

フジシール財団 研究助成事業
成果報告書

公益財団法人フジシール財団
理事長 岡崎 裕夫 殿

報告日 2023年 5月 31日

研究課題	表面微細加工が創る逆流現象を活用した液だれ防止技術	助成金額
		200万円
ふりがな	いしい だいすけ	研究助成申請年度
研究者氏名	石井 大佑	2022年度
所属機関	名古屋工業大学	研究期間
		2022年4月～2023年3月
役職	准教授	
連絡先	〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学しくみ領域 TEL 052(735)5254 E-mail ishii.daisuke@nitech.ac.jp	

下記の通り、研究成果を報告いたします。

記

1. 研究成果の概要（こちらに報告いただいた内容はそのまま当財団ホームページ上で公開します。）

本研究は、流体の出し入れが必要なパッケージに、表面微細加工が創る逆流現象を活用した液だれ防止機能を付与することを目的とした。本技術は、消毒液や液体洗剤容器の吐出口での液だれ防止のみならず、詰め替え用容器の吐出口での液だれ防止にも適用可能である。また、醤油やオイルの容器等の粘性の大きな調味料や、塗料や染料などの工業製品でも同様のケースが考えられ、液体を繰り返し出し入れする多くの場面で重要な技術となり、これからのエコ社会における廃棄物削減を推進できる。

この液だれ防止を発現可能な微細突起構造を表面微細加工により作製した。まず、三軸走査装置に先端のサイズが数10 μmスケールのニードルを取り付け、一定の間隔でポリエチレン基板に打ち込む事で多孔の配列構造をもつ鋳型を作製した（図1）。精密卓上型3軸ロボットに装着した形状の異なるニードルを用い、ポリエチレン基板に微小な穴隙構造の配列を作製し鋳型とした。先端の形状は円錐状と三角錐状のニードルを用いた。作製した多孔構造は、精密卓上型3軸ロボットの走査プログラムを変えることにより、多孔構造間の距離や深さを变化させた。微細突起構造への転写素材として、柔軟性、耐薬品性、透明性、生体適合性のシリコン樹脂であるKR-112（信越化学工業）を用いた。柔軟性が高く外部からの衝撃等に対しても、構造の破損を抑えることができる。また、耐薬品性が高いことから、様々な液体に対しても、損傷を少なく液体を輸送することができる。

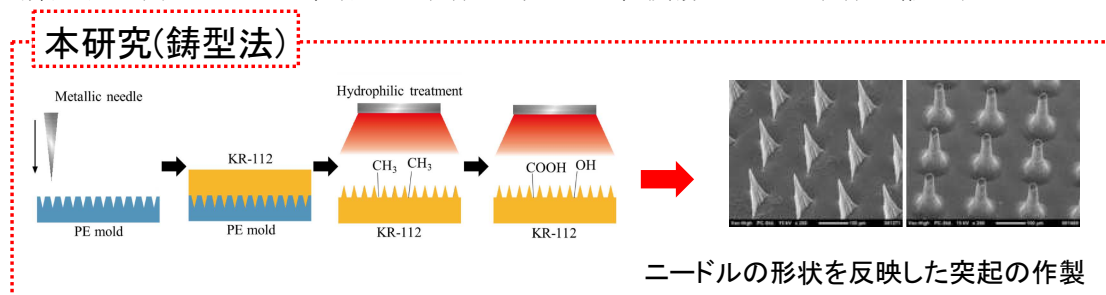
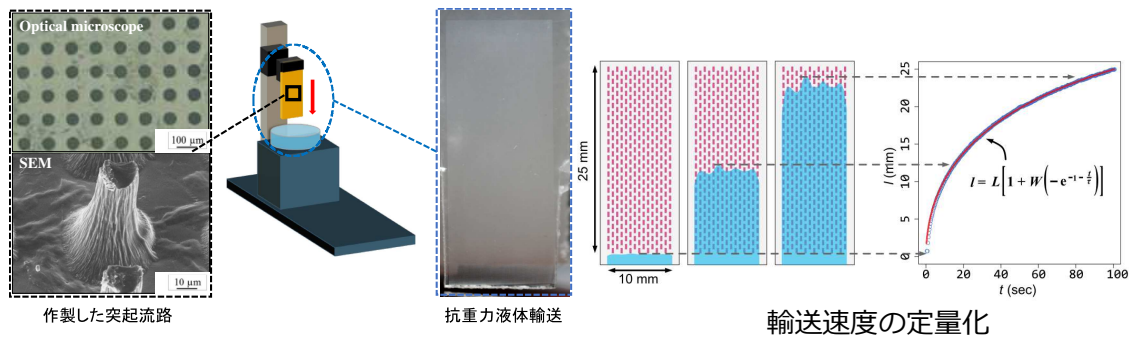


図1 多様な表面微細突起構造を有した高分子樹脂シート作製法

指向性の優位方向の輸送速度は構造の形状および配列によって制御可能である。指向性の優位性を明確化する液拡散測定は、図2に示したセットアップを用い、重力に抗して液体が上昇する速度を計測した。CCDカメラで撮影した動画を Image J を用いて解析し、経過時間 t に対する輸送距離をプロットした。解析ソフト R を用いて、このプロットの近似曲線を作製し、液体輸送速度係数を算出した。



速度計測の定量化のための実験装置

図2 液体上昇速度の定量値の計測方法

作製した突起先端径 $5 \mu\text{m}$ または $10 \mu\text{m}$ でアスペクト比が 20 または 10 の円錐状突起構造の逆流現象を追跡するために、抗重力方向への液体上昇を解析した結果を図3示す。輸送速度の定量値 D は、突起高さが $100 \mu\text{m}$ で作製した場合、両方とも突起中心間距離が $100 \mu\text{m}$ より狭すぎる時、および、広すぎる時に液体輸送速度の減少が確認された。この結果は、流路断面において、突起高さと同突起間隔がつくる形状が正方形の時に最大の逆流現象を生み出すことを示唆している。

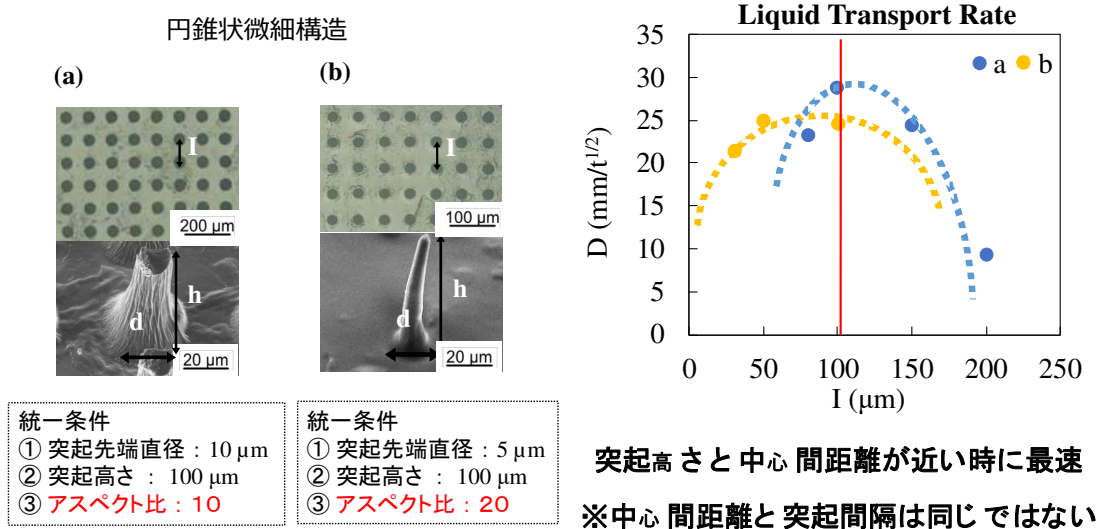
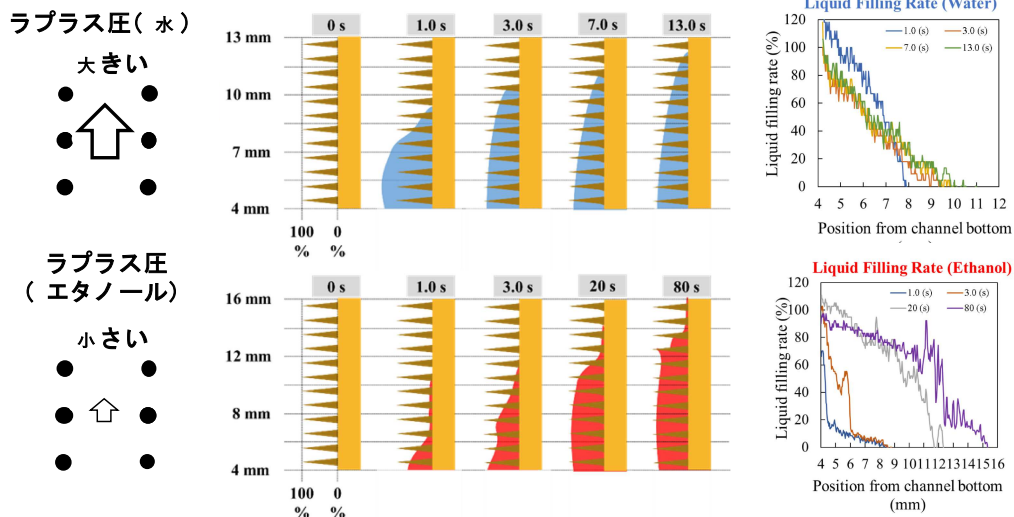


図3 円錐状突起構造の液体上昇速度の解析

つぎに、円錐状突起構造表面の水およびエタノールの液量充填率評価を行った。液量充填率の解析結果を図4に示す。グラフの X 軸は底面からの流体が満たされた高さ、Y 軸は測定した液量充填率である。まず、水とエタノールに共通する傾向として、底面からの流路の高さが高くなるほど、液体の充填率は減少した。また、輸送初期段階では底面付近の液量充填率が 100% となり、突起高さ全体に液体が充填されていた。水とエタノールの液量充填率の結果から、液体の充填の仕方の違いを表面張力と揮発性の観点から考察した。底面部分の液量充填率増加に関しては、表面張力の高い水のほうがより効果が大きく、付着するエリアが広がった。また、水はラプラス圧が大きく、エタノールは小さいため、水は突起間の液体の受け渡しの際により多くの液体を輸送できるが、エタノールは少量の液体しか輸送できない。以上のことから抗重力方向の液体輸送に関して、表面張力の高い液体は比較的高速且つ充填率を少しずつ減少させながら輸送し、表面張力の低い液体は、微細構造間にゆっくり浸透し、充填率が急激に減少し薄く引き伸ばされていくような挙動で輸送されることが解明された。



水は構造全体で液体を輸送し、エタノールは底部優先で液体を輸送

図4 円錐状突起構造の液体充填率の解析

2. 研究成果のパッケージ産業への貢献の可能性（こちらに報告いただいた内容はそのまま当財団ホームページ上で公開します。）

本研究成果は、微細構造表面での液体の拡散挙動を制御し、流体の出し入れが必要なパッケージに、表面微細加工が創る逆流現象を活用した液だれ防止機能を付与する可能性を示唆している。汎用性の高い水が主成分の液体のみならず、消毒液として用いられるアルコール溶液や、粘性の高いオイルについても、液体の重力に抗した拡散挙動が確認された。現在、企業との共同研究により射出成形による構造作製を試みており（図5）、実用化へ向けた取り組みが既に開始されている。課題としては、実使用における液だれ防止機能の持続性が挙げられるが、これは微細構造の形状最適化や素材最適化により解決できる見通しである。

以上から、本技術はパッケージ産業へ、液だれ防止機能という新しい機能を付与できる可能性があると考えられる。

■ 射出成形品（外観）

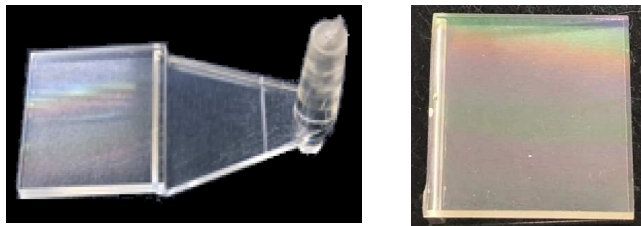


図5 射出成形により作製した液だれ防止可能な微細構造

3. 学会発表、学会誌等への論文掲載、産業財産権出願などの実績

- 1) 伊佐地純麗・石井大佑、「高分子鋳型を用いた微細突起構造を有する金属基板の作製と異方ぬれ挙動解析」第71回高分子討論会、北海道大学札幌キャンパス、2022年9月
- 2) 石井大佑、「バイオミメティクスの最新研究動向」バイオミメティクス産学連携セミナー、ブラザー工業株式会社、2022年6月

成果報告書の作成上の留意事項

- (1) 当財団指定の様式（A 4 サイズ）を用い、報告書の様式は変更しないでください。「1. 研究成果の概要」、「2. 研究成果のパッケージ産業への貢献の可能性」、「3. 学会発表、学会誌等への論文掲載、産業財産権出願などの実績」の間での行数の変更は可能ですが、総ページ数を3ページとしてください（本留意事項を除く）。
- (2) 日本語で作成してください。但し、英語での業績、論文、成果は英語のまま記入してください。
- (3) フォントは MS明朝の10.5ポイントを使用してください。
- (4) すべてのページのフッター部分に研究者の氏名を記入してください。

以上