

機械ろくろ成形技術の開発

陶磁器科 梶原秀志、小林孝幸

要 約

機械ろくろ成形法により、陶磁器の肉薄生地を長年の経験がなくても歩留まりよく製造できる技術の開発を行うため、平成26年度に開発した機械ろくろ成形装置を用いて食器と土鍋生地の成形試験を行った。その結果、飯碗や湯呑および5寸皿の生地を歪がない状態で肉薄に成形でき、生地表面には皺や傷などの欠点が発生しない技術を開発することができた。また、大型の土鍋生地についても同様の技術を開発することができた。

キーワード：機械ろくろ成形法、陶磁器、生地

1. はじめに

長崎県の陶磁器製造は、長年、製土業、石膏型成型業、生地製造業、窯元、上絵付け業の分業体制で行われてきており、生地製造業には機械ろくろ成形業、ローラーマシン成形業、圧力鋳込み成形業、排泥鋳込み成形業の4部門がある。この中で機械ろくろ成形法は、回転体の形状をもつ生地を多品種少量で生産する手段として低コスト化できる最適な方法である。

また、近年、陶磁器製品の受注量が小ロット化の傾向にあることから、この成形法は、今後ますます重要になると考えられる。しかしながら、長崎県内に20数社ある機械ろくろ成形の専業業者（以下「生地業者」）は、従事する熟練者の平均年齢が65歳を越えており、さらに後継者がいない業者が大半を占めていることから、産地の生産体制を維持していくうえで深刻な問題となっている。

本研究開発では、市場の要求が高まっている肉薄の生地製造を、長年の経験がなくても歩留まり良く生産できる技術を開発し、産地の生産体制の維持発展に貢献することを目的としている。本年度は、平成26年度に開発した機械ろくろ成形装置を用いて、食器と土

鍋生地を傷や歪みなどの欠点がない状態で成形する技術の確立を行った。

2. 試験方法

2.1 成形試験装置と成形手順

成形試験に用いた機械ろくろ成形装置を図1に示す。この装置は、ダボ^(注1)の芯振れ^(注2)が5/100以下の精度で容易に取付けることができ、その回転数をインバータ制御により任意に設定できるのが特徴である。5寸皿の成形は、外側をダボにセットした石膏型で行い、内側をハンドルに取付けた「へら」で行う。石膏型に陶土を仕込んだ後、「へら」を手で下降させるとダボが回転し、それと共にダボ内部が排気されて真空状態になる。「へら」を予め設定したストッパーの位置まで下降させると、「へら」に圧された陶土が外側に伸展し、5寸皿を成形することができる。「へら」は、2度下降させるが、1度目の下降後に「へら」と当木（あてぎ）^(注3)に付着した陶土を手で取除き、2度目の下降時に縁にはみ出した余分の陶土（「ばり」）を「木へら」を用いて取除き、5寸皿を成形した。成形手順を図2に示す。

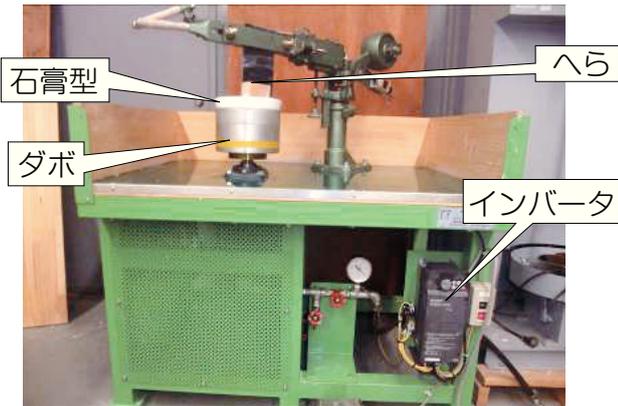


図1 機械ろくろ成形装置

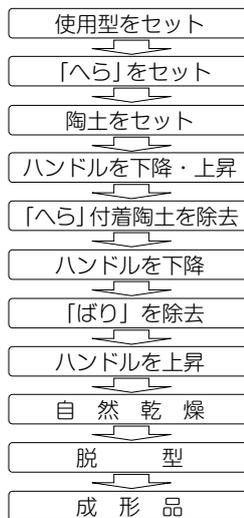


図2 5寸皿の成形手順

2.2 成形試験用陶土

陶土は、機械ろくろ成形用として市販されている含水率が24.5%と25.1%の2種類の天草撰上真空土練土を使用した。陶土の径は、8cm、10cm及び12cmの3種類で成形試験を行った。

2.3 成形試験用「へら」

「へら」は、厚さ4.5mmの鉄板を5寸皿の内側形状に合わせて切断した後、「へら」の刃先角度を30度、45度、60度の3種類に加工し(図3)、成形試験を行った。



図3 成形試験用の3種類の「へら」



図4 成形試験用「へら」に当木を装着した様子

2.4 「へら」の当木

図4に示す形状で「へら」の当木の厚みを約14mmにした場合と約26mmにした場合および当木をしない場合の3種類で成形試験を行った。

2.5 陶土の仕込み量

陶土径がφ8cm、φ10cm、φ12cmの3種類を用い、陶土の仕込み重量を285gから310gの範囲で変化させ成形試験を行った。

2.6 ダボの回転数

ダボの回転速度は、インバータの周波数を10Hz、15Hz、20Hz、25Hzに設定し、4種類の条件で成形試験を行った。インバータ周波数の設定値とダボ回転速度の関係は表1に示すとおりであった。

表1 インバータ周波数の設定値とダボの回転速度の関係

インバータ周波数 (Hz)	15	10	20	25
ダボの回転速度(rpm)	110	72	150	167

2.7 乾燥・脱型

成形終了後に石膏型をダボから外し、直射日光が当たらない場所で乾燥させ、成形体と石膏型との間に隙間が出るのを確認した後、成形体を型から取出した。

2.8 成形体の評価

成形体の評価は、表面の皺や傷を目視で観察し、欠点の有無を確認した。

2.9 焼成体の評価

成形体は水拭き仕上げを行い、850℃で素焼した後、石灰釉を施釉し、ガス窯を用いて1300℃で還元焼成を行った。焼成体の評価は、表面の皺や傷、凹凸および歪みを目視で観察し、欠点の有無を確認した。

3. 結果および考察

3.1 陶土の含水率および陶土径と成形性の関係

5寸皿の成形試験を機械ろくろ成形用として市販されている含水率が25.1%で、径が12cmの天草撰上真空土練土を用いて行った結果、陶土が皿の縁までスムーズに伸展し、生地表面には皺や傷などの欠点が発生しない状態で成形できた。

含水率が24.5%の陶土でも欠点がない状態で成形できたが、25.1%の方が皿の縁まで陶土が伸展する時間が短く、成形体表面も滑らかであった。25.1%の陶土に水を添加し、柔らかくした場合、陶土が手に付着しやすくなり、「へら」や「当木」に付着した余分な陶土の除去作業をスムーズに行うことが困難になった。このことから、皿を成形する陶土の含水率は25.1%以下にする必要があることがわかった。一方、陶土を乾かし含水率を24.5%より小さくした場合、成形中に皿の縁部が飛び散り、成形できなかった。

陶土径がφ8cmとφ10cmの条件で行った場合、図5と図6に示すように、高台部表面と皿の外側上方部に無数の皺が発生した。高台部に皺が発生したのは、直径が9.8cmある石膏型の高台部を陶土で十分に覆い被せることができなかつたことにより、陶土が渦を巻くように高台部に充填されたことが原因と考えられる。一方、縁部に皺が発生したのは、陶土が皿の縁まで伸びる時間が長くなり、陶土が渦を巻くように皿の縁まで伸びたことが原因と考えられる。これらのことから、陶土の径は成形用石膏型の高台径より大きくする必要があったことが分った。

また、陶土を石膏型に載せただけで成形した場合、下降させた「へら」が陶土に接触した瞬間に陶土が型の中心から外れ、陶土が皿の縁部まで全周に渡り伸展せず、成形できなかった。このことから、型への陶土の仕込み作業は図7に示す状態で、陶土を型の中央に載せた後、拳で陶土を上から軽く叩いて、型に密着させる必要があることが分った。

3.2 「へら」先角度と成形性の関係

刃先角度を30度、45度、60度の3種類で成形試験を行った結果、60度では、皺や凹凸などの欠点がない状態で成形できた。30度と45度は、陶土の仕込み量が多く必要となり、縁まで陶土が伸びる時間は長くなった。その結果、陶土が不足したり、皿の縁部が成形不足になったり、外側縁部に皺が発生した。この



図5 皿の高台部に発生した皺



図6 皿の外側縁部に発生した皺



図7 陶土を上から叩いて型に密着させる

ことは、刃先角度が小さくなるほど、陶土と「へら」の接触面積が小さくなるため、陶土が圧延し難い状態になり、「へら」へ付着する陶土の量が増加し、皿の縁まで移動する陶土量が減少したことが原因と考えられる。これらのことから、「へら」の刃先角度は60度で問題がないことが確認できた。

3.3 「へら」の当木と成形性の関係

厚さ約14mmの当木を使用した場合、当木からはみ出してきた陶土を指で押えることにより、短時間で陶土を縁まで伸ばすことができ、成形体表面に皺や傷および凹凸などの欠点がない状態で成形することができた(図8)。「へら」に当木をしない場合は、型に仕込んだ陶土が「へら」で削り取られた後、「へら」に付着し、型の縁まで陶土が伸展せず、皿を成形することができなかった(図9)。厚さ約26mmの当木を使用



図8 当木厚さ14mmによる成形



図9 当木なしによる成形



図10 当木厚さ26mmによる成形

した場合、当木に付着する陶土の量が増加し、成形体の周辺部が型から剥がれて成形不良となった(図10)。

3.4 陶土の仕込み量と成形性の関係

陶土径が12cmでその仕込み重量を290gの設定で5寸皿を成形した結果、表面に皺や傷および凹凸などの欠点がない状態で成形することができた。この時の成形体重量は252gで、余分な陶土重量は38gであった。285gより少ない設定で成形した場合、陶土不足により5寸皿の縁の一部が成形できない状態になった(図11)。一方、陶土重量を310g以上で成形した場合、5寸皿内側の上部に傷が多発した(図12)。このことは、陶土の仕込み量を多くした分、当木に付着する余分な陶土の量が増加し、余分な陶土が成形体表面に擦りつけられることにより、成形体表面に傷がついたと考えられる。



図11 陶土重量が285g未満で図成形した皿



図12 陶土重量が310g以上で成形した皿(倍率5倍)

3.5 ダボの回転数と成形性の関係

径が12cmの陶土を用い、ダボの回転数を110rpmと150rpmに設定した条件で5寸皿を成形した場合、「へら」を下降開始してから10秒以内で陶土が皿の縁まで伸展し、欠点がない状態で成形することができた。72rpmに設定した条件では、陶土を皿の縁まで延ばすのに30秒以上の長い時間が必要となり、その結果、皿外側縁部に無数の皺が発生した。167rpmに設定した条件では、「へら」を下降開始してから僅か数秒で陶土が「へら」に付着し、指で押えて伸展させる時間がなく、皿の外側周辺部が成形できなかった(図13)。

3.6 焼成体の評価結果

5寸皿、飯碗、湯呑、21cm土鍋について、最適条件で成形した生地を施釉した後、1300℃で焼成した製品を図14に示す。不良品の対象となるような欠点の有無を目視で観察した結果、傷や歪みなどの欠点がない状態であることが確認できた。次に焼成品を図15に示す形状で切断し、製品の肉厚を測定した結果、皿は2.5mm、飯碗は3.0mm、湯呑は2.6mmであり、肉薄形状の製品を歪みがない状態で製作することが確認できた。



図13 ダボの回転数167rpm

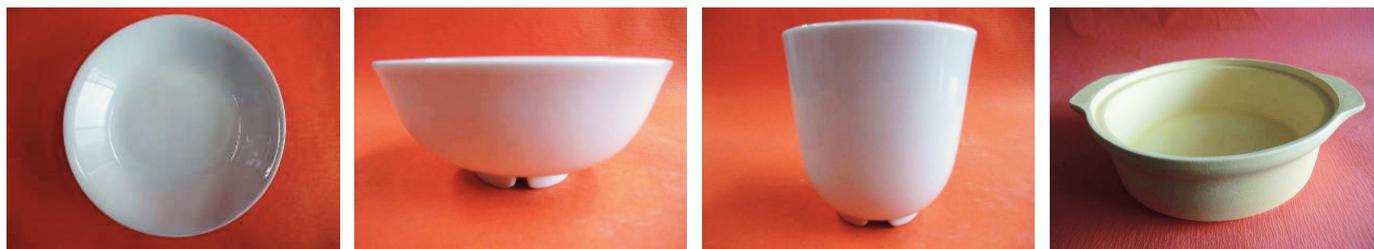


図14 最適条件で成形した生地を施釉した後、1300℃で焼成した製品



図15 図14に示した製品の断面写真

4. まとめ

平成26年度に開発した機械ろくろ成形装置を用いて食器と土鍋生地の成形試験を行った。その結果、飯碗や湯呑および5寸皿の生地を歪がない状態で肉薄に成形でき、生地表面には皺、傷などの欠点が発生しない技術を確立することができた。また、大型の土鍋生地についても同様の技術を確立することができた。確立した上記の技術を表2にまとめて示す。これらの条件で成形することにより、単純形状の食器や土鍋を、長年の経験がなくても成形できることが確認できた。

受け台のことであり、石膏型の径に対応する大きさの「ダボ」を機械ろくろ装置に固定して使用する。

- (2) 「ダボ」の芯振れとは、「ダボ」の水平方向の変位量のことであり、「ダボ」の外周部にダイヤルゲージを当てて測定する。
- (3) 当木(あてぎ)とは、整形用の「へら」に取付けた木のことである。当木がない場合、「へら」の刃先が陶土と線接触するだけなので、陶土は型の外側へほとんど移動せず、「へら」に削り取られてしまう。当木を取付けると、陶土と当木が面接触するので、陶土を圧延し、型の縁まで移動させることができる。

注

(1) 「ダボ」とは、成形に用いる石膏型をセットするための

表2 機械ろくろ成形装置による5寸皿、飯碗、湯呑み、土鍋の成形条件

	設定項目	5寸皿	飯碗	湯呑	土鍋
1	成形体の乾燥重量	180g	200g	約130g	約790g
2	へら先角度	約60度	約60度	約60度	約80度
3	当て木の厚み	約14mm	約14mm	約26mm	約45mm
4	陶土の径	約12cm	約8cm	約8cm ^{※1}	約15cm
5	陶土の重量	約290g	200g	約200g	約1300g
6	陶土の含水率	25.1%	25.1%	25.1%	20.1% ^{※2}
7	陶土の叩き	必要	必要	必要	必要
8	ダボの回転速度	110rpm ~140rpm	140rpm ~170rpm	140rpm ~170rpm	40rpm ~0rpm
9	へらの下降速度	10秒以下	10秒以下	10秒以下	60秒以下

※1 市販されている陶土径は最小が8cmであり、湯呑整形用石膏型の内径は8cmより小さい。この状態では、陶土を型の中にセットできないので、8cm径の陶土を200gに切断した後、手の平で球形に丸め、陶土径を小さくして使用した。

※2 市販の土鍋用ペタライト配合陶土を使用