



材料と流動・輸送現象の協創ものづくりの原理解明

工学研究科 機械工学専攻

講師 鈴木 崇弘

Researchmap <https://researchmap.jp/90711630>



研究の概要

スラリー乾燥による構造形成は燃料電池や二次電池の多孔質電極をはじめとした種々のものづくりに利用される基幹技術ですが、従来の作製技術開発は経験に依存しており、科学的な現象理解が求められています。本研究では、スラリー乾燥過程の流動と誘電緩和挙動の同時計測手法を確立し、分子スケールから材料と流動の関係を明らかにするための基盤を構築します。そして、燃料電池電極を事例とした材料と流動の協創による構造形成メカニズムの解明を行います。

研究の背景と結果

粉体や高分子の材料を液中に分散させて、塗布・乾燥プロセスにより薄膜を作製する手法は、実際のものづくりにおいて多用されています。しかし、この分散液（スラリー）の性状は分散する材料や分散させる液体の種類や組み合わせによって大きく変化します。さらに、スラリーの塗布・乾燥プロセスには複雑な流動・輸送現象を伴います。このため、同じ条件で作製したとしても、できるものの形は様々で、現状は試行錯誤により材料と作製のための条件を調整してものづくりが行われています。これは、新たな材料を扱う度に、所望の構造物を形成するために膨大な時間と労力を要することを意味します。さらには、材料と構造と最終的な構造物における機能との関係が不明確なまま、ものづくりが進められているのが現状です。これに対しては、スラリーの塗布・乾燥プロセスにおける流動・輸送現象と内部の物質のふるまいを科学的に理解することで、現象を制御することが重要ですが、ものづくりにおいて現れる実用的なスラリーは、材料濃度が高く、複数の材料が分散されており、さらにプロセスにおける非正常性を考慮する必要があるので、このプロセスを効果的に評価するための計測技術自体が乏しい状況でした。そこで、白色コンフォーカル顕微イメージングと誘電スペクトロスコピーという二つの手法を用いることでスラリー・プロセスの現象を理解するための研究を進めています。白色コンフォーカル顕微イメージングでは、例えば、一見同じような真っ黒な液体でも材料組成によって塗布直後から表面形態や流動の様子が異なることが示されました。また、高時間分解能でスラリー表面の高さ変化をマッピングする手法を開発しました。これは、局所的な乾燥速度分布の変化や不均質な構造形成を評価するのに役立ちます。誘電スペクトロスコピーでは、高濃度なスラリーの内部におけるダイナミクスを分子スケールから理解するための情報を得ることができます。これら二つの手法は同時計測が可能で、スラリー・プロセスにおける流動と内部の物質のふるまいとの関係を明らかにすることに貢献します。

研究の意義と将来展望

この研究を進めることにより、従来ブラックボックスとなっている材料分散液（スラリー）の塗布・乾燥による構造形成過程における流動や材料挙動を評価できるようになります。これを基盤として、内部で生じている現象と構造形成メカニズムの解明を目指します。このような研究を通じて、ものづくりの過程における現象の理解に基づく材料や作製条件の設定が可能となり、スラリーからのものづくりにお

る試行錯誤からの脱却や、所望のかたちと材料分布の実現、かたちと機能の関係解明による未踏機能の発現につながる期待されます。これらは、燃料電池、電解装置や二次電池の電極製造をはじめ、微小な粉体や高分子材料の空間配置技術として次世代のものづくりに広く貢献できる可能性があります。

スラリー薄膜乾燥プロセス

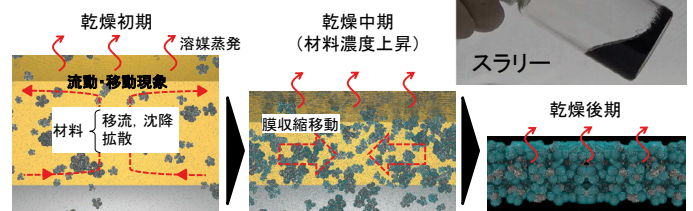


図1 スラリー・プロセスにおける複雑流動輸送現象と構造形成

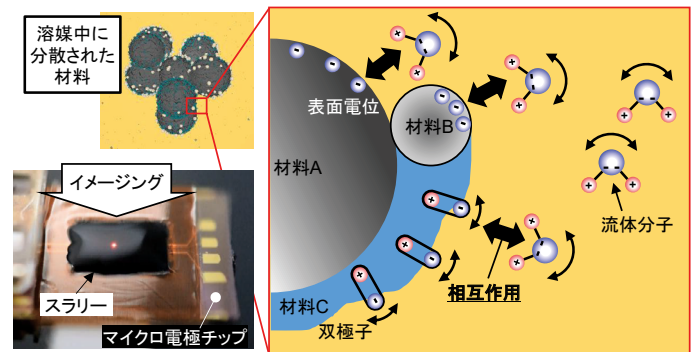


図2 スラリー乾燥過程のその場計測

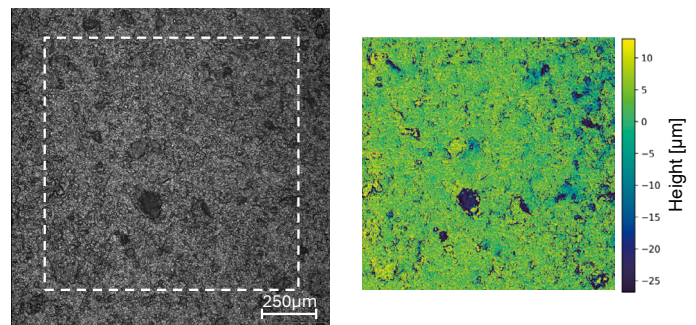


図3 スラリー塗布表面の可視化計測

特 許	鈴木崇弘, 津島将司. スラリーを用いたものづくりの基礎と多孔質電極形成への応用. スマートプロセス学会誌. 2023, 12(3), 131-140. doi: 10.7791/jspmee.12.131
論 文	Suzuki, Takahiro; Nagai, Tatsuaki; Tsushima, Shohji. Simultaneous in situ measurements and numerical analysis of mass transfer in polymer electrolyte fuel cell electrode slurries during drying. J. Therm. Sci. Technol. 2021, 16(1), 20-00259. doi: 10.1299/jtst.2021.jtst0012 Suzuki, Takahiro; Tanaka, Hiroki; Masanori, Hayase et al. Investigation of porous structure formation of catalyst layers for proton exchange membrane fuel cells and their effect on cell performance. Int. J. Hydrogen Energy. 2016, 41(44), 20326-20335. doi: 10.1016/j.ijhydene.2016.09.078
参考URL	http://www.ene.mech.eng.osaka-u.ac.jp/research.html https://www.jst.go.jp/kisoken/presto/project/1112100/1112100_2022.html
キーワード	スラリー、その場計測、複雑流動輸送現象、水素・燃料電池