

壺屋焼原料の品質安定化に関する研究開発

－ 化粧土に関する研究 －

赤嶺公一、宮城雄二、與座範弘、花城可英

壺屋陶器事業協同組合の製土工場で生産している化粧土は粘性が高い（泥しょうが‘どぶつく’）ため、浸し掛けする際に液切れが悪く、作業性に課題があった。そこで、化粧土の作業性を改善するため、化粧土濃度や珪酸ソーダ、長石の配合割合の検討を行った。その結果、化粧土の作業性が向上することを確認し、化粧土の配合割合に関する知見が得られた。

1 はじめに

赤土系の素地を多く用いる県内の陶器業界では、鉄分の少ない白色粘土の泥しょうで、化粧掛け（白化粧）することが多い。化粧掛けは素地の色を隠したりその表面を平滑にし、色釉や下絵付け、線彫りといった他の技法を生かす重要な技法である¹⁾。代表的な化粧土として、喜瀬粘土（ナグー）、安富祖粘土（アフスー）、喜瀬武原粘土がある²⁾。このうち、喜瀬粘土は採取地へのホテル建設により採掘が1995年には困難になっており¹⁾、安富祖粘土も2001年頃には地権者などから採掘が禁止され、入手が困難になった³⁾。このような状況の中、2013年に壺屋陶器事業協同組合（以下、壺屋組合）は、従来、安富祖粘土を採取していた国道沿いの崖付近から東側となる私有地で安富祖粘土を確保した。

安富祖粘土は、風化残留性粘土であるため粘土分が少なく、母岩に由来する珪石粒と珪砂を多く含むため、水簸して精製する必要がある²⁾。しかし、現在の壺屋組合の製土工場では、化粧土専用の水簸設備を保有していないため、安富祖粘土と粘土分を補うための蛙目粘土をボールミルに投入し、粉碎処理した化粧土を生産している。このように生産した化粧土は、粘性が高い（泥しょうが‘どぶつく’）ため、浸し掛けする際に液切れが悪く、作業性に課題があった。

そこで、本研究では壺屋組合が確保した安富祖粘土を用いた化粧土の改善について検討した。

2 実験方法

2-1 試料とテストピース

2-1-1 化学組成、鉱物組成分析用試料

従来の安富祖粘土として、約30年前に採取した安富祖粘土を壺屋組合員から提供頂いた。また、壺屋組合の製土工場において、現在使用している安富祖粘土、蛙目粘土（市販品）、化粧土A（安富祖粘土7割、蛙目粘土3

割）、化粧土B（安富祖粘土8割、蛙目粘土2割）を採取した。化粧土Aは通常生産品、化粧土Bは試作品である。化粧土の調整には、福島長石（市販品、粉碎後に目開き150 μ mふるい通過物）、珪酸ソーダ3号（市販品）を用いた。

2-1-2 色見本用テストピース

化粧土Aは、浸し掛けする際の化粧土の液切れが悪く、作業性に課題があった。そこで、化粧土の配合割合の検討を行い作業性の改善を図った。化粧土の配合割合を表1に示す。

化粧土濃度は化粧土に対して福島長石を外割で加え、水で濃度調整した。

$$\text{化粧土濃度 (w/w\%)} = ((\text{化粧土} + \text{長石} 0 \sim 30\%) / \text{泥しょう}) \times 100$$

珪酸ソーダは濃度調整した化粧土200gに対して0～1000 μ l添加した。

表1 化粧土の配合割合

No.	化粧土濃度(w/w%)	珪酸ソーダ添加量(μ l)	長石添加量(%)
1	50	-	-
2	40	-	-
3	35	-	-
4	30	-	-
5	50	800	-
6	50	1000	-
7	40	300	-
8	40	450	-
9	35	100	-
10	35	200	-
11	40	-	5
12	40	-	10
13	40	-	20
14	40	-	30
15	35	-	5
16	35	-	10
17	35	-	20
18	35	-	30
19	40(化粧土B)	-	-
20	35(化粧土B)	-	-

※No.1-18は化粧土A

色見本用テストピースは、坯土を約50×40×7mmに石膏型を用いて成形し、化粧掛け後に800℃で素焼きした。化粧掛けは、予備試験結果より、素地の収縮が進行中の状態である含水率20%とした。素焼き後のテストピースは、表面をスポンジで適宜湿らせて後、透明釉を掛けて焼成した。焼成には、ヤマザキ製電気炉TSY-18型を用いて、最高温度1250℃（SK8）、昇温速度毎時100℃、最高温度保持時間1時間で行った。

坯土は、壺屋組合で生産した赤土2号坯土（1230℃,SK7焼成用）、赤土3号坯土（登り窯でも用いる高耐火度用）を用いた。

2-2 化学組成

エネルギー分散型蛍光X線分析装置（PANalytical社製Epsilon3XL）を用いて化学組成を測定した。試料は乾燥後、サイクロミルで粉碎を行い、ルーズパウダー法専用容器に詰めて測定し、得られた半定量値は酸化物換算で規格化を行い、強熱減量は1050℃の強熱法により測定した。測定成分は主要な10成分（Na₂O、MgO、Al₂O₃、SiO₂、K₂O、CaO、TiO₂、MnO、Fe₂O₃、SO₃）とした。

2-3 鉱物組成

化学組成と同様に粉碎処理した試料を用いた。測定には、X線回折装置（RIGAKU UltimaIV）を用いた。測定条件はCu管球、40kV、40mA、半導体高速検出器、スキャン速度は5°/min、2θが5～70°で連続測定を行った。

2-4 粘性（化粧土を浸し掛けする際の作業性）

化粧土濃度の異なる試料（No.1～4）を用いて、化粧土の粘性（化粧土を浸し掛けする際の作業性）の検討を行った。粘性の物性値は、写真1に示すガラス器具を用いて、ガラス器具中の泥しょう80mlが流れ落ちる時間（排出時間）とした。

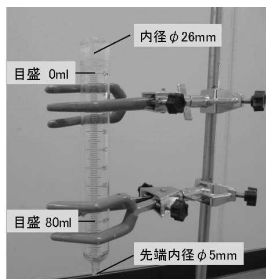


写真1 粘性評価に用いたガラス器具

壺屋組合員による官能評価と排出時間から、使いやすい（◎、排出時間4s未満）、使える（○、4～5s未満）、使いにくい（△、5s以上）、使えない（×、測定不能）の4段階で粘性の評価を行うことにした。残りの試料

（No.5～20）は、排出時間を測定し、粘性（◎、○、△、×）の評価とした。

2-5 色見（素地の透けにくさ）

焼成後のテストピースを用いて、化粧土の色見（素地の透けにくさ）の検討を行った。壺屋組合員による官能評価で、使いやすい（◎）、使える（○）、使いにくい（△）、使えない（×）の4段階で色見を評価した。

2-6 長石を用いた化粧土による試作

化粧土濃度35-40w/w%程度の約10L（約12.5kg）の化粧土Aに対して1kg長石粉を加え、化粧土濃度35w/w%に調整した。陶器製造現場にて、ロクロ成形した4寸マカイ（碗）に浸し掛けし、焼成した。

3 実験結果および考察

3-1 化学組成、鉱物組成

化学組成を表2に、鉱物組成を図1にそれぞれ示す。安富祖粘土は石英、カオリン鉱物、雲母粘土鉱物等を含む。現在使用している安富祖粘土の鉱物組成は、従来のものと、ほとんど同様と考えられるが、化学組成では、アルミナ量（Al₂O₃）が少なく、鉄分量（Fe₂O₃）が多い等の違いがあった。実際、従来の安富祖粘土を提供頂いた壺屋組合員の方から、現在使用している安富祖粘土は従来のものと比較し、砂がちで粘土分が少なく（アルミナ量が少なく）、焼成後の白色度が低い（鉄分量が多い）という話と一致する。ただし、測定に供した試料は、測定対象に対する抽出試料量・試料数、縮分方法等を行っていないため、サンプリング誤差を多分に含んでいることが想定される。よって、化学組成は参考程度に留めておくべきであろう。蛙目粘土は、石英、カオリン鉱物等を含む。福島長石は、石英、長石等を含み、化学組成から長石はカリ長石が主要鉱物といえる。

表2 化学組成

No.	試料名	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	SO ₃	Ig.Loss
1	安富祖粘土	77.1	14.3	1.03	0.66	0.02	0.73	2.08	0.02	0.00	0.28	3.83
2	安富祖粘土(旧)	71.1	19.3	0.64	0.82	0.02	0.74	3.37	0.04	0.00	0.02	3.92
3	蛙目粘土	48.9	33.4	1.37	0.96	0.26	0.28	0.86	0.02	0.01	0.03	13.9
4	化粧土A	65.8	23.2	1.10	0.76	0.16	0.50	1.60	0.01	0.00	0.29	6.54
5	化粧土B	68.6	21.3	1.09	0.75	0.11	0.53	1.73	0.03	0.00	0.18	5.62
6	福島長石	73.6	13.8	0.11	0.05	0.42	0.00	9.76	1.98	0.00	0.01	0.20

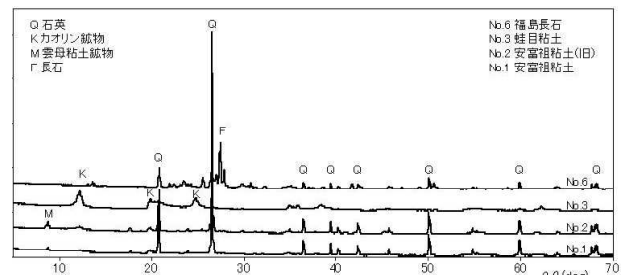


図1 鉱物組成

3-2 化粧土の配合及び濃度の違いによる剥離等の有無

テストピースに化粧掛け後（乾燥後）、素焼き後、透明釉を掛けて本焼き後、化粧土の剥離の有無についてそれぞれ観察したところ、化粧土の剥離は認められなかった。含水率10%で行った予備試験の素地では、化粧掛け後、ほとんどのテストピースの化粧土にヒビが生じていたため、本試験では素地の含水率を20%に調整した。

3-3 化粧土の配合及び濃度の違いによる粘性の色見

化粧土の粘性の色見の結果を表3に示す。焼成後の色見本用テストピースを写真2、3に示す。

化粧土A（安富祖粘土7割、蛙目粘土3割）は、化粧掛け時の粘性が高いため、作業性を向上する目的で、粘土分が多い蛙目粘土の割合を減らした化粧土B（安富祖粘土8割、蛙目粘土2割）を試作した。化粧土濃度が同条件の場合、化粧土Bは化粧土Aと比較し排出時間が短い。つまり、粘性を下げる傾向が認められた。しかし、化粧土Bの化粧土濃度40%では粘性が「使いやすい」の評価は得られず、35%では色見が「使いにくい」の評価だった。

そこで、分散性を向上させる目的で珪酸ソーダ、粘土分を相対的に下げる目的で長石をそれぞれ化粧土Aに配合した。結果、珪酸ソーダ、長石ともに粘性を下げる傾向が認められた。珪酸ソーダだけでは、粘性、色味ともに「使いやすい」の評価は得られなかった。長石の配合は、マット調となり白色が強くなる傾向が認められた。

粘性、色味ともに「使いやすい」の評価だったものは、赤土2号・3号坏土ともに、長石を配合した下記の配合条件だった。

配合条件1：化粧土濃度40%、長石30%（No.14）

配合条件2：化粧土濃度35%、長石5%（No.15）

ただし、評価者である壺屋組合員によっても、粘性や色見（素地の透けにくさ）に関して評価が分かれることや、マット調の外観に対する好みの違いもある。よって、上記条件が最適な配合条件とは言い切れないため、上記条件は目安に留めるべきと考える。

3-4 長石を用いた化粧土による試作

試作した4寸マカイ（碗）を写真4に示す。長石を配合した化粧土は、どぶつきが少なくなり作業性が改善され、色見（白色度）やはがれの問題はなかった。

表3 化粧土の粘性の色見

No.	化粧土濃度(w/w%)	珪酸ソーダ添加量(μl)	長石添加量(%)	排出時間(s)	粘性	色見(素地の透けにくさ)	
						赤2号坏土	赤3号坏土
1	50	-	-	測定不能	×	○	○
2	40	-	-	13	△	○	○
3	35	-	-	4.4	○	○	○
4	30	-	-	3.6	○	△	△
5	50	800	-	4.3	○	○	○
6	50	1000	-	3.5	○	×	×
7	40	300	-	4.5	○	○	○
8	40	450	-	3.5	○	△	○
9	35	100	-	4.0	○	○	○
10	35	200	-	3.5	○	△	○
11	40	-	5	6.2	△	○	○
12	40	-	10	4.4	○	○	○
13	40	-	20	4.0	○	○	○
14	40	-	30	3.8	○	○	○
15	35	-	5	3.7	○	○	○
16	35	-	10	3.4	○	○	○
17	35	-	20	3.4	○	△	○
18	35	-	30	3.3	○	△	△
19	40(化粧土B)	-	-	4.4	○	△	○
20	35(化粧土B)	-	-	3.4	○	△	△

※No.1-18は化粧土A
 ※化粧土濃度は化粧土に対して福島長石を外割で加え、水で濃度調整
 化粧土濃度(w/w%)=(化粧土+長石0~30%)/泥しよ×100
 ※珪酸ソーダは濃度調整した化粧土200gに対して0~1000μl添加
 ※粘性、化粧土の色見評価 / 使いやすい(○)、使えない(△)、使えない(×)

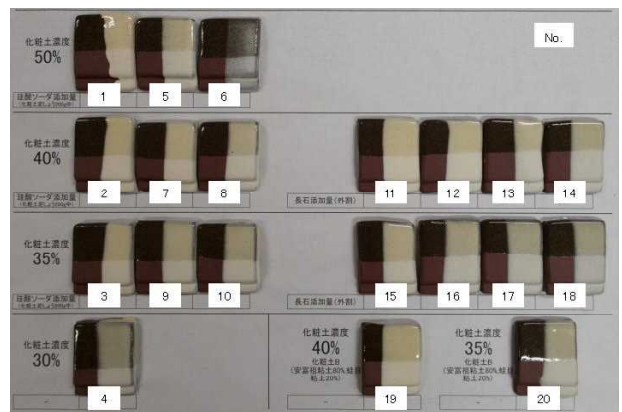


写真2 色見本用テストピース（赤土2号坏土）

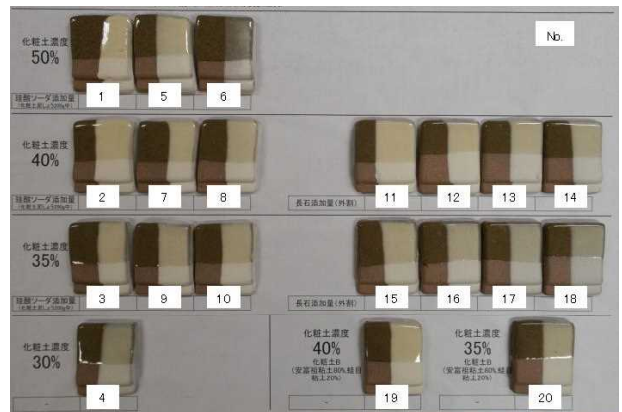


写真3 色見本用テストピース（赤土3号坏土）



写真4 長石を用いた化粧土で試作した4寸マカイ（碗）

4 まとめ

壺屋陶器事業協同組合の製土工場で生産している化粧土の作業性を改善するため、化粧土濃度や珪酸ソーダ、長石の配合割合の検討を行った。その結果、化粧土の作業性が向上することを確認し、化粧土の配合割合に関する知見を得た。

1. 現在使用している安富祖粘土の鉱物組成は、従来のものと同様である。化学組成から、現在の安富祖粘土は従来のものと比較し、粘土分が少なく、また、焼成後の白色度が低い傾向がある。
2. 化粧土に珪酸ソーダ、長石を加えることにより、化粧土の作業性が向上することが確認できた。
3. 化粧土の配合割合を検討し、粘性、色味（素地の透けにくさ）ともに「使いやすい」の評価を得る配合割合を求めた。

配合条件1：化粧土濃度40%、長石30%

配合条件2：化粧土濃度35%、長石 5%

ただし、上記条件は目安に留めるべきである。

化粧土濃度、珪酸ソーダ、長石の配合割合をかえたテストピースは、化粧土の粘性・色見の変化を体系的に把握することができ、化粧土を扱いやすく調整する際の参考に活用できると考える。

本研究は、平成25－27年度沖縄県産業振興重点研究推進事業の研究課題「壺屋焼原料の品質安定化に関する研究開発（2013技003）」として実施した。

謝辞

壺屋陶器事業協同組合の関係各位、並びに県企画部科学技術振興課の担当職員の皆様にご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 与座範弘, 中村英二郎, 宜野座俊夫, 沖縄県工業試験場平成7年度研究報告, 33-38(1995)
- 2) 照屋善義, 沖縄の陶器 技術と科学, 39(2000)
- 3) 長浜良起, 琉球新報, 22面(2015.10.26)

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターに

ご連絡ください。