直ぐ焼ける天心楽焼の開発（第２報）

常世田 茂*　吉田 博和**

１．はじめに

昨年度の研究により天心楽焼を成形から完成までの工程について４時間半で完了可能なことが分かった。今年度は茨城県郷土工芸品指定条件に適合させるため素地及び釉薬の調整を行い，作業工程の改善を行ったので報告する。なお試験条件については昨年度研究(第一報）に記載した。

２．目的

1）茨城県郷土工芸品指定条件を満たす素地開発
2）素地開発に併せた化粧土の研究
3）素地に適合する釉薬の研究
4）天心楽焼技術の検討

３．茨城県郷土工芸品指定条件を満たす素材開発

3.1 素地配合

北茨城蛙目粘土を 50%以上使用する配合について検討を行った。（表１）

表1　配合表

	北茨城蛙目粘土	ペタライト	蛙目粘土
H22素地	40	40	(笠間粘土)20
素地1	60	40	0
素地2	55	40	5
素地3	50	40	10
素地4	50	45	5
素地5	50	35	15

①ペタライトを 40%に固定として,残りの 60%について北茨城蛙目粘土をどの位配合可能か検討した。

60%の配合を北茨城蛙目粘土－土岐口蛙目粘土（以下蛙目粘土と表示）の組合せで 60：0，55：5，50：10 の３種類の配合を行い，収縮率・煮沸吸水率を測定した。

その結果，乾燥・全収縮率に大きな変化は無かったが，煮沸吸水率（以下：吸水率）は北茨城蛙目粘土の割合が減ると煮沸吸水率が大きくなることから耐火度が若干上がる事が推測される。配合割合と測定結果は図１の通り。

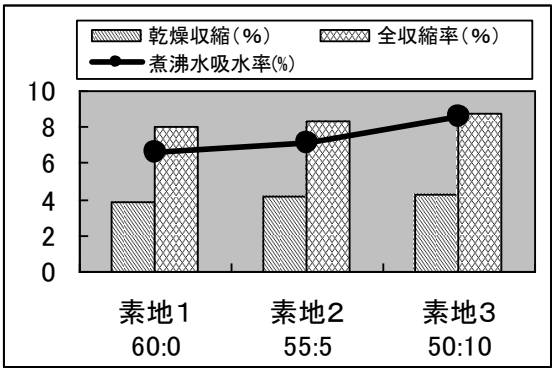

図１ 素地配合試験

②北茨城蛙目粘土を 50%に固定し，ペタライトの最適割合について検討した。

レアメタルを含むペタライトは値上がり傾向にあり最適な割合を知ることは重要である。このペタライトを増減させた場合の効果について試験した。北茨城蛙目粘土を除く 50%をペタライト－蛙目粘土とし配合を 45:5,40:10,35:15 の３種類の配合とした。

その結果ペタライトの割合が減少すると乾燥・全収縮率の上昇・煮沸吸水率の減少が見られることから耐火度が低下する傾向が見られた。配合割合と測定結果は図２の通り。

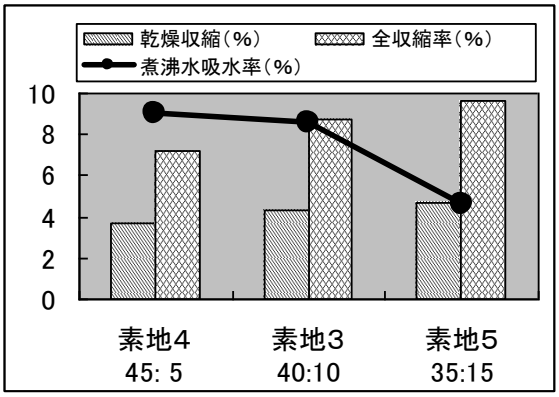

図２ ペタライト配合試験

③良好な結果となったペタライト 40%・北茨城蛙目粘土 50%・蛙目粘土 10%の配合「素地３」について素地試験（図３）および焼成温度別（1200℃～1250℃）の熱膨張率測定を行った。結果は以下の通り。

・1200℃～1250℃での収縮率（全収縮率）は 9%弱と収縮が小さく，通常の陶芸土（14～15%）に比べ収縮による破損のリスクが低い。
・吸水率は 1250℃でも 6%程あり耐火度が高い。
・焼成温度別の線熱膨張率の結果から（図４）焼成温度が高くなるにつれ膨張率が微増することがわかった。このため低い温度での焼成の方が楽焼きのような体積変化を伴う，急激な温度変化による破損のリスクが少ないことが分かった。

*工芸技術部門　**材料技術部門

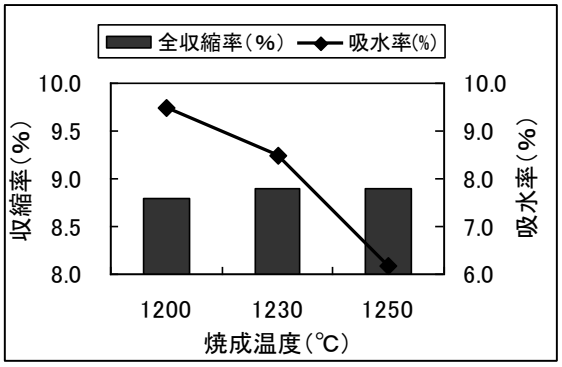

図３ 素地３の素地試験

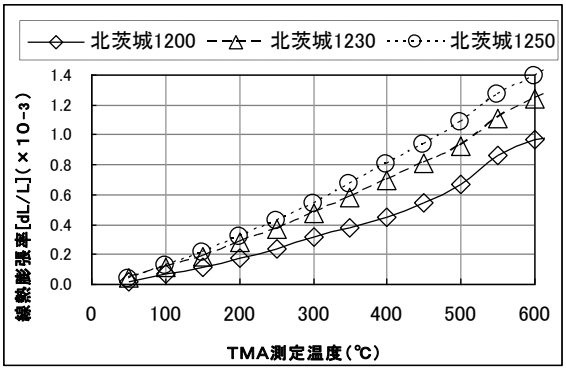

図４ 素地３の線熱膨張率

3.2 素地の線熱膨張率

平成 22 年度使用した北茨城蛙目粘土を 40%使用した旧素地と，素地配合(1)-①および素地配合（1）－②の配合の線熱膨張率（50℃～600℃）を測定した。結果は図５，図６の通り。

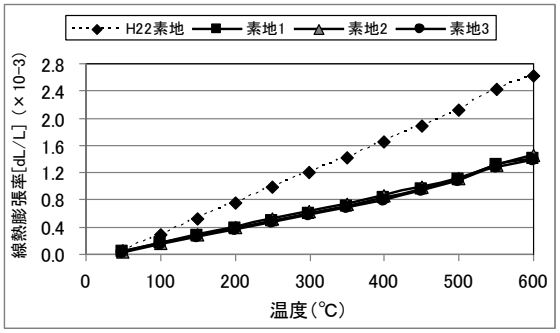

図５ ペタライト固定：北茨城蛙目－蛙目粘土比率別・線熱膨張率結果

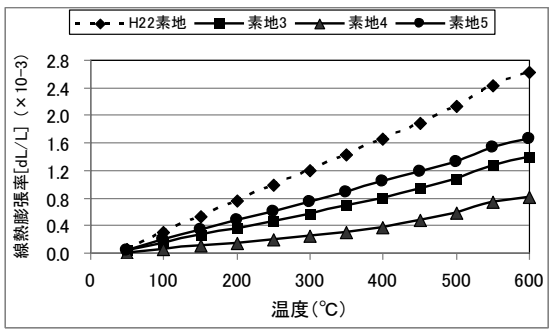

図６ 北茨城蛙目粘土固定：ペタライト－蛙目粘土比率別・線熱膨張率結果

素地1～5までH22素地に比べて線熱膨張率が低いことが分かる。図５のペタライト固定では粘土分が変わっても同じような結果となった。図６の北茨城蛙目粘土固定ではペタライトの割合を増えるほど低くなる事が分かった。このことからペタライトは 40%以上が天心楽焼に理想的であることが分かった。

3.3 素地の可塑性

ペタライトを 40%以上配合させることと粘土分を多く配合する事による作りやすさ（可塑性）は相反する。　そこで H22 素地と比較して素地１～５について可塑性の比較を行った。可塑性試験は棒状にした素地土をU字型に曲げ，湾曲部分の割れ・ヒビによって優良・良好・可能・不可の４段階で判断した。結果は図７の通り。

図７　素地の可塑性比較

北茨城蛙目粘土は可塑性に乏しいため，蛙目粘土を10%以上配合した「素地３」「素地５」が良好な結果となった。試験（１）（２）の結果から「素地３」が最適であると考えられるが，陶芸教室などでよく使われる粘土と比較すると可塑性にやや不足が感じられる。そこで「素地３」に配合する北茨城蛙目粘土を予めミルを使って 10 時間･25 時間･50 時間微粉砕処理を行い，可塑性向上について検討した。（図８）

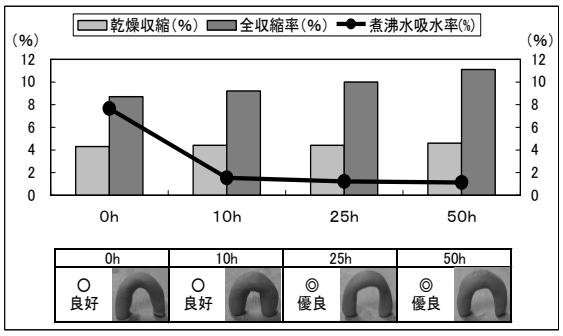

図８ 微粉砕北茨城蛙目粘土の使用結果

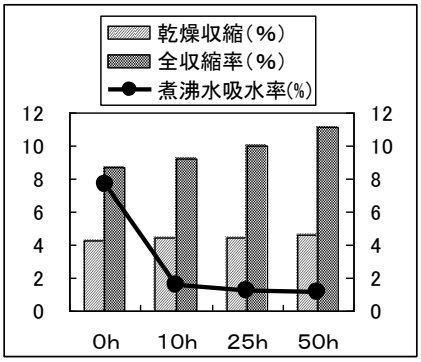

図９ 微粉砕北茨城蛙目粘土の素地試験結果

その結果，粉砕により可塑性は向上するものの吸水率が 1.5%以下に低下することから，耐火度が下がる傾向にある為，微粉砕は不適と判断された。(図９)

以上の試験(1)～(3)の結果から天心楽焼素地の最適配合は素地３と結論づけられる。

3.4 天心楽焼用化粧土の開発

H22 素地向けに調合した化粧土（化粧土１：ペタライト－韓国カオリン－蛙目粘土）を（化粧土２：ペタライト－韓国カオリン－北茨城蛙目粘土）の調合に変えた。一般的に化粧土は白い方が良いとされ，酸化金属や顔料で着色を行うにも白色度が高い方が発色が良いので化粧土１は良好である。

一方，北茨城蛙目粘土を使用した化粧土は白色度が低下するものの素地との相性はよく，白色度を重視しない場合（黒化粧など）有効だと思われる。(図１０)

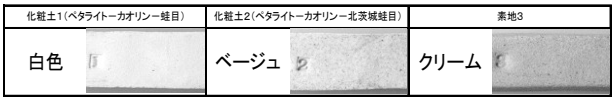

図 10　化粧土の色

また H22 素地よりも低熱膨張である素地３と化粧土１・化粧土２の線熱膨張率の測定を行った。

化粧土１は H22 素地に合わせて配合した為，素地３よりも若干ではあるが膨張率が上回った。このため素地３との相性は素地３とほぼ同様の結果となった化粧土２の方が良い結果となった。(図１１)

結果として白色度を重視する場合は化粧土１，素地３との相性を重視する場合は化粧土２の方が良い。

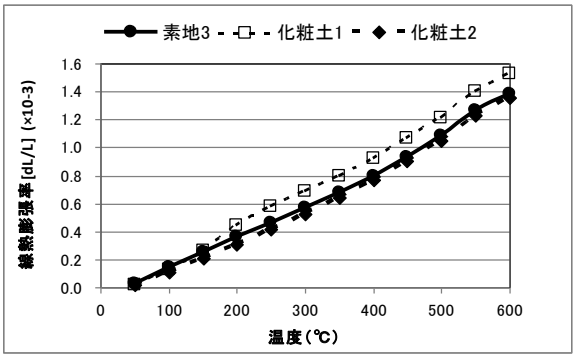

図１１　化粧土の線熱膨張率結果

3.5 天心楽焼釉の開発

平成 22 年度に使用した釉薬はペタライトの使用量が多いため釉薬の沈殿固化が著しく，もっと扱いやすい釉薬に改良する要望が出された。このためペタライトの量を調整することで①リチウム分の増減 ②アルミナ分の増減 ③シリカ分の増減 による熱膨張変化を調べる為に，No.1～No.5 までの配合により最適な釉薬配合を検討した。

表２ 釉薬配合表（モル）

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
Li_2O_3	0.43	0.38	0.33	0.29	0.25
Al_2O_3	0.79	0.75	0.72	0.68	0.65
SiO_2	4.60	4.20	3.80	3.40	3.10

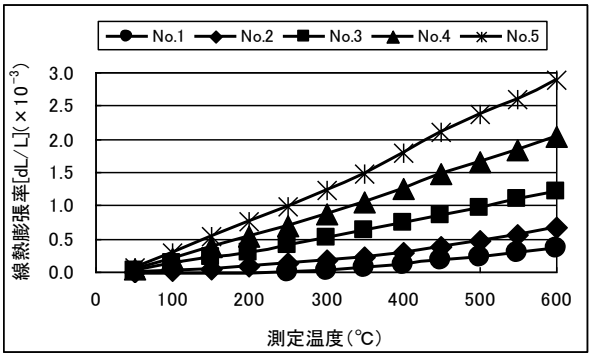

図 12　線熱膨張率結果

No.1 から No.5 に至って①リチウム分②アルミナ分③シリカ分が順次減少するが，３成分の減少に伴って No.1 から No.5 まで少しずつ線熱膨張率が上昇する傾向が分かった。(図１２)

この結果３成分以外の影響も考慮する必要はあるものの素地３との相性の良い釉薬配合は，概ね①リチウム分0.35～0.4モル ②アルミナ分0.7モル以上　③シリカ分 4.0 モル以上 の範囲が目安と考えられる。

この結果を基にしたゼーゲル式からペタライト 65%，媒熔材 15%，粘土 20%の配合を導き出した。これは昨年度の釉薬より媒熔材・粘土分が５%増えているので，沈殿しにくく使いやすくなっている。

また昨年度の釉薬と線熱膨張係数を比較し，同等以上の低熱膨張性能となった。(図１３)

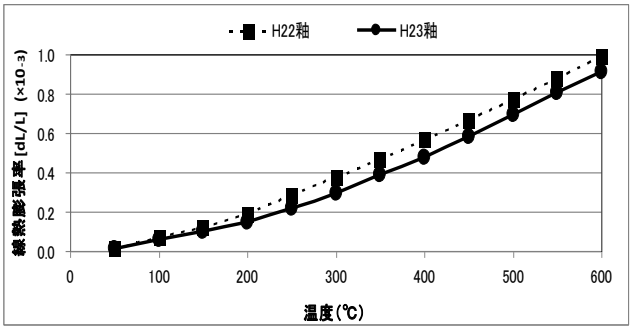

図１３　釉薬の線熱膨張率比較

4．天心楽焼技術の検討

4.1 成形技術の検討

短時間に確実に焼き上げるために成功しやすい形状について検証をおこなった。(表３)

7 種類の形状別に試験を行った結果，半円形・円形は焼成中に「火ばさみ」と呼ばれるステンレス製の器具で状態の確認・動作を行いやすいのに対し（図１８）他の形状は確認が難しく，焼成・冷却過程で

の温度差などから歪みや割れを起こりやすい。このことから成形はぐい呑みサイズで半円形や円形が望ましい。

表３　形状別焼成結果

形状	品名	歪み･割れ	焼成中の焼け･釉薬の確認
半円形	ぐいのみ	◎	◎
円形	花器	◎	◎
円錐	花器	○	△
円柱	花器	×	△
三角形	鉢	△	○
四角形	鉢	△	○
板状	皿	×	△

4.2 焼成方法

平成 22 年度の試験では品物をきれいに焼くために七輪に内窯（サヤ）を使用したが（図１４左）天心楽焼の短かい焼成時間では輻射熱や熱伝達による加熱が不十分であるため，内窯に入れた品物は焼成不足となった。今年度は内窯に穴を開け対流熱によって，内窯内部の品物を焼成する試験を行った。

穴の小さい内窯（図１４中）では平成 22 年度同様焼成不足となかったが，穴の大きい内窯（図１４右）は若干の時間オーバーはあるものの，良好な結果となった。

内窯無しでの焼成と比べると，●灰が表面に付着する●使用する炭の量が多い●七輪本体の消耗が大きい，と課題はあるものの内窯をアイテムに加える可能性もあると判断された。

図１４　内窯（左・中・右）

また焼成に使用した燃料に「国産木炭」「輸入木炭」「豆炭」を用いて比較した。（表４）

輸入木炭は安価であるが炭の状態にばらつきがあり，火の粉が飛び散る危険性をはらんでいた。

豆炭は特に焼成中にガスが発生するため，締め切った空間で焼成を行った場合危険があると判断された。一方国産の木炭はコスト高であるものの安定して焼成でき，安全性は高い結果となった。

このことから焼成には国産木炭を使うのが望ましいと思われる。

表４　燃料の比較

燃料の種類	コスト	カロリー	燃焼時間	安全性
国産木炭	△	○	◎	◎
輸入木炭	◎	◎	×	△
豆炭	○	○	×	×

５．まとめ

1）素地は北茨城蛙目粘土 50%，ペタライト 40%，が最適

2）化粧土はペタライト 40%，カオリン 40%，北茨城蛙目粘土又は蛙目粘土 20%が最適

3）素地の適合釉はペタライト 65%，媒熔材 15%・粘土 20%

4）成形方法は円・半円形の形状が望ましく，焼成方法は内窯を使う方法や燃料・器具に改良の可能性を残した。

参考文献

1）茨城県工業技術センター研究報告書 第 37 号（2010）

2）七輪陶芸入門（主婦の友社）　吉田 明 著