

陶土の明度調整の研究と表現の一考察

RESEARCH BRIGHTLY COLORED CRAY FOR CERAMIC ART

小野 真由 芸術工学教育センター 実習助手

Mayu ONO Center for Art and Design Education, Assistant

要旨

無釉のやきもの表現を行う場合の一技法に、土そのものに顔料を添加した色土を用いる表現が挙げられる。陶土は磁土よりも成形が行いやすいので、筆者は陶土を素地を使用するが、陶土は磁土ほど高明度ではないので色土は薄い発色となる。また、素地そのものを白色として扱って表現するが、陶土は相対的的白色とは言い難い。薄い色土と相まってぼんやりとした印象となる。

そこで高明度な陶土の実現について検証するため、陶土の明度調整の研究を行った。本論ではその研究結果について明らかにする。さらにそれらを用いた有効的な表現について考察し、やきもの表現の一可能性を示す。

1. 序論 / 2. 近代ヨーロッパを中心とした素地の明度調整の事例 / 3. 陶土の明度調整に用いる原料の検討 / 4. 試験と結果 / 5. 高明度な陶土を用いたやきもの表現についての考察 / 6. 終わりに

Summary

In my ceramic work, I mix pigments into clay. This is one method when doing work without using glaze. Ceramic clay is easier to mold than porcelain clay (=China clay), I use ceramic clay always. In this case the clay mixed with pigments are low saturation, and the base clay is not pure white. The works will have a very hazy impression.

Therefore, I researched on the verification about high brightness ceramic clays. In this paper, the results of this research will be presented. In addition, will discuss methods of expression that make effective use of the research results. And I discuss one possible expression of ceramic art.

1. Introduction / 2. Case of clay lightness adjustment, mainly in modern Europe. / 3. About the materials for clay lightness adjustment. / 4. Verification test and results. / 5. A discussion of art work with high brightness ceramic clay. / 6. Conclusion

1. 序論

やきもの制作の基本とは、粘土で形を作り乾燥させ、素焼をし、施釉、本焼を行うことだ。そのようなやきものは土で作った胎と施した釉によって構成され、これが一般的な陶器や磁器である。表面は釉によって生じた色と光沢や微光沢、結晶などを帯びた質感となるので、おおよそやきものといえばツヤツヤ、テカテカしたものと認識されている。釉と素地は焼成によって接着箇所が溶結するので、物体としての強度が高まると同時に耐水性を得る。つまり釉はやきものにおいて視覚的にも構造的にも重要と言える。ところが一部に無釉のやきものも存在しており、実用品の一例としてはレンガや植木鉢が挙げられる。表面の質感はサラサラ、ザラザラといった土肌特有の凹凸で、使用する土の粗さによって異なるが、おおよそ非光沢でマットな質感である。多孔性で透水しやすい(吸水性が高い)という特性を利用したものであるが、無釉製品は釉で覆われた施釉製品と比較するとかなり少数である。また、各地から出土した土器や土偶類、須恵器などはその時代ではまだ釉が発見されていなかったということで無釉の状態であるが、その魅力は独特なフォルムや装飾から感じられると同時に、無釉状態による素朴さもその一因ではないだろうか。そういった事例も含め、やきもの作品の制作者である筆者は、先人たちが残した無釉のやきものや、自身の作品の釉を帯びていない質感の味わいや雰囲気強く魅かれ、無釉のやきもの表現を行なっている。施釉された陶器や磁器が主流である今日では、無釉のやきものは一工程が抜けている未完成なもので、物足りないと感じられることもある。しかし現代的思考と視点で原始的な雰囲気を漂わせる無釉のやきもの制作を追求することに、やきもの表現の新たな可能性があると考え

そのような考えを持って制作を進める中で参考にしてきたのは、練込^{註1}に関する資料である。練込は色の異なる土を2種類以上使い、色の違いによって表面の図柄を成形する技法である。図柄を成形する、とはまるで言い間違えのように思われるかもしれないが、この技法では基本的に成形と表面の図柄作成を同時に行う。土は胎と装

飾を兼ねるが、その兼ね合いの中で本来目的とする図柄から僅かに揺らぐ様子が特徴と言える。異素材だが、日本では金太郎飴として親しまれる飴菓子の断面のような雰囲気と言える。現代では着色顔料の種類も豊富で、さまざまな図柄を施すことができる。つまり練込技法を用いると釉を使用せずとも多様な表面装飾・表現が出来るのだ。半立体的に彫るなど、釉なしで成立する加飾技法はそのほかにも考えられるが、練込技法は土の種類の違いや特性を利用して工夫するという点で、筆者が表現したい土肌の特性を生かすことが可能な技法であり、研究対象としている。

練込技法による制作物でも、実用品は耐水性や強度が求められるので透明釉が施釉される場合もある。しかし素地に顔料を添加する事で、透明釉を施釉しても一般的な素地と施釉によってできたものより格段に強度が低く、実用品を練込技法で制作する者はさらに少ない。鑑賞を目的とした作品表現の場合はいずれの要素が欠けていても問題ないと言える。現代の練込制作者として著名な室伏英治^{註2}は自身の著書の中で、磁土を基本としたもの場合は施釉をしないと述べ^{註3}、練込制作者として最も著名な松井康成^{註4}の作品の一部には無釉作品が存在する。

練込の起源は古代エジプトとされており、その後中国に伝わり、朝鮮半島、そして日本へと伝わった。^{註5}今日の中国では絞胎文、朝鮮半島では練理文と呼ばれているが、諸国では継続的にその技法が引き継がれることはなかった。日本ではより細密な図柄が施されるようになり独自に進化し、今日では練込は諸外国の制作者にもそのまま通じる言葉であり Nerikomi と表記される。最初に日本に伝わったのは安土桃山時代で、他国同様に大きく広がる事はなく定着もしなかった。その後、日本では明治時代に諏訪蘇山^{註6}が朝鮮半島の古陶磁研究を行った際に、練理文を発見する。それらを研究し、規範とした作品が本人によって制作された。さらに昭和期になり松井康成が中国、朝鮮、日本の古陶磁研究を行い^{註7}、絞胎文や練理文を規範とした作品制作を始め、独自の練上表現を完成させた。それまでマーブル模様、波模様のような粘土の可塑性によって出来る単調な曲線模様が表現されていたが、

松井作品では花をモチーフにするなど図柄を描くように表現されている。色彩も豊かで、特に明るいピンク色が印象的である。これは戦前に陶磁器試験所によって開発された陶試紅⁸という顔料が土に練り込まれていると考えられる。今日では様々な顔料が開発され、多彩な色土を作ることができるようになり、表現の自由度も増している。室伏英治による技法書には、色土の着色調合の見本が掲載されており、インターネット上にも同様の見本が数多く掲載されている。練込技法を始める場合にはこれらを参考とし、基本的な色土を作ることができる。さらに調合比率を調整しながら自身が求める色土を探ることもできる。しかし、いずれの場合も練込で表現される色は全体的に淡く、彩度の高い色彩表現は難しい。理由は、通常本焼は1200度以上で焼成するが、高温では顔料の鮮やかな彩度が保たれにくいことである。比較的鮮やかに着色表現されている上絵付け技法では、本焼ののちに釉上に顔料を用いて絵付けし、700~800度程で再焼成する。つまり着色部分は比較的低温での焼成となるので、高い彩度が保たれている。練込技法の場合はそのように区別することは出来ないため、顔料を含めた全体を本焼する。つまり着色部分も高温で焼成することになり、練込技法による彩度の高い表現は難しいのが実際である。そこで元来の顔料や原料⁹、焼成温度でも表現がより高彩度に感じられる方法として、素地の色に着目した。それらをより白く表現することで色土部分も明るく見せることができ、より豊かな色彩の練込表現が可能なのではないかと考えた。

やきもの制作では、組成によって区別された磁土あるいは陶土が使用される。収縮率が異なるので、1つの作品はいずれかの土で制作することが基本であるが、筆者は基本的に陶土を使用している。陶土の方が複雑な造形や比較的大きな作品を作る場合にひび割れなどが起きづらいことや、粘土の状態では陶土の方が強い可塑性があり、比較的扱いやすい。また先述したように筆者が表現したいと考える、土肌特有の凸凹のザラザラとした質感は陶土の方が顕著に感じられる。

先述の室伏氏の技法書では、着色をしていない土そのも

のの色を白色として扱っている。磁土の場合は土の色が純白に近いのでほとんど異論を感じないが、陶土の場合は白土と呼ばれる種類の土でも実際は薄い黄色や薄い茶色というのが正しく、相対的白色とは言えない。そこで、陶土の扱いやすさや質感を残したまま、明度を高くする方法について検証することにした。



写真1 筆者制作物

(写真1)は筆者が過去に練込的技法を用いて制作したもののだが、下の筒状部分は色土の濃度を調整し線形グラデーション表現を行った。下部の最も明るい部分は素地陶土そのものの色だが、より高い明度で表現できれば同じ面積内で変化の著しいグラデーション表現が可能になる。

以下(図1)は陶土へ陶試紅を添加し着色、焼成した場合に表現可能な発色と、素地陶土がより高明度となった場合に表現可能な色のイメージ図である。1種類の顔料を使用する場合でも基本となる白色が明るければ、より広範囲の色、多色を使用して表現することができる。

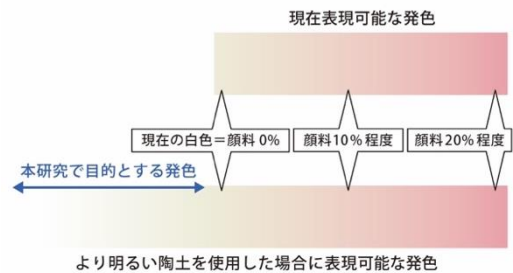


図1 陶土へ陶試紅を添加で表現可能な発色イメージ

以上の経緯から、陶土の明度調整の研究を行った結果について本論で明らかにする。最後に試験結果から可能となる表現について考察し、やきもの表現の一可能性を示す。

2. 近代ヨーロッパを中心とした素地の明度調整の事例

陶土の明度調整について検証するが、まず過去に行われた類似の事例を列挙し研究の一助とする。ここでは近代ヨーロッパで行われた事例を中心に挙げるが、その理由を先に述べる。

やきものと呼べるものは非常に多いが、一部実用品に関しては、産業革命以降には筆者らが行う美術的価値観や伝統を重んじて行う表現的感覚と一線を画して発展を遂げている。それまでの実用的やきもの制作は、おおよそ感覚や経験、伝承によって行われていたが、多量生産に対応するため、化学的な視点から研究を行なった上で製造するという感覚が取り入れられるようになった。そういった分野は窯業としてさらに発展し、耐熱性や耐薬品性、電気絶縁性など、素材の特性を利用した様々な部品も開発されるようになった。今日ではロケット部品もやきもの素材であるが、素材段階から精密に設計され、ニューセラミックスやファインセラミックスなどとも呼ばれる。広義では同じ素材と言うことができるが、天然には存在しない化合物が使用され、精密な機器によって製造されている。そういった製造や研究の中に明度調整に有効な方法があっても、個人制作者が同じく行うことは極めて難しい。美術的表現の場合は、作者自身が微調整可能な方法であることも重要なので、そういった分野における事例は本論目的の研究の参考にはそぐわない。そこで本論目的同様に、白色素地の研究が活発に行なわれていた産業革命以前の17世紀から18世紀頃のヨーロッパの事例を調査することにした。当初ヨーロッパでは磁器作りは行われておらず、やきものはクリーム色や茶色、グレー色の土を用いた陶器のみであった。中国や日本では、磁土が既に発見され採取できたので磁器を作ることができたが、それらアジアの磁器がヨーロッパ諸国へ輸入されるとその白さに驚かれたという。そして自国でも作れるようにと白色素地が研究されるようになった。当時の原料は自然界に存在するもののみを調達し、さまざまに調合、成形、焼成を試し、その繰り返しの中で最も理想に近いものを見つけ出すという方法であった。つまり、現代的なニューセラミックスなどの分野の研究とは異なり、表現の

ために微調整しながら明度調整を行う個人の制作者でも参考とすることができる。よって、ここでは近代ヨーロッパを中心とした素地の明度調整の事例を挙げる。一部、色調整の事例も素地調整の参考として含める。

●フリットの添加

1670年イギリスと1693年フランスでアジアの磁器のようなやきもの素地を目指すための研究として、フリットを微粉碎し陶土に添加した素地が作られた。^{注10}フリットとはいくつかの原料を用い溶融し、一度ガラスにしたものを粉碎した原料である。このフリット陶土のフランスでの調合比率はフリット9に対し、石灰石2、陶土1で、さらに膠を加え成形可能な状態とした。^{注11}しかしいずれの土地でも成形、焼成が非常に困難であったとされるほか、イギリスでは同時期に白色の釉が使われるようになったことから、研究は中止された。

●カオリンの添加

18世紀はじめのイギリスで、陶土にカオリンを添加したことで素地の白色度を著しく増大させることに成功した。このカオリンはイギリスのコーンウォールで採られたものであったが、当時カオリンは獣医が塗り薬として使用しておりそれを目撃したことで試された。カオリンは磁土の主原料だが、この時点でそのようなことは把握されておらず、陶土に添加して使用された。^{注12}1769年にはジョサイア・ウェッジウッド^{注13}が当時人気となったクイーンズ・ウェアの素地においても陶土にカオリンを添加していた。

また、カオリンは1708年のドイツで磁土原料鉱物学者の協力によって正式に発見され^{注14}、それが磁土の主原料であることも解明されたことで、ヨーロッパ地域でも徐々に磁器が作られるようになった。

●骨灰の添加(ボーンチャイナ)

ボーンチャイナは日本語訳すると骨灰磁器である。ヨーロッパで磁器が作られるようになった後に、磁土に骨灰、すなわちリン酸カルシウムを添加した素地を使ったものである。イギリスでは19世紀初めから作られるようになり、アジアより輸入した磁器よりもさらに透光性が高く、後に世界的に人気を得るようになった。^{注15} 骨灰に

は基本的に牛の骨が使用された。

現在でも広く製造されており、日本ではJIS(日本産業規格)で素地にリン酸カルシウムを30%以上含むものと定義されている。

●金属系原料の添加(色調整)

ブラック・バサルとジャスパルーウェアを挙げる。いずれも、ジョサイア・ウェッジウッドらによって始められ、今日も継続して製造されている。ウェッジウッドはイギリスで陶器工房を営む家に生まれ、11歳の頃に天然痘にかかり右足が不自由になる(のちに切断)。陶工として大きな痛手であったが、それを機に研究に没頭するようになった。1759年にウェッジウッド社を設立し、さまざまな材料科学を学び新しい素地や釉を開発してした。

ブラック・バサルは、1767年頃から研究、試作が行われ1773年には製品として販売された。黒い素地が使用されており、自然の玄武岩(すなわち天然石)とほぼ同様の特性とされている。カーと呼ばれる石炭の薄い層や鉱山から滲み出した水に含まれる鉄の酸化物を水抜き、乾燥させてから陶土に添加された。調合法についてはウェッジウッド本人の備忘録にその組成が次のように記されている。

「われわれのブラックの素地、ふるいにかけてボール土80、焼いて石灰化させ、粉碎したカー(黄土)80、マンガン9、上記のものを一つに混合する。」^{註16}

ボール土は可塑性の高い粘土のことで陶土を素地とし、カーとマンガンの作用により黒色に発色している。

ジャスパルーウェアは1770年から約4年間、数千回に及ぶ試験の末に開発された。ウェッジウッドが試験を繰り返し開発した素地は、基本の土に原料を混合することで着色がなされている。素地の性質や発色は焼成温度によって異なるため、繰り返しの試験が必須であり、試験片にはアルファベットや数字が刻印されている。記号によって窯のどの位置に配置して焼成したかということもしっかり管理して試験された。

当時は陶磁制作用の着色顔料についての研究はまだ行われていなかった。1800年頃よりブロニアル^{註17}によって開発研究が行われるようになったがその目的は、セ

ーブル磁器製造所で絵付けに使用することであり、素地に混合することではなかった。つまりウェッジウッドは着色をするために生成された今日の顔料を使用したのではなく、自身の経験から釉薬に用いていた原料を応用したと言える。使用された原料について、詳細な調合データは公表されていないが、古典的な釉薬原料などから当時使用されていたと推測できる原料の一部を以下に示す。

・コバルト

コバルトにも多様な種類があるが、やきもの制作では酸化コバルトと炭酸コバルトが青色顔料として使用できる。濃い青は呉須として使用されるが、酸化コバルトに酸化マンガン、酸化鉄、酸化銅あるいは酸化ニッケルなどが混合されている。発色は比較的高温でも安定する。

・銅

やきもの制作には酸化第一銅、赤色酸化銅が使用できる。焼成温度、雰囲気(酸化・還元)によって青緑色や赤色や褐色など異なる発色が可能である。

・クロム

主に酸化クロムが使用できる。銅同様に、焼成温度や雰囲気によって緑色や赤色や黒色など異なる発色が可能である。

・鉄

主に酸化第一鉄、酸化第二鉄が使用され、焼成温度や雰囲気、調合量によって褐色、緑色、黄色、灰色、黒色、青色など種々の発色が可能である。

・マンガ

二酸化マンガが主に使用でき、先述のブラックバサルでも使用されている。比較的少量でも黒色発色がされやすい。

3. 陶土の明度調整に用いる原料の検討

やきもの制作に用いる素材を検証する場合、実際に焼成試験することが重要である。自然産出の素地や原料は組成も複雑なので、様々な要因が作用し合い窯変が起きる。焼成温度の少しの違いでも結果に違いが出るが、一般的やきもの制作の環境では窯の中の温度を隅々まで完全にコントロールすることは出来ないため、全ての試験結

果はあくまで目安と言うことになるが、化学式の計算のみでは得られない結果を確認することができる。まず、前章「2. 近代ヨーロッパを中心とした素地の明度調整の事例」で述べた事例を参考に、試験する原料について検討する。

1) 粘土について

陶土の明度調整に用いる原料を検討するためにまず、素地となる陶土の組成について整理する。

やきもの制作に使用する粘土は、成形に必要な粘土鉱物、ガラスを素地内に生成させるために必要な長石類、素地の可塑性を減らし成形性を調整するために必要なケイ石類、基本的にはこの3要素によって成り立つ。

粘土鉱物とは可塑性がある鉱物のことであるが、可塑性は物体に力を加えてその力を取り去っても形状がそのまま残る性質のことである。この性質があることによってやきもの制作的な成形が可能となる。粘土鉱物の結晶構造は板状であり、面同士が結びつく隙間に水分が含まれると、潤滑剤の役割となりスライドするように動く。これが可塑性の正体である。^{注18}水分がなくなる、つまり乾燥すると、面同士がそのままの位置で固まり可塑性がない状態となる。それら粘土鉱物は大きく2種に分けられ、陶土は二次粘土と言う。二次粘土はカオリンなど一次粘土が雨風などによって二次的場所に移動し、その過程で有機物や金属などが混入したものである。混入物によって有色となり、移動によって粗い粒子のものを置き去りにし細かい粒子だけが推積した状態となる。同じ体積内では粒子が細かいほどその数は多くなる。つまり水分によって結び動く面の数も多くなり、大きな可塑性を示すことになる。

自然界から採掘した粘土鉱物には長石とケイ石が既に混入していて、長石類は高温で溶けると他の原料を溶かし込んでガラス化するという特性をもっており、ケイ石類は過剰な可塑性を減らすための殺粘材として、また同じくガラスを形成する役割も担っている。素地内でのガラス化がなければ、全体が焼結することもないのでいずれも重要な要素である。安定した焼成結果が得られるよう、それぞれを添加し組成が調整された粘土が市販され

ている。特に練込技法を用いる場合は安定的な色を得る必要があるため、安定した調整済み粘土を使用することが不可欠と言える。よって本論の試験でも、やきもの制作でよく用いられる信楽並コシ粘土を素地として使用する。

2) 陶土の明度調整に有効と考えられる原料

明度調整に用いる原料を具体的に検討する。

前章の事例で1つ目に挙げたフリットは、陶土をより白くすることを目的に添加された。フリットそのものがガラス粉とも言える原料であるため、粘土中の長石やケイ石と同じく素地をガラス化させる要素である。フリットの原料が長石やケイ石あるいは同組成のものであるため同じ原料と言えるが、異なる点がある。フリットは一度焼成してガラス化したものを粉状にしているため、高温に至る最中に起きる化学変化が既に終わったものということになる。そのため、焼成時の早い段階から溶融し始めるという特徴があり、焼成による軟化変形についての試験が重要である。また事例の研究当時に成形や焼成が非常に困難であったということが強調されており、練込技法的な使い方をする場合には問題ない可塑性を有しているか確認する必要がある。2つ目に挙げたカオリンについても、陶土をより白くすることを目的に添加された。カオリンが主原料である磁土は陶土よりも可塑性に乏しいという点で、陶土に添加することでどのくらいの変化があるか試したい。3つ目に挙げた骨灰の主成分はリン酸カルシウムである。添加によって透光度と強度を調整した事例である。1つ目に挙げたフリットと同様ガラス化要素であるが、性質は異なる。長石やケイ石から作られるガラス質は二酸化ケイ素によってできているが、リン酸カルシウムからできるガラス質は酸化リンが主体となる。酸化リンでできるガラスは非常に粘性が高いという性質がある。^{注19}ポーンチャイナの場合は磁土に添加されたが、陶土でも同様の作用が得られるのか確認する。その際、骨灰は天然骨灰と合成骨灰の両方を試験する。1805年にイギリスで開発された当初は牛骨を灰にしたものしかなく、これは現代の原料では天然骨灰となる。安定性に欠けることから、現在では天然骨灰のおおよその成分であるリン酸カルシウムを合成的に生成した合成骨灰が使用され

ている場合もある。天然骨灰には不純物とされる鉄分などが微量に含まれるが、陶土への添加においてどのように作用するか確認する。4つ目に挙げた着色原料はいずれも金属系であり、赤土と呼ばれる陶土の一種も、鉄分の含有による発色である。よって金属系原料は本試験対象からは除外する。

以上のうち、カオリンは元々白色度合いが高い粘土鉱物なので、陶土に添加した場合に明度が高くなることが想像できる。フリットと骨灰はともにガラス化要素を担う原料であり、素地中のガラス質を増やすことで全体の白色度が増す効果があると考えられる。他の同じような働きをする原料についても同様の結果が期待できるので、試験対象としたい。安全に使用できることも重要なので、釉薬原料として頻用される原料の中から検討する。

まず、ガラス化する要素として既に混入している長石をさらに加えることが考えられる。長石はカリ長石とソーダ長石に分けられ、大きな違いは溶け出す温度である。カリ長石は1200度、ソーダ長石は1140度とされる。天然の状態では混合状態で産出されるので、粘土中の長石の融け始める温度は混合比率によって異なる。素地調整を行う場合の長石は多くの場合カリ長石が使われるが、焼結ののちに透光性を得るという性質からどの時点の状態が結果的に白色度合いに影響するのかわからない。つまり焼成温度によってカリ長石とソーダ長石を添加した場合の結果は異なるので、本論ではカリ長石の代表的なものとして福島長石、ソーダ長石の代表的なものとして釜戸長石をそれぞれ試験対象とする。^{注20}

次にソーダ長石に類似する組成を持つ原料として、ネフェリン・サイネイトを挙げる。ソーダ長石よりも低い1100度で熔け、鉄分汚染が少ないことが特徴であるためより白色度合いが高まることを期待できる。同じくガラス化する要素として既に粘土に混入しているケイ石は、可塑性を減らすための殺粘材でもあるため可塑性に影響が出る。よってここで添加する原料として試験対象にはしない。

次に、骨灰と類似する組成を持つ原料を検討する。天然骨灰、合成骨灰いずれも概ね55%が炭酸カルシウム、40%

が五酸化リンである。^{注21} 釉薬原料では炭酸カルシウム単体を一原料と頻りに用いられるが、骨灰と同等あるいはそれ以上に明度調整の働きがあれば比較的安価であるため使用しやすい。

以上のことから、フリット、カオリン、天然骨灰、合成骨灰、福島長石、釜戸長石、ネフェリン・サイネイト、炭酸カルシウムの8原料を使用し試験することとする。

4. 試験と結果

1) 試験方法

まず試験方法について述べる。本試験において最も重要なのは試験片の焼成後の表面の明度である。まず先述の8原料を素地粘土に対し5%、10%、15%、20%の大きな分量を添加した試験片を作成し、第一段階の試験とする。焼成温度は、通常やきもの制作では釉薬の十分な溶融のため1200度から1250度で焼成される場合が多い。練込技法などでは、より鮮やかな発色を求めて比較的低温で焼成する。筆者がこれまでの制作において概ね焼成してきた温度帯の最低温度は1150度、最高温度は1200度なので、この2パターンで焼成しそれぞれ①明度測定を行う。これを<試験1>とし、その結果から素地への添加によって明度調整が可能であると認められた原料について、より詳細なく試験2を行う。

<試験2>では、添加量を素地に対し0%から2%ずつ追加して20%までの10パターンの試験片を作成する。焼成温度は<試験1>と同じく1150度と1200度の2パターンで行い、①明度測定に加え、②可塑性測定、③収縮率比較測定、④焼成軟化変形測定をそれぞれ行い、実際にやきもの制作に用いることが可能な素地か否か、またそれぞれの特性を明らかにする。

①明度測定の方法は、まず試験片をスキャナーで600dpiの解像度で読み込み、画像化する。試験片はフラットな板状に作成し、読み込み時に陰影の影響が出ないようにする。読み込んだ画像のうち平均的だと感じられる10mm角の範囲をそれぞれのサンプルとし、画像編集ソフトPhotoshop(Adobe)の平均機能を使って該当範囲の平均色を導き出す。磁器や釉による表面より、陶素材は

細かな凹凸による焼成斑や混入物、部分的な濃淡が生じやすい。よって同素地のものの中でも特定の一部分の計測では、視覚的に捉える色味と差異が生じやすい。本論では部分的な計測となる色差計や分光測色計を使用せず、このような方法で行う。また、平均色を $L^*a^*b^*$ 表色系の数値に置き換え示す。 L^* 値が明るさを表し、0 から 100 までで数値が大きい程明るいということになるので、この数値によって明度の変化を確認することができる。^{注22}

②可塑性測定はまず、10mm 程度に丸めた試験片を乾燥させ、水をはったボールなど容器に沈め、崩れ始めた時間と完全に崩れた時間をそれぞれに計測する。試験片の崩れやすさを観察し、崩れるのが遅い方が可塑性の高い粘土ということになる。可塑性にとって大切なのは水分で、粘土は乾燥によって水分をほとんどなくす。すると固くなるので、水分を含んだ状態の粘土での水の作用によって可塑性が生じる。つまり水との馴染みややすさを試すことで可塑性についての確認ができる。この試験方法については、滋賀県立信楽窯業試験場^{注23}にて助言をいただいた。また実際に触ってみて扱いやすいか否かという見解も記す。

③収縮率比較測定^{注24}では、10mm 厚の試験片に100mm の線を引く。同線の焼成後の長さを計測し比較し収縮率を算出する。土を焼成すると粘土の段階から水分が抜けるので、乾燥時と、さらに粒子が溶結する窯変によって収縮する。全体の収縮が大きいと作品自体の印象も大きく変わってしまうので、表現のための素地としては収縮が少ない方が望ましい。また、本論では練込技法で扱うことを目的とした素地研究なので、添加量の違いによって収縮率が大きく異なる土同士は、歪みによるひび割れが起きやすくなり合体焼成が困難となる。よって基本となる素地や、そのほか色土との収縮差が小さい方がよい。今回は素地のみの収縮率との差異について示す。

④焼成軟化変形測定^{注25}は簡単にいうとヘタリ試験である。長さ130mm、幅25mm、厚さ2.5mmの板状の試験片を作る。同時に断面が三角形、幅と高さ10mm、長さ30mm程度の棒を耐火粘土で作る。乾燥させた試験片の両端をその三角棒にのせて焼成し、形状の変化を観察す

る。陶磁素材は焼成によって溶結するが、高温によって溶け、冷却によって結合し、硬いものに変化することである。高温によって溶けるとき固体が液体に近い状態になるが、素地によって温度が高すぎると形が崩れるまで溶けてしまう。形が崩れない程度に溶かし固めるのがやきものの焼成なので、素地ごとに適温を探る必要がある。ヘタリがあまりに大きい場合は、素地として自立しづらいことを念頭に使用しなければならない。そのほか素地試験として滲み試験、耐油試験、強度試験、比重試験、密度なども検討できるが、これらは実用品などのやきもので使用する素地の場合に必要な試験と言える。筆者の制作するやきもの表現においては不要と判断し、本研究の試験項目からは除外する。

2)測定結果

2)-1 <試験1>

8原料について、①明度測定を行った結果を(図2)から(図5)に示す。

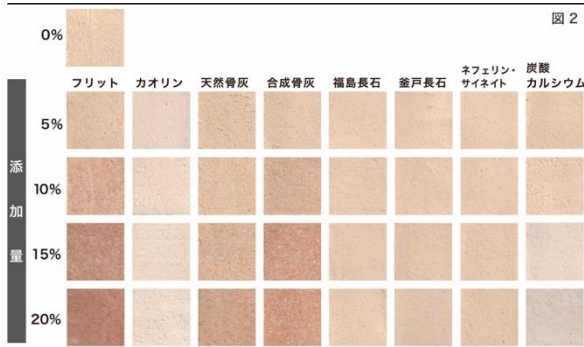


図2

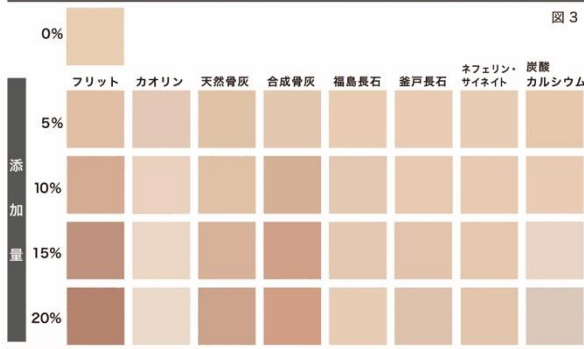


図3

上 図2 <試験1>1150度焼成 試験片画像

下 図3 <試験1>1150度焼成 試験片画像平均化

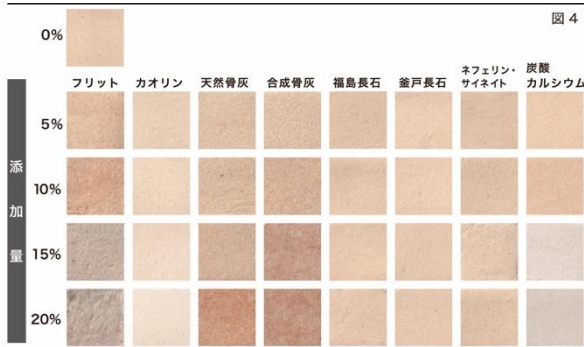


図4

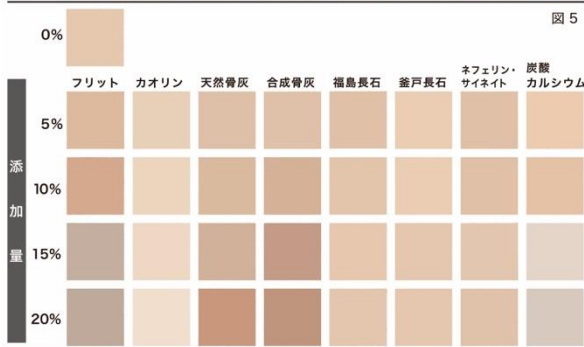


図5

上 図4 <試験1>1200度焼成 試験片画像

下 図5 <試験1>1200度焼成 試験片画像平均化

表1 <試験1>焼成試験片画像平均化色の数値

添加原料	1150度			1200度			
	%	L*	a*	b*	L*	a*	b*
なし	0	85	7	19	84	8	17
フリット	5	81	10	18	79	11	20
	10	75	14	19	74	14	22
	15	66	16	19	74	6	10
	20	61	19	20	72	7	10
カオリン	5	85	8	13	84	7	15
	10	86	8	11	84	6	13
	15	87	5	10	87	4	11
	20	89	4	8	87	4	11
天然骨灰	5	82	8	18	81	9	17
	10	82	9	19	79	10	18
	15	77	11	19	76	10	18
	20	72	13	19	68	17	23
合成骨灰	5	83	8	16	81	8	17
	10	76	12	19	76	11	19
	15	72	17	19	69	14	18
	20	72	18	22	66	15	19
福島長石	5	85	8	18	82	8	18
	10	84	8	17	83	8	18
	15	84	8	15	84	8	18
	20	85	8	16	83	8	17
釜戸長石	5	85	8	17	83	8	17
	10	84	8	18	84	8	17
	15	83	9	16	84	8	16
	20	82	9	15	84	8	17
ネフェリン サイネイト	5	85	8	17	81	9	17
	10	84	8	17	82	8	18
	15	84	9	17	83	7	16
	20	83	8	18	81	9	17
炭酸 カルシウム	5	84	9	19	83	9	18
	10	82	8	15	78	10	18
	15	87	4	7	87	5	7
	20	84	5	9	83	4	7

(表1)は(図3)(図5)の平均化した色をL*a*b*表色系の数値に置き換えた一覧である。添加によって陶土を明るくする効果が数値的に認められたのは、カオリンと炭酸カルシウムである。カオリンについては元々白色度合いが高い粘土鉱物で、陶土に添加した場合に白色度合いが増すことは予想できたが、含有量が多いほど焼成後の質感がきめの細かいものとなり磁土の質感に似た印象となった。炭酸カルシウムは、いずれの焼成温度でも含有量5%から10%でやや褐色となり、含有量15%では彩度が下がり明度がやや上がった印象となるが、20%では明度が下がり灰色を感じる色となった。質感は15%以上でやや溶融を感じ、20%では土肌のザラザラとした多孔質な雰囲気を感じにくいセミマットと言える質感となった。

フリットの焼成温度1200度の15%以上で炭酸カルシウムと似たような変色、変質が見られたがかなり大きな膨張変形があった。

天然骨灰、合成骨灰は共に含有量が多いほど、茶色味が強くなり20%では赤土の焼成結果に近い赤褐色と言える結果となった。

福島長石、釜戸長石、ネフェリン・サイネイトの類似の3原料は含有量に関わらず、素地のみの試験片とほぼ差異のない結果となった。

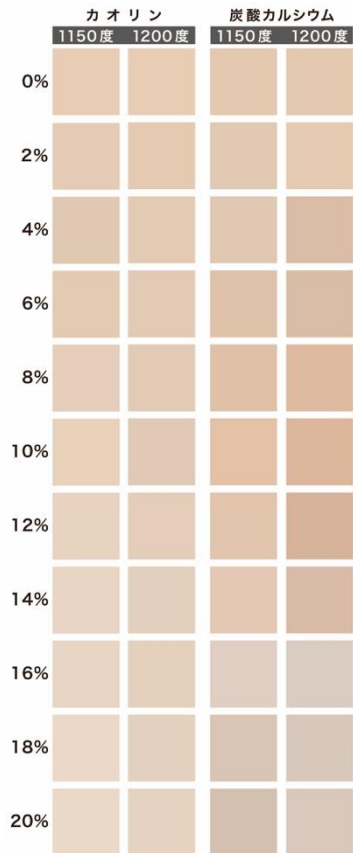
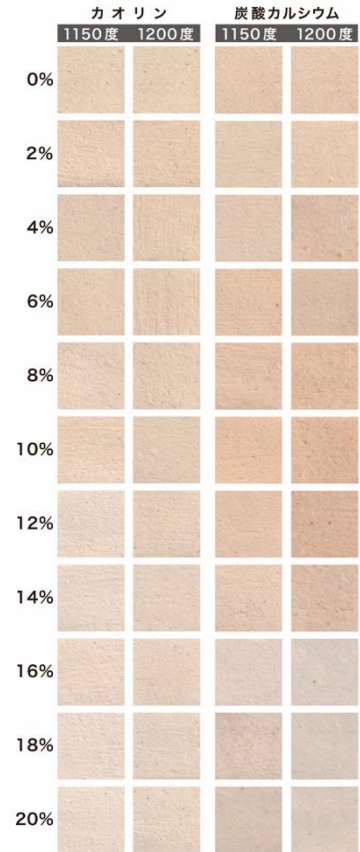
以上の結果からカオリンと炭酸カルシウムの2原料についてより詳細な検証を行う。

2)-2<試験2>

添加量の異なる10パターン of 試験片による明度測定結果を(図6)(図7)に示す。

①明度測定

カオリンと炭酸カルシウムを素地に対し2%ずつ追加した試験片を2パターンの温度で焼成した結果が(図6)(図7)である。さらに(図7)の平均化した色をL*a*b*表色系の数値に置き換えた一覧を(表2)に示す。



左 図6 <試験2>明度測定 焼成試験片画像

右 図7 <試験2>明度測定 焼成試験片画像平均化

表2 <試験2>明度測定

焼成試験片画像平均化 L*a*b*表色系値

焼成温度→		1150度			1200度		
添加原料	%	L*	a*	b*	L*	a*	b*
なし	0	85	7	19	84	8	17
カオリン	2	85	7	15	84	8	17
	4	84	7	14	84	7	17
	6	85	7	16	84	7	16
	8	86	7	13	84	6	15
	10	86	6	15	84	6	14
	12	88	5	12	86	5	12
	14	88	5	11	86	5	12
	16	88	5	12	86	4	13
	18	89	5	10	87	5	12
	20	89	4	10	87	5	12
	炭酸カルシウム	2	86	6	15	84	8
4		84	7	14	83	9	16
6		83	9	18	82	8	16
8		82	9	17	80	11	19
10		82	11	20	79	12	19
12		83	9	17	77	11	18
14		84	8	14	79	10	15
16		88	5	7	86	4	6
18		86	4	9	84	4	9
20		84	5	11	83	4	9

②可塑性測定

カオリンと炭酸カルシウムを素地に対し 2%ずつ追加した試験片を先述の可塑性測定の方法で、それぞれ 3 回測定した平均結果を(表 3)に示す。

表3 <試験2>可塑性測定結果

添加原料	%	崩れ始めた時間	完全に崩れた時間
なし	0	4分38秒	10分35秒
カオリン	2	4分14秒	7分42秒
	4	4分41秒	7分41秒
	6	4分43秒	8分00秒
	8	4分59秒	7分44秒
	10	4分30秒	8分38秒
	12	3分29秒	6分59秒
	14	3分41秒	6分44秒
	16	3分43秒	6分54秒

	18	3分38秒	6分41秒
	20	3分56秒	6分32秒
炭酸カルシウム	2	4分12秒	11分30秒
	4	4分35秒	11分10秒
	6	4分26秒	10分11秒
	8	4分56秒	10分20秒
	10	4分45秒	12分09秒
	12	3分30秒	12分05秒
	14	3分41秒	11分11秒
	16	3分43秒	10分06秒
	18	3分37秒	10分36秒
	20	3分56秒	8分28秒

③収縮率比較測定

カオリンと炭酸カルシウムを素地に対し 2%ずつ追加した粘土で先述の収縮率比較測定の試験片を作成し、焼成後に測定した結果を(表 4)に示す。なお、本試験では同試験片を 3 片ずつ作成、焼成、測定した結果の平均値を示す。

表4 <試験2>収縮率比較測定結果

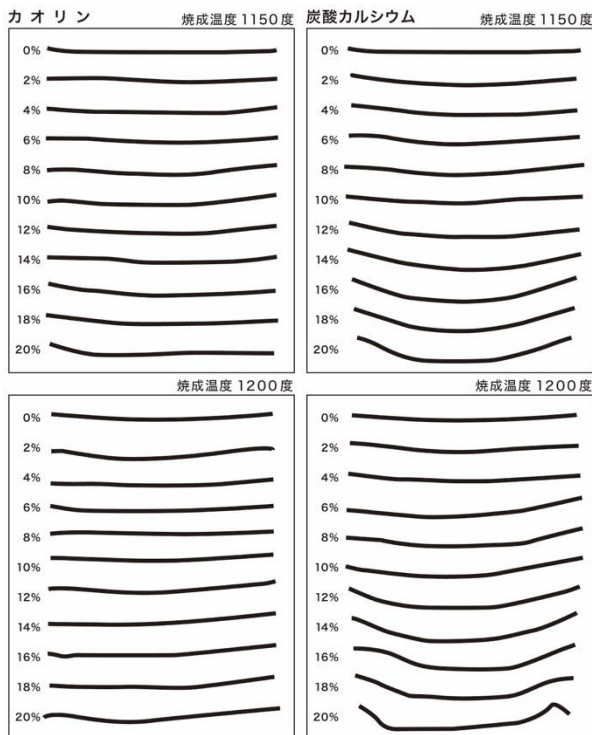
焼成温度→		1150度		1200度	
添加原料	%	線の長さ (mm)	収縮率 (%)	線の長さ (mm)	収縮率 (%)
なし	0	90.0	0.1	89.2	0.108
カオリン	2	90.0	0.1	89.0	0.11
	4	90.0	0.1	89.5	0.105
	6	90.0	0.1	89.5	0.105
	8	90.2	0.098	89.9	0.101
	10	91.0	0.09	90.0	0.1
	12	90.0	0.1	91.5	0.085
	14	92.0	0.08	91.0	0.09
	16	91.5	0.085	92.0	0.08
	18	92.0	0.08	91.0	0.09
	20	92.0	0.08	92.0	0.08

炭酸	2	91.2	0.088	91.2	0.088
カルシウム	4	92.0	0.08	92.0	0.08
	6	95.0	0.05	93.0	0.07
	8	94.8	0.052	93.0	0.07
	10	94.4	0.056	93.2	0.068
	12	95.0	0.05	93.2	0.068
	14	95.0	0.05	94.0	0.06
	16	93.0	0.07	91.0	0.09
	18	93.0	0.07	91.2	0.088
	20	90.0	0.1	91.0	0.09

④焼成軟化変形測定

カオリンと炭酸カルシウムを素地に対し 2%ずつ追加した粘土で先述の焼成軟化変形測定の試験片を作成し、焼成後試験片の歪みが明確になるよう断面画像をトレースし、(図 8)(図 9)に示す。

なお、本試験では同試験片を 5 片ずつ作成、焼成し、焼成時の窯内一などによる例外的な歪み方が認められる試験片を除外した中からそれぞれ 1 片について示した。



左 図 8 <試験 2>カオリン焼成軟化変形測定

焼成試験片断面図

右 図 9 <試験 2>炭酸カルシウム焼成軟化変形測定

焼成試験片断面図

3)試験結果

①明度測定の結果から、素地に対し 18%、20%のカオリンを添加し 1150 度で焼成した場合には、素地のみの焼成よりも L*値では 4 高くなった。目視においても明らかに明度が高まっている。1150 度の焼成では 12%以上添加した試験片では明るさを感じ、L*値としても 3 高くなっている。1200 度焼成の場合は、目視では 16%添加以上で素地のみの試験片よりも明るさを感じた。いずれも添加量が多ければ多いほど高明度という結果となったが同時に、表面の質感に変化が感じられた。20%添加の試験片では、肌理の細かさが強く感じられ、無釉の磁器表面に似た雰囲気だと言える。炭酸カルシウムは、いずれの焼成の場合も 16%以上添加の試験片で 14%以下の試験片よりも格段明度が高まっていると目視で感じられる。また、薄い黄色や薄い茶色という印象よりもグレーと言えるような色に変化した。最も高明度な結果となったのは 16%添加の 1150 度焼成であり、2 番目に高明度なのは 18%添加の 1150 度焼成と、16%添加の 1200 度焼成であった。カオリンの結果のように添加量が多ければ多いほど高明度といった結果とは異なり、16%を最高値として 18%、20%まで添加量が多いほど明度が低くなり、グレーの色味が強く感じられる。また、質感にも変化があり 1150 度焼成の 20%、1200 度焼成の 16%以上の試験片は素地がやや溶けたようなややツヤのある質感である。

②可塑性測定の結果は若干のばらつきはあるが、崩れ初めの時間、完全に崩れ終わるまでの時間いずれも、概ね添加量が多いほど崩れやすくなっている。崩れるまでの時間が短いほど水馴染みが良いので、可塑性は低い。実際に触った感触としては、炭酸カルシウムの場合はいずれの添加量の粘土も素地のみの粘土と差異がない。しかし比較的水分量が多い柔らかい粘土の状態では、素地のみの場合よりもやや強い粘りを感じた。カオリンを添加した粘土では、成形に問題がない程度ではあるが、やや練りづらさや扱いにくさを感じた。20%添加の粘土の試験片は乾燥状態では脆く、薄い試験片は折れやすかった。

③収縮率比較測定の結果は、素地のみでは 1150 度焼成で 0.1%、1200 度では 0.108%に対し、カオリン 2%添加

1200度焼成の試験片以外は収縮率が低い。それぞれの条件で、素地のみの場合と収縮率の差が最も大きいものを以下に示す。

- ・カオリン 14%、18%、20%添加、1150度焼成の場合の収縮率は0.08%で、素地のみとの収縮率差は0.02%
- ・カオリン 16%、18%添加、1200度焼成の場合の収縮率は0.08%で素地のみとの収縮率差は0.028%
- ・炭酸カルシウム 6%、12%、14%添加、1150度焼成の場合の収縮率は0.05%で素地のみとの収縮率差は0.05%
- ・炭酸カルシウム 14%添加、1200度焼成の場合の収縮率は0.06%で素地のみとの収縮率差は0.048%

④焼成軟化変形測定では、いずれの場合も添加量が多くなる程、軟化変形が大きく見られた。試験片が薄い板状なので、素地のみの場合もやや歪みが生じたが、カオリンの場合は添加量による差があまりない。炭酸カルシウムの試験片は、添加量が多くなるほど大きなへたりがあり、20%添加の特に1200度焼成では両端を支えた三角棒の形の影響を受けるほど軟化したと言える。

5. 高明度な陶土を用いたやきもの表現についての考察
 先述の試験結果から検討できる表現について考察する。

表 5

添加原料	(%)	焼成温度	<試験 2>			
			①	②	③	④
カオリン	2	1150度	×	○	○	○
	4		×	○	○	○
	6		×	○	○	○
	8		×	○	○	○
	10		×	○	○	○
	12		○	○	○	○
	14		○	○	△	○
	16		○	○	△	○
	18		◎	○	△	○
	20		◎	△	△	×

	2	1200度	×	○	○	○
	4		×	○	○	○
	6		×	○	○	○
	8		×	○	○	○
	10		×	○	○	○
	12		×	○	○	○
	14		×	○	○	○
	16		○	○	△	○
	18		○	○	△	△
	20		○	△	△	△
炭酸カルシウム	2	1150度	×	○	○	△
	4		×	○	○	△
	6		×	○	△	△
	8		×	○	○	△
	10		×	○	○	△
	12		×	○	△	×
	14		×	○	△	×
	16		◎	○	○	×
	18		○	○	○	×
	20		△	○	○	×
	2	1200度	×	○	○	△
	4		×	○	○	△
	6		×	○	○	×
	8		×	○	○	×
	10		×	○	○	×
	12		×	○	○	×
	14		×	○	△	×
	16		○	○	○	×
18	△	○	○	×		
20	△	○	○	×		

それぞれの試験結果が本論目的に対し有効か否かを評価した(表5)を示す。◎=とても有効、○=有効、△=やや有効、×=無効の4段階で示した。最も重要な明度測定の結果で有効であった素地の部分を太字と有色背景で表記している。カオリン12%添加、1150度焼成の場合、本論の冒頭に述べた陶土の扱いやすさや質感を残したままの

より高明度な素地であると言える。素地の軟化については、練込技法の場合ごく狭い部分的な使用であれば、形状に影響しない可能性もあるので、炭酸カルシウム 16～18%添加の 1150～1200 度焼成の場合もより高明度な陶土として使用することができる。



写真 2 元来の陶土素地を用いたグラデーション表現の試験片(左)と陶土にカオリン 12%を添加した素地を用いたグラデーション表現の試験片(右)

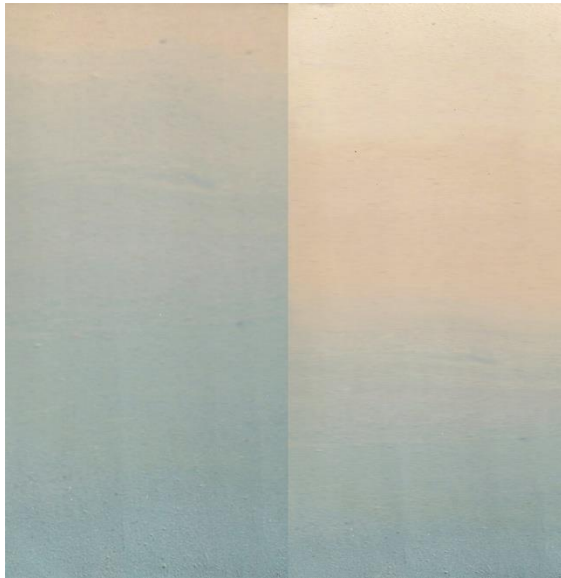


写真 3 元来の陶土素地を用いたグラデーション表現の試験片(左)と陶土にカオリン 12%を添加した素地を用いたグラデーション表現の試験片(右)

(写真 2)は陶試紅顔料を 20%添加した色土と、元来の陶土素地、陶土にカオリン 12%を添加した素地をそれぞれ用いてグラデーション表現し、1150 度で焼成した試験片である。(写真 3)は青色顔料を 10%添加した色土と、元来の陶土素地、陶土にカオリン 12%を添加した素地をそれぞれ用いてグラデーション表現し、1150 度で焼成した試験片である。実物はそれぞれ同じ 15cm 角程度の板状で作成したが表現の違いは明白で、序論(図 1)で示したようにより広範囲の色、多色を使用して表現することが可能となった。

具体的モチーフのある図柄を描くような練込技法においても、より高明度な陶土は有効的に用いることができる。元来白色として扱っていた素地を薄黄色や薄茶色などの色土として扱うことができ、より豊かな表現が可能となる。しかし筆者は本研究結果から、素地そのものが持つ色という特性を秩序的に配置するグラデーション表現をより追究したいと考える。

グラデーションとは明暗や色調の段階的变化、階調^{注 26}のことだが、やきもの表現におけるグラデーションは釉の窯変によって自然的に発生する場合や、絵付の濃淡などで表現されてきた。練込技法によって表現するグラデーションは、素地そのものから滲みでる雰囲気と異なる。また、施釉や絵付では表現しづらい放射状グラデーションや複数色のグラデーションも表現可能である。異なる色を使用する場合でも、段階的に素地を組み合わせることで、収縮率の差も段階的に生じることになり大きなひび割れなどが起きづらく、一体成形が実現しやすい。より緻密な設計が必要だが、図柄を描くような練込技法との組み合わせ表現も検討でき、やきもの表現の新たな可能性になりえると考えられる。

6. 終わりに

本論ではやきもの表現の一可能性を示すため、陶土の明度調整の研究とその結果を用いた表現方法についての考察を行った。やきもの制作者である筆者が、これまで当たり前に使用してきた陶土を素朴な視点で再検討したことをきっかけに行った本研究だが、その結果から新たな

表現の一可能性を示した。さらに、明度調整という目的には反した結果であったが、添加によって膨張がある原料や、独特の変色がある原料について明らかになった。本研究の副産物と言えるが、それらも一素材として今後の制作で使用することも検討できる。本研究と考察を実制作に活かすことが重要だが、素材研究を起点に練込によるグラデーション表現の追究という新たな目的が明確となった。

既製の表現素材が多様で、それらを使用することが主流である今日の美術表現や工芸表現において、素材研究を起点に行うことは非常に原始的かつ非効率的かもしれない。しかし研究過程で素材の新たな性質を見つけることが、新たな表現を生むきっかけになり得る。

本研究結果から、異なる原料や顔料を複数種類調査する練込色土の研究など、今後の研究として検討できる。

注

- 1) 本論で練込と表記する内容について、「練り込み」「練り上げ」「練上手」などと表記する場合もあるがいずれも同義である。
- 2) 室伏英治(1959-2019年)、現代の練込表現の第一人者として顕著な人物
- 3) 室伏英治、『練込 陶芸技法を極める 陶土から磁土まで 秘技公開』、誠文堂新光社、2010年、p.100、及び、室伏英治『陶芸・練込模様 25種で作る器 第2版』、誠文堂新光社、2011年、p.135
- 4) 松井康成(1927~2003年)、1993年重要無形文化財「練上手」保持者認定、練込表現の可能性を一躍させた人物
- 5) 金仁植、「近現代の日韓における練り込みの研究」、京都精華大学 博士論文、2016年
- 6) 諏訪蘇山(1851~1922年)、1914年に制作された『鶉手鉢』という練込作品を制作し、日本の練込表現の源流を築いた人物とされる
- 7) 笠間工芸の丘、「松井康正展示室」
<http://www.kasama-crafthills.co.jp/facilities/matsui.html>、最終アクセス日 2023年5月20日
- 8) 独立行政法人産業技術総合研究所 中部センター、「中部センターバーチャルミュージアム」、
https://unit.aist.go.jp/chubu/vm/sub1/sub1_08.html、最終アクセス日 2023年7月20日
- 9) 原料のうち、着色を目的として使用するもの、そのた

めに製造されるものを顔料と呼び区別する

- 10) 素木洋一『図解工芸用陶磁器-伝統から科学へ-』、技報堂出版、1970年、p.16、p.20
- 11) 同、「同上書」、同、同、p.16
- 12) 同、「同上書」、同、同、p.20
- 13) ジョサイア・ウェッジウッド(Josiah Wedgwood・1730~1795年)、「英国陶工の父」と呼ばれ他人物で現在もその名の陶磁器メーカーが世界的に親しまれている
- 14) 素木 洋一、「古い陶磁器, 新しい陶磁器 歴史的問題」、『窯業協会誌』、70巻794号、1962年、p.56
- 15) ウェッジウッドミュージアム監修『英国陶工の父 ジョサイア・ウェッジウッド』、キュレイターズ、2000年、p.228
- 16) 同、「同上書」、同、同、p.59
- 17) アレキサンドル・ブロンニアル(Alexandre Brongniart・1770~1847年)、フランスで王立セーブル磁器製造所の所長を務めやきものを学術的に分類するなどした人物
- 18) 樋口わかな、『やきものの科学』、誠文堂新光社、2021年、p.38
- 19) 同、「同上書」、同、同、p.180
- 20) 同、「同上書」、同、同、pp.172-173
- 21) 同、「同上書」、同、同、p.180
- 22) 日本色研事業株式会社、「いろのはなし、L*a*b*表色系」、<https://www.sikiken.co.jp/colors/colors11.html>、最終アクセス日 2023年7月20日
- 23) 滋賀県信楽町に所在する施設、県民を主とし窯業支援や後継者育成に取り組む
- 24) 素木洋一『陶芸のための科学』、建設総合資料社、1973年、p.47
- 25) 同、「同上書」、同、同、p.48
- 26) 小学館編集部、『大辞泉』、小学館、1995年、p.781