

高機能セラミック製品の 3D プリンティング技術開発

戦略・デザイン科 依田 慎二
環境・機能材料科 秋月 俊彦

要 約

天草選上陶土等を原料に、チューブポンプとスクリー式押出装置を組み合わせたシステムを構築し、移送試験を行った。チューブポンプに吸引された原料が、内径 3mm、長さ 190mmのチューブ内をスクリー式押出装置まで移送できることが解った。さらにその後、スクリー式押出装置に原料が充填され、装置先端から吐出できることも確認された。また、チューブポンプとスクリー式押出装置それぞれの吐出量は、モーターの回転数で、同量に調整できる範囲があることが解った。

キーワード：チューブポンプ、スクリー式押出装置、天草選上陶土、モーター回転数

1. はじめに

近年、3D 技術は、陶磁器製品の新製品開発において、広く実用化されている。当センターにおいても、これまで石膏や樹脂素材の 3D プリンタや、モデリングマシンなど、3D 技術を活用した陶磁器製品や試作品の作製を数多く行い、技術を整備してきた。そのような流れの中、経常研究において継続して取り組んでいる 3D プリンタによる造形技術は、石膏型を使わずに製品を直接造形できることから、廃石膏を排出しないサステナブルな成形方法と考えられる。加えて、多品種、少量生産、短納期という市場の要望への対応はもちろん、従来は成形できなかった新形状・新機能製品の開発、また成形設備の低コスト・省スペース化、労働や技能の簡素化など多くのメリットが考えられる。

そこで本研究では、陶土等を原料に 比較的価格な 3D プリンタで、陶磁器製品を直接造形する基盤技術の確立を目的に検討を行った。

2. 実験方法

本研究では、これまでにチューブポンプを用いて陶土を移送し、プリンタヘッドから吐出す

る方法で陶土を積層してきたが、吐出時の脈動や、チューブ内の残圧のため、ポンプ電源の ON-OFF に対する吐出のレスポンスが遅くなるといった課題が認められた¹⁾。そのため、チューブポンプに代わり、スクリー式押出装置による陶土の移送も試みたが、チューブ内をプリンタヘッドまで押し出すには、スクリーモーターへの負荷が大きく、十分な吐出速度を得るのは困難であることが判明した²⁾。

そこで今回、これまで個別に検討してきたチューブポンプとスクリー式押出装置を組み合わせた新たなシステムについて検討を行った。

2.1 移送試験システム

原料には市販の天草選上陶土に対して、セルロースナノファイバー（日本製紙株式会社製 セレンピア）を 0.2mass% と珪酸ソーダ 0.2mass%、水分 23.5mass% を添加し十分に攪拌・混合を行い、スラリー状に調製したものを使用した。

今回検討した移送試験システムを図 1 に示す。原料をタンクに充填し、タンク下部からチューブポンプへ原料を移送した。チューブポンプ出口からは、フッ素系チューブ（内径 3mm、長さ 190mm）を通して、スクリー式押出装置まで原料が移送され、その先端（内径 2.5mm）からス

クリューにより吐出されるシステムにおいて吐出可能か検討を行った。

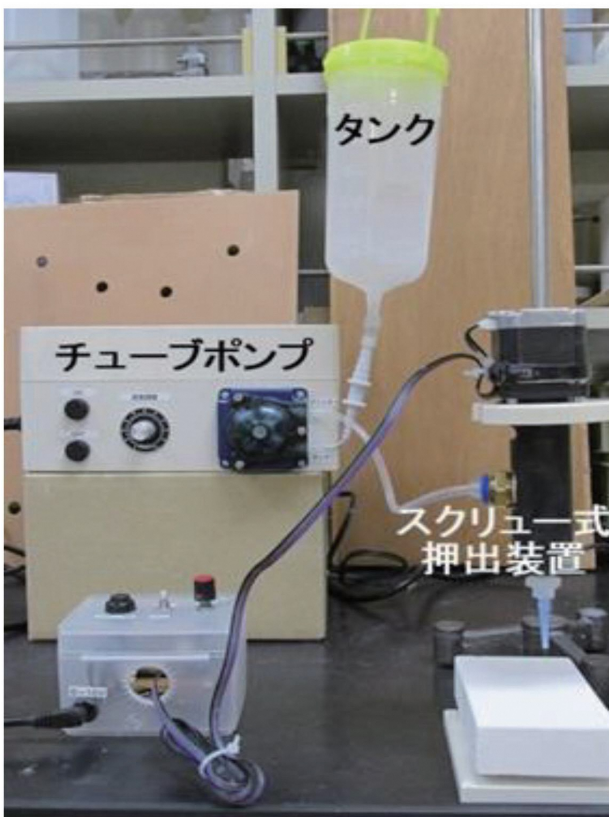


図1 移送試験システムの外観

2.2 チューブポンプとスクリーュー式押出装置の移送量の調整

上記 2.1 のシステムでは、2 つの移送装置を接続しているため、各装置からの原料の移送速度が異なると、接続部分のチューブ内部への圧力上昇によるチューブの膨れや、逆に押出装置からの吐出量の低下等が引き起こされる可能性が考えられる。そこで、それぞれの装置について、モーター回転数と単位時間当たりの原料移送量について試験を行った。

試験方法は、タンクに原料の天草陶土を投入し、チューブポンプの電源を入れ、原料を移送させる。原料がチューブポンプを過ぎスクリーュー式押出装置へ入る直前で接続部分のチューブを外し、吐出が安定した後、チューブから吐出される原料を試験皿に 1 min 回収し、その重量を測定した。

次に、チューブポンプとスクリーュー式押出装

置間のチューブを接続し、スクリーュー式押出装置内に原料を充填させる。その後、スクリーュー式押出装置の電源を入れ、装置先端から吐出される原料が安定したのを確認した後、吐出される原料を試験皿に 1 min 回収し、その重量を測定した。

3. 結果と考察

3.1 移送試験

原料の天草陶土等を原料に、チューブポンプとスクリーュー式押出装置を組み合わせた今回のシステムで、吐出可能かの試験を行った。その結果、原料がチューブポンプによる吸引力でポンプ内にスムーズに導入され、そのまま詰まることなくスクリーュー式押し出し装置へ移送されることが確認された。更にその後、原料はスクリーュー式押出装置内でも詰まることなく、先端から吐出できることが確認された。

3.2 チューブポンプとスクリーュー式押出装置による原料の吐出量

2.2 の試験方法で、チューブポンプとスクリーュー式の押出装置の 2 つの装置でモーター回転数と原料の吐出量の測定結果を図 2 及び図 3 に示す。

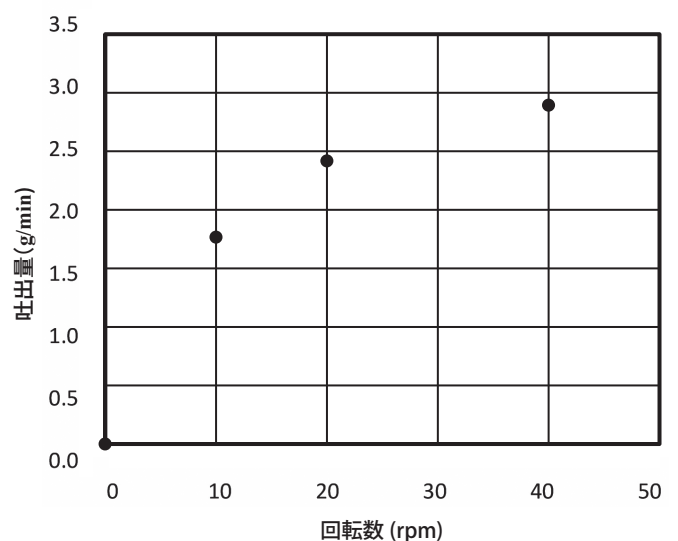


図2 チューブポンプのモーター回転数と吐出量の関係

4. まとめ

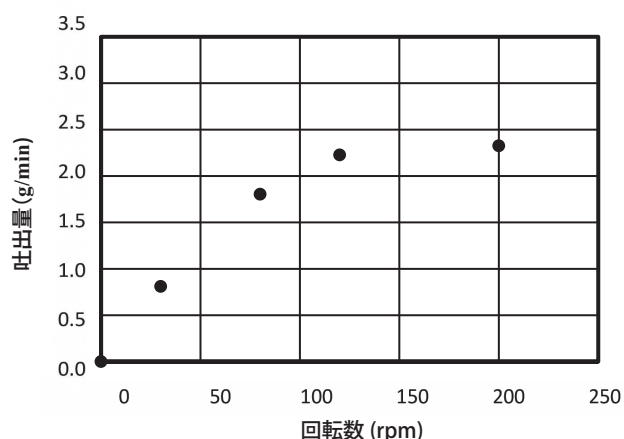


図3 スクリュー式押出装置のモーター回転数と吐出量の関係

2つの装置共に、回転数が増加するに従い、吐出量も増加傾向を示した。ただし、スクリュー式押出装置については、毎分約 2.3g 以上の吐出は困難となることから、両装置の吐出量は、この値以下でモーター回転数を調整する必要があることが判明した。今回の移送試験システムで、毎分 2g の原料を吐出した状況を図 4 に示す。10 min の吐出試験では問題がないことが確認された。

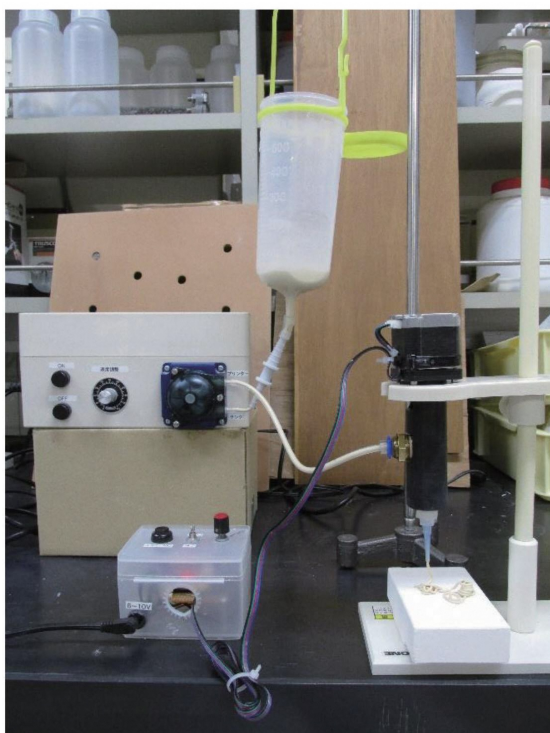


図4 移送試験システムでの原料吐出状況

天草選上陶土等を原料に、チューブポンプとスクリー式押出装置を組み合わせた新たなシステムによる移送試験を行い、以下の結果を得た。

- (1) チューブポンプでタンク中の原料を吸引し、長さ 190mm のチューブ内を原料移送できることが分かった。
- (2) 天草選上陶土等を原料に、チューブポンプからスクリー式押出装置へ移送し、先端から安定した吐出が可能であることが確認された。

文献

- 1) 依田慎二、秋月俊彦、3D プリンタを利用した陶磁器生地造形技術の開発、長崎県窯業技術センター研究報告、No. 67 pp.17-18 (2019).
- 2) 依田慎二、秋月俊彦、高機能セラミック製品の 3D プリンティング技術開発、長崎県窯業技術センター研究報告、No. 69 pp.17-19 (2021).