

高性能素地の開発（第3報）

- 素地調製実証試験 -

常世田茂* 小島均*

1. 緒言

笠間素地は、磁器素地と比べ強度が不足、乾燥収縮率が大きいなど製品性能や生産性等で不利な点がある。このため、従来の笠間素地を主原料とし量産に適した素地の開発を実施した結果、笠間素地を主原料に湿式粉碎処理及びカオリン・珪石または北茨城蛙目粘土の配合により、曲げ強度 50MPa 以上、乾燥収縮率 7%、全収縮率 13% 台、焼成温度 1220 ~ 1280 間で安定した焼結性を持つ量産向け素地を開発した¹⁾。

本報告ではこの結果に基づき、素地の実用化に向け素地調製の実証試験及び試作した素地を用い業務用食器の試作を行った結果を報告する。

2. 試験方法

2.1 使用原料

試験に使用した原料を下記に示す。

- ・主原料：笠間素地（笠間焼協同組合・水簸）
- ・副原料：北茨城蛙目粘土（水簸物）

蛙目粘土（市販品 / 釉薬用）

2.2 試験内容

2.2.1 粉碎装置の粉碎能力確認

素地調整試験を行う前段として、粉碎装置による粉碎能力を確認するため表 1 に示す条件で湿式粉碎を行い粒度分布により粉碎状態を検討した。

処理条件	原料投入重量 (kg)	粉碎時間 (hr)	粉碎容器回転数 (rpm)	粉碎ボール重量 (kg)	水投入重量 (kg)
10kg 磁製ポットミル	4	1.3.5	60	4	4
100kg ボールミル	30	1.3.5	44	30	30
500kg トロンメル	170	1.3.5	26	不明	170

2.2.2 素地調整実証試験

実規	配合成分	配合率 (%)
模での素地調製を実施するため前報 ²⁾ の結果に基づき表 2 に示す原料配	笠間素地(水簸)	70
	笠間焼協同組合・2002.12	
	北茨城蛙目粘土(〇〇)	15
	蛙目粘土(釉薬用)	15

合で全量を混合し、表 3 に示す処理条件で素地調製を行った。

処理条件	原料投入重量 (kg)	粉碎時間 (hr)	回転数 (rpm)	篩分	脱水方法
湿式粉碎装置					
500kg トロンメル	170	3	26	60 mesh	フィルタープレス

2.2.3 試験及び測定方法 前報³⁾と同様の方法で各原料及び調整素地について素地試験、粒度分布、曲げ強度及び元素組成分析等を行った。

2.2.4 業務用食器の試作

調整した素地土を用い産地で用いられるロクロ成型及びタタラ成型により業務用食器を試作し、成型性や取り扱いなどについて検討した。

焼成は、酸化焼成には電気炉を、還元焼成はガス炉を用い、SK8 ~ SK9 で焼成した。釉薬は、当産地で良く使用される釉薬を選択した。

3. 試験結果

3.1 原料性状

主原料の笠間素地の元素組成を表 4 に、ノルム鉱物組成を表 5 に示す。各表に示すように元素組成及びノルム鉱物組成に差異は見られなかった。

粒度分布測定結果を図 1

に示す。H14 年度に使用したものは H13 年度と比べ粒径 30 μm 以上の部分が多く砂が多いと思われた。

表4 笠間素地の元素組成(%)

	H13	H14
SiO ₂	66.2	63.9
Al ₂ O ₃	19.4	18.9
Fe ₂ O ₃	3.2	3.3
TiO ₂	0.6	0.6
CaO	0.5	0.2
MgO	0.6	0.8
K ₂ O	1.8	1.9
Na ₂ O	1.0	1.0
Ig. loss	6.5	6.8

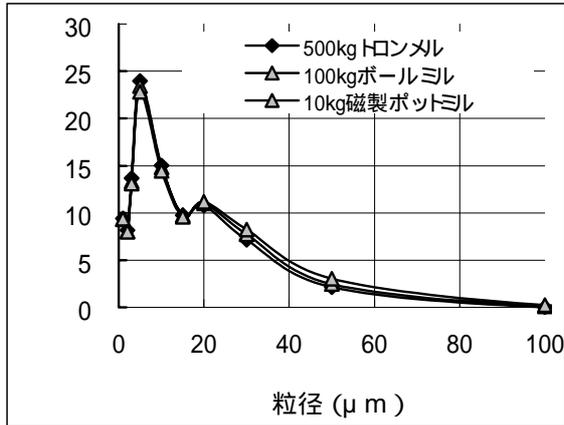
表5 笠間素地のノルム鉱物組成(%)

	H13	H14
粘土質物	38.1	38.8
長石質物	22.0	21.6
石英	35.4	34.4
鉄分	3.3	3.5
有機物等	1.3	1.6

*窯業指導所

3.2 粉碎条件の比較検討結果

500kg トロンメル， 100kg ボールミル， 試験用 10kg 磁製ポットミルによる湿式粉碎処理後の各処理物の粒度分布測定結果のうち3時間粉碎物の粒度分布測定結果を図2に示す。各処理物の粒度分布には，大きな差異は見られず，各ミルの粉碎能力には差はないと考えられる。



測定法 :レーザー回折法
 解膠剤 :ヘキサメチリン酸ナトリウム水溶液 0.2%
 原料 :笠間素地 (笠間焼協同組合 水簾)
 粉碎時間 :3hr

図2 湿式粉碎物の粒度分布

3.3 調整素地の性状

調整素地土及び H13 年度試作素地の乾燥 - 収縮曲線を図3，全収縮率を図4，煮沸吸水率を図5，曲げ強度を図6に示す。

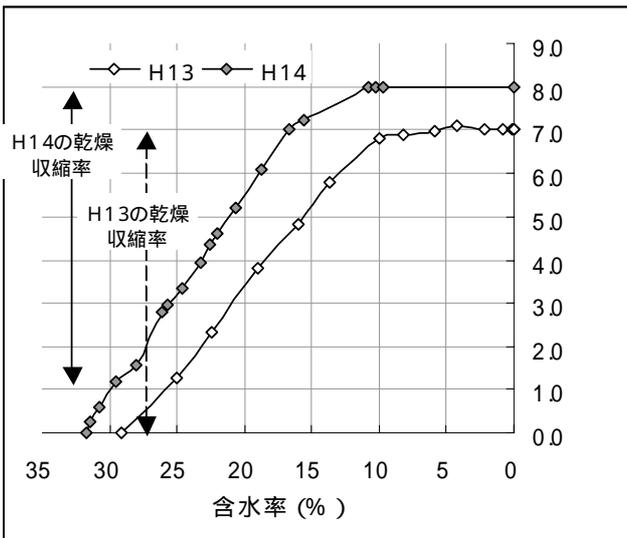
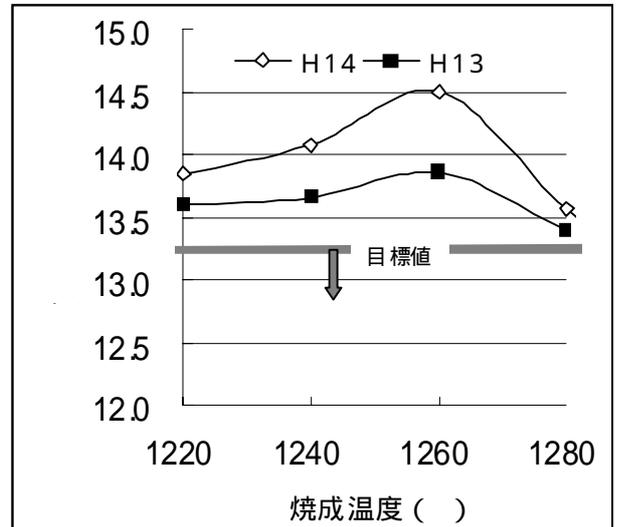


図3 調整素地の乾燥 - 収縮曲線

乾燥 - 収縮曲線から判断すると乾燥収縮率は，ほぼ同様に約7% (初期含水率 30%) であった。笠間素地の欠

点である恒率乾燥期にさらに収縮する現象⁴⁾は見られなかった。

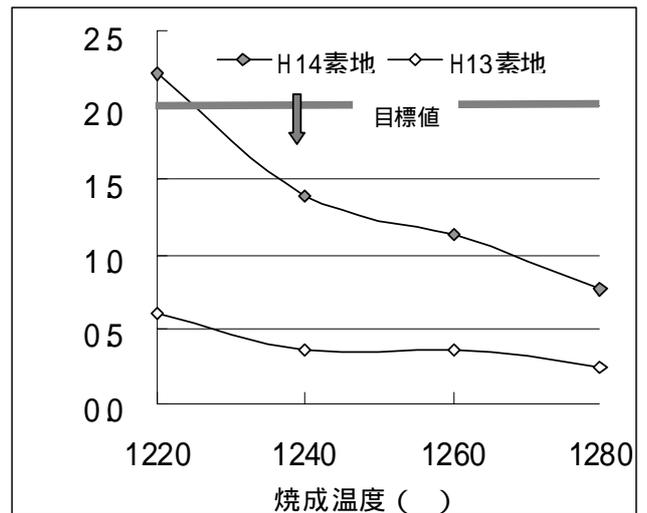
全収縮率は H13 年度試作素地を約 1% 上回り，14 ~ 14.5% であった。また，全収縮率の焼成温度に対する変化も大きい傾向を示した。



焼成 電気炉による酸化焼成
 昇温 100 /hr
 保持 目標温度で1hr

図4 焼成素地の全収縮率

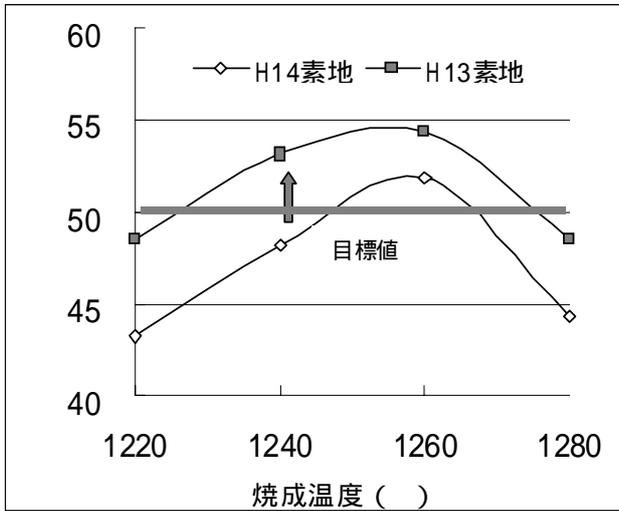
煮沸吸水率は，目標値の 2% 以下であったが，その変化が全収縮率と同様に大きく，焼結幅が狭くなった。このため，製品品質の安定性の面から，改善の必要がある。



焼成 電気炉による酸化焼成
 昇温 100 /hr
 保持 目標温度で1hr

図5 焼成素地の煮沸吸水率

焼成素地の曲げ強度は、H13 年度試作素地と比べ若干劣るものの目標値の 50MPa を満足した。しかし、煮沸吸水率と同様に産地で使用する焼成温度範囲内の変化が大きくなった。



焼成 電気炉による酸化焼成
昇温 100 /hr
保持 目標温度で1hr

図 6 焼成素地の曲げ強度

3.4 業務用食器の試作結果

ロクロ成形による試作例を図 7 に、タタラ成形例を図 8 に示す。



釉薬 透明釉 白マット釉 酸白還肌マット釉
素地 :H14年度試作素地
焼成 :ガス炉による還元焼成 / SK9
電気炉による酸化焼成 / SK8~ 9

図 7 ロクロ成形による試作品の例

ロクロ成形品は、変形もほとんどなく良好な仕上がりであった。しかし、タタラ成形品は乾燥中に変形や切れの出るものが多く、この素地はタタラ成形には不適であった。このため、実用化に当たっては乾燥しや

すくするなどのタタラ成形向けの素地調整が必要である。



釉薬 :白萩釉
素地 :H14年度試作素地
焼成 :ガス炉による還元焼成 / SK9
図 8 タタラ成形による試作品の例 :そり



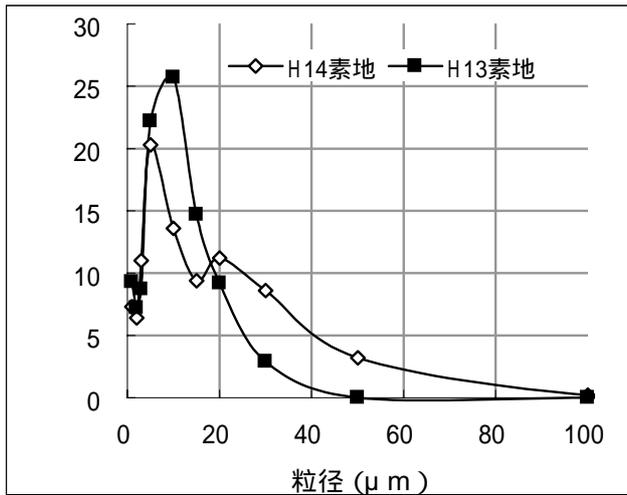
釉薬 酸白還肌マット釉
素地 :H14年度試作素地
焼成 :ガス炉による還元焼成 / SK9
図 9 タタラ成形による試作品の例 :ゆがみ

4. 考察

試験結果で述べたように H13 年度と H14 年度調整素地の焼成性状に大きな差異が見られた。素地の焼結性や強度低下は、素地中の 40 μm ~ 100 μm 以上の粒子が多く存在するためである⁵⁾。図10に示すようにH13試作素地と比べH14調整素地は、40 μm ~ 100 μm 以上の粒子群が残存しており、これが素地の焼結性や強度低下の原因と考えられる。

H14 調整素地に使用した笠間粘土は、前述したように元素組成などはほぼ H13 試作原料と同様であったが、40 μm ~ 100 μm 以上の粒子群をやや多く含み、また、これらの粒子が粉碎しにくいものであったと推察される。

今後の素地調整に当たっては、元素組成や粒度分布だけではなく、粉碎特性について検討を行い、調製素地の性状安定を図る必要がある。



測定法 :レーザー回折法

解膠剤 :ヘキサメタリン酸ナトリウム水溶液 0.2%

図10 調整素地の粒度分布比較

5.まとめ

500kg トロンメル, 100kg ボールミル, 試験用 10kg 磁製ポットミルによる湿式粉碎処理物の粒度分布には, 大きな差異は見られず, 各ミルの粉碎能力には差はないと考えられ, 原料の粉碎性は試験用 10kg 磁製ポットミルによる湿式粉碎試験で把握できる。

実証試験で得た調整素地は, 乾燥収縮率約7%で, 笠間素地の欠点である恒率乾燥期にさらに収縮する現象は見られなかった。全収縮率は約14%であり, 焼成温度に対する変化も大きい傾向を示した。

煮沸吸水率は目標値の2%以下であったが, その変化が全収縮率と同様に大きく, 焼結幅が狭くなった。

焼成素地の曲げ強度は, H13 年度試作素地と比べ若干劣るものの目標値の50MPaを満足したが, 煮沸吸水率と同様に産地で使用する焼成温度範囲内の変化が大きくなった。

これらの点は, 製品品質の安定性の面から改善する必要がある。

素地の焼結性や強度低下は, 調整素地中の40μm ~ 100μm以上の粒子群の残存が原因と考えられ, 今後の素地調整に当たっては, 元素組成や粒度分布だけではなく粉碎特性についても検討を行い, 調製素地の性状安定を図る必要がある。

業務用食器の試作は, ロクロ成形品は変形もほとんどなく良好な仕上がりであった。

タタラ成形品は乾燥中に変形や切れの出るものが多い, この素地はタタラ成形には不向きであり, 実用化に当たっては, 乾燥しやすくするなどのタタラ成形向けの素地調整が必要である。

参考文献

- 1) 茨城県工業技術センター研究報告第30号 P56 ~ 57(2002)
- 2) 茨城県工業技術センター研究報告第30号 P56 ~ 57(2002) H13 素地調整条件
- 3) 茨城県工業技術センター研究報告第29号 P64 ~ 65(2002)
- 4) 茨城県工業技術センター研究報告第30号 P57(2002) ビゴ -
- 5) 茨城県工業技術センター研究報告第29号 P64,68(2001)
- 6) (社) 日本セラミックス協会編, セラミックス工学ハンドブック(1993)