可能であり、微粒となったガラス粒子が樹脂から剥離することによって、ガラスを微粒群に分離濃縮することが可能であった。物質収支モデル式を用いた粉砕速度論解析により、ガラス粒子は樹脂粒子よりも粉砕されやすく、片刃粒子は単体粒子よりも粉砕されやすいことが定量的に確認された。これは、ガラス粒子の比重は樹脂よりも大きいことと、片刃粒子は付着力が大きいために、共にミルの底に位置する攪拌翼の近くに位置しやすいためであると推察された。最適な回転速度は2500 rpmであり、97%のガラスが5分間で5.6 mm未満の粒子群に分離濃縮され、炭素含有量は1%以下であったことから、ガラス繊維へのリサイクルに適合することが確認された。



Advanced Powder Technology

掲載巻号：32(3) (2021) 841–849

著者：Chiharu Tokoro, Maiko Nishi, Yuki Tsunazawa

DOI：https://doi.org/10.1016/j.appt.2021.01.030

責任著者：所 千晴

所属：早稲田大学理工学術院創造理工学部環境資源工学科

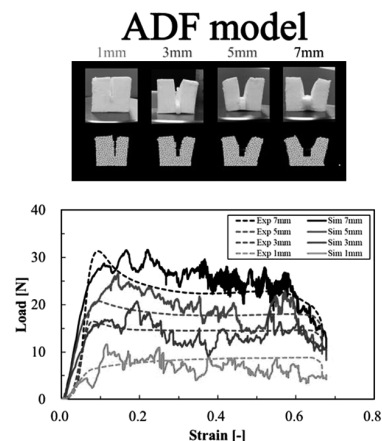
E-mail：tokoro@waseda.jp

Development of a new model for representing elastoplastic deformation and fracture behaviors of solid fats

固形油脂の弾塑性変形と破壊挙動を表現するためのモデル開発

固形油脂の弾塑性変形および破壊挙動を表現する新しいシミュレーションモデル、ADEM Ductile Fracture model (ADFモデル)を開発した。従来のADEMは構成粒子同士を弾性の連結バネで接続し相互作用力を計算していたが、これに塑性変形と破壊の要素を加えたモデルである。本モデルでは塑性変形挙動を表すパラメーターとして塑性開始ひずみが導入されており、弾性領域を超えて連結バネが伸びると連結バネに永久ひずみが残る、さらにバネが伸びて破断距離の閾値を超えると接続が破壊される。塑性開始ひずみおよび連結バネ定数は固形油脂の圧縮試験から得られる荷重-ひずみ曲線から決定し、破断の閾値は薄板を用いた固形油脂の切断試験での破壊挙動および荷重-ひずみ曲線から決定した。

開発したADFモデルは、実験で得られた固形油脂の圧縮・切断挙動、および荷重-ひずみ曲線を、いずれの薄板厚さでも再現することができ固形油脂挙動の予測において有効であることを示した。



Advanced Powder Technology

掲載巻号：32(3) (2021) 963–973

著者：Jumpei Kawamura, Kizuku Kushimoto, Shingo Ishihara, Junya Kano

DOI：https://doi.org/10.1016/j.appt.2021.02.007

責任著者：河村 順平

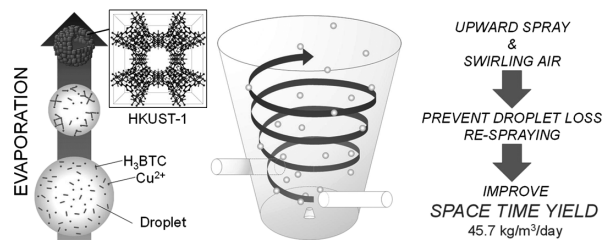
所属：株式会社ニッポン

E-mail：j-kawamura@nippon.co.jp

Improvement of production efficiency of spray-synthesized HKUST-1

噴霧合成 HKUST-1 の生産効率の向上

有機金属構造体 (Metal-organic framework: MOF) の噴霧合成は、大規模生産のために望ましい。本研究では、MOF を噴霧合成するための新しい装置を構築した。この装置では収率低下の大きな原因である前駆体溶液の損失を防ぐために、上向き噴霧と旋回空気流を適用した。旋回空気の流れと温度、反応管の温度、前駆体溶液の初期供給速度、前駆体濃度が、収率、純度、時空間収率 (space-time yield: STY), BET 比表面積、平均粒子径に及ぼす影響を評価した。旋回気流と壁面に付着した溶液の再噴霧により、収率が大幅に向上した。STY が最も高かったのは、前駆体の供給速度が 5 mL/min のときで 45.7 kg/m³/day、表面積が最も高かったのは、前駆体濃度が 1.38 mol/L のときで 1,872 m²/g であった。最も高い表面積を持つサンプルは、77 K、1 bar で 2.60 wt% の水素吸着容量を示し、水素吸着熱は 7.6 ~ 6.1 kJ/mol であった。



Advanced Powder Technology

掲載巻号: 32(7) (2021) 2370–2378

著者: Masaru Kubo, Motoyoshi Ishimura, Manabu Shimada

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.appt.2021.05.024>

責任著者: 久保 優

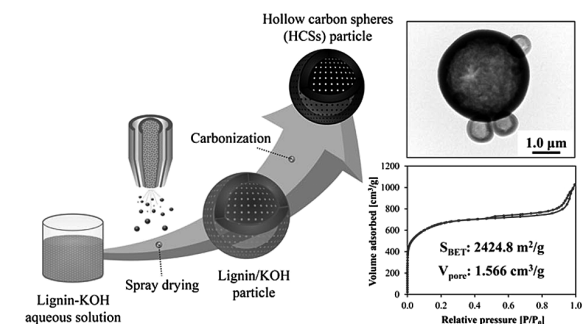
所属: 広島大学 大学院先進理工系科学研究科 先進理工系科学専攻 化学工学プログラム

E-mail: mkubo@hiroshima-u.ac.jp

Sustainable porous hollow carbon spheres with high specific surface area derived from Kraft lignin

クラフトリグニンを原料とした球状多孔質中空カーボン粒子の合成

持続可能な社会の構築に向けて、再生可能エネルギーであるバイオマス資源の利用が進んでいる。木材中に 20–35% の割合で存在するリグニンは、製紙工程やバイオエタノールを生成する際の副生成物として得られ、その有効活用に向けた研究開発が進んでいる。その一つとして、リグニンを炭化することでカーボン材料を得、エネルギー貯蔵デバイスの電極として利用することが検討されている。一般的に電極材料には、高比表面積かつ、高い粉体の流動性と電極密度を実現できる球状の微粒子が求められている。本研究では、架橋処理をしたクラフトリグニンと賦活剤である水酸化カリウム (KOH) の水溶液を原料に用い、噴霧乾燥によって球状のクラフトリグニン微粒子を生成し、さらにそれを炭化処理することで、球状のカーボン粒子の合成を検討した。KOH の添加濃度と炭化温度が粒子性状 (形状、比表面積、細孔径分布) に及ぼす影響を評価し、KOH の添加量の増加に伴い、粒子構造は中実から中空構造に変化し、比表面積は増加することを明らかにした。中空構造を形成するシェル部分は多孔質となっており、特に、KOH をリグニンに対して重量比で



Advanced Powder Technology

掲載巻号: 32(6) (2021) 2064–2073

著者: Kiet Le Anh Cao, Yasuhiko Kitamoto, Ferry Iskandar, Takashi Ogi

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.appt.2021.04.012>

1.3 倍添加し、炭化温度 900°C で合成した中空カーボン粒子は、比表面積 2424.8 m²/g、細孔容積 1.566 cm³/g となり、これまで報告されている各種のバイオマス原料由来の炭素材料と比較して大きな値が得られた。さらに、本研究では、得られた多孔質中空カーボン粒子を用いて電極を作製し、キャパシタ性能評価を行うことにより、市販の炭素材料との比較を行った。

責任著者: 萩 崇

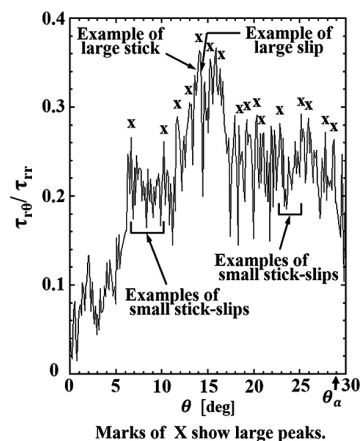
所属: 広島大学大学院先進理工系科学研究科化学工学プログラム

E-mail: ogit@hiroshima-u.ac.jp

Mechanism of avalanche precursors in inclining granular layers using a continuum model obtained by discrete element method

DEM（離散要素法）を用いて得られた構成関係モデルによる準静的に傾斜させた粒状体なだれの前兆のメカニズムの解明

準静的に傾斜させた直方体中の粒状体のせん断応力および応力比の大きなピーク、これが粒状体なだれ（granular avalanche）の前兆なのだが、どのようにして起こるのかそしてその周期はなぜ存在するのか。これらに関する答えがこの論文の主な目的である。大きいスティックスリップ（stick-slip）と小さいスティックスリップによって構成される大きいせん断応力のピークと小さいせん断応力のピークが我々の計算結果によって示された。大きなスリップの後に起こる複数の小さいスティックスリップが粒状体の応力比が粒状体の静止摩擦係数に等しいかあるいはそれより大きくなるまで粒状体の内部構造を変化させる。そして大きなスティックスリップを伴った次の大きなスリップが起こる。大きなスティックスリップ現象によって構成される粒状体なだれの前兆はそれ自体周期をもつ周期性の現象である、なぜならばスティックスリップは周期性の現象だからである。3次元DEMによってもとめた我々の構成式に基づいた粒子法（SPH）によって得られた我々の3次元の計算結果は3次元粒状体の内部および表面



Advanced Powder Technology
掲載巻号：32(7) (2021) 2258–2267
著者：Shinichi Yuu, Toshihiko Umekage
DOI：https://doi.org/10.1016/j.appt.2021.05.005

の粒状体なだれの前兆を示した。そしてそれらの違いを明らかにした。粒状体なだれの前兆は粒状体層の長手方向にも深さ方向にも存在することを示した。我々が得た粒状体なだれの前兆の周期の計算結果はすでに発表されている他の研究者らの実験結果とほぼ一致している。

責任著者：湯 晋一
所属：大岳 R. and D. コンサルタント事務所
E-mail：yyykm@jcom.home.ne.jp