



■キーワード

非溶媒誘起相分離 セルロースアセテート ナノフィルム

乱流混合によるナノ構造材料の創製
ジェット紡糸

■研究の概要

軽量かつ高機能な多孔質材料としてセルロース系スポンジが注目されています。特にセルロースナノクリスタルやセルロースナノファイバーを用いた材料は、生分解性、軽量性、高比表面積を併せ持ち、環境負荷の低い代替材料として期待されています。しかし、従来のエアロゲルやスポンジは構造的連続性や構成単位間の相互作用が弱く、化学架橋剤を用いないと構造安定性に欠けるという課題がありました。この問題を解決するため、ナノフィルムという2次元構造体に着目し、非溶媒誘起相分離 (NIPS) とジェット紡糸 (JS) を組み合わせた独自のNIPS-JS法 (図1) を開発しました。

■研究・技術のプロセス/研究事例

■ナノフィルムの生成機構

層流から乱流への遷移を伴う同軸ジェット混合と、非溶媒誘起相分離 (NIPS) の相互作用を応用することで、高速乱流下においてポリマー溶液と非溶媒との界面拡散を制御し、高アスペクト比かつ構造均一性に優れたセルロース系ナノフィルムの連続製造に成功しました (図2)。本手法では、流体の剪断混合による高速相分離が促進され、ナノフィルム構造の形成と同時に微細な表面構造が付与される。得られたナノフィルムは、ゲル、薄紙、多孔質体として多用途への展開が可能であり、持続可能な構造材料として高い応用可能性を有することが示されます。

■ナノフィルムの特徴

得られたセルロース系ナノフィルムは、高アスペクト比を特徴とし、微細構造における制御された多孔質性を示します (図3)。NIPS-JS法による界面制御により、連続的かつ一貫性のあるナノ構造が形成されています。また、原料として再生可能なセルロースを用い、非毒性溶媒系で製造されるため、環境調和型材料としても優れています。さらに、他の機能性材料との複合化により、導電性・分離機能・生体適合性など多機能化が可能であり、幅広い応用展開が期待できます。

■ナノフィルムの応用例

ナノフィルム由来のセルローススポンジは、凍結テンプレート法を活用することで、架橋剤を用いることなく超軽量かつ高多孔性 (>99%) の3次元構造になります (図4)。得られたスポンジは、ナノフィルムの積層構造に起因する異方性と、優れた圧縮弾性・回復性を兼ね備えています。セルロースというバイオマス素材を基盤とすることで、環境負荷の低減と高機能性の両立が図られており、断熱材、吸着材、バイオスキャフォールド等への応用展開が期待できます。

1. De Nguyen, Kenji Kinashi, et al., ACS Omega, 10(31), 34389 (2025).
2. De Nguyen, Kenji Kinashi, et al., Polymer J., in press.
3. Japanese Patent Application No. 2024-156525.

■セールスポイント

断熱、吸着、バイオ、エネルギー、センシングへの応用が可能。異種材料との複合化や構造階層化による機能拡張が期待できます。

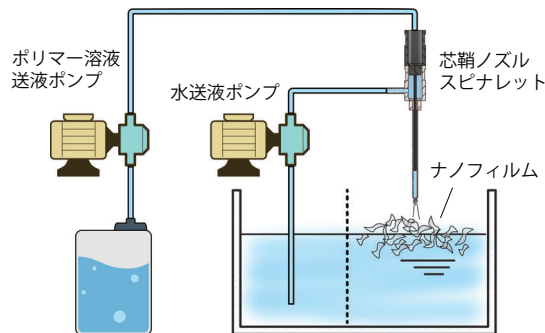


図1. 非溶媒誘起相分離 (NIPS) とジェット紡糸 (JS) を組み合わせた新手法NIPS-JS法

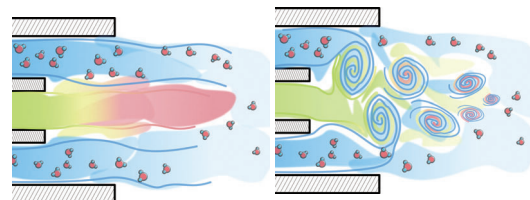


図2. (左) 層流、(右) 乱流における同軸ジェット混合

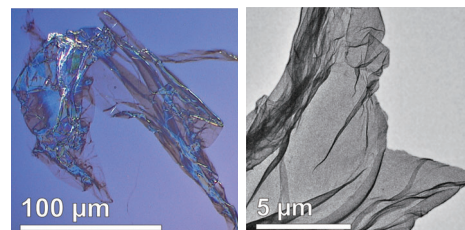


図3. (左) ナノフィルムの光学顕微鏡像、(右) ナノフィルムの透過型電子顕微鏡像

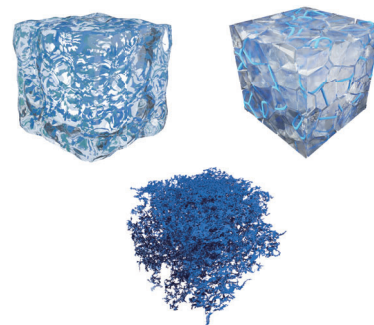


図4. (左) ナノフィルム分散溶液、(右) 凍結ナノフィルム分散溶液、(下) ナノフィルム由来セルローススポンジ