

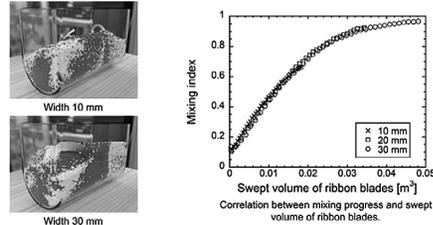
Advanced Powder Technology だより

“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します。

DEM simulation for optimal design of powder mixing in a ribbon mixer

リボンミキサーにおける粉体混合の最適化設計のための離散要素法シミュレーション

リボンミキサーは幅広い産業における粉体混合で採用されている。しかし、リボンミキサーの構造は非常に複雑であることから、実験的に粉体混合のサンプリングを正確に行うことが難しいため、粉体混合メカニズムを実験的に同定することは困難である。また、コスト面の制約により、リボンミキサーの最適化設計を実験で行うのは困難である。このような背景から、リボンミキサーの最適化設計や粉体混合メカニズムの解明において、数値計算技術の応用が望まれている。近年の計算機ハードウェア性能の著しい発展により、取り扱うことのできる計算粒子数が大幅に増加していることから、個々の固体粒子の挙動を模擬する離散要素法 (DEM) によって、コンピュータシミュレーションを用いて粉体混合を精緻に模擬することが可能になっている。本研究では、リボンミキサー内の粉体混合メカニズムを同定する手法を新たに開発するとともに、リボンミキサーの混合効率を高めるのに有効な設計パラメータを抽出している。具体的には、リボンの移動量に基づく掃引量測定法を新たに開発し、掃引量と粉体混合の関係から、リボンミキサーの粉体混合メ



The swept volume measurement method makes it possible to identify convective mixing in a ribbon mixer.

Advanced Powder Technology

掲載巻号：32(5) (2021) 1735–1749

著者：Yoshiharu Tsugeno, Mikio Sakai, Sumi Yamazaki, Takeshi Ninomiya

DOI：https://doi.org/10.1016/j.appt.2021.03.026

カニズムが対流混合であることを示している。さらに、リボン幅が混合効率に大きく影響する因子であることも明らかにしている。このように、本研究成果はリボンミキサーの最適化設計においてきわめて重要な知見を提供している。

責任著者：酒井 幹夫

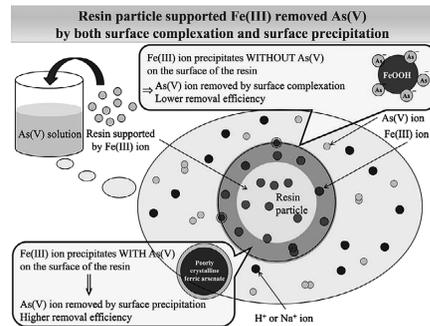
所属：東京大学大学院工学系研究科レジリエンス工学研究センター

E-mail：mikio_sakai@n.t.u-tokyo.ac.jp

Arsenate removal by resin-supported ferric ions: Mechanism, modeling, and column study

Fe(III) 担持樹脂による As(V) 除去：機構解明、モデル化、そしてカラム試験考察

Fe(III) 担持樹脂による 10 mg/dm^3 の As(V) 除去をバッチ試験とカラム試験で検討した。pH3 でもっとも As(V) が除去され、バッチ試験では 96 時間後に $0.40 \text{ mmol-As/mmol-Fe}$ といった高い取着密度が得られた。この取着密度は、As(V) とフェリハイドライトの表面錯体形成だけでは説明できないものであった。As K 端における XANES 解析から、As(V) の 90% 以上が非晶質ヒ酸鉄として表面沈殿し、残りはフェリハイドライトとの表面錯体により除去されたことが示唆された。また、Fe K 端の XANES 解析から、樹脂中の Fe(III) の 14% ~ 35% がフェリハイドライトとヒ酸鉄生成に使用されていることが示唆された。フェリハイドライトとヒ酸鉄の沈殿生成を As(V) とフェリハイドライトとの表面錯形成モデルと組み合わせた速度論モデルにより、バッチ試験結果を再現することに成功した。バッチ試験の結果をフィッティングして得られたフェリハイドライトとヒ酸鉄の沈殿生成の速度定数は、カラム試験結果をうまく再現することができた。構築したモデルにより得られたヒ酸鉄の表面沈殿と As(V) のフェリハイドライトとの表面錯形成の比率は、XANES 解析の



Advanced Powder Technology

掲載巻号：32(6) (2021) 1943–1950

著者：Chiharu Tokoro, Tatsuya Kato

DOI：https://doi.org/10.1016/j.appt.2021.04.006

結果と一致していた。以上の結果より、As(V) 除去効率の高いヒ酸鉄の表面沈殿生成には時間がかかるため、カラム法による As(V) の除去には緩やかな流れが有利であることがわかった。

責任著者：所 千晴

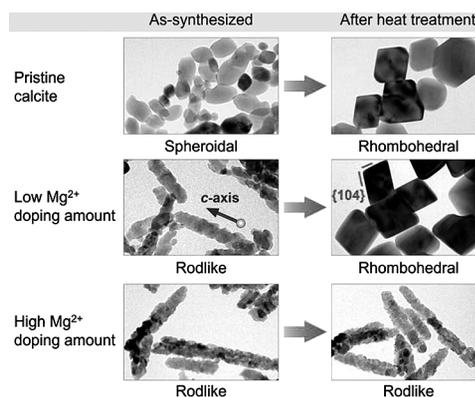
所属：早稲田大学理工学術院創造理工学部環境資源工学科

E-mail：tokoro@waseda.jp

Fabrication of calcite-core/Mg-calcite-shell nanorods for better thermal stability

カルサイトコア/Mg-カルサイトシェルナノロッド作製による熱安定性改善

カルサイトは炭酸カルシウム (CaCO₃) の常温常圧における最安定相で、そのナノ粒子はフィラーとしてゴムやプラスチックなど、さまざまな複合材料に使用される重要な材料である。しかし、これまでに合成されたナノ粒子はアスペクト比~1の菱面体粒子がほとんどで、母材に付与できる機能は限定的であった。粒子形状を多様に制御できれば、さらなる用途拡充を図ることができる。炭酸ガス化合物によりカルサイト菱面体ナノ粒子が形成する過程で、高アスペクト比を有するナノロッドが準安定的に形成される現象は、従来から知られていた。筆者らはこれまでに、Ca(OH)₂ スラリーにあらかじめ Mg(OH)₂ 粒子を懸濁させた状態で炭酸ガスを導入する化合物を開発し、高アスペクト比を有するナノロッドを最終生成物として安定的に作製することに成功した。また、Mg(OH)₂ 添加量を変化させることで、粒子のアスペクト比を高度に制御できた。本研究ではこの Mg²⁺ 添加ナノロッドをフィラーとして実用することを見据え、Mg²⁺ 添加量をさらに大きくして合成を行った。また、取得した粒子について、形状安定性の加速試験として、スラリー状態で 95°C にて保持、また粉体状態で空気中 400°C で熱処理を行い、粒子形状変化を探索した。その結果、スラリー状態で 95°C・6 時間保温すると、低 Mg²⁺ 添加量のナノロッドは菱面体へと形状変化するが、高 Mg²⁺ 添加のナノロッドは形状安定で、保温後もロッド形状を有した。高 Mg²⁺ 添加品の粒子表面は Mg²⁺-rich ナノクラスターでほぼ全面が被覆されており、溶解-再析出による形状変化が著しく阻害されることを、走査透過型電子顕微鏡 (STEM) を用いた



Advanced Powder Technology

掲載巻号: 32(7) (2021) 2577-2584

著者: Yuki Kezuka, Eita Tochigi, Hidenobu Murata, Maya Yoshida, Atsushi Nakahira, Yuichi Ikuhara, Masahiko Tajika

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apt.2021.05.033>

エネルギー分散型 X 線分光 (EDS) マッピング分析により明らかにした。また、無添加のナノロッドに粉体状態で大気中 400°C・2 時間の熱処理を施すと、粒子内でのイオン拡散により菱面体粒子へと形状変化することが報告されているが、本研究で作製した高 Mg²⁺ 添加のナノロッドは形状安定で、同様の熱処理後にもロッド形状を有した。カルサイトフィラーは一般に、スラリーあるいは粉体状態で輸送・貯蔵され、また複合材料に配合されて長期間に渡り使用される。デザインした通りの特性を複合材料に再現性よく付与するため、また材料特性の経時変化を抑えるために、形状安定なナノ粒子の作製は重要である。

責任著者: 毛塚 雄己

所属: 株式会社白石中央研究所

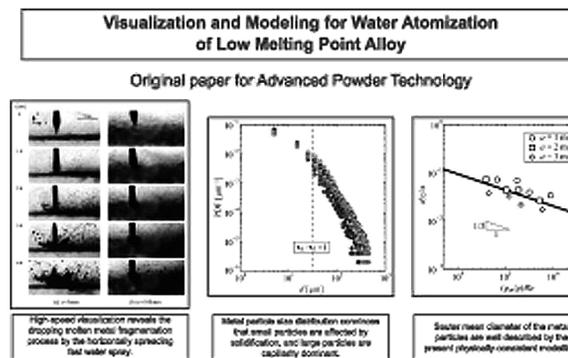
E-mail: kezuka_yuki@shiraishi.co.jp

Visualization and modeling for water atomization of low melting point alloy

低融点合金の水アトマイズ過程の可視化と数理モデル

大量の金属粉末を安価に製造可能な水アトマイズ法において、高圧の水噴霧によって低融点合金 (Sn-Bi) が微粒化し、やがて固化して粉末を形成する一連の過程を、高速度可視化によって明らかにした上で、金属粉末径の予測モデルを構築することに成功した。

本研究は、金属粉末の製造プロセスとして、水アトマイズ法における溶融金属の熱流動に着目している。水平方向に噴射した最大 12 MPa の高圧水噴霧に対して、鉛直下向きに自由落下した低融点合金を衝突させた時の現象を、30 kHz で時系列に可視化した。その結果、水噴霧の大きな運動量が溶融金属の表面張力を上回って、溶融金属の液滴が千切れる様子を観察した。同時に、高温の溶融金属内部に水噴霧が貫入して蒸気爆発を起し、金属液滴が排出される現象を確認した。水噴射圧や浴湯ノズル径をさまざまに変えた条件において、下流で金属粉末を回収し、粒径計測を実施した。すると、伝熱と表面張力の時定数が等しくなる粒径 (~30 μm) を境に、大きな粒子は一般的な液体分裂と同様にガンマ分布に従うのに対して、小さな粒子は固化の



Advanced Powder Technology

掲載巻号: 32(11) (2021) 4235-4244

著者: Wataru Hikita, Tenshiro Ichimura, Chihiro Inoue, Makoto Nakaseko

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apt.2021.09.030>

影響を受けることが明らかになった。さらに、理論解析の結果、金属粉末の平均粒径は、ウェーバー数の 1/3 乗に反比例して小さくなる導出され、実験結果と良好な一致を見た。

責任著者: 井上 智博

所属: 九州大学

E-mail: inoue.chihiro@aero.kyushu-u.ac.jp