

低温焼成リサイクル磁器の開発

三県共同研究(九州知事会推進事業)

堤 靖幸・寺崎 信

天草低火度陶石を活用した低温焼成リサイクル陶土の開発を試みた。鑄込み用陶土は陶土の製造工程で廃棄されるケイを活用した低温焼成用陶土を開発した。細工用陶土については手ろくろ成形が可能で、1200℃焼成に適した撰上陶土レベルの陶土を開発した。これらの開発した陶土によって作製した磁器は、従来の有田焼の磁器と比較して遜色ないものであった。三県共同の成果発表会や製陶所による試作を通じて、普及へ向けた動きも始めている。

1.はじめに

地球温暖化やごみ問題など環境問題への関心は年々高まっており、当産地でも環境対策は課題となっている。当センターではこれまでに低温焼成磁器やリサイクル陶土を開発した。低温焼成磁器については現行の焼成作業温度の変更にともない、製造プロセスの変更が必要であるが、行政的な助成制度が整っていないことなどから実用化がすすんでいない。またリサイクルについてはリサイクル製品認定制度などがあり、販売も上向きだが、さらに競争力を高めるため付加価値の向上が求められている。この2つの技術を融合することでより一層の環境負荷軽減を行い、商品価値の向上を目指した。窯業関連のリサイクル原料としてエコマークの再生材料の原料分類には使用済み陶磁器のほかには鉱業・採石廃棄物類がある。エコマーク取得に必要な基準配合率は素地中の重量割合で使用済み陶磁器が15%、鉱業・採石廃棄物類が35%となっている。窯道具のハマは使用済み陶磁器に分類され、それを用いた鑄込み用陶土は前年度までに開発した。他方、肥前陶土工業協同組合は陶土の製造工程から排出され

る「ケイ」の在庫の増加に苦慮している。「ケイ」は鉱業・採石廃棄物類に分類される。そこで今年度は「ケイ」をリサイクル原料とする低温焼成磁器の開発を行った。細工用陶土については良質な天草陶石に随伴して産出する低火度陶石は未利用であり、エコマークの基準配合原料では採石廃棄物と見なすことができ、35%以上の配合で同基準を満たすことができる。これまでに低火度陶石を利用し細工用陶土の開発試験を行ったが¹⁾、L6調合物の焼成白色度は撰中陶土程度であった。産地にはより高品質な撰上陶土レベルの白色度を求めるニーズがあり、スタンパー粉砕法による試作試験を行った。なお、この研究は九州知事会で承認された佐賀県、長崎県および熊本県の三県共同研究「天草陶石を活用した環境対応型次世代陶磁器の開発」の分担課題である。

2.実験方法

2.1 鑄込み用陶土の調製および評価

リサイクル原料として「ケイ」および同じく鉱業・採石廃棄物類に分類される天草低火度陶石(木山陶石

表1 鑄込み用陶土の原料調合割合

(重量%)	No.901	No.902	No.903	No.904	No.905	No.906	No.907	No.908	No.909	No.910	No.911	No.912
ケイ	35	35	35	35	35	30	25	20	30	25	20	30
木山低火度						5	10	15	5	10	15	5
上田酸処理	50	40	35	33	33				35	35	35	20
木山酸処理						35	35	35				15
蛙目粘土	15	18	15	16	17	15	15	15	15	15	15	15
益田長石		7	15	16	15	15	15	15	15	15	15	15

産、以下木山低火度と記す)を用いた。その他の原料として上田陶石産の天草低火度酸処理陶石(以下上田酸処理)、木山陶石産の天草低火度酸処理陶石(以下木山酸処理)、本山蛙目粘土特級(以下蛙目粘土)、益田長石を用いて試験調合を行った。試験調合の原料比を表1に示した。調製した陶土は含水率2.8%、珪酸ナトリウム0.3%の条件で泥漿とし、20×7×125mmの形状に鑄込み成形法によって成形して試験体の素地を作製した。この試験体の素地を0.1m³ガス炉により1200で還元焼成を行い、その焼成体について物性を評価した。

2.2 細工用陶土に関する試験

細工用陶土は、表2に示す調合に基づきスタンパーによる粉碎を行い、砂上げ、水簸、混合をし、フィルタープレスにより脱水しケーキとした。さらに、真空土練機により練土として細工用の陶土を作製した。この陶土により手ろくろ成形を行い成形性状を調べた。また、鑄込み成形により20×7×125mmの形状のテストピースを作製し、素地物性を調べた。

2.3 物性評価法

表2 素地L6002の原料割合

原料	mass%
低火度陶石(H18共立)	17.5
低火度酸処理陶石(H18木山)	17.5
酸処理陶石(H10上田)	30
天草撰上陶土	30
SPカオリン	5
合計	100

圧力鑄込用として20kg程度の泥漿を調製し、小型圧力鑄込み装置により試作試験を行った。また、ろくろ成形は所内の職員によるもので陶土の可塑性や保形性などを触感で評価した。焼成は0.1m³ガス炉により1200還元焼成を行った。焼成時間は7~9時間、還元濃度は2.5±0.5%であった。火止めのタイミングは、SK6のゼーゲルコーンの完倒とした。

焼成体について、曲げ強度、収縮率、吸水率、嵩密

度、軟化変形(焼き下がり)、熱膨張係数、白色度を測定し、磁器物性を評価した。

3. 結果と考察

3.1 鑄込用陶土の焼成性状

初期の調合(No.901~905)では、リサイクル原料として「ケイ」のみを用いたが全て焼け不足であった。No.906~908は焼締まったものの焼曲が大きかった。No.909~911は曲げ強度が低かった。No.912は曲げ強度と焼下がりが天草陶土を使った1300焼成体の水準

表3 試験素地(No.912)の焼成性状

曲げ強度(MPa)	84.63
焼下がり(mm/10cm)	7.8
白色度(Lab)	84.28
熱膨張係数($\times 10^{-6}/K$)	8.85

を満たした。No.912の焼成性状を表3に示した。このNo.912の陶土で試作品を製作した。試作は排泥鑄込み法で成形し、900で素焼きしたものに表5に示した組成の281釉を施釉して0.1m³ガス炉より1200還元焼成で行った。試作品を図1に示した。釉薬との適合も



図1 排泥鑄込み成形による試作品

良く、良好な透光性も得られた。

3.2 細工用陶土の性状試験

鑄込みで成形したテストピース焼成体の焼成収縮率、吸水率、嵩比重、白色度、熱膨張係数、および10cmスパンでの焼き下がりについての物性を表4に示した。また、図2に熱膨張パターンを示した。

焼成白色度は85.2と普通の撰上陶土並みの結果であ

り、目標値を得ることができた。一方、嵩密度は

表4 素地および釉の焼成性状

試験項目	
L6002素地	
焼成収縮率(%)	12.3
吸水率(%)	0.29
嵩密度(g/cm ³)	2.38
焼下がり(mm)	6.0
白色度	85.2
熱膨張係数(×10 ⁻⁶ /K)	9.3
281釉	
熱膨張係数(×10 ⁻⁶ /K)	7.9
軟化点温度()	732

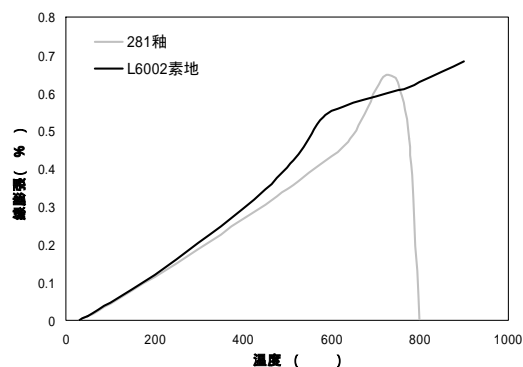


図2 素地および釉の熱膨張曲線

表5 釉281のゼーゲル式

0.28R ₂ O	} ·0.32Al ₂ O ₃ ·2.91SiO ₂
0.72RO	
推定熱膨張係数(Hall)	8.0×10 ⁻⁶ /K
推定熱膨張係数(Appen)	7.4×10 ⁻⁶ /K

2.38g/cm³と普通磁器と変わらないが、吸水率が0.29%であった。これは焼成時間が7時間と短かったため、焼締まりが不十分だったと考えられる。焼成収縮率と焼き下がりには有田焼の磁器と同等のレベルであると考えられる。熱膨張係数は9.3×10⁻⁶/Kと有田焼の磁器より高くなっていた。これらのことは陶土がスタンパー粉砕法であったことと焼成時間が短かったことによるものと推察される。

また、調合した釉薬のゼーゲル式は表5のとおりであるが、650℃での熱膨張係数の実測値は7.9×10⁻⁶/Kであった。Hallの因子を利用した推定値と近似した数値である。熱膨張係数は素地・釉ともに普通の磁器に比べ高いが、釉の熱膨張係数は素地に比べ、1.4×10⁻⁶/K小さく、適合するものと考えられる。

図3に示したとおり、手ろくろにより染付品を製作



図3 手ろくろによる染付け試作品

することができた。手ろくろの作業性に問題はなく成形することができた。釉の透明性も十分で、撰上陶土レベルの白色度が得られて、染付の色合いも問題なかった。

3.3 成果普及

L6陶土³⁾について、機械ろくろ成形による素地を有田焼の製陶所に提供して試作を依頼した。図4は、染付品であるが、製陶所の製品と遜色ないものに焼き上げることができた。

また、この三県共同研究の成果については、共同研究機関である長崎県窯業技術センターや熊本県産業技術センターと合同で成果発表を行った。平成20年7月には長崎県波佐見町で、同年10月には佐賀県有田町で、



図4 製陶所による低温焼成磁器の試作
平成21年3月には熊本県苓北町で陶磁器産業関連者を対象に成果発表会を開き普及を行った。

4. まとめ

鑄込用陶土については圧力鑄込成形において良好な成形性が得られ、焼成体の物性も天草撰中焼成品と同等であった。

細工用陶土については機械ろくろにより作成した湯のみ、茶付け素地の製陶所による試作でも問題はないことがわかった。また、撰上陶土レベルのスタンパー陶土を製作したが、手ろくろ成形による成形性は普通陶土と同程度の結果であった。1200℃焼成の結果も普通磁器と変わらず、染付品の試作に問題はなかった。

今後は陶磁器関連団体と協力し、事業化に向けた取り組みを行っていく。

参考文献

- 1) 堤 靖幸、寺崎 信、佐賀県窯業技術センター 平成18年度業務報告書、6-9 (2006)
- 2) 寺崎 信、佐賀県窯業技術センター 平成9年度業務報告書、67-71 (1997)